

# “Elektronin Temel Bileşenleri”

Dr. Cahit Karakuş, Mart - 2021



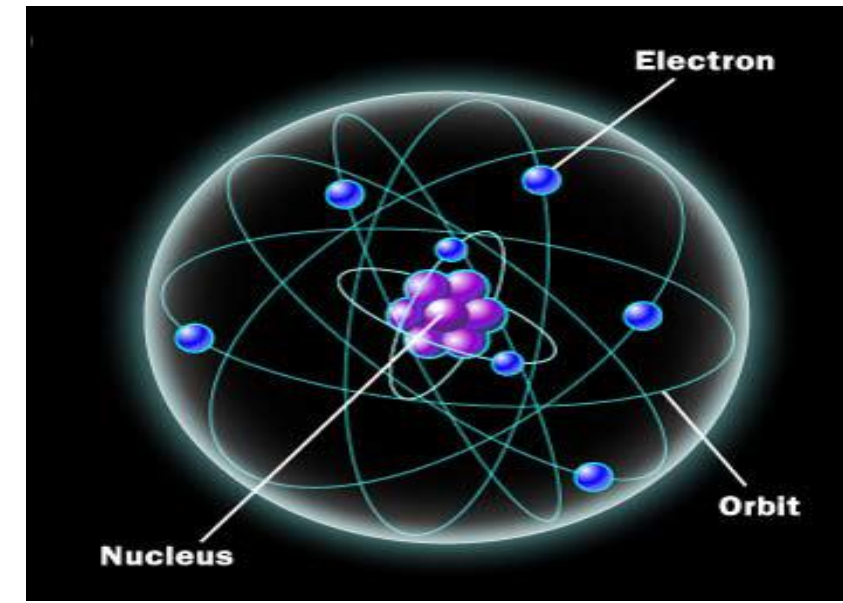
**Elektrik**

# Basic concepts

- \* Electricity
- \* Charge
- \* Current
- \* Voltage
- \* Power and Energy

# What is Electricity

- Everything is made of atoms
- There are 118 elements, an atom is a single part of an element
- Atom consists of electrons, protons, and neutrons



- Electrons (- charge) are attracted to protons (+ charge), this holds the atom together
- Some materials have strong attraction and refuse to loss electrons, these are called insulators (air, glass, rubber, most plastics)
- Some materials have weak attractions and allow electrons to be lost, these are called conductors (copper, silver, gold, aluminum)
- Electrons can be made to move from one atom to another, this is called a current of electricity.

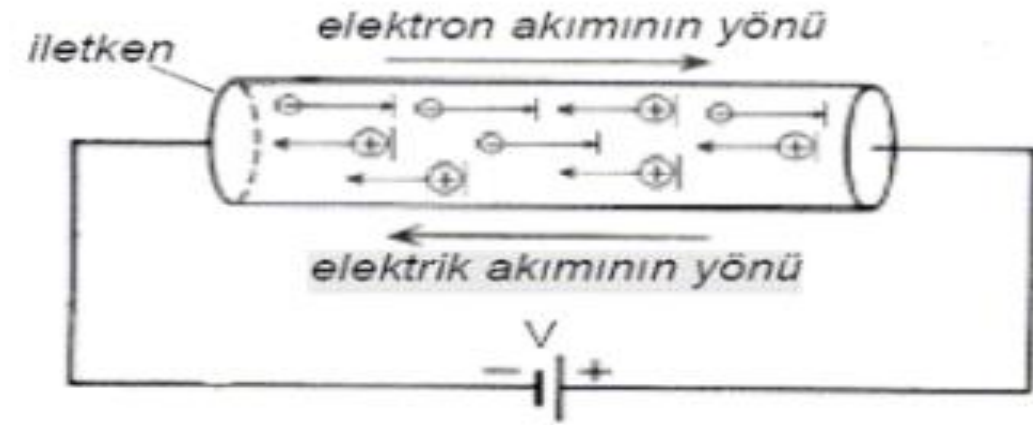
# Elektrik Akımı

- **Elektrik Akımı:** İletkenden birim zamanda geçen elektrik yükü (elektron) miktarına **Akım** denir.

$$I = \frac{Q}{t}$$

- Birimi: **Amper**'dir.

- Akım, elektronların hareketiyle ortaya çıkar ve artı (+) uçtan eksi (-) uca doğru akar.

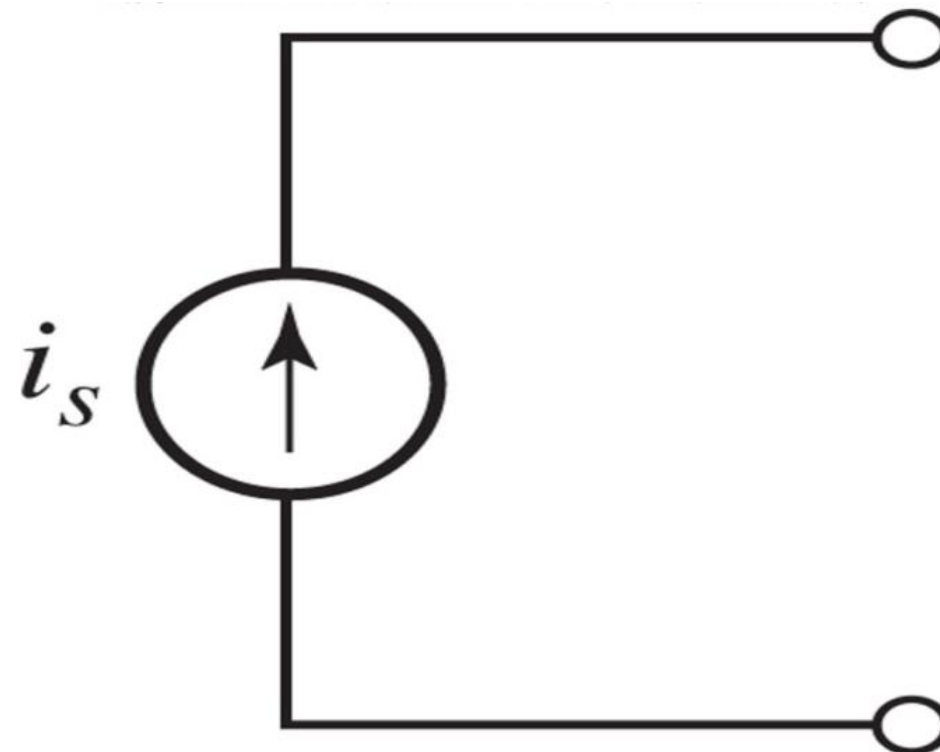


**1 amperlik akımın** oluşabilmesi için İletkenin herhangi bir noktasından 1 saniyede  $6,25 \times 10^{18}$  elektron geçmesi gerekir.

Akım; **doğru akım (DC)** ve **alternatif akım (AC)** olmak üzere iki kısma ayrılır

# Current Sources

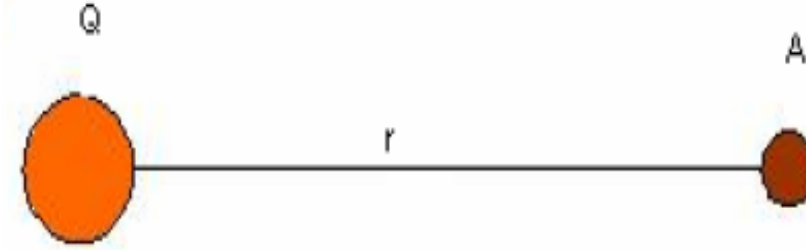
- An ideal current source is a circuit element that maintains the specified current flow  $i_s$  through its terminals.
- The voltage is determined by other circuit elements.



# Potansiyel ve Gerilim

Elektrik alanı içindeki bir noktadaki elektrik yüklenmesi sonucu oluşan şarj olayına **elektrik potansiyeli** denir. U ile gösterilir, birimi Volt'tur.

Q yükünün alanı içerisindeki A noktasındaki elektrik potansiyeli



$$U_A = k \cdot \frac{Q}{r_A}$$

formülü kullanılır. Buradaki işaretler şunları ifade etmektedir:

$U_A$  : A noktasının potansiyeli (volt)

$k$  : Yükün bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı olan katsayı (  $9 \cdot 10^9$  )

$Q$  : Elektrik yükü (Culon)

$r_A$  : A noktasının Q yüküne olan uzaklığı (metre)

# Potansiyel fark

Pozitif birim yükünü, elektrik alanının herhangi bir noktasından bir başka noktasına götürmek için elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işe, bu iki noktanın **potansiyel farkı** denir.

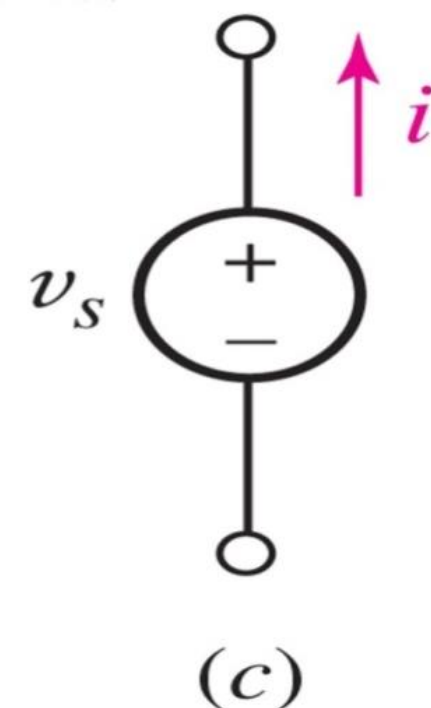
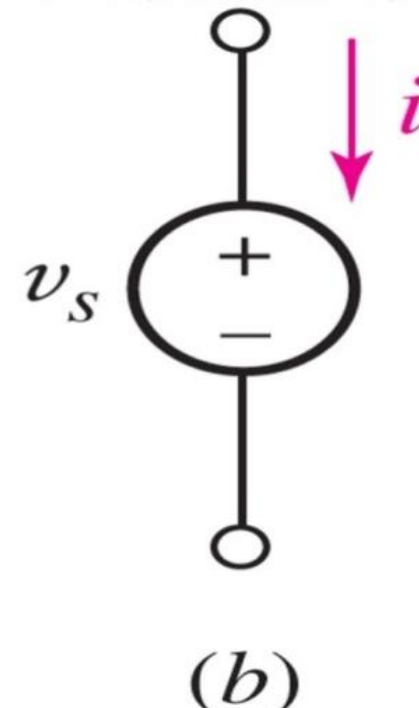
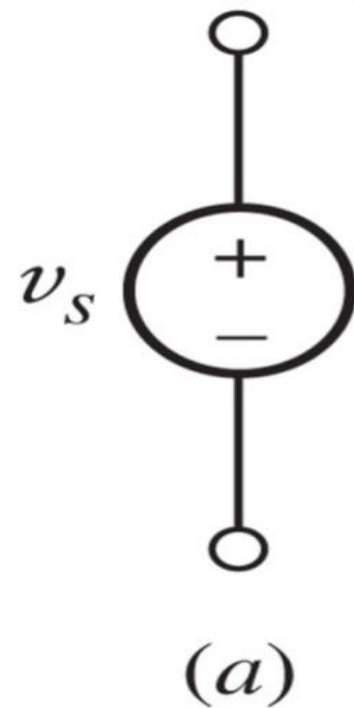
$$U_{AB} = U_B - U_A \text{ ( Q yükü A noktasından B noktasına gitmiş ise )}$$

$$U_{AB} = U_A - U_B \text{ ( Q yükü B noktasından A noktasına gitmiş ise )}$$



# Voltage Sources

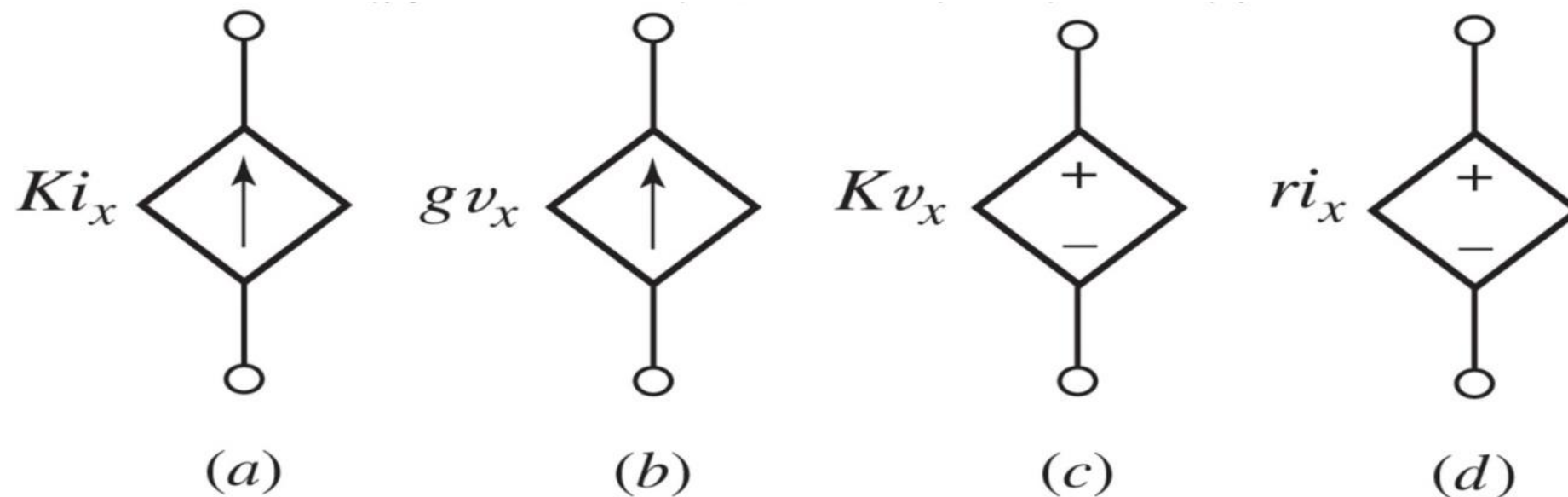
- An ideal voltage source is a circuit element that will maintain the specified voltage  $v_s$  across its terminals.
- The current will be determined by other circuit elements.



# Dependent Sources

Dependent current sources (a) and (b) maintain a *current* specified by another circuit variable.

Dependent voltage sources (c) and (d) maintain a *voltage* specified by another circuit variable.

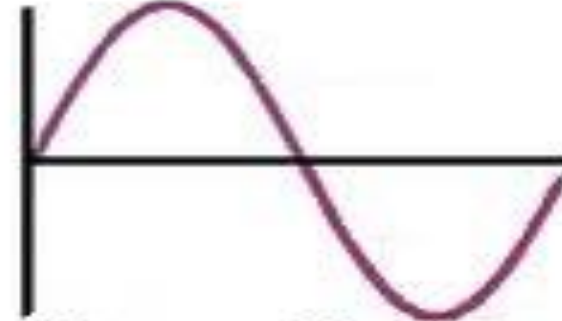


# Elektrik akımı çeşitleri

- DC = Doğru Akım
  - Akü ve piller Doğru Akım depolar.
- AC = Alternatif Akım
  - Şebekelerde ve evlerde kullanılır.



**Doğru akım**



**Alternatif akım**

# Alternatif Akım

- Zamana bağılı olarak periyodik bir şekilde yön ve şiddet değiştiren akıma “**Alternatif Akım (AC)**” denir. Alternatif akımın şiddeti kaynağın gücüne bağlıdır.
- Alternatif akım büyük elektrik devrelerinde ve yüksek güçlü elektrik motorlarında kullanılır. Evlerimizdeki elektrik alternatif akım sınıfına girer. Şebekelerde ve evlerde kullanılır.



# Doğru Akım

- Zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denir. İngilizce “Direct Current” kelimelerinin kısaltılması “DC” ile gösterilir.
- Doğru akım genelde elektronik devrelerde kullanılır. En sabit doğru akım kaynakları da pillerdir.
- Akü ve piller Doğru Akım depolar.



# AC'yi neden DC yerine Piller'de saklayamıyoruz?

- We cannot store AC in batteries because AC changes their polarity up to 50 (When frequency = 50 Hz) or 60 (When frequency = 60 Hz) times in a second. Therefore the battery terminals keep changing Positive (+ve) becomes Negative (-Ve) and vice versa, but the battery cannot change their terminals with the same speed so that's why we can't store AC in Batteries.

## **A.C voltaj seviyesinde D.C'den daha fazla yalıtım gerektirir, neden?**

AC needs more insulation than dc for the same working voltage level. For the same working voltage, the potential stress on the insulation is less than in case of DC system than that AC system. Therefore , a DC line requires less insulation.

# Classification of Materials

- **Conductors**
  - The electrons can be freed with very little external force
- **Insulators**
  - Materials with complete valance bands
  - It takes a great force to free these electrons
- **Semiconductors**
  - Materials with half-complete valance bands
- **Impedance**
  - dielectric, conductivity, permability

# Elektrik Terminolojisi

- Elektrik = Elektron akışıdır.
- Potansiyel fark (Gerilim) elektron akışına neden olur.
- Suyun akışı anlamak için en güzel örnektir.
- **Direnç (R)**
  - Elektrik akımına karşı koyma
  - Şunlara bağlıdır;
    - Malzemenin yalıtkanlık özelliğine bağlıdır.
    - Kesit kalınlığı
    - Uzunluk
    - Sıcaklık



# Resistance of a Material

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

$R$  is the resistance (in Ohms,  $\Omega$ )

$\rho$  is a property of the material called resistivity (Özdirenç)

$L$  is the length of the material (in cm)

$A$  is the cross-sectional area of the material (in  $\text{cm}^2$ )

What are the units of  $\rho$ ?

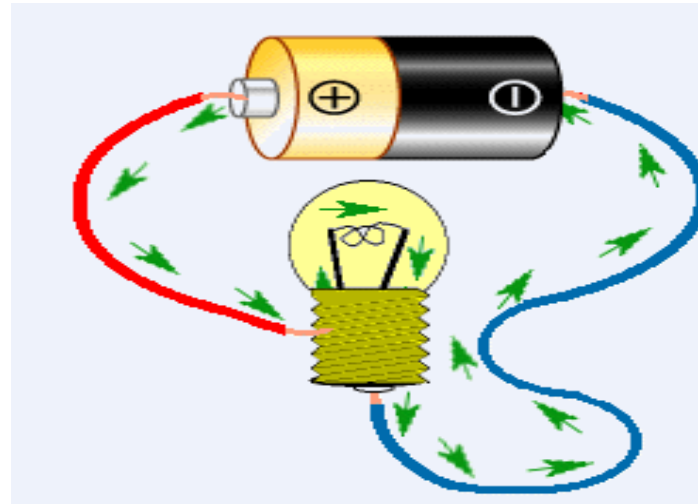
## BİR İLETKENİN DİRENCİ

1. Sıcaklığına : Sıcaklık arttıkça direnci artar.
2. Uzunluğuna : Uzunluk arttıkça direnci artar.
3. Kesitine : Kesiti arttıkça direnci azalır.
4. Özdirencine : Özdirenci arttıkça direnci artar.

Noise, Coupling, Repeaters, Crosstalk, Delay

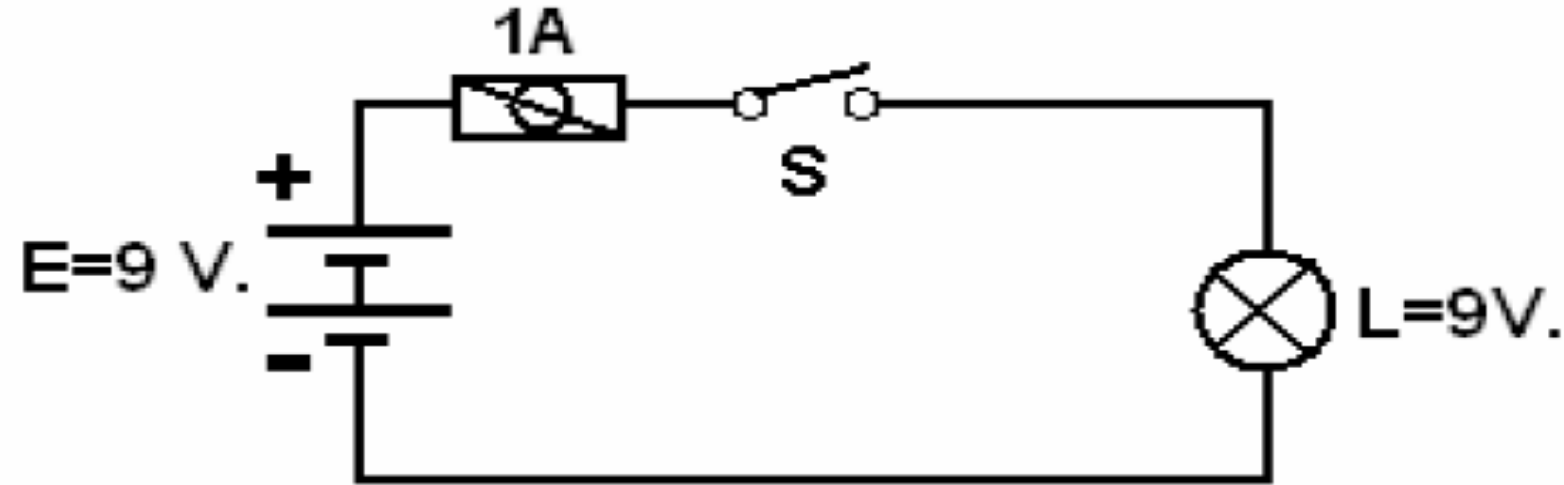
# Elektrik Devresi

- Elektrik akımını meydana getiren elektronlar, elektrik devresinden geçerek alıcıda başka bir enerjiye dönüşür.
- Elektrik alıcılarının çalışması için sürekli elektrik akımı geçmelidir.
- Bu akım alıcının devresine bağlanan elektrik enerji kaynağı ile temin edilir.
- Enerji kaynağının bir ucundan çıkan elektronlar iletken- alıcı-iletken yolunu takip ederek diğer ucuna ulaşır.



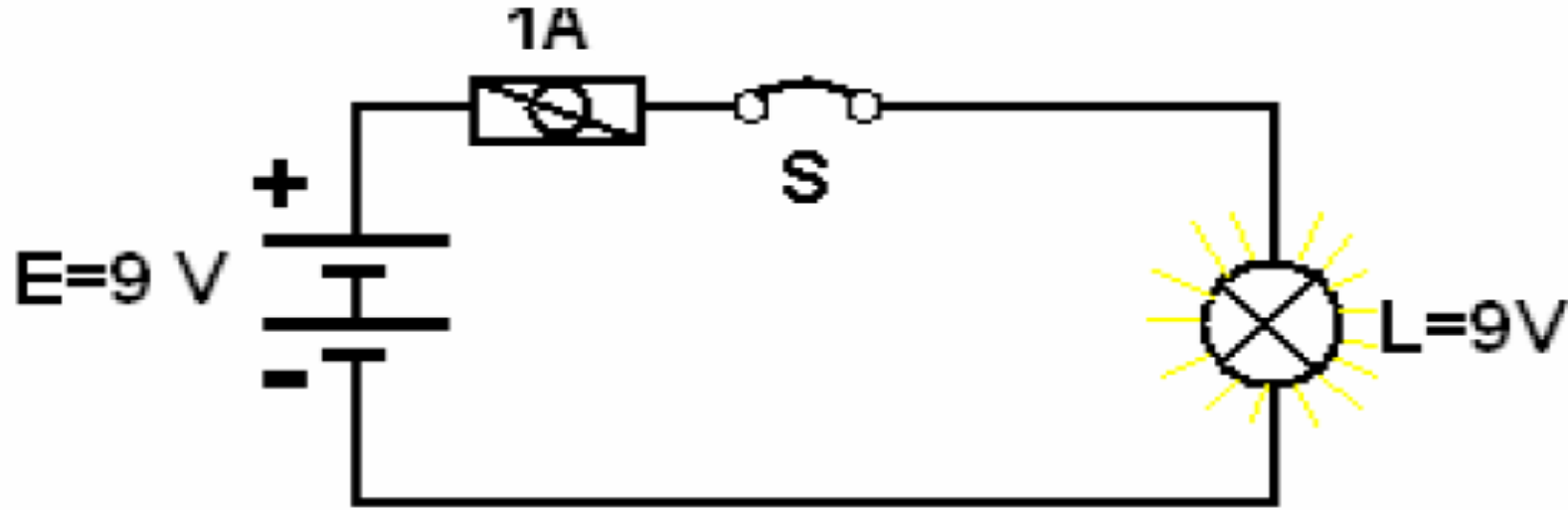
# Açık Devre

- Elektrik devresindeki anahtarın açık durumda olduğu, devreden akımın geçmediği ve alıcının çalışmadığı devredir. İletkenlerin kopması, sigortanın atması, ek yerlerinin temas etmemesi de açık devreyi oluşturur.



# Kapalı (Kısa) Devre

- Elektrik devresinde, anahtar kapalı ve devre akımının normal olarak geçtiği, alıcının çalıştığı devredir.





# **Elektrik Devre Teorisi**

# Circuit Theory

- Circuit Topology
- Direnç, Voltage, Current and Power
- Kirchoff's Laws
- Circuit components
- DC circuits
- AC circuits

We will consistently use Systeme International d'Unites, or **SI** units here. Basic units are Meters[m], Kilograms[kg], Seconds[s], and Amperes[A].

# Circuit Topology

- *A circuit* consists of a mesh of loops
- Represented as branches and nodes in an undirected graph.
- Circuit components reside in the branches
- Connectivity resides in the nodes
  - Nodes represent wires
  - Wires represent equipotentials



# Voltage, Current and Power (1)

- **Voltage** is a *difference* in electric potential
  - always taken between two points.
  - Mutlak gerilim saçma sapan bir kurgudur.
  - Toprak (Ground) kavramı da (faydalı) bir kurgudur.
- It is a line integral of the force exerted by an electric field on a unit charge.
- Customarily represented by  $v$  or  $V$ .
- The SI unit is the Volt [V].

# Voltage, Current and Power (2)

- **Current** is a *movement* of charge.
  - It is the time derivative of charge passing through a circuit branch.
  - Customarily represented by  $i$  or  $I$ .
  - The SI unit is the Ampere [A].
- **Power** is the product of voltage by current.
  - It is the time derivative of energy delivered to or extracted from a circuit branch.
  - Customarily represented by  $P$  or  $W$ .
  - The SI unit is the Watt [W].

# Circuit components

- **Active vs. Passive components**
  - Active ones may generate electrical power.
  - Passive ones may store but not generate power.
- **Lumped vs. Distributed Constants**
  - Dağıtılmış sabit bileşenler, devre kolları boyunca yayılma sürelerini hesaba katar. Toplu sabit bileşenler, bu yayılma sürelerini yok sayar. Sinyal dalga boylarına göre küçük devreler için uygundur.
  - Linear, time invariant (LTI) components are those with constant component values.

# Active circuit components

- Conservation of energy: active components must get their power from *somewhere!*
- From non-electrical sources
  - Batteries (chemical)
  - Dynamos (mechanical)
  - Transducers in general (light, sound, etc.)
- From other electrical sources
  - Power supplies
  - Power transformers
  - Amplifiers

# Pasif Devre Elemanları

- Classical LTI (Linear, time invariant )
  - Dirençler AC/DC bileşenleridir.
  - İndüktörler (Endüktans) AC bileşenleridir (DC kısa devre).
  - Kapasitörler AC bileşenleridir (DC açık devre).
- Other components
  - Rectifier diodes.
  - Three or more terminal devices, e.g. transistors.
  - Transformers.

# Simple DC Networks

- Series Circuits
- Parallel Networks
- Series Circuits and Parallel Networks
- Kirchhoff's Current Law
- Kirchhoff's Voltage Law
- Power
- Energy
- Resistivity
- Temperature Coefficient of Resistance

# DC circuits

- The basic LTI component is the Resistor
  - Customarily represented by  $R$ .
  - The SI unit is the Ohm .
- Ohm's Law:  $V = I R$

Ohm's and Kirchoff's laws *completely* prescribe the behavior of any DC circuit comprising LTI components.

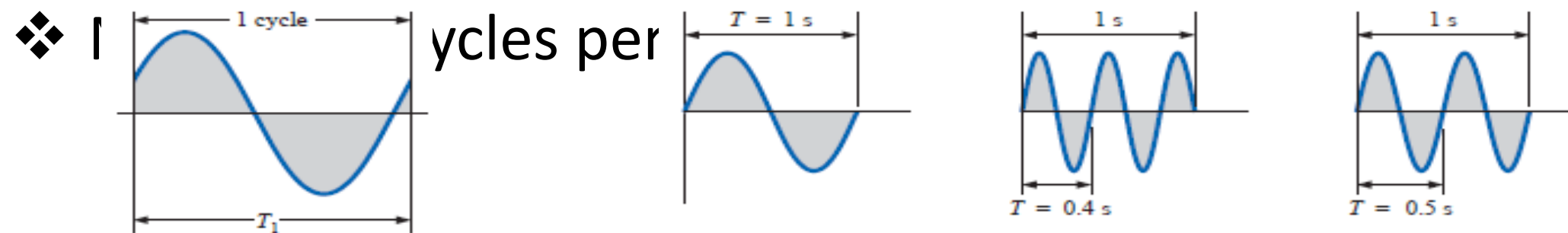
# DC Circuit analysis

- ❖ **Circuit analysis** is the process of finding the voltages across, and the currents through, every component in the circuit.
- ❖ For *dc* circuits the components are resistive only and analysis is simpler.
  - ❖ Ohm Law,
  - ❖ Series, Parallel circuits,
  - ❖ Kirchhoff's voltage and current laws,
  - ❖ Current, Voltage divider rules,
  - ❖ Thevenin, Norton's theorems.

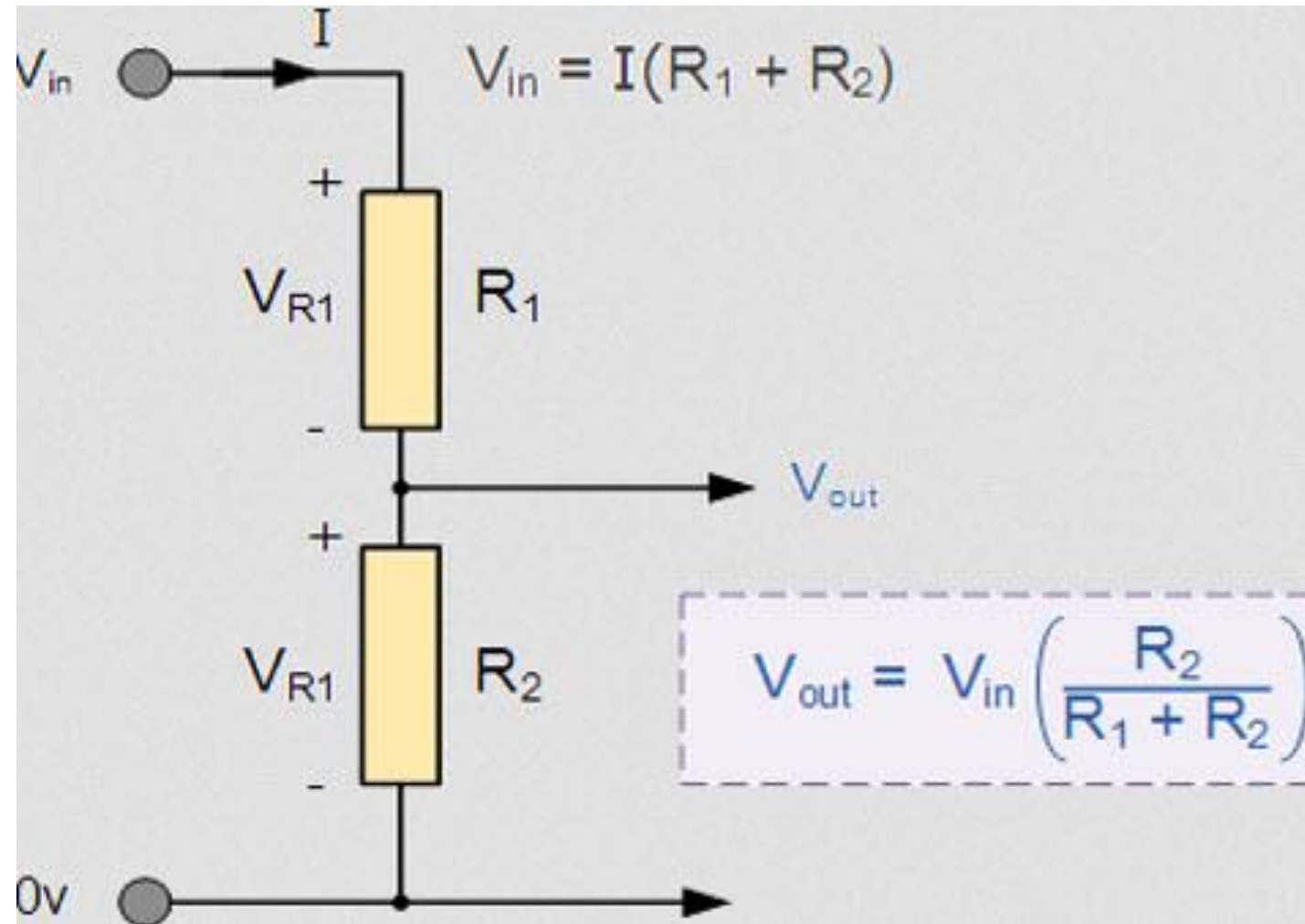


# DC and AC Circuit analysis

- ❖ For *dc* circuits the components are resistive as the capacitor and inductor show their complete characteristics only with varying voltage or current.
- ❖ One form of alternating waveform is sinusoidal waveform where the amplitude alternates periodically between two peaks.



# Voltage Divider Rule



$$V_{in} = R_1 * I + V_{out}$$

$$V_{out} = V_{in} - R_1 * I = V_{in} - V_{in} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

# AC circuits -- Components

- Basic LTI components
  - Resistor,  $R$ , [ $\Omega$ ] (Ohms)
  - Inductor,  $L$ , [H] (Henrys)
  - Capacitor,  $C$ , [F] (Farads); mF ( $10^{-3}$ ), mikroF, nanoF, Piko
- Frequency
  - Repetition rate,  $f$ , [Hz] (Hertz) (1/sec)
  - Angular,  $\omega = 2\pi f$ , [1/s] (radians/sec)

# AC Components: Inductors

- Current in an inductor generates a magnetic field,

$$B = K_1 I$$

- Changes in the field induce an inductive voltage.

$$V = K_2 (dB/dt)$$

- The instantaneous voltage is

$$V = L(di/dt),$$

where  $L = K_1 K_2$ .

This is the time domain behavior of an inductor.

# AC Components: Capacitors

- Charge in a capacitor produces an electric field  $E$ , and thus a proportional voltage,

$$Q = C V,$$

Where  $C$  is the *capacitance*.

- The charge on the capacitor changes according to

$$I = (dQ/dt).$$

- The instantaneous current is therefore

$$I = C(dV/dt).$$

This is the time domain behavior of a capacitor.

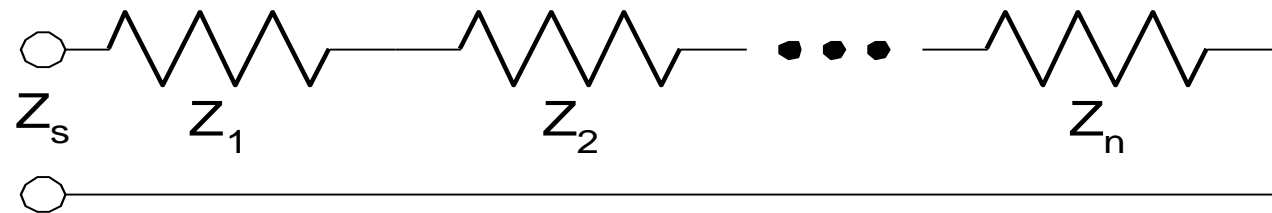
# AC circuits -- Impedance

- Impedance and Ohm's Law for AC:
  - Impedance is  $Z = R + jX = R + j\omega L + 1/(j\omega C)$
  - where  $j = \sqrt{-1}$ , and  $X$  is the *reactance* in  $[\Omega]$ .
  - Ohm's AC Law in  $s$  domain:  $v = iZ$
- Resistance  $R$  dissipates power as heat.
- Reactance  $X$  stores and returns power.
  - Inductors have positive reactance  $X_L = \omega L$
  - Capacitors have negative reactance  $X_C = -1/\omega C$

# Impedance shortcuts

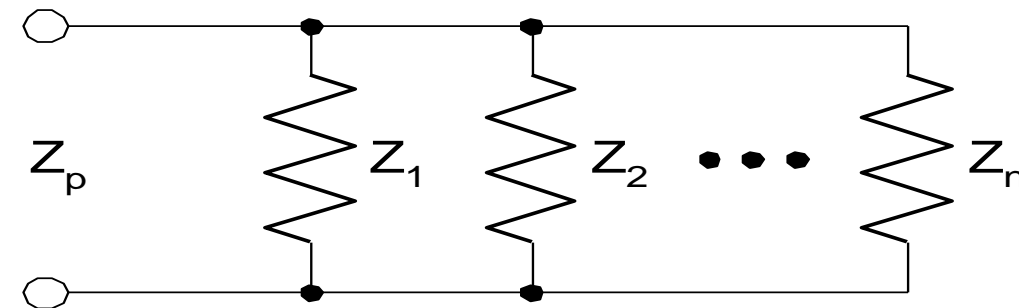
- The impedance of components connected in series is the complex sum of their impedances.

$$Z_s = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$$



- The impedance of components connected in parallel is the reciprocal of the complex sum of their reciprocal impedances.

