T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK DENEY SETLERİ İÇİN UYGULAMA VE ÖLÇÜM KONSOL TASARIMI

Tezi Hazırlayan
Faruk ELMALI

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Recai KILIÇ

Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2007

KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK DENEY SETLERİ İÇİN UYGULAMA VE ÖLÇÜM KONSOL TASARIMI

Tezi Hazırlayan
Faruk ELMALI

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Recai KILIÇ

Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2007

KAYSERİ

Doç. Dr. Recai KILIÇ danışmanlığında **Faruk ELMALI** tarafından hazırlanan **"Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsol Tasarımı"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

13.08.2007

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Sadık KARA

Üye : Doç. Dr. Recai KILIÇ

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim DEVELİ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 15/08/2007 tarih ve 2007/25-22 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15../.08/2007

T.C. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 1995

N. Ayyıldız

Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlık aşamasında ve uygulaması sırasında verdikleri desteklerden dolayı Doç.Dr. Recai KILIÇ'a, Anka Elektrik firması ve personeline ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Faruk ELMALI

ELEKTRONİK DENEY SETLERİ İÇİN UYGULAMA VE ÖLÇÜM KONSOL TASARIMI

Faruk ELMALI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2007
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Recai KILIÇ

ÖZET

Bilgisayar ve mikroişlemci teknolojilerindeki gelişmeler elektrik-elektronik mühendisliği eğitiminde ve bu kapsamda kullanılan geleneksel eğitim setleri üzerinde büyük değişimlere neden olmuştur. Bilgisayar ve birlikte kullanılan ek yazılım ve donanım sistemlerinin sınıflarda ve laboratuarlarda kullanılmaya başlaması ile daha etkin ve daha verimli eğitim-öğretim ortamı oluşturulmuş ve birçok problemin anlaşılması daha kolay bir hale gelmiştir.

Bu tez çalışmasında öğrencilerin, amaç, yöntem ve teorik ilişkiler üzerinde daha fazla odaklanmasını sağlayacak, ölçüm, kontrol, simülasyon ve deney öncesi önbilgilere aynı yerden ulaşmayı sağlayan bilgisayar tabanlı ölçüm ve uygulama deney konsolu tasarımı ve gerçekleştirilmesi üzerinde çalışılmıştır.

Dört bölümden oluşan bu tez çalışmasının ilk bölümünde, elektrik-elektronik mühendisliğinde kullanılan geleneksel ve bilgisayar tabanlı deney düzenekleri tanıtılmıştır.

İkinci bölümde tasarlanan konsolun devre yapıları ve kullanıcı yazılımı tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde lisans ve lisansüstü seviyede gerçekleştirilen örnek deneyler anlatılmıştır.

Son bölümde ise tez çalışmasında elde edilen sonuçlar tartışılmakta ve değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar Destekli Eğitim, Elektronik Ölçüm Sistemleri, Bilgisayar Destekli Ölçme, Bilgisayar Destekli Kontrol, Deney Seti Tasarımı

APPLICATION AND MEASUREMENT CONSOLE DESIGN FOR ELECTRONIC EXPERIMENTS

Faruk ELMALI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, July 2007
Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Recai KILIÇ

ABSTRACT

Computers and microprocessors have changed much of electrical-electronics engineering education as well as changing the traditional experimental sets in higher education. When digital computers and various software and hardware tools are used in laboratories and classrooms, they can provide much more effective and efficient environments in teaching and learning periods and make many problems to be understood easily. This research thesis aimed to design a computer-based application and measurement console which has capable of measurement, control, introductory information for the experiments and simulation of electronic-based systems to make students more focused on results, concepts, relations to theories,

In the first chapter of the thesis which consists of four chapters, traditional and computer based experimental systems for electrical-electronic engineering were introduced.

In the second chapter, the circuit building blocks and user software of the designed console were introduced.

In the third chapter, sample experiments using designed console for the graduate and undergraduate education programs in electrical and electronics engineering were given.

Results obtained in thesis work were discussed and evaluated in the last chapter.

Keywords: Computer Assisted Education, Electronic Measurement Systems, Computer Aided Measurement, Computer Aided Control, Experiment Module Design

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY……...……i
TEŞEKKÜR……....ii
ÖZET……..iii
ABSTRACT…….....iv
KISALTMALAR VE SİMGELER……...……..vii
TABLOLAR LİSTESİ……...viii
ŞEKİLLER LİSTESİ……...……ix

1.BÖLÜM
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE DENEY DÜZENEKLERİ
1.1 GİRİŞ……...……1

2.BÖLÜM
DENEYSEL AMAÇLI ÖLÇME, ANALİZ VE UYGULAMA KONSOL TASRIMI
2.1 GİRİŞ…….10
2.2 TASARLANAN KONSOL SİSTEMİN DONANIM YAPISI…….12
2.2.1 ENDÜSTRİYEL BİLGİSAYAR MODÜLÜ…….13
2.2.2 MİKRO DENETLEYİCİ MODÜLÜ…….16
2.2.3 GÜÇ KAYNAĞI MODÜLÜ…….17
2.2.4 İŞARET ÜRETEÇ MODÜLÜ…….....…….23
2.2.5 PC-OSİLOSKOP MODÜLÜ……...……..30
2.2.6 HARİCİ HABERLEŞME BAĞLANTILARI……...34
2.3 TASARLANAN KONSOL SİSTEMİN YAZILIM YAPISI……35

3.BÖLÜM
ELEKTRONİK DENEY SETLERİ İÇİN UYGULAMA ve ÖLÇÜM KONSOLU ÖRNEK DENEYLERİ
3.1 GİRİŞ…….43
3.2 LİSANS PROGRAMI LABORATUAR UYGULAMALARI; İŞLEMSEL KUVVETLENDİRİCİ DENEYLERİ……...…...……45

3.2.1 KARŞILAŞTIRICI DENEYİ…….45
3.2.2 HASSAS YARIM DALGA DOĞRULTUCU DENEYİ……...…50
3.2.3 TÜREV ALICI DENEYİ……...53
3.3LİSANSÜSTÜ LABORATUAR UYGULAMALARI…….....……..58

4.BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER……...……...…66

KAYNAKLAR……...…….69
ÖZGEÇMİŞ…….73

KISALTMALAR VE SİMGELER

SPI	Serial Peripheral Interface BUS
I^2C	Inter-Integrated Circuit BUS
USB	Universal Serial Bus
RS232	Recommended Standard 232
PCB	Printed Circuit Board
LCD	Liquid Cyrstal Display
PC	Personal Computer
TTL	Transistor Transistor Logic
ROM	Read Only Memory
AVO	Amper-Volt-Ohm
ADC	Analog /Digital Converter
PLC	Programable Logic Controler
A.B.D.	Ana Bilim Dalı
DSP	Digital Signal Processing
IGBT	Isolated Gate Bipolar Transistor
DAQ	Data Acquisition
NI	Nationel Istruments

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 ENDAT 3400M Endüstriyel Ana Kart Özellikleri…….14
Tablo 2.2 AD5282 Veri Yazma Komutu Açılımı……...22

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Geleneksel Deney Düzeneği ……..…….……..1
Şekil 1.2. Feedback Teknikit Konsol 92–300–1 ,EEC470 Deney Kartı ve Discovery Lab Manager Programı ……...3
Şekil 1.3. Feedback "e-learning" Programı Örnek Ekran Görüntüleri…….....4
Şekil 1.4. Nationel Istruments-Elvis Bigisayar Destekli Deney Düzeneği Sistemi……..5
Şekil 1.5. Güç Elektroniği Deneyleri İçin Tasarlanmış Çok Yönlü Yazılım ve Donanım Seti…….…….……...6
Şekil 1.6. Web Tabanlı Güç Elektroniği Deney Düzeneği……7
Şekil 1.7. Web Tabanlı Güç Elektroniği Deney Düzeneği Ekranı……7
Şekil 1.8. Güç Elektroniği Çevirici Deney Düzeneği……8
Şekil 2.1. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Açık Şekli…...10
Şekil 2.2. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Kapalı Şekli....11
Şekil 2.3. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Ara Yüz Yazılımı……..…….……12
Şekil 2.4. Uygulama ve Ölçüm Konsolu Genel Yapısı……...……13
Şekil 2.5. ENDAT 3400M Endüstriyel Bilgisayar Ana Kartı……...…..14
Şekil 2.6. Dokunmatik Ekran Maskesi……15
Şekil 2.7. Mikro Denetleyici Modülü……..16
Şekil 2.8. (a) Sabit Çıkış Katı, (b). Ayarlanabilir Çıkış Katı……..……18
Şekil 2.9. LM317 Temel Bağlantı Devresi……..19
Şekil 2.10. LM337 Temel Bağlantı Devresi.……..20
Şekil 2.11. AD5282 Tümdevresinin İç Yapısı……...…….21
Şekil 2.12. AD5282 Tümdevresinin Potansiyometre İşlev Şeması.……....22
Şekil 2.13. AD9833 Tümdevresi İç Yapısı……..24
Şekil 2.14. AD9833 Faz Akümülatörü Çıkışı……..24
Şekil 2.15. AD9833 Faz Akümülatörü ve Sinüs ROM Çıkışı…….25
Şekil 2.16. AD9833 SPI Haberleşme Zamanlaması……26
Şekil 2.17. İşaret Üreteci Modülünün Osilatör Katı…..……..27
Şekil 2.18. İşaret üreteci Modülü Kazanç ve Seviye Kontrol Bölümü……28
Şekil 2.19. PicoScope 3206 Osiloskop Modülü…….…….31
Şekil 2.20. PicoScope Yazılımı Gerilim Ölçümü Ekran Örneği ……..…..31
Şekil 2.21. PicoScope Yazılımı Zaman Domeni Ölçümü Ekran Örneği ……...….32

Şekil 2.22. PicoScope Yazılımı Frekans Domeni Ölçümü Ekran Örneği……...33

Şekil 2.23. PicoScope Yazılımı X-Y Ölçümü Ekran Örneği..33

Şekil 2.24. PicoScope Yazılımı Frekans Ölçümü ve Çoklu Ekran Gösterimi Örneği....34

Şekil 2.25. Konsol Yazılımı……35

Şekil 2.26. Konsol Bağlantıları Ekranı……38

Şekil 2.27. Simülasyon Yazılımı Ekranı…….39

Şekil 2.28. (a) Deney Kılavuzu Ana Ekranı, (b) Deney Kılavuzu Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Ekranı, (c) Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deney Simülasyonu Ekranı, (d). Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deney Simülasyonu Çalışma Ekranı……41

Şekil 3.1. E&L Instruments Linear Electronics Board–3……44

Şekil 3.2. Chaotic Traning Board–1……44

Şekil 3.3. Deney Klavuzu……46

Şekil 3.4. Karşılaştırıcı Deneyi Önbilgisi……...…….46

Şekil 3.5. Karşılaştırıcı Deneyi Anlatım Ekranı……...……...47

Şekil 3.6. Karşılaştırıcı Deneyi Devre Şeması……....48

Şekil 3.7. Karşılaştırıcı Deneyi Konsol Bağlantısı……...…...49

Şekil 3.8. Karşılaştırıcı Deneyi Ölçüm Ekranı…….……...49

Şekil 3.9. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Önbilgisi ...……50

Şekil 3.10. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Anlatım Ekranı ..…….……51

Şekil 3.11. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Devre Şeması ……...51

Şekil 3.12. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Konsol Bağlantısı……52

Şekil 3.13. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Ölçüm Ekranı…..……..53

Şekil 3.14. Türev Alıcı Deneyi Önbilgisi ……...……54

Şekil 3.15. Türev Alıcı Deneyi Anlatım Ekranı ……..……...54

Şekil 3.16. Türev Alıcı Deneyi Devre Şeması ……..…….55

Şekil 3.17. Türev Alıcı Deneyi Konsol Bağlantısı …….56

Şekil 3.18. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-1…….56

Şekil 3.19. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-2……..…...57

Şekil 3.20. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-3…….....58

Şekil 3.21. Otonom Kaotik Devre Deneyi Önbilgisi ……...……...60

Şekil 3.22. Otonom Kaotik Devre Simülasyon Ekranı ……..…60

Şekil 3.23. Otonom Kaotik Devre İçin Konsol Bağlantı Örneği ……..……..61

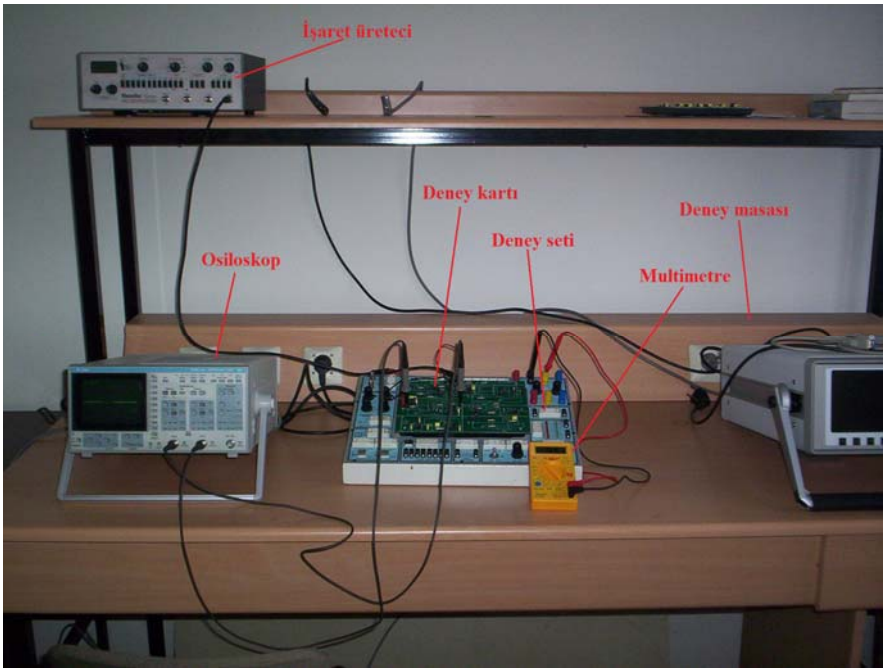
Şekil 3.24. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 Zaman Domeni Ölçümü……..……...62

Şekil 3.25. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 ve Kanal-2 Zaman Domeni Ölçümü ……..63
Şekil 3.26. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 Frekans Domeni Ölçümü……64
Şekil 3.27. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 ve Kanal-2 X-Y Ölçümü ……..…..64
Şekil 3.28. Otonom Kaotik Devre Çoklu Ekran Gösterimi.....65
Şekil 4.1. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu…….66

1.BÖLÜM
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE DENEY DÜZENEKLERİ

1.1 GİRİŞ

Günümüz eğitim anlayışında, öğrencilerin aldıkları teorik bilgilerin daha iyi pekiştirilebilmesi sürecinde deneysel çalışmaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Eğitim kalitesinin yükseltilmesi amacıyla özellikle fen bilimleri ve mühendislik alanında eğitim alan öğrencilerin ders müfredatlarında, alınan teorik eğitimi destekleyecek şekilde deneysel laboratuar çalışmalarına yer verilmektedir. Elektrik-Elektronik mühendisliği eğitimi deney çalışmalarında çoğunlukla geleneksel yaklaşım olarak adlandırılabilecek deney düzenekleri kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. Geleneksel Deney Düzeneği.

Şekil 1.1.'de gösterilen geleneksel deney düzeneği için deney ortamında;

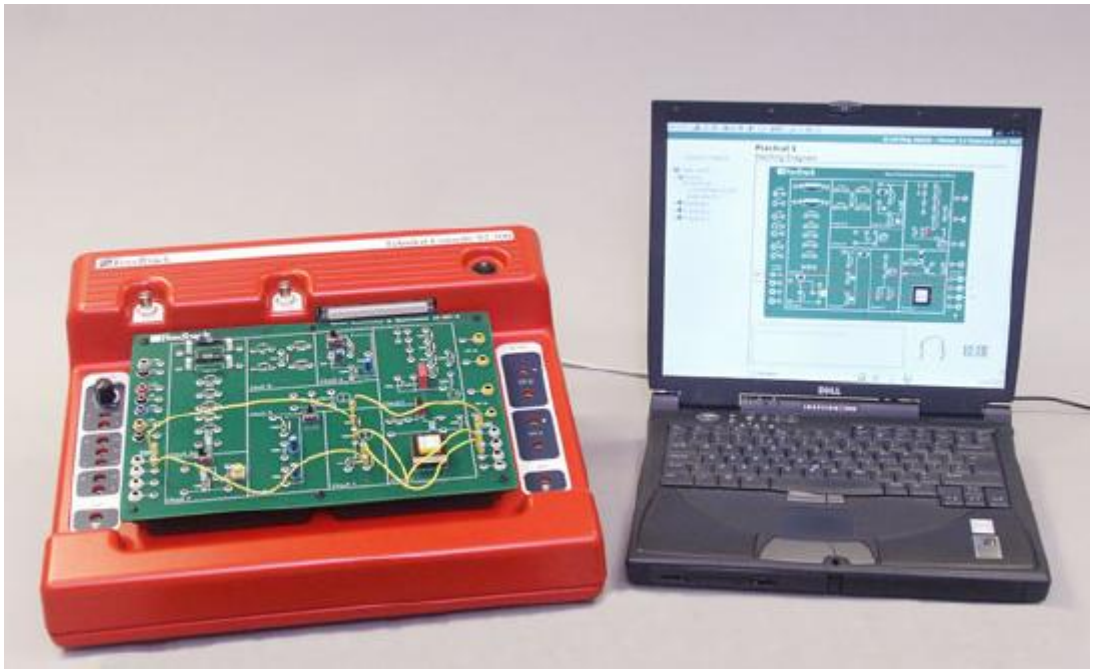
- Osiloskop
- İşaret Üreteci
- Deney Seti
- Multimetre
- Deney Masası
- Deney Kartı

malzemelerinin bulunduğu görülmektedir. Bunun anlamı deneyin yapılabilmesi için birbirinden farklı ve her biri sadece kendi görevini yerine getirebilen sistemlerin bir arada bulunması gerekliliğidir. Örneğin frekans analizörü gibi maliyeti diğer cihazlara göre nispeten yüksek olan ölçüm cihazları geleneksel deney düzenekleri içerisinde sıkça bulundurulamamaktadır. Bu sebeple filtre frekans cevabı, kuvvetlendirici frekans cevabı gibi frekans analizörü kullanılması gereken deneyler çoğunlukla gerçekleştirilememektedir. Geleneksel deney düzeneği kullanılan deneysel çalışmalarda öğrenci, deney ile ilgili tüm bu farklı yapıları yapılan deneyin amacı doğrultusunda doğru bir şekilde bir araya getirmek, birbirinden farklı sistemleri doğru şekilde ayarlamak ve son olarak deneyi gerçekleştirmek zorundadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biride, öğrencinin farklı sistemleri bir araya getirirken harcadığı zamanın çok olması sebebiyle deney ile ilgili elde edilen sonuçları yorumlamaya ve deney ile ilgili konuyu özümsemeye daha az vakit ayırabilmesidir.

Son on yıl içerisinde mikroişlemci ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi sayesinde geleneksel eğitim anlayışında köklü değişikler meydana gelmiş, geleneksel deney düzenekleri yerlerini bilgisayar destekli deney düzeneklerine bırakmaya başlamıştır [1-10]. Bilgisayar destekli deney düzenekleri sayesinde öğrenci deney yaparken kullanacağı donanımları bilgisayar vasıtasıyla kontrol etmekte, ölçüm sonuçlarına bilgisayar ortamında sahip olmakta, devrelerin simülasyonunu yapabilmekte ve en önemlisi ilgilenilen konu ile ilgili önbilgilere bilgisayar ortamında rahatça ulaşabilmektedir.

Genel olarak bilgisayar, veri toplama donanımı ve uygulama yazılımından oluşan, bilgisayar destekli deney düzenekleri iki ana bölümde incelenebilir. Bunlardan birincisi

ticari amaçla geliştirilmiş olan düzenekler, ikincisi ise akademik ortamda geliştirilmiş düzeneklerdir. Bu bölümde, bu iki ana sınıfta yer alan örnek düzenekler incelenecektir.



Şekil 1.2. Feedback Teknikit Konsol 92–300–1, EEC470 Deney Kartı ve Discovery Lab Manager Programı.

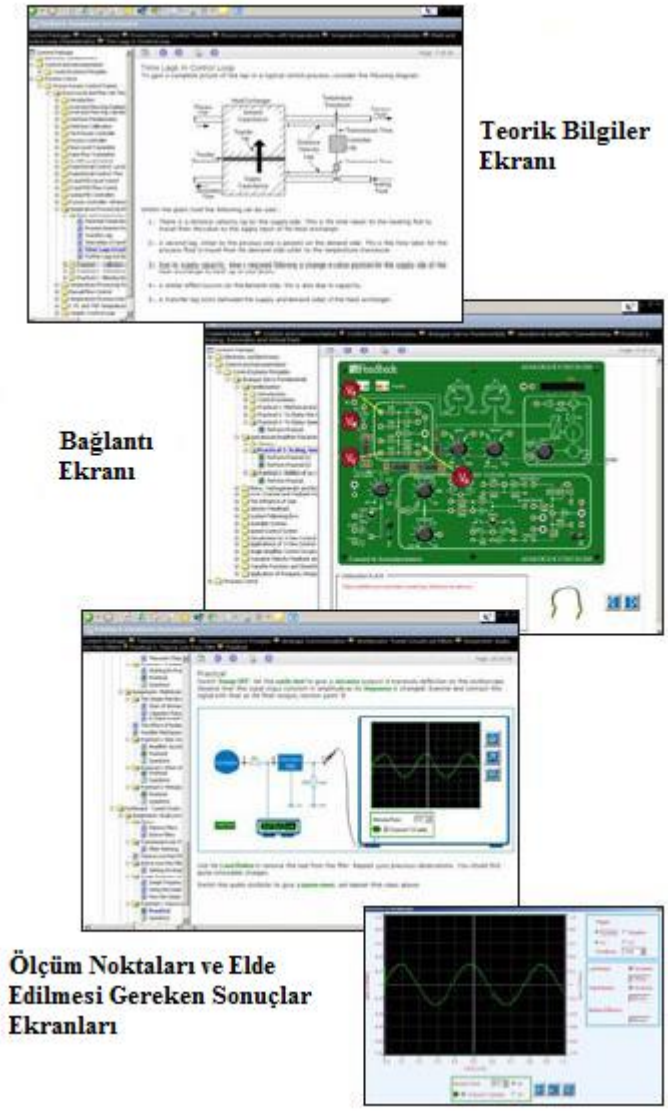
Şekil 1.2.'de Feedback firması tarafından ticari bir ürün olarak geliştirilmiş bilgisayar destekli deney düzeneği görülmektedir [11]. Deney düzeneği bilgisayar, uygulama yazılımı ve deney konsolundan oluşmaktadır.

Deney konsolu:

- 0-20 Vdc Ayarlı Güç kaynağı
- +5 Vdc Sabit Çıkışlı Güç Kaynağı
- ±15 Vdc Sabit Çıkışlı Güç Kaynağı
- 2x12 Vac Sabit Çıkışlı Güç Kaynağı
- İşaret Üreteci
- Sanal Ölçüm Sistemi
- USB (Universal Serial Bus-Evrensel Seri Veri Yolu) Bağlantısı

yapılarına sahiptir.

Öğrenci, bilgisayar üzerine kurulan "e-learning" eğitim programı sayesinde Şekil 1.3.'de gösterildiği gibi teorik bilgilere, deney ile ilgili bağlantı bilgilerine ve ölçüm sonucunda elde edilmesi gereken verilere ulaşabilmektedir.



Şekil 1.3. Feedback "e-learning" Programı Örnek Ekran Görüntüleri.

Ayrıca "Feedback Teknikit Konsol 92–300–1" deney konsolu USB bağlantısı ile bilgisayara bağlanıp "Discovery" yazılımı ile ölçüm sonuçlarına bilgisayar ortamında ulaşılmasına imkan sağlamaktadır [11].

Şekil 1.4.'te Nationel Istruments (NI) firması tarafından ticari amaçla geliştirilen "Elvis" bilgisayar destekli deney düzeneği görülmektedir [12]. Geliştirilen bu ürün şekilden de görüldüğü gibi üç kısımdan oluşmaktadır.

- LabVIEW ve Elvis Yazılımları
- Veri Toplama Sistemi
- Elvis İş İstasyonu



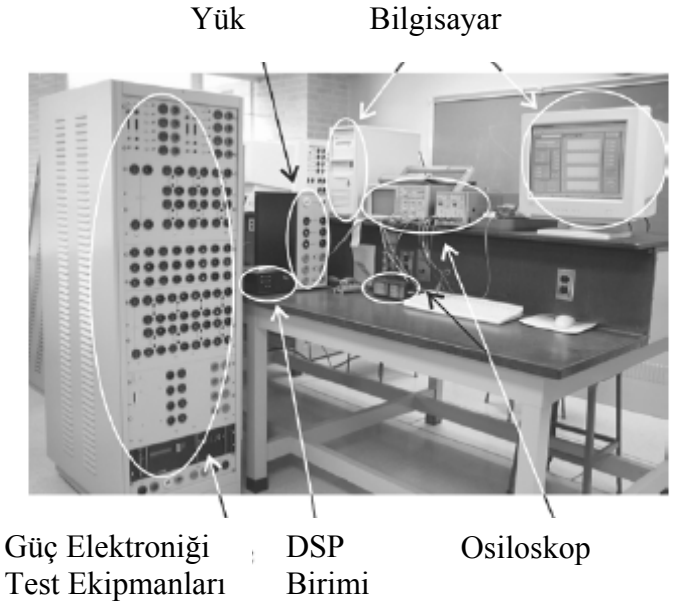
Şekil 1.4. Nationel Istruments-Elvis Bigisayar Destekli Deney Düzeneği Sistemi.

"Elvis" sisteminde bilgisayar içerisine yerleştirilen DAQ (Data Acquisition-Veri Toplama) kartları sayesinde "Elvis" iş istasyonunun bilgisayar ile fiziksel bağlantısı gerçekleştirilir. Veri toplama kartı LabVIEW [13] programı ile programlanmaktadır. Bilgisayar üzerinde bulunan Elvis yazılımı LabVIEW program tabanını kullanarak osiloskop, işaret üreteci, multimetre gibi bilgisayar kontrollü yapıları kullanıma sunmaktadır. Kullanıcı LabVIEW programı aracılığı ile isterse ölçüm programını kendisi oluşturabilmektedir. Elvis sistemi Feedback firması tarafından yapılan "Teknikit Konsol 92–300–1" gibi deney ile ilgili tasarım, simülasyon ve test imkanını sağlamaktadır [11-13].

Şekil 1.5.'te akademik ortamda geliştirilmiş örnek bir bilgisayar destekli deney düzeneği görülmektedir [14]. Bu düzenek, güç elektroniği deneyleri için geliştirilmiş bir sistem olup aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Bilgisayar
- IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) Grupları
- Diyot Grupları

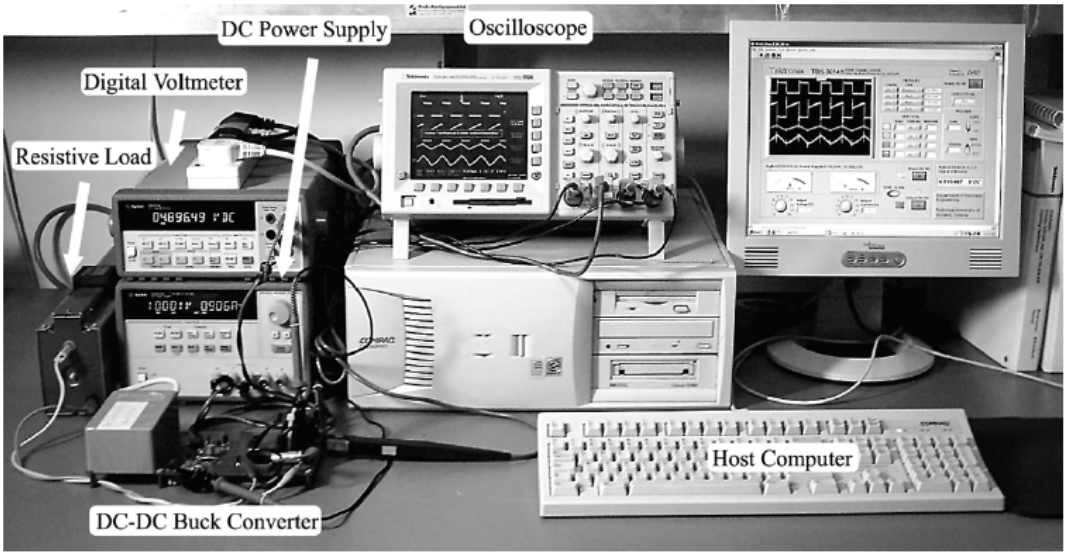
- Güç Kaynağı
- Yük Devreleri
- Osiloskop
- Bilgisayar Kontrollü İşaret Üreteci



Şekil 1.5. Güç Elektroniği Deneyleri İçin Tasarlanmış Çok Yönlü Yazılım ve Donanım Seti.

