

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARININ  
OTOMATİK TESTİNE YÖNELİK GÖMÜLÜ SİSTEM  
TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektronik Öğrt. İbrahim ATASEVEN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTR. VE BİLG. EĞT.**

**Tez Danışmanı :Yrd. Doç. Dr. A. Turan ÖZCERİT**

**Ocak 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARININ  
OTOMATİK TESTİNE YÖNELİK GÖMÜLÜ SİSTEM  
TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim ATASEVEN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE  
BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Bu tez 18 / 01 / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.  
A. Tarım ÖZGÜRİT  
Jüri Başkanı

Y. Doç. Dr. Yılmaz Uyaroglu  
Üye

Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim ESKİKURT  
Üye



## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Mikrodenetleyicilerin ve LCD'lerin elektronik sistemlerde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Elektronik sistemlerin tasarımında, programlanabilir elemanların kullanımı ise ürün geliştirme ve ürün güncelleme sürecini çok kısaltmaktadır. Yeni teknolojilerin kullanımı ürün maliyeti ve ürünün taşınabilir olması hususlarında da büyük katkılar sağlamaktadır. Bu yönelimin elektronik eleman test sistemlerinde de kullanılması kaçınılmaz bir olgudur.

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli birikimlerini bana aktaran, tezimin başlangıcından bitimine kadar her aşamasında bana yardımcı olan, tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Turan ÖZCERİT'e; Devre analizi konusunda bana aktardığı değerli bilgilerden dolayı saygı değer hocam Prof. Dr. Abdullah FERİKOĞLU'na; Tez ile ilgili araştırmaların yapılmasında maddi ve manevi destek veren sevgili arkadaşım Cengiz DENİZ'e; Tez yazımı ve şekillerinin çiziminde katkılarından dolayı sevgili arkadaşım Hakan BAŞKAN'a; Yüksek lisans eğitimim süresince, eğitim ve tez çalışmalarına ayırdığım süreyi sabır ile kabullenen ve her türlü desteği benden esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan anneme, babama ve her konuda yardımcı olan yakınlarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET .....	xii
SUMMARY .....	xiii

### BÖLÜM 1. GİRİŞ .....

1

1.1. Elektronik Eleman Hata Analizinde I-V Eğrilerinin Kullanımının Ohmmetre Kullanımına Göre Üstün Yanları.....	2
1.2. Literatürde I-V Eğrilerini Otomatik Olarak Elde Eden Sistemler .....	3
1.3. Tez Çalışmasının Amacı ve Başlatılma Sebepleri.....	3
1.4. Tez Organizasyonu .....	4

### BÖLÜM 2. I-V EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ .....

6

2.1. I-V Eğrisinin Tanımı .....	6
2.2. Deney Düzenegi ile I-V Eğrilerinin Elde Edilmesi .....	6
2.3. I-V Eğrilerinin Otomatik Olarak Elde Edilmesi.....	8
2.4. Analitik Yöntemle I-V Eğrilerinin Elde Edilmesi .....	10
2.4.1. 1Kohm'luk dirence ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi . .....	11
2.4.2. 10uF'lık kondansatöre ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi .....	12
2.4.3. 1N4148 diyotuna ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi	14
2.5. Tek Bir Voltmetre ile Akım ve Gerilim Sonuçlarının Oluşturulması .....	15

2.6. Çeşitli Devre Elemanlarının I-V Eğrileri.....	16
--	----

### BÖLÜM 3. TASARLANAN I-V EĞRİ ÇİZİCİDE KULLANILAN DEVRE

YAPILARI .....	18
3.1. Blok Şema.....	18
3.2. Açık Devre Şeması .....	20
3.3. Wien Köprü Osilatör Devresi .....	22
3.4. AGC'li Wien Köprü Osilatör Devresi .....	24
3.5. Eviren Yükselteç Devresi .....	26
3.6. Tampon Devresi .....	27
3.7. Toplayıcı Devre .....	27
3.8. Karşılaştırıcı Devresi .....	30
3.9. Referans Gerilim Üretici ve Devresi.....	32
3.10. Mikrodenetleyici .....	34
3.11. Kullanıcı Ara Yüzü–Anahtarlar ve Ekran .....	35
3.12. Güç Kaynağı Devresi .....	36
3.13. Analog Anahtar IC ve Devresi .....	37
3.14. Analog Çoklayıcı IC ve Devresi .....	39
3.15. Akım ve Gerilim Ölçümü.....	40

### BÖLÜM 4. TASARLANAN I-V EĞRİ ÇİZİCİDE KULLANILAN PROGRAM VE PROGRAM AİT FONKSİYONLAR .....

4.1. Giriş .....	43
4.2. main() Fonksiyonu.....	43
4.3. kademesecc() Fonksiyonu .....	46
4.4. olcum() Fonksiyonu.....	48
4.5. goster() Fonksiyonu .....	48

### BÖLÜM 5. SONUÇLAR .....

5.1. Tasarlanan I-V Eğri Çizici.....	50
5.2. Tasarlanan I-V Eğri Çiziciye Ait Elektriksel Karakteristikler .....	51
5.3. Tasarlanan I-V Eğri Çizici İle Elde Edilmiş I-V Eğrileri.....	52

BÖLÜM 6. ÖNERİLER .....	53
6.1. Mikrodenetleyici.....	53
6.2. Kullanıcı Ara Yüzü.....	53
6.3. Akım, Gerilim ve Frekans Kademeleri.....	53
6.4. Osilatör .....	54
6.5. Yazılım .....	55
KAYNAKLAR .....	56
EKLER .....	57
ÖZGEÇMİŞ .....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$ \beta K $	:Kapalı çevrim bir sistemde geri besleme oranı ile açık çevrim kazancının çarpımı
A	:Amper
C	:Kondansatör
$f_o$	:Çıkış frekansı
Hz	:Hertz
I	:Akım
$I_c(t)$	:Anlık kondansatör akımı
$I_d$	:Diyot akımı
$I_o$	:Diyot ters kutuplama altında çalışırken akacak doyma akımı
Kohm	:Kilo Ohm
mA	:Mili Amper
mW	:Mili Watt
MIPs	:Million Instruction Per Second(Bir saniyedeki komut işleme sayısı/1000000)
ms	:Mili Saniye
R	:Direnç
uF	:Mikro Farad
V	:Gerilim, Volt
$V_d$	:Diyot gerilimi
$V_i$	:Giriş gerilimi
$V_n$	:OPAMP eviren uç gerilimi
$V_o$	:Çıkış gerilimi
$V_p$	:OPAMP evirmeyen uç gerilimi
$V_T$	:Isıl gerilim
$V_c(t)$	:Anlık kondansatör gerilimi

$V_R(t)$	:Anlık direnç gerilimi
$V_x(t)$	:x elemanı üzerindeki anlık gerilimi
Z	:Empedans

### **Kısaltmalar**

AC	:Alternating Current(Alternatif Akım)
ADC	:Analog to Digital Converter(Analogtan Sayısala Dönüştürücü)
AGC	:Automatic Gain Control(Otomatik Kazanç Kontrol)
ASA	:Analog Signature Analysis(Analog Sinyal Analizi)
ATE	:Automatic Test Equipment(Otomatik Test Cihazı)
CRT	:Cathode Ray Tube(Katot Işın Tüpü)
CT	:Component Test(Eleman Test)
DAC	: Digital to Analog Converter(Sayısalan Analoga Dönüştürücü)
DC	:Direct Current(Doğru Akım)
DIP	:Dual In line Package(Çift Sıralı Paket)
DSP	:Digital Signal Processor(Sayısal Sinyal İşlemci)
GLCD	:Graphic Liquid Crystal Display(Grafik Likit Kristal Ekran)
IC	:Integrated Circuit(Tümleşik Devre)
I-V	:Akım-Gerilim
JFET	:Junction Field Effect Transistor(Alan Etkili Transistör)
LCD	: Liquid Crystal Display(Likit Kristal Ekran)
NC	:Normal Closed(Normalde Kapalı)
OAMP	:Operational Amplifier(İşlemsel Yükselteç)
PC	:Personal Computer(Kişisel Bilgisayar)
R-C	:Direnç-Kondansatör
TFT	:Thin Film Transistor(İnce Film Transistör)
TTL	:Transistor Transistor Logic(Transistör Transistör Mantık)



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Frekansa bağımlı olmayan elemanların, I-V eğrilerini elde edebilmek için kullanılabilir basit bir deney düzeneği.....	6
Şekil 2.2. 1Kohm'luk dirence ait I-V eğrisinin manuel olarak çizimi .....	7
Şekil 2.3. İki kutuplu elemanların karakteristik eğrisini çıkartabilmek için kullanılabilir test düzeneği.....	8
Şekil 2.4. X-Y moduna sahip bir osilaskopta I-V eğrilerini elde edebilmek için gerekli olan test düzeneği[2].....	9
Şekil 2.5. Analitik çözümlemede kullanılan devre düzeneği .....	10
Şekil 2.6. 1Kohm'luk direncin analitik çözümleme ile elde edilmiş I-V eğrisi.....	12
Şekil 2.7. 10uF'lık kondansatörün, 10V-50Hz'lik bir sinusoidal sinyal ile elde edilmiş I-V eğrisi .....	13
Şekil 2.8. 1N4148 diyotunun, 10V- 50Hz'lik bir sinusoidal sinyal ile oluşturulmuş I-V eğrisi .....	15
Şekil 2.9. Tek bir voltmetre ile bir eleman üzerindeki gerilim ve akımın ölçülmesi.	16
Şekil 2.10. Çeşitli devre elemanlarına ait I-V eğrileri[2].....	17
Şekil 3.1. Tasarlanan I-V Eğri çiziciye ait blok şema.....	18
Şekil 3.2. Tasarlanan I-V çizicinin analog kısmına ait açık devre şeması .....	21
Şekil 3.3. Tasarlanan I-V çizicinin, sayısal kısmına ait açık devre şeması.....	21
Şekil 3.4. Temel wien köprü osilatörün devre şeması.....	22
Şekil 3.5. Frekansa duyarlı bir gerilim bölücünün genlik ve faz diyagramları.....	23
Şekil 3.6. AGC'li wien köprü osilatör devre şeması.....	25
Şekil 3.7. Eviren yükselteç devre şeması .....	26
Şekil 3.8. Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan eviren yükselteç devre şeması .....	26
Şekil 3.9. Tampon devresi.....	27
Şekil 3.10. Temel toplayıcı devre .....	28
Şekil 3.11. 10V'luk test sinyali ve toplayıcı çıkışı.....	29
Şekil 3.12. Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan toplayıcı devre .....	30

Şekil 3.13. LM319 ile yapılmış temel karşılaştırıcı devresi.....	30
Şekil 3.14. Tasarlanan I-V eğri çizicide periyot başlangıcı sinyallerini üretmede kullanılan devre şeması .....	31
Şekil 3.15. Karşılaştırıcı girişi ve çıkışında bulunan sinyaller .....	32
Şekil 3.16. MCP1541'in tipik uygulama devresi .....	33
Şekil 3.17. Çıkış sinyali filtrelenmiş gerilim referans üretici.....	33
Şekil 3.18. PIC18F452'in uç isimlerini gösteren sembolü .....	34
Şekil 3.19. GLCD ve anahtarların mikrodenetleyiciye bağlanması.....	36
Şekil 3.20. $\pm 5V$ 'luk simetrik güç kaynağı devre şeması.....	37
Şekil 3.21. DG201A analog anahtar IC'ye ait fonksiyonel blok şema .....	38
Şekil 3.22. DG201A analog anahtar IC'nin osilatör ve mikroişlemciye bağlanması	38
Şekil 3.23. DG509A analog çoklayıcı IC'nin uç bağlantıları ve fonksiyonel şeması	39
Şekil 3.24. DG509A analog çoklayıcı IC'nin I-V eğri çizici devresine bağlanması .	40
Şekil 3.25. Periyodik bir sinyalde, periyot başlangıcından itibaren aynı $\Delta t$ zaman aralıklarında yapılan anlık gerilim ölçümlerinin eşitliği .....	41
Şekil 3.26. Gerilim ve akım ölçümünün tek bir analog giriş sayesinde yapılmasını sağlayan rölenin mikrodenetleyiciye bağlanması.....	42
Şekil 4.1. main() fonksiyonunun akış şeması.....	45
Şekil 4.2. kademesec() fonksiyonunun akış şeması .....	47
Şekil 4.3. olcum() fonksiyonunun akış şeması.....	49
Şekil 4.4. goster() fonksiyonunun akış şeması.....	49
Şekil 5.1. Tasarlanan I-V Eğri çizicinin analog kısmı .....	50
Şekil 5.2. Tasarlanan I-V Eğri çizicinin sayısal kısmı ve güç kaynağı.....	51
Şekil E. 1. Açık devre elemanına ait I-V eğrisi.....	69
Şekil E. 2. Kısa devre elemanına ait I-V Eğrisi .....	69
Şekil E. 3. 330 ohm'luk dirence ait I-V eğrisi .....	70
Şekil E. 4. 12V'luk bir röle bobinine ait I-V eğrisi.....	70
Şekil E. 5. 10uF'lık kondansatörün F_LOW kademesindeki I-V eğrisi .....	71
Şekil E. 6. 4,7 uF'lık kondansatörün F_LOW kademesindeki I-V eğrisi .....	71
Şekil E. 7. 1uF'lık kondansatörün F_LOW kademesindeki I-V eğrisi .....	72
Şekil E. 8. 1uF'lık kondansatörün F_HIGH kademesindeki I-V eğrisi .....	72
Şekil E. 9. Bozuk bir kondansatöre ait I-V eğrisi .....	73
Şekil E. 10. Kırmızı LED'in 5V kademesindeki I-V eğrisi .....	73

Şekil E. 11. 1N4148 diyotunun 5V kademesindeki I-V eğrisi.....	74
Şekil E. 12. 1N4148 diyotunun 10V kademesindeki I-V eğrisi.....	74
Şekil E. 13 .5.1V'luk zener diyotun 10V kademesindeki I-V eğrisi.....	75
Şekil E. 14. 5.1V'luk zener diyotun 15V kademesindeki I-V eğrisi.....	75
Şekil E. 15. Arızalı bir 7918 entegresinin 1-2 uçları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V).....	76
Şekil E. 16. Sağlam 7918 entegresinin 1-2 uçları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V) .....	76
Şekil E. 17. BC546 transistorünün Emite-Kollektör bacakları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V) .....	77
Şekil E. 18. BC546 transistorünün Beyz-Emite bacakları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V) .....	77
Şekil E. 19. 1Kohm'luk diene ile 1N4001 diyotunun seri bağlanması ile elde edilen elemana ait I-V eğrisi .....	78

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. D&T500 eleman test cihazı test sinyalinin gerilim ve akım kademeleri[6]	9
Tablo 2.2. D&T500 eleman test cihazı test sinyalinin frekans kademeleri[6]	9
Tablo 3.1. Güç kaynaklarının gerilim değerleri ve bunların kullanım yerleri	37
Tablo 5.1. Tasarlanan I-V eğri çizicinin gerilim ve akım kademeleri	51
Tablo 5.2. Tasarlanan I-V eğri çizicinin frekans kademeleri	52
Tablo 5.3. Tasarlanan I-V eğri çizicinin güç kaynaklarından çektiği akımlar ve harcadığı ortalama güçler	52

## ÖZET

**Anahtar kelimeler:** I-V eğrileri, Eğri izleyici, Otomatik elektronik eleman test sistemi

Elektronik endüstrisinde meydana gelen teknolojik gelişim, elektronik sistemlerin tamamında değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişim elektronik test ve ölçüm cihazları içinde kaçınılmazdır.

I-V eğrilerini kullanmak, bir elektronik eleman veya sisteme ait hataları elektriksel olarak tespit etmede çok kullanışlı bir yöntemdir. I-V eğrilerini otomatik olarak çizebilen elektronik test sistemlerine eğri izleyici (curve tracer) denilmektedir.

Bu çalışmada GLCD ve PIC mikrodenetleyici kullanılarak, mevcut CRT ekranlı eğri izleyici sistemlerine nazaran çok daha küçük boyutlu, yazılımsal ve donanımsal gelişmelere açık gömülü sistem bir I-V eğri çizici tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, tamamen analog olarak çalışan mevcut eğri izleyici cihazlarının mikrodenetleyici kontrollü ve LCD görüntüleme birimlerine sahip olarak değişebileceğini gösterir.

Bu çalışma, elektronik elemanların testine yönelik olarak kullanılacak, otomatik test cihazları üretimine katkı yapabilir ve bu cihazların en basit elektronik eleman test sistemi olan ohmmetrenin yerini almasına imkan tanıyabilir.

# **AN EMBEDDED SYSTEM DESIGN FOR AUTOMATIC TESTING ON ELECTRONICS COMPONENTS**

## **SUMMARY**

**Keywords:** I-V curves, Curve tracer, ATE (Automatic Test Equipment)

The development of technology in electronic industry causes variation all electronic systems. This variation is also unavoidable for the tests and measurement instruments.

The usage of I-V curves is a very useful method to determine electronic components and system errors in electrical manner. Electronics test systems drawing I-V curves automatically are called as “Curve Tracer”.

In this study, an embedded system, which is easy to upgrade in software and hardware according to curve tracer systems with CRT screen, has been designed by using GLCD and PIC microcontrollers. The results present that curve tracer instruments as working entirely analog can be changed with respect to microcontroller and LCD monitoring.

This study can contribute to the producing of automatic test instruments, which will be used in electronic components test, and they can present an opportunity as these devices replace to ohmmeters that are the most basic electronic component of test systems.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

I-V eğrileri, elektronik aygıt ve elemanların hata analizinde kullanılan güçlü bir yöntemdir. I-V eğrilerini otomatik olarak elde eden cihazlara “Eğri izleyici” denilmektedir ve bu cihazlar ile elektronik cihaz veya elemana ait arıza tespiti için geçmişten günümüze yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazların diğer test cihazlarına göre üstün yanları aşağıda sıralanmıştır.

Eğri izleyici, elektronik eleman veya cihaz üzerinde çok hızlı bir şekilde elektriksel test gerçekleştirme olanağı sunar. Eğer manuel olarak bir elemana ait karakteristik eğri çizilecek ise güç kaynağına, voltmetreye ve ampermetreye ihtiyaç vardır ve bunlar ile ancak eleman karakteristiğinin belirli noktalarına ait veriler elde edilebilirken, eğri izleyici ile eleman karakteristiğine ait tüm bilgiler grafiksel olarak elde edilebilir.

Bu cihazların, akım sınırlama özellikleri vardır ve test edilen elemanın akımda meydana getirebileceği ani değişiklikleri görüntüleyebilirler.

Eğri izleyici, test edilen elemana ait elektriksel karakteristikleri ve karakteristikte meydana gelecek değişiklikleri hızlı bir şekilde gösterebilir.

Bu cihazlar, hızlı görüntüleme yapabilmelerinden dolayı, güç yayılımı veya ısınma etkilerinin sonuçlarını da rahat bir şekilde gösterebilirler.

Eğri izleyici, manuel olarak eğri elde etmeye oranla daha fazla görüntüleme sağlar[1].

Elektronik hata analizinde bu kadar etkin özelliklere sahip olan bu cihazlarında elektronik teknolojisinde meydana gelen hızlı değişimden etkilenmesi kaçınılmazdır.

Elektronik eleman ve sistemlere daha kolay ulaşma imkanının olduğu günümüz şartlarında, eskiden az sayıda üreticinin ürettiği pahalı eğri izleyici cihazlarının, ucuz maliyetlere kavuşması ile birlikte elektronik arıza analizinde daha yaygın olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

### **1.1. Elektronik Eleman Hata Analizinde I-V Eğrilerinin Kullanımının Ohmmetre Kullanımına Göre Üstün Yanları**

I-V eğrilerinin en önemli kullanım alanlarından birisi elektronik devre elemanlarının sağlamlık testidir. Eğer bir devre elemanı, karakteristiğine ait bir grafik üretmiyor ise, o eleman bozuk denebilir. Sinusoidal bir sinyal uygulayarak elektronik elemanların test edilmesine ASA(Analog Signature Analysis) denilmektedir. ASA yöntemi elektronik kart bakım ve onarımında en çok kullanılan arıza tespit yöntemlerinden biridir[2].

Ohmmetre gibi basit bir test cihazı ile pek çok iki veya çok uçlu elemanı test edilebilir. Ancak I-V eğrileri ile eleman test etmenin Ohmmetreye göre bazı avantajları vardır. Bunlar şöyle sıralanabilir.

Ohmmetreler; ölçülmek istenen elemana tek bir gerilim ve akım değerinde işaret uygulayabilirken, I-V Test cihazları ohmmetreye göre daha geniş bir aralıkta akım ve gerilim üretir. Bu da elemanın daha geniş bir aralıkta test edilmesi demektir.

Unutulmamalıdır ki, I-V test cihazının üreteceği grafikler, ohmmetrenin üreteceği sayısal değerlerden daha kolay akılda tutulabilir ve hatırlanabilirler.

Ohmmetre ile diyot gibi iki kutuplu elemanı ölçmek istenirse; diyotun ters kutuplama altında çalışmasını da test etmek için ölçüm problemlerinin yerlerini değiştirmek gerekir. I-V test cihazlarıyla eleman testinde prob uçlarını değiştirmeye gerek yoktur. Bu da, eleman testi yapan operatörün eleman testini iki kat daha hızlı yapmasını sağlar.



## 1.2. Literatürde I-V Eğrilerini Otomatik Olarak Elde Eden Sistemler

Basit bir eğri izleyicinin nasıl yapılabileceği[3]'te gösterilmiştir. Bu çalışma, daha sonra tasarlanan ucuz maliyetli eğri izleyici cihazlara, kaynak olmuştur. Bu çalışma ile tasarlanan sistem CRT ekran kullanmaktadır.

Ticari bir firma, PC paralel port kontrollü I-V eğri izleyicinin IC'lerle nasıl yapılacağına dair bir uygulamaya notu yayınlamıştır. Bu sistem, gerilim artışlarını DAC vasıtası ile oluşturduğu için yarı iletken malzemelerin I-V eğrilerini elde etmeye yönelik bir çalışmadır ve sistem PC'ye bağımlıdır[4].

PC ses kartını kullanarak I-V eğrilerinin nasıl elde edilebileceğine dair diğer bir çalışmada PC'ye bağımlıdır[5].

## 1.3. Tez Çalışmasının Amacı ve Başlatılma Sebepleri

Geçmişten günümüze I-V eğrilerini otomatik olarak elde edebilmek için analog eğri izleyici cihazları veya X-Y modu olan osiloskoplar kullanılmıştır. Bu cihazların ekranları ise çoğu sistem için CRT'dir(Cathode Ray Tube). Günümüzde ise analog sistemler yerlerini sayısal sistemlere bırakmaktadır.

Sayısal ara yüz kullanan ucuz maliyetli mevcut I-V eğri çiziciler ise PC'ye bağımlıdır. Ayrıca bunlar test edilecek elman üzerine uygulanan gerilimleri DAC vasıtası ile oluşturduklarından genelde yarı iletken elemanların I-V eğrilerini elde etmeye yöneliktirler.

Artık mikrodenetleyiciler, oyuncaklarda bile kullanılırken, LCD'ler pek çok cihaz için standart görüntüleme elemanı haline gelmiştir. Elektronik eleman üreticileri de günümüzde çok çeşitli donanımsal ve programsal yetenekleri olan mikrodenetleyiciler üretmektedirler. Mikrodenetleyiciler, artık çoğu uygulama için yeterli hız, çevresel arabirim ve belleğe sahiptir. Ayrıca bir bilgisayar sisteminde kullanıcı ara yüzünün en önemli donanımlarından biri olan CRT ekranlar ise yerlerini LCD veya TFT yapıdaki ekranlara bırakmaktadır.

Bu tez çalışmasında GLCD kullanan, gömülü sistem bir I-V eğri çizici tasarlanmıştır. Bu tez çalışması GLCD kullanan, mikrodenetleyici tabanlı taşınabilir eğri izleyici cihazı tasarımının yapılabilirliğini göstermektedir.

