



BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
ELEKTRONİK DEVRELER LABORATUVARI  
DENEY FÖYÜ

2021 - 2022

## **İçerik**

Temel Bilgiler

**Deney 1: Devre simülasyon programlarına giriş, temel ölçüm ve cihaz tanıma**

**Deney 2: Diyot karakteristiğinin belirlenmesi**

**Deney 3: İşlemsel kuvvetlendiriciler**

**Deney 4: BJT'nin DC karakteristiğinin çıkarımı**

## *Temel Bilgiler*

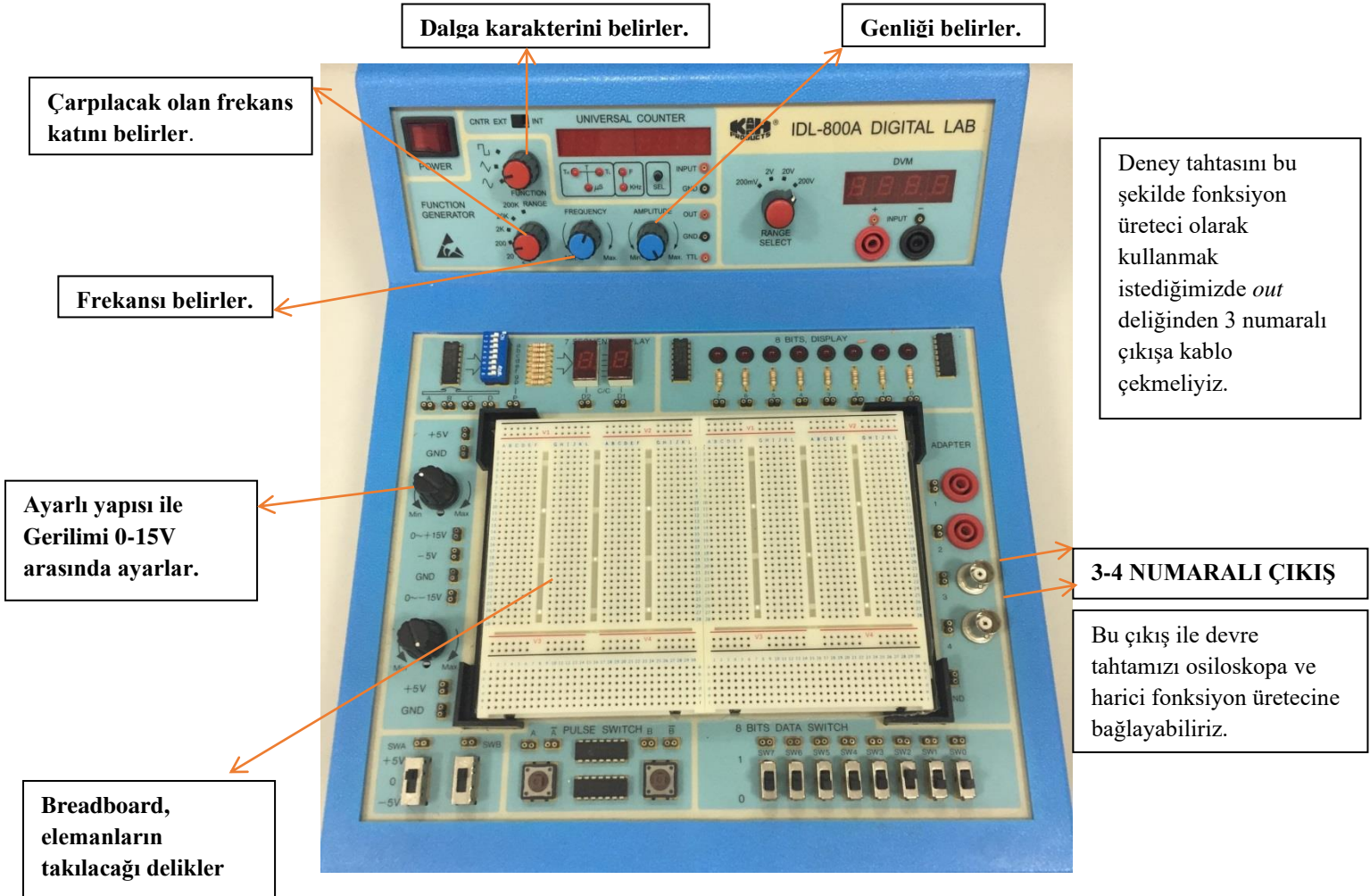
ÖNEMLİ:

LAB. KURALLARI OLARAK PAYLAŞILAN KURALLARA DİKKAT EDİLMESİ OLDUKÇA ÖNEMLİDİR. İŞ GÜVENLİĞİ ÇERÇEVESİNDE DİKKATLİ HAREKET ETMENİZ GEREKMEKTEDİR.

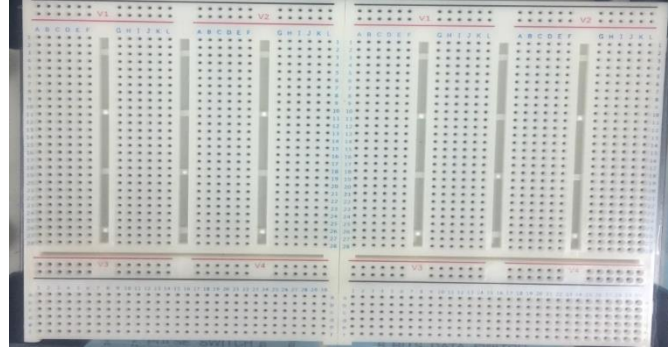
KABLOLAR, PRİZLER, DEVRE ELMANLARI GİBİ MALZEMELERE KONTROLLÜ VE DİKKATLİ ŞEKİLDE YAKLAŞMANIZ VE İLETKENLERLE DİREKT TEMAS KURMAMANIZ GEREKMEKTEDİR. AKSİ HALDE ELEKTRİK AKIMINA KAPILABİLİRSİNİZ.

# DENEY TAHTASI

Aşağıdaki deney tahtasında (CADET) deneylerde bizi ilgilendiren kısımların açıklamaları verilmektedir. POWER ile sol üst köşedeki açma-kapama tuşu kırmızı yanacak şekilde açılan CADET kullanıma hazırdır. Üst tarafta çeşitli matematik fonksiyonlarını gerçekleyen ve bize senkron dalga olarak veren fonksiyon üretici bulunmaktadır. Bizim zaten lab. envanterimizde kullanmak üzere harici fonksiyon üreticimiz de mevcuttur. Alt-orta kısımda delikli bir yapı görülmektedir. Breadboard adı verilen bu yapı elemanların tablo üzerine oturtulması; en önemlisi birbirine bağlanması için kullanılır. Kurulacak olan devreler ya DC ya da AC gerilim ile beslenecektir. DC gerilim (Vdc) 0-15 V aralığında CADET üzerinden elde edilebilir. Orta-sol kısımda yer alan ayarlı-potans ile min-max ayarını yapabilirsiniz. 0~+15V yazan deliklere sokulan kablo size ilgili ayarlanan gerilim değerini sunacaktır. Devrenizde besleme gerilimi olan sembole göre ilgili elemanın ucuna bağlayabilirsiniz. AC gerilim için

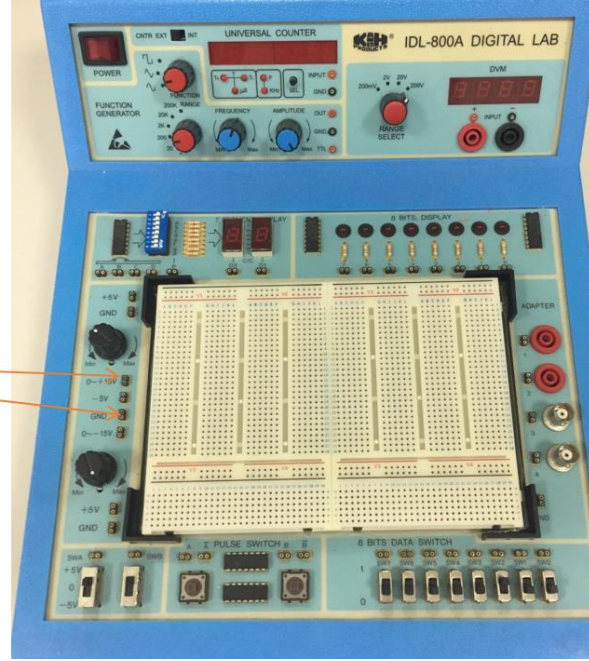


Devre tahtası üzerinde birbirine metal yollarla bağlanmış paralel hatlar bulundurur. Üst ve alt kısımlarda yatay olarak uzanan kırmızı ve siyah (veya mavi) hatlar gerilim bağlantıları için kullanılır. Kırmızı hatta +, siyah hatta ise toprak hattını bağlayıp daha sonra devremizin diğer bölümlerinde bu hatlar üzerinden gerilimlere ulaşabiliriz. Orta bölümde bulunan 5'li delik gruplarının her biri kendi içerisinde bağlantılıdır ve kısa devre durumundadır (yatay olarak). Dolayısıyla aynı sıradaki deliklere taktığımız elemanlar birbirine bağlanmış olur. Deliklerin her biri A,B,C,D,E,F,... harfleriyle belirtilmiştir. Ayrıca kenarlarda bulunan numaralar da delik gruplarını ifade etmektedir.