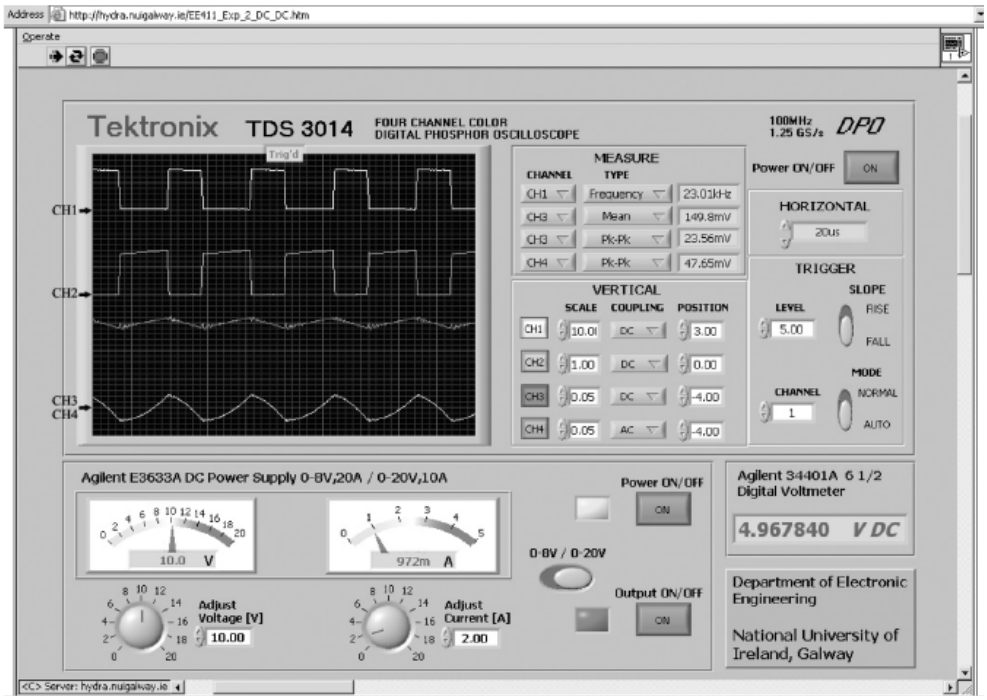
Öğrenci bilgisayar üzerinde kurulu olan uygulama yazılımını kullanıp istediği özellikteki işareti, DSP (Digital Signal Processing-Sayısal İşaret İşleme) devresi ile üretilmesini sağlayarak IGBT'leri süren işlemsel yükselteç devreleri girişine uygular. Ölçüm sonuçları deney düzeneği içinde bulunan osiloskop vasıtasıyla elde edilir. Öğrenci kullanılan osiloskobun bilgisayar ile veri bağlantısı yapabilme özelliği olduğu için elde edilen ölçüm sonuçlarına bilgisayar ortamında da ulaşabilmekte ve frekans analizi yapabilmektedir.

Akademik ortamda gerçekleştirilen başka bir örnek düzenek ise Şekil 1.6.'da görülmektedir [15]. Bu düzenek geleneksel deney düzeneği yaklaşıma benzemekle beraber işlev olarak geleneksel deney düzeneklerinden farklı olan web tabanlı güç elektroniği deney setidir.



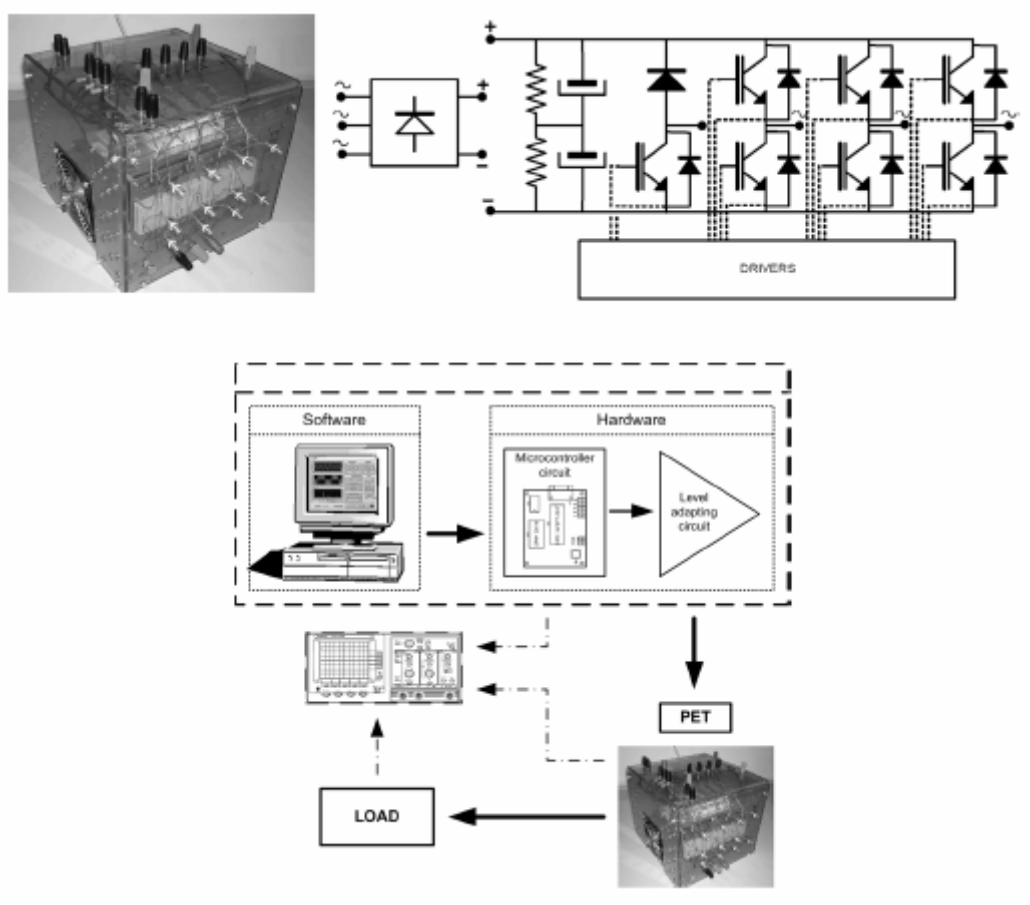
Şekil 1.6. Web Tabanlı Güç Elektroniği Deney Düzeneği.

Şekil 1.6'da gösterilmiş olan deney düzeneğinde, deney amaçlı DC-DC çevirici devresi kullanılmıştır [15]. Deney ile ilgili ölçümler bilgisayar ara bağlaşımlı voltmetre ve osiloskop tarafından gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.7.'de ekran görüntüsü gösterilen ve bilgisayar üzerinde bulunan web yayımcısı ile elde edilen gerçek ölçüm sonuçları internetten gözlemlenebilmektedir.



Şekil 1.7. Web Tabanlı Güç Elektroniği Deney Düzeneği Ekranı.

Şekil 1.8.'de ise diğer bilgisayar kontrollü güç elektroniği çevirici deney düzeneği görülmektedir [16]. Düzenekte bulunan bilgisayar sayesinde kullanıcı sistemin simülasyonunu yapabilmekte, deney ile ilgili kontrol sinyallerini üretebilmekte ve aynı zamanda deney düzeneğindeki ölçümleri gerçekleştirebilmektedir. Simülasyon programı olarak "Pspice Lite" ve ölçüm programı için LabVIEW kullanılmıştır.



Şekil 1.8. Güç Elektroniği Çevirici Deney Düzeneği.

Yukarıda örnek olarak verilen yurtdışı tabanlı akademik çalışmalara ilaveten ülkemizde de bilgisayar destekli deney düzeneği ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları bu bölümde örnek olarak tanıtılacaktır.

CANAL [17] tarafından gerçekleştirilen "Biyomedikal Enstrumantasyon laboratuarında Kullanılmak Üzere PC Tabanlı Bir EMG Deney Düzeni Tasarımı ve Deneylerin Gerçekleştirilmesi" isimli doktora tezi çalışmasında, insan vücudundaki elektriksel kalp işaretleri analog kuvvetlendirici ve filtre devreleri ile ölçüldükten sonra DAQ kartı

vasıtasıyla bilgisayar ortamında görüntülemesini sağlayan deney düzeneği oluşturulmuştur.

AKGÜN [18] tarafından gerçekleştirilen “Bilgisayar Kontrollü Serbest Düşme Hareketi Deney Seti Tasarımı ve Yapımı” isimli yüksek lisans tez çalışmasında, serbest düşme hareketi deney düzeneği için atış yüksekliği ve atış sonrasında gerçekleşen hareket ile ilgili veriler bilgisayar kontrolünde kumanda edilip, ölçüm yapılabilmektedir.

TEMİZSOYLU [19] tarafından gerçekleştirilen “Pic Mikrokotrolörler İçin Deney Seti Tasarımı” isimli çalışmada, pic mikrodenetleyicisi için örnek deney düzenekleri oluşturulmuş ve bu deney düzeneklerinde bulunan pic mikrodenetleyicisinin programlanması için bilgisayar bağlantısı ve programlama yazılımı kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında, literatürdeki deney düzenekleri dikkate alınarak teorik bilgilerin edinilebileceği, deney ve araştırma amaçlı kullanılabilecek ve üzerinde ölçüm düzeneği bulunan çok amaçlı “Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsol” tasarımı ve gerçekleştirilmesi üzerinde durulmuştur. Geleneksel deney düzenekleri ve literatürde yer almış bilgisayar destekli deney düzeneklerinden farklı olarak, bu tez çalışmasında düzenekte yer alan tüm sistemler tek bir endüstriyel bilgisayar merkezli cihaz formatında entegre edilmiş, ilave olarak kullanıcının teorik bilgilere erişebileceği ve simülasyon yapabileceği destek yazılımları bilgisayar sistemi üzerine eklenmiştir.

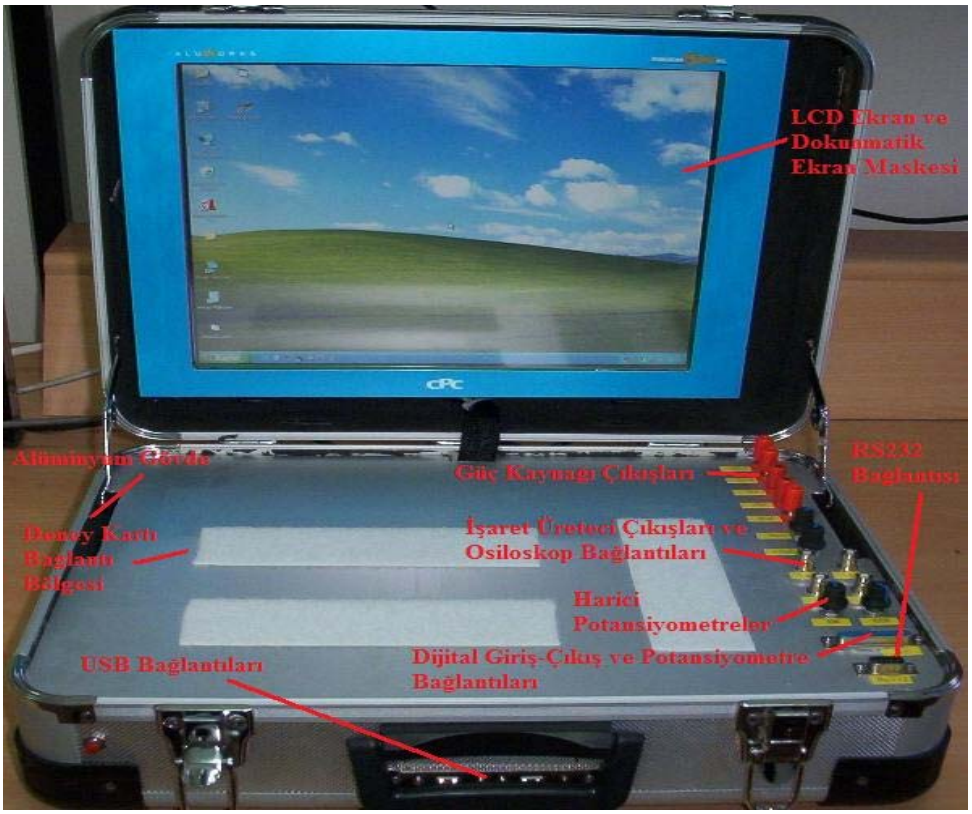
Bundan sonraki bölümlerde tasarımı gerçekleştirilen konsol yapısının donanım ve yazılımı ayrıntılı incelendikten sonra, tasarlanan konsol uygulanabilirliğini gösteren lisans ve yüksek lisans seviyesine yönelik örnek deneysel çalışmalar verilecektir. Tez çalışmasının son bölümünde ise tasarlanan sistemin analizi ile birlikte ulaşılan sonuçların yorumu yapılacaktır.

2.BÖLÜM

DENEYSEL AMAÇLI ÖLÇME, ANALİZ VE UYGULAMA KONSOL TASARIMI

2.1 GİRİŞ

Literatürdeki deneysel laboratuar düzeneklerinden farklı olarak, sanal ölçüm düzeneğini, analiz ve simülasyon yazılımını, elektronik deney uygulama modülünü endüstriyel bir bilgisayar entegrasyonunda toplayan deney konsolu Şekil 2.1. ve Şekil 2.2. de görülmektedir.



Şekil 2.1. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Açık Şekli.

Tasarlanan konsol, bünyesinde deney ve araştırmalarda kullanıcının ihtiyaç duyduğu ayarlı ve sabit çıkışları olan güç kaynağı modülüne (±5 Vdc sabit, +1,73 Vdc / +15 Vdc

,-1,73 Vdc / -15 Vdc ayarlı), sinüs-kare-üçgen formunda işaretler üretebilen ve genlik ayarı yapılabilen genel amaçlı işaret üreteci modülüne, zaman ve frekans domeninde ölçüm yapabilen bilgisayara entegre sanal ölçüm sistemine sahiptir. Ayrıca konsol kullanıcıya, içerisinde dahili olarak bulunan endüstriyel bilgisayar sayesinde simülasyon yapabilme ve deneyle ilgili gerekli ön bilgilere ulaşabilme kolaylını da sağlamaktadır.



Şekil 2.2. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Kapalı Şekli.

Elektrik – Elektronik Mühendisliği eğitiminde kullanılmak üzere tasarlanan ölçüm ve deney konsol tasarımının tanıtımı yazılım ve donanım olarak yapılabilir.

Donanımsal olarak konsolda, kullanıcının deney veya ölçüm yapabilmesi için gerekli işaret üreteci modülü, güç kaynağı modülü, dijital giriş ve dijital çıkışlarla birlikte PC-Osiloskop modülü bulunur. Tüm bu yapıların kontrolü ve gerçekleştirilen ölçümler konsol içinde dahili olarak bulunan Endüstriyel Bilgisayar tarafından kumanda edilir.

Konsol donanımına ilaveten, donanımla ilgili yapıları kumanda edebilmesi amacıyla kullanıcı ara yüzü yazılımı bulunmaktadır. Bu yazılımla kullanıcı tüm donanımı kontrol edebilmekte, sanal ortamda elektronik sistemlerin simülasyonunu yapabilmekte ve aynı zamanda yapılacak olan deneyle ilgili önbilgiler ve deney esnasında uygulanacak yöntem ile ilgili bilgilere ulaşabilmektedir. Şekil 2.1.'de ve Şekil 2.2.'de tasarlanan ölçüm ve deney konsolunun donanımı, Şekil 2.3.'de ise kullanıcı ara yüzü programı görülmektedir.

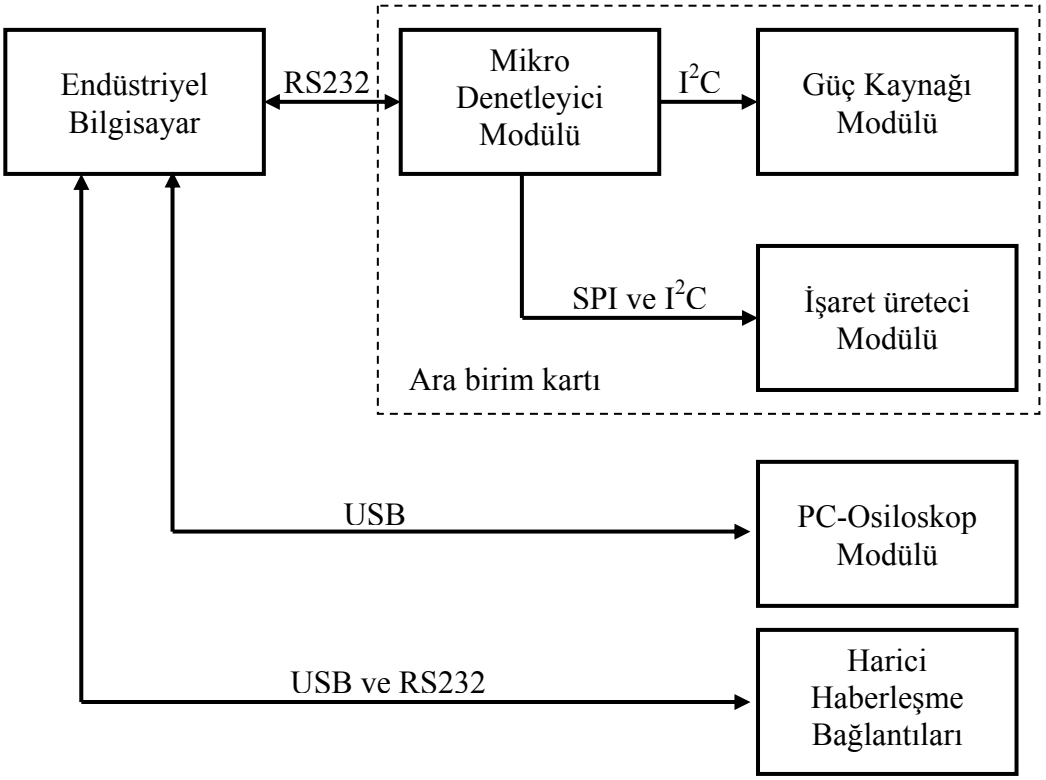


Şekil 2.3. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu Ara Yüz Yazılımı.

2.2 TASARLANAN KONSOL SİSTEMİNİN DONANIM YAPISI

Uygulama ve ölçüm konsolunun donanım yapısı, Şekil 2.4.'te görüldüğü üzere altı ayrı alt birimden oluşmaktadır. Bu birimler ve birimlerin çalışma prensipleri ilerleyen kısımlarda açıklanacak olup kısaca aşağıda listelenmiştir:

- Endüstriyel Bilgisayar Modülü
- Mikro Denetleyici Modülü
- Güç Kaynağı Modülü
- İşaret Üreteci Modülü
- PC-Osiloskop Modülü (Sanal Ölçüm Düzeneği)
- Harici Haberleşme Bağlantıları



Şekil 2.4. Uygulama ve Ölçüm Konsolu Genel Yapısı.

2.2.1 ENDÜSTRİYEL BİLGİSAYAR MODÜLÜ

Konsol tasarımında, deney ve araştırmalar için gerekli tüm modüllerin kontrolü, temel elektronik sistemlerin simülasyonu ve ilgilenilen konuyla ilgili tüm bilgilere tek bir yerden ulaşılabilmesi amacıyla endüstriyel bilgisayar kullanılmıştır. Standart bilgisayar yerine endüstriyel bilgisayar kullanılmasının temel nedenleri şöyle sıralanabilir.

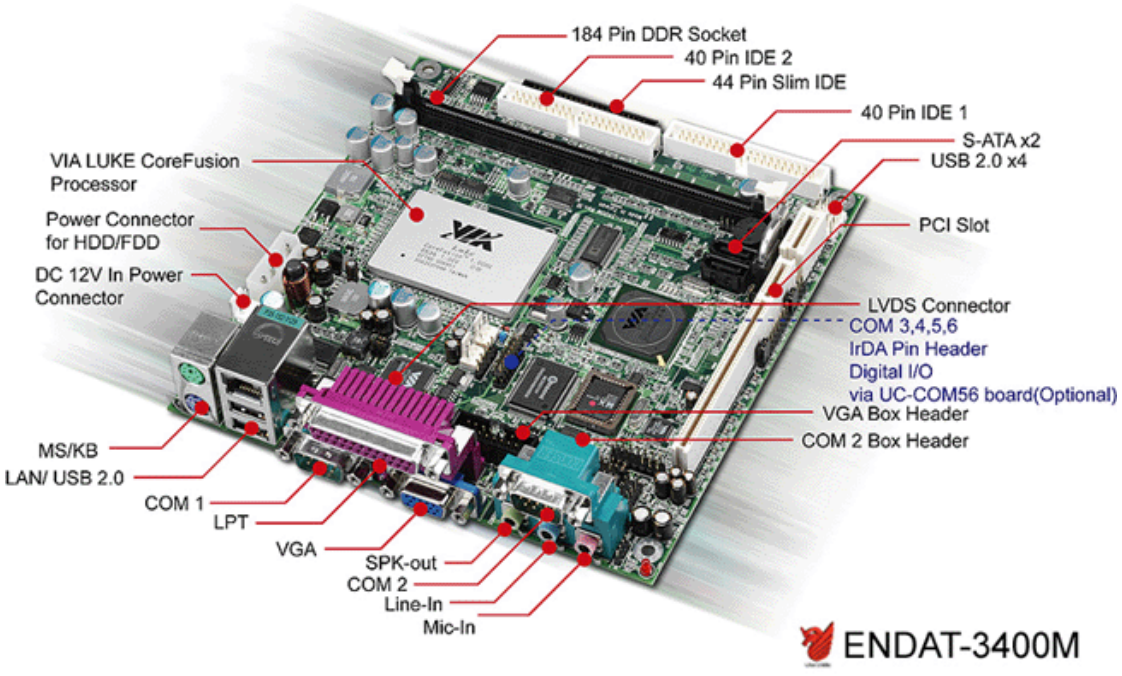
- Ana kart boyutunun diğer bilgisayar ana kartlarına göre daha küçük olması
- Bilgisayar oluşturmak için gerekli donanımların (Mikro işlemci, ekran kartı, ses kartı, çevre birim bağlantıları v.b.) çoğuna tek bir baskılı devre kartı üzerinde sahip olması.
- Düşük güç tüketimi.
- Tek çıkışlı güç kaynağı ile (12 Vdc) çalışabilmesi.
- Maliyetinin düşük olması.

Konsol içerisinde bulunan endüstriyel bilgisayar dört birimden oluşmaktadır.

Birinci birimde ENDAT 3400M [20] model endüstriyel bilgisayar ana kartı kullanılmıştır. Bu ana kart 1GHz işlemciye sahip olup işletim sistemi, kullanıcı ara yüz yazılımı ve simülasyon yazılımı gibi yüksek performans gerektirmeyen yazılımları çalıştıracak kapasiteye sahiptir. Şekil 2.5.'te gösterilen ana kartın özellikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 ENDAT 3400M Endüstriyel Ana Kart Özellikleri

Ana Kart Boyutları	170mm*170mm
İşlemci Tipi ve Hızı	Via-Luke İşlemci 1GHZ
Dahili Ekran Bağlantısı	VGA ve LCD Ekran bağlantı desteği
Dahili Ethernet Bağlantısı	10/100 Mbit/sn
Dahili Ses Kartı	16 Bit
Dahili USB Bağlantısı	4 adet USB 2.0
Dahili Seri Port	2 Adet RS232/RS485
Dahili Paralel Port	1 Adet Standart Paralel Port
Besleme Voltajı ve Güç Gereksinimi	12 VDC / 80W



Şekil 2.5. ENDAT 3400M Endüstriyel Bilgisayar Ana Kartı.

İkinci birim endüstriyel bilgisayarın işletim sistemi, uygulama yazılımı ve bütün kalıcı verilerin depolandığı sabit disktir. Kapasite olarak 80 GByte sabit disk konsol ihtiyacını karşılamaktadır.

Üçüncü birimde araştırmacının konsolu kullanırken klavye, fare gibi ek çevrebirim elemanlarına ihtiyaç duymaması için Şekil 2.6.'da gösterilen dokunmatik ekran maskesi kullanılmıştır. Kullanılan dokunmatik ekran maskesi sayesinde kullanıcı konsol bilgisayarını ve bu bilgisayar üzerine kurulu uygulama yazılımlarını sadece ekrana dokunarak kumanda edebilmektedir.

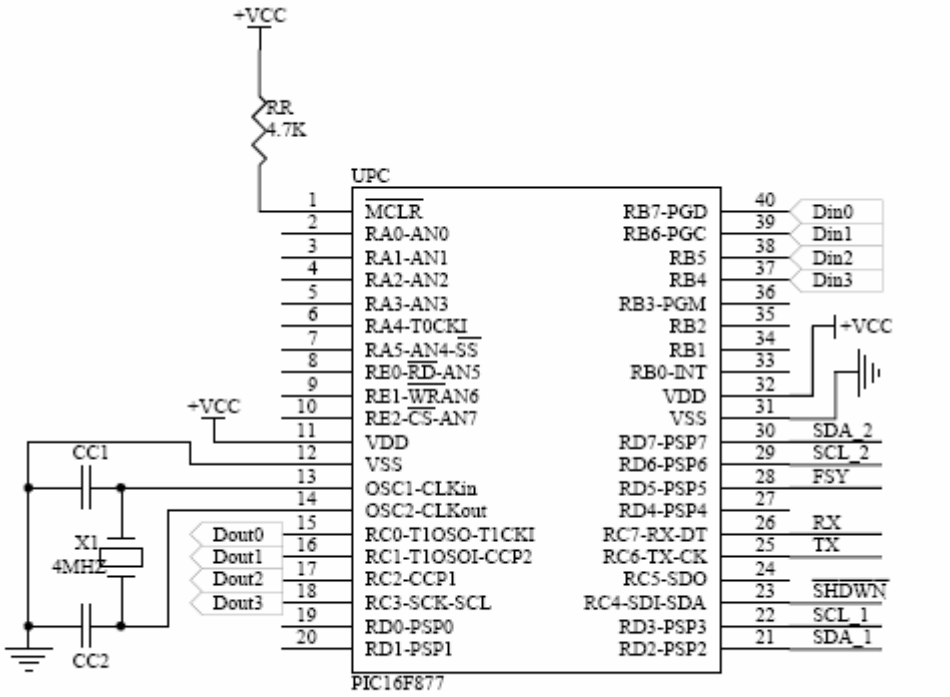


Şekil 2.6. Dokunmatik Ekran Maskesi.

Endüstriyel bilgisayar sisteminin son birimi olarak sistemin güç gereksinimini karşılayacak 220 Vac girişli 12 Vdc çıkışlı 60 Watt gücünde anahtarlamalı güç kaynağı kullanılmıştır.

2.2.2 MİKRO DENETLEYİCİ MODÜLÜ

Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi işaret üreteci modülü SPI (Serial Peripheral Interface BUS – Seri Çevrebirim Bağlaşım Yolu) ve I^2C (Inter-Integrated Circuit BUS – Gömülü Bütünleşik Devre Yolu) haberleşme protokolünü kullanmakta, güç kaynağı modülü ise I^2C haberleşme protokolünü kullanmaktadır. Bununla birlikte konsol tasarımında kullanılan endüstriyel bilgisayar ise Ethernet, Paralel Haberleşme, USB ve RS232/RS485 haberleşme protokollerini kullanarak çevrebirimlerle haberleşebilmektedir. Konsol tasarımında tek noktadan kullanım ve bilgiye ulaşma ilkesini gerçeklemek için işaret üreteci ve güç kaynağı modülünün kontrolü mikro denetleyici modülü tarafından yapılmaktadır. Kullanıcının endüstriyel bilgisayar vasıtasıyla gönderdiği komutları algılanması ve yorumlaması amacıyla PIC16F877 [21] tabanlı mikro denetleyici modülü kullanılmıştır. Mikro denetleyici modül bağlantısı Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Mikro Denetleyici Modülü.