#### **1.4. Tez Organizasyonu**

Bu tez çalışmasında, GLCD ve PIC mikrodenetleyici kullanılarak, mevcut CRT ekranlı eğri izleyici sistemlerine nazaran çok daha küçük boyutlu, yazılımsal ve donanımsal gelişmelere açık gömülü sistem kullanan, bir elektronik eleman test sistemi tasarlanmıştır. Yapılan çalışmaların anlatıldığı ve değerlendirildiği tez organizasyonu altı bölümden oluşmaktadır.

Bu tez çalışmasına başlanılmasına neden olan etkenler ve mevcut I-V eğri çizicilerin genel özellikleri birinci bölümde sunulmuştur.

İkinci bölümde, I-V eğrilerinin tanımı verilerek bir elemana ait I-V eğrilerini elde etmeye yönelik tüm yöntemler ayrıntılı olarak anlatılmış. Çeşitli iki uçlu elemanlara ait I-V eğrileri verilmiştir. Daha sonra ise tek bir voltmetre ile akım ve gerilim ölçümünün nasıl yapılabileceği irdelenmiştir. Bu bölümde anlatılan konular, bu tez çalışmasında gerçekleştirilen sistemin tasarımında kullanılan referans noktaları oluşturmuştur.

Bu tez çalışması ile gerçekleştirilen, gömülü sistem I-V eğri çizicide kullanılan devre şemaları üçüncü bölümde verilmiştir. Bu bölümde ilk olarak tasarlanan sisteme ait bir blok şema verilmiş ve sistemin genel çalışması bu blok üzerinden anlatılmıştır. Daha sonra blok yapı üzerinde bulunan devre ve sistemler tek tek ele alınmıştır. Bu yapılırken de, bu devrelerin çalışmaları, devrede kullanım amaçları, tasarımları ile ilgili gerekli bağıntılar ve sinyal şekilleri devre bloğu ile birlikte anlatılmış veya verilmiştir.

Dördüncü bölüm ise mikrodenetleyicide kullanılan yazılımların incelenmesine ayrılmıştır. Mikrodenetleyicide kullanılan program, fonksiyonlara ayrılarak her bir fonksiyona ait birer akış şeması verilmiş ve akış şeması ile birlikte fonksiyonun

temel görevi anlatılmıştır. Fonksiyonlara ait kaynak kodlar ise ekler bölümünde verilmiştir.

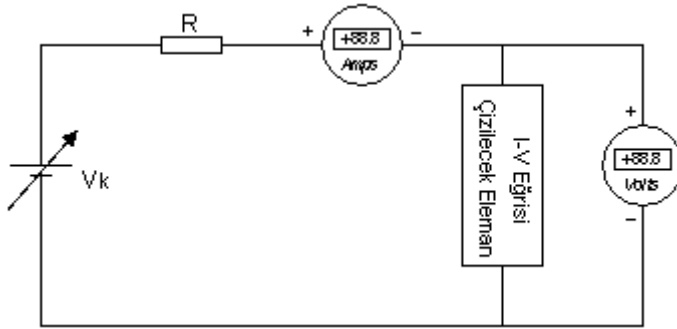
Beşinci bölüm sonuç bölümüdür. Bu tez çalışmasının ürünü olan I-V eğri çizici devresine ait resimler bu bölümde. Tasarımı gerçekleştirilen I-V eğri çizici ile elde edilmiş, çeşitli elektronik elemanlara ait I-V eğri resimleri ise ekler kısmında verilmiştir. Ayrıca tasarlanan sistemin test sinyaline ait elektriksel özellikler bir tablo halinde sunulmuştur.

Altıncı bölümde ise bu tez çalışması ile elde edilen sistemin daha etkin bir şekilde nasıl kullanılabileceği, yapılabilecek elektriksel ve yazılımsal iyileştirmelerin neler olduğu ve bunların nasıl gerçekleştirilebileceği gibi hususlar anlatılmıştır. Bu bölüm, tez çalışması ile anlatılan I-V eğri çiziciyi gelecekte geliştirmeyi düşünecek araştırmacıların yönlendirilmesi amacıyla yazılmıştır.

## BÖLÜM 2. I-V EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

### 2.1. I-V Eğrisinin Tanımı

İki uçlu bir elemanın uçları arasına uygulanan gerilime bağlı olarak, eleman üzerinden geçen akım değişiminin, iki boyutlu bir koordinat ekseninde gösterilmesine, o elemana ait I-V eğrisi veya elemanın karakteristik eğrisi denir. Bir karakteristik eğri en basit şekilde Şekil 2.1'de gösterilen deney düzeneği ile çizilebilir.



Şekil 2.1. Frekansa bağımlı olmayan elemanların, I-V eğrilerini elde edebilmek için kullanılacak basit bir deney düzeneği

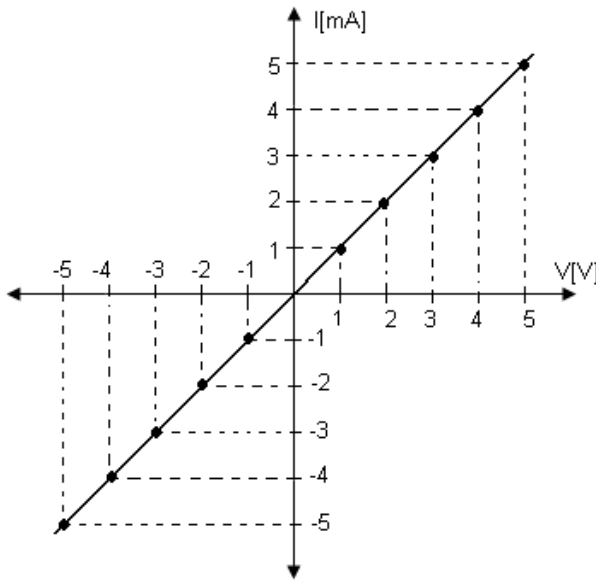
I-V eğrileri çizilirken, X eksenini eleman uçları arasındaki gerilim değişimini gösterirken, Y eksenini ise eleman üzerinden geçen akımı gösterir. Bir elektronik elemana ait I-V eğrileri üç yöntemle elde edilebilir.

### 2.2. Deney Düzeneği ile I-V Eğrilerinin Elde Edilmesi

Bu yöntem, I-V eğrilerini çıkartacak personeli en fazla uğraştıracak yöntemdir. Bu yöntemle I-V eğrileri çizilirken bir deney düzeneğinin kurulmasına ihtiyaç vardır. I-V eğrisi çizimi yapılırken eğrisi çizilmek istenen elemana uygun bir güç kaynağı,

buna seri bir direnç, ampermetre ve voltmetreden oluşan deney düzeneğinin kurulması gereklidir.

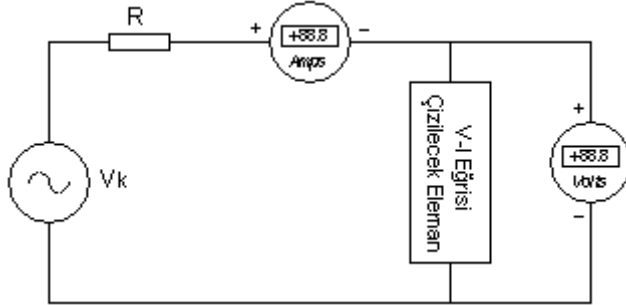
Eğri çizimi yapılırken ilk önce eğrinin kaç nokta ile çizileceği belirlenir. Nokta sayısı ne kadar fazla olursa eğrinin gerçekliği o kadar artacaktır. Şekil 2.1’de verilen düzenele I-V eğrisi çizimi yapılırken kaynak gerilimi, belirlenen aralıklarda değiştirilir. Eleman üzerine düşen gerilim voltmetre, eleman üzerinden akan akım ise ampermetre sayesinde ölçülerek koordinat ekseninde işaretlenir. Daha sonra gerilim kaynağı veya I-V eğrisi çizilecek elemanın uçları ters çevrilerek ve kaynak gerilimi belirlenen aralıklarla tekrar değiştirilir ve alınan ölçüm değerleri koordinat eksenine işaretlenir. Koordinat eksenine işaretlenen tüm noktalar birleştirilerek ölçülmek istenen elemana ait karakteristik eğri çizilmiş olur.



Şekil 2.2. 1Kohm'luk dirence ait I-V eğrisinin manuel olarak çizimi

Şekil 2.1’de verilen deney düzeneği ile direnç, açık devre elemanı, kısa devre elemanı gibi tek kutuplu elemanların karakteristik eğrileri elde edilirken eğrisi çizilecek elemana uygulanacak geriliminin yönünü değiştirmeye gerek yoktur. Eğer diyot, zener diyot vb. gibi iki kutuplu yarı iletken elemanların karakteristik eğrileri oluşturulmak istenirse, ters kutuplama karakteristiğinin de çizilebilmesi için eleman veya deney düzeneğinde bulunan kaynağın uçlarının ters çevrilmesi gerekir. Bu ise fazladan bir iş gerektirir ki, bunu aşmak için DC gerilim kaynağı yerine AC gerilim

kaynağı kullanılabilir. Bu iki yönlü karakteristik eğrilerin elde edilmesinde kullanılabilecek deney düzeneği Şekil 2.3 de verilmiştir.

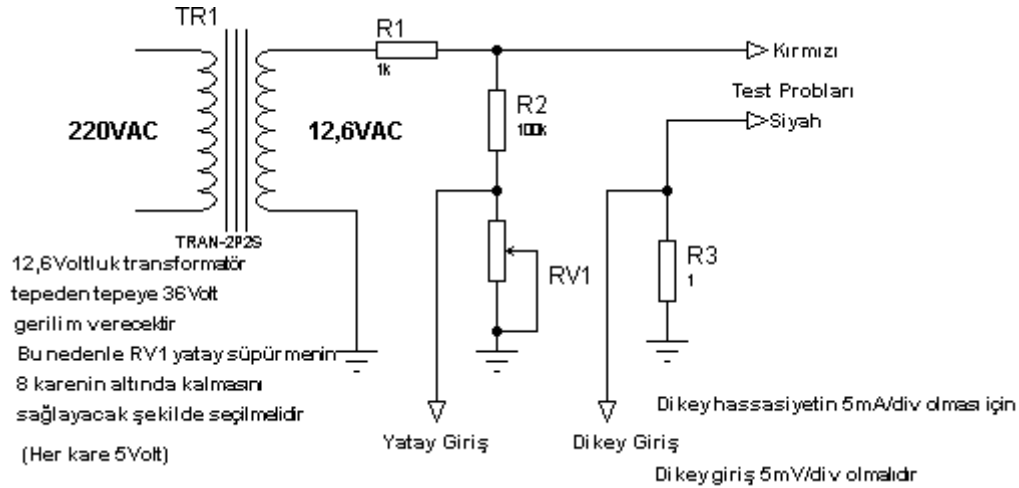


Şekil 2.3. İki kutuplu elemanların karakteristik eğrisini çıkartabilmek için kullanılabilecek test düzeneği.

Şekil 2.3'te verilen düzenekle, karakteristik eğriler manuel olarak çizilecek ise, deneyi yapanın ölçüm değerlerini okuyabilmesi için AC kaynağın frekansının çok düşük olması gerektiği aşikardır. Ayrıca kondansatör, bobin gibi frekansa bağımlı I-V karakteristiği olan pasif devre elemanlarının veya iç yapısında frekansa bağlı devre elemanları bulunduran yarı iletken elemanların I-V eğrilerini Şekil 2.3'teki düzenekle elde etmek mümkün değildir. Bunu da aşabilmek için kaynak frekansını arttırmak gereklidir. Kaynak frekansının yüksek olması ise eğrinin manuel olarak çizilmesini imkansız hale getirir. Bu sorunu giderebilmek içinde manuel çizim yerine X-Y eksenlerinde otomatik çizim yapan ölçüm cihazları kullanılmalıdır. Otomatik olarak I-V eğrilerini elde eden cihazlara "Eğri izleyici" denilmektedir.

### 2.3. I-V Eğrilerinin Otomatik Olarak Elde Edilmesi

Uzun yıllar eleman testi için X-Y modu olan osilaskop cihazları kullanılmıştır. Şekil 2.4'te verilen deney düzeneği sayesinde, elektronik devre elemanlarının I-V eğrileri osilaskop ile çıkarılabilir. Böyle bir sistem tek bir gerilim ve akım aralığına sahiptir. Bu gerilimin tepe değeri 18V iken, akım aralığının tepe değeri ise 18mA'dır.



Şekil 2.4. X-Y moduna sahip bir osilaskopta I-V eğrilerini elde edebilmek için gerekli olan test düzeneği[2]

Osilaskop ile I-V eğri çizimleri yapılmak istenildiğinde, X-Y modu bulunan bir osilaskop ile birlikte sinusoidal bir AC kaynak ve harici dirence ihtiyaç vardır. Pek çok üretici firma, osilaskopta bulunan CRT ekran ile, sinusoidal kaynak, akım sınırlama direnci ve kademe anahtarlarını tek bir cihaz üzerinde birleştirerek CT-Component Test cihazı adı verilen ölçüm cihazlarını geliştirmiştir. Buna örnek olarak, DIGITEST firmasının D&T500 model eleman test cihazı verilebilir. Bu cihazın test sinyaline ait temel değerler Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.1. D&T500 eleman test cihazı test sinyalinin gerilim ve akım kademeleri[6]

Kademe	Açık Devre Voltajı	Kısa Devre Akımı
LOJİK	5V	5mA
DÜŞÜK	10V	150mA
ORTA	20V	1mA
YÜKSEK	50V	1mA

Tablo 2.2. D&T500 eleman test cihazı test sinyalinin frekans kademeleri[6]

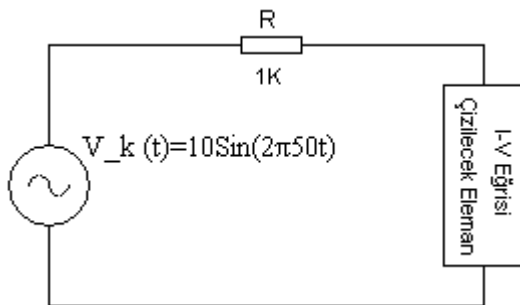
Kademe	Frekans
DÜŞÜK	90Hz
ORTA	500Hz
YÜKSEK	2KHz

## 2.4. Analitik Yöntemle I-V Eğrilerinin Elde Edilmesi

Analitik yöntemle bir elemana ait I-V eğrisi çizilecek ise o elemana ait akım-gerilim bağıntılarının bilinmesi gerekir. Daha sonra elemana ait akım veya gerilimler birbirlerine bağlı olarak hesaplanarak bir grafiğe çizilebilirler.

Pratikte I-V eğrileri elde edilirken akım ölçeklemesi (akım sınırlaması) yapabilmek için gerilim kaynağı ile I-V eğrisi çizilecek eleman arasına seri bir direnç bağlanması gereklidir. Seri direnç, kondansatör, bobin gibi I-V eğrileri frekansa bağlı olan elemanlarda, geçici hal rejimi oluşturur ki buda çözümlemede dikkat edilmesi gereken bir husustur. Seri direnç, diyot gibi üstel fonksiyona sahip elemanlarda ise çevre denklemini karmaşıktırarak hesaplamaları zorlaştırmaktadır.

Bu tez çalışması ile tasarlanan I-V eğri çizicide de kaynak gerilimi ile test edilecek eleman arasında seri bir direnç kullanılmasından dolayı, burada yapılan analitik çözümlerde de seri direncin kullanıldığı varsayılacaktır. Bu direncin kullanılmaması analitik çözümleri çok daha kolaylaştırır. Analitik çözümlemede kullanılan devre yapısı Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Analitik çözümlemede kullanılan devre düzeni

Şekil 2.5'te verilen devre için çevre denklemi yazılırsa

$$V_k(t) - V_R(t) - V_c(t) = 0 \quad (2.1)$$

elde edilir. Burada



$V_k(t)$ : Anlık kaynak gerilimi

$V_R(t)$ : Seri direnç üzerindeki anlık gerilim

$V_c(t)$ : I-V eğrisi çizilecek eleman üzerindeki anlık gerilimdir.

2.1 eşitliği ile verilen çevre denklemi ve I-V eğrisi çizilecek elemana ait akım-gerilim bağıntısının ortak çözümlenmesi ile kaynak geriliminin değişimine bağlı olarak ilgili elemana ait I-V eğrisi elde edilebilir.

#### 2.4.1. 1Kohm'luk dirence ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi

Dirence ait akım gerilim bağıntısı ohm konunu olarak bilinir ve bir dirençten akacak akım frekanstan bağımsız olarak sadece direncin değerine ve dirence uygulanacak gerilime bağlıdır.

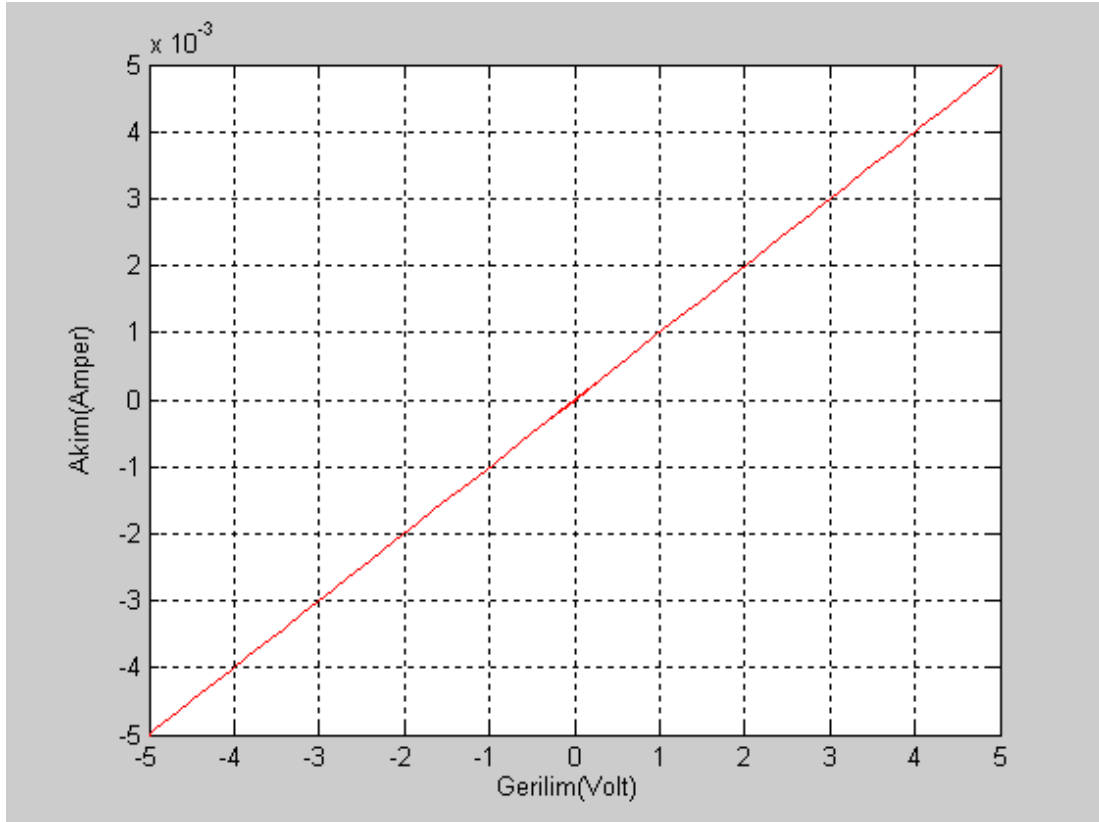
$$I = \frac{V}{R} \quad (2.2)$$

Dirence ait akım gerilim bağıntısı, 2.1'de verilen çevre denkleminde yazılırsa

$$10 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) - R \cdot I(t) - R_x \cdot I(t) = 0 \quad (2.3)$$

elde edilir. 2.3 denklemi, kaynak geriliminin her bir  $t$  anındaki değerine bağlı olarak çözülecek olursa. Çözümlerin her biri lineer denklem çözümünden ibaret olacaktır. Elde edilen sonuçlar bir koordinat eksenine yerleştirilerek dirence ait I-V eğrisi çizilebilir.

Geriliminin kaynağı olarak maksimum değeri 10V, frekansı 50Hz olan bir sinusoidal kaynak kullanımı ile 1Kohm'luk dirence ait I-V eğrisi Matlab programı ile oluşturulursa, Şekil 2.6'da verilen grafik elde edilir. Bu eğriyi oluşturmak için kullanılan Matlab M file Ek A'da verilmiştir.



Şekil 2.6. 1Kohm'luk direncin analitik çözümleme ile elde edilmiş I-V eğrisi

Dirençler için kaynak frekansı veya kaynak geriliminde yapılacak değişiklikler eğri eğimini etkilemez. Eğri eğimi  $R_x$  ve kaynağa seri bağlanacak direnç değerlerine bağlıdır.

#### 2.4.2. 10uF'lık kondansatöre ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi

Kondansatörden akacak akım, uçları arasındaki gerilim değişim hızına yani gerilimin türevine ve kondansatörün kapasitesine bağlıdır. Bu durum 2.4 bağıntısı ile gösterilmiştir.

$$i_c(t) = C \frac{dV_c(t)}{dt} \quad (2.4)$$

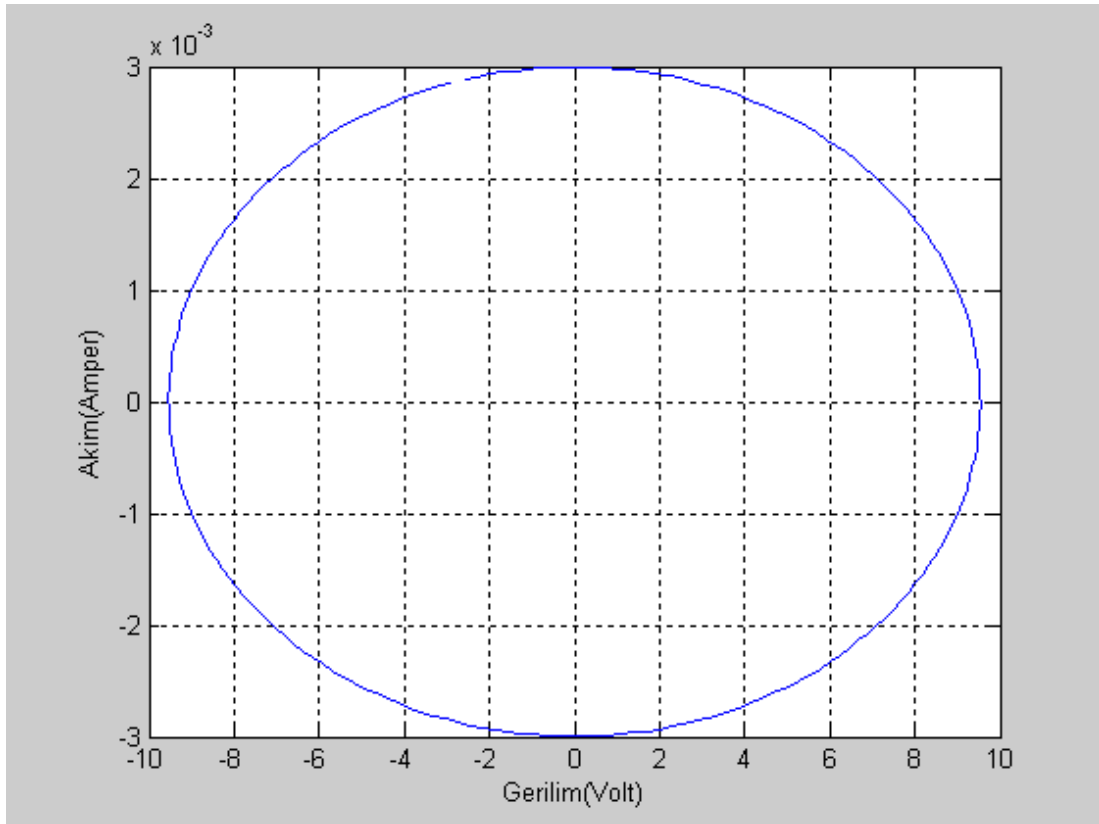
Kondansatör akımının gerilim değişim hızına ve kapasite değerine bağlı olması kondansatöre ait I-V eğrisinin kapasite ve frekansa bağlı olacağı sonucunu üretir.

