

ÖLÇME

ÖLÇMENİN TANIMI

Bir büyüklüğü karakterize eden şey ölçebilme olanağıdır. Diğer bir ifade ile bir büyüklüğü ölçmek demek; o büyüklüğü kendi cinsinden tanımlı bir büyüklüğün birimi ile oranlamak veya karşılaştırmak demektir.

Ölçmenin yapılması için, ölçülmek istenen bir büyüklük, o büyüklükle ilgili tanımlanmış bir standart birim ve o standarda uygun bir ölçme cihazının bulunması gerekir.

Örneğin, herhangi bir kütlenin ağırlığını ölçmek, kilogram ağırlıkla karşılaştırmak veya içerisinde kaç defa olduğu araştırmaktır, iki nokta arasındaki mesafeyi ölçmek için uzunluk birimi olan metreyi kullanırız. Metre yerine santimetre, mil, fut, yarda, arsin gibi değerleri de alabiliriz. Bu değerlerin isimleri değişik olmakla beraber birim olarak ortaktır ve hepsi de uzunluk birimidir.

Yukarıdaki örneklerde belirlenen iki büyüklüğü ölçebilmek için, iki ayrı birim kullandık ve aynı zamanda fiziksel bir boyutunu veya değerini ölçtük, ölçülecek büyüklükler değişikçe bunlara ait birimlerde değişmektedir

ÖLÇMENİN ÖNEMİ

Bilimsel çalışmalar ölçme ile anlam kazanır. Ölçülemeyen büyüklükler tanımlanamaz, kontrol edilemez.

Ölçme, güvenli bir yaşam demektir. Kullandığımız elektrik enerjisinin değerini ve bu enerjinin özelliklerini bilmesek bu kadar rahat ve güven içinde kullanmazdık

Ölçme verimlilik ve kalitedir. Kalite bilinci, ölçmenin sonucu ortaya çıkmış bir anlayıştır. Ölçme ve kıyaslama olmadan bir ürünün kalitesi hakkında karar vermek olanaksızdır.

Ölçme, bizleri kargasa ortamından kurtarır. Gündelik yasantımızda yaptığımız her türlü alışverişin içinde bir ölçme bulunduğunu görürüz. Yalnızca yerel düzeyde değil uluslar arası düzeylerdeki alışverişler düşünülecek olursa ölçü sisteminin ne kadar büyük sorunları çözmüş olduğunun farkına varırız.

Bugün dünyamızda bir ürün ve hizmet alırken istenen ve aranan standartların oluşturulması ve geliştirilmesi de ölçme sayesinde oluyor.

ULUSLARARASI SİSTEMİN TEMEL BİRİMLERİ

Uluslararası sistemin kabul ettiği yedi temel birim vardır. Bunlar;

Büyüklük Birim Adı

1. Uzunluk Metre (m)
2. Kütle Kilogram (kg)
3. Zaman Saniye (s)
4. Sıcaklık Kelvin derece (°K)
5. Elektrik akımı Amper (A)
6. Işık şiddeti Candela (Cd)
7. Madde miktarı Mol (mol)

Uluslararası Sistemin kabul ettiği yedi temel birim

TÜRETİLMİŞ BİRİMLER

Temel birim sistemi üzerinde tanımlanmış birimlerdir.

Büyüklük Birim -

<u>Büyüklük Birim -</u>	<u>Sembol</u>
Alan	m ²
Hacim	m ³
Yogunluk	Kg/m ³
Hız	m/s
ivme	m/s ²

Açısal ivme	rad/s ²
Kuvvet Newton (N)	Kütle x ivme
Enerji Isı miktarı	Joule (J) =Newton x m
Güç, Isı akısı	Watt (W) =Joule / s
Elektrik yükü	Coulomb (C) =Amper x s
Gerilim, EMK,	Potansiyel Volt (V) =Joule / Coulomb
Elektrik alan siddeti	Volt / metre
Magnetomotor kuvvet	Amper
Elektriksel direnç	Ohm (Ω) =V / A
Elektriksel kapasite	Farad (F) =Coulomb / V
Elektriksel self	Henry (H)= V / (A / s) = V x s / A
Magnetik akı	Weber (Wb) =Volt x s
Magnetik akı yoğunluğu	Tesla (T) =Wb / m ²
Magnetik alan siddeti	A / m
Aydınlık,(ışık akısı)	Lümen (Lm)
Parlaklık	Cd / m ²
Aydınlatma siddeti	Lüx (Lx)= Lm / m ²
Frekans Hertz	(Hz) =1 / Periyot
Açısal frekans veya hız	Radyan / s= 1 / Açısal Periyot

Bazı türetilmiş birimler

ELEKTRİKSEL BÜYÜKLÜKLER

Gerilim: Elektrik yüklerinin bir noktadan diğer bir noktaya gitmesini sağlayan kuvvete gerilim veya potansiyel fark adı verilir. Birimi Volt olup V ile gösterilir.

$$V = I \times R$$

Akım: Bir noktadan geçen elektrik yüklerinin miktarını ifade eder. Birimi Amper olup A ile gösterilir. Akım yönü elektron akış yönünün tersi olup bir gerilim kaynağının pozitif ucundan çıkıp negatif ucuna doğru gittiği kabul edilir.

$$I = Q / s = V / R$$

Direnç: Elektrik akımına karşı gösterilen zorluktur. Birimi Ohm olup W ile gösterilir.

$$R = V / I$$

Güç: Birim zamanda yapılan işe güç adı verilir. Birimi Watt olup W ile gösterilir.

$$P = V \times I = I^2 \times R = V^2 / R$$

Logaritmik güç ifadeleri:

$$P(\text{dB}) = 10 \text{ Log } P / 1\text{W} \quad P(\text{dBm}) = 10 \text{ Log } P / 1\text{mW}$$

$$P(\text{dB}) = 10 \text{ Log } P / 1\text{W}$$

Endüktans: Bir devredeki akımın her türlü değişimlere karşı koyan ve manyetik enerji depolayan devre elemanıdır. Birimi Henry olup H ile gösterilir. Henry bir bobinde indüklenen gerilimin bobin içindeki akımın değişim hızına oranı olarak tanımlanır.

$$L = V \times s / A$$

Kapasitans: Bir devredeki gerilimin her türlü değişimlere karşı koyan ve elektrik enerjisi depolayan devre elemanıdır. Birimi Farad olup F ile gösterilir. Gerilim fonksiyonu olarak bir kondansatörde biriken yük miktarına kapasite adı verilir.

$$C = Q / V$$

Frekans: Periyodik bir işaretin bir saniyedeki tekrarlanma sayısıdır. Birimi Hertz olup Hz veya 1/s ile gösterilir. Periyotun tersidir.

$$f = 1 / T$$

Periyot: Dalga şeklini tekrarlayan işaretlerde herhangi noktasından o noktanın tekrarlandığı ilk anına kadar geçen süredir. Frekansın tersidir.

$$T = 1 / f$$

ÇARPAN BİRİMLER:

Çarpan biriminin önündeki büyüklük 1 ile 1000 arasında olacak şekilde ondalık virgülden önceki sayı 1000'den büyükse sola doğru, 1'den küçükse sağa doğru her seferinde 3 hane olacak şekilde ötelenir. Ta ki sayı 1 ile 1000 arasında kalıncaya kadar. Kaç kez öteleme yapıldıysa ona karşılık gelen alt veya üst katı çarpan birimi olarak yazılır.

Örneğin:

$$1800000000 \text{ Hz} = 1800000,000 \text{ KHz} = 1800,000000 \text{ MHz} = 1,800000000 \text{ GHz} \text{ yani } 1,8 \text{ GHz}$$

$$0,000000022 \text{ F} = 0000,000022 \text{ mF} = 0000000,022 \mu\text{F} = 0000000022, \text{ nF} \text{ yani } 22 \text{ nF}$$

Dönüşümlerde kullanılacak çarpanlar birimleri aşağıda belirtilmiştir.

Çarpan Birimi	Çarpan	Sembol
Egza	10^{18}	E
Penta	10^{15}	P
Tera	10^{12}	T
Giga	10^9	G
Mega	10^6	M
Kilo	10^3	k
Mili	10^{-3}	m
Mikro	10^{-6}	μ
Nano	10^{-9}	n
piko	10^{-12}	p
femto	10^{-15}	f

ÖLÇÜ ALETLERİ

Elektriksel ve elektroniksel ölçmelerde değişik tipte ölçü aletleri kullanılır. Bu ölçü aletlerini değişik kategorilerde sınıflandırabiliriz. Ör: Yapısının göre: Sayısal ölçü aletleri, analog ölçü aletleri

Sayısal ve Analog Ölçü Aletlerinin Karşılaştırılması

Sayısal Cihazların Üstünlükleri

- 1-Ölçme yapılırken dik veya eğik tutulmaları önemli değildir.
- 2-Daha hızlı çalışırlar.
- 3-Daha doğru ölçme yapılabilir.
- 4-Duyarlılıkları yüksektir.
- 5-Okuma hataları azdır. Kolay okunurlar.
- 6-Bunlarla otomatik ölçme yapmak mümkündür.
- 7-Gürültülere (istenmeyen sinyaller) karşı dayanıklıdırlar.
- 8-Aynı anda çok sayıda değişik elektriksel ve fiziksel parametreler ölçülebilir (grafik multimetreler gibi).
- 9-Sayısal cihazın boyutları çok küçük olabilir.

