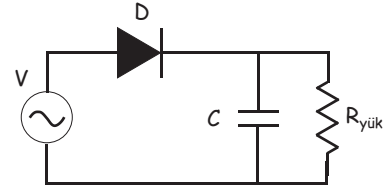
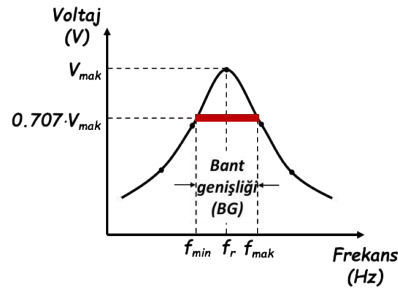
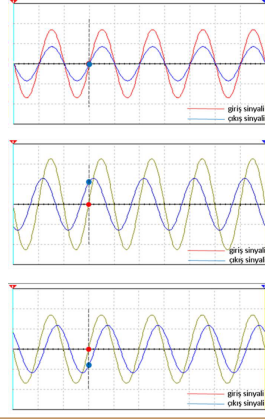


ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRONİĞE GİRİŞ LABORATUVARI

Adım Adım Deney Tabanlı
Temel Devre Analizi ve
Ölçüm Teknikleri Uygulamaları

Prof. Dr. Tamer AKAN (Editör)
Dr. Murat KELLEĞÖZ





Elektroniğe Giriş Laboratuvarı
Adım Adım Deney Tabanlı Temel Devre Analizi ve
Ölçüm Teknikleri Uygulamaları

Prof. Dr. Tamer AKAN
Dr. Murat KELLEGÖZ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yayınları No: 409

Sahibi : Prof. Dr. Kâmil ÇOLAK (Rektör)
Yayın Yönetmeni : Prof. Dr. Emine GÜMÜŞSOY (Rektör Yardımcısı) :
Yayın Komisyonu Prof. Dr. Emine GÜMÜŞSOY (Rektör Yardımcısı)
Prof. Dr. Yasemin ÖZ
Prof. Dr. Haldun KURAMA

İdari Sorumlu : Mustafa ARSLAN
İ.M.İ.D. Başkanı
Basımevi Sorumlusu : Yüksel ASLAN
ESOGÜ Basımevi Şube Müdürü

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır.

Kitabın tümü ya da bölümü/bölemleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nin yazılı izni olmadan elektronik, optik, mekanik ya da diğer yollarla basılamaz, çoğaltılamaz ve dağıtılamaz. Copyright 2026 by Eskişehir Osmangazi University. All rights reserved.

No part of this book may be printed, reproduced or distributed by any electronically, optical, mechanical or other means without the written permission of Eskişehir Osmangazi University.

Kapak Tasarım

Prof. Dr. Şirin ŞENGEL

Dizgi

Prof. Dr. Tamer AKAN
Dr. Murat KELLEĞÖZ

ISBN NO

1. Baskı

978-605-9975-96-4

Baskı Tesisleri

ESOGÜ Basımevi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Matbaa Sertifika No.: 64281

ESKİŞEHİR 2026

ÖĞRENCİNİN**ADI SOYADI** :**NUMARASI** :

Sıra No	Deneyin Kodu	Deneyin Adı	Yapıldığı Tarih	Öğretim Elemanı İmza
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

ÖNSÖZ

Elektronik bilimleri, günümüzde yalnızca mühendislik alanında değil, doğa bilimlerinin pek çok dalında, özellikle de fizik alanında önemli bir yere sahiptir. Modern fizik araştırmalarının çoğu, elektronik cihazların sağladığı ölçüm ve analiz tekniklerine dayanmakta ve bu sayede deneylerin doğruluğu ve güvenilirliği artmaktadır. Bu kitap, üniversite seviyesindeki fizik öğrencilerine yönelik olarak hazırlanmış olup, elektronik bilimine ilk adımlarını sağlam bir temel üzerine atmalarını amaçlamaktadır.

Elektroniğe Giriş Laboratuvarı kitabı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fizik Bölümü öğrencilerinin elektronik cihazların çalışma prensiplerini, devre elemanlarını ve ölçüm tekniklerini uygulamalı bir şekilde öğrenmelerini sağlamaktadır. Her bir deney, konunun teorik altyapısını sade ve anlaşılır bir dille sunarken, fizik öğrencilerinin laboratuvar ortamında aktif olarak deneyim kazanmalarına olanak tanıyacak şekilde düzenlenmiştir. Teorik bilgi ile pratiğin harmanlandığı bu deneyler, öğrencilerin elektronik bilimi ile fizik arasındaki ilişkiyi daha iyi kavramalarını sağlayacaktır.

Bu kitap, fizik öğrencilerinin elektronik devrelerin temellerini öğrenmeleriyle kalmayıp aynı zamanda veri toplama, analiz etme ve bilimsel çıkarımlar yapma becerilerini de geliştirmeyi hedeflemektedir. Fizik bölümü derslerinde edindikleri teorik bilgileri laboratuvar ortamında pekiştirmelerine yardımcı olacak olan bu kitap, aynı zamanda onları ileri düzey laboratuvar çalışmaları için hazırlayacaktır.

Elektroniğe olan ilgiyi artırmasını, fizik öğrencilerine geniş bir bakış açısı kazandırmasını ve ülkemizin dünya genelinde çok gelişen elektronik endüstrisinde üretici ülke konumuna gelmesini sağlayacak insan yetiştirmesine katkı sağlamasını umarak bu kitabı siz değerli öğrencilere sunuyoruz.

Dr. Murat KELLEGÖZ

Prof. Dr. Tamer AKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ELEKTRONİĞE GİRİŞ LABORATUVARI UYGULAMA YÖNERGESİ	iii
DENEYLER YAPILIRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER	iv
I. LABORATUVAR ALETLERİNİN KISA TANITIMI, AYARLANMASI VE KULLANIMI	1
I.1. Cadet-II	1
I.2. Frekans Sayacı	4
I.3. Multimetre	5
I.4. Frekans Üretici.....	7
I.5. Osiloskop	9
I.6. Deneme Levhası (Breadboard).....	13
II. DENEYLER	
II.1. Deney 1: Birleşik Devrelerde Direnç, Akım ve Voltaj	15
II.2. Deney 2: Thevenin Teoremi.....	24
II.3. Deney 3: Kondansatörler	30
II.4. Deney 4: RC Devresi	39
II.5. Deney 5: Bobinler	45
II.6. Deney 6: Transformatör	54
II.7. Deney 7: Faz Kayma Devreleri.....	58
II.8. Deney 8: Empedans	66
II.9. Deney 9: Rezonant Devreleri	70
II.10. Deney 10: Diyot ve Diyot Doğrultmaçları	78
II.11. Deney 11: Kırpıcı ve Kenetleyici Devreler	84
II.12. Deney 12: Filtre olarak Kondansatör	88
II.13. Deney 13: Zener Diyot.....	99
II.14. Deney 14: Katıhal Aygıtları	103
II.15. Deney 15: Triak	107
II.16. Deney 16: Işık Yayan Diyot / Optoçift	110

KAYNAKLAR

ELEKTRONİĞE GİRİŞ LABORATUVARI UYGULAMA YÖNERGESİ

Laboratuvar çalışmalarının verimli olabilmesi için deneylerin aşağıdaki kurallara uygun olarak yapılması gerekmektedir.

1. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi ön lisans ve lisans eğitim-öğretim ve sınav yönetmeliği uyarınca laboratuvar ve uygulama çalışmalarının **%80**'ine devam zorundadır. Laboratuvar deneylerine **3 hafta** devam etmeyen öğrenci dersten **devamsız** olarak değerlendirilir.
2. Dersin başlama saatinde laboratuvar da bulunmak zorunludur. Deneylerin başlamasından sonra laboratuvar dersine katılım yapılamaz.
3. Öğrenci yapacağı deneyi kavrayabilmek ve deneyi güvenli bir şekilde yapabilmek için hazırlıklı gelmelidir. Deney sırasında verilerin işlenmesi açısından her öğrencinin laboratuvara bu kitabı getirmesi önemlidir.
4. Yapılan her deney için bir rapor hazırlanmalıdır. Raporlar laboratuvar yöneticisinin belirleyeceği formatta ve zamanda teslim edilmelidir. Laboratuvar değerlendirmesi, deney raporlarından alınan toplam puanın ortalamasının **%50**'si ve dönemin son haftasındaki **uygulamadan** alınan notun **%50**'si üzerinden gerçekleştirilir.
5. Öğrenci gelmediği ve yapamadığı deney için deney raporunu teslim edemez. Öğrenci **belgelemek kaydıyla** sağlık veya üniversite idaresi mazeretiyle katılmadığı **en fazla iki deneyi** yarıyılın son haftasında telafi etme hakkına sahiptir.
6. Deney sürecinde (acil ihtiyaçlar haricinde) laboratuvardan çıkılmaz.
7. Öğrenci deneyi bitirdikten sonra yoklama listesini imzalamalıdır.
8. Tüm öğrenciler laboratuvar cihazlarının ve düzeninin korunması ve deneylerin güvenli yürütülmesinde sorumlu davranmalıdır.
9. Cep telefonu vb. deney ölçümlerini etkileyebilecek veya başkalarını rahatsız edebilecek elektronik aletler, laboratuvar içinde kapalı olarak görünmeyen bir yerde tutulmalıdır.
10. Deney sonunda deney masası toparlanmalı, ilgili elektrik bağlantıları kesilerek, tabureler ve masa düzenli bir biçimde laboratuvardan çıkılmalıdır.

DENEYLER YAPILIRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

1. Deney devreleri kurulurken gerilim kaynağı mutlaka kapalı olmalıdır.
2. Devreye gerilim verilmeden önce yapılan bağlantıların doğruluğu kontrol edilmeli ve mutlaka laboratuvarında sorumlu öğretim elemanlarına bilgi verilmelidir. Tüm bağlantıların doğruluğundan emin olduktan sonra devreye besleme gerilimi verilmelidir.
3. Eğer devre beklendiği gibi çalışmıyorsa, hemen besleme gerilimi kapatılarak devre yeniden kontrol edilmelidir.
4. Doğru çalıştığından şüphe edilen elemanların devre ile bağlantıları kesilmeli ve bu elemanlar ayrı olarak test edilmelidir.
5. Devre üzerinde değişiklik yapılırken (eleman ekleme/çıkarma, bağlantı değiştirme) gerilim kaynağı mutlaka kapalı olmalıdır.
6. Multimetre ile akım veya voltaj ölçümleri yüksek erim ayarlaması altında başlanıp gerektiğinde kademeli azaltılmalıdır.
7. Elektrik devre deneylerinde her ne kadar insana zarar vermeyecek voltajlarla çalışılsa da, doğrudan gerilim hatlarına kesinlikle temas edilmemelidir.
8. Kullanılan deney aletlerinde sonucu öğrenci tarafından bilinmeyen sürece kesinlikle başlanmamalıdır. Bilinmeyen süreç laboratuvar sorumlusunun gözetiminde başlatılmalı ve uygulanmalıdır.

I. LABORATUVAR ALETLERİNİN TANITIMI, AYARLANMASI VE KULLANIMI

Bu bölümde dönem boyunca Elektronik Laboratuvarı'nda yapılacak deneylerde kullanılacak cihaz ve ölçü aletlerinin tanıtımı yapılacaktır. Tanıtılacak tüm cihaz ve ölçü aletlerinin yalnızca deneyler gerçekleştirilirken kullanılacak kısımlarına yer verilmiştir.

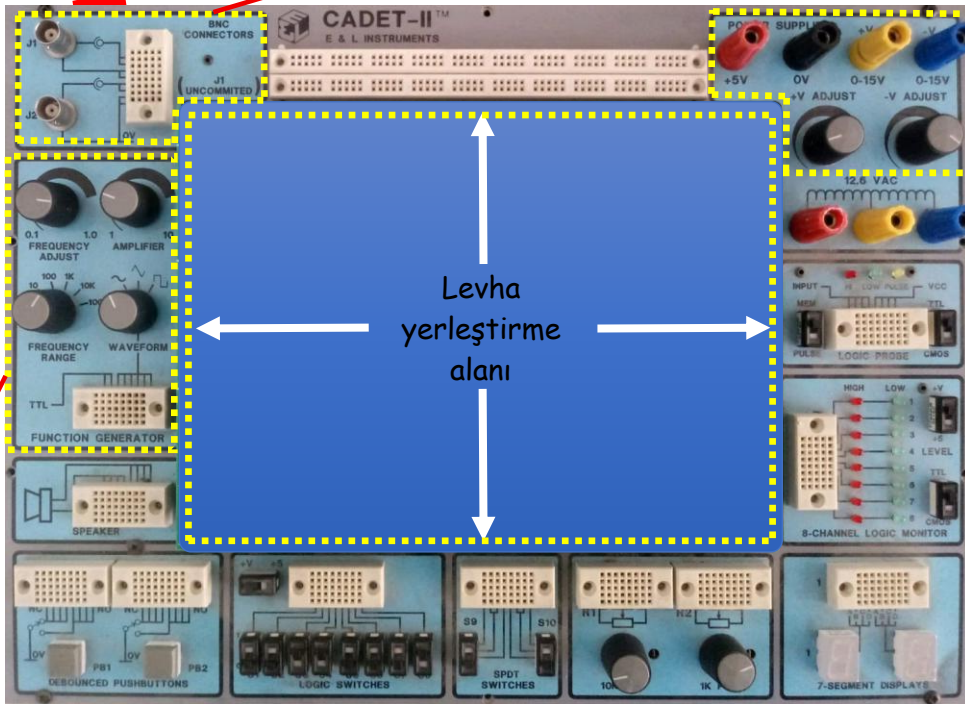
I.1. Cadet-II Güç Terminali: Elektronik Laboratuvarı ile ilgili olarak üzerinde güç kaynağı ve frekans üretici gibi kısımların (ünitelerin) bulunduğu çalışma terminalidir. Cadet-II'nin ihtiyaç duyulacak kısımları **Şekil I.1.1**'de gösterilmiştir.

Açma - Kapama Düğmesi

BNC Bağlantıları

Elektrik
sinyal
Üretci

Güç
Kaynağı



Şekil I.1.1. Cadet-II'nin ihtiyaç duyulacak kısımları

- **Açma-Kapama Düğmesi** : Cadet-II cihazında prizden gücü aktif eden düğmedir.
- **Güç Kaynağı** : Bu kısımdan sabit +5 V DC, 0 V toprak (ground=GND) ve 0-15 V arası ayarlanabilir (+V) veya (-V) seviyeleri elde edilir. Bağlantı için çıkış bağlantı kablosu ya üst kısımlarında bulunan yuvaya takılarak ya da yanıl bölgede bulunan yarığa yerleştirilip vidayı sıkarak gerçekleştirilir. +V ayarlanabilir yuvasından elde edilmek istenen voltaj seviyesi döndürülebilir +V ayar (+V Adjust) düğmesi ile gerçekleştirilir. -V ayarlanabilir yuvasından elde edilmek istenen voltaj seviyesi ise döndürülebilir -V ayar (-V Adjust) düğmesi ile gerçekleştirilir.
- **Elektrik Sinyal Üretci** : Bu kısımdan üretilmek istenen elektrik sinyalin frekansını istenilen aralıkta, istenilen formda (üçgen, kare veya sinüzoidal) ve istenilen genlikte ayarlayarak devreye uygulanır. Frekans ve genlik ayarlaması aşağıdaki adımlarla sağlanır;

i. Elektrik sinyal ayarlaması **Şekil I.1.1**'deki Cadet-II'nin **Şekil I.1.2**'de gösterilen elektrik sinyal üretici birimi kullanılarak gerçekleştirilir. Birimde dört döndürülebilir ayar düğmesi ve pin soket yuvası kutusu görülmektedir.



ii. Pin soket yuvası kutusunun iç yapısındaki iletim hatları yuva üzerinde kırmızı çizgilerle gösterilen dikey doğrultudadır. Bu bağlamda ayarlanacak elektrik sinyal çıkışı için dikey doğrultudaki beş sütunda yer alan soket girişlerinden herhangi biri kullanılır.

iii. Elektrik sinyal çıkışı için kullanılacak pin soket yuvası çıkışı bir frekans sayıcı probunun elektrik sinyal girişine bağlanır.

Şekil I.1.2. Elektrik sinyal üretici

iv. İstenen elektrik sinyalin dalga formu (sinüzoidal, üçgen, kare) döndürülebilir dalga formu (Waveform) düğmesiyle seçilir.

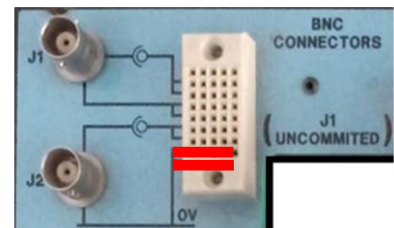
v. İstenen elektrik sinyalin frekans aralığı döndürülebilir frekans erimi (Frequency Range) düğmeyle seçilir. Seçilen değer ayarlanacak elektrik sinyal frekansının üst değeri olup alt değeri bu değer %10'u kadardır. Yani, üst sınır olarak 10kHz seçildiyse, ayarlayabileceğiniz frekans aralığı 1 kHz ile 10 kHz arasındadır.

vi. İstenen frekans değeri frekans sayacı ekranı gözlemlenerek döndürülebilir frekans ayar (Frequency Adjust) düğmesiyle ayarlanır.

vii. İstenen elektrik sinyal genliği için, elektrik sinyal çıkışı için kullanılan pin soket yuvası çıkışı ya AC voltaj ölçüm modundaki bir multimetreye ya da bir osiloskopa bağlanır.

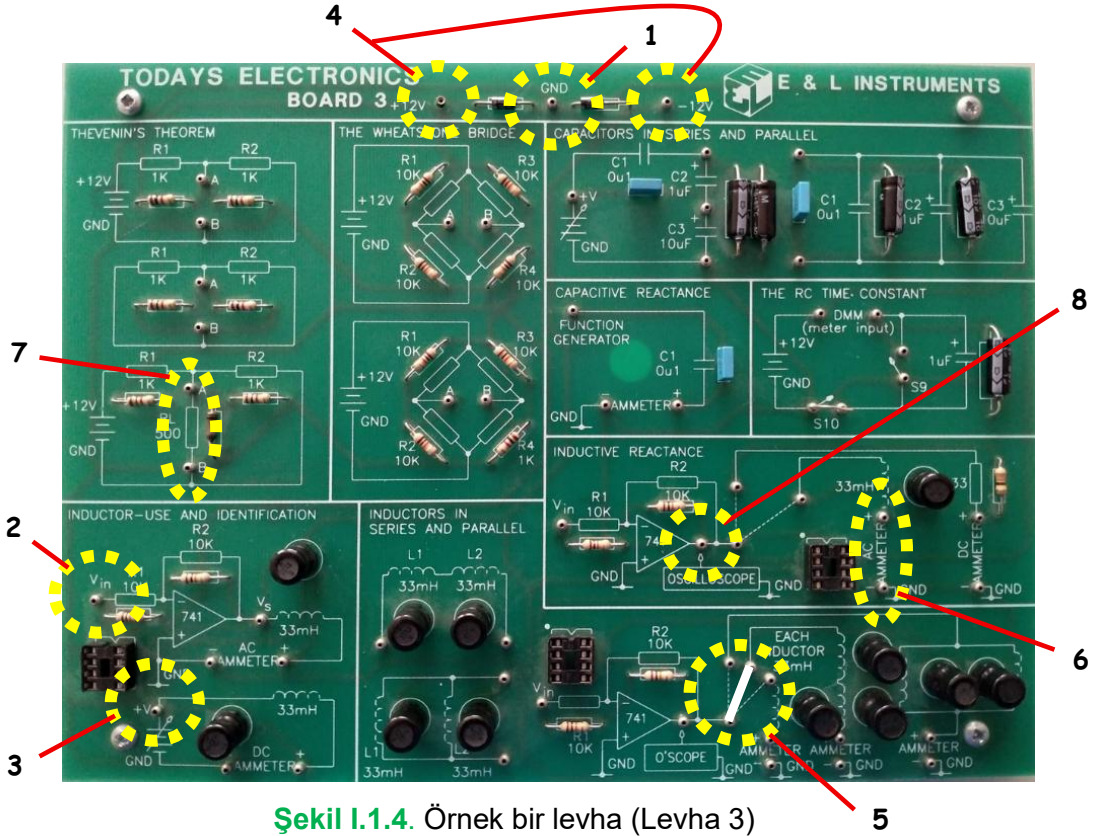
viii. İster multimetreye isterse osiloskop'a bağlanmış olsun, ilgili cihazın ekranı gözlemlenerek döndürülebilir yükseltgeç (Amplifier) düğmesiyle istenilen elektrik sinyal genliği ayarlanır.

- **BNC bağlantıları** : Bu birimdeki pin soket yuvası kutusunun iç yapısındaki iletim hatları yuva üzerinde kırmızı çizgilerle gösterilen yatay doğrultudadır. Her ne kadar BNC tipi bağlantılar için bir birim olsa da, **Şekil I.1.3**'te gösterilen bu birimin yalnızca pin soket yuvasının alt iki satırı kullanılacaktır. Bu iki satır **toprak (ground = GND = 0V)** bağlantısıdır.



Şekil I.1.3. BNC bağlantıları

- **Levha (Board)** : Bu alana gerçekleştirilecek deneylerin hazır devreleri bulunan levhalar yerleştirilir. Deneyler süresince kullanılacak toplam beş levha bulunmaktadır. İlgili deney hangi numaralı levhada yer alıyorsa, o numaralı levha **Şekil I.1.1**'de gösterilen levha yerleştirme alanına yerleştirilir. **Şekil I.1.4**'te örnek bir levha görülmektedir.

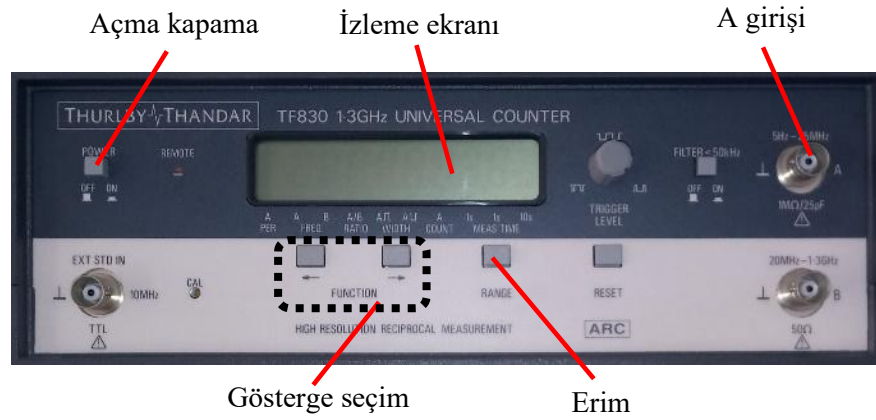


Şekil 1.1.4. Örnek bir levha (Levha 3)

Levhanın yerleşiminden sonra levhadaki kullanılacak devrenin güç ve diğer bağlantıları yapılır. Bunun için;

- **1 no'lu dairede** gösterilmiş pine, levhadaki devrelerin toprak bağlantılarının ortak olduğu için **0 V** bağlantısı yapılır. **GND** pini levha içerisinde tüm devrelerin **GND** uçlarına bağlıdır.
- **2 no'lu** daire ile gösterilmiş **V_{in}** bağlantısı bulunan devrelerdeki bu pine elektrik sinyal üreticiden alınıp ayarlanmış elektrik sinyal kablosu bağlanır.
- **3 no'lu** daire ile gösterilmiş **+V** pinine sabit **+5 V** veya ayarlanabilir güç kaynağının ilgili değerdeki voltaj bağlantısı gerçekleştirilir.
- **4 no'lu** daire ile gösterilen pinler entegre besleme voltaj giriş pinleridir. Entegre besleme pinlerinin levha üzerindeki tüm entegrelerle ortak bağlantısı olduğundan, yalnızca bu pinlere gerekli çalışma voltajları (**-12 V** ve **+12 V**) ayarlanabilir güç kaynağından ayarlayarak verilmesi ile entegreler beslenmiş olur.
- Bazı devrelerdeki devre elemanlarının değerleri değiştirilerek deney ölçümlerinin tekrarlanması gerekmektedir. Bu durumda bağlantı pinleri arasında **atlayıcı (jumper)** kullanılmaktadır. **5 no'lu** daire ile gösterilmiş bölgede pine gelen elektrik sinyalinin ilerleme yönü atlayıcı vasıtasıyla istenilen pine ilerlemesi sağlanır.
- Levha üzerinde ölçüm cihazlarının bağlantıları için pinler mevcuttur. **6 ve 7 no.lu** daireler ile gösterilen bölgede **6 no.lu** pinlere ampermetrenin problemleri seri bağlanırken **7 no.lu** pinlere voltmetrorenin problemleri paralel bağlanır.
- **8 no'lu** daire ile gösterilen pine osiloskop probunun elektrik sinyal giriş ucu bağlanır.

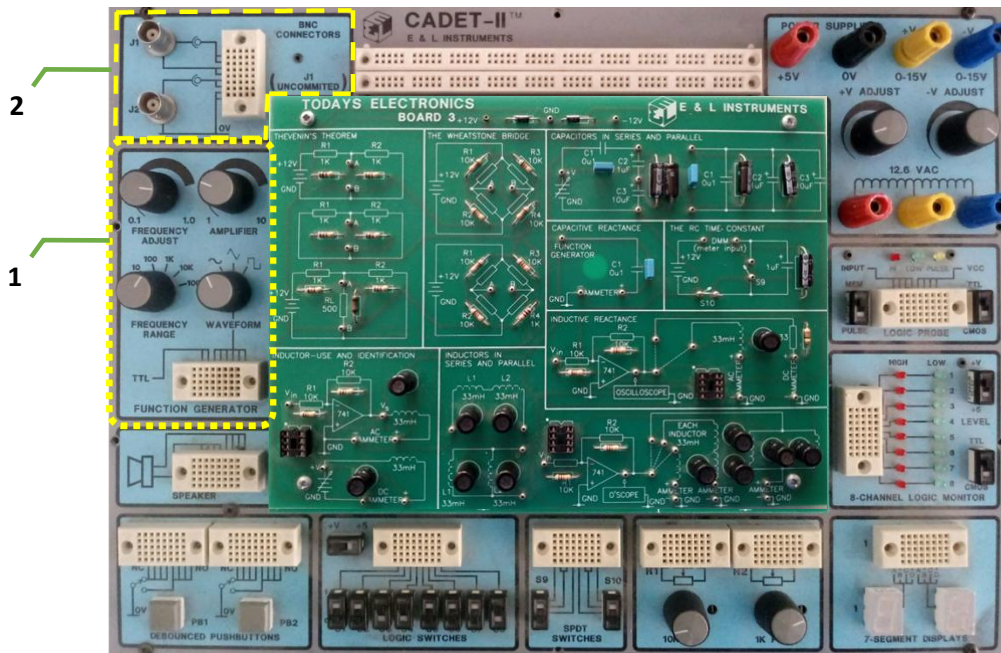
I.2. Frekans Sayacı: AC modundaki bir elektrik sinyalin frekans değerin ölçülmesinde kullanılan cihaz **Şekil I.2.1**'de gösterilmiştir.



Şekil I.2.1. Frekans sayacı

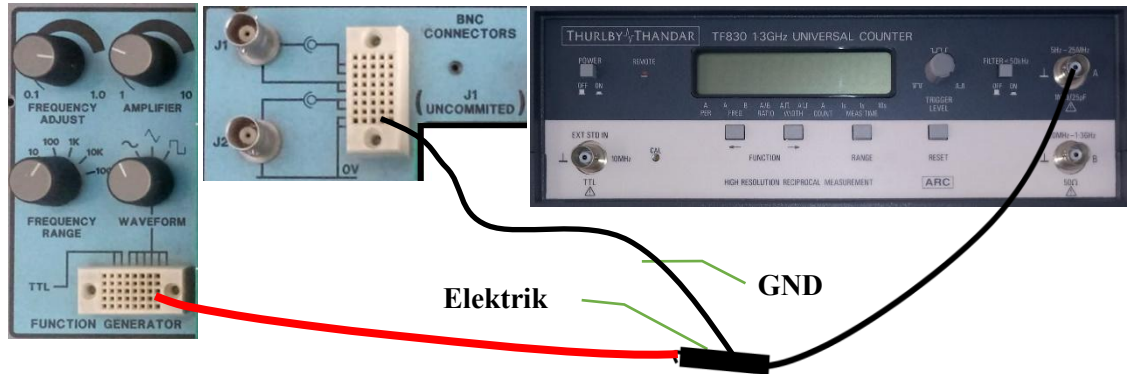
- **Açma-kapama** : Frekans sayacına güç veren düğmedir.
- **İzleme ekranı** : İlgili verilerin okunduğu ekrandır.
- **Gösterge seçimi**: Görüntüleme değerleri arasında geçiş sağlayan düğmedir.
- **A girişi** : Ölçülecek 5 Hz – 20 MHz aralığındaki elektrik sinyalin prob girişidir.
- **Erim** : Elektrik sinyal değerini görüntüleme kolaylığı için katsayı ayarlama düğmesidir.

Örnek: Cadet-II üzerinden 1 kHz'lik sinüzoidal elektrik sinyal çıkışı ayarlanması



Şekil I.2.2. Cadet-II

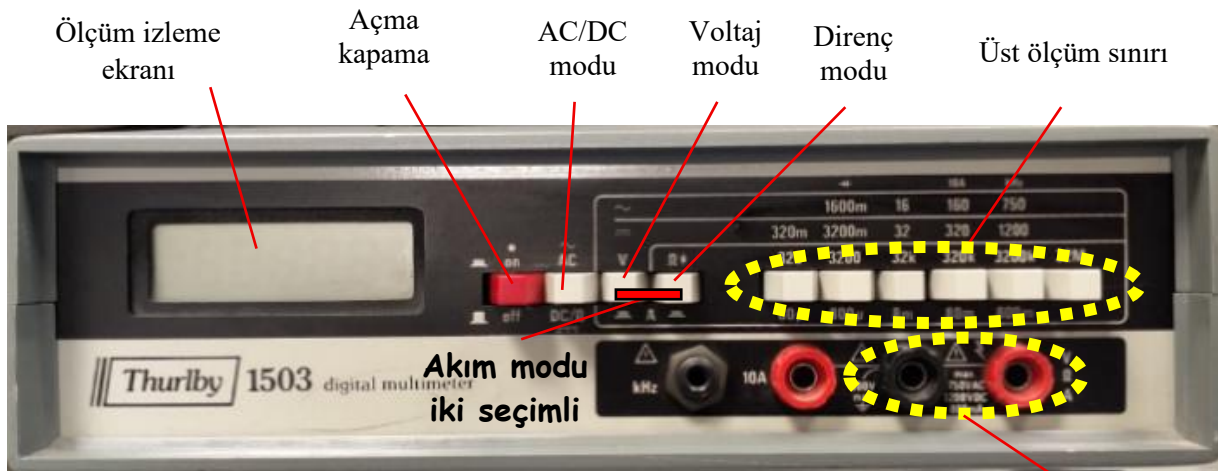
1 kHz'lik frekans çıkışı ayarlaması **Şekil II.2.2**'deki Cadet-II'nin 1 ve 2 no.lu tireli çizgileri ile gösterilen fonksiyon üretici (Function Generator) ve BNC bağlantıları (BNC Connectors) ile **Şekil II.2.3**'teki gibi yapılabilmektedir.



Şekil I.2.3. Cadet-II ile frekans ayarlaması

- Pin soket yuvasının sağ altı sütunluk kısmının herhangi bir soketinden çıkış olarak frekans sayacında **A** probu girişine bağlı probun elektrik sinyal girişi ucuna bağlayınız.
- Probun yanında yer alan GND girişini de 2 no.lu tireli çizgilerle gösterilen BNC bağlantıları (BNC connectors) kısmının soket yuvasının alt iki satırında herhangi bir yuvasına bağlayınız.
- Fonksiyon üretici kısmında yer alan dalga formu (Waveform) ayar düğmesini **sinüzoidal** dalga ayarına getiriniz.
- Fonksiyon üretici kısmında bulunan frekans erim (Frequency Range) ayar düğmesini **1 kHz**'e getiriniz.
- Frekans sayacını **Frekans A** moduna ayarlayınız. Frekans değerini ekranda izleyerek, frekans üretici kısmında yer alan frekans ayar (Frequency Adjust) düğmesi ile **1 kHz**'lik elektrik sinyalinizi ayarlayınız.

I.3. Multimetre: Voltaj, akım ve direnç değerlerini ölçebilen bir cihazdır. Farklı özelliklerde ve yapılarda olan multimetrenin bir örneği **Şekil I.3.1**'de gösterilmiştir.



Şekil I.3.1. Multimetre

- **Açma-kapama** : Mutimetreye güç veren düğmedir.
- **Ölçüm izleme ekranı** : Ölçüm değerlerinin okunduğu ekrandır.
- **AC/DC modu** : Ölçümü alınan elektrik sinyalin mod seçim düğmesidir.
- **Voltaj modu** : Seçilen elektrik sinyal moduna uygun voltaj ölçüm seçim düğmesidir.
- **Direnç modu** : Direnç ölçüm seçim düğmesidir.
- **Üst ölçüm sınırı** : Ölçümü alınacak elektrik sinyalin üst sınır ayar düğmeleridir.
- **Prob yuvaları** : Probların bağlandığı yuvalardır.
- **Akım modu** : Seçilen elektrik sinyal moduna uygun iki seçimli akım ölçüm seçim düğmeleridir.

Multimetre, ampermetre modunun **iç direnci küçük** olması nedeniyle devreye **seri**, **voltmetre** modunun **iç direnci büyük** olması nedeniyle devreye **paralel** bağlanır. **Ohmmetre** devre **kapalıyken** bağlanması gerektiğine dikkat ediniz. Buna ek olarak, ölçümü alınacak modun değeri bilinmiyorsa ilgili modun üst sınır seçim değeri maksimumda olacak şekilde ayarlayınız. Ölçüm hassasiyetine göre sınır değer düşürülebilir. Böylelikle multimetreye aşırı yük bindirmek suretiyle zarar verilmemiş olur.

Örnek: Cadet-II üzerindeki güç kaynağından 6 V'luk DC voltaj ayarlanması

DC voltaj çıkışı ayarlaması **Şekil I.3.2**'deki gibi **güç kaynağı** kısmı ile yapılabilmektedir.

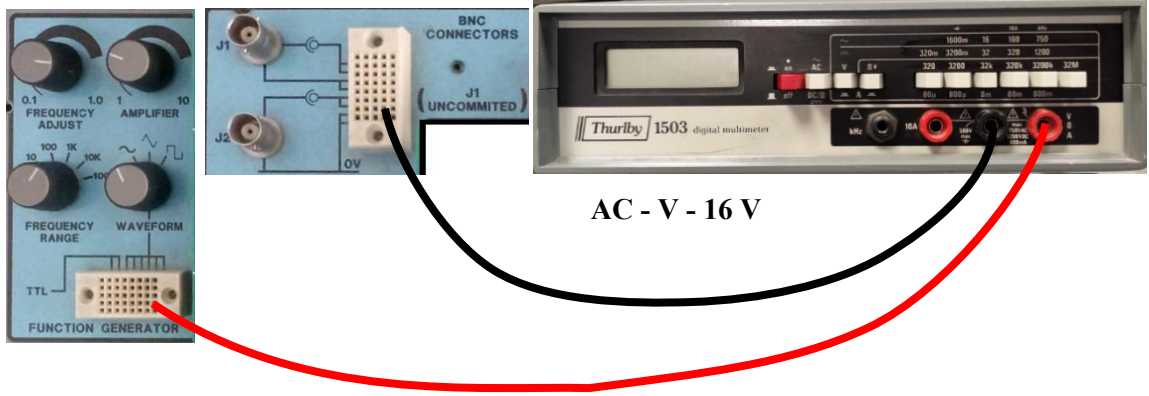


Şekil I.3.2. Güç kaynağı ile DC voltaj ayarlama bağlantısı

- Multimetreyi **Şekil I.3.2**'deki verilere göre ayarlayınız.
- **+V** ayarı için multimetrenin problelerinden birini güç kaynağı üzerindeki **0-15 V** çıkışlı **+V** yuvasına bağlayınız. (**-V** ayarı için ise **-V** yuvasına bağlayınız) Diğer probu **0 V** yuvasına bağlayınız.
- Multimetre ekranını gözlemleyerek güç kaynağı üzerindeki **+V** döndürülebilir ayar düğmesi ile **6 V**'u ayarlayınız.

Örnek: Multimetre kullanarak Cadet-II üzerindeki elektrik sinyal üreticinden 6 V'luk AC voltaj çıkışı ayarlanması

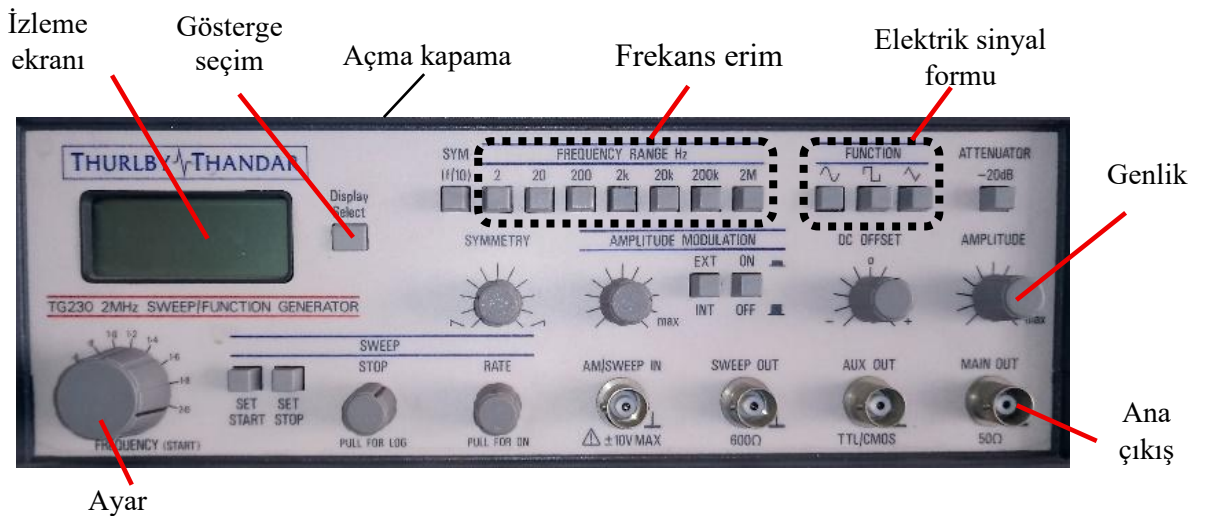
AC voltaj çıkışı ayarlaması Şekil I.3.3'teki gibi elektrik sinyal üretici kısmı ile yapılabilmektedir.



Şekil I.3.3. Multimetre kullanarak frekans üretici ile AC voltaj ayarlama bağlantısı

- Multimetreyi Şekil I.3.3'teki verilere göre ayarlayınız.
- Multimetrenin problarından birine frekans çıkışının olduğu elektrik sinyal üretici yuvalarından birine bağlayınız. Diğer probu BNC bağlantılarının 0 V yuvalarından birine bağlayınız.
- Elektrik sinyal üretici kısmında yer alan yükseltgeç (Amplifier) ayar düğmesini 6 V'a ayarlayınız.

I.4. Frekans Üretici: Deneylerde AC modundaki bir elektrik sinyalin form, frekans ve genlik ayarlamasında kullanılan cihaz Şekil I.4.1'de gösterilmiştir.

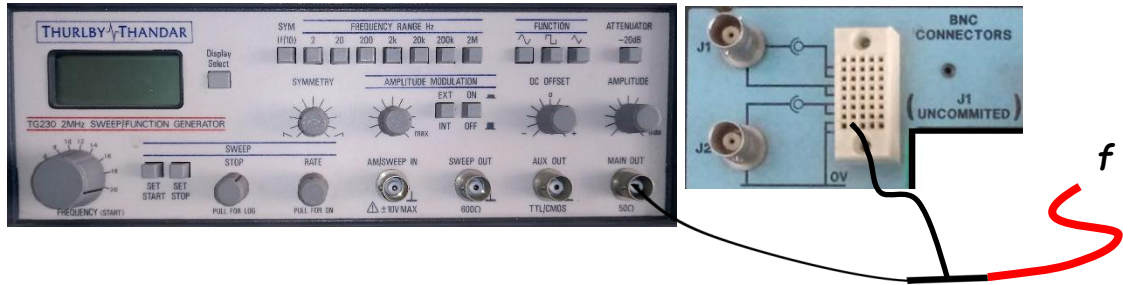


Şekil I.4.1. Frekans üretici

- **Açma-kapama:** Frekans üreticinin arkasında bulunan ve cihaza güç veren düğmedir.
- **İzleme ekranı:** İlgili verilerin okunduğu ekrandır.
- **Gösterge seçimi:** Görüntüleme değerleri arasında geçiş sağlayan düğmedir.
- **Frekans erimi:** Ayarlanacak elektrik sinyal frekansının üst sınırını belirleyen düğmelerdir.
- **Elektrik sinyal formu:** Ayarlanacak elektrik sinyalin formunu belirleyen düğmelerdir.
- **Genlik:** Ayarlanacak elektrik sinyalin genliğini belirleyen düğmedir.
- **Ayar:** Ayarlanan frekans erim sınırları dahilinde, frekans belirleme düğmesidir.
- **Ana çıkış:** Elektrik sinyali dışarıya verecek probun bağlandığı yuvadır.

Örnek: Elektrik sinyal üretici ile 1 kHz'lik sinüzoidal elektrik sinyal çıkışı ayarının yapılması

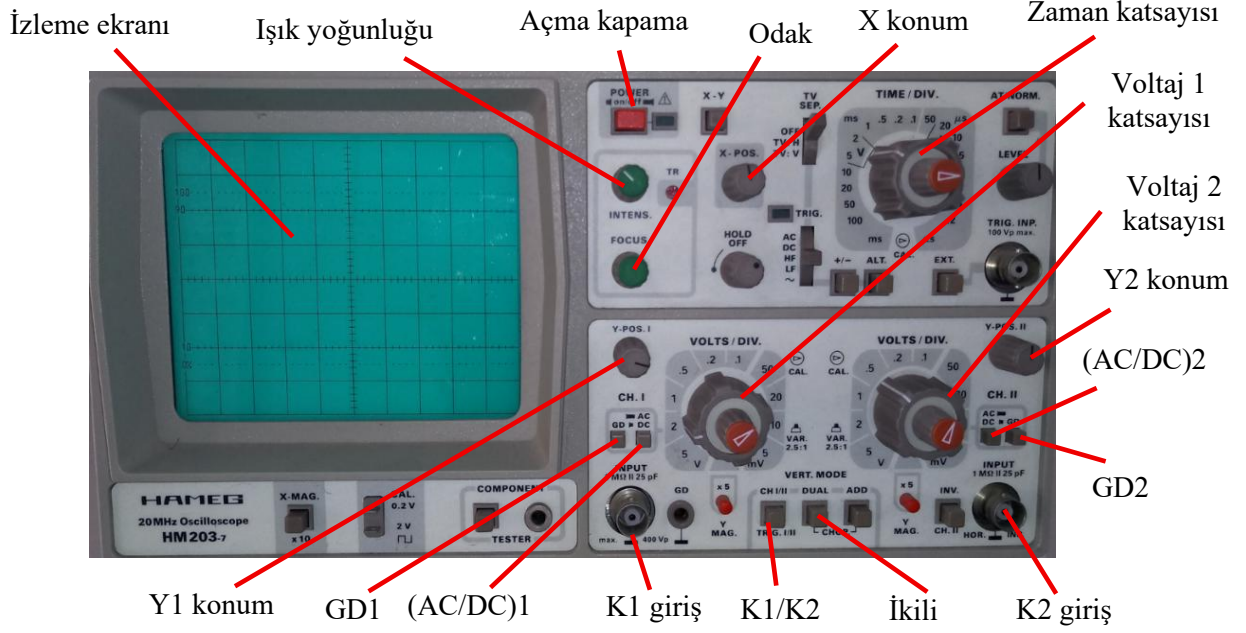
1 kHz'lik frekans çıkışı ayarlaması Cadet-II'den bağımsız olarak **Şekil I.4.2**'deki gibi bir frekans üretici ile de gerçekleştirilebilir.



Şekil I.4.2. Frekans üretici ile frekans ayarlaması

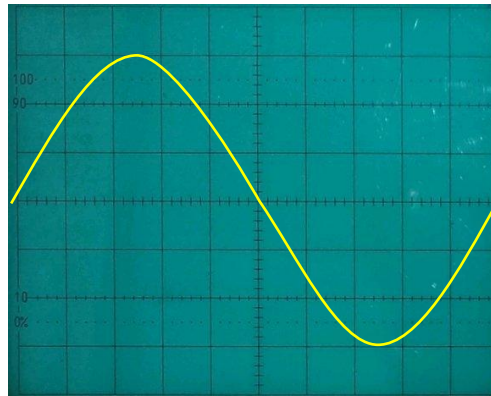
- Probunuzun çıkışını frekans üreticinin (Function Generator) ana çıkış (Main Out) soketine bağlayın. Probu GND ucunu BNC bağlantılarının **0 V** girişlerinden birine bağlayın.
- Frekans üreticinin frekans erimini **2 kHz**, dalga tipini **sinüzoidal** seçiniz.
- Ekran seçimi (Display Select) butonuyla frekans görüntüleme modunu ayarlayınız.
- Döndürülebilir frekans düğmesiyle istenilen frekans çıkışı olan **1 kHz**'lik elektrik sinyali ekranda görüntülenene kadar döndürün.

I.5. Osiloskop: Elektrik sinyallerinin özelliklerini dalga formlarıyla birlikte görebilmesini ve hesaplanabilmesini sağlayan elektronik bir cihaz olup **Şekil I.5.1**'de gösterilmiştir.



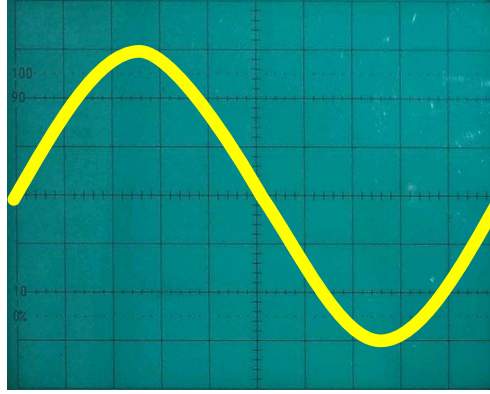
Şekil I.5.1. Osiloskop

- **Açma-kapama** : Osiloskopa güç veren düğmedir.
- **İzleme ekranı** : İlgili elektrik sinyalin izlendiği ekrandır. Örnek bir ekran görüntüsü **Şekil I.5.2**'de verilmiştir.



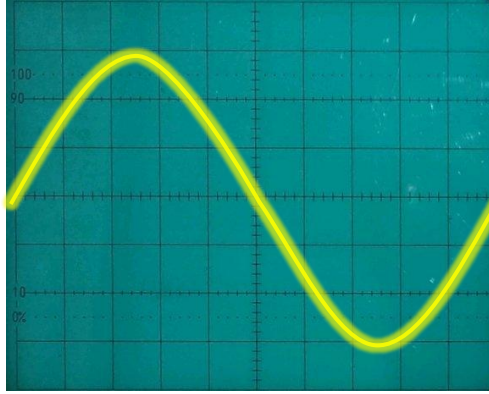
Şekil I.5.2. Örnek ekran görüntüsü

- **Işık yoğunluğu** : Ekrandaki elektrik sinyalin ışık yoğunluğu ayar düğmesidir. Elektrik sinyalin ışık yoğunluğunda değişiklik yapılmış bir ekran görüntüsü **Şekil I.5.3**'te verilmiştir.



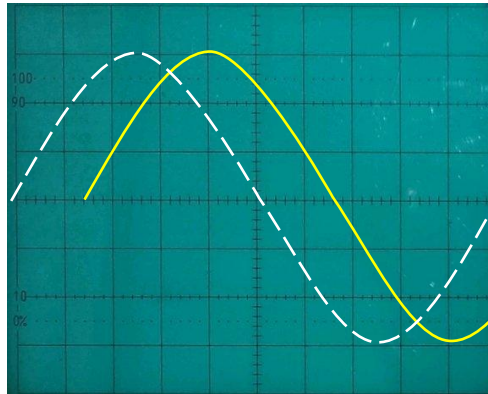
Şekil I.5.3. Elektrik sinyalin ışık yoğunluğunda değişiklik yapılmış ekran görüntüsü

- **Odak** : Ekrandaki elektrik sinyalin odak keskinliği ayar düğmesidir. Elektrik sinyalin odağında değişiklik yapılmış ekran görüntüsü **Şekil I.5.4**'te gösterilmiştir.



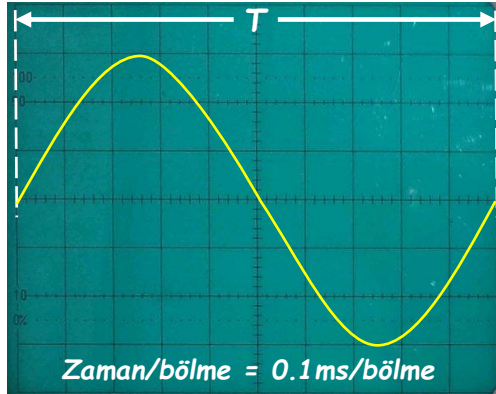
Şekil I.5.4. Elektrik sinyalin odağında değişiklik yapılmış ekran görüntüsü

- **X konumu**: Elektrik sinyali yatayda kaydırma düğmesidir. Elektrik sinyalin yatayda sağa kaydırılmış ekran görüntüsü **Şekil I.5.5**'te gösterilmiştir.



Şekil I.5.5. Elektrik sinyalin yatayda sağa kaydırılmış ekran görüntüsü

- **Zaman katsayısı** : Elektrik sinyalin yataydaki bir büyük dikey dilimlik uzanım katsayısıdır. Zaman katsayısına göre elektrik sinyalin periyot ve frekans hesabı **Şekil I.5.6**'da verilmiştir.



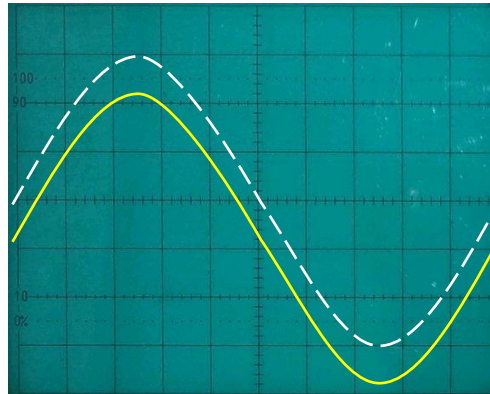
Bir **periyotluk** (T) hareket ekranın en solundan başlayıp en sağına kadar uzanmaktadır. Bu mesafe **on** büyük dikey dilimden (bölmeden) oluşmaktadır. Osiloskopun **zaman/bölme** katsayısı **0.1 ms** ise ve **frekans** (f)'de periyotun tersi olduğuna göre T ve f ;

$$T = 10 \text{ bölme} \cdot 0.1 \frac{\text{ms}}{\text{bölme}} = 1 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \text{ ms}} = 10^3 \text{ s}^{-1} = 10^3 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$$

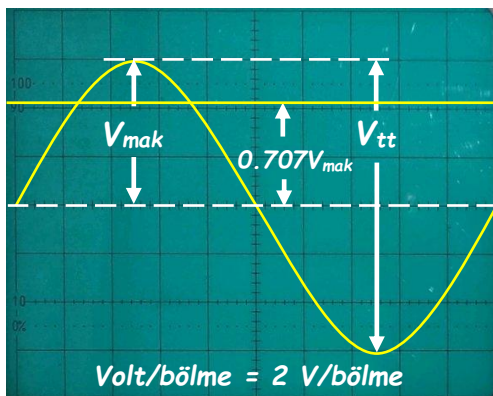
Şekil I.5.6. Zaman katsayısına göre elektrik sinyalin periyot ve frekans hesabı

- **Y1/Y2 konum** : K1/K2 girişlerine gelen elektrik sinyali dikeyde kaydırma düğmeleridir. Elektrik sinyalin dikeyde aşağıya kaydırılmış ekran görüntüsü **Şekil I.5.7**'de gösterilmiştir.



Şekil I.5.7. Elektrik sinyalin dikeyde aşağıya kaydırılmış ekran görüntüsü

- **Voltaj 1 katsayısı/Voltaj 2 katsayısı** : Elektrik sinyalin dikeydeki bir büyük karelik uzanım katsayısıdır. Voltaj katsayısına göre elektrik sinyalin **maksimum voltaj** (V_{mak}), **tepeden tepeye voltaj** (V_{tt}) ve **etkin voltaj** (V_{etkin}) hesabı **Şekil I.5.8**'de verilmiştir.



Elektrik sinyalin taban durumundan her iki dikey polarite doğrultusundaki maksimum açılmalar üç büyük yatay dilimden (bölmeden) oluşmaktadır. Bu mesafe V_{mak} dur.

$$V_{\text{mak}} = 3 \text{ bölme} \cdot 2 \frac{\text{V}}{\text{bölme}} = 6 \text{ V}$$

Dikey doğrultudaki açılmalar arasındaki mesafe V_{tt} 'dir.

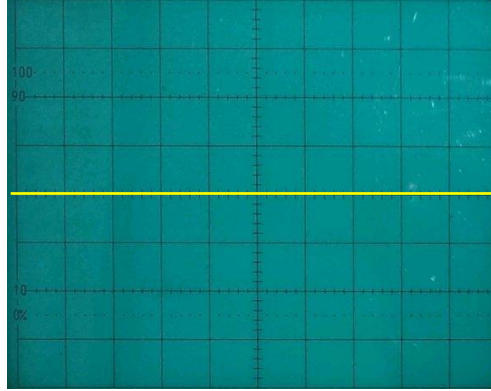
$$V_{\text{tt}} = 6 \text{ bölme} \cdot 2 \frac{\text{V}}{\text{bölme}} = 12 \text{ V} = 2 \cdot V_{\text{mak}}$$

AC modun DC moddaki eşdeğer etkisi V_{etkin} 'dir.

$$V_{\text{etkin}} = \frac{V_{\text{mak}}}{\sqrt{2}} = \frac{6 \text{ V}}{\sqrt{2}} \approx 4.243 \text{ V}$$

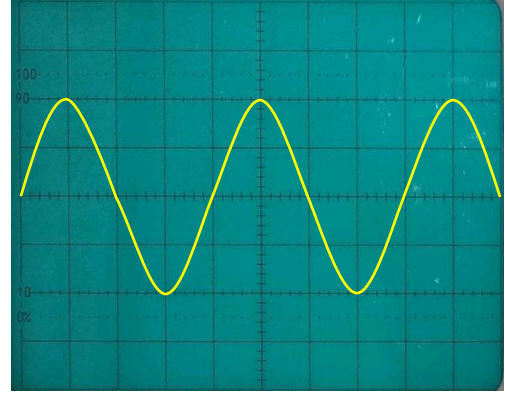
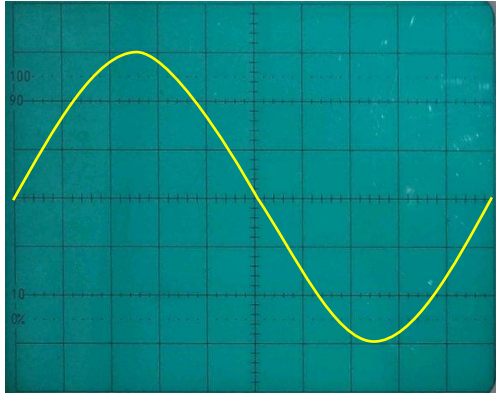
Şekil I.5.8. Voltaj katsayısına göre elektrik sinyalin V_{mak} , V_{tt} ve V_{etkin} hesabı

- **GD1/GD2** : Elektrik sinyallerinin taban durumları ayar düğmeleridir. Elektrik sinyalin taban durum ayarını **Y1/Y2 konum** ayar düğmesiyle gerçekleştirilir. Elektrik sinyalin taban durumundaki ekran görüntüsü **Şekil I.5.9**'da verilmiştir.



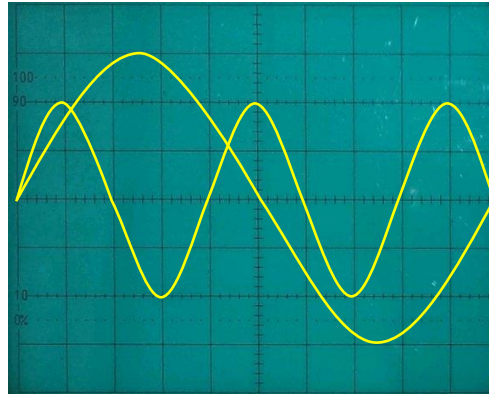
Şekil I.5.9. Elektrik sinyalin taban durumu ekran görüntüsü

- **(AC/DC)1/(AC/DC)2** : Görüntülenecek elektrik sinyalin tipi ayar düğmeleridir.
- **K1/K2** : Elektrik sinyal kanalı seçim düğmesidir. **K1** ve **K2** girişlerine bağlı örnek iki farklı elektrik sinyalin ekran görüntüleri seçime bağlı olarak **Şekil I.5.10**'da verilmiştir.