Kondansatöre ait akım gerilim bağıntısı, 2.1’de verilen çevre denkleminde kullanılırsa,

$$10 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) - R \cdot C \cdot V_c'(t) - V_c(t) = 0 \quad (2.5)$$

2.5’te verilen durum denkleminin elde edilir. Elde edilen durum denkleminin çözümü ile kaynak geriliminin anlık değişimlerine bağlı olarak kondansatöre ait I-V eğrisi çizilebilir. Durum denklemlerinin çözümü,  $t$  domeninde yapılan bir çözümlenmedir ve bu yüzden I-V eğrisi çizilirken geçici hal rejimi dikkate alınmalıdır.

Geriliminin kaynağı olarak maksimum değeri 10V frekansı 50Hz olan bir sinusoidal kaynak kullanımı ile 10uF’lık kondansatöre ait I-V eğrisi Matlab programında oluşturulursa, Şekil 2.7’de verilen grafik elde edilir. Bu eğriyi oluşturmak için kullanılan Matlab M file Ek B’de verilmiştir.



Şekil 2.7. 10uF’lık kondansatörün, 10V-50Hz’lik bir sinusoidal sinyal ile elde edilmiş I-V eğrisi

Kondansatörün sinusoidal bir kaynak gerilimi altında I-V eğrisi elips şeklinde olur. Kaynak frekansı veya C değerinin artması elipsin yatay ekseninde daralmasına sebep olacaktır.

#### 2.4.3. 1N4148 diyotuna ait I-V eğrisinin analitik yöntemle elde edilmesi

Diyota ait akım-gerilim bağıntısı 2.6'da verilmiştir. Burada  $I_o$  diyot ters kutuplama altında çalışırken akacak doyma akımıdır ve ilgili diyota ait üretici kataloglarından elde edilebilir.  $V_T$  ısıl gerilimdir ve oda sıcaklığı için 25-26mV civarındadır.

$$I_d = I_o \left( e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right) \quad (2.6)$$

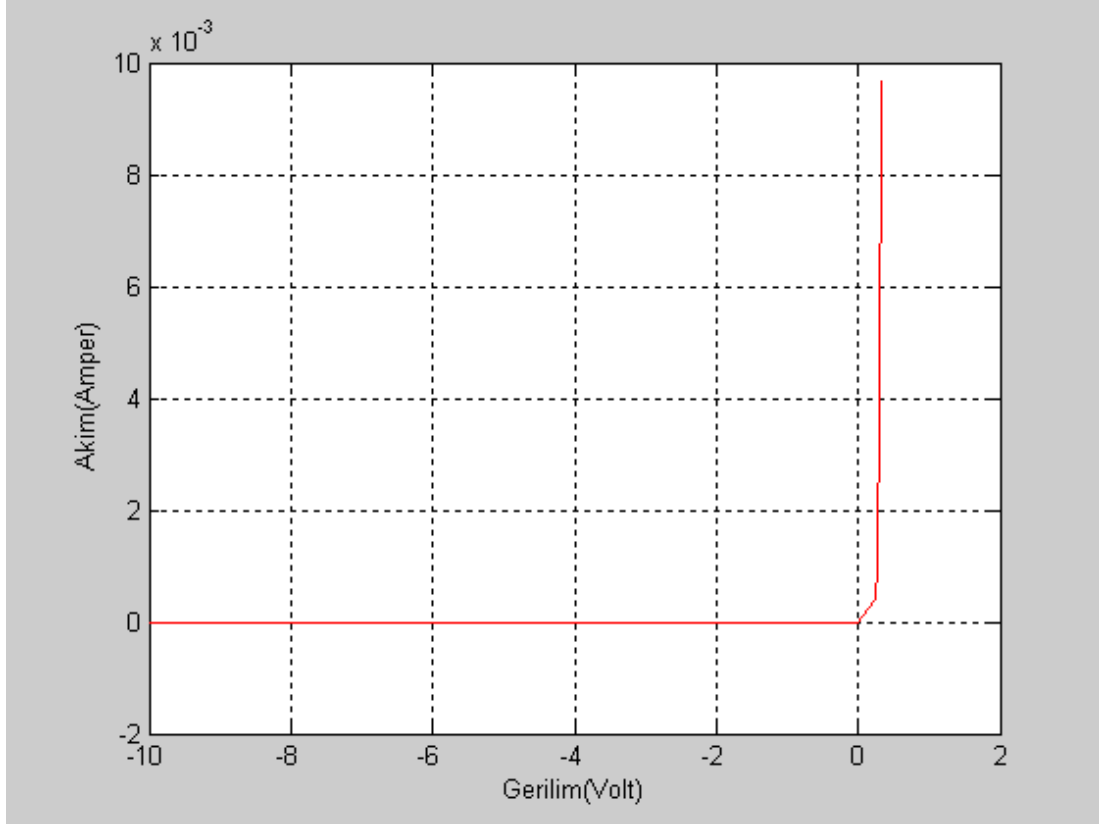
Diyot akımı sıcaklığa ve diyot uçlarındaki gerilime bağlıdır. Diyot sıcaklığının sabit olduğu varsayılırsa diyot akımı uçları arasındaki gerilime üstel bir fonksiyonla bağlı olacaktır.

Diyota ait akım gerilim bağıntısı, 2.1'de verilen çevre denkleminde yerine yazılırsa

$$10 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) - R \cdot I_o \left( e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right) - V_d = 0 \quad (2.7)$$

elde edilir. 2.7'denkleminin çözümlenmesi, trigonometrik, polinom ve üstel fonksiyonların birleşiminden oluşmuş bir denklem çözümü gerektirir. Böyle bir denklemin el ile çözümü zordur.

Geriliminin kaynağı olarak maksimum değeri 10V frekansı 50Hz olan bir sinusoidal kaynak kullanımı ile  $I_o$  akımı 25nA olan 1N4148 diyotuna ait I-V eğrisi oda sıcaklığı şartları için Matlab programında oluşturulursa, Şekil 2.8'de verilen grafik elde edilir. Bu eğriyi oluşturmak için kullanılan Matlab M file Ek C'de verilmiştir.

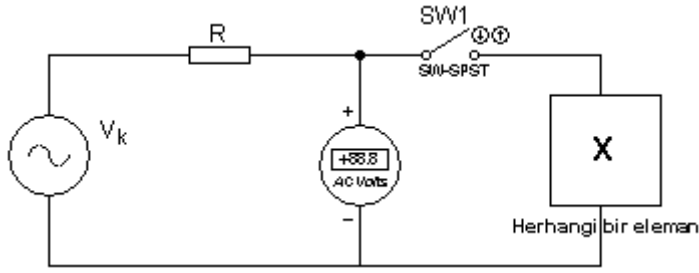


Şekil 2.8. 1N4148 diyotunun, 10V- 50Hz'lik bir sinusoidal sinyal ile oluşturulmuş I-V eğrisi

Diyota ait I-V eğrisinde, diyota uygulanan gerilimin maksimum değerini, test düzeneğinde bulunan kaynağın maksimum değeri belirler. Bu da diyot ters kutuplama altında çalışırken oluşur. Diyot üzerinde akabilecek akımın maksimum değerini ise kaynak geriliminin maksimum değeri ve kaynak ile diyot arasında bağlanan seri direnç belirleyecektir. Kaynak geriliminin negatif olduğu anlarda ise diyottan  $I_0$  sızıntı akımı akar.

## 2.5. Tek Bir Voltmetre ile Akım ve Gerilim Sonuçlarının Oluşturulması

Şekil 2.9'da verilen düzenek ile akım ve gerilimin tek bir voltmetre ile nasıl ölçülebileceği gösterilmektedir. Bu düzenek sayesinde X elemanı üzerindeki gerilim ve akım tek bir voltmetre sayesinde elde edilebilir. Eğer voltmetre ideal ise yani iç direnci sonsuz ise yapılacak ölçüm tamamen hatasız olur.



Şekil 2.9. Tek bir voltmetre ile bir eleman üzerindeki gerilim ve akımın ölçülmesi

SW1 anahtarı kapalı iken voltmetreden okunacak gerilim X elemanın gerilimine eşittir. Buna  $V_x$  denirse

SW1 anahtarı açık iken, voltmetre ideal ise seri direnç üzerinde hiçbir gerilim düşümü olmaz ve voltmetreden okunacak değer kaynak gerilimine eşittir. Buna da  $V_k$  denirse

$$V_R = V_k - V_x \quad (2.8)$$

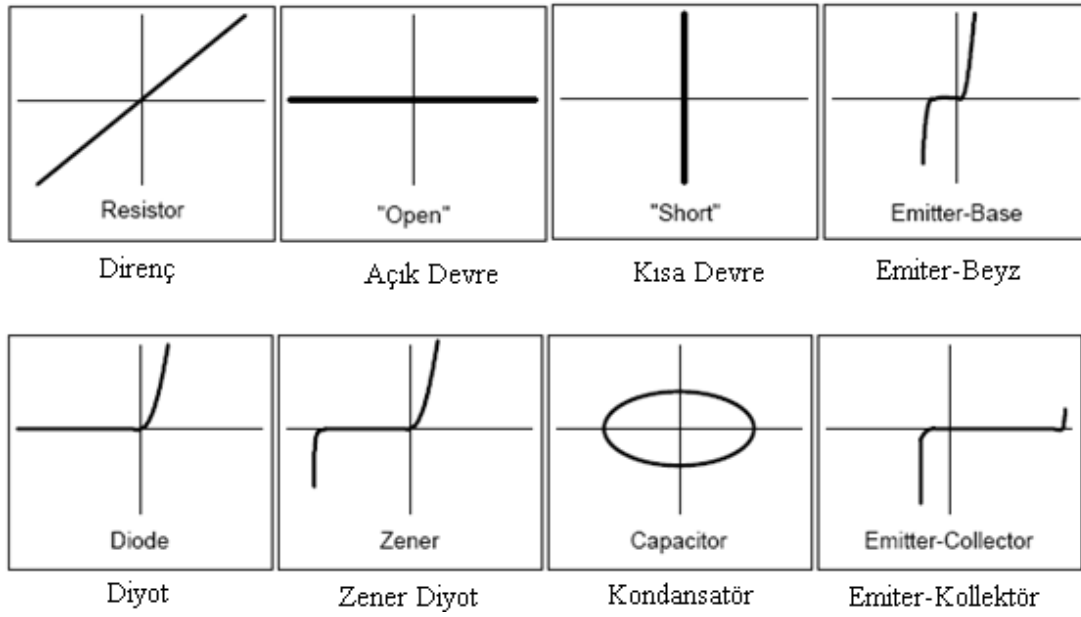
2.8 denklemi kirşofun gerilimler yasasından yazılabilir. Daha sonra

$$I = \frac{V_R}{R} \quad (2.9)$$

ohm kanununun R direncine uygulanması ile R üzerinden, yani R'ye seri olduğu için X elemanı üzerinden akacak akım değeri hesaplanabilir.

## 2.6. Çeşitli Devre Elemanlarının I-V Eğrileri

Çeşitli elektronik devre elemanlarına ait I-V eğrileri Şekil 2.10'da görülmektedir. Direnç, diyot, emiter-beyz jonksiyonu vb. gibi üzerinden geçecek akım sadece uçları arasına uygulanan gerilime bağlı elemanların I-V eğrilerinin şekli sinyal kaynağının frekansından etkilenmez. Bu tür elemanlara ait I-V eğrileri ancak gerilim ve akım kademelerinde yapılacak değişiklikler ile değişir. I-V fonksiyonu frekansa bağlı olan kondansatör, bobin gibi elemanların I-V eğrilerinde görülen elipsin yüksekliği ise kaynak frekansına ve eleman değerine bağlıdır.

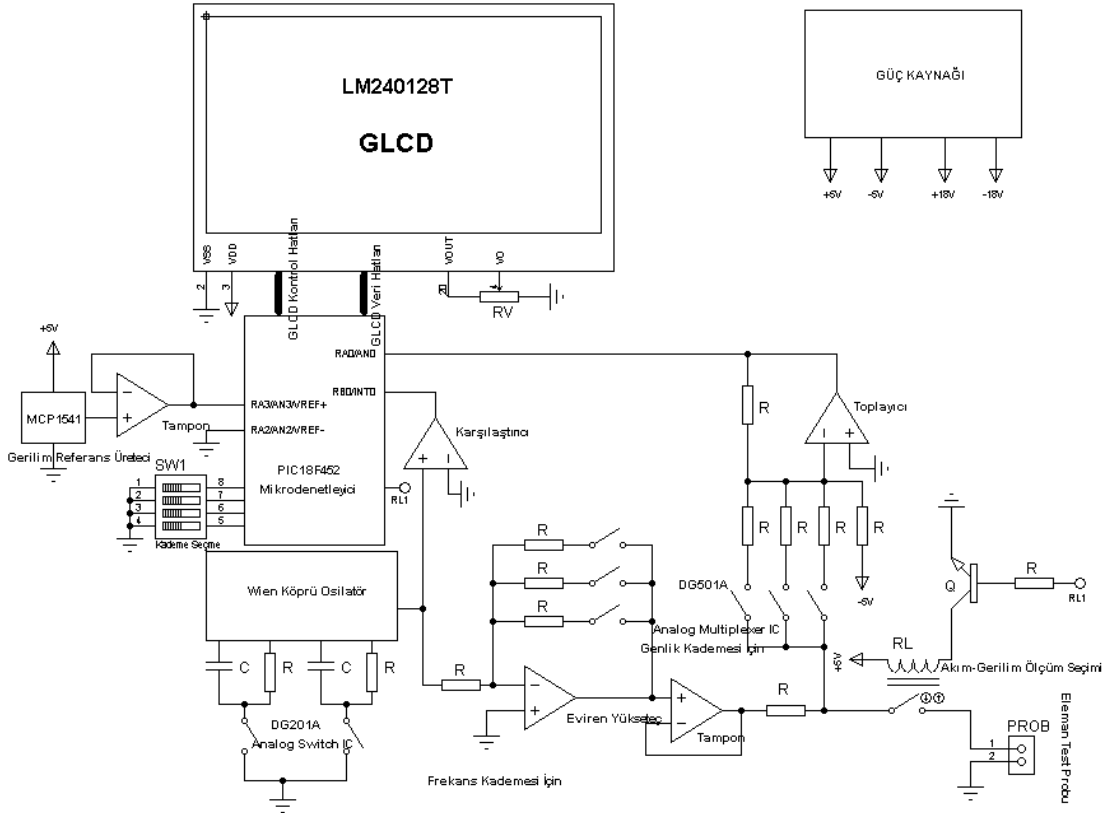


Şekil 2.10. Çeşitli devre elemanlarına ait I-V eğrileri[2]

## BÖLÜM 3. TASARLANAN I-V EĞRİ ÇİZİCİDE KULLANILAN DEVRE YAPILARI

### 3.1. Blok Şema

Bu tez çalışmasında tasarlanan I-V eğri çizici sisteme ait blok şema Şekil 3.1'de görülmektedir. Bu sistemin merkezi işlem birimini PIC18F452 oluşturmaktadır. Tüm sistemi yöneten ve kontrol eden bu mikrodenetleyicidir.



Şekil 3.1. Tasarlanan I-V Eğri çiziciye ait blok şema

Wien köprü osilatör ile üretilen sinusoidal test sinyalinin frekansı, mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen bir Analog anahtar entegresinin devreye alacağı R-C değerleri ile belirlenir. Osilatör tarafından üretilen sinusoidal sinyalin genliği ise



mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen bir çoklayıcı entegresinin eviren yükseltecin geri besleme yolunda devreye alacağı R değeri ile belirlenerek, test edilecek elemana uygulanacak seviyeye getirilir.

Üretilen sinyal, test edilecek elemana uygulanırken aynı anda akım ve gerilim ölçümünün yapılabilmesi için mikrodenetleyicinin analog girişine de uygulanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus vardır. O da test edilecek eleman üzerine uygulanan sinyal, her iki yönlü karakteristiğın çıkartılabilmesi için alternatif bir sinyal olması gerekirken; mikrodenetleyicinin uygulanacak sinyalin, test edilen eleman üzerindeki alternatif sinyalin DC'de salınan bir benzerinin olması gerektiğidir. Buda, farklı kademe gerilim seviyelerine karşılık çıkışı her zaman 0-4,096V aralığında salınan bir toplayıcı ile sağlanmaktadır. Toplayıcının da giriş dirençleri eviren yükselteçte olduğu gibi analog çoklayıcı entegresi ile seçilmektedir.

Mikrodenetleyicinin analog girişinin ihtiyaç duyduğu referans gerilim MCP1541 entegresi ve bir tampon devresi ile üretilir. Mikrodenetleyicinin referans girişi için bu şekilde harici bir referans gerilim üretici kullanılmaması, besleme geriliminde meydana gelen dalgalamalardan dolayı hassas ölçüm yapılmasını engellemektedir. Dolayısıyla elde edilen I-V eğrilerinin doğruluğu azalmaktadır.

I-V eğrisini çizebilmek amacıyla, mikrodenetleyici ilk olarak karakteristik eğrisi çizilecek elemanı bir röle vasıtasıyla devreden çıkartarak bir periyot boyunca 240 adet 10 bitlik gerilim ölçümü almaktadır. Periyot başlangıcı LM319 karşılaştırıcı entegresinden gelen kesme sayesinde algılanır. Daha sonra test edilecek eleman röle vasıtası ile devreye alınarak periyot başlangıcını belirten kesmenin LM319 karşılaştırıcı entegresinden yeniden gelmesi beklenir. Kesmenin gelmesi ile birlikte tekrar 240 adet ölçüm alınır. Bu alınan ölçüm dizisi eleman üzerindeki gerilim değişimini gösterir iken ilk periyotta alınan ölçüm değerleri ise kaynak geriliminin değişimini göstermektedir. Sonuç olarak,  $V_k$  [ ] olarak isimlendirilen kaynak gerilim değişimini gösteren 240 elemanlı bir dizi ile  $V_c$  [ ] olarak isimlendirilen, test edilen elemanın üzerine düşen gerilim değerlerini gösteren 240 elemanlı bir  $V_c$  [ ] tek boyutlu dizisi elde edilir.

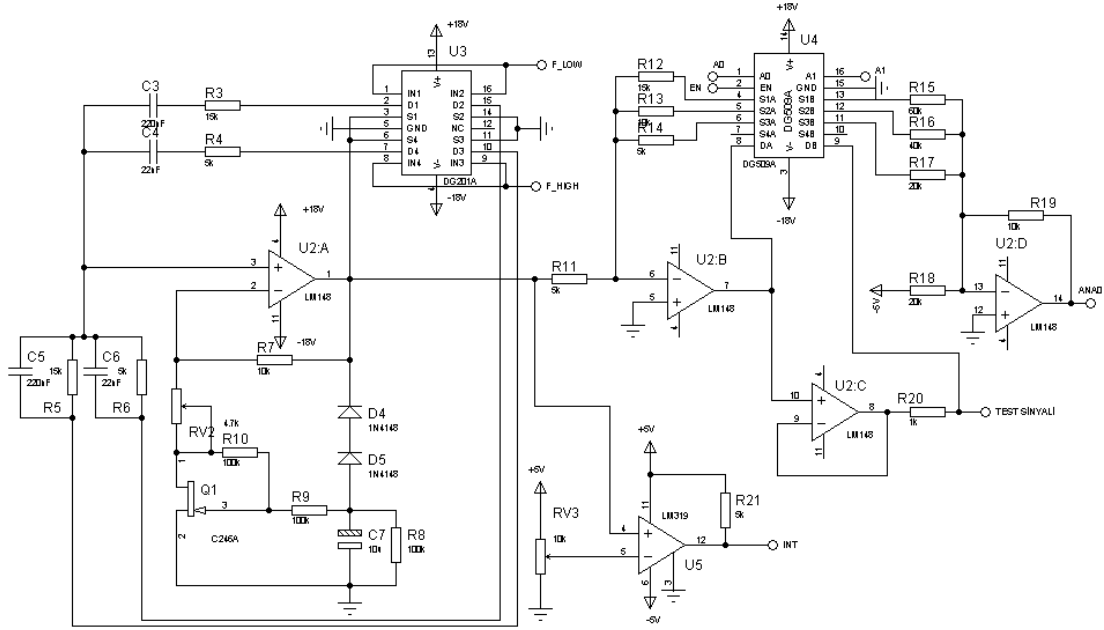
Test edilen elemana ait akım değerlerini hesaplayabilmek amacıyla kaynak geriliminden, test edilecek elemanın gerilimi çıkartılır( $V_{r[ ]} = V_{k[ ]} - V_{c[ ]}$ ). Elde edilen sonuç seri direnç üzerindeki gerilimi vermektedir. Ancak řu unutulmamalıdır ki test edilen elemanın akımı seri direnç üzerindeki gerilim ile aynı karakteristik özelliklere sahiptir.

I-V eğrilerinin GLCD’de oluşturabilmek için yapılacak işlem,  $V_{c[ ]}$  dizisinin piksel olarak yatay eksene,  $V_{r[ ]}$  dizisinin ise piksel olarak dikey eksene eşlemekten ibarettir. Bu sonuçlar ile GLCD’ye aktarılarak test edilen elemana ait I-V eğrisi ekrandan elde edilmiş olur.

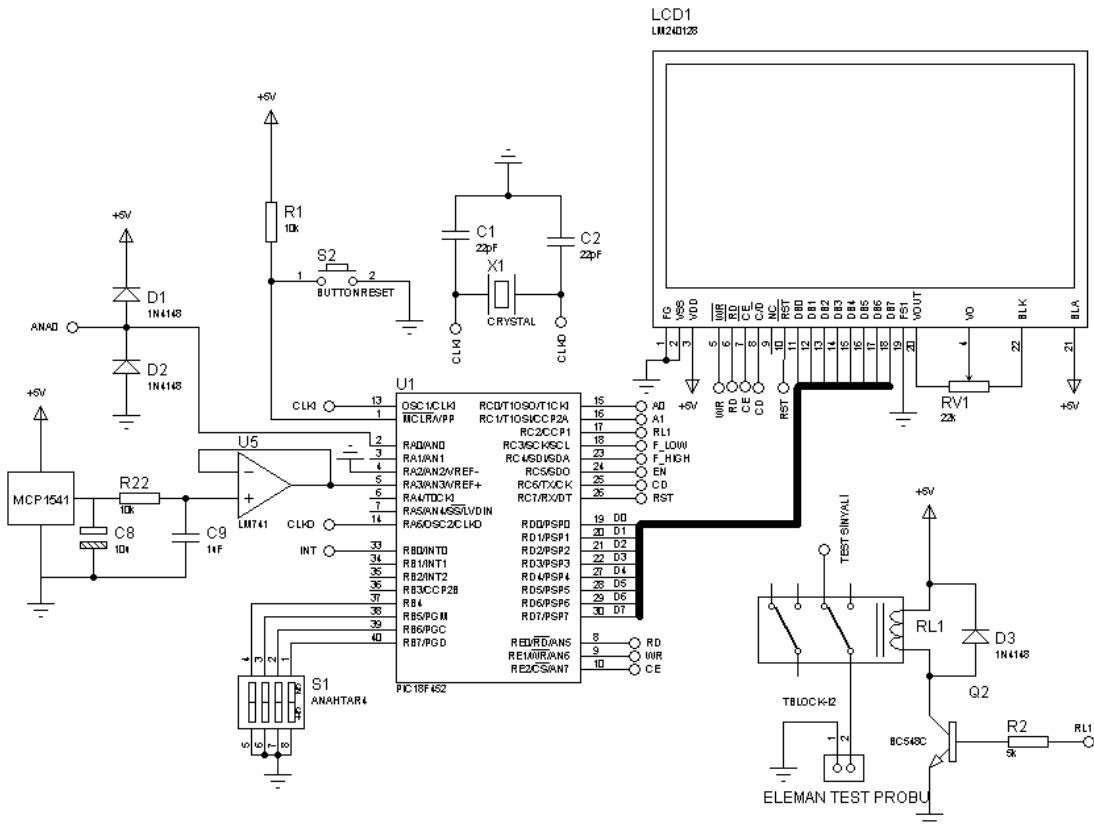
### 3.2. Açık Devre Şeması

Bu çalışmada gerçekleştirilen I-V çiziciye ait açık devre şemaları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de görölmektedir. Şekil 3.2 sistemin analog kısmına ait iken Şekil 3.3 sistemin sayısal kısmına aittir.