10-Giris dirençleri yüksek olduğundan ölçülen degere etki etmezler

11-Ölçülen degerlerin uzak mesafelere taşınması ve cihazların uzaktan kontrolü kolaydır.

Analog cihazların üstünlükleri

Sayısal göstergelerin birçok üstünlükleri olmasına rağmen uygulamalarda bazen analog göstergeler tercih edilmektedir.

1-İbrenin hareket yönü ve bağıl genlik değişimi söz konusu olduğu zaman analog göstergenin izlenmesi daha kolay olur.

2-Ölçme yaparken ayrı bir enerji kaynağına ihtiyaç duymazlar.

Uygulamada en çok kullanılan ölçü aletlerinin isim ve sembolleri aşağıda gösterilmiştir.

Elektriksel Büyüklük	İsareti	Birimi	Birim sembolü	Ölçü Aletinin Adı
Akım şiddeti	I	Amper	A	Ampermetre
Gerilim	V	Volt	V	Voltmetre
Çok küçük miktarda Akım ve Gerilim			G	Galvanometre
Direnç	R	Ohm	Ω	Ohmmetre
Aktif güç	P	Watt	W	Wattmetre
Reaktif güç	Q	Var	Var	Varmetre
Elektrik miktarı		Ampersaat	Ah	Akım Sayacı
Elektrik enerjisi	E	Kilowattsaat	KWh	Sayac
Frekans	f	Hertz	Hz	Frekansmetre
Güç faktörü	Cos \emptyset			Cos \emptyset metre
Faz farkı	\emptyset	Derece	$^{\circ}$	Faz

ÖLÇME VE ÖLÇÜ ALETLERİYLE İLGİLİ BAZI KAVRAMLAR

1-Dogruluk: Ölçme tekniklerinde doğruluk ölçülen degerin gerçek degere ne kadar yakın olduğudur. Ölçü aletinin yapabileceği en büyük hata, imalatçı tarafından kataloglarda veya alet üzerinde bağıl hata olarak % ile belirtilmiştir. Bağıl hata cihaz skala taksimatının tam sapması durumuna göre verilir.

2-Duyarlılık(Hassasiyet): Ölçü aletlerinde duyarlılık küçük degerleri algılayabilme özelliği veya ölçü aletinin cevap verebileceği en küçük giriş degeri olarak tanımlanabilir.

3-Ölçme Alanı (Range): Ölçü aletinin kadran taksimatının gösterdiği ilk ve son degeri arasındaki kalan kısım ölçme alanını verir. Yani hangi degerler arasını ölçtüğünü gösterir.

4-Ölçme Sınırı: Bir ölçü aletinin kadran taksimatının gösterdiği en son degere yani ölçebileceği en büyük degere denir.

5-Rezolüsyon (Resolution) (Ayırt edebilme Kabiliyeti): Alet girişindeki en küçük değişimi fark edebilme özelliğidir. Bu özellik daha çok dijital ölçü aletlerinde aranan bir husustur. Örneğin bir ölçüm yaparken ölçüdeki mikro seviyedeki bir değişikliği aletin göstermesi gerekir. 10 μ V duyarlılığındaki bir voltmetrenin rezolüsyonu 1 μ V olabilir

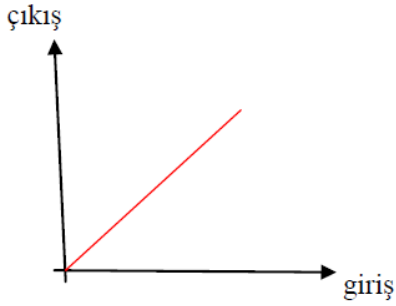
6-Giris Empedansı: Ölçü aletlerinin devreye seri veya paralel bağlanmasından dolayı devreye yükleme etkisi vardır. Alternatif akımda giriş direnci ile birlikte kapasitenin de belirtilmesi gerekir. Elektronik ölçü aletlerinin giriş empedansları büyük olduğundan devreye yükleme etkileri azdır. Bu nedenle tercih edilirler. Ampermetreler için devreye seri bağlanmalarından dolayı düşük giriş direnci, voltmetreler için ise devreye paralel bağlanmalarından dolayı yüksek giriş direnci istenir.

7-Frekans Cevabı (Bant Genisliği): Dijital ölçü aletlerinde ölçü aleti için belirtilen doğruluğun geçerli olduğu frekans bölgesinin alt ve üst sınırlarını belirtir. Özellikle Osilaskoplarda frekans bandının çok geniş olması tercih edilir.

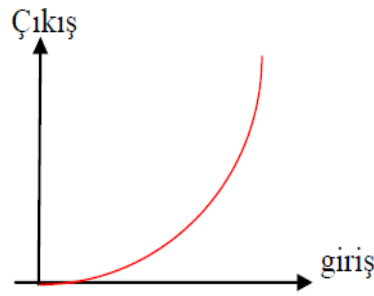
8-Ölçü Aletin Sarfiyatı: Analog ölçü aletlerinde alet, ölçme yapılan devreden $I_2 \times R$ kadar bir güç harcar. Bu güç, ölçülen büyüklük ile doğru orantılıdır. Dijital ölçü aletlerinde ise; alet ayrı bir kaynak (pil) tarafından beslendiğinden devreden güç çekmez. Bu da dijital ölçü aletinin tercih edilen bir özelliğidir.

9-Dogrusalılık: Bir sistemin veya cihazın giriş büyüklüğü ile çıkış büyüklüğü arasındaki bağıntı doğrusal ise sistem veya cihaz lineerdir denir.

Bir sistemin veya cihazın giriş büyüklüğü ile çıkış büyüklüğü arasındaki bağıntı doğrusal değil ise sistem veya cihaz lineer değildir denir. Girişin değişimine sistem aynı oranda cevap vermez.



Sekil 1.1 Doğrusal (lineer) sisteme örnek



Sekil 1.2 Doğrusal olmayan (nonlineer) sistem

ÖLÇMEDE HATA

Elektrikte bir büyüklüğün doğru olarak ölçülmüş olması çok enderdir. Ölçü aletleri ne kadar titizlikle yapılırsa yapılsın ve ölçü yapan, ne kadar dikkat ederse etsin veya hangi metodu kullanırsa kullansın ölçülen büyüklük, gerçek (hakiki) değer değildir. Çok az da olsa bir fark vardır: bu ölçülen veya bize verilen miktarlar, o büyüklüğün yaklaşık değeridir.

Bir ölçme yapılırken ne kadar doğru aletler, iyi metotlar kullanılırsa kullanılsın, ölçmeye ne kadar özen gösterilirse gösterilsin ölçü sonucu bulunan değer tam doğru olduğu söylenemez. Bulunan bu değer gerçek değerden az da olsa farklıdır. Bu farka ölçmede yapılan "hata" denir.

İşte, yaklaşık değerle, hakikî değer arasındaki bu farka, ölçmenin hatası veya ölçmede hata denir.

"Ancak yapılan hata bilinirse, ölçme sonucunun bir anlamı olur."

HATAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Kullanılan metotlar, cihazların kalitesi ve deney yapanın bilimsel ve psikolojik durumu, çevre koşulları elde edilen ölçü sonucunun gerçek değerine yakınlığına etki eden temel faktörlerdir.

Hatalı ölçmelere etki eden faktörler, genel olarak üç çeşittir:

1. Aletin kendi hatası
2. Dış etkilerin meydana getirdiği hatalar.
3. Ölçme yapanın hatası.

ALETİN KENDİ HATASI

Aletin kendi hatasına, aletin "*ölçme hatası*" da denir. Bu hata; kalibrasyon, yapım, sıfır ayarı, aletin yaşlılığı, sürtünme, cevap zamanı, yükleme hatası gibi çeşitli sebeplerden ileri gelir. Dolayısıyla alette; ölçülen büyüklüğün hakikî değerini göstermez. Ölçülen bu değer hakikî

degerden biraz farklıdır. Bu farklı degerleri imalatçılar (asagıda izah edeceğimiz), okuma hatasında dikkate alarak bir tek deger halinde aletin kadranı üzerine, isaret ederler (0,5 veya 1,5 gibi).

Bunlardan bir kaçını inceleyelim;

a) Sıfır ayarı hatası: Ölçü aletinin sıfır ayarının hatalı olmasından kaynaklanır. Mesela bir voltmetrenin bütün ölçmelerde 0,5 volt az ölçme yapması sıfır ayarının hatalı olduğunu gösterir.

b) Skala hatası: Bu hata ölçülecek olan isaretin genliğine bağlı olarak uygun kademenin seçilmemesinden ve skalanın lineer olmamasından kaynaklanır. Skala lineer değilse, bunun düzeltilmesi veya düzeltilememesi her noktadaki hatanın ne olduğu tespit edilerek ölçü sonuçlarında göz önünde bulundurulması gerekir. Dijital aletlerde bu problem yoktur.

c) Cevap zamanı hatası: Ölçülen büyüklüğün hızlı değişmesi ve cihazın bu değişimi takip edememesinden kaynaklanır. Bu hata ölçü aletinin mekanik ataletinden kaynaklanır.

d) Yükleme hatası: Ölçü aleti devreye bağlandığında devreden bir enerji çeker.