Şekil 2.7.'de görüldüğü gibi mikro denetleyici modülü, PIC16F877 denetleyicisi ve denetleyicinin çalışması için gerekli çevre elemanları ile birlikte güç kaynağı modülü, işaret üreteci modülü, dijital giriş ve dijital çıkış bağlantılarından oluşur. Şekilde

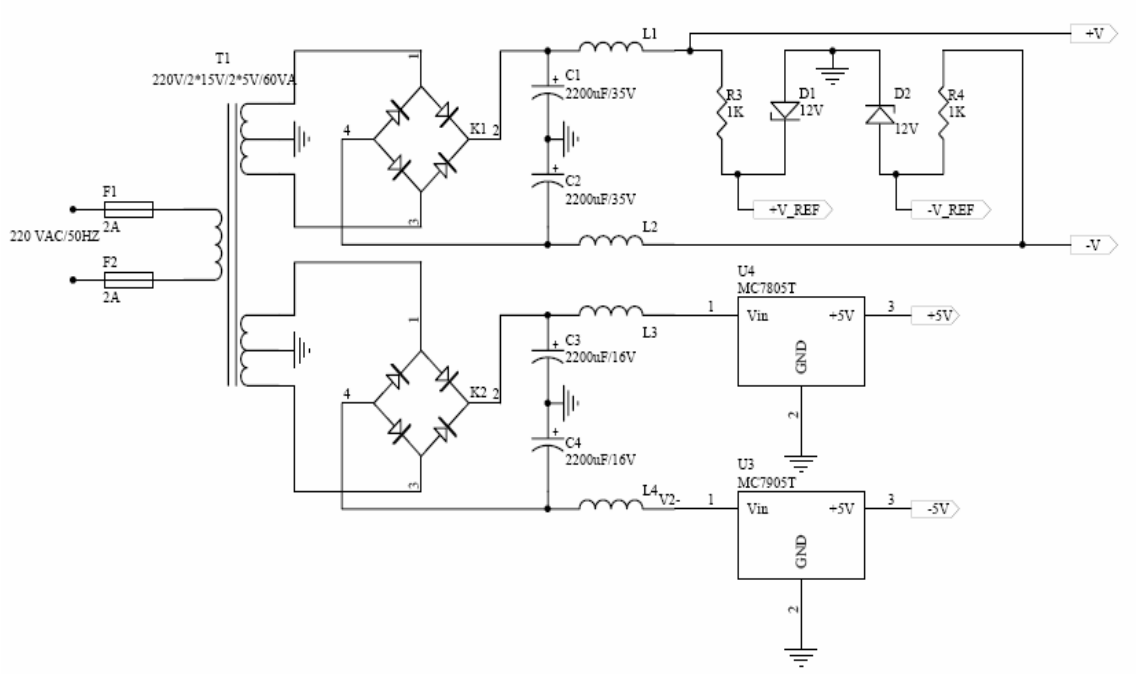
“FSY”, “SCL_2” ve “SDA_2” kısaltmaları ile verilen bağlantılar işaret üreteci SPI protokolü bağlantıları; “SHDWN”, “SCL_1” ve “SDA_1” kısaltmaları ile verilen bağlantılar ise güç kaynağı ve işaret üreteci I^2C protokolü bağlantılarıdır. “TX” ve “RX” bağlantıları mikro denetleyici modülü ile endüstriyel bilgisayarın RS232 haberleşme bağlantısı olup işaret uygunlaştırma için ek donanıma ihtiyaç duymaktadır. “Din0”, “Din1”, “Din2”, “Din3” bağlantıları ve “Dout0”, “Dout1”, “Dout2”, “Dout3” bağlantıları özellikle sayısal elektronik deneylerinde kullanılmak üzere tasarıma eklenmiş TTL seviyede sayısal giriş ve çıkış bağlantılarıdır.

2.2.3 GÜÇ KAYNAĞI MODÜLÜ

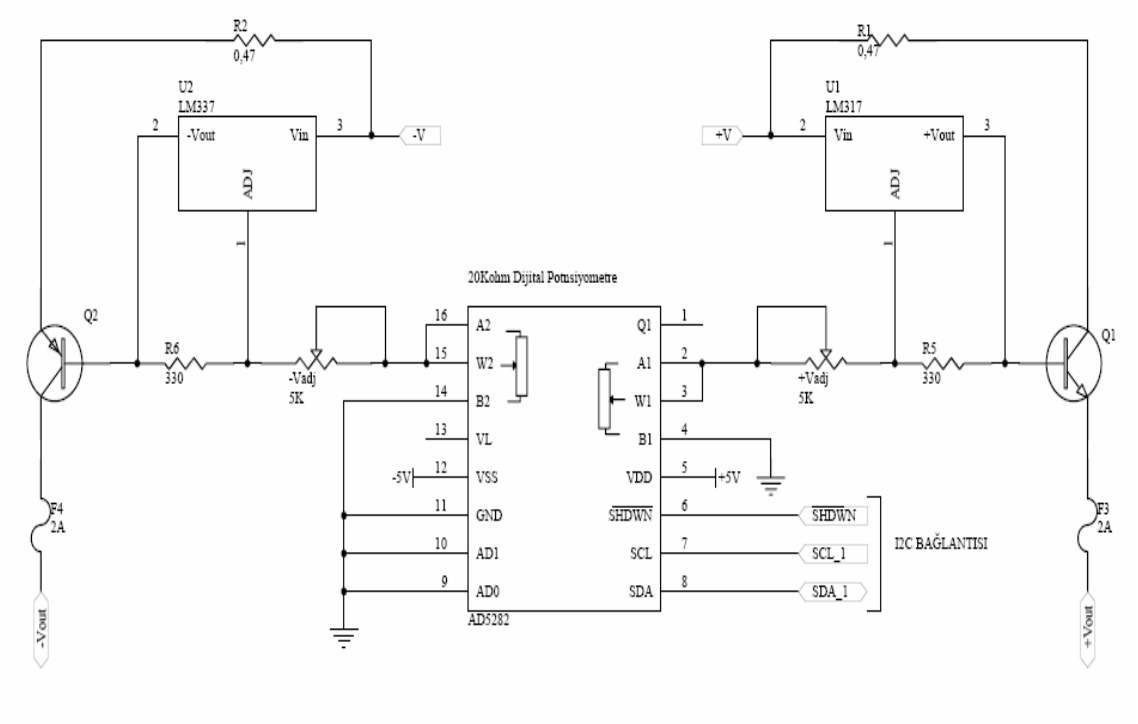
Gerçekleştirilen konsol tasarımında çeşitli test ve ölçüm düzeneği enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla şase potansiyeline göre simetrik, bir adet sabit ve bir adet ayarlı çıkışı bulunan güç kaynağı sistemin içine dahil edilmiştir. Dahil edilen simetrik ayarlı ve sabit güç kaynağı sayesinde kullanıcı deneyler için gerekli sabit ve ayarlı gerilimleri sınırlar dahilinde, herhangi bir ek donanıma ihtiyaç duymadan konsol üzerinden temin edebilmektedir. Burada deney için gerekli gerilimin ve deneyin güç ihtiyacının büyüklüğü güç kaynağı modülünün kapasitesini aşmamalıdır.

Şekil 2.8.a.’da görüldüğü üzere güç kaynağı girişinde 220 Vac gerilimi 2x15 Vac ve 2x5 Vac ye düşüren 60 Va’lik transformatör kullanılmıştır. Transformatör tarafından istenilen seviyeye düşürülen alternatif gerilim, K1 ve K2 köprü diyotları vasıtasıyla tam dalga doğrultulduktan sonra, C1, C2, C3,C4 kondansatör ve L1, L2, L3, L4 bobinleri vasıtasıyla filtrelenir. +5 Vdc ve -5 Vdc sabit çıkışları oluşturmak için 7805 [22] ve 7905 [23] regülatör tümdevreleri kullanılmıştır.

Diğer çıkış gerilimleri ise -V = -21,15 Vdc, +V = +21,15 Vdc, -V_REF = +12 Vdc, +V_REF = -12 Vdc olarak belirlenmiştir.

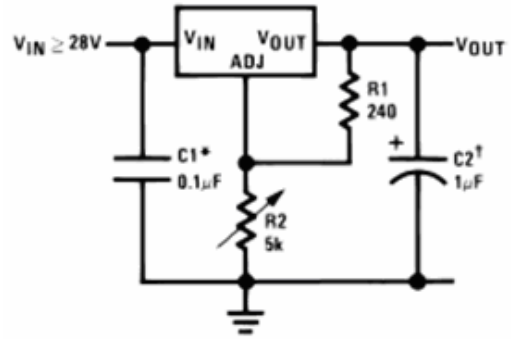


(a)



(b)

Şekil 2.8. (a) Sabit Çıkış Katı, (b). Ayarlanabilir Çıkış Katı.



Şekil 2.9. LM317 Temel Bağlantı Devresi.

Konsol tasarımında kullanılan güç kaynağının ayarlı çıkışlarını oluşturmak için temelde LM317 [24] ve LM337 [25] voltaj regülatörleri kullanılmıştır. Şekil 2.9.'da verilen LM317 temel bağlantı devresinin çıkış voltaj seviyesi [24];

$$V_{out} = 1{,}25 \cdot (1 + \frac{R_2}{R_1}) + \mathrm{I}_{ADJ}.(R_2) \tag{2.1}$$

İle ifade edilir. Burada I_{ADJ} yaklaşık olarak 1,25 Vdc / R_1 olarak hesaplanabilir.

LM317 temel bağlantı devresinin çıkış voltaj ifadesinden yaralanılarak Şekil 2.8.b.'deki konsol güç kaynağının ayarlanabilir pozitif voltaj çıkış ifadesi aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

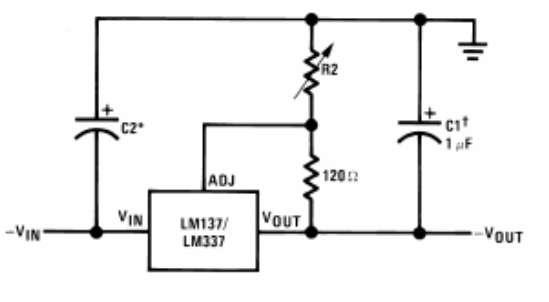
$$+V_{out} = 1{,}25 \cdot (1 + \frac{(R_{Vadj} + R_{dpot})}{R_5}) + \mathrm{I}_{ADJ}.(R_{Vadj} + R_{dpot}) \tag{2.2}$$

Bu ifadenin I_{ADJ} akımı,

$$I_{ADJ} = \frac{1{,}25}{R_5} \quad \text{(A)} \tag{2.3}$$

olarak hesaplanır.

Burada "Rdpot" olarak isimlendirilen direnç ifadesi, AD5282 [26] dijital potansiyometre tümdevresinin ayarlanabilen direncidir.



Şekil 2.10. LM337 Temel Bağlantı Devresi.

Konsolun ayarlanabilir negatif güç kaynağı çıkışı için Şekil 2.10.'deki LM337 tümdevre bağlantısından yararlanılmıştır. Şekil 2.10.'da verilen LM337 temel devresi çıkış voltaj seviyesi [25];

$$V_{out} = -1{,}25 \cdot (1 + \frac{R_2}{120}) + \mathrm{I}_{ADJ}.(R_2) \tag{2.4}$$

İle tanımlanmış olup burada I_{ADJ} akımı

$$I_{ADJ} = \frac{1{,}25}{120} \quad \text{(A)} \tag{2.5}$$

ile hesaplanmaktadır.

LM337 temel bağlantı ifadeleri kullanılarak, tasarlanan konsolun ayarlanabilir negatif voltaj seviyesi aşağıdaki denklemle tanımlanabilir.

$$-V_{out} = -1{,}25 \cdot (1 + \frac{(R_{Vad}j + R_{dpot})}{R_6}) + \mathrm{I}_{ADJ}.(R_{Vadj} + R_{dpot}) \tag{2.6}$$

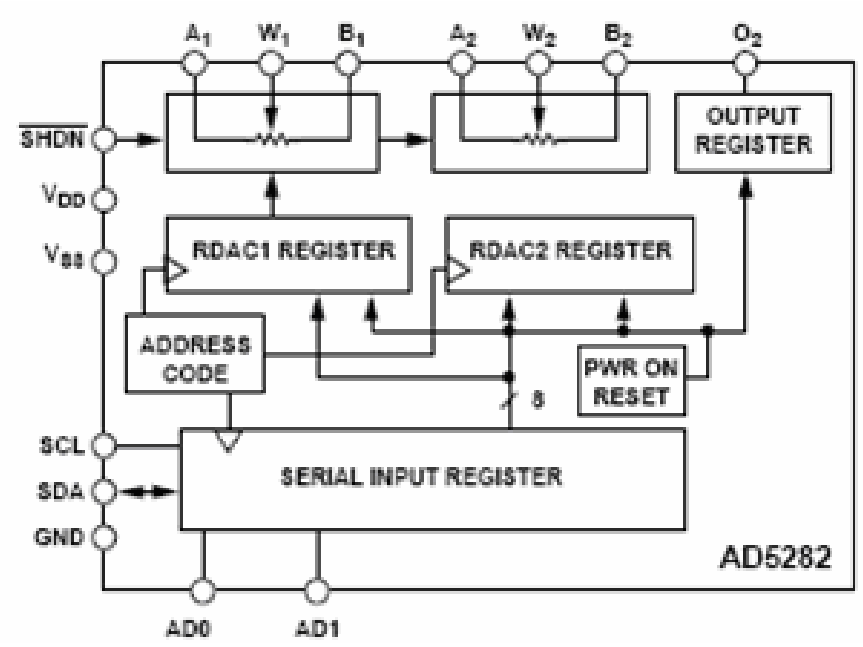
olarak hesaplanır. I_{ADJ} ise,

$$I_{ADJ} = \frac{1{,}25}{R6} \quad \text{(A)} \tag{2.7}$$

ile ifade edilir.

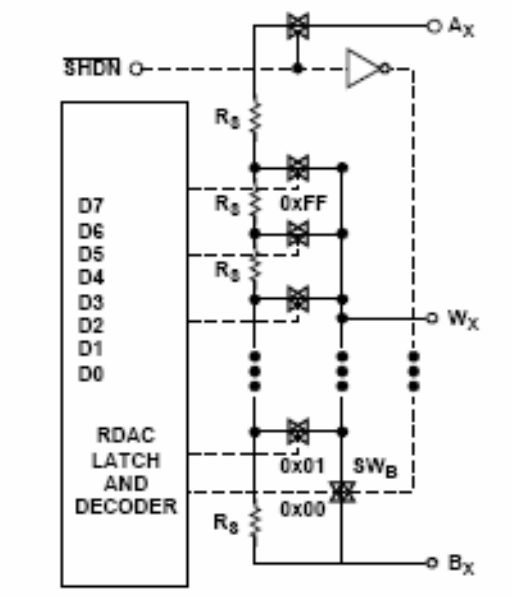
Burada "R_{dpot}" olarak isimlendirilen direnç ifadesi, AD5282 dijital potansiyometre tümdevresinin ayarlanabilen direncidir.

Konsolda kullanılan güç kaynağı modülünün ayarlı çıkışlarının endüstriyel bilgisayar tarafından ayarlanabilmesi için I^2C haberleşme protokolü ile ayarlanabilen AD5282 [26] tümdevresi kullanılmıştır.



Şekil 2.11. AD5282 Tümdevresinin İç Yapısı.

AD5282 tümdevresi, Şekil 2.12.'de görüldüğü üzere içerisinde 256 adetlik iki çift direnç bloğu bulunan ve bunları transmisyon kapıları vasıtasıyla anahtarlayarak potansiyometre işlemi gören bir tümdevredir.



Şekil 2.12. AD5282 Tümdevresinin Potansiyometre İşlev Şeması.

AD5282 tümdevresi, potansiyometre orta uç ayarını I^2C haberleşme protokolü kullanılarak, Tablo 2.2'de gösterilen komut dizininin gönderilmesi ile ayarlar [26].

Tablo 2.2 AD5282 Veri Yazma Komutu Açılımı

Başlangıç Biti	**Köle Adresi**	**Bilgilendirme Süresi**	**Komut**	**Bilgilendirme Süresi**	**Veri**	**Bilgilendirme Süresi**	**Duruş Biti**

Ayarlanan direnç ise [26];

$$R_{wb} = \frac{D}{256}.R_{ab} + R_w \tag{2.8}$$

ve

$$R_{wa} = \frac{256 - D}{256}.R_{ab} + R_w \tag{2.9}$$

olarak tanımlanmıştır. Buradaki "D" ayarlanacak potansiyometrenin direnç yazacına yazılan 8 bitlik verinin ondalık değeri, "R_w" orta uç kontak direnci (tipik olarak 60 Ohm dur), "Rab" ise seçilen AD5282 in katalog direncidir.

Bu tanımlar konsolun pozitif ve negatif ayarlanabilir çıkış voltaj seviyelerini gösteren Denklem (2.2) ve (2.6)'da yerine konursa;

$$+V_{out} = 1{,}25 \cdot (1 + \frac{(R_{Vadj} + \frac{D}{256}.R_{ab} + R_w)}{R_5}) + \mathrm{I}_{\mathrm{ADJ}}.(R_{Vadj} + \frac{D}{256}.R_{ab} + R_w) \quad (2.10)$$

$$-V_{out} = -1{,}25 \cdot (1 + \frac{(R_{Vadj} + \frac{D}{256}.R_{ab} + R_w)}{R_6}) + \mathrm{I}_{\mathrm{ADJ}}.(R_{Vadj} + \frac{D}{256}.R_{ab} + R_w) \quad (2.11)$$

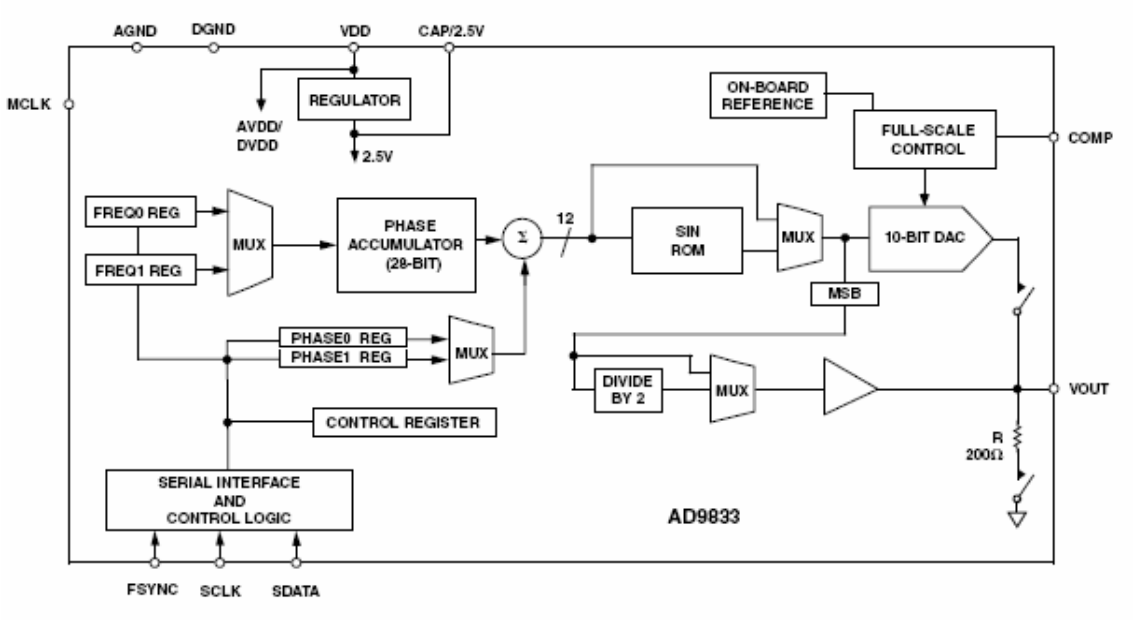
temel bağıntıları elde edilir. Bu ifadelerde; R_{ab} = 20 KOhm, R_w = 60 Ohm, $R_5 = R_6$ = 330 Ohm, R_{Vadj} = 0−5 K Ohm ve $I_{ADJ} \cong$ 38,87 mA olarak belirlenmiştir.

Tüm bu hesaplamalar dahilinde güç kaynağı ayarlı çıkışları transformatör çıkış gerilimi düşürülerek ±1,73V/ ±15V arasında sınırlandırılmıştır.

2.2.4 İŞARET ÜRETEÇ MODÜLÜ

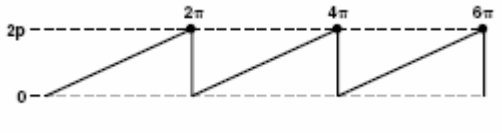
Konsol tasarımına çeşitli test ve ölçüm düzeneği işaret kaynağı ihtiyacını karşılamak amacıyla sinüs, kare ve üçgen formundaki çıkışlara sahip, çıkış frekansı, çıkış genliği ve çıkış ortalama genlik seviyesi (offset) ayarı yapılabilen işaret üreteci modülü eklenmiştir.

İşaret üreteç modülü tasarımının temelini Şekil 2.13.'de iç yapısı verilen ve SPI seri protokolü ile kontrol edilen AD9833 [27] tümdevresi oluşturmaktadır.



Şekil 2.13. AD9833 Tümdevresi İç Yapısı.

AD9833 tümdevresi, MCLK girişine uygulanan TTL seviyedeki kare dalga referans işaretini kullanarak dijital olarak kontrol edilen faz akümülatörü ile frekans bölme işlemi gerçekleştirir. Faz akümülatörü, giriş referans işaretinin frekansını $\frac{1}{2^{28}}$ çözünürlüğünde bölebilir ve çıkış dalga formu Şekil 2.14.'deki [27] gibi olur.

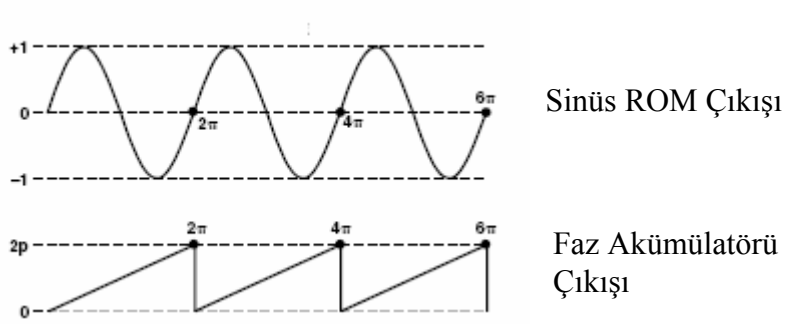


Şekil 2.14. AD9833 Faz Akümülatörü Çıkışı.

Aynı zamanda faz yazacı çıkışı bu işarete eklenerek giriş referans işareti ile faz akümülatörü çıkışı arasında 0 ile 2Π radyanlık bir faz farkı oluşturulabilir. Faz yazacı da dijital olarak kontrol edilebilir ve çözünürlüğü $\frac{1}{2^{12}}$'dir [27]. AD9833 tümdevresi faz akümülatörünü kullanarak gerekli üç temel işaretten biri olan üçgen işareti üretmiş olur.

Faz akümülatörü çıkışı sayısal bir değer olduğu için içerisinde sinüs dalga formunu oluşturacak verilerin saklandığı ROM'un (Read Only Memory – Sadece Okunabilir

Bellek) adres girişlerine uygulandığı zaman Şekil2.15.'de [27] görülen sinüs dalga formu elde edilmiş olur.



Şekil 2.15. AD9833 Faz Akümülatörü ve Sinüs ROM Çıkışı.

Faz akümülatörü ve Sinüs ROM çıkışı Analog/dijital çevirici kullanılarak ayrık formdan sürekli forma sokulur. Faz akümülatörü çıkışının en yüksek değerlikli biti çoğullayıcı vasıtasıyla çıkışa aktarılarak üç temel işaret formundan kare dalga sinyal de elde edilmiş olur.

AD9833 tümdevresi, işaret dalga formu, işaret frekansı ve işaret fazı tümüyle dijital olarak SPI seri haberleşme bağlantısı vasıtası ile kumanda edilebilen bir tümdevredir. Bu amaçla tüm devre içerisinde beş adet yazaç bulunur. Bunlar sırasıyla Kontrol Yazacı, Faz Yazacı-0, Faz Yazacı-1, Frekans Yazacı-0 ve Frekans Yazacı-1'dir.

AD9833 çıkış frekansı [27];

$$F_{out} = F_{MCLK} \frac{1}{2^{28}} . F_{RD} \tag{2.12}$$

ile hesaplanmaktadır. Burada "F_{RD}" frekans yazaçlarının sayısal değeri, "F_{MCLK}" .ise "MCLK" girişine uygulanan referans işaretinin frekansıdır.

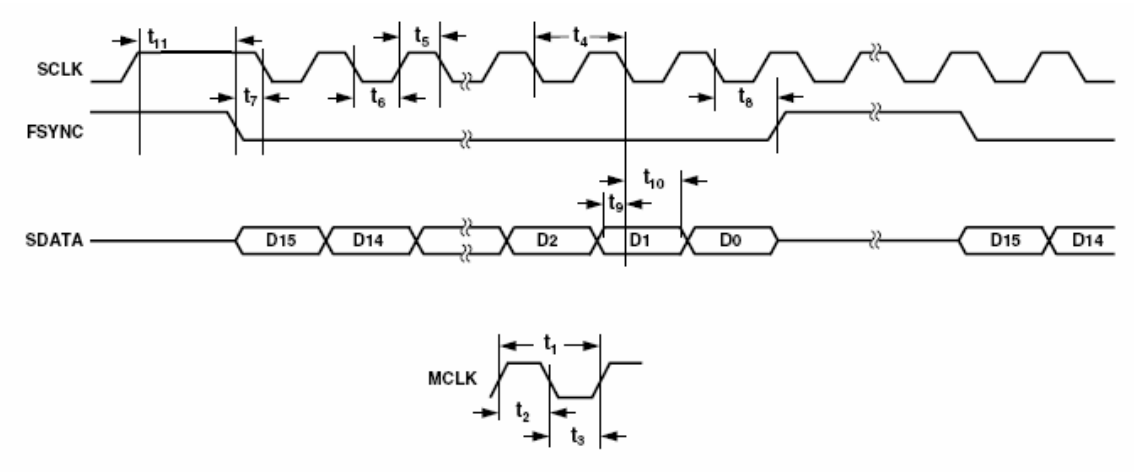
Çıkış faz farkı ise [27];

$$P_{out} = \frac{2\Pi}{4096} . P_{RD} \tag{2.13}$$

ile hesaplanır. Buradaki "P_{RD}" faz yazaçlarının sayısal değeridir.

Hangi yazaca veri yazılacağı SPI protokolü ile gönderilen 16 bitlik verinin 15 ve 14. bitleri kullanılarak belirlenir. Geriye kalan 14 bitlik kısım yazaca yazılacak veriyi belirler. SPI zamanlaması Şekil 2.16.'da gösterilmiştir.

Şekil 2.17.'de AD9833 tümdevresi ile tasarlanmış işaret üreteci modülü osilatör bölümü referans osilatörü ve çevre birimi bağlantıları ile birlikte verilmiştir. Referans osilatörü olarak kullanılan MAX7381 [28] tümdevresi 10MHz kare dalga çıkışlı olup tasarlanan osilatör devresinin maximum çıkış frekansı osilatör devresi çıkışına bağlanan AD5282 tümdevresi ve kazanç ayar devresindeki işlemsel kuvvetlendiricilerin band genişliği ile sınırlıdır.



Şekil 2.16. AD9833 SPI Haberleşme Zamanlaması.