Tüm entegre devreler bağlanırken besleme uçları ile toprak arasına 100nF kondansatör bağlanmalıdır. Bu durum devre şemalarında gösterilmemiştir. Prototip devre gerçekleştirilirken tüm elemanlar delikli tip olarak seçilmiştir. Bu elemanların yüzey üstü eşlenikleri ile değiştirilmesi halinde, üretilecek olan baskı devre de çok küçülecektir.



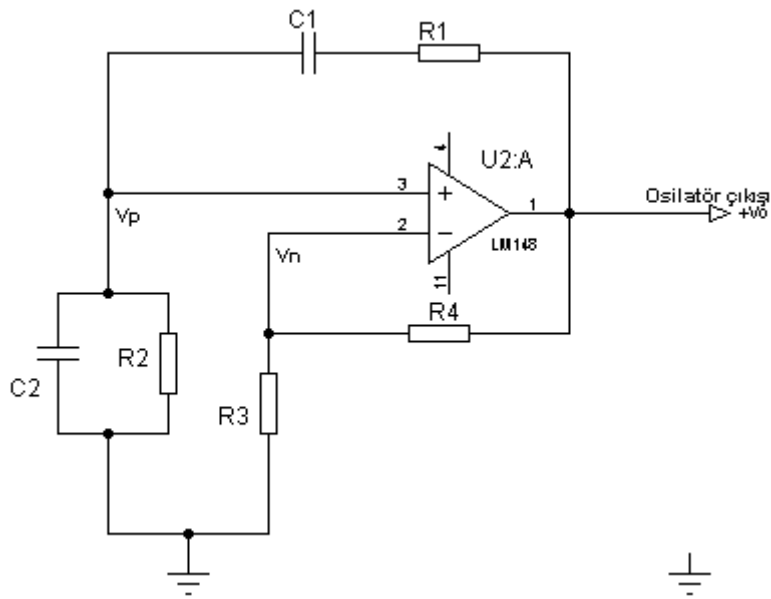
Şekil 3.2. Tasarlanan I-V çizicinin analog kısmına ait açık devre şeması



Şekil 3.3. Tasarlanan I-V çizicinin, sayısal kısmına ait açık devre şeması

### 3.3. Wien Köprü Osilatör Devresi

Bu osilatörün devre şeması Şekil 3.4'te verilmiştir. Wien Köprü Osilatörde, kuvvetlendirici olarak bir işlemsel kuvvetlendirici kullanılırsa, osilatör bir kaç Hz'den birkaç MHz'e kadar uzanan bir aralıkta çalışabilir. Daha geniş bantlı bir kuvvetlendirici ile wien köprü osilatör daha yüksek frekanslarda da sinyal üretebilir.



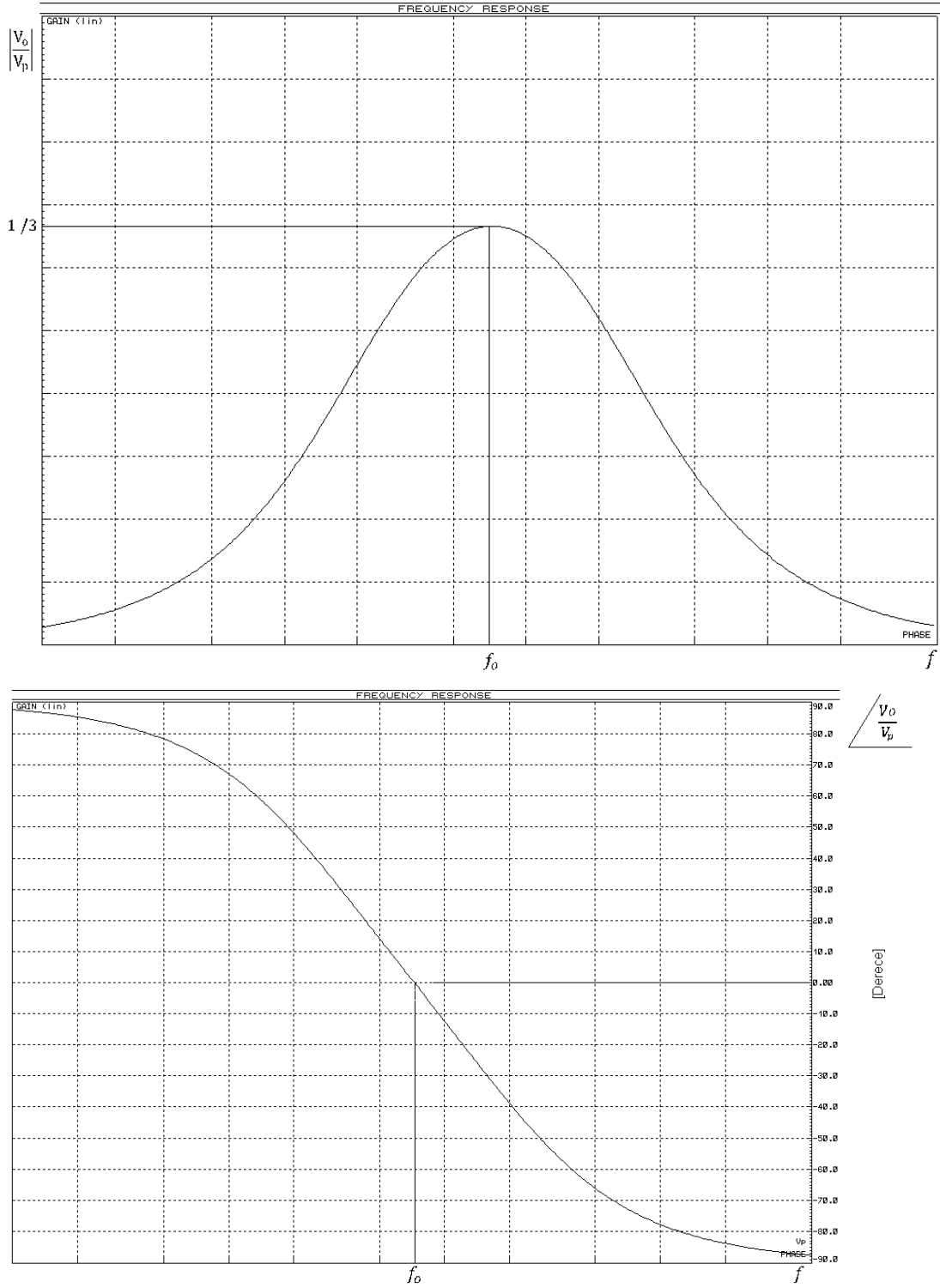
Şekil 3.4. Temel wien köprü osilatörün devre şeması

Devredeki pasif elemanlar bir wien köprüsü oluşturmaktadır.

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{sC_1} \quad (3.1)$$

$$Z_2 = R_2 // \frac{1}{sC_2} \quad (3.2)$$

$Z_1$  ve  $Z_2$  empedansları,  $V_o$  çıkış gerilimine bağlı bir gerilim bölücü gibi davranırlar. Frekansa duyarlı bu gerilim bölücünün genlik ve faz diyagramları Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Frekansa duyarlı bir gerilim bölücünün genlik ve faz diyagramları

$R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C$  seçilmiş olması halinde

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.3)$$

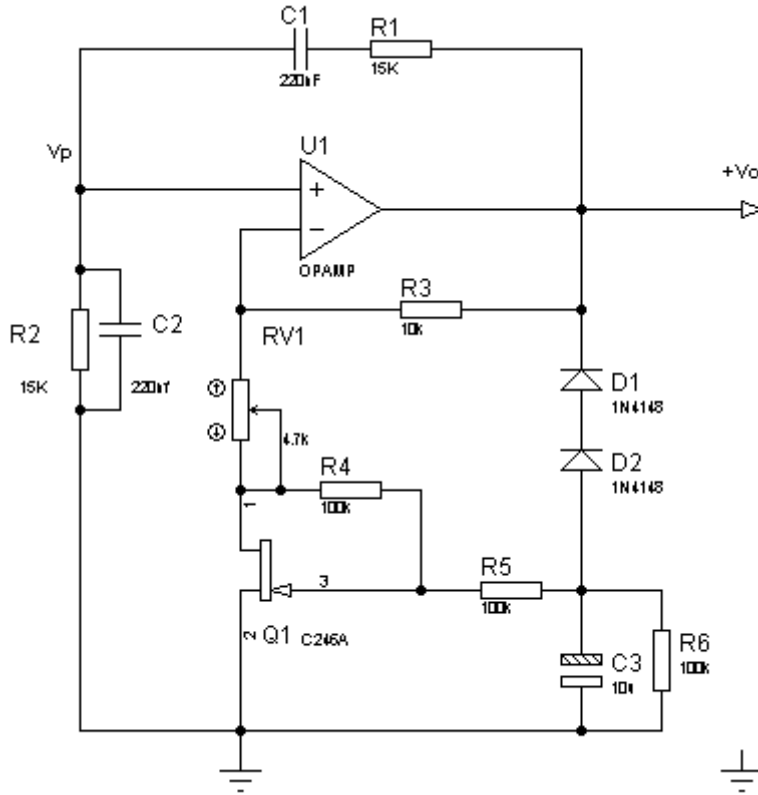
frekansında gerilim bölücünün fazı sıfır olur. Bu frekansta geribesleme pozitif olur. Genlik diyagramından görüldüğü gibi gerilim bölücünün bu frekanstaki bölme oranı  $1/3$  olduğundan kazanç  $1$ 'den küçüktür ve Barkhausen kriteri sağlanmaz. Kazancın  $1$  olmasını sağlamak için  $R_3$ ,  $R_4$  üzerinden negatif bir geribesleme yapılmıştır(yoksa kuvvetlendirici çok büyük olan açık çevrim kazancı ile çalışırdı).

$$1 + \frac{R_4}{R_3} = 3 \rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 2 \quad (3.4)$$

yapıldığında  $|\beta K|=1$  koşulu sağlanmış olur. Bu koşul sağlandığında köprü dengeye gelmiş olur. Bu da  $V_p = V_n$  olması demektir[6].

### 3.4. AGC'li Wien Köprü Osilatör Devresi

Temel wien köprü osilatör devresinde dikkate değer bir distorsiyon vardır. Ayrıca eleman değerlerinde bulunan tolerans, kazancın olması gereken değerden küçük veya büyük olmasına neden olabilir. Küçük kazanç, devrenin osilasyon yapmasını durdurur. Fazla kazanç ise aşırı distorsiyon meydana getirir. Bu sorunları aşabilmek için wien köprü osilatörlerde AGC (Automatic Gain Control) kullanılmalıdır. AGC devresi bulunan ve bu çalışma da kullanılan wien köprü osilatör devresi Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. AGC'li wien köprü osilatör devre şeması

Devre de kullanılan JFET AGC' sağlar. AGC işlemi, JFET'in gerilim artışıyla direnci düşen bir negatif direnç gibi davranması ile sağlanır. Osilatör salınımlarının negatif kısımları diyotlar ile alınarak JFET'in gate ucuna uygulanır. Negatif gerilimin seviyesinde meydana gelecek artışlar JFET akımında azalma meydana getirecektir. Bu da kazancın düşmesi demektir. Böylece çıkış sabit kalır. Osilatör devresinin çıkışında sinyal olmadığı anlarda ise JFET gate ucunda 0Volt'luk bir gerilim olur. Bu ise devre kazancını çok büyütür ve osilatör devresinin çok hızlı bir şekilde salınma girmesini sağlar. Bu devre yapısı, bu tez çalışması ile tasarlanan I-V eğri çizicide de kullanılmıştır[6].

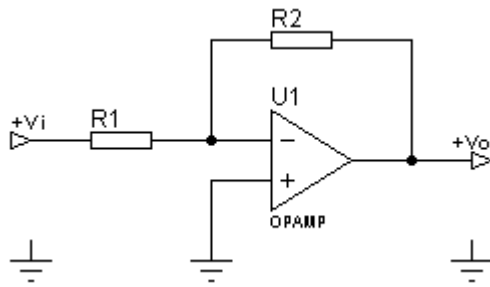
Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan eleman değerleri 3.3 eşitliğinde kullanılacak olursa test sinyalinin çalışma frekansları sırasıyla  $F_{low}=48\text{Hz}$ ,  $F_{high}=1446\text{Hz}$  olarak hesaplanır.

### 3.5. Eviren Yükselteç Devresi

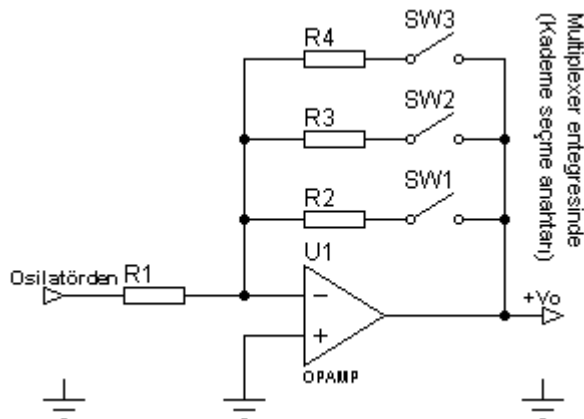
Eviren yükselteç devre şeması Şekil 3.7'de görülmektedir. Eviren yükselteçte kazanç,

$$K_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (3.5)$$

ile hesaplanır. Eğer geribesleme direncinin veya giriş direncinin değeri değiştirilirse kazancında değişeceği 3.5 bağıntısında görülmektedir. I-V eğri çizicide kullanılan eviren yükseltecin, geri besleme direnci analog çoklayıcı sayesinde mikrodenetleyici ile değiştirilmektedir. Bu da eğrisi çizilecek elemana uygulanan sinusoidal sinyalin genliğini değiştirmektedir.



Şekil 3.7. Eviren yükselteç devre şeması



Şekil 3.8. Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan eviren yükselteç devre şeması



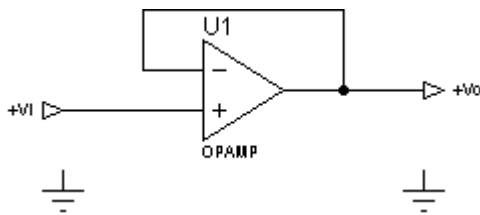
Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan eviren yükseltece ait geri besleme dirençleri, eğrisi çizilecek elemana uygulanacak gerilimin maksimum değerinin 5V, 10V ve 15 volt olmasını sağlayacak şekilde seçilmiştir. Devrenin girişine osilatörden gelen sinyalin maksimum genliğinin 5V olduğunu ve çoklayıcı anahtarlama dirençlerinin sıfır olduğunu varsayarsak, R1 direncini 5Kohm seçmemiz halinde geriye kalan R2, R3, R4 dirençlerinin değerleri 3.5 bağıntısıyla hesaplanabilir ve bunlar sırasıyla 5Kohm, 10Kohm, 15Kohm olur[7].

### 3.6. Tampon Devresi

Tampon, giriş empedansı çok yüksek olan, bu yüzden girişinden hiçbir akım akmazken giriş gerilimini çıkışa aynen aktarabilen bir devre yapısıdır. OPAMP ile gerçekleştirilebilecek tampon devresi Şekil 3.9'da gösterilmektedir[7].

$$V_o = V_i \quad (3.6)$$

Sayısal I-V çizici devresinde iki adet tampon devresi kullanılmıştır. Bunlardan birincisi gerilim referans üreticinde, diğeri ise ölçülecek elemana test sinyalin uygulanırken, devrenin diğer kısımlarından ölçülecek elemanı yalıtım amacıyla kullanılmıştır.



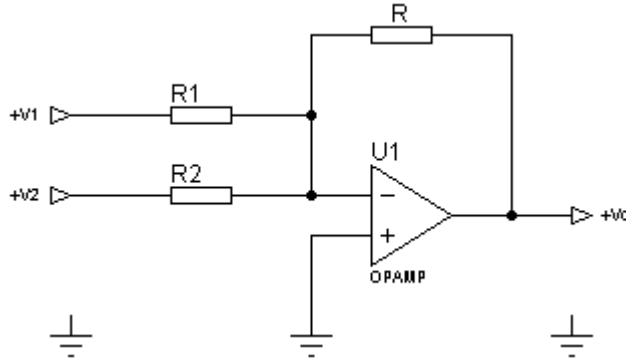
Şekil 3.9. Tampon devresi

### 3.7. Toplayıcı Devre

Toplayıcı devreye ait devre şeması Şekil 3.10'da görülmektedir. Böyle bir devrenin girişlerine bağlı olarak çıkış gerilimini veren ifade

$$V_o = -\left(\frac{R}{R_1}V_1 + \frac{R}{R_2}V_2\right) \quad (3.7)$$

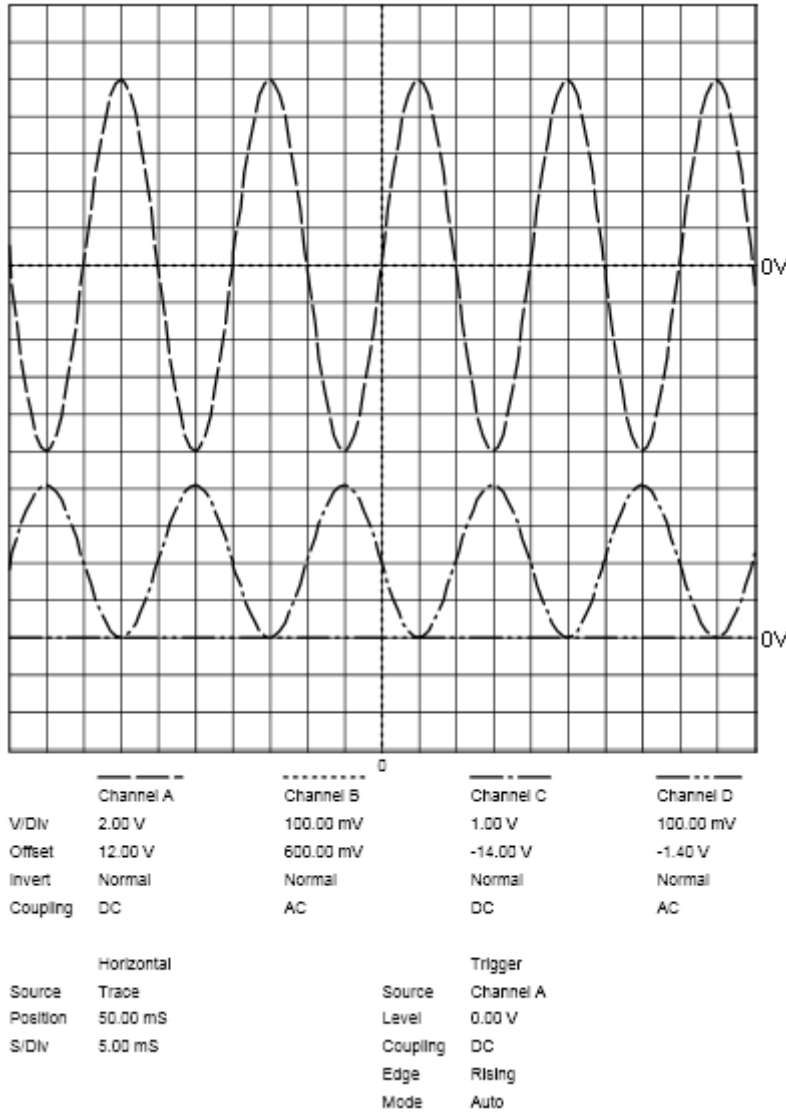
şeklindedir[7].



Şekil 3.10. Temel toplayıcı devre

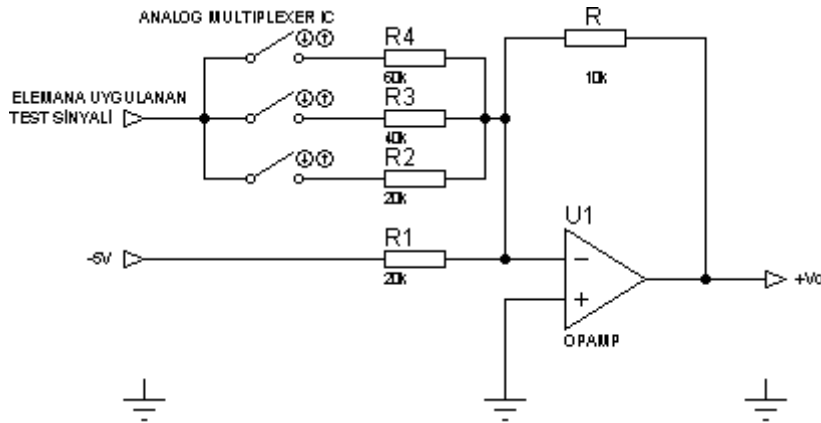
Denklem 3.7'e bakılırsa, toplayıcı devrenin çıkışı, ağırlıkları direnç değerleri ile ayarlanabilen giriş gerilimlerinin toplamı şeklindedir. Bu özellik, giriş sinyallerinden birisinin negatif olması durumunda çıkışın her zaman pozitif kalmasını sağlamak üzere kullanılabilir.

Toplayıcı devre, I-V eğri çizici devresin de, AC sinyalleri mikroişlemcinin ölçüm yapabileceği DC seviyelere taşımak için kullanılmıştır. Toplama devresinin test sistemin de yaptığı görev ile ilgili sinyal şekilleri Şekil 3.11'de görülmektedir. Kanal A test edilen eleman ve aynı zamanda toplayıcıya ait girişlerden birine uygulanan test sinyalini gösterirken, Kanal B toplayıcı çıkışında bulunan sinyali göstermektedir.



Şekil 3.11. 10V'luk test sinyali ve toplayıcı çıkışı

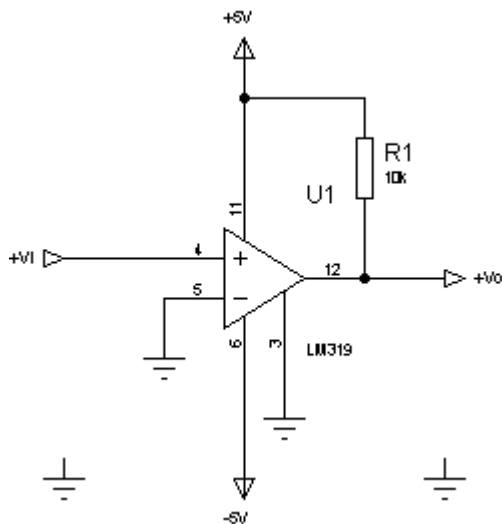
I-V eğri çizicide kullanılan toplayıcı devre Şekil 3.12'de görülmektedir. Test edilecek elemana uygulanacak gerilim değerlerinin değişmesi ile birlikte toplayıcı devrenin girişinde bulunan dirençlerde analog çoklayıcı IC tarafından devreye alınır. Bu sayede test sinyalini genliği ne olursa olsun, Toplama devresi çıkışının maksimum genliği her zaman 4,096V'ta kalır. Toplayıcı devrenin geri besleme direncinin ayarlı direnç seçilmesi, R1, R2, R3, R4 dirençlerinin seçimini ve çıkış sinyalini ayarlanmasını kolaylaştıracaktır.