Örneğin; voltmetrenin direnci çok büyüktür ama sonsuz değildir veya ampermetrenin direnci çok küçüktür ama sıfır değildir. Bu nedenle bağlandığı devreden akım çeker ve devreye etki ederler.

Soru: Bir voltmetre iç direnci 750Ω olan bir kaynağın gerilimini ölçmek için kullanılıyor. Ölçümdeki bağıl hatanın %1 den az olması için voltmetrenin iç direnci ne olmalıdır?

NOT: Çözüm bağıl hata konusundan sonra yapılabilir.

e) Yapım hatası: Aletin yapımından kaynaklanan hatalar olup, imalatçılar, yapım hatasına göre ölçü aletlerini aşağıdaki çizelgede görüldüğü gibi 7 sınıfa ayırmışlardır. VDE (Alman standardı) standartlarına göre, bu sınıflarda çeşitli harflerle isaretlenir. Ölçü aletleri, bu isarettaki sınıfına göre sipariş edilir. (VDE 410)

Elektrikli Ölçü Aletlerinin Hassasiyet Sınıfı VDE 0410							
	Hassas Aletler			İşletme Aletleri			
İsareti	E		F	G		H	
Sınıfı	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5
Gösterme Hatası	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1,5\%$	$\pm 2,5\%$	$\pm 5\%$

İsareti F Sınıfı 0,1-0,2-0,5-1-1,5-2-2,5 Gösterme Hatası $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 1,5\%$, $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$

a) Mutlak hata (Δm)

Ölçüde, alette okunan değeri A_1 , aletin hakikî göstereceği değeri de A_2 ile ifade edersek bu iki değer arasındaki farka, mutlak (fark) hata denir.

$$\Delta m = A_1 - A_2$$

Bu değer + veya - olabilir.

b) Bağıl Hata (Δb) :

Mutlak hatanın ölçülmek istenen değere bölünüp yüzde çarpılmasıyla tayin edilir.

$$\Delta b = (\Delta m / A_2) \times 100$$

c) Konstrüksiyon (yapım) hatası (H) :

Mutlak hatanın, alet kadranındaki maksimum (X_{max}) degere, bölünmesi ile bulunur. Yani,

$$H = \frac{(A1-A2)}{X_{max}} \cdot 100 = H = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100$$

ÖRNEK: 50 A'lik bir ampermetre 0,5 sınıfı ise, bu aletle ölçme yapılırken gösterdiği değer, gerçek değerden en çok ve en az ne kadar mutlak hata yapar?

$$H = \pm \% 0,5$$

$$X_{max} = 50 \text{ A}$$

$$\Delta m = ?$$

$$\pm \% H = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100 =$$

$$\Delta m = \pm \% H \cdot X_{max} = \pm \% 0,5 \cdot 50 = \pm 0,25$$

Hesaplanan bu değere göre, aletle okunan değer, gerçek değerden en çok 0,25 A eksik veya fazla ölçülmüş demektir. Yani 50 A'lik ölçü aleti ile 20 A'lik bir akım ölçülürse, ölçü aleti $20 \pm 0,25 = 19,75 \text{ A}$ ile $20,25 \text{ A}$ arasında bir değer gösterir.

ÖRNEK: Hata sınıfı % 5 olan 150 V'luk voltmetre ile,

a) 30 V

b) 120 V ölçüldüğünde aletin bağıl hatası ne olur?

Bağıl hatayı aletin sınıfı, yani yapım hatası cinsinden ifade edersek;

$$\Delta b = \frac{\Delta m}{A2}$$

$$\frac{\Delta m}{A2} = \frac{\Delta m}{A2} \cdot \frac{X_{max}}{X_{max}}$$

$$\frac{\Delta m}{A2} = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot \frac{X_{max}}{A2}$$

$$H = \frac{\Delta m}{X_{max}}$$

$$\Delta b = H \cdot \frac{X_{max}}{A2}$$

$$H = \pm \% 5$$

$$X_{max} = 150 \text{ A}$$

$$a) \Delta b = H \cdot \frac{X_{max}}{A2} = \pm \% 5 \cdot \frac{150}{30} = \pm \% 0,25$$

Elde edilen sonuca göre bu ölçü aleti ile kadranın baş taraflarında ölçme yapılırsa bağıl hata dolayısıyla mutlak hata büyük olacaktır.

$$b) \Delta b = H \cdot \frac{X_{max}}{A2} = \pm \% 5 \cdot \frac{150}{120} = \pm 0,0625$$

Elde edilen sonuç, a şikkına göre oldukça küçüktür. Bu nedenle ölçmeler daima kadranın ortası ile son kısmı arasında yapılmalıdır.

ANALOG ÖLÇÜ ALETLERİ:

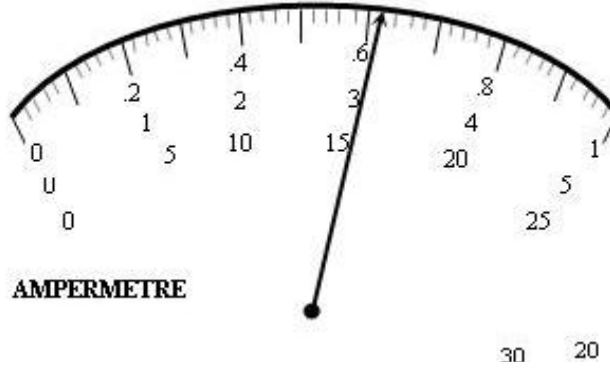
SKALA TAKSİMATI VE İBRELER:

Ölçüm değerlerinin okunduğu gösterge **skala**, gösterge üzerindeki değeri belirleyen metal cubuk ise **ibre** olarak adlandırılır.

Skala taksimatlandırma çizgisinin ve ibrenin ince olması okuma hatalarını en aza indirir.

AMPERMETRE:

Bu ampermetre skalasında 0-25 , 0-5, ve 0-1 aralıklarına ait kademelerde ölçüm yapılabilir.



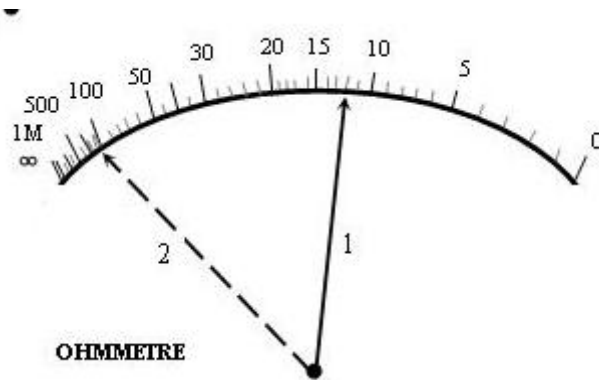
0-25 kademesi: 2,5 A lik aralıklarla ölçeklendirilmiştir. İbrenin gösterdiği değer 15,5 A dir.

0-5 kademesi: 2,5 A lik aralıklarla ölçeklendirilmiştir. İbrenin gösterdiği değer 3,1 A dir.

0-1 kademesi: 0,1 A lik aralıklarla ölçeklendirilmiştir. İbrenin gösterdiği değer 0,62 A dir.

VOLTMETRE : Ampermetre skalasıyla aynı özellikleri taşır. Ölçüm işlemi aynıdır.

OHMMETRE:

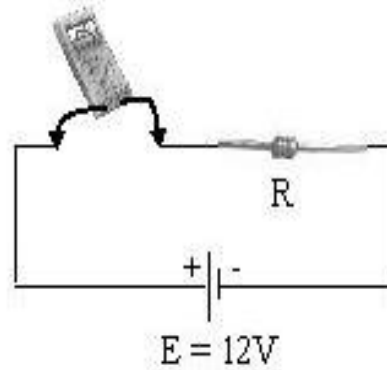
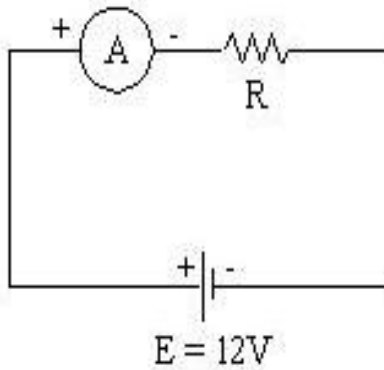


Skala taksimatları eşit aralıklı değildir. En hassas ölçüm skalasının orta değerlerine olur. Genellikle x1, x10, x1K, x10K kademeleri kullanılır.

Ör: Kademe x10K ise 1 numaralı ibre $12 \times 10K = 120K$ değerindedir. 2 numaralı ibre 100-250 arasındadır. 100 değerine daha yakın durduğu için 120 üzerinde durduğu söylenebilir. Eğer x1K kademesinde ise 120K değerini gösterir

TEMEL DC ÖLÇÜMLERİ:

AKIM ÖLÇMEK: Ampermetre ile ölçülür. Ampermetre devreye seri bağlanır.