Şekil I.5.10. K1/K2 seçimine bağlı elektrik sinyallerin örnek ekran görüntüleri

- **İkili** : Her iki elektrik sinyali eşzamanlı görüntüleme düğmesidir. **K1** ve **K2** girişlerindeki örnek elektrik sinyallerinin eşzamanlı osiloskop ekranındaki görüntüleri **Şekil I.5.11**'de gösterilmiştir.

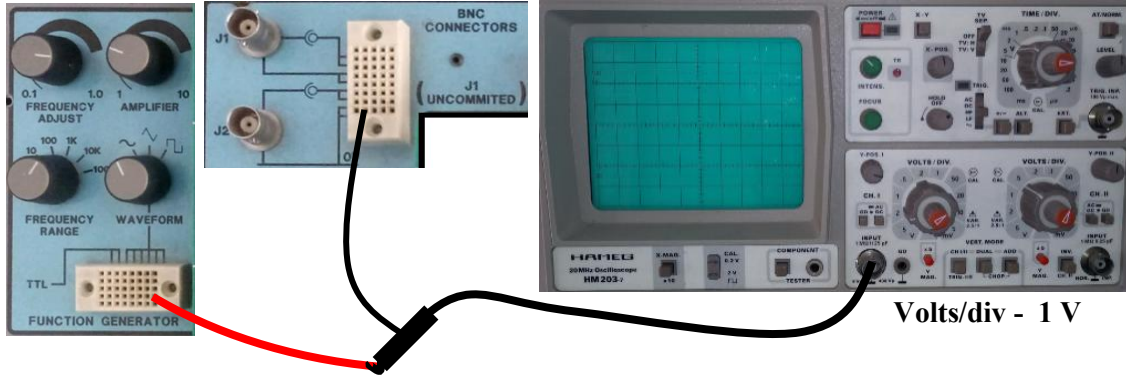


Şekil I.5.11. K1 ve K2 girişinden gelen elektrik sinyallerin eşzamanlı ekran görüntüleri

- **K1 giriş/K2 giriş** : Elektrik sinyallerinin girişleri için prob bağlantı yuvalarıdır.

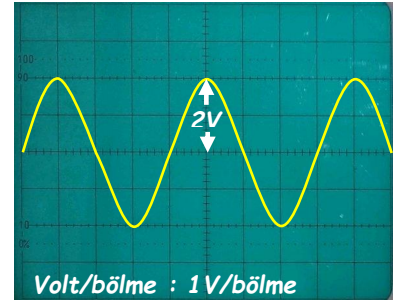
Örnek: Osiloskop kullanarak Cadet-II üzerindeki elektrik sinyal üreticiden 2 V'luk AC voltaj çıkışı ayarlanması

AC voltaj çıkışı ayarlaması **Şekil 1.5.12**'deki gibi **elektrik sinyal üretici** kısmı ile yapılabilmektedir.



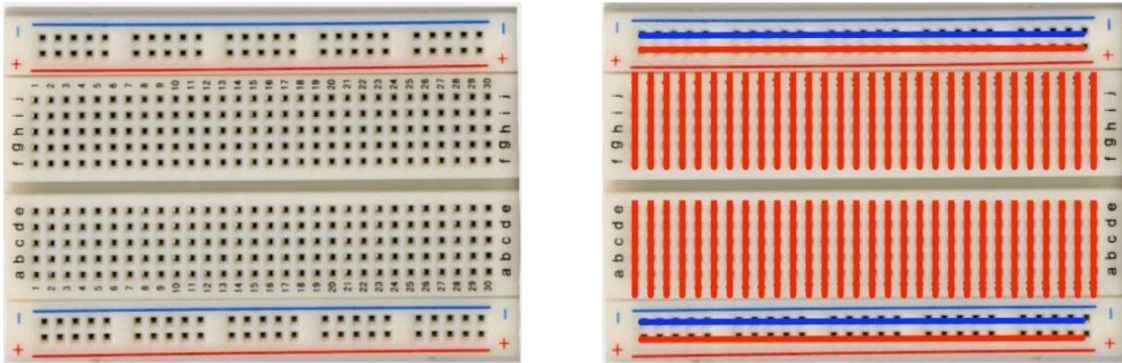
Şekil 1.5.12. Osiloskop kullanarak frekans üretici ile AC voltaj ayarlama bağlantısı

- Osiloskopu **Şekil 1.5.12**'deki veriye göre ayarlayınız.
- **Frekans üretici** üzerindeki **yükselteç** (Amplifier) düğmesini döndürerek osiloskoptaki **voltaj katsayısına** göre **Şekil 1.5.13**'te gösterilen ekran üzerindeki **denge hizasından** gerekli **2 V**'luk **dikey uzanımı** elde ediniz.

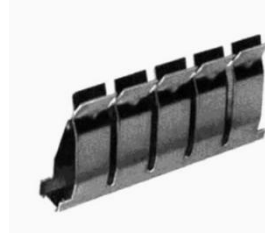


Şekil I.5.13. 2 V'luk ekran görüntüsü

1.6. Deneme Levhası (Breadboard): Kurmak istenilen devrenin istenilen ölçüde çalışıp çalışmadığının test edilmesi için kullanılan bir deneme levhasıdır. Devre elemanların tak- çıkar yöntemiyle herhangi bir lehim gerektirmeksizin birbirleriyle iletimi sağlanabilir. Bu deneme levhası üzerinde gerekli ölçümler ve denemeler yapıldıktan sonra, gerek deneme levhasının kendisi gerekse kullanılan devre elemanları tekrar tekrar başka projelerde kullanılabilir. **Şekil 1.6.1**'de örnek bir deneme levhası gösterilmiştir. Deneme levhasının taban kısmı aralandığında iç kısmının **Şekil 1.6.2**'deki gibi bir görünümü vardır. Görünen paralel konumlanmış parlak kısımlar metalden oluşan kısaçlardır. Her biri mandal şeklinde olan bu kısaçların uçları deneme levhasının ön kısmındaki yuvalara bakmaktadır. Dolayısıyla yuvaya geçirilen bir iletken tel kısaçlar vasıtasıyla sabit tutulmaktadır.

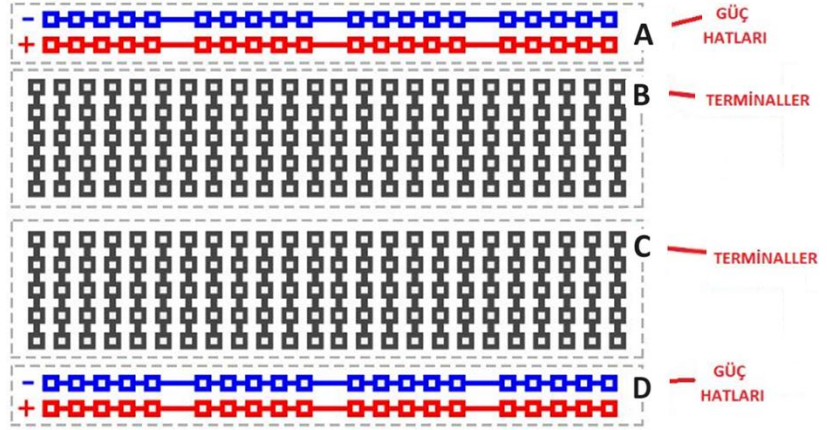


Şekil I.6.1. Deneme levhası



Şekil I.6.2. Deneme levhası iç görünümü

Deneme levhasındaki yuvalar belirli iletim yolları halinde gruplara ayrılmıştır. **Şekil I.6.3**'te gösterilen deneme levhasında iletim yollarının gruplandırılmış hali görülmektedir. **A** ve **D** bölgeleri güç hatları kullanımı için ayrılmış olup her biri **artı (+)** ve **eksi (-)** şeklinde şekle göre yatayda boydan boya uzanacak şekilde konumlanmıştır. **B** ve **C** grupları terminaller olarak kullanılmaktadır. Bu terminaller beşerli yuvalar halinde şekle göre dikey doğrultuda paralel iletim yolları oluşturmaktadır. Bağlantılı her yolun kendi içinde iletim oluşturduğuna dikkat ediniz.



Şekil I.6.3. Deneme levhası iletim yolları

II. DENEYLER

DENEY 1: BİRLEŞİK DEVRELERDE DİRENÇ, AKIM VE VOLTAJ

- Amaç:**
- Direnci tanımlamak
 - Direncin değerini bilinen yöntemlerle belirlemek
 - Dirençlerin birleşik devrelerde eşdeğer direncini belirlemek
 - Birleşik devrelerde iletim kanalları üzerindeki akımı belirlemek
 - Birleşik devrelerde direncin uçları arasındaki voltajı belirlemek

Teorik Bilgi: Direnç en temel elektrik ve elektronik devre elemanıdır. Elektronların akışına bir bariyer uygulayarak hızını sınırlayıp kontrol etme mantığına dayanmaktadır. SI birim sistemindeki birimi Ω 'dur. Direnç devre şemasında **Şekil II.1.1**'deki iki farklı şekilde gösterilmektedir.



Şekil II.1.1. Dirençlerin devre şemasındaki çizim şekilleri

Dirençlerin üretim yöntemlerine göre 3 tipi mevcuttur. Bunlar karbon, film ve tel dirençlerdir.

- **Karbon dirençler:** Hammaddesi karbon olup farklı direnç değerlerinde üretilmesi için uygun katkı maddeleri ilave edilerek üretimi gerçekleştirilir. Direncin toleransı yüksek seviyede olup %5 ve üzeri değerlerde yer alırlar.

- **Film dirençler:** Seramik gibi direnç özelliği yüksek bir malzeme (yalıtkan) üzerine karbon, metal veya metal oksit malzemelerinin film halinde kaplanması esasına dayanır. Direnç toleransı orta seviyede olup %0.1 civarı değerlerde yer alırlar.

- **Tel dirençler:** İyi iletkenliğe sahip bir malzemenin tel haldeki üretimine dayanır. Direnç toleransı düşük seviyede olup %0.1 altı değerlerde yer alırlar.

Dirençler geliştirildiğinden bu yana direnç değerinin anlaşılabilmesi için üretici firmalar farklı ifade standartları geliştirmişlerdir. Dirençlerin değerleri 3 farklı yöntemle ifade edilir. Bunlar doğrudan direnç üzerine yazılı değeri, harf kodunu veya renk kodunu okuyarak tespit edilebilir.

- **Direnç üzerinde yazılan değer:** Üretici firmalar ürettikleri direncin değerini doğrudan direnç üzerine yazmak suretiyle gerçekleştirmişlerdir. Bu değer okunarak direncin değeri belirlenmiş olur.

- **Harf kodu:** İmal edilen direncin üzerine harf içerikli kodlar yazılarak gerçekleştirilmiştir. Harf ilaveli kodlamada üç harf temel alınmıştır. Bunlar R, K ve M harfleridir. Bu harfler sırasıyla 10^0 , 10^3 ve 10^6 'ya karşılık gelip aynı zamanda virgöl görevi de görürler. Bu standarttaki dirençlerin belirlenmesine örnekler;

$$\begin{array}{llllll} 10R & \rightarrow & 10,0 \cdot 10^0 & \rightarrow & 10,0 \cdot 1 & \rightarrow & 10\Omega \\ 2K2 & \rightarrow & 2,2 \cdot 10^3 & \rightarrow & 2,2 \cdot 1000 & \rightarrow & 2200\Omega \\ R25 & \rightarrow & 0,25 \cdot 10^0 & \rightarrow & 0,25 \cdot 1 & \rightarrow & 0,25\Omega \end{array}$$

- **Renk kodu:** Direncin değeri üzerlerinde renk halkalarının çizilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu standartta renk halkaları üç, dört, beş veya altı adettir. Üç halkalı dirençlerin kullanımı pek yaygın değildir. Zira direnç toleransı %20 civarındadır. Bu geniş yelpazedeki direnç değer aralığı kurulacak bir devrenin istenilen beklentide kurulamamasına neden olacaktır. Dört halkalı dirençler genel kullanım ve beklenti için uygun dirençlerdir. Dört halkalı dirençlerin renk kodu ve örnek bir direncin okunması **Tablo II.1.1**'de verilmiştir. Beş halkalı dirençler dört halkalı dirençlere göre daha hassas direnç değerlerine sahiptir. Altı halkalı dirençlerde ilave olarak, sıcaklık katsayısına göre sıcaklığa bağlı direnç değişimi kontrol altında tutulabilmektedir. Beş ve altı halkalı dirençler daha çok askeri ve uzay gibi yüksek teknoloji gerektiren alanlarda kullanılmaktadır.

Tablo II.1.1. Renk kodu

Renk	Halka 1 (rakam)	Halka 2 (rakam)	Halka 3 (çarpan)	Halka 4 (tolerans)
Siyah	0	0	$\times 10^0$	-
Kahverengi	1	1	$\times 10^1$	%1
Kırmızı	2	2	$\times 10^2$	%2
Turuncu	3	3	$\times 10^3$	-
Sarı	4	4	$\times 10^4$	-
Yeşil	5	5	$\times 10^5$	%0,5
Mavi	6	6	$\times 10^6$	%0,25
Mor	7	7	-	%0,1
Gri	8	8	-	%0,05
Beyaz	9	9	-	-
Altın	-	-	$\times 10^{-1}$	%5
Gümüş	-	-	$\times 10^{-2}$	%10

Renk koduna göre bir direncin okunma



Kahverengi Siyah Turuncu Altın
1 0 $\times 10^3$ %5
 $10 \times 10^3 \Omega \pm 5\% = 10k\Omega \pm 5\%$
9,5k Ω - 10,5k Ω

Dikkat: Direncin üretim hatasına sahip olabileceği göz önünde bulundurularak, direncin değeri bir ohmmetre yardımıyla ölçülmesi en sağlıklı yöntemdir.

İletken bir teldeki serbest yükler olarak tanımladığımız elektronlar, telin uçlarına bir elektrik alan uygulandığında, tel boyunca sürüklenmeye başlayacaklardır. İletken teldeki herhangi bir kesit alanından birim zamanda (Δt) geçen yük miktarı (Δq) elektrik akımını (I) verir. **Eşitlik II.1.1**'de Δq 'nın birimi C , Δt 'nin birimi s ve I 'nin birimi A 'dır.

$$I(A) = \frac{\Delta q(C)}{\Delta t(s)} \quad (\text{II.1.1})$$

Voltaj birimi olan Volt (V) devrede herhangi iki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkı tanımlar. Bir iletken telden geçen $1 A$ 'lık akım (I), $1 W$ büyüklüğünde güç (P) harcayana kadarki ilerlemesi neticesinde $1 V$ 'luk potansiyel fark (V) oluşmuştur. Bu iki nokta arasındaki elektriksel potansiyel düşmesi $1 V$ olarak gerçekleşmiştir denir. **Eşitlik II.1.2**'de P 'nin birimi W , I 'nin birimi A ve V 'nin birimi V 'dir.

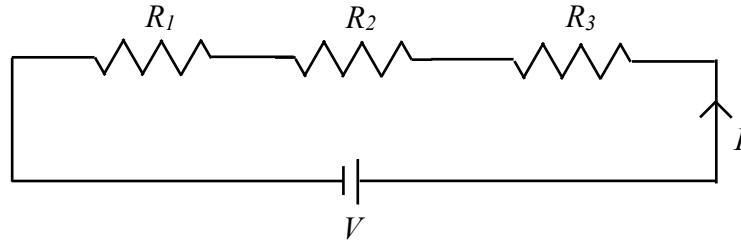
$$V(V) = \frac{P(W)}{I(A)} \quad (\text{II.1.2})$$

Ohm yasası olarak bilinen, iletken bir telin iki ucu arasındaki potansiyel farkın (V) tel içerisinde geçen akıma (I) oranı her daim sabittir. Bu sabit değer iletken telin direnci (R) olarak tanımlanır. **Eşitlik II.1.3**'de V 'nin birimi V , I 'nin birimi A ve R 'nin birimi Ω 'dur.

$$R(\Omega) = \frac{V(V)}{I(A)} \quad (\text{II.1.3})$$

Dirençler birbirleriyle seri, paralel veya karışık şekilde bağlanabilirler. Birden fazla direncin bulunduğu devrelerde eşdeğer sığa, dirençlerin bağlantı özellikleri dikkate alınarak tespit edilir.

- Seri bağlı dirençler: **Şekil II.1.2**'de gösterilen ve birden fazla direncin uç uca eklenmesiyle elde edilirler.



Şekil II.1.2. Seri bağlı dirençler

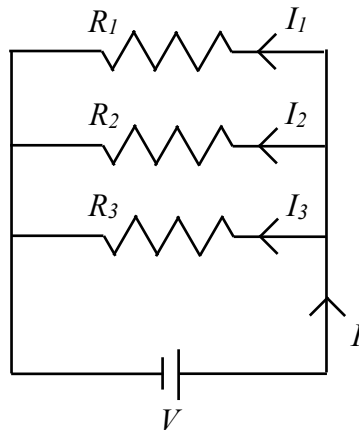
Devreden geçen I akımı her bir dirençten geçeceği aşıkardır. Her bir direnç üzerindeki potansiyel farkların toplamı güç kaynağındaki potansiyele eşittir.

$$V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR_{es}$$

Görüldüğü üzere, seri bağlı direnç sistemlerinde eşdeğer direnç bağlı dirençlerin doğrudan toplamalarına eşittir.

$$R_{es} = R_1 + R_2 + R_3$$

- Paralel bağlı dirençler: **Şekil II.1.3**'te gösterilen ve birden fazla direncin paralel olacak şekilde bağlanmasıyla elde edilir.



Şekil II.1.3. Paralel bağlı dirençler

Devreden geçen I akım değeri düğüm noktasında bağlı olan direnç değerlerine göre ters orantılı olacak şekilde ayrışır. Her bir direncin uçları arasındaki potansiyel fark güç kaynağının potansiyel farkına eşittir.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = V \left(\frac{1}{R_{eş}} \right)$$

Görüldüğü üzere paralel bağlı direnç sistemlerinde eşdeğer direncin tersi bağlı dirençlerin terslerinin toplamına eşittir.

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Bu eşitlikte düzenleme yapacak olursak;

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 R_3} + \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 R_3} + \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 R_3} = \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}{R_1 R_2 R_3}$$

$$R_{eş} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$

elde edilir.

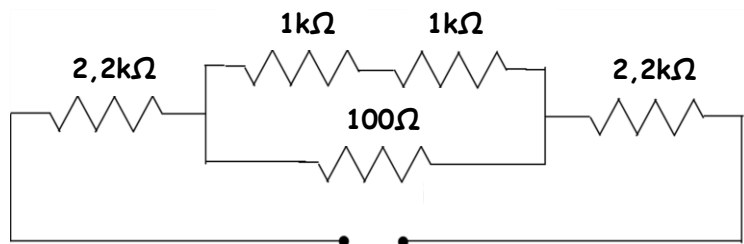
- **Karışık bağlı dirençler:** Dirençler seri ve paralel şekilde karışık olarak bağlanırlar. Bu devrelerdeki eşdeğer direnç dirençlerin devredeki seri veya paralel bağlantılarına göre kısmi yaklaşımla çözümlenerek bulunur.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Güç kaynağı
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 2
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Dirençler (1 x 100Ω, 6 x 1kΩ, 2 x 2,2kΩ)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.1.4**'deki devrenin eşdeğer direncini hesaplayıp **Tablo II.1.2**'e kaydedin.



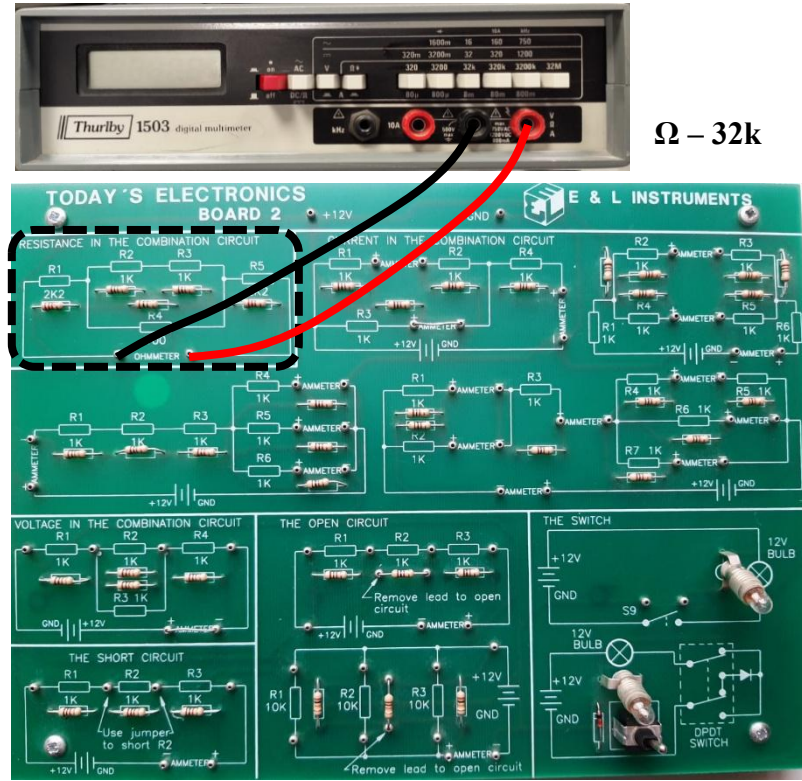
Şekil II.1.4. Direnç devresi

- ii. **Şekil II.1.4**'teki devrenin eşdeğer direncini **Şekil II.1.5**'teki gibi multimetre yardımıyla ölçerek **Tablo II.1.2**'ye kaydedin.

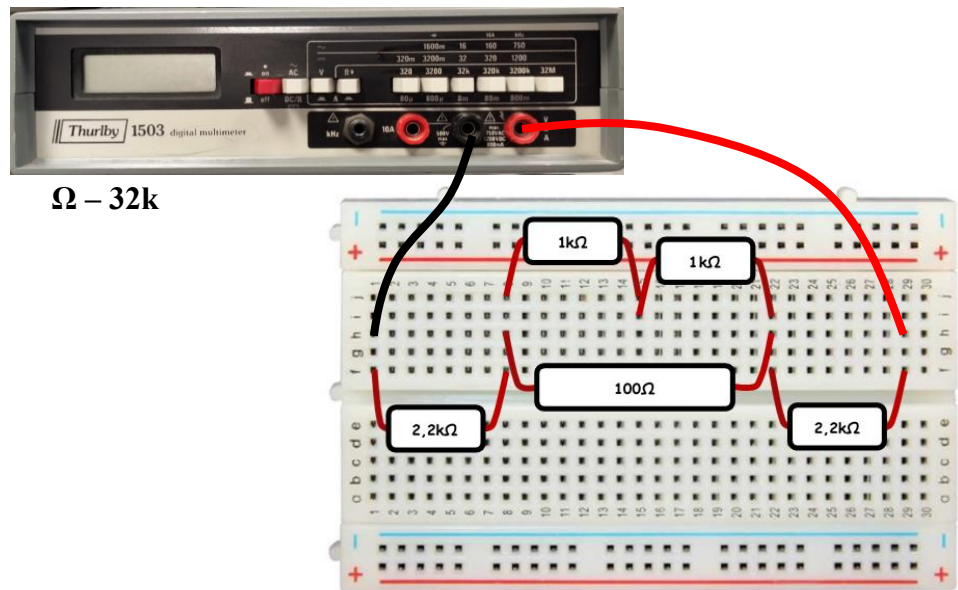
Tablo II.1.2. Eşdeğer direnç

	$R_{eş} (\Omega)$
Hesaplanan	
Ölçülen	

Cadet-II ile;

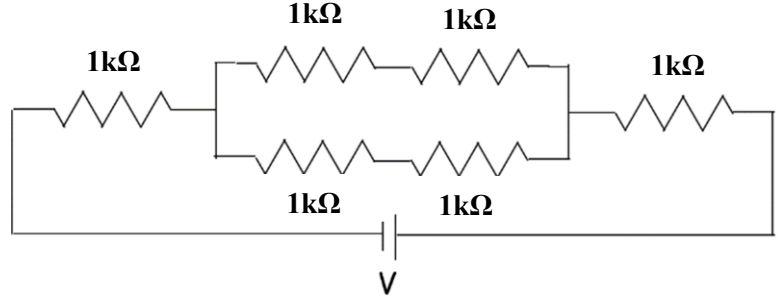


Breadboard ile;



Şekil II.1.5. Eşdeğer direnç ölçümü

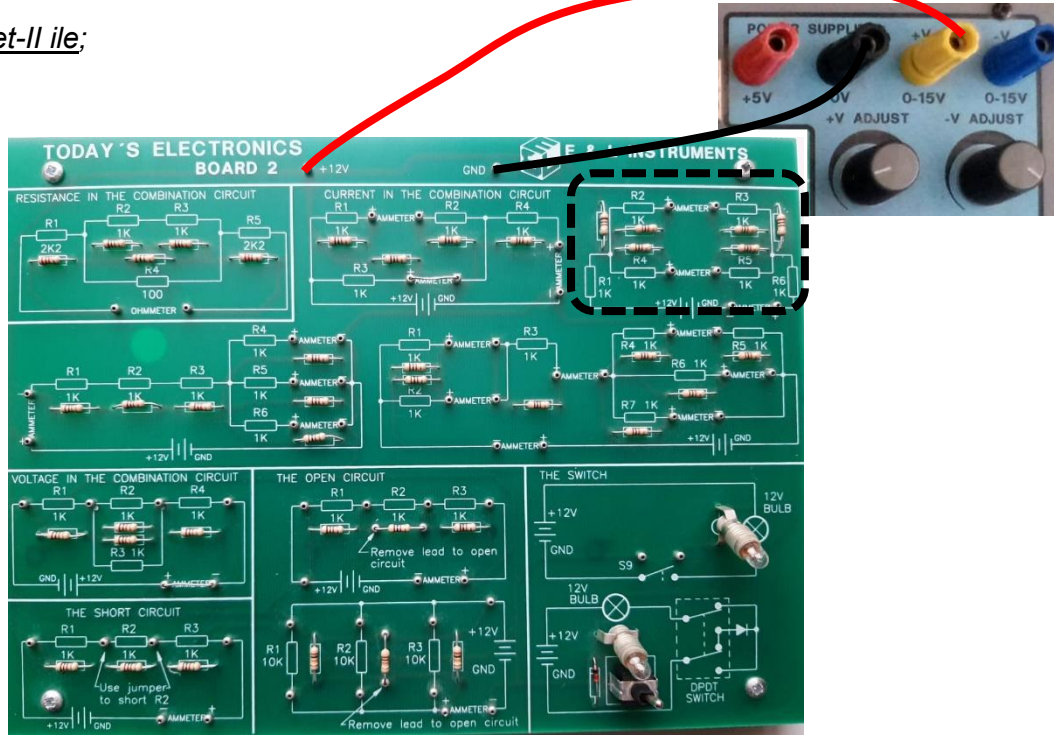
- iii. **Şekil II.1.6**'daki devrede her bir direnç üzerinden geçen akımı hesaplayarak **Tablo II.1.3**'e kaydedin.



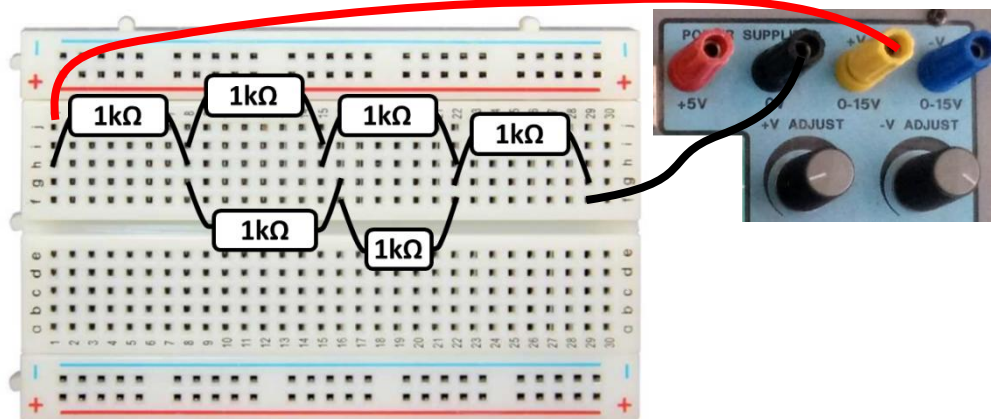
Şekil II.1.6. Karışık bağlı dirençler

- iv. Güç kaynağınızı **+12V**'a ayarlayın. **Şekil II.1.6**'daki devrenin güç bağlantısını **Şekil II.1.7**'deki gibi bağlayın.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



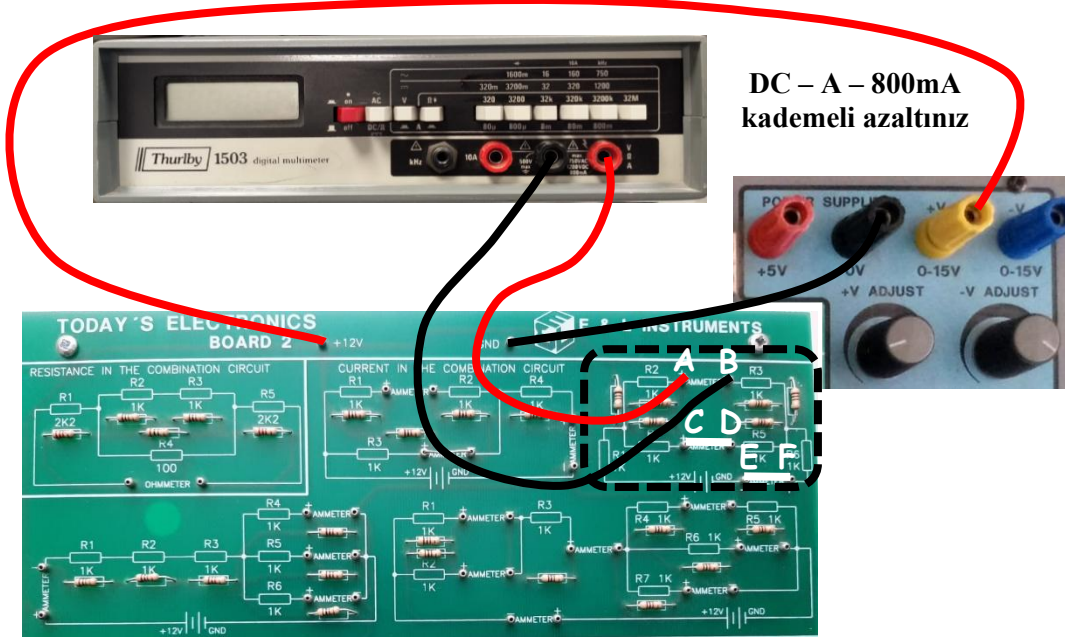
Şekil II.1.7. Güç bağlantısı

- v. **Şekil II.1.6**'daki devrede her bir direnç üzerinden geçen akımı **Şekil II.1.8**'deki gibi multimetre yardımıyla ölçerek **Tablo II.1.3**'e kaydedin. Ölçümü alınacak iletim hattı akım ölçüm modundaki multimetreye seri bağlanırken, diğer kesimde olan hatlar kısa devre yapılır. **Şekil II.1.8**'deki akım ölçümü **AB** iletim hattı üzerindeki **R₂** ve **R₃** dirençleri içindir. Sırayla uygulama **CD** (**R₄** ve **R₅**) ve **EF** (**R₁** ve **R₆**) hatları içinde yapın.

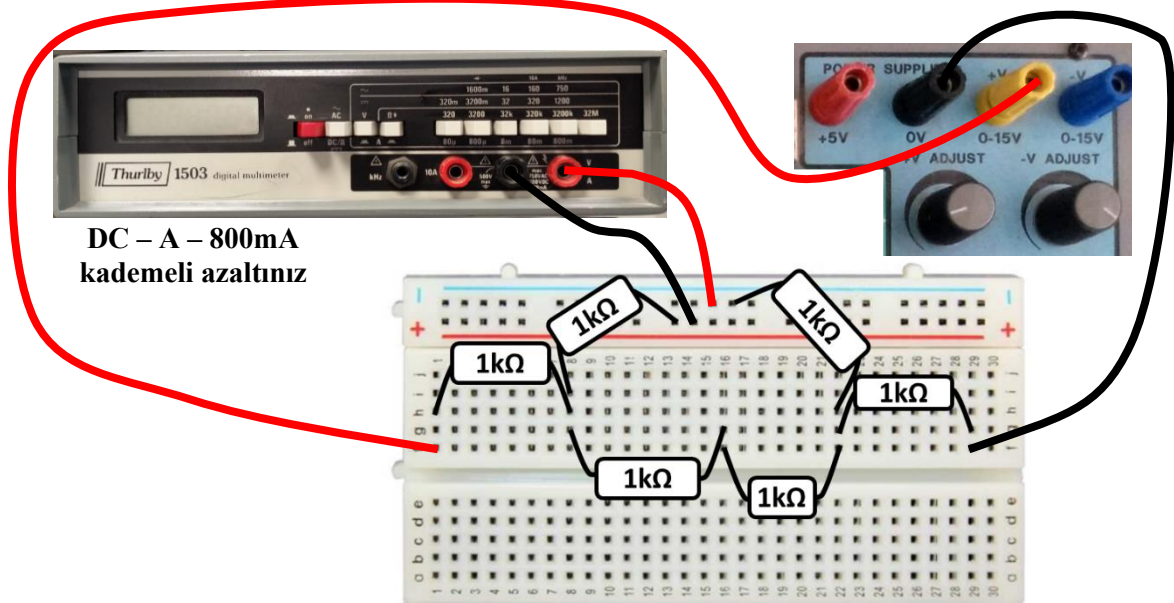
Tablo II.1.3. Dirençlerdeki akım değerleri

Direnç	I(A) hesaplanan	I(A) ölçülen
R ₁		
R ₂		
R ₃		
R ₄		
R ₅		
R ₆		

Cadet-II ile;

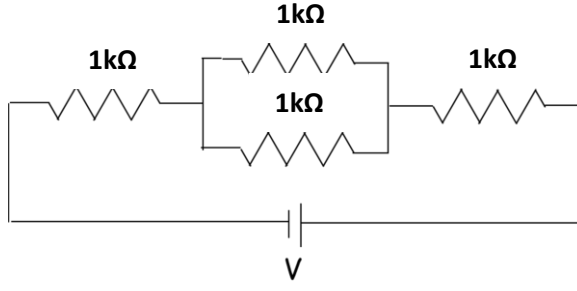


Breadboard ile;



Şekil II.1.8. Multimetre ile akım ölçümü

- vi. **Şekil II.1.9**'daki devrede her bir direncin uçları arasındaki voltajı hesaplayarak **Tablo II.1.4**'ye kaydedin.



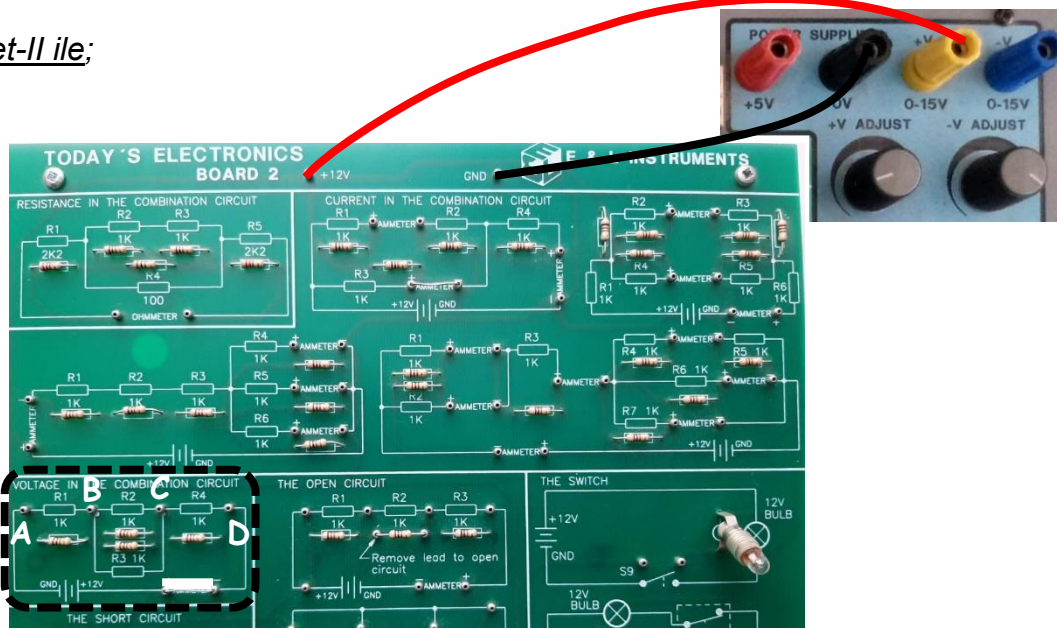
Şekil II.1.9. Karışık bağlı dirençler

Tablo II.1.4. Dirençlerdeki voltaj değerleri

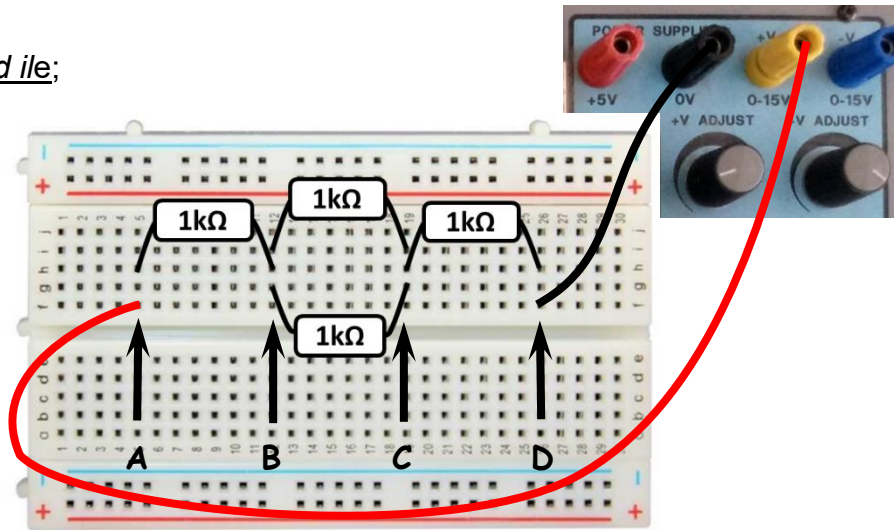
Direnç	V(V) hesaplanan	V(V) ölçülen
R_1		
R_2		
R_3		
R_4		

- vii. Güç kaynağınızı **+12V**'a ayarlayın. **Şekil II.1.9**'daki devrenin güç bağlantısını **Şekil II.1.10**'daki gibi bağlayın. Devrede ampermetre yazan soketler arasını kısa devre yapınız.

Cadet-II ile:



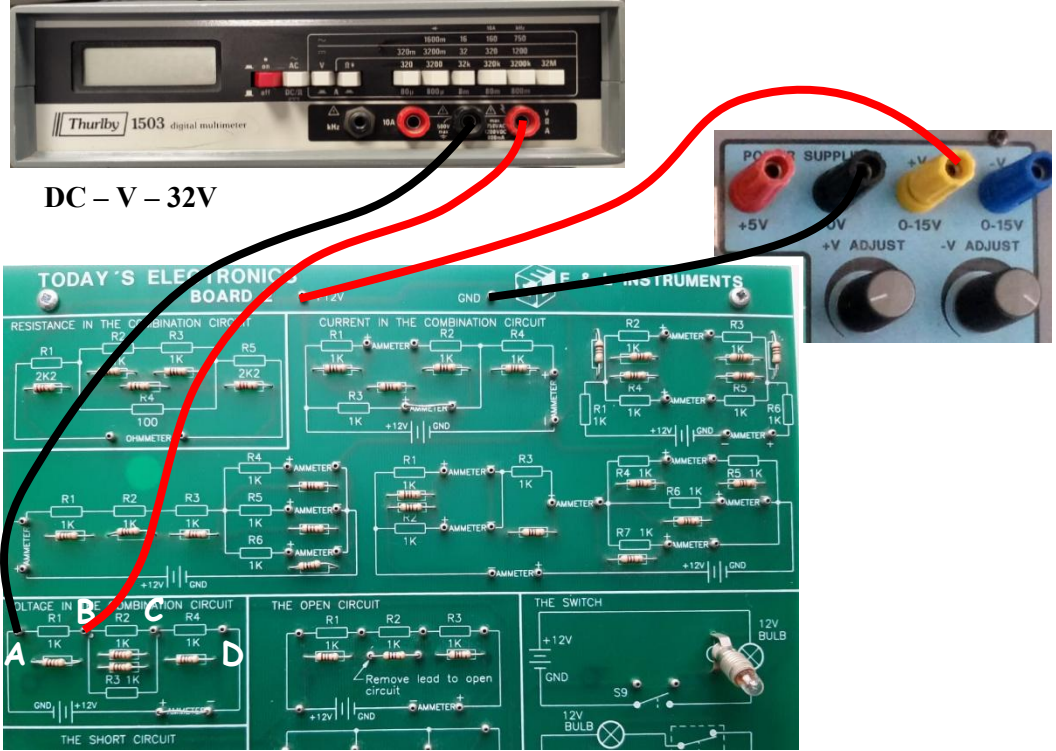
Breadboard ile:



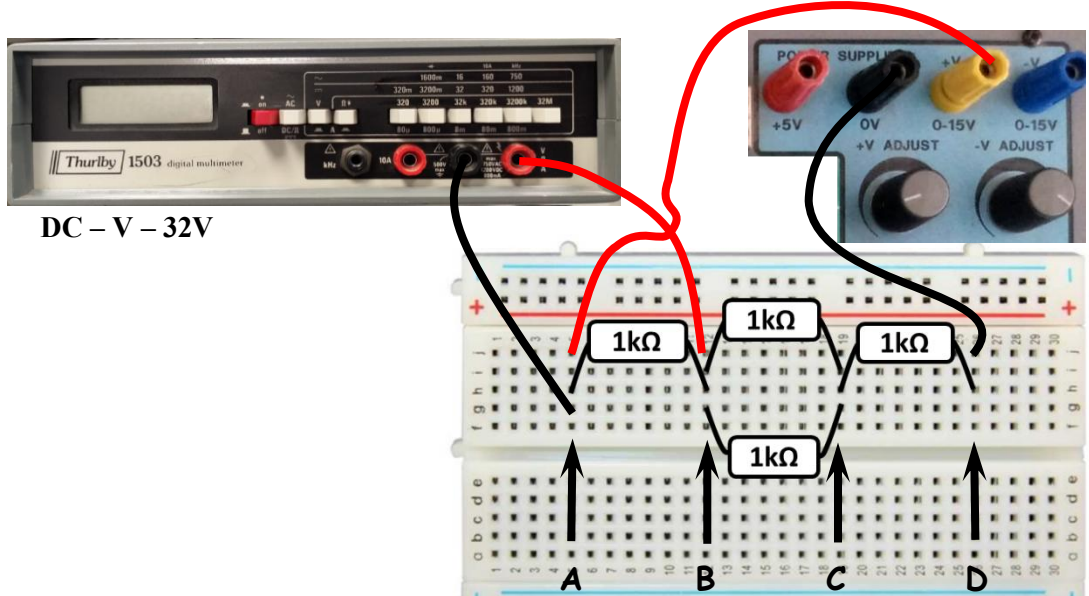
Şekil II.1.10. Güç bağlantısı

- viii. **Şekil II.1.9**'daki devrede her bir direncin uçları arasındaki voltajı **Şekil II.1.11**'deki gibi multimetre yardımıyla ölçerek **Tablo II.1.4**'e kaydedin. Voltaj ölçümü yapılacak noktalara voltaj modundaki multimetre problemlerinin paralel bağlanmasıyla gerçekleştirilir. **Şekil II.1.11**'deki voltaj ölçümü **AB** uçları arasındaki **R₁** direnci içindir. Sırayla uygulama **BC** (**R₂** ve **R₃**) ve **CD** (**R₄**) uçları içinde yapın. **R₂** ve **R₃** dirençlerinin uçları arasındaki noktaların ortak olduğunu dikkate alınız.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



Şekil II.1.11. Multimetre ile voltaj ölçümü

- xiv. Sonuçları tartışın.

DENEY 2: THEVENİN TEOREMİ

- Amaç:**
- Karmaşık bir devreyi basitleştirmek
 - Basitleştirilen devrenin doğruluğunu ölçümlerle teyit etmek

Teorik Bilgi: Elektrik devrelerinin analizinde Ohm yasasının kullanımının karmaşık olduğu durumlarda devrenin çözümünde farklı teorik yaklaşımlar sergilenmektedir. Direnç, akım ve voltaj parametrelerinin hesaplanarak belirlenmesinde kullanılan Thevenin teoremi bu yaklaşımlardan birisidir. Bu teoremin temeli, karmaşık bir devrede belirli iki noktaya göre en az devre elemanı kullanarak orijinal devredeki eşdeğer devre durumunu elde etme mantığına dayanmaktadır. Karmaşık devrenin basitleştirilerek elde edilen yeni devre “*Thevenin eşdeğer devresi*” olarak adlandırılır.

Thevenin eşdeğer devresinin elde edilmesinde izlenecek adımlar;

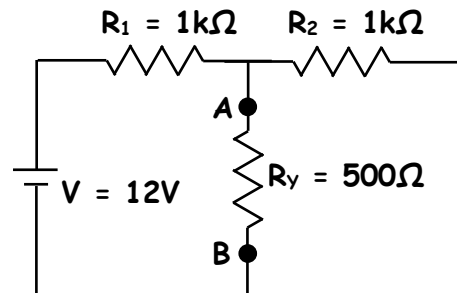
1. Elektrik devresinde baz alınan iki nokta arasındaki referans (yük) direncinin devreden çıkartılarak açık devre haline getirilmesi.
2. Baz alınan iki nokta arası voltaj hesaplanması. Hesaplanan bu voltaj değeri Thevenin voltajı (V_{th})’dır.
3. Devredeki gerilim kaynağı devreden çıkarılarak kapalı devre (kısa devre) haline getirilmesi.
4. Baz alınan iki noktaya göre eşdeğer direncin hesaplanması. Hesaplanan bu eşdeğer direnç Thevenin eşdeğer direnci (R_{th})’dir.
5. Baz alınan iki nokta arası hesaplanarak elde edilen V_{th} ve R_{th} seri halde bağlanması. Elde edilen son haldeki devre Thevenin eşdeğer devresidir.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today’s Electronics Board 3
- Breadboard ile;
 - Güç kaynağı
 - Breadboard
 - Dirençler (1 x 500Ω, 2 x 1kΩ)
- Bağlantı telleri

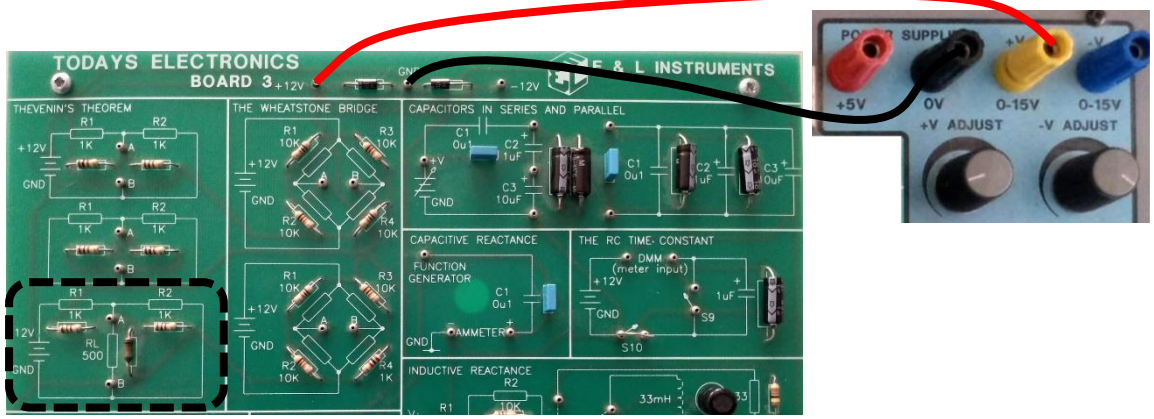
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.2.1**’te gösterilen ve Today’s Electronics Board 3 üzerinde yer alan Thevenin teoremi (Thevenin’s Theorem) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.2.2**’deki gibi yapınız. Bunun için ayarlanabilir voltaj kaynağını **+12V**’a ayarlayın.

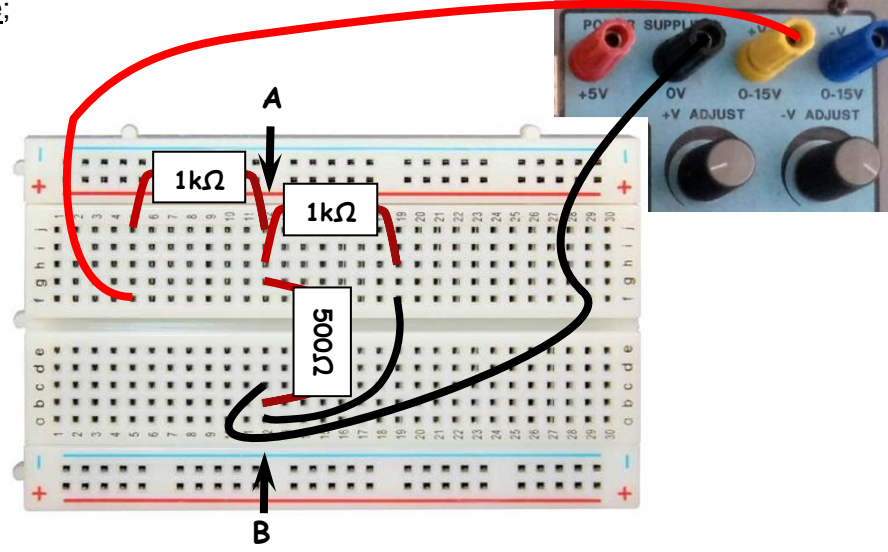


Şekil II.2.1. İşlem yapılacak devre

Cadet-II ile:



Breadboard ile:



Şekil II.2.2. Güç bağlantısı

- ii. **Şekil II.2.1**'deki devrede **A** ve **B** noktaları arasındaki voltajı **Şekil II.2.3**'teki gibi multimetre yardımıyla ölçerek **Tablo II.2.1**'e kaydedin.

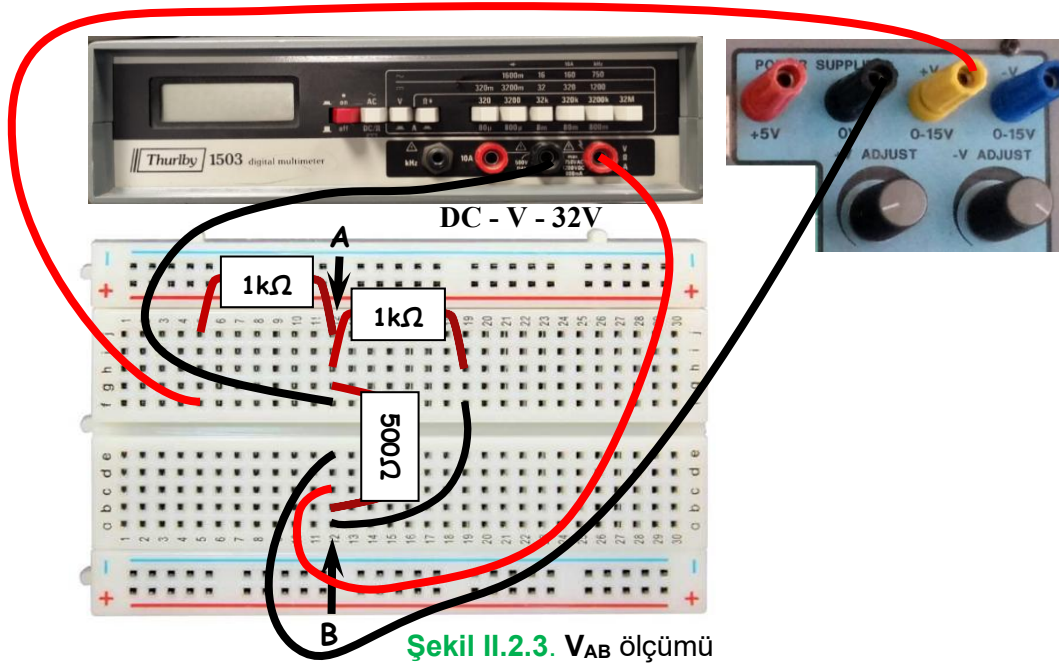
Tablo II.2.1. V_{AB} değeri

V_{AB} (V)	
--------------	--

Cadet-II ile:

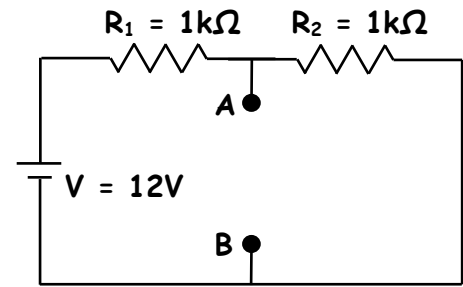


Breadboard ile;



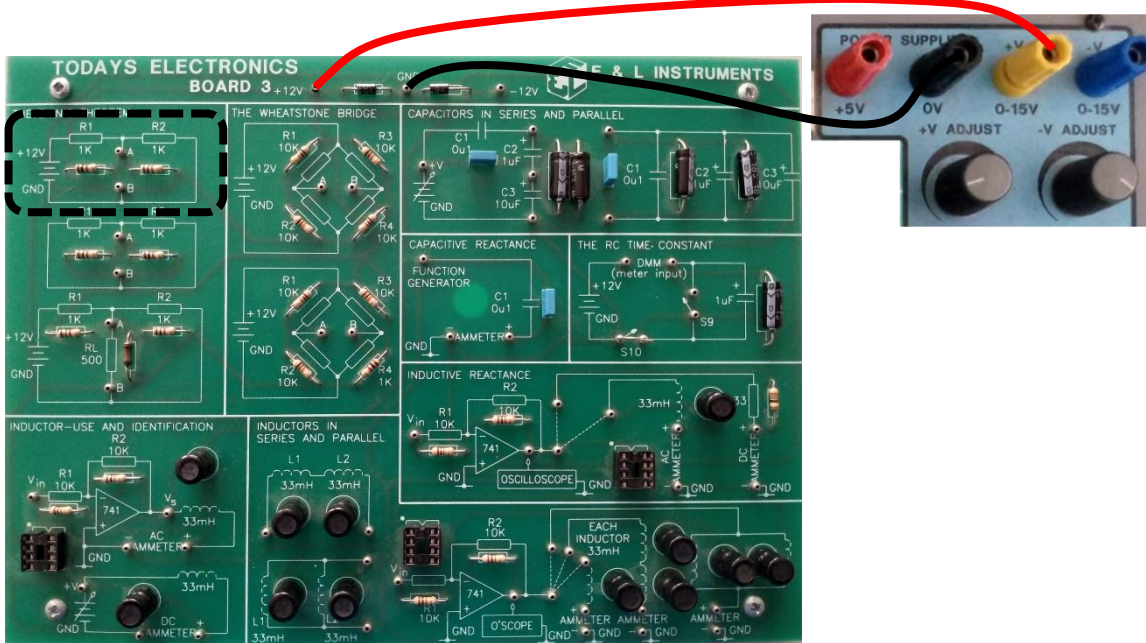
Şekil II.2.3. V_{AB} ölçümü

- iii. Şekil II.2.1'de verilen devredeki A ve B noktaları arasındaki R_Y yük direncini devreden çıkartarak Şekil II.2.4'teki şematik çizimi gibi Şekil II.2.5'te açık devre haline getirin.

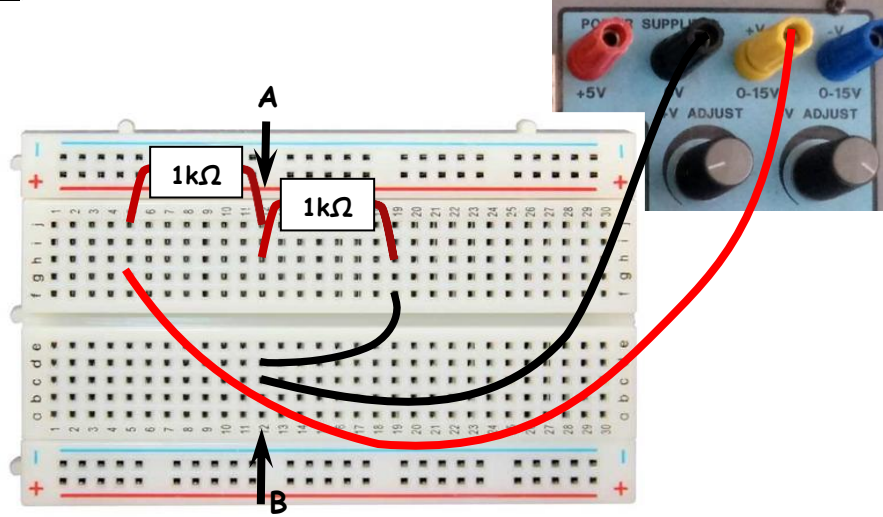


Şekil II.2.4. R_Y çıkartılmış devre

Cadet-II ile;



Breadboard ile:



Şekil II.2.5. R_Y çıkartılarak açık devre haline getirilen devre

- iv. **Şekil II.2.4'**deki **A** ve **B** noktaları arasındaki V_{th} 'ni hesaplayıp ardından da **Şekil II.2.6'**daki gibi multimetreyle ölçerek bulunan sonuçları **Tablo II.2.2'**ye kaydedin.