Şekil 3.12. Tasarlanan I-V eğri çizicide kullanılan toplayıcı devre

### 3.8. Karşılaştırıcı Devresi

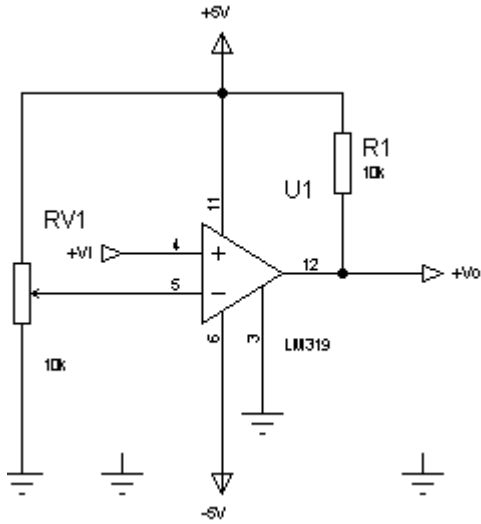
I-V eğri çizicide LM319 karşılaştırıcı entegresi kullanılmıştır. Bu entegrenin tercih edilmesinin sebebi TTL seviyesinde çıkışlar üretebilmesidir. LM319 içyapısında açık kollektör çıkışa sahip iki adet karşılaştırıcı barındırmaktadır. Eğer karşılaştırıcı Şekil 3.13'deki gibi kullanılacak olursa giriş geriliminin pozitif olması durumunda çıkış +5V, negatif olması durumunda ise çıkış 0V olur.



Şekil 3.13. LM319 ile yapılmış temel karşılaştırıcı devresi

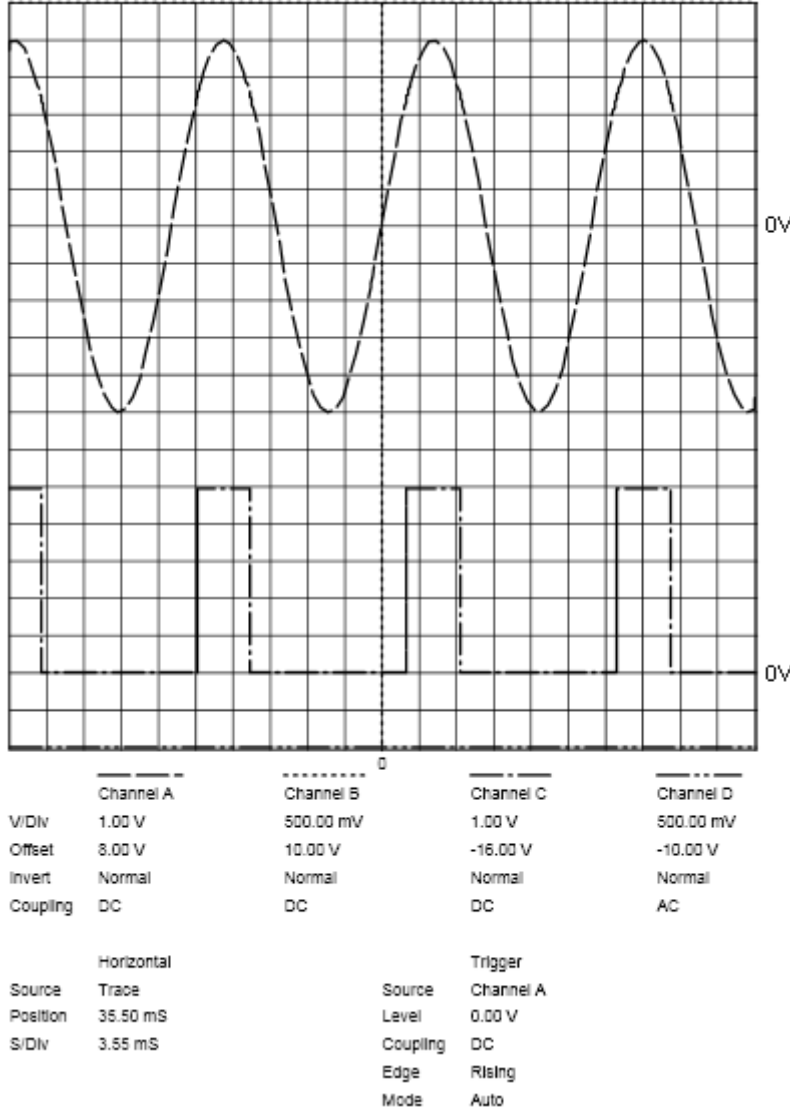
I-V eğri çizicide kullanılan karşılaştırıcının görevi, analog sinyallerin ölçülmeye başlanmasını sağlayacak tetikleme sinyalleri üretmektir. Karşılaştırıcı çıkışından alınan sinyaller mikrodenetleyiciye periyot başlangıcını bildiren tetikleme sinyalleri

üretmek için kullanılır. Şekil 3.14’de görülen devre sayesinde periyot başlangıcını belirten sinyaller 0-90 derece arasında kaydırılabilir.



Şekil 3.14. Tasarlanan I-V eğri çizicide periyot başlangıcı sinyallerini üretmede kullanılan devre şeması

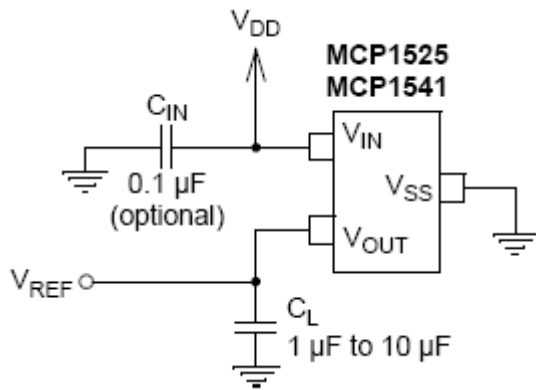
Şekil 3.15’de ise karşılaştırıcı girişi ve çıkışında bulunan sinyal çıkışları görülmektedir. Şekil 3.14’de gözüken potansiyometrenin ayarlanması ile kare dalganın 0V’tan 5V’ta geçme anında çeyrek periyotluk bir süre aralığında kaydırılabilir.



Şekil 3.15. Karşılaştırıcı girişi ve çıkışında bulunan sinyaller

### 3.9. Referans Gerilim Üretici ve Devresi

I-V eğri çizicide kullanılan mikrodenetleyici analog girişinin ihtiyaç duyduğu referans gerilimi üretebilmek amacıyla Microchip firmasının bir ürünü olan MCP1541 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre 4,096V'ta sabit bir referans voltajı üretir. MCP1541'in tipik uygulama devresi Şekil 3.16'da görülmektedir.

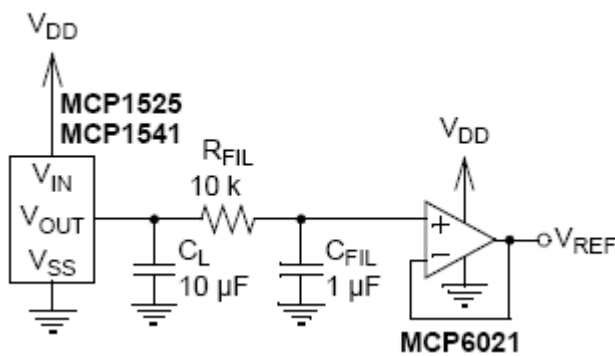


Şekil 3.16. MCP1541'in tipik uygulama devresi

Eğer I-V eğri çizicide olduğu gibi hassas ölçümler yapılacaksa referans gerilim üreticinin çıkışı filtrelenmelidir. Bunu da basit bir R-C filtresi ile gerçekleştirebilir. Böyle bir filtre devresi için kesim frekansı

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_{FIL} C_{FIL}} \quad (3.8)$$

ile bulunabilir. Şekil 3.17 ile verilen devre için kesim frekansı (10K ve 10uF değerleri için) 15,9Hz olacaktır. OPAMP ise filtre çıkışını, mikronetleyicinin Vref girişinden izole eder[8].



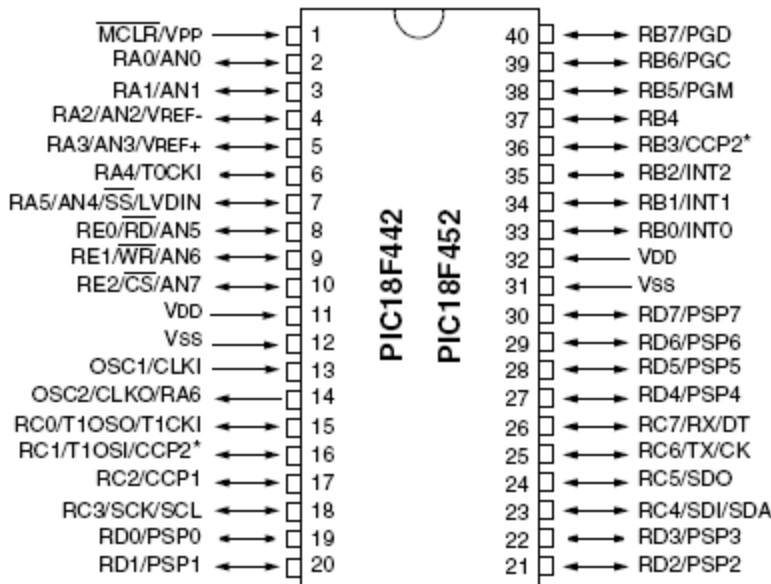
Şekil 3.17. Çıkış sinyali filtrelenmiş gerilim referans üretici

### 3.10. Mikrodenetleyici

I-V eğri çizicide Microchip firmasının bir ürünü olan PIC18F452 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyicinin I-V eğri çizicide kullanılmasının en önemli sebepleri şöyle sıralanabilir.

- PIC mikrodenetleyiciler ile çalışmaya aşinalık
- Dahili 10 bitlik ADC'ye sahip olması
- Yeterli sayıda I/O'ya sahip olması
- 10MIPs(10 Million Instruction Per second) üzerinde komut işleme hızına sahip olması
- DC-40MHz aralığında çalışabilmesi
- 32K'lık kod hafızaya, 1536 byte data hafızaya sahip olması.

Mikrodenetleyiciye ait diğer teknik özelliklere Microchip firmasının web sitesinden ulaşılabilir. PIC18F452'ye ait uç isimlerini gösteren devre sembolü Şekil 3.18'de verilmektedir[8].



Şekil 3.18. PIC18F452'in uç isimlerini gösteren sembolü



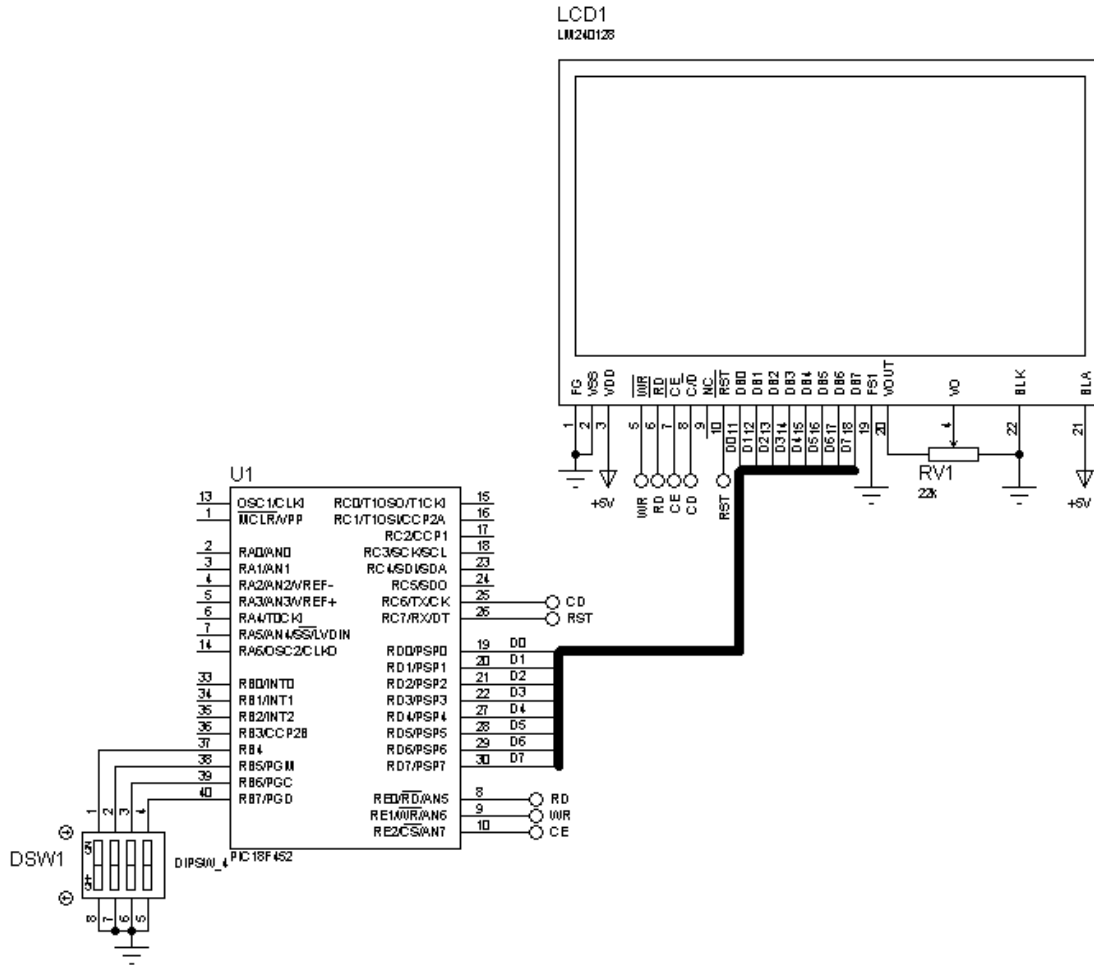
Mikrodenetleyicinin görevi tüm sistemi kontrol etmek, analog sinyalleri ölçerek GLCD'yi sürmektir. Mikrodenetleyici maksimum performansta, yani 40 MHz'lik kristal osilatör ile çalıştırılmaktadır.

### 3.11. Kullanıcı Ara Yüzü–Anahtarlar ve Ekran

I-V eğri çizicide 240x128 pixel çözünürlüğe sahip GLCD kullanılmaktadır. Ekran çözünürlüğünü artması eğri çizicinin çizeceği grafiklerin kalitesini arttırmakla birlikte mikrodenetleyicinin iş yükünün artmasına da sebep olacaktır.

LM240128T GLCD Toshiba T6963C kontrolör kullanır. T6963C kontrolör, DB0-DB7 isimli 8 bitlik veri yolu ve CE(Chip Enable), C/D(Code/Data), RST(Reset), WR(Write), RD(Read), FS1(Font Select1) isimli kontrol uçları vasıtası ile mikrodenetleyiciye bağlanır. GLCD'nin çalışabilmesi için mikronetleyici ile bağlantılarından başka VCC, GND, FG(Frame Ground) isimli uçlar vasıtası ile besleme bağlantılarının. Ekran parlaklık ayarı için VOUT ve VO bağlantılarının ve arka ışık LED'leri için BLA, BLK uç bağlantılarının yapılması gerekir. GLCD'nin fiziki görünüşü ve I-V eğri çizici için mikrodenetleyici ile bağlantısı Şekil 3.19'da görülmektedir.

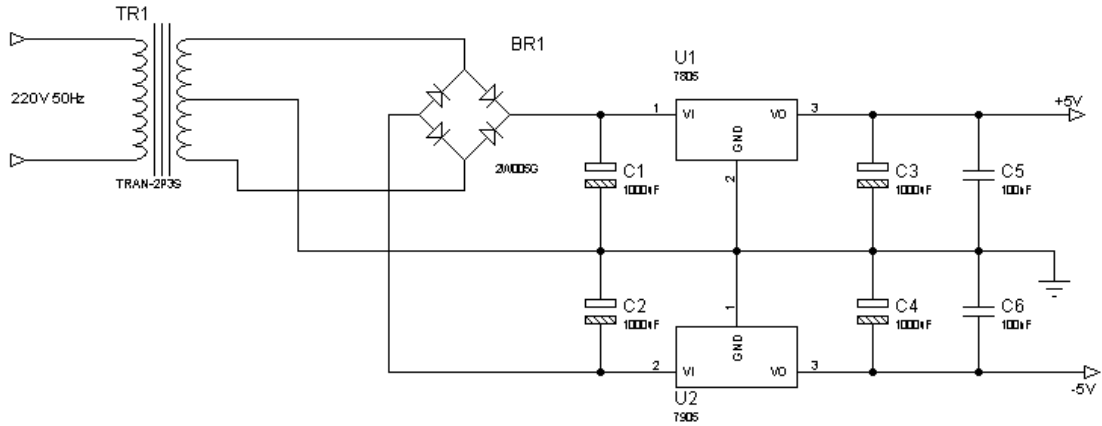
I-V eğri çizicinin o an çalışması istenilen genlik ve frekans kademeleri kullanıcı tarafından dörtlü bir DIP anahtar aracılığıyla mikrodenetleyiciye bildirilir. DIP anahtar, fazladan bir eleman gerektirmeden devreye alınabilmek için Mikrodenetleyicinin PORTB girişlerine bağlanmıştır. Bu bağlantının kullanılması durumunda, PORTB'ye ait yukarı çekme dirençleri yazılım aracılığıyla etkin hale getirilmelidir. Seçilen kademeyi okuma işlemi ise mikrodenetleyicinin bu anahtar durumlarını PORTB'den okuması ve değişiklikleri değerlendirmesi aracılığı ile olmaktadır.



Şekil 3.19. GLCD ve anahtarların mikrodenetleyiciye bağlanması

### 3.12. Güç Kaynağı Devresi

I-V eğri çizici +5V,-5V, +18V, -18V olmak üzere dört ayrı DC kaynağa ihtiyaç duymaktadır. Bu gerilimlerin kullanıldığı yerler Tablo 3.1’de verilmiştir. Güç kaynakları, basit ve ucuz olması sebebiyle seri regülasyon entegreleri ile gerçekleştirilmiştir. +5V ve -5V çıkışlarına ait devre şeması Şekil 3.15’de gösterilmektedir. +18V ve -18V luk besleme gerilimleri için de Şekil 3.20’de verilen devre yapısı kullanılmıştır. Devrede kullanılan besleme gerilimlerinin hangi elemanda veya ne amaçlarla kullanıldığı gösteren bir tablo verilmiştir (Tablo 3.1).



Şekil 3.20.  $\pm 5V$ 'luk simetrik güç kaynağı devre şeması

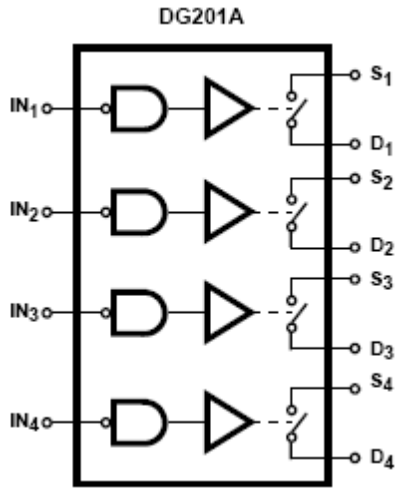
Tablo 3.1. Güç kaynaklarının gerilim değerleri ve bunların kullanım yerleri

+5V	-5V	+18V	-18V
Mikrodenetleyici IC (PIC18F452)	Toplayıcı için gerilim girişi	Analog anahtar IC (DG201A)	Analog anahtar IC (DG201A)
Tampon Devresi(LM741)	Tampon Devresi(LM741)	Analog çoklayıcı IC(DG509A)	Analog çoklayıcı IC(DG509A)
Karşılaştırıcı Devresi (LM319)	Karşılaştırıcı Devresi (LM319)	Osilatör, Eviren yükselteç, Toplayıcı, Tampon (LM148)	Osilatör, Eviren yükselteç, Toplayıcı Tampon (LM148)
GLCD beslemesi			
GLCD arka ışıkları			
Referans gerilim üretici (MCP1541)			

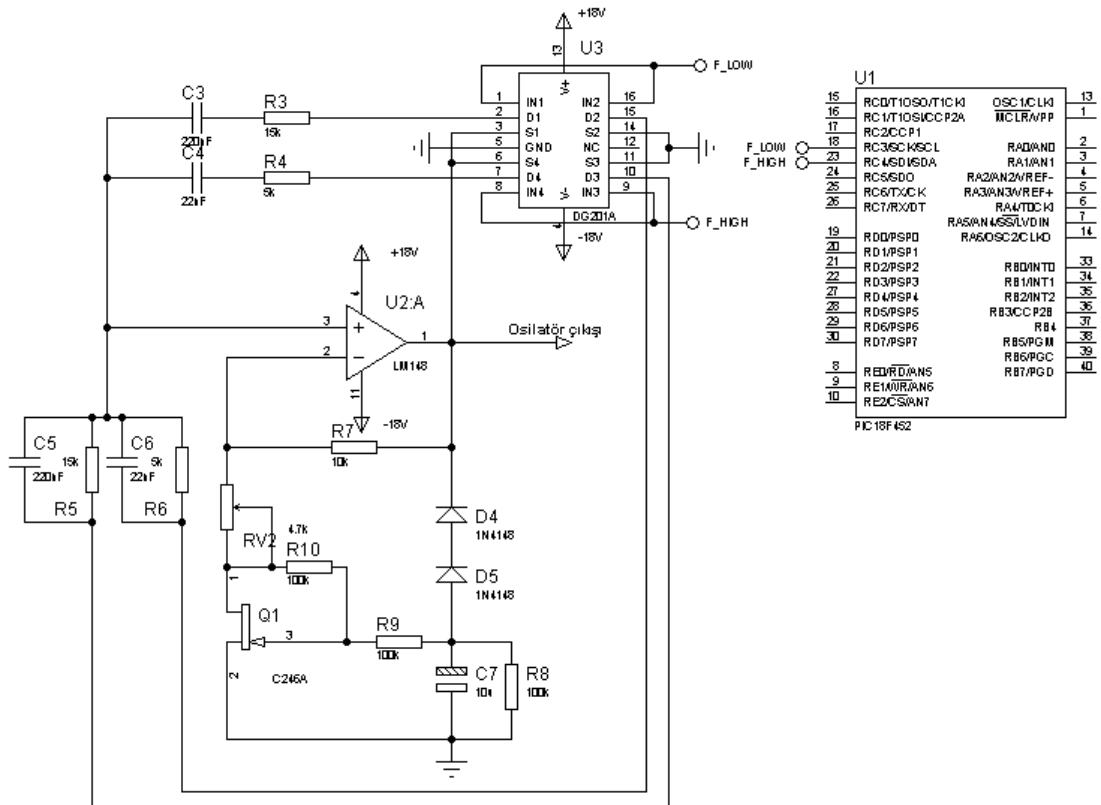
### 3.13. Analog Anahtar IC ve Devresi

Osilatör devresinin çalışma frekansını seçmek için wien köprü osilatörün çalışma frekansını belirleyen R-C elemanları mikrodenetleyici tarafından otomatik olarak devreye alınmaktadır. Bu R-C elemanlarını mikrodenetleyici ile devreye almak için DG201A analog anahtar IC kullanılmıştır. DG201A entegresi, 44V beslemeye kadar çalışabilirken  $\pm 15V$ 'a kadar girişleri kabul edebilir. Anahtarın açılma direnci maksimum 175 ohm'dur. DG201A'ya ait fonksiyonel blok şema Şekil 3.21'de,

DG201A analog anahtar entegresinin I-V eğri çiziciye bağlanması ise Şekil 3.22’de verilmiştir.