AMPERMETRENİN ÖLÇME ALANININ GENİŞLETİLMESİ:

Bir ampermetre ile ölçebileceği değerden daha yüksek bir akım ölçmek gerektiğinde, ölçü aletinin bobinine paralel, uygun değerde direnç bağlanır. Buna şönt direnç denir.

R_p : Şönt (paralel) direnç

R_m : Ampermetrenin iç direnci

I_m : Ampermetrenin tam ölçek akımı

$$R_p = \frac{R_m \times I_m}{I_t - I_m}$$

Ör: Bobin direnci 90Ω olan bir ampermetre ile max. 10 mA ölçülebilmektedir. Aynı ampermetre ile 70 mA ölçmek için bağlanması gereken paralel direncin değerini bulunuz.

$$I_m = 10\text{ mA}$$

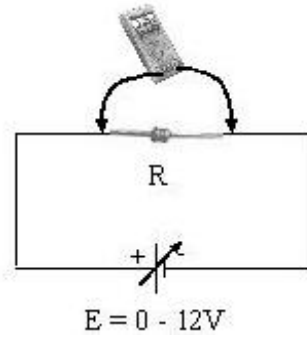
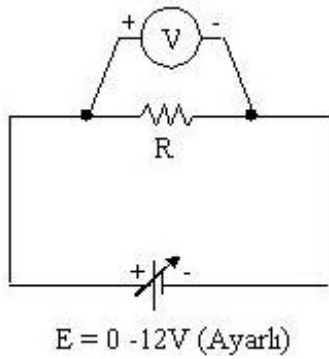
$$I_t = 70\text{ mA}$$

$$R_m = 90\ \Omega$$

$$R_p = ?$$

$$R_p = \frac{90 \times 10}{70 - 10} = 15\ \Omega$$

GERİLİM ÖLÇMEK: Voltmetre ile ölçülür. Voltmetre devreye paralel bağlanır.



VOLTMETRENİN ÖLÇME ALANININ GENİŞLETİLMESİ:

Seri direnç bağlanır. Ohm Kanununa göre $U = I \times R$ dir. Ölçü aletinin giriş akımına I_m , giriş direncine R_m diyelim. Eğer R_m ye seri bir R_s direnci bağlarsak, $(R_m + R_s)$ elde etmiş oluruz. Voltmetrenin ölçmesini istediğimiz gerilim değeri bu şekilde ayarlanabilir.

$$U = I_m \cdot (R_m + R_s) \quad R_s = (U / I_m) - R_m \text{ olarak bulunur.}$$

Ör:

1-) İç direnci 200Ω , tam sapma akımı $100\mu\text{A}$ olan bir galvanometreden 10 V ölçebilen bir voltmetre yapılacaktır. Bağlanacak seri direncin değerini bulunuz.

$$R_s = (10 / 100 \cdot 10^{-6}) - 200 = 99800\ \Omega$$

2-) Bobin direnci $100\ \Omega$, seri direnç değeri $1000\ \Omega$ olan döner çerçeveli bir ölçü aleti ile max. 10 mA ölçülebilmektedir. Aynı ölçü aleti ile max. kaç volt ölçülebilir?

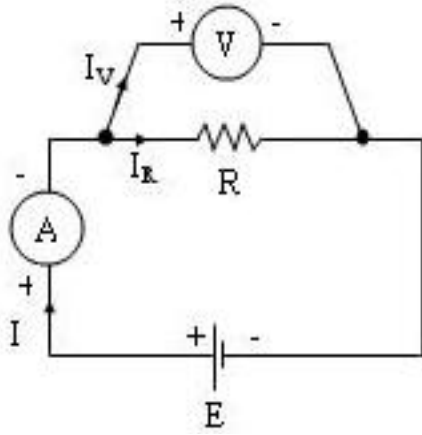
$$U = I_m \cdot (R_m + R_s)$$

$$U = 10 \cdot 10^{-3} (100 + 1000) = 11\text{ V}$$

DİRENÇ ÖLÇMEK: Değişik yöntemler kullanılabilir.

1-) VOLTMETRE AMPERMETRE YÖNTEMİ:

a) Ampermetreyi önce bağlama: Küçük değerli dirençlerin ölçümünde kullanılır.

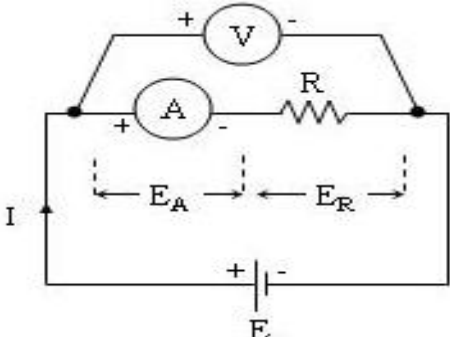


Ohm Kanununa göre $R=U/I$ dir.

Kirşof Kanununa göre $I=I_V+I_R$ dir.

Ampermetrenin ölçtüğü akım I dir.

$I R=I- I_V \Rightarrow R=U/(I- I_V)$ olur. Ancak voltmetrenin iç direnci ölçülecek direncin 100 katından büyükse voltmetrenin çektiği akım ihmal edilebilir



b) Ampermetreyi sonra bağlama:

Bu tür bağlantıda ampermetre dirençten geçen akımı tam olarak gösterir. Ancak voltmetre dirençle beraber ampermetredeki gerilimde ölçülür. Gerilim U veya E ile gösterilebilir.

$$R=E/I \quad E=E_A+E_R$$

$$E_R=E- E_A$$

$$R= \frac{E- E_A}{I}$$

Ampermetrenin iç direnci ölçülecek dirençten çok küçükse ampermetrenin üzerindeki gerilim ihmal edilebilir

ÖRNEK: Ampermetre-voltmetre yöntemi ile bir ısıtıcının direnci hesaplanacaktır. İç direnci 10000Ω olan voltmetre 200 V , iç direnci $0,05 \Omega$ olan ampermetre 1 A gösterdiğine göre, her iki bağlantıda ölçülen dirençteki hata oranını hesaplayınız.

$$R_V = 10000 \Omega$$

$$R_A = 0,05 \Omega$$

$$U = 200 \text{ V}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

Sonra bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{200}{1} = 200 \Omega$$

Ampermetrenin iç direnci göz önüne alınırsa,

$$R_X = \left[\frac{U}{I} \right] - R_A = 200 - 0,05 = 199,95 \Omega$$

Ölçüde yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(200 - 199,5)}{199,5} \cdot 100 = \% 0,025$$

Bulunan hata çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

Önce bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{200}{1} = 200 \Omega$$

Voltmetreden geçen akımı dikkate alırsak,

$$R_X = \frac{U}{(I - I_V)} = \frac{U}{\left[I - \frac{U}{R_V} \right]} = \frac{200}{\left[1 - \frac{200}{10000} \right]} = 204,08 \Omega$$

Ölçüde yapılan hata :

$$\Delta_b = \frac{(204,08 - 200)}{204,08} \cdot 100 = \% 2$$

Önce bağlama metodunda yapılan hata sonra bağlama metodunda yapılan hatadan çok büyüktür.

ÖRNEK: Ampermetre-voltmetre yöntemi ile bir paralel direncin değeri hesaplanacaktır. İç direnci 1000 Ω olan voltmetre 3 V, iç direnci 0,01 Ω olan ampermetre 5 A gösterdiğine göre, her iki bağlantıda ölçülen dirençteki hata oranını hesaplayınız.

$$R_V = 1000 \Omega$$

$$R_A = 0,01 \Omega$$

$$U = 3 \text{ V}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

Sonra bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{3}{5} = 0,6 \Omega$$

Ampermetrenin iç direnci göz önüne alınır,

$$R_X = \left[\frac{U}{I} \right] - R_A = \frac{3}{5} - 0,01 = 0,59 \Omega$$

Ölçüde yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(0,6 - 0,59)}{0,59} \cdot 100 = \% 1,69$$

Önce bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{3}{5} = 0,6 \Omega$$

Voltmetreden geçen akımı dikkate alırsak,

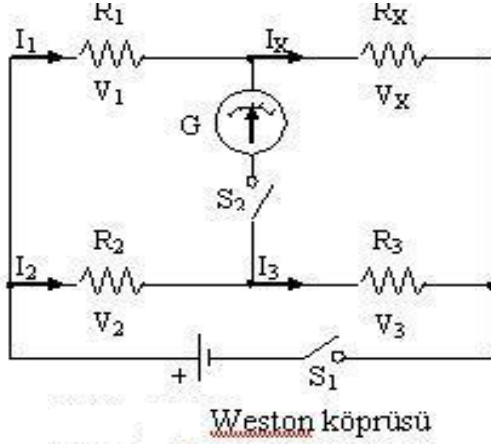
$$R_X = \frac{U}{(I - I_V)} = \frac{U}{\left[I - \frac{U}{R_V} \right]} = \frac{3}{\left[5 - \frac{3}{1000} \right]} = 0,60036 \Omega$$

Ölçüde yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(0,60036 - 0,6)}{0,60036} \cdot 100 = \% 0,06$$

Bulunan hata çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

3-) WESTON KÖPRÜSÜ İLE: Bilinen direnç değeri ile bilinmeyen bir direncin karşılaştırılması esasına dayanır.