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}$$

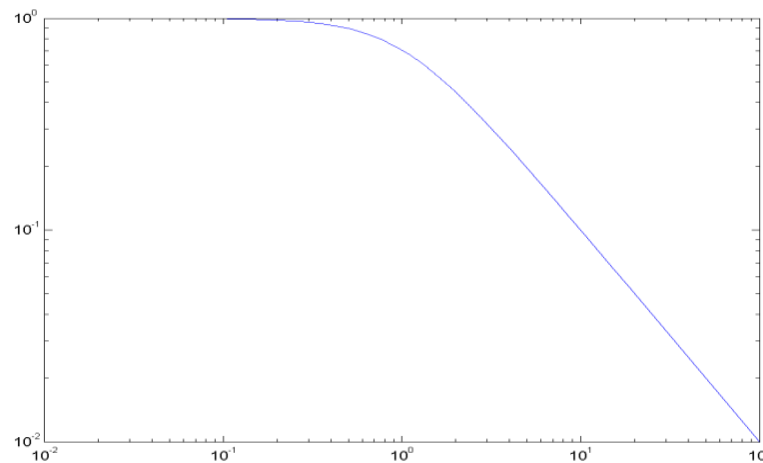
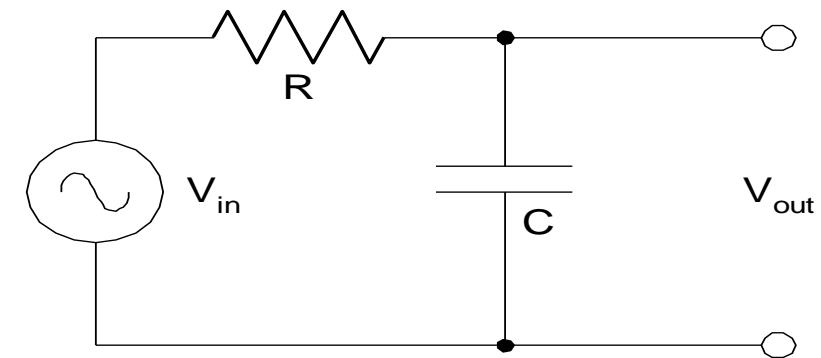


# Example: low pass filter

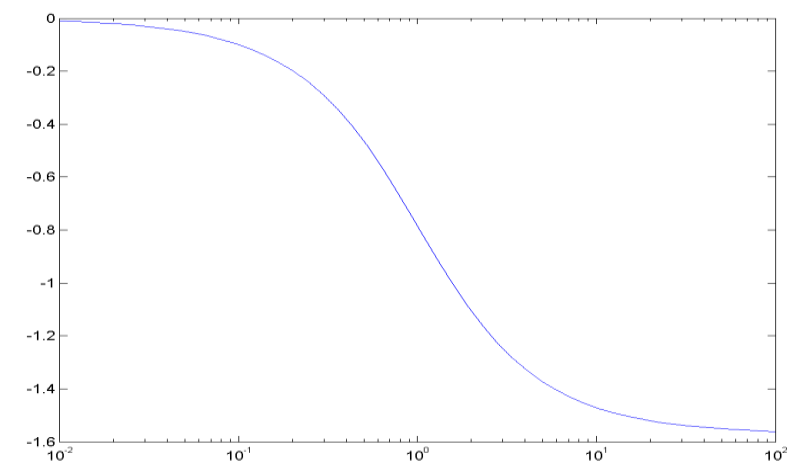
Generalizing from the DC example,  $V_{out} = V_{in} \frac{Z_C}{Z_R + Z_C}$ .

Recall that  $Z_R = R$ , and  $Z_C = \frac{-j}{\omega C}$ .

Define the filter gain  $A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-j/\omega C}{R - j/\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$ .



Magnitude and phase plots of  $A$ , where  $RC=1$ . The magnitude plot is log/log, while the phase plot is linear radians vs. log freq.





# DC Circuit analysis

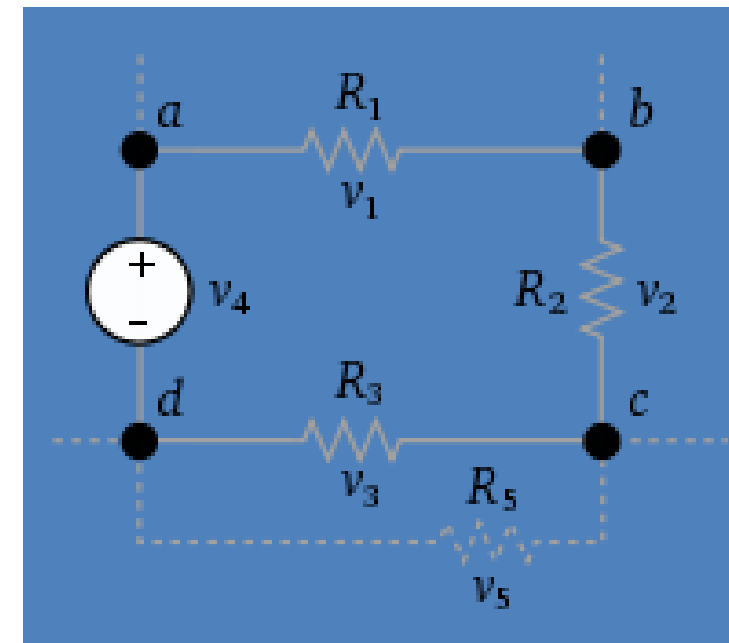
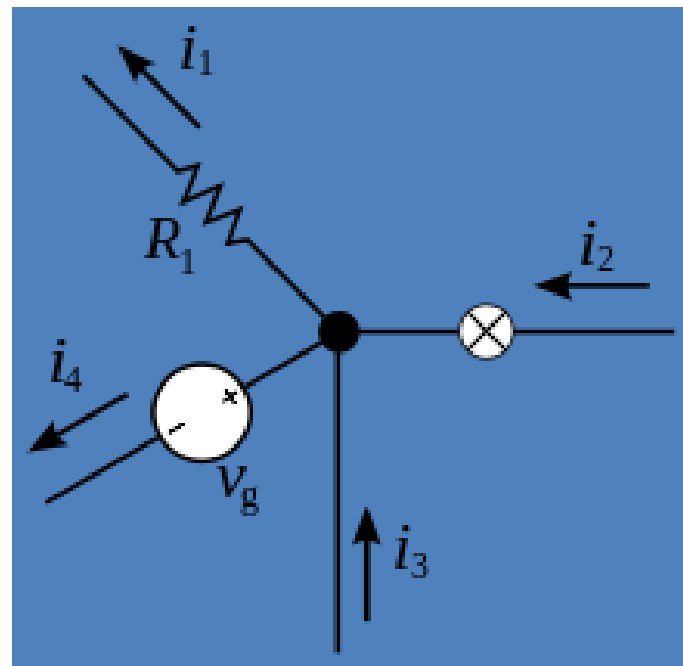
- ❖ **Circuit analysis** is the process of finding the voltages across, and the currents through, every component in the circuit.
- ❖ For *dc* circuits the components are resistive only and analysis is simpler.
  - ❖ Ohm Law,
  - ❖ Series, Parallel circuits,
  - ❖ Kirchhoff's voltage and current laws,
  - ❖ Current, Voltage divider rules,
  - ❖ Thevenin, Norton's theorems.

# Kirchoff's Laws

- These laws add up to nothing! Yet they completely characterize circuit behavior.
- Kirchoff's Voltage Law (KVL) - The sum of voltages taken around any loop is zero.
  - The start and end points are identical; consequently there is no potential difference between them.
- Kirchoff's Current Law (KCL) – The sum of currents entering any node is zero.
  - A consequence of the law of conservation of charge.

# Kirchhoff's Laws

- Kirchhoff's current law (KCL): The sum of currents in a network of conductors meeting at a point is zero.
- Kirchhoff's voltage law (KVL): The voltage drop around a closed loop is 0.



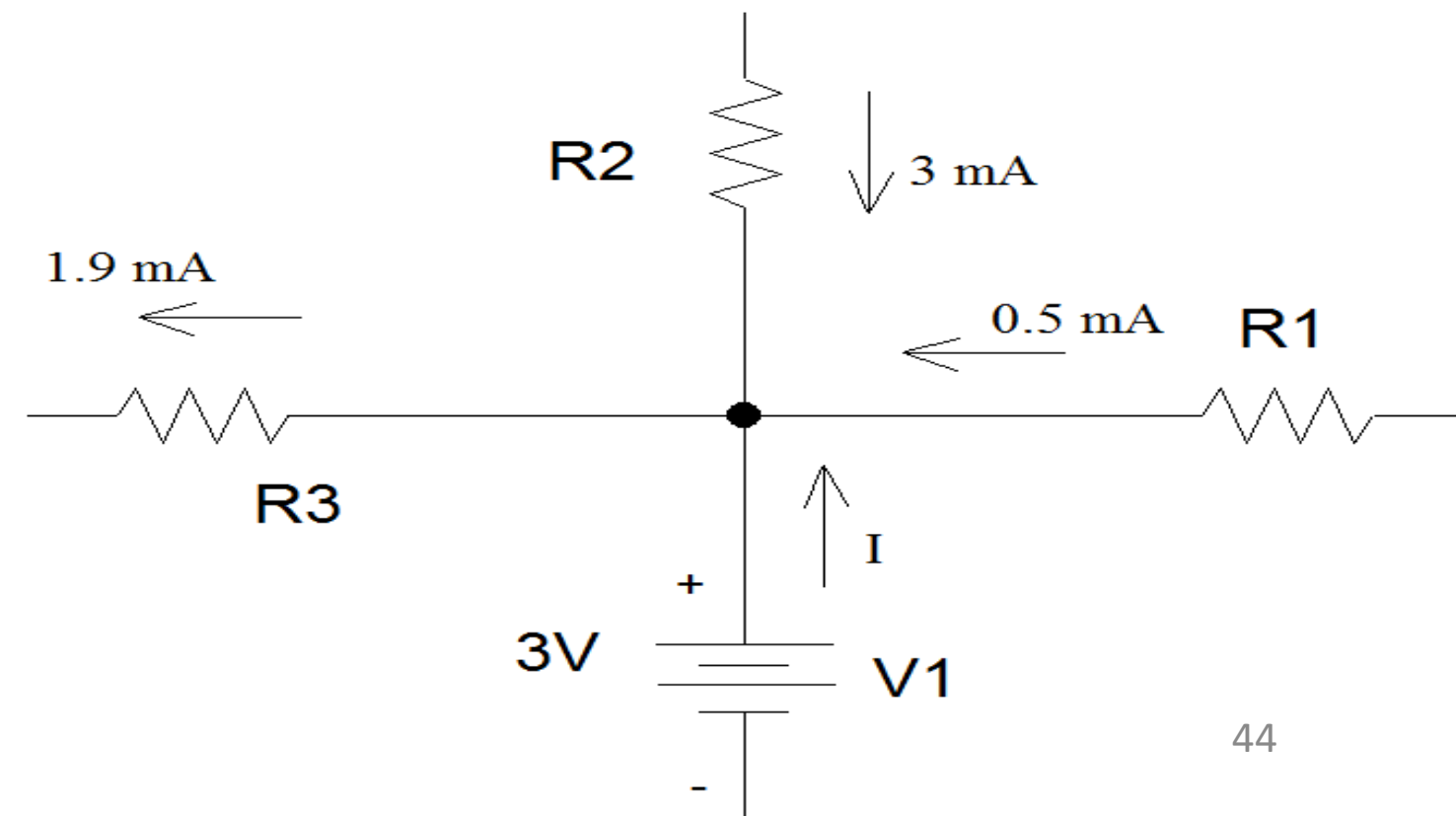
Example: Suppose the current through R2 was entering the node and the current through R3 was leaving the node.

- Use KCL
    - $3\text{ mA} + 0.5\text{ mA} + I$  are entering the node.
    - $1.9\text{ mA}$  is leaving the node.
- V1 is dissipating power.

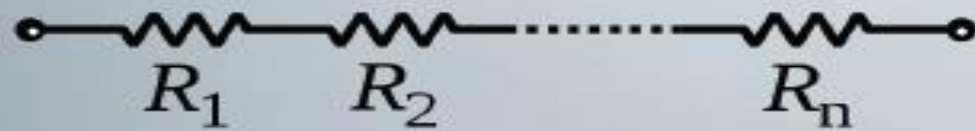
$$3\text{mA} + 0.5\text{mA} + I = 1.9\text{mA}$$

$$I = 1.9\text{mA} - (3\text{mA} + 0.5\text{mA})$$

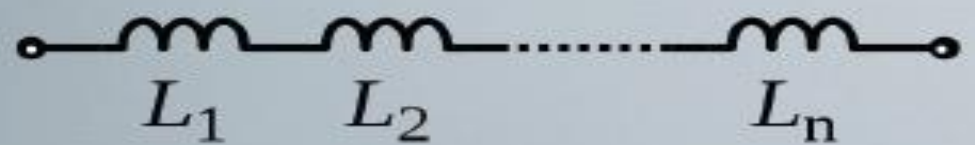
$$I = -1.6\text{mA}$$



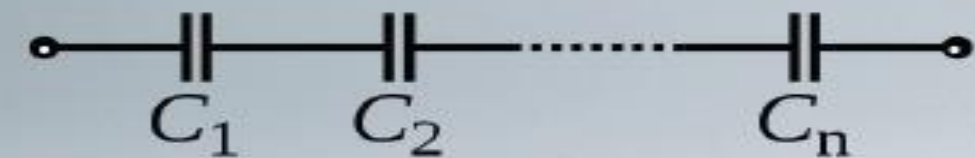
# Multiple elements in a series circuit



$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



$$L_{total} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$



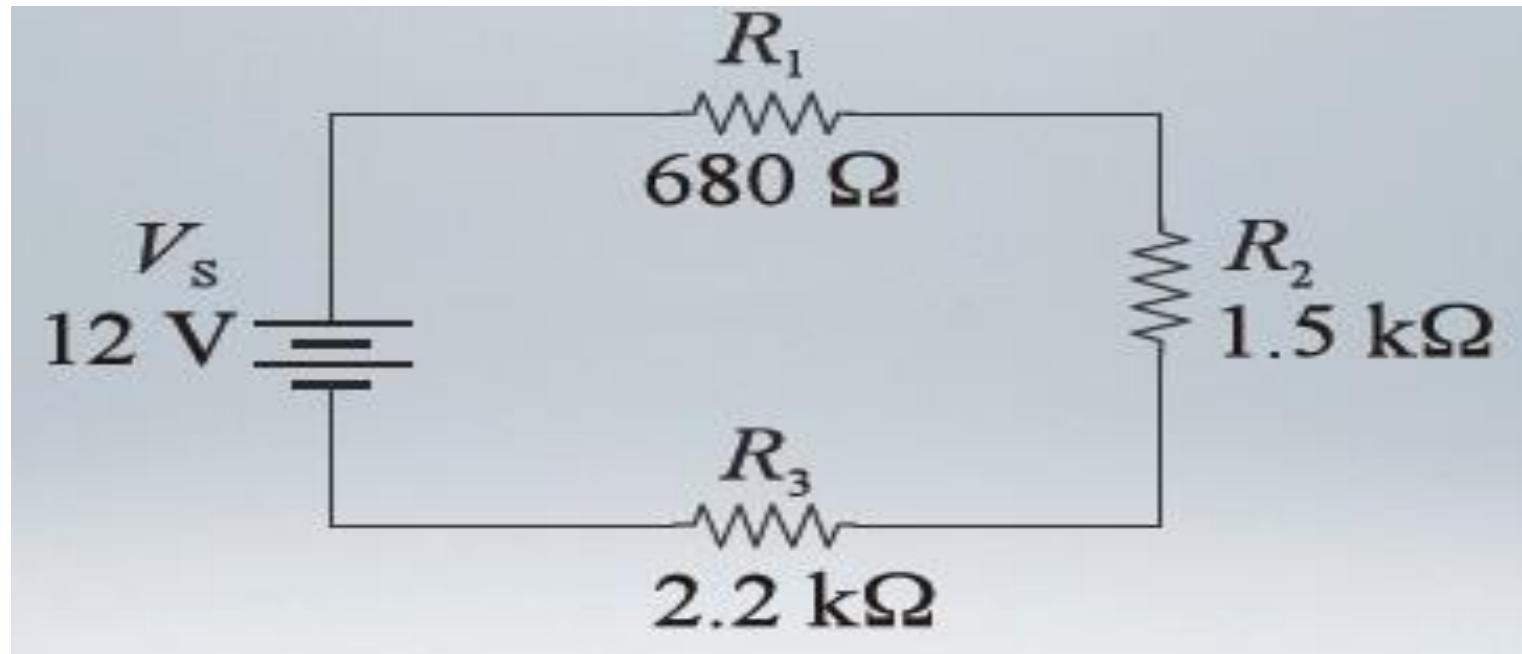
$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

# Example: Resistors in series

The resistors in a series circuit are  $680\ \Omega$ ,  $1.5\ \text{k}\Omega$ , and  $2.2\ \text{k}\Omega$ . What is the total resistance?



$$\begin{aligned} R_{total} &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 680\Omega + 1500\Omega + 2200\Omega \\ &= 4380\Omega \\ &= 4.38\text{k}\Omega \end{aligned}$$

Herbir direnç üzerindeki akım değeri nedir?  $2.74\text{mA}$

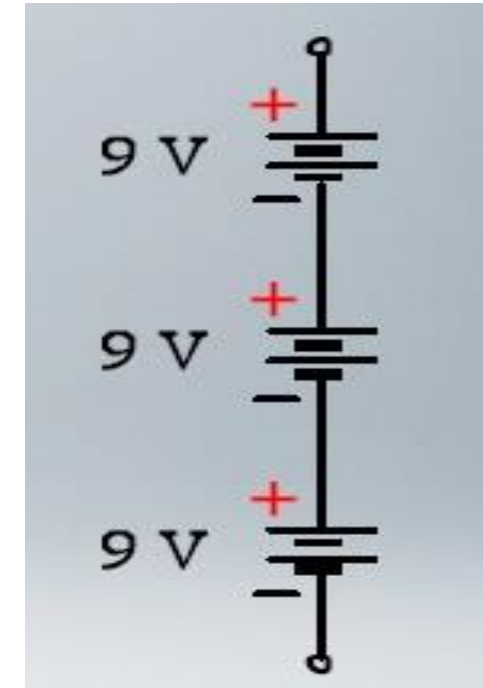
Seri dirençler üzerinden aynı akım akar.

$$I = \frac{V}{R_{total}} = \frac{12\text{V}}{4380\Omega} = 2.74\text{mA}$$

# Example: Voltage sources in series

Find the total voltage of the sources shown

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 = 27V$$



What happens if you reverse a battery?

# Thevenin Teoremi

- Thevenin Teoreme göre elektrik devreleri bir direnç ve ona seri bağlı olan bir üreteç eşdeğeri ile temsil edilebilir.
  - Devrede Gerilim kaynakları kısa devre, akım kaynakları ise açık devre yapılarak Thevenin eşdeğer direnci bulunur.
  - Thevenin en çok bağımlı kaynaklarının dönüşümünde işimize yarar. Bağımlı kaynağın etkisi devrede Thevenin eşdeğer direnci olarak kendini gösterir. Böylece devreyi bağımlı kaynaklardan arındırılmış bir şekilde çözebiliriz.



DOĞRUSAL DEVRE

Bağımsız ve  
bağımlı kaynaklar  
içerebilir

DEVRE A

$i$   $a$

+

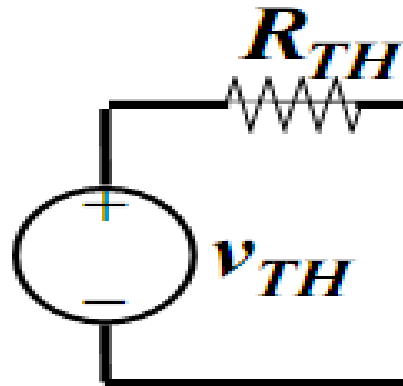
$v_O$

$b$

DOĞRUSAL DEVRE

Bağımsız ve  
bağımlı kaynaklar  
içerebilir

DEVRE B



DEVRE A

$i$   $a$

+

$v_O$

$b$

DOĞRUSAL DEVRE

DEVRE B

**Thevenin Eşdeğer Devresi**  
**DEVRE A için**

$v_{TH}$

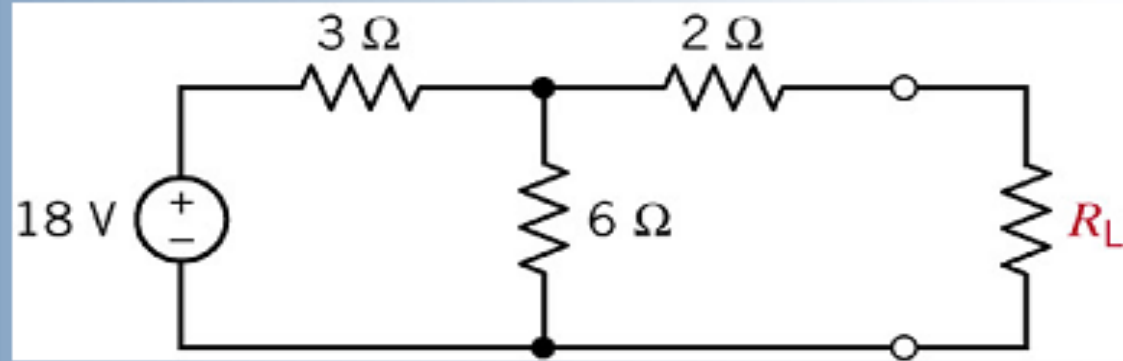
Thevenin Esdeğer Kaynagi

$R_{TH}$

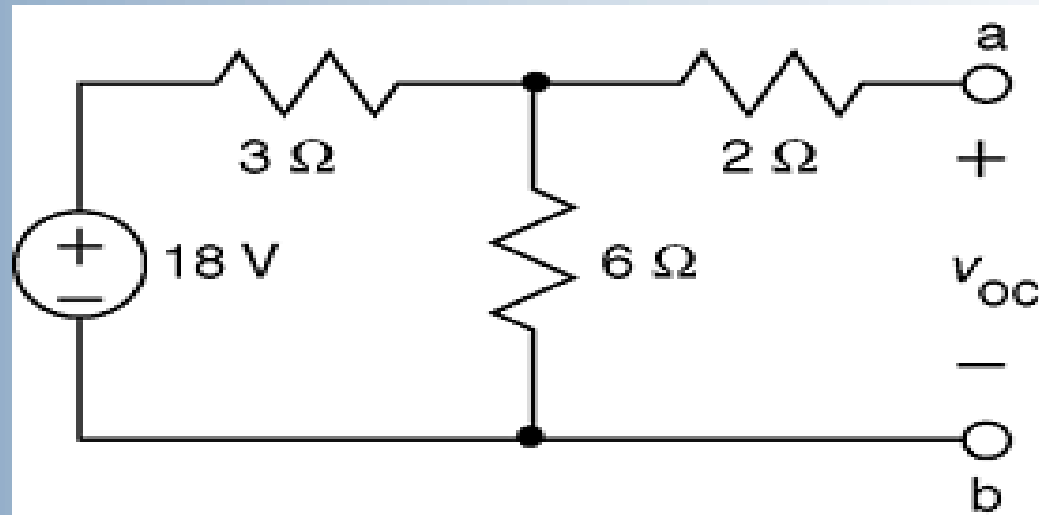
Thevenin Esdeğer Direnci

# Thevenin

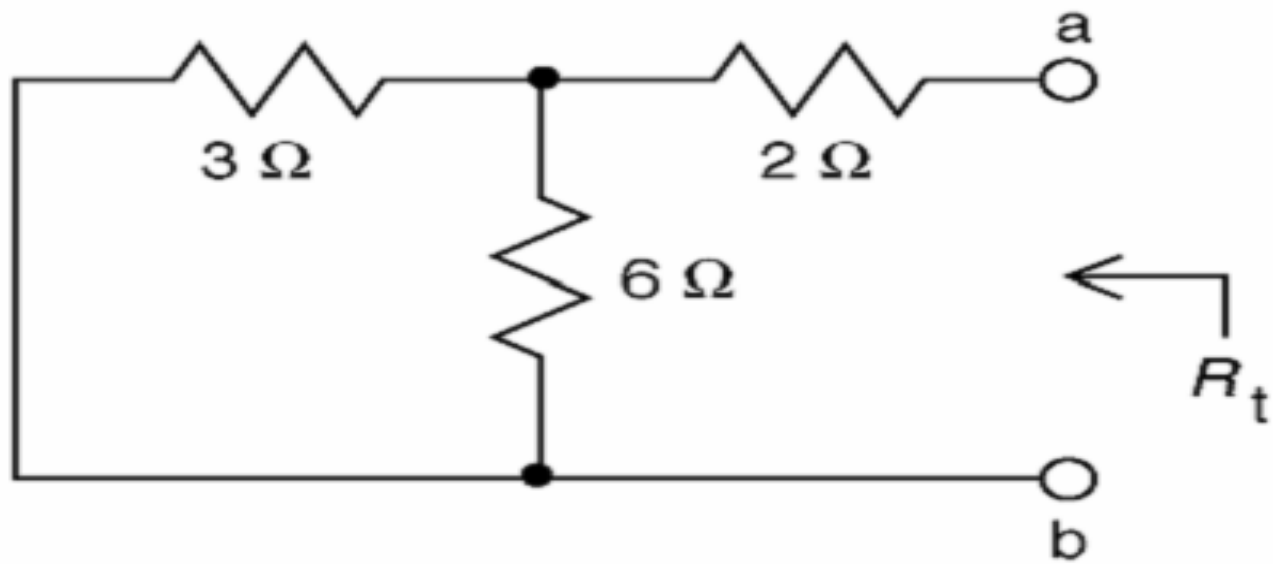
## Örnek-1



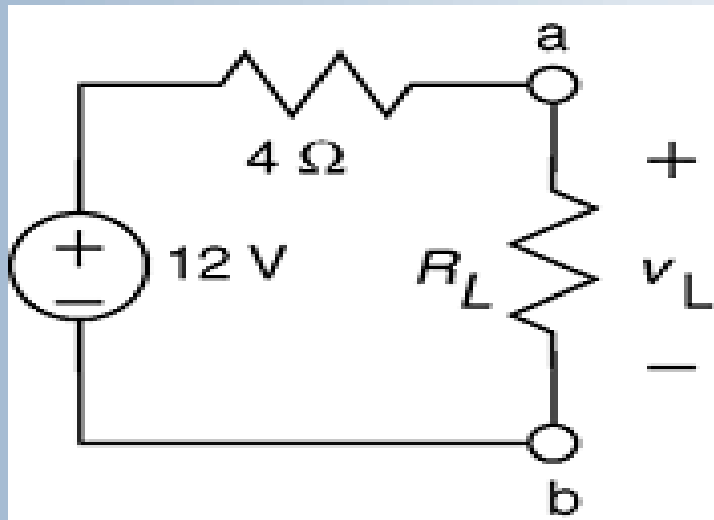
$R_L$  üzerinde düşen gerilimi bulunuz,



$$v_{oc} = \frac{6}{6+3}(18) = 12 \text{ V}$$

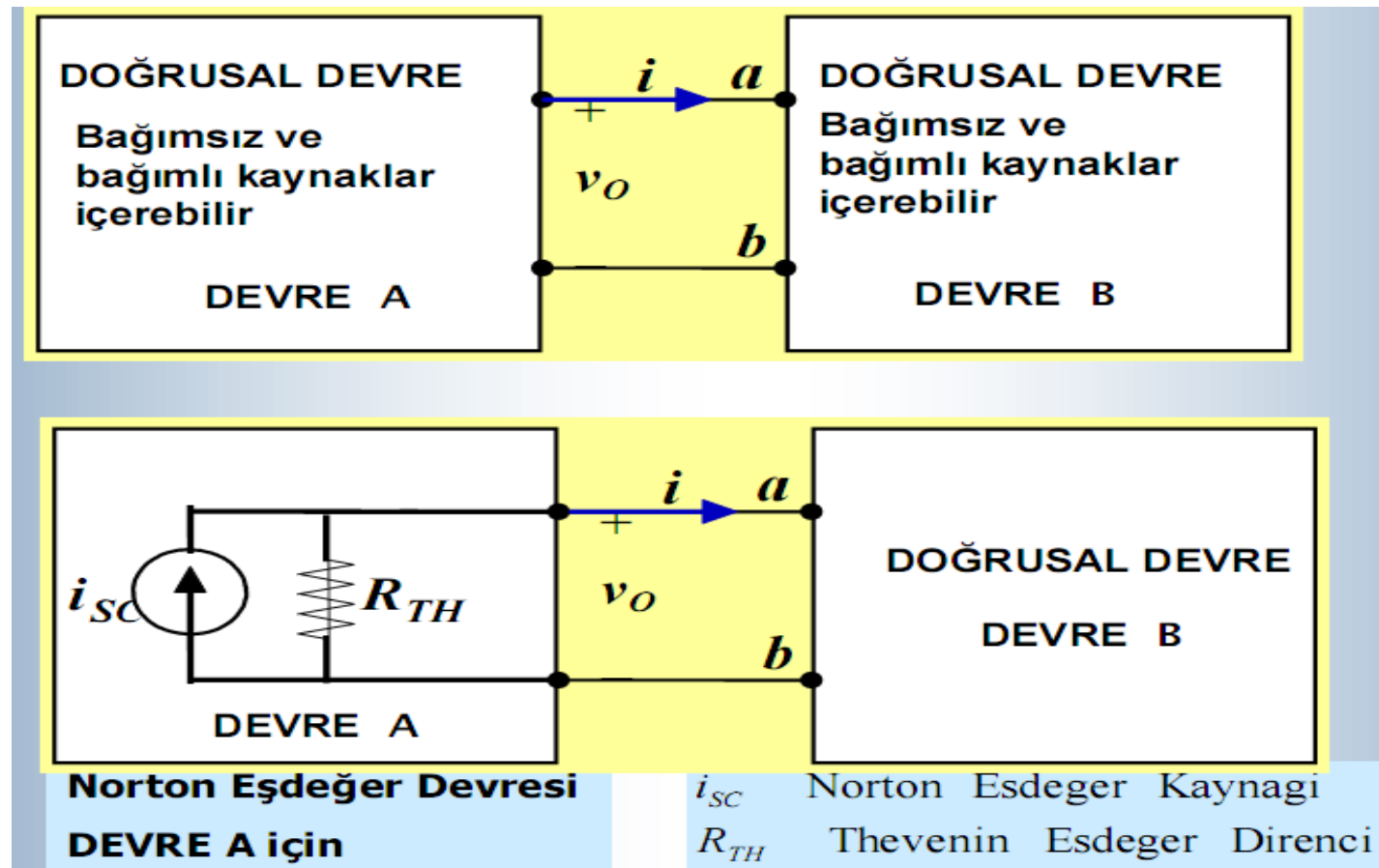


$$R_t = 2 + \frac{(3)(6)}{3+6} = 4 \Omega$$



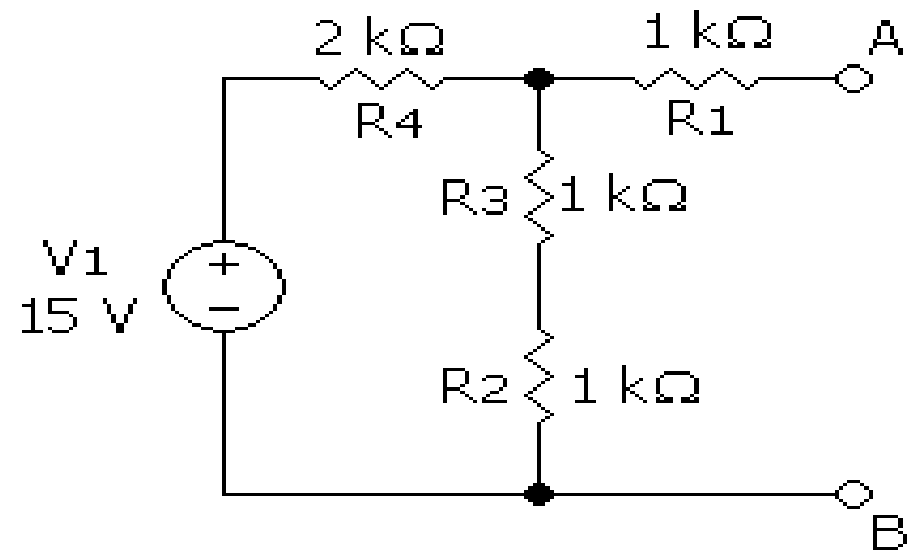
# Norton Teoremi

- Doğrusal bir devre, herhangi iki noktasına göre, bir akım kaynağı ve buna paralel bir direnç haline getirilebilir.
- Bunun için;
  - Herhangi iki noktadan uçları kısa devre edildiğinde geçen akım kaynak akımıdır
  - Gerilim kaynağı kısa devre edildiğinde, iki nokta arasındaki direnç eşdeğer dirençtir.

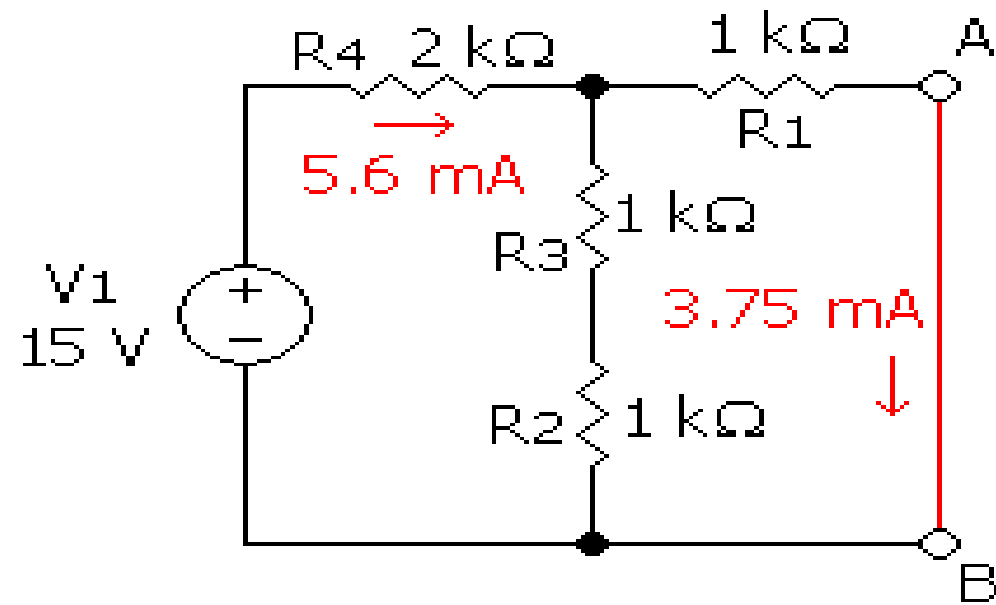


# Norton Örneği

- Norton Eşdeğerini bulunuz?



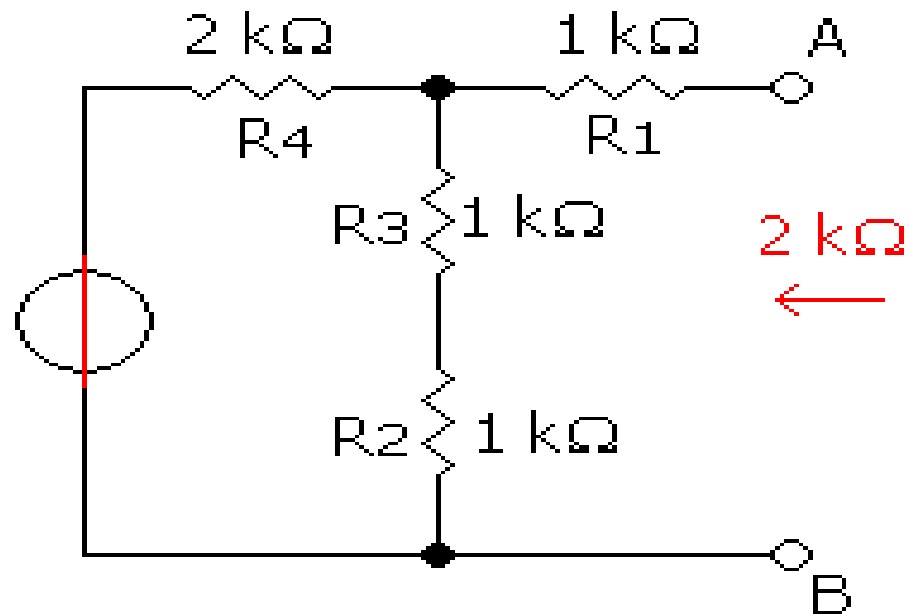
# Norton Akımı ?