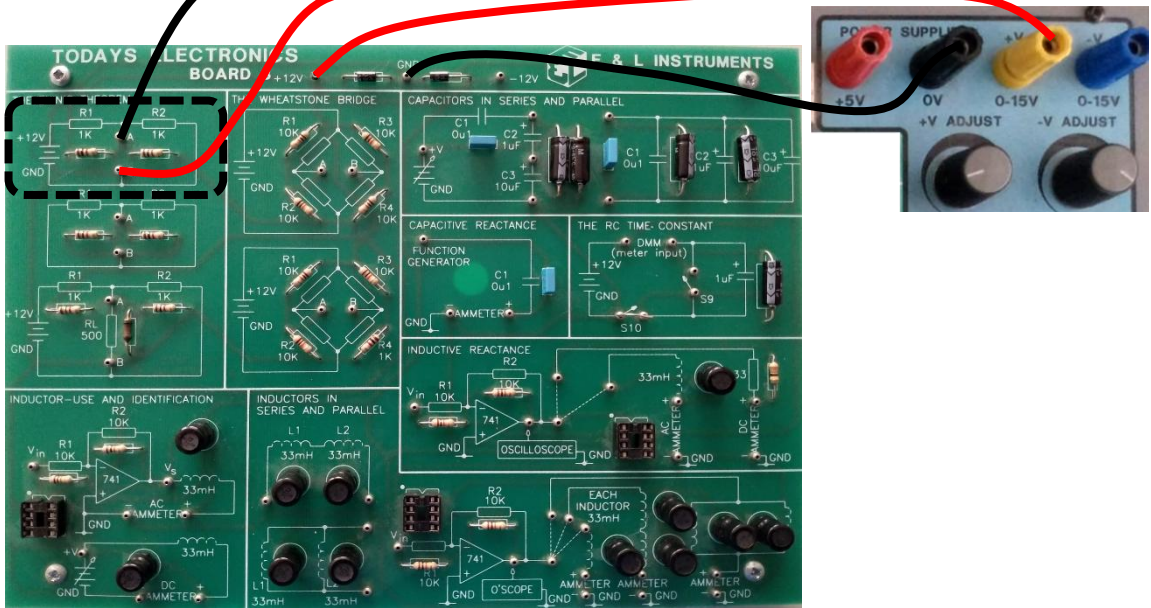
Tablo II.2.2. V_{th} değerleri

	V_{th} (V)
Hesaplanan	
Ölçülen	

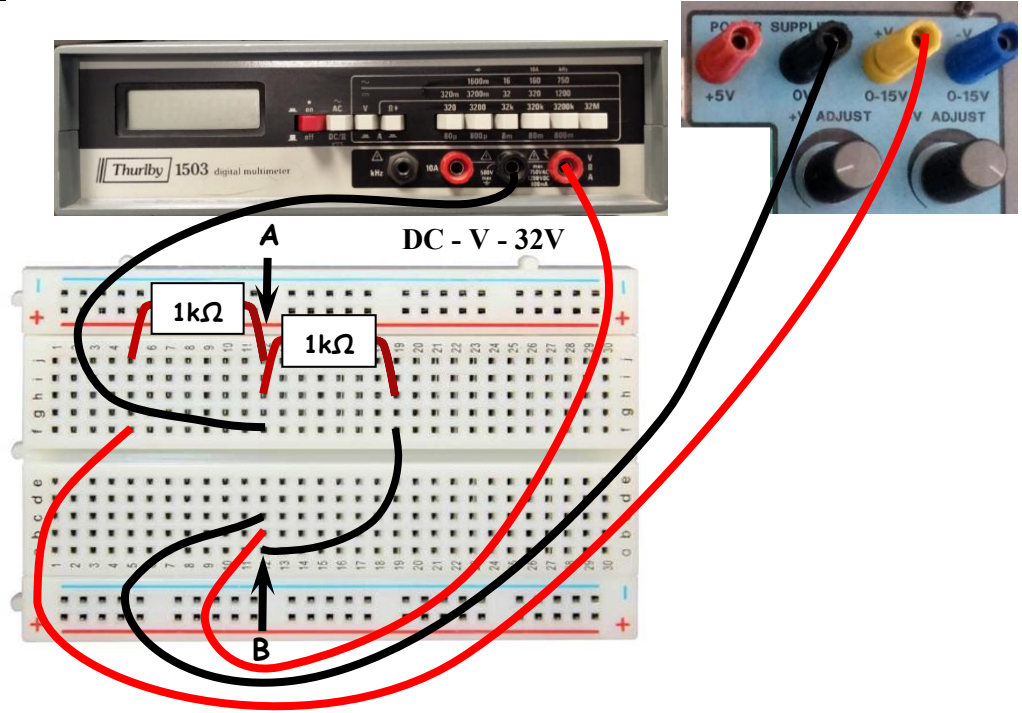
Cadet-II ile:



DC - V - 32V

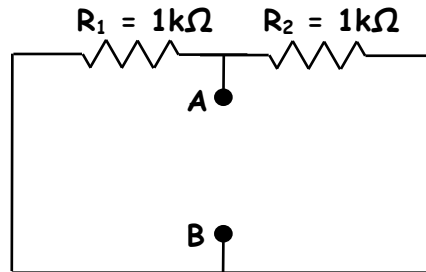


Breadboard ile:



Şekil II.2.6. Multimetreyle V_{th} ölçümü

- v. **Şekil II.2.4**'teki devreden gerilim kaynağını devreden çıkartarak **Şekil II.2.7**'deki şematik çizimi gibi **Şekil II.2.8**'de kısa devre haline getirin. **A** ve **B** noktaları arasındaki R_{th} 'ni hesaplayıp ardından multimetre ile ölçerek bulduğunuz sonuçları **Tablo II.2.3**'e kaydedin.



Tablo II.2.3. R_{th} değerleri

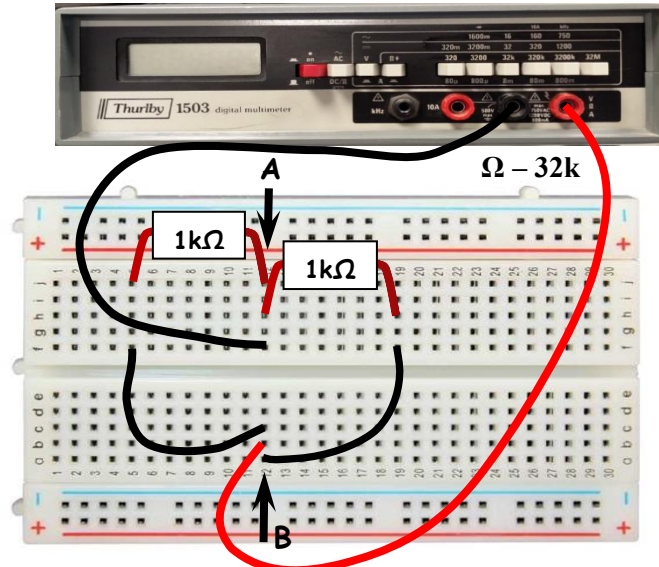
	$R_{th} (\Omega)$
Hesaplanan	
Ölçülen	

Şekil II.2.7. V_{th} çıkartılarak kısa devre yapılması

Cadet-II ile:

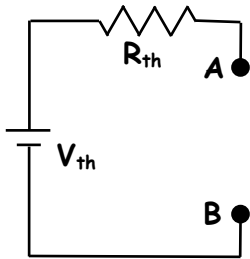


Breadboard ile;

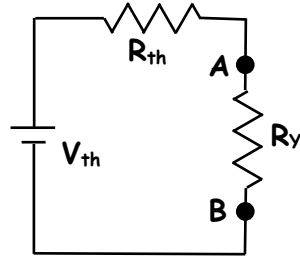


Şekil II.2.8. Multimetreyle R_{th} ölçümü

- vi. **Tablo II.2.2** ve **Tablo II.2.3**'de bulduğunuz sırasıyla V_{th} ve R_{th} sonuçlarının seri olarak bağlanarak **Şekil II.2.9**'da Thevenin eşdeğer devresini elde edilmiştir. **Şekil II.2.10**'daki şematik çizimi gibi **Şekil II.2.11**'de Thevenin eşdeğer devresine R_y direncini **A** ve **B** noktalarına bağlayarak uçlarındaki voltajı hem hesaplayıp hem de ölçerek **Tablo II.2.4**'e kaydedin.



Şekil II.2.9

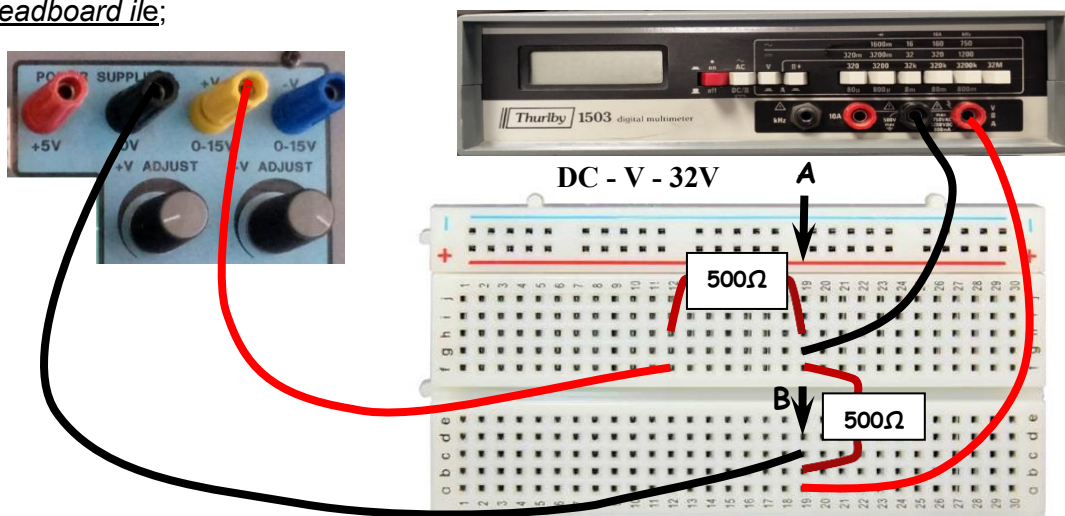


Şekil II.2.10

Tablo II.2.4. V_{AB} değeri

	V_{AB} (V)
Hesaplanan	
Ölçülen	

Breadboard ile;



Şekil II.2.11. Multimetreyle R_{th} ölçümü

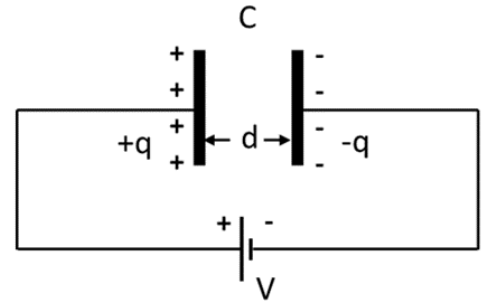
- vii. **Tablo II.2.1** ve **Tablo II.2.4**'deki sonuçları karşılaştırınız Thevenin teoreminin doğruluğunu görünüz

DENEY 3: KONDANSATÖRLER

- Amaç:**
- Kondansatörlerin temel yapısını anlamak
 - Kondansatörlerin genel çalışma prensibini öğrenmek
 - Kondansatörlerin nerelerde kullanıldığını öğrenmek

Teorik Bilgi: Kondansatör elektrik devre bileşenlerinin üç temel elemanlarından biridir. Kondansatör elektrik yükü depolayabilen bir bileşendir. Küçük görünse de depoladıkları yükün kontrolsüz bir şekilde boşaltılması tehlikeye yol açabilir. Temel anlamda iletken iki plakanın temas etmeyecek şekilde belirli bir mesafede karşılıklı tutulmaları ile elde edilirler.

Şekil II.3.1'de verilen ve plakaları arasında d mesafesi bulunan bir kondansatör bir gerilim kaynağına bağlandığında, kondansatörün plakaları gerilim kaynağının polaritelerine göre yüklenirler. Bir kondansatörün yük yükleyebilme kapasitesi **Eşitlik II.3.1**'de verilen kondansatörün plakalarından birinin yükü q 'nın, kondansatörü besleyen gerilim kaynağının değeri V 'ye oranı olarak belirlenmektedir. Bu oran ile kondansatörün sığası belirlenmiş olur. Parametresi C olup birimi Farad (F)'dir. $1F$ çok büyük bir sığa değeri olup genelde μF kullanılır. Diğer alternatifler mF , nF ve pF 'dir.



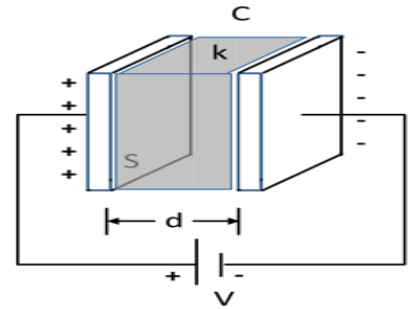
Şekil II.3.1. Gerilime kaynağına bağlı kondansatör

$$C(F) = \frac{q(C)}{V(V)} \quad (II.3.1)$$

Şekil II.3.2'de gösterilen kondansatörün sığası;

- plakaların yüzey alanı (S) ile doğru,
- plakalar arasındaki mesafe (d) ile ters,
- plakalar arası yalıtkan ortamın yalıtkanlık (dielektrik) katsayısı (k) ile doğru

orantılıdır. Bu orantılar çerçevesinde kondansatörün sığası **Eşitlik II.3.2**'de verilmiştir.



Şekil II.3.2. Kondansatör şeması

$$C = k \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad (II.3.2)$$

Eşitlik II.3.2'de $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$ olup boşluğun geçirgenlik sabiti olarak bilinir; k kondansatörün plakaları arasındaki malzemenin dielektrik sabiti olup bazı malzemeler için değerleri **Tablo II.3.1**'de verilmiştir. Dielektrik maddesi k 'nın kondansatöre etkileri;

- kondansatörün sığası C 'yi artırır,
- kondansatörün çalışma voltajını artırır,
- kondansatörün plakaları arasında yapısal destek sağlar.

Tablo II.3.1. k dielektrik sabitleri

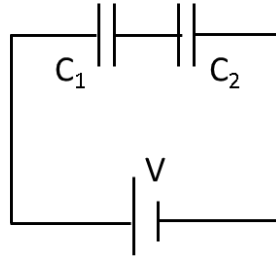
Malzeme	k
Boşluk	1
Hava	1,0006
Parafin	2,2
Kağıt	3,7
Cam	5
Porselen	6

Kondansatörler doğru akım (**DC**) ile beslenebilecekleri gibi alternatif yani dalgalı (sinüzoidal, kare, üçgen) akım (**AC**) ile de beslenebilmektedir. **DC** ile beslenmesi durumunda kondansatör devreye bir direnç etkisi göstermemektedir. Ancak **AC** akımda kondansatör devrede direnç etkisi oluşturmaktadır. Bu dirence kondansatörün **kapasitif reaktansı** (kapasitans) adı verilir ve X_C parametresi ile ifade edilir. **Eşitlik II.3.3**'te verilen kapasitif reaktansın birimi **ohm (Ω)**'dur. **Eşitlik II.3.3**'te f frekansı temsil etmektedir.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\text{II.3.3})$$

Kondansatörler seri, paralel veya karışık olarak bağlanabilirler. Dirençlerin eşdeğer direnç hesaplamalarının aksine kondansatörler seri bağlandıklarında tersleri alınarak, paralel bağlandıklarında ise doğrudan toplanırlar.

- **Seri bağlı kondansatörler:** Birden fazla kondansatörün **Şekil II.3.3**'te gösterildiği gibi art arda konumlandırılmasıyla elde edilirler.



Şekil II.3.3. Seri bağlı kondansatörler

Her bir kondansatörün uçları arasındaki voltajları toplam ana gerilim kaynağının voltaj değerine eşittir.

$$V = V_{C_1} + V_{C_2}$$

Devrenin toplam yükü her bir kondansatörün depoladığı yüke eşittir.

$$q_t = q_{C_1} = q_{C_2}$$

Her bir kondansatörün uçları arasındaki voltaj V_{C_1} ve V_{C_2} dir.

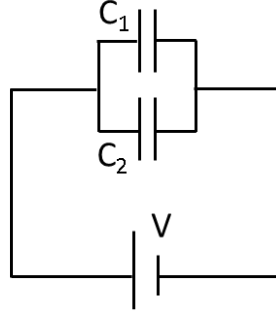
$$V_{C_1} = \frac{q_{C_1}}{C_1} \quad V_{C_2} = \frac{q_{C_2}}{C_2}$$

$$\frac{q_t}{C_t} = \frac{q_{C_1}}{C_1} + \frac{q_{C_2}}{C_2} = q_t \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$$

$$C_t = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

- **Paralel bağlı kondansatörler:** Birden fazla kondansatörün **Şekil II.3.4**'te gösterildiği gibi paralel konumlandırılmasıyla elde edilirler.



Şekil II.3.4. Paralel bağlı kondansatörler

Her bir kondansatörün uçları arasındaki voltaj ana gerilim kaynağının voltaj değerine eşittir.

$$V = V_{C_1} = V_{C_2}$$

Devrenin toplam yükü her bir kondansatörün depoladığı yüklerin toplamına eşittir.

$$q_t = q_{C_1} + q_{C_2}$$

Her bir kondansatörün yükü q_{C_1} ve q_{C_2} dir.

$$q_{C_1} = C_1 \cdot V_{C_1} \quad q_{C_2} = C_2 \cdot V_{C_2}$$

$$C_t \cdot V = C_1 \cdot V_{C_1} + C_2 \cdot V_{C_2} = V(C_1 + C_2)$$

$$C_t = C_1 + C_2$$

- Karışık bağlı kondansatörler: Kondansatörler seri ve paralel şekilde karışık olarak bağlanırlar. Bu devrelerdeki eşdeğer sığa kondansatörlerin devredeki seri veya paralel bağlantılarına göre kısmi yaklaşımla çözümlenerek bulunur.

Kondansatörlerin kullanım alanlarına örnek olarak güç kaynaklarında filtre elemanlarını, yük depolayabilen geçici bataryalar verilebilir.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

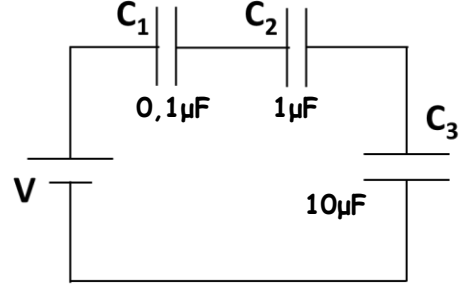
- Multimetre
- Frekans sayacı
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 3
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - Frekans üretici
 - Kondansatörler (1 x 0,1µF, 1 x 1 µF, 1 x 10 µF)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.3.5**'teki seri bağlı kondansatörler devresinin eşdeğer sığasını hesaplayarak **Tablo II.3.2**'ye kaydedin.

Tablo II.3.2. $C_{eş}$ değeri

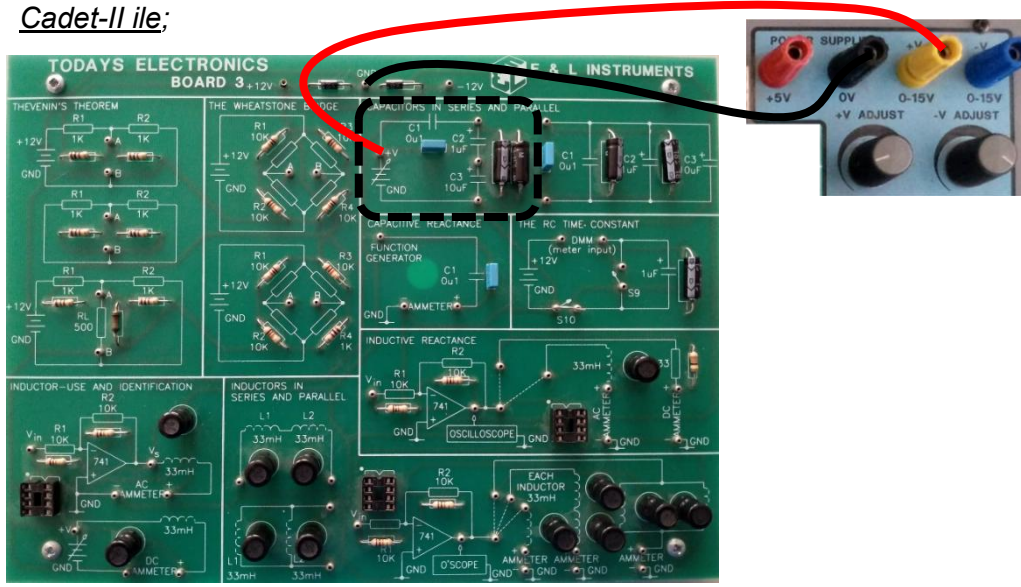
$C_{eş}$ (F)	
--------------	--



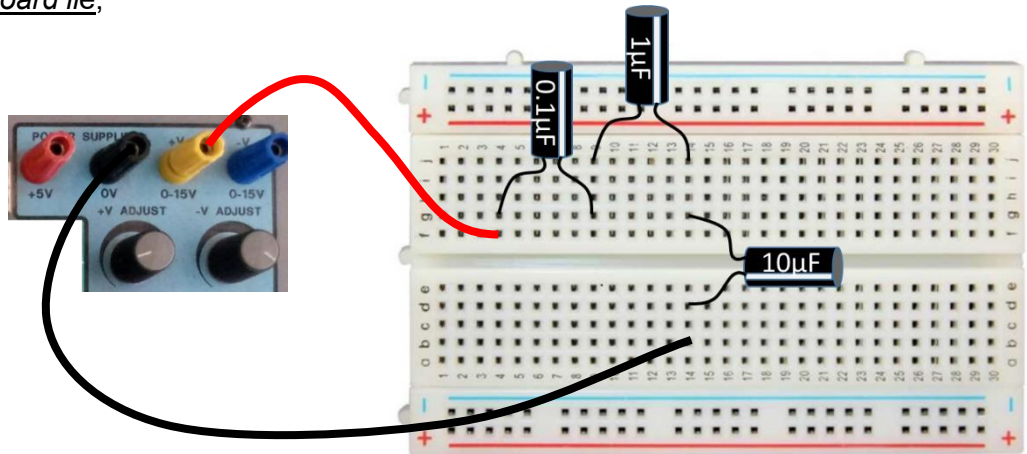
Şekil II.3.5. Seri bağlı kondansatörler

- ii. Güç kaynağını **+6V**'a ayarlayın. **Şekil II.3.5**'teki devrenin güç bağlantılarını **Şekil II.3.6**'daki gibi bağlayın.

Cadet-II ile:



Breadboard ile:

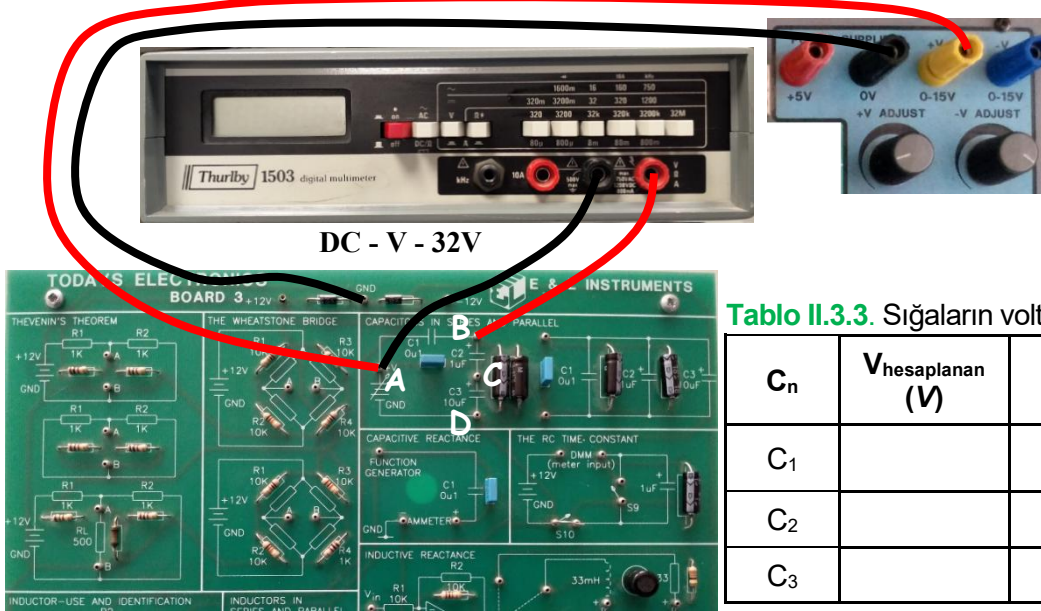


Şekil II.3.6. Güç bağlantısı

- iii. Her bir kondansatörün uçları arasındaki voltajı hem hesaplayarak hem de **Şekil II.3.7**'deki gibi multimetre yardımıyla ölçerek **Tablo II.3.3**'e kaydedin.

- Multimetrenin prob uçlarını sırasıyla **AB**, **BC** ve **CD** uçlarına değdirerek sırasıyla **C₁**, **C₂** ve **C₃** kondansatörlerin uçları arasındaki voltajları ölçmüş olacaksınız. Her bir kondansatör için ilk okuduğunuz değeri alın. **Şekil II.3.7 AB** için örnek bağlantıdır.

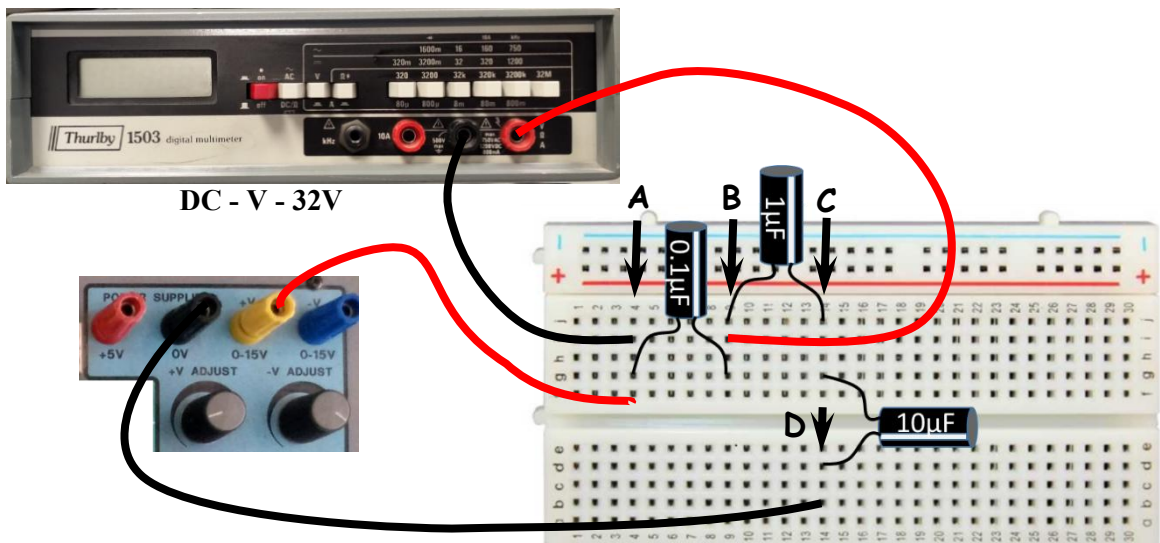
Cadet-II ile;



Tablo II.3.3. Sığaların voltaj değerleri

Breadboard ile;

- Multimetrenin prob uçlarını sırasıyla **AB**, **BC** ve **CD** iletim hatlarına değdirerek sırasıyla **C₁**, **C₂** ve **C₃** kondansatörlerin uçları arasındaki voltajları ölçmüş olacaksınız. Her bir kondansatör için ilk okuduğunuz değeri alın. **Şekil II.3.7 AB** için örnek bağlantıdır.

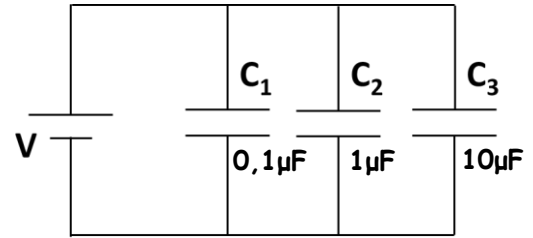


Şekil II.3.7. Kondansatörlerin uçları arasındaki voltaj ölçümü

- iv. **Şekil II.3.8**'deki paralel bağlı kondansatörler devresinin eşdeğer sığasını hesaplayarak **Tablo II.3.4**'e kaydedin.

Tablo II.3.4. $C_{eş}$ değeri

$C_{eş} (F)$	
--------------	--



Şekil II.3.8. Paralel bağlı kondansatörler

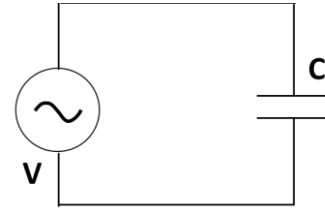
- v. **AC** güç kaynağını **1kHz** frekansa ve **6V**'a ayarlayın.

Tablo II.3.5. X_c değeri

$X_c (\Omega)$	
----------------	--

- vi. **Eşitlik II.3.3** ile kapasitif reaktans (X_c)'yi hesaplayıp **Tablo II.3.5**'e kaydedin.

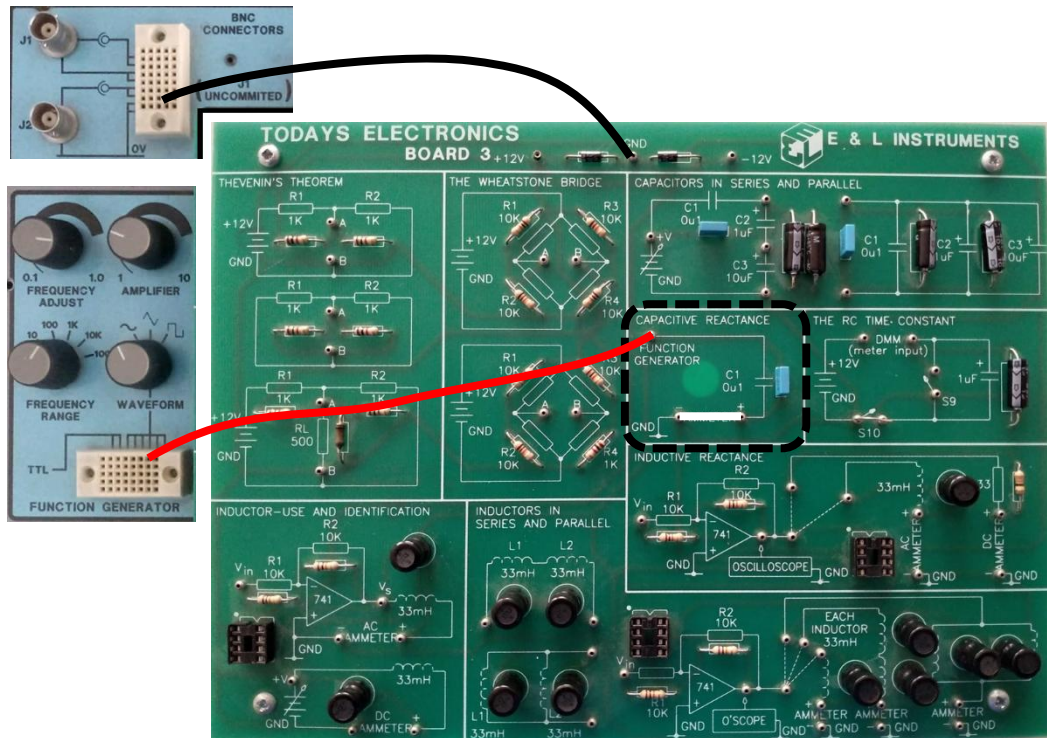
- vii. **Şekil II.3.9**'daki **AC** kaynağa bağlı kondansatör devresini **Şekil II.3.10**'daki gibi hazırlayın.



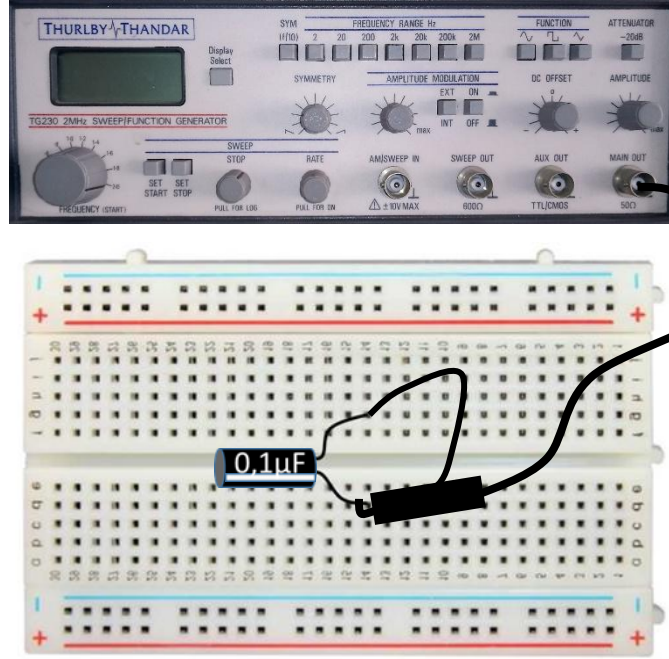
Şekil II.3.9. AC kaynağa bağlı kondansatör

Cadet-II ile;

- Devrede ampermetre yazan arayı bağlantı teli ile birleştirin.



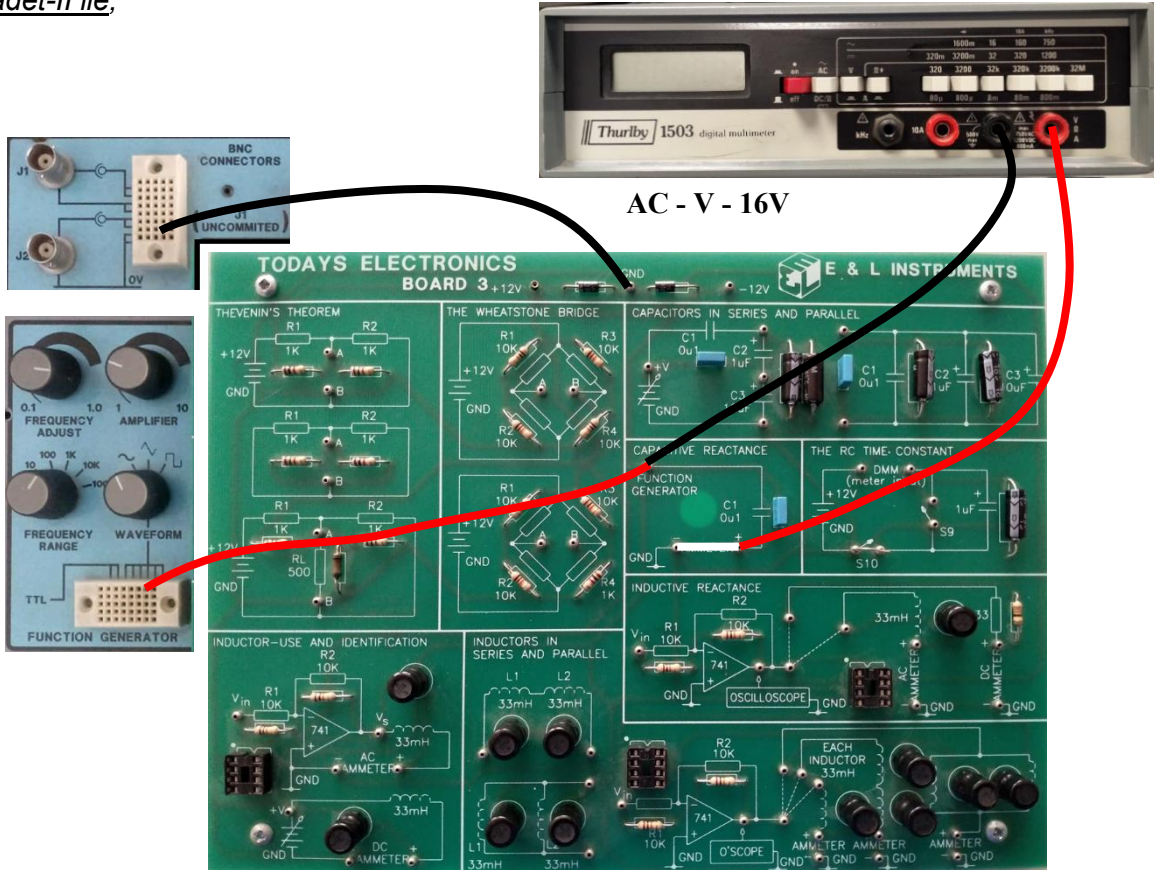
Breadboard ile;



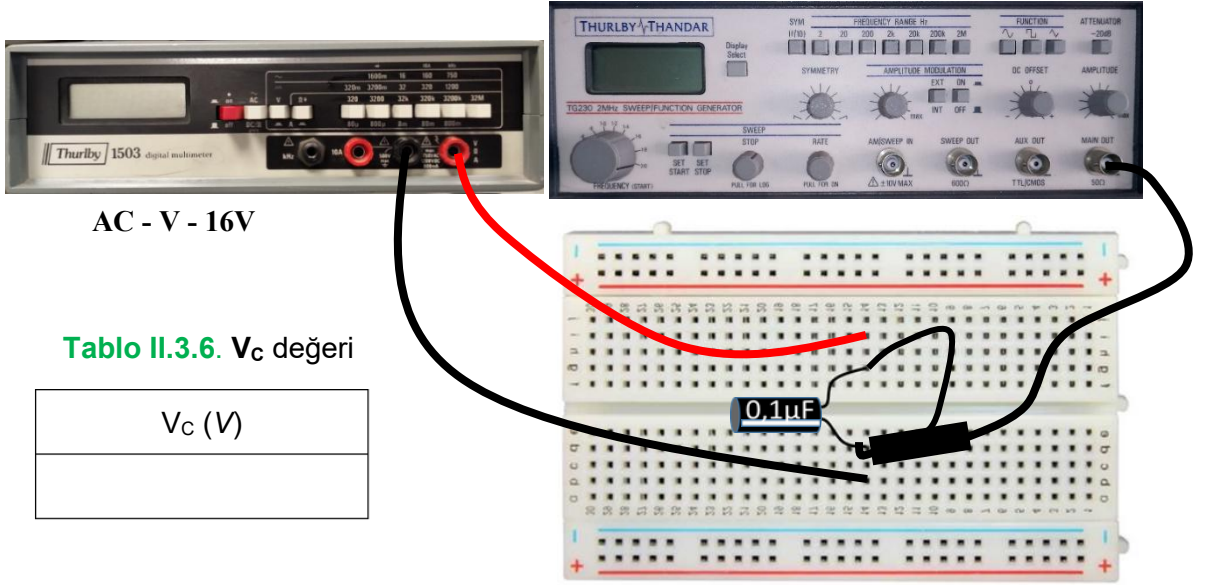
Şekil II.3.10. Güç bağlantısı

- viii. Kondansatörün uçları arasındaki **AC** voltajı Şekil II.3.11'deki gibi multimetre yardımıyla ölçerek Tablo II.3.6'ya kaydedin.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



AC - V - 16V

Tablo II.3.6. V_c değeri

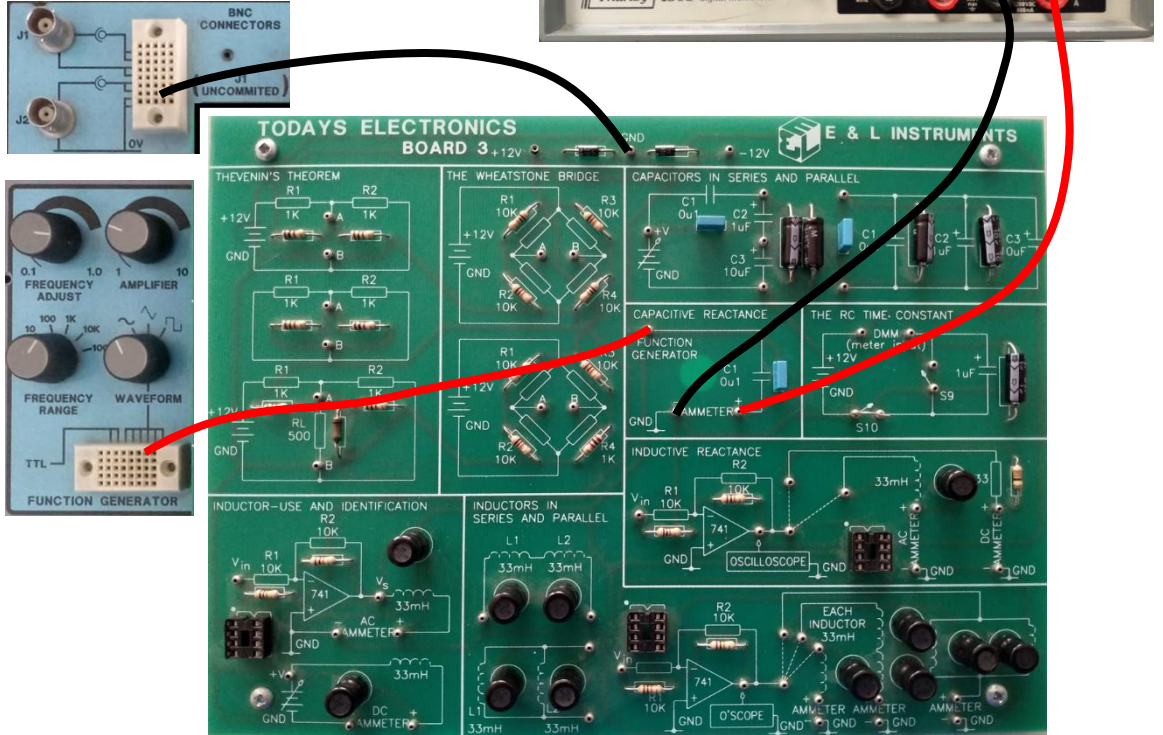
V_c (V)

Şekil II.3.11. Multimetreyle AC voltaj ölçümü

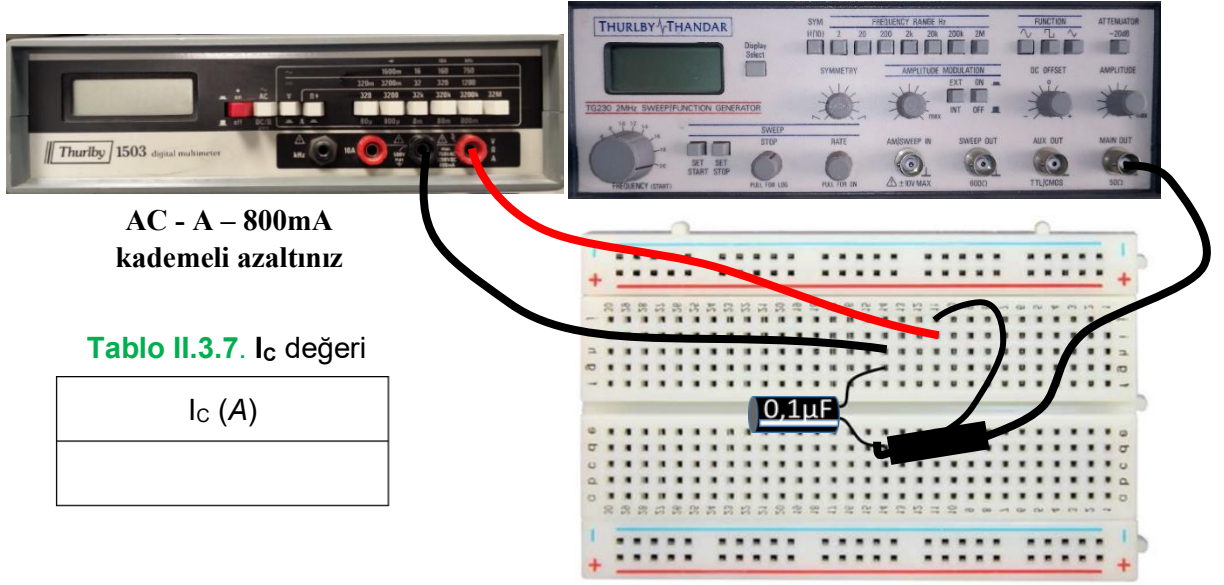
- ix. **Şekil II.3.12'**deki **AC** güç kaynağına bağlı kondansatör üzerinden geçen **AC** akımı (I_c) multimetre yardımıyla **Şekil II.3.12'**deki gibi ölçüp **Tablo II.3.7'**ye kaydedin.

Cadet-II ile;

AC - A – 800mA
kademeli azaltınız



Breadboard ile;



AC - A – 800mA
kademeli azaltınız

Tablo II.3.7. I_c değeri

I_c (A)

Şekil II.3.12. Multimetreyle AC akım (I_c) ölçümü

- x. Ohm yasası yaklaşımıyla **Tablo II.3.6** ve **Tablo II.3.7**'deki verilerle kapasitif reaktans X_c 'yi hesaplayarak **Tablo II.3.8**'e kaydedin.

Tablo II.3.8. X_c değeri

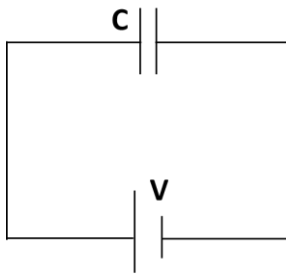
X_c (Ω)	
--------------------	--

- xi. **Tablo II.3.5** ve **Tablo II.3.8**'in sonuçlarını karşılaştırın.

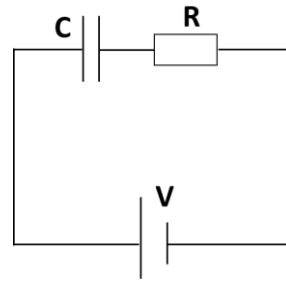
DENEY 4: RC DEVRESİ

- Amaç:**
- Bir kondansatörün dolma süresini incelemek
 - Bir kondansatörün RC zaman sabitini hesaplamak
 - Bir kondansatörün dolması sürecindeki bir zamanda potansiyelini hesaplamak
 - Bir kondansatörün dolma eğrisini çizmek

Teorik Bilgi: Normal şartlarda **Şekil II.4.1**'de gösterilen devrede bir kondansatör tek başına bir doğru akım (DC) güç kaynağına bağlandığında herhangi bir direnç ile karşılaşmayacağı için hızlı bir şekilde dolacaktır. Fakat bazı uygulamalarda kondansatörün yavaş dolması istenebilir. Bu durumda **Şekil II.4.2**'de gösterildiği gibi devreye seri bir direnç bağlanır. Bu direncin büyüklüğüne bağlı olarak akım kontrol altına alınabilmektedir.



Şekil II.4.1. Voltaj kaynağına tek bağlı kondansatör



Şekil II.4.2. Voltaj kaynağına direnç ile seri bağlı kondansatör

Kondansatör dolarken gerekli zaman devredeki kondansatörün sığası ve direncine bağlıdır. Bu tarz devrelere RC devresi denir. Dolayısıyla bir DC voltaj kaynağına bağlı bir kondansatör zamanın bir fonksiyonu olarak dolabilmektedir.

Kondansatörün zamanın bir fonksiyonu olarak dolmasının matematiksel eşitliği **Eşitlik II.4.1**'de verilmiştir.

$$V_C(t) = V \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (\text{II.4.1})$$

Direnç ile kondansatörün sığasının ters orantısı RC devresinin karakteristik bir özelliğidir. Bu iki parametrenin çarpımı **Eşitlik II.4.2**'teki zaman sabiti τ (tau) denen parametreyi verip birimi saniye(s)'dir. τ süresi kadar bir zamanda kondansatörün %63,2'lik kısmı dolmaktadır. Bu özellik kondansatörün altın oran olarak bilinir. (**Dikkat : Eşitlik II.4.2'nin boyut analizini yapın**)

$$\tau(s) = R(\Omega) \cdot C(F) \quad (\text{II.4.2})$$

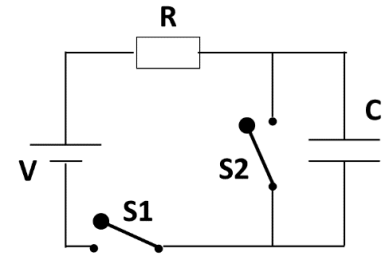
Bir kondansatörün tam doldu denebilmesi için τ 'nın **5 katı** bir süre geçmesi gerekmektedir.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Today's Electronics Board 3
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - Kondansatör ($1 \times 1 \mu\text{F}$)
 - Direnç ($1 \times 13\text{M}\Omega$)
- Bağlantı telleri
- Milimetrik kağıt ve ekipmanı

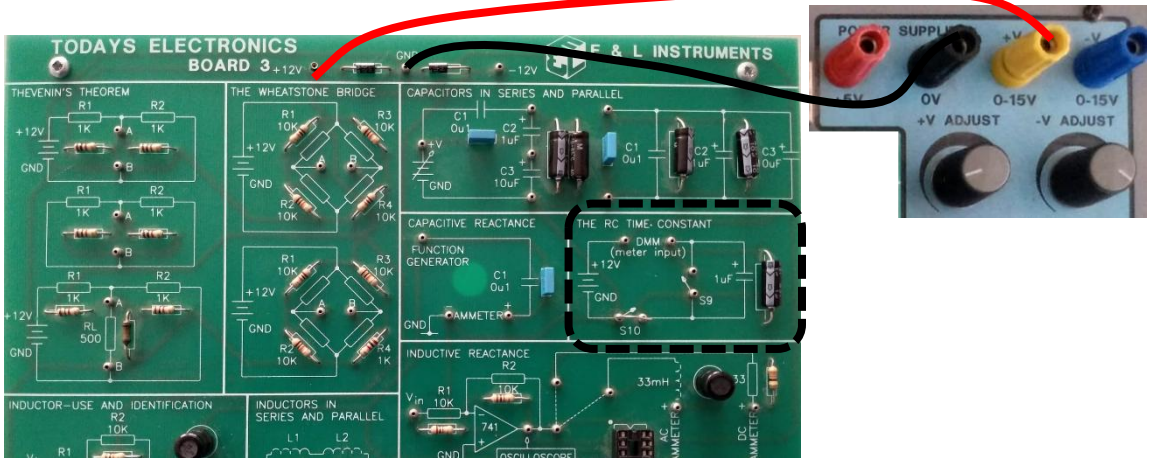
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.4.3**'te gösterilen ve Today's Electronics Board 3 üzerinde yer alan RC zaman sabiti (RC time constant) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.4.4**'teki gibi yapınız. Bunun için ayarlanabilir voltaj kaynağını **+12V**'a ayarlayın.

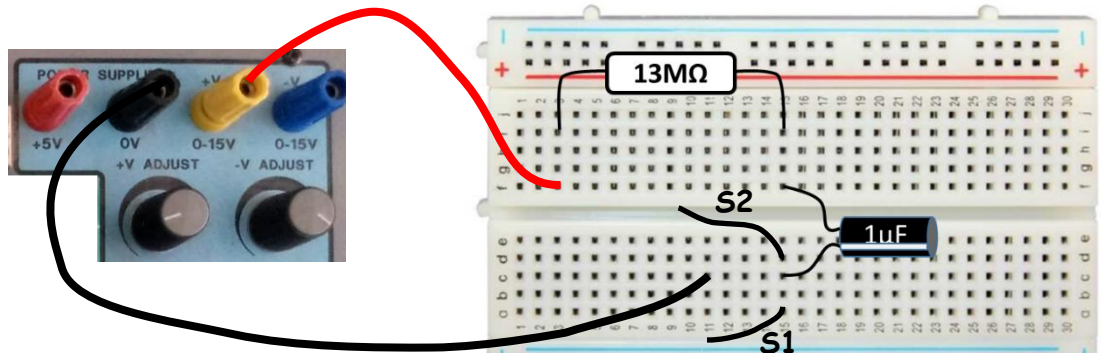


Şekil II.4.3. RC zaman sabiti devresi

Cadet-II ile:



Breadboard ile:



Şekil II.4.4. Güç bağlantısı

- ii. **Şekil II.4.3**'teki **S1** anahtarı pasif olarak **Şekil II.4.5**'teki gibi kaynak voltajı multimetreyle ölçüp **Tablo II.4.1**'e kaydedin.

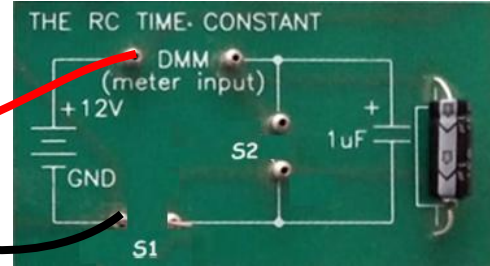
Tablo II.4.1. Kaynak voltajı **V** değeri

V (V)	
-------	--

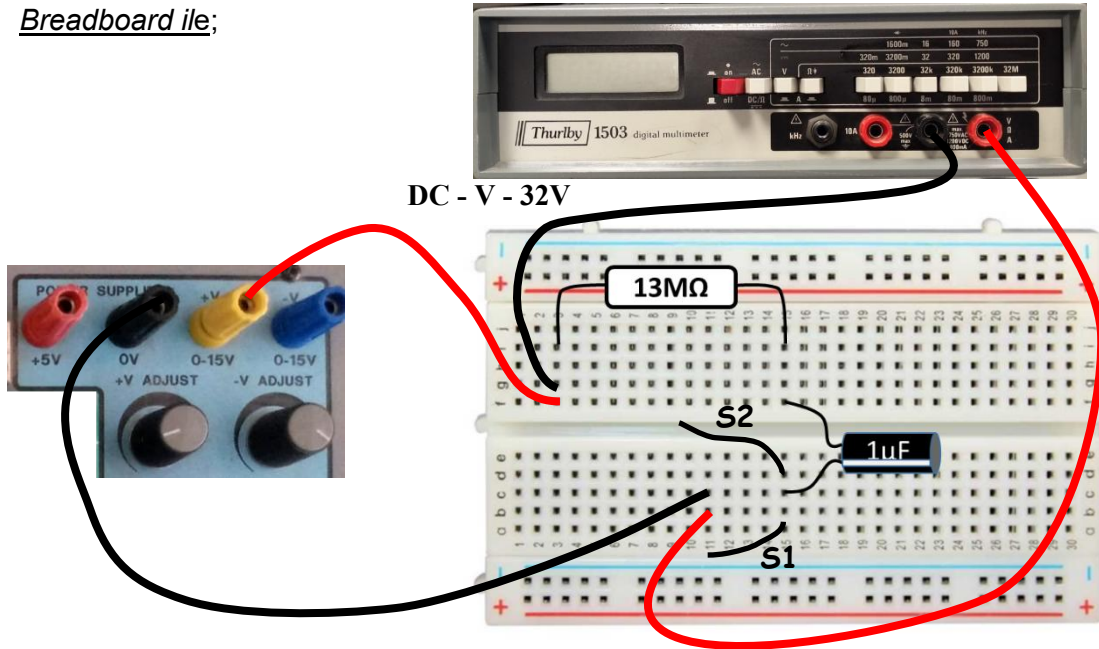
Cadet-II ile;



DC - V - 32V

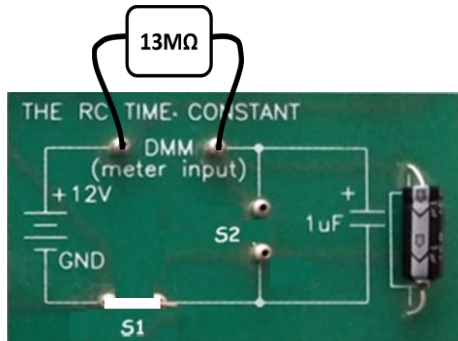


Breadboard ile;



Şekil II.4.5. Devre üzerinde kaynak voltaj ölçümü

- iii. **Şekil II.4.6**'teki RC zaman sabiti devresine **13kΩ**'luk direnci takıp RC zaman sabitini τ 'yu hesaplayarak **Tablo II.4.2**'ye kaydedin.