Şekil 2.16.'da gösterilen zamanlar;

t1 = 40 ns min (MCLK Periyodu)

t2 = 16 ns min (MCLK High Zamanı)

t3 = 16 ns min (MCLK Low Zamanı)

t4 = 25 ns min (SCLK Periyodu)

t5 = 10 ns min (SCLK High Zamanı)

t6 = 10 ns min (SCLK Low Zamanı)

t7 = 5 ns min (FSYNC ile SCLK arası düşen kenar algılanma zamanı)

$t8_{min}$ = 10 ns min (FSYNC ile SCLK arası tutma zamanı)

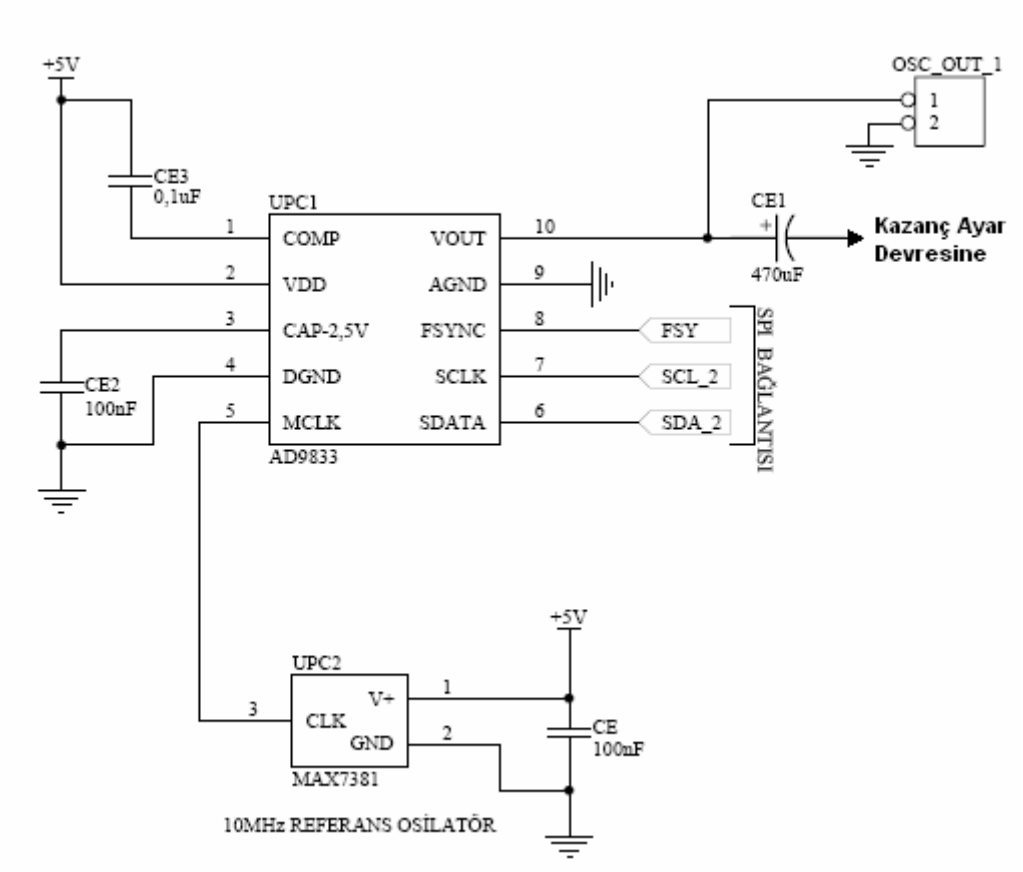
$t8_{max}$ = t4 – 5 ns max

t9 = 5 ns min (veri algılanma zamanı)

t10 = 3 ns min (veri tutma zamanı)

t11 = 5 ns min (SCLK High ile FSYNC düşen kenar algılanma zamanı)

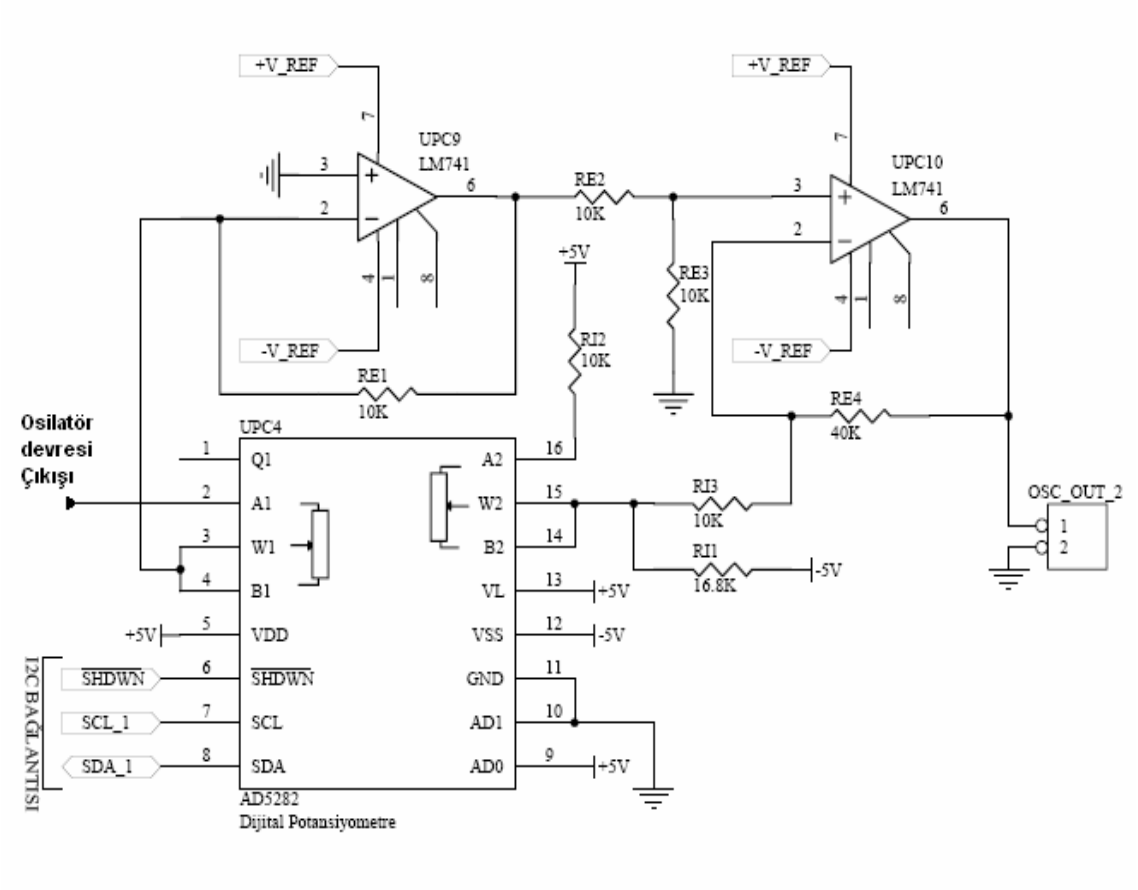
olmak zorundadır.



Şekil 2.17. İşaret Üreteci Modülünün Osilatör Katı.

Şekil 2.17.'de görüldüğü üzere işaret üreteci modülünün osilatör katı iki adet tümdevre ve bunlarla birlikte kullanılan çevre elemanlarından oluşur. MAX7381 tümdevresi, 10MHz'lik TTL seviyede kare dalga sinyal üretir. Üretilen bu sinyal AD9833 tümdevresi referans sinyalini oluşturur. AD9833 tümdevresi uygulanan referans sinyalini kullanarak SPI haberleşmesi ile ayarlanan dalga formunda ve ayarlanan frekansta çıkış işareti üretir. Çıkış işareti genlik seviyesi kare dalga işaret için 5 Vp-p, üçgen ve sinüs işaretler için 300 mVp-p seviyesinde pozitif bir işarettir. Bu işaret ham haliyle işaret üreteci modülünün birinci çıkış işareti olur. Aynı işaret CE1 kondansatörü ile ortalama genlik seviyesi şase potansiyeline kaydırıldıktan sonra, yani DC bileşenler

maskelendikten sonra işaret üreteci modülü kazanç ve seviye kontrol bölümü girişine uygulanır.



Şekil 2.18. İşaret Üreteci Modülü Kazanç ve Seviye Kontrol Bölümü.

Şekil 2.18.'de görülen kazanç ve seviye kontrol bölümü girişine uygulanan bu işaret ilk aşamada kazanç ayarlanması amacıyla UPC9 olarak adlandırılan işlemsel kuvvetlendirici, RE1 direnci ve AD5282 dijital potansiyometresi ile oluşturulan eviren kuvvetlendirici girişine uygulanır. Kuvvetlendirici kazancı;

$$A = -\frac{RE1}{R_{dpot}} \tag{2.14}$$

ifadesiyle belirtilmekte olup, bu ifadedeki "R_{dpot}" direnci;

$$R_{dpot} = \frac{256 - D}{256}.R_{ab} + R_w \tag{2.15}$$

ile tanımlıdır. Bu tanım Denklem (2.14)'de yerine konulmasıyla kuvvetlendirici kazancı;

$$A = -\frac{RE1}{\frac{256-D}{256}.R_{ab} + R_w} \tag{2.16}$$

olarak belirlenir.

D=255 olarak alındığında devredeki maksimum kazanç;

$$A_{\max} = -\frac{10000}{\frac{256-255}{256}.20000 + 60} \cong -72{,}39 \tag{2.17}$$

olarak hesaplanır.

Minimum kazanç ise; D'nin "0" olarak belirtilmesi ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$A_{\min} = -\frac{10000}{\frac{256-0}{256}.20000 + 60} \cong -0{,}498 \tag{2.18}$$

Giriş sinyalinin seviye öteleme işlemi için RI1, RI2 ve AD5282 tümdevresi ile oluşturulan gerilim bölücü devresi çıkışı, UPC10, RE2, RE3, RE4 ve RI3 ile oluşturulan fark kuvvetlendirici girişine uygulanır. Burada fark kuvvetlendirici devresinin çıkışı yani işaret üreteci modülünün genlik çıkışı;

$$V_{osc\,out} = \left(\left(\frac{RI3 + RE4}{RE2 + RE3}\right).\frac{RE3}{RI3}\right).V_2 - \left(\frac{RE4}{RI3}\right).V_1 \tag{2.19}$$

ile belirlenir. Bu ifadede yer alan V_1, V_2 ve R_{dpot} ifadeleri sırasıyla aşağıdaki denklemlerde verilmektedir.

$$V_1 = -10\frac{RI1 + R_{dpot}}{RI1 + R_{dpot} + RI2} + 5 \tag{2.20}$$

$$V_2 = -A_{\substack{KAZANÇ \\ KONTROL}} . V_{\substack{OSilATÖR \\ ÇIKIŞI}} \tag{2.21}$$

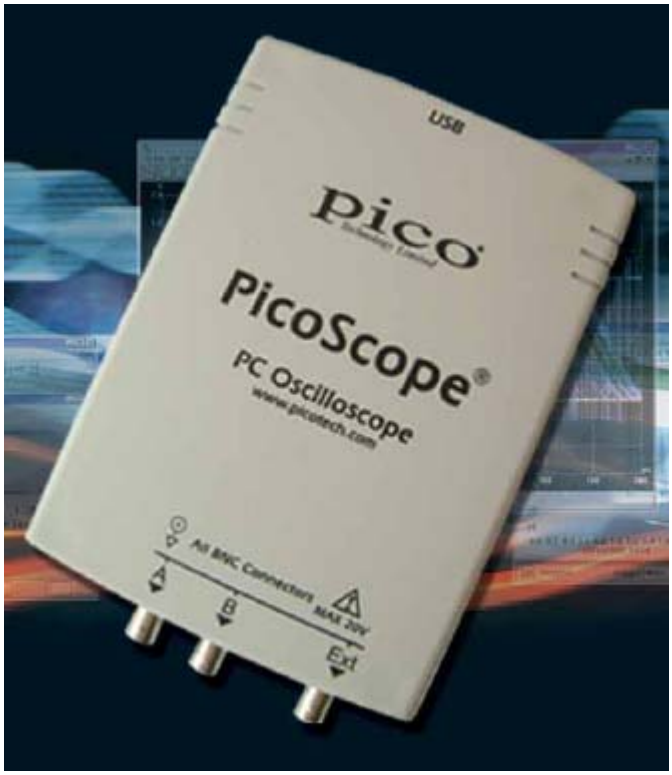
$$R_{dpot} = \frac{256 - D}{256} . R_{ab} + R_w \tag{2.22}$$

Bu ifadelerde yer alan $A_{\substack{KAZANÇ \\ KONTROL}}$ ifadesi Denklem (2.16)'da verilen kazanç ifadesi ve $V_{\substack{OSilATÖR \\ ÇIKIŞI}}$ ifadesi ise seçilen işaret tipine göre AD9833 tümdevresinin çıkış genliğidir.

2.2.5 PC-OSİLOSKOP MODÜLÜ

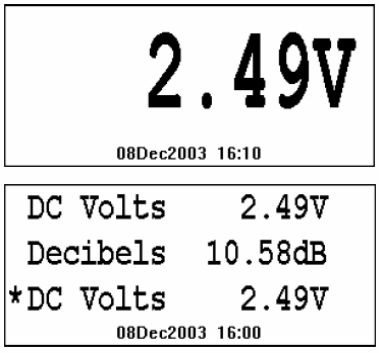
Deneysel çalışmalarda en önemli noktalardan biri de deneysel verilere ulaşılması ve bunun analiz edilmesidir. Elektronik sistemlerde çıkış verilerine ulaşmak amacıyla çeşitli ölçü cihazları geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçü cihazlarından laboratuar çalışmaları için en çok kullanılanları AVO (amper-volt-ohm)-metre, osiloskop ve spektrum analizörleridir. Konsol tasarımında deney ve araştırmalar için gerekli ölçü cihazı ihtiyacını karşılamak amacıyla, konsol içerisinde dahili olarak bulunan ve konsol endüstriyel bilgisayarı ile kumanda edilen PicoScope 3206 [29] model PC-Osiloskop modülü kullanılmıştır.

Şekil 2.19.'da genel görünümü verilen PicoScope 3206 modülü, USB haberleşme bağlantısı ile bilgisayara bağlanır. Donanımında bulunan yüksek hızlı ADC'ler vasıtasıyla ölçülen işareti, sürekli domenden ayrık domene çeviren modül, elde ettiği verileri USB bağlantısı vasıtasıyla bilgisayara gönderir. PicoScope 3206 modeli için ölçüm band genişliği 200 MHz olup iki adet ölçüm girişi ve bir adet harici tetikleme girişi mevcuttur.



Şekil 2.19. PicoScope 3206 Osiloskop Modülü.

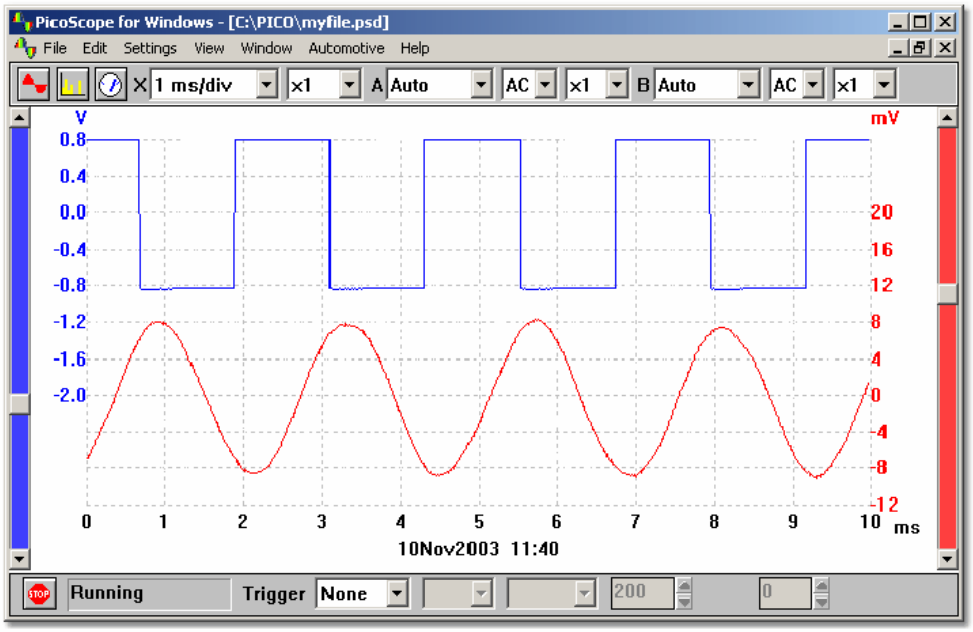
Bilgisayar üzerinde kurulu olan kendine ait uygulama yazılımı sayesinde modül, Şekil 2.20.-24'te gösterildiği gibi AC veya DC voltaj ölçümü, frekans ölçümü, ölçülen sinyallerin zaman domeni gösterimi, ölçülen sinyallerin frekans domeni gösterimi ve X-Y scope gösterimi yapabilmekte; aynı zamanda ölçülen işaretlerle ilgili kayıt tutabilmekte ve harici olarak resim çıktısı verebilmektedir.



Şekil 2.20. PicoScope Yazılımı Gerilim Ölçümü Ekran Örneği.

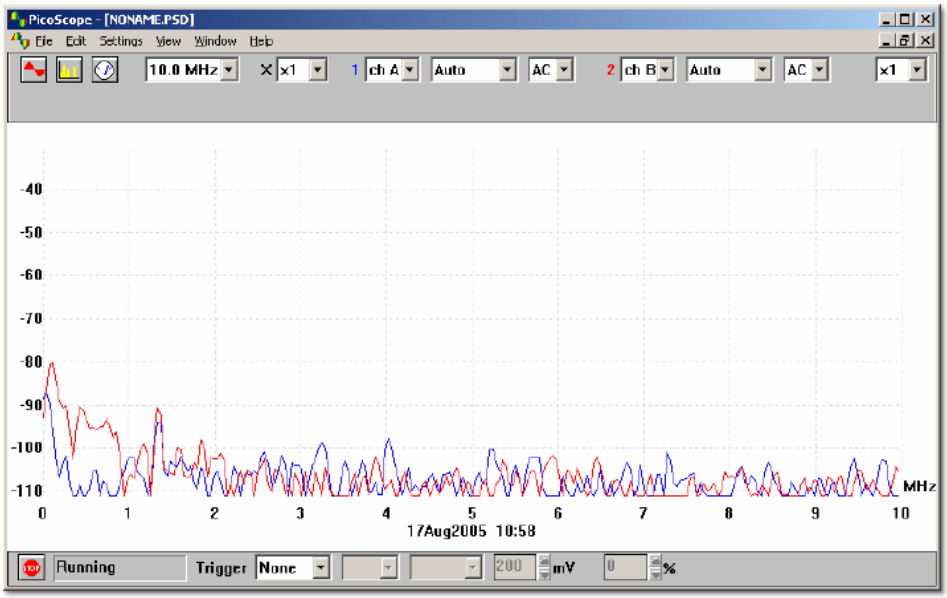
Şekil 2.20.'de PicoScope 3206 modülünün gerilim ölçme modunda kullanılışı görülmektedir. PicoScope 3206 uygulama yazımlı ile ölçülen gerilim DC veya AC

olarak seçilebilmekte ve ölçeklendirmesi otomatik olarak yazılım tarafından ayarlanmaktadır.

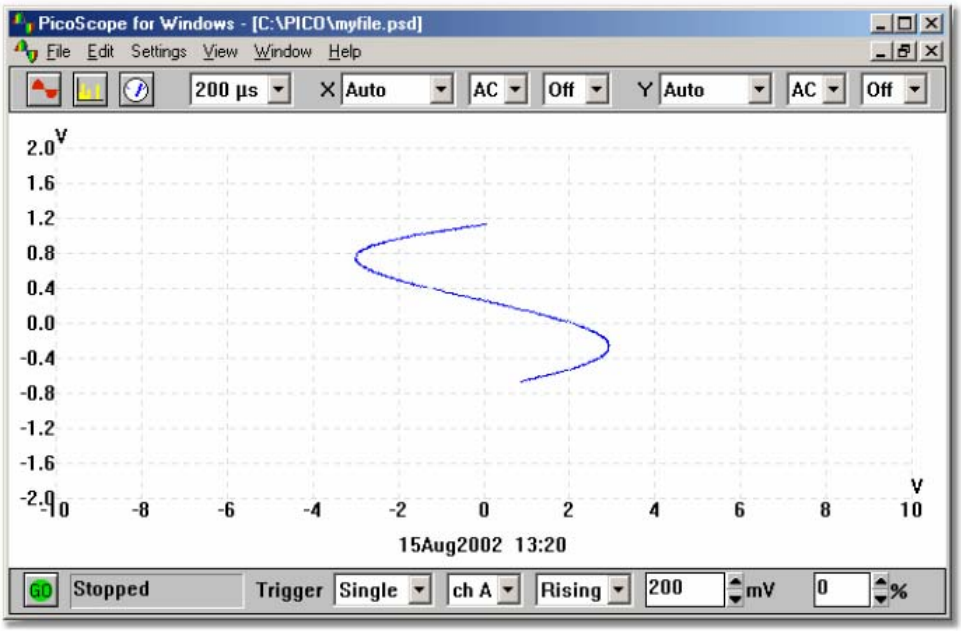


Şekil 2.21. PicoScope Yazılımı Zaman Domeni Ölçümü Ekran Örneği.

Şekil 2.21.'de PicoScope 3206 modülünün çift kanal zaman domeni ölçüm ekranı görülmektedir. Kullanıcı normal bir osiloskopta yapabildiği genlik, zaman ve tetikleme ayarlarının hepsini manuel veya otomatik olarak PicoScope 3206 modülüyle de yapabilmektedir. İstenilirse Şekil 2.24.'de görüldüğü gibi zaman domeni veya frekans domeni gibi çoklu ölçümleri aynı anda gerçekleştirilebilmektedir.



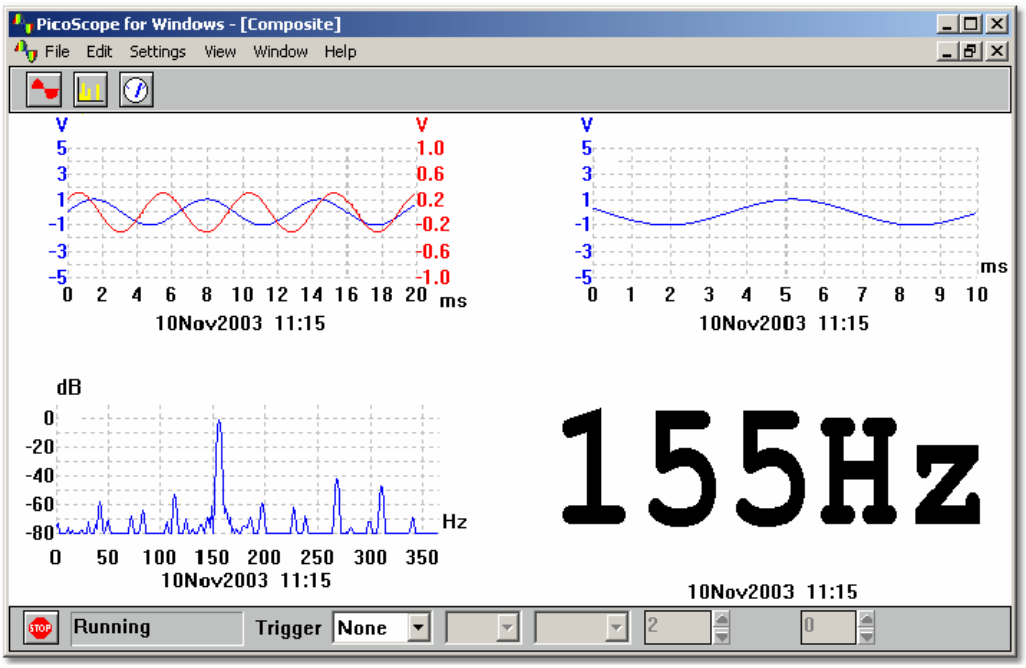
Şekil 2.22. PicoScope Yazılımı Frekans Domeni Ölçümü Ekran Örneği.



Şekil 2.23. PicoScope Yazılımı X-Y Ölçümü Ekran Örneği.

Şekil 2.22.'de PicoScope 3206 modülünün frekans domeni ölçüm örneği görülmektedir. Kullanıcı frekans domeni ölçümü yaparken ölçüm yapılacak frekans aralığını 0 Hz'den itibaren belirleyebilmekte; istenirse tek kanal istenirse Şekil 2.22.'de görüldüğü gibi iki kanal ölçümü aynı ekranda görebilmektedir.

Şekil 2.23'de PicoScope 3206 modülünün X-Y ölçüm örneği görülmektedir. Kullanıcı zaman domeni ölçümünde olduğu gibi genlik ayarlarını otomatik veya manuel olarak yapabilmektedir.



Şekil 2.24. PicoScope Yazılımı Frekans Ölçümü ve Çoklu Ekran Gösterimi Örneği.

Şekil 2.24.'de PicoScope 3206 modülünün çoklu ekran gösterim örneği görülmektedir. Bu örnekte görüldüğü gibi aynı anda birden farklı ölçüm yapılabilmekte ve yapılan ölçümlerin tamamı tek bir ana ekran içinde gösterilebilmektedir.

2.2.6 HARİCİ HABERLEŞME BAĞLANTILARI

Tasarımı yapılan konsol sistemi üzerinde bulunan son birim harici haberleşme bağlantılarıdır. Bu amaçla konsol üzerine iki adet USB bağlantısı ve bir adet RS232 haberleşme bağlantısı eklenmiştir. Bu bağlantıların konsol tasarımına eklenmesi ile hedeflenen, araştırmalar sırasında ihtiyaç duyulabilecek yazıcı, fax-modem, klavye gibi ek bilgisayar ekipmanlarının sisteme dışarıdan dahil edilebilmesi ve özellikle PLC ve mikro denetleyici deneylerinde RS232 haberleşme bağlantısına ihtiyaç duyulacak olmasıdır.

2.3 TASARLANAN KONSOL SİSTEMİN YAZILIM YAPISI

Tasarlanan konsol sisteminin ikinci ana unsuru olan yazılım kısmı temel olarak kullanıcının deney veya araştırmalar sırasında konsol üzerinde bulunan modülleri kontrol etmesini sağlamak amacıyla konsol tasarımına dahil edilmiştir. Eklenen konsol yazılımı sayesinde kullanıcı sadece donanımda bulunan modüllere kumanda etmekle kalmayıp deney veya araştırmalar sırasında ihtiyaç duyacağı simülasyon ve gerekli teknik bilgilere konsol üzerinden ulaşabilmektedir.

Konsol yazılımı endüstriyel bilgisayar sistemi üzerinde kurulu olan Windows XP–SP2 [30] işletim sistemi üzerinde çalışmakta olup çalışması için "fm20.dll" ve "mscomm32.ocx" isimli iki adet yardımcı dosyaya ihtiyaç duymaktadır. Konsol yazılımı "fm20.dll" dosyasını kullanarak yazılım üzerindeki butonları ve metin kutularını oluşturmakta ve "mscomm32.ocx" dosyasını kullanarak RS232 protokolü üzerinden içerisinde işaret üreteci modülü ve güç kaynağı modülünün de bulunduğu ara birim kartı ile haberleşmektedir.

Şekil 2.25.'de genel ara yüz görünümü verilen konsol yazılımı üzerinde bulunan tuşların ve göstergelerin açıklamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

"1" Numaralı buton işaret üreteci modülünün frekans ayarının yapıldığı butondur. Buton üzerinde bulunan yukarı ok bölmesine basılırsa "9" numara ile gösterilmiş metin kutusu içindeki frekans değeri artmaya başlar. Aynı şekilde buton üzerindeki aşağı ok bölmesine basılırsa "9" numaralı metin kutusundaki frekans değeri azalmaya başlar.

"2" numara ile gösterilen buton "1" numarada tanımlanan frekans ayarının artırım veya azaltım miktarını belirleyen butondur. Butona her basılışında buton üzerinde "Frekans x1", "Frekans x10000" arasında çarpan değerlerinin değiştiği görülür. Çarpan değeri "x1" olduğunda artırım veya azatlım miktarı her bir basış için yaklaşık olarak 0,372529 Hz iken çarpan değeri "x10000" olduğunda bu miktar yaklaşık olarak 3725Hz dir.

"3" numaralı butona basıldığı zaman "9" numaralı metin kutusunda görülen frekans değeri işaret üreteci modülüne gönderilir.



Şekil 2.25. Konsol Yazılımı.

“4” numaralı buton basıldığında, işaret üreteci modülünün çıkışı kare dalga işaret formuna ayarlanır.

“5” numaralı buton basıldığında, işaret üreteci modülünün çıkışı üçgen işaret formuna ayarlanır.

“6” numaralı buton basıldığında, işaret üreteci modülünün çıkışı sinüs formuna ayarlanır.

“7” numaralı butonun yukarı ok bölmesine basıldığı zaman, işaret üreteci modülünün kazanç artırımı, aşağı ok bölmesine basıldığı zaman ise işaret üreteci modülünün kazanç azatlımı işlemi gerçekleşir.

“8” numaralı butonun yukarı ok bölmesine basıldığı zaman işaret üreteci modülünün çıkış ortalama gerilimi şase potansiyeline göre arttırılır. Aynı şekilde aşağı ok bölmesine basıldığı zaman işaret üreteci modülünün ortalama genlik seviyesi azaltılmış olur.

“9” numara ile gösterilen metin kutusu “1” numara ile gösterilen frekans ayarı butonu tarafından ayarlanan frekans değerini gösterir.

“10” numaralı butonun yukarı ve aşağı ok bölümleri kullanılarak güç kaynağı modülünün ayarlı +Vout çıkışı üzerinde +Vadj potansiyometresi ile ayarlanan gerilime ek olarak 0 ile 5 V luk bir sahada çıkış ayarı yapılabilir.

“11” numaralı butonun yukarı ve aşağı ok bölümleri kullanılarak güç kaynağı modülünün ayarlı -Vout çıkışı üzerinde -Vadj potansiyometresi ile ayarlanan gerilime ek olarak 0 ile -5 V luk bir sahada çıkış ayarı yapılabilir.

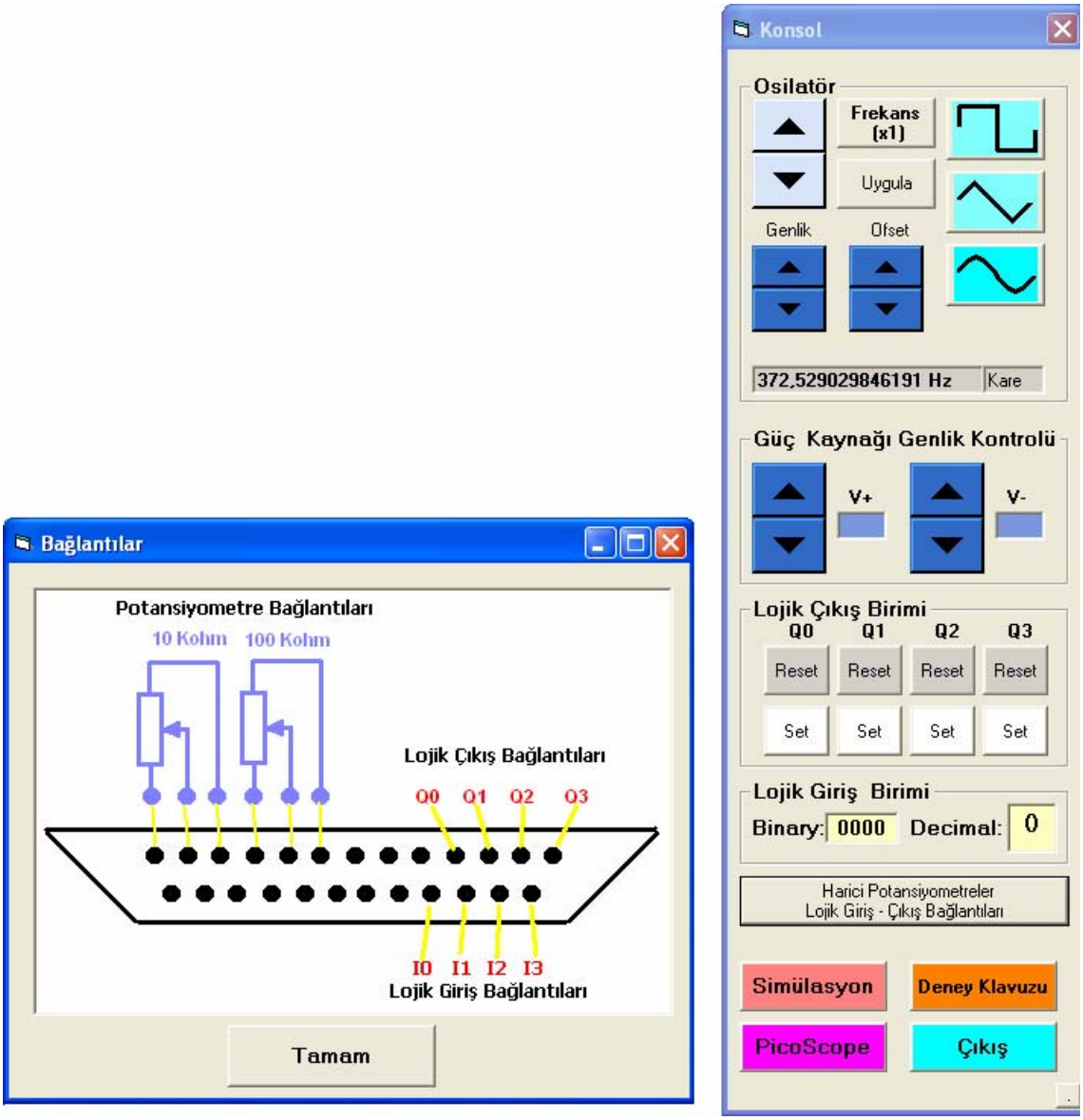
“11.a” numaralı metin kutusu “10“ numaralı voltaj ayar butonu ile ayarlanan ilave gerilimi gösterir.
“11.b” numaralı metin kutusu “11“ numaralı voltaj ayar butonu ile ayarlanan ilave gerilimi gösterir.