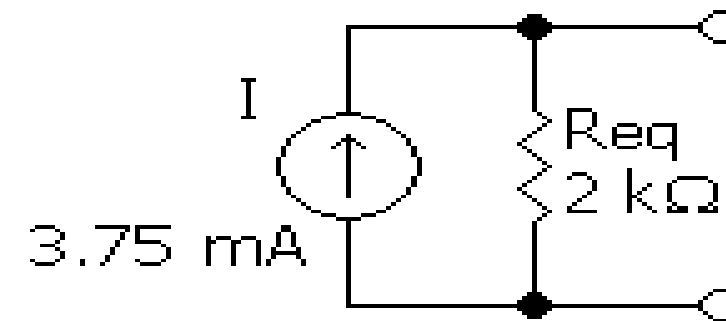
$$I_{\text{total}} = \frac{15\text{V}}{2\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega \parallel (1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega)} = 5.625\text{mA}$$

$$I = \frac{1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega}{(1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega)} \cdot I_{\text{total}}$$
$$= \frac{2}{3} \cdot 5.625\text{mA} = 3.75\text{mA}$$

# Norton Direnci = Rth



$$R = 1\text{ k}\Omega + 2\text{ k}\Omega \parallel (1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega) = 2\text{ k}\Omega$$





# Sensors



# Some Transducers

**Sensors** measure changes in physical quantities (**Input**). The changes occur in response to some excitation, for example heat or force. The changes convert into an electrical signal.

- Speed indicators
- Strain gauges
- pH sensors
- Temperature or light sensors
- Flow sensors
- Sound or movement sensors

Devices which perform an “Output” function are generally called **Actuators** and are used to control some external device, for example movement or sound.

# Digital Sensors

Button



Bumper Switch Sensor

Lever



Ultrasonic sensor



Limit Switch Sensor



Motion

# Analog Sensors

## Proximity sensors

Proximity sensors measure the distance from the sensor to an obstructing object in front of the sensor. There are two types, Infrared and Sonar



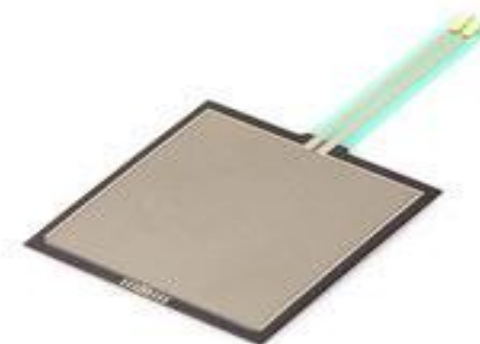
## Accelerometers

Accelerometers sense motion and are used to detect changes in position, tilt, and orientation



## Pressure sensors

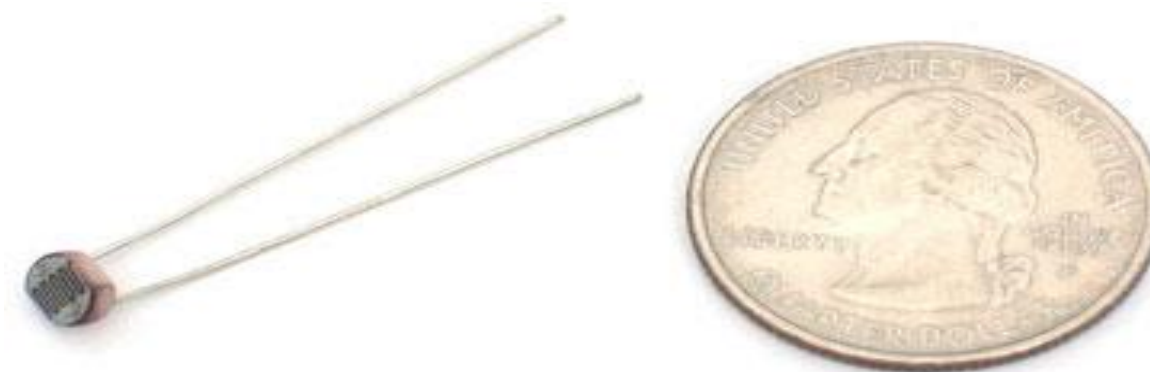
Measure the amount of pressure, for example of a finger press, or the weight of someone standing on a surface



# Analog Sensors

## Light sensors

Detect the amount of light striking the sensor, which is called a photocell, photoresistor,



## Temperature sensors

measure the air temperature in Fahrenheit or Celsius.



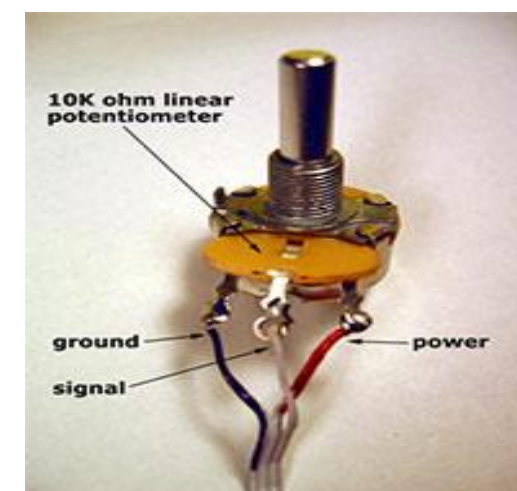
## Ribbon sensors

Measure the position of a finger touch across a surface



## Potentiometers

Measure rotation or linear travel, and are used in car stereos, dimmers, equalizers, etc



# Actuators

Actuators are devices that is responsible for moving and controlling a mechanism or system: **Rotary or linear** -

Electric motor (AC or DC)



Stepper motor



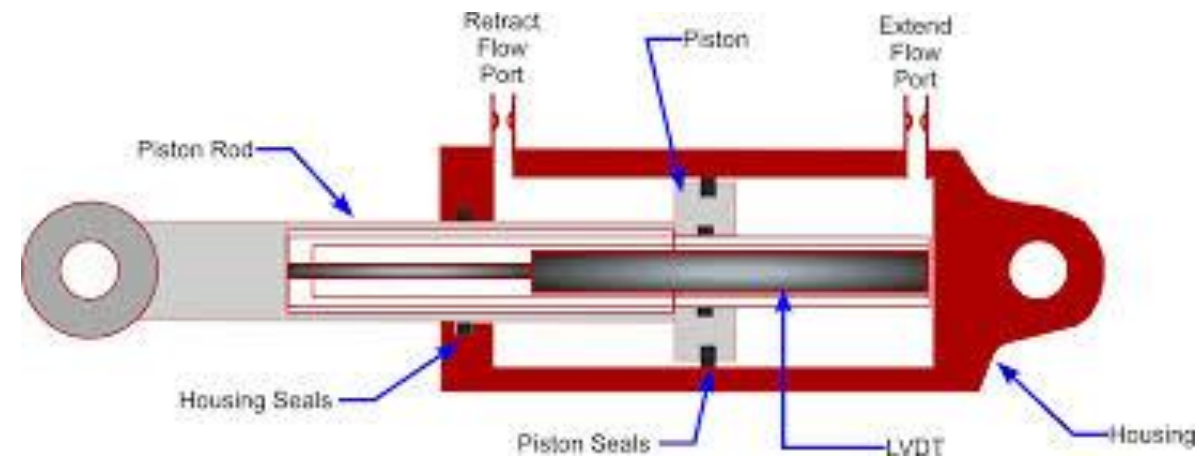
Divides a full rotation into a number of equal steps. No need for sensors or feedback system

Servo motor



Controls the rotation of the shaft, needs sensor and closed feedback system

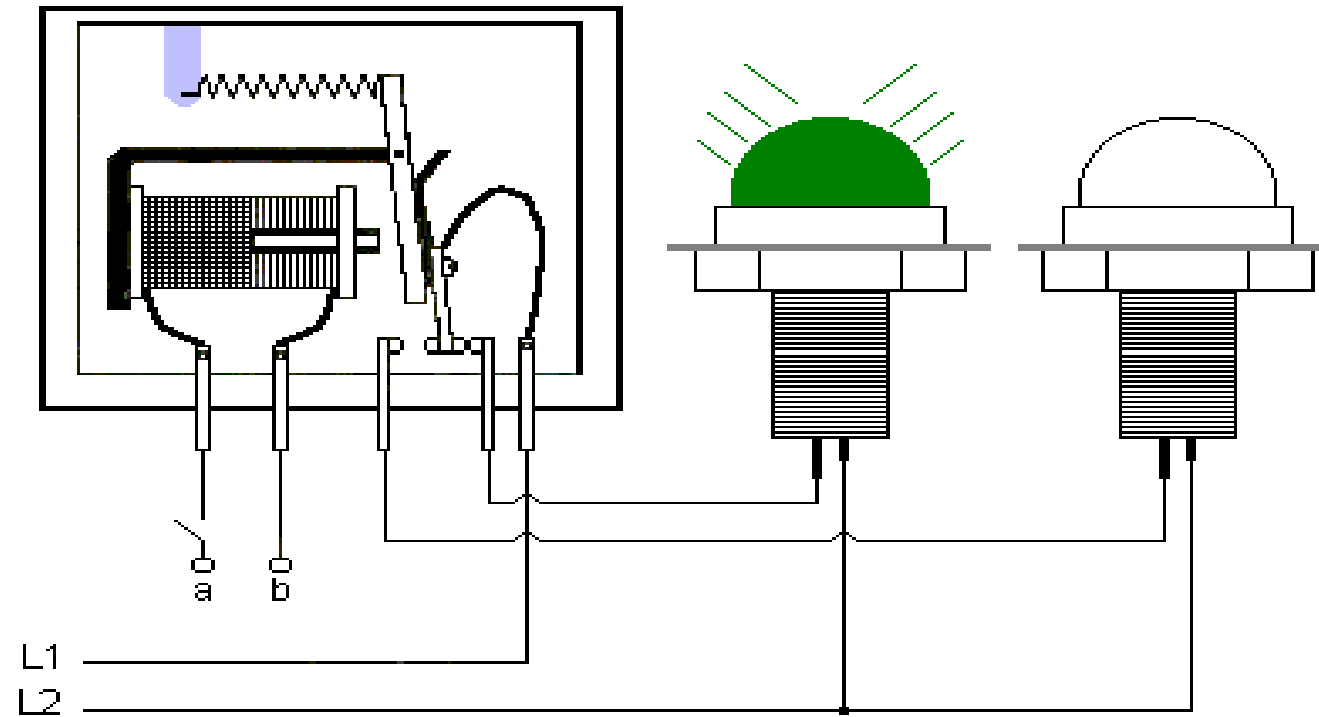
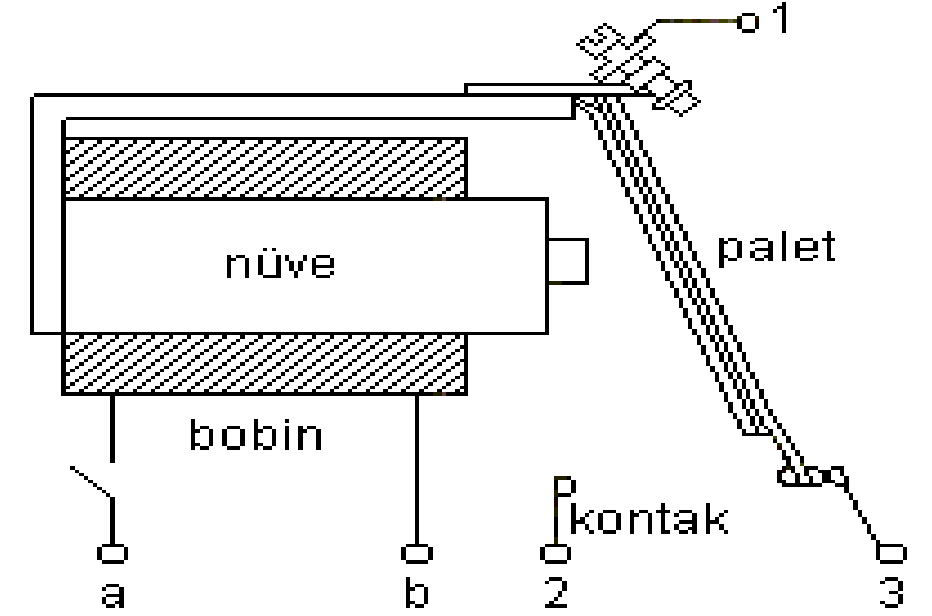
# Linear Actuators – Hydraulic, Pneumatic, mechanical



Hydraulic and Pneumatic actuators

# RÖLE

- Röleler elektromıknatis, palet ve kontaklar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Elektromıknatis, demir nüve ve üzerine sarılmış bobinden meydana gelir.





# Pasif Elektronik Devre Elemanları



## Elektronik Devrelerde yer alan temel devre elemanları

Direnç

Kapasitans (kondansatör)

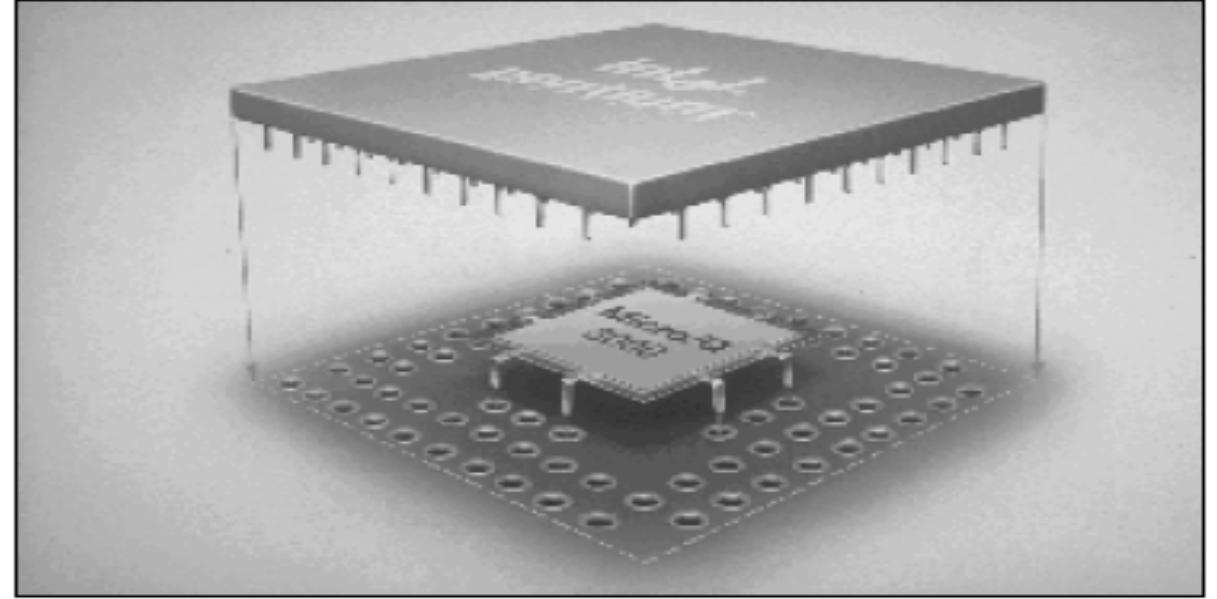
Bobin

Transformatör

Diyot

Transistör

IC (Integrated Circuits – Entegre Devreler)



# Elektronik Devre Elemanları

## 1. Pasif Devre Elemanları

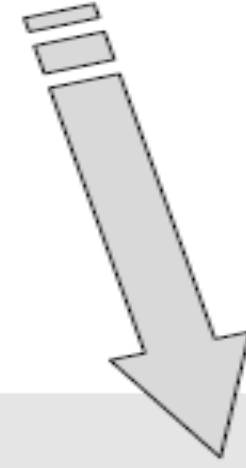


Dirençler  
Kondansatörler  
Bobinler

***Pasif devre elemanları***, genel amaçlı elemanlardır. Hemen hemen her elektronik devrede bulunurlar. Bu nedenle, bu elemanların *genel yönleriyle* tanınmaları, amaca uygun olarak kullanılmaları bakımından yeterlidir.

Aktif devre elemanları devrenin başka bir yerindeki değer ile (akım, gerilim, ...) durum değiştirir.

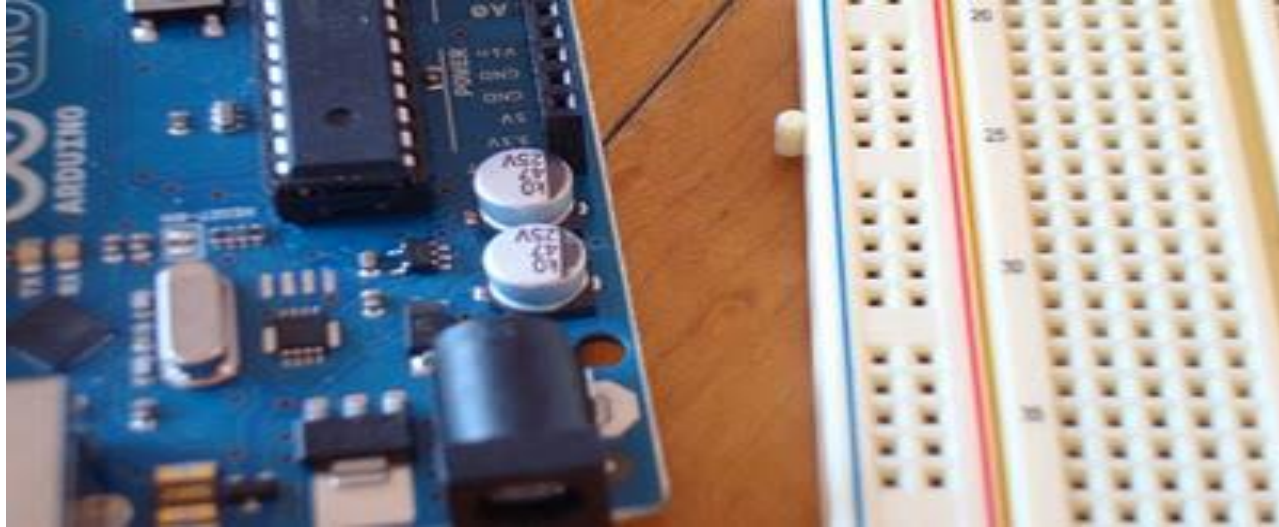
## 2. Aktif Devre Elemanları



Diyotlar  
Transistörler  
Entegre devreler

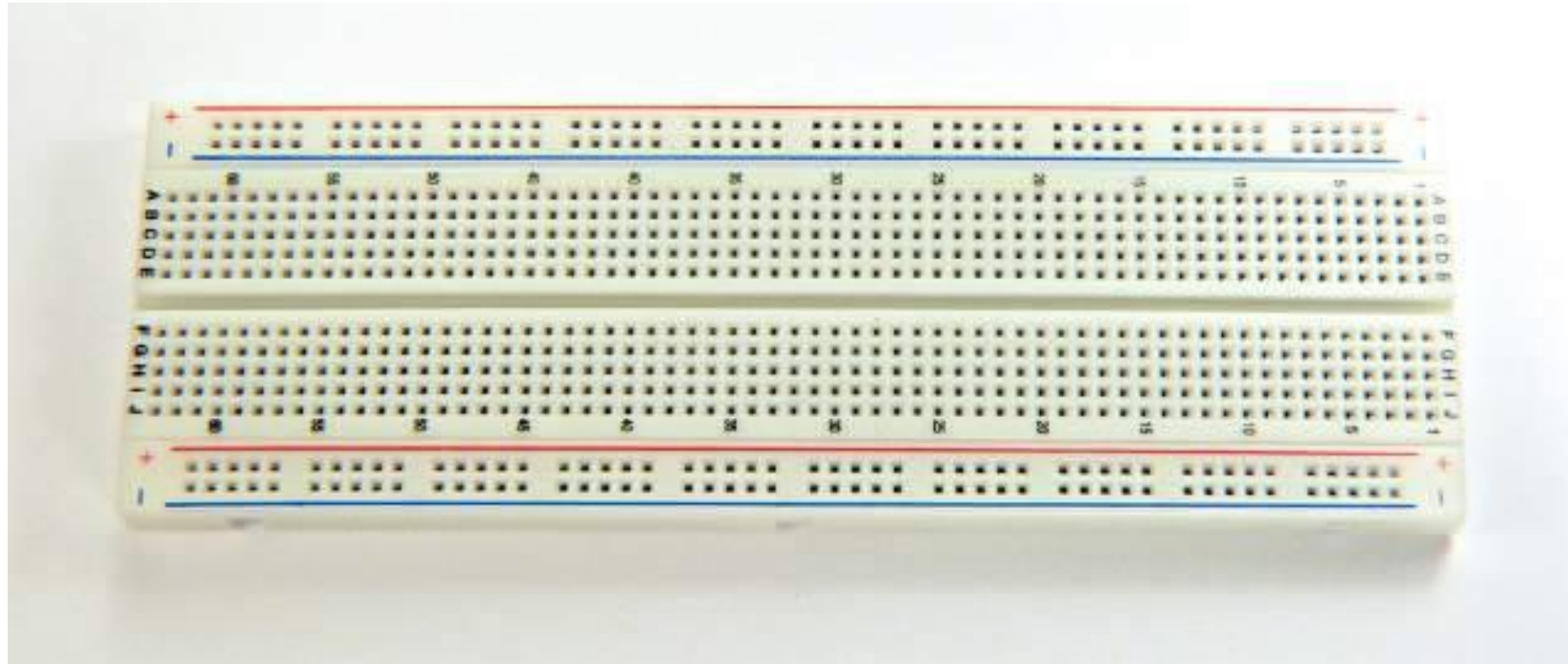
***Aktif devre elemanları***, ise özel amaçlı elemanlardır. Kullanılacak devrenin özelliğine göre, aktif devre elemanlarının özellikleri ve türleri de değişmektedir.

# What is a Development Board



- Devre Geliştirme bordu: Belirli bir gömülü sistem ile çalışmayı kolaylaştırmak için tasarlanmış bir baskılı devre kartı.
- Sistem:
  - power circuit
  - programming interface
  - basic input; usually buttons and LEDs
  - I/O pins

# Parts - Breadboard



Breadboard is a extension which is used when more pins are needed.

# Prototyping Circuits

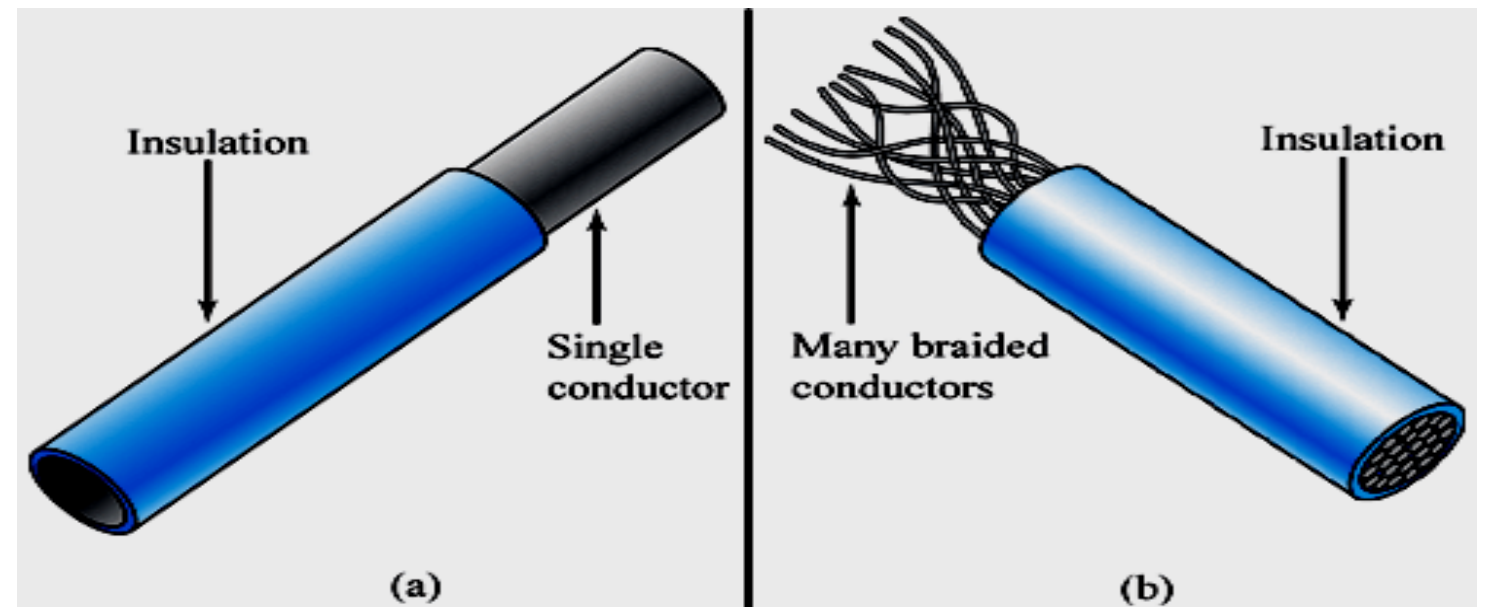
## Solderless Breadboard

- One of the most useful tools in an engineer or Maker's toolkit. The three most important things:
  - A breadboard is easier than soldering
  - A lot of those little holes are connected, which ones?
  - Sometimes breadboards break



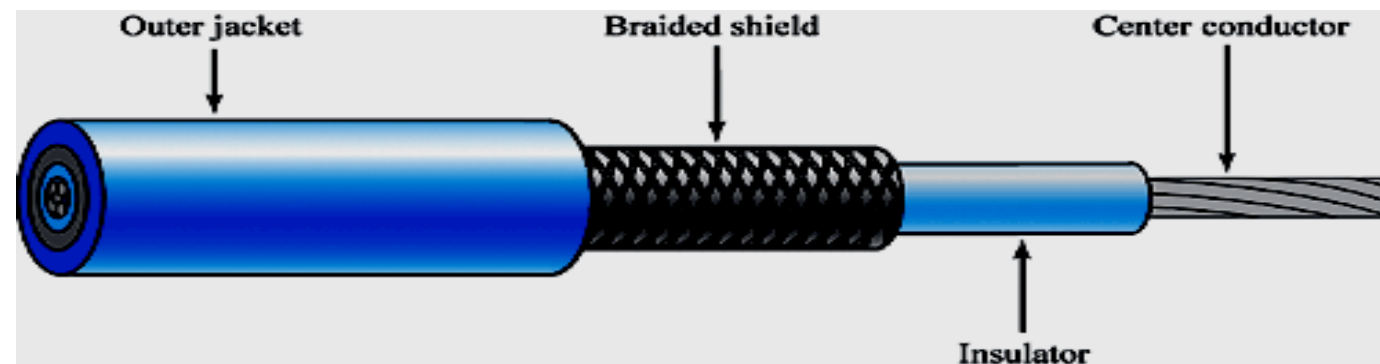
# Types of Wire and Cable

- There are many types of wire to choose from for a given application.
- Solid versus Stranded:
  - A given wire gauge of stranded wire consists of smaller wires braided together.
  - The final gauge size of the wire is determined by the overall diameter.
  - Stranded wires are less prone to breakage when flexed repeatedly.



# Coaxial Cable

- Coaxial cable consists of an insulated center conductor surrounded by a braided wire shield.
- A tough outer jacket encases both the center conductor and the braided shield.
- The braided shield is typically connected to a zero-potential in most applications. This provides a barrier preventing stray fields from inducing noise voltages into the center conductor.



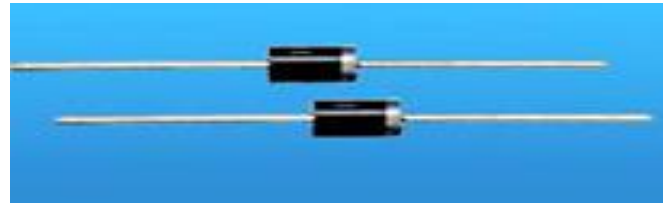
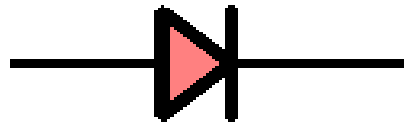
- Devre şeması çizerken elektronik devre elemanlarına ait semboller kullanılır. Devre şemalarını doğru şekilde anlayabilmek için bu sembolleri iyi tanımak gerekir. Aşağıdaki tabloda en çok kullanılan devre elemanlarının sembolleri görülmektedir.

- **Direnç**



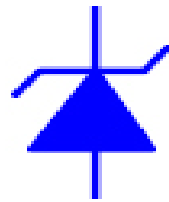
- Direnç değeri 100k, 1M, 56R şeklinde belirtilir.
- 100k: 100 kilo ohm
- 1M: 1 mega ohm
- 56R: 56 ohm

- **Diyot**



Diyot modeli devre şemasında 1N4001, 1N4148 şeklinde belirtilir.

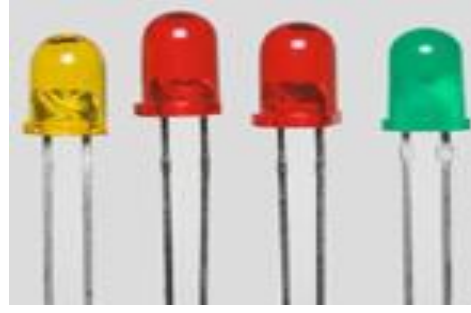
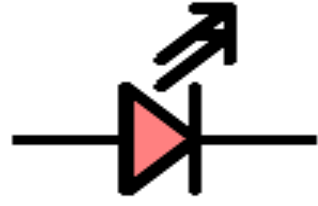
- **Zener Diyot**



Zener gerilimi, şema üzerinde 5V6 şeklinde belirtilir.  
(5V6 değeri zener diyodun 5.6V'luk olduğunu gösterir)

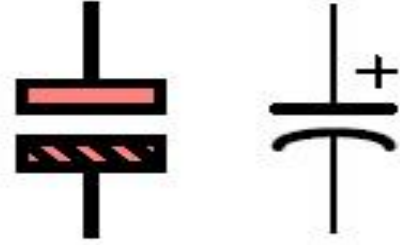


## LED (Işıık yayan diyot)



LED türü 3mm, 5mm, 10mm Şeklinde veya flux LED, power LED Şeklinde belirtilir.

## Elektrolitik (kutuplu) kondansatör



Kapasite değeri 100uF, 220uF Şeklinde belirtilir.  
uF: Mikro Farad  
Bağlantı sırasında kondansatörün yönüne dikkat edilir

## Kutupsuz kondansatör (seramik, polyester vb)



Kapasite değeri 10nF, 22pF Şeklinde belirtilir.  
nF: Nano Farad  
pF: Piko Farad  
Bu tür kondansatörlerin bağlantı yönü önemli değildir.

## Bobin



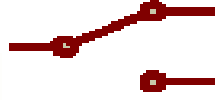
indüktans değeri 100uH, 20mH Şeklinde belirtilir.  
uH: Mikro Henry  
mH: Mili Henry

## Buton



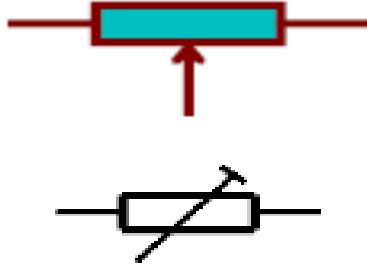
Devre şemasında buton türü için bir açıklama verilir.

## Anahtar



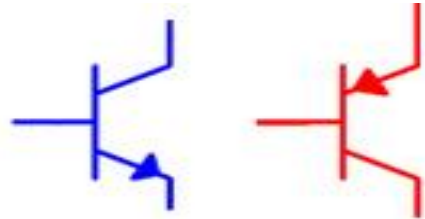
Devre şemasında anahtar türü için bir açıklama bulunur. Sürgülü tip, 2 konumlu tip gibi.

## Potansiyometre ve Trimpot



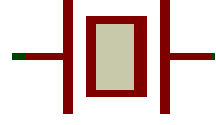
Direnç değeri 10k, 100k şeklinde belirtilir. Direnç ayarı elle veya tornavida ile yapılır. Hassas ayarlama gereken uygulamalarda çok türlü potansiyometre ya da çok türlü trimpot kullanılır.

## Transistör



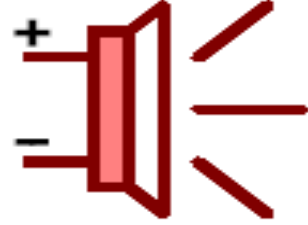
Transistör türü NPN veya PNP olabilir. Devre şemasında transistörün model numarası BC547, BC557 şeklinde belirtilir.

## Kristal



Kristal frekansı 4MHz, 3.5795MHz şeklinde belirtilir.  
MHz: Mega Hertz

## Hoparlör



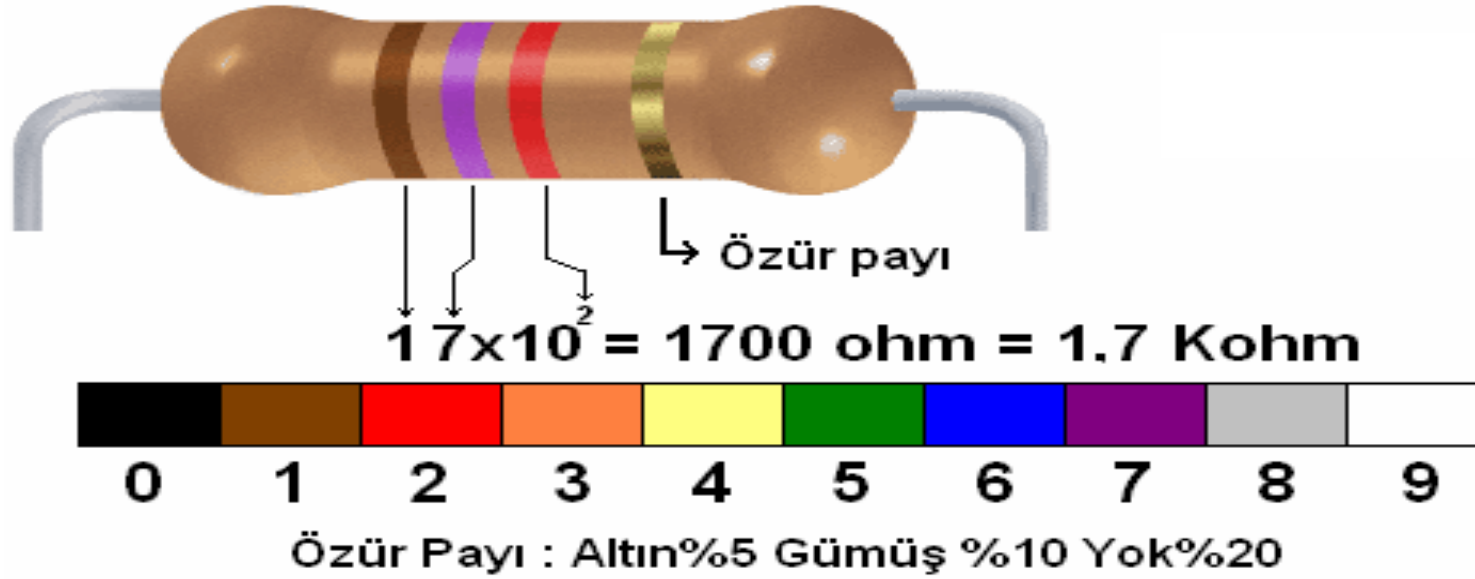
Hoparlörün empedansı ve gücü devre şemasında belirtilir.  
Örneğin, 8 ohm 0.25W'lık hoparlör gibi.

## Köprü doğrultucu



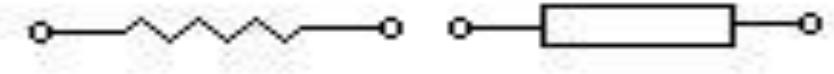
Köprü diyodun çalışma gerilimi ve akımı şema üzerinde belirtilir.  
Örneğin, B80C1000 değeri, köprü diyodun 80 volt, 1000 mA'lik olduğunu gösterir.