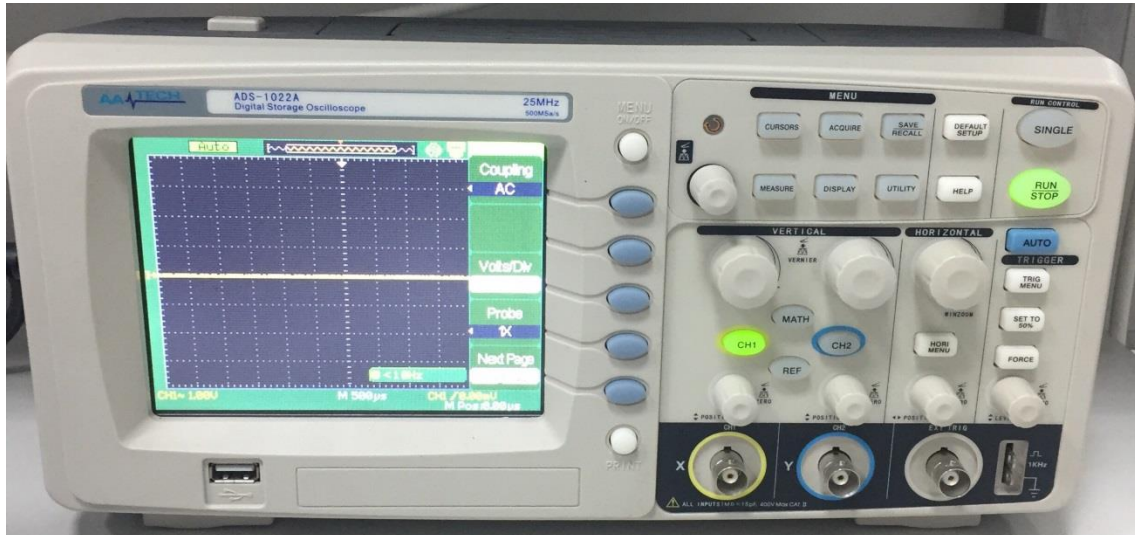


## Devreyi Beslemek için Ayarlanacak Gerilim Değerinin Tespiti

Devreyi beslemek için ayarlı gerilim kaynağından *multimetre* yardımı ile gerekli gerilim değerini okuyup sabitlemek gereklidir. Aşağıdaki düzeneği kurup multimetreden DC gerilim ayarını ( $\bar{V}$ ) ortadaki ayarlı-kademeli aparat ile ayarlayınız. Ardından ekranda istenen değer yakalanıncaya kadar deney tahtasındaki gerilim ayarı ile oynayınız.



## OSİLOSKOP

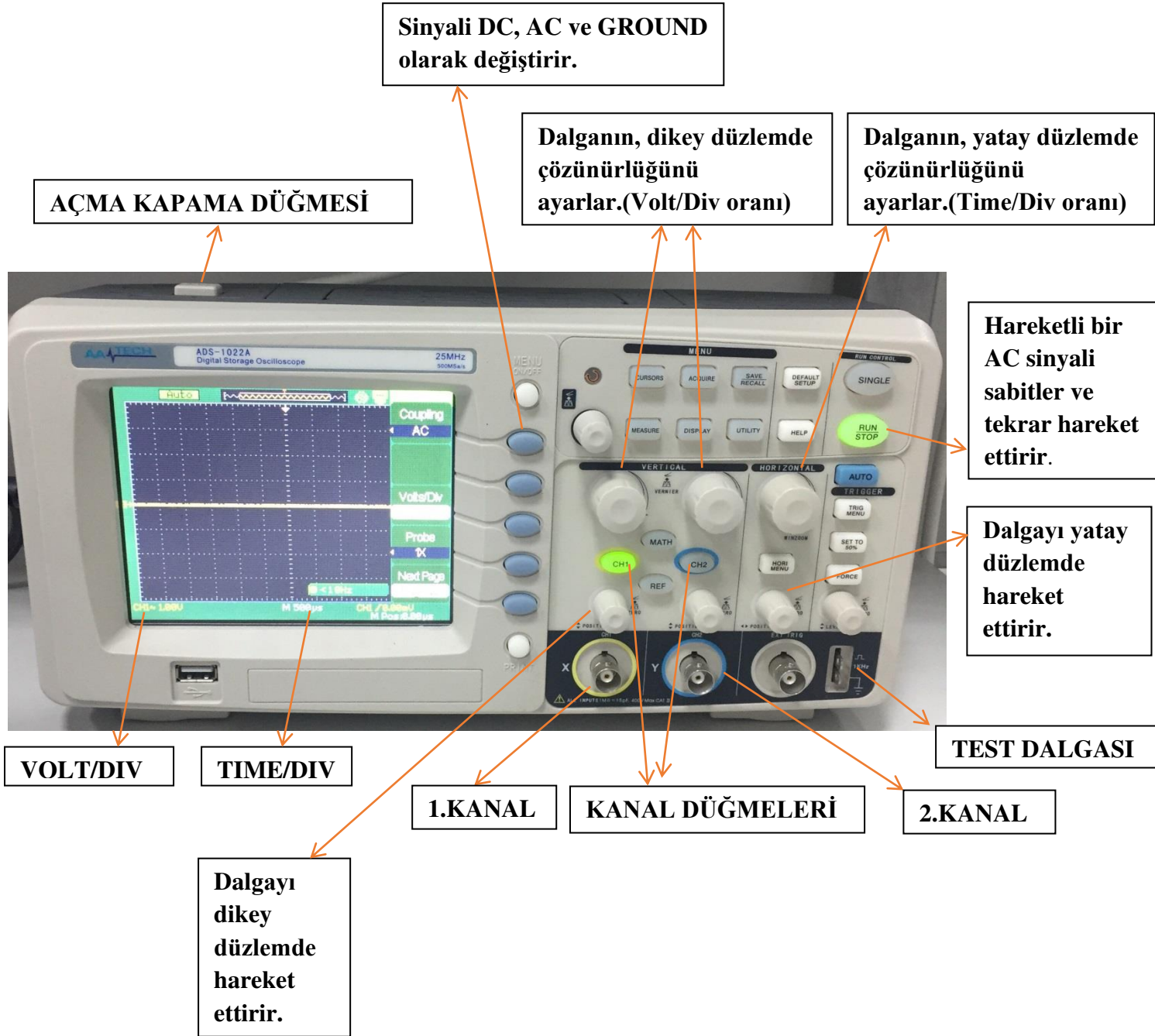


Osiloskop, çeşitli dalga sinyallerinin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan bir alettir. Osiloskop, dalga şeklini bize grafik halinde gösterir ve görünür bir dalganın frekansını, periyodunu ve genliğini ölçmemizi sağlar. Osiloskopun iki kanalı vardır ve bu kanallar ile ölçüm yapmak için sarı ve mavi olmak üzere iki adet *probe* kullanırız.



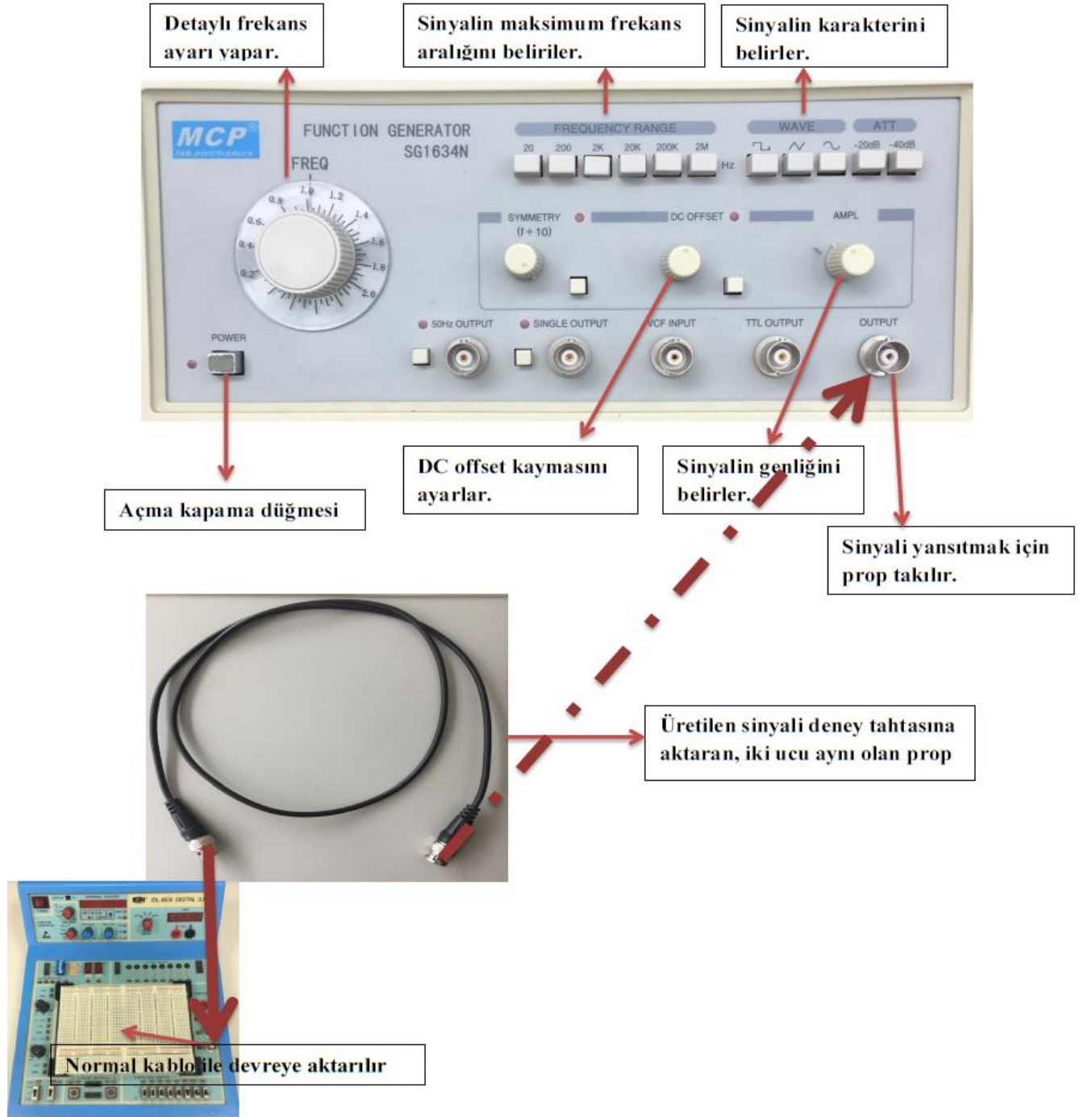
## KALİBRASYON

Osiloskobun sağ alt köşesinde bulunan test dalgasını kullanarak kalibrasyon işlemini gerçekleştirebiliriz. Bu işlem için birinci kanala sarı probu bağladıktan sonra probun kancalı ucu 1Khz ve 3V değerinde olan kare test dalgasına, maşalı ucu ise toprağa bağlanır ve ekranda oluşan kare dalga üzerinden gerekli düzenlemeler gerçekleştirilir. Kalibrasyon için bir diğer seçenek ise osiloskop üzerindeki AUTO düğmesine basmaktır. Ayrıca cihaz, kendini belirli aralıklarla otomatik olarak kalibre etmektedir.



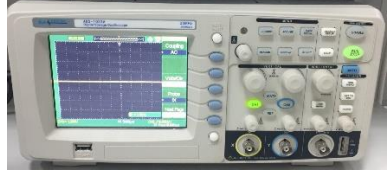


# FONKSİYON ÜRETECİ

Fonksiyon üretici, istenilen genlik ve frekansta; üçgen, kare ve sinüzoidal dalga oluşturmak için kullanılır. Ürettiğimiz AC sinyali iki ucu aynı olan probu kullanarak devreye verebiliriz. 3-4 nolu deney tahtası girişlerini kullanarak sinyali fonksiyon üreticinin output çıkışından alarak deney tahtasına; oradan da kablolarla devremize aktarabiliriz (aşağıdaki resme bakınız).