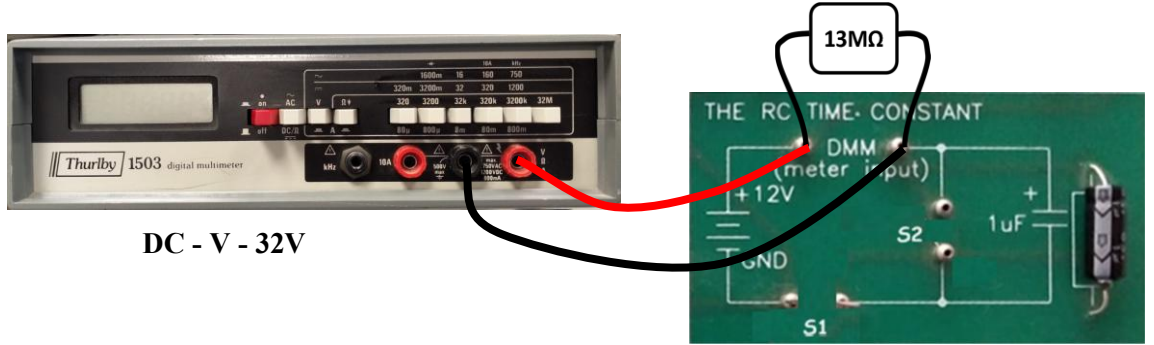
Tablo II.4.2. RC zaman sabiti

τ (s)	
------------	--

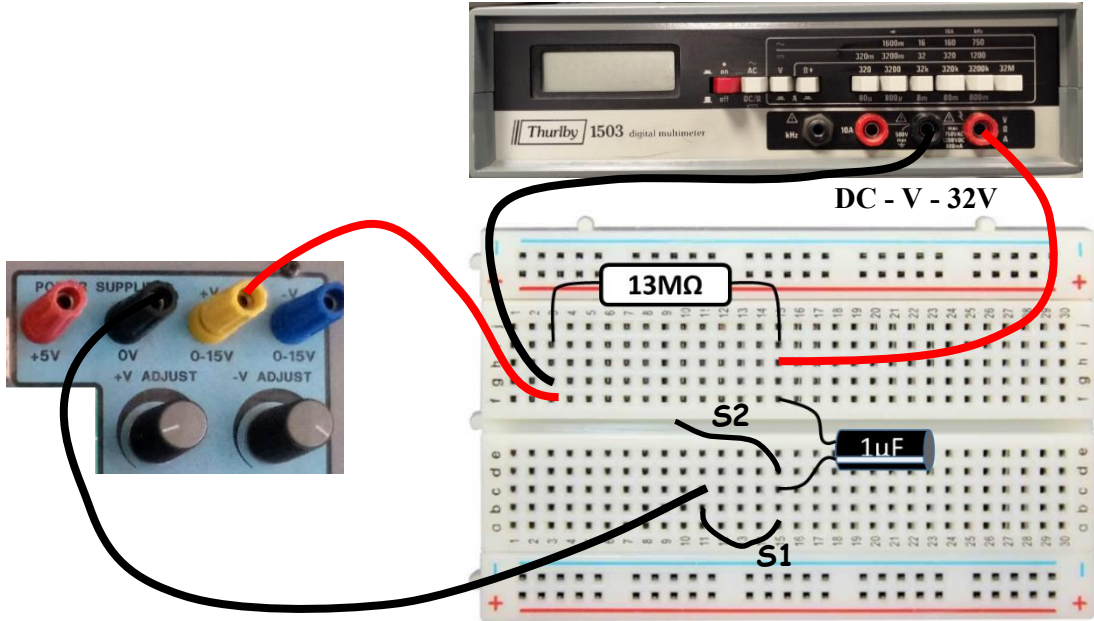
Şekil II.4.6. RC devresine direnç takılması

- iv. Multimetreyi **Şekil II.4.7**'daki gibi direncin uçları arasındaki voltaj V_R 'yi ölçecek şekilde konumlandırın. **S2** anahtarını pasif hale getirin. Kronometreyle birlikte **S1** anahtarını aktifleştirin. Başlangıç süresi dahil τ süresi ve katları şeklinde direncin uçları arasındaki V_R 'nin 7 farklı değerini ölçerek **Tablo II.4.3**'e kaydedin. 7'inci ölçümün sonunda **S1** anahtarını pasifleştirin. V_R sonuçları yardımıyla V_C 'yi hesaplayın ve kondansatörün zamana bağlı dolma fonksiyonu yardımıyla V_C 'yi tekrar hesaplayarak sonuçları **Tablo II.4.3**'e kaydedin.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;

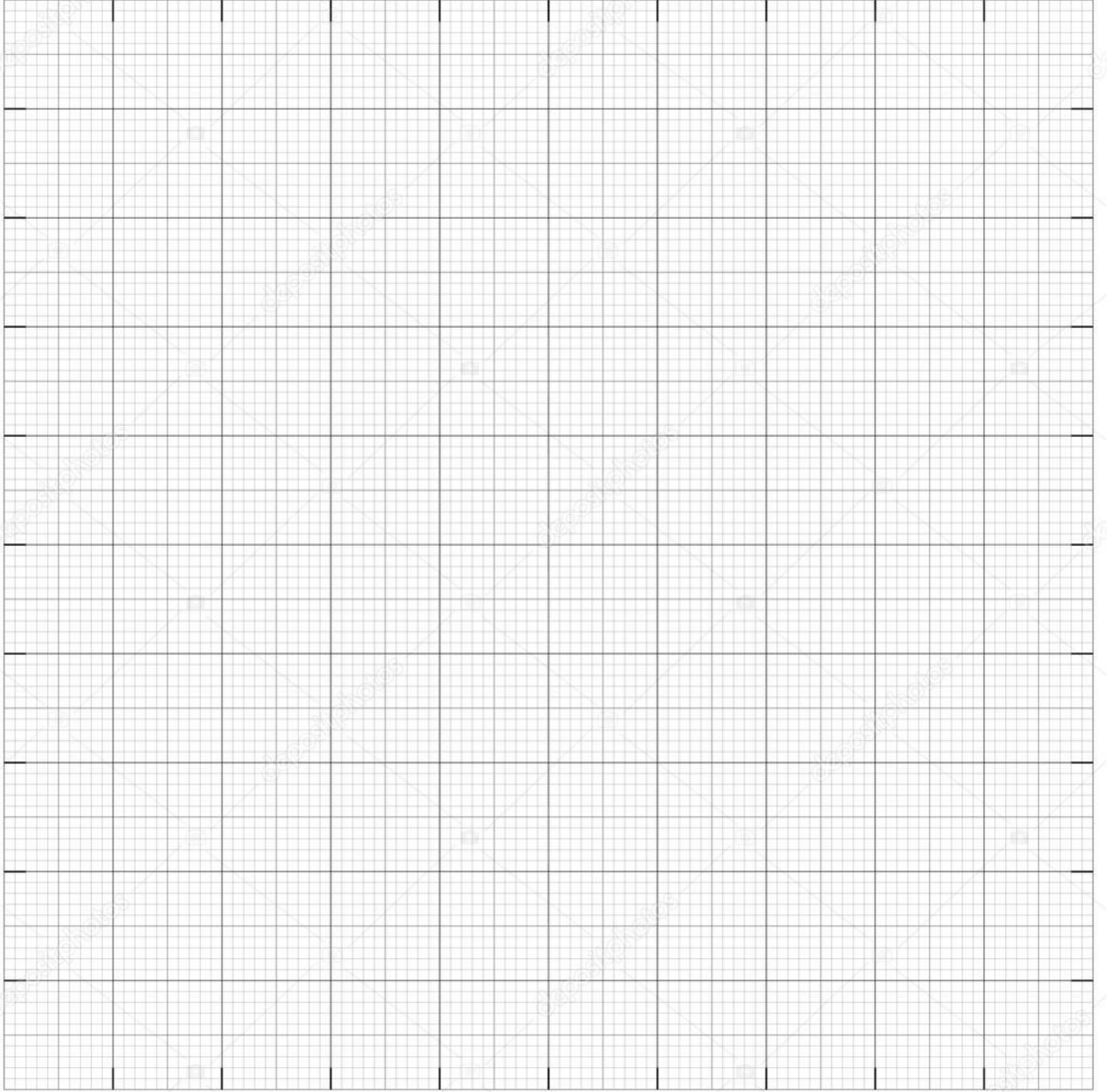


Şekil II.4.7. RC zaman sabiti devresindeki direncin V_R ölçüm bağlantısı

Tablo II.4.3. V_R ölçüm ve V_C hesaplama sonuçları

Kat	Kat · τ (s)	V_R (V)	$V_C = V - V_R$ (V)	V_C (hesaplanan) (V)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				

- v. **Tablo II.4.3**'teki τ zaman sabitine karşı V_C (ölçülen) ve V_C (hesaplanan) voltajlarını **Şekil II.4.8**'de yer alan milimetrik kağıda **iki ayrı eğri** şeklinde grafik çizim kurallarına uygun olarak **tek bir grafik** üzerine çizin.
- vi. Sonuçları tartışınız.



Şekil II.4.8. V_C (ölçülen)- τ ve V_C (hesaplanan)- τ grafiği

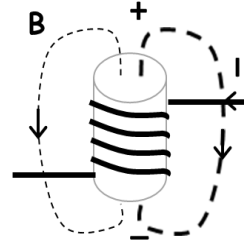
DENEY 5: BOBİNLER

- Amaç:**
- Bobinlerin temel yapısını anlamak
 - Bobinlerin genel çalışma prensibini öğrenmek
 - Bobinlerin nerelerde kullanıldığını öğrenmek

Teorik Bilgi: Bobin indüktör olarak ta bilinen elektrik devre elemanlarından biridir. Basit anlamda bir çekirdek (nüve) olarak kabul edilen bir hacim çevresine sarılı iletken telden oluşmaktadır. Bu hacim boşluk olabileceği gibi yalıtkan bir maddede olabilir. Teller genelde silindirik şekilde sarılırlar ancak dikdörtgen prizma şekilli olanları da vardır. Bobinlerin parametresi L olarak gösterilir ve birimi **Henry (H)**'dir. Henry birimi bilim insanı Joseph Henry'ye ithaf olunmakta olup açılımı Wb/A veya $V \cdot s/A$ 'dir. Kondansatörler depoladığı yükü elektrik kesiminde üzerinde tutmaya devam ederken, bobinler manyetik alandan kaynaklı yükü kaybeder. Bobinlerin manyetik alan şeklinde yükü depolaması Faraday'ın indüksiyon yasasına dayanır.

- Faraday İndüksiyon Yasası: **Şekil**

II.5.1'deki devrede oluşan indüksiyon voltajı devrede oluşan manyetik akının zamana göre değişimine bağlıdır. Bu durum **Eşitlik II.5.1**'de verilmiştir. Manyetik alanın kaynağı bobinden geçen akımdır. İletken bir telden geçen I akımı, çevresinde B manyetik alanı oluşturur. Akım değişirse, manyetik alanda değişim göstererek bobinin uçları arasında bir gerilim meydana getirir.



$\Phi_B \rightarrow$ manyetik akı

$N \rightarrow$ sarım sayısı

$L \rightarrow$ indüktans

$I \rightarrow$ telden geçen akım

Şekil II.5.1. Faraday indüksiyon yasası

$$V = -N \frac{d\phi_B}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad (\text{II.5.1})$$

Bir orantı sabiti olup **indüktans** adını alan L , **Eşitlik II.5.2**'de verilmiştir.

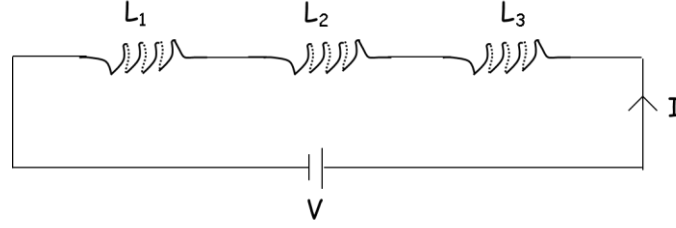
$$L = \frac{N\phi_B}{I} \quad (\text{II.5.2})$$

Bobinin indüktansı telin sarım sayısı, nüvenin cinsi, sarımlar arası mesafe, telin kesiti, bobin şekli, sarım katı sayısı, bobinin çapı, sarım şekli, uygulanan AC voltajın frekansı gibi parametrelere bağlıdır. İndüktans bobin içerisinde akım değişimine engel olacak şekilde **indüktif reaktans** (X_L) adında bir karşı koyma meydana getirir. **Eşitlik II.5.3**'te verilen indüktif reaktans olayında akıma karşı koyma durumu söz konusudur. Birimi **ohm (Ω)**'dur. **Eşitlik II.5.3**'teki f , birimi **Hertz (Hz)** olan frekanstır.

$$\chi_L = 2\pi fL \quad (\text{II.5.3})$$

Bobinler birbirleriyle seri, paralel veya karışık şekilde bağlanabilirler. Birden fazla bobinin bulunduğu devrelerde eşdeğer indüktans, bobinlerin bağlantı özellikleri dikkate alınarak tespit edilir.

- Seri bağlı bobinler: **Şekil II.5.2**'de gösterilen ve birden fazla bobinin uç uca eklenmesiyle elde edilirler.



Şekil II.5.2. Seri bağlı bobinler

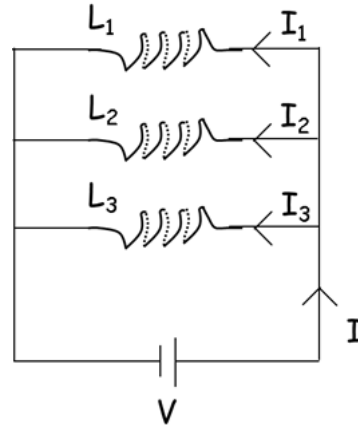
Seri devreden geçen I akımı her bir bobinden eşit değerde geçer. **Eşitlik II.5.4**'te verilen her bir bobinin uçları arasındaki voltajların toplamı güç kaynağındaki potansiyele eşittir. Bu ifade **Eşitlik II.5.1**'e göre yazılarak **Eşitlik II.5.5** elde edilir. Gerekli sadeleştirmeler sonrasında **Eşitlik II.5.6**'daki bobinlerin seri bağlı durumdaki eşdeğer indüktans ifadesine ulaşılır.

$$V = V_{L_1} + V_{L_2} + V_{L_3} \quad (\text{II.5.4})$$

$$L_{es} \frac{dI}{dt} = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} + L_3 \frac{dI}{dt} = (L_1 + L_2 + L_3) \frac{dI}{dt} \quad (\text{II.5.5})$$

$$L_{es} = L_1 + L_2 + L_3 \quad (\text{II.5.6})$$

- Paralel bağlı bobinler: **Şekil II.5.3**'te gösterilen ve birden fazla bobinin paralel olacak şekilde bağlanmasıyla elde edilir.



Şekil II.5.3. Paralel bağlı bobinler

Eşitlik II.5.1'deki bobinin voltaj-akım karakteristik eşitliğinden gerekli dönüşümlerle **Eşitlik II.5.7**'deki bobinin akım-voltaj karakteristik eşitliği elde edilir.

$$I = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v dt + I(t_0) \quad (\text{II.5.7})$$

Şekil II.5.3'te görüldüğü üzere, devreden geçen I akım değeri düğüm noktasında bağlı olan bobin değerlerine göre ayrışır. **Eşitlik II.5.8'**de verilen bu ifade **Eşitlik II.5.7'**ye göre düzenlendiğinde **Eşitlik II.5.9** elde edilir. **Eşitlik II.5.9** üzerinde gerekli sadeleştirme ve düzenleme yapıldığında, **Eşitlik II.5.10'**daki bobinlerin seri bağlı durumdaki eşdeğer indüktans ifadesine ulaşılır.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (\text{II.5.8})$$

$$\frac{1}{L_{es}} \int_{t_0}^t v dt + I(t_0) = \frac{1}{L_1} \int_{t_0}^t v dt + I_1(t_0) + \frac{1}{L_2} \int_{t_0}^t v dt + I_2(t_0) + \frac{1}{L_3} \int_{t_0}^t v dt + I_3(t_0) \quad (\text{II.5.9})$$

$$\frac{1}{L_{es}} \int_{t_0}^t v dt + I(t_0) = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \int_{t_0}^t v dt + I_1(t_0) + I_2(t_0) + I_3(t_0)$$

$$\frac{1}{L_{es}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \quad (\text{II.5.10})$$

Görüldüğü üzere, paralel bağlı bobin sistemlerinde eşdeğer indüktansın tersi, bağlı bobinlerin terslerinin toplamına eşittir.

- **Karışık bağlı bobinler:** Bobinler seri ve paralel şekilde karışık olarak bağlanırlar. Bu devrelerdeki eşdeğer indüktans bobinlerin devredeki seri veya paralel bağlantılarına göre kısmi yaklaşımla çözümlenerek bulunur.

Bobinler istenmeyen frekansları engellemek veya azaltmak için kullanılırlar.

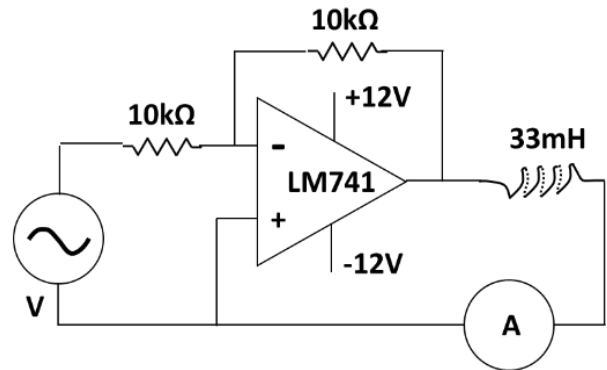
Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Frekans sayacı
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 3
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Frekans üretici
 - Bobin (2 x 33mH)
 - LM741 entegre
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

i. **AC** güç kaynağını **1kHz** frekansa ve **5V**'a ayarlayın.

ii. **Şekil II.5.4**'te gösterilen ve Today's Electronics Board 3 üzerinde yer alan Bobin Kullanımı ve Tanımlanması (Inductive - Use and Identification) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.5.5**'teki gibi bağlayarak devreden geçen **AC** akımı multimetre ile ölçüp **Tablo II.5.1**'e kaydedin. Cadet-II'deki ayarlanabilir güç kaynağı terminallerini **+12V** ve **-12V**'a ayarlayın.

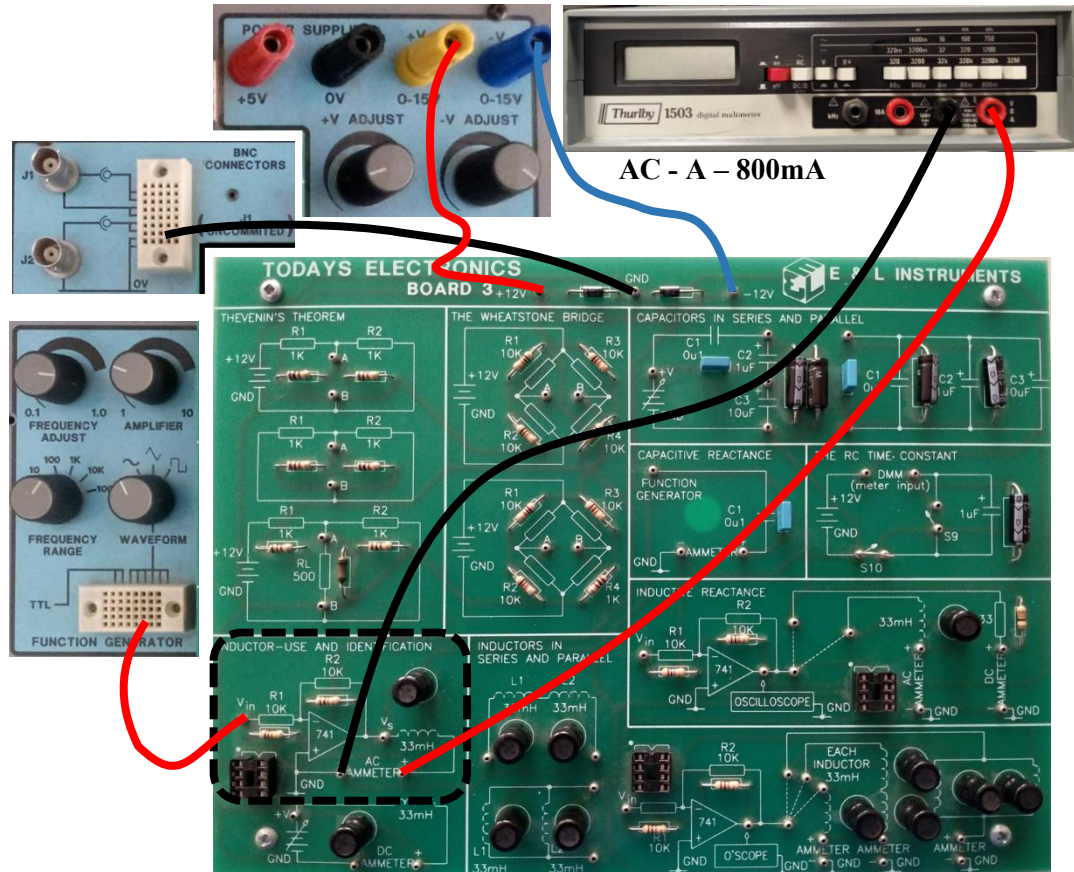


Şekil II.5.4. AC akımlı bobin devresi

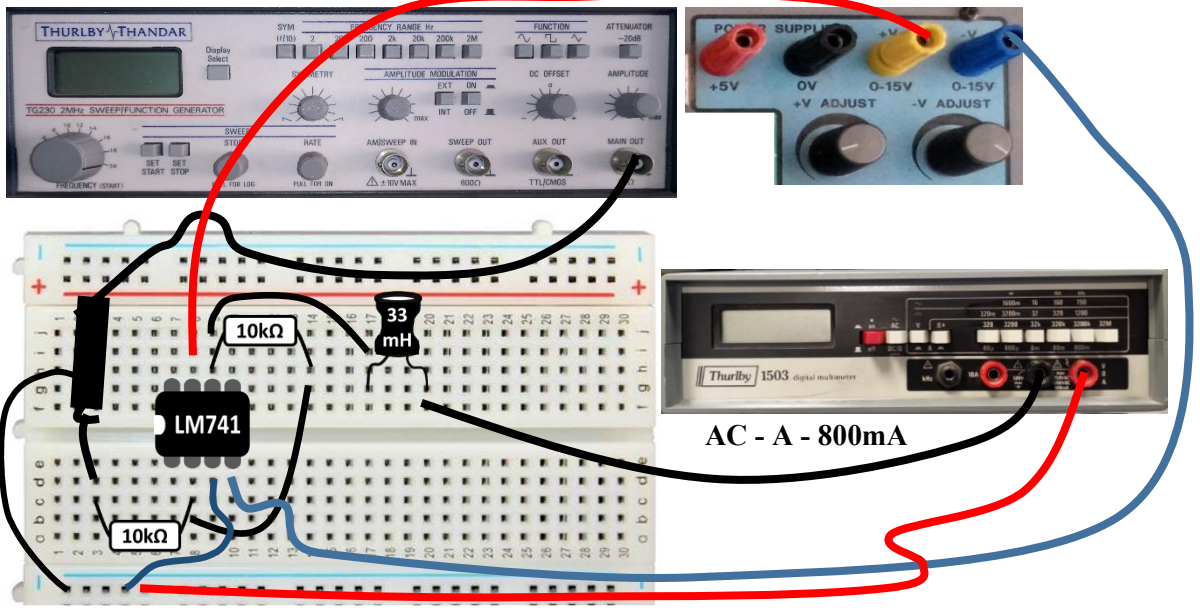
Tablo II.5.1. I akım değerleri

I_{AC} (A)	
I_{DC} (A)	

Cadet-II ile;

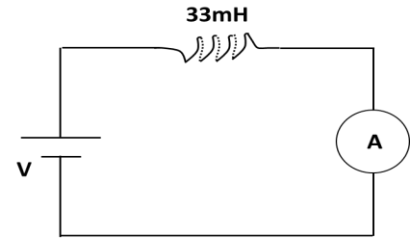


Breadboard ile;



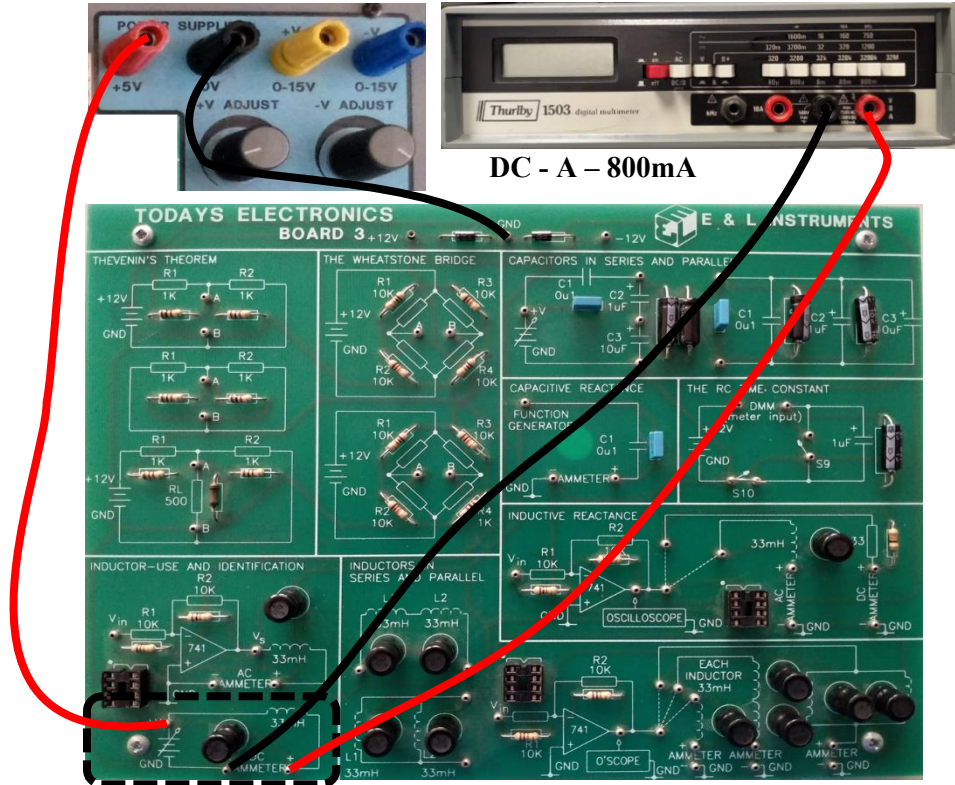
Şekil II.5.5. Güç bağlantısı ve multimetre ile AC akım ölçümü

- iii. **Şekil II.5.6'**da gösterilen ve Today's Electronics Board 3 üzerinde yer alan Bobin Kullanımı ve Tanımlanması (Inductive - Use and Identification) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.5.7'**deki gibi bağlayarak devreden geçen DC akımı multimetre ile ölçüp **Tablo II.5.1'**e kaydedin. Cadet-II'deki sabit **+5V** güç kaynağı terminalini kullanın.

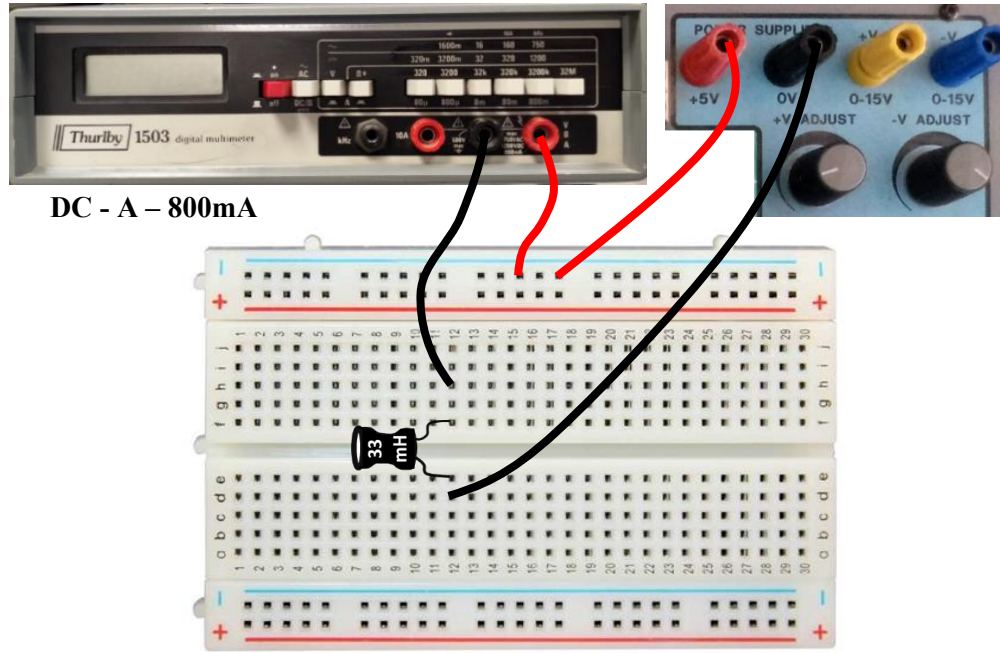


Şekil II.5.6. DC akımlı bobin devresi

Cadet-II ile;



Breadboard ile;

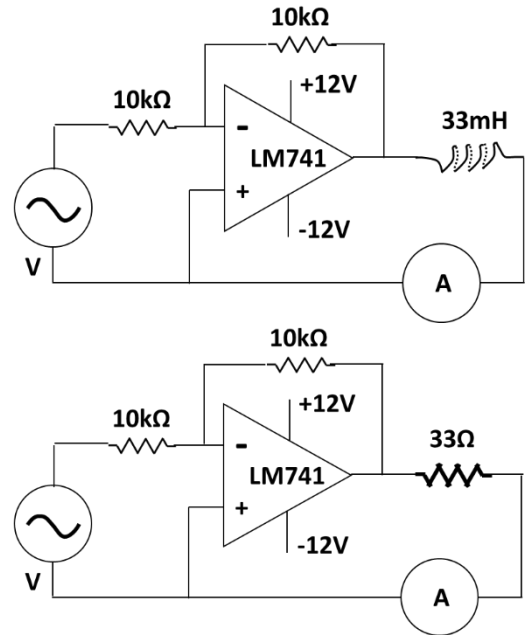


Şekil II.5.7. Güç bağlantısı ve multimetre ile DC akım ölçümü

- iv. Şekil II.5.8'de gösterilen ve Today's Electronics Board 3 üzerinde yer alan İndüktif Reaktans (Inductive Reactance) devrelerin güç bağlantılarını Şekil II.5.9'daki gibi bağlayarak +5V AC voltaj altında sırasıyla 100Hz'lik ve 1kHz'lik elektrik sinyalleri ile önce bobin sonra direnç üzerinden geçen AC akım değerlerini multimetre yardımıyla ölçüp Tablo II.5.2'ye kaydedin. Elektrik sinyalinin frekansını adım i'ye göre ayarlayın. Cadet-II'deki ayarlanabilir güç kaynağı terminallerini +12V ve -12V'a ayarlayın.

Tablo II.5.2. Frekansa bağlı I akım değerleri

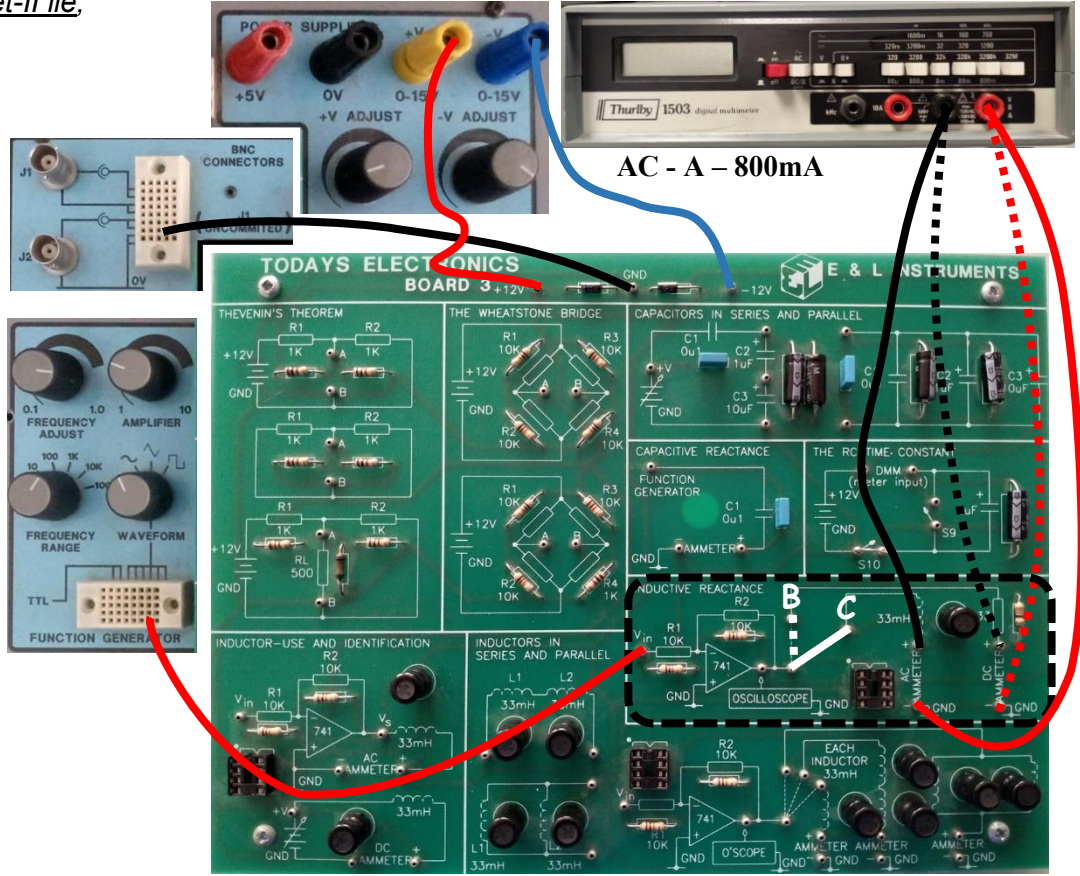
Frekans (Hz)	I_{bobin} (A)	$I_{\text{direnç}}$ (A)
100		
1000		



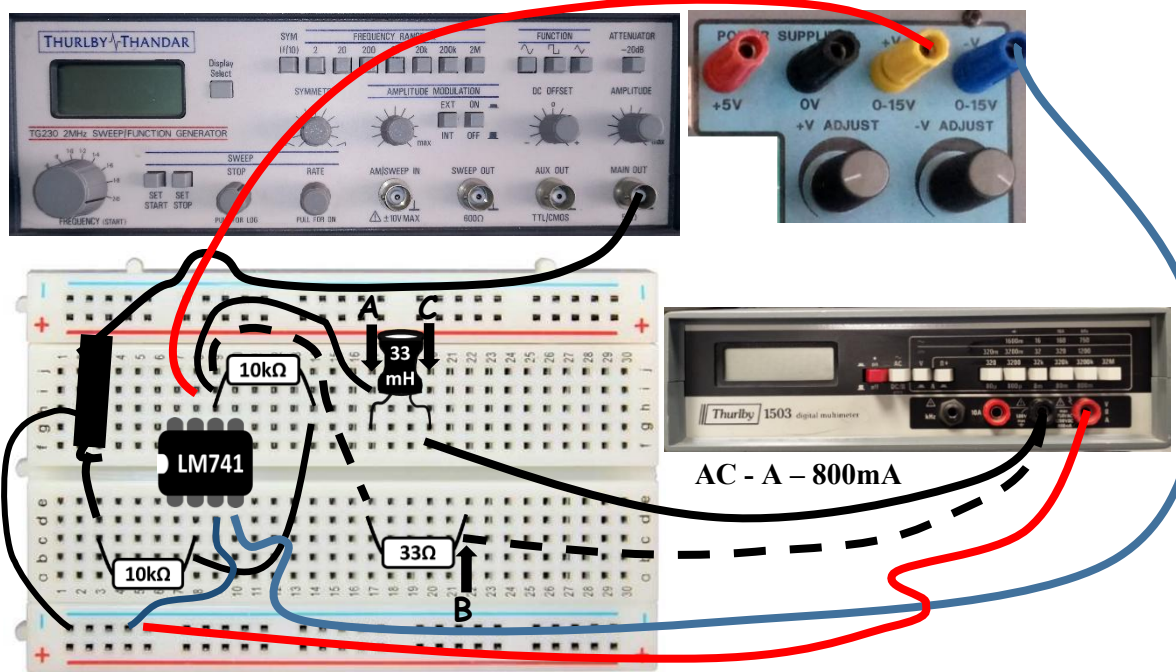
Şekil II.5.8. Bobin ve dirençli devreler

- AC akım geçecek iletim hattını (bobin için AC hattı, direnç için AB hattı) kısa devre yaparak ona uygun soketlere ampermetre bağlantısını yapınız.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



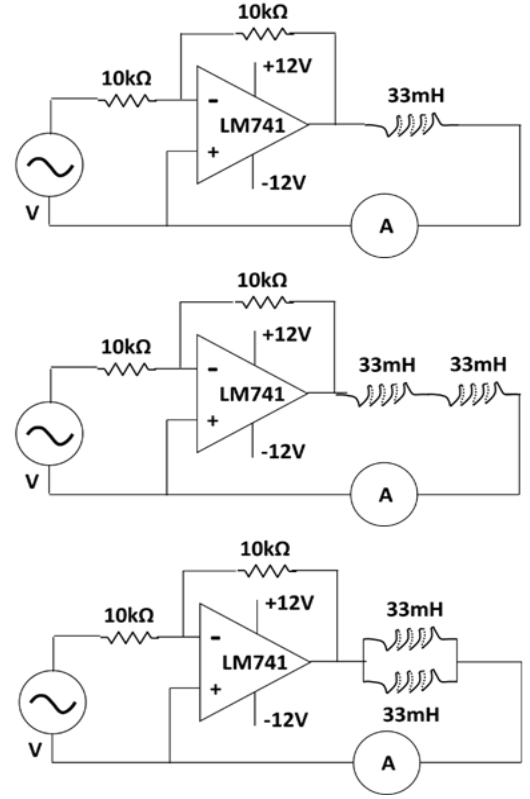
Şekil II.5.9. Güç bağlantıları ve multimetre ile akım ölçümleri

- v. **Şekil II.5.10'**da gösterilen ve Today's Electronics Board 3 üzerinde yer alan seri ve paralel bobinler (Inductors in Series and Parallel) devrelerinin güç bağlantılarını

Şekil II.5.11'deki gibi bağlayarak **+5V AC** voltaj altında **1kHz**'lik elektrik sinyal farklı bobin bağlantılarına göre ana kollarından geçen **AC** akımı multimetre yardımıyla ölçüp **Tablo II.5.3**'e kaydedin. Tek, seri ve paralel bobinler için sırasıyla AD, AC ve AB soketlerini kısa devre yaparak hat üzerindeki soketlere ampermetre bağlantısını yapınız.

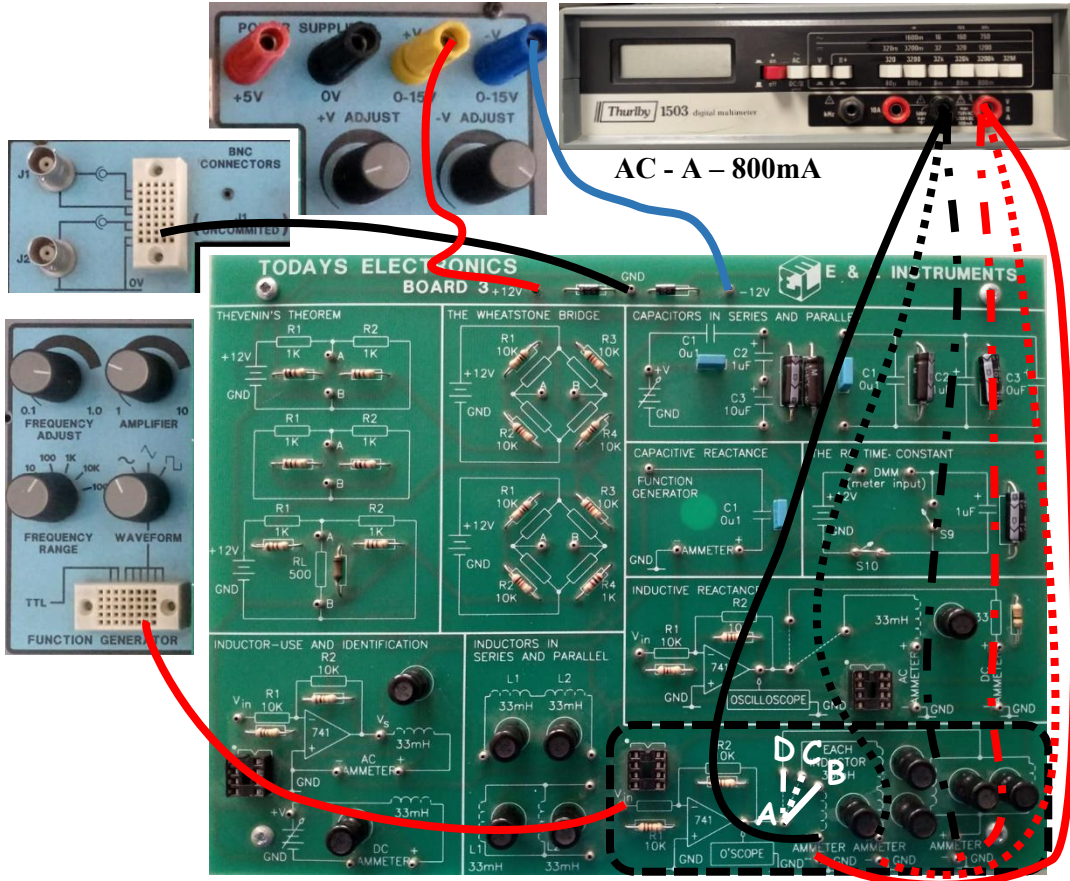
Tablo II.5.3. Bobin bağlantılarına göre **I** akım değerleri

Bağlantı	I (A)
Tek	
Seri	
Paralel	

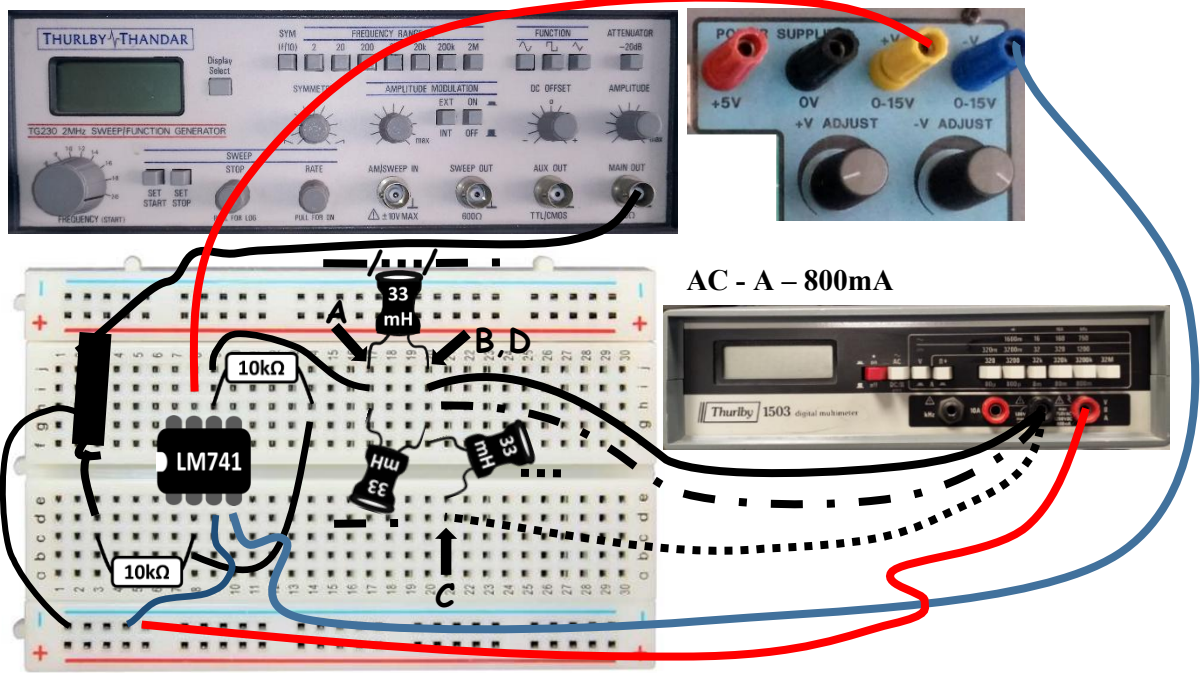


Şekil II.5.10. Tek, seri ve paralel bağlı bobinli devreler

Cadet-II ile:



Breadboard ile;



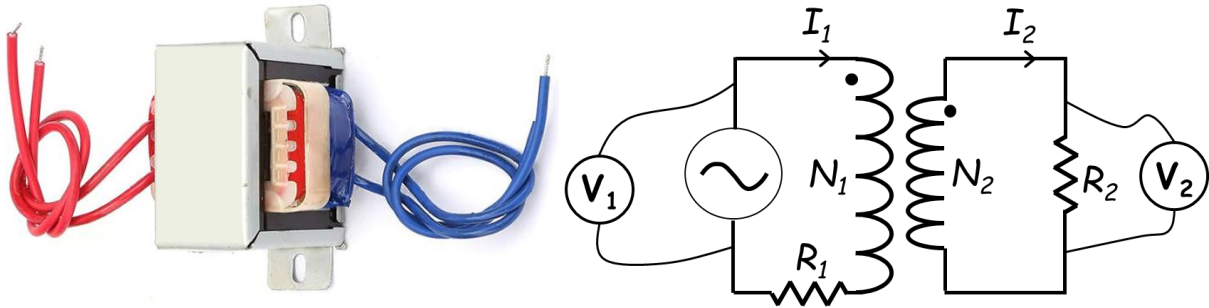
Şekil II.5.11. Güç bağlantıları ve multimetre ile akım ölçümleri

vi. Sonuçları tartışınız.

DENEY 6: TRANSFORMATÖR

- Amaç:**
- Alternatif akım ve transformatör çalışma prensibini anlamak
 - Transformatörün gerilim, akım ve sarım sayıları ilişkisini anlamak
 - Yükseltici ve alçaltıcı transformatörlerin özelliklerini gözlemlemek
 - İdeal ve gerçek transformatörlerde verimlilik hesaplamalarını yapmak

Teorik Bilgi: Alternatif akım, zamanla yönü ve şiddeti periyodik olarak değişen elektrik akımıdır. En yaygın kullanılan alternatif akım tipi, zamanla değişimi matematiksel olarak bir sinüs fonksiyonu ile ifade edilen **sinüzoidal alternatif akım**dır. Evlerde ve sanayide kullanılan elektrik enerjisi genellikle bu türdendir. Transformatörler, alternatif akım ve gerilim seviyelerini ihtiyaca göre artıran veya azaltan, ancak gücünü koruyan elektromanyetik cihazlardır. Çalışma prensibi, **elektromanyetik indüksiyon** ilkesine dayanır. Transformatörler genellikle yumuşak demirden yapılmış bir çekirdek ve bu çekirdek etrafına sarılmış bir veya birden fazla sargı (bobin) içerir. **Şekil II.6.1**'de örnek bir transformatörün fotoğrafı ve devredeki şematik çizimi yer almaktadır.



Şekil II.6.1. Örnek bir transformatörün fotoğrafı ve örnek devredeki şematik çizimi

Enerji kaybını en aza indirmek için çekirdek, som demirden değil, birbirinden yalıtılmış ince demir levhaların üst üste yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu yapı, çekirdek içerisinde **Foucault akımlarından** kaynaklanan enerji kayıplarını önler. Tanım olarak Foucault akımları bir iletkenin, değişken bir manyetik alanın etkisine girmesi durumunda, içerisinde kapalı döngüler halinde elektrik akımları oluşur. Bu akımlara girdap akımları da denir.

- *Primer (birincil) Sargı (I. Devre):* Elektrik enerjisinin uygulandığı sargıdır.
- *Sekonder (ikincil) Sargı (II. Devre):* Elektrik enerjisinin alındığı sargıdır.

Kaybın olmadığı, yani sargılarında ve demir çekirdeğinde enerji kaybı gerçekleşmeyen bir transformatöre **ideal transformatör** denir.

Eşitlik II.6.1'de verildiği gibi ideal bir transformatörde giriş gücü (primer gücü) çıkış gücüne (sekonder gücüne) eşittir:

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \quad (\text{II.6.1})$$

Burada:

- V_1 : Primer sargıdaki gerilim,
- I_1 : Primer sargıdaki akım,
- V_2 : Sekonder sargıdaki gerilim,
- I_2 : Sekonder sargıdaki akımdır.

Transformatörün sargı sarım sayıları (N_1 ve N_2) ile gerilim ve akım ilişkisi **Eşitlik II.6.2**'de ifade edilir:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{II.6.2})$$

Bu oran, transformatörün **dönüşüm oranı** olarak adlandırılır.

- **Yükseltici Transformatör:** $N_1 < N_2$ ise $V_1 < V_2$ olur. Bu durumda sekonder gerilim, primer gerilimden daha yüksektir.
- **Alçaltıcı Transformatör:** $N_1 > N_2$ ise $V_1 > V_2$ olur. Bu durumda sekonder gerilim, primer gerilimden daha düşüktür.

Gerçek transformatörlerde, enerji kayıpları çekirdek ısınması (Foucault akımları) ve sargılarda direnç kayıpları nedeniyle oluşur. Transformatörün verimliliği (η), sekonder sargıdan alınan gücün primer sargıya uygulanan güce oranı olarak tanımlanır ve **Eşitlik II.6.3**'teki gibi yüzdelik olarak ifade edilir:

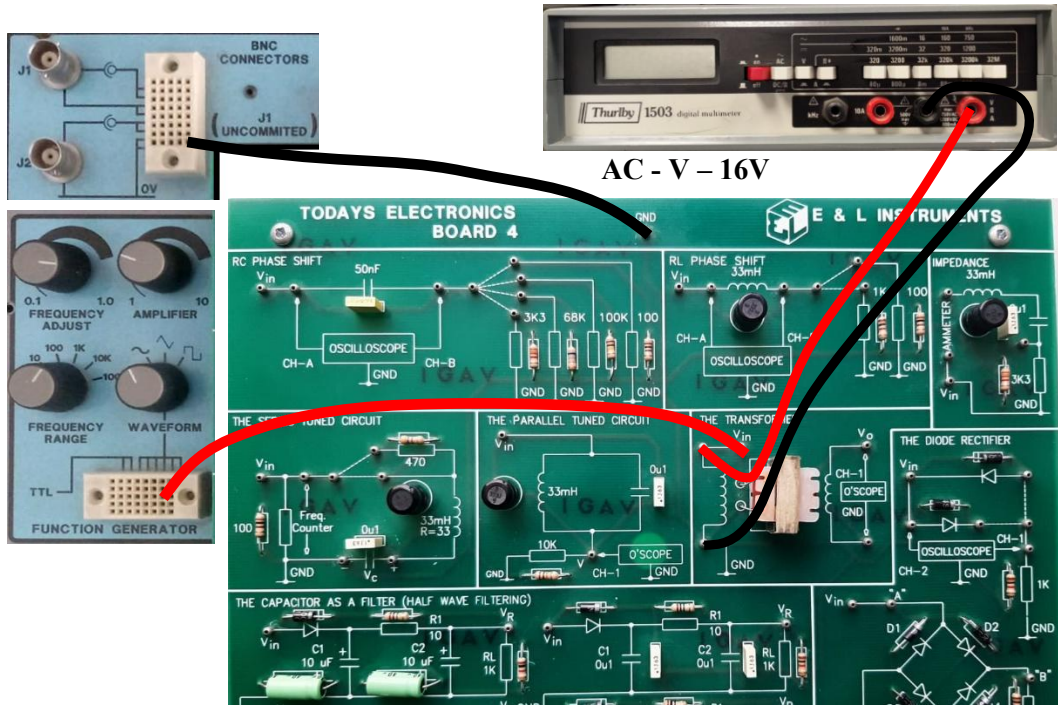
$$\eta = \frac{\text{çıkış gücü}}{\text{giriş gücü}} \times 100 = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{V_2 \cdot I_2}{V_1 \cdot I_1} \times 100 \quad (\text{II.6.3})$$

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Frekans sayacı
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- AC** güç kaynağını **1kHz** frekansa ve **6V**'a ayarlayın.
- Şekil II.6.2**'de gösterilen ve Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan transformatör (The Transformer) devresinin güç bağlantılarını ve multimetreyi bağlayın.



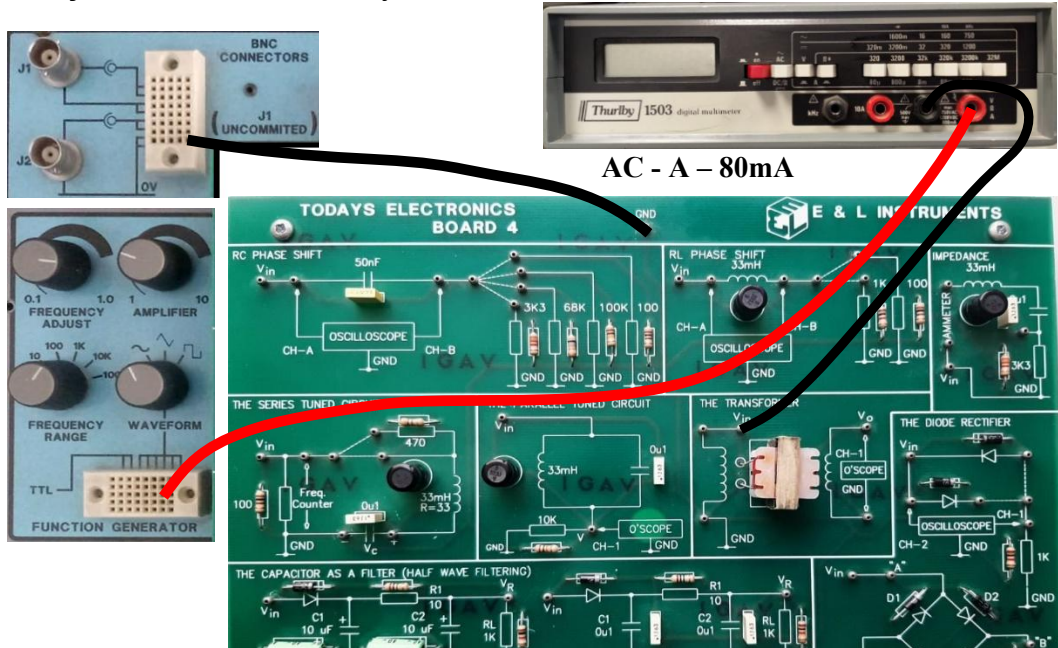
Şekil II.6.2. Transformatör devresinin güç ve multimetre bağlantıları

- iii. Multimetreyi Şekil II.6.2'de verilen ayarlar doğrultusunda ayarlayarak primer taraftaki direncin uçları arasındaki voltajı okuyarak Tablo II.6.1'e kaydedin.

Tablo II.6.1. Transformatör devresinin voltaj ve akım ölçüm sonuçları

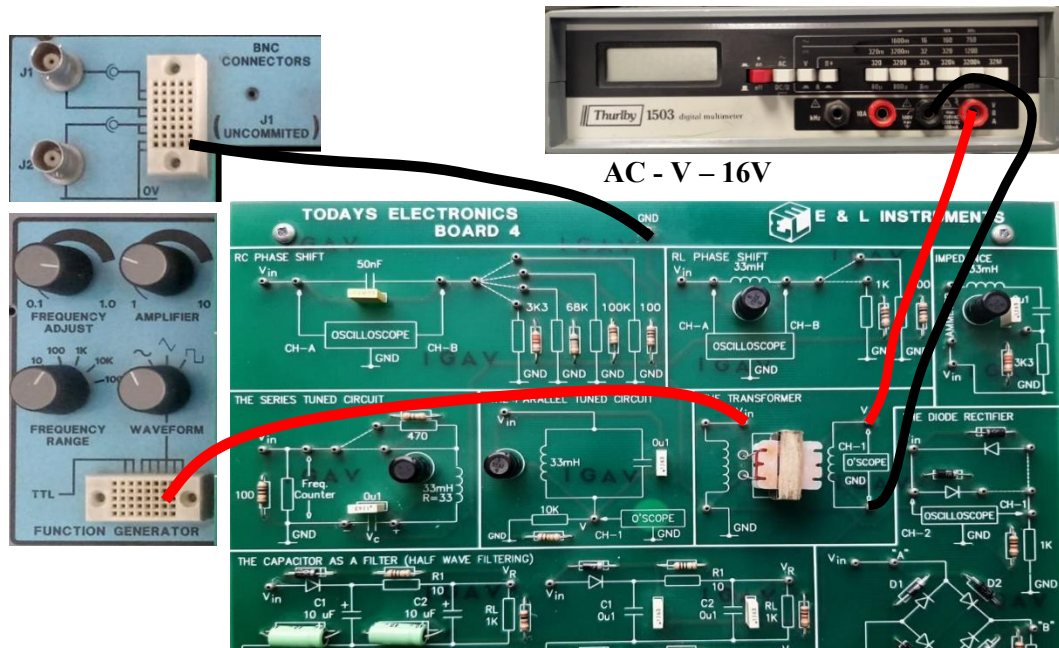
	Primer	Sekonder
V(V)		
I(A)		

- iv. Multimetreyi devreye Şekil II.6.3'teki gibi seri bağlayarak primer taraftan geçen akımı ölçerek Tablo II.6.1'e kaydedin.