# Direnç - R



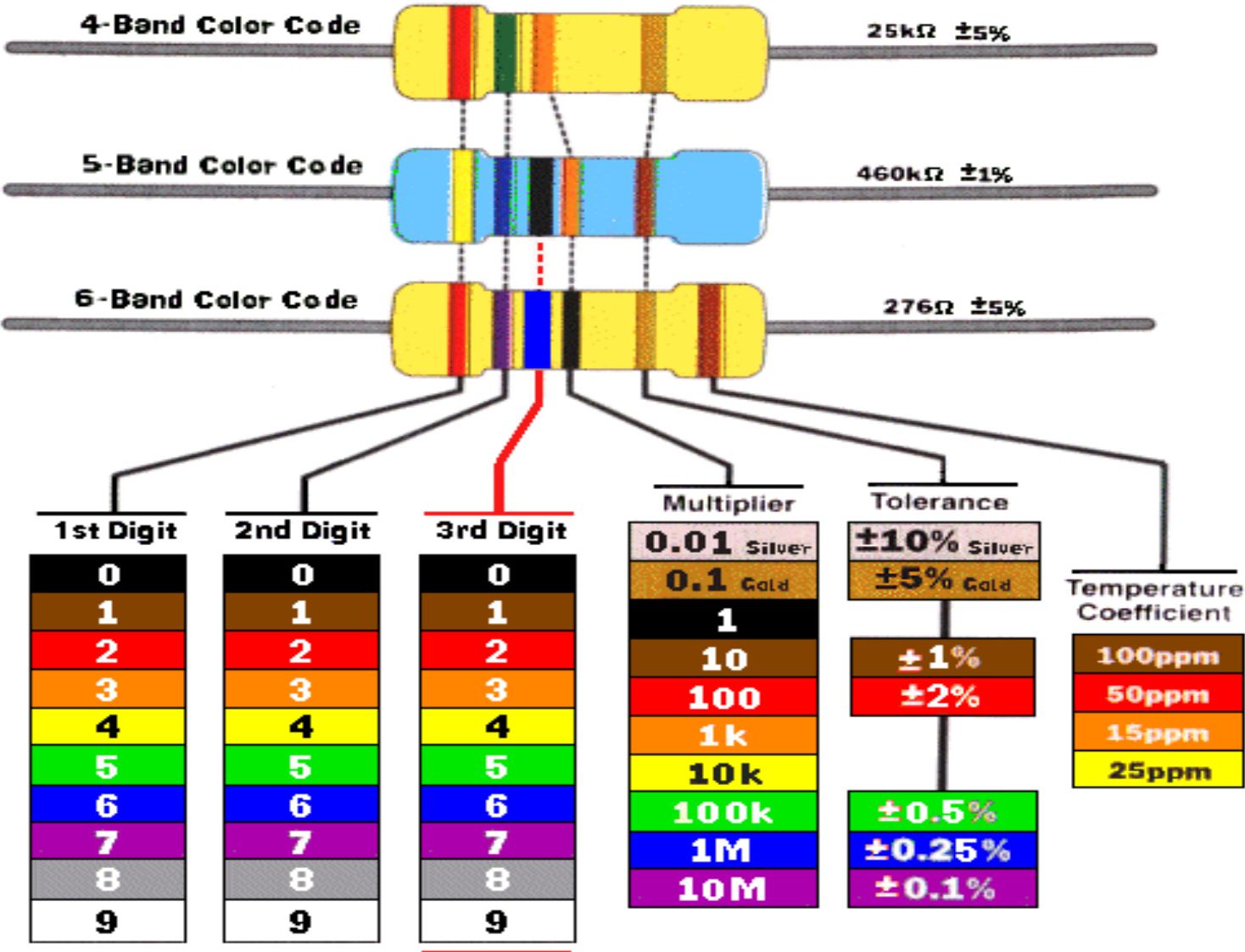
■ Birimi = ohm

■ Simgesi =



- **Direnç**, elektrik akımının akışına direnç gösteren, bu esnada [Ohm kanununa](#) göre uçları arasında gerilim düşümüne sebep olan devre elemanıdır. Ohm kanunu:  $V=RI$ ; burada V: gerilim, R: Direnç, I: akım. Seri devrede direnç üzerinde gerilim düşümü ile diğer elemanın üzerinde sabit bir gerilim oluimasını sağlar. Paralel devrede ise, direnç üzerinden akım akıtarak diğer devre elemanın üzerinden sabit akım akmasını sağlar.
- Elektrik Akımına karşı gösterilen zorluğa direnç denir. En çok akım sınırlamak ile gerilim veya akım bölmek amacıyla kullanılır.
- **Elektriksel direnci**, uçlarındaki gerilim düşümünün üzerinden geçen elektriksel akıma bölünmesiyle bulunur.
- "R" veya "r" harfi ile gösterilir ve birimi [Ohm](#)( $\Omega$ )'dur. Direnç, iletken yol yüzey direnci - ısı direnç gibi yönler ayrılır: Teoride, direnç ısıyla doğru orantılıdır.

# Resistor Color Code



## 4 band renk kodlama örnekleri



**Katsayı** = Mor (7), Yeşil (5)  
**Çarpan** = Kahverengi (1)  
**Tolerans** = Altın (%5)  
**Direnç değeri** =  $75 \times 10^1 = 750 \Omega$



**Katsayı** = Kahverengi (1), Siyah (0)  
**Çarpan** = Kahverengi (1)  
**Tolerans** = Gümüş (%10)  
**Direnç değeri** =  $10 \times 10^1 = 100 \Omega$



**Katsayı** = Beyaz (9), Kahverengi (1)  
**Çarpan** = Sarı (4)  
**Tolerans** = Altın (%5)  
**Direnç değeri** =  $91 \times 10^4 = 910 \text{ k}\Omega$



**Katsayı** = Kahverengi (1), Gri (8)  
**Çarpan** = Kırmızı (2)  
**Tolerans** = Altın (%5)  
**Direnç değeri** =  $18 \times 10^2 = 1.8 \text{ k}\Omega$



**Katsayı** = Kırmızı (2), Kırmızı (2)  
**Çarpan** = Sarı (4)  
**Tolerans** = Altın (%5)  
**Direnç değeri** =  $22 \times 10^4 = 220 \text{ k}\Omega$

## 5 band renk kodlama örnekleri



**Katsayı** = Kahverengi (1), Siyah (0), Siyah (0)  
**Çarpan** = Kahverengi (1)  
**Tolerans** = Kahverengi (%1)  
**Direnç değeri** =  $100 \times 10^1 = 1 \text{ k}\Omega$



**Katsayı** = Turuncu (3), Turuncu (3), Kırmızı (2)  
**Çarpan** = Kırmızı (2)  
**Tolerans** = Kahverengi (%1)  
**Direnç değeri** =  $332 \times 10^2 = 33.2 \text{ k}\Omega$



**Katsayı** = Mavi (6), Gri (8), Kahverengi (1)  
**Çarpan** = Turuncu (3)  
**Tolerans** = Kahverengi (%1)  
**Direnç değeri** =  $681 \times 10^3 = 681 \text{ k}\Omega$

## 6 band renk kodlama örnekleri



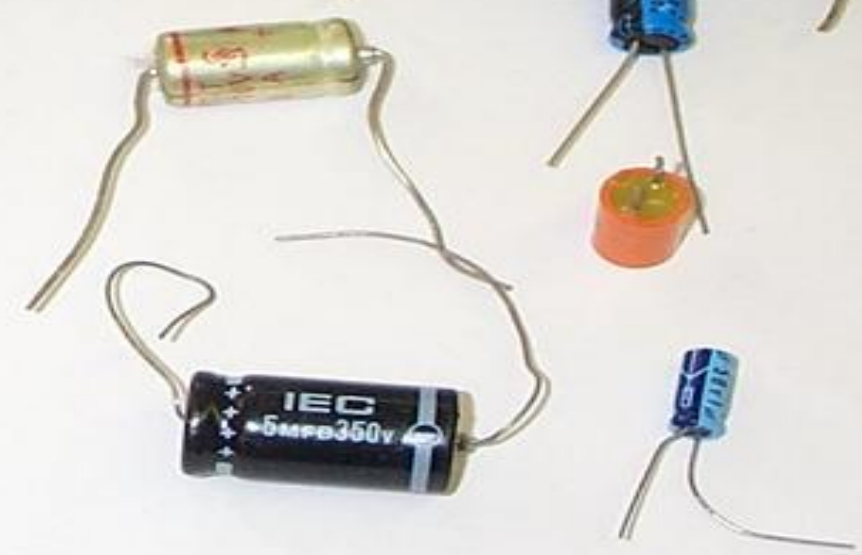
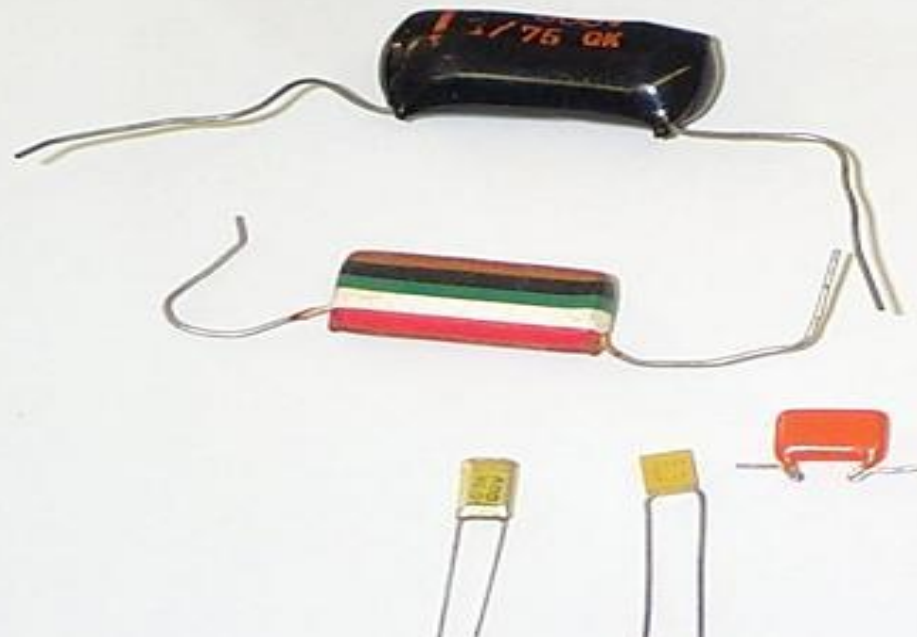
**Katsayı** = Kahverengi (1), Siyah (0), Siyah (0)  
**Çarpan** = Gümüş (0.01)  
**Tolerans** = Kırmızı (%2)  
**Sıcaklık katsayısı** = Kahverengi (100 ppm)  
**Direnç değeri** =  $100 \times 10^{-2} = 1 \Omega$

# Kondansatör - Kapasite

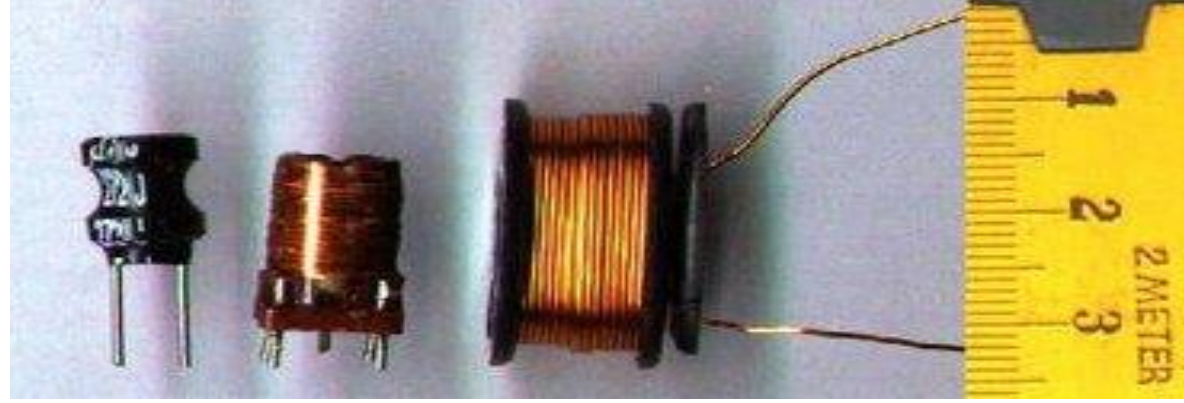
- **Kondansatör**, elektronların kutuplanarak [elektriksel yükü](#) [elektrik alanın](#) içerisinde enerji depolayabilme özelliklerinden faydalanılarak, bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan temel [elektrik](#) ve [elektronik devre elemanıdır](#).
- Piyasada kapasite, kapasitör, sığaç gibi isimlerle anılan kondansatörler günümüzde teknolojinin ilerlemesinde büyük önemi olan [elektrik](#) - [elektronik](#) dallarının en vazgeçilmez unsurlarından biri olmuştur.
- [Elektrik enerji yükü](#) depolama, [reaktif güç](#) kontrolü, bilgi kaybı engelleme, [AC/DC](#) arasında dönüşüm yapmada kullanılırlar ve tüm entegre [elektronik devrelerin](#) vazgeçilmez elemanıdırlar. Kondansatörlerin karakteristikleri olarak; plakalar arasında kullanılan [yalıtkanın](#) cinsi, çalışma ve dayanma [gerilimleri](#), depolayabildikleri yük miktarı sayılabilir.
- Bu kriterler göz önünde bulundurulduktan sonra gereksinime uygun olan kondansatör tercih edilir.
- Kondansatörlerin fiziksel büyüklükleri, çalışma gerilimleri ve depolayabilecekleri yük miktarına bağlıdır.
- Tasarım açısından ise çeşitlilik boldur, hemen hemen her boyut ve şekilde kondansatör temin edilebilir.
- Kapasiteler, alçak frekanslarda açık devre yüksek frekanslarda kısa devre özelliği gösterirler.



# Capacitors

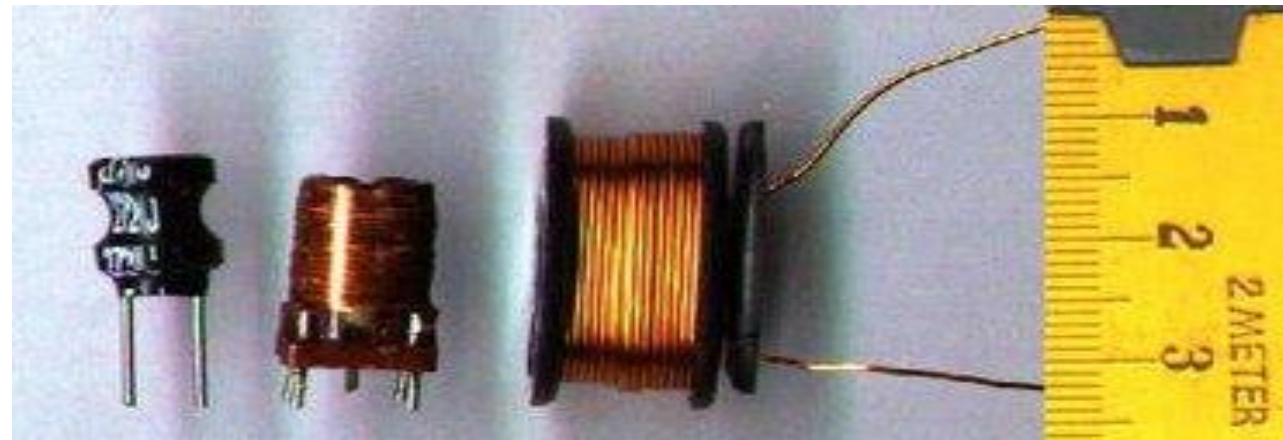


# *Endüktans - BOBİNLER*

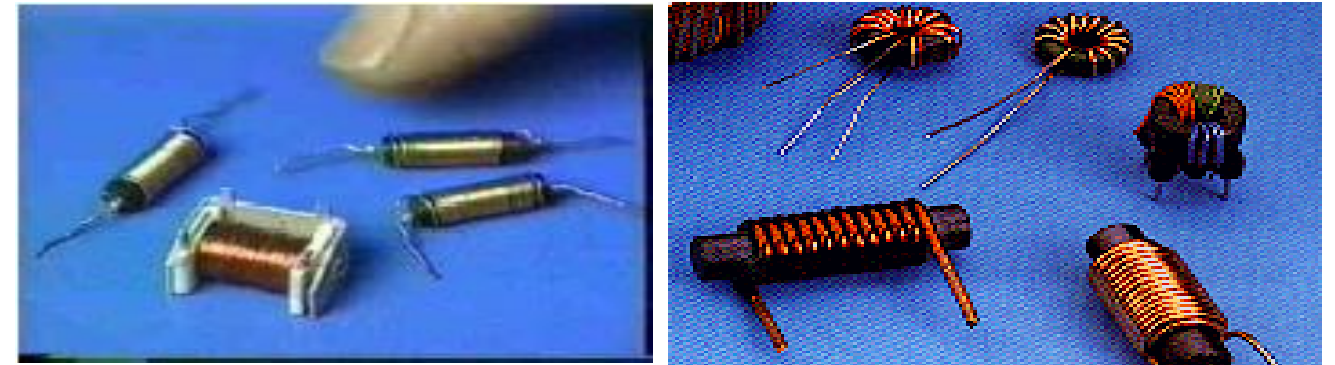


- İletken tellerin yan yana yada üst üstte sarılması ile elde edilen, DC beslemesinde direnç gösteren, AC ile beslemede akıma karşı direnç gösteren devre elemanlarına bobin denir.
- Bobinler alçak frekanslarda kısa devre yüksek frekanslarda ise açık devre özelliği gösterir.
- Bobinlerin Sembolü L , birimi Henry dir.
- Bobinler DC ile beslenen bir devrede çalışırken sadece ohmik direnç gösterir.
- AC ile beslenen devrede ise akıma gösterdiği direnç , AC devrenin frekansı ile orantılı olarak artar. Bu durumun sebebi bobinin etrafında oluşan manyetik alanın devreden akan akıma karşı koyma etkisi oluşturmaktadır.

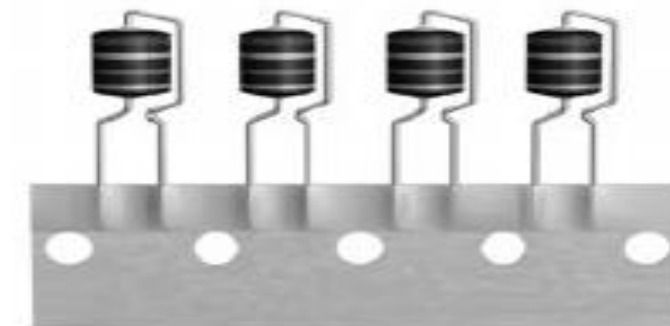
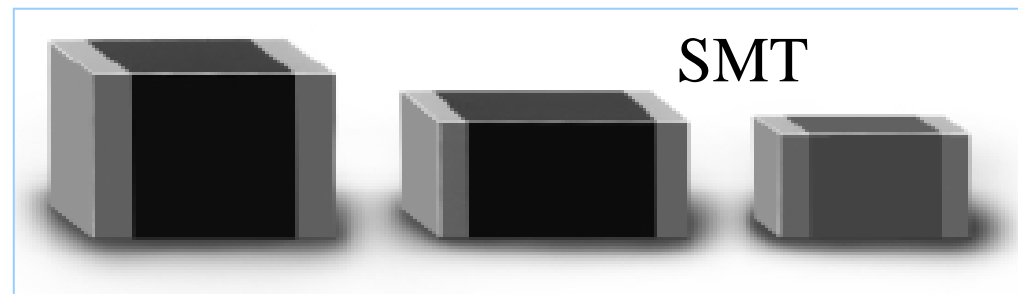
# Inductor Examples



Wire-wound Inductors



Wire-wound Inductors

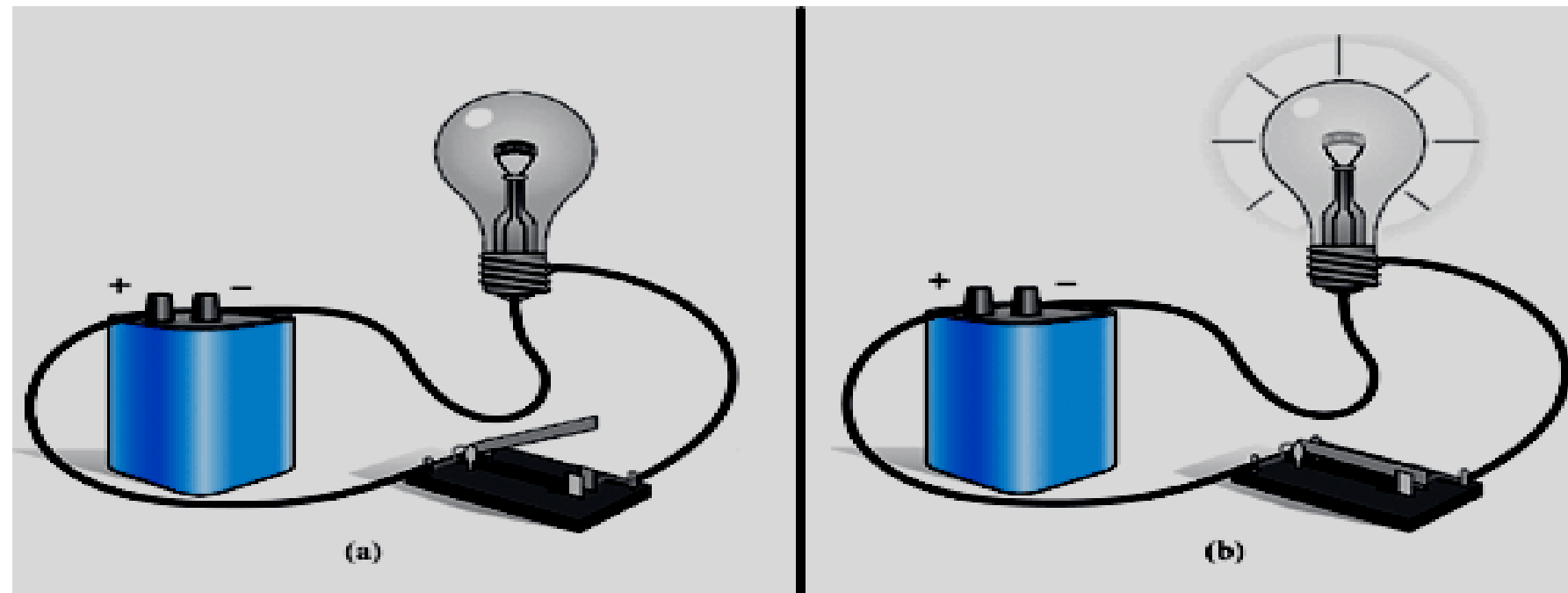


Ferrite drum wire-wound



# Switches

- Switches are yet another group of basic electrical devices.
- Switches break (open) or make (close) circuit connections.
- See below and following slide for examples.



# DC Motor

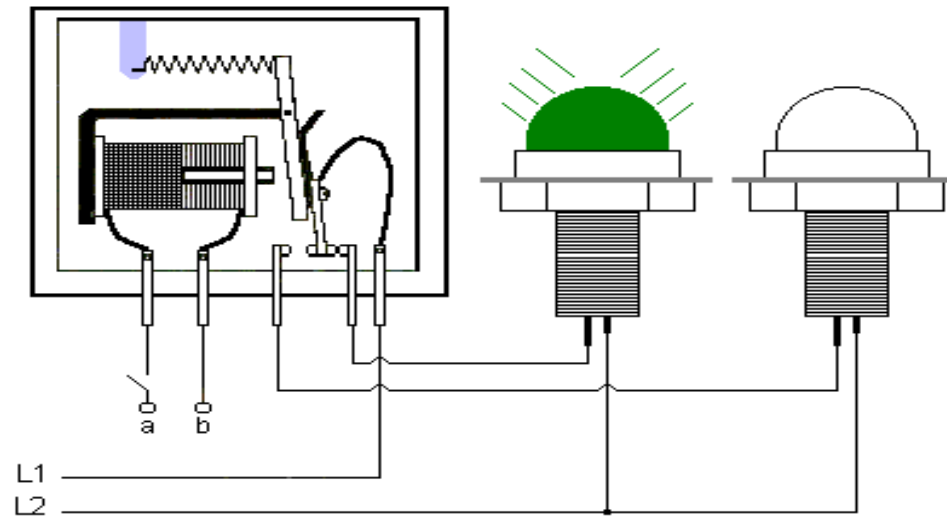
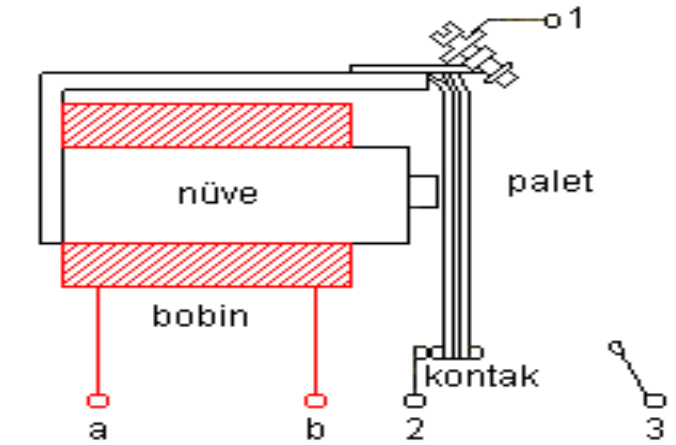
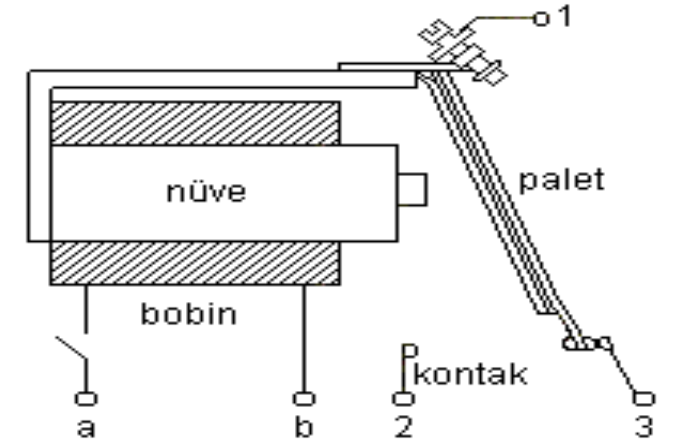


# Röleler

- Röle, bobin üzerinden akım geçtiği zaman iletken kontakları mıknatıs gibi çekip bırakan devre elemanıdır.
- Röle; bobin, palet ve kontak olmak üzere üç bölümden meydana gelir.
- Röle, birden çok kontak formları içinde örneğin; kontakları temas ettirme, kontakların temasını kesme veya bu iki durumun kombinasyonları gibi herhangi bir sayıda kontakla sahip olabilir.
- Röleler, bağımsız bir düşük güç sinyali ile bir devreyi kontrol etmenin gerekli olduğu veya birkaç devrenin tek bir sinyal tarafından kontrol edilmesi gereken yerlerde kullanılır.
- Röleler, telefon santrallerinde ve ilk bilgisayarlarda mantıksal işlemleri gerçekleştirmek için yaygın olarak kullanıldı.
- Rölenin geleneksel biçiminde, kontakları kapatmak veya açmak için bir elektromıknatıs kullanır.
- Elektrik motorları, motora aşırı yüklenmeden kaynaklanan hasarı önlemek veya bağlantı kablolarındaki kısa devrelere veya motor sargılarındaki dahili arızalara karşı koruma sağlamak için aşırı akım korumasına ihtiyaç duyar.

# RÖLELER

- Ufak güçteki elektromanyetik anahtarlara röle adı verilir. Röleler elektromıknatis, palet ve kontaklar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Elektromıknatis, demir nüve ve üzerine sarılmış bobinden meydana gelir.



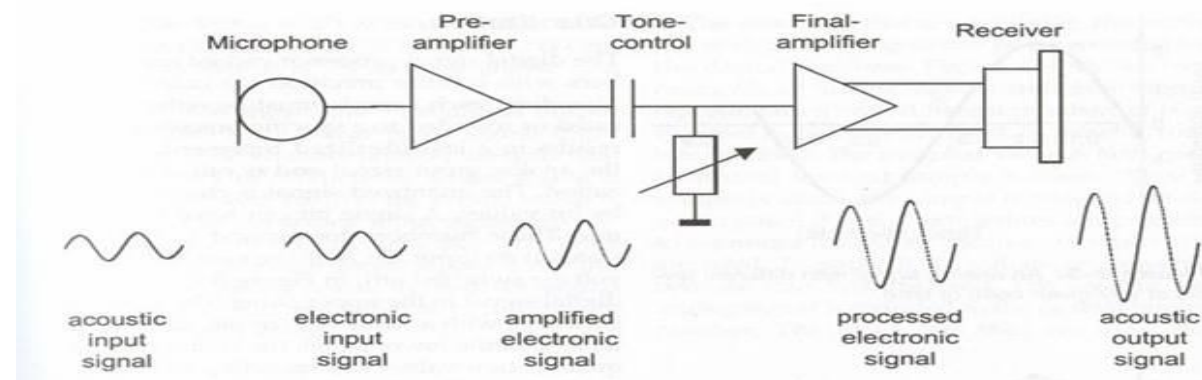
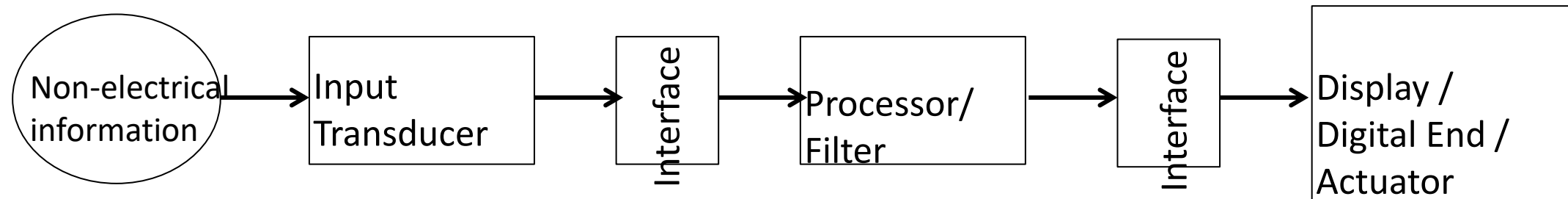


# Aktif Elektronik Devre Elemanları



# Analog Electronics Systems

❖ Block diagram of an analog electronic system.



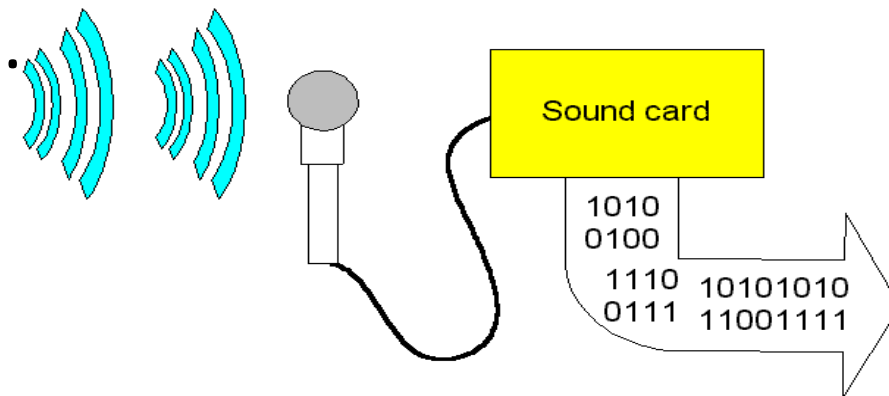
A Loud Speaker system.

# Typical block chain in an Electronic System

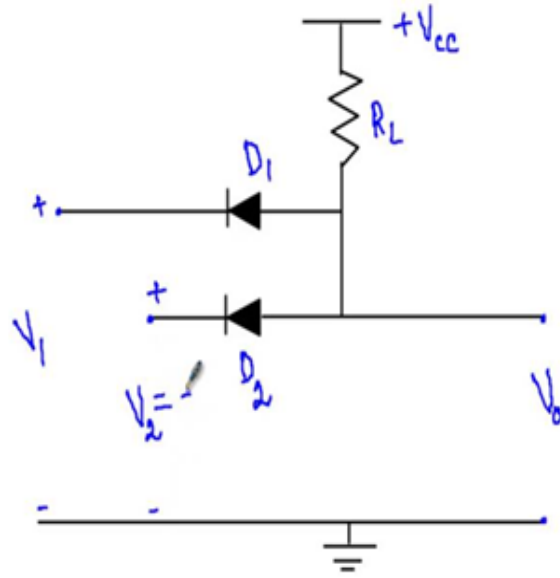
- Sensor/Transducer: converts the real-world signal into an analog electrical signal.
- Filters: The analog signal is often weak and noisy, so filters are required to remove noise.
- Amplifiers: are needed to strengthen the signal.
- A/D converters: if digital processing is required.

# Typical block chain in an Electronic System

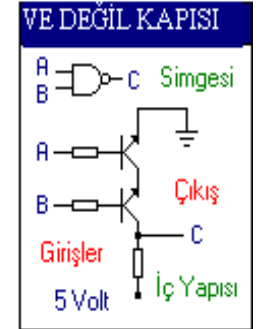
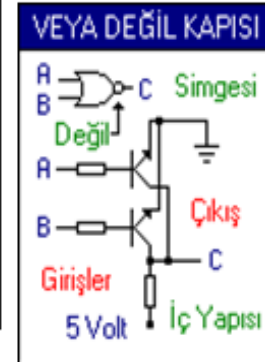
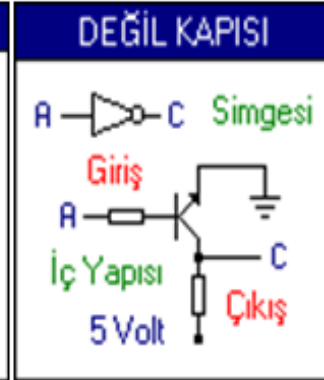
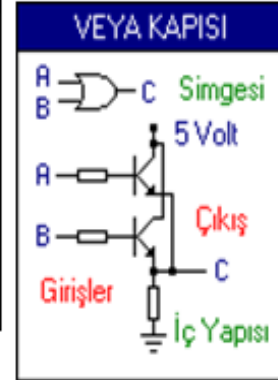
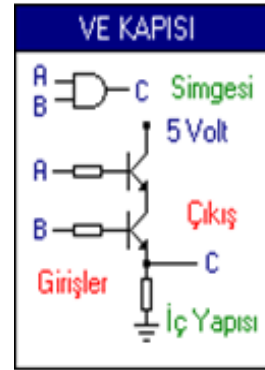
- An analog-to-digital converter transforms the analog signal into a stream of 0's and 1's.
- The digital data is processed by a CPU, such as a DSP, a microprocessor, or a microcontroller.
- Digital-to-analog conversion (DAC) is necessary to convert the stream of 0's and 1's back into analog form.