Devreyi DC gerilim ile beslemek için?	Değişken değerli direnç (potansiyometre) hangisi ve nasıl kullanılır?	Devreyi senkron bir AC sinyal ile beslemek için?	Devredeki sinyal değişimlerini gözlemek için?
<p>Deney tahtasında bulunan 0-15 V ayarlı kaynaktan faydalanınız.</p>	 <p>Herhangi iki bacağı seçip direncin bir ucu ve diğer ucu gibi düşünebilirsiniz. Multi metrenin Ohmmeter özelliği ile yapılan ayarın kaç Ohm'a karşılık geldiği gözlemlenebilir.</p>	 <p>Üzerinde “wave” dalga şekilleri bulunan (sinüsoidal, kare, üçgen) yukarıdaki cihaz kullanılacak. Frekans değeri, genlik ve dalga tipi ayarlanarak output yazan kısımdan üretilen sinyal alınacak; deney tahtasına (3-4 nolu girişler) ve oradan da devreye beslenecek.</p>	

# **Deney 1: Devre simülasyon programlarına giriş, temel ölçüm ve cihaz tanıma**

## **Deneye Ön Hazırlık**

Deneyleri laboratuvarında gerçekleştirmeden önce evde bir simülasyon programı aracılığıyla gerçekleşmesi oldukça önemlidir. Bu sayede hem deney hakkında ön bilgi sahibi olunur hem de simülasyon sonuçları ile deney sonuçları birbiriyle karşılaştırılabilir. Simülasyon programı olarak Proteus, Multisim, LTSpice (Linux tabanlı da çalışır) gibi programlar kullanılabilir.

Simülasyon programı yardımıyla ilgili devreleri kurduktan sonra her eleman için akım gerilim değerlerini önce elle, ardından benzetim programı ile çıkarınız. Bu elde edilen veriler lab.'da kuracağınız devreden elde edilen ölçüm değerleri ile kıyaslanacaktır.

Son olarak osiloskop, fonksiyon üretici, multimetre ve diğer eleman kullanımları için youtube ytü donanım sayfasında yer alan videolarını izleyiniz.

## Deney Malzemeleri

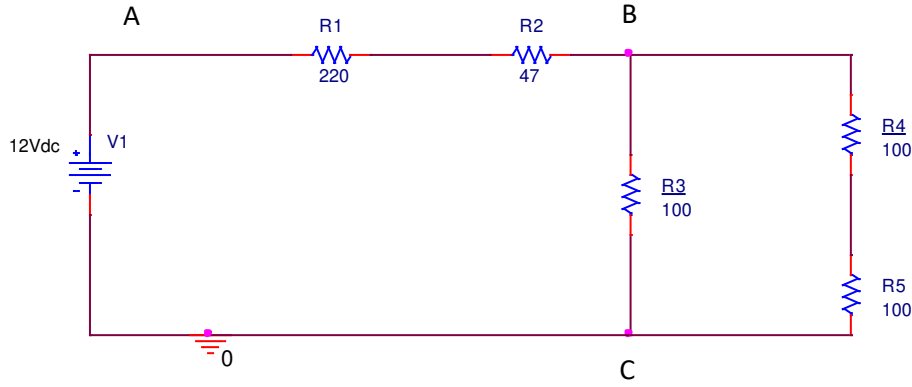
1 Adet 220 Ohm Direnç, 1 Adet 47 Ohm Direnç, 3 Adet 100 Ohm Direnç, 1 Adet 0.22  $\mu$ F kapasitor, 1 Adet 10 kOhm Direnç, 1 Adet 1 kOhm Direnç, 1 Adet 1  $\mu$ F kapasitor.

## Deneyler

### Deney 1.1. : Multimetre Kullanımı

Bu deney, daha önceden aldığınız Devre Teorisi dersini ve lab.ıyı hatırlamak amacı ile hazırlanmıştır. Elemanların, lab. envanterinin hatırlanması, bazı teorik ve uygulama tabanlı hesapların yapılması için aşağıdaki devreyi kurmanız istenmektedir. Hem elle, hem de devreyi kurarak bazı akım – gerilim değerlerini tespit edecek; ardından simülasyon sonucunuz ile karşılaştıracaksınız.

Deney tahtasına aşağıda Şekil 1.1.’de kurulu devreyi kurunuz.



Şekil 1.1. Akım – Gerilim ilişkisi incelenecek devre

- 1) A ve B noktaları arasındaki ve B ve C noktaları arasındaki gerilim farkını teorik olarak hesaplayınız, daha sonra multimetre ile ölçerek bulduğunuz sonuçları karşılaştırınız.
- 2) Tüm dirençlerin üzerinden geçen akım değerlerini teorik olarak hesaplayınız, daha sonra multimetre ile ölçerek bulduğunuz sonuçları karşılaştırınız.

## Sorular (Deney 1.1.)

1. Elde ettiğiniz hesap & lab.’da ölçüm & simülasyon (evde hesaplanan) sonuçlar birebir aynı mıdır? Eğer değilse yaklaşık olarak hassasiyet nedir? (virgülden sonra kaç basamak aynı / farklı)  
Sizce yüksek hassasiyet hangi fiziksel koşullara bağlıdır? Simulasyon programlarında kusursuz çevre ortamı nasıl yaratılmaktadır? Örneğin siz bu deneyi yaparken ortam sıcaklığı 20 °C olsun; simülasyon programında bu türlü parametreler dikkate alınmakta mıdır?

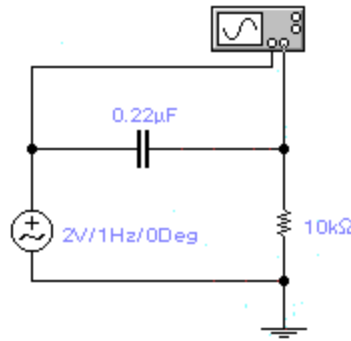
2. Yukarıda verilen devreyi, 12 V kaynak bağlı 2 dirençten oluşmuş “Gerilim Bölücü” devre haline getiriniz.

### Deney 1.2. : Osiloskop ve Fonksiyon Üreticisi Kullanımı

Bu deneyde osiloskop ve fonksiyon üreticine ilişkin hatırlatıcı bir uygulama yapılacaktır. Önceki sayfalarda yer alan osiloskop, multimetre tanıtımına tekrar bakınız. Ayrıca youtube’da yer alan “ytü donanım” sayfasından osiloskop – fonksiyon üretici videolarını izleyiniz.

Labda öncelikle;

1. Ayarlı DC gerilim kaynağının + ucunu osiloskop’un + ucuna kaynağın – ucunu da osiloskop’un – ucuna bağlayınız. Gerilimi yavaş yavaş arttırarak ekrandaki değişimi gözleyiniz.
2. Ardından lab.’da deney tahtasına aşağıda verilen devreyi kurunuz. Osiloskopun 2 kanalının kullanıldığına dikkat ediniz. Fonksiyon üreticiden aldığınız sinyal *Amplitude/Frequency/Phase Angle* olarak verilmiştir.



Şekil 1.2. Osiloskop – fonksiyon üretici uygulamasına ilişkin kurulacak devre.

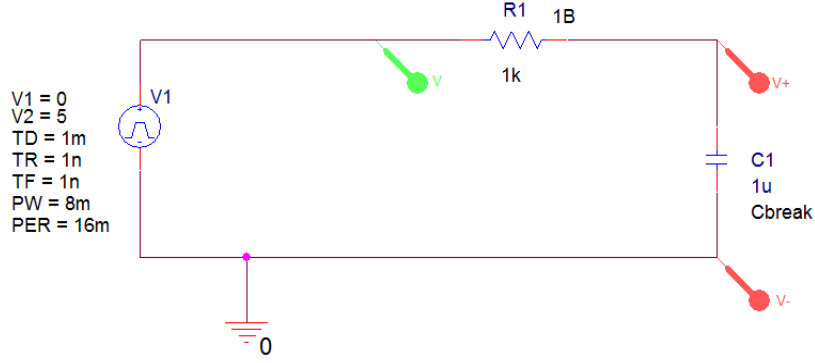
Fonksiyon üreticiden sırayla:

Frekans	100	1k	50k	100k	500k	Hz
V <sub>in</sub>	0.5	1	5	4	0.5	Volt
V <sub>out</sub>						

Sinüs işaretlerini üretip osiloskop’ta uygun zamanlama ve büyüklük ayarlarını yapınız. Elde ettiğiniz dalga şekli ekrana uyacak şekilde TIMING ve VOLTS/DIV düğmelerini ayarlayınız. Şekilleri sırayla çizip yanına her birim uzunluğun kaç volt ve saniyeye denk düştüğünü yazınız.

3. Fonksiyon üreticiden  $2\sin(6280t)$  işaretini üreterek bu işareti CH1 girişine uygulayınız. Fonksiyon üreticinin OFFSET düğmesini kullanarak osiloskop DC konumda iken  $3+2\sin(6280t)$  işaretini elde ediniz. Şekli çiziniz. Bu kez osiloskop’u AC konuma getirerek elde edilen şekli çiziniz.

### Deney 1.3. : Kare Dalga Sinyali



Şekil 1.3. Kare dalga deneyi için kurulacak RC filtresi.

Fonksiyon üreticini kullanarak 5V genlikli 16ms periyotlu kare dalgayı üretiniz. Yukarıdaki devreyi kurarak ürettiğiniz kare dalga ile devreyi besleyiniz. Osiloskobun 1. Kanalını kaynağa, 2. Kanalını kapasitörün ucuna bağlayarak oluşan görüntüyü inceleyiniz.

### Sorular (Deney 1.2. ve 1.3.)

1. Genlik – Frekans – Faz kavramlarını açıklayınız. Bir sinüs sinyali üzerinden bu kavramların neler olduğunu söyleyiniz.
2. Deney 1.2.'de verilen devrenin literatürdeki kullanım amacı nedir? (Hangi tarz filtre olduğu sorulmaktadır)
3. Deney 1.3.'de verilen devre alçak geçiren filtredir. Bu devrelerin frekans karakteristiği hakkında yorum yapınız.



## Deney 2: Diyot karakteristiğinin belirlenmesi

### Deneye Ön Hazırlık

Bu deneyde, diyot yarıiletken elemanına ilişkin teorik bilgilerinizi pekiştirmek amacı ile uygulama yapılacaktır. Lütfen farklı kaynaklardan ve ders notlarınızdan diyot elemanına ilişkin teorik bilgileri hatırlayarak geliniz. Herhangi bir simülasyon (benzetim) programı ile verilen tüm devreleri evde kendiniz bilgisayar ortamında deneyiniz.