S1 ve S2 anahtarları açıkken ibre sıfırdadır. Anahtarlar kapatılınca ibre oynamaya başlar. Weston köprüsü, iki kol üzerinde ikişerli dirençlerin birbirine paralel bağlanmasıyla oluşur. Kollardaki dirençler birbirine eşit olduğunda galvanometreden akım geçmez. Köprü dengede iken $I_1=I_x$ ve $I_2=I_3$ olur. Yine denge durumunda $V_1=V_2$

$$R_x = \frac{(R_1 \cdot R_3)}{R_2}$$

Ör: $R_1= 1K$, $R_2= 500\Omega$, $R_3=250\Omega$ olan bir Weston Köprüsünde galvanometredeki ibreyi sıfır noktasına getirecek direnç değerini bulun.

$$R_x = \frac{1000 \cdot 250}{500} = 500\Omega$$

ALTERNATİF AKIM

Zamana bağlı olarak periyodik bir şekilde yön ve şiddet değiştiren akıma "alternatif akım (AC)" denir. Alternatif akımın şiddeti kaynağın gücüne bağlıdır

AC akımda olup ta DC akım da olmayan kavramlar vardır.

SAYKIL: Akımın veya gerilimin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere yükselmesi, tekrar düşerek sıfıra ve negatif maksimum değere inmesi, buradan da tekrar sıfıra ulaşmasına **saykıl** denir. Şekildeki eğri sinüs eğrisidir. Dolayısıyla elde edilen akım veya gerilim sinüsseldir.

FREKANS: Saniyedeki dalga sayısıdır. Birimi Hertz (Hz) dir.

PERİYOT: Bir tam dalganın (saykıl) tamamlanma süresidir. Birimi sn. dir. Ancak daha çok msn ve µsn gibi alt katları kullanılır.

ANI DEĞER: Alternatif akımın zamanla değerinin değiştiğini biliyoruz. İşte alternatif akım ve gerilimin herhangi bir andaki değerine **ani değer** denir. Bir saykılta sonsuz sayıda ani değer vardır.

$$i = I_m \cdot \sin W \cdot t \quad E = E_m \cdot \sin W \cdot t \quad W = 2\pi f \text{ (Açısal Hız)}$$

Ör: Frekansı 50 Hz, maksimum değeri 60 V olan alternatif gerilimin 1/100 sn sonraki anlık değerini bulunuz.

$$V = V_m \sin W \cdot t \text{ dir. } W = 2\pi f \text{ olduğuna göre}$$

$$V = V_m \sin 2\pi f t \text{ olur. Değerler yerine yazılırsa:}$$

$$V = 60 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1/100) = 60 \cdot \sin \pi = 0 \text{ V}$$

MAKSİMUM (Tepe) DEĞER: (+) veya (-) alternansta akımın veya gerilimin aldığı en yüksek değerlerdir. 900 ve 2700'lik açılarda elde edilen değerlerdir.

TEPEDEN TEPEYE DEĞER: Alternatif akımın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki değer tepeden tepeye

değer olarak ifade edilmektedir. Tepeden tepeye değer maksimum değerın 2 (iki) katıdır.

ORTALAMA DEĞER:

Ortalama değer, bir saykıldaki ani değerlerin ortalamasıdır. Ortalama değer aynı zamanda sinyalin doğru akım değeridir. Alternatif akımın bir saykıldaki pozitif ani değerlerin sayısı, negatif ani değerlerin sayısına eşit ve aynı büyüklükte olduğundan alternatif akımda ortalama değer sıfırdır. Bu yüzden saf AC'nin DC değeri de sıfırdır.

$V_{ort} = 0,636 \cdot V_m$ formülü ile hesaplanır.

Ör: Maksimum değeri 24 V olan tam dalga doğrultulmuş gerilimin ortalama değerini bulunuz.

Çözüm: $V_{ort} = 0,636 \cdot V_m = 0,636 \cdot 24 = 16,26$ V olarak bulunur.

ETKİN DEĞER: Alternatif akım ile aynı zamanda, eşit miktarda iş yapan doğru akımın değerine **alternatif akımın etkin veya efektif değeri** denir. Ölçü aletlerinin gösterdiği değerler etkin değerlerdir.

$V_{etkin} = 0,707 \cdot V_m$ $I_{etkin} = 0,707 \cdot I_m$

Ör: Şehir şebeke gerilimi 220 V olduğuna göre maksimum ve ortalama değerini hesaplayınız.

Çözüm: Verilen değer etkin değerdir.

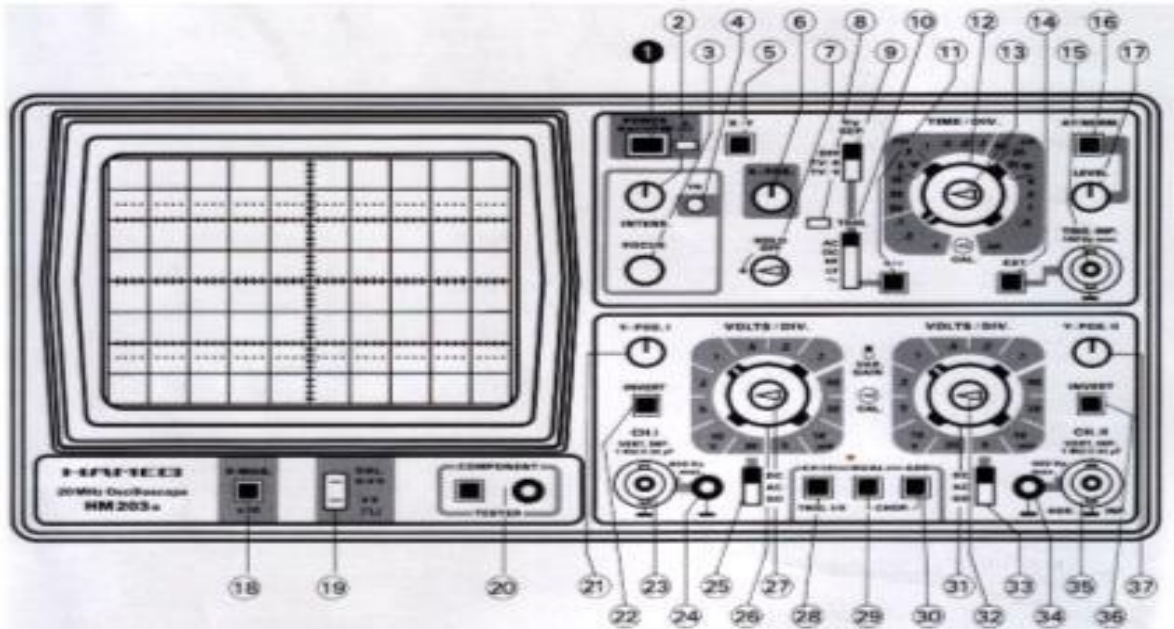
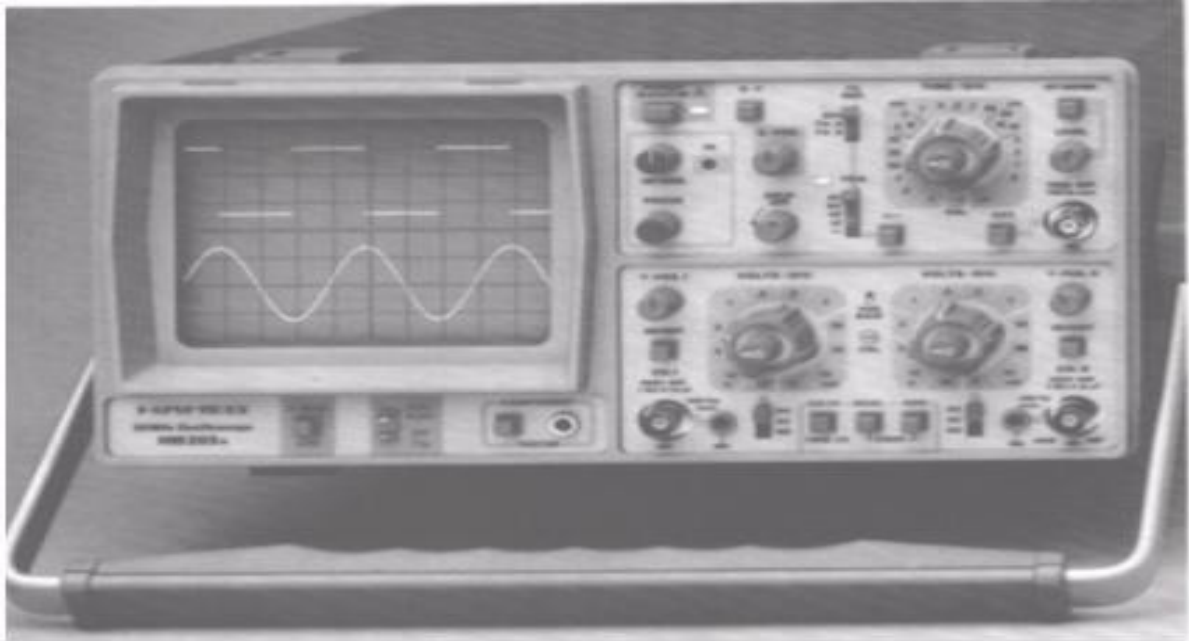
$V_{etkin} = 0,707 \cdot V_m$ olduğuna göre $V_m = V_{etkin} / 0,707$