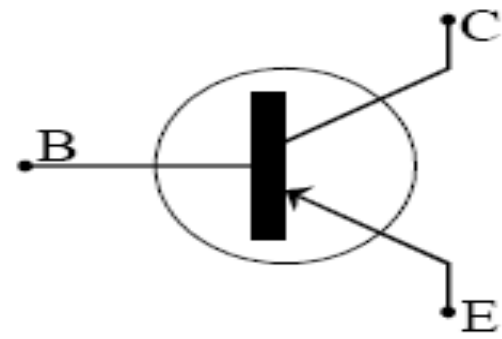
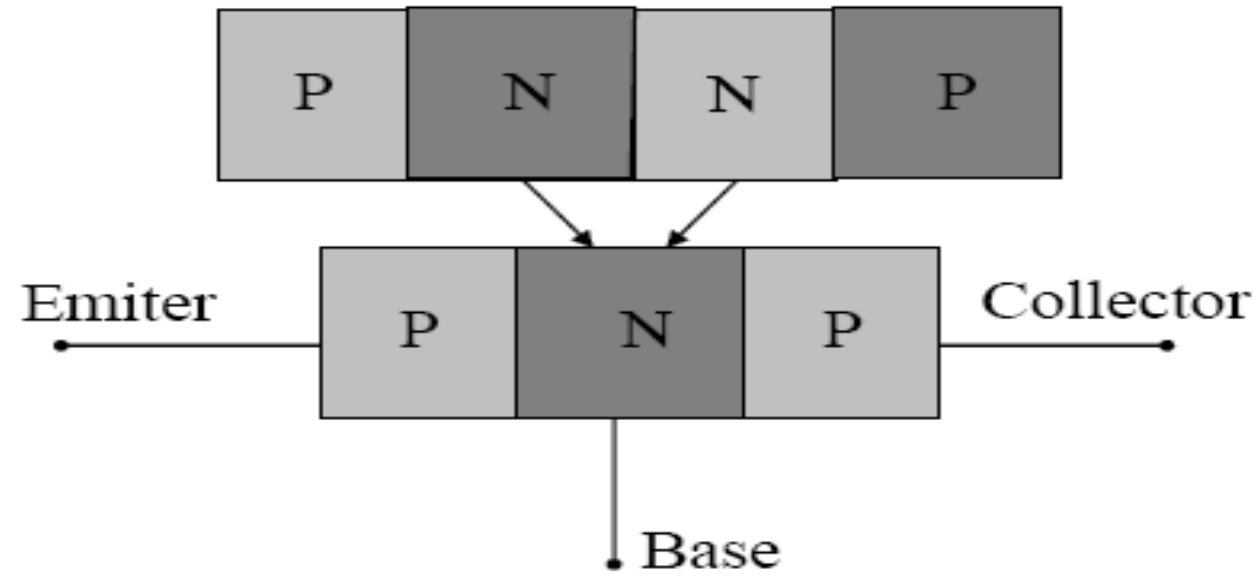


# Lojik Kapıları

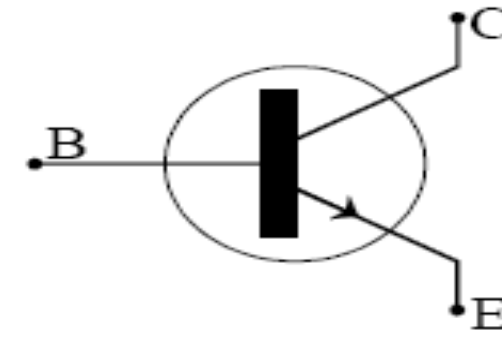
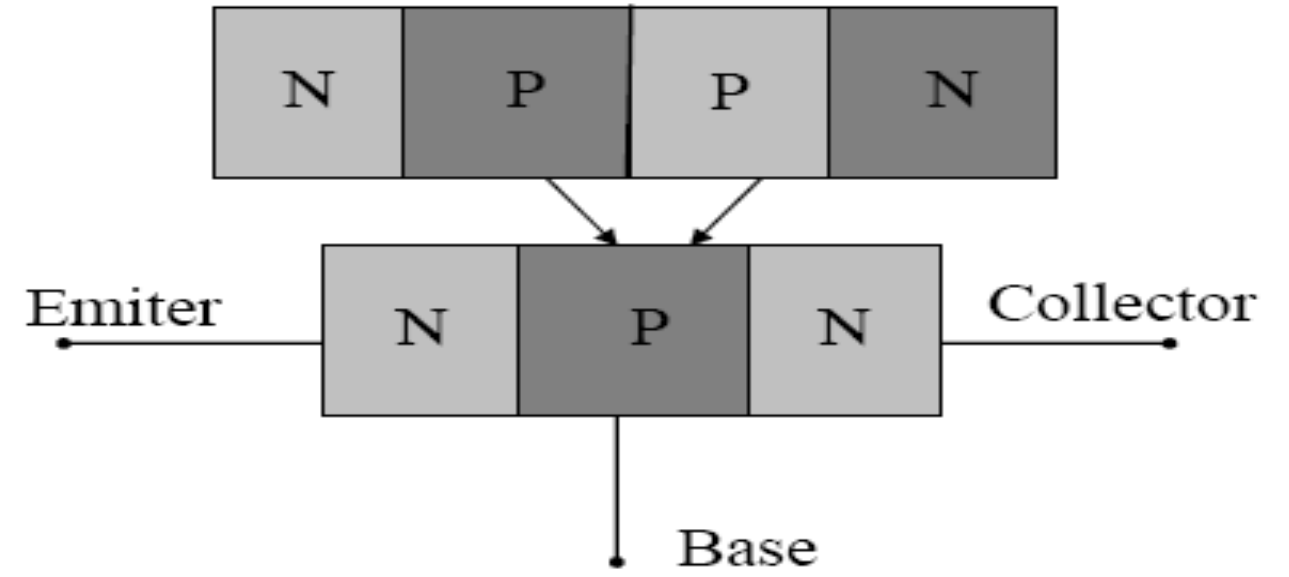


$V_1$	$V_2$	$V_o$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



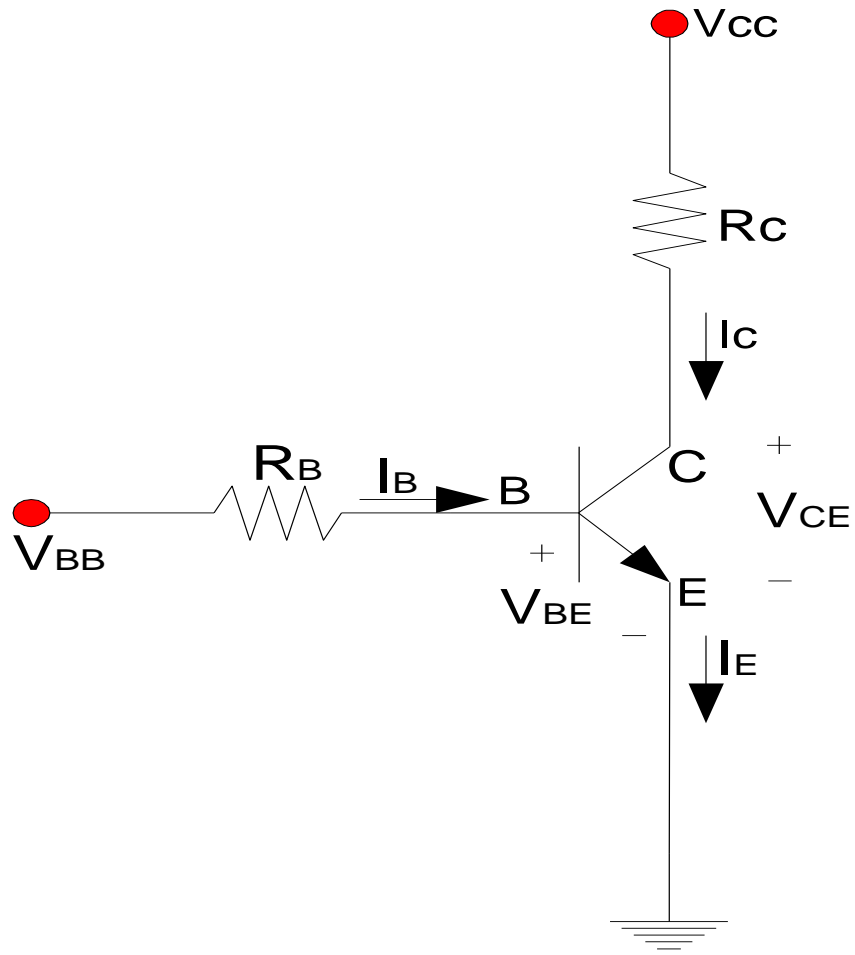


(a)



(b)

PNP (a) ve NPN (b) transistor ve sembolleri



$$V_{CC} = R_C * I_C + V_{CE}$$

$$V_{BB} = R_B * I_B + V_{BE}$$

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_{C SAT} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

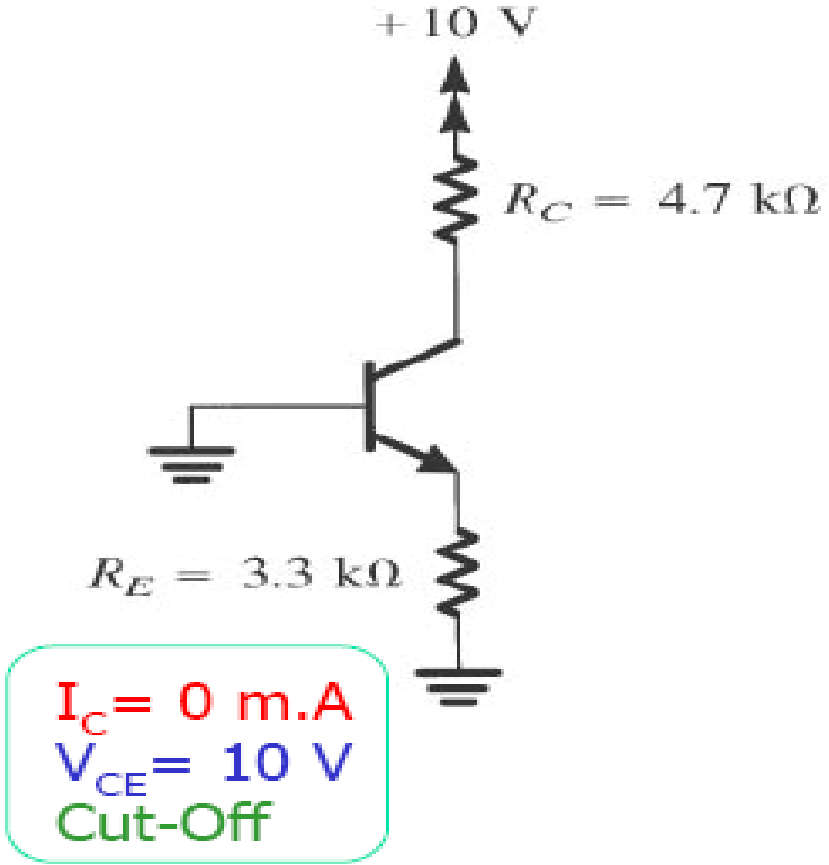
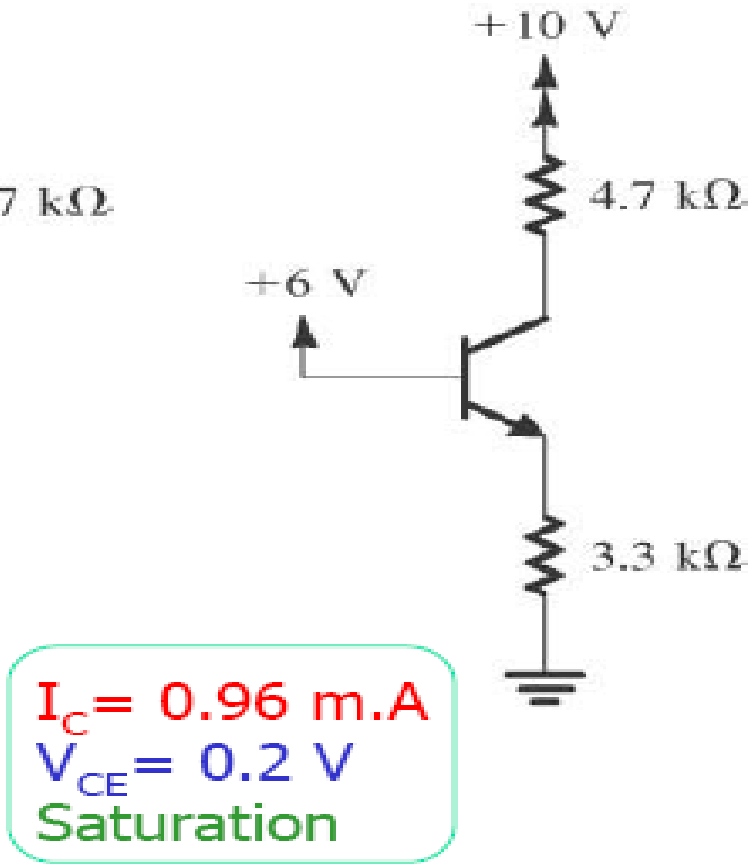
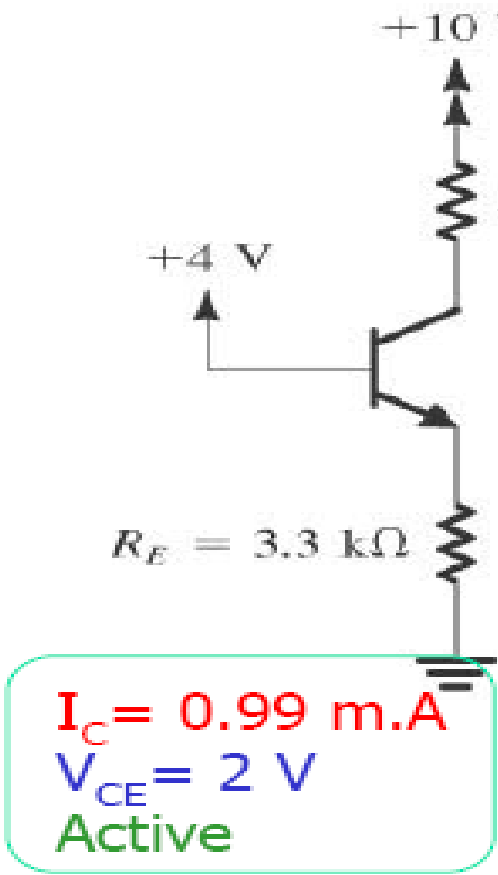
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$V_{CE} \leq 0V$  ya da  $I_C \geq I_{C SAT}$  ; Saturasyon  $V_{CE} = 0V$  Olur.

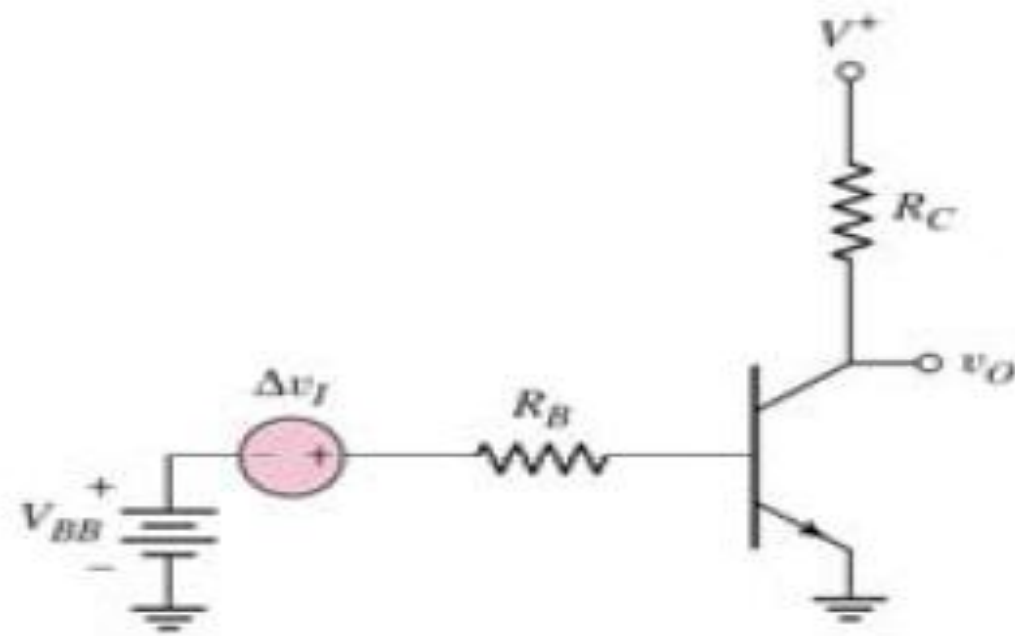
$I_B \leq 0A$  ise ; Kesmede  $I_B = I_C = 0A$  Olur.

- $R_C = 1.2K$
- $R_B = 1K$
- $\beta = 100$
- $V_{BE} = 0.7V$
- $V_{CC} = 12V$
- A)  $V_{BB} = 0.7, V_{CE} = ?$
- B)  $V_{BB} = 0.8V, V_{CE} = ?$

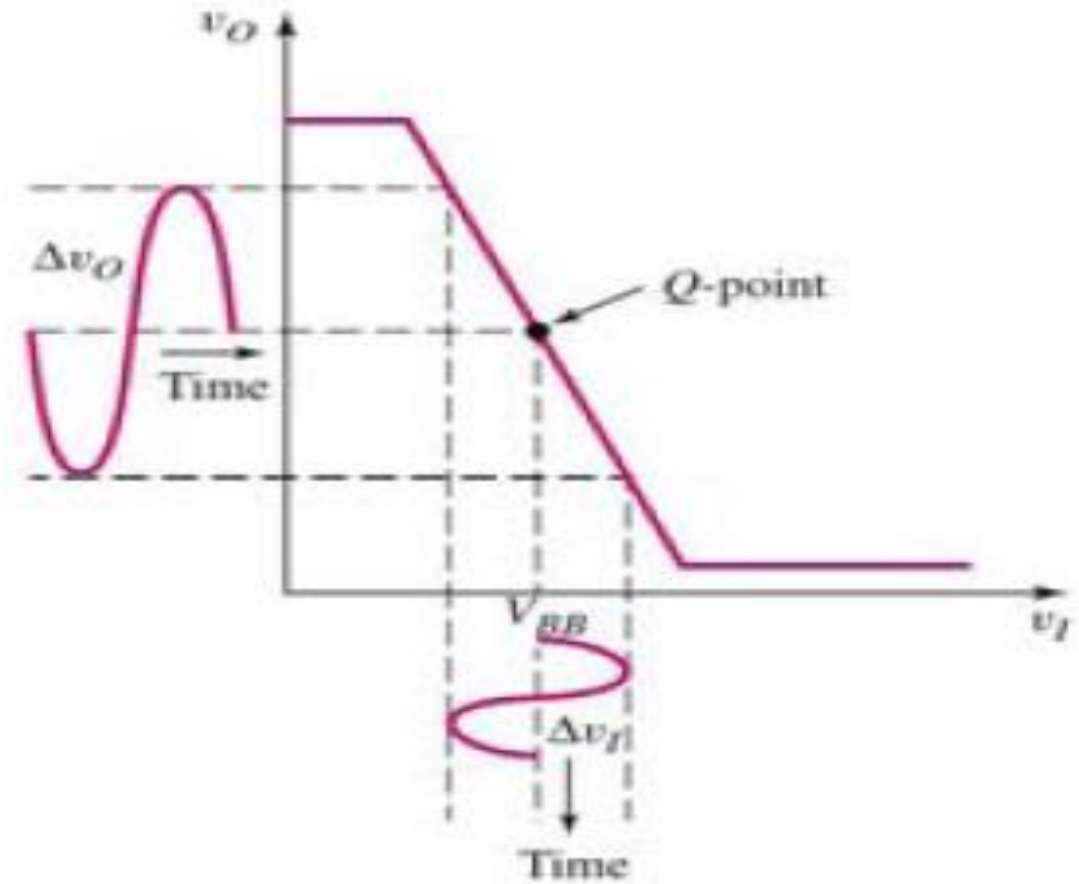
Calculate the transistor operating point ( $I_C$ ,  $V_{CE}$ ) in the following circuits assuming  $\beta=100$ ,  $V_{BE} = 0.7V$  and  $V_{CEsat} = 0.2 V$ . What is the region of operation?



- Amplifier



(a)

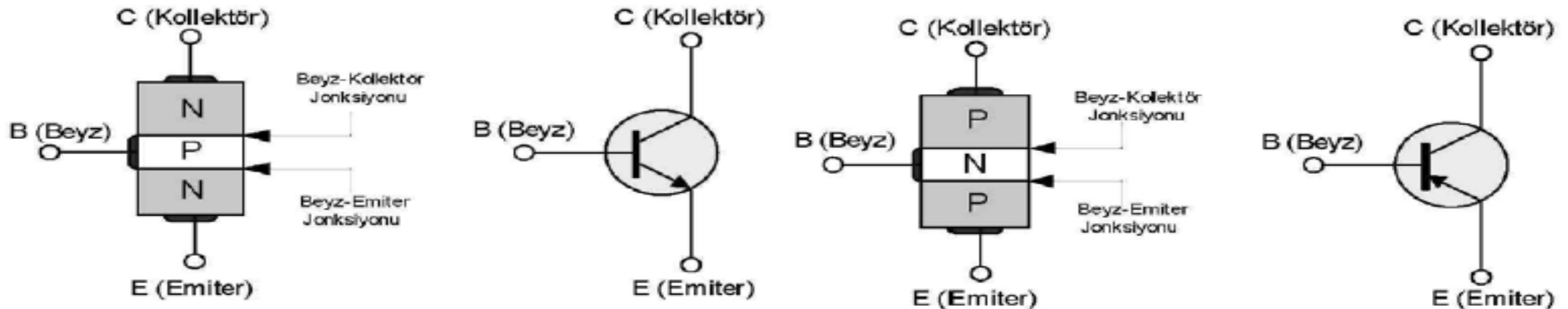


(b)



# Transistörün Yapısı

- **Transistör:** Elektron akışını kontrol eden, yarı iletken teknolojisinde üretilen bir devre elemanıdır.
- Transistörün her bir terminale işlevlerinden ötürü; Emiter (*Emiter*), Beyz (*Base*) ve Kollektör (*Collector*) adları verilir. Bu terminaller; genelde *E, B ve C harfleri ile sembolize edilirler.*
- Fiziksel yapıdan da görüldüğü gibi transistörün iki jonksiyonu vardır.
- Bunlardan beyz-emiter arasındaki bölge “beyz-emiter jonksiyonu”, beyz-kollektör arasındaki bölge ise “beyzkollektör jonksiyonu” olarak adlandırılır.
- Transistörlerde beyz bölgesi; kollektör ve emiter bölgelerine göre daha az katkılandırılır. Ayrıca beyz bölgesi; kollektör ve emiter bölgesine nazaran çok daha dar tutulur.



a) NPN tipi transistörün fiziksel yapısı ve şematik sembolü

b) PNP tipi transistörün fiziksel yapısı ve şematik sembolü

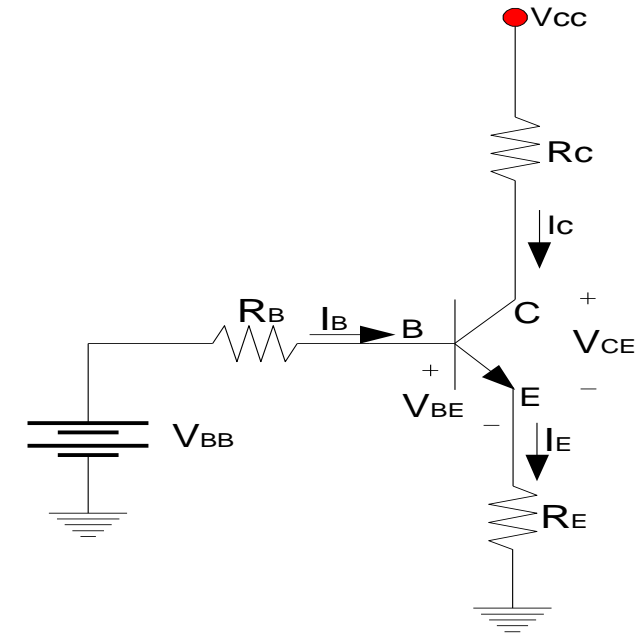
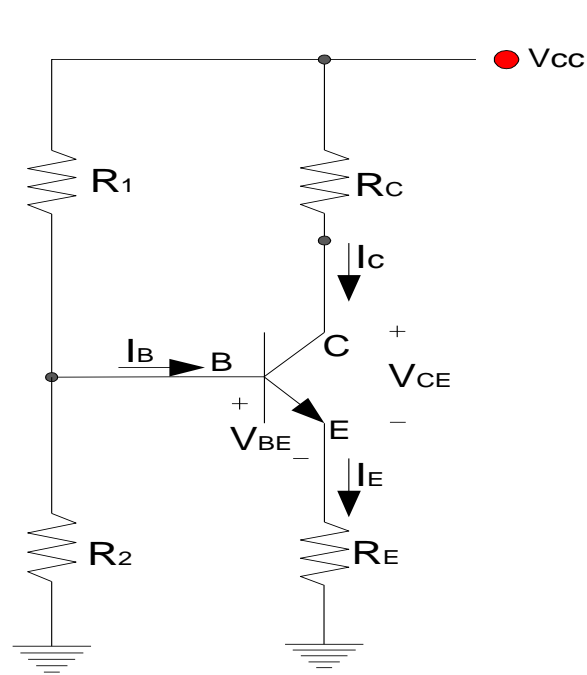
# Transistörün Çalışma İlkeleri

- ▶ Transistörleri iki beslemesi vardır: DC (Doğru akım), ve AC (alternatif ya da analog)
- ▶ Bipolar transistörlerin genelde iki çalışma modu vardır. Bunlar, **yükselteç (amplifier) ve anahtar olarak çalışma modlarıdır.**
- ▶ **Transistör, her iki çalışma modunda da harici DC besleme** gerilimlerine gereksinim duyar.
- ▶ Transistörler genellikle çalışma bölgelerine göre sınıflandırılarak incelenebilir. Çalışma bölgelerini DC besleme ile elde edilir.
- ▶ Transistörün çalışma bölgeleri; **kesim, doyum ve aktif bölge olarak adlandırılır.**
- ▶ **Transistör; kesim ve doyum bölgelerinde bir anahtar işlevi görür.**
- ▶ **Özellikle sayısal sistemlerin tasarımında transistörün bu özelliğinden yararlanır ve anahtar olarak kullanılır.**
- ▶ Transistörün çok yaygın olarak kullanılan bir diğer özelliği ise **yükselteç olarak kullanılmasıdır.** **Yükselteç olarak kullanılacak bir transistör aktif bölgede çalıştırılır.**
- ▶ **Yükselteç olarak çalıştırılacak bir transistörün PN** jonksiyonları uygun şekilde polarmalandırılmalıdır.

# Transistör Kategorileri

- Genel Amaçlı, Küçük Sinyal Transistörleri genellikle orta güçlü yükselteç veya anahtarlama devrelerinde kullanılır.
- Güç (power) transistörleri yüksek akım ve gerilim değerlerinde çalıştırılmak üzere tasarlanmışlardır. Dolayısıyla boyutları oldukça büyüktür.
- Radyo Frekans (RF) Transistörleri: Çok yüksek frekansla çalışan sistemlerde (Radyo Frekans = RF) çalıştırılmak üzere tasarlanmış transistörler, RF transistörleri olarak anılmaktadır.

# Transistör - DC Analiz



$$V_{BB} = V_{CC} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad R_B = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{CC} = R_C * I_C + V_{CE} + R_E * I_E$$

$$V_{BB} = R_B * I_B + V_{BE} + R_E * I_E$$

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_E = I_C + I_B = \beta * I_B + I_B = (1 + \beta) * I_B$$

$$I_E = I_C + \frac{I_C}{\beta} = \left(\frac{1 + \beta}{\beta}\right) * I_C$$

Transistör aktif devre elemanıdır. Çünkü devre elemanı dışındaki bir gerili ya da akım bileşeni transistörün akımın ya da gerilimini kontrol eder. Ic akımı IB akımını hfe kayı ile kontrol edilir.

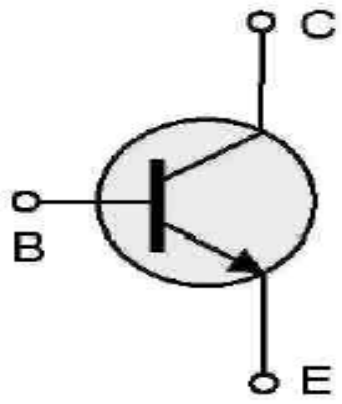
# Transistörlerin Test Edilmesi

- ▶ Elektronik cihazlarda arızalar genellikle yarıiletken devre elemanlarının bozulmasından kaynaklanır.
- ▶ Bu nedenle herhangi bir cihazın onarımında ilk aşama cihazda kullanılan yarıiletken devre elemanlarının sağlamlık testinin yapılmasıdır.
- ▶ Transistörlerin sağlamlık testi; ***statik ve dinamik test olmak üzere iki aşamada yapılabilir.***
- ▶ Transistöre herhangi bir enerji uygulamadan bir ölçü aleti ile yapılan test işlemine statik test denir.
- ▶ Bu işlemde transistörün jonksiyonlar arası direnci ölçülür.
- ▶ Dinamik test işlemi ise transistör devre üzerinde çalışma halindeyken yapılır.
- ▶ Bu işlemde transistör üzerinde oluşabilecek polarma gerilim ve akımlarının ölçümü yapılır.

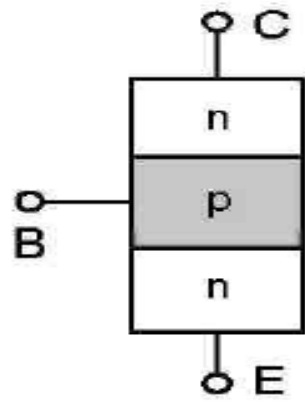
# Transistörün Statik Testi

- ▶ Sayısal veya analog bir multimetre kullanılarak herhangi bir transistörün sağlamlık testi yapılabilir.
- ▶ Test işleminde sonucunda transistörün sağlam olup olmadığının yanı sıra transistör tipi (***PNP veya NPN***) ve ***transistör terminalleride (B,E,C) belirlenebilir.***
- ▶ ***NPN veya PNP tipi bir transistörün test işleminde pratik bir çözüm, transistörü sırt sırta bağlı*** iki diyot gibi düşünmektir.
- ▶ Test işleminde bu durum bize kolaylık sağlar.
- ▶ ***NPN ve PNP tipi*** transistörlerin diyot eşdeğerleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.
- ▶ Bu durum sadece transistörü test etmemizde bize kolaylık sağlar.
- ▶ İki gerçek diyot, şekilde belirtildiği gibi bağlanırsa transistör olamayacağı ve transistör gibi çalışmayacağı özellikle bilinmelidir.

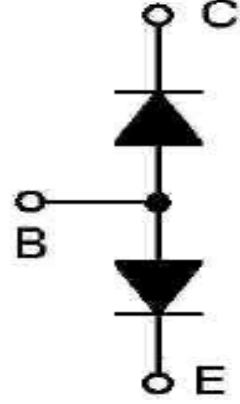
# Transistörün Statik Testi



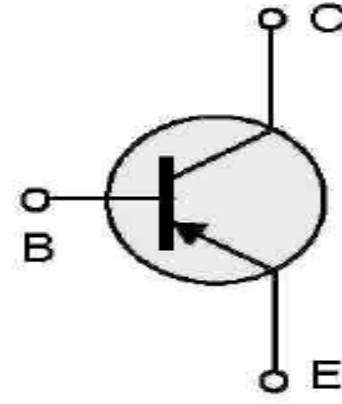
Sembolü



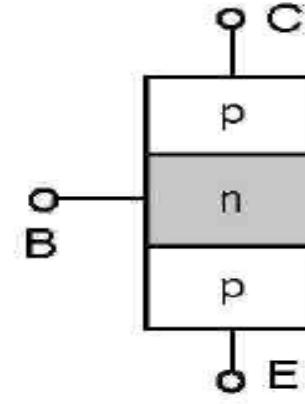
Yapısı



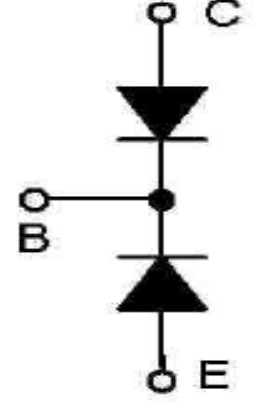
Diyot eşdeğeri



Sembolü



Yapısı



Diyot eşdeğeri

*NPN* tipi transistör ve diyot eşdeğeri

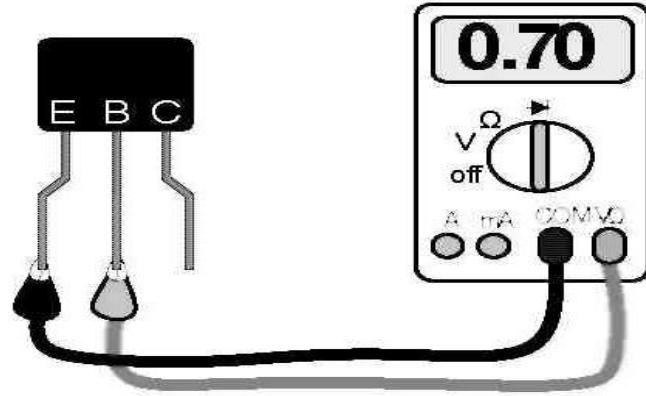
*PNP* tipi transistör ve diyot eşdeğeri

# Transistörün Statik Testi

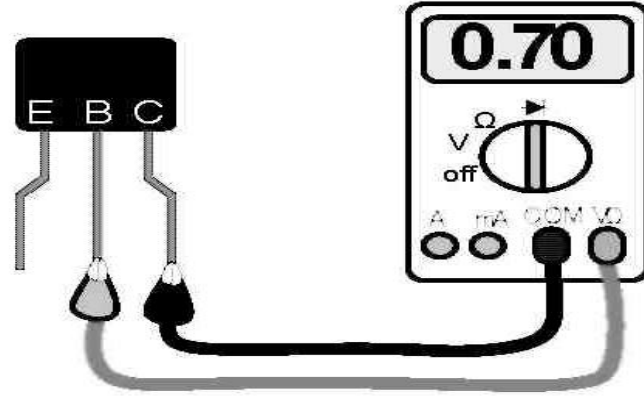
- ▶ Transistörün diyot eşdeğer devresinden yararlanılarak sayısal bir multimetre ile test işleminin nasıl yapılabileceği aşağıdaki şekil ile anlatılacaktır.
- ▶ Test işlemi için sayısal multimetre'nin diyot ölçme konumu kullanılır.
- ▶ Her bir aşamada transistörün sadece iki terminali arasındaki öngerilim ölçülür.
- ▶ Sağlam bir transistör'ün doğru polarma altında terminalleri arasındaki öngerilim 0,7 V civarındadır.
- ▶ Ters polarma altında ise bu değer multimetrenin pil gerilimidir.
- ▶ Şekil üzerinde bir transistör için gerekli test aşamaları ve sonuçları adım adım gösterilmiştir.



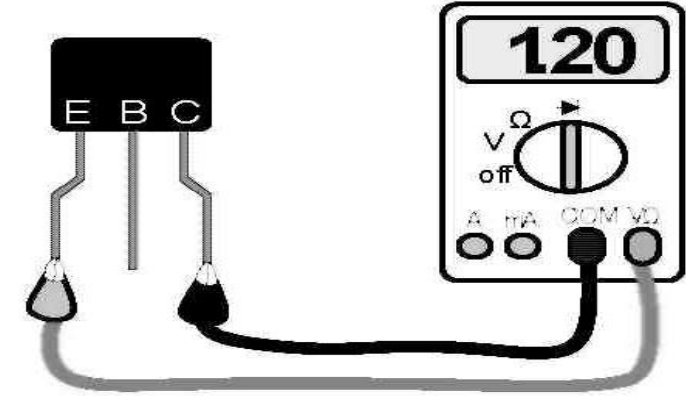
# Transistörün Statik Testi



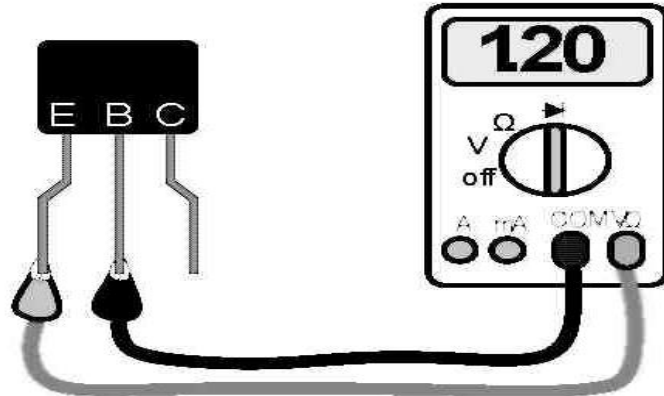
a) E-B jonksiyonu doğru polarma  
Sonuç: Doğru değer



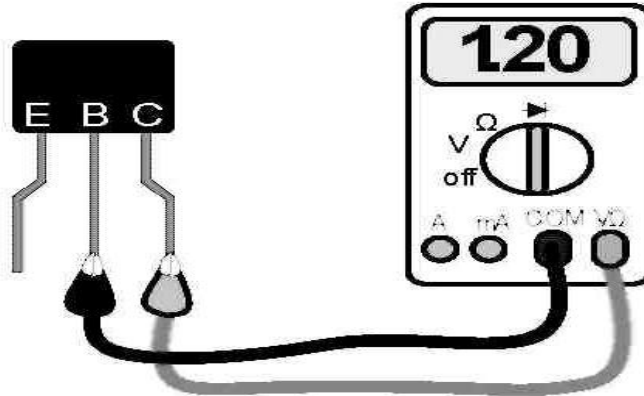
b) B-C jonksiyonu doğru polarma  
Sonuç: Doğru değer



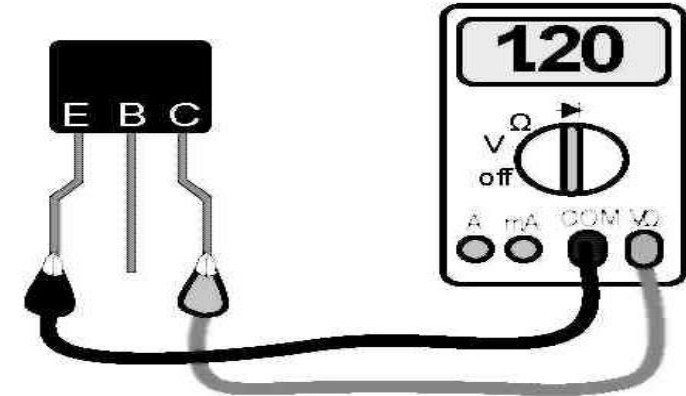
c) E-C jonksiyonu testi  
Sonuç: Doğru değer



d) E-B jonksiyonu ters polarma  
Sonuç: Doğru Değer

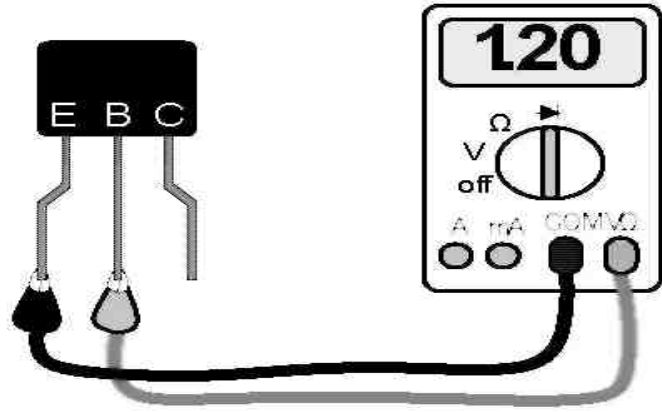


e) B-C jonksiyonu ters polarma  
Sonuç: Doğru değer

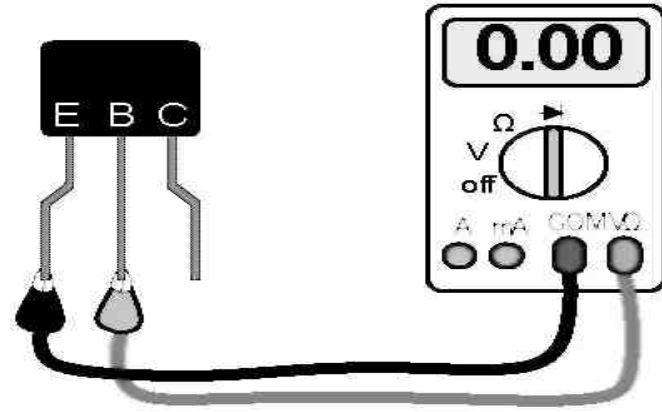


f) E-C jonksiyonu testi  
Sonuç: Doğru değer

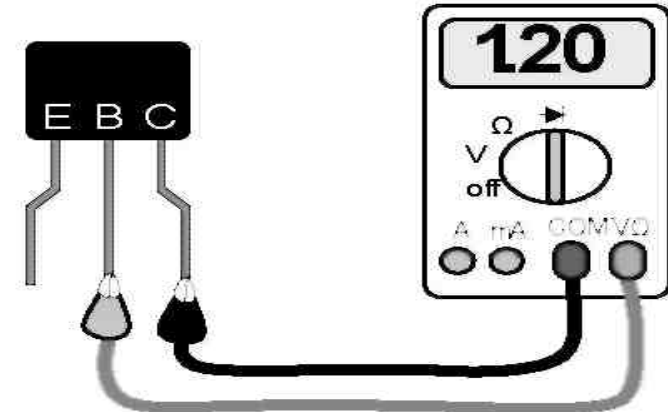
# Transistörün Statik Testi



g) E-B jonksiyonu doğru polarma  
Sonuç: E-B Bozuk açık devre



h) B-C jonksiyonu doğru polarma  
Sonuç: E-B Bozuk kısa devre



i) B-C jonksiyonu doğru polarma  
Sonuç: B-C Bozuk açık devre

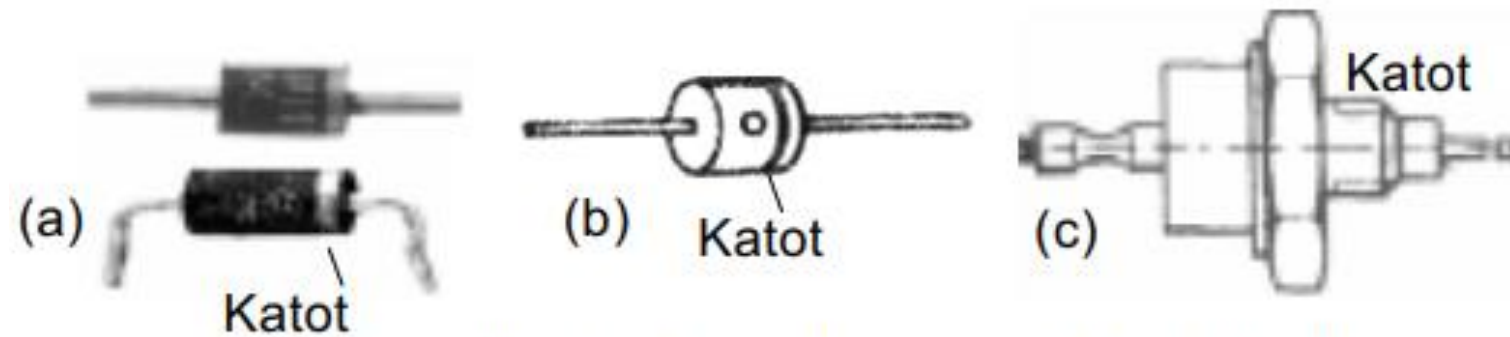
- Test işlemi, analog multimetre kullanılarak da yapılabilir. Multimetre, ohm kademesine alınır.
- Transistörün jonksiyonları arasındaki direnç değerleri sıra ile ölçülür.
- Multimetrenin, ters polarmada çok büyük direnç değeri, doğru polarmada ise küçük bir direnç değeri göstermesi gerekir.
- Aksi durumlarda transistörün bozuk olduğu anlaşılır.
- Transistörleri test etmek amacı ile çeşitli firmalarca geliştirilmiş hazır transistör test cihazları da (transistor tester) vardır.