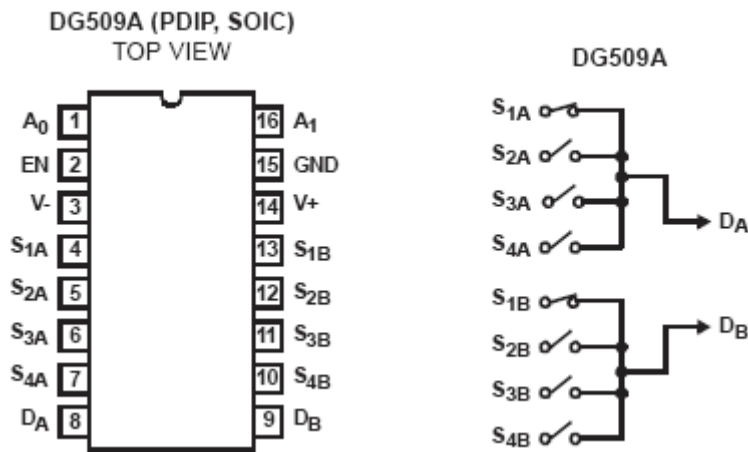
Şekil 3.21. DG201A analog anahtar IC'ye ait fonksiyonel blok şema



Şekil 3.22. DG201A analog anahtar IC'nin osilatör ve mikroişlemciye bağlanması

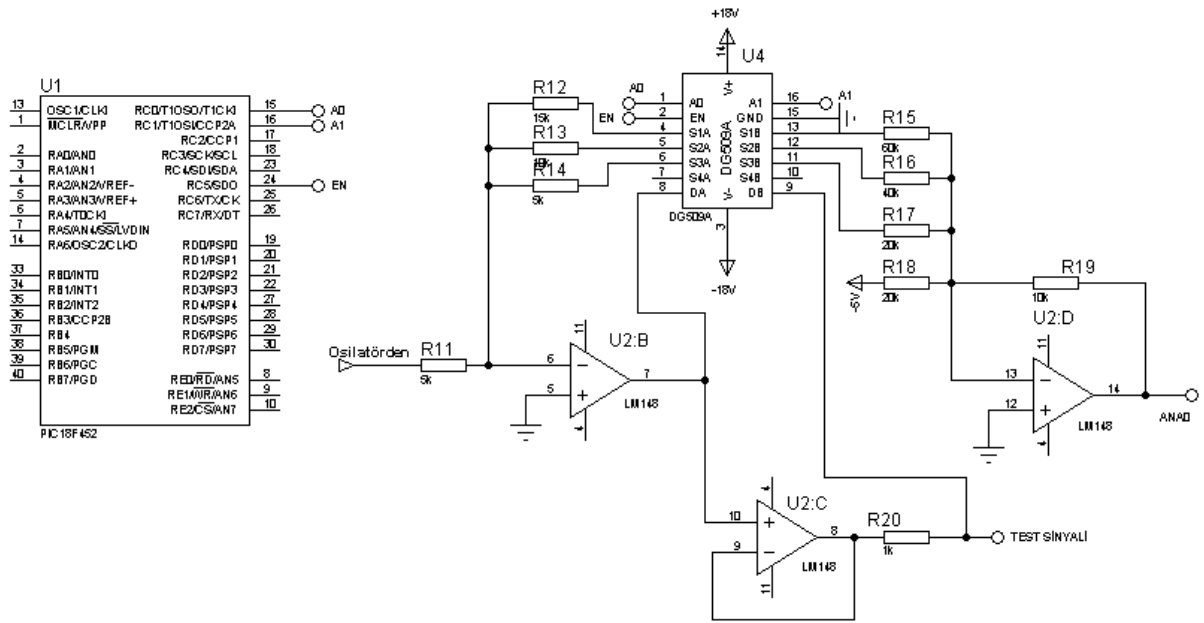
### 3.14. Analog Çoklayıcı IC ve Devresi

DG509A Analog çoklayıcı IC iki adet 4x1 analog çoklayıcıya sahiptir. Bu entegre 44V'a kadar besleme gerilimleri ile çalışabilirken, TTL ve CMOS uyumlu kontrol girişlerine sahiptir. DG509A entegresinin uç bağlantıları ve fonksiyonel şeması Şekil 3.23'de görülmektedir.



Şekil 3.23. DG509A analog çoklayıcı IC'nin uç bağlantıları ve fonksiyonel şeması

Tasarlanan I-V eğri çizicide, test edilecek elemana uygulanacak sinyalin genlik değerleri otomatik olarak mikrodenetleyici tarafından seçilmektedir. Genlik değerlerinin seçimi, eviren yükselteç devresindeki geri besleme direncinin değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Gerilim kademelerinin değiştirilmesi esnasında aynı anda toplama devresinin de direnç oranları değiştirilmelidir. I-V eğri çizicide bu iki görevde analog çoklayıcı IC ile yapılmaktadır. DG509A analog çoklayıcı IC'nin I-V eğri çizici devresine bağlantısı Şekil 3.24'de verilmiştir.

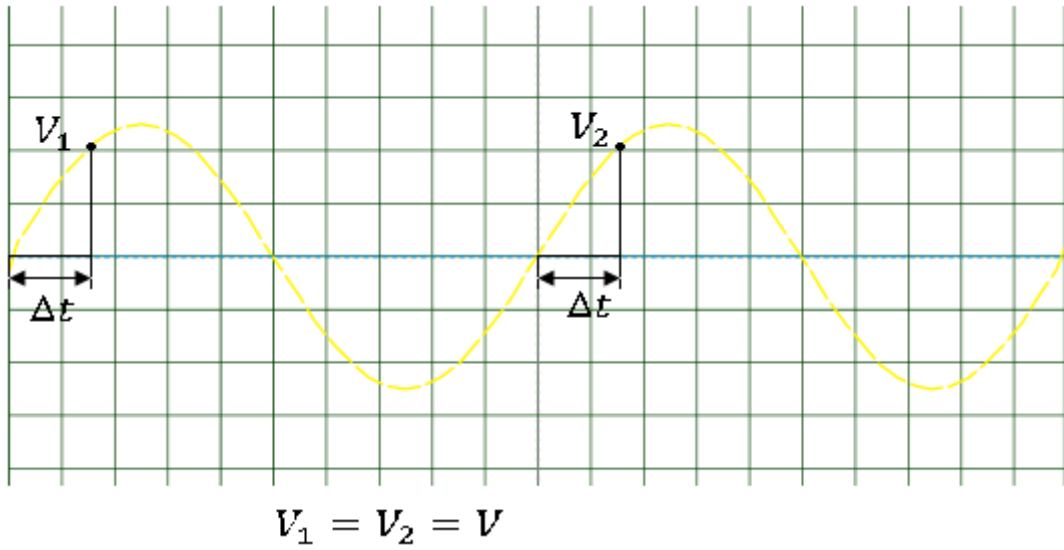


Şekil 3.24. DG509A analog çoklayıcı IC'nin I-V eğri çizici devresine bağlanması

### 3.15. Akım ve Gerilim Ölçümü

I-V eğrilerinin çizilebilmesi için, test edilen eleman üzerinden ölçülen akım ve gerilim değerlerinin aynı  $t$  anında ölçülmesi gerekir. Ancak PIC18F452 entegresinin bunu gerçekleştirmesine imkan yoktur. Çünkü iç yapısında tek bir ADC barındırmaktadır. Bu sorunu aşabilmek için akım ve gerilim ölçümleri iki farklı periyotta yani ayrı zamanlarda yapılmaktadır.

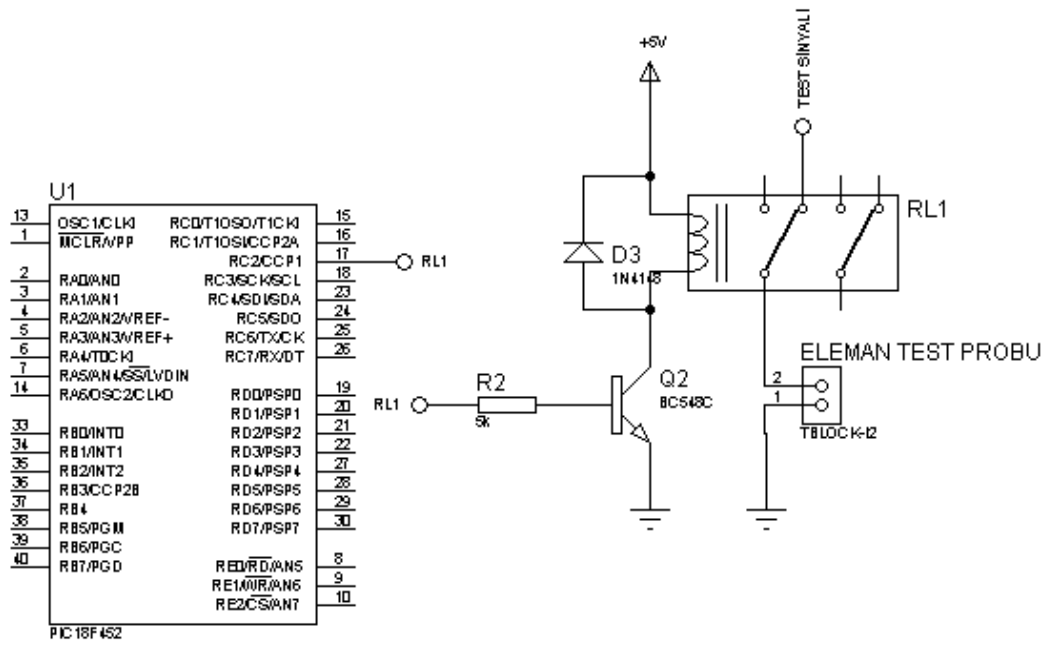
Periyodik bir sinyalde farklı periyotların, periyotun başlangıcından itibaren aynı  $\Delta t$  aralıklarında yapılacak anlık ölçümler aynı ölçüm sonuçlarını üretir. Bu durum Şekil 3.25'de gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Periyodik bir sinyalde, periyot başlangıcından itibaren aynı  $\Delta t$  zaman aralıklarında yapılan anlık gerilim ölçümlerinin eşitliği

Bu tespitin I-V eğrileri çizen sistemin tasarımına bir katkısı vardır. O da akım ve gerilim ölçmek için kullanılacak analog devre düzeneğinin bir tane yapılmasını sağlamaktır. I-V eğri çizicide akım ve gerilim ölçümlerinin yapılabilmesi için bir röle sayesinde test edilmek istenen elemana sinusoidal test sinyali uygulanmakta veya uygulanmamaktadır. I-V eğrisi çizdirilecek elemana test sinyali uygulanırken yapılacak ölçüm eleman üzerindeki gerilimi verirken, eleman devrede yokken yapılacak ölçüm kaynak gerilimini verir. Buradan da test yapılacak elemana ait akım hesaplanabilir.

I-V eğri çizici sisteminden kullanılan ve ADC girişi ile ölçülen sinyalin eleman gerilimine veya kaynak gerilimine ait olmasını belirleyen devre yapısı Şekil 3.26'da verilmektedir. Kaynak gerilimi için yapılacak ölçüm, eleman gerilimi için yapılacak ölçümden daha az sayıda yapılacağı için enerji tasarrufu sağlamak amacı ile rölenin NC(Normal Closed) kontağı kullanılmıştır. Burada kullanılan transistör kritik bir eleman olmayıp, düşük güçlü herhangi bir NPN tipi transistör kullanılabilir.



Şekil 3.26. Gerilim ve akım ölçümünün tek bir analog giriş sayesinde yapılmasını sağlayan rölenin mikrodenetleyiciye bağlanması



## **BÖLÜM 4. TASARLANAN I-V EĞRİ ÇİZİCİDE KULLANILAN PROGRAM VE PROGRAM AİT FONKSİYONLAR**

### **4.1. Giriş**

I-V eğri çizicide kullanılan mikrodenetleyici de çalıştırılacak programlar yazılırken CCS firmasının PICC derleyicisi kullanılmıştır. Bu derleyicinin, PIC mikrodenetleyicilerine yönelik geliştirilmiş diğer C derleyicilerine karşı en önemli avantajı çok geniş bir elektronik eleman sürücü kütüphanesine sahip olmasıdır.

C ile program geliştirmeyi destekleyen en önemli husus ise kod geliştirmenin assembly'den daha kolay olmasıdır. Buna örnek olarak, bir zamanlayıcı fonksiyonunun assemblyde iki haftada C' de ise bir günden kısa bir sürede yazılabildiği verilebilir.

I-V eğri çiziciye ait C kodları EK D'de verilmiştir. Program yazılırken, kodların okunabilirliğini arttırmak için program kısa tutulmaya çalışılmış, temel işlevi yerine getirmeye yönelik fonksiyonlar haricinde, eksen çizgilerinin oluşturulmasına yönelik bir fonksiyon dahi yazılmayarak, görsellik katmak adına program kodlarının uzamasına ve karmaşıklaşmasına izin verilmemiştir.

GLCD' ye ait sürücü programı ise <http://www.techtoys.com.hk/Downloads/Download/Microchip/T6963C.zip> adresinden indirilebilir. Bu sürücüye ait program kodları çok uzun olduğu için burada verilmeyecektir.

### **4.2. main() Fonksiyonu**

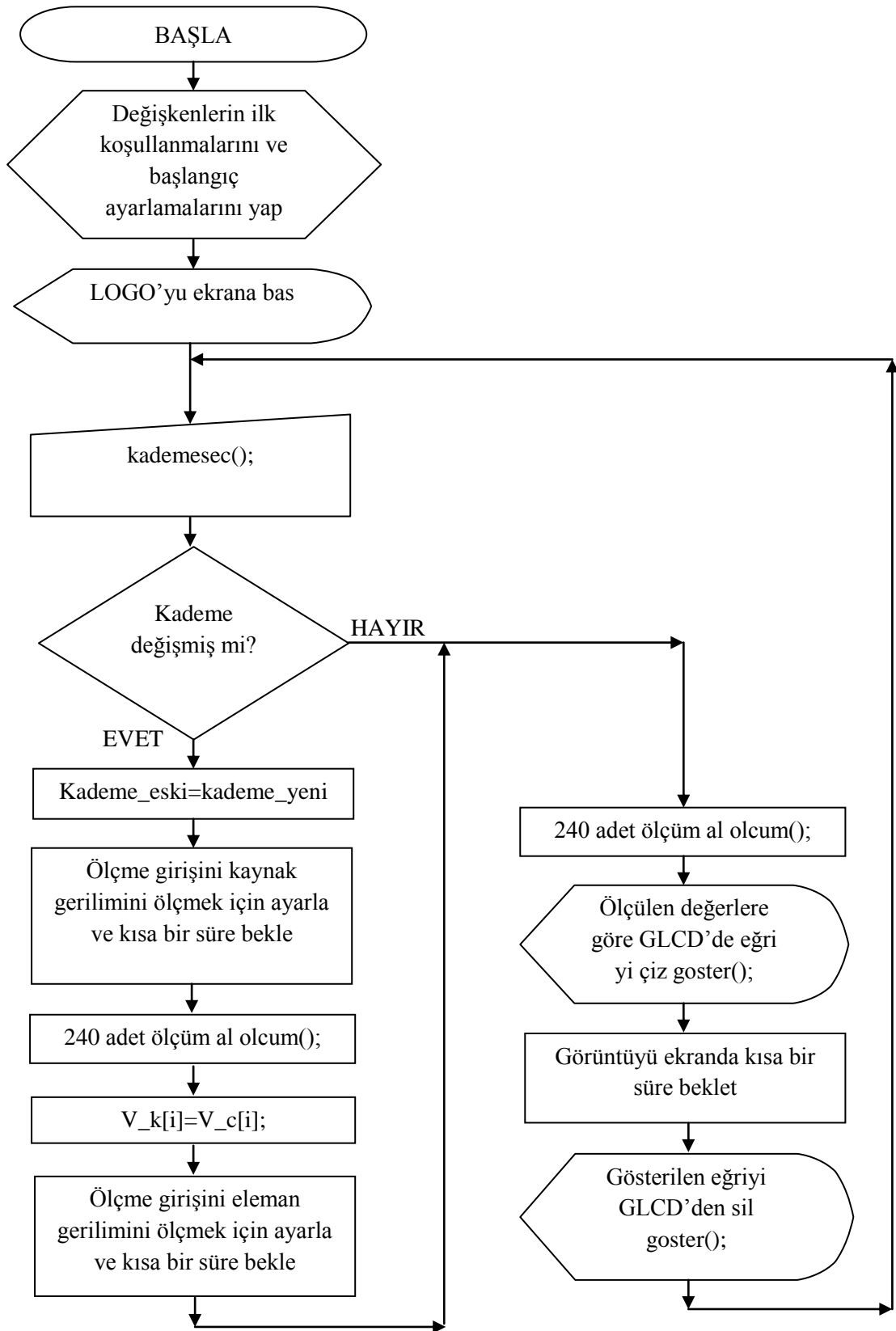
Tüm C programları main() isimli bir fonksiyon içermek zorundadır ve program buradan başlar. main() fonksiyonunu kapsayan parantezler programın başlangıç ve

bitiş noktalarını belirler. I-V çizicide kullanılan main() fonksiyonuna ait program akış şeması Şekil 3.1’de görülmektedir. Fonksiyona ait program kodları ise EK D’de verilmiştir.

main() fonksiyonunda mikrodnetleyiciye ait başlangıç değerleri oluşturulduktan sonra, GLCD’ye ait sürücü fonksiyonları sayesinde GLCD, komut almaya hazır hale getirilir. Osilatör kararlılığı için kısa bir gecikmeden sonra mikrodnetleyicinin PORTB girişlerine bağlı kademe seçme anahtar girişlerinden osilatör çalışma frekans bilgisi ve test sinyalinin genlik bilgisi alınır. Anahtar girişleri sayesinde seçilen genlik ve frekans değerlerine uygun olarak, çoklayıcı IC ve anahtar IC için gerekli olan çıkışlar mikrodnetleyici tarafından üretilerek I-V eğri çiziciye ait analog devreler seçilen kademe değerlerine uygun olarak çalıştırılır. Daha sonra I-V eğri devre çizicide kullanılan röle sayesinde test edilecek eleman prob girişlerinden izole edilir ve olcme() fonksiyonu ile kaynak gerilimi ölçümü alınır.

Bir sonraki aşamada röle, test edilecek elemanı test sinyaline bağlar ve olcme() fonksiyonu sayesinde eleman üzerine düşen anlık gerilimler ölçülür ve goster() fonksiyonu sayesinde de ölçülen kaynak gerilim değerleri ve test edilen elemana ait gerilim değerleri birbirlerinden çıkartılarak seri dirence ait gerilim hesaplanır. GLCD’e ait sürücü programı sayesinde ölçülen ve hesaplanan piksel değerleri GLCD’ye aktarılıarak test edilen elemana ait I-V eğrisi ekranda elde edilmiş olur.

Kısa bir beklemeden sonra ekranda oluşturulan eğri silinerek kademe seçme girişleri kontrol edilir. Eğer kademe seçme girişlerinde herhangi bir değişiklik oluşmamış ise test edilecek eleman üzerindeki gerilim tekrar tekrar ölçülerek I-V eğrisi sürekli olarak yenilerek çizdirilir.



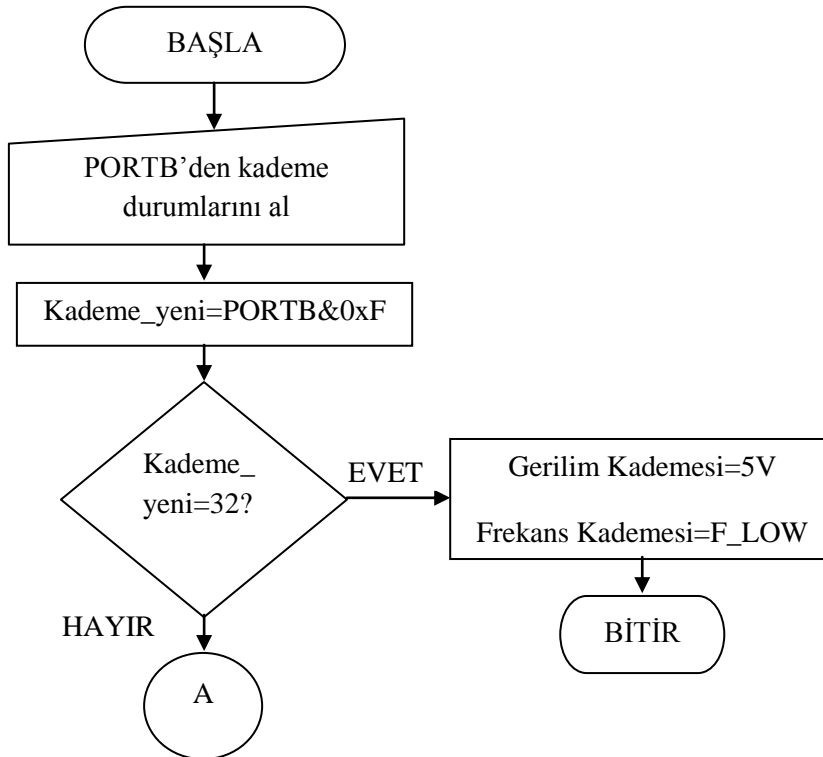
Şekil 4.1. main() fonksiyonunun akış şeması

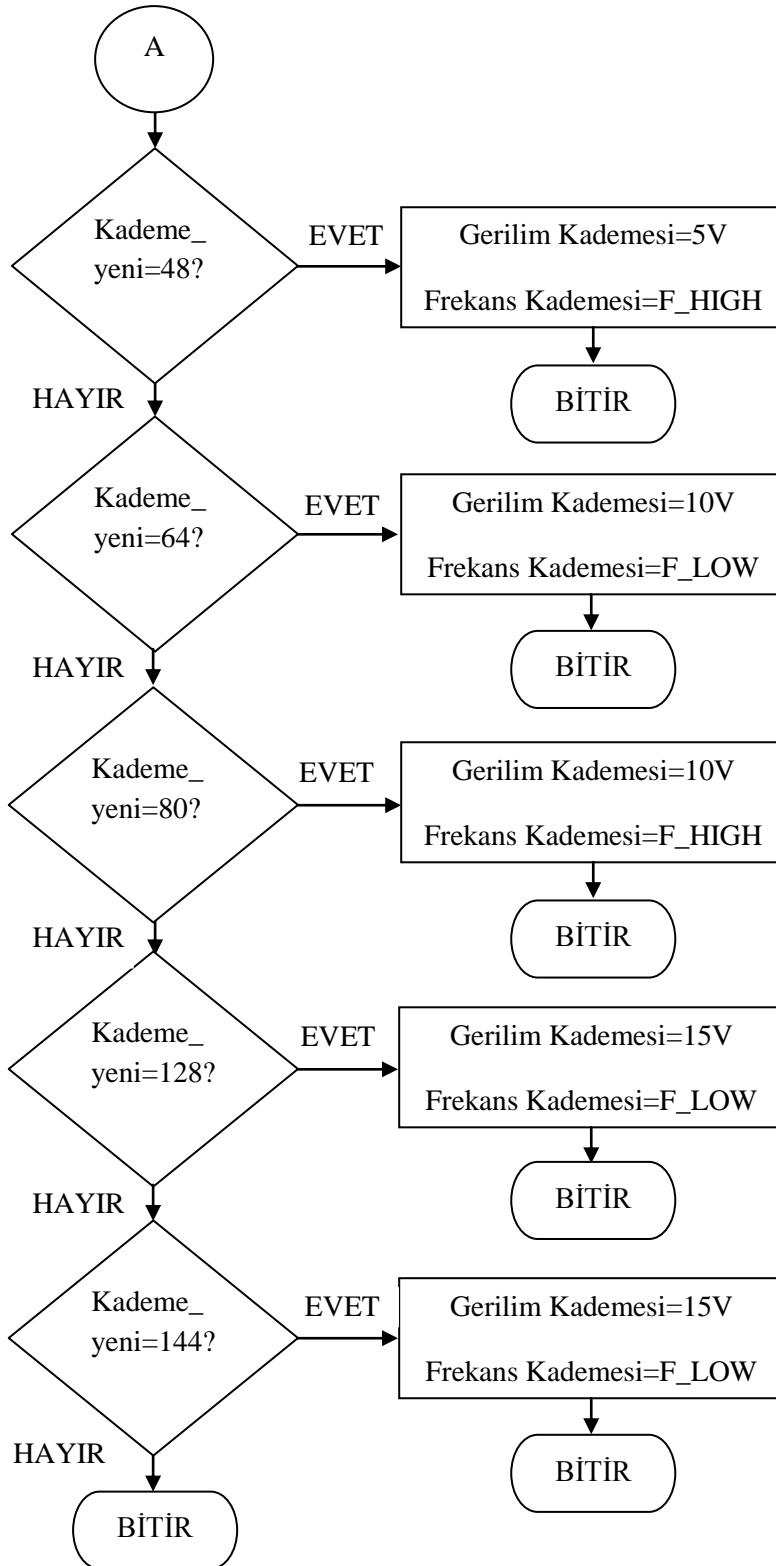
### 4.3. kademesec() Fonksiyonu

kademesec() fonksiyonuna ait program akış şeması Şekil 4.2’de, program kodları ise EK D’de verilmiştir. Bu fonksiyonun giriş parametreleri ve çıkış değişkenleri yoktur. kademesec() fonksiyonu global değişkenler üzerinde değişiklikler yaparak program çalışmasını etkiler.