$V_m = 220 / 0,707 = 311$ V

OSİLOSKOP İLE AKIM, GERİLİM ve FREKANS ÖLÇME

OSİLOSKOP

Osiloskop gözle görülemeyen elektrik sinyallerinin, katot ısınlı lambalar yardımı ile ölçülmesi ve gözlenmesini sağlayan çok yönlü elektronik cihazdır. Osiloskopta iki boyutlu görüntü elde edilir. Osiloskoplar daha çok ölçülecek işaretin (sinyalin) zamana göre değişimini ölçmek amacıyla kullanılır. Hareketli parçaları olmadığından, çizici, kaydedici ve göstergeli tipteki elektromanyetik ölçü aletlerine göre çok hızlı çalışırlar. Giriş direnci voltmetre gibi büyüktür.



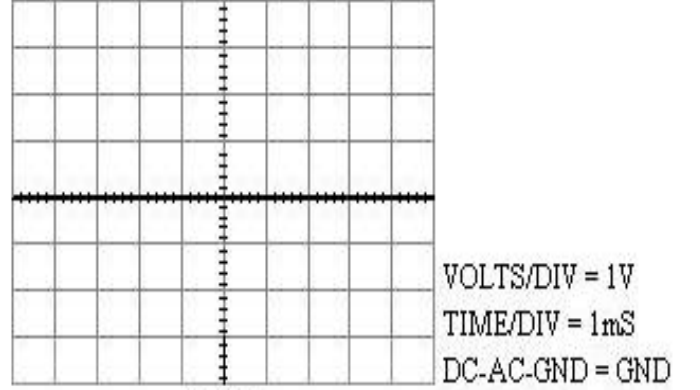
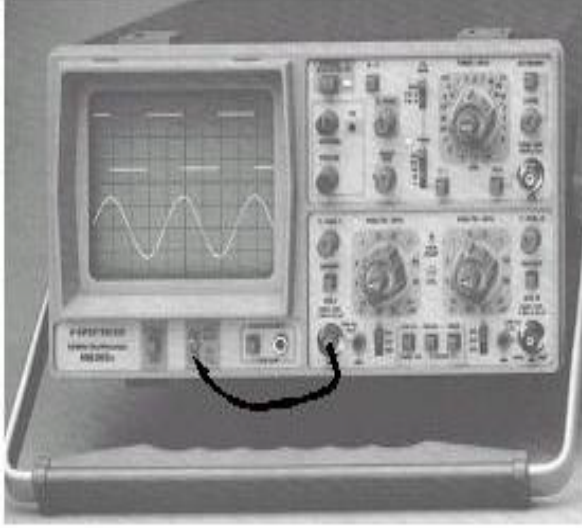
Ön Panel Elemanları HM 203-6 (Kısa Tanımlama-Ön Görünüş)

Eleman	Fonksiyon	Eleman	Fonksiyon
(1) POWER on/off (tuşlu düğme + LED)	Osiloskobu açar ve kapat. LED, çalışma durumunu belirtir.	(23) CH.I (BNC konektör)	CH.I işaret girişi. Giriş empedansı 1 MΩ 30 pF.
(2) INTENS.	Iz parlaklığı için keskinlik kontrolü.	(24) Toprak (4 mm soket)	Aynı toprak jakı.
(3) FOCUS	Izi net olarak elde etmek için odaklama kontrolü.	(25) DC-AC-GD (kaymalı anahtar)	CH.I Düşey Kuvvetlendiricisinin giriş kuplajını seçer. DC: Giriş işaretinin tüm bileşenlerini geçirir. AC: İşaret kapasitif kuplajlıdır (DC bloke edilir). GD: İşaret ayrılır, kuvvetlendirici girişi topraklanır.
(4) TR (potans).	Tarama dönüşü. Yatay gösterge çizgisi ile tarama hızı yapmak için. Yerini magnetik alan etkisini kompanse eder.	(26) VOLTS/DIV. (kademeli anahtar)	CH.I giriş zayıflatıcısı. Giriş duyarlılığını 1-2-5 dizisi ile mV/cm veya V/cm olarak seçer.
(5) X-Y (tuşlu anahtar)	X-Y çalışmasını seçer, taramayı durdurur. X işareti CH.II. yolu ile. Dikkat! X işareti yoksa fosfor yanar.	(27) VAR. GAIN (merkez düğmesi)	VOLTS/DIV. anahtarının kalibre edilmiş ayarları arasında sürekli değişken kazanç. 2.5:1 oranında duyarlılığı artırır. Çal konumu: saatin tersi yönünde tam çevrilir.
(6) X-POS.	Izin yatay konumunu kontrol eder.	(28) CH I/II-TRIG. I/II (tuşlu anahtar)	Düğme basılı değil: Sadece CH.I ve CH.II'den içten tetikleme. Düğme basılı: Sadece CH.II ve CH.II'den içten tetikleme. DUAL ve ADD modunda: Düğme içten tetikleme işaretini seçer.
(7) HOLD OFF	Taramalar arasındaki gecikme-zamanını kontrol eder. Normal konum = saatin tersi yönünde tam çevrilir.	(29) DUAL (tuşlu anahtar)	Düğme basılı değil: Yalnız bir kanal. Düğme basılı: Değişimli modda CH.I ve CH.II. DUAL ve ADD düğmeleri basılı: Kesme modunda CH.I ve CH.II.
(8) TRIG. (LED)	Eğer tarama tetiklendiyse, LED Yanar.	(30) ADD (tuşlu anahtar)	Yalnız ADD düğmesi basılı: INVERT düğmesi ile birlikte cebirsel toplama.
(9) TV SEP. (çubuk anahtar)	TV-Senkronizasyon-Ayırıcı. OFF = Normal Çalışma. TV-H = Satır veya yatay frekans. TV-V = Çerçeve veya düşey frekans.	(31) VOLTS/DIV. (kademeli anahtar)	CH.II giriş zayıflatıcısı. Giriş duyarlılığını 1-2-5 dizisi ile mV/cm veya V/cm olarak seçer.
(10) TRIG. Tetikleme seçici AC-DC-HF-LF- (çubuk anahtar)	Tetikleme seçici AC: 10 Hz'den 20 MHz'e. DC: DC'den 20 MHz'e. HF: 1.5 kHz'den 40 MHz'e. LF: DC'den 1 kHz'e. ~ : İçten hat tetiklemesi.	(32) VAR. GAIN (merkez düğmesi)	VOLTS/DIV. anahtarının kalibre edilmiş ayarları arasında sürekli değişken kazanç. 2.5: 1 oranında duyarlılığı artırır. Çal. konumu: saatin tersi yönünde tam çevrilir.
(11) +/- (tuşlu anahtar)	Tetikleme işareti eğimini seçer. + = yükselen kenar; - = düşen kenar.	(33) DC-AC-GD (kaymalı anahtar)	CH.II Düşey Kuvvetlendiricisinin giriş kuplajını seçer. DC: Giriş işaretinin tüm bileşenlerini geçirir. AC: İşaret kapasitif kuplajlıdır (DC bloke edilir). GD: İşaret ayrılır, kuvvetlendirici girişi topraklanır.
(12) TIME/DIV. (kademeli anahtar)	Zamanbazı hızını 0.5 µs/cm - 0.2 s/cm aralığında seçer.	(34) Toprak (4 mm soket)	Aynı toprak jakı.
(13) Değişken (merkez düğmesi)	Zamanbazı değişken kontrolü. Zamanbazı tarama hızını 2.5:1 oranında artırır. Çal. konumu = saatin tersi yönünde tam çevrilir.	(35) CH.II (BNC konektör)	CH.II giriş işareti. Giriş empedansı 1 MΩ 30 pF.
(14) EXT. (tuşlu anahtar)	Düğme basılı değil = içten tetikleme. Düğme basılı = dıştan tetikleme. tetikleme işareti TRIG. INP. (15) yolu ile.	(36) INVERT (CH II) (tuşlu anahtar)	CH.II görüntüsünün tersinin elde edilmesi. ADD düğmesi (30) ile birlikte = cebirsel toplama. X-Y modunda çalışmaz.
(15) TRIG. INP. (BNC konektör)	Eğer (14) düğmesi basılı ise, dıştan tetikleme işareti için giriş.	(37) Y-POS.II	CH.II. görüntüsünün düşey konumunu kontrol eder.
(16) AT/NORM. (tuşlu anahtar)	Düğme basılı değil = otomatik tetikleme, giriş işareti yokken iz görülebilir. Düğme basılı = normal tetikleme, (LEVEL (17) ayarı ile); işaret yokken iz görülemez.		
(17) LEVEL	Eğer AT/NORM. (16) düğmesi basılı ise, tetikleme noktasını ayarlamak için.		
(18) X-MAG.x10 (tuşlu anahtar)	X yönünde 10:1 genişletme. Rezölüsyon (13) dahil 20 ns/cm.		
(19) CALIBRATOR 0.2 V-2V (4.9 mm soketler)	Problar için kalibre edici çıkış soketleri 10:1 = 0.2 V, 100:1 = 2 V ₀ - (ΓΛ)		
(20) COMPONENT TESTER (tuşlu anahtar ve 4 mm jak)	Düğme basılı: CT çalışma durumunda. 2-uçlu ölçme: eleman bağlantıları CT ve toprak jaklarına.		
(21) Y-POS.I	CH.I. görüntüsünün düşey konumunu kontrol eder.		
(22) INVERT (CH I) (tuşlu anahtar)	CH.I. görüntüsünün tersinin elde edilmesi. ADD düğmesi (30) ile birlikte = cebirsel toplama.		