Doyma akımı, termal gerilim gibi kavramları önceden araştırınız. Sıcaklık 290 Kelvin iken diyota ilişkin formülde yer alan termal gerilimi araştırınız.

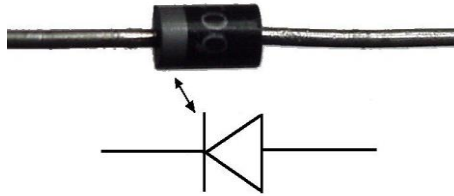
### Deney Malzemeleri

Aşağıdaki malzemeleri önceden tespit ederek geliniz. Örneğin renk kodları ile dirençleri önceden hazırlayınız. Kabloların uçlarını açınız. Tecrübeler göstermektedir ki deney sırasında malzemelerin hangisi olduğunu tespit etmek için zaman kaybeden gruplar geri kalıp deneylerini bitirememektedir.

220 $\Omega$  Direnç, 1 Adet 1N4001, Fonksiyon Üretici, Osiloskop, Kablo Bağlantıları ve Breadboard (Deney 2.1)

100 $\Omega$  Direnç, Potansiyometre (ayarlı direnç 10K olabilir), DMM(Digital Multimetre), 1 Adet 1N4001, Kablo Bağlantıları ve Breadboard. (Deney 2.2)

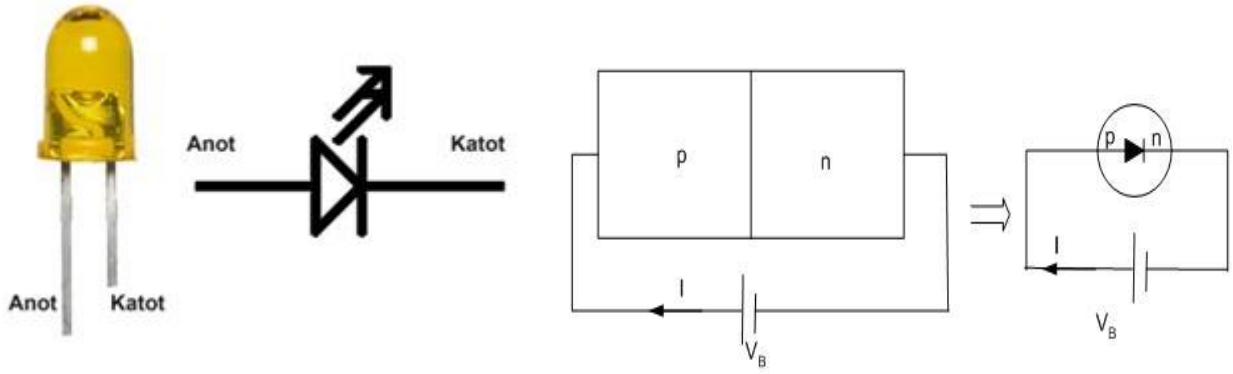
330 $\Omega$  ve 1k $\Omega$ , Direnç, 9.1V Zener Diyot, DMM(Digital Multimetre), kablo bağlantıları ve breadboard. ( Deney 2.3)



Diyot



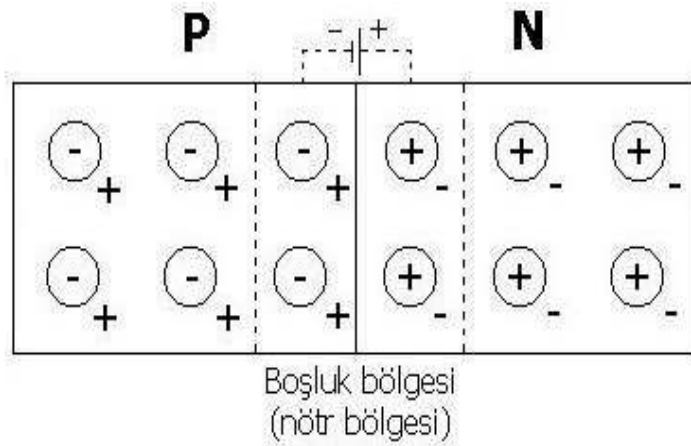
Zener Diyot



Bir diyot örneği olarak LED

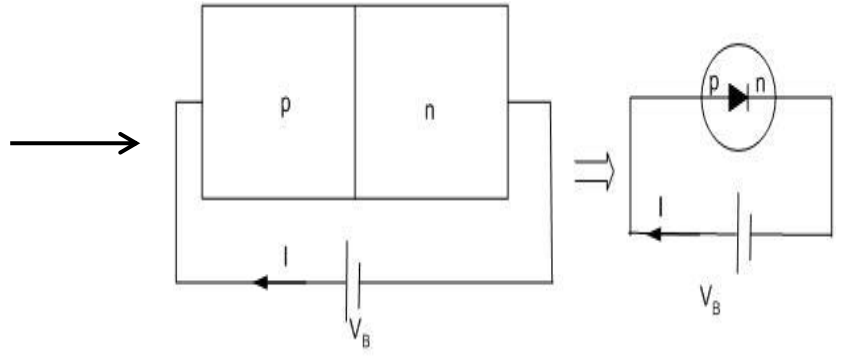
Diyot, p ve n tipi yarı iletken bölgelerin bir araya getirilmesi ile oluşturulan, elektrik akımını tek yönde ileten, anahtarlama özelliğine sahip yarı iletken bir elektronik devre elemanıdır.

Bir araya getirilen p ve n tipi bölgelerde, p tipi bölgede çok fazla sayıda delik, n tipi bölgede ise çok fazla sayıda elektron vardır. Birleşme bölgesine yani jonksiyona yakın bulunan elektronlar, delikleri doldurarak ortada nötr bir bölge oluşmasına neden olurlar. Bu bölgeye fakirleşmiş bölge denir. Bu olay sonucunda n tipi bölge, elektron vererek pozitif iyon haline geçerken; p tipi bölge negatif iyon haline geçer. Bu katkı atomlarının neden olduğu elektriksel alan, çoğunluk taşıyıcıların diğer tarafa geçişini önler.



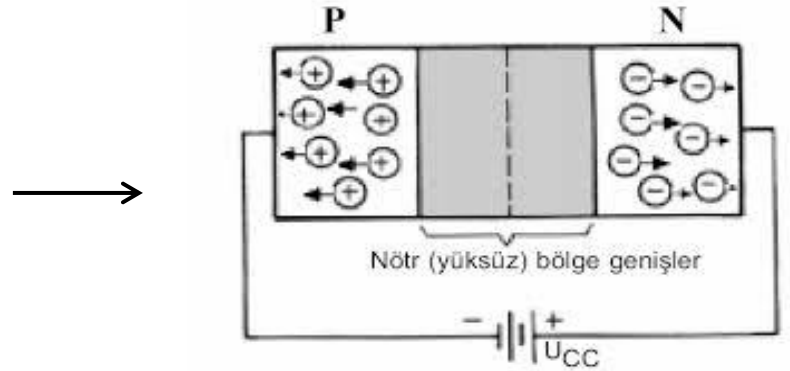
## DÜZ POLARMA

Güç kaynağının (+) ucunun p bölgesine, (-) ucunun n bölgesine bağlanmasıyla oluşur. Elektronlar n bölgesinden p bölgesine doğru geçer ve bu yöne ters olarak bir akım akar. Bu akıma ileri yönde akım denir ve  $I_f$  ile gösterilir. Diyotun akım iletmeye başladığı gerilim değeri  $V_D$  (Diyot Ön gerilimi)'dir. Bu değerden sonra  $I_f$  akımı artmaya devam ederken gerilim  $V_D$ 'ye sabitlenir.  $V_D$ 'nin değeri silisyum bir diyot için genellikle 0.7V'dur.



## TERS POLARMA

Güç kaynağının (+) ucunun n bölgesine, (-) ucunun p bölgesine bağlanmasıyla oluşur. N bölgesindeki elektronlar ve p bölgesindeki delikler elektrik alan nedeniyle çekileceği için fakirleşmiş bölge genişler ve elektrik akımı olmaz. Ancak azınlık taşıyıcılarının neden olduğu çok küçük bir sızıntı akımı akar. Bu akıma ters doyma akımı da denir ve  $I_s$  ile gösterilir. Ters polarmada diyot, belirli bir gerilimden sonra iletme geçer. Üzerinden akım akıtmaya başladığı bu gerilime kırılma gerilimi denir. Kırılma gerilimi aşıldıktan sonra diyot üzerinden akan akım artmaya başlarken gerilim sabit kalır.



Diyot Denklemi:  $I_d = I_s \cdot [e^{V_d/nV_t} - 1]$

$I_d$ =Diyot akımı

$I_s$ = Satürasyon akımı

$V_d$ =Diyota uygulanan gerilim

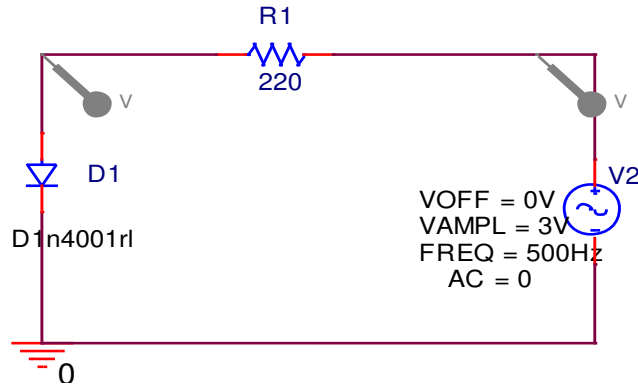
$V_t$ =Termal gerilim

## Deneyler

### Deney 2.1. : Kırpıcı Devre

Girişine uygulanan sinyalin bir bölümünü kıran devrelere kırpıcı devre denir. Diyotun yönüne bağlı olarak giriş sinyalinin pozitif veya negatif alternansı kırpılır. Kırpıcı devreler seri veya paralel olarak tasarlanabilir. Seri kırpıcılarda diyot ve yük seri bağlanırken, paralel kırpıcılarda paralel bağlanır. Bu deneyde diyot ile devre analizi amaçlanmaktadır.

Deney tahtasına aşağıda Şekil 2.1.'deki devreyi kurunuz.



Şekil 2.1. Kırpıcı devre.