“12” numara ile gösterilen “reset” butonlarının her biri kendi üzerinde bulunan numara ile isimlendirilmiş lojik çıkışın durumunu lojik-0 yapar.

“13” numara ile gösterilen “set” butonlarının her biri kendi üzerinde bulunan numara ile isimlendirilmiş lojik çıkışın durumunu lojik-1 yapar.

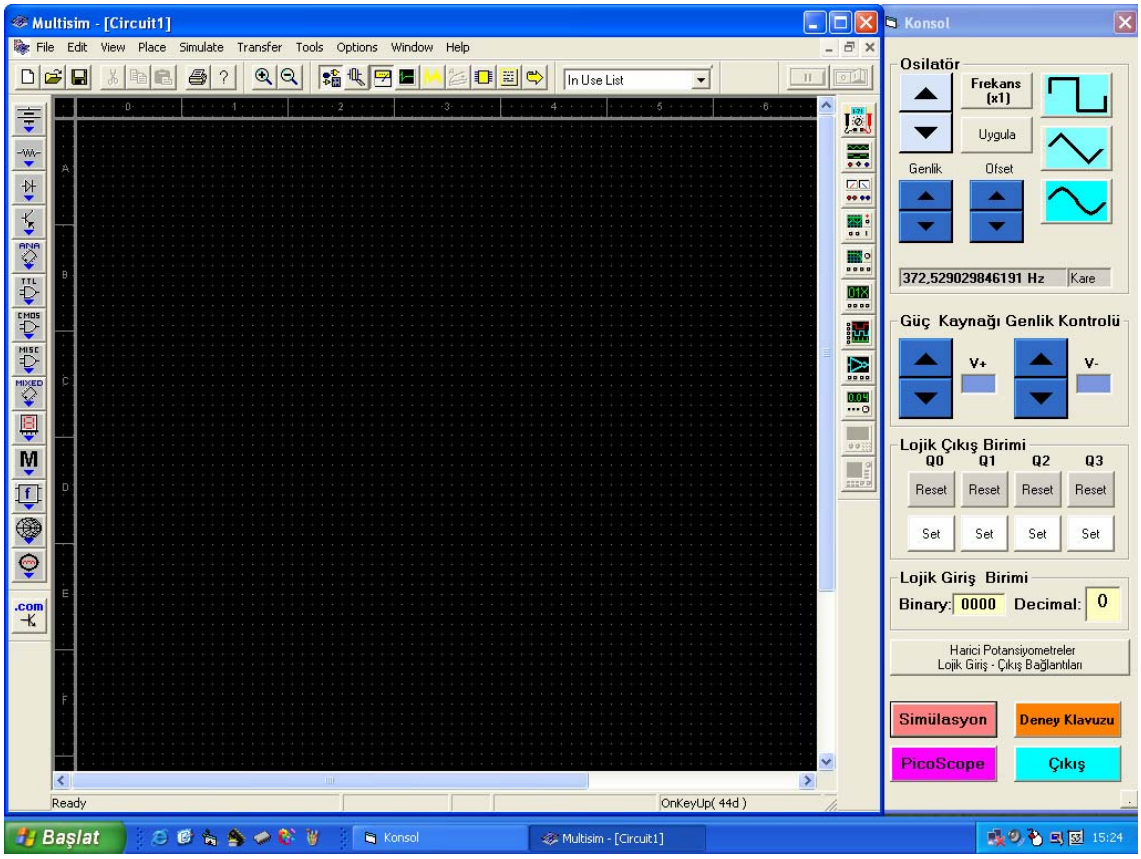
“14” ve “15” numaralı metin kutuları konsol üzerinde bulunan dört adet lojik girişin durumlarını ikili ve ondalık tabanda olarak gösteren metin kutularıdır.

“16” numaralı butona basıldığında Şekil 2.26.’de görüldüğü üzere konsol üzerinde bulunan lojik giriş, lojik çıkış ve harici potansiyometrelerin bağlantı soketinde bağlı oldukları uçlar görünür.



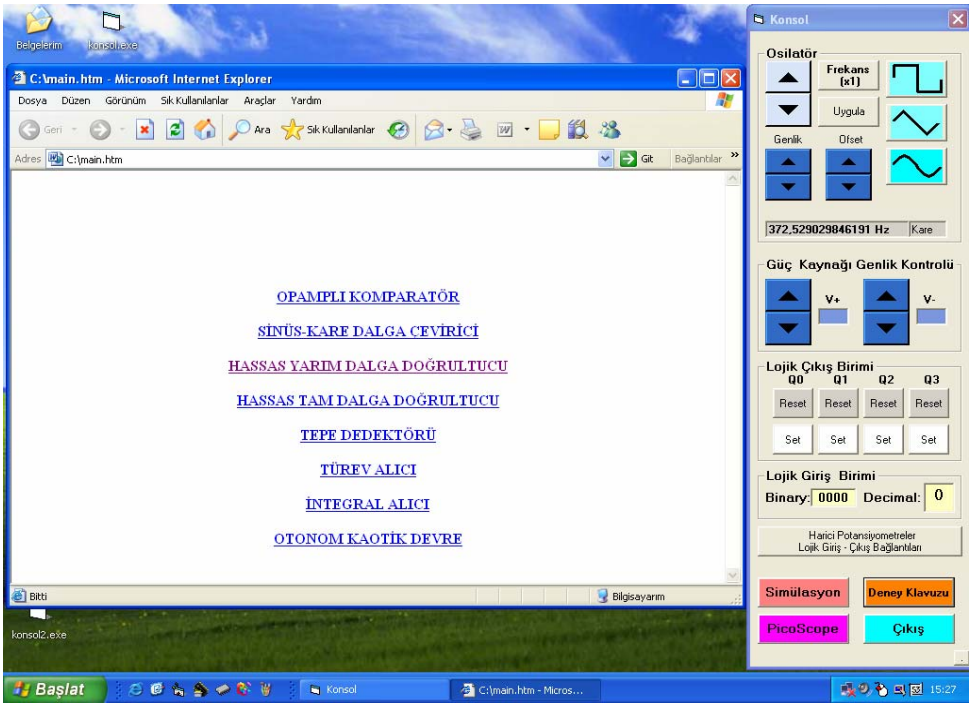
Şekil 2.26. Konsol Bağlantıları Ekranı.

“17” numaralı butona basıldığında Şekil 2.27.’de görüldüğü gibi, konsol endüstriyel bilgisayarı üzerinde kurulu olarak bulunan simülasyon programı çalışır [31].

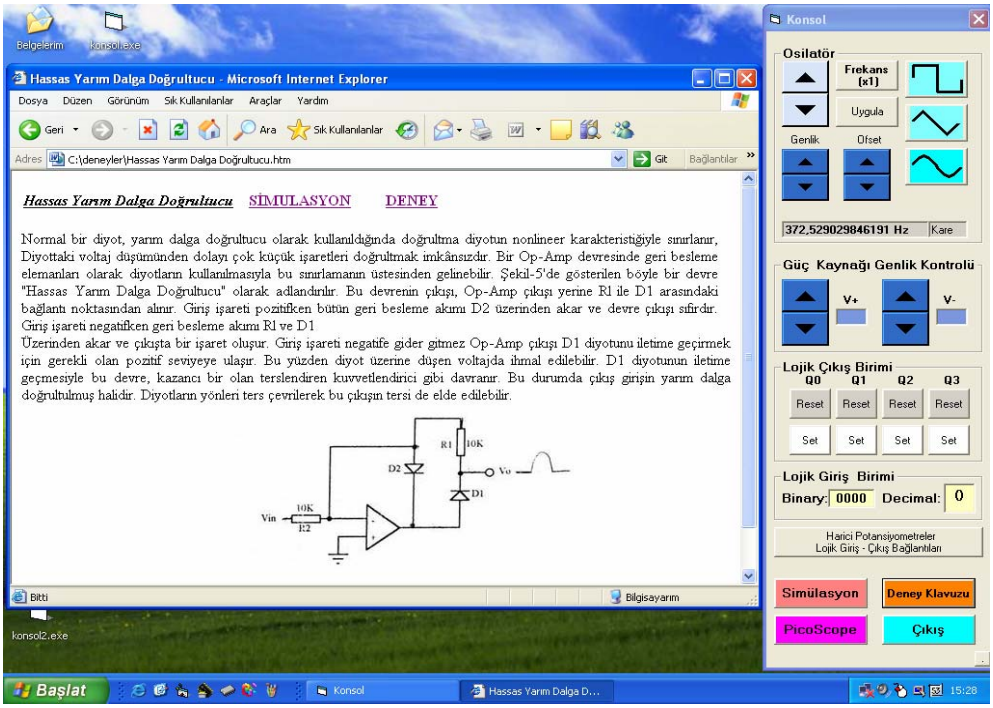


Şekil 2.27. Simülasyon Yazılımı Ekranı.

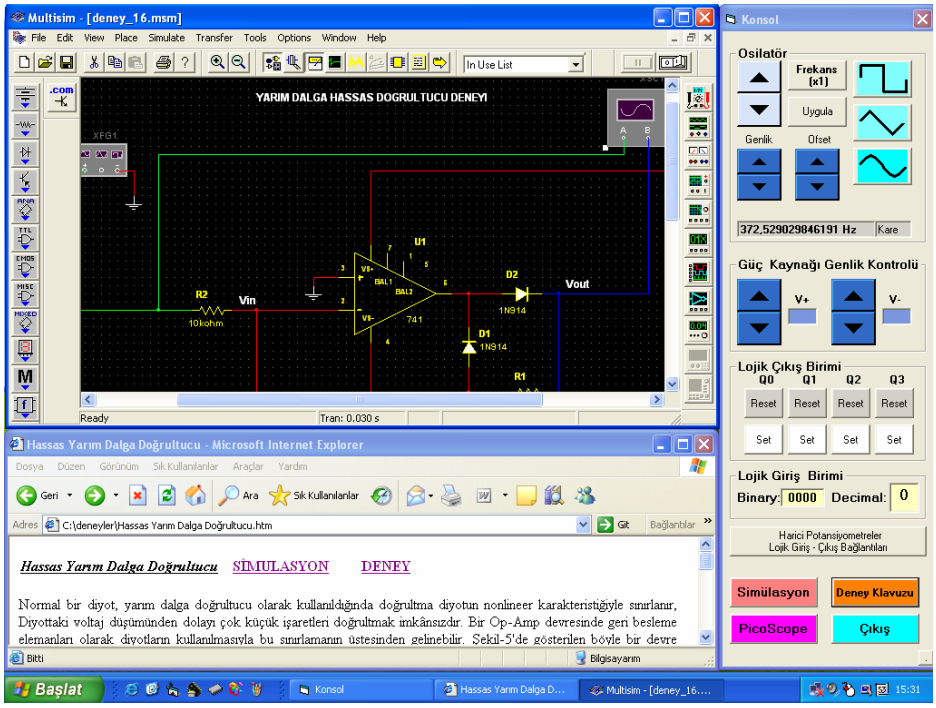
“18” numaralı butona basıldığında, konsol endüstriyel bilgisayarı üzerinde kurulu olan “htm” formatındaki deney kılavuzu programı çalışır. Kullanıcı burada yüklü olan bilgiler sayesinde deney ile ilgili ön bilgilere ulaşabilir, deney ile ilgili simülasyonu yapabilir ve deneyi uygularken izleyeceği adımları görebilir. Bu işlem adımları, örnek bir deney uygulaması için Şekil 2.28’de verilmektedir.


Belgelerim
konsol.exe
C:\main.htm - Microsoft Internet Explorer
Dosya Düzen Görünüm Sık Kullanılanlar Araçlar Yardım
Adres C:\main.htm
OPAMPLI KOMPARATÖR
SİNÜS-KARE DALGA CEVİRİCİ
HASSAS YARIM DALGA DOĞRULTUCU
HASSAS TAM DALGA DOĞRULTUCU
TEPE DEDEKTÖRÜ
TÜREV ALICI
İNTEGRAL ALICI
OTONOM KAOTİK DEVRE
Bitti
Bilgisayarım
konsol2.exe
Konsol
Osilatör
Frekans (x1)
Uygula
Genlik
Ofset
372,529029846191 Hz
Kare
Güç Kaynağı Genlik Kontrolü
V+
V-
Lojik Çıkış Birimi
Q0 Q1 Q2 Q3
Reset
Set
Lojik Giriş Birimi
Binary: 0000
Decimal: 0
Harici Potansiyometreler
Lojik Giriş - Çıkış Bağlantıları
Simülasyon
Deney Klavuzu
PicoScope
Çıkış
Başlat
Konsol
C:\main.htm - Micros...
15:27

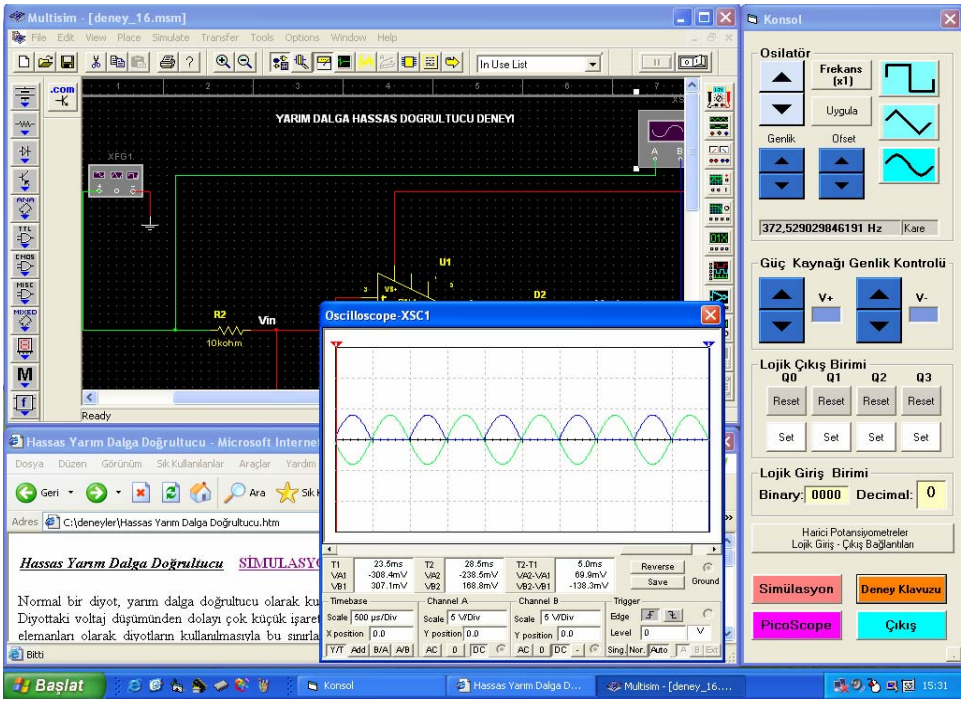
(a)


Belgelerim
konsol.exe
Hassas Yarım Dalga Doğrultucu - Microsoft Internet Explorer
Dosya Düzen Görünüm Sık Kullanılanlar Araçlar Yardım
Adres C:\deneyler\Hassas Yarım Dalga Doğrultucu.htm
Hassas Yarım Dalga Doğrultucu
SİMULASYON
DENEY
Normal bir diyot, yarım dalga doğrultucu olarak kullanıldığında doğrultma diyotun nonlineer karakteristiğiyle sınırlanır, Diyottaki voltaj düşümünden dolayı çok küçük işaretleri doğrultmak imkânsızdır. Bir Op-Amp devresinde geri besleme elemanları olarak diyotların kullanılmasıyla bu sınırlamanın üstesinden gelinebilir. Şekil-5'de gösterilen böyle bir devre "Hassas Yarım Dalga Doğrultucu" olarak adlandırılır. Bu devrenin çıkışı, Op-Amp çıkışı yerine Rl ile D1 arasındaki bağlantı noktasından alınır. Giriş işareti pozitifken bütün geri besleme akımı D2 üzerinden akar ve devre çıkışı sıfırdır. Giriş işareti negatifken geri besleme akımı Rl ve D1
Üzerinden akar ve çıkışta bir işaret oluşur. Giriş işareti negatife gider gitmez Op-Amp çıkışı D1 diyotunu iletime geçirmek için gerekli olan pozitif seviyeye ulaşır. Bu yüzden diyot üzerine düşen voltajda ihmal edilebilir. D1 diyotunun iletime geçmesiyle bu devre, kazancı bir olan terslendiren kuvvetlendirici gibi davranır. Bu durumda çıkış girişin yarım dalga doğrultulmuş halidir. Diyotların yönleri ters çevrilerek bu çıkışın tersi de elde edilebilir.
R1
10K
D2
Vo
D1
Vin
10K
R2
Bitti
Bilgisayarım
konsol2.exe
Konsol
Osilatör
Frekans (x1)
Uygula
Genlik
Ofset
372,529029846191 Hz
Kare
Güç Kaynağı Genlik Kontrolü
V+
V-
Lojik Çıkış Birimi
Q0 Q1 Q2 Q3
Reset
Set
Lojik Giriş Birimi
Binary: 0000
Decimal: 0
Harici Potansiyometreler
Lojik Giriş - Çıkış Bağlantıları
Simülasyon
Deney Klavuzu
PicoScope
Çıkış
Başlat
Konsol
Hassas Yarım Dalga D...
15:28

(b)



(c)



(d)

Şekil 2.28. (a) Deney Kılavuzu Ana Ekranı, (b) Deney Kılavuzu Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Ekranı, (c) Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deney Simülasyonu Ekranı, (d). Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deney Simülasyonu Çalışma Ekranı.

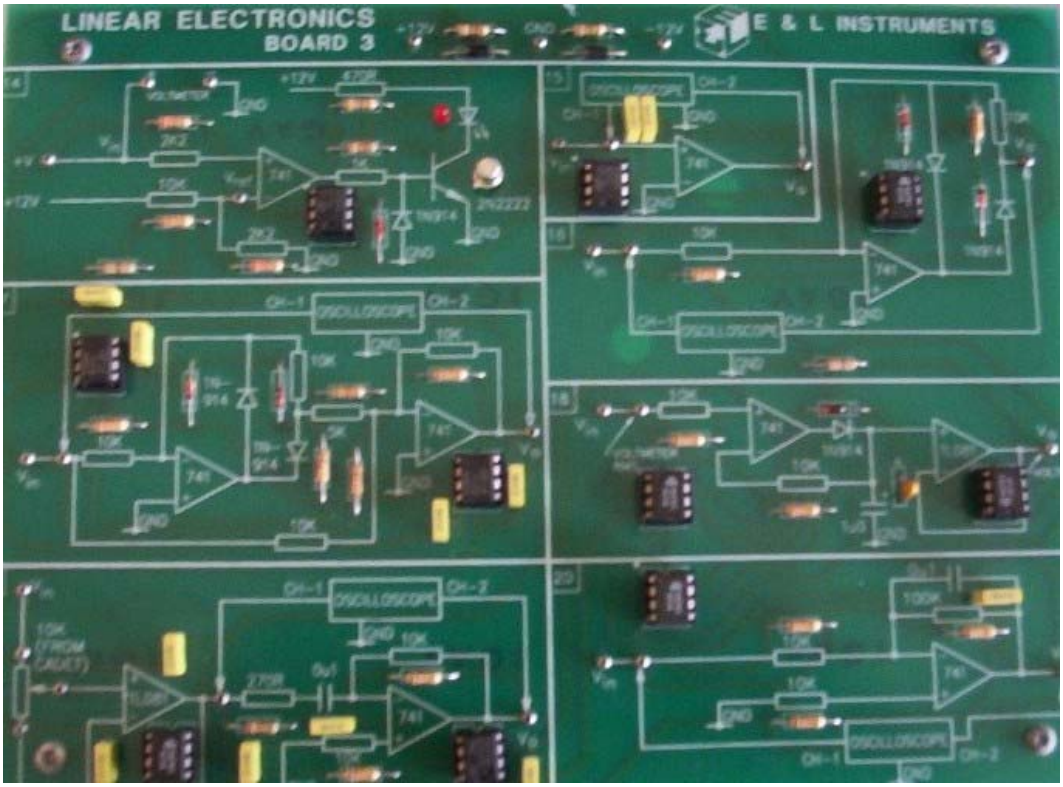
Konsol ara yüz yazılımı, endüstriyel bilgisayar üzerindeki RS232 bağlantı portunu kullanarak ara birim kartı üzerinde bulunan mikro denetleyici modülüne RS232 haberleşme protokolü üzerinden komut gönderir. Gönderilen komutlar karakter formundaki verilerden oluşur. Ayarlanmak istenilen her bir değişken için konsol yazılımı bir adet sabit karakter gönderir. Örneğin gönderilen "A" karakteri pozitif ayarlı güç kaynağı ile ilgili verilerin değiştirileceğini, "F" karakteri ise frekans değerinin değiştirileceğini gösterir. Gönderilen ilk karakterden sonraki veriler ayarlanacak değişkenin yeni değerini gösterir. Örnek olarak mikro denetleyici modülüne gönderilen "F00016B49" komutu, işaret üreteci modülünün 3464,55 Hz değerine ayarlanmak istendiğini belirtir.

3.BÖLÜM
ELEKTRONİK DENEY SETLERİ İÇİN UYGULAMA ve ÖLÇÜM KONSOLU ÖRNEK DENEYLERİ

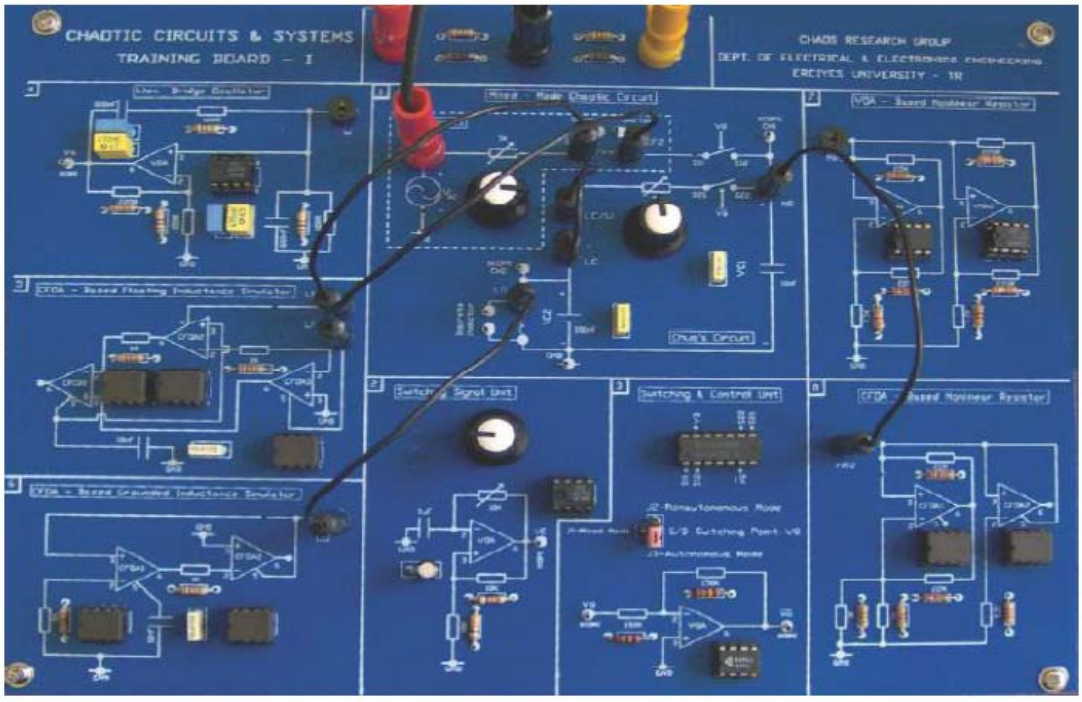
3.1 GİRİŞ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği eğitiminde, gerek lisans gerekse yüksek lisans derslerinde deneysel çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen konsol tasarımında her iki eğitim seviyesine yönelik özellikler konsol bünyesine dahil edilmiştir. Özellikle konsol yapısının endüstriyel bilgisayar sistemi üzerine kurulu olması araştırmacı için büyük kolaylık sağlamaktadır. Aynı şekilde konsol PC-Osiloskobu ile araştırmacı sadece zaman ve X-Y domeni ölçümü yapmakla kalmayıp frekans domeni ölçümü de yapabilmekte ve ölçüm sonuçlarına bilgisayar ortamında sahip olmaktadır.

Elektronik deney setleri için tasarımı gerçekleştirilen deney ve ölçüm konsolu Bölüm 2 de tanıtılmıştır. Bu bölümde özellikle Elektrik-Elektronik Mühendisliği deney ve araştırmaları için geliştirilen uygulama ve ölçüm konsolunun uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bu konsolun kullanıldığı örnek deneysel uygulamalar verilecektir. Bu amaçla iki adet elektronik deney seti örnek olarak seçilmiştir. Birinci örnek kart özellikle lisans seviyesi eğitimi için "E&L Instruments" [32] firması tarafından geliştirilen ve Şekil 3.1.'de resmi verilen "Linear Electronics Board–3" isimli deney setidır. Örnek olarak seçilen ikinci kart ise Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği A.B.D. Yüksek Lisans Çalışması olarak tasarlanan ve Şekil 3.2.'de resmi verilen "Chaotic Traning Board–1" [33] deney setidır.



Şekil 3.1. E&L Instruments Linear Electronics Board–3.



Şekil 3.2. Chaotic Traning Board–1.

3.2 LİSANS PROGRAMI LABORATUAR UYGULAMALARI: İŞLEMSEL KUVVETLENDİRİCİ DENEYLERİ

Tasarlanan konsolun uygulanabilirliğinin gösterileceği ilk deney seti Şekil 3.1.'de verilen ". E&L Instruments Linear Electronics Board–3" isimli deney setidir. Bu deney setinin seçilme nedeni deneyler sırasında deney setinin osiloskop, voltmetre, güç kaynağı, işaret üreteci gibi yapılara bir arada ihtiyaç duyması ve deney setinin özellikle lisans seviyesi eğitimine yönelik geliştirilmiş olmasıdır. Bu deney seti ile aşağıda sırasıyla verilen lisans seviyesine yönelik işlemsel kuvvetlendiricili deneyler gerçekleştirilebilmektedir.

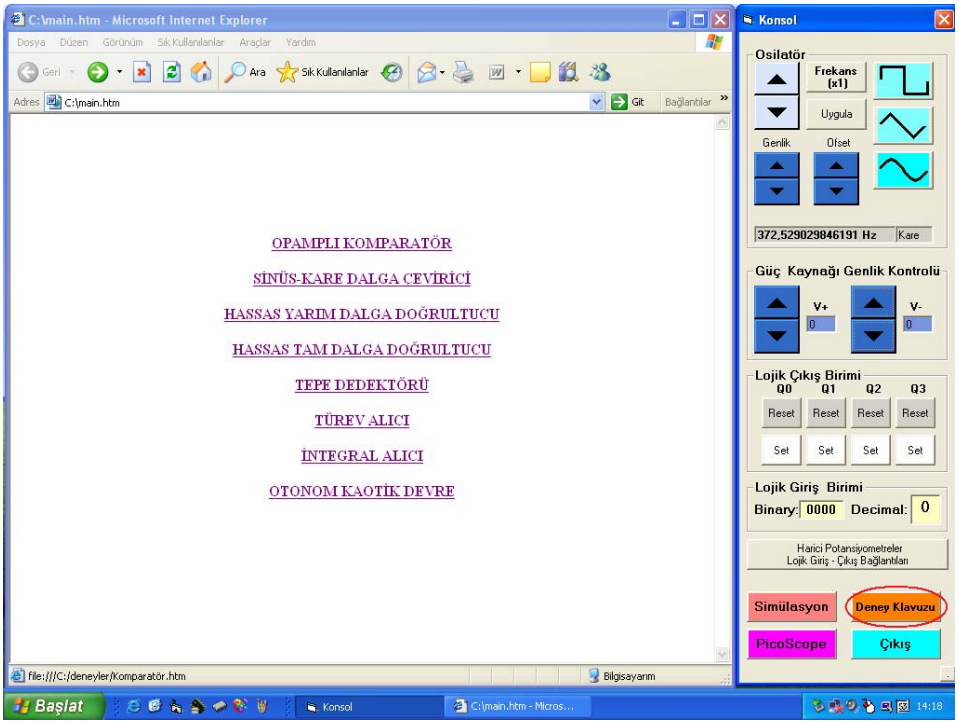
Karşılaştırıcı Deneyi
Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi
Türev Alıcı Deneyi

Bundan sonraki alt bölümlerde konsol ve örnek deney seti ile gerçekleştirilen örnek deneyler verilecektir.