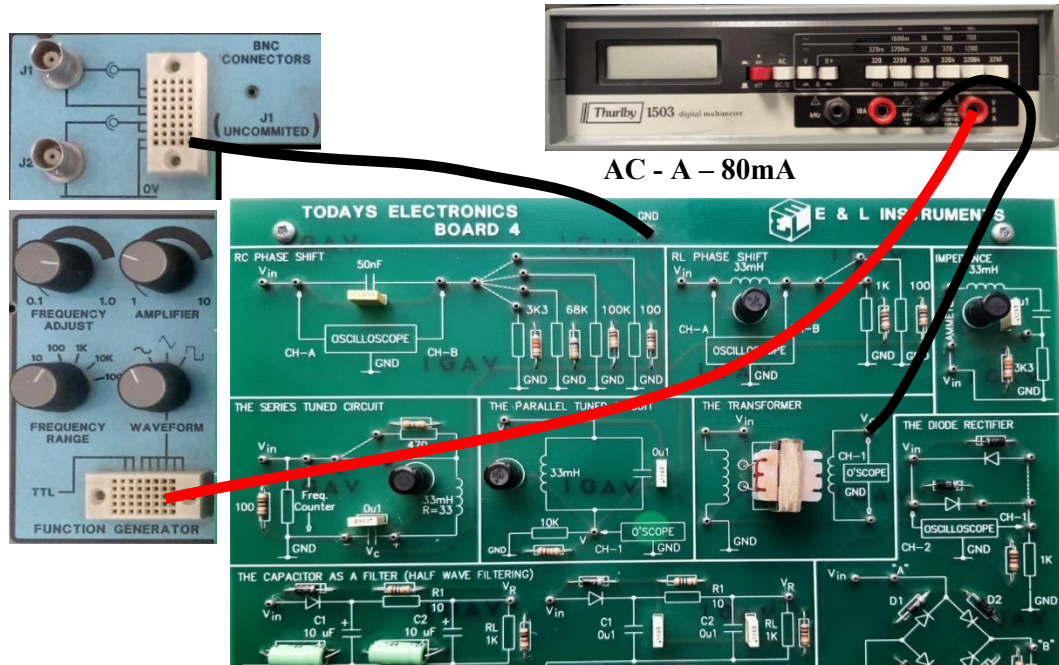
Şekil II.6.3. Transformatör devresinin güç ve multimetre bağlantıları

- v. Multimetreyi **Şekil II.6.4**'te verilen ayarlar doğrultusunda ayarlayarak sekonder taraftaki direncin uçları arasındaki voltajı okuyarak **Tablo II.6.1**'e kaydedin.



Şekil II.6.4. Transformatör devresinin güç ve multimetre bağlantıları

- vi. Multimetreyi devreye **Şekil II.6.5**'teki gibi seri bağlayarak sekonder taraftan geçen akımı ölçerek **Tablo II.6.1**'e kaydedin.



Şekil II.6.5. Transformatör devresinin güç ve multimetre bağlantıları

- vii. **Tablo II.6.1**'deki ölçüm sonuçlarını **Eşitlik II.6.3**'te yerine yazarak transformatörün verimini yüzde olarak hesaplayıp **Tablo II.6.2**'ye kaydedin.

Tablo II.6.2. Transformatör verimi

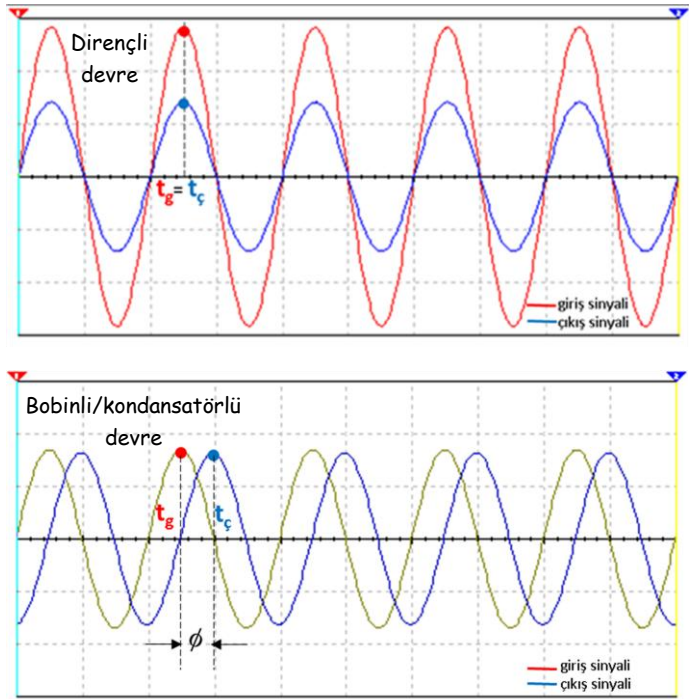
η (%)	
------------	--

DENEY 7: FAZ KAYMA DEVRELERİ

- Amaç:**
- Faz kayma kavramını öğrenmek
 - RC ve RL devreleri için faz kaymalarını hesaplamak
 - RC ve RL devreleri için faz kaymalarını osiloskop ile ölçmek

Teorik Bilgi: İki farklı AC elektrik sinyalinin ilerlemesinde her bir elektrik sinyalin maksimum voltaj veya maksimum akım seviyelerine ulaşma zamanı farklı olan devrelere **faz kayma devreleri** denir. Bu zaman farklılığı **derece (°)** ile ifade edilip **faz kayması açısı (ϕ)** adını alır. Devrelerde faz kayması durumu bobinli veya kondansatörlü devrelerde gözlemlenirken, salt dirençli devrelerde gözlemlenmemektedir. Çünkü elektrik sinyallerinin maksimum voltaj veya maksimum akım genlikleri dirençlerde aynı seviyelerde olduğu için faz farkına neden olmamaktadır. **Şekil II.7.1**'deki iki elektrik sinyalin osiloskop ekranındaki durumları incelendiğinde faz farkı daha anlaşılır olacaktır.

Şekil II.7.1'deki dirençli bir devrenin osiloskop ekran görüntüsünde giriş elektrik sinyali ile çıkış elektrik sinyali eş zamanlı maksimum voltaj genliklerine ulaştıkları görülmektedir. Dolayısıyla aralarında bir zaman veya açı farkı bulunmadığından faz farkı **0°**'dir. Bobinli/kondansatörlü devrenin osiloskop ekran görüntüsünde ise giriş elektrik sinyali ile çıkış elektrik sinyali farklı zamanlarda maksimum voltaj genliklerine ulaşmaktadır. Bu durum aralarında zaman veya açı farkının olduğunu gösterir. Açı farkı **Eşitlik II.7.1**'de verildiği gibi her bir elektrik sinyalin maksimum voltaj veya maksimum akım genliğine ulaştığı zamanki açı değerlerinin farkıdır.

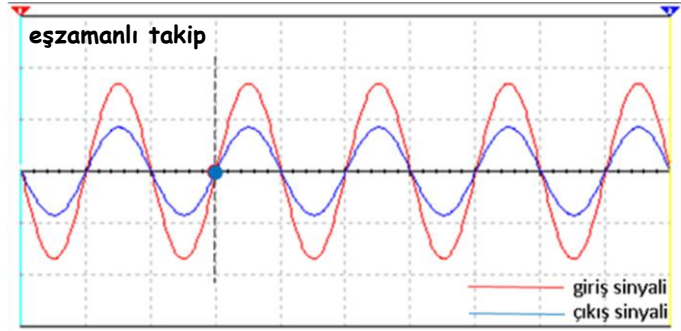


Şekil II.7.1. Dirençli ve bobin/kondansatörlü devrelerde elektrik sinyallerin faz farkları

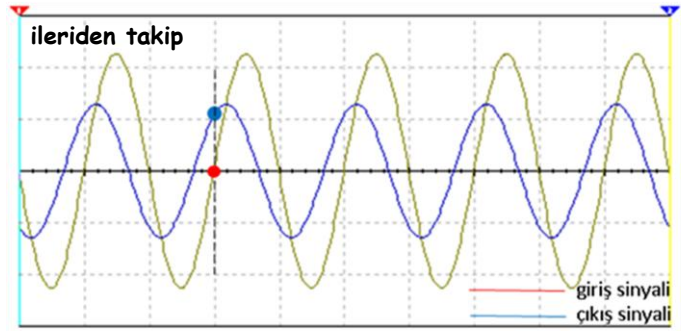
$$\phi = t_c - t_g \quad (II.7.1)$$

Eşitlik II.7.1'de t_g giriş elektrik sinyalini, t_c ise çıkış elektrik sinyalini temsil etmektedir.

Şekil II.7.2'deki ilk osiloskop ekran görüntüsünde faz farkının olmadığı iki elektrik sinyalin durumu incelendiğinde; zaman eksenini kesen dik çizginin giriş elektrik sinyalinin 0V değerinden geçtiğinde çıkış elektrik sinyalinin değeri de 0V'dur. Böylece elektrik sinyallerinin birbirini **eşzamanlı** takip ediyorlar denir.



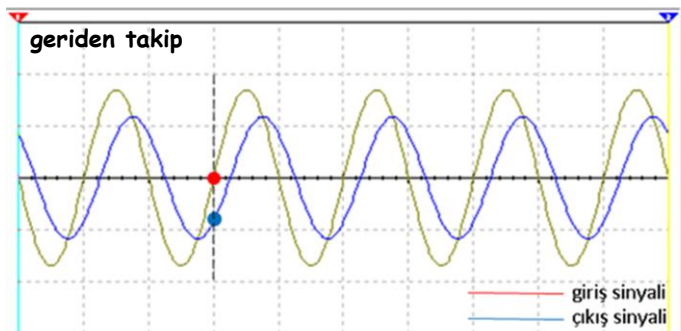
Ancak faz farkının olduğu iki elektrik sinyalin osiloskop ekran görüntüsü incelendiğinde ise; zaman eksenini kesen dik çizginin giriş elektrik sinyalinin yükselirken **0V** değerinden geçtiğinde çıkış elektrik sinyalini kestiği nokta **0V**'dan farklı olduğu durumda;



- **voltaj pozitif** ise çıkış elektrik sinyali giriş elektrik sinyalini **ileriden** takip ediyor

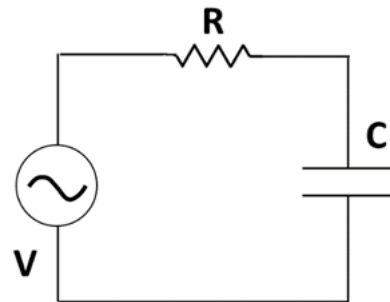
- **voltaj negatif** ise çıkış elektrik sinyali giriş elektrik sinyalini **geriden** takip ediyor

denir.



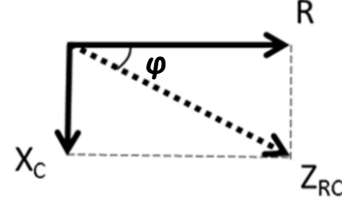
Şekil II.7.2. Elektrik sinyallerin birbirine göre takip durumu

Şekil II.7.3'te verilen RC devresine AC voltaj uygulandığında, başlangıçta kondansatör boş, yani yüksüz olacağından maksimum akım geçişi olacaktır. Yani, yüksüz bir kondansatörde voltaj düşmesi söz konusu olmayıp tüm voltaj düşmesi direnç üzerinde gerçekleşecektir. Zamanla kondansatör yüklendikçe, kondansatör üzerindeki voltaj düşüşünde artış meydana gelirken, direnç üzerinde voltaj düşüşü azalacaktır. Kondansatör tamamen dolduğunda ise kondansatörün voltaj düşmesi maksimum olup direncin voltaj düşmesi minimum seviyede olacaktır. Kondansatör ve direncin üzerinde voltaj düşmeleri farklı zamanlarda meydana geldiğinden, farklı fazlarda bulunacaklardır. Direnç ve kondansatörün direnç değerleri vektörel niceliktedir. Direnç (+x) eksenini doğrultusunda, kapasitif reaktans ise (-y) doğrultusunda gösterilir.



Şekil II.7.3. RC devresi

Şekil II.7.4'te verilen bu çizimdeki kapasitif reaktansın (X_C), direnç-kondansatör empedansının (Z_{RC}), faz kaymasının ($\tan\phi$) ve faz kayma açısının (ϕ) hesaplanması için kullanılan eşitlikler sırasıyla **Eşitlik II.7.2**, **Eşitlik II.7.3**, **Eşitlik II.7.4** ve **Eşitlik II.7.5**'te verilmiştir.



Şekil II.7.4. Kapasitif reaktans-direnç

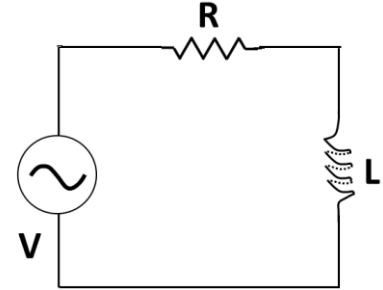
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\text{II.7.2})$$

$$Z_{RC} = \sqrt{(X_C)^2 + (R)^2} \quad (\text{II.7.3})$$

$$\tan \phi = \frac{X_C}{R} \quad (\text{II.7.4})$$

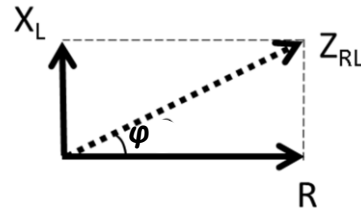
$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{X_C}{R} \right) \quad (\text{II.7.5})$$

Şekil II.7.5'te verilen RL devresine voltaj uygulandığında, bobin üzerinde indüklenmiş bir voltaj artışı gerçekleşir. Bu voltaj artışı devredeki akıma zıt yönde olacaktır. Yani, voltajın artmasıyla manyetik alan değişimi azalacaktır. Böylece bobinde voltaj düşmesi maksimumdan minimuma doğru bir azalma gösterecektir. Zamanla bobindeki manyetik alan değişimi durduğunda, bobinin voltaj düşmesi minimum olup, direncin voltaj düşmesi maksimum seviyede olacaktır. Bobinin ve direncin üzerinde voltaj düşmeleri farklı zamanlarda meydana geldiğinden, farklı fazlarda bulunacaklardır. Direnç ve bobinin oluşturdıkları direnç değerleri vektörel niceliktedir. Direnç (+x) eksenini doğrultusunda, indüktif reaktans ise (+y) eksenini doğrultusunda gösterilir.



Şekil II.7.5. RL devresi

Şekil II.7.6'da verilen bu çizimdeki indüktif reaktansın (X_L), direnç-bobin empedansının (Z_{RL}), faz kaymasının ($\tan\phi$) ve faz kayma açısının (ϕ) hesaplanması için kullanılan eşitlikler sırasıyla **Eşitlik II.7.6**, **Eşitlik II.7.7**, **Eşitlik II.7.8** ve **Eşitlik II.7.9**'da verilmiştir.



Şekil II.7.6. İndüktif reaktans-direnç diyagramı

$$X_L = 2\pi fL \quad (\text{II.7.6})$$

$$Z_{RL} = \sqrt{(X_L)^2 + (R)^2} \quad (\text{II.7.7})$$

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R} \quad (\text{II.7.8})$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R} \right) \quad (\text{II.7.9})$$

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

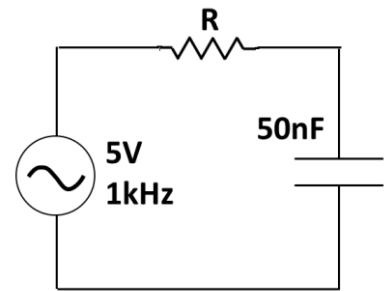
- Multimetre
- Frekans sayacı
- Osiloskop
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Frekans üretici
 - Dirençler (1 x 100Ω, 1 x 1kΩ, 1 x 3.3kΩ, 1 x 68kΩ, 1 x 100kΩ)
 - Bobin (1 x 33mH)
 - Kondansatör (1 x 50nF)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **AC** güç kaynağını **1kHz** frekansa ve **5V**'a ayarlayın.
- ii. **Şekil II.7.7**'deki RC devresinin kapasitif reaktansını, faz kaymasını ve faz kayma açısını **R** direncinin **3.3kΩ**, **68kΩ**, **100kΩ** ve **100Ω** olduğu durumlar için hesaplayarak **Tablo II.7.1**'e kaydedin.

Tablo II.7.1. RC devresinin kapasitif reaktansı (X_C), faz kayması ($\tan \varphi$) ve faz kayma açısı (φ)

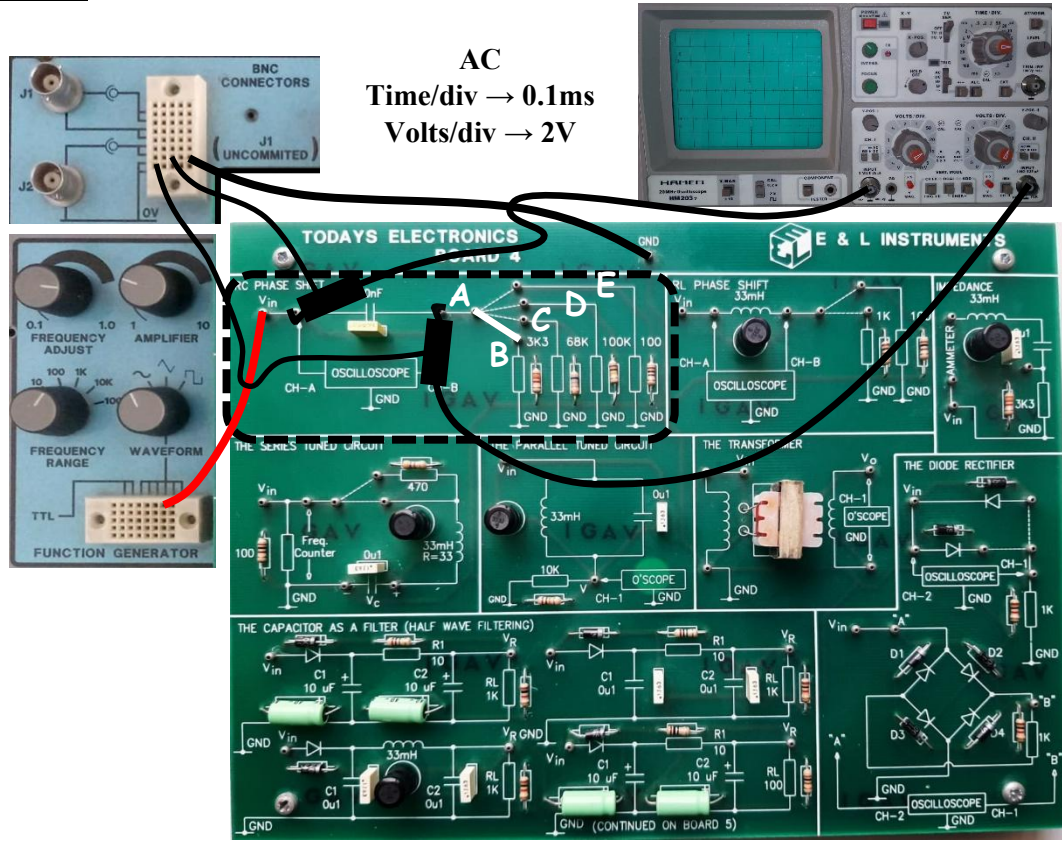
R (Ω)	X_C (Ω)	$\tan \varphi$	φ_{hesap} (°)	$\varphi_{osiloskop}$ (°)
3.3k				
68k				
100k				
100				



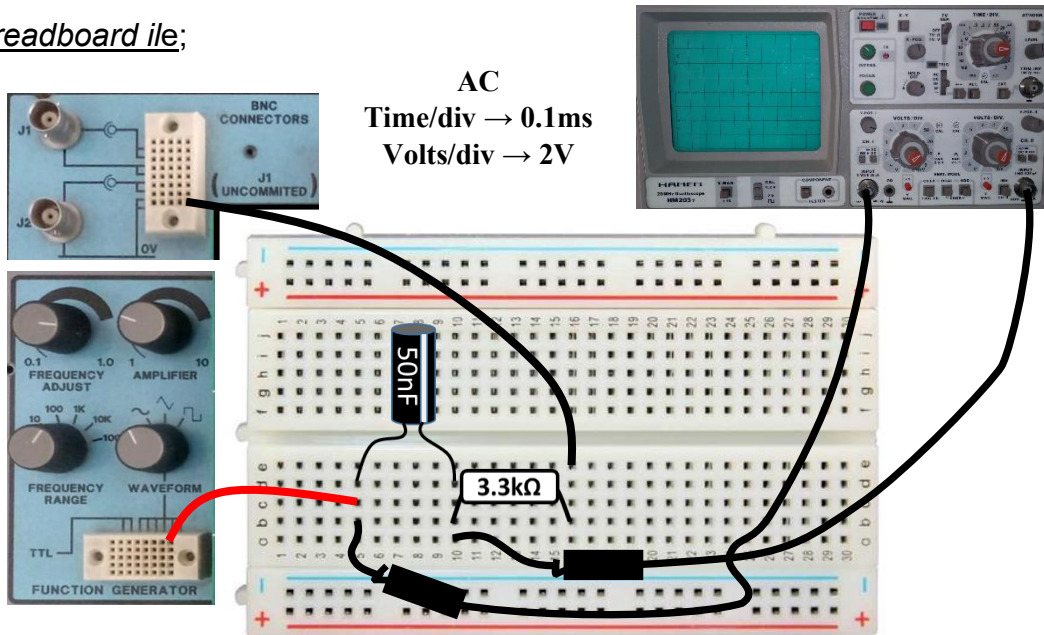
Şekil II.7.7. RC devresi

- iii. **Şekil II.7.7**'daki RC devresini Cadet-II deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan RC Faz Kayması (RC Phase Shift) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.7.8**'deki gibi 1kHz'lik elektrik sinyali ile yaparak osiloskop bağlantılarını gerçekleştirin.

Cadet-II ile;

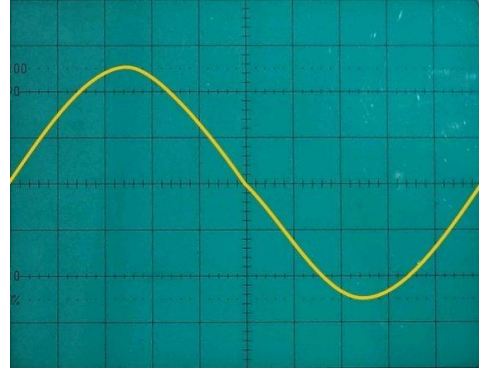


Breadboard ile;



Şekil II.7.8. RC devresinin güç ve osiloskop bağlantıları

- iv. Osiloskop ayarını **Şekil II.7.8**'de verildiği değerlere göre yaparak yalnızca **A** prob girişi aktif edin. Bir periyotluk elektrik sinyali ekranda en soldaki dikey hizadan en sağdaki dikey hizaya gelecek şekilde **Şekil II.7.9**'daki gibi sağlayın. **Şekil II.7.8**'de verilen ayar doğrultusunda elektrik sinyalinin genliğinin **AC 5V** olduğunu görünüz. Ardından **B** prob girişini de aktif edin.



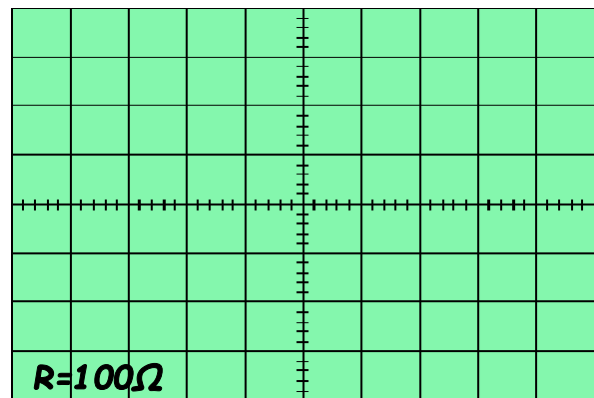
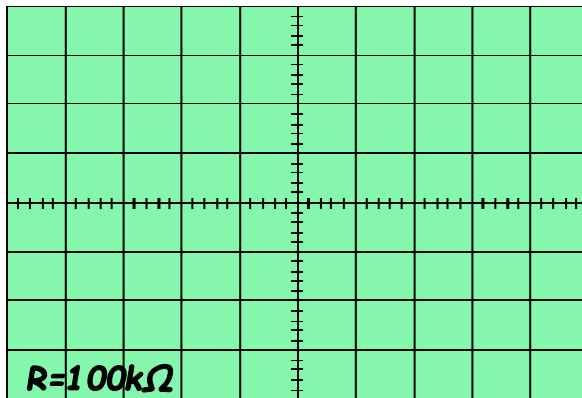
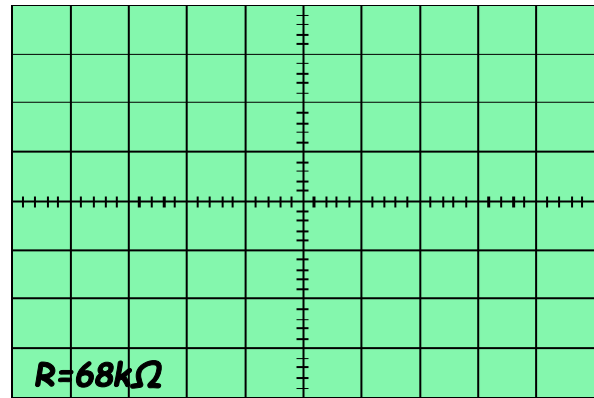
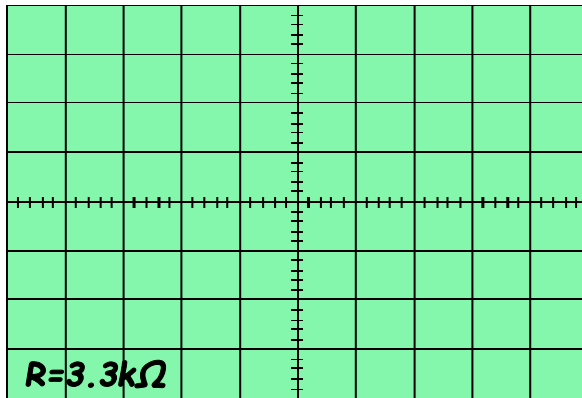
Şekil II.7.9. Osiloskop ekranını kaplayan bir periyotluk elektrik sinyali

- v. **Şekil II.7.9**'daki bir periyotluk elektrik sinyali **360°**'ye tekabül ettiğine ve yatay doğrultuda baştan sona **50 birim** aralıktan oluştuğu görüldüğüne göre her bir birim aralık kaç dereceye karşılık geldiğini hesaplayarak **Tablo II.7.2**'ye kaydedin.

Tablo II.7.2. Birim aralık açısı

Birim aralık açısı (°)	

- vi. Osiloskop ekranınızı okurken Cadet-II uygulamasında ilgili dirence göre AB, AC, AD veya AE hattını kısa devre yaparak, breadboard uygulamasında ise ilgili direnci değiştirerek osiloskop ekranındaki giriş ve çıkış elektrik sinyallerini **Şekil II.7.10**'daki osiloskop ekran görüntü şablonlarına direnç değerlerine göre **dört ayrı görüntü** olarak çizin. **Şekil II.7.11**'deki devre **3.3k Ω** 'luk direnç için gösterilmiştir.

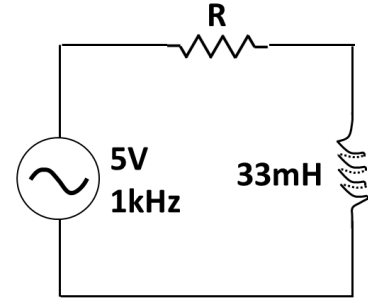


Şekil II.7.10. RC devresinin farklı direnç değerlerine göre osiloskop ekran görüntüleri

- vii. Her bir elektrik sinyalin **0V**'u kestiği noktalar arasındaki birim aralık sayısını sayın. Belirlediğiniz bu değeri **Tablo II.7.2**'deki birim aralık açısı değeri ile çarparak faz kayması açısını hesaplayıp sonucu **Tablo II.7.1**'e kaydedin.
- viii. **Şekil II.7.11**'teki RL devresinin indüktif reaktansını, faz kaymasını ve faz kayma açısını R direncinin **1k Ω** ve **100 Ω** olduğu durumlar için hesaplayarak **Tablo II.7.3**'e kaydedin.

Tablo II.7.3. RL devresinin indüktif reaktansı (X_L), faz kayması ($\tan\phi$) ve faz kayma açısı (ϕ)

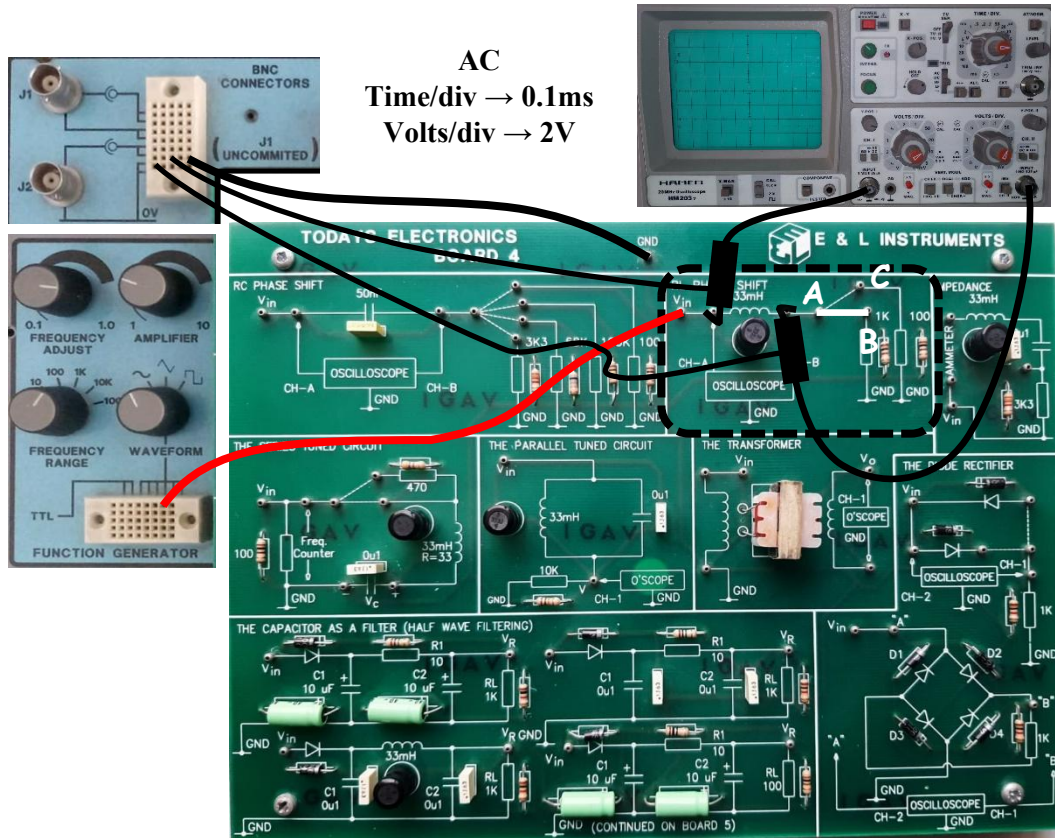
R (Ω)	X_L (Ω)	$\tan\phi$	ϕ_{hesap} ($^\circ$)	$\phi_{osiloskop}$ ($^\circ$)
1k				
100				



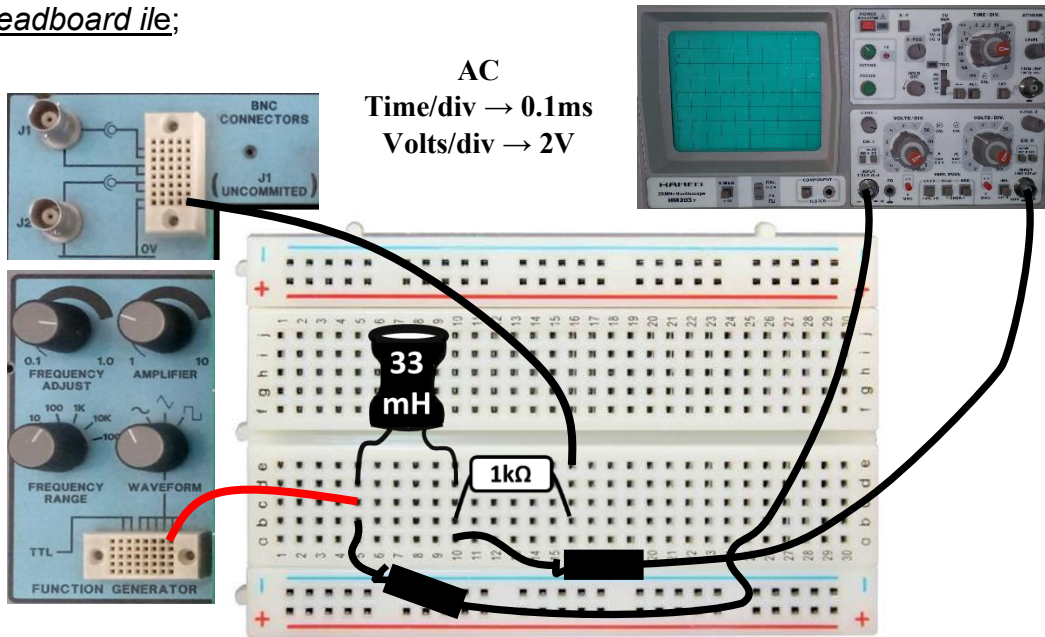
Şekil II.7.11. RL devresi

- ix. **Şekil II.7.11**'teki RL devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan RL Faz Kayması (RL Phase Shift) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.7.12**'deki gibi **1kHz**'lik elektrik sinyali ile yaparak osiloskop bağlantılarını gerçekleştirin.

Cadet-II ile;

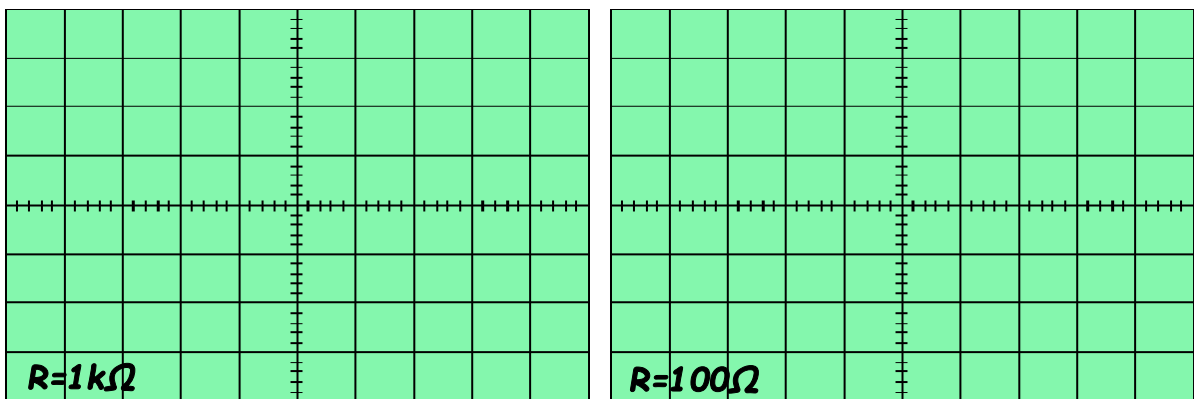


Breadboard ile;



Şekil II.7.12. RL devresinin güç ve osiloskop bağlantıları

- x. Osiloskop ayarını **Şekil II.7.12**'te verilen değerlere göre yaparak yalnızca **A** prob girişi aktif edin. Bir periyotluk elektrik sinyali ekranda en soldaki dikey hizadan en sağdaki dikey hizaya gelecek şekilde **Şekil II.7.9**'daki gibi sağlayın. **Şekil II.7.12**'te verilen ayar doğrultusunda elektrik sinyalinin genliğinin **AC 5V** olduğunu görünüz. Ardından **B** prob girişini de aktif edin.
- xi. Osiloskop ekranınızı okurken Cadet-II uygulamasında ilgili dirence göre AB veya AC hattını kısa devre yaparak, breadboard uygulamasında ise ilgili direnci değiştirerek osiloskop ekranındaki giriş ve çıkış elektrik sinyallerini **Şekil II.7.13**'daki osiloskop ekran görüntü şablonlarına direnç değerlerine göre **iki ayrı görüntü** olarak çizin. **Şekil II.7.12**'deki devre **1k Ω** 'luk direnç kullanımı için gösterilmiştir.



Sekil II.7.13. RL devresinin farklı direnç değerlerine göre osiloskop ekran görüntüleri

- xii. Her bir elektrik sinyalin **0V**'u kestiği noktalar arasındaki birim aralık sayısını sayın. Belirlediğiniz bu değeri **Tablo II.7.2**'deki birim aralık açısı değeri ile çarparak faz kayması açısını hesaplayıp sonucu **Tablo II.7.3**'e kaydedin.
- xiii. Sonuçları tartışınız.

DENEY 8: EMPEDANS

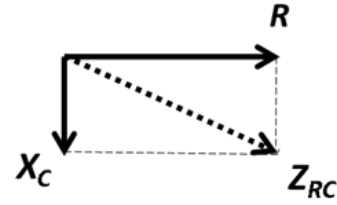
Amaç: - Bir devrenin empedansın hesaplamak
- Bir devrenin empedansını ölçmek

Teorik Bilgi: **AC** akım altındaki bir devrede kapasitif reaktans olarak kondansatörün, indüktif reaktans olarak bobinin ve direncin toplam karşı koymasına empedans denir. Empedans devreye uygulanan **frekansa** (f) bağlıdır. Birimi **ohm** (Ω) olup Z_{RCL} veya Z ile gösterilir.

- **Kapasitif reaktans** (X_C): Kondansatörler doğru akım (**DC**) ile beslenebilecekleri gibi alternatif, yani dalgalı (sinüzoidal, kare, üçgen) akım (**AC**) ile de beslenebilmektedir. **DC** ile beslenmesi durumunda kondansatör devreye ilave bir direnç (karşı koyma) etkisi göstermemektedir. Ancak **AC** akım altında devreye direnç etkisi ilavesi oluşturmaktadır. Birimi **ohm** (Ω) olan bu dirence kondansatörün kapasitif reaktansı adı verilir ve X_C ile gösterilip **Eşitlik II.8.1**'de verilmiştir.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\text{II.8.1})$$

X_C normal direnç (R)'e göre **vektörel** bir davranış sergiler. **AC** akım altındaki bir devrede R ve X_C 'nin bileşkesi Z_{RC} 'dir ve **Şekil II.8.1**'de gösterilmiştir. Z_{RC} direnç-kondansatör empedansı olarak bilinir ve **Eşitlik II.8.2**'de verilmiştir.



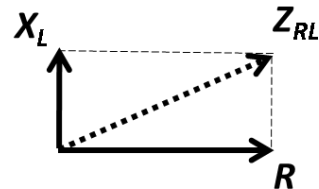
Şekil II.8.1. R ve X_C 'nin bileşkesi Z_{RC}

$$Z_{RC} = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad (\text{II.8.2})$$

- **İndüktif reaktans** (X_L): Bobinler doğru akım (**DC**) ile beslenebilecekleri gibi alternatif, yani dalgalı (sinüzoidal, kare, üçgen) akım (**AC**) ile de beslenebilmektedir. **DC** ile beslenmesi durumunda bobin devreye ilave bir direnç (karşı koyma) etkisi göstermemektedir. Ancak **AC** akım altında devreye direnç etkisi ilavesi oluşturmaktadır. Birimi **ohm** (Ω) olan bu dirence bobinin indüktif reaktansı adı verilir ve X_L ile gösterilip **Eşitlik II.8.3**'de verilmiştir.

$$X_L = 2\pi fL \quad (\text{II.8.3})$$

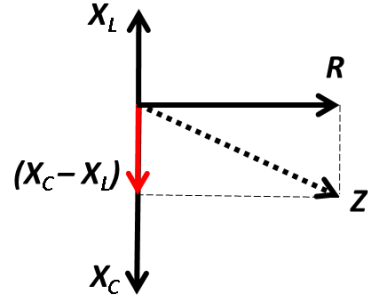
X_L normal direnç (R)'e göre **vektörel** bir davranış sergiler. **AC** akım altındaki bir devrede R ve X_L 'nin bileşkesi Z_{RL} 'dir ve **Şekil II.8.2**'de gösterilmiştir. Z_{RL} direnç-bobin empedansı olarak bilinir ve **Eşitlik II.8.4**'te verilmiştir.



Şekil II.8.2. R ve X_L 'nin bileşkesi Z_{RL}

$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (\text{II.8.4})$$

AC akım altındaki bir devrede hem kondansatörün, hem bobinin hem de direncin karşı koymasına toplam empedans adı verilir. Toplam empedans (Z_{RCL})'ın birimi **ohm** (Ω)'dur. Toplam empedans yalnızca Z parametresi ile ifade edilir. Direnç, kondansatör ve bobinin oluşturdıkları direnç değerleri **vektörel**dir. Kapasitans ve indüktansın voltaj düşmeleri birbirlerinin zıttı olmasından dolayı faz açıları 180° 'dir. Direnç (+x), kapasitif reaktans (-y) ve indüktif reaktans (+y) eksenleri doğrultusunda gösterilir. **Şekil II.8.3**'te toplam empedans Z , **Eşitlik II.8.5**'te verilmiştir.



Şekil II.8.3. R , X_C ve X_L 'nin bileşkesi Z (Z_{RCL})

$$Z = Z_{RCL} = \sqrt{R^2 + (|X_C - X_L|)^2} \quad (\text{II.8.5})$$

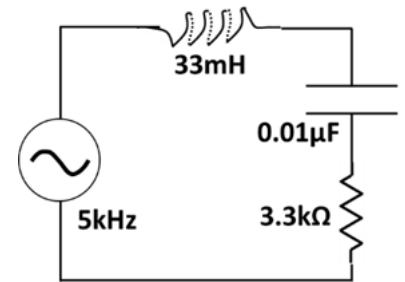
Şekil II.8.3'te X_C ve X_L 'nin büyüklükleri birbirlerine eşit iseler bu durumda devredeki karşı koyma (direnç) Z yalnızca R 'nin katkısı ile oluşmaktadır. Bu durum X_C ve X_L 'nin rezonans durumu olarak bilinir.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Frekans sayacı
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Frekans üretici
 - Direnç (1 x 3.3k Ω)
 - Bobin (1 x 33mH)
 - Kondansatör (1 x 0.01 μ F)
- Bağlantı telleri

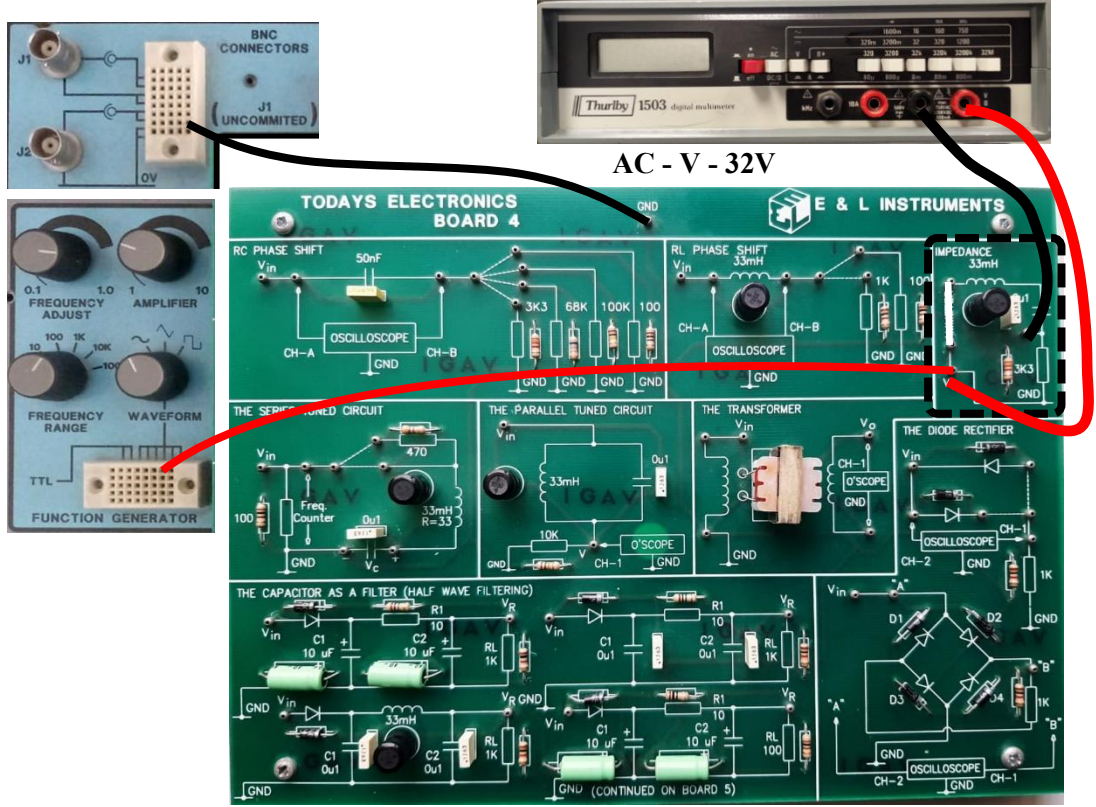
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **AC** güç kaynağını **5kHz** frekansa ayarlayın.
- ii. **Şekil II.8.4**'deki empedans devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan Empedans (Impedance) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.8.5**'deki gibi **5kHz**'lik elektrik sinyali ile sağlayarak ilgili devre üzerinde ampermetre yazan kısmı kısa devre yapın. Multimetre yardımıyla devredeki direncin uçları arasındaki **AC** voltajı ölçerek **Tablo II.8.1**'e kaydedin.

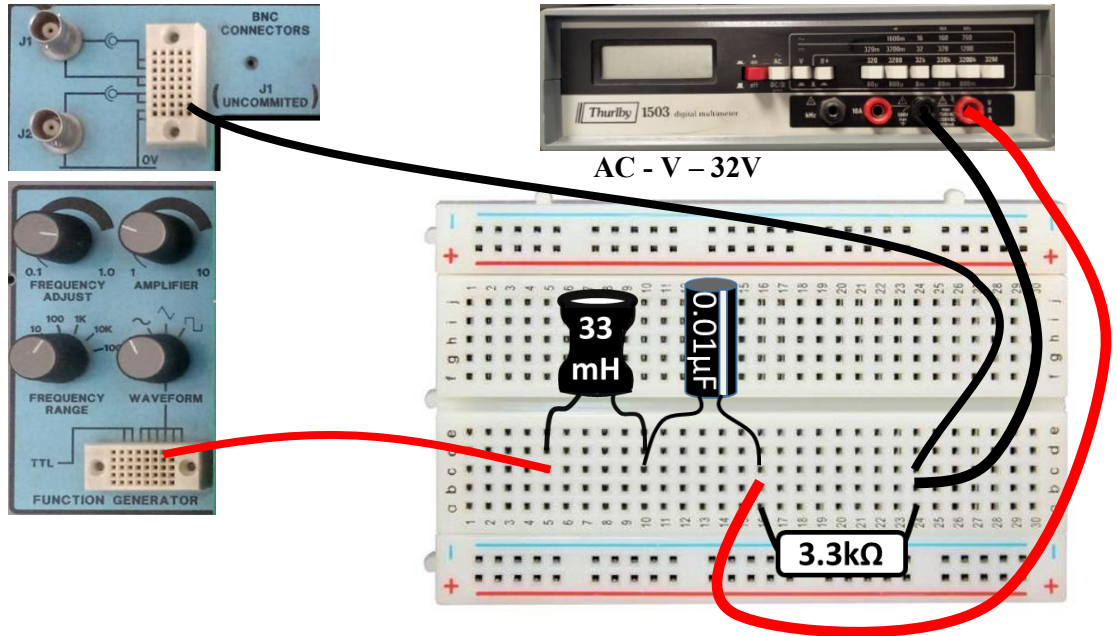


Şekil II.8.4. Empedans devresi

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



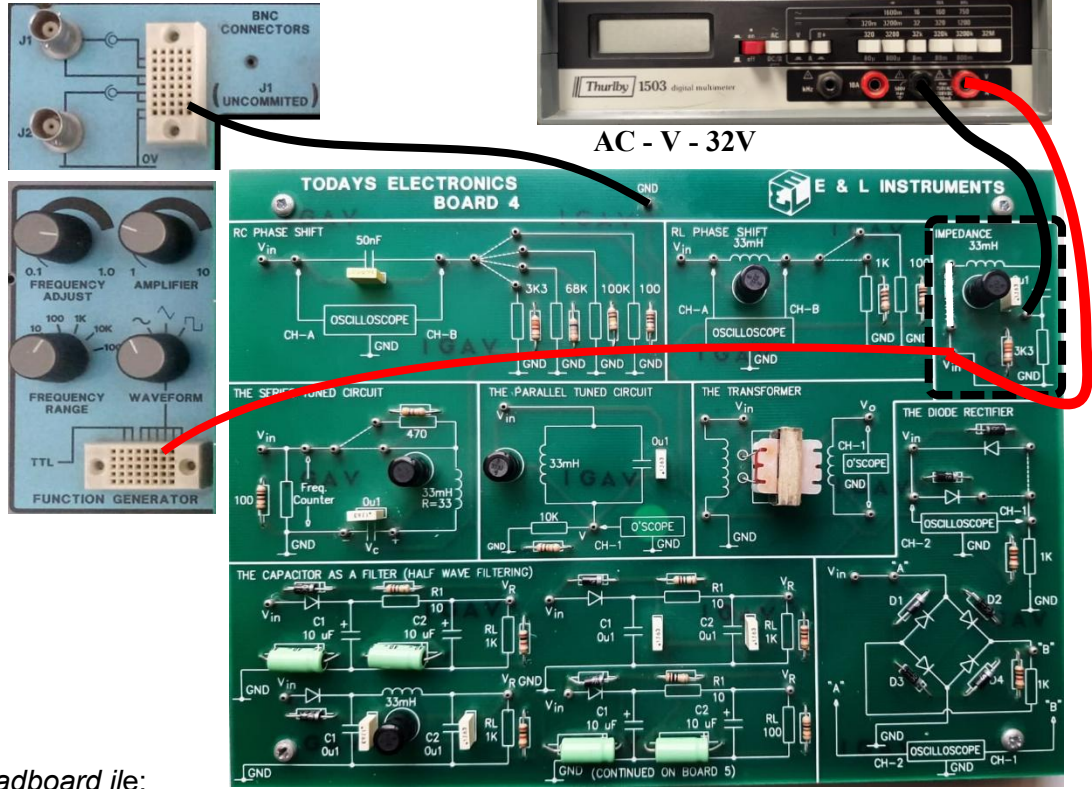
Şekil II.8.5. Empedans devresinin güç bağlantısı ve R 'nin voltaj ölçümü

- iii. İlgili devre üzerinde **Şekil II.8.6**'daki gibi ampermetre yazan kısmı açık devre yapıp buraya multimetreyi seri bağlayarak devrenin akımını ölçüp **Tablo II.8.1**'e kaydedin.

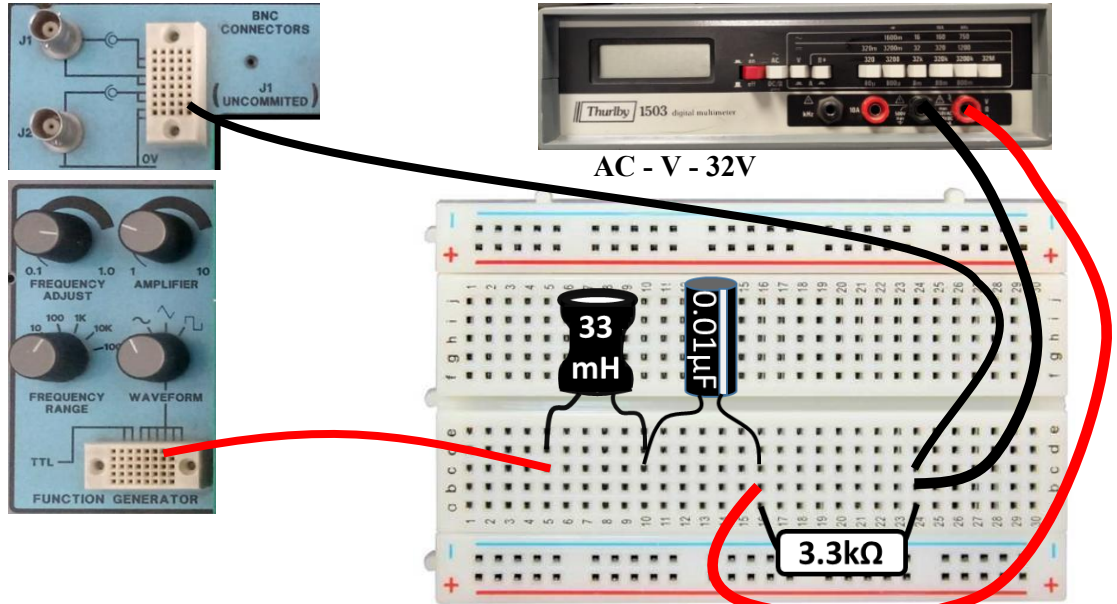
Tablo II.8.1. V_R , I_R ve Z_R değerleri

V_R (V)	I_R (mA)	Z_R (Ω)

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



Şekil II.8.6. Empedans devresinin güç bağlantısı ve devreden geçen akımın ölçümü

- iv. **Tablo II.8.1'**deki verileri kullanarak bileşen empedansını hesaplayarak sonucu yine **Tablo II.8.1'**e kaydedin.
- v. **Eşitlik II.8.5'i** kullanarak devrenin toplam empedansını hesaplayarak **Tablo II.8.2'**ye kaydedin.
- vi. iii. ve v. maddelerindeki Z_R ve Z empedansları yorumlayınız.

Tablo II.8.2. Empedans (Z) değeri

Z (Ω)	
------------------	--

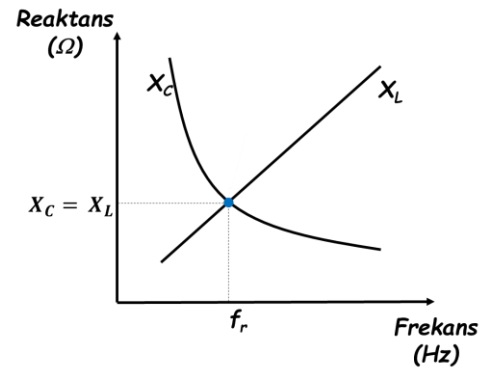
DENEY 9: REZONANT DEVRELERİ

- Amaç:**
- Seri ve paralel ayarlı rezonant devreleri incelemek
 - Seri ve paralel ayarlı rezonant devrelerin rezonans frekansı ve kalite faktörünü hesaplamak
 - Seri ve paralel ayarlı rezonant devrelerin voltaj-frekans eğrisini çizerek bant genişliğini belirlemek

Teorik Bilgi: AC akımlı devrelerde bulunan kondansatörün veya bobinin her değeri için kapasitif reaktans ile indüktif reaktansın birbirlerine eşit olduğu bir frekans değeri vardır. Bu frekans değeri **rezonans frekansı** adını alır. Rezonans frekansta bulunabilen bir devre de **rezonant devre** olarak adlandırılır.

Şekil II.9.1'de verilen **reaktans-frekans eğrisinde** görüldüğü gibi kapasitif reaktans (X_C)'ın indüktif reaktans (X_L)'a eşit olduğu tek bir frekans değeri vardır. Bu frekans bobin ve kondansatörün değerlerine göre **Eşitlik II.9.1**'de verilen f_r 'dir. Rezonans frekansın elde edilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar;

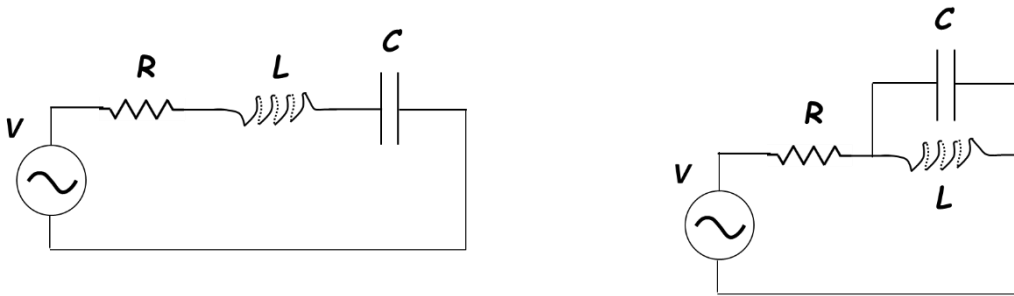
- X_C ile X_L 'nin birbirine eşit olması ve
- kondansatör veya bobin değerlerinden birinin değişmesi durumunda f_r 'nin de değişeceğinin bilinmesidir.



Şekil II.9.1. Reaktans-frekans eğrisi

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}} \quad (\text{II.9.1})$$

Rezonant devre **Şekil II.9.2**'de gösterildiği gibi bobin ve kondansatörün seri veya paralel olarak devreye bağlanması suretiyle gerçekleştirilir.

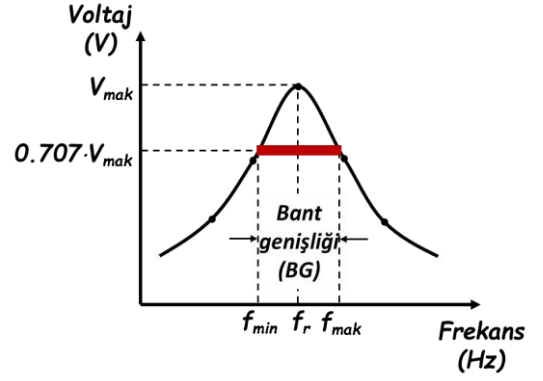


Şekil II.9.2. Seri ve paralel bağlı rezonant devreler

f_r 'de X_C ile X_L 'nin birbirine eşit olduğu durumda empedans (Z) yalnızca dirence bağlıdır. Empedans minimum değerde olacağından, devreden geçen akım maksimum değerde olur. Ohm Yasası gereği bobin veya kondansatörün uçları arasındaki voltaj da maksimum (V_{mak})

değerdedir. **Şekil II.9.3**'te görüldüğü gibi, voltajın maksimum olduğu f_r 'nın altı ve üstündeki değerlerde voltajda azalış meydana gelmektedir. V_{mak} 'un 0.707 katı olduğu f_r 'nın altı (f_{min}) ve üstü (f_{mak}) olduğu frekans aralığı **bant genişliği (BG)** olarak adlandırılır.