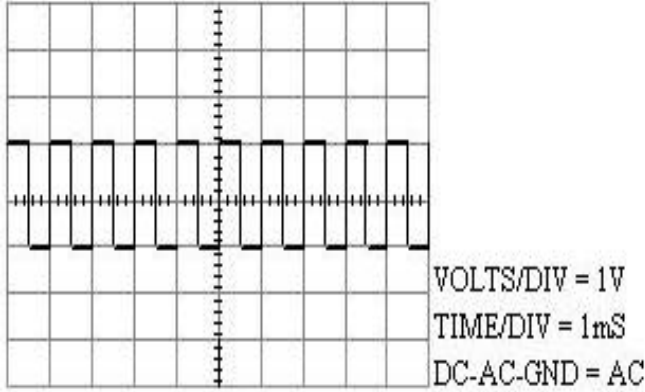
Cihazın altında bulunan kontroller:

CH.I DC-Dengeleme **CH.II** DC dengesinin düzeltilmesi (potans) Tornavida ile ayarlanmalı.

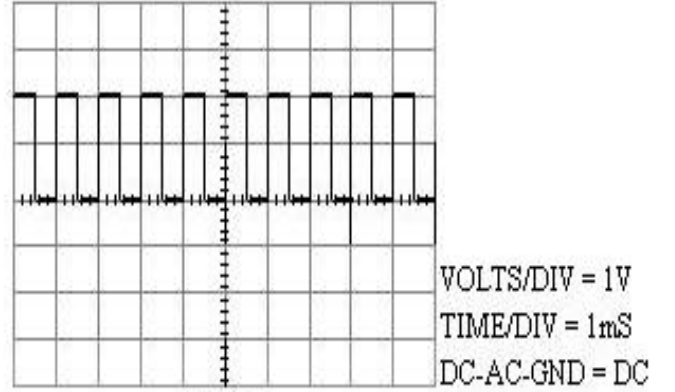
OSİLOSKOP KALİBRASYONUNUN YAPILMASI:Herhangi bir kanala takılı probun canlı ucu test sinyali çıkışı veren uçlardan alttakine temas ettirilir. Ekranda görülen sinyalin değeri 2Vpp ve 1 kHz olarak okunacak şekilde VOLTS/DIV ve TIME/DIV merkez düğmeleriyle osiloskobun kalibrasyonu yapılır. Bu durumda test sinyali tam değerinde okunduktan sonra dışarıdan ölçülecek sinyallerde doğru okunabilir.



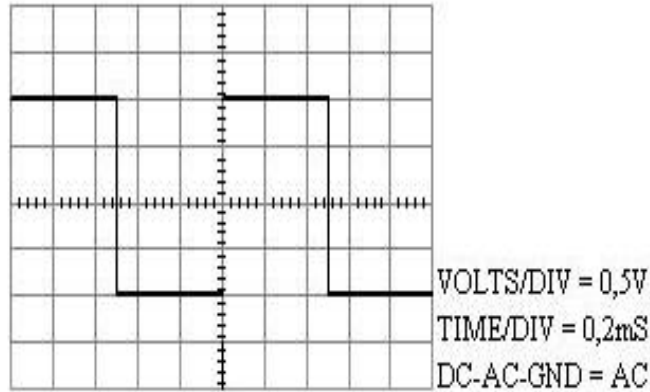
Şekil 1



Şekil 2



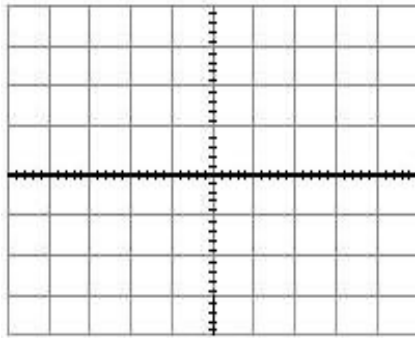
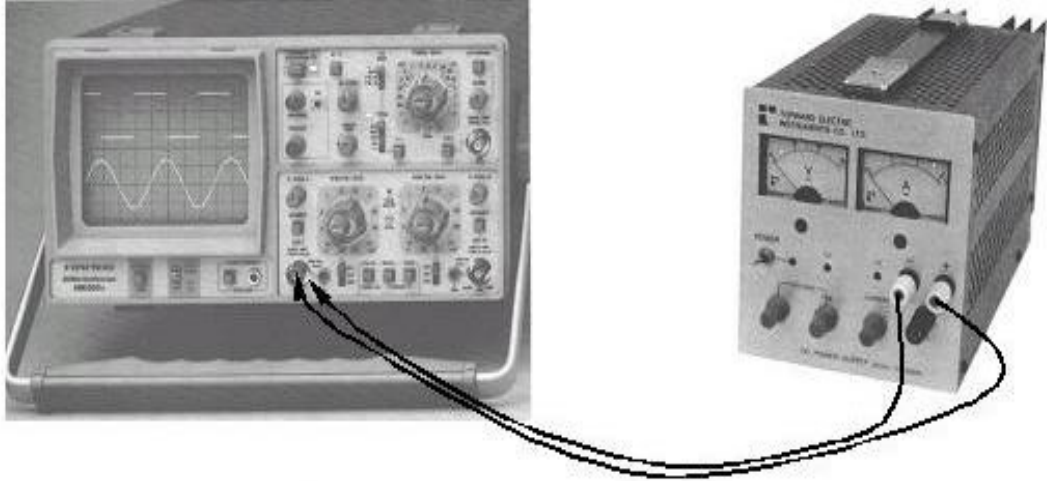
Şekil 3



Şekil 4

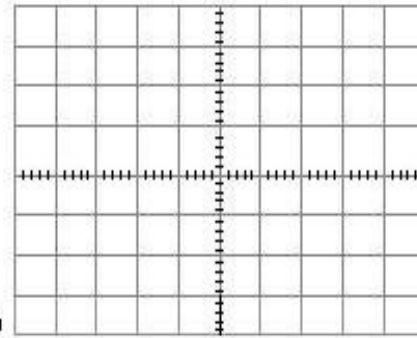
OSİLOSKOP İLE DC GERİLİM-AKIM ÖLÇÜLMESİ

VOLTS/DIV kademeli anahtarının dış çevresindeki işaretli kısmın gösterdiği değer ekrandaki her bir karenin dikeydeki değerini verir. Ör: VOLTS/DIV 5 V'u gösteriyorsa ekrandaki her bir karenin yüksekliği 5V a eşit olur. Sinyal dikeyde 2 karelik yer kaplıyorsa gerilim değeri $2 \times 5 = 10$ V'tur.



Şekil 1

DC-AC-GND = GND



Şekil 2

VOLTS/DIV = 1V

DC-AC-GND = DC

Akım ölçme dolaylı yoldan yapılır. Değeri bilinen bir direnç akım ölçülecek bölüme seri bağlanır. Gerilim ölçülür, ohm kanunu ile akım hesaplanır

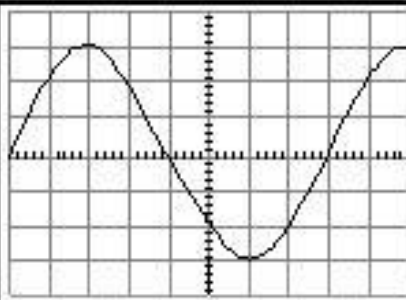
OSİLOSKOP İLE AC GERİLİM, FREKANS ÖLÇÜLMESİ:

Sinyalin gerilim değerinin nasıl bulunduğu DC gerilim ölçümü kısmında anlatılmıştır.

Periyot ve frekansı bulmak içinse: TIME/DIV kademeli anahtarının dış çevresindeki işaretli kısmın gösterdiği değer ekrandaki her bir karenin yataydaki değerini verir.

T: periyot (sn) ve f:frekans (Hz) olmak üzere aşağıdaki formüller kullanılabilir.