3.2.1 KARŞILAŞTIRICI DENEYİ

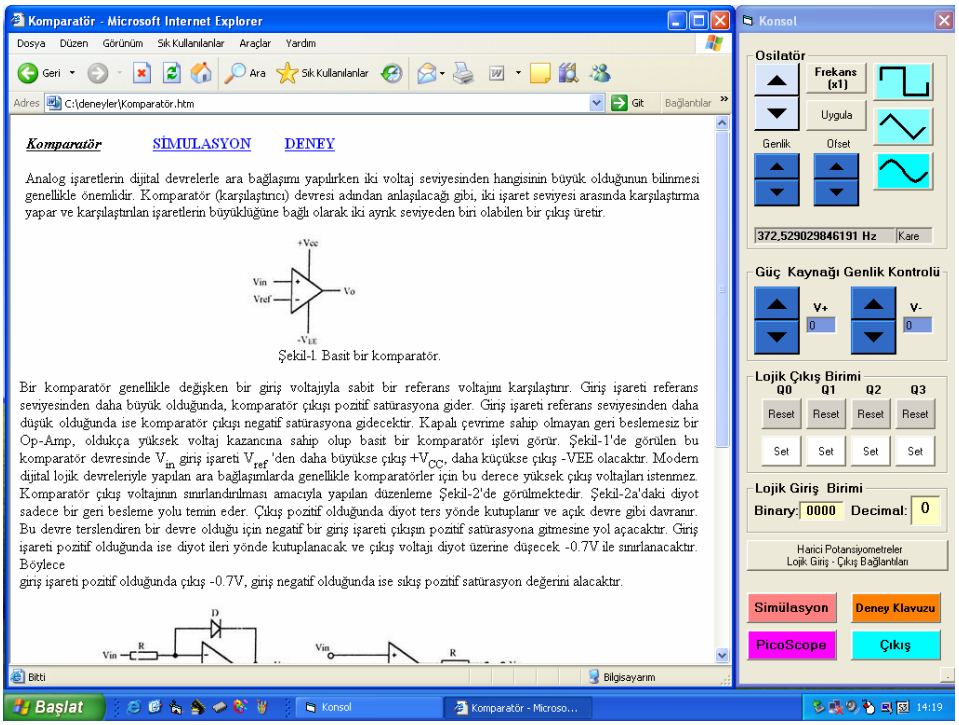
Tasarımı gerçekleştirilen konsol üzerinde örnek uygulaması yapılacak olan ilk deney "E&L Instruments Linear Electronics Board–3" üzerinde 14 numara ile işaretlenmiş olan karşılaştırıcı deneyidir.

Kullanıcı ilk önce Şekil 3.3.'de gösterilmiş olan "Deney Klavuzu" butonuna basarak karşısına çıkan deney listesinden "Opamplı Komparatör" isimli bölüme girer.



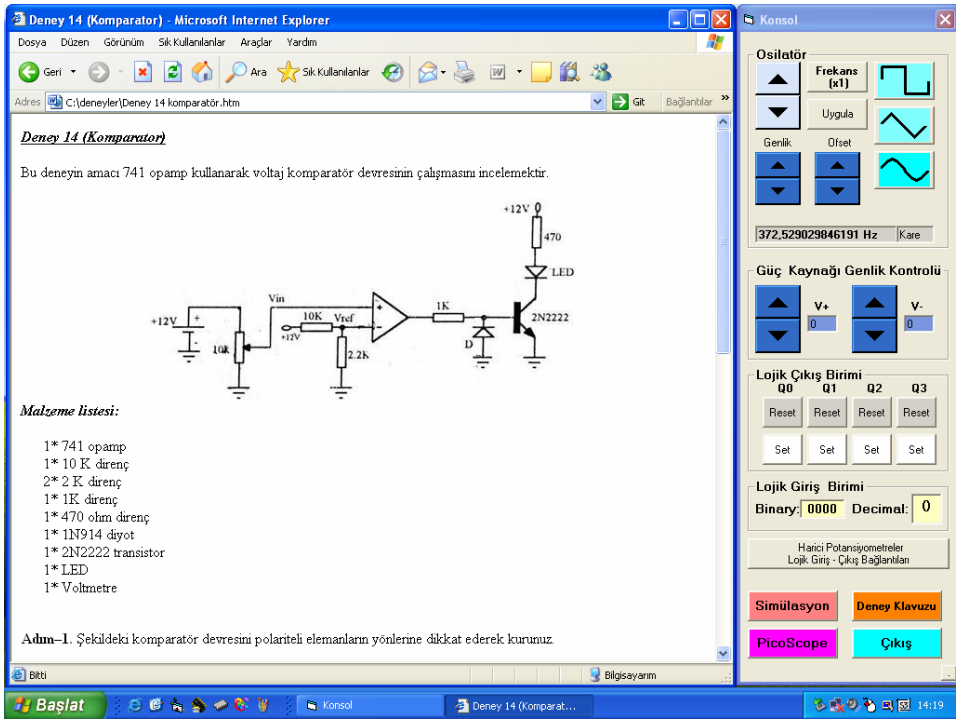
Şekil 3.3. Deney Kılavuzu.

Kullanıcı bu bölümde yukarıda kısaca bahsedilmiş olan karşılaştırıcı deneyi ile ilgili Şekil 3.4.'de gösterildiği gibi ayrıntılı önbilgiye ulaşabilmektedir.



Şekil 3.4. Karşılaştırıcı Deneyi Önbilgisi.

İstenilirse karşılaştırıcı deneyi önbilgi ekranı üzerinde bulunan “Simülasyon” butonuna basılarak karşılaştırıcı deneyi ile ilgili konsol üzerinde hazır olarak bulunan karşılaştırıcı devresi simülasyonu yapılabilmektedir. Son olarak kullanıcı karşılaştırıcı deneyi önbilgi ekranı üzerinde bulunan “Deney” butonuna basarak karşılaştırıcı deneyinin nasıl yapılması gerektiğini anlatan ve Şekil 3.5.’te verilen deney sayfasına yönlendirilir.

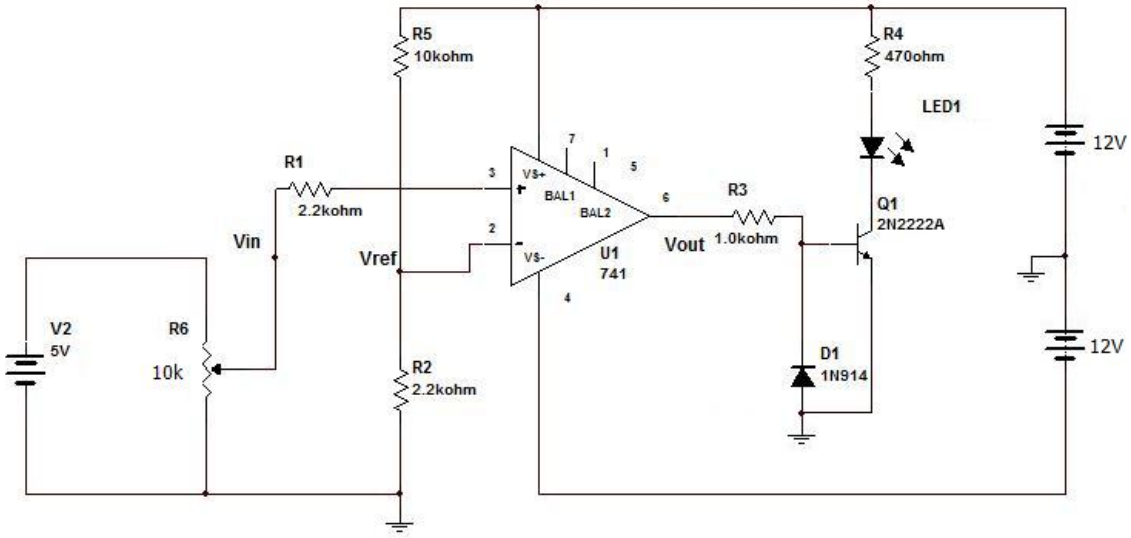


Şekil 3.5. Karşılaştırıcı Deneyi Anlatım Ekranı.

Karşılaştırıcı devresi adından anlaşılacağı gibi, iki işaret seviyesi arasında karşılaştırma yapar ve karşılaştırılan işaretlerin büyüklüğüne bağlı olarak iki ayrık seviyeden biri olabilen bir çıkış üretir. Bir karşılaştırıcı genellikle değişken bir giriş voltajıyla sabit bir referans voltajını karşılaştırır. Giriş işareti referans seviyesinden daha büyük olduğunda, karşılaştırıcı çıkışı pozitif satürasyona gider. Giriş işareti referans seviyesinden daha düşük olduğunda ise karşılaştırıcı çıkışı negatif satürasyona gidecektir.

Şekil 3.6.’da verilen karşılaştırıcı deneyi devre şemasından da anlaşılacağı gibi deneyin yapılabilmesi için bir adet ayarlı giriş kaynağına (Vin), simetrik besleme kaynağına ve gerekli ölçümleri yapabilmek amacıyla iki adet voltmetreye ihtiyaç vardır. Şekil 3.7.’de görüldüğü gibi devrenin beslemesi için konsol üzerinde bulunan simetrik besleme kaynağı ±12V çıkış verecek şekilde ayarlanmış ve deney setinın ana beslemesi olarak

kullanılmıştır. Değişken giriş işareti için ise yine konsol üzerinde bulunan sabit +5 V çıkışlı güç kaynağı ve 10 Kohm potansiyometre ile oluşturulan gerilim bölücü devresi kullanılmıştır. Deney ile ilgili ölçümler ise konsol PC-osiloskop modülünün DC voltmetre modunda kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.

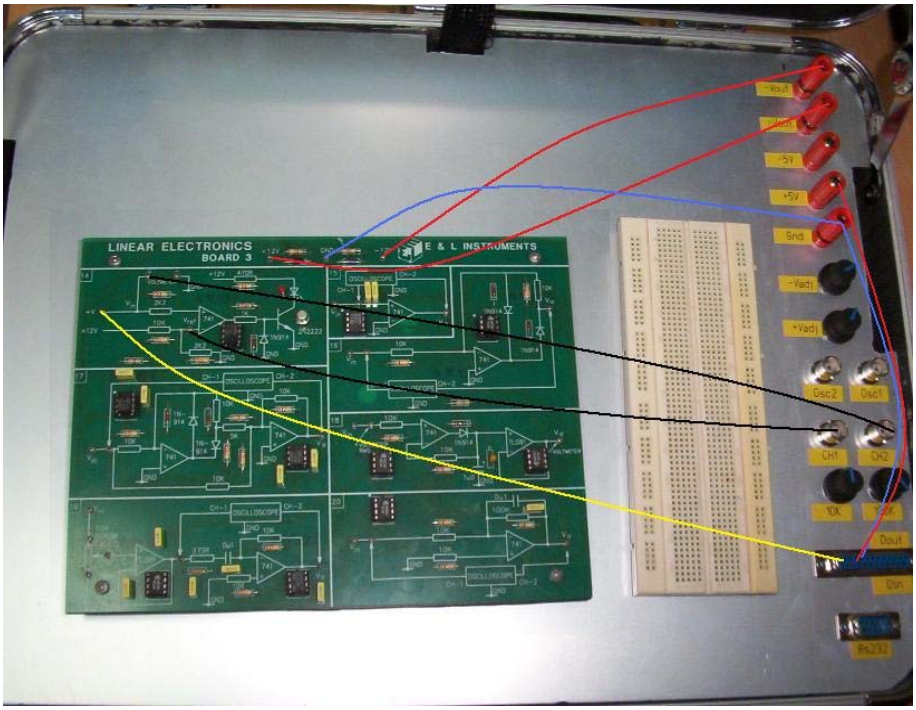


Şekil 3.6. Karşılaştırıcı Deneyi Devre Şeması.

Devre üzerindeki referans voltajı;

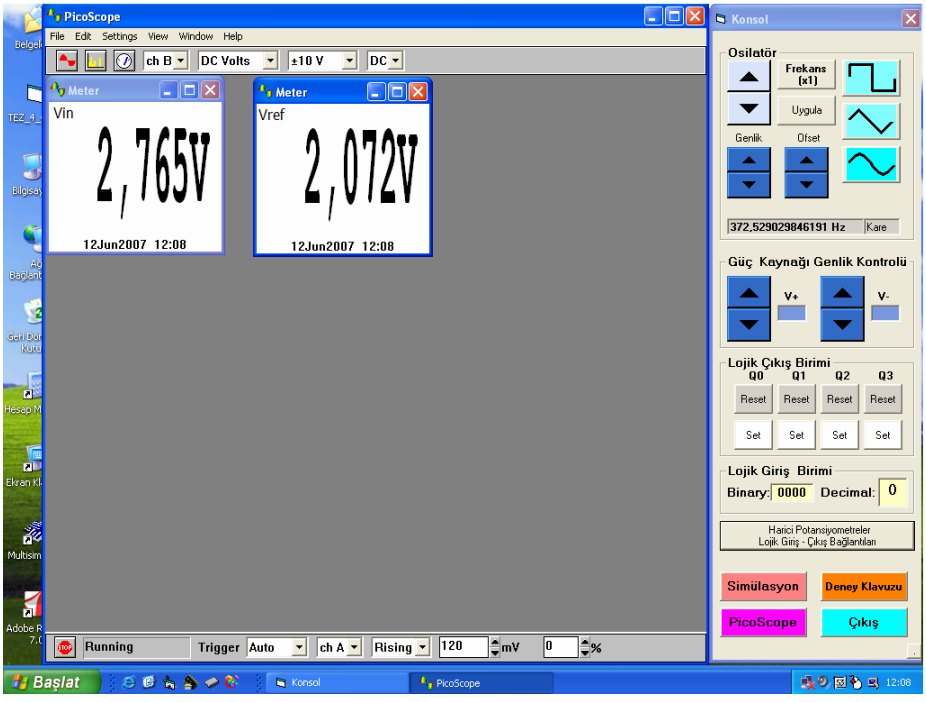
$$V_{ref} = \frac{12.R_2}{R_1 + R_2} \cong 2{,}163 \qquad \text{(V)} \qquad (3.1)$$

olarak hesaplanır. Dolayısıyla çıkıştaki LED'in (Light Emiting Diyode- Işık Yayan Diyot) yanabilmesi için "Vin" giriş voltajının 2,163 V'tan daha yüksek olması gerekir.



Şekil 3.7. Karşılaştırıcı Deneyi Konsol Bağlantısı.

Şekil 3.8.'de görüldüğü gibi yapılan ölçümlerde referans voltajı Vref = 2,072 V olarak ölçülmüştür. Devrenin "Vin" giriş voltajı 2,072 V'tan daha yüksek olduğunda LED ışık vermiş diğer durumda LED ışık vermemiştir.

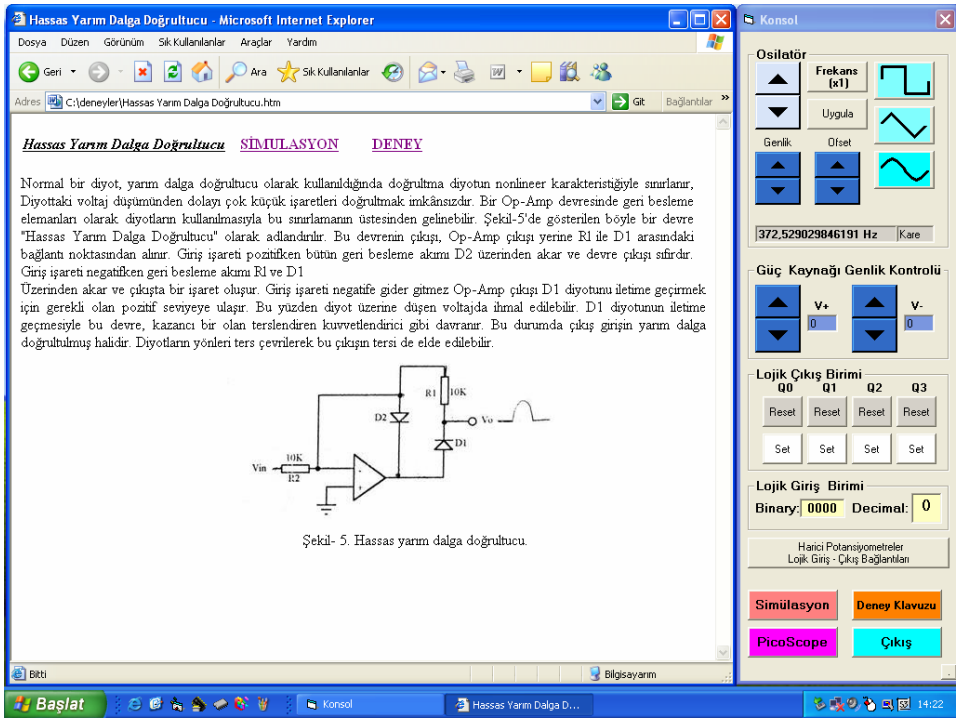


Şekil 3.8. Karşılaştırıcı Deneyi Ölçüm Ekranı.

3.2.2 HASSAS YARIM DALGA DOĞRULTUCU DENEYİ

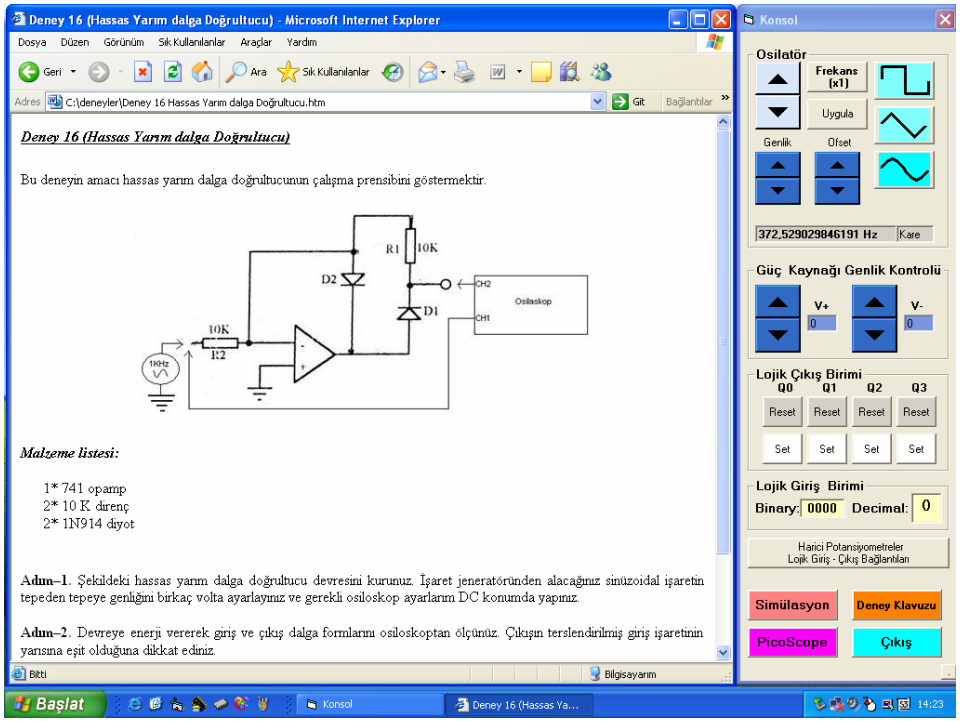
Örnek olarak gerçekleştirilen ikinci deney "E&L Instruments Linear Electronics Board–3" üzerinde 16 numara ile işaretlenmiş olan hassas yarım dalga doğrultucu deneyidir.

Kullanıcı ilk önce Şekil 3.3.'de gösterilmiş olan "Deney Klavuzu" butonuna basarak karşısına çıkan deney listesinden "Hassas Yarım Dalga Doğrultucu" isimli bölüme girer.

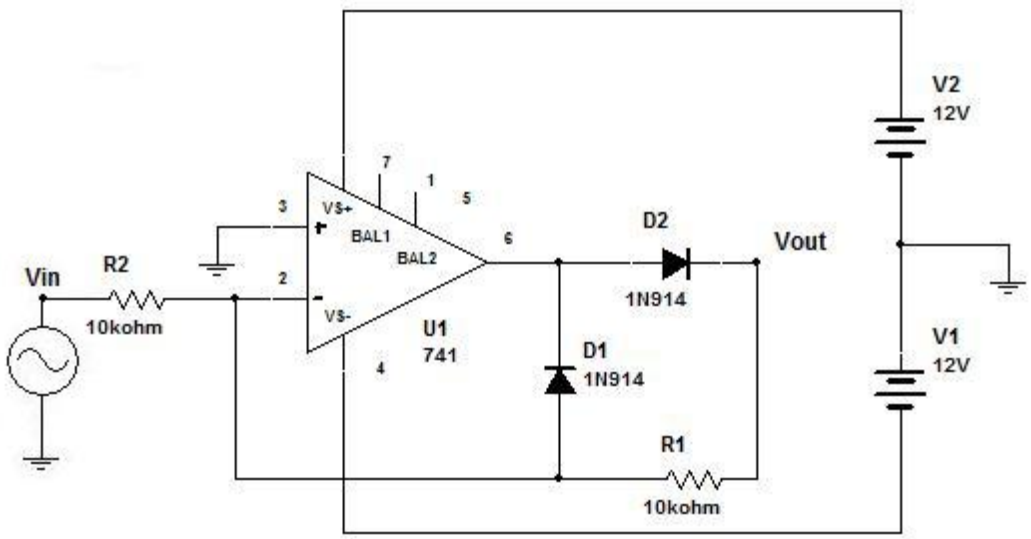


Şekil 3.9. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Önbilgisi.

Kullanıcı bu bölümde Şekil 3.9.'te verildiği gibi hassas yarım dalga doğrultucu devresi ile ilgili önbilgilere ulaşır. Önbilgi ekranı üzerindeki "Simülasyon" ve "Deney" isimli butonlar kullanılarak diğer deneylerde olduğu gibi deney ile ilgili simülasyon yapılabilir veya Şekil 3.10.'te gösterildiği gibi hassas yarım dalga doğrultucu deneyi anlatım ekranına yönlendirilebilir.



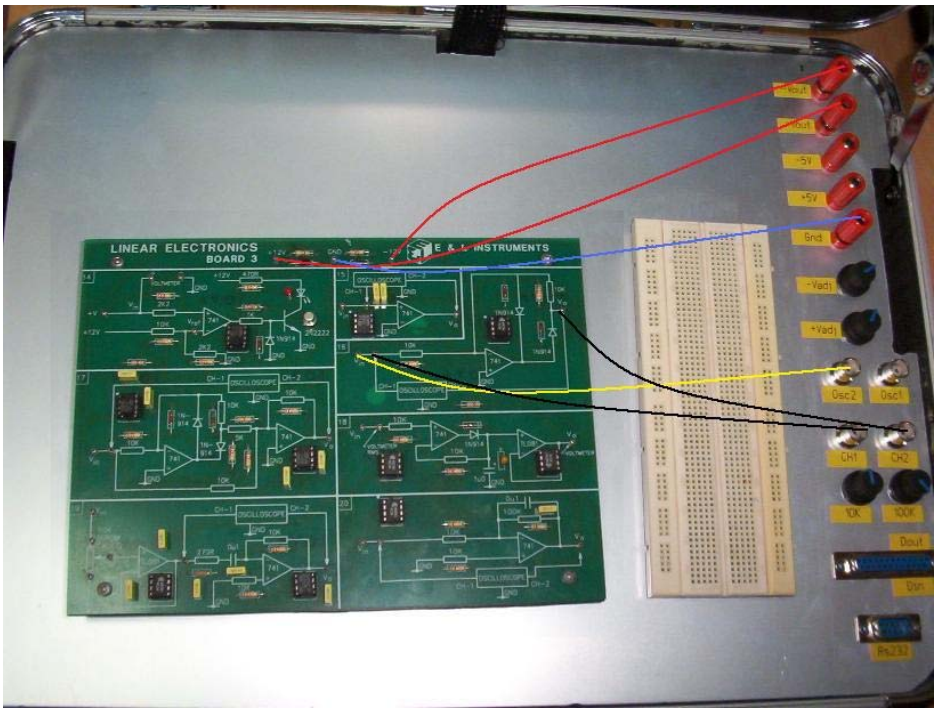
Şekil 3.10. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Anlatım Ekranı.



Şekil 3.11. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Devre Şeması.

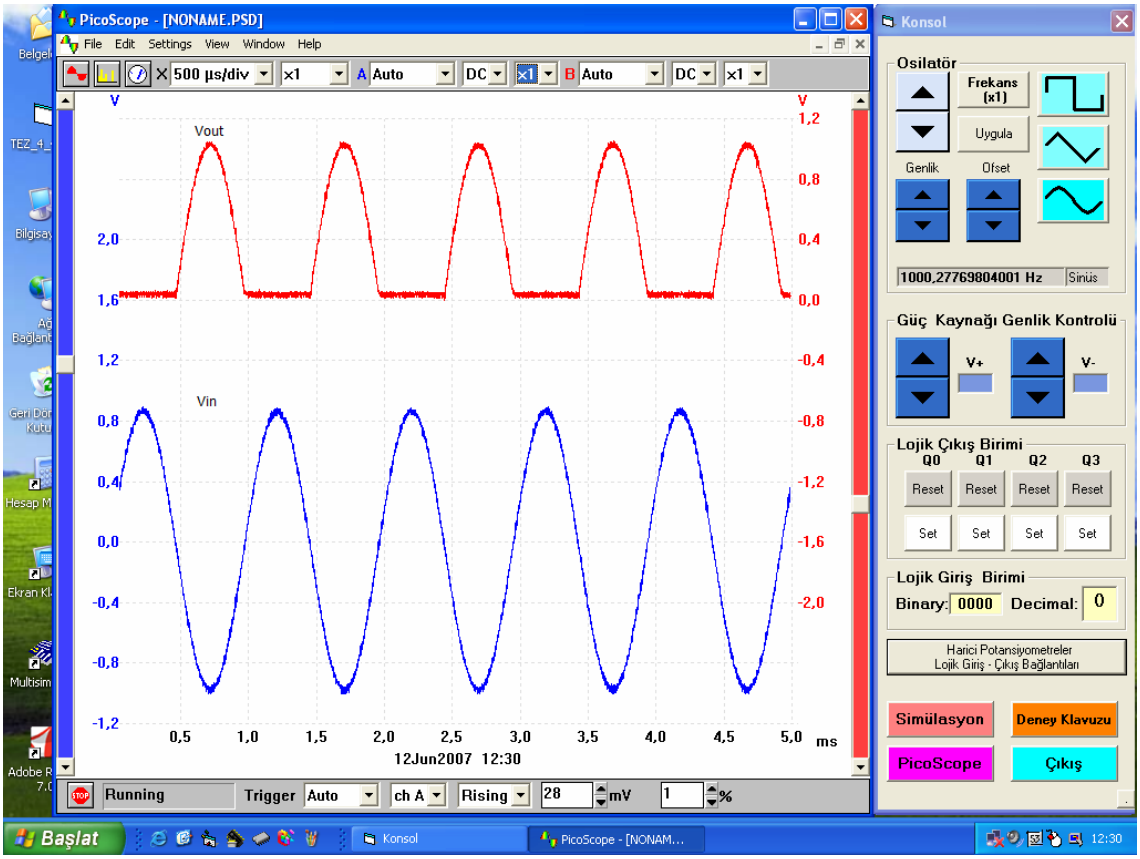
Normal bir diyot, yarım dalga doğrultucu olarak kullanıldığında diyottaki voltaj düşümünden dolayı çok küçük işaretleri doğrultmak imkansızdır. Bir işlemsel kuvvetlendirici devresinde geri besleme elemanları olarak diyotların kullanılmasıyla bu sınırlamanın üstesinden gelinebilir.

Şekil 3.11.'te verilen devre şemasından da anlaşılacağı gibi deneyin yapılabilmesi için bir adet sinüs işaret kaynağına, simetrik besleme kaynağına ve gerekli ölçümleri yapabilmek amacıyla osiloskoba ihtiyaç vardır. Şekil 3.12.'da görüldüğü gibi devrenin beslemesi için konsol üzerinde bulunan simetrik besleme kaynağı ±12V çıkış verecek şekilde ayarlanarak kartın ana besleme girişine uygulanmıştır. Giriş işareti için konsol uygulama yazılımı kullanılarak konsol üzerinde bulunan işaret üreteci modülü 1 KHz'lik sinüs çıkış verecek şekilde ayarlanmıştır. Üretilen işaretin genliği ve offset ayarı aynı şekilde konsol uygulama yazılımı tarafından ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.12. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Konsol Bağlantısı.