Bu fonksiyonun görevi gerilim ve frekans seçmeye yarayan PORTB’ye bağlı anahtar girişlerini okumak ve bu giriş değerlerine bağlı olarak analog anahtar ve analog çoklayıcı entegrelerine, gerekli elemanları devreye almalarını bildiren; F\_LOW, F\_HIGH, A0, A1 bağlantılarına ait 1-0 kodlarını üretmektir.

Bu fonksiyon çağrıldığında, girişler sırasıyla kontrol edilerek test sinyalinin frekans veya genliğinin değişmesi istenmiş mi tespit edilir. Kademe veya frekans için bir değişiklik isteği yapılmış ise bu kademe\_yeni değişkeni ile fonksiyonu çağırana kısma geri dönüş ile birlikte iletilir. Eğer yeni bir kademe girişi yapılmış ise bu ekstradan kaynak gerilimi ölçümü gerektirmektedir.





Şekil 4.2. kademesec() fonksiyonunun akış şeması

#### 4.4. **olcum()** Fonksiyonu

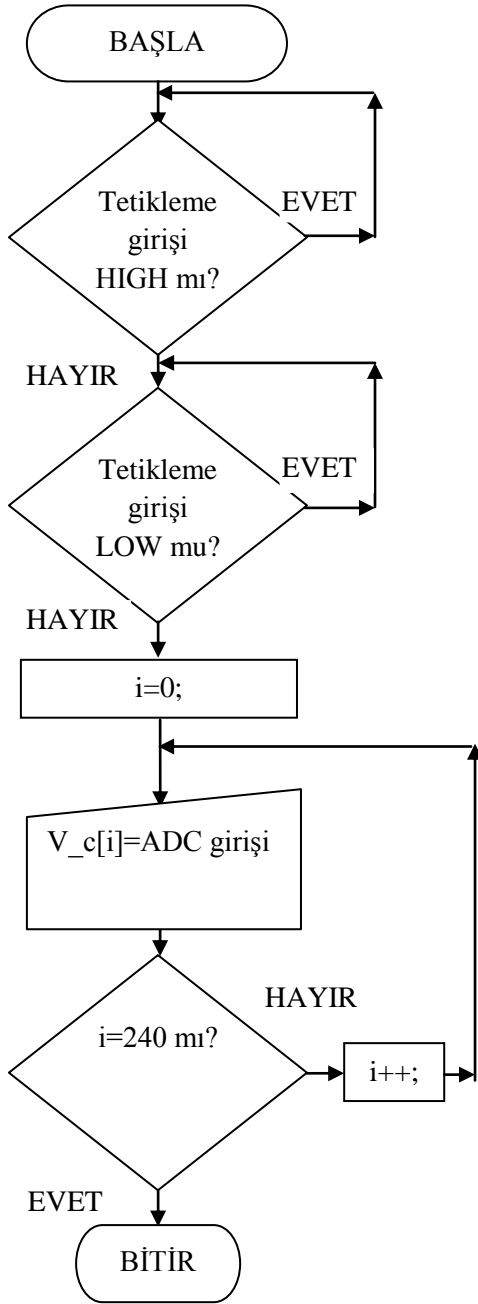
olcum() fonksiyonuna ait akış şeması Şekil 4.3'te, program kodları ise EK D'de verilmiştir. Bu fonksiyonun görevi GLCD ekranın yatay piksel sayısı olan 240'adet ölçümü analog girişten okuyarak V\_c[ ] dizisine kaydetmektir. Bu fonksiyon ölçüm işlemine başlamak için karşılaştırıcı çıkışına bağlı olan RB0 girişinden bir yükselen kenar sinyal gelmesini bekler. Bu sayede ölçüm almaya her zaman test sinyalinin aynı noktasında başlar ve aynı noktasında bitirir.

Bu fonksiyon çağrıldığında röle, test edilecek elemanı test sinyalinden ayırmış ise ölçülen değerler kaynak gerilimine ait iken röle elemanı test sinyalinden izole etmemiş ise ölçülen değerler test edilen elemanın uçları arasındaki gerilimdir.

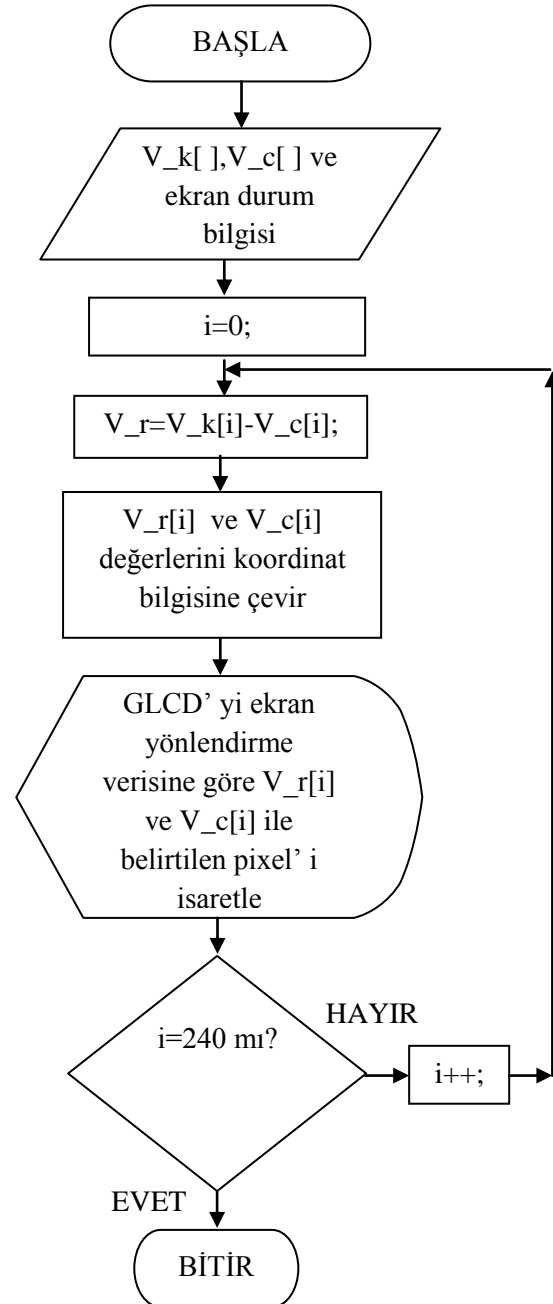
#### 4.5. **goster()** Fonksiyonu

goster() fonksiyonuna ait akış şeması Şekil 4.3'te, program kodları ise EK D'de verilmiştir. Bu fonksiyonun görevi, ölçme fonksiyonu ile elde edilen test edilen elemana ait gerilim dizisini ve kaynağa ait gerilim dizisini kullanarak, test edilen elemana ait I-V eğrisini GLCD'de piksel piksel oluşturmaktır.

Bu fonksiyon ölçülen test elemanı gerilimi dizisinin, kaynak gerilim dizisinin adresleri ile görüntülemenin yeni bir çizimin yapılacağı veya eski çizimin silineceği bilgisini giriş değişkenleri olarak alır ve bu değişkenlere göre test edilen eleman üzerindeki akımı hesaplar ve bu değerlere göre görüntüyü GLCD'de piksel piksel oluşturur.



Şekil 4.3. olcum() fonksiyonunun akış şeması

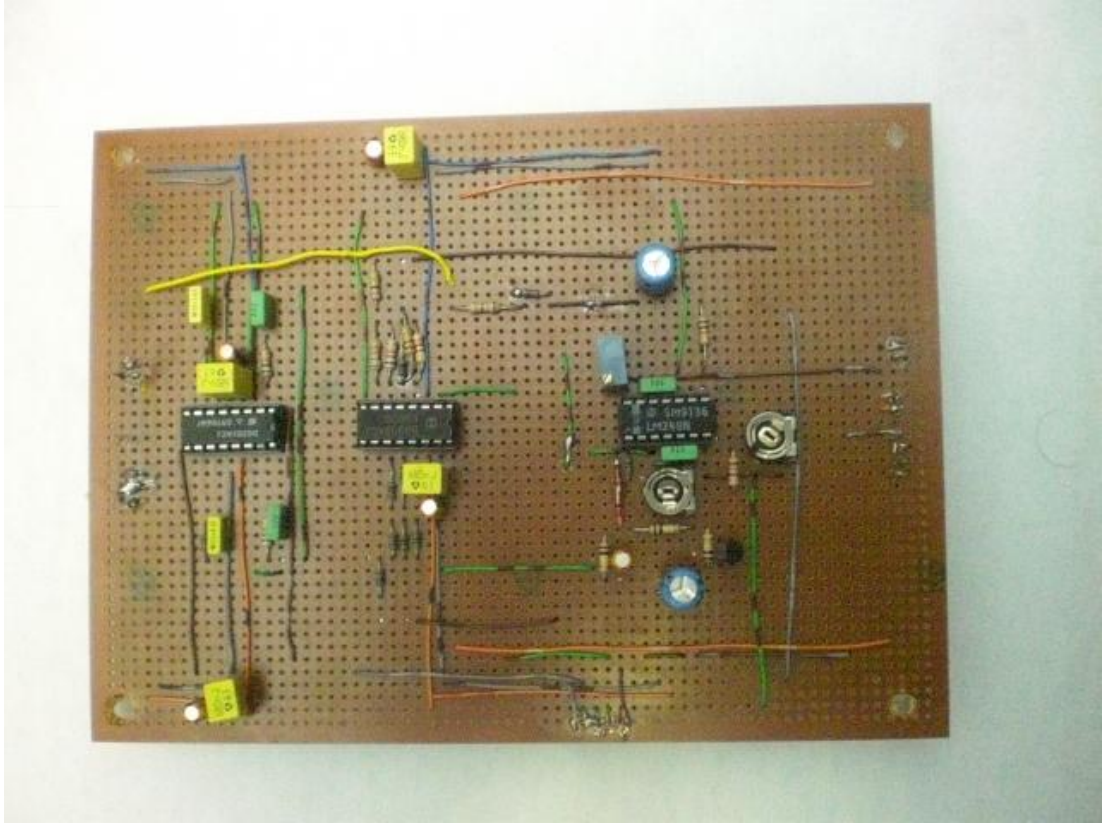


Şekil 4.4. goster() fonksiyonunun akış şeması

## BÖLÜM 5. SONUÇLAR

### 5.1. Tasarlanan I-V Eğri Çizici

Bu tez çalışması ile görüntüleme birimi olarak 240x128 piksel GLCD kullanan gömülü sistem bir I-V eğri çizici tasarlanmıştır. Tasarlanan I-V eğri çizicinin analog kısmına ait devre Şekil 5.1'de sayısal kısma ait devre ve güç kaynağı ise Şekil 5.2'de görülebilir. Devre prototip olması ve tasarım kolaylığından dolayı delikli plaket üzerinde gerçekleştirilmiştir. Devreyi gerçekleştirirken çok katlı bir baskı devre hazırlanması ve yüzey üstü elemanların kullanılmasının uygulama devresini küçültecektir.



Şekil 5.1. Tasarlanan I-V Eğri çizicinin analog kısmı





Şekil 5.2. Tasarlanan I-V Eğri çizicinin sayısal kısmı ve güç kaynağı

## 5.2. Tasarlanan I-V Eğri Çiziciye Ait Elektriksel Karakteristikler

Bu tez çalışması ile tasarlanan I-V eğri çiziciye ait elektriksel karakteristikler aşağıdaki tablolar da verilmektedir.(Tablo 5.1., Tablo 5.2., Tablo 5.3.) Elektriksel özelliklerde yapılmak istenen iyileştirmeler donanımsal değişiklikler gerektirecektir.

Tablo 5.1. Tasarlanan I-V eğri çizicinin gerilim ve akım kademeleri

Kademe	Açık Devre Voltajı	Kısa Devre Akımı
LOJİK	5V	5mA
DÜŞÜK	10V	10mA
ORTA	15V	15mA

Tablo 5.2. Tasarlanan I-V eğri çizicinin frekans kademeleri

Kademe	Frekans
F_LOW	48Hz
F_HIGH	1446Hz

Tablo 5.3. Tasarlanan I-V eğri çizicinin güç kaynaklarından çektiği akımlar ve harcadığı ortalama güçler

Gerilim Kaynağı	Çekilen Ortalama Akım	Harcanan Ortalama Güç
+5V	110mA	550mW
-5V	2mA	10mW
+18V	10mA	180mW
-18V	10mA	180mW
<b>Kaynaklardan Çekilen Toplam Güç</b>		920mW

### 5.3. Tasarlanan I-V Eğri Çizici İle Elde Edilmiş I-V Eğrileri

Bu tez çalışması ile iki uçlu devre elemanlarının karakteristik eğrilerini elde edebilen, düşük güçlü, düşük maliyetli, çeşitli gerilim ve frekans kademelerine sahip bir I-V eğri çizici tasarımı amaçlanmış ve bu amaçlara da ulaşılmıştır. Tasarlanan sistemle elde edilmiş ve çeşitli devre elemanlarına ait I-V eğrileri EK E'de görülebilir.

## **BÖLÜM 6. ÖNERİLER**

### **6.1. Mikrodenetleyici**

Tasarlanan eğri çizicide 8 bitlik mikrodenetleyici kullanılmıştır. 16 bitlik mikrodenetleyici, 32 bitlik mikrodenetleyici veya DSP kullanımı eğrilerin daha hızlı elde edilmesini sağlayarak başarımı artırır. Ayrıca bu işlemciler sayesinde pek çok yazılımsal özellik geliştirilebilir ve eklenebilir.

### **6.2. Kullanıcı Ara Yüzü**

Tasarlanan sistemde 240x128 piksel bir GLCD kullanılmıştır. Çözünürlüğün artması, elde edilen eğrilerin düzgünlüğünü arttırmak ile birlikte mikrodenetleyiciye binen iş yükünü de arttırmaktadır. Ancak 256x256 veya 128x128 bir ekran kullanımı 8 bitlik ADC ile yapılacak ölçüm sonuçları ile bire bir eşleştirebileceği için mikrodenetleyiciye fazla işlem yükü oluşturmayacaktır. Ayrıca bu çözünürlüklerin kare olması I-V eğri çizicinin ekranının, osilaskop ekranlarına benzerliğini arttıracaktır. Renkli bir LCD kullanımı ise görme konforunu arttırabilir.

I-V eğri çizicide kademe seçimi DIP anahtar ile yapılmaktadır. Bunun yerine sisteme bir touch panel eklenmesi ve grafik ara yüzlü bir program tasarımı I-V eğri çizici ye ait kullanım konforunu arttıracaktır.

### **6.3. Akım, Gerilim ve Frekans Kademeleri**

Mevcut sistemde 5V, 10V ve 15V olmak üzere üç adet gerilim F\_LOW ve F\_HIGH olmak üzere iki adet frekans kademesi vardır. Mevcut sistemin akım kademelendirilmesi ise yoktur ve her bir gerilim için aynı seri direnç kullanılmıştır.

İlk olarak gerilim kademe sayısı arttırılabilir. Daha yüksek bir gerilim kademesi SCR, diak gibi elemanlarında I-V eğrilerinin elde edilebilmesini sağlayacaktır. Bunun için ise mevcut IC' ler uygun değildir. Daha yüksek gerilimde çalışabilen Analog çoklayıcı IC ve OPAMP'lar ile bu sorun aşılabılır.

Mevcut sistemde Frekans kademelendirilmesi yapılırken, elde ikinci bir analog çoklayıcı IC bulunmamasından dolayı analog anahtar IC kullanılmıştır. Bu entegrenin yerine kademe değiştirmede kullanılan analog çoklayıcı IC' lerin frekans değiştirmek için de kullanılması daha fazla frekans kademesi elde etmeye olanak verecektir.

Mevcut sistemde akım kademelendirilmesi yapılmamıştır. Diğer bir analog çoklayıcı IC kullanılarak kaynak ile test edilecek eleman arasına bağlanan seri direnç değiştirilebilir bu sayede yeteri miktarda akım kademesi elde edilebilir.

#### **6.4. Osilatör**

Mevcut sistemde kullanılan wien köprü osilatör yerine, yeteri kadar kararlı ve düşük gürültülü, salınım frekans ve sinyal genliği harici elemanlarla değiştirilebilen osilatör devreleri kullanılabilir.

Mevcut sistemde, I-V eğrilerini elde edebilmek için yalnızca sinüs dalga şeklindeki sinyaller kullanılmıştır. Tercih edilen yeni osilatör devresinin üçgen dalga çıkış verebilmesi ve bu sinyalin, diyot, transistör vb. yarı iletken eleman karakteristik eğrilerinin elde edilmesinde kullanılması, bu tip elemanlara ait karakteristik eğrilerin daha düzgün şekilde elde edilmesini sağlayacaktır.

Osilatörde bir kare dalga çıkışı bulunması, kondansatör, bobin gibi frekansa bağımlı elemanların şarj deşarj eğrilerini de gözlemlemeye olanak verecektir.

## 6.5. Yazılım

Yazılım ucu açık bir konudur. Yazılım ile ilgili yapılabilecek iyileştirmeler kullanacak donanıma, programcının yeteneğine ve hayal gücüne kalmıştır. Yapılabilecek özellik iyileştirmelerine şunlar örnek olarak verilebilir:

- I-V eğri çizicide test edilen elemanların otomatik olarak tanınması
- I-V eğri çizicinin ATE(Automatic Test Equipment) sistemi haline getirilmesi
- Grafiksel bir kullanıcı ara yüzü oluşturmak
- Sistemin bir PC ye veri aktarmasını sağlamak vb. gibi pek çok şey.

## KAYNAKLAR

- [1] MARTIN, P-L., Electronic Failure Analysis Handbook: Techniques and Applications for Electronic and Electrical Packages, Components, and Assemblies, McGraw-Hill Professional; 1st edition, p.p 287-327, February 28, 1999.
- [2] FRYE J.T., A Simple On-Board X-Y Tester, Popular Electronics, August, pp. 32-34, 1975.
- [3] SARGENT, A.J, A simple transistor curve tracer, Wireless World Magazine, December, pp. 72-85, 1969.
- [4] MILLARD, T., PC Printer Port Controls I-V Curve Tracer, Maxim Engineering Journall, 35, pp. 9-10, July 2001.
- [5] STEBER, G., I-V Curve Tracing with a PC, Forum for Communications Experimenters, QEX, 237, pp. 3-10, Jul/Aug 2006.
- [6] Analysis of a Digitally Controlled Wien-Briedge Oscillator, Maxim, Application Note AN3846, pp. 1-6, <http://www.maxim-ic.com/an3846>, May 2006.
- [7] TÜRKÖZ, M.S., Elektronik Devreleri, Sistem Yayıncılık, sf. 244-269, İstanbul Ekim 1995.
- [8] 2,5V and 4,096V Voltage Reference, MCP1525/41 data sheet, Microchip, <http://www.microchip.com/an3846>, 2/15/2005.
- [9] <http://www.techtoys.com.hk/Downloads/Download/Microchip/T6963C.zip>, 20010.
- [10] Mancini, R., Design of op amp sine wave oscillators, Analog Applications Journal, pp. 33-37, August 2000.

## EKLER

### Ek A. 1Kohm'luk Dirence Ait I-V Eğrisini Elde Etmek İçin Kullanılan MATLAB M File

```
clear all
```

```
%*****Çözümlemeye ait değişken ve nümerik değerlerin girilmesi*****
```

```
A=10;%Kaynak sinyalinin maksimum genliği
```

```
f=50;%Frekans(Hz)
```

```
T=1/f;%Periyot(sn)
```

```
w=2*pi/T; %Açısal frekans(rad/sn)
```

```
R=1*10^3;%Kaynak ile test edilecek eleman arasındaki seri direnç(ohm)
```

```
Rx=1000;%I-V eğrisi çizilen eleman(ohm)
```

```
Vk=[ ];%Kaynak gerilim değerlerini saklayacak matris
```

```
I=[ ];%Test elemanı üzerinden akacak akımı saklayacak matris
```

```
V=[ ];%Test elemanı gerilimi saklayacak matris
```

```
%*****Analitik çözümlemenin yapılacağı zaman anlarının oluşturulması*****
```

```
t0=0;
```

```
tfinal=T;%Başlangıç ve bitiş değerleri (Bir periyot)
```

```
t=[t0:tfinal/100:tfinal];%Örnekleme anlarına ait t değerlerinin oluşturulması
```

```
%*****Akım-Gerilim Değerlerinin Hesaplanması*****
```

```
Vk=[Vk A*sin(2*pi*f*t)];%Her bir t anına ait kaynak geriliminin hesaplanması
```

```
I=[I Vk/(R+Rx)];%Akım değerlerinin hesaplanması
```

```
V=[V I*Rx];% Elemana ait gerilim değerlerinin hesaplanması
```

```
%*****Akım-Gerilim Eğrisinin çizilmesi*****
```

```
figure(1);
```

```
plot(V,I,'-r'); % Eğri çizimi
```

```
xlabel('Gerilim(Volt)');
```

```
ylabel('Akım(Amper)');
```

```
grid on;
```

```
hold on;
```



## Ek B. 10uF'lık Kondansatöre Ait I-V Eğrisini Elde Etmek İçin Kullanılan MATLAB M File

```
clear all
```

```
%*****Durum denkleminin sembolik math tool box ile çözümlenmesi*****
```

```
syms A f R C Vc t;
```

```
Vc=dsolve('A*sin(2*pi*f*t)=R*C*DVC+Vc','Vc(0)=0');%Test devresine ait durum  
%denkleminin sembolik olarak çözümlenmesi
```

```
%*****Çözümlemeye ait değişken ve nümerik değerlerin girilmesi*****
```

```
A=10;%Kaynak sinyalinin maksimum genliği
```

```
f=50;%Frekans(Hz)
```

```
T=1/f;%periyot(sn)
```

```
w=2*pi/T; %Açısal frekans(rad/sn)
```

```
R=1*10^3;%Kaynak ile test edilecek eleman arasındaki seri direnç(ohm)
```

```
C=1*10^-6;%I-V eğrisi çizilen eleman
```

```
I=[ ];%Test elemanı üzerinden akacak akımı saklayacak matris
```

```
V=[ ];%Test elemanı gerilimi saklayacak matris
```

```
%*****Analitik çözümlemenin yapılacağı zaman anlarının oluşturulması*****
```

```
t0=0;
```

```
tfinal=50*T;%Başlangıç ve bitiş değerleri(50*periyot)
```

```
ts=[t0:tfinal/10000:tfinal];%Örnekleme anlarına ait t değerlerinin oluşturulması
```

```
%*****Akım ve Gerilim değerlerinin her bir t anı için nümerik hesaplanması
```

```
for im=1:length(ts);%Sürenin 0 da başlayarak simülasyon aralığında oluşturulması
```

```
t=ts(im);
```

```
if t>49*T;%Sürekli sinusoidal hale girilmiş bu değerlere göre hesaplama yap
    u=eval(Vc);%Kondansatör üzerindeki anlık gerilim hesaplanması
    V=[V u];%Kondansatör üzerindeki gerilim dizisi
    I=[I (A*sin(2*pi*f*t)-u)/R];%Akım=(Kaynak gerilimi-Eleman gerilimi)/R
end
end
```

```
%*****Akım-Gerilim Eğrisinin çizilmesi*****
```

```
figure(1);
plot(V,I,'-b'); %Eğri çizimi
xlabel('Gerilim(Volt)');
ylabel('Akım(Amper)');
grid on;
hold on;
```