Eşitlik II.9.2'de, seri bağlı rezonant devrenin frekans seçiciliği olan **kalite faktörü (Q)** gösterilmiştir. Q birimsiz bir parametredir. Paralel bağlı rezonant devrelerdeki Q ise serideki eşitliğin tersi olup **Eşitlik II.9.3**'te verilmiştir. Q değerinin yüksek olması frekans seçiciliğinin yüksek olduğu anlamına gelir.



Şekil II.9.3. Voltaj-frekans eğrisi

$$Q = \frac{f_r}{BG} = \frac{X_L}{R} \quad (II.9.2)$$

$$Q = \frac{BG}{f_r} = \frac{R}{X_L} \quad (II.9.3)$$

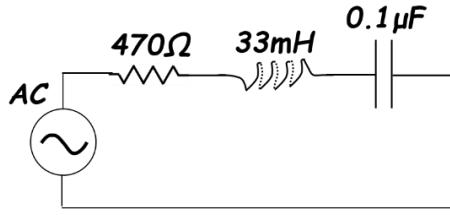
Rezonant devreler alıcı ve verici sistemlerde frekans ayarlamalarında kullanılan devrelerdir. Radyo, TV, radar, vb. bu sistemlere örnek verilebilir.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Frekans sayacı
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Frekans üretici
 - Direnç (1 x 470Ω, 1 x 10kΩ)
 - Bobin (1 x 33mH)
 - Kondansatör (1 x 0.1μF)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.9.4**'teki seri ayarlı devrenin rezonans frekansını (f_r) ve kalite faktörünü (Q) hesaplayarak **Tablo II.9.1**'e kaydedin.



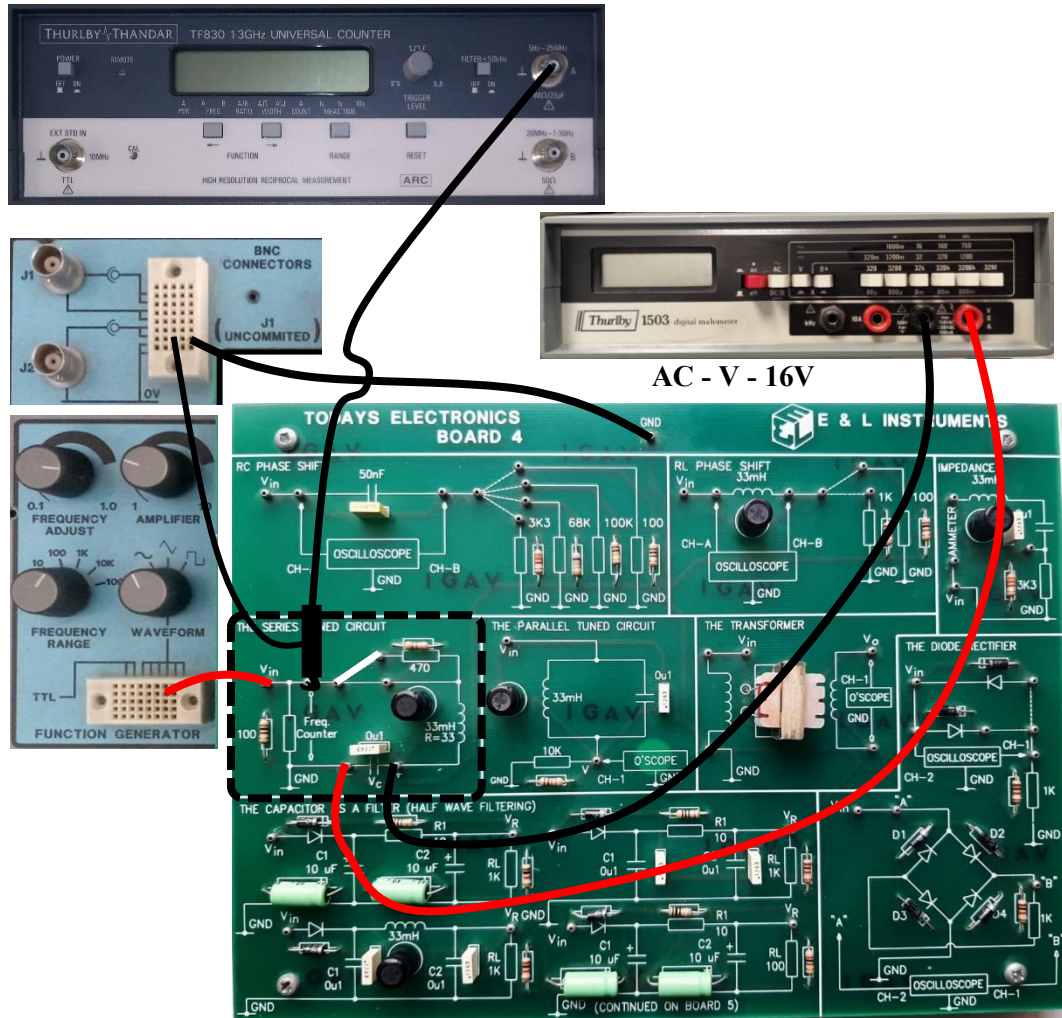
Tablo II.9.1. Rezonans frekansı (f_r) ve kalite faktörü (Q) değerleri

f_r (Hz)	Q	BG (Hz)

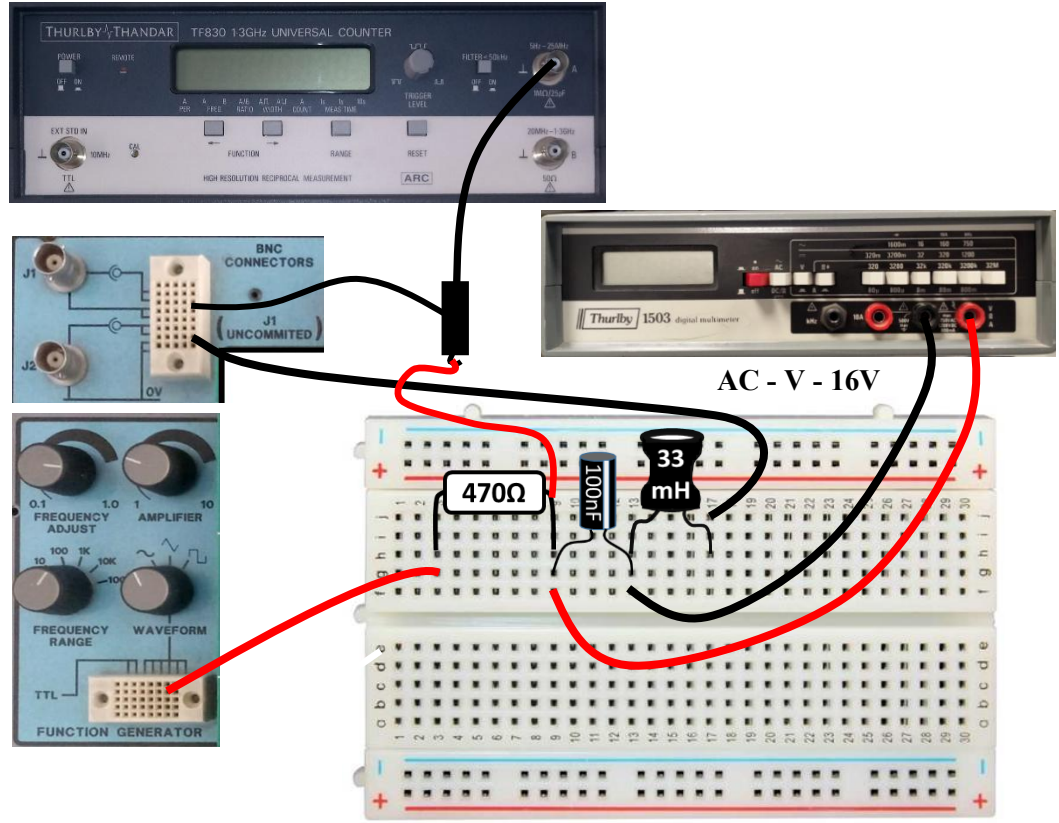
Şekil II.9.4. Seri ayarlı rezonant devresi

- ii. **Şekil II.9.4**'teki seri ayarlı rezonant devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan seri ayarlı devrenin (The Series-Tuned Circuit) güç bağlantılarını **Şekil II.9.5**'teki gibi yapınız. Cadet-II'deki devre üzerinde akımın **470Ω**'luk direnç üzerinden geçecek şekilde **atlayıcı** kullanınız. Frekans sayacı probunu frekans sayacı (Frequency counter) ve toprak pinlerine bağlayınız. Multimetrenin problarını devredeki kondansatörün uçlarına paralel bağlayınız.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



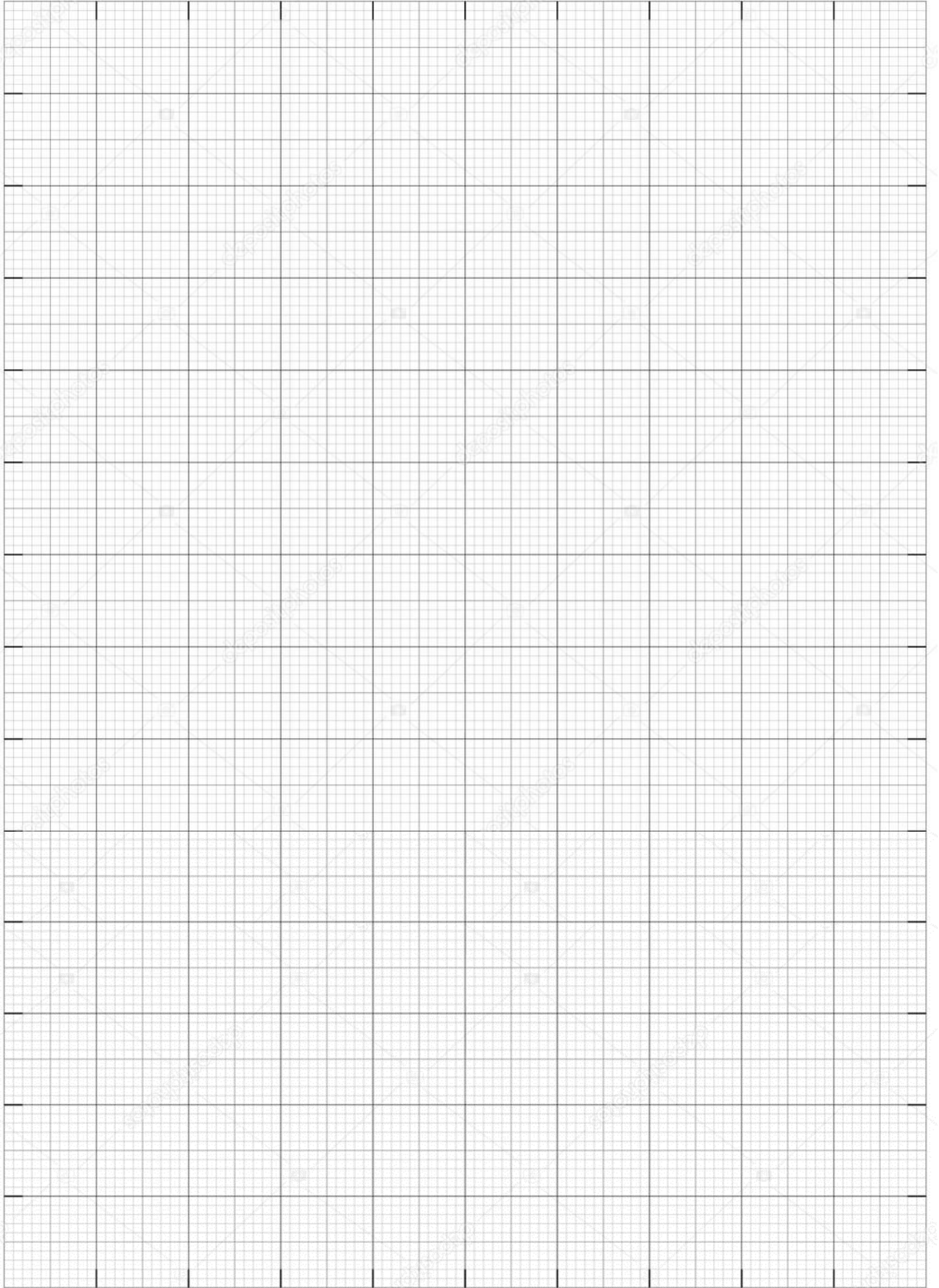
Şekil II.9.5. Frekans üretici ile frekans ayarlaması

- iii. Frekans üreticindeki frekans ayar düğmesini multimetre ekranından kondansatörün uçları arasındaki en yüksek potansiyeli gözlemleyene kadar döndürünüz. Elde edilen bu voltaj (V_c) değeri devrenin f_r değerindeki voltaj değeri olup **Tablo II.9.2**'ye kaydedin. f_r 'den **500Hz**'lik üçer kademe azalış ve artışlardaki V_c değerlerini ölçüp **Tablo II.9.2**'ye kaydederek tamamlayınız.

Tablo II.9.2. f_r 'ye göre V_c değerleri

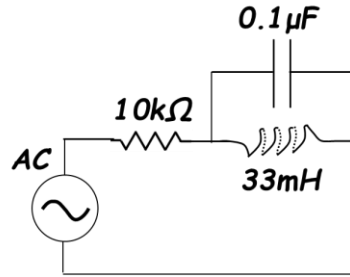
	$f_r - 1500$	$f_r - 1000$	$f_r - 500$	f_r	$f_r + 500$	$f_r + 1000$	$f_r + 1500$
f_r (Hz)							
V_c (V)							

- iv. $V_c - f$ grafiğini **Şekil II.9.6**'daki milimetrik kağıda çizerek grafik üzerinde **BG** aralığını belirleyip **Tablo II.9.1**'e kaydedin.



Şekil II.9.6. $V_c - f$ grafiği

- v. **Şekil II.9.7**'deki paralel ayarlı devrenin rezonans frekansı (f_r)'yi ve kalite faktörü (Q)'yu hesaplayarak **Tablo II.9.3**'e kaydedin.



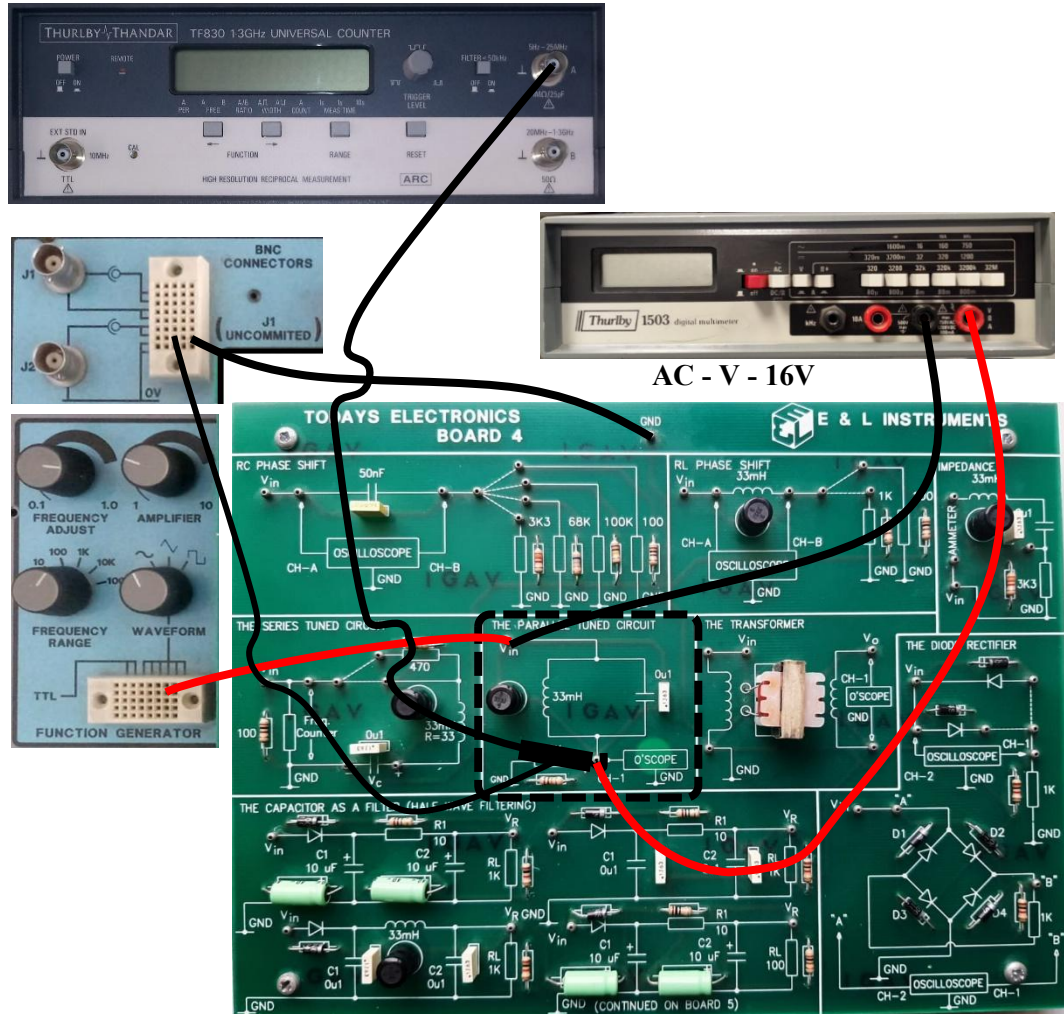
Tablo II.9.3. Rezonans frekansı (f_r) ve kalite faktörü (Q) değerleri

f_r (Hz)	Q	BG (Hz)

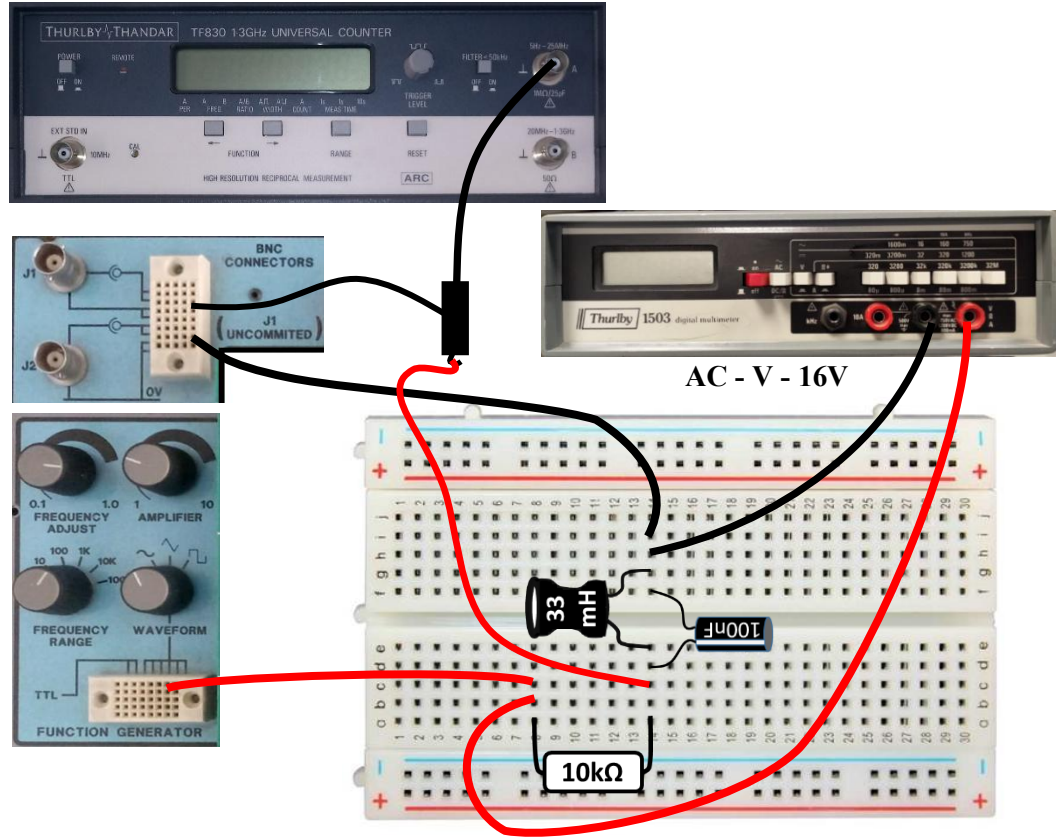
Şekil II.9.7. Paralel ayarlı rezonant devresi

- vi. **Şekil II.9.7**'deki paralel ayarlı rezonant devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan paralel ayarlı devrenin (The Parallel-Tuned Circuit) güç bağlantılarını **Şekil II.9.8**'deki gibi yapınız. Frekans sayacı probunu osiloskop ve toprak pinine bağlayın. Multimetrenin problemlerini devredeki kondansatörün uçlarına paralel bağlayınız.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



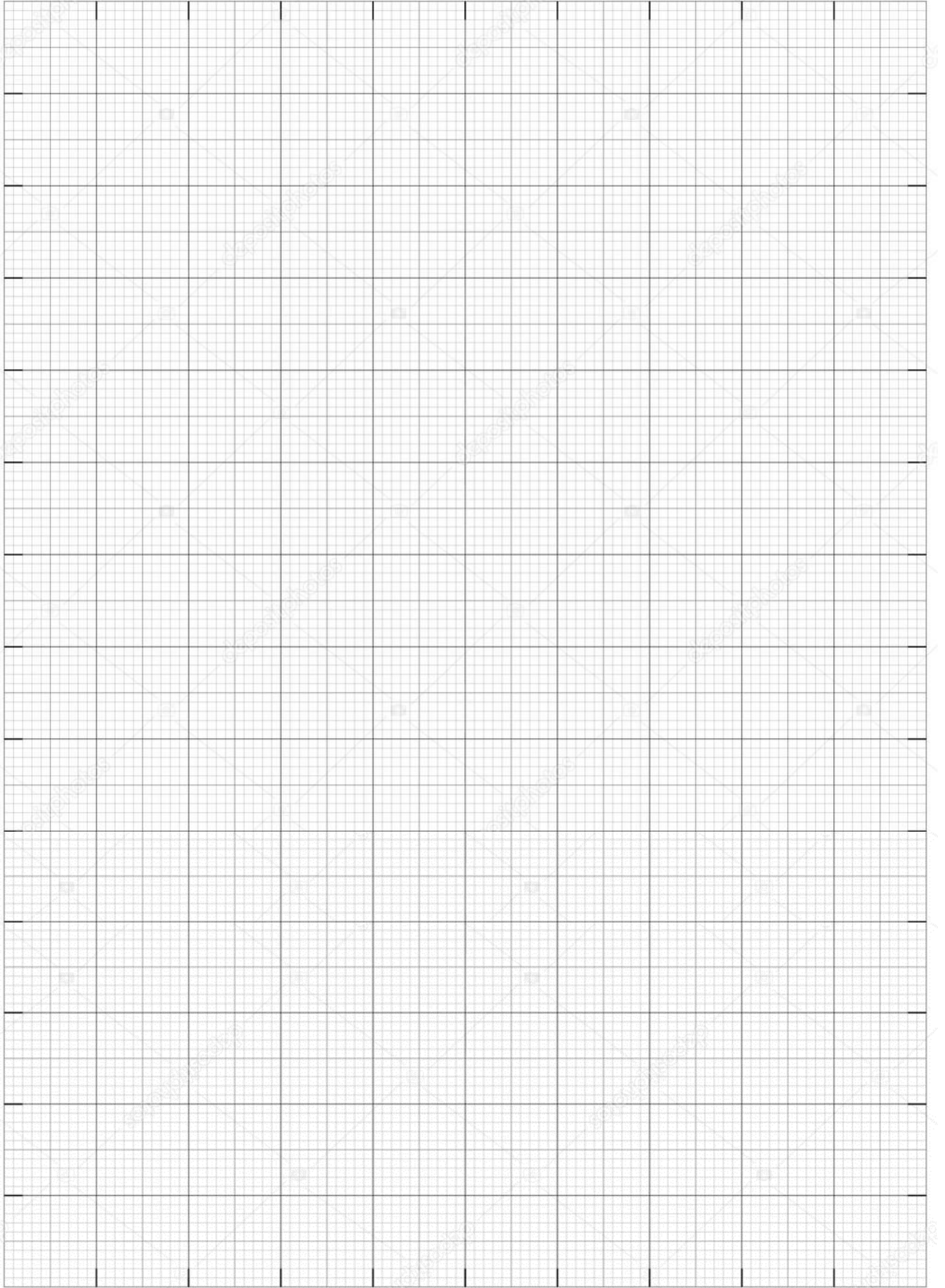
Şekil II.9.8. Frekans üretici ile frekans ayarlaması

- vii. Frekans üreticindeki frekans ayar düğmesini multimetre ekranından kondansatörün uçları arasındaki en yüksek potansiyeli gözlemleyene kadar döndürünüz. Elde ettiğiniz bu voltaj (V_c) değeri, devrenin f_r değerindeki voltaj değeri olup **Tablo II.9.4**'e kaydedin. f_r 'den 500Hz'lik üçer kademe azalış ve artışlardaki V_c değerlerini ölçüp **Tablo II.9.4**'e kaydederek tamamlayın.

Tablo II.9.4. f_r 'ye göre V_c değerleri

	$f_r - 1500$	$f_r - 1000$	$f_r - 500$	f_r	$f_r + 500$	$f_r + 1000$	$f_r + 1500$
f_r (Hz)							
V_c (V)							

- viii. $V_c - f$ grafiğini **Şekil II.9.9**'daki milimetrik kağıda çizerek grafik üzerinde BG aralığını belirleyip **Tablo II.9.3**'e kaydedin.



Şekil II.9.9. $V_c - f$ grafiği

DENEY 10: Diyot ve Diyot Doğrultmacı

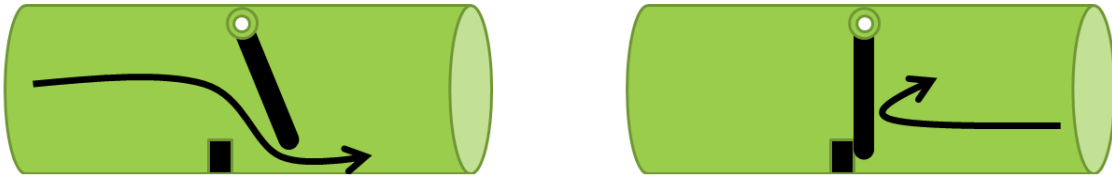
- Amaç:**
- Diyotu, doğrultmacı, doğrultmaç tiplerini tanımak
 - Diyot doğrultmaç devrelerinin giriş ve çıkış elektrik sinyallerini gözlemlemek
 - Diyot doğrultmaçların özelliklerini, avantaj ve dezavantajlarını görmek

Teorik Bilgi: Diyot temel bir elektronik devre elemanıdır. Elektrik akımının yalnızca tek yönde iletilmesine izin veren, yalıtkan malzemelerden üretilmiş bir nevi dirençtir. **Şekil II.10.1**'de örnek bir diyotun görseli ve şematik çizimi yer almaktadır.



Şekil II.10.1. Diyotun görseli ve şematik çizimi

Diyot için bir model geliştirecek olunursa, **Şekil II.10.2**'de gösterildiği gibi içerisinde bir köşesi menteşeli bir kapağa sahip ve içerisinden su akıtılan bir boruyu gösterebilir. Menteşenin diğer ucunda kapağın tek yönde açılacak bir durdurucu bulunmaktadır. Bu sistemde kapak suyun akış yönüne göre ya suyun akışına izin verecek veya vermeyecektir. **Şekil II.10.2**'deki soldaki durum incelendiğinde soldan gelen su akışı akımı sembolize etmektedir. Suyun akış gücü kapak menteşeden hareket ederek açılıp suyun akışı gerçekleşecektir. Ancak su sağdan geldiğinde ise kapak durdurucu nedeniyle sola doğru açılmayacağından suyun akışı gerçekleşmeyecektir. Suyun akış yönüne göre kapak sistemi bir nevi direnç görevi görmektedir. Bu bağlamda diyotun amaca göre devreye bağlanma yönü önem arz etmektedir.



Şekil II.10.2. Diyotun görseli ve şematik çizimi

Şekil II.10.1'deki diyotun görseline bakıldığında, silindirik bir gövdeye sahip diyotun üzerindeki gri halkanın bulunduğu taraf katot, diğer taraf ise anot olarak adlandırılır. Diyotun devredeki sembolüne bakıldığında ise akım hattını kesen dik çizginin olduğu taraf katottur, diğer üçgenimsi taraf ise anottur.

Bir **DC** güç kaynağının (+) ve (-) terminallerine **Şekil II.10.3**'teki gibi bir diyotun sırasıyla **katot** ve **anot** uçları bağlandığında, diyot **küçük direnç** sergileyip akımın geçişine izin vererek **akımı iletecektir**. Buna diyotun **ileri besleme** durumu denir. Ancak diyotun uçları ters sırada güç kaynağına bağlandığında ise diyot **büyük direnç** sergileyip akımın geçmesine izin vermeyerek **akımı iletmeyecektir**. Buna da diyotun **ters besleme** durumu denir.



Şekil II.10.3. Diyotun ileri ve ters besleme durumları

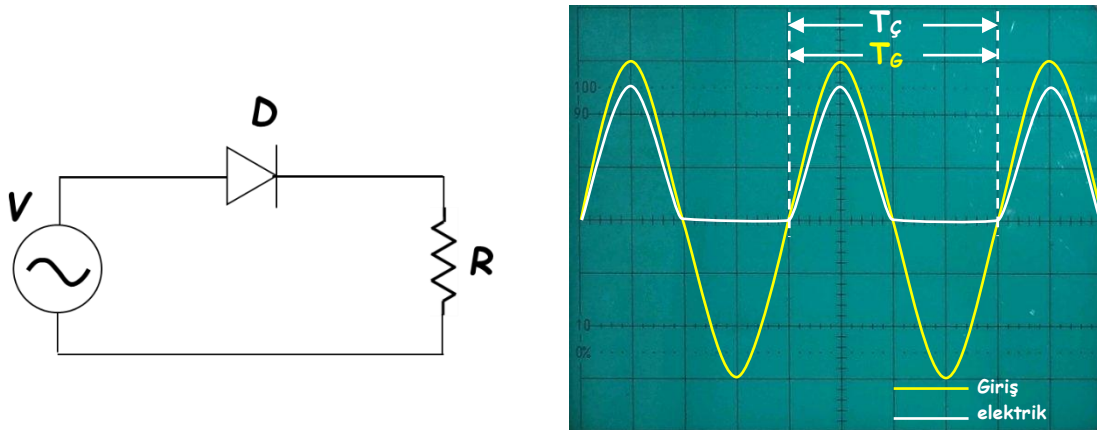
Birçok elektrik ve elektronik cihaz **DC** akımı ile çalışmaktadır. Bu nedenle şehir şebekesinin **AC** akımı doğrultularak **DC** akımına dönüştürülmesi zorunludur. Bu noktada diyot bir doğrultmaç olarak devreye girer. Diyotların bu amaçla kullanımı **AC** akımın **DC** akıma dönüştürülmesi çalışmasında yalnızca **AC** akımının **iki kutuplu (polariteli) voltajının teke indirilmesi** ile sınırlıdır. Yani **AC**'deki sinüzoidal elektrik sinyalin tek bir polaritede olmasının sağlanmasıdır.

Diyotların bağlanma şekillerine göre doğrultmaçlı devreler **yarım dalga doğrultmaçlı** ve **tam dalga doğrultmaçlı** olarak iki türü vardır. **Yarım dalga doğrultmaçlı devrede bir diyot ve bir direnç** kullanılır. Direnç burada yük direncini sembolize etmektedir. **Tam dalga doğrultmaçlı devrenin iki türü** vardır. Bunlardan birinde **iki diyot ve bir direnç** bulunurken diğer türünde **dört diyot ve bir direnç** bulunur. Bu dört diyot ve bir dirençli tam dalga doğrultmaç aynı zamanda **köprü tam dalga doğrultmaç** olarak adlandırılır.

Yarım dalga doğrultmaçlı adından da anlaşıldığı gibi, iki polariteli sinüzoidal elektrik sinyallerinin **yalnızca birini** geçirir. Böyle sinüzoidal elektrik sinyalin sadece **yarısından** faydalanılmış olur. Diyotun ileri besleme durumunda sinüzoidal elektrik sinyalin ilgili polaritesinin zaman diliminde yük direnci üzerinden akım geçişi olacaktır. Diyotun ters besleme durumunda sinüzoidal elektrik sinyalin ilgili diğer polaritesinin zaman diliminde ise yük direnci üzerinden akım geçmeyecektir.

Her ne kadar **sızıntı (kaçak) akım** olarak adlandırılan akım geçişi olsa da, **μA** gibi **çok çok küçük seviyelerde** olacağından ihmal edilebilmektedir.

Yarım dalga doğrultmaçlı örnek bir devre ve devreye ait giriş-çıkış elektrik sinyallerinin gösterildiği osiloskop ekran görüntüsü **Şekil II.10.4**'te verilmiştir. Devrede diyot ile yük



Şekil II.10.4. Yarım dalga doğrultmaçlı devre ve giriş-çıkış elektrik sinyalleri

direnci güç kaynağına seri bir şekilde bağlıdır. Osiloskop ekran görüntüsünde giriş elektrik sinyalinin bir periyotluk hareketi T_G ile gösterilirken, çıkış elektrik sinyalinin bir periyotluk hareketi ise T_C ile gösterilmiştir. Görüldüğü üzere T_G ile T_C **aynı periyot** değerine sahip olup **frekansları da eşittir**.

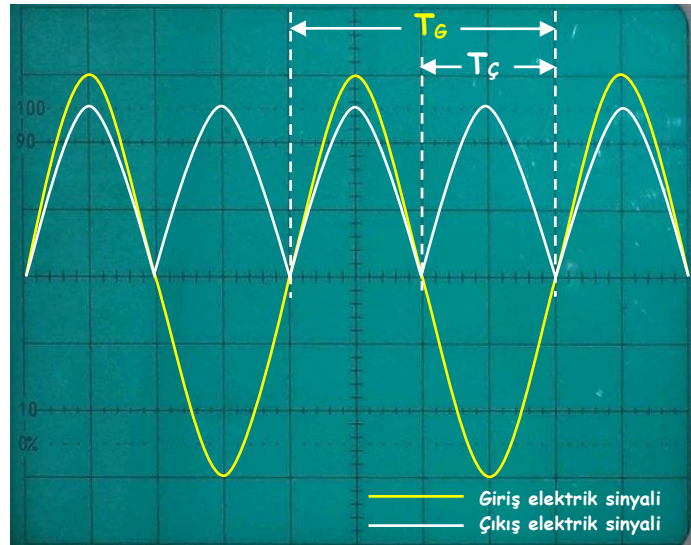
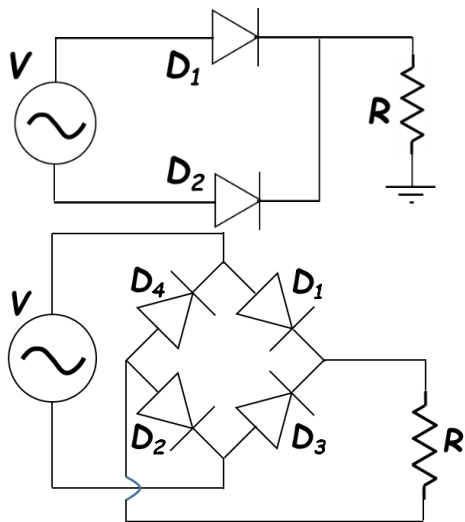
Tam dalga doğrultmacı adından da anlaşıldığı gibi, iki polariteli sinüzoidal elektrik sinyalinin her ikisini de geçirir. Böylece sinüzoidal elektrik sinyalinin tamamından faydalanılmış olur. Diyot sisteminin sinüzoidal elektrik sinyali hem pozitif hem de negatif polaritenin olduğu zaman diliminde yük direnci üzerinden akım geçişi olacağından, çıkış elektrik sinyali gözlenecektir.

İki diyot kullanımlı tam dalga doğrultmacında diyotların her biri değişken polaritedeki zaman dilimleri süresince biri ileri besleme durumunda iken diğeri ters besleme durumunda olacağından, diyotlar dönüşümlü olarak yük direncinden akım geçişine izin verecektir.

Dört diyot kullanımlı köprü tam dalga doğrultmacında ise diyotların değişken polaritedeki zaman dilimleri süresince birer çifti ileri besleme durumunda iken diğeri çifti ters besleme durumunda olacağından, diyot çiftleri dönüşümlü olarak yük direncinden akım geçişine izin verecektir.

Tam dalga doğrultmaçlı örnek bir devre ve devreye ait giriş-çıkış elektrik sinyallerinin gösterildiği osiloskop ekran görüntüsü **Şekil II.10.5**'te verilmiştir. Osiloskop ekranında giriş elektrik sinyalinin bir periyotluk hareketi T_G ile gösterilirken, çıkış elektrik sinyalinin bir periyotluk hareketi T_C ile gösterilmiştir. Görüldüğü üzere T_G , T_C 'nin **iki katıdır**. Dolayısıyla f_G 'de f_C 'nin **yarısı** kadar bir **frekansa** sahiptir.

Köprü tam dalga doğrultmacında akımın ilerleyiş yönündeki ayırmada, her iki diyot ileri besleme durumunda olduklarında akımın düşük potansiyel yönünde ilerleyeceğine dikkat edilmelidir. Doğada da benzer durum olmaktadır. Örneğin, şelale aşağıdan yukarıya değil, yukarıdan aşağıya doğru akar.



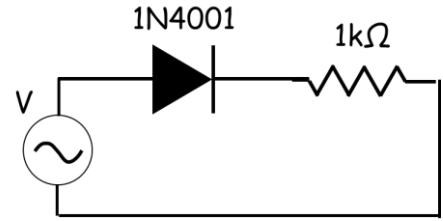
Şekil II.10.5. Tam dalga doğrultmaçlı devreler ve giriş-çıkış elektrik sinyalleri

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Direnç (1 x 1k Ω)
 - Diyot (4 x 1N4001)
 - Kondansatör (1 x 0.01 μ F)
- Bağlantı telleri

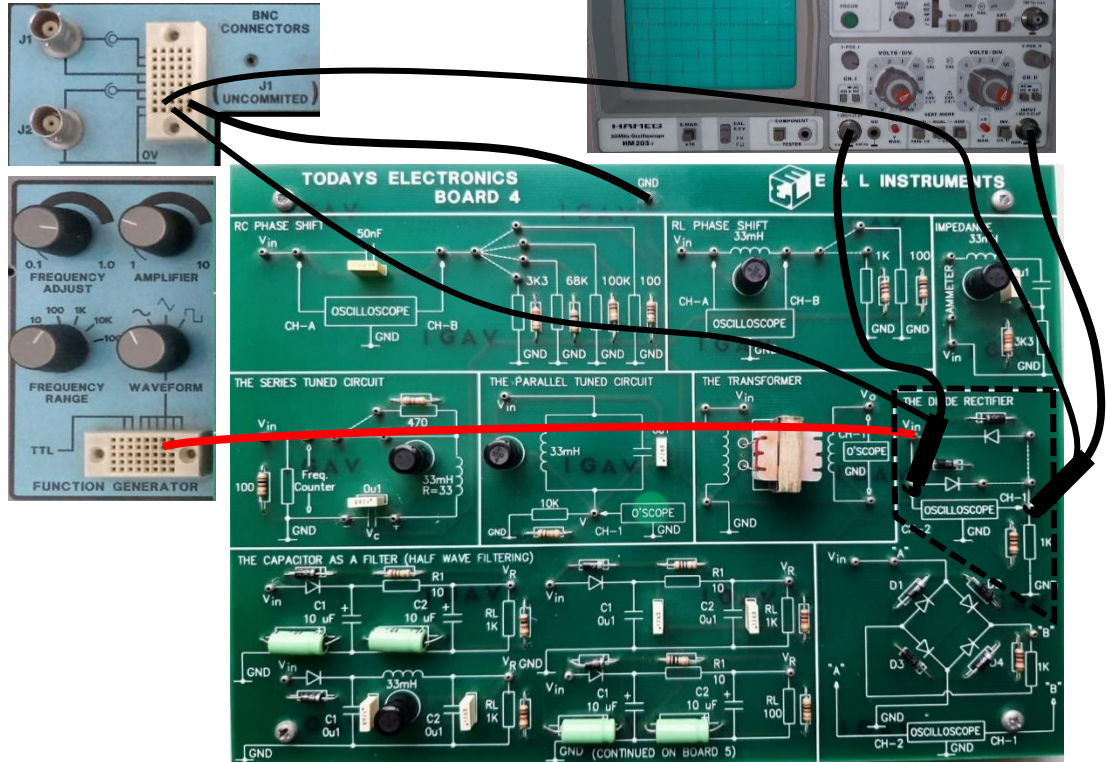
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.10.6**'daki diyot doğrultmacı devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan Diyot Doğrultmacı (Diode Rectifier) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.10.7**'deki gibi yapınız. Devredeki diyotun uçları arasına osiloskop problarını bağlayınız.

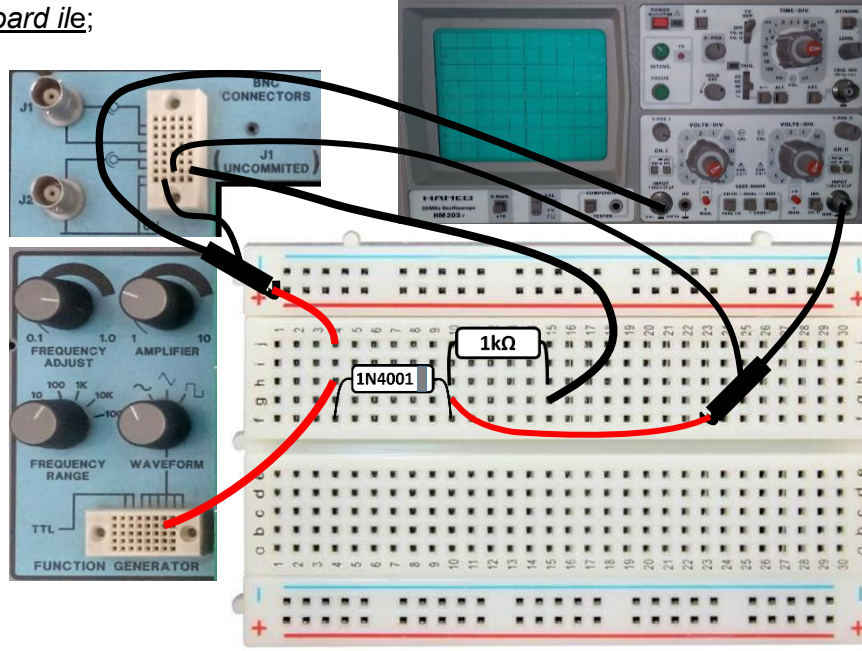


Şekil II.10.6. Yarım dalga doğrultmacı

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



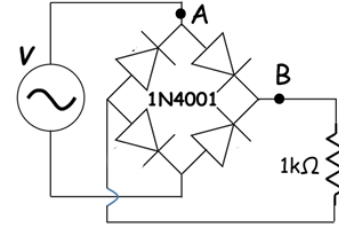
Şekil II.10.7. Güç ve osiloskop probaları bağlantıları

- ii. Osiloskop ekranındaki giriş ve çıkış elektrik sinyal görüntülerini **Şekil II.10.10**'daki osiloskop ekran görüntüsü şablonuna çizerek **time/div** değerine göre giriş ve çıkış frekanslarını hesaplayıp **Tablo II.10.1**'e kaydedin.

Tablo II.10.1. Frekans değerleri

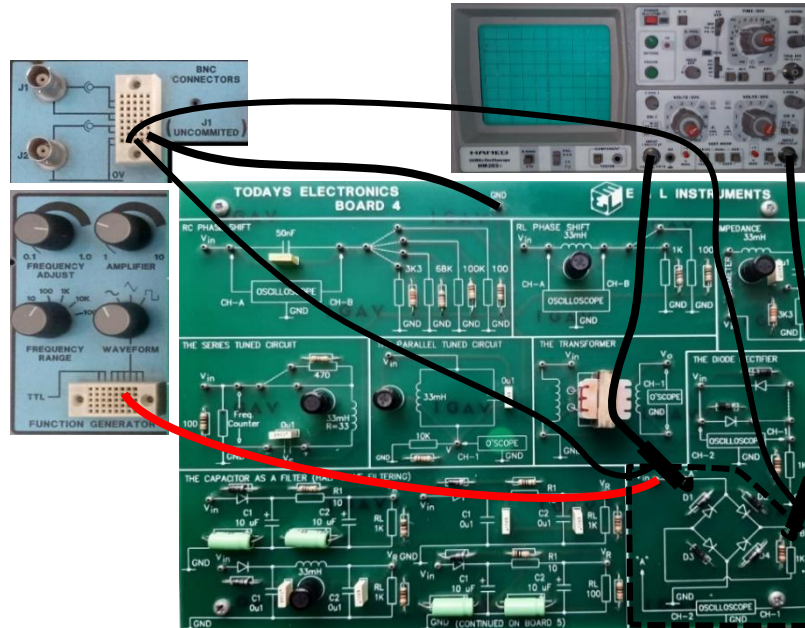
$f_{Giriş} (Hz)$	$f_{Çıkış} (Hz)$

- iii. **Şekil II.10.8**'deki tam dalga doğrultmaç devresini Cadet-II'nin Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan Diyot Doğrultmacı (Diode Rectifier) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.10.9**'daki gibi yapınız. Devrede **A** ve **B** uçlarına osiloskop probalarını bağlayınız.

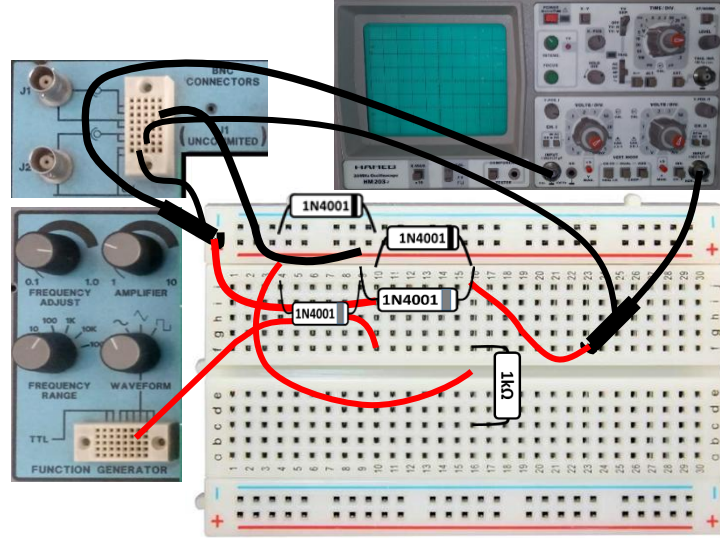


Şekil II.10.8. Tam dalga doğrultmacı

Cadet-II ile;



Breadboard ile;

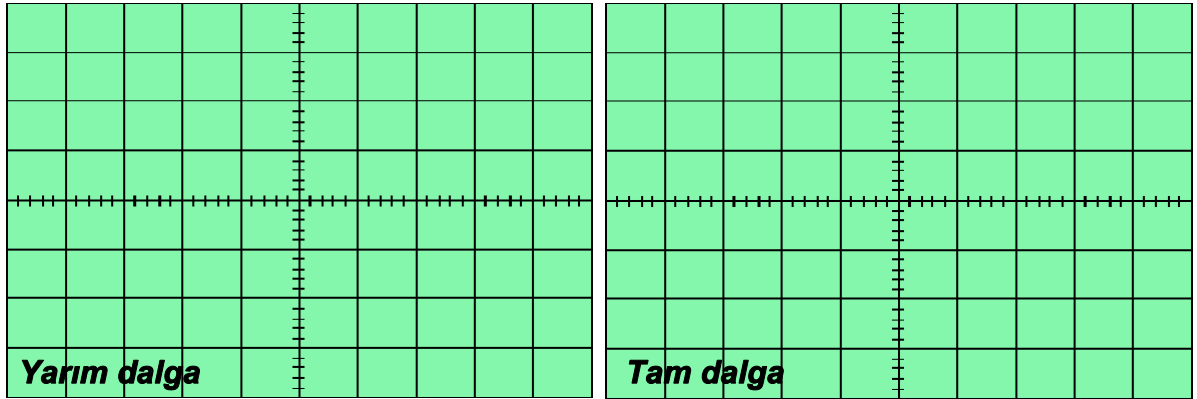


Şekil II.10.9. Güç ve osiloskop problemleri bağlantıları

- iv. Osiloskop ekranındaki giriş ve çıkış elektrik sinyal görüntülerini **Şekil II.10.10**'daki osiloskop ekran görüntüsü şablonuna çizerek **time/div** değerine göre giriş ve çıkış frekanslarını hesaplayıp **Tablo II.10.2**'ye kaydedin.

Tablo II.10.2. Frekans değerleri

$f_{giriş} (Hz)$	$f_{çıkış} (Hz)$



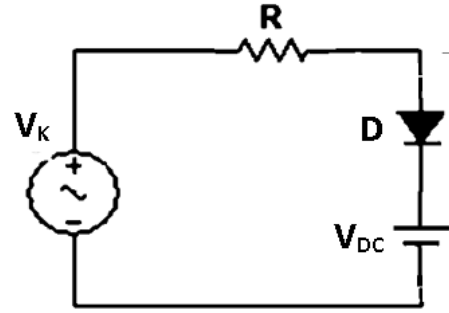
Şekil II.10.10. Yarım ve tam dalga doğrultmaç devrelerinin giriş ve çıkış elektrik sinyal görüntüleri

DENEY 11: Kırpıcı ve Kenetleyici Devreler

- Amaç:**
- Kırpıcı ve kenetleyici devreleri tanımak
 - Kırpıcı ve kenetleyici devrelerin çalışma prensibini incelemek

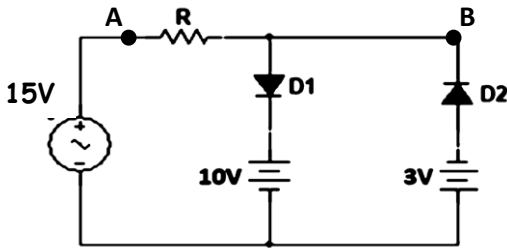
Teorik Bilgi:

- **Kırpıcı devreler:** Giriş elektrik sinyalinin belirli bir kısmını keserek çıkış elektrik sinyali oluşturan devrelere kırpıcı devreler denir. Kırpıcı bir devrede **Şekil II.11.1**'de gösterildiği gibi **AC** bir voltaj kaynağına bağlı bir adet diyot, bir adet direnç ve bir adet **DC** güç kaynağı kullanılmaktadır. Devre yardımıyla istenilen polaritede sınırlama veya kırpma işlemi gerçekleştirilebilir. **DC** voltaj değeri, girişte kullanılan alternatif güç kaynağının voltaj değerinden küçük veya eşit ($V_K \geq V_{DC}$) olmasına dikkat edilmelidir. Giriş ve çıkış elektrik sinyalinin genlikleri farklı olacaktır. (**giriş elektrik sinyali genliği > çıkış elektrik sinyali genliği**)

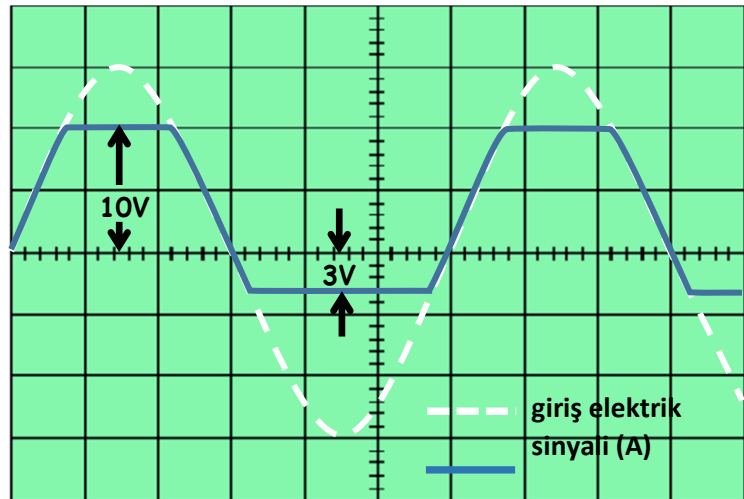


Şekil II.11.1. Kırpıcı bir devre

Şekil II.11.2'deki giriş elektrik sinyalin **pozitif döngüsünde**, **D₁** diyotu ileri besleme ve **D₂** diyotu geri besleme durumlarında olduklarından, akım **D₁** diyotundan geçecektir. **Negatif döngüde** durum **tersi** olduğundan, akım **D₂** diyotundan geçecektir. Ancak hat üzerinde ilgili döngüde ters polarlanmış sırasıyla **10V** ve **3V** DC güç kaynakları bulunmaktadır. **Pozitif döngüde 10V negatif döngüde ise 3V** gerilime kadar osiloskop tarafından ölçülebilmektedir. Bu durum **Şekil II.11.3**'teki osiloskop ekran görüntüsünde gösterilmiştir.

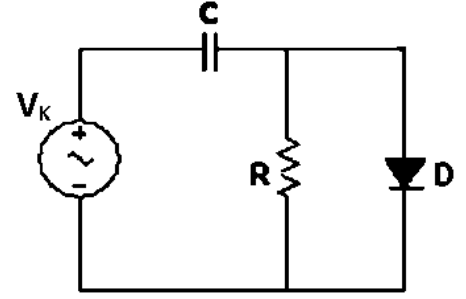


Şekil II.11.2. Kırpıcı devre



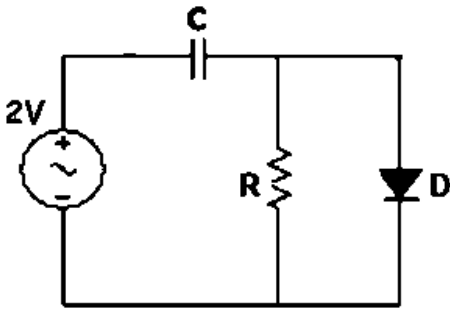
Şekil II.11.3. Osiloskop ekran görüntüsü

- **Kenetleyici devreler:** Giriş elektrik sinyalinin voltaj seviyesini farklı bir seviyeye kaydırmakta kullanılan devrelere kenetleyici devreler denir. Kenetleyici devre için **Şekil II.11.3**'te gösterildiği gibi **AC** güç kaynağına bağlı bir adet diyot, bir adet direnç ve bir adet kondansatör kullanılmaktadır. Kenetleme işlemi istenilen polaritede gerçekleştirilebilir. **DC** güç kaynağının voltaj değeri, girişte kullanılan **AC** güç kaynağının voltaj değerinden küçük veya eşit olmasına dikkat edilmelidir. Giriş elektrik sinyali ile çıkış elektrik sinyalinin genlikleri aynı olacaktır. (**giriş elektrik sinyali genliği = çıkış elektrik sinyal genliği**)

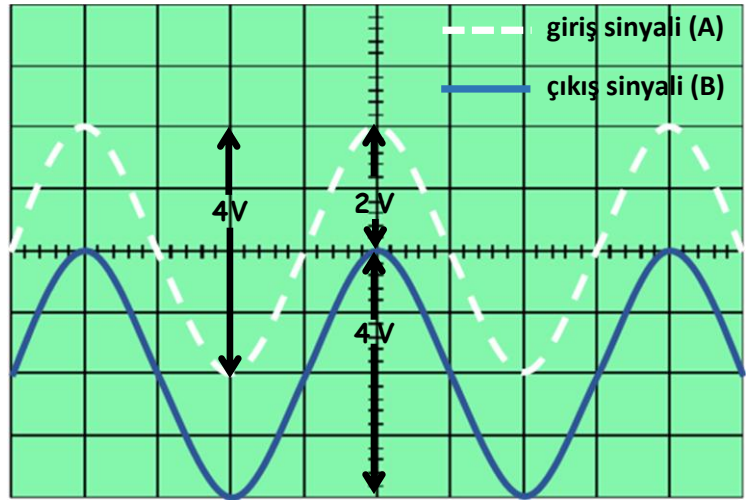


Şekil II.11.4. Kenetleyici bir devre

Şekil II.11.5'teki giriş elektrik sinyalin pozitif döngüsünde, hem kondansatör dolacak hem de diyot ileri besleme durumunda olduğundan, akım diyot üzerinden geçecektir. Pozitif döngüde akımın tamamı diyot üzerinden geçeceği için diyotun uçları arasındaki voltaj düşmesi 0V olur. Negatif döngüde diyot geri beslemeli olduğundan, akım R üzerinden geçecektir. Önceki döngüde V ile yüklenen kondansatörün voltajıyla birlikte 2V kadar direnç üzerinde voltaj düşmesi olup osiloskoptan okunacaktır. Bu durum **Şekil II.11.6**'daki osiloskop ekran görüntüsünde gösterilmiştir.