Deney ile ilgili ölçümler ise Şekil 3.13.'de görüldüğü gibi konsol PC-osiloskop modülünün zaman domeni ölçüm modunda kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.13.'de görüldüğü gibi zaman domeni ölçümleri iki ayrı ölçüm penceresi yerine aynı ölçüm penceresi içerisinde gösterilmiştir. Bunun sebebi devre girişi ile devre çıkışı arasındaki faz farkının gözlemlenebilmesini sağlamaktır. Osiloskobun giriş genlik seviyesi ayarları PicoScope uygulama yazılımından otomatik olarak ayarlanacak şekilde yapılmıştır.

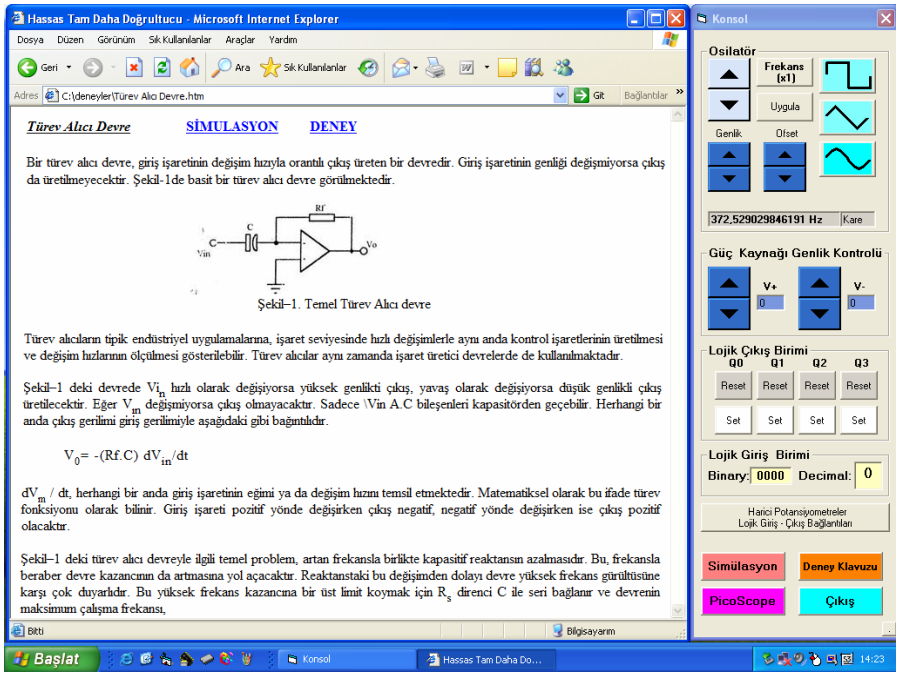


Şekil 3.13. Hassas Yarım Dalga Doğrultucu Deneyi Ölçüm Ekranı.

3.2.3 TÜREV ALICI DENEYİ

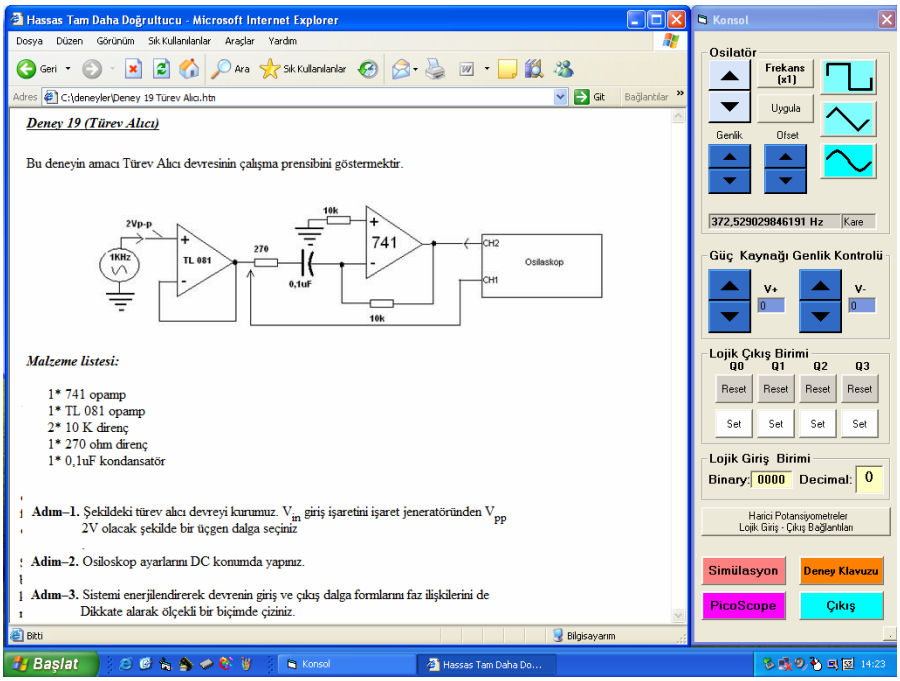
Örnek olarak gerçekleştirilen üçüncü deney "E&L Instruments Linear Electronics Board–3" üzerinde 19 numara ile işaretlenmiş olan türev alıcı deneyidir.

Kullanıcı ilk önce Şekil 3.3.'de gösterilmiş olan "Deney Klavuzu" butonuna basarak karşısına çıkan deney listesinden "Türev Alıcı" isimli bölüme girer.



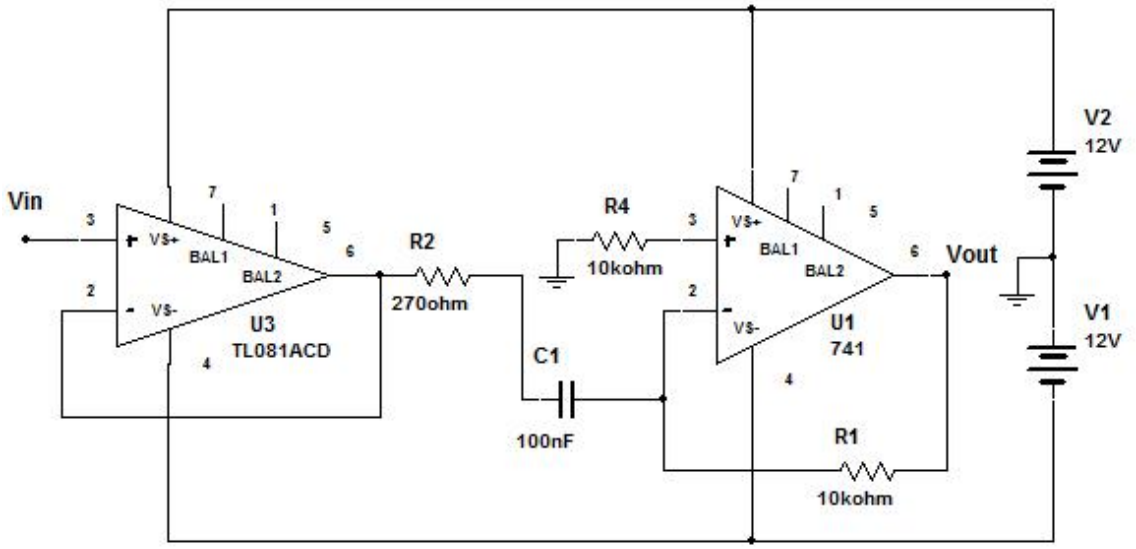
Şekil 3.14. Türev Alıcı Deneyi Önbilgisi.

Kullanıcı bu bölümde Şekil 3.14.'de verildiği gibi türev alıcı devresi ile ilgili önbilgilere ulaşır. Önbilgi ekranı üzerindeki "Simülasyon" ve "Deney" isimli butonlar kullanılarak deney ile ilgili simülasyon yapılabilir veya Şekil 3.15.'da gösterildiği gibi türev alıcı deneyi anlatım ekranına yönlendirilebilir.



Şekil 3.15. Türev Alıcı Deneyi Anlatım Ekranı.

Türev alıcı devre, giriş işaretinin değişim hızıyla orantılı çıkış üreten bir devredir. Giriş işaretinin genliği değişmiyorsa çıkış da üretilmeyecektir.



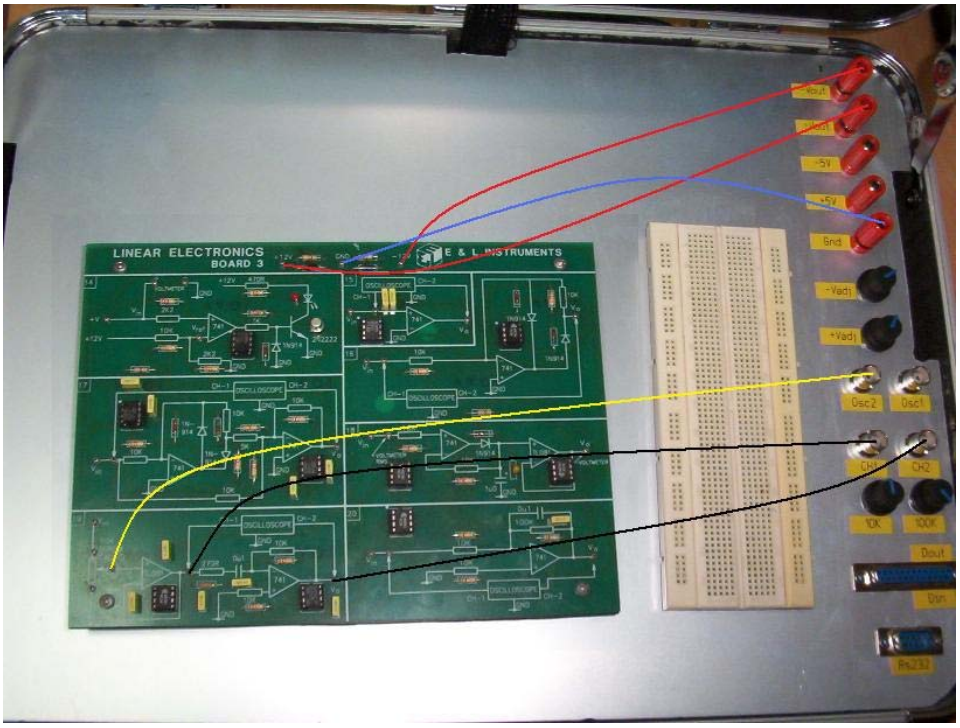
Şekil 3.16. Türev Alıcı Deneyi Devre Şeması.

Şekil 3.16.'da verilen devrenin çıkış eşitliği;

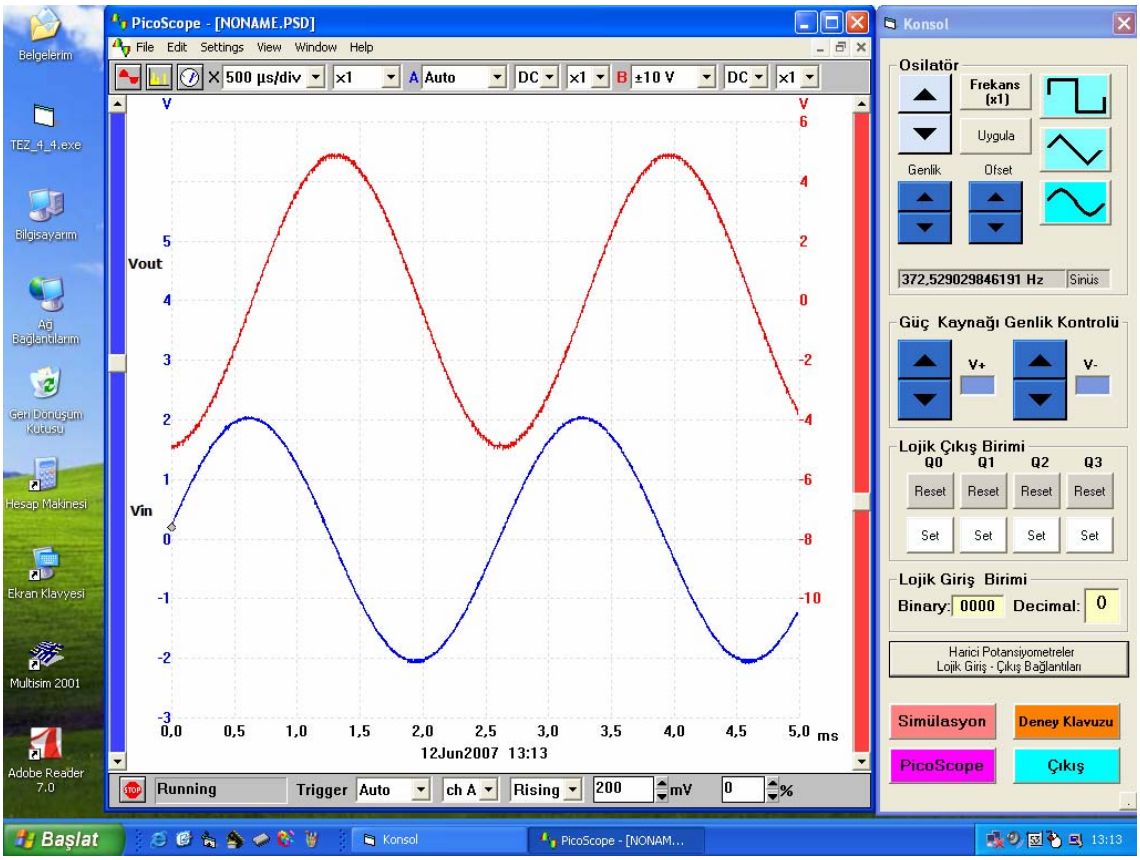
$$V_{out} = -(R_1.C_1).\frac{dV_{in}}{dt} \tag{3.2}$$

olarak hesaplanır.

Şekil 3.16.'da verilen devre şemasından da anlaşılacağı gibi deneyin yapılabilmesi için bir adet işaret kaynağına, simetrik besleme kaynağına ve gerekli ölçümleri yapabilmek amacıyla osiloskoba ihtiyaç vardır. Şekil 3.17.'de görüldüğü gibi devrenin beslemesi için konsol üzerinde bulunan simetrik besleme kaynağı ±12V çıkış verecek şekilde ayarlanarak kartın ana besleme girişine uygulanmıştır. Giriş işareti için konsol uygulama yazılımı kullanılarak konsol üzerinde bulunan işaret üreteci modülü 372 Hz'lik çıkış verecek şekilde ayarlanmıştır. Üretilen işaretin genliği ve offset ayarı aynı şekilde konsol uygulama yazılımı tarafından 4 Vp-p olacak şekilde ayarlanmıştır.

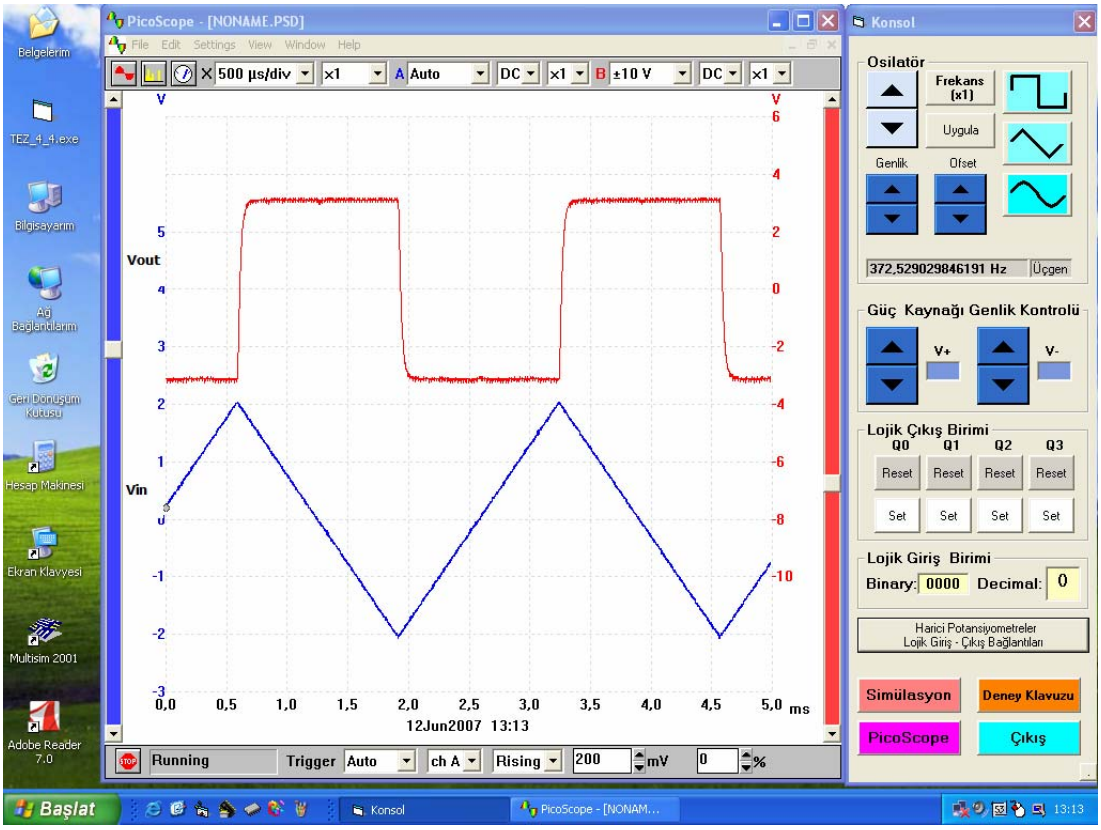


Şekil 3.17. Türev Alıcı Deneyi Konsol Bağlantısı.



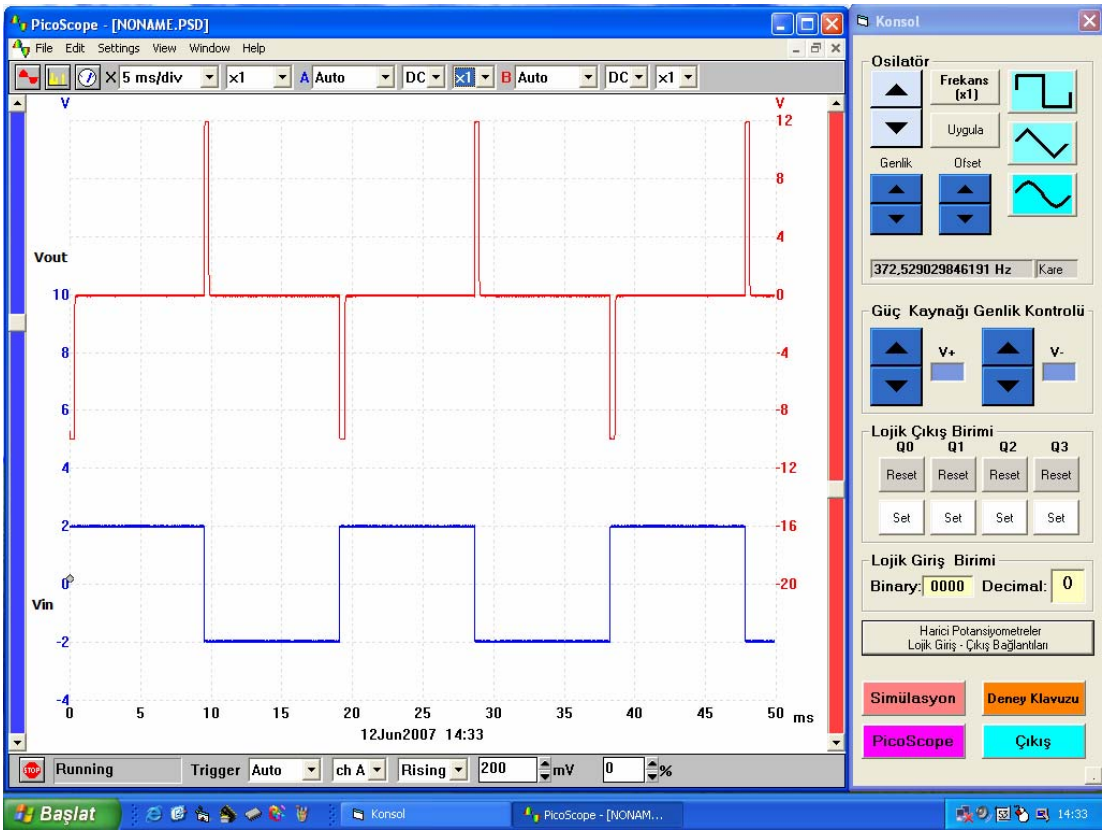
Şekil 3.18. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-1.

Türev alıcı devrenin girişine ilk önce 372 Hz'lik sinüs işaret uygulanmıştır. Ölçümler Konsol osiloskop modülünün zaman domeni ölçüm modunda ayarlanması ile Şekil 3.18.'de görüldüğü gibi tek ekran içinde gösterilmiştir. Bunun sebebi giriş işareti ile çıkış işareti arasındaki faz farkının gösterilebilmesidir.



Şekil 3.19. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-2.

Türev alıcı devrenin girişine ikinci işaret olarak 372 Hz'lik üçgen işaret uygulanmıştır. Ölçümler Konsol osiloskop modülünün zaman domeni ölçüm modunda ayarlanması ile Şekil 3.19.'da görüldüğü gibi tek ekran içinde gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Türev Alıcı Deneyi Ölçüm Ekranı-3.

Türev alıcı devrenin girişine son olarak 372 Hz'lik kare dalga işaret uygulanmıştır. Ölçümler Konsol osiloskop modülünün zaman domeni ölçüm modunda ayarlanması ile Şekil 3.20.'de görüldüğü gibi tek ekran içinde gösterilmiştir.

3.3 LİSANSÜSTÜ LABORATUAR UYGULAMALARI

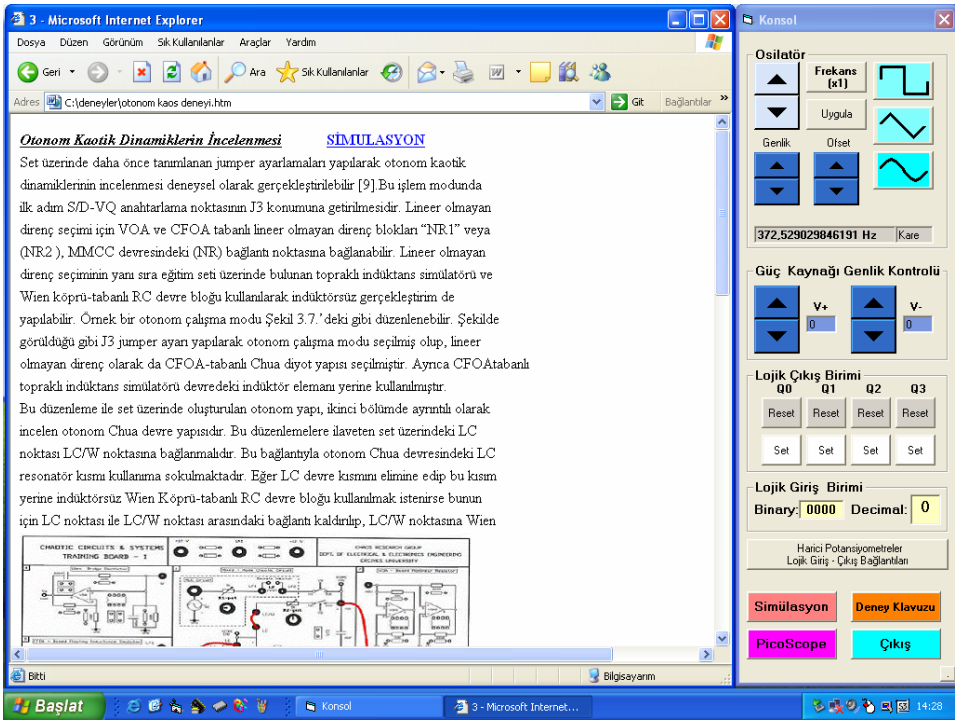
Tasarlanan konsolun lisans seviyesindeki laboratuar deneylerinde kullanımının gösterilmesinden sonra bu bölümde, bu konsolun lisansüstü çalışmalarda da çok etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilecektir. Lisans seviyesindeki deneylerde genelde zaman domeni ölçümleri yeterli olmakta ve deneyin yorumu ve analizi için ileri ilave ölçümlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Lisansüstü deneylerde ise zaman domeni ölçümlerine ilaveten frekans domeni ölçümleri, X-Y gösterimleri gibi ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarlanan konsol tüm bu işlemleri yapabilecek kapasitededir. Konsolun bu kapasitesini göstermek üzere deneysel uygulamalar için lisansüstü seviyesinde hazırlanan ve nonlineer elektronikte kaotik devreler ve sistemlerin tanıtılmasına dönük olarak gerçekleştirilen "Kaos Eğitim Seti" seçilmiştir.

Şekil 3.2.'de genel görünümü verilen bu set ile yapılan deneylerde kaotik devrelerin genel özellikleri incelenebilmektedir. Kaotik devrenin incelenmesinde, o kaotik devrenin ürettiği işaretin zaman domenindeki görünümü, üretilen işaretin frekans cevabı ve devredeki diğer kaotik işaretlerle oluşturduğu X-Y gösterimleri oldukça önem arz etmektedir. Bu yüzden lisansüstü seviyede araştırmaların yapılacağı bir nonlineer elektronik laboratuarında klasik ölçü aletlerine ilaveten spektrum analizörü de yer almalıdır. Tüm bu gereksinimleri bu tez çalışmasında tasarlanan konsol, düşük bir maliyetle ve az bir donanımla sağlamaktadır.

Kaos eğitim seti sekiz modülden oluşmakta olup, bu set ile üç değişik moda osilasyon yapan kaotik devre modelleri incelenebilmektedir. Bu kaotik devre modelleri otonom, otonom olmayan ve karışık devre modelleridir [33].

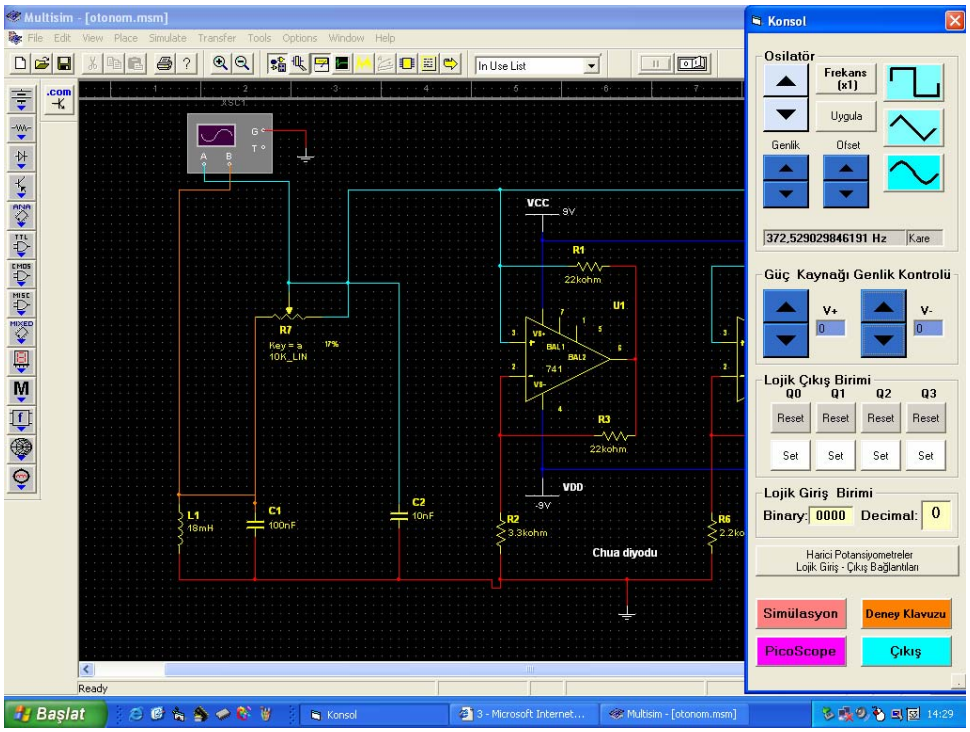
Bu örnek uygulamada kaos eğitim seti üzerinde otonom kaotik devre modelinin incelenmesi yapılacaktır.

Kullanıcı diğer deneylerde olduğu gibi Şekil 3.3.'de gösterilmiş olan "Deney Klavuzu" butonuna basarak karşısına çıkan deney listesinden "Otonom Kaotik Devre" isimli bölüme girer. Bu bölümde Şekil 3.21.'de gösterildiği gibi otonom kaotik devre deneyinin "Chaotic Traning Board–1" üzerinde nasıl gerçekleştirileceği konusunda ön bilgilere ulaşır.