# Transistörün Dinamik Testi

- Çalışan herhangi bir devre veya cihaz üzerinde bulunan transistörler test edilebilir.
- Test işleminde devre üzerindeki transistörün terminalleri arasındaki gerilimler ölçülür.
- Dolayısı ile ölçüm sisteminde enerji vardır. Bu tür test işlemine dinamik test denir.
- Sağlıklı bir test işlemi için bazı analizler yapılmalı veya bilinmelidir.

# Diyotlar

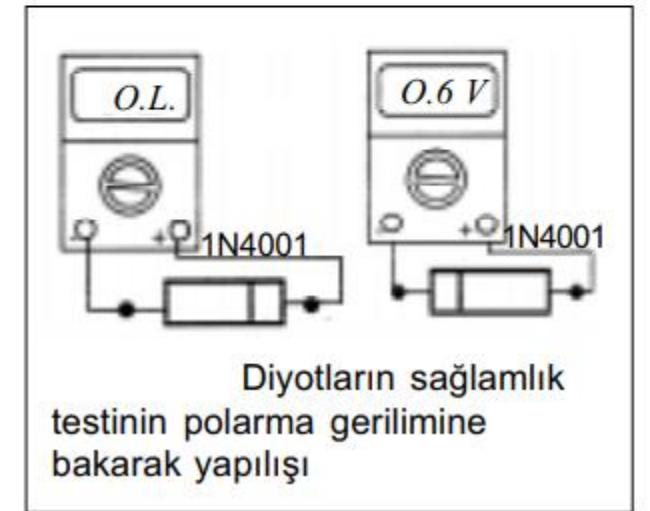
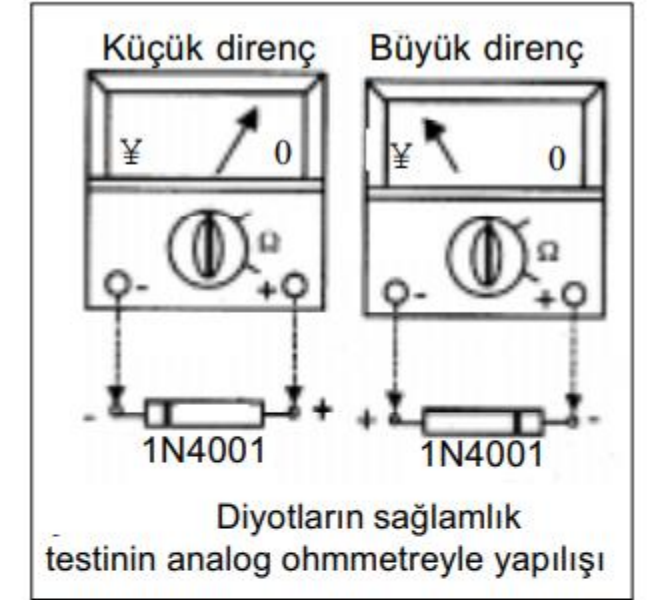
- Diyot, yalnızca bir yönde akım geçiren devre elemanıdır. Bir yöndeki dirençleri ihmal edilebilecek kadar küçük, öbür yöndeki dirençleri ise çok büyük olan elemanlardır. Direncin küçük olduğu yöne "doğru yön" veya "iletim yönü", büyük olduğu yöne "ters yön" veya "tıkama yönü" denir.
- Diyotlar doğru polarize edildiğinde ilettime geçme ancak belli bir gerilim değerinden sonra gerçekleşmektedir.
- Eşik gerilimi değeri diyotun üretildiği maddeye göre değişmektedir. Örneğin silisyumdan yapılmış diyotların ilettime geçmesi için gereken eşik gerilimi 0,6 ila 0,7 Volt'tur.
- Ters bağlantı durumunda belli bir gerilimden sonra diyotun yalıtkanlık özelliğini kaybederek iletken hale geçmesinin (delinmesinin) nedeni: Diyota uygulanan gerilimin büyümesiyle (ya da diyotun çalışma sıcaklığının artmasıyla), serbest elektronlara verilen enerji artmakta ve bu elektronların "çarpma" etkisiyle de pek çok elektron valans bandından iletkenlik bandına atlayarak elemandan geçen akımın aşırı derecede artmasına sebep olmaktadır.



Çeşitli gövde biçimlerinde üretilmiş diyotlar

# Diyot Testi

- Doğrultmaç diyotların sağlamlık testi
- a- Ohmmetre ile sağlamlık testi: Ohmmetre komütatörü X1K ya da X10K kademesine alınır. Diyot bir yönde küçük direnç (300 W -3000 W ), diğer yönde büyük direnç (50 KW -200 KW ) gösteriyorsa sağlamdır.
- b- Polarma gerilimine bakılarak sağlamlık testi: Bazı dijital multimetrelerin (avometre) ölçme komütatörü diyot sembolünün bulunduğu yere getirilir. Yapılan ölçümlerde diyot üzerinde düşen gerilim bir yönde yaklaşık olarak 200-950 mVolt (0,2- 0,95 Volt) olarak okunur, diğer yönde hiç bir değer okunamazsa eleman sağlam demektir. Yapılan iki yönlü ölçümün birisinde bu değerler okunamazsa diyot bozulmuştur.
- Bir diyot (doğrultmaç diyotu, zener diyot vb.) devreye bağlıken ohmmetre kullanılarak sağlamlık testi yapılacak olursa yanlış sonuçlar okunabilir. Ancak ölçme komütatöründe diyot sembolü bulunan bir ölçü aletiyle eleman devreden sökülmeden sağlamlık testi yapılabilir.
- Not: Büyük güçlü diyotların ölçümünde, içinde 1,5 Volt'luk tek bir pil bulunan avometreler kullanılırsa bir değer okunamayabilir. Bu nedenle yüksek güçlü diyotların sağlamlık testinde, içinde 9 Volt'luk pil bulunan kaliteli avometreler kullanılmalıdır.

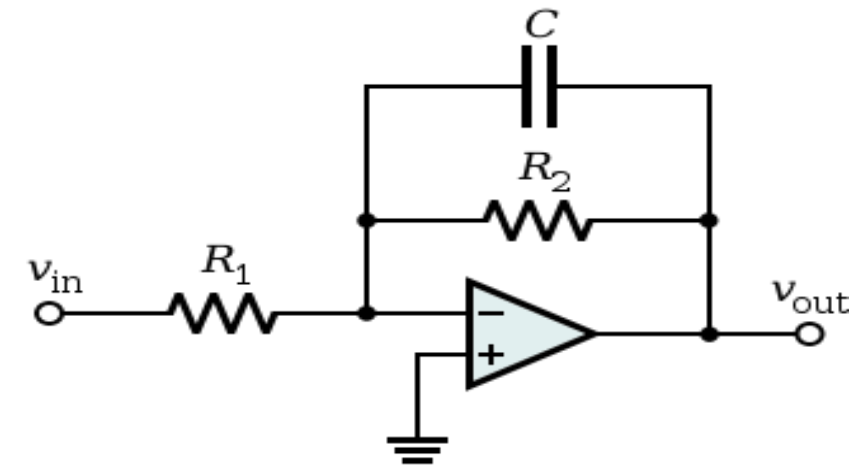
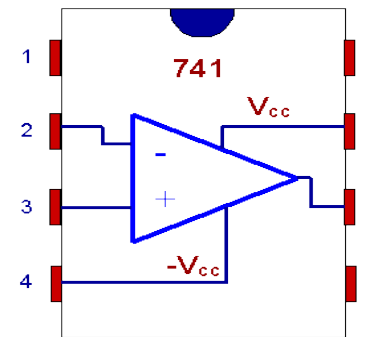




# Operational Amplifier

# Op-Amps in electronic system

- An important building block used for amplification and filtering is :  
Operational Amplifier.





## Opamlara (İşlemsel yükselteçler) Giriş

-Operasyonel (işlemsel) yükselteçler, kısaca "opamp" olarak bilinir ve bu adla tanımlanırlar.

-OpAmp kelime anlamı olarak işlemsel kuvvetlendirici demektir. (İşlemsel Kuvvetlendirici = Operational Amplifier)

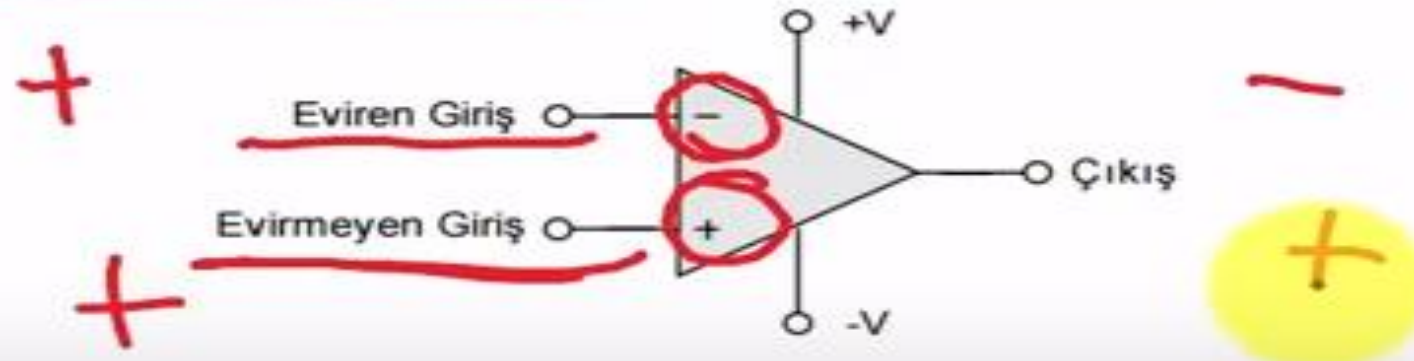
-Elektronik endüstrisinde üretilen ilk tümdevre (İntegrated circuits=IC's) bir opamp'tır. 1963 yılında Fairchild firması tarafından  $\mu$ A702 kodu ile üretilip tüketime sunulmuştur.

-İşlemsel yükselteçler aktif devre elemanlarıdır.

-Devrede gerilim kontrollü gerilim kaynağı gibi çalışırlar.

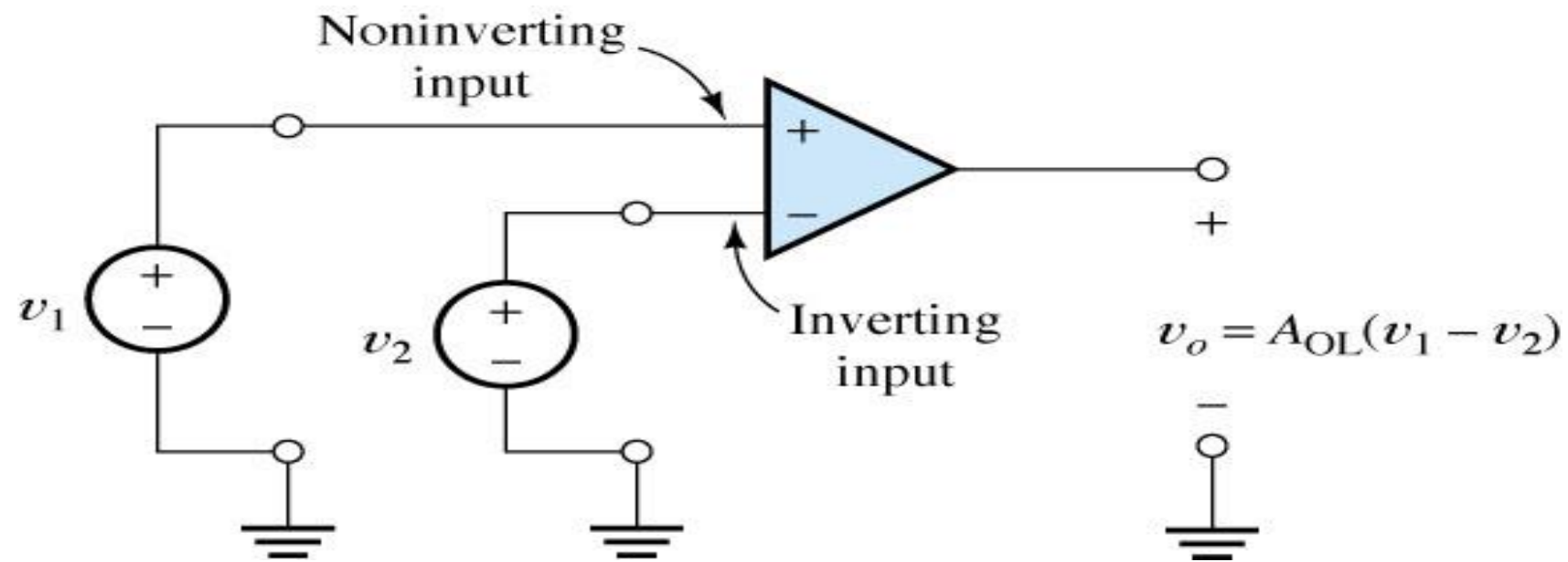
-İşlemsel yükselteçler sinyalleri toplama, çıkarma, bölme ve çarpma özelliklerine sahiptirler.

-Bu matematiksel özelliklerinden dolayı da işlemsel yükselteç adını alırlar.



# Operational Amplifier

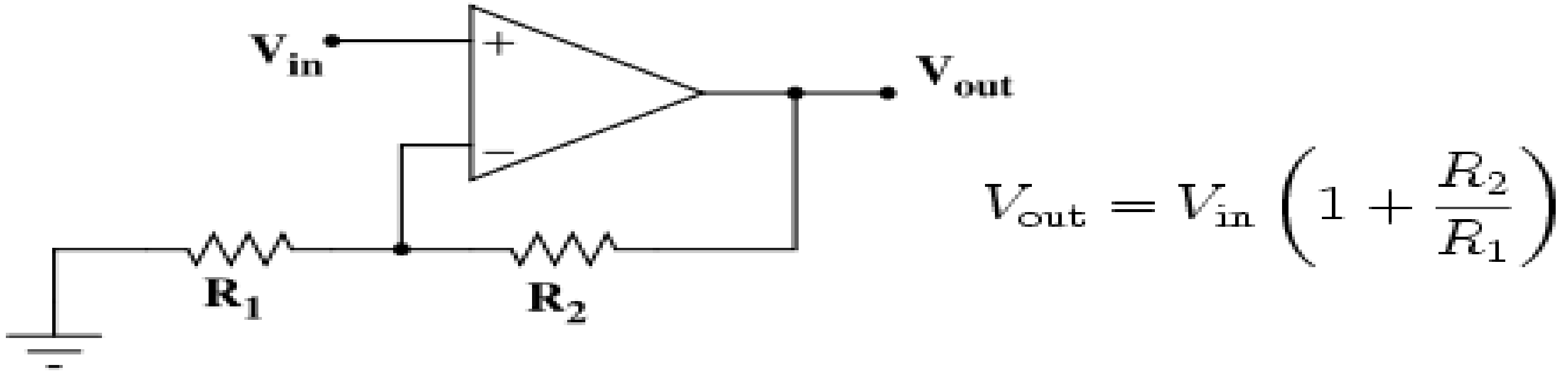
Operational Amplifiers take small voltages and make them MUCH larger.



**Golden Rules (Op amp with negative feedback):**

- (1) No-current flows into either (+) or (-) inputs.
- (2) The (+) and (-) inputs are at the same voltage.

# Non-inverting Op-Amp

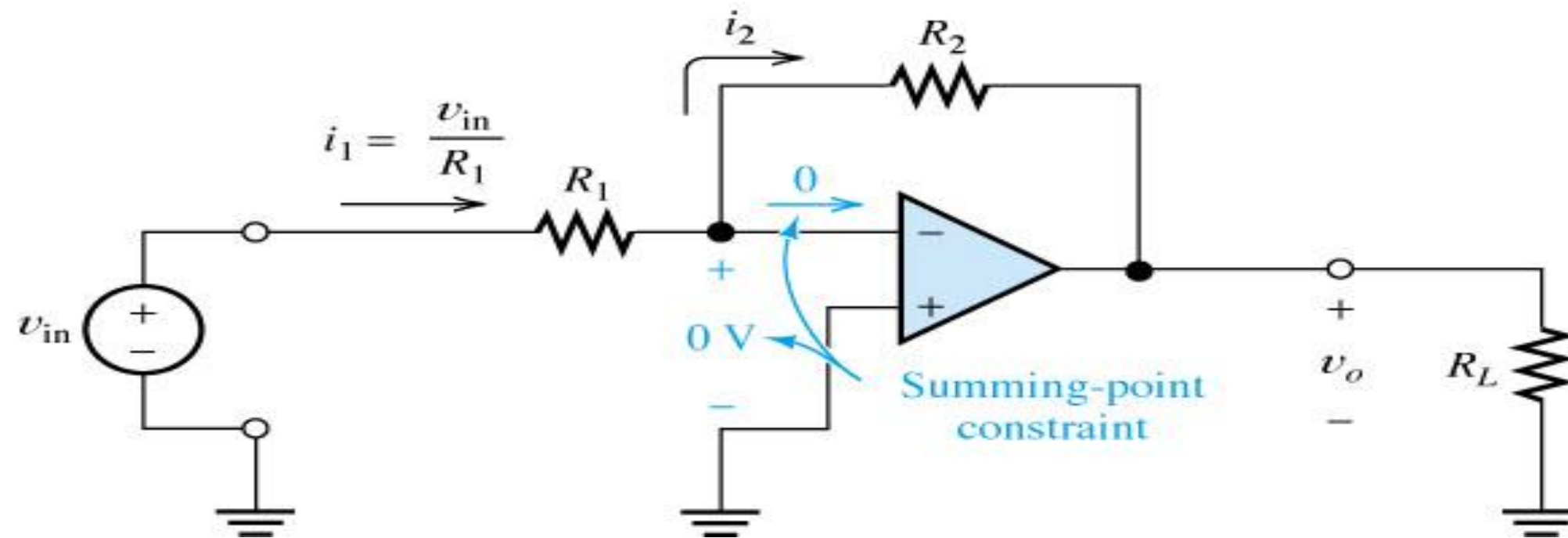


- Kuvvetlendirme ya da zayıflatma amacıyla kullanılır.  $R_2 > R_1$  ise kuvvetlendirir.  $R_1 > R_2$  ise zayıflatır.
- Besleme geriminden daha büyük kazanç elde edilmez. Sözelimi besleme gerimi 24V ise  $R_1$  10ohm ise  $R_2$  maksimum ne olur.  $1 + R_2/R_1 = 24$ ,  $1 + R_2/10 = 24$  ise  $10 + R_2 = 240$ ,  $R_2$  (maksimum) = 230ohm
- Kuvvetlendiricileri, bilgisayar yada gömülü sistemden beslemeyiniz, harici besleme kaynağından besleyiniz. Beslediğiniz devrenin çektiği akıma göre harici besleme kaynağı seçiniz.

# Örnek

- Non Inverting Devresinde Çıkış gerilimi giriş geriliminin 4 katı olabilmesi için R2 ile R1 arasındaki ilişki ne olmalıdır?
- $4 V_{in} = V_{in}(1 + R2/R1)$
- $4 = 1 + R2/R1$
- $R2/R1 = 3$
- $R2 = 3 * R1$

# Inverting Gain Amplifier

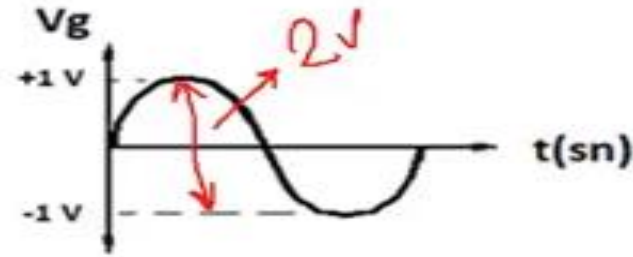
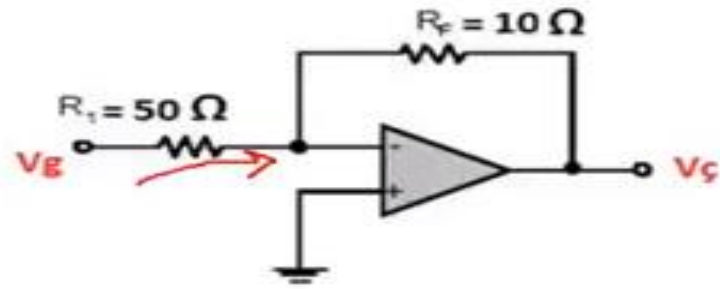


$$\text{Gain} = - R_2 / R_1$$

# Opamp Kazanç Değeri

- Kazanç besleme geriliminden büyük olamaz.
- Opamp'larda kazanç değerini  $G=ABS(R2/R1)$ ;  $G=1$  ise buffer,  $G<1$  ise zayıflatıcı,  $G>1$  ise kuvvetlendirici olurlar.
- Örnek:  $R1=10$  ohm,  $R2=100$  ohm durumunda Kazanç katsayısı  $G=ABS(R2/R1)$  ise bu opAmp devresinin özelliği nedir?  $G=R2/R1=100/10=10 >1$  kuvvetlendirici
- Örnek:  $R1=100$  ohm,  $R2=10$  ohm durumunda Kazanç katsayısı  $G=R2/R1$  ise bu opAmp devresinin özelliği nedir?  $G=ABS(R2/R1)=10/100=0.1 <1$  zayıflatıcı

**Örnek:** Giriş gerilimi verilen aşağıdaki devrenin çıkış gerilimini ( $V_{\zeta}$ ) bularak çiziniz.



Tersleyen  
yükselteç  
devresi

**Çözüm:**

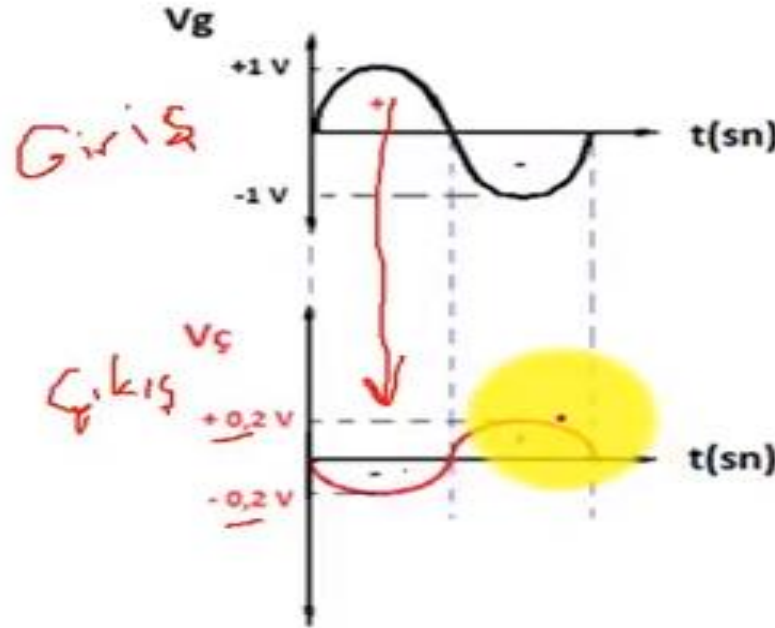
$K = -\frac{R_f}{R_1}$  formülünü kullanarak;

$K = -\frac{R_f}{R_1} = \frac{10}{50} = 0,2$  bulunur.

$V_{pp} = 2 \cdot V_{max} = 2 \cdot 1 = 2V$

$V_{\zeta} = -K \cdot V_g$  formülünü kullanarak;

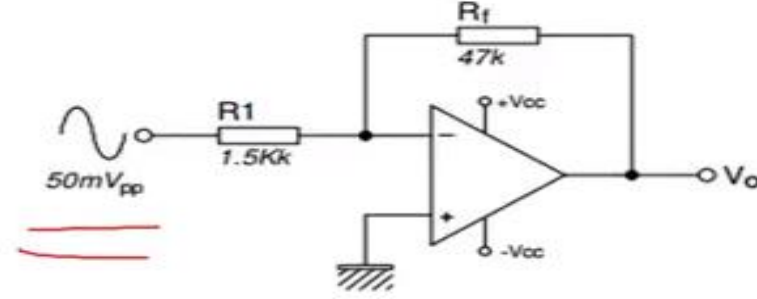
$V_{\zeta} = -0,2 \cdot 2 = -0,4 \text{ Volt}$  bulunur.



- Çıkış gerilim terslendi.
- Çıkış gerilimi tepeden tepeye 0.2V

# Örnek

Örnek 2.2: Şekildeki devrenin kazancını ve çıkış sinyalinin değerini hesaplayın.

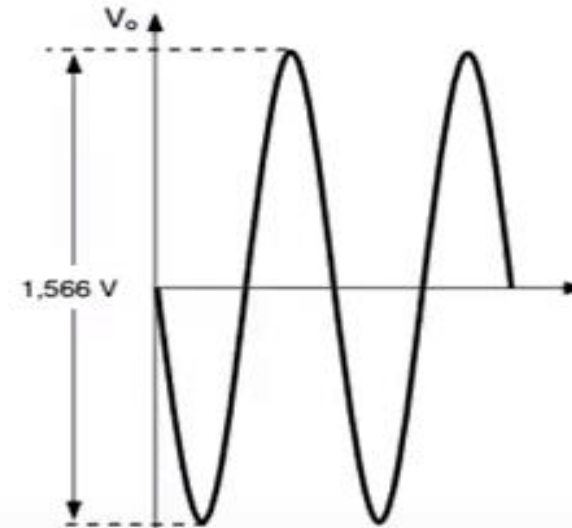
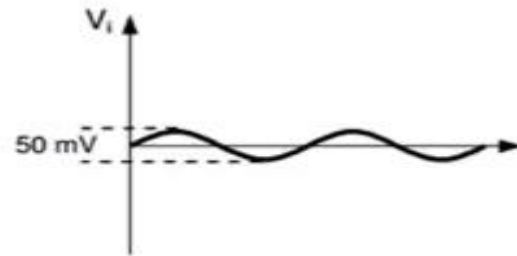


$$A_v = \frac{-R_f}{R_1} = \frac{-47}{1,5} = -31,33$$

$$V_o = A_v \cdot V_i = -31,33 \cdot (50 \text{ mV}_{pp}) = -1,566 \text{ V}_{pp}$$

Çıkıştan, tepeden tepeye 1,566 V' luk bir sinüs sinyal alınacak ve girişle arasında 180° faz farkı olacaktır. Giriş ve çıkış sinyalleri aşağıda görülmektedir.

Çıkıştan, tepeden tepeye 1,566 V' luk bir sinüs sinyal alınacak ve girişle arasında 180° faz farkı olacaktır. Giriş ve çıkış sinyalleri aşağıda görülmektedir.







# Ölçümler

# Electricity \ Electronics Basic Concept Review

- Ohms Law
- Voltage
- Current
- Resistance
- Using a Multi-meter

# Ohm's Law

Ohm's Law describes the direct relationship between the Voltage (V), Current (I), and Resistance (R) of a circuit.

The three different forms of Ohm's Law are as follows:

$$\mathbf{V = I \cdot R} \quad \mathbf{I = \frac{V}{R}} \quad \mathbf{R = \frac{V}{I}}$$

# Electrical Properties

$$V = I R$$

## Voltage

V

- Defined as the amount of potential energy in a circuit.
- Units: Volts (V)

## Current

I

- The rate of charge flow in a circuit.
- Units: Amperes (A)

## Resistance

R

- **Opposition to charge flow.**
- Units: Ohms ( $\Omega$ )

# What is a multimeter?

- A **multimeter** is a device used to measure voltage, resistance and current in electronics & electrical equipment
- It is also used to test continuity between 2 points to verify if there are any breaks in circuit or line
- There are two types of multimeter Analog & Digital
  - Analog has a needle style gauge
  - Digital has a LCD display

# Ölçüm ve Test

Pensampermetre



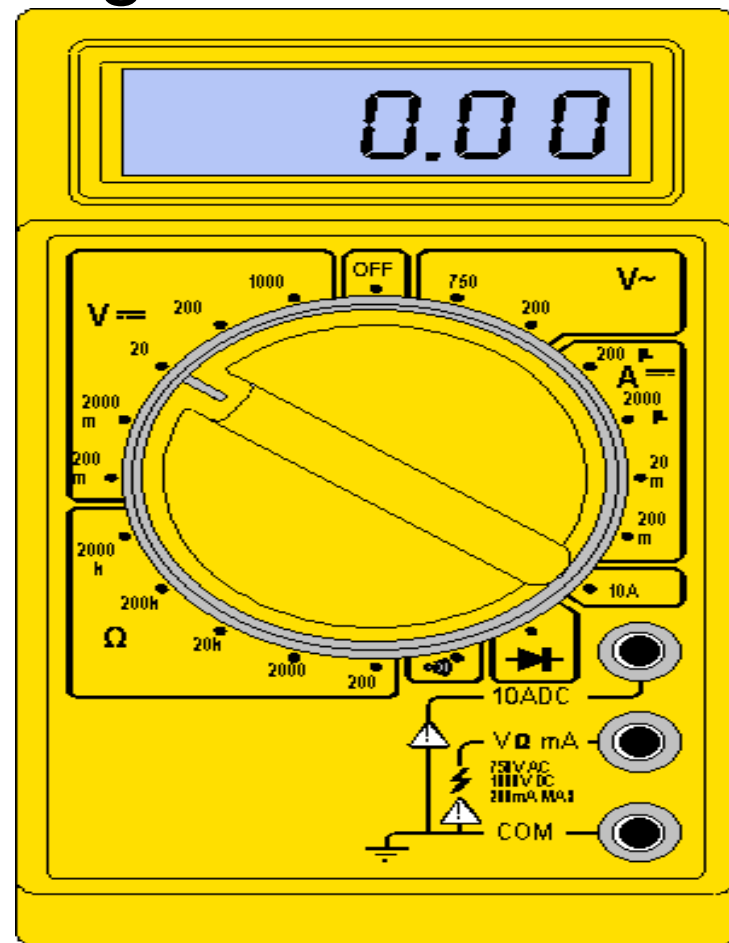
Dijital Mutlimetre



# There are 2 styles of multimeters

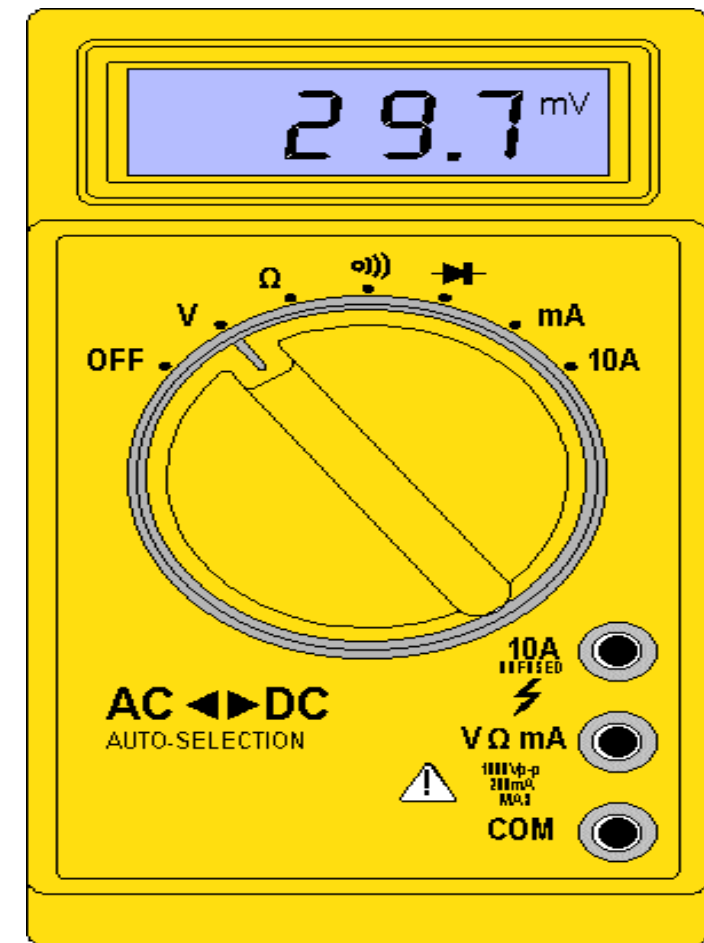
## Switched

Manually switch between ranges to get most accurate reading.



## Auto Range

Switches between ranges automatically for best reading.