Fonksiyon üreticiden 3V genliğinde ve 500Hz frekansta sinüs dalgası üreterek breadboard'a aktarınız. Osiloskobun 1. kanalına diyotun ucunu, diğer kanalına ise referans olması açısından sinüs kaynağın + ucunu bağlayınız. Osiloskop problemlerine ait krokodil uçları toprağa kısıtınız. Ekranda oluşan görüntüyü inceleyiniz. Bu devrede diyota ait görevin ne olduğunu izah ediniz.

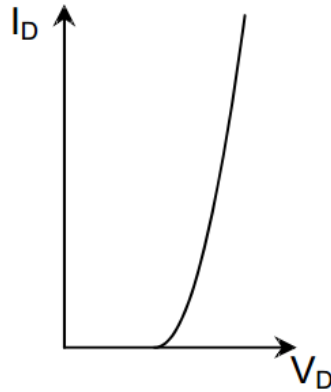
2. adımda aynı devrede diyotu ters çevirerek düşük gerilimlerde akan akım miktarını gözlemleyiniz. Diyota ilişkin herhangi bir akım-gerilim çifti değeri üzerinden diyot denklemini kullanarak  $I_s$  doyma akımı değerini bulunuz. Burada  $n$  sabitini 0.5 alarak herhangi bir diyot gerilim değerindeki diyot akımına bağlı  $I_s$  doyma akımını bulabilirsiniz. Sıcaklığın 290 Kelvin olduğu durumdaki Termal Gerilim değerini kullanınız.

$$I_d = I_s \cdot [e^{V_d/nV_t} - 1]$$

## Deney 2.2. : Diyot Karakteristiği

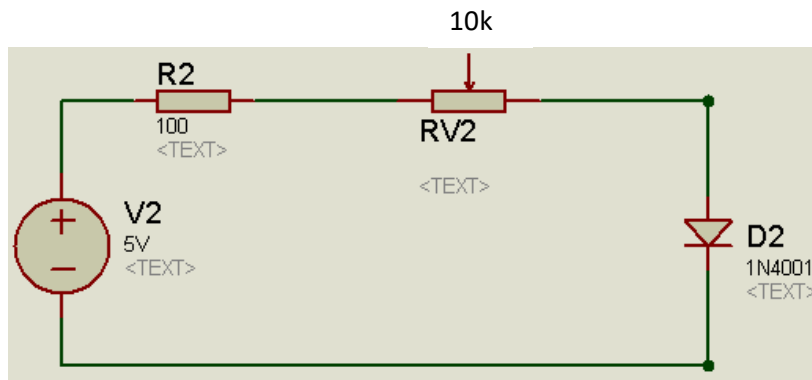
Bu deneyde bir Silisyum diyotun ileri yönde kutuplama karakteristiğini incelemeniz istenmektedir. İleri yönde kutuplanan bir diyotun karakteristiği üstel bir değişim göstermekle birlikte küçük veya büyük akımlara doğru gidildiğinde bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Aşağıda size silisyum diyota ilişkim I-V karakteristiği verilmektedir. Görüldüğü gibi belirli bir gerilim değerine kadar akım iletimi olmazken, bir değerin ardından akım artmaktadır. Diyotun ilettime geçtiği bu eşik değerin tıpkı bir anahtarın ilettime geçişi gibi düşünebiliriz.



İleri yönde kutuplama için diyot akım-gerilim karakteristiği

Diyotun Akım-Gerilim karakteristiğine ilişkin olarak aşağıdaki devreyi kurunuz. 5V değerinde DC kaynak deney tahtasından ayarlanarak alınacak, 100 Ohm R2 direnci ve buna seri olan 10K *range*'e sahip potansiyometre (pot, ayarlı direnç) tümüyle kaynağa seri bağlanarak bunlara 1N4001 diyotu bağlanacaktır. Devrenizi topraklamayı unutmayınız.



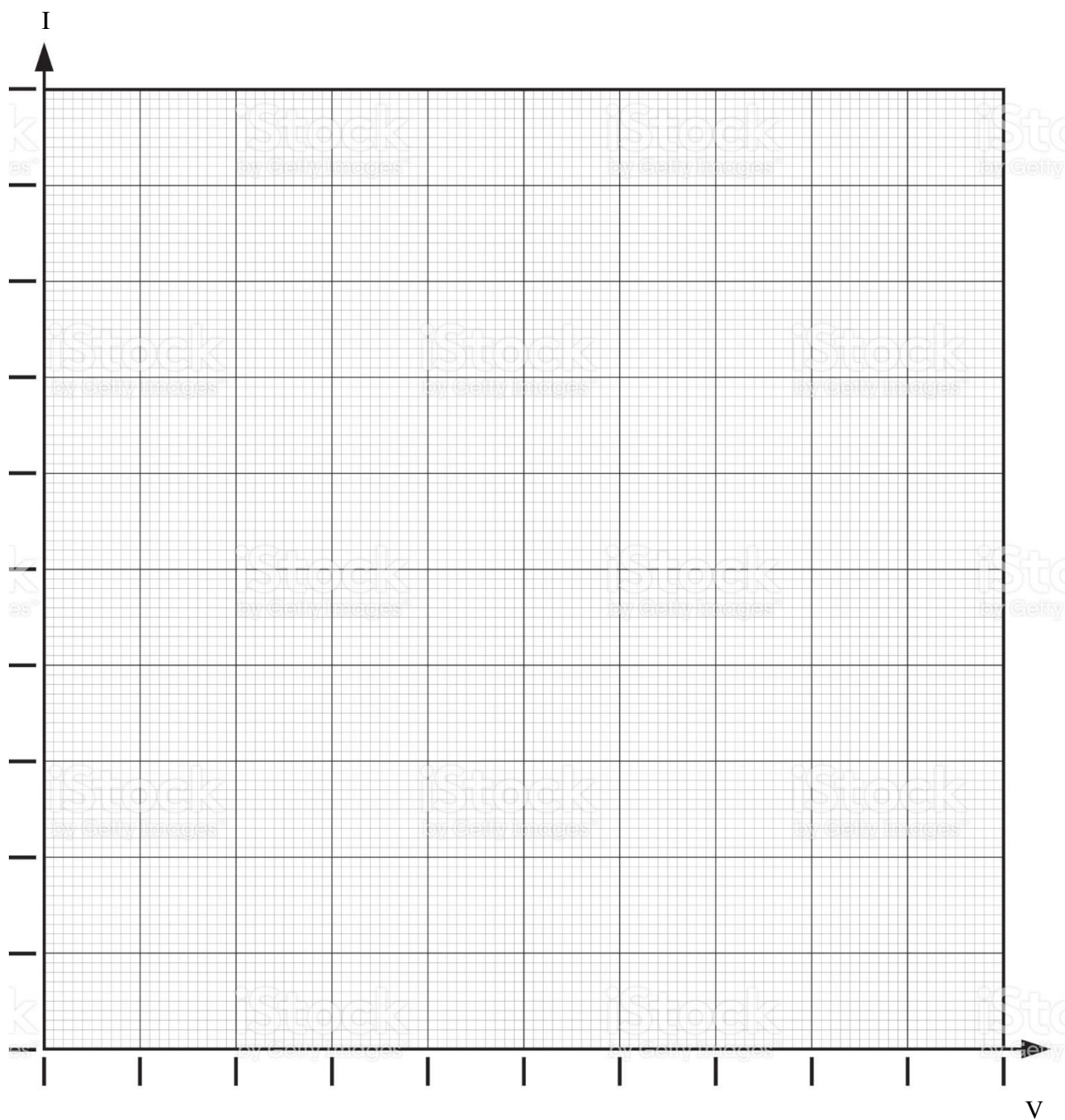
şekil 2.2. İleri yönde kutuplama için diyot devresi.



Devreyi kurduktan sonra aşağıdaki tabloyu doldurunuz. Bunun için ayarladığınız farklı potansiyometre değeri için diyotun farklı akım-gerilim çifti değeri elde ediniz. Bunun için küçük bir ayarlı direnç değeri den başlayarak bu değeri artırarak devam edebilirsiniz.

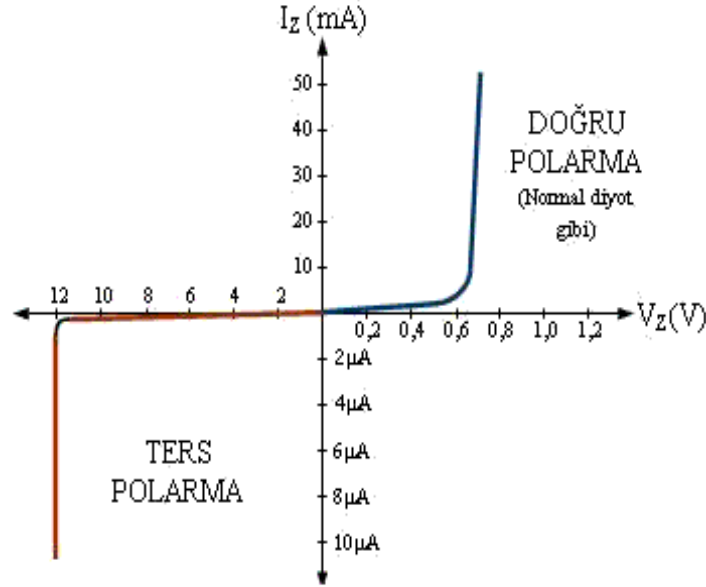
Potansiyometre direnç değeri (Ohm)	Diyotun üzerindeki gerilim (V)	Diyottan geçen akım (mA)

Elde ettiğiniz değeri diğeri sayfadaki grafik kağıdına çizin.



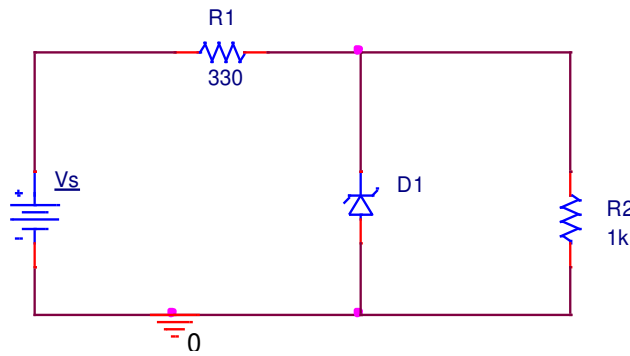
### Deney 2.3. : Zener Diyot

Zener diyot devrede gerilimi sabitlemek için kullanılan bir elemandır. Zener diyot ters kutuplamada da çalışır ve devreye ters bağlanabilir. Ters kutuplama için belirli bir gerilim değerine kadar yalıtkan kalır. Uygulanan gerilim  $V_Z$  değerine ulaştığında zener diyot iletken hale gelir ve ters yönde akım ( $I_Z$ ) akıtır, gerilimi ( $V_Z$ ) ise sabitler. İleri (Doğru) polarma – kutuplama durumunda ise tıpkı diyot gibi davranır.