Şekil II.11.5. Kenetleyici devre



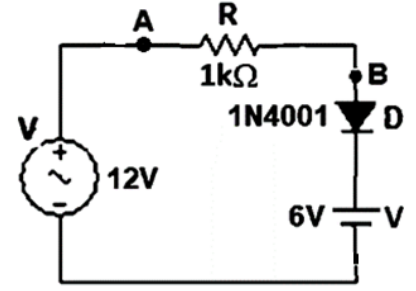
Şekil II.11.6. Osiloskop ekran görüntüsü

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

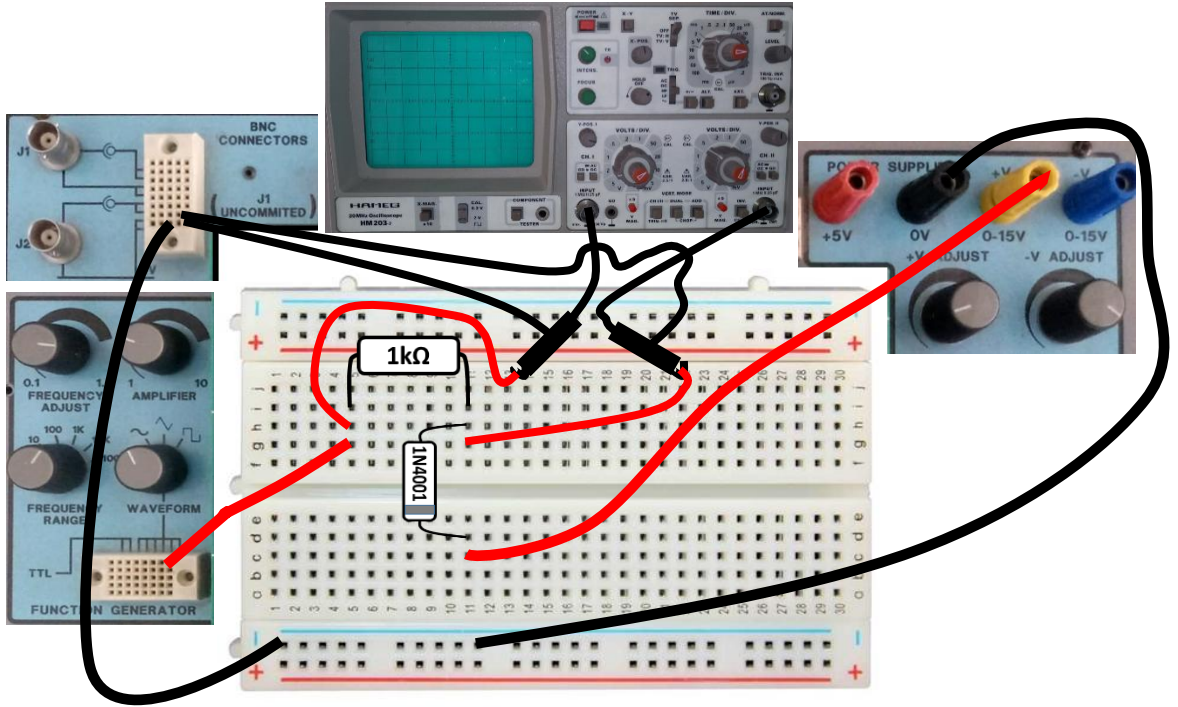
- Osiloskop
- Breadboard
- Güç kaynağı
- Diyot (1 x 1N4001)
- Dirençler (1 x 274kΩ, 1 x 1kΩ)
- Kondansatör (1 x 220μF)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

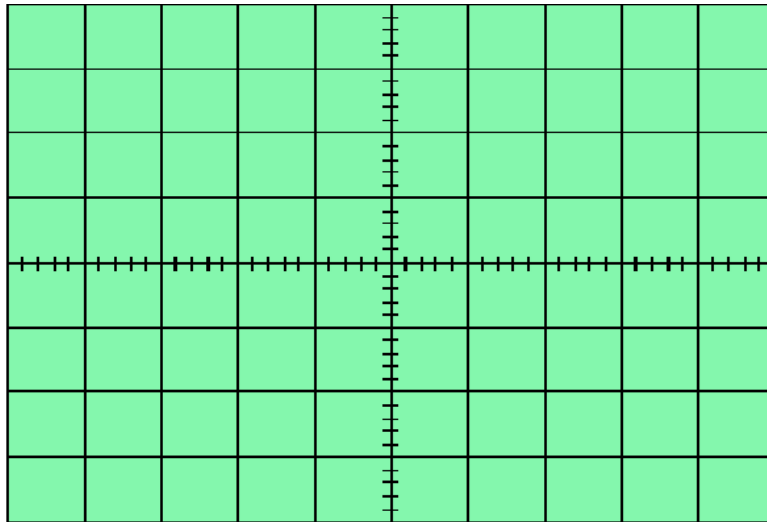
- i. **Şekil II.11.7'**deki kırpıcı devresinin osiloskop ve güç bağlantılarını **Şekil II.11.8**'deki gibi yapın. Ana güç kaynağınızı **sinüzoidal AC 12V** ve **1kHz**'e, **DC** güç kaynağını **6V**'a ayarlayın. Kırpıcı devredeki giriş ve kırpılmış elektrik sinyallerini **Şekil II.11.9**'daki osiloskop elektrik sinyali görüntü şablonuna çizin.



Şekil II.11.7. Kırpıcı devre

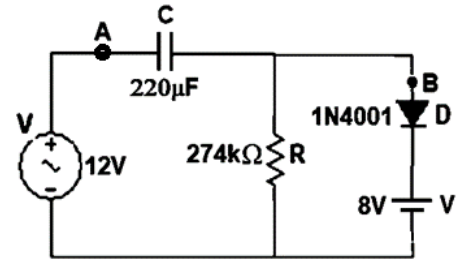


Şekil II.11.8. Güç ve osiloskop bağlantıları

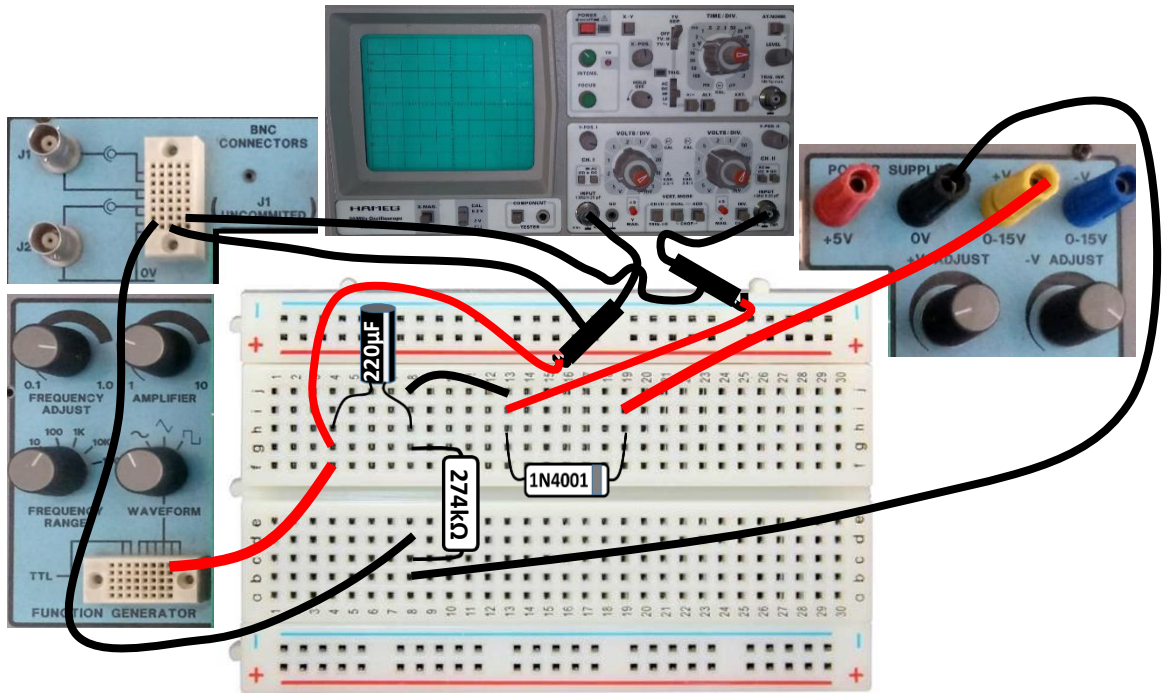


Şekil II.11.9. Kırpıcı devrenin giriş ve çıkış elektrik sinyal görüntüleri

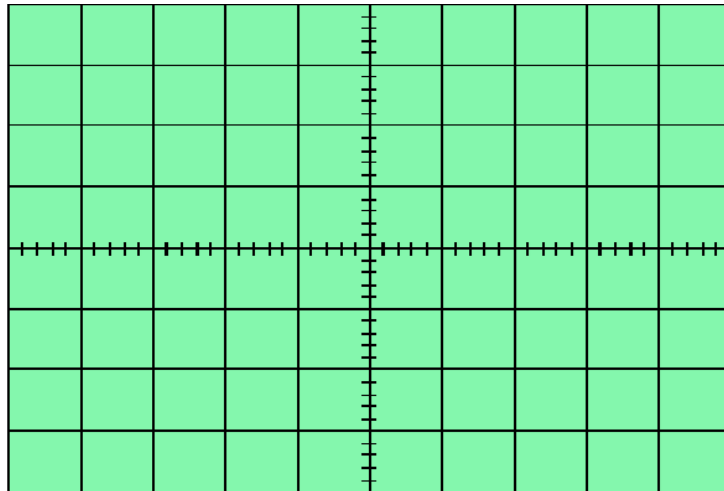
- ii. **Şekil II.11.10**'daki kenetleyici devresinin osiloskop ve güç bağlantılarını **Şekil II.11.11**'deki gibi yapınız. Ana güç kaynağınızı **sinüzoidal AC 12V** ve **1kHz'e**, **DC** güç kaynağınızı **8V'a** ayarlayın. Kenetleyici devredeki giriş ve kenetlenmiş elektrik sinyalleri **Şekil II.11.12**'deki osiloskop elektrik sinyal görüntü şablonuna çizin.



Şekil II.11.10. Kenetleyici devre



Şekil II.11.11. Güç ve osiloskop bağlantıları

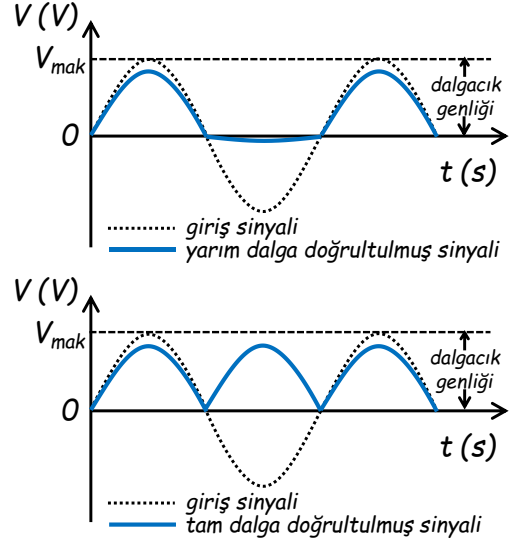


Şekil II.11.12. Kırpıcı devrenin giriş ve çıkış elektrik sinyal görüntüleri

DENEY 12: Filtre olarak Kondansatör

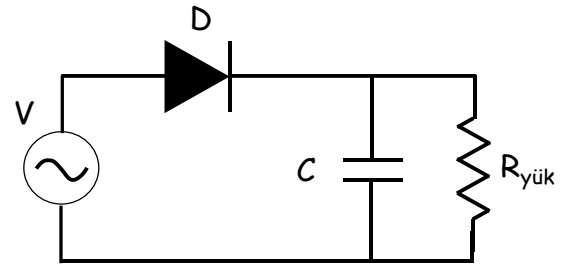
- Amaç:**
- Kondansatörün filtre devreleri üzerindeki etkilerini incelemek
 - Kondansatör sığasının ve direncinin filtreleme üzerindeki etkileri incelemek
 - Filtrelemenin avantaj ve dezavantajlarını anlamak

Teorik Bilgi: Sinüzoidal bir elektrik sinyalinin bir diyot ile doğrultma işlemi sonucunda çıkış elektrik sinyali ne **AC** ne de **DC** formundadır. Çıkış elektrik sinyali halen dalgalı bir hareket izler. Bu dalgalı hareket **dalgacık (ripple)** adını alır. **Şekil II.12.1**'de sırasıyla yarım ve tam dalga doğrultmaçlarının doğrulttuğu elektrik sinyalleri gösterilmiştir. Bu elektrik sinyallerinin dalgacık genlikleri **0V** ile **V_{mak}** seviyeleri arasındaki **voltaj atımları (puls)**'dır. İstenmeyen bu dalgacık hareketi **gürültü (parazit)** olarak nitelendirilir. Dalgacık hareketinin önüne geçebilmek için voltaj atımlarının sönüme uğratılması gerekmektedir. Bu sönüm veya doldurma işlemi bir filtreleme devresiyle gerçekleştirilir. Bu işin temelinde bir kondansatör kullanılır.



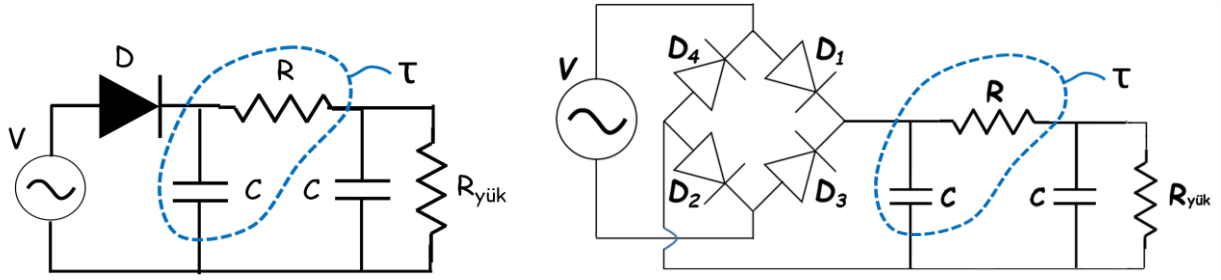
Şekil II.12.1. Yarım ve tam dalga doğrultulmuş elektrik sinyalleri

Kondansatör yük depolayabildiğinden ideal bir filtre elemanıdır. Basit bir filtre devresi için **Şekil II.12.2**'de gösterilen yük direncine paralel bir kondansatör bağlanır. Devredeki diyot ileri besleme durumunda olduğu zaman diliminde diyot akımı ileterek hem yük direnci üzerinden geçecek hem de kondansatör yüklenmektedir. Diyot ters besleme durumundaki zaman diliminde ise diyot akımı iletmeyecek, ancak kondansatör yükünü boşaltarak devreyi beslemeye devam edecektir.



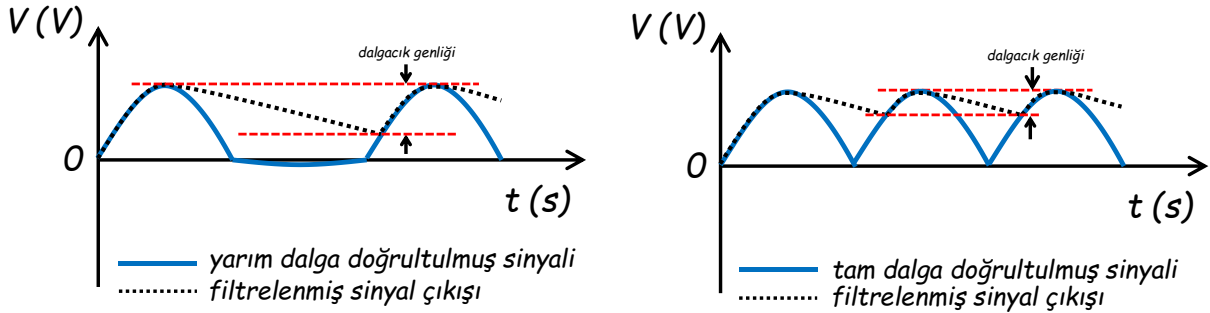
Şekil II.12.2. Tek kondansatörlü filtre devresi

Diyotun kesimde olduğu zaman diliminde gücünü kondansatörden alan devrede kondansatörün hızlı boşalması nedeniyle yeterli bir filtreleme işlemi gerçekleştirememekte ve dalgacık genliği geniş olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek ve **zaman sabiti (τ)**'ni kontrol etmek adına **Şekil II.12.3**'te gösterildiği gibi yarım ve tam dalga doğrultmaçlı devrelere ilave bir kondansatör ve bir direnç kullanarak çözüm üretilmiştir. Şekil 3'teki devrede bulunan paralel iki kondansatör ve bir direncin şematik yapısı **π (pi)**'yi andırmasından dolayı **π -filtre devresi** adını alır.



Şekil II.12.3. τ kontrollü doğrultmaç devreleri

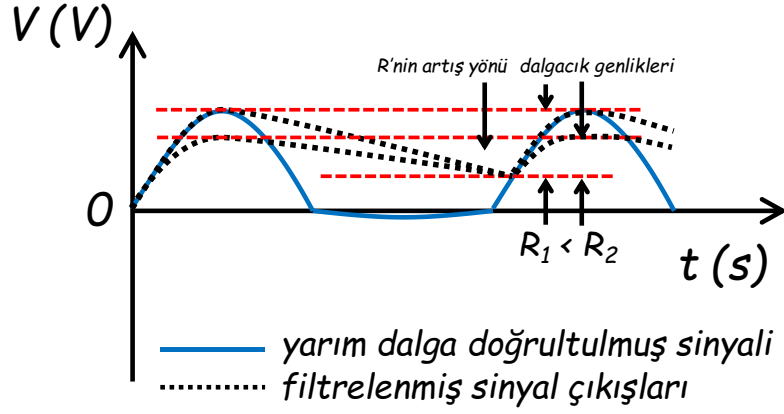
Şekil II.12.3'teki τ kontrollü doğrultmaç devrelerinin çıkış elektrik sinyalleri Şekil II.12.4'te verilmiştir.



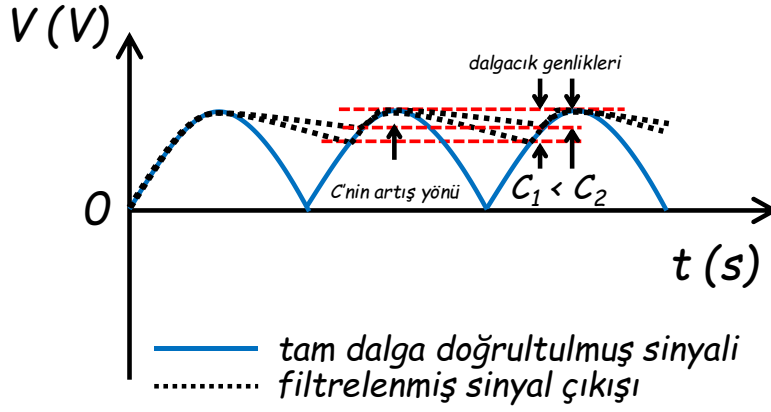
Şekil II.12.4. τ kontrollü doğrultmaç devrelerin çıkış elektrik sinyalleri

Şekil II.12.4'teki filtrelenmiş çıkış elektrik sinyallerinden görüldüğü üzere, elektrik sinyalin kesime uğradığı zaman dilimi ne kadar kısa olursa dalgacık genişliği de o oranda dar olacaktır. Dolayısıyla aynı π -filtresi ile filtrelenmiş tam dalga doğrultmaçlı devredeki çıkış elektrik sinyalinin dalgacık genişliği, yarı dalga doğrultmaçlı devredeki çıkış elektrik sinyalinin dalgacık genişliğine göre daha dardır. Genel olarak iyi filtrelenmiş bir güç kaynağından söz edilecekse, dalgacık genişliği besleme voltajı seviyesinin en fazla %1'i seviyesinde olması beklenir.

π -filtresinde kullanılan **zaman sabiti** (τ) devre elemanlarının büyüklükleri de dalgacık genişliğini etkilemektedir. Şekil II.12.5'te gösterildiği gibi, **direnç** (R) yerine **daha büyük** bir direnç kullanıldığında, yüklü **kondansatör daha yavaş** boşalacağından, dalgacık genişliği daralacaktır. Bunun sebebi, direncin artmasına paralel olarak, direncin devreye kattığı voltaj düşüşündeki artış nedeniyle elektrik sinyalin tepe voltajındaki düşüş olup dalgacık genişliğinde daralmaya neden olmaktadır. Benzer bir durum Şekil II.12.6'da gösterildiği gibi **kondansatör** (C) yerine daha büyük bir kondansatör kullanıldığında da geçerlidir. Burada yüklü kondansatörün boşalması, yükünün artmış olmasından dolayı daha uzun sürecektir. Bu nedenle kondansatörün voltajı daha az düşüşe maruz kalıp dalgacık genişliğinde alt seviyeden daralmaya neden olacaktır.



Şekil II.12.5. π kontrollü farklı direnç (R) kullanımlı doğrultmaç devresinin çıkış elektrik sinyali



Şekil II.12.6. π kontrollü farklı kondansatör (C) kullanımlı doğrultmaç devresinin çıkış elektrik sinyali

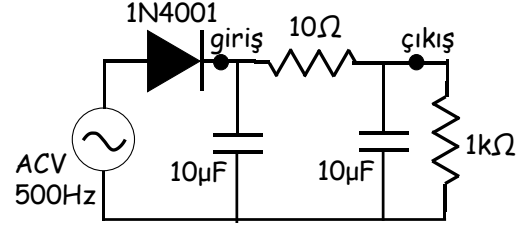
Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Osiloskop
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 4
 - Today's Electronics Board 5
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Frekans üretici
 - Diyot (4 x 1N4001)
 - Dirençler (1 x 1k Ω , 1 x 10 Ω , 1 x 100 Ω)
 - Kondansatörler (2 x 10 μ F, 2 x 0,1 μ F, 2 x 50 μ F)
- Bağlantı telleri

Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

i. **AC** güç kaynağını **500Hz** frekansa ayarlayın.

ii. **Şekil II.12.7**'deki filtre devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 4 üzerinde yer alan Filtre olarak Kondansatör (Yarım dalga filtreleme) [(The Capacitor as a Filter (Half Wave Filtering))] devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.12.8**'deki gibi yaparak devrenin filtresi girişine ve çıkışına osiloskop probları bağlantılarını yapın.



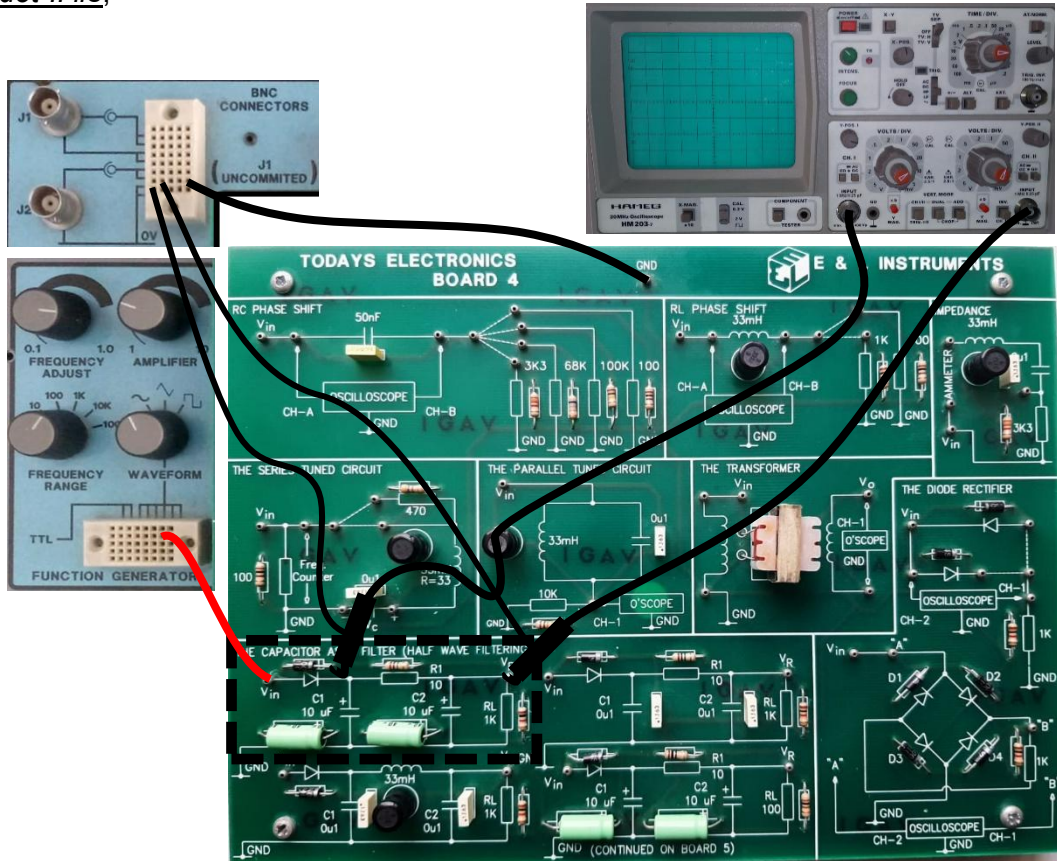
Şekil II.12.7. Yarım dalga doğrultmaçlı filtre devresi

iii. **Şekil II.12.8**'deki osiloskop ekranındaki yarım dalga doğrultulmuş elektrik sinyali ile filtrelenmiş elektrik sinyalin görüntülerini **Şekil II.12.9** ve **Şekil II.12.12**'deki osiloskop ekranı şablonlarına çizerek osiloskop üzerinden giriş ve çıkış frekanslarını belirleyip **Tablo II.12.1**'e kaydedin.

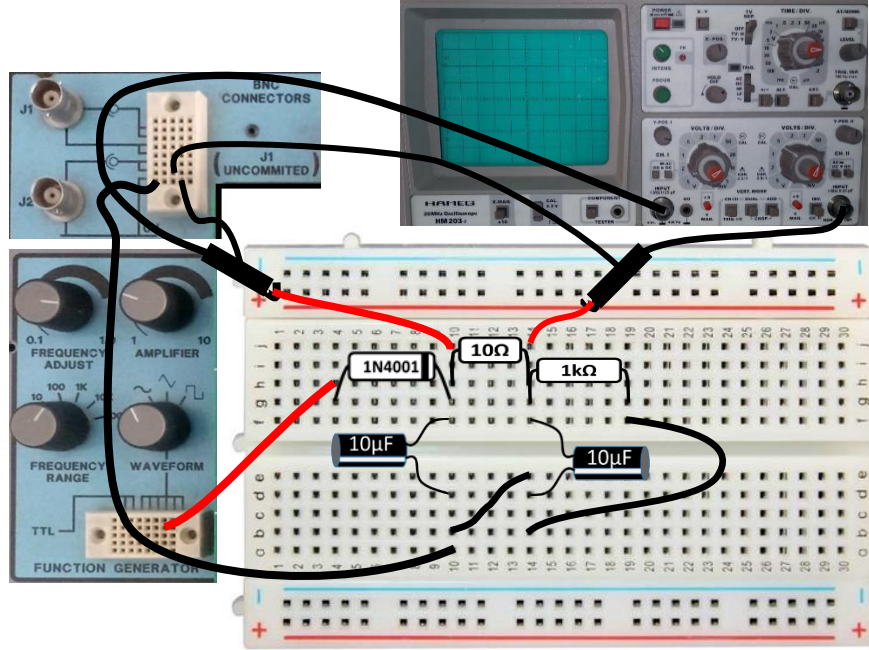
Tablo II.12.1. Frekans değerleri

$f_{giriş}$ (Hz)	$f_{çıkış}$ (Hz)

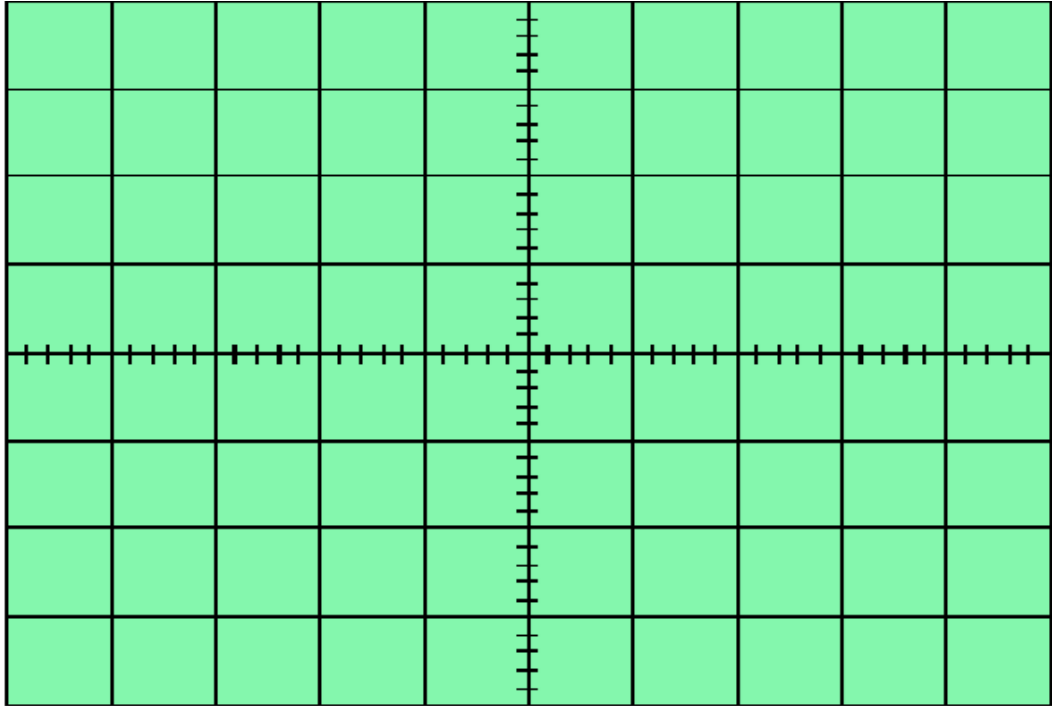
Cadet-II ile;



Breadboard ile;



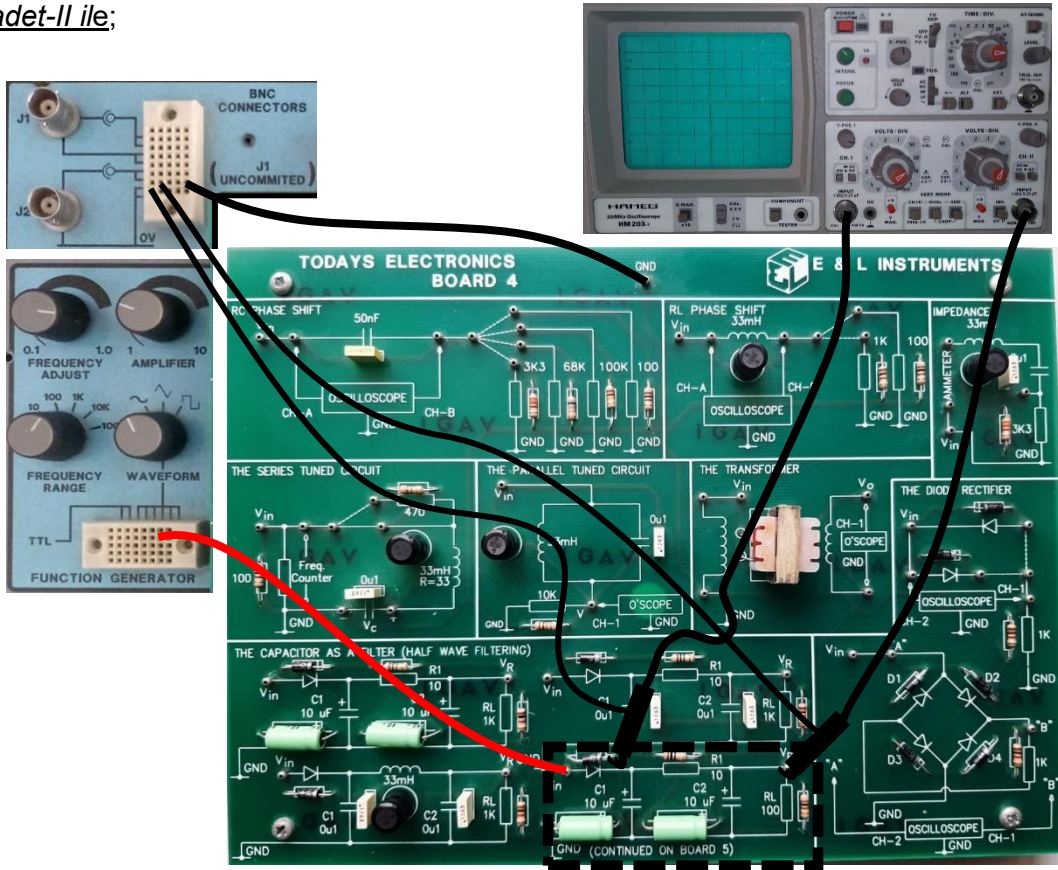
Şekil II.12.8. Güç ve osiloskop probu bağlantıları



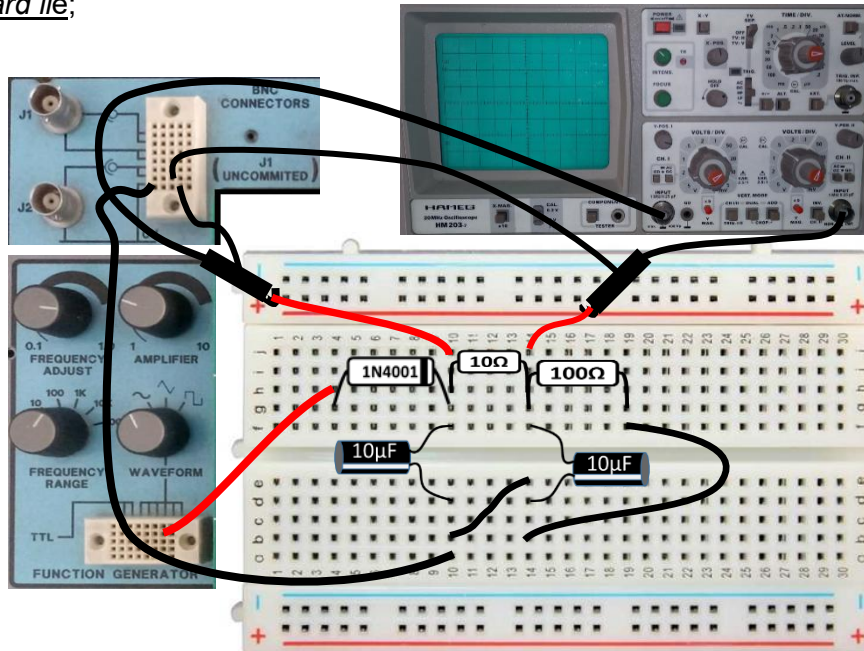
Şekil II.12.9. Yarım dalga doğrultulmuş elektrik sinyal ile R değişimli filtrelenmiş elektrik sinyallerin görüntüleri

- iv. **Şekil II.12.8**'deki **1kΩ**'luk yük direncini **100Ω**'luk direnç ile değiştirip **Şekil II.12.10**'daki gibi osiloskop probalarını bağlayın.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;

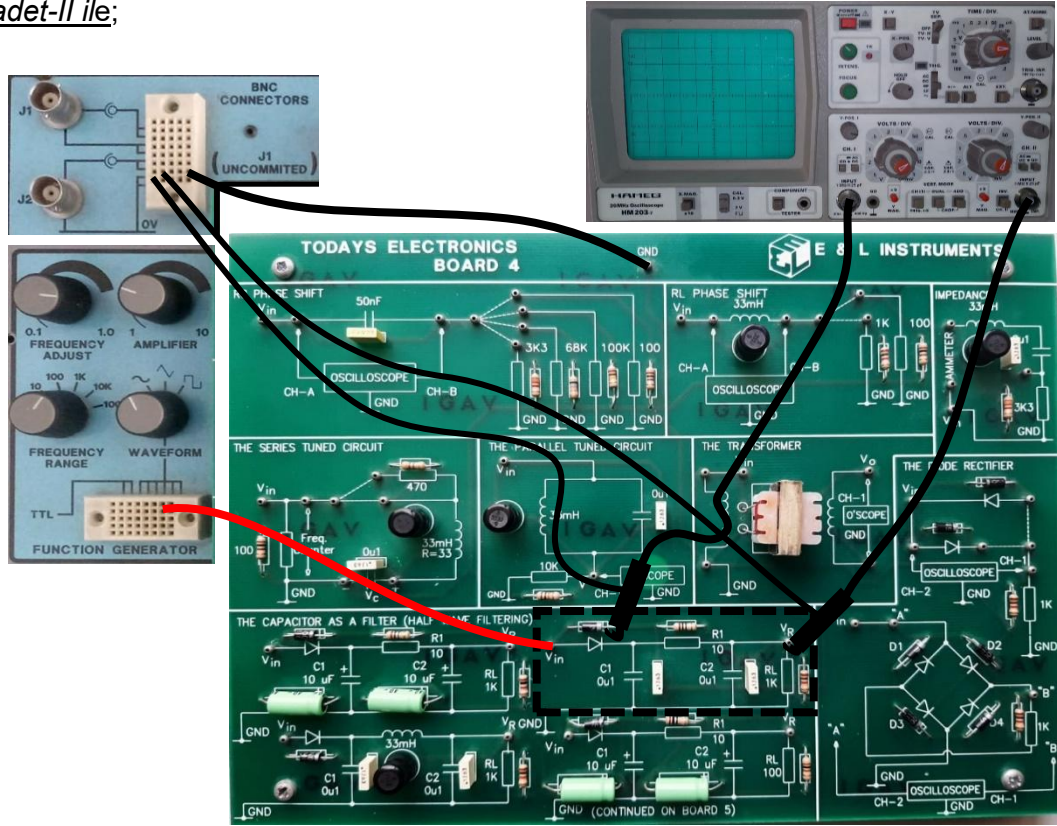


Şekil II.12.10. Güç ve osiloskop problemleri bağlantıları

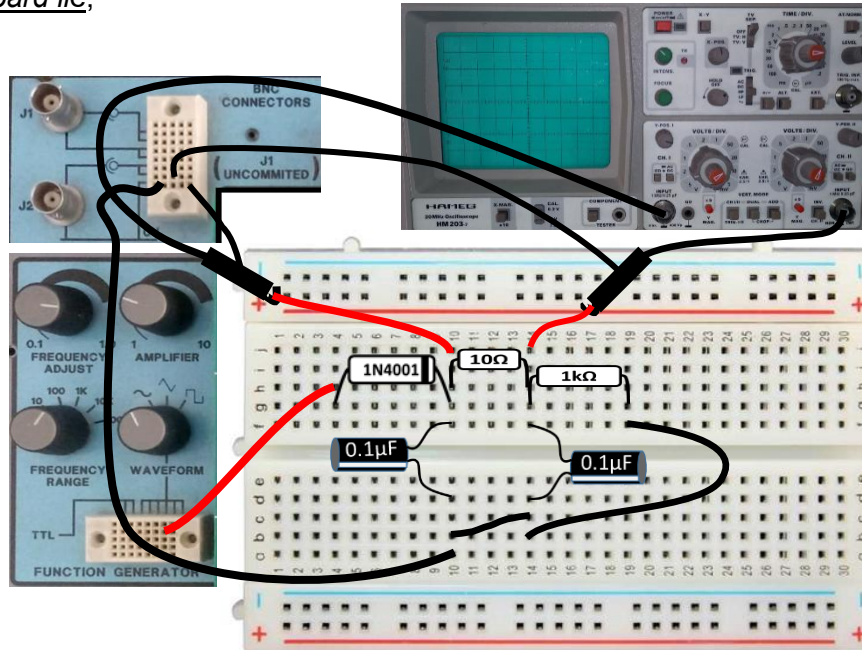
- v. **Şekil II.12.10**'daki osiloskop ekranındaki filtrelenmiş elektrik sinyal görüntüsünü **Şekil II.12.9**'daki osiloskop ekran görüntüsüne ilave ederek azalan yük direnci karşısındaki dalgacık genliği değişimi görünüz.

- vi. **Şekil II.12.8**'deki $10\mu\text{F}$ 'lık kondansatörleri $0,1\mu\text{F}$ 'lık kondansatörler ile değiştirip **Şekil II.12.11**'deki gibi osiloskop problemini bağlayınız.

Cadet-II ile;

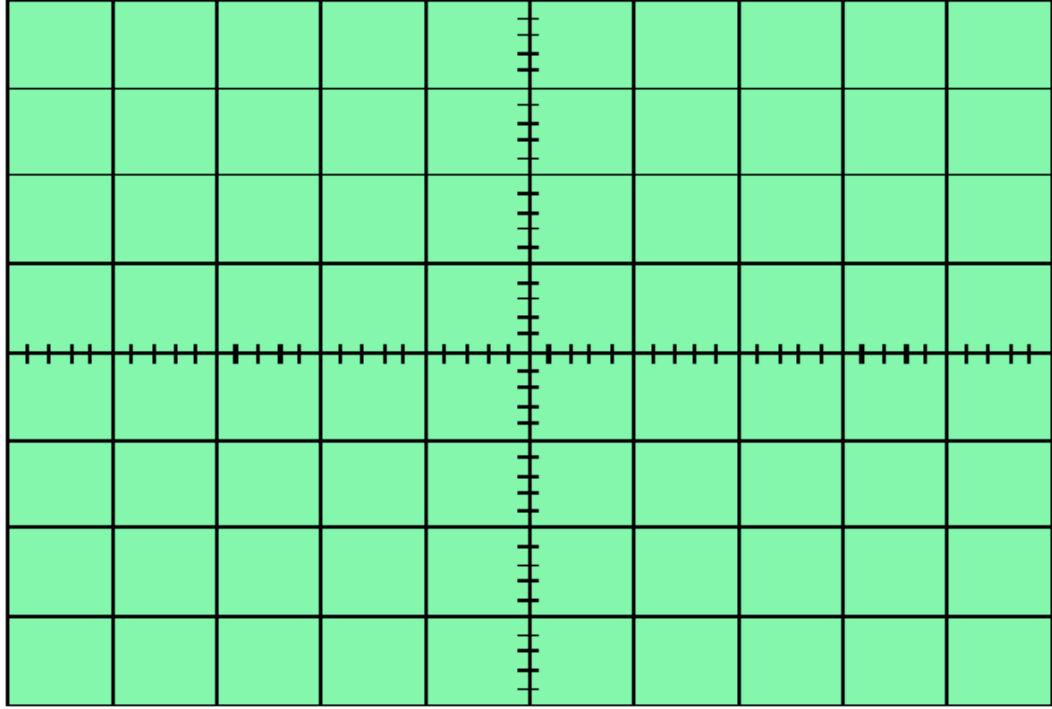


Breadboard ile;



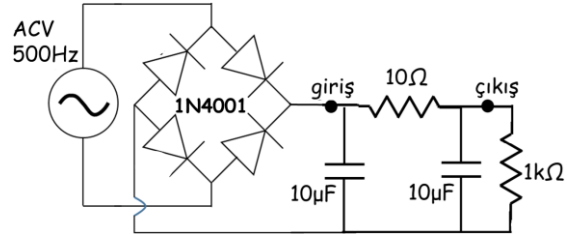
Şekil II.12.11. Güç ve osiloskop problemleri bağlantıları

- vii. **Şekil II.12.11**'deki osiloskop ekranındaki filtrelenmiş elektrik sinyal görüntüsünün **Şekil II.12.12**'deki osiloskop ekranı şablonuna ilave ederek azalan sığa karşısında dalgacık genliğindeki değişimi görünüz.



Şekil II.12.12. Yarım dalga doğrultulmuş elektrik sinyali ile C değişimli filtrelenmiş elektrik sinyallerin görüntüleri

- viii. **Şekil II.12.13**'teki filtre devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 5 üzerinde yer alan Filtre olarak Kondansatör (Tam dalga filtreleme) [(The Capacitor as a Filter (Full Wave Filtering))] devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.12.14**'teki gibi yaparak devrenin π -filtresi giriş ve çıkışına osiloskop problarını bağlayın.



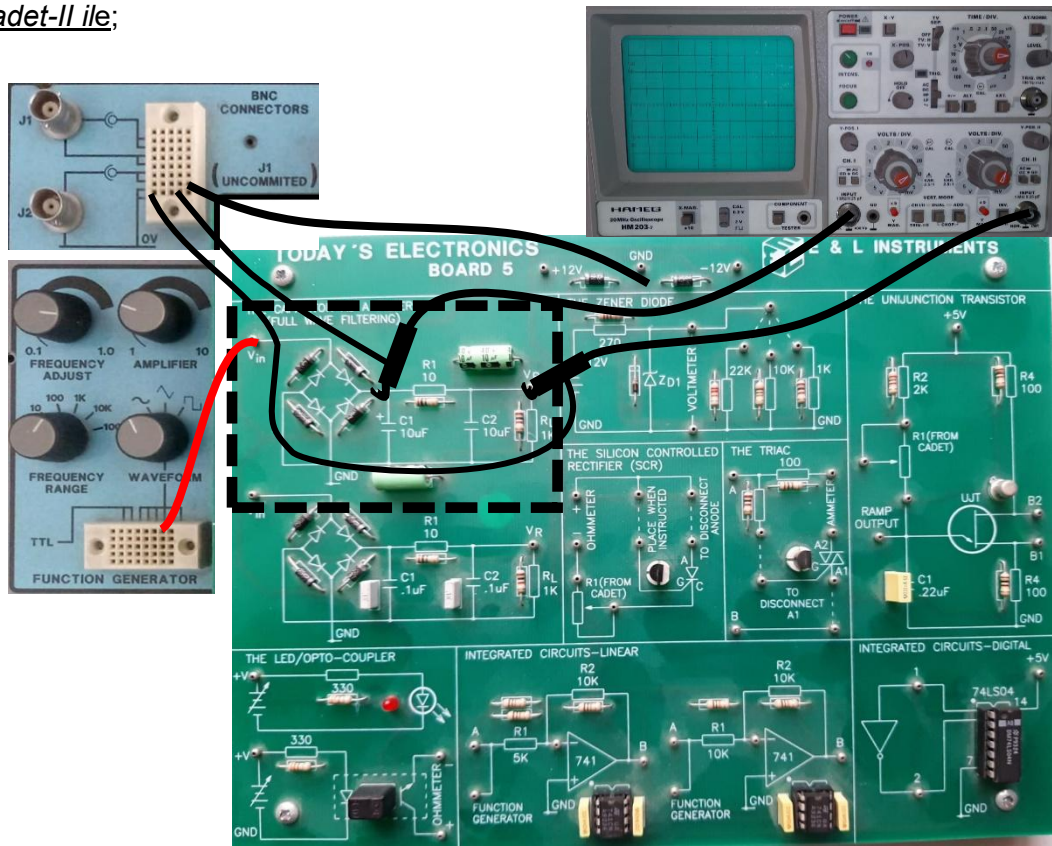
Şekil II.12.13. Tam dalga doğrultmaçlı filtre devresi

- ix. **Şekil II.12.14**'teki osiloskop ekranındaki tam dalga doğrultulmuş elektrik sinyali ile filtrelenmiş elektrik sinyalin görüntülerini **Şekil II.12.15**'teki osiloskop ekranı şablonlarına çizerek osiloskop üzerinden giriş ve çıkış frekanslarını belirleyip **Tablo II.12.2**'ye kaydedin.

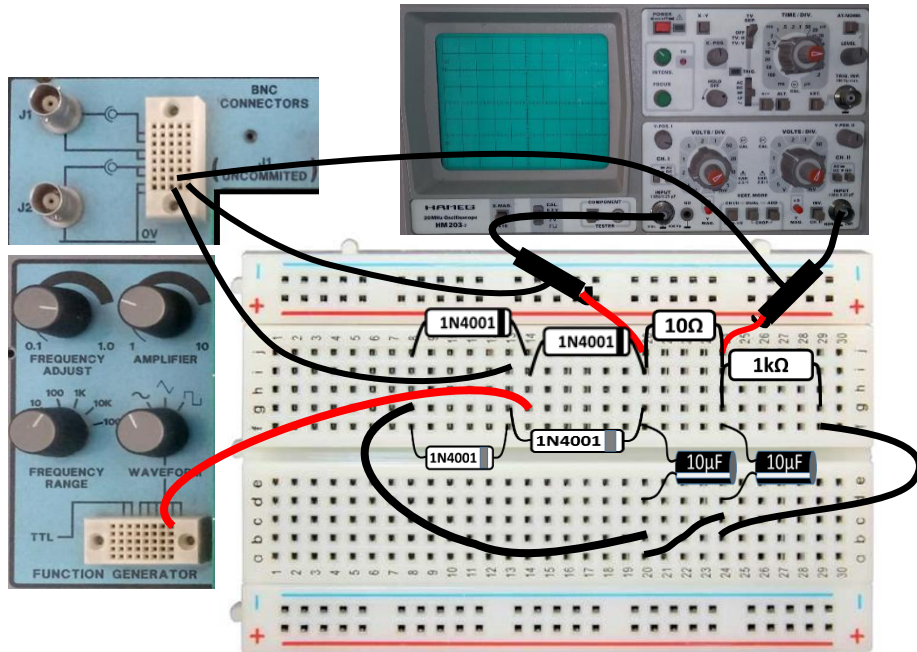
Tablo II.12.2. Frekans değerleri

$f_{giriş} (Hz)$	$f_{çıkış} (Hz)$

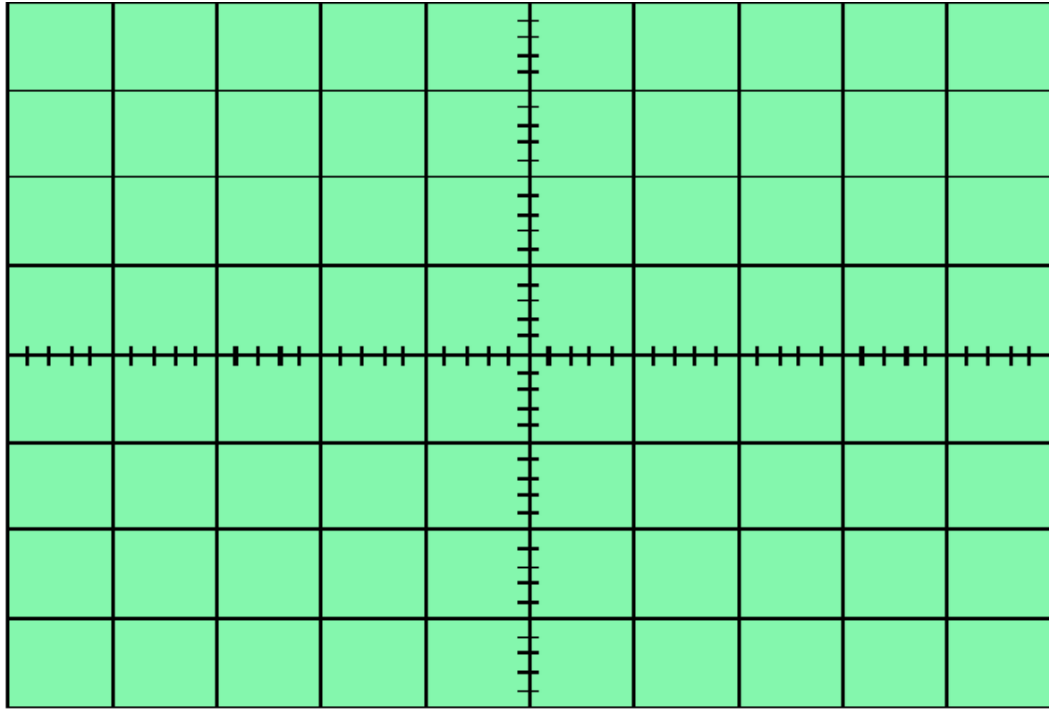
Cadet-II ile;



Breadboard ile;



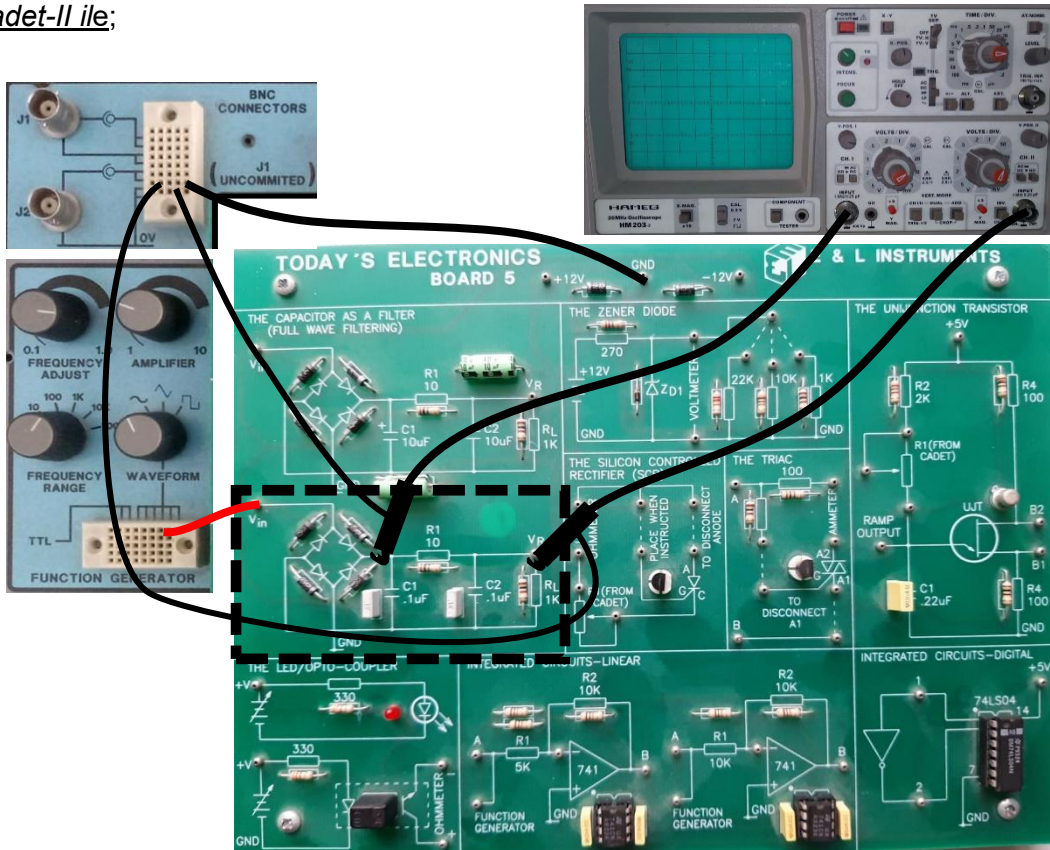
Şekil II.12.14. Güç ve osiloskop problemleri bağlantıları



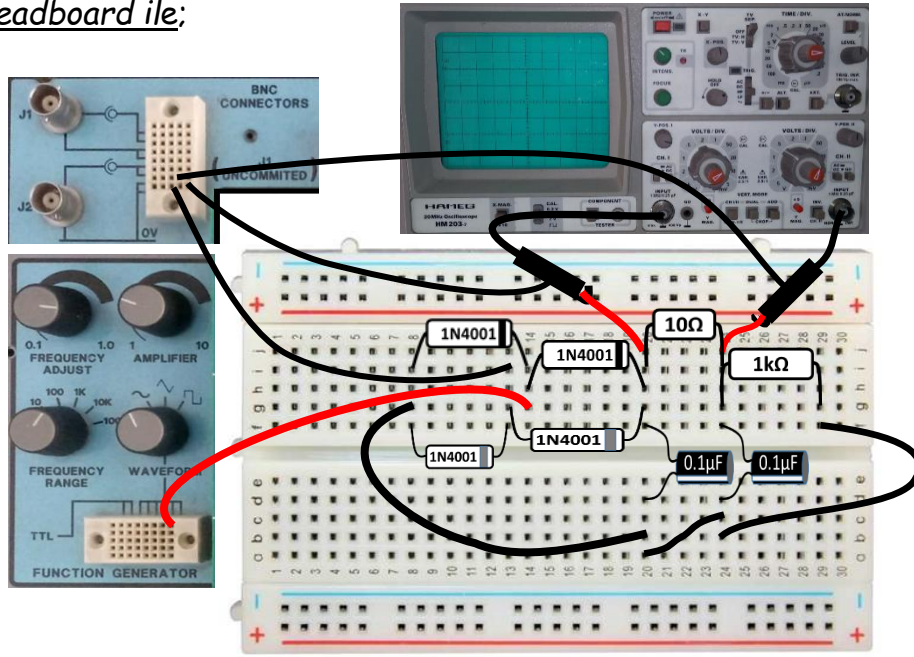
Şekil II.12.15. Tam dalga doğrultulmuş elektrik sinyal ile C değişimli filtrelenmiş elektrik sinyallerin görüntüleri

- x. **Şekil II.12.14**'teki **10 μ F**'lık kondansatörleri **0,1 μ F**'lık kondansatörler ile değiştirip **Şekil II.12.16**'daki gibi osiloskop probleminizi bağlayınız.