Both of these styles work the same

# Meter leads

- **Red** meter lead

Is connected to Voltage/Resistance or amperage port

Is considered the positive connection

- **Probes**

Are the handles used to hold tip on the tested connection

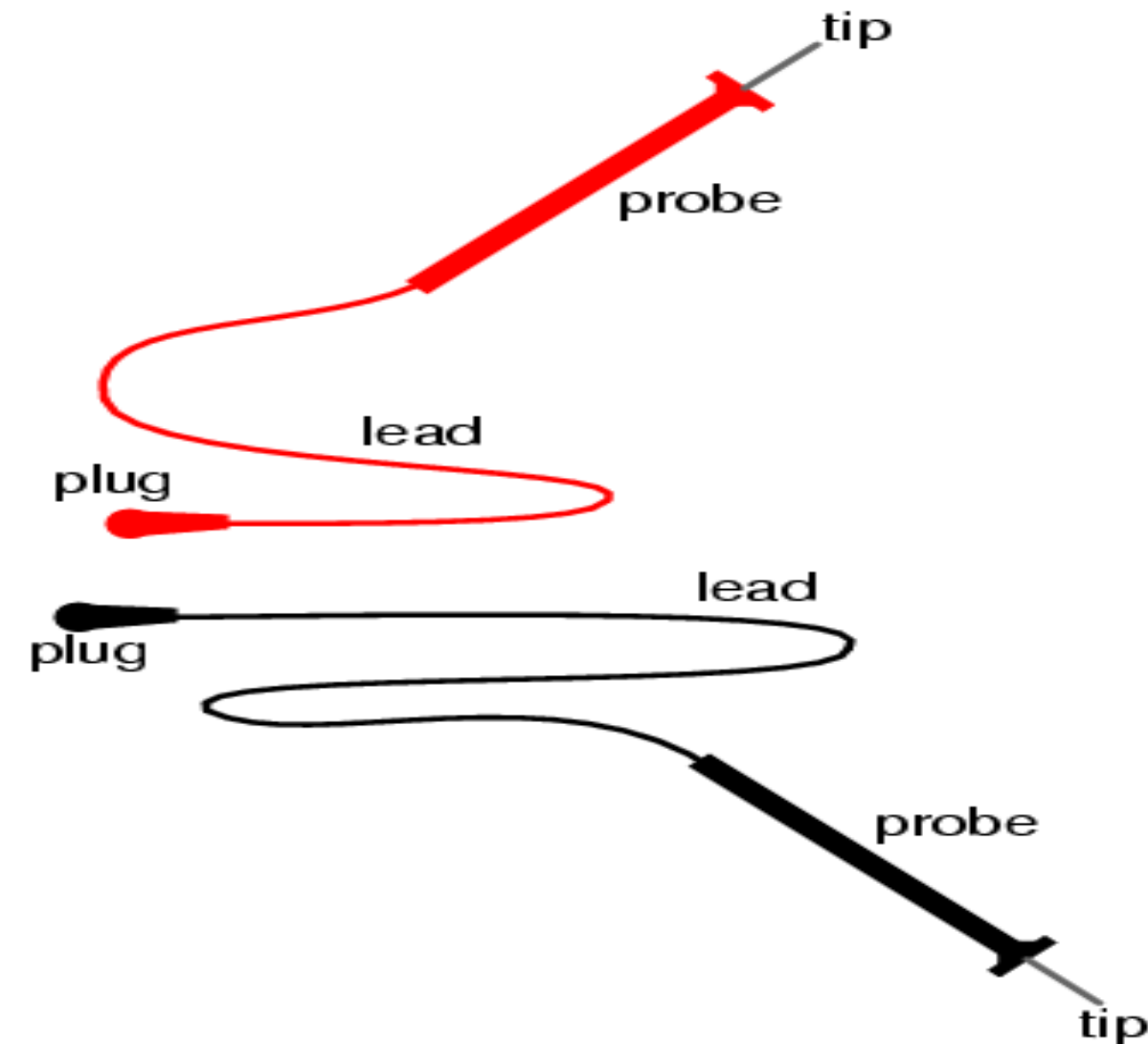
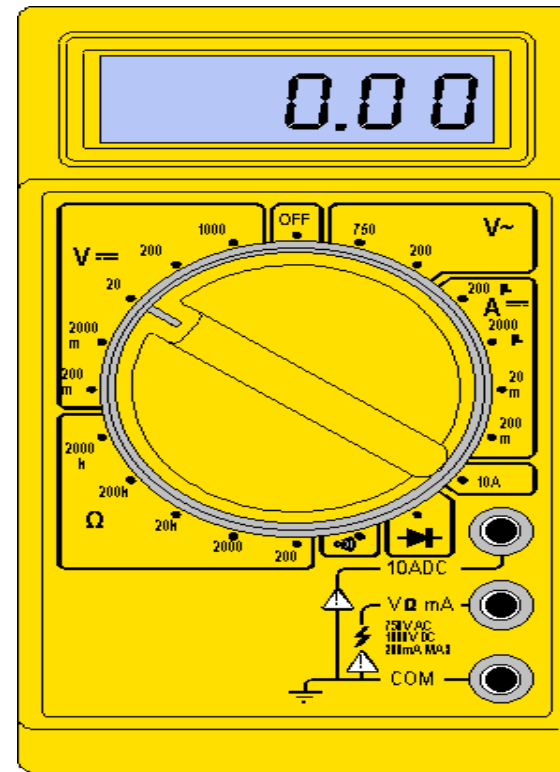
- **Tips**

Are at the end of the probe and provides a connection point

- **Black** meter lead

Is always connected to the common port

Is considered the negative connection





# Display & Dial Settings

- **Digital Display**

Shows measured value.

- **Meter Dial**

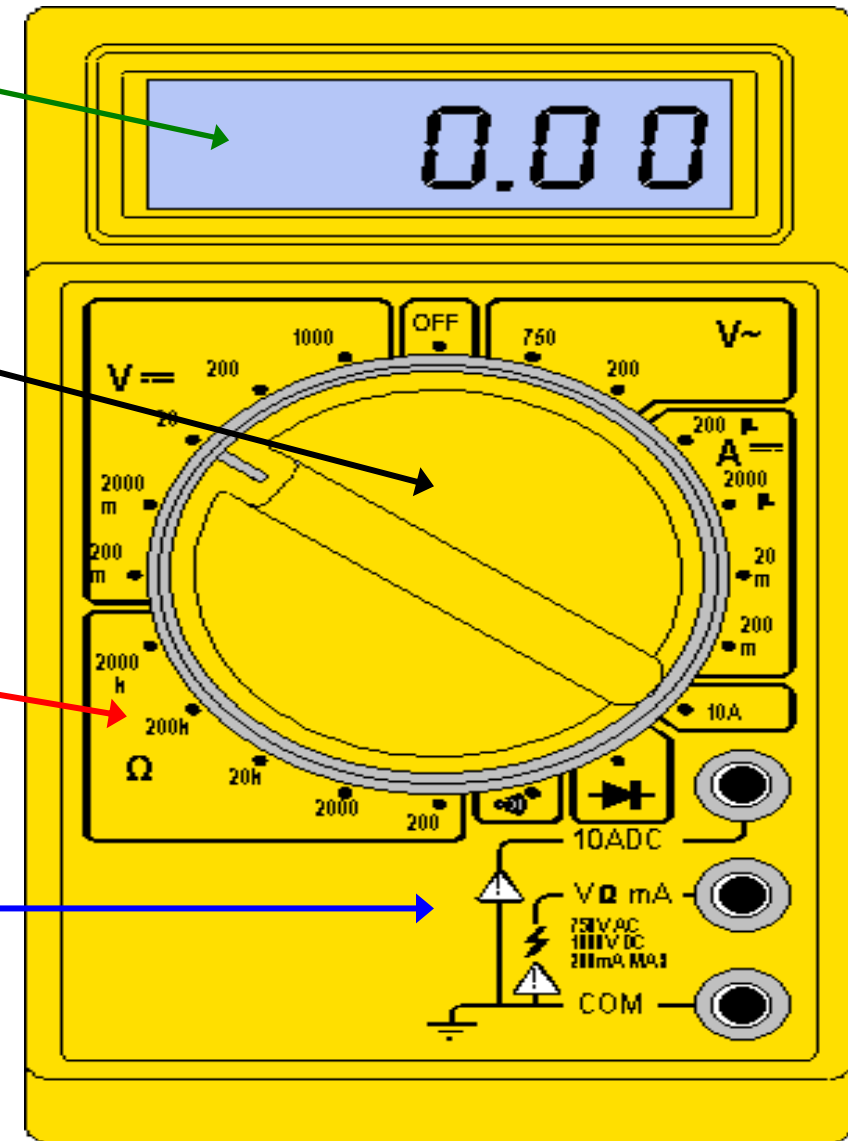
Turn dial to change functions.  
Turn dial to OFF position after use.

- **Panel Indicator**

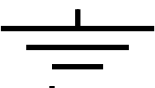
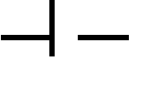

Shows each function and setting range to turn dial to.

- **Probe Connections**

Specific for each function.



# Common DMM Symbols

~	AC Voltage			Ground
---	DC Voltage			Capacitor
Hz	Hertz		$\mu\text{F}$	MicroFarad
+_	Positive		$\mu$	Micro
-_	Negative	m	M	Mega
$\Omega$	Ohms		K	Kilo
	Diode		OL	Overload
)))	Audible Continuity			

**These symbols are often found on multimeter and schematics.**

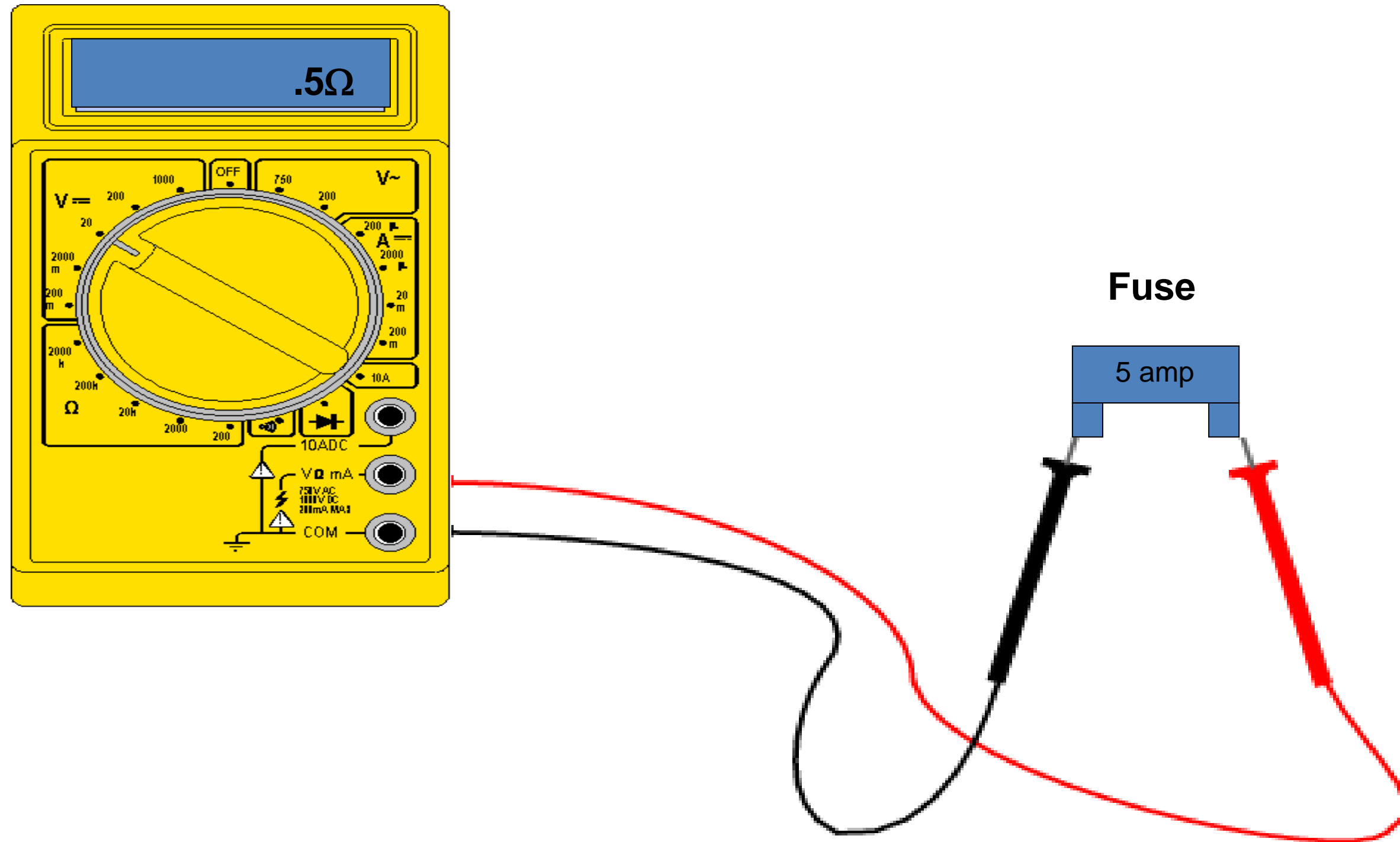
**They are designed to symbolize components and reference values.**

# Kablo Ölçüsü

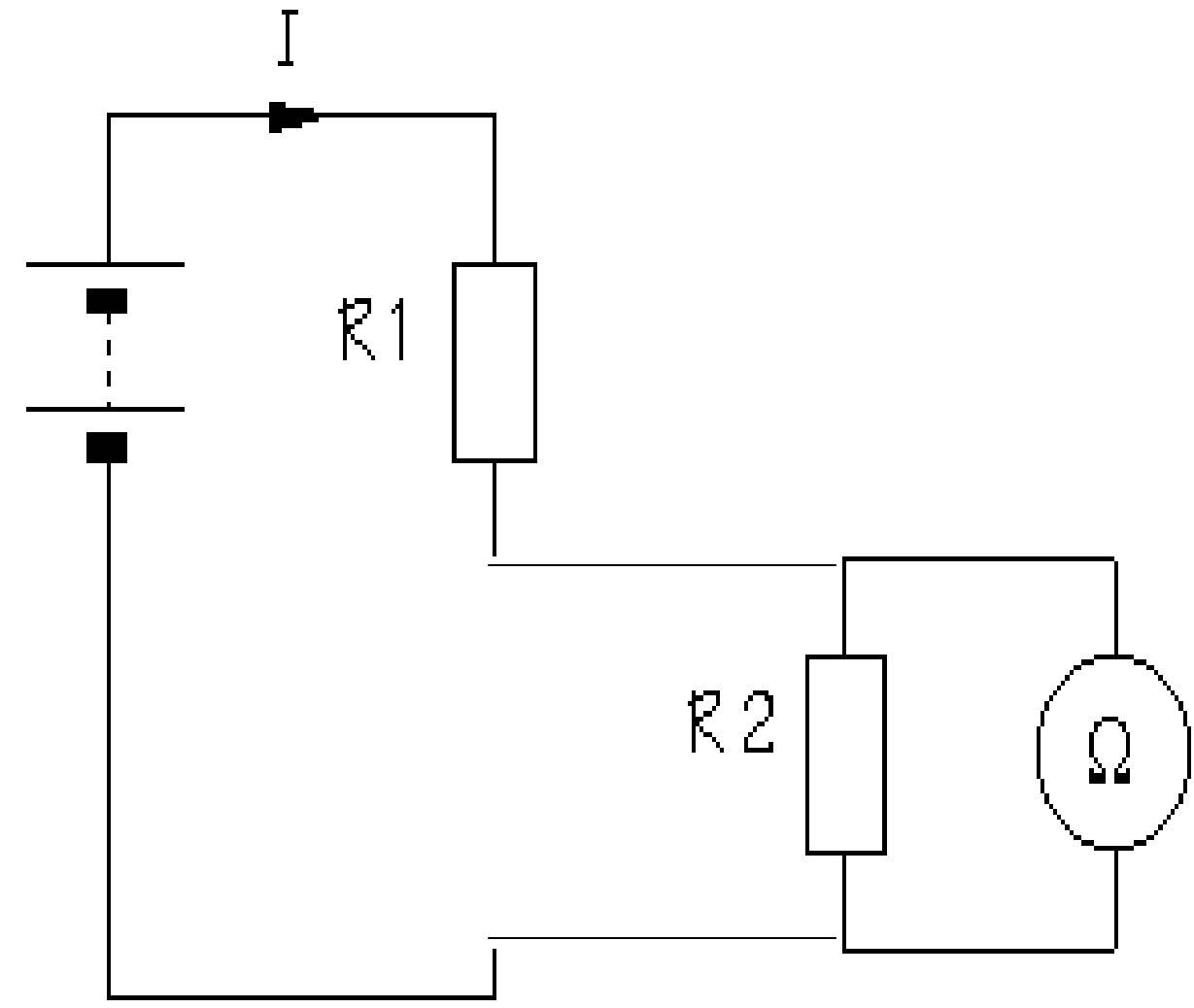
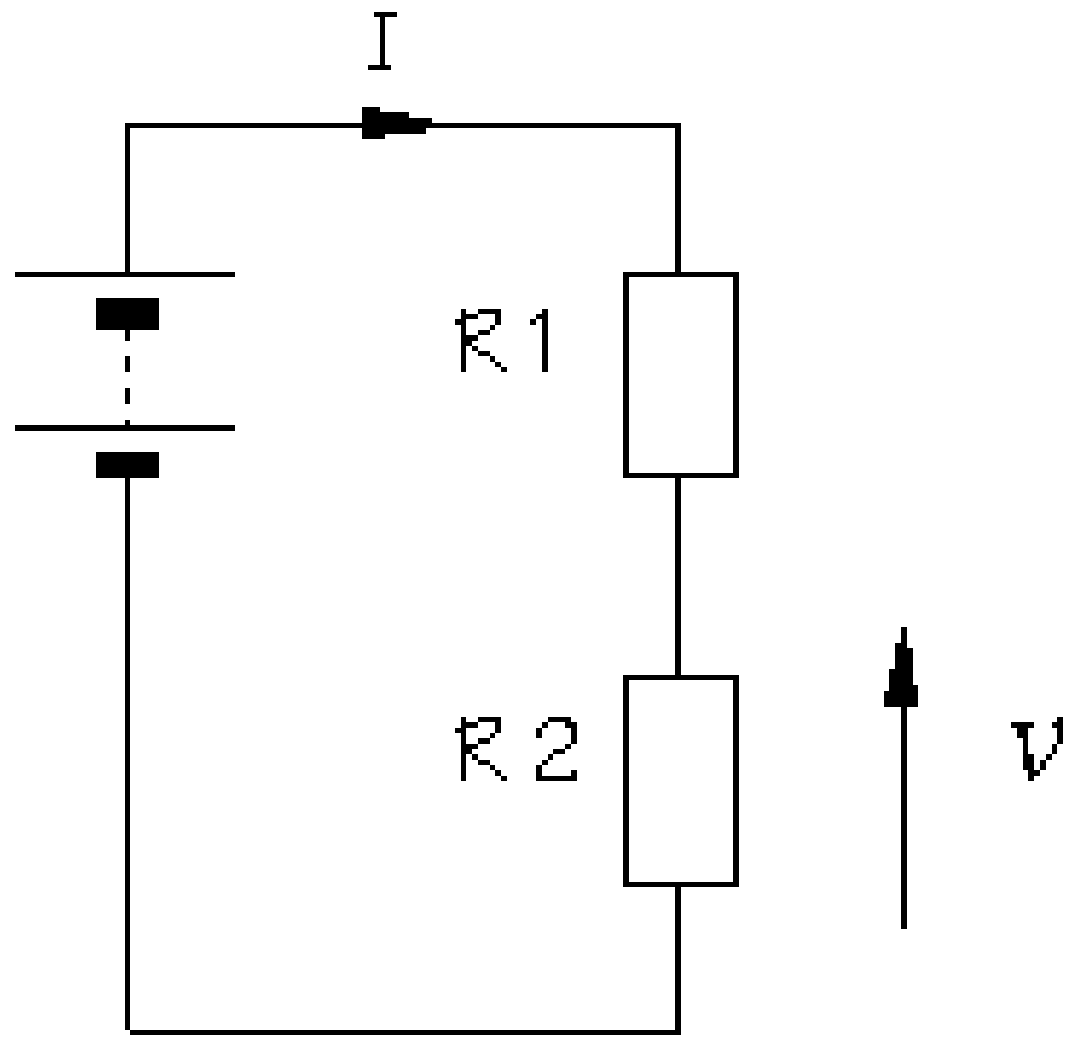
- Kablo ölçüsü akım ve gerilim düşmesine bağlı olarak 2 kritere bağlıdır:
  - Akım değeri
  - Voltaj düşüşü
- Akım: Kablonun taşıyabileceği akım değeri
  - Çapı büyük kablo daha çok akım taşır.
- Gerilim düşmesi: Kablo direnci ve uzunluğa bağlı olarak gerilim düşmesi meydana gelir.
  - Kablo uzunluğu arttıkça gerilim düşmesi artar.



# Measuring Continuity

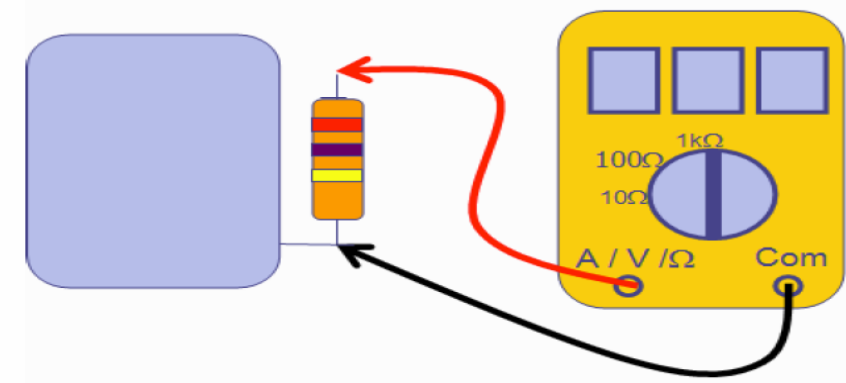
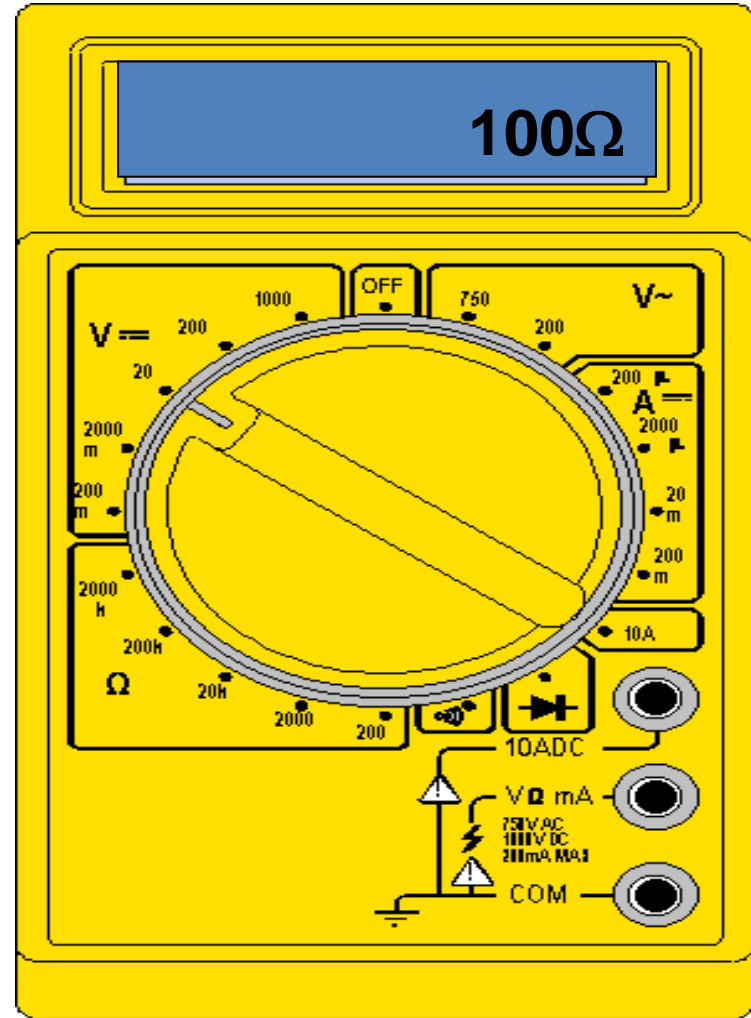


# Measuring or Testing Continuity

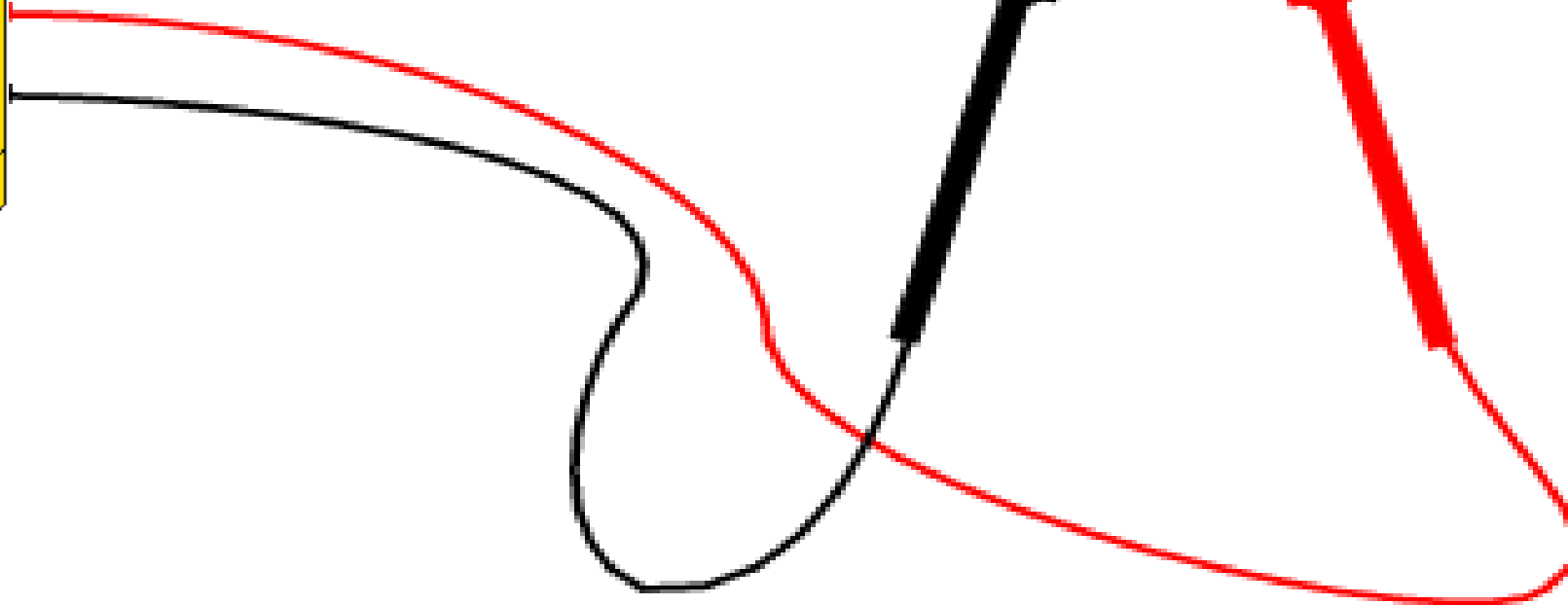


# Measuring Resistance

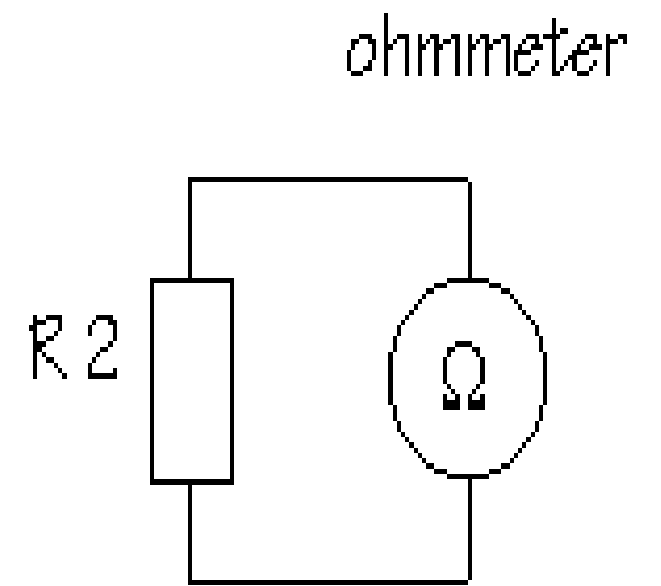
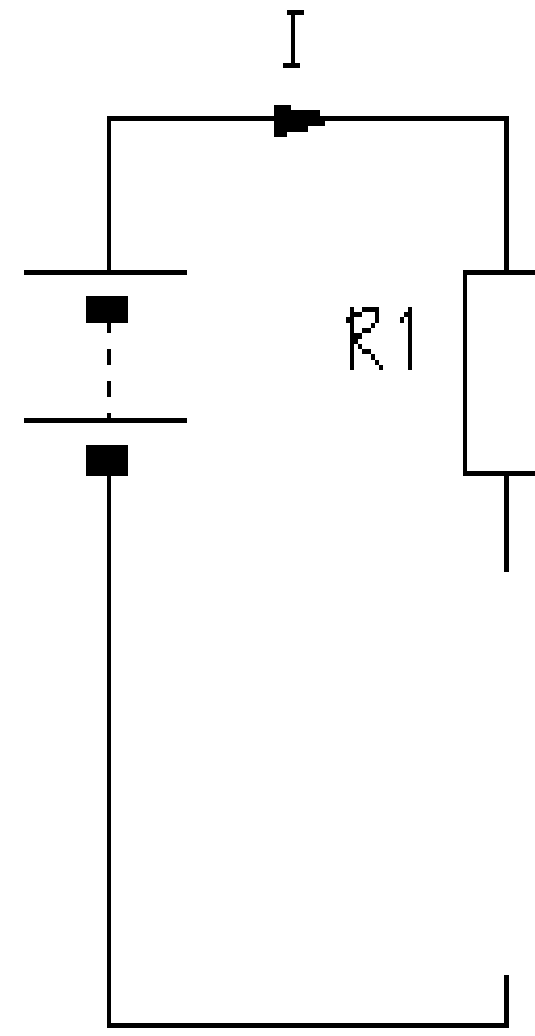
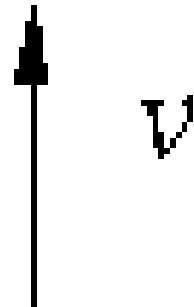
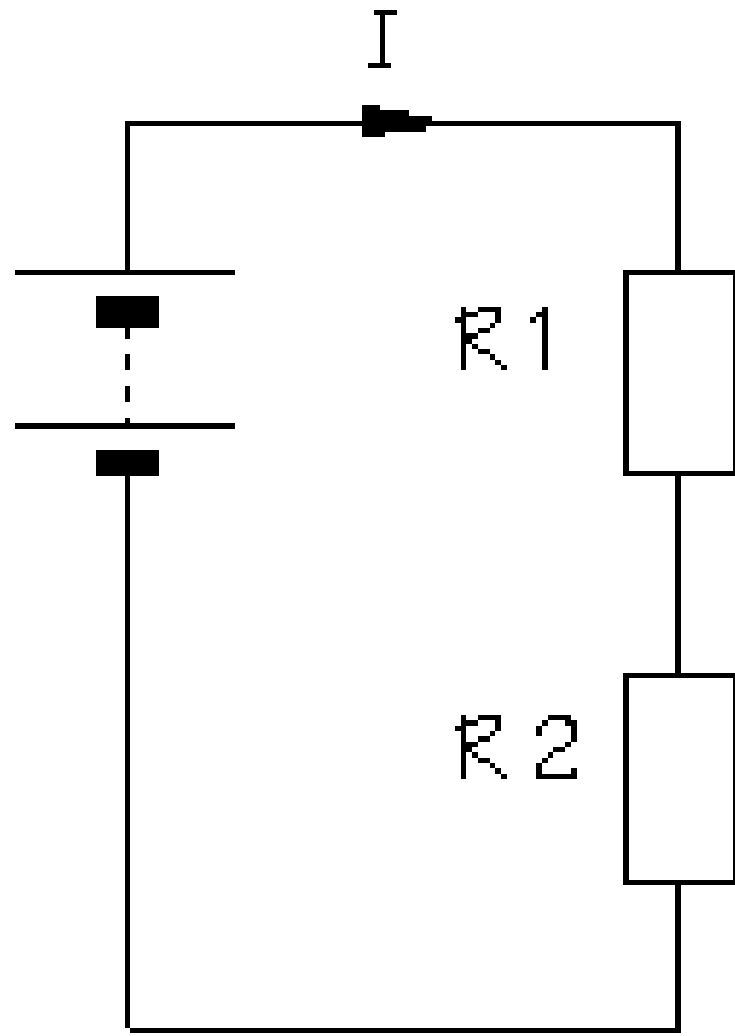
➤ Direnç ölçümü için ohmmetre kullanılır. Direnç ölçümü için elemanın devre ile bağlantısının kesilmesi gerekir.



carbon-composition resistor



# Measuring Resistance



# Measuring Resistance and Continuity

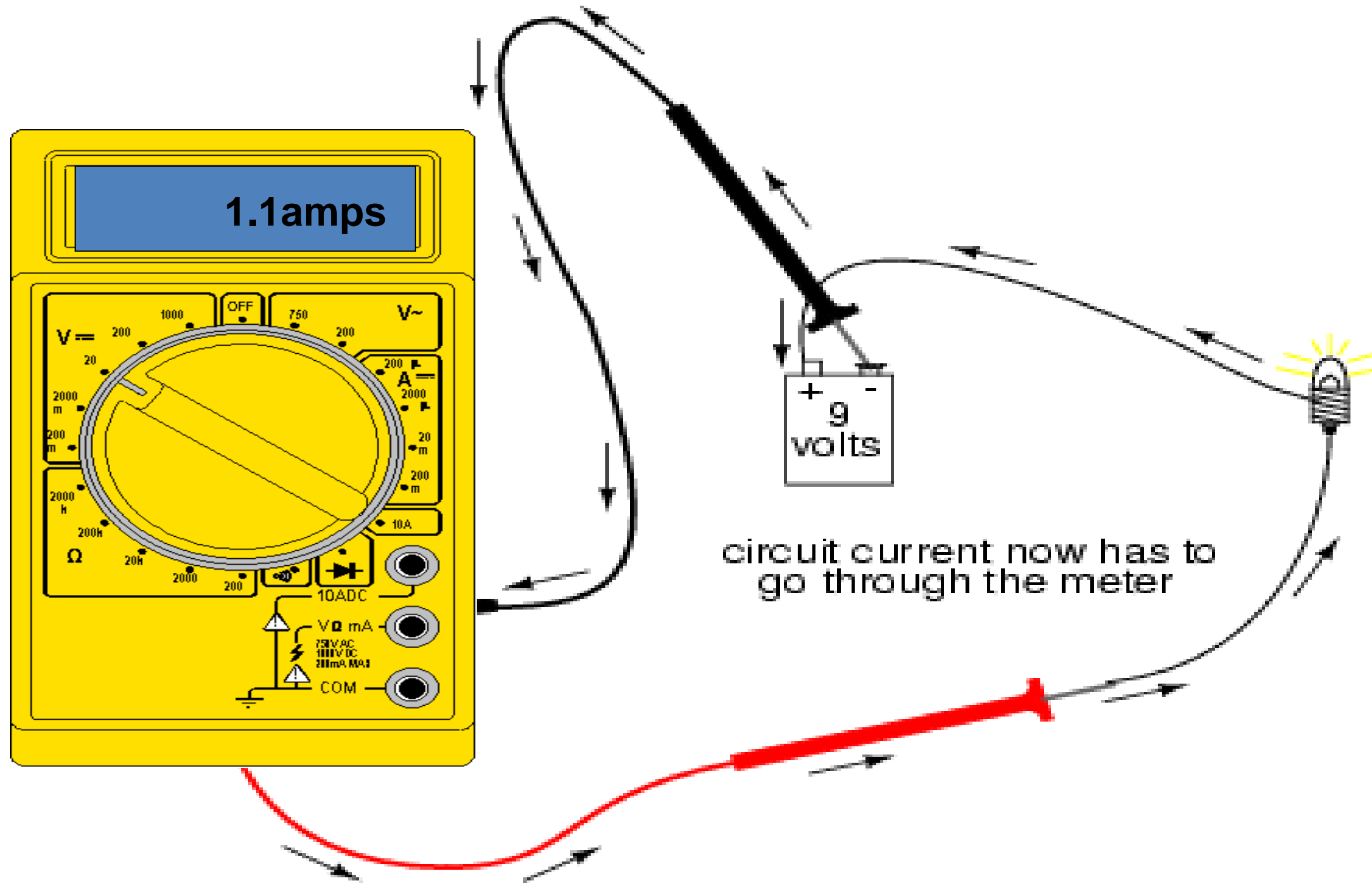
- Resistance ( $\Omega$ ) is the opposition to current
- Resistance is measured in Ohm's
- Disconnect power source before testing
- Remove component or part from system before testing
- Measure using lowest value, if OL move to next level
- Testing for continuity is used to test to verify if a circuit, wire or fuse is complete with no open
- Audible continuity allows an alarm if circuit is complete
- If there is no audible alarm resistance of 1ohm to .1ohm should be present



# Measuring Current

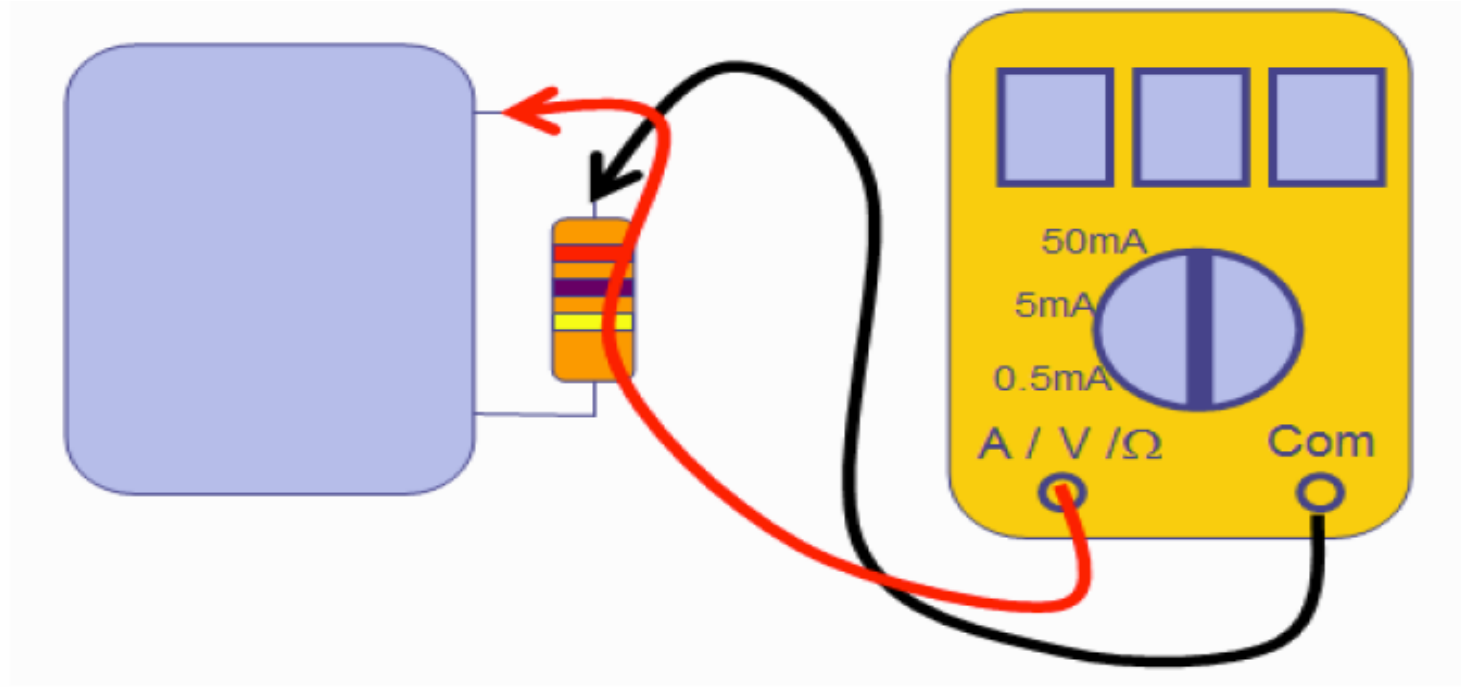
- **Current (amps) is the flow of electrical charge through a component or conductor**
- **Current is measured in amps or amperes**
- **Disconnect power source before testing**
- **Disconnect completed circuit at end of circuit**
- **Place multimeter in series with circuit**
- **Reconnect power source and turn ON**
- **Select highest current setting and work your way down.**