Zener diyota ilişkin sayısal bir grafik örneği (I-V ilişkisi)

Bu deneyde Zener diyotun karakteristiğini incelemeniz istenmektedir. Örnek bir uygulama amacı ile zener diyot bir yük direncine paralel bağlı olarak  $V_s$  gerilim kaynağına seri bağlı direnç üzerinden beslenmektedir. Öncelikle Şekil 2.3.'ü deney tahtası üzerine kurunuz.



Şekil 2.3. Zener diyot devresi.

- 1) Devreyi tabloda belirtilen gerilimlerle besleyerek bu değerlerde yük gerilimini; kaynak, yük ve Zener akımlarını hesaplayarak tabloyu doldurunuz.
- 2)  $V_s$ - $V_{load}$  ve  $V_s$ - $I_{load}$  grafiklerini çizerek yorumlayınız.

$V_s(V)$	$V_{load}(V)$	$I_z(mA)$	$I_{load}(mA)$	$I_s(mA)$
3				
5				
6				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
15.7				

#### Sorular (Deney 2.1., 2.2. ve 2.3.)

1. Deney 2.1.'de tespit edilen diyot görevlerini izah ediniz. Bu devrede diyot nasıl davranmaktadır? Aynı devrede diyot ters yönlü takılsa idi, çıkışta beklenen grafik nasıl olacaktı?
2. Deney 2.1. sırasında bulunan  $I_s$  doyma akımını nedir? Mertebe olarak bulduğunuz büyüklük çok küçük/büyük olması açısından yorumlayınız?
3. Deney 2.1.'de elde kullanılan diyot denklemindeki  $V_t$  termal gerilim değerini ne olarak aldınız?
4. Deney 2.2.'de elde ettiğiniz grafiği yorumlayınız. İleri yönde kutuplanmış diyotta akımın bir miktar (yaklaşık) sabit kaldığını ardından üstel olarak arttığını gözlemledikten sonra bir anda akım artışı olan gerilim değerini tespit ediniz. Bu ne değeridir? Akımın çok çok az aktığı değer ve doyma akımı arasında nasıl bir ilişki vardır?
5. Deney 2.3.'de kurduğunuz zener devresi hakkında literatürde “regülatör devresi” ismi mevcuttur. Sizce bu devrelere neden bu isim -düzenleyici devre ismi- konulmuştur? Grafik ile izah ediniz.

# Deney 3: İşlemsel Kuvvetlendiriciler

## Deneyin Amacı

Bu deneyde işlemsel kuvvetlendiricinin özelliklerini inceleyerek pratik opamp devreleri tasarlatmak, uygulanan giriş sinyalinin eviren ve evirmeyen yükseltgeçlerde hangi karakteristikleri göstererek kuvvetlendirildiğini öğretmek ve opampla yapılan karşılaştırıcı devresinin yapısını ve çalışmasını anlatmak amaçlanmıştır.

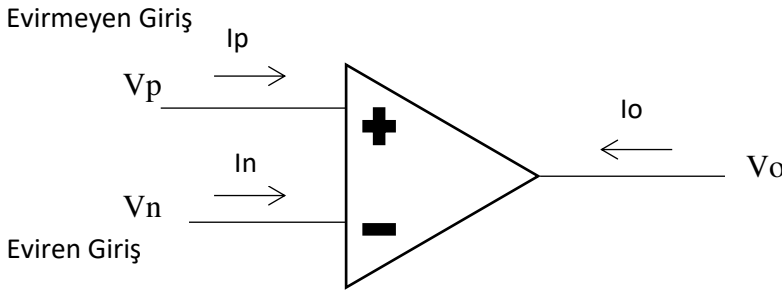
## Deneye Ön Hazırlık

Herhangi bir simülasyon (benzetim) programı ile verilen tüm devreleri evde kendiniz bilgisayar ortamında deneyiniz. Farklı kaynaklardan ve ders notlarınızdan işlemsel kuvvetlendiricilere ilişkin teorik bilgileri hatırlayarak geliniz. Eviren, evirmeyen, kıyaslayıcı op-amp kazanç formüllerinin nasıl elde edildiğine bakınız. Op-amp transfer karakteristiği – doyma grafiği nasıldır öncesinde araştırınız.

## Deney Malzemeleri

2 adet 20k $\Omega$ , 1 adet 100k $\Omega$  ve 1 adet 390 $\Omega$  direnç, 100k  $\Omega$  potansiyometre, OP-AMP (UA 741 LC), fonksiyon üretici, osiloskop, DMM (Digital Multimetre), deney tahtası(breadboard), piezo buzzer, LED, bağlama kabloları.

## OPAMP



İdealde;

$$I_p=0$$

$$I_n=0$$

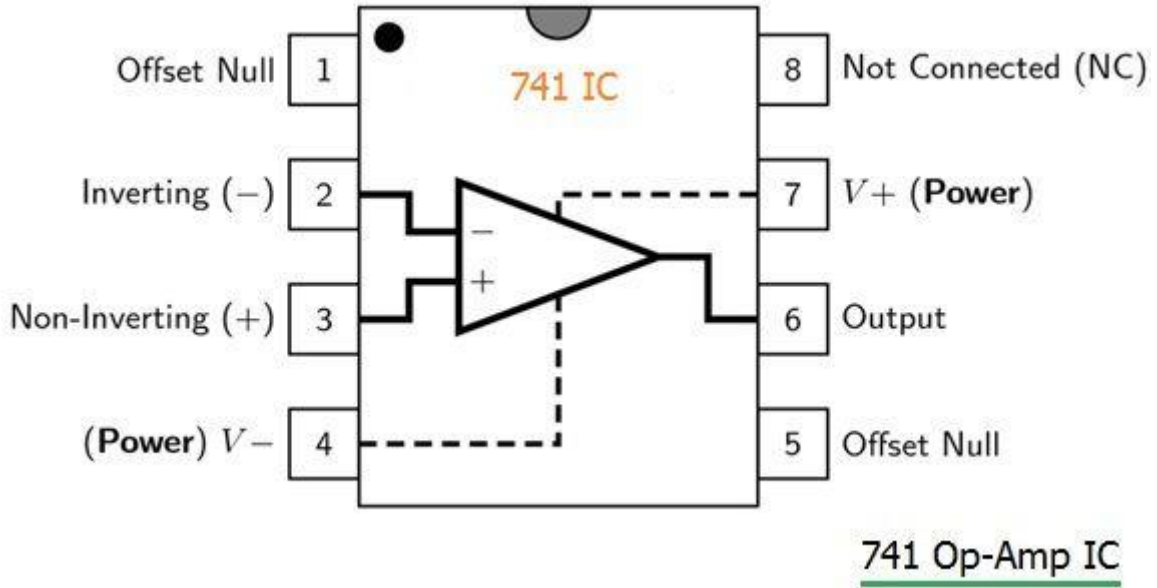
$$V_p-V_n=0$$

**Kuvvet Kazancı**

$$K_v=V_o/V_p-V_n$$

\* İdeal opampta kuvvet kazancı sonsuzdur.



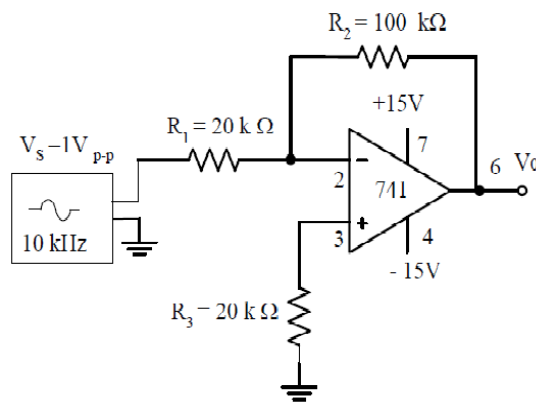


## Deneyler

### Deney 3.1. ; Eviren Yükseltgeç

Deney tahtasına Şekil 3.1.’deki devreyi kurunuz.

Fonksiyon üreticiden tepeden tepeye 1V genlikli ve 10kHz frekanslı sinüs sinyali üretiniz. Ürettiğiniz sinyali osiloskop yardımıyla inceleyiniz. Daha sonra sinyali deney tahtasına aktarıp gerekli bağlantıları kurunuz. Osiloskobun 1. Kanalını işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışına (6 nolu pin), 2. kanalını ürettiğiniz sinyale bağlayarak oluşan görüntüyü inceleyiniz. Kazancın -5 olmasını teorik olarak kanıtlayınız.

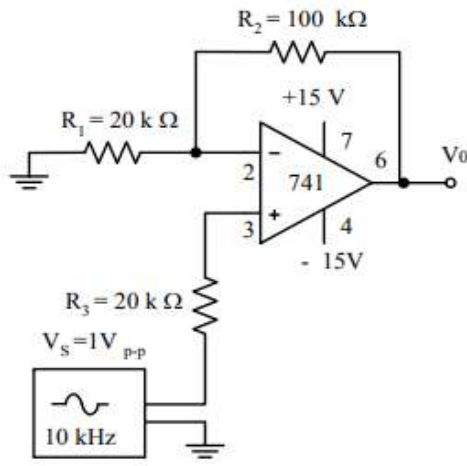


Şekil 3.1

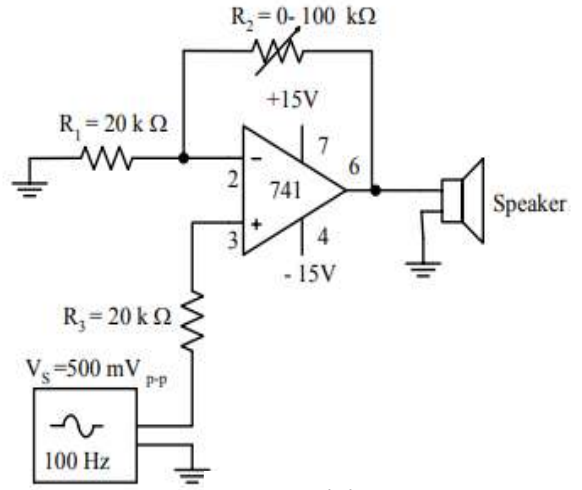
### Deney 3.2. : Evirmeyen Yükseltgeç

Deney tahtasına Şekil 3.2(a).’daki devreyi kurunuz.

Deney 3.1’deki işlemleri tekrarlayınız. Sinyale ilişkin kazancı hesaplayınız.