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



Şekil II.12.16. Güç ve osiloskop probrarı bağlantıları

- xi. **Şekil II.12.16**'daki osiloskop ekranındaki filtrelenmiş elektrik sinyal görüntüsünü **Şekil II.12.15**'teki osiloskop ekranı şablonuna ilave ederek azalan sığa karşısında dalgacık genliğindeki değişimi görünüz.

DENEY 13: Zener Diyot

Amaç: - Zener diyotu tanımak
- Zener diyotun test edilmesi

Teorik Bilgi: Zener diyot devredeki voltajı ayarlayarak belirli bir voltaj değerinde sabit tutmaya yarayan özel amaçlı bir diyottur. Normal diyot ters besleme durumunda akımı iletmezken, zener diyot ters besleme durumunda kırılma voltajı denilen voltaj seviyesi ve üstündeki değerlerde akımı iletmektedir. Farklı kırılma voltajı değerlerine sahip zener diyotun bir fotoğrafı ve şematik çizimi **Şekil II.13.1**'de verilmiştir. Zener diyotun kendisine bakıldığında,



Şekil II.13.1. Zener diyotun bir fotoğrafı ve şematik çizimi

silindirik gövde üzerinde siyah halkanın bulunduğu taraf katot diğer taraf ise anottur. Zener diyotun şemasına bakıldığında ise üçgenimsi taraf anot, akım hattını kesen çentikli çizginin bulunduğu taraf ise katottur. Zener diyotu kırılma voltajı açısından modellenecek olunursa **Şekil II.13.2**'de gösterilen bir barajın suyu tutması aşamalarını verebilir. İlk etapta suyun akışı baraj tarafından engellenecektir. Bu zener diyotun ters beslenmesindeki yüksek direncine tekabül eder. Bu engelleme barajın yüksekliğine kadar devam edecektir. Bu da zener diyotun

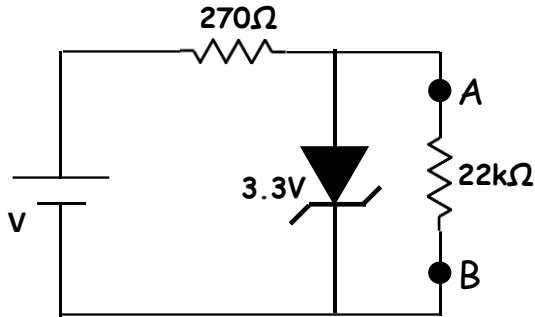


Şekil II.13.2. Barajın suyu tutma aşamalarının zener diyotun kırılma voltajı ile benzerliği

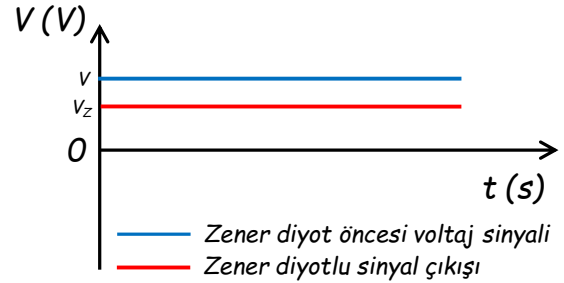
kırılma voltajına tekabül edecektir. Su daha da arttığında baraj yüksekliğini aşacak ve herhangi bir dirençle karşılaşmadan akmaya devam edecektir. Bu da zener diyotun kırılma voltajı ve üzeri voltaj değerleri için ileri besleme durumunu temsil eder.

Zener diyot seçimi yapılırken filtrelenmiş dalgacık genliğinin alt voltaj seviyesinin altında olacak şekilde seçilmelidir. Aksi takdirde sabit voltaj çıkışı elde edilememektedir.

Şekil II.13.3'te zener diyot ile **ayar edilmiş (regüle edilmiş)** DC beslemeli bir devre yer almaktadır. **A** ve **B** noktaları arasına voltmetre bağlandığında **Şekil II.13.4**'teki zener diyotun kırılma voltajı elektrik sinyali elde edilmektedir. Bunun nedeni zener diyotun kendi kırılma voltajından büyük voltaj değerleri iletmeye başlamasıdır. Burada kaynak voltajı (V), zener diyotunun kırılma voltajından büyük veya eşit olmalıdır.

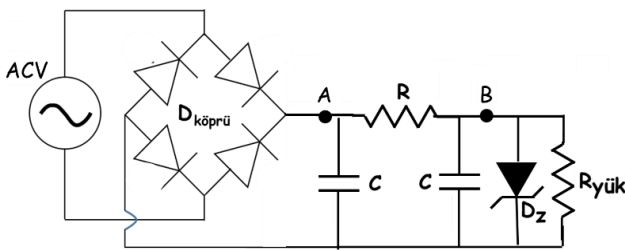


Şekil II.13.3. Zener diyot ile ayar edilmiş DC beslemeli devre

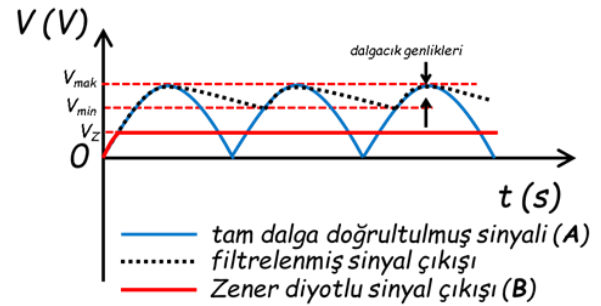


Şekil II.13.4. Zener diyot ile ayar edilmiş DC beslemeli devre sinyalleri

Şekil II.13.5'te önce köprü diyotlu tam dalga doğrultmacı ile doğrultulmuş, sonra filtrelenmiş, sonra da zener diyot ile **ayar edilmiş (regüle edilmiş)** AC beslemeli bir devre yer almaktadır. **A** ve **B** noktaları osiloskopa bağlandığında **Şekil II.13.6**'teki çıkış elektrik sinyalleri elde edilmektedir. Bunun nedeni, Zener diyotunun kırılma voltajı ve üzerinde akımları iletecek olmasından dolayı, yük uçları arası voltajın Zener diyotunun kırılma voltajında sabit kalmasıdır.



Şekil II.13.5. Zener diyot ile ayar edilmiş AC beslemeli devre



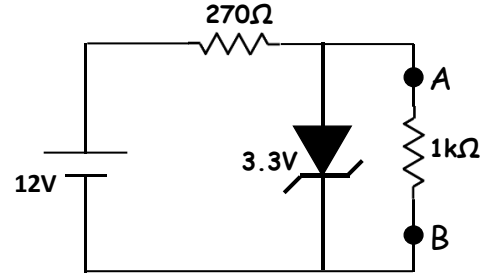
Şekil II.13.6. Zener diyot ile ayar edilmiş AC beslemeli devre sinyalleri

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 5
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - Zener diyot (1 x 1N4728)
 - Dirençler (1 x 270Ω, 1 x 1kΩ, 1 x 10kΩ, 1 x 22kΩ)
- Bağlantı telleri

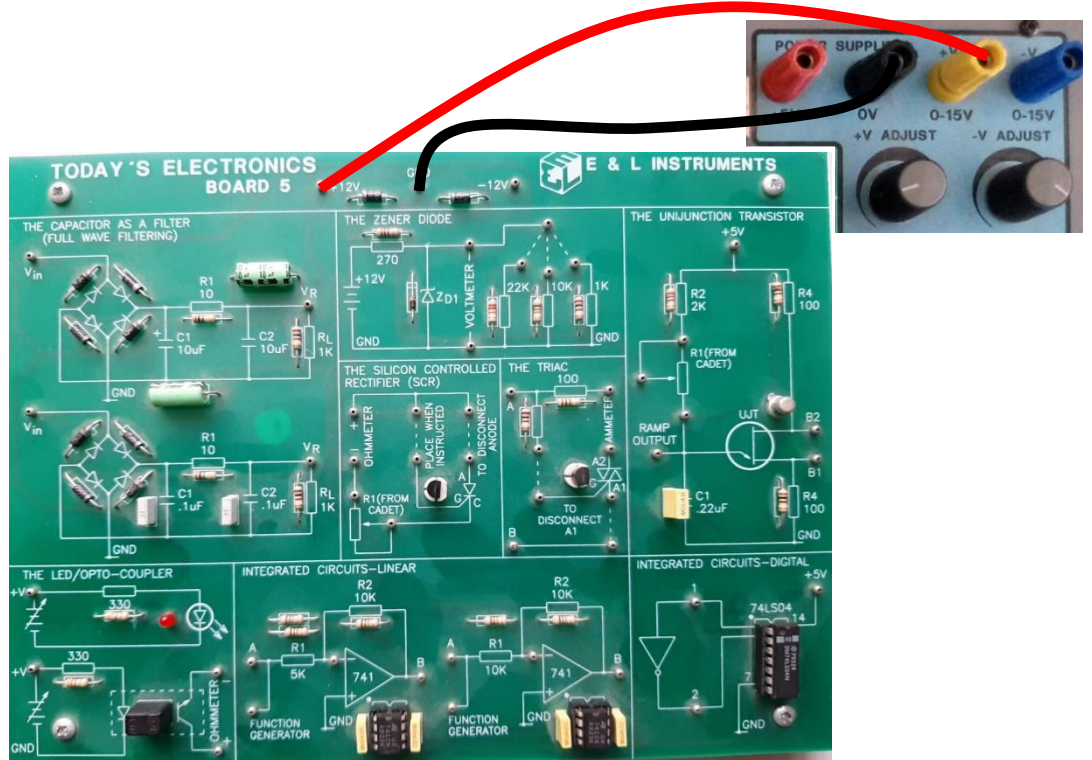
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- iii. **Şekil II.13.7**'de gösterilen ve Today's Electronics Board 5 üzerinde yer alan Zener diyot (The Zener Diode) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.13.8**'deki gibi yapın. Bunun için ayarlanabilir voltaj kaynağını **+12V**'a ayarlayın.

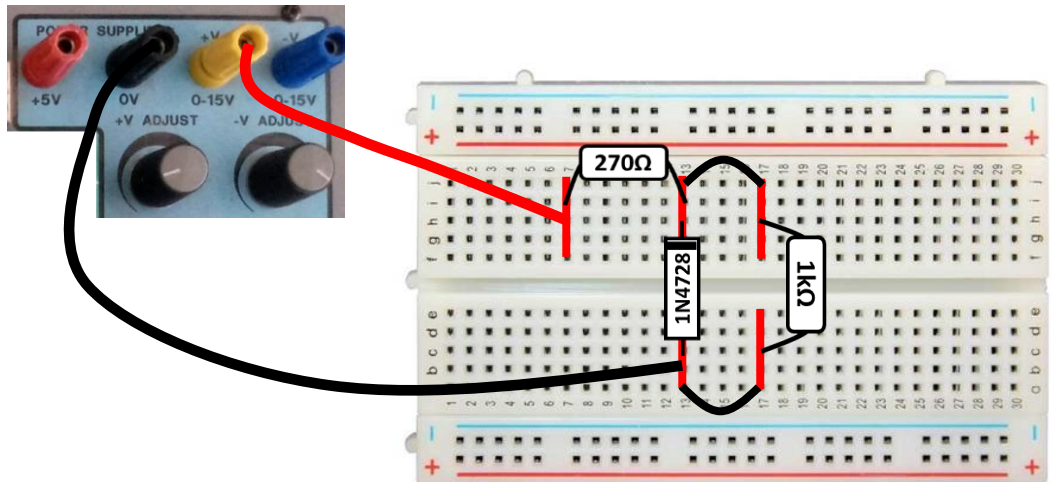


Şekil II.13.7. Zener diyot devresi

Cadet-II ile;



Breadboard ile;



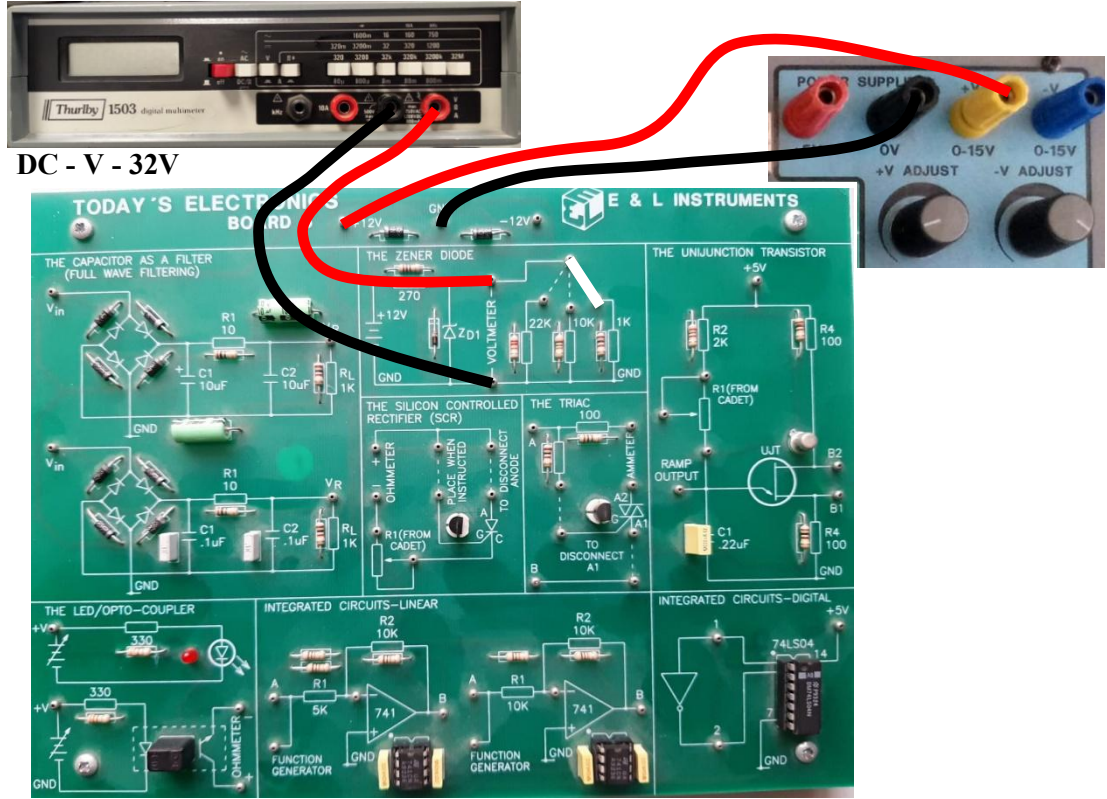
Şekil II.13.8. Güç bağlantıları

- iv. **Şekil II.13.7**'deki devrede **A** ve **B** noktaları arasındaki voltajı $R_{yük}$ 'lerin $1k\Omega$, $10k\Omega$ ve $22k\Omega$ durumları için **Şekil II.13.9**'daki gibi multimetre yardımıyla ölçüp **Tablo II.13.1**'e kaydedin. (**Şekil II.13.9** $R_{yük}$ 'nin $1k\Omega$ olduğu durum içindir. $R_{yük}$ 'leri atlayıcı ile düzenleyin.)

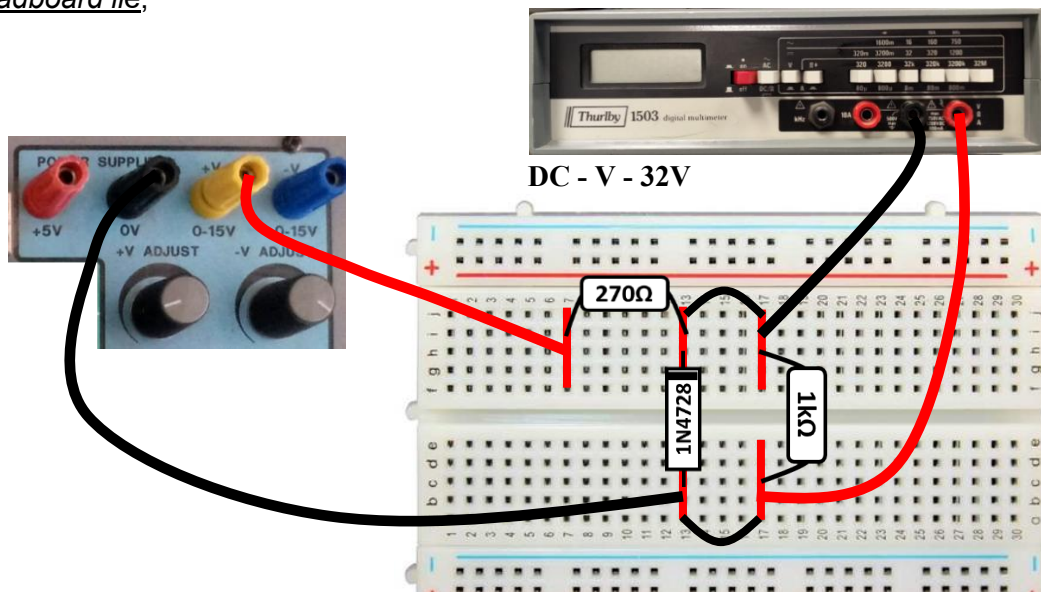
Tablo II.13.1. $R_{yük}$ 'e göre V_z değerleri

$R_{yük}$	$1k\Omega$	$10k\Omega$	$22k\Omega$
V_{AB}			

Cadet-II ile;



Breadboard ile;

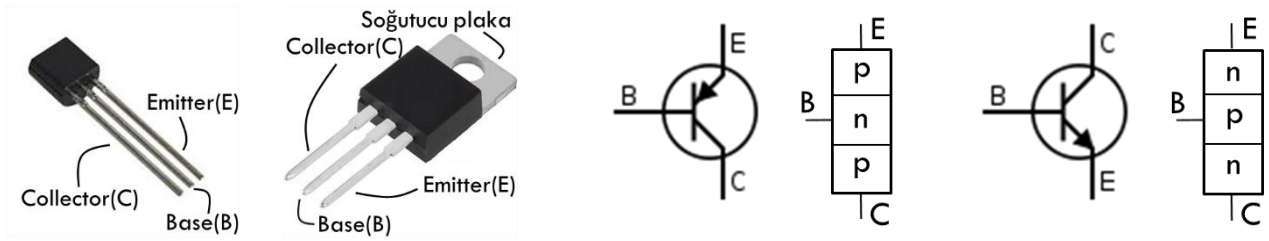


Şekil II.13.9. Güç ve multimetre bağlantıları

DENEY 14: Katıhal Aygıtları

Amaç: - Katıhal aygıtlarını tanımak
- Tek eklemlı transistörü (UJT) tanımak ve incelemek

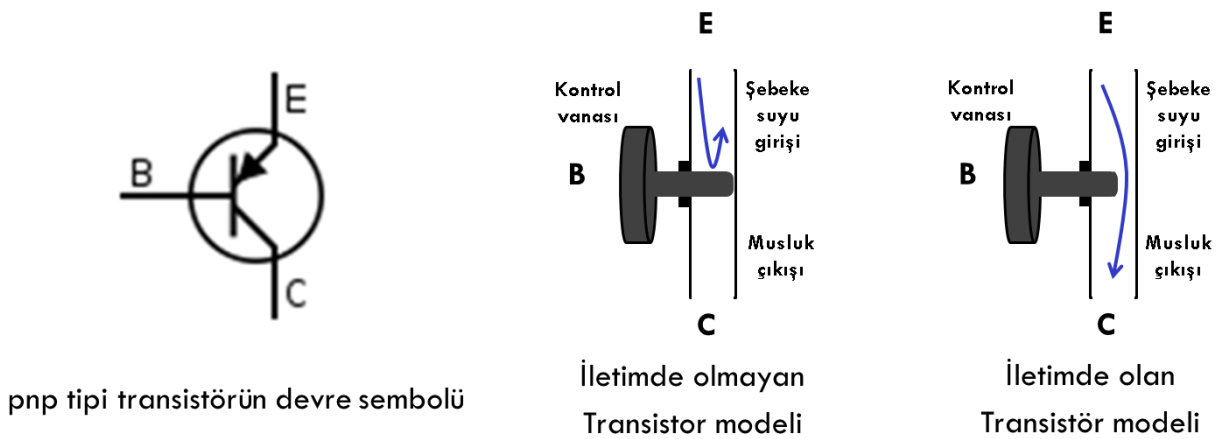
Teorik Bilgi: Katıhal aygıtları elektronik endüstrisinin temelidir. Transistörler, diyotlar ve entegre devreler örnek katıhal aygıtlarıdır. 3 kutuplu (bacaklı) en temel katıhal aygıtı transistördür. Bu transistörler çift eklemlı transistörler (BJT) olarak adlandırılır. İki n-maddesi, bir p-maddesi (**npn**) ya da iki p-maddesi, bir n-maddesi (**pnp**) birleşiminden oluşmuş olup iki np (pn) geçiş bölgesine sahiptir. Örnek transistörlerin resimleri ile **pnp** ve **npn** tipi transistörlerin devre şemaları **Şekil II.14.1**'de verilmiştir. Yarı silindirik gövdenin



Şekil II.14.1. Örnek transistör resimleri ve devre şemaları

düz yüzeyi önde olacak şekilde veya soğutucu plaka arkada olacak şekilde transistöre bakıldığında sol bacak **Collector(C)/Kolektör**, sağ bacak **Emitter(E)/Emitör** ve orta bacak **Base(B)/Baz** olarak adlandırılır.

Transistör elektrik elektrik sinyali yükselterek gerilim ve akım kazancı sağlayan, gerektiğinde anahtarlama elemanı olarak kullanılan yarıiletken bir elektronik devre elemanıdır. pnp tipi bir transistör için bir model geliştirecek olursak, **Şekil II.14.2**'de gösterilen **vana kontrollü bir su musluğu** verilebilir.

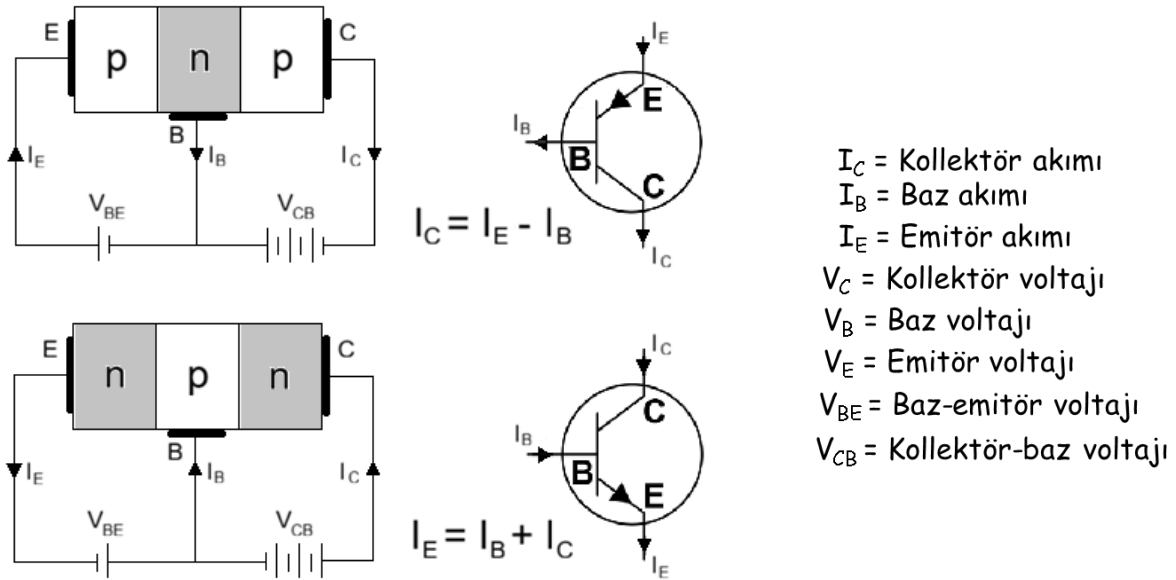


Şekil II.14.2. pnp tipi transistörün vana kontrollü su musluğu modeli

pnp-transistöründe **holler**, npn-transistöründe **elektronlar** hareket ederler. pnp-transistörünün emitörü voltaj kaynağının pozitif ucuna, npn-transistörünün emitörü voltaj kaynağının negatif ucuna bağlanır. Elektrik yüklerini ilk gönderme görevini yapan emitördür.

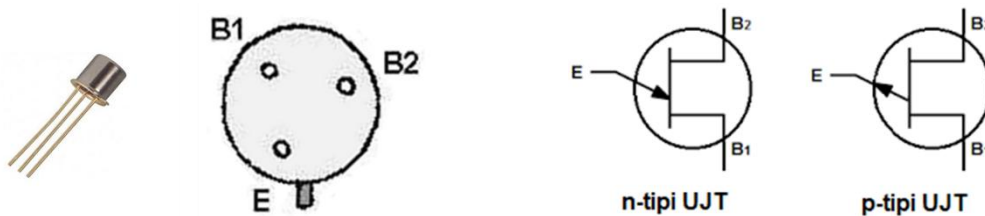
Gönderilen yüklere komuta etme görevi yapan bazdır. Yüklerin toplama görevini yapan ise kolektördür.

pnp ve **nnp** tipi transistörlerindeki akımların durumları **Şekil II.14.3**'te gösterilmiştir. **Emitör-baz** döngüsü ileri polarlanmış olduğuna dikkat edilmelidir. Bu durum transistörün iletimi için gereklidir. **Kollektör-baz** döngüsü ise ters polarlanmış. **Emitör-baz** döngüsündeki küçük bir artış, **kollektör-baz** döngüsünde büyük bir artışa olanak sağlamaktadır.



Şekil II.14.3. pnp ve npn tipi transistörlerindeki akımların durumları

UJT (tek eklemlı transistör) 3 bacaklı bir transistör tipidir. **UJT**; zamanlama devrelerinde, darbe üreticilerde, alternatif akım güç kontrol devrelerinde kullanılır. **UJT**'nin fotoğrafı ve sembolü **Şekil II.14.4**'te gösterilmiştir. **UJT**'ye pinler tarafından çıkıntı aşağıya gelecek şekilde bakıldığında, çıkıntıya en yakın bacak **emitör(E)**, saat yönüne doğru **baz₁** (B₁) ve **baz₂** (B₂) bacağıdır. **E-B₁** arasına uygulanan voltaj **UJT**'nin kırılma voltajına ulaştığında **B₁-B₂** arası iletime geçer.



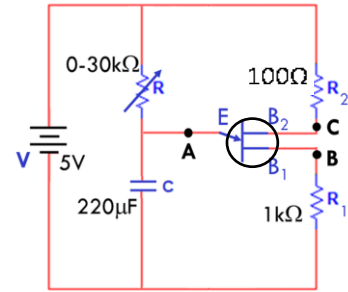
Şekil II.14.4. UJT'nin fotoğrafı ve sembolü

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Osiloskop
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 5
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - UJT (1 x 2N2646)
 - Dirençler (1 x 100Ω , 1 x $1k\Omega$)
 - Potansiyometre (1 x $30k\Omega$)
 - Kondansatör (1 x $220\mu F$)
- Bağlantı telleri

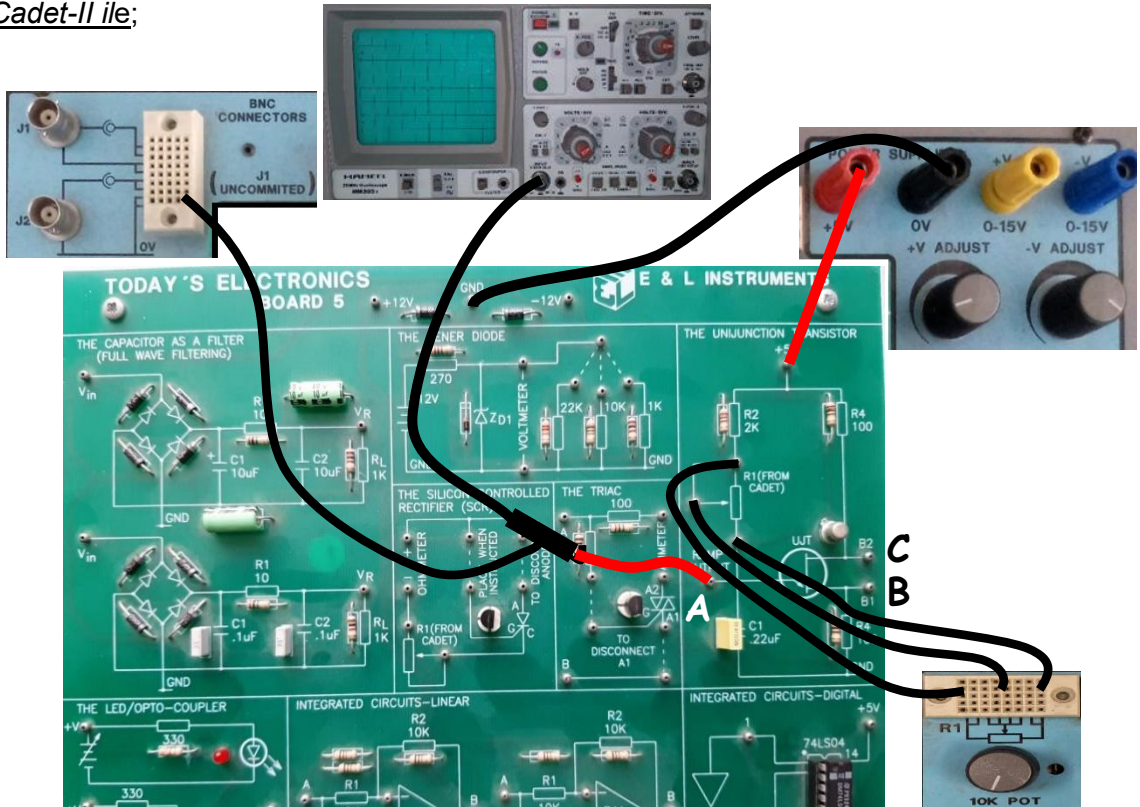
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.14.5**'te gösterilen ve Today's Electronics Board 5 üzerindeki tek eklemli transistör (The Unijunction Transistor) devresinin potansiyometre, osiloskop ve güç bağlantılarını **Şekil II.14.6**'daki gibi yapınız. Bunun için **DC 5V** kullanınız. Osiloskop probunu sırayla **A**, **B** ve **C** pinlerine bağlayarak potansiyometre direncini değiştirerek gözlemlenen tetiklemelerin elektrik sinyal görüntülerini **Şekil II.14.7**'deki osiloskop ekran görüntü şablonlarına çizin. **Şekil II.14.6**, A noktasına göre bağlanmıştır.

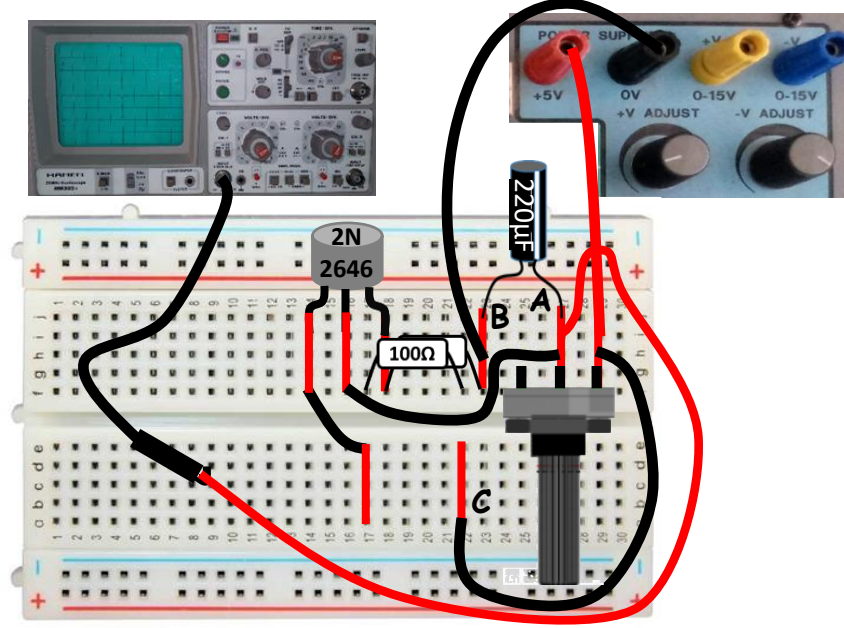


Şekil II.14.5. UJT deney devresi

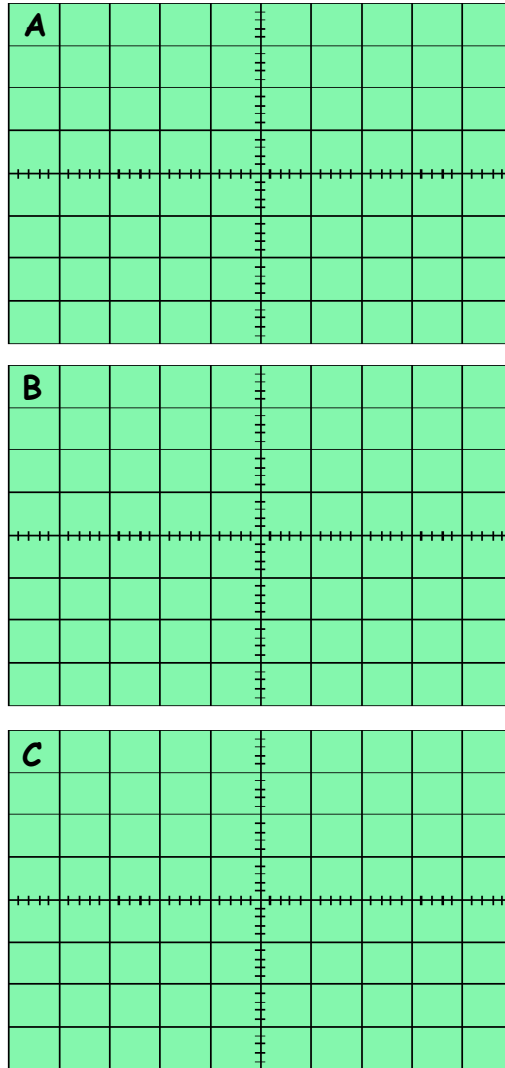
Cadet-II ile;



Breadboard ile;



Şekil II.14.6. Potansiyometre, osiloskop ve güç bağlantıları



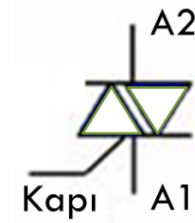
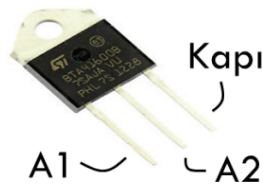
Şekil II.14.7. A, B ve C noktalarının elektrik sinyal görüntüleri

DENEY 15: Triak

Amaç: - Triak'ı tanımak
- Triak'ın test edilmesi

Teorik Bilgi:

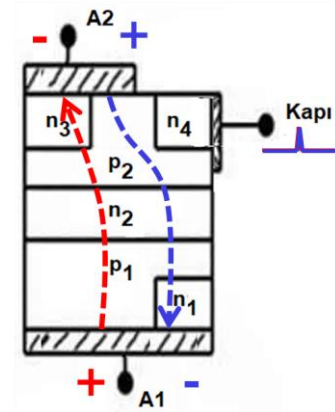
Triak, iç yapısında paralel bağlanmış iki **SCR** (silikon kontrollü doğrultucu) bulunan bir yarıiletken devre elemanıdır. **SCR**'ler kontrollü bir şekilde tek yönde iletim sağlarken, triaklar kontrollü bir şekilde çift yönlü iletim sağlarlar. **Şekil II.15.1**'te bir triak'ın fotoğrafına



Şekil II.15.1. Bir triak'ın fotoğrafı ve devredeki sembolü

ve devredeki sembolüne yer verilmiştir. Triak'ın kendisine pinler aşağıda olup gövdesindeki yazının bulunduğu taraftan bakıldığında, soldan itibaren pinler **A1**, **A2** ve tetikleme pini **kapı** olarak sıralanır. Triak'ın sembolüne bakıldığında ise yandan girintisi olan hat **kapı**, aynı tarafta bulunan hat **A1** ve diğer tarafındaki hat ise **A2**'dir.

Triak'ın iç yapısı **Şekil II.15.2**'deki gibi bir yapıya sahiptir. Kapı pinindeki tetiklemeyle polariteye bağlı olarak akım geçişi olacaktır. **A1 pozitif** ve **A2 negatif** polarlanmış ise, akım **p₁-n₂-p₂-n₃** yolunu izleyecektir. **A2 pozitif** ve **A1 negatif** polarlanmış ise, akım **p₂-n₂-p₁-n₁** yolunu izleyecektir.



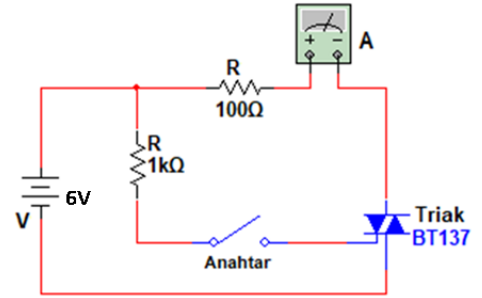
Şekil II.15.2. Triak'ın iç yapısı

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 5
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - Triak (1 x BT137)
 - Dirençler (1 x 100Ω, 1 x 1kΩ)
 - Anahtar
- Bağlantı telleri

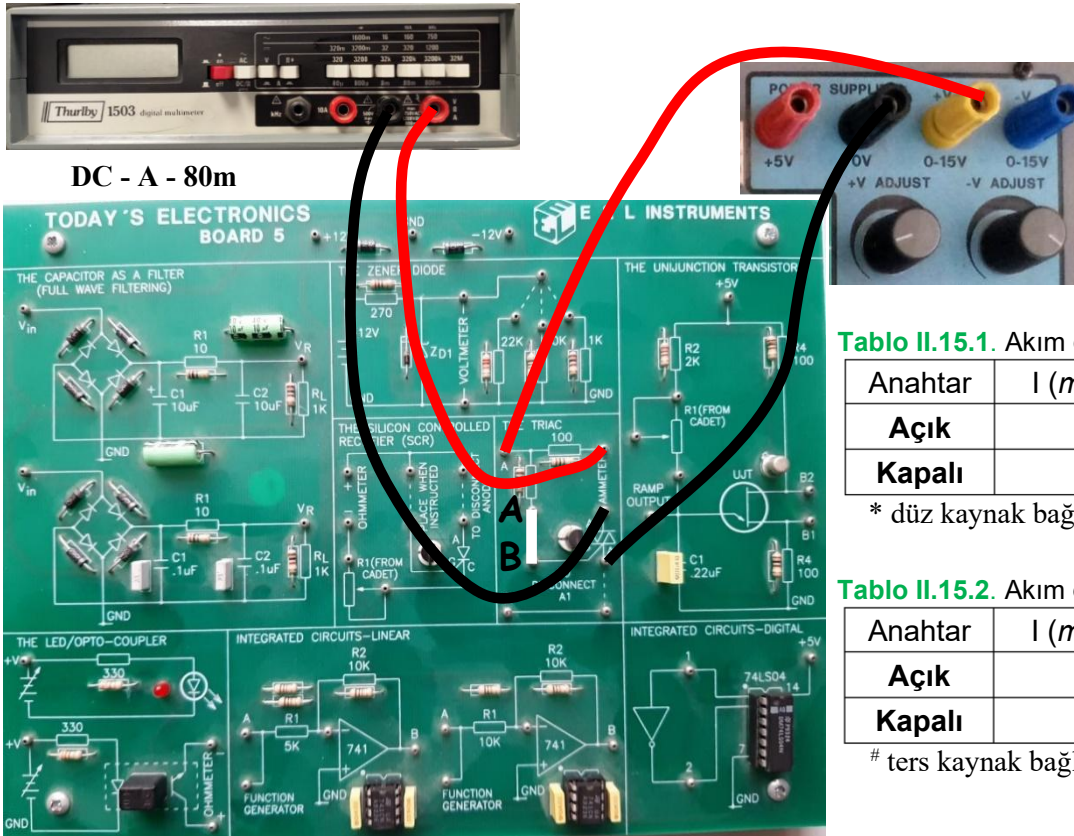
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.15.3**'te gösterilen ve Today's Electronics Board 5 üzerindeki Triak (The Triac) devresinin güç bağlantılarını ve multimetre bağlantılarını **Şekil II.15.4**'teki gibi yapınız. Bunun için ayarlanabilir güç kaynağından **DC 6V** ayarlayın. AB anahtarının durumuna göre ampermetreden geçen akım değerlerini **Tablo II.15.1**'e kaydedin.



Şekil II.15.3. Triak deney devresi

Cadet-II ile;



Tablo II.15.1. Akım değeri*

Anahtar	I (mA)
Açık	
Kapalı	

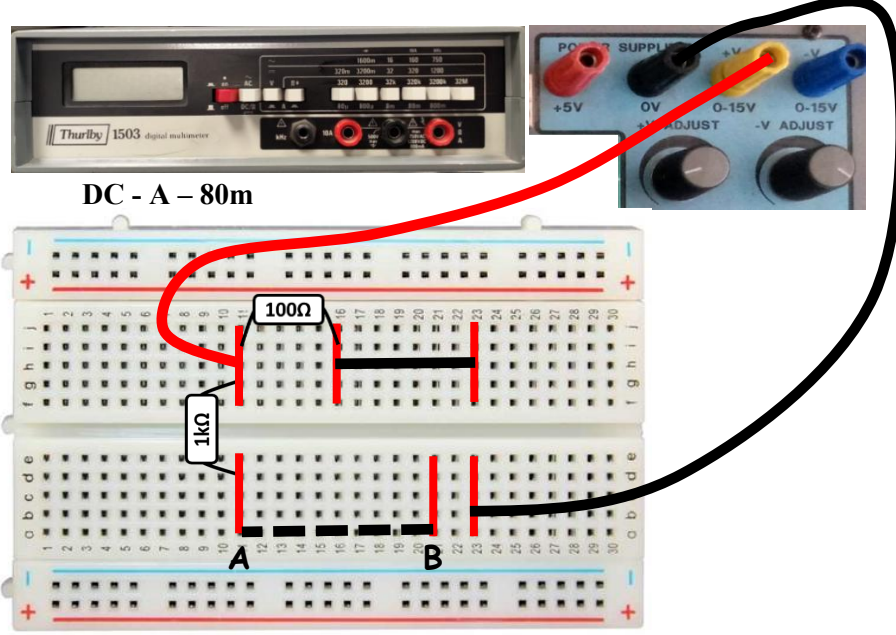
* düz kaynak bağlantı

Tablo II.15.2. Akım değeri#

Anahtar	I (mA)
Açık	
Kapalı	

ters kaynak bağlantı

Breadboard ile;



Şekil II.15.4. Güç ve multimetre bağlantıları

- ii. **Şekil II.15.4**'teki güç kaynağının polaritelerini değiştirerek aynı ölçümleri tekrar alıp değerlerini **Tablo II.15.2**'ye kaydedin.

DENEY 16: Işık Yayan Diyot / Optoçift

Amaç: - LED'i tanımak
- Opto-çifti tanımak

Teorik Bilgi:

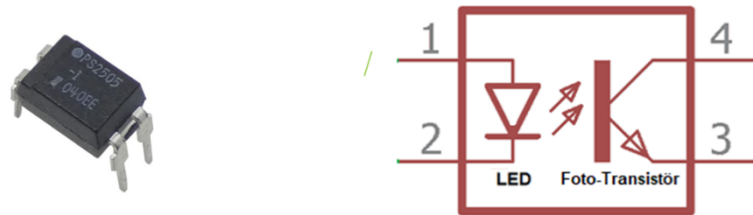
LED (Light Emitting Diode), ışık yayan diyot olarak bilinen yarıiletken bir malzemedir. Elektrik akımı LED'in içindeki yarıiletken malzemeden geçtiğinde elektronlar enerji seviyeleri arasında geçiş yapar ve bu sırada foton (ışık parçacığı) yayılır. Diyot, adından da anlaşılacağı üzere, tek yönde akım geçişinde izin verir. LED'in üzerindeki küçük bir voltaj değişimi büyük bir akım değişimine neden olur. **Şekil II.16.1**'de LED'in fotoğrafı ve devrede kullanılan sembolü verilmiştir.



Şekil II.16.1. LED'in fotoğrafı ve devre sembolü

LED'in kendisine bakıldığında, uzun bacağı anot, kısa bacağı ise katottur. LED'in sembolü ise normal diyottakinden farklı olarak üzerinde bir de ışınma yaptığını gösterir; düz ok/oklar bulunur. LED'lerin çalışma voltajları yaydıkları renge göre farklılık gösterir. Bu çalışma voltaj aralığı 1.7-4.5V arasında değişmektedir. LED zarar görmemesi için devreye bir direnç ile birlikte bağlanır. LED'ler görsel bilgi iletimi amacıyla elektronik endüstrisinin her alanında kullanılmaktadır. LED'ler dayanıklılığı ve uzun çalışma ömürleri nedeniyle sık tercih edilen bir elektronik devre elemanıdır.

Opto-Çift'ler ekseriya LED ile birlikte çalışan ışığa duyarlı transistör, SCR veya triak gibi devre elemanlarıdır. Aralarında herhangi bir somut fiziksel bağlantı olmaksızın elektrik sinyal iletimini gerçekleştiren devre elemanı yapısıdır. **Şekil II.16.2**'de LED ışığı ile tetiklenen foto



Şekil II.16.2. Opto-çiftin fotoğrafı ve sembolü

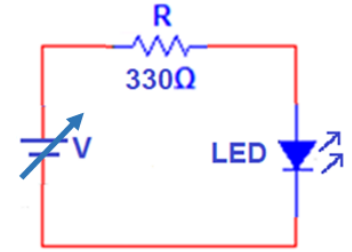
transistörlü bir opto-çiftin fotoğrafı ve sembolü görülmektedir. Bu opto-çift 4 bacaklı bir entegre olup içerisinde bulunan LED aktif olduğunda foto-transistörü uyararak 3 ve 4 numaralı bacakları ileri besleme durumuna geçirmektedir. Böylece elektrik sinyal iletimi 1-2 devresinden 3-4 devresine geçişi bağlantısız sağlanmaktadır.

Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Multimetre
- Cadet-II ile;
 - Cadet-II
 - Today's Electronics Board 5
- Breadboard ile;
 - Breadboard
 - Güç kaynağı
 - LED
 - Opto-çift (1 x PC817)
 - Direnç (2 x 330Ω)
- Bağlantı telleri

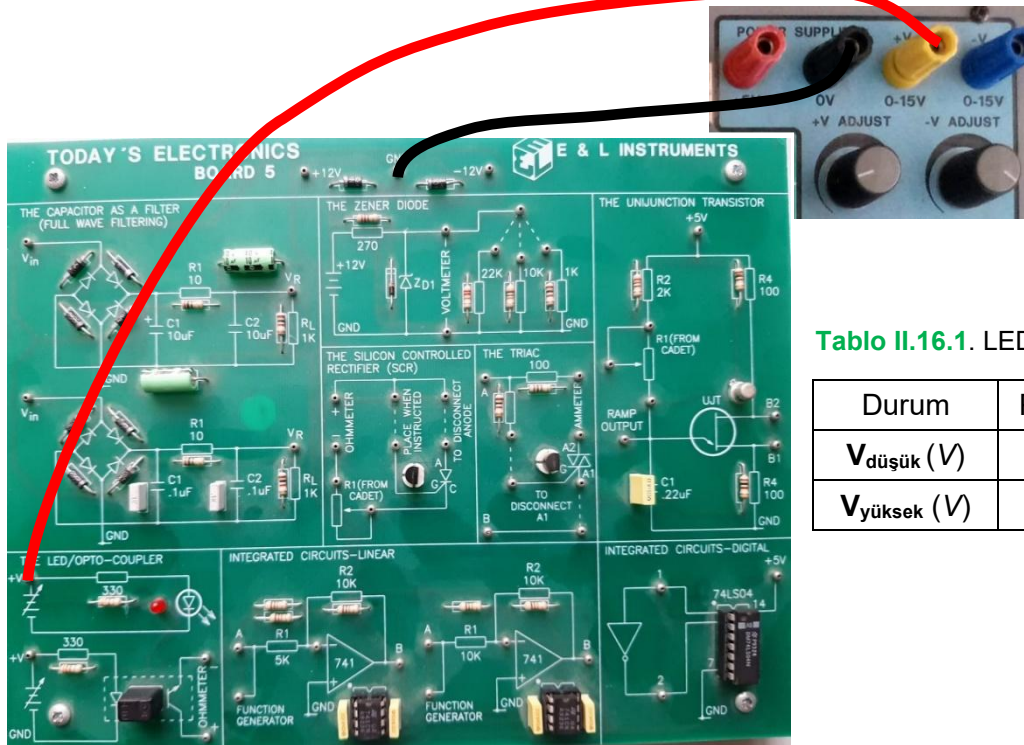
Deneyin Yapılışı ve Alınan Veriler:

- i. **Şekil II.16.3**'teki LED devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 5 üzerinde yer alan The LED/Opto Coupler (LED/Opto-çift) devresinin güç bağlantılarını **Şekil II.16.4**'teki gibi yapınız. Devreyi **değişken DC** voltaj ile besleyerek **düşük** voltaj (**5V**) ve **yüksek** voltaj (**10V**) durumlarındaki LED'in parlaklık durumunu **Tablo II.16.1**'e kaydedin.



Şekil II.16.3. LED devresi

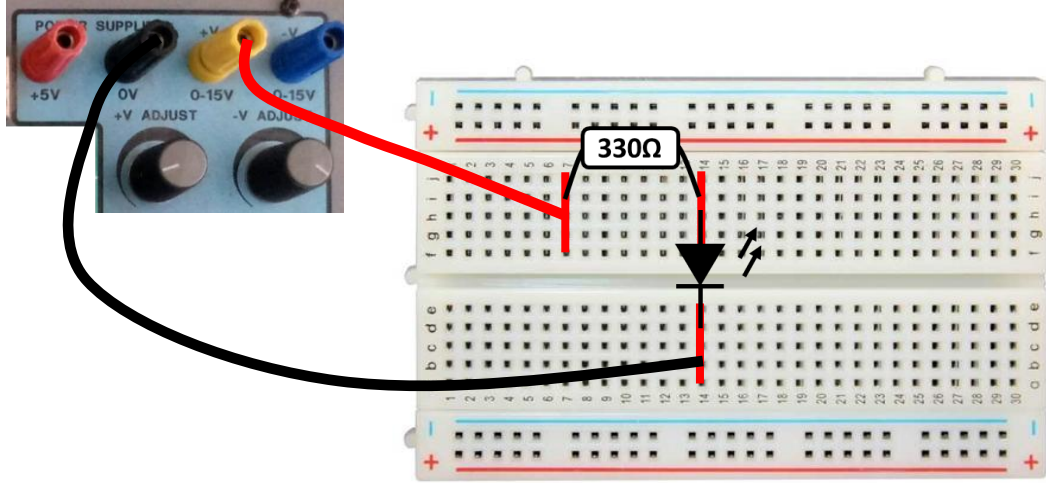
Cadet-II ile;



Tablo II.16.1. LED parlaklığı

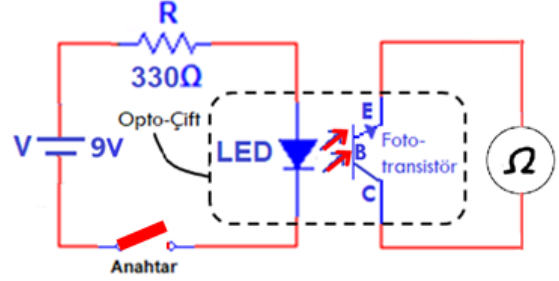
Durum	Parlaklık
$V_{\text{düşük}}$ (V)	
$V_{\text{yüksek}}$ (V)	

Breadboard ile:



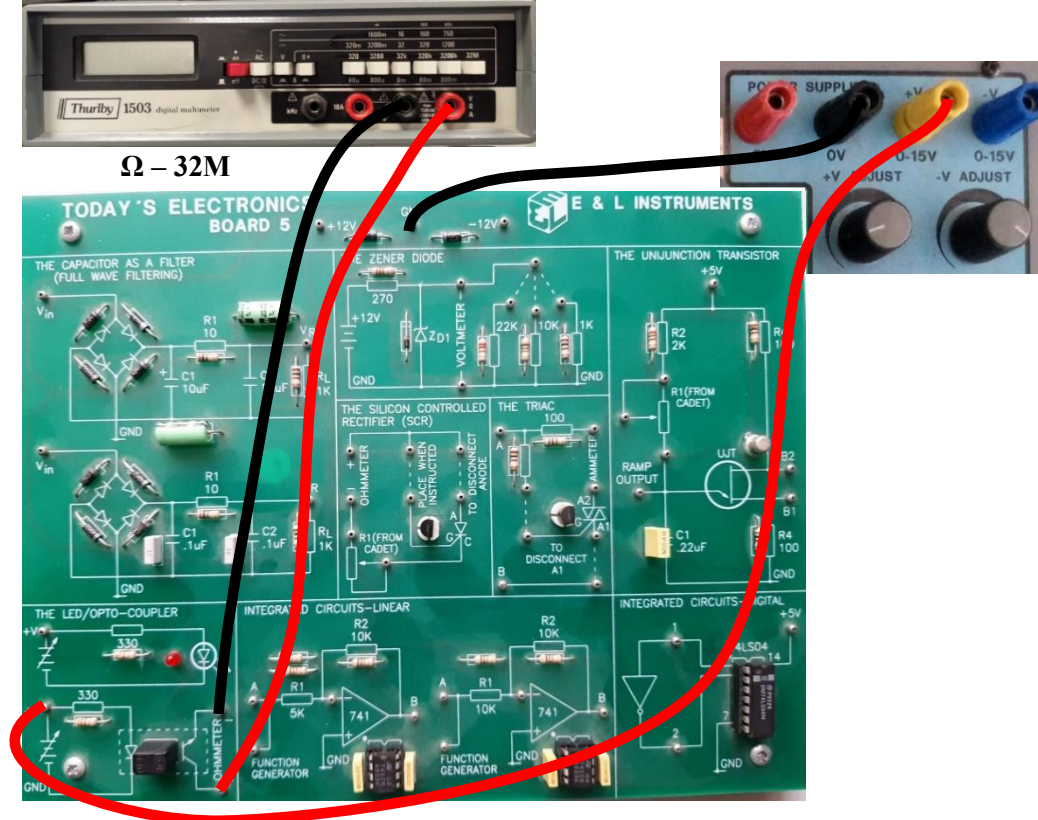
Şekil II.16.4. LED devresi güç bağlantıları

- ii. Şekil II.16.5'teki LED devresini Cadet-II'deki Today's Electronics Board 5 üzerinde yer alan The LED/Opto Coupler (LED/Opto-çift) devresinin güç bağlantılarını ve multimetreyi Şekil II.16.6'daki gibi yaparak devreyi **DC 9V** ile besleyin.

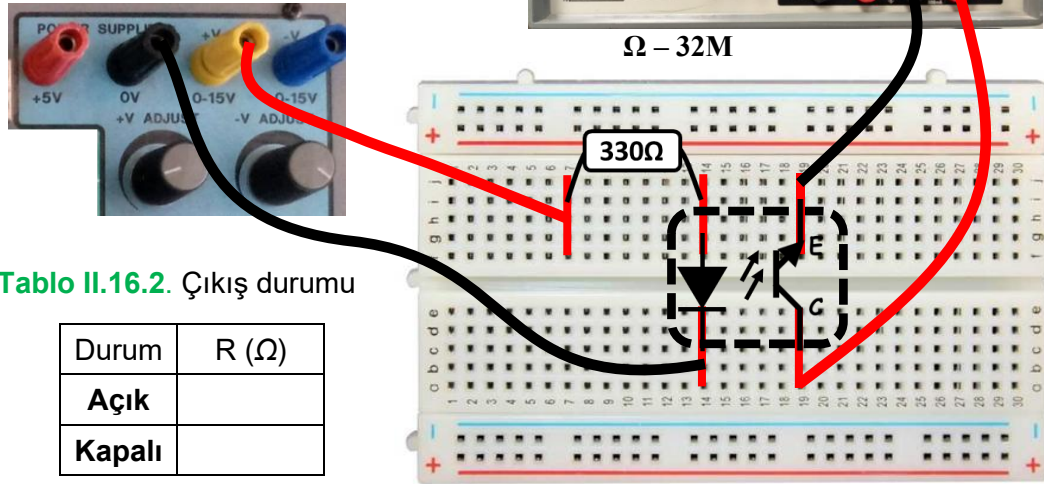


Şekil II.16.5. Opto-çift devresi

Cadet-II ile:



Breadboard ile:



Tablo II.16.2. Çıkış durumu

Durum	R (Ω)
Açık	
Kapalı	

- iii. Cadet-II'nin gücünü kesip açarak ohmmetrenin gösterdiği direnç değerini devrenin durumuna göre **Tablo II.16.2**'ye kaydedin.

KAYNAKLAR

Today's Electronics for C.A.D.E.T., E&T Instruments Ltd., Rochery Lane, Llay, Wrexham, Clwyd LL12 OPB, United Kingdom, 1993.

Elektrik Devre Analizi 1-2, Muammer Gökbulut, Seçkin Yayınları, Ankara, 2022, ISBN:9789750298783

Elektroniğe Giriş, Sönmez Akbay, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 1992, ISBN:3990000014854

Elektroniğe Giriş ve Sayısal Tasarım, Hakan Çıtak ve Yavuz Ege, Nobel Yayınevi, Ankara, 2019, ISBN:9786050330571

Uygulamalarla Temel Elektronik, Salih Özkan ve Hayriye Altural Özkan, Nobel Akademik Yayıncılık Yayınevi, 2021, ISBN:9786254392580