## Ek C. 1N4148 Diyotuna Ait I-V Eğrisini Elde Etmek İçin Kullanılan MATLAB M File

```
clear all
```

```
%*****Çözümlemeye ait değişken ve nümerik değerlerin girilmesi*****
```

```
A=10;%Kaynak sinyalinin maksimum genliği
```

```
f=50;%Frekans(Hz)
```

```
T=1/f;%periyot(sn)
```

```
w=2*pi/T; %Açısal frekans(rad/sn)
```

```
R=1*10^3;%Kaynak ile test edilecek eleman arasındaki seri direnç(ohm)
```

```
Io=25*10^-9;%1N4148'e ait, ters kutuplama doyma akımı(A)
```

```
VT=25*10^-3;%Isıl gerilim
```

```
Vk=[ ];%Kaynak gerilim değerlerini saklayacak matris
```

```
I=[ ];%Test elemanı üzerinden akacak akımı saklayacak matris
```

```
V=[ ];%Test elemanı gerilimini saklayacak matris
```

```
syms Vd;%Diyot gerilimine ait sembolik değişken
```

```
%*****Analitik çözümlemenin yapılacağı zaman anlarının oluşturulması*****
```

```
t0=0;
```

```
tfinal=T;%Başlangıç ve bitiş değerleri (Bir periyot)
```

```
ts=[t0:tfinal/100:tfinal];%Örnekleme anlarına ait t değerlerinin oluşturulması
```

```
%*****Akım ve Gerilim değerlerinin her bir t anı için nümerik hesaplanması
```

```
for im=1:length(ts);%Sürenin 0 da başlayarak simülasyon aralığında oluşturulması
```

```
t=ts(im);
```

```
Vk=[Vk A*sin(2*pi*f*t)];%Her bir t anına ait kaynak geriliminin hesaplanması
```

```
E=Vk(im);%t anına ait kaynak gerilim değeri
```

```
y=R*Io*exp(Vd/VT)+Vd-E;%Çevre denkleminin anlık kaynak gerilimine göre
%yeniden oluşturulması
V_d=solve(y);%Çevre denkleminin sembolik olarak çözümlenmesi
V_d=eval(V_d);%sembolik hesaplanan Diyot gerilimlerinin nümerikhesaplanması
V=[V V_d];% Diyot gerilimlerinin V dizisine kaydı
I=[I Io*(exp(V_d/VT)-1)];% Diyot akımının hesaplanması ve I dizisine kaydı
end

%*****Akım-Gerilim Eğrisinin çizilmesi*****

figure(1);
plot(V,I,'-r'); %%Eğri çizimi
xlabel('Gerilim(Volt)');
ylabel('Akım(Amper)');
grid on;
hold on;
```

## Ek D. Tasarlanan I-V Eğri Çizicide Kullanılan Program

```

#include <18F452.h>
#device adc=10

#FUSES NOWDT           //No Watch Dog Timer
#FUSES WDT128         //Watch Dog Timer uses 1:128 Postscale
#FUSES HS             //High speed Osc (> 4mhz for PCM/PCH) (>10mhz for
                      //PCD)
#FUSES NOPROTECT      //Code not protected from reading
#FUSES NOOCSSEN       //Oscillator anahtaring is disabled, main oscillator is
                      //source
#FUSES NOBROWNOUT     //No brownout reset
#FUSES BORV27         //Brownout reset at 2.7V
#FUSES PUT            //Power Up Timer
#FUSES STVREN         //Stack full/underflow will cause reset
#FUSES NODEBUG        //No Debug mode for ICD
#FUSES NOLVP          //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18)
                      //used for I/O
#FUSES NOWRT          //Program memory not write protected
#FUSES NOWRTD         //Data EEPROM not write protected
#FUSES NOWRTB         //Boot block not write protected
#FUSES NOWRTC         //configuration not registers write protected
#FUSES NOCPD          //No EE protection
#FUSES NOCPB          //No Boot Block code protection
#FUSES NOEBTR         //Memory not protected from table reads
#FUSES NOEBTRB        //Boot block not protected from table reads

#use delay(clock=4000000)
#include "t6963.h"//GLCDye ait header dosyası
#include "t6963.c"//GLCD sürücü dosyası

#define sample_num 240//LCD Yatay piksel sayısı

```

```

#define A0 PIN_C0 //Analog Çoklayıcı IC adres girişi için
#define A1 PIN_C1 //Analog Çoklayıcı IC adres girişi için
#define EN PIN_C2 //Analog Çoklayıcı IC yetkilendirme girişi için
#define RL1 PIN_C3 //Röleyi kontrol eden uç
#define F_LOW PIN_C4 //Analog anahtar IC anahtar kontrolü için
#define F_HIGH PIN_C5 //Analog anahtar IC anahtar kontrolü için

unsigned int8 kademe_yeni,kademe_eski;//Kademe durum bilgisinin saklandığı
// değişkenler
unsigned int16 V_c[sample_num];//Gerilim ölçümünün alındığı dizi
unsigned int16 V_k[sample_num];//Kaynak geriliminin saklandığı dizi

//*****Gerilim ve Frekans Kademelerinin Seçimini Yapar*****

void kademesec(void){
kademe_yeni =0xF0&input_b();//Anahtar girişini oku ve kademe bilgisini al
output_high(EN);//Çoklayıcı IC yetkilendirildi
anahtar (kademe_yeni) {

    case 32:output_low(F_LOW);//5V, f_low kademesi
        output_high(F_HIGH);
        output_low(A1);
        output_low(A0);
        break;

    case 48:output_high(F_LOW);//5V, f_high kademesi
        output_low(F_HIGH);
        output_low(A1);
        output_low(A0);
        break;

    case 64:output_low(F_LOW);//10V, f_low kademesi
        output_high(F_HIGH);

```

```

    output_low(A1);
    output_high(A0);
    break;

case 80:output_high(F_LOW);//10V, f_high kademesi
    output_low(F_HIGH);
    output_low(A1);
    output_high(A0);
    break;

case 128:output_low(F_LOW);//15V, f_low kademesi
    output_high(F_HIGH);
    output_high(A1);
    output_low(A0);
    break;

case 144:output_high(F_LOW);//15V, f_high kademesi
    output_low(F_HIGH);
    output_high(A1);
    output_low(A0);
    break;

default: break;
}
}

//*****240 Adet Ölçüm Alarak V_c[ ] Dizisine Kaydeder*****

void olcum(void) {
unsigned int8 i;

while(input(PIN_B0) );
while(!input(PIN_B0) );//Yükselen kenar ile ölçüme başla

```

```

for(i=0;i<sample_num;i++) {
    V_c[i]= read_adc();//Bir periyot boyunca ADC'den ölçüm al
    #asm nop nop nop nop #endasm
}
}

//*****Ölçülen Değerleri Ekranda Oluşturur veya Siler *****

void goster( unsigned int16 *Vk, unsigned int16 *Vc,int1 pix){
int8 i;
signed int16 V_r,V_k,V_c;//Direnç, Kaynak, Eleman gerilimleri

for(i=0;i<sample_num;i++){
    V_c=*Vc;//Eleman gerilimi
    V_k=*Vk;//Kaynak gerilimi
    V_r= V_k -V_c;//Direnç gerilimi=Kaynak gerilimi - Eleman gerilimi
    GDispSetPixel(V_c/4,((V_r/8)+64), pix);//Ölçülen değerleri piksel bilgisine çevir
                                //ve GLCD de göster

    Vk++;
    Vc++;
}
}

void main()
{
unsigned int8 i;
char str[] = "Ibrahim ATASEVEN";//Ekrana basılacak LOGO
setup_adc_ports(AN0_AN1_VREF_VREF);
setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_16);
port_b_pullups(TRUE);//ANAHTARLAR İÇİN PULL-UP LAR ENABLE
setup_psp(PSP_DISABLED);
setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
setup_wdt(WDT_OFF);

```



```

setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
setup_timer_1(T1_DISABLED);
setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
setup_timer_3(T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
ext_int_edge( H_TO_L);
disable_interrupts(INT_EXT);
disable_interrupts(GLOBAL);
set_adc_channel(1);

GDispInit();          //T6963C display initialization
FontSize = 8;        //8 font mode
GDispSetMode(XOR_MODE|INT.CG_MODE); //Exclusive OR mode, internal CG
                                //character RAM
GDispSetMode(TEXT_GRH_ON); //Text ON, Graphics ON
GDispClrTxt();        //Clear the text area
GDispClrGrh();        //Clear the graphics area (dot-by-dot!)

GDispPixFontAt(32,64, &str[0], 2, BLACK); //display a 10x14 font for string in
                                //pixel

Delay_ms(400);
GDispClrGrh();
kademe_eski=100;
for(;;){
    kademesec();//Kademe bilgisini anahtarlardan al
    if(kademe_yeni!=kademe_eski)
    {
        kademe_eski=kademe_yeni;//Kademe değişmiş
        output_high(RL1);//Röle ile test elemanını devreden çıkart, alınan ölçüm kaynak
                                //gerilimidir
        Delay_ms(50);//Röle kararlılığı için bekle
        olcum();//Kaynak gerilimi ölçülüyor
        for(i=0;i<sample_num;i++) V_k[i]=V_c[i];//ölçüm alınan dizideki değerleri
                                // kaynak gerilimi için kullanılan diziye kaydet

```

```
output_low(RL1);//Test edilecek elemanı devreye al
Delay_ms(50);//Röle kararlılığı için bekle
}
olcum();//Eleman gerilimi ölçümü
goster(&V_k[0],&V_c[0],BLACK);//Ölçülen sonuçların ekranda bastır
Delay_ms(200);//Görüntüyü beklet
goster(&V_k[0],&V_c[0],WHITE);//Gösterilen sonuçları sil
}
}
```

**Ek E. Tasarlanan I-V Eğri Çizici ile Elde Edilmiş I-V Eğrileri**

Şekil E. 1. Açık devre elemanına ait I-V eğrisi



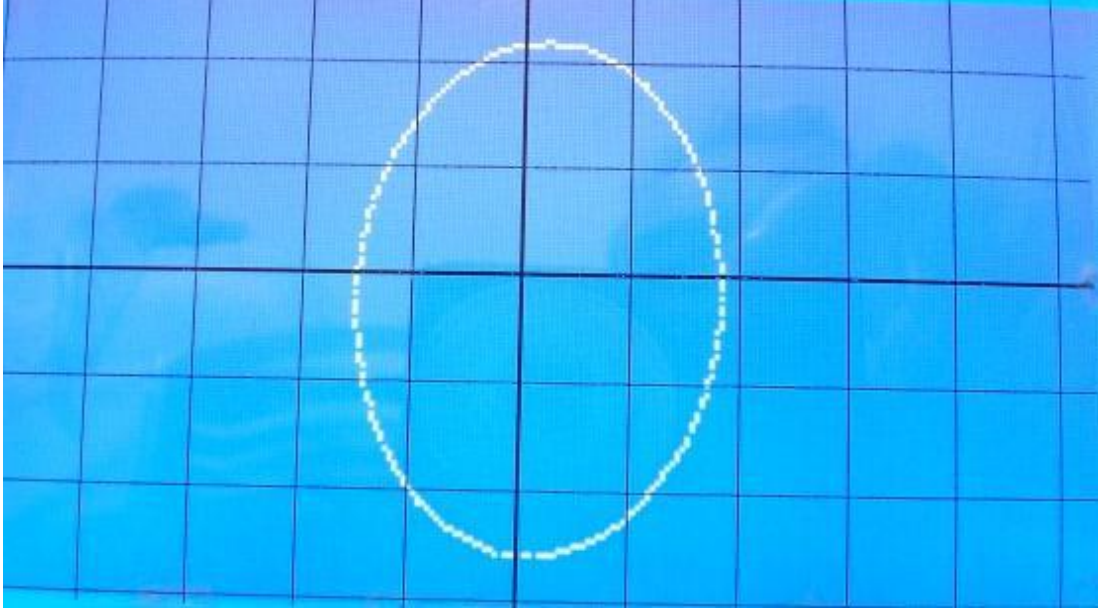
Şekil E. 2. Kısa devre elemanına ait I-V Eğrisi



Şekil E. 3. 330 ohm'luk dirence ait I-V eğrisi



Şekil E. 4. 12V'luk bir röle bobinine ait I-V eğrisi



Şekil E. 5. 10uF'lık kondansatörün F\_LOW kademesindeki I-V eğrisi

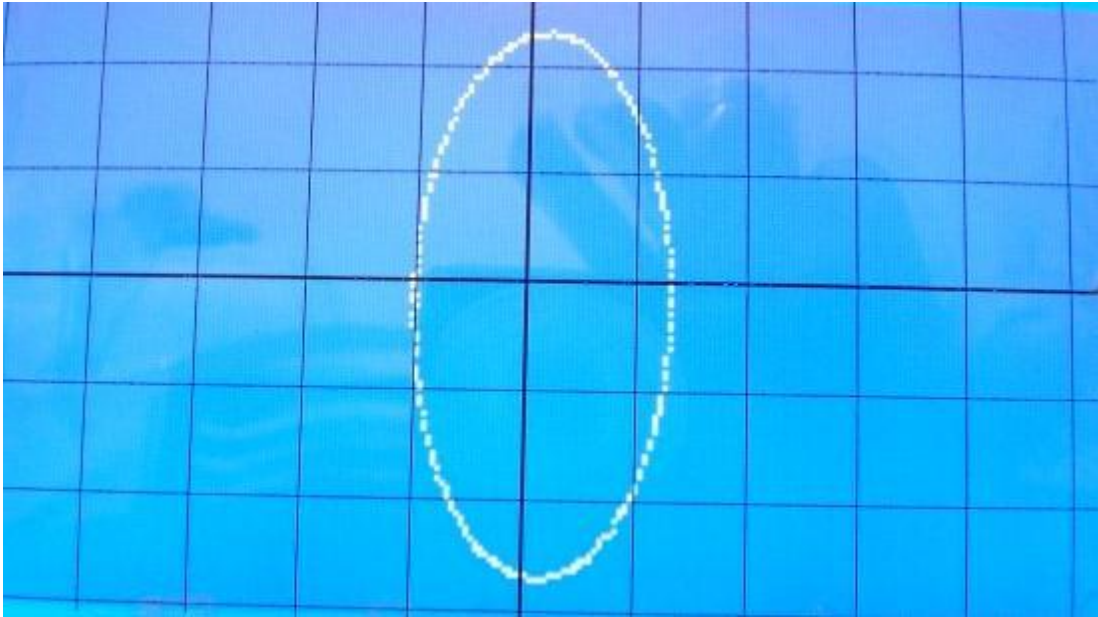


Şekil E. 6. 4,7 uF'lık kondansatörün F\_LOW kademesindeki I-V eğrisi

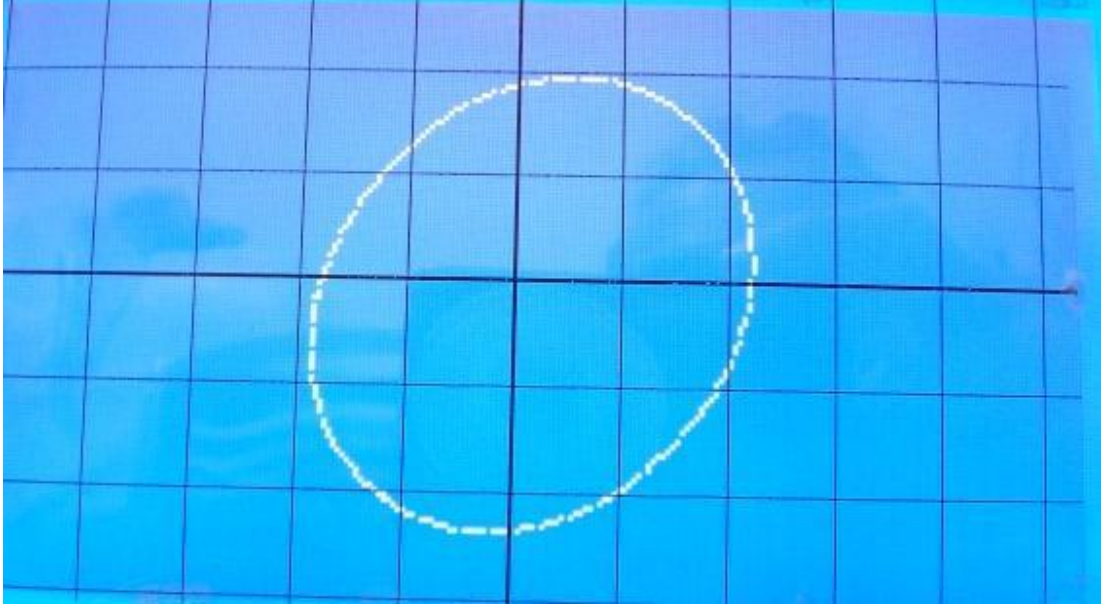




Şekil E. 7.  $1\mu\text{F}$ 'lık kondansatörün F\_LOW kademesindeki I-V eğrisi



Şekil E. 8.  $1\mu\text{F}$ 'lık kondansatörün F\_HIGH kademesindeki I-V eğrisi



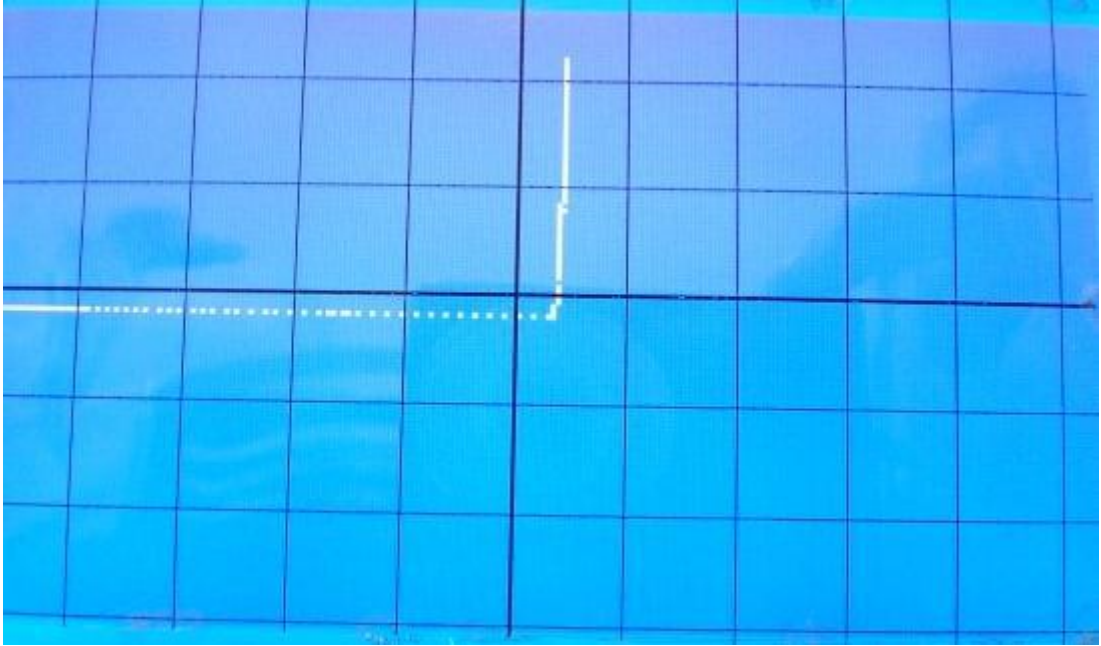
Şekil E. 9. Bozuk bir kondansatöre ait I-V eğrisi



Şekil E. 10. Kırmızı LED'in 5V kademesindeki I-V eğrisi



Şekil E. 11. 1N4148 diyotunun 5V kademesindeki I-V eğrisi



Şekil E. 12. 1N4148 diyotunun 10V kademesindeki I-V eğrisi

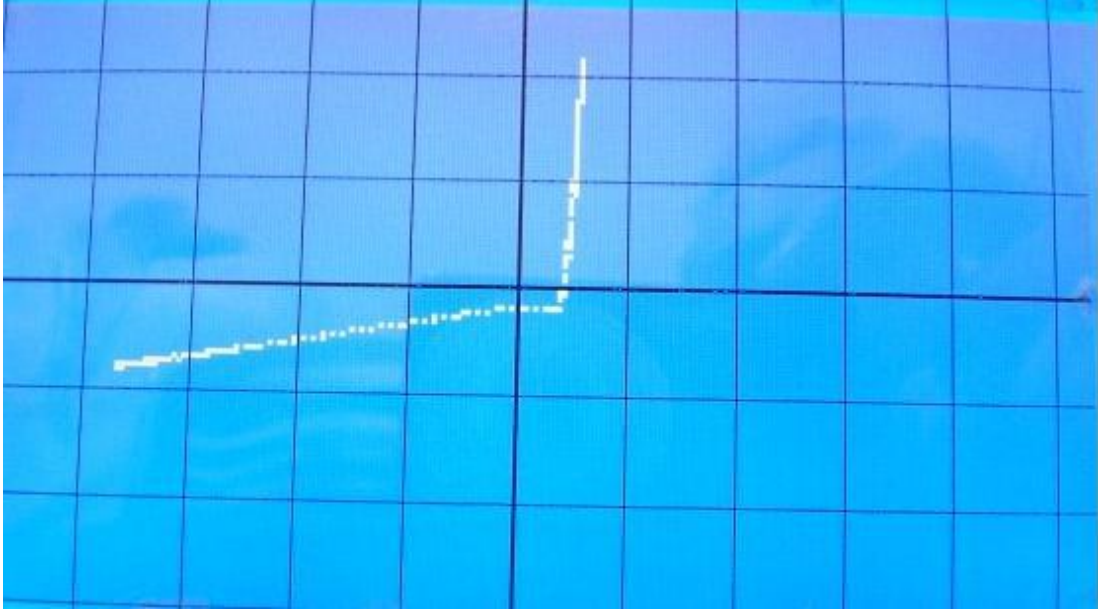




Şekil E. 13 .5.1V'luk zener diyotun 10V kademesindeki I-V eğrisi



Şekil E. 14. 5.1V'luk zener diyotun 15V kademesindeki I-V eğrisi



Şekil E. 15. Arızalı bir 7918 entegresinin 1-2 uçları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V)



Şekil E. 16. Sağlam 7918 entegresinin 1-2 uçları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V)



Şekil E. 17. BC546 transistorünün Emiteer-Kollektör bacakları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V)



Şekil E. 18. BC546 transistorünün Beyz-Emiteer bacakları arasına ait I-V eğrisi(kademe 15V)



Şekil E. 19. 1Kohm'luk direnç ile 1N4001 diyotunun seri bağlanması ile elde edilen elemana ait I-V eğrisi

## ÖZGEÇMİŞ

İbrahim ATASEVEN, 1976'da ANKARA'da doğdu. İlk ve ortaokulu tamamladıktan sonra Keçiören Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümünden 1993, Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Elektronik Öğretmenliği Bölümünden ise 1999 yılında mezun oldu.

1999 yılında MEB bünyesinde öğretmenliğe başlayan İbrahim ATASEVEN sırasıyla: Nallıhan Fettah Güngör Endüstri Meslek Lisesi, Gaziosmanpaşa Kız Meslek Lisesi ve Keçiören Endüstri Meslek Liselerinde Elektronik Öğretmeni olarak görev yaptı. Halen Keçiören Endüstri Meslek Lisesi Elektrik-Elektronik Alanında Elektronik öğretmeni ve Laboratuar Şefi olarak görev yapmaktadır.

Askerlik görevini 2001-2002 yıllarında Piyade Okul Komutanlığı bünyesinde Piyade Asteğmen olarak tamamlayan İbrahim ATASEVEN evlidir.