Şekil 3.2(a)



Şekil 3.2(b)

Fonksiyon üreticiden ürettiğimiz sinyalin genlik değerini tepeden tepeye 500 mV , frekansını ise 100Hz olarak değiştiriniz. 100k  $\Omega$  direncini çıkarıp yerine aynı değerde potansiyometre takınız. İşlemsel kuvvetlendiricinin çıkışına (6) piezo buzzer ekleyerek şekil 3.2(b)'deki devreyi kurunuz.

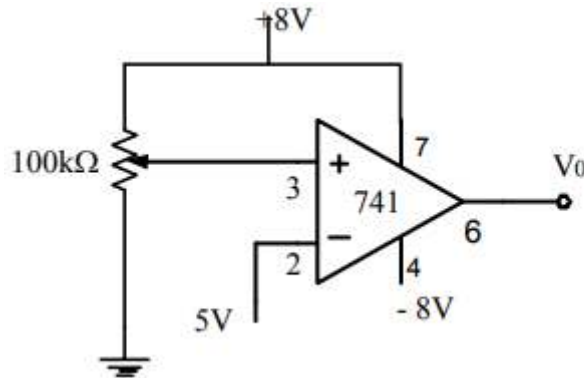
Potansiyometreyi kullanarak kuvvetlendirme miktarını arttırıp azaltınız.

Frekans aralığını değiştiriniz. Sesi duyabildiğiniz minimum ve maksimum frekans değerlerini raporunuza işleyiniz. Frekans değişimi ve potansiyometre ayarı sırasında sesin değişimine dikkat ediniz. Ses ile fiziksel olarak sinyalin kuvvetlenmesi/zayıflamasına yönelik bir örnek görmüş olacaksınız.

### Deney 3.3. : Kıyaslayıcı Opamp

Deney tahtasına Şekil 3.3(a).’daki devreyi kurunuz.

Not: Bu devrede potansiyometrenin 3 girişi de devreye entegre edilecektir.



Şekil 3.3(a)

İşlemsel kuvvetlendiricinin v+ giriş değeri (3. pin) 5.5V olacak şekilde potansiyometreyi ayarlayınız, bu değeri ve Vo (6. pin) değerini kaydediniz.

v+ giriş değeri (3. pin) 4.5V olacak şekilde potansiyometreyi ayarlayınız, bu değeri ve Vo (6.pin) değerini kaydediniz.

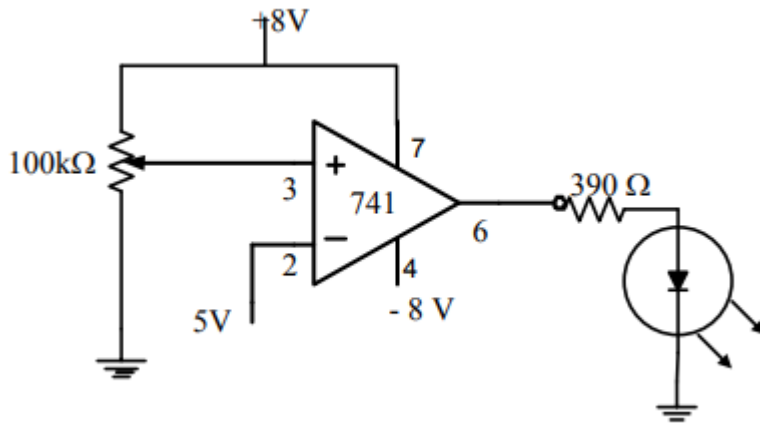
Bulduğunuz farklı  $V_o$  değerleri, 8V ile beslenen opamp için minimum ve maksimum satürasyon değerleridir.

Opampın çıkış pinine (6. Pin) 390  $\Omega$  direnç ve LED ekleyiniz.[ Şekil 3.3(b)]

Potansiyometreyi ayarlayarak LED'in ışıkm vermeye başladığı (doymaya girdiği) direnç,  $v^+$  (3. Pin ;  $V_{pin3}$ ) ve  $V_o$  değerlerini kaydediniz.

Potansiyometreyi ayarlayarak LED'in ışıkm vermemeye başladığı direnç,  $v^{++}$  (3. Pin;  $V_{pin3}$ ) ve  $V_o$  değerlerini kaydediniz.

LED'in ışıkm vermeye başladığı giriş voltaj değerleri farkını ( $V_{pin3} - V_{pin2}$ ) ile ışıkm vermemeye başladığı giriş voltaj değerleri farkını ( $V_{pin3} - V_{pin2}$ ) hesaplayınız.



### Sorular (Deney 3.1., 3.2. ve 3.3.)

1. Deney 3.1.'e kıyasla Deney 3.2'de elde edilen kazanç nasıl değişmiştir? Buradan yola çıkarak Eviren ve Evirmeyen İşlemsel Kuvvetlendiricilerin kazancı hakkında sözlü olarak ve formül yardımı ile ne söylenebilir?
2. Deney 3.3.'de elde edilen verilere göre op-amp transfer karakteristiğini ( $V_o$  versus [ $V_{pin3} - V_{pin2}$ ]) grafiğini elde ederek, op-amp'ın doyuma ulaşmasını yorumlayınız.

## Deney 4: BJT'nin DC Karakteristiğinin Çıkarılması

### Deneyin Amacı

Bu deneyde bipolar jonksiyonlu transistorun (BJT) ileri yönde ve doyma çalışma bölgelerinde karakteristiğinin nasıl olduğunu teorik ve pratik olarak öğretmek amaçlanmıştır.

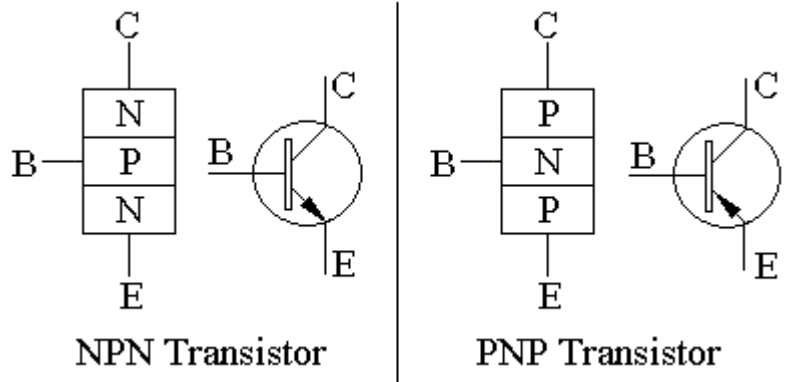
### Deneye Ön Hazırlık

BJT'nin çalışma bölgelerine hakim olunması, VCE-IC grafiğinin çizilmesi, ileri yönde çalışma bölgesi için IB-IC ve VBE-IC grafiklerinin çizilmesi istenmektedir.

### Deney Malzemeleri

1 adet 10kΩ direnç, 1kΩ ve 1MΩ potansiyometre, 1 Adet BC238 NPN transistor, DMM (Digital Multimetre), deney tahtası(breadboard) ve bağlama kabloları.

## BJT



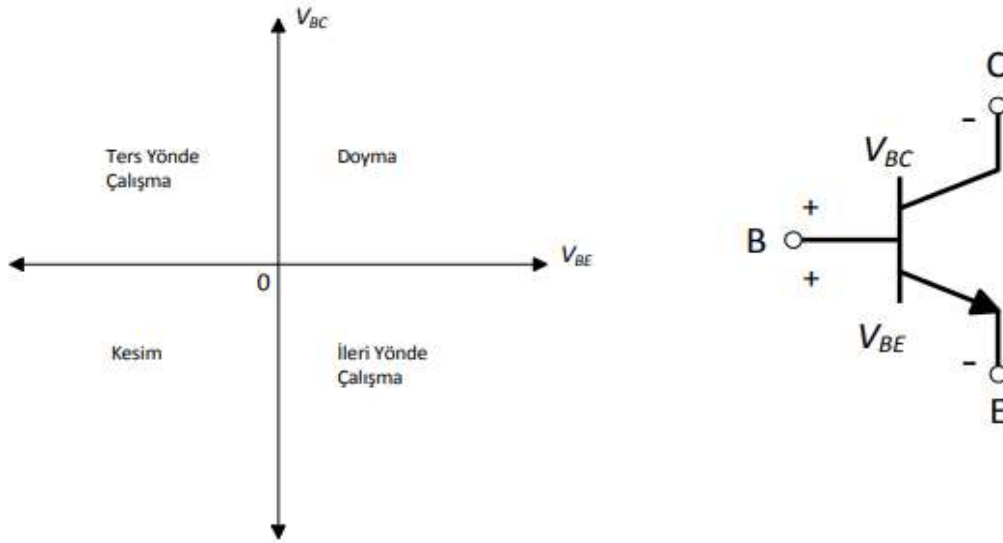
Bipolar Jonksiyon Transistor(BJT), en temel yarıiletken elemanlardan biridir. BJT'nin içinde azınlık ve çoğunluk taşıyıcıları birlikte görev yaptığı için çift kutuplu (bipolar) bir elemandır. BJT, *base*'e (B) uygulanan sinyal ile emetör (E) ve kolektör (C) arasındaki gerilimin kontrolünü sağlar. BJT, PNP ve NPN olmak üzere iki farklı yapıya sahip olabilir. NPN transistörde kolektör ve baz gerilimleri emetöre göre pozitif iken PNP transistörde negatiftir, çalışma prensipleri iki transistor için aynıdır.

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta \times I_B$$

$$I_C \approx I_S e^{V_{BE}/V_T}$$

Örneğin, NPN transistorun baz-emetör ve baz-kolektör gerilimlerine göre dört farklı çalışma bölgesi vardır. Bir akım kontrol elemanı olan BJT, kuvvetlendirici olarak kullanılmak istenildiğinde ileri aktif bölgede çalışır. Bunun için  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{BC} < 0$  olmalıdır. BJT, anahtar olarak kullanılmak istenildiğinde doyma ve kesim bölgelerinde çalışır. Doymada  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{BC} > 0$  iken, kesimde  $V_{BE} < 0$  ve  $V_{BC} < 0$  olmalıdır.