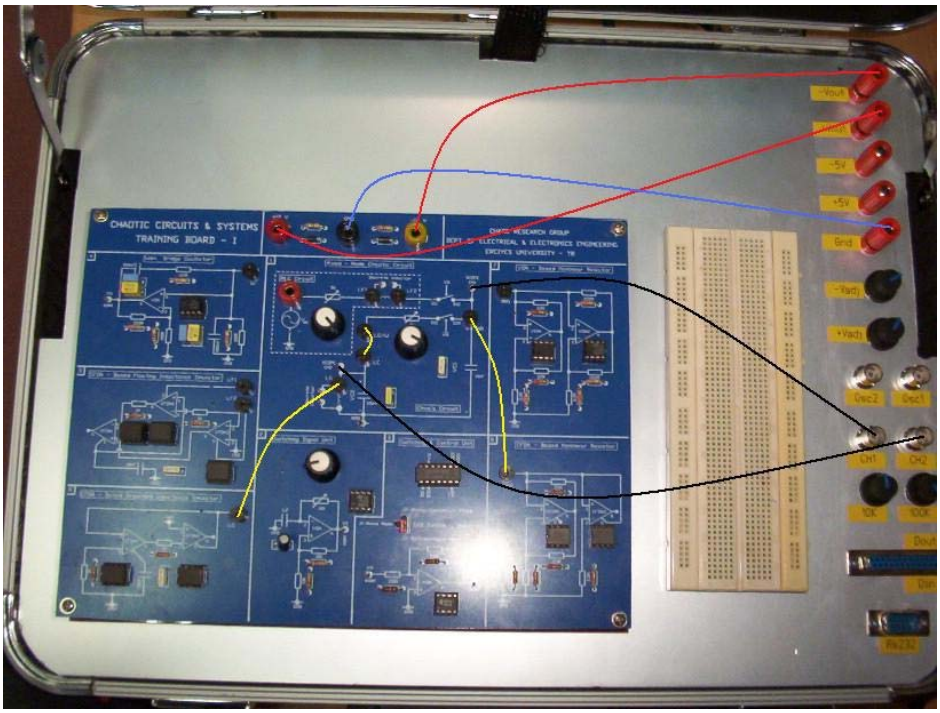
Şekil 3.21. Otonom Kaotik Devre Deneyi Önbilgisi.

İstenilirse otonom kaotik devre önbilgi ekranı üzerinde bulunan "Simülasyon" butonu kullanılarak Şekil 3.22.'de verilen otonom kaotik devre simülasyonu gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.22. Otonom Kaotik Devre Simülasyon Ekranı.

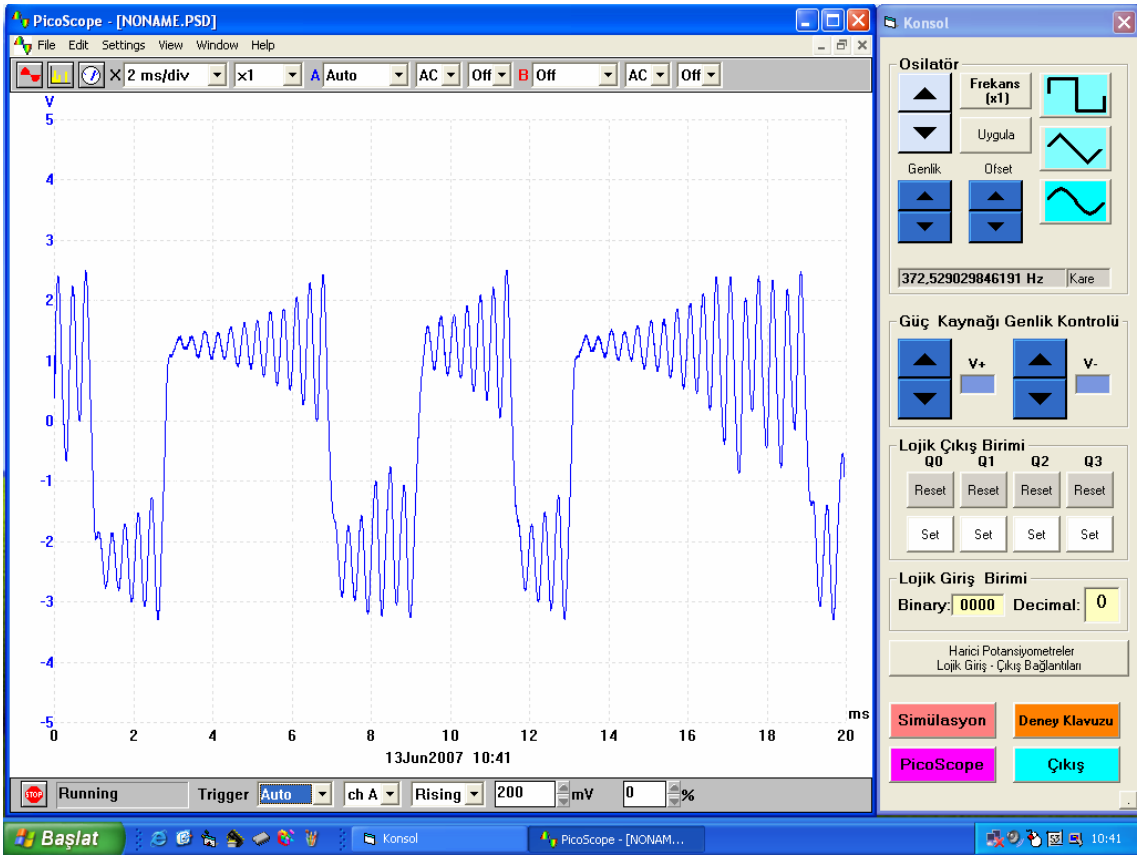
Otonom çalışma modu için deney seti ve konsol bağlantıları Şekil 3.23.'deki gibi düzenlemiştir.



Şekil 3.23. Otonom Kaotik Devre İçin Konsol Bağlantı Örneği.

Deney setinin ana beslemesi konsol üzerinde bulunan simetrik güç kaynağı modülünün ±9 V çıkış verecek şekilde ayarlanması ile elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi J3 jumper ayarı yapılarak otonom çalışma modu seçilmiş olup, lineer olmayan direnç olarak da CFOA (Current Feedback Operational Amplifier - Akım Geri Beslemeli İşlemsel Kuvvetlendirici) tabanlı Chua [33] diyot yapısı seçilmiştir. Ayrıca CFOA tabanlı topraklı indüktans simülatörü devredeki indüktör elemanı yerine kullanılmıştır. Bu düzenleme ile set üzerinde oluşturulan otonom yapı, otonom Chua devre yapısıdır. Bu düzenlemelere ilaveten set üzerindeki LC noktası LC/W noktasına bağlanmalıdır [33].

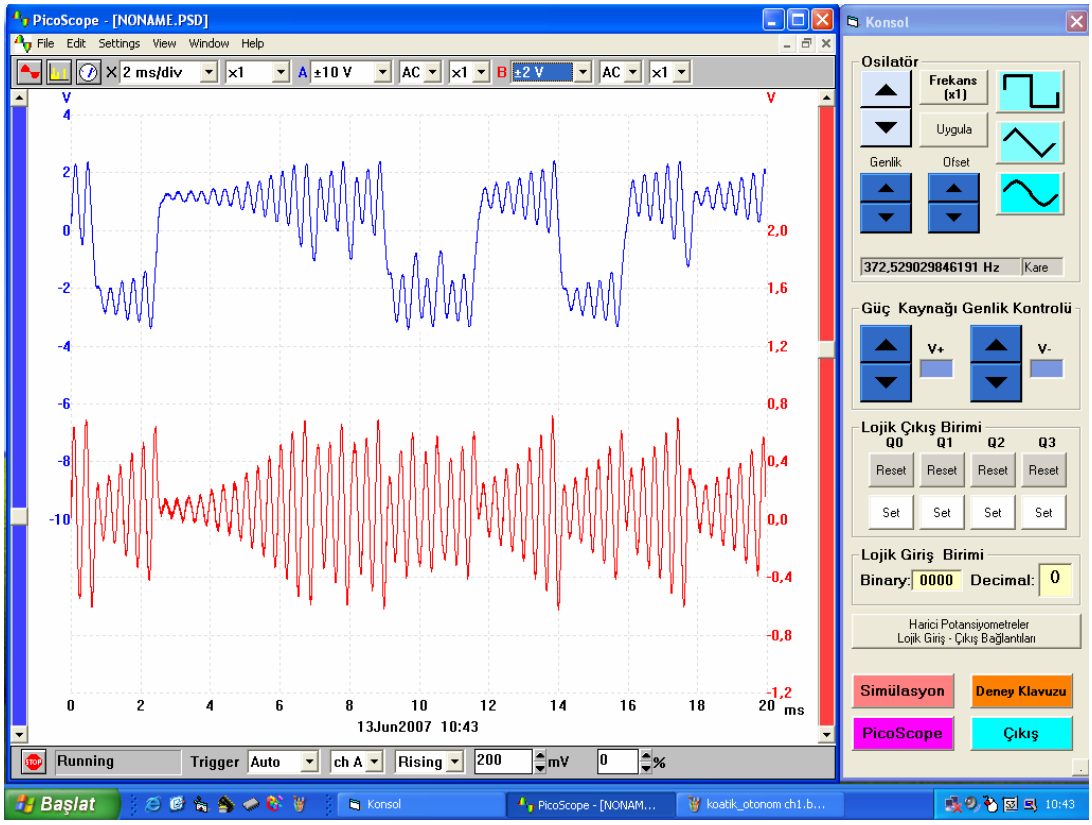
"Chaotic Traning Board–1" üzerinde buluna R_1 potansiyometresi hassas bir şekilde ayarlanarak devredeki kaotik seri geçişi düzenlenmektedir.



Şekil 3.24. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 Zaman Domeni Ölçümü.

Şekil 3.24.'de otonom kaotik devre kaos moduna girdikten sonraki V_{C1} ölçüm noktasındaki sinyalin zaman domeni ölçümü tek bir ölçüm ekranı üzerinde görülmektedir. Burada osiloskop yazılımı giriş genlik ayarını otomatik olarak düzenlemeye ayarlanmıştır.

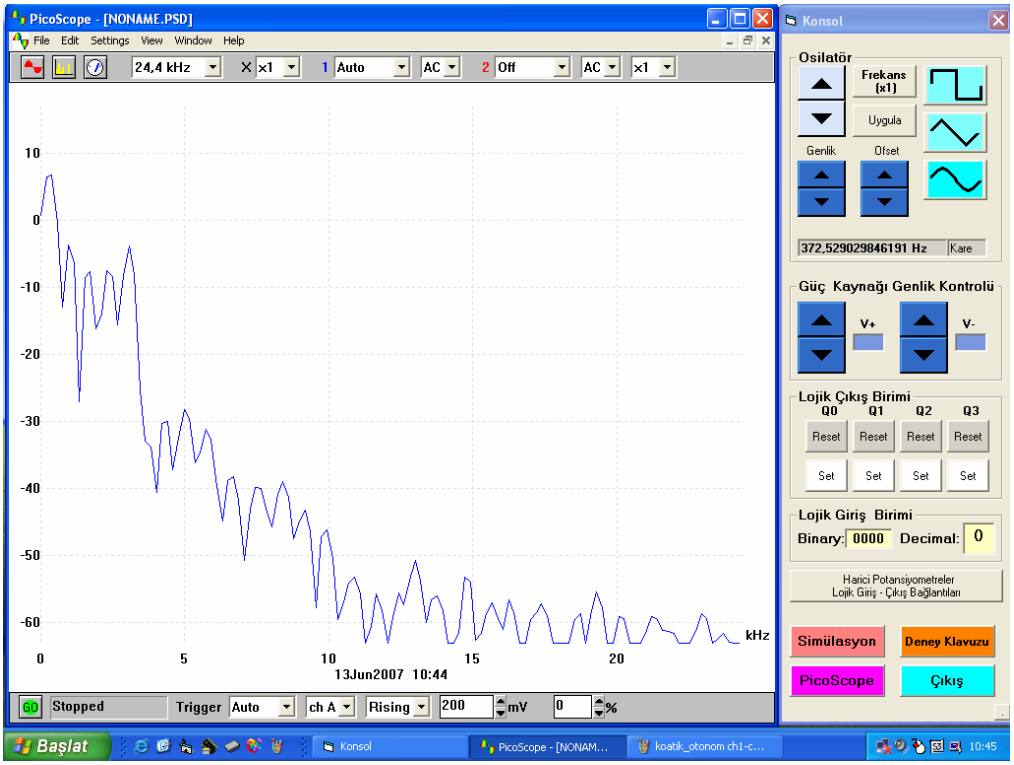
Şekil 3.25.'te otonom kaotik devre üzerinde V_{C1} ve V_{C2} ölçüm noktalarındaki kaotik sinyaller tek bir zaman domeni ölçüm ekranı içerisinde gösterilmiştir.



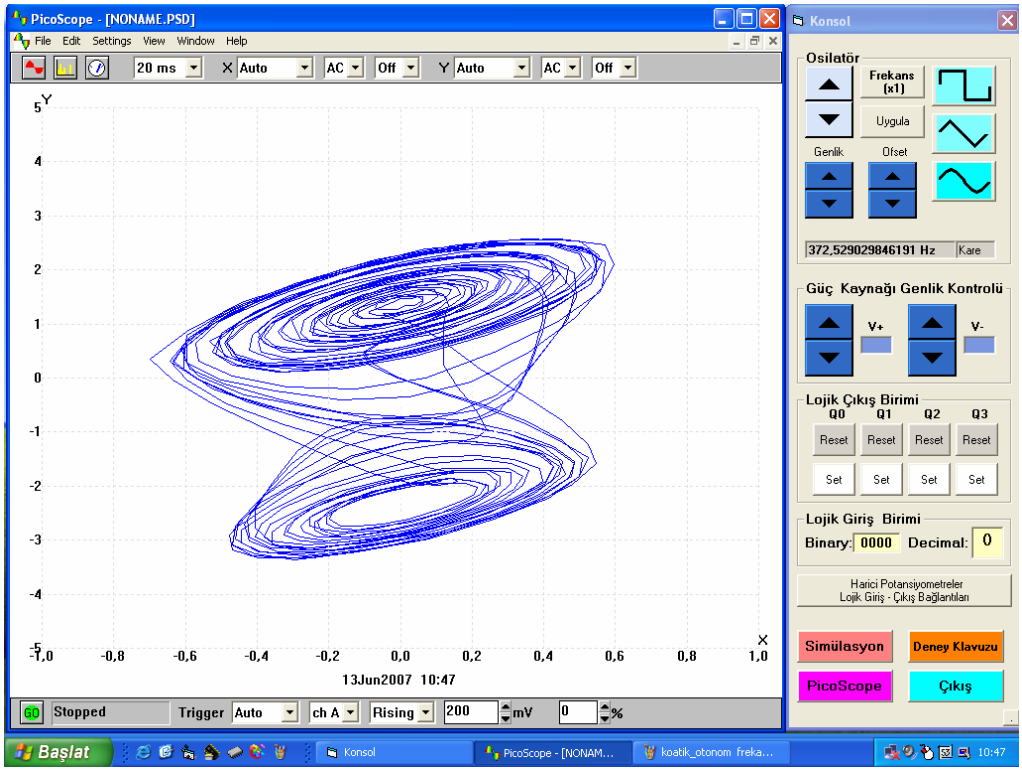
Şekil 3.25. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 ve Kanal-2 Zaman Domeni Ölçümü.

Şekil 3.26.'de ise V_{C1} ölçüm noktasındaki sinyalin frekans domeni ölçümü gerçekleştirilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sinyal 3 KHz merkez frekanslı geniş dağılımlı bir spektruma sahiptir.

Şekil 3.27.'de ölçüm girişleri ters çevrilerek kart üzerinde bulunan V_{C1} ölçüm noktası osiloskobun ikinci ölçüm girişine, V_{C2} ölçüm noktası ise osiloskobun birinci ölçüm girişine bağlanarak X-Y domeni ölçümü gerçekleştirilmiştir.

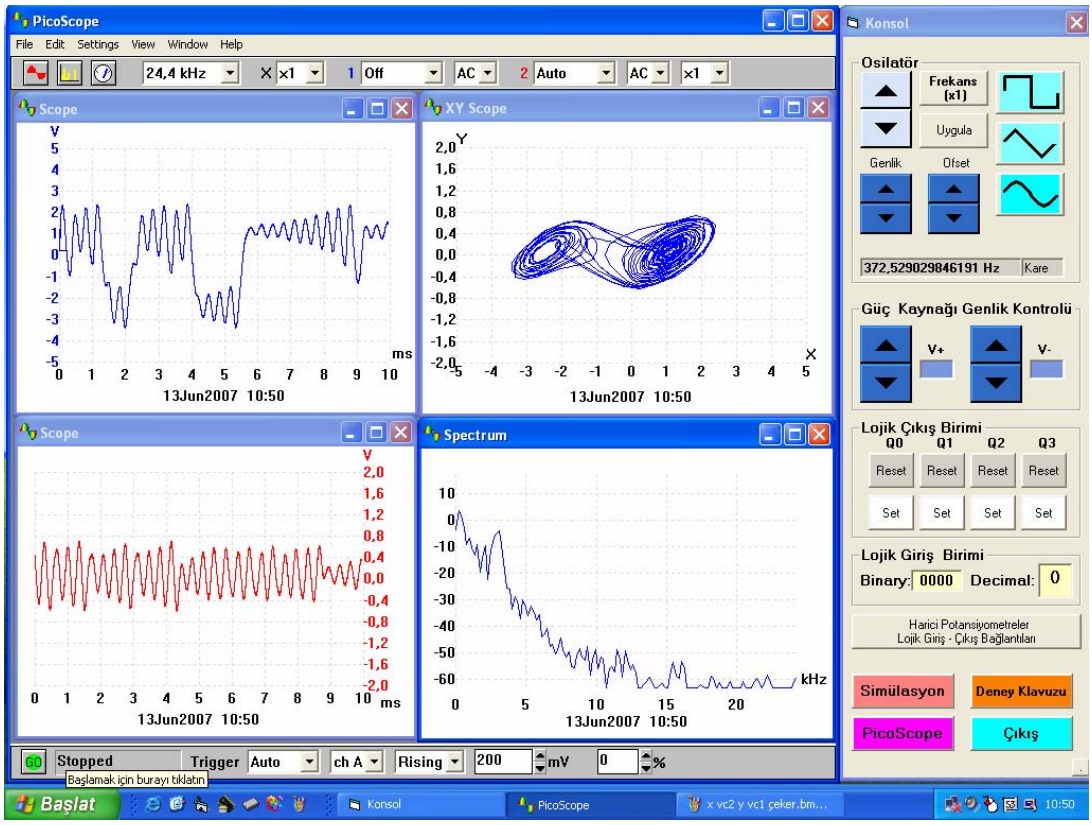


Şekil 3.26. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 Frekans Domeni Ölçümü.



Şekil 3.27. Otonom Kaotik Devre Kanal-1 ve Kanal-2 X-Y Ölçümü.

Son olarak Şekil 3.28.'de yukarıda verilen bütün ölçümler aynı anda yapılarak osiloskop modülü tarafından gerçekleştirilen zaman domeni, frekans domeni ve X-Y domeni ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Otonom Kaotik Devre Çoklu Ekran Gösterimi.

Bu gösterimlerden bir sistemin kaotik modda olup olmadığı, kaotik moda ise zaman ve frekans domeni özelliklerinin nasıl olduğu tespit edilmektedir.

4.BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Elektrik-Elektronik mühendisliği eğitimine yönelik Şekil 4.1.'de gösterilen "Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsol Tasarımı" gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarım için ergonomik bir alüminyum dış kılıf içerisine endüstriyel bilgisayar ana kartı, işaret üreteci modülü, ayarlanabilir ve sabit çıkışlara sahip güç kaynağı, bilgisayar bağlantılı frekans domeni analizi yapabilen osiloskop modülü donanım olarak yerleştirilmiştir. Ayrıca donanım yapısı içerisine kullanımı kolaylaştırmak amacıyla dokunmatik ekran maskesi ve farklı isteklere cevap verebilmek amacıyla harici haberleşme bağlantıları eklenmiştir.



Şekil 4.1. Elektronik Deney Setleri İçin Uygulama ve Ölçüm Konsolu.

Kullanıcının konsol sistemini kolay bir şekilde kontrol edebilmesi için uygulama ara yüz yazılımı sistem içerisine dahil edilmiştir. Ara yüz yazılımı ile kullanıcı sadece konsol yapısı içerisinde bulunan modülleri kontrol etmekle kalmayıp aynı zamanda

deneyler ile ilgili önbilgilere ulaşabilmekte ve bilgisayar üzerinde simülasyon yapabilmektedir.

Yapılan örnek deneyler ile konsol sisteminin deney ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede olduğu gösterilmiştir. Yapılan deneylerde ölçümler sonucu elde edilen sonuçlar deney sırasında oluşması gereken sonuçlar ile örtüşmektedir.

- Gerçekleştirilen deney düzeneğini geleneksel deney düzenekleri ile karşılaştırılması gerekirse:
- Geleneksel deney düzenekleri tasarımı gerçekleştirilen konsol sisteminden daha fazla yer kaplamaktadır.
- Geleneksel deney düzenekleri ekipmanların bir arada bulunmaması nedeniyle daha karmaşık donanım yapısına sahiptir.
- Konsol sistemi yapısına dahil edilen ölçüm sistemi ile elde edilen sonuçlar bilgisayar ortamında kaydedilerek daha sonradan analizi gerçekleştirilebilmektedir.
- Geleneksel deney düzenekleri ile gerçekleştirilen deneyler donanım yapısının daha karmaşık olması nedeniyle daha fazla zamana ihtiyaç duymaktadır.
- Geleneksel deney düzenekleri sadece deney yapılması için tasarlandıklarından deney ile ilgili önbilgilere ulaşmak daha zordur.
- Geleneksel deney düzeneklerinde simülasyon imkanı bulunmamaktadır. Geleneksel deney düzenekleri içerisinde simülasyon yapılmak istenirse, laboratuar içerisine ilave olarak bilgisayar yerleştirilmelidir.
- Geleneksel deney düzeneklerinin aksine tasarlanan konsol sistemi yazılım olarak gelişime açık bir sistem olmasına rağmen donanım yapısını değiştirmek daha zordur.
- Konsol sisteminin maliyeti, aynı özellikteki geleneksel deney düzeneklerinden daha ucuzdur.

Gerçekleştirilen bu örnek tez çalışmasında ortaya konulan konsol yapısı bütün elektronik deneyleri için kullanmak mümkün değildir. Konsol sisteminin kullanım alanını genişletmek amacıyla konsol sistemi donanım yapısı değiştirilip geliştirilmelidir.

Örnek olarak DAQ kartı konsol sistemi içerisine dahil edilerek öğrencinin kendi ölçüm düzeneğini kendisinin oluşturması sağlanabilir.

Sistemin içinde dahili olarak bilgisayarın bulunması genel bir bilgisayar ile yapılabilecek her türlü işlemin konsol sistemi ile de yapılabileceği anlamına gelmektedir. Örnek olarak deney amaçlı düşünülecek olursa birden fazla konsol network ağı ile birbirine bağlanarak deneylerin eğitmen tarafından kontrol edilmesi öğrencilerin deney sırasında yönlendirilmesi sağlanabilir.

Sistem içerisinde bulunan bilgisayarın işlemci hızı 1 GHz dir. Kullanılan endüstriyel bilgisayar ana kartı daha hızlı bir benzeri ile değiştirilerek bilgisayar sisteminin performansı arttırılabilir.

Konsol bilgisayarında bulunan deney kılavuzu sadece Bölüm 3'te verilen örnek deneyleri kapsamaktadır. Deney kılavuzu web tabanlı olduğu için herhangi bir web sayfası düzenleyici programı kullanılarak daha fazla deney ve teorik bilgi için öğrenciye destek olması sağlanabilir.

Sonuç olarak ortaya konan bu ölçüm ve uygulama konsolunun lisans ve lisansüstü laboratuarlarda etkin ve verimli bir şekilde kullanılacağı, sistem gelişiminin seri üretimine dönük tamamlanmasıyla düşük maliyetle çok fonksiyonel bir hüviyet kazanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Li, S., Abrar, A., K., Applying IT Tools to a Laboratory Course for Measurement, Analysis, and Design of Electric and Electronic Circuits, IEEE Transactions on Education Vol. 48(3), 520–530, 2005

2. Hamil, D.,C., Learning About Chaotic Circuits with SPICE, IEEE Transactions on Education Vol. 36(1), 28–35, 1993

3. Maps, J., A Computer Based Data acquisition Laboratory For Undergraduates, Amer J. Phys. Vol. 61(7), 651–655, 1993

4. Hmurcik, L., V., Hettinger, M., Gottschalck, K., S., Fitchen, F.,C., SPICE Applications To An Undergraduate Electronic Program, IEEE Transactions on Education Vol. 33(2), 183–189, 1990

5. Campbell, J., O., Bourne, J., Mosterman, P., Broderdsen, A., J., The Effectiveness Of Learning Simulations For Electronic Laboratories, J. Eng. Educ. , Vol. 91(2), 2001

6. Dixon, W., E., Dawson, D., M., Costic, B., T., Queiroz, M., ;S., A MATLAB Based Control Systems Laboratory Experience For Undergraduate Students: Toward Standardization And Shared Resources, IEEE Transactions on Education Vol. 45(3), 218-226, 2002

7. Felder, R., M., Felder, G., N., Dietz, J., A Longitudinal Study Of Engineering Stuedents Performance And Retention v. Comparisons With Traditionally-Taught Stuedents, J. Eng. Educ., Vol.98(4), 469-480, 1998

8. Milliken, J., Barnes, L., P., Teaching And Technology In Higher Education: Stuedent Perceptions And Personal Reflections, Comput. Educ., Vol.39, 223-235, 2002

9. Pahli, C., Managing Evolution And Change In Web-based Teaching and Learning Environments, Comp. Educ., Vol. 40, 271-284, 2003

10. Pires, V., F., Silva, J., F., A., Teaching Nonlinear Modeling, Simulation, And Control Of Electronic Power Converters Using MATLAB/SIMULINK, IEEE Transactions on Education Vol. 45(3), 253-261, 2005

11. Feedback Instruments Limited, pp 1-9, in Electricity and Electronics Discovery Software, Feedback Electronic Catalogue, 2006

12. National Instruments Corp., http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3711, 2007

13. *LabVIEW User Manual*, National Instruments, Austin, TX, 1998.

14. Williams, J., M., Cale, J., L., Benavides, N., D., Wooldridge, J., D., Koenig, A., C., Tichenor, J., L., Pekarek, S., D., Versalite hardware and software tools for educating students in power electronics, IEEE Transactions on Education Vol. 47(4), 436–445, 2004

15. Hurley, G., Lee, C., K., Development, Implementation, and Assessment of a Web-Based Power Electronics Laboratory, IEEE Transactions on Education Vol. 48(4), 567–573, 2005

16. Jiménez-Martínez, J., M., Soto, F., Jódar, E., D., Villarejo, J., A., Roca-Dorda, J., A New Approach for Teaching Power Electronics Converter Experiments, IEEE Transactions on Education Vol. 48(3), 513–519, 2005

17. Canal, M.R., Biyomedikal Enstrümantasyon Laboratuvarında Kullanılmak Üzere PC Tabanlı Bir EMG-Deney Düzeni Tasarımı ve Deneylerin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001.

18. Akgün, D., Bilgisayar Kontrollü Serbest Düşme Deney Seti Tasarımı ve Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2003.

19. Temizsoylu, C., PIC Mikrokontrolörler İçin Deney Seti Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2002.

20. Unicorn Computer Corp., http://www.unicorn-computer.com.tw/products/itx/3400m.htm, 2004

21. Microchip Technology Inc., http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf, 2001

22. Fairchild Semiconductor, http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM7805.pdf, 2007

23. Fairchild Semiconductor, http://www.fairchildsemi.com/ds/MC/MC7912.pdf, 2007

24. Fairchild Semiconductor, http://www.fairchildsemi.com/ds/LM%2FLM317.pdf, 2007

25. Fairchild Semiconductor, http://www.fairchildsemi.com/ds/LM%2FLM337.pdf, 2007

26. Analog Devices, Inc., http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD5280_5282.pdf, 2007

27. Analog Devices, Inc., http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD9833.pdf, 2007

28. Maxim Integrated Products, Dallas Semiconductor, http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/4743, 2007

29. Pico Technology Limited, http://www.picotech.com/generalpurpose-oscilloscopes.html, 2007

30. Microsoft Corporation,
http://www.microsoft.com/turkiye/windowsxp/default.mspx, 2007

31. National Instruments Corporation http://www.ni.com/academic/multisim.htm, 2007

32. E&L Instruments, http://www.elinstruments.com/cadet2.html, 2007

33. Karauz, B., Mühendislik Lisans ve Lisansüstü Programlarında Kaotik Devreler ve Sistemlerin Araştırılmasına Dönük Elektronik Tabanlı Deney Setlerinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2006

ÖZGEÇMİŞ

1979 İzmir doğumlu olan Faruk ELMALI, ilk öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra yüksek öğrenimine Ege Üniversitesi Ege M.Y.O.-Endüstriyel Elektronik Bölümünde devam etti. 2000 yılında bu bölümden mezun olduktan sonra lisans eğitimini, Erciyes Üniversitesi- Elektronik Mühendisliği programında sürdürdü. 2004 yılında Mühendislik Fakültesini bitirerek özel bir şirkette proje mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2004 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen eğitimini devam ettirmektedir.

İletişim:

Adres: 509 Sok. No:75

Bahçelievler / İZMİR

Tel: (0 232) 228 25 08

E-mail: farukelmali@gmail.com