# Measuring Current

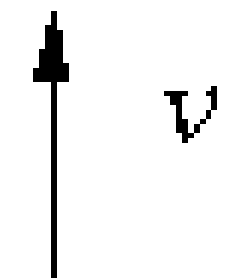
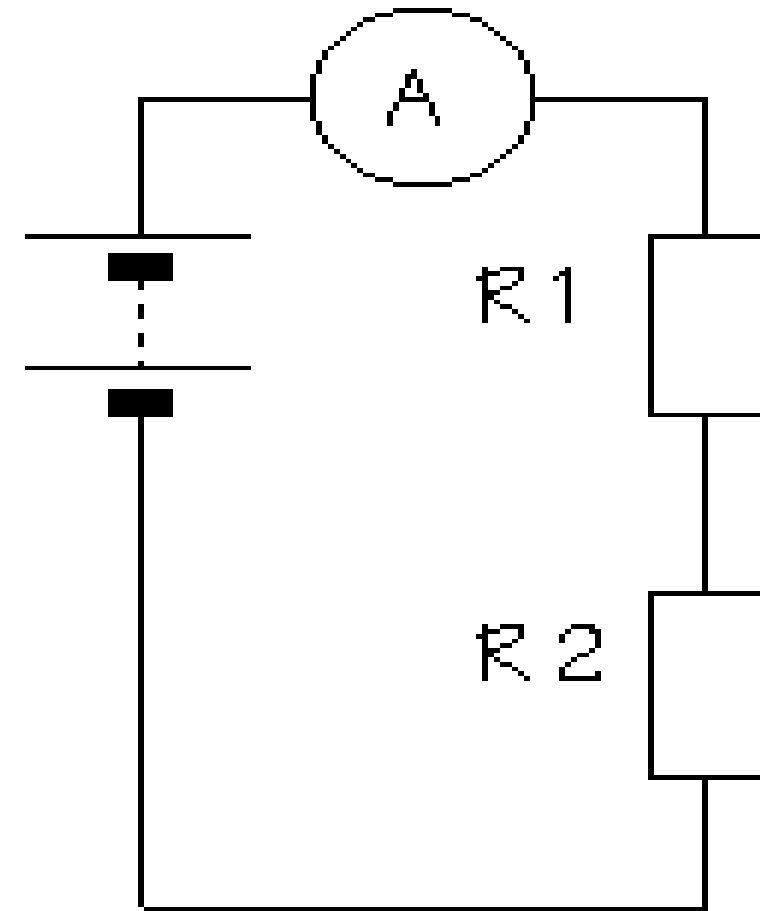
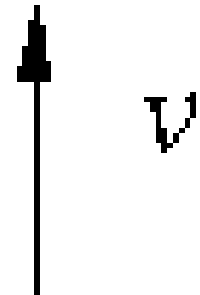
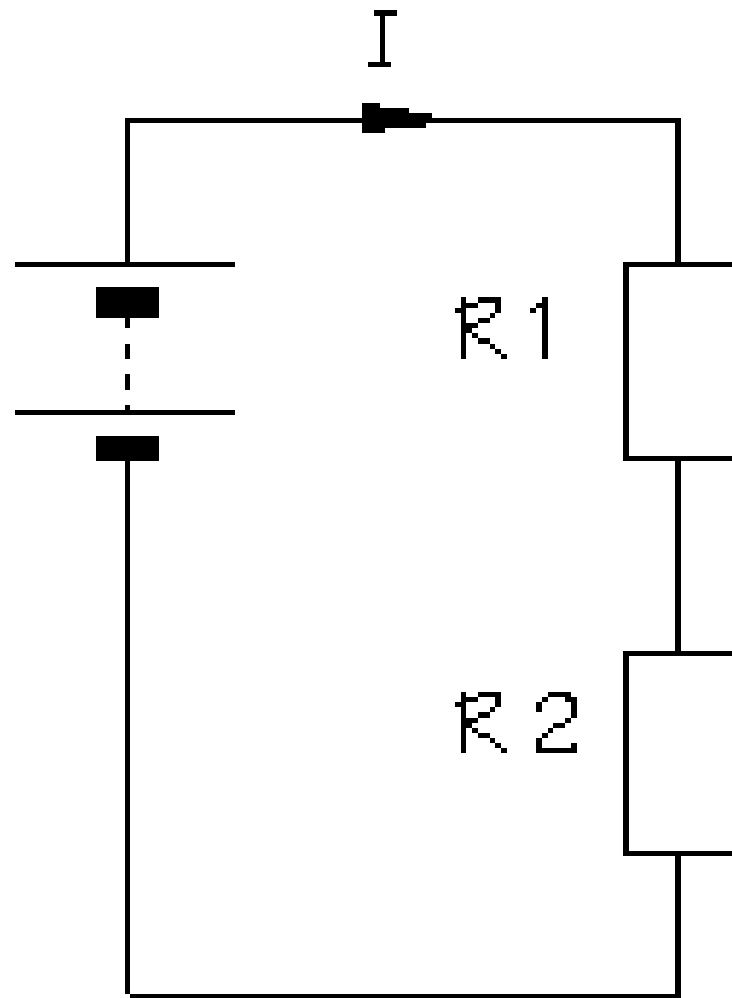


# Akım Ölçmek

- Akım ölçmek için ampermetre kullanılır. Ampermetre ise devre kesilerek akımı ölçülmek istenen elemana seri olarak bağlanır.



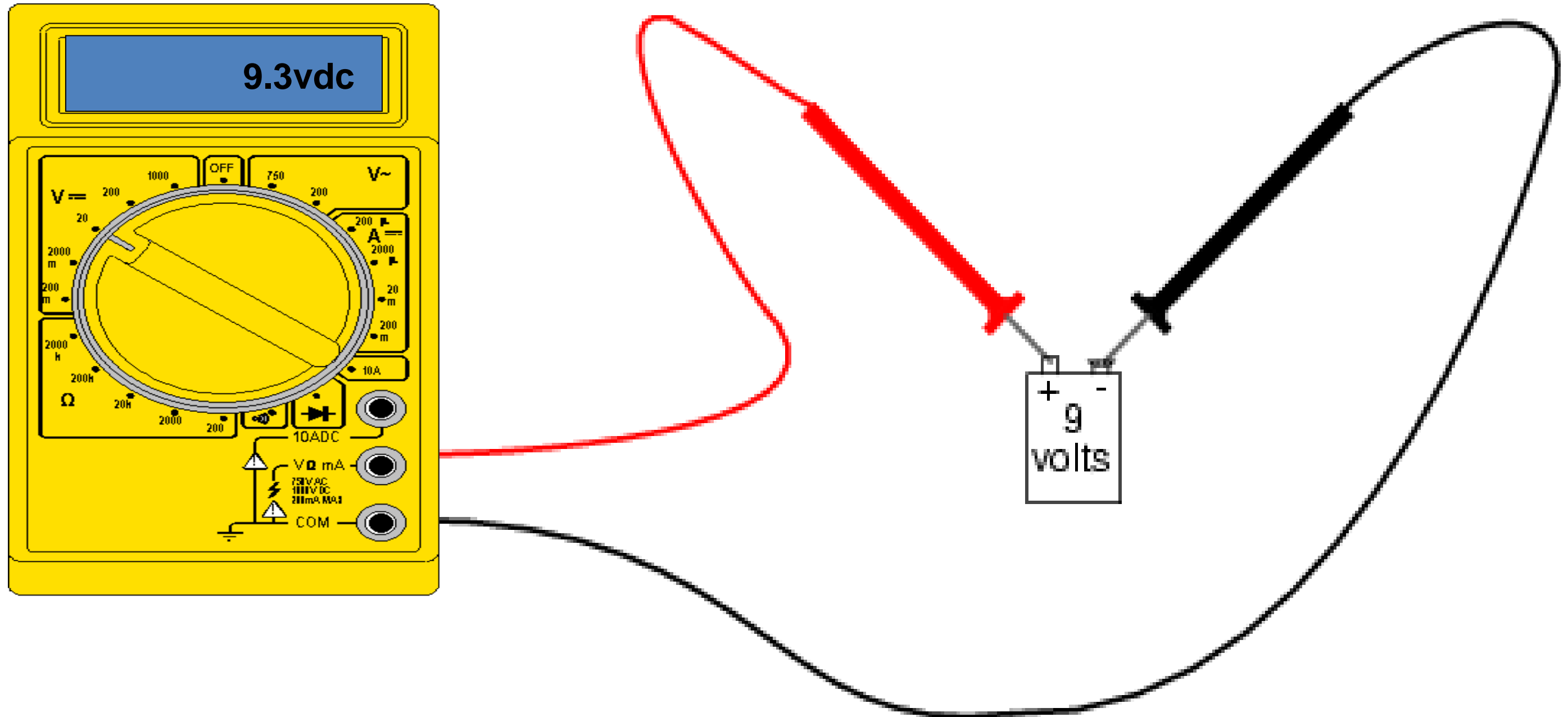
# Measuring Current



# Measuring Voltage

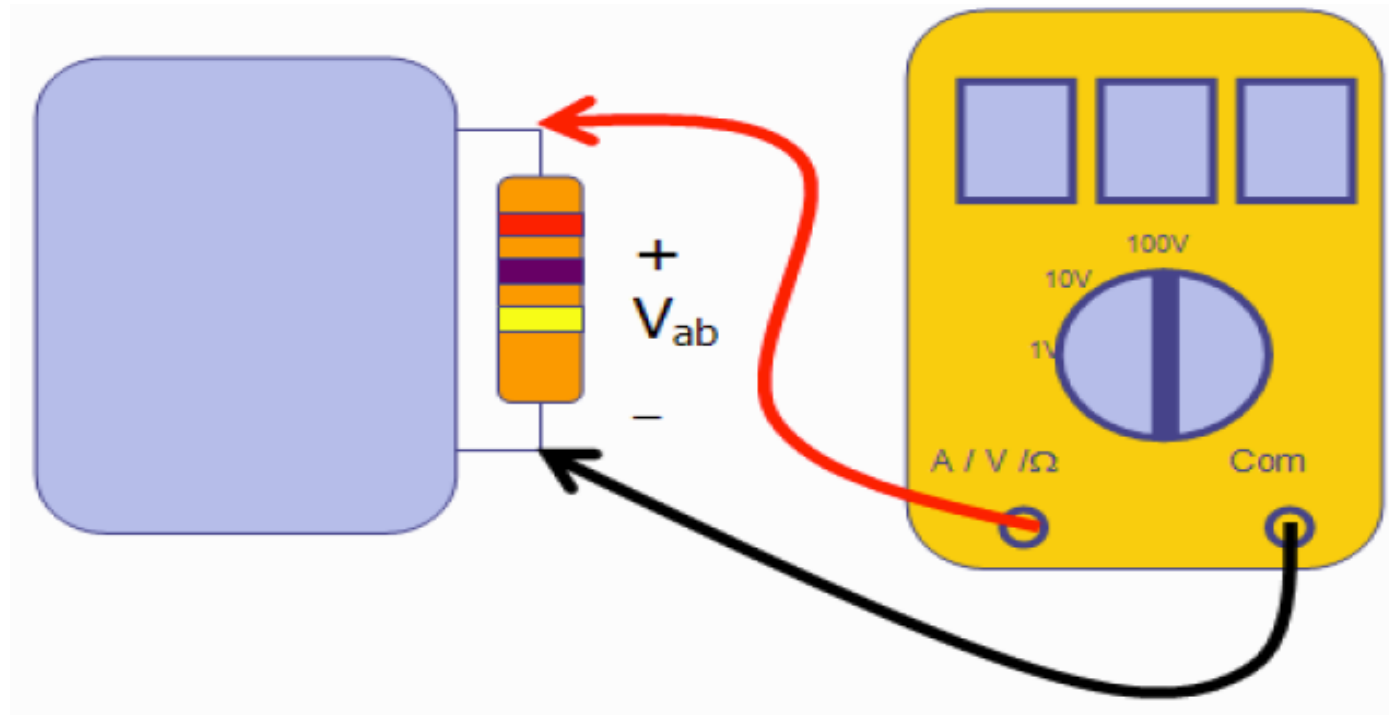
- Voltage (V) is the unit of electrical pressure; one volt is the potential difference needed to cause one amp of current to pass through one ohm of resistance
- Voltage is broke up into 2 sections AC & DC
  - Alternating Current (AC)** is house voltage (**110vac**)
  - Direct Current (DC)** is battery voltage (**12vdc**)
- On switched meters use one value higher than your expected value
- Be very careful to not touch any other electronic components within the equipment and do not touch the tips to each other while connected to anything else
- To measure voltage connect the leads in parallel between the two points where the measurement is to be made. The multimeter provides a parallel pathway so it needs to be of a high resistance to allow as little current flow through it as possible

# Measuring Voltage

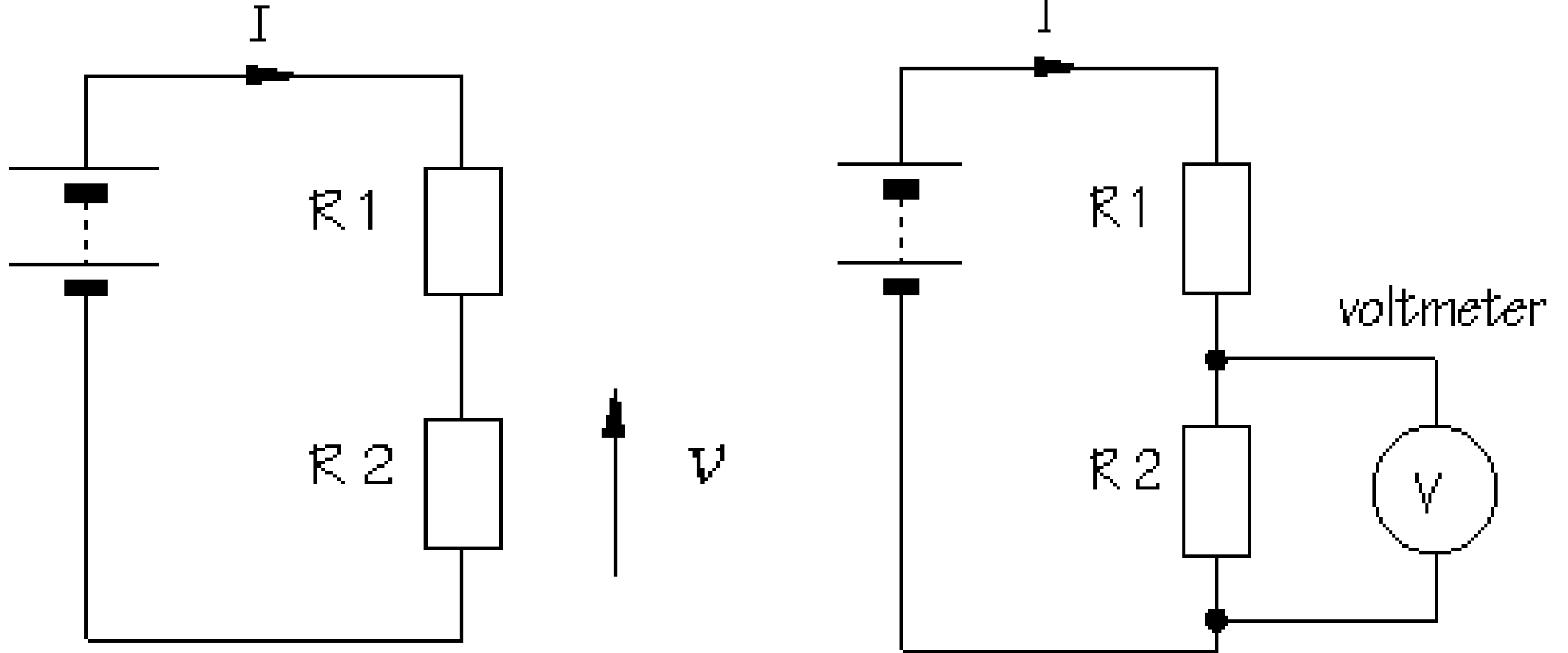


# Gerilim Ölçmek

- Gerilim ölçmek için voltmetre kullanılır. Voltmetre gerilimi ölçülmek istenen elemana paralel bağlanır.



# Measuring Voltage

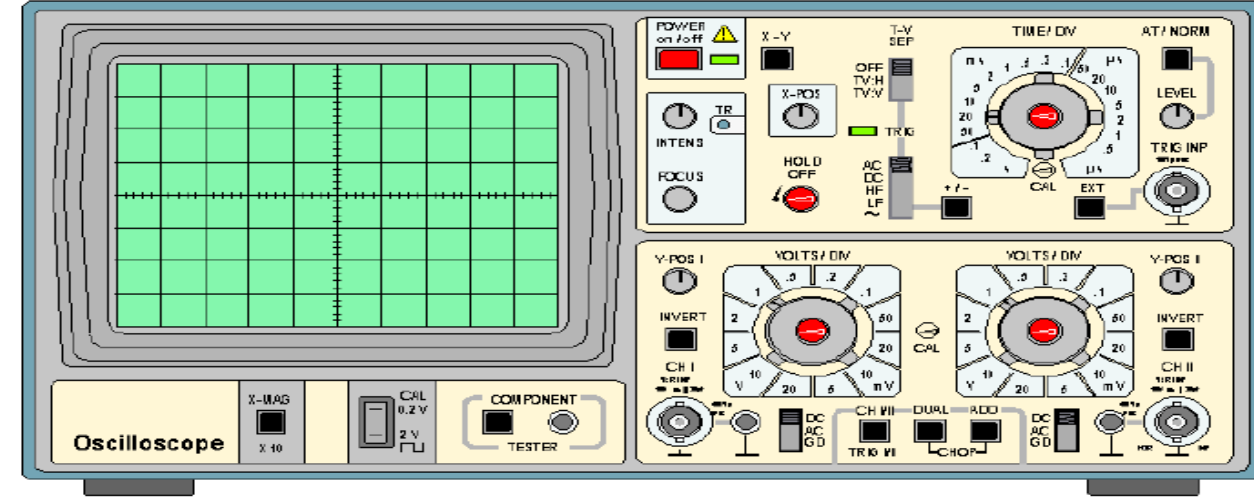




***OSILOSKOP***

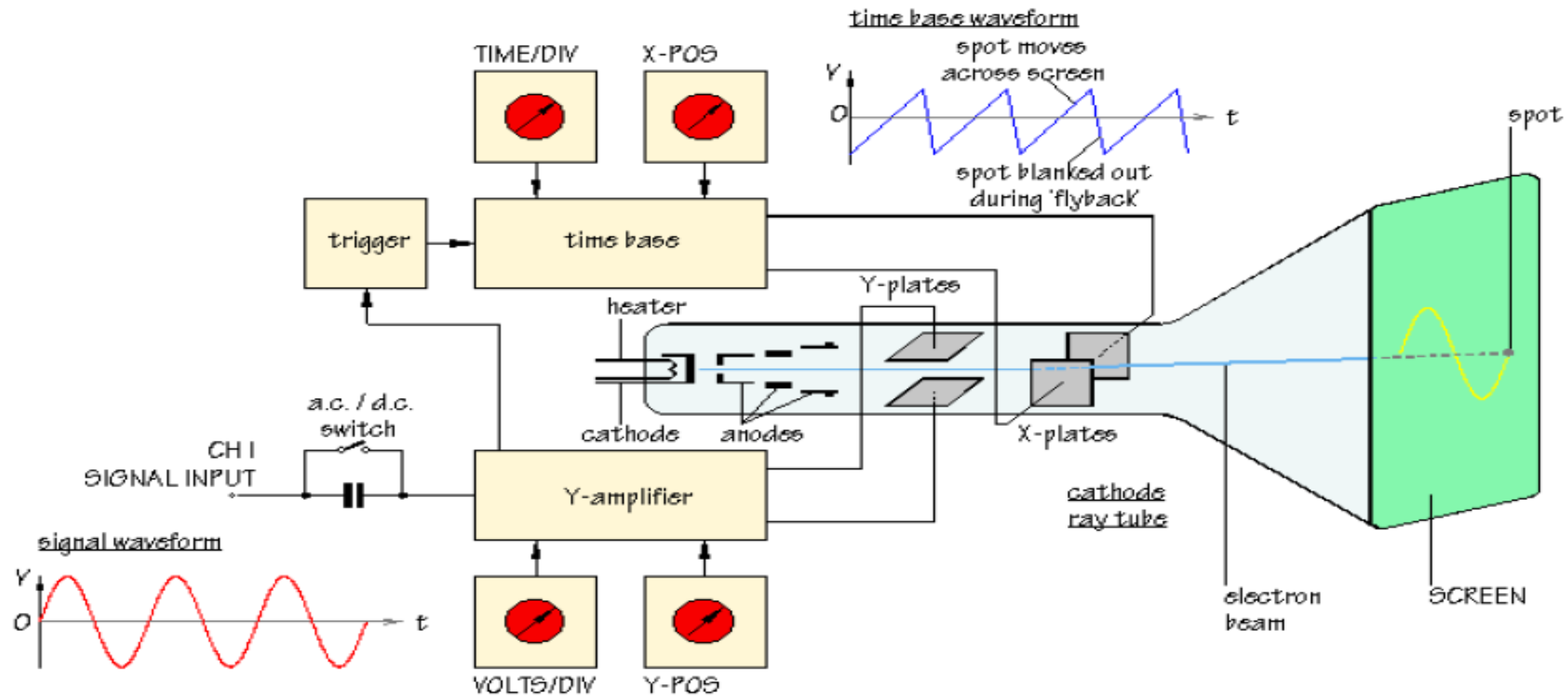
# OSİLOSKOP

- Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan aletler içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop, işaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar.
- **Osiloskop**, ya da **salınımölçer** elektriksel ölçü ve gözlem aracıdır. [Gerilim](#), [akım](#) değerlerinin değişimlerini ve genliğini zamana bağlı olarak grafik halinde gösterir. Bu grafiklerden sinyalin darbe ve boşluk süreleri, genliği, frekansı ve periyodu elde edilebilir. [Elektrik](#) devrelerinden çok, elektronik devrelerdeki ölçümlerde kullanılır. Kare veya sinüzoidal girişli devrelerin çıkışlarını ve karakteristiklerini belirlemek üzere tasarlanmışlardır.



# OSİLOSKOP

- Çalışması, hareket halindeki elektronların yörüngelerinin bir elektrik alan içerisinde geçerken sapmaları temel prensibine dayanır. Katod Işın Tüpündeki saptırma plakaları adı verilen düzlemsel levhalara uygun potansiyellerde gerilimler uygulanarak oluşturulan elektrik alanlar, plakalar arasından geçen elektronları (elektron demetini) saptırarak fosfor ekrana çarptığı noktanın yerini değiştirir. Bu noktanın konumu saptırma plakalarına uygulanan gerilimin ani değeri ve dalga şekline bağlı olarak değişecek ve ekranda ışıklı bir çizgi oluşacaktır.
- Osiloskop devreye daima paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlanması halinde ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Akım dalga şekillerini incelemek için akımın aktığı devreye küçük değerli bir direnc (ölçüm direnci, sonda direnci) seri bağlanarak uçlarında düşen gerilimin dalga şekli incelenir. Bir omik dirençte içinden akan akım ve uçlarında düşen gerilimin dalga şekilleri ve fazlarının aynı oldukları göz önüne alınarak ve ohm kanunu gereği  $V=I.R$  bağıntısı da göz önünde tutularak akım incelenir.



# OSİLOSKOP

- Tek bir parlak nokta ile bir şeylerin yapılamayacağı açıktır. Ancak ekran(tüpü) yüzeyinin her tarafında parlak nokta elde edebilecek şekilde, elektron huzmesinin hareket ettirilmesi olanağı bulunsaydı, birdenbire birçok uygulama alanının kapısı açılırdı.
- Ve bu olanak vardır: Bu amaçla tüplerin içine çoğunlukla, elektron huzmesinin aralarından geçtiği ve üzerlerine gerilim uygulanan plaka çiftleri yerleştirilir
- Uygulanan gerilim plakalar arasında bir elektrik alanının doğmasına neden olur ve bu elektrik alanı ile elektronlar yollarından saptırılabilir. İki plakanın gerilimi eşit ise, yani aralarında bir gerilim farkı yoksa elektronlar üzerine bir kuvvet etki etmez ve huzme yine iki plakanın ortasından gider. Ancak arada bir gerilim farkı yaratılırsa, elektronlar gerilimi daha pozitif olan plakaya doğru yönelirler ve parlak nokta ekranın ortasından başka bir yerde oluşur. Şekil 3'e bakılırsa, plakalardaki gerilim değerlerine göre ekrandaki parlak noktanın nerelerde gözükceği anlaşılır.

# OSİLOSKOP

- O halde, testere dişi biçimli bir gerilimle (gerçekten de böyle adlandırılmaktadır) noktayı ekranın en solundan en sağına kadar götürebileceğimiz -ve gerekiyorsa bunu sürekli tekrarlayabileceğimiz- kolayca anlaşılır. Testere dişi biçimli gerilim yavaş, örneğin 2 saniyede yükseliyorsa, noktanın gidişi gözle izlenebilir. Ancak testere dişi geriliminin hızlı yükselmesi ve ekranın solundan sağına doğru “koşturması” da sağlanabilir ve yavaş çalışan insan gözü ekranda yatay bir çizgi görür.
- İşte, böylece osiloskobun bir yarısını, yani “yatay saptırma” bölümünü artık tanıyorsunuz. Ekranda sağa-sola, aşağıya -yukarıya hareket edebilen bir nokta, sabit duran bir noktaya göre iyi bir gelişmedir. Bu özelliklere sahip bir nokta ile ölçülecek işaret ekranda “çizilebilir”. Bu amaçla tüpün içine, elektron hüzmesini aynı anda aşağıya veya yukarıya doğru yöneltebilecek bir plaka çiftinin daha yerleştirilmesi gerekir

# OSİLOSKOP

- **POVVER ON-** Cihazın açma/kapama düğmesi.
- **SCALE ILLUMINATION-** Skala aydınlatması. Ekran önündeki ölçü rasterinin aydınlatılması.
- **INTENSITY-** Ekrandaki şeklin parlaklığı, **BRIGHTNESS** de denir.
- **FOCUS-** Netlik ayarı.
- **VERTICAL POSITION-** Bu düğme yardımıyla ekrandaki şekil aşağıya veya yukarıya doğru kaydırılabilir (düşey saptırma plakalarına ayrıca bir doğru gerilim uygulanır). Bu fonksiyon **Y-SHIFT** olarak da anılır.
- **HORIZONTAL POSITION-**Bu düğme ile ekrandaki şekil sağa veya sola doğru kaydırılabilir (yatay saptırma plakalarına ayrıca bir doğru gerilim eklenir). Bu fonksiyon **X-SHIFT** olarak da adlandırılır.
- **TIME/DIV.-** Time per Division = Ekran bölümü başına zaman. Zaman bazı da denen anahtar budur. Bu düğme ile yatay saptırma plakaları için yavaş veya hızlı testere dişi işaretlerin üretilmesi sağlanır. Kademeler ekran bölümü başına saniyenin kesirleri cinsinden kalibre edilmiştir. Böylece bir işaretin süresi ölçülebilir. Örneğin anahtar 50 us/bölüm kademesinde bulunuyorsa ve gösterilen darbe 3 bölüm genişliğinde ise, darbenin süresi 150 us'dir (Şekil 7'ye bakınız). Bu komütatöre bağlı olarak şekli yatay yönde kademesiz olarak açıp kapayan kalibrasyonsuz bir düğme de bulunur.
- **CAL-**calibrated = kalibre edilmiş. **TIME/DIV** anahtarı ile bağlı olan düğmenin bu konumunda, komütatör ile ayarlanan bölüm başına zaman değeri doğrudur.
- **TRIGGER-** Bu isim altında birkaç fonksiyon toplanmıştır:
- **AUTO-** Testere dişinin kendiliğinden başlatılması. Testere dişi giriş işareti olmadan da başlarsa, bu çalışma türüne freerunn-İng = serbest çalışan adı da verilir.
- **INTERN-** Testere dişinin ekranda gösterilen işaretin kendisi tarafından tetiklenmesi.
- **EXTERN-** Testere dişinin osiloskoba dışarıdan uygulanan yabancı bir işaretle tetiklenmesi.

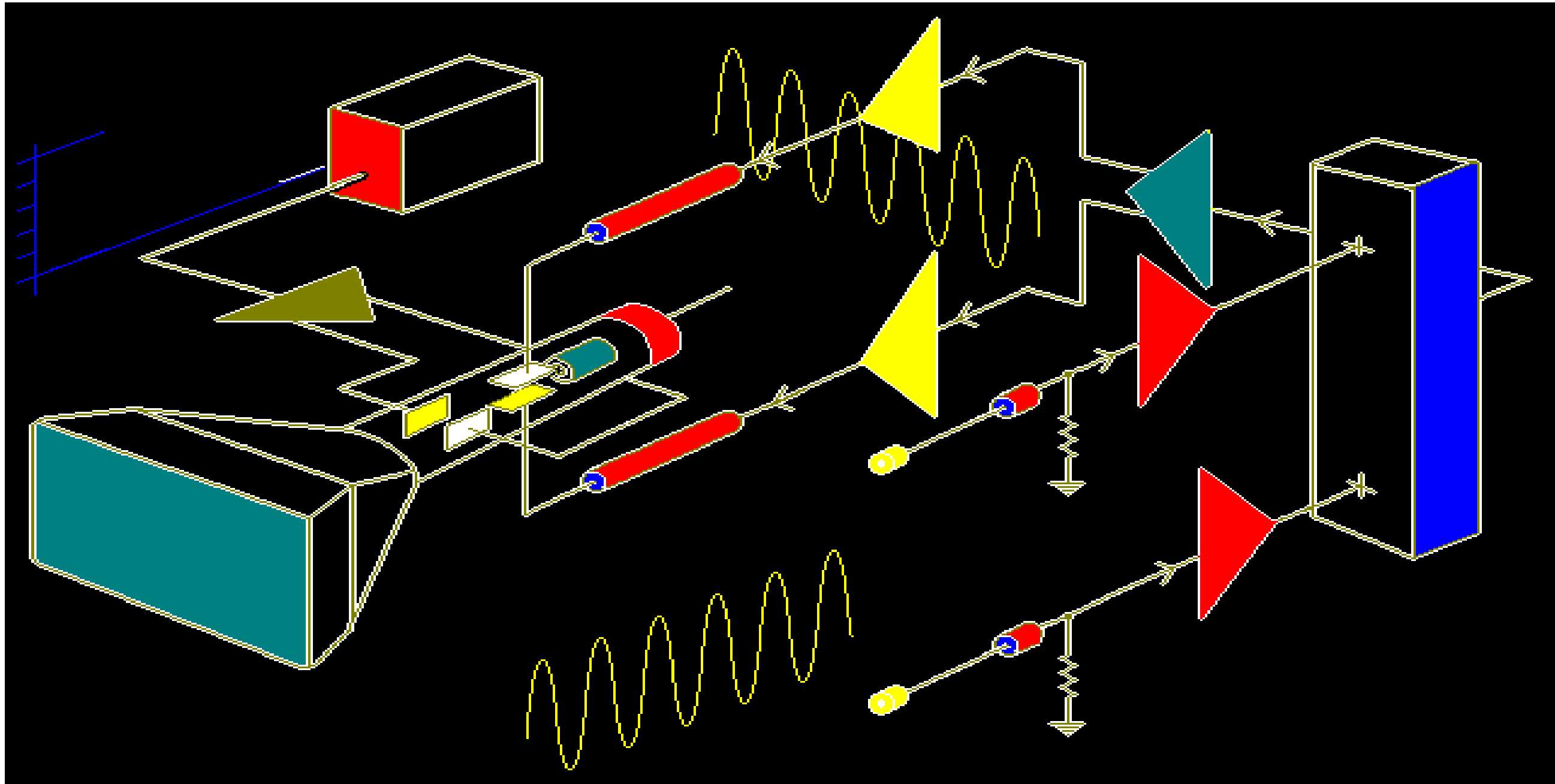
# OSİLOSKOP

- **LEVEL-** İçeriden veya dışarıdan tetiklemede, tetikleme işaretinin üretilebilmesi için tetikleyen işaretin yükselmesi gereken seviye ayarı bu düğme ile yapılır.  
+/- Testere dişinin, iç veya dış tetikleme işaretinin pozitif ya da negatif kenarı ile başlatılmasını sağlar.
- **EXT. TRIGGER** veya sadece **TRIGGER-** Dış tetikleme işaretinin bağlanması için priz. Tetikleme işaretinin genellikle 1 V veya daha büyük olması istenir.
- **X MAGN., X MAGNIFIER** veya **HORIZONTAL EXPA-NSION-** Bu düğme ile ekrandaki şekil kademeli veya kademesiz olarak 5 ila 10 kat açılabilir ve şeklin bir bölümünün yakından incelenmesi sağlanır.
- **VOLTS/DIV.-** Volts per division = Bölüm başına Volt. Gösterilecek işarete uygun olarak osiloskobun giriş duyarlılığının ayarlanması için kullanılan komütatör. Aynı zamanda, bu anahtarın konumu ve ekrandaki işaretin yüksekliğinden gerilim değeri de (V cinsinden) okunabilir. Bu anahtar, kademesiz (ve kalibre edilmemiş) bir duyarlık ayarıyla da birlikte çalışır.
- **CAL.-** calibrated = kalibre edilmiş. Kademesiz duyarlık ayarlayıcının bu konumunda, VOLTS/DIV. anahtarı ile ayarlanan değer doğru olur.
- AC-0-DC alternating current – zero – direct current = alternatif gerilim – sıfır doğru gerilim anlamına gelir. Ölçülecek işaret için giriş tipini seçer.
- AC- Sadece alternatif gerilimler ölçülebilir. Eğer alternatif gerilim bir doğru gerilimin üzerine binmişse, bu doğru gerilim osiloskobun içine alınmaz.
- 0- Giriş her türlü işarete kapalıdır. Ekrandaki yatay çizgi bu durumda VERTI-CAL POSITION ile istenen yere getirilebilir.
- DC- Bu konumda doğru gerilimler ve alternatif gerilimler birlikte ölçülebilir.  
VERTICAL INPUT veya Y-INPUT- Düşey giriş. Gösterilecek işaretin uygulanacağı priz.  
CAL VOLTS- calibration voltage = kalibrasyon gerilimi'nin kısaltılmışıdır.



# OSİLOSKOP

- Osiloskop içinde üretilen ve tanımlı bir büyüklüğe sahip bir kare dalga işareti bu çıkış prizine bulunur. Ölçme ucu bu prize bağlanırsa, düşey girişin kalibrasyonu ve kazancı kontrol edilebilir. Ayrıca bu kare dalga ile ölçü kafasının kompanzasyonu yapılarak, ekranda en iyi şekilde gösterilmesi sağlanır.
- HORIZONTAL INPUT- Dış yatay giriş prizi, buna X-INPUT da denmektedir.-TIME/DIV. anahtarının özel bir konumunda, osiloskop içinde üretilen testere dişi işaret yerine dışarıdan uygulanan işaret yatay saptırma plakalarına gönderilir. Bu durumda düşey saptırma plakalarına uygulanan işaret ile birlikte ilginç şekiller,
- Z-MOD- Parlaklık modülasyonu girişi. Bu giriş üzerinden birkaç voltluk darbeler uygulanır. Noktacık ekranın solundan sağına doğru giderken, TIME/DIV anahtarının konumuna göre şeklin bazı noktaları daha parlak gözükür. Darbeler frekansı tam doğru bir darbe üreticinden geliyorsa, bu şekilde ölçülen işaret üzerinde doğruluğu çok yüksek süre ölçmeleri yapılabilir.
- Bu kısa kullanım kılavuzuna rağmen, akıllı bir kullanıcı (evet akıllı olan), önce cihazın el kitabına bakacak ve daha sonra cihazla oynamaya girişecektir. Cihazın kitabını okuyan biri, burada anlatılanlara oranla çok daha fazla şey öğrenecektir. Yani çabalar boşa gitmeyecektir.



# Usage Notes

- A lot of slides are adopted from the presentations and documents published on internet by experts who know the subject very well.
- I would like to thank who prepared slides and documents.
- Also, these slides are made publicly available on the web for anyone to use
- If you choose to use them, I ask that you alert me of any mistakes which were made and allow me the option of incorporating such changes (with an acknowledgment) in my set of slides.

Sincerely,

Dr. Cahit Karakuş

**cahitkarakus@gmail.com**