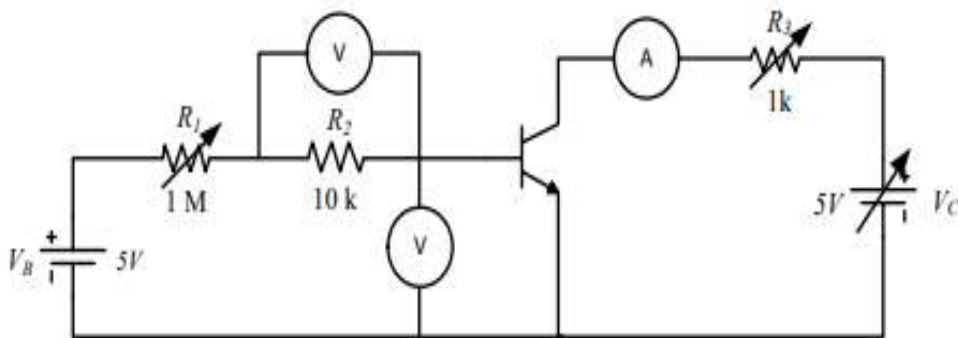


## Deneyler

### Deney 4.1 : BJT' nin İleri Yönde Çalışma Karakteristigi

Şekil 4.1'deki devreyi kurunuz.

Tranzistörün ileri yönde çalışma karakteristiğini incelemek için  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{BC} < 0$  şartlarını sağlamanız gerekiyor. Bunun için R3 direncini kısa devre yapınız.



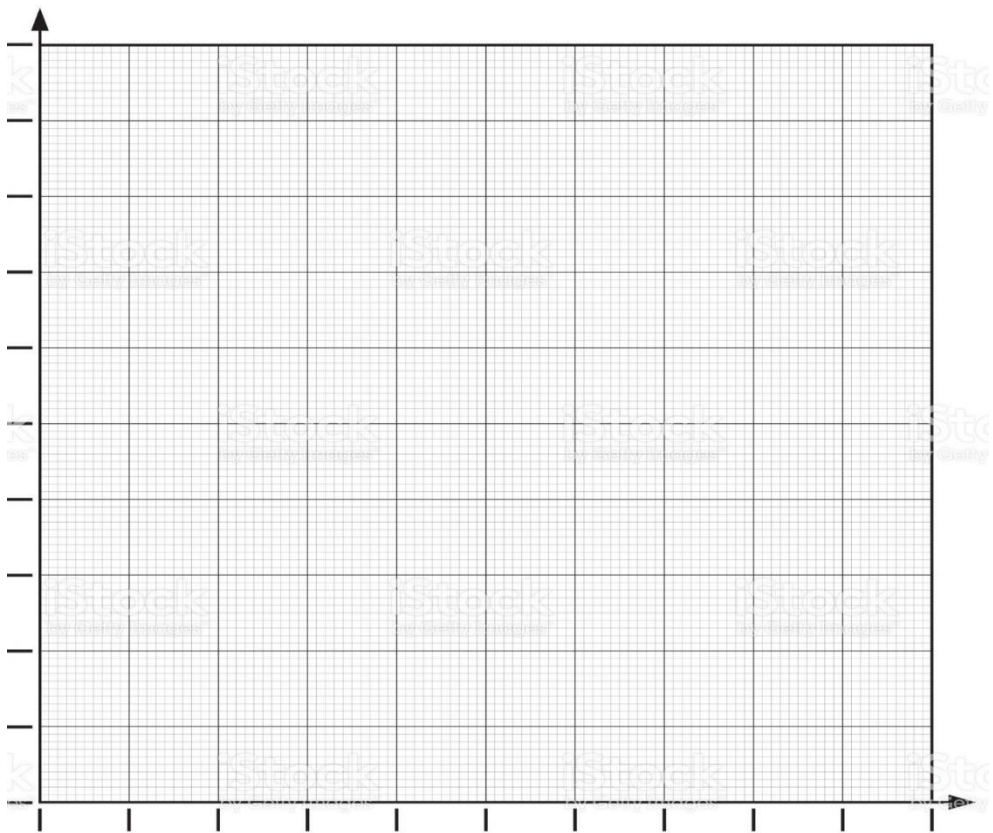
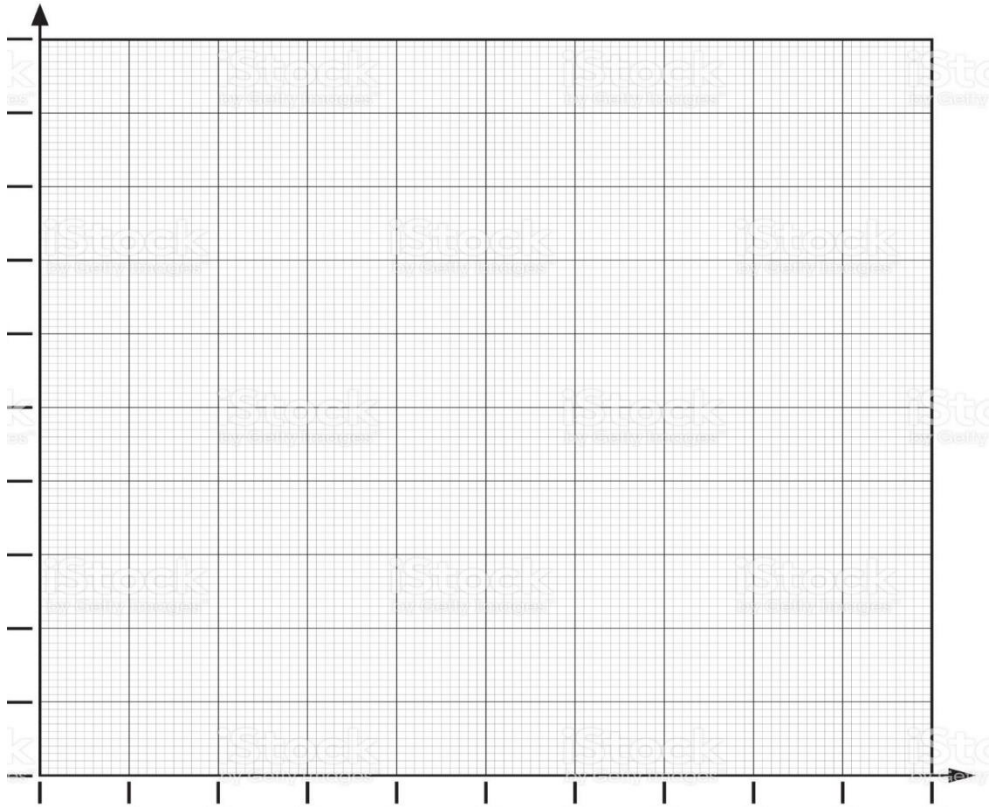
Şekil 4.1



1M $\Omega$  potansiyometreyi Tablo 4.1’te gördüğünüz değerlere ayarlayarak, tabloda istenen akım ve gerilim değerlerini ölçünüz, tabloyu doldurunuz. Tablodaki değerleri kullanarak, BJT’nin IC- VBE ve IC-IB grafiklerini verilen boş grafik kağıdına detaylı ölçeklendirerek çiziniz.

Tablo 4.1

R1(OHM)	VBE(V)	IC(mA)	VR2(V)	IB(uA)	$\beta$
0					
100k					
200k					
300k					
400k					
600k					
800k					
1M					



## Deney 4.2 :BJT' nin Doymada Çalışma Karakteristigi

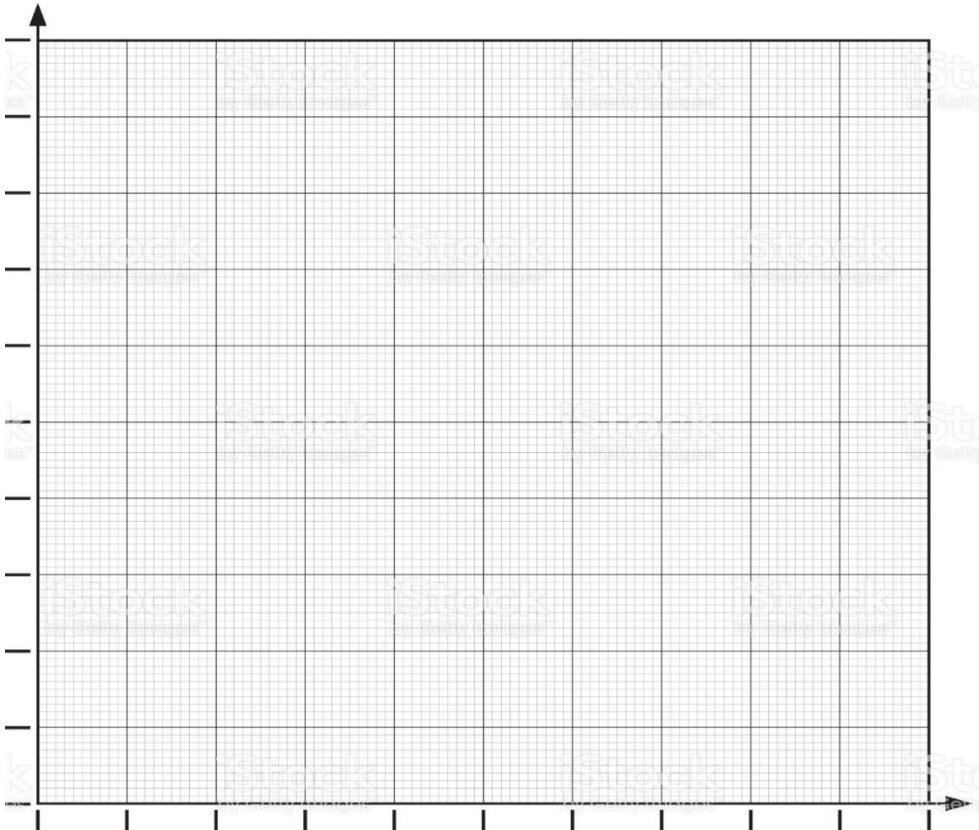
Tranzistörün doymada çalışma karakteristiğini incelemek için  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{CB} < 0$  şartlarını sağlamanız gerekiyor. Bunun için R1 direncini kısa devre yapınız. VC değişken gerilimini ise tranzistörü doymaya sokacak şekilde küçük bir değere ayarlayınız.

1k $\Omega$  potansiyometreyi Tablo 4.2'te gördüğünüz değerlere ayarlayarak, tabloda istenen akım ve gerilim değerlerini ölçünüz, tabloyu doldurunuz.

Tablodaki değerleri kullanarak, BJT'nin doymadaki IC-VCE grafiğini kağıdı detaylı ölçeklendirerek çiziniz.

Tablo 4.2

R3(OHM)	VBE(V)	VCE(V)	IC(mA)
0			
100			
200			
400			
500			
600			
800			
1000			



## Sorular

1. PNP transistoru için çalışma bölgelerini söyleyiniz; PNP transistor B-C-E arasındaki gerilim farkı neler olduğunda ilgili çalışma rejimlerine girmektedir?
2. Transistorun ileri yönde çalışması sırasında Early etkisi nasıl tanımlanır. Early geriliminin hangi grafik ile nasıl elde edileceğini anlatınız.