$T = \text{Yatay kare sayısı} \times \text{TIME/DIV kademesi}$ ve $f = 1/T$



VOLTS/DIV=1V

TIME/DIV=1ms

$$V_{pp} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

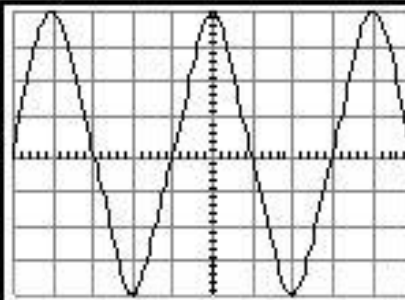
$$= 6 \times 1V = 6V$$

$$V_{max} = V_{pp} / 2 = 6 / 2 = 3V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayisi}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 8 \times 1ms = 8ms = 8 \times 10^{-3} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (8 \times 10^{-3}) = 1000 / 8 = 125Hz.$$



VOLTS/DIV=2V

TIME/DIV=1μs

$$V_{pp} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

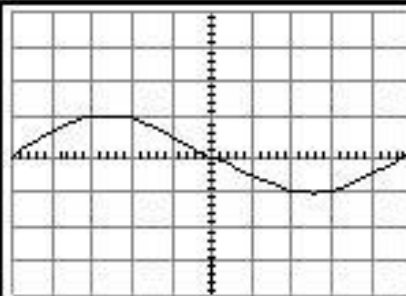
$$= 8 \times 2V = 16V$$

$$V_{max} = V_{pp} / 2 = 16 / 2 = 8V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayisi}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 4 \times 1\mu s = 4\mu s = 4 \times 10^{-6} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (4 \times 10^{-6}) = 10^6 / 4 = 250KHz.$$



VOLTS/DIV=10mV

TIME/DIV=0.5ms

$$V_{pp} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

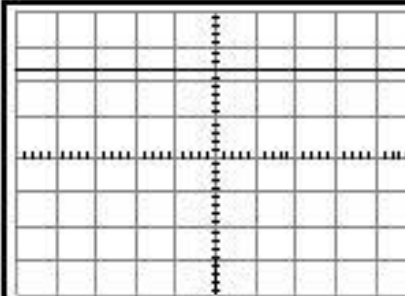
$$= 2 \times 10mV = 20mV$$

$$V_{max} = V_{pp} / 2 = 20 / 2 = 10mV$$

$$T = (\text{Yatay kare sayisi}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 10 \times 0.5ms = 5ms = 5 \times 10^{-3} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (5 \times 10^{-3}) = 1000 / 5 = 200Hz.$$

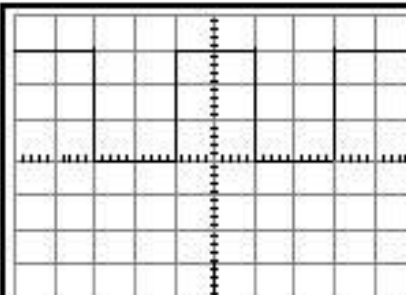


VOLTS/DIV=5V

$$V_{DC} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

$$= (2 + \frac{2}{5}) \times 5V = (2 + 0.4) \times 5 = 12V$$

$$f = 0$$



VOLTS/DIV=2V

TIME/DIV=0.4ms

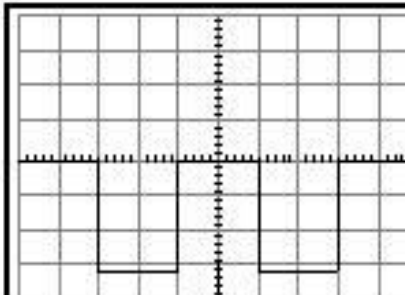
$$V_{pp} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

$$= 3 \times 2V = 6V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayisi}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 4 \times 0.4ms = 1.6ms = 1.6 \times 10^{-3} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (1.6 \times 10^{-3}) = 1000 / 1.6 = 625Hz.$$



VOLTS/DIV=2V

TIME/DIV=2ms

$$V_{pp} = (\text{Dikey kare sayisi}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

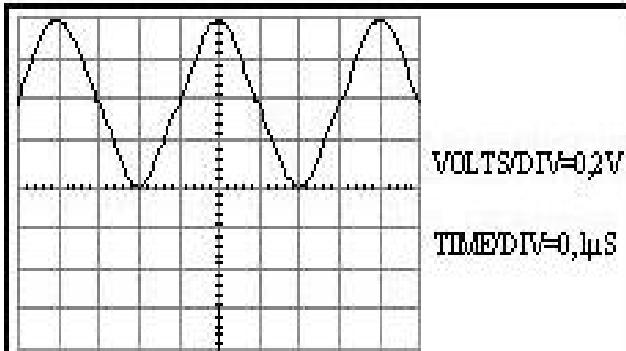
$$= (3 + \frac{1}{5}) \times 2V = (3 + 0.2) \times 2 = 6.4V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayisi}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 8 \times 2ms = 16ms = 16 \times 10^{-3} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (16 \times 10^{-3}) = 1000 / 16 = 62.5Hz.$$

Yatay kare sayısı ise ya birbirini takip eden 2 tepe arasında kalan karelerin sayısı veya bir tam dalganın kapladığı alandaki yataydaki karelerin sayısıyla bulunur.



$$V_{TT} = (\text{Dikey kare sayısı}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

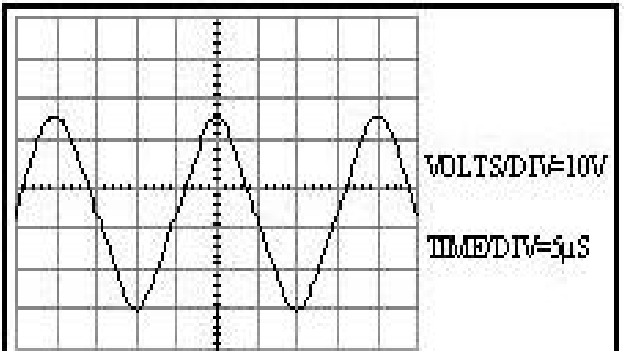
$$= 4 \times 0,2V = 0,8V$$

$$V_{max} = V_{TT} / 2 = 0,8 / 2 = 0,4V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayısı}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 4 \times 0,1\mu S = 0,4\mu S = 0,4 \times 10^{-6} S = 4 \times 10^{-7} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (4 \times 10^{-7}) = 10^7 / 4 = 2500KHz = 2,5MHz$$



$$V_{TT} = (\text{Dikey kare sayısı}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

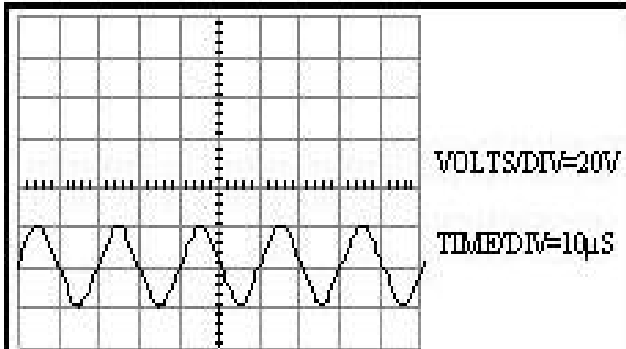
$$= (4 + \frac{3}{5}) \times 10V = (4 + 0,6) \times 10 = 46V$$

$$V_{max} = V_{TT} / 2 = 46 / 2 = 23V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayısı}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= (4 \times 5\mu S) = 20\mu S = 20 \times 10^{-6} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (20 \times 10^{-6}) = 10^6 / 20 = 50KHz$$



$$V_{TT} = (\text{Dikey kare sayısı}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

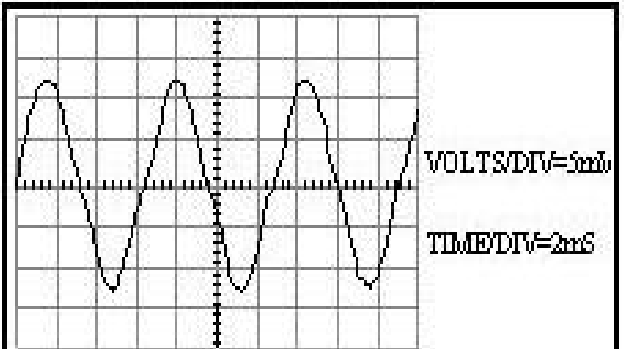
$$= 2 \times 20V = 40V$$

$$V_{max} = V_{TT} / 2 = 40 / 2 = 20V$$

$$T = (\text{Yatay kare sayısı}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= 2 \times 10\mu S = 20\mu S = 20 \times 10^{-6} S = 2 \times 10^{-5} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (2 \times 10^{-5}) = 10^5 / 2 = 50KHz$$



$$V_{TT} = (\text{Dikey kare sayısı}) \times (\text{VOLTS/DIV kademesi})$$

$$= 3 \times 5mV = 15mV$$

$$V_{max} = V_{TT} / 2 = 15 / 2 = 7,5mV$$

$$T = (\text{Yatay kare sayısı}) \times (\text{TIME/DIV kademesi})$$

$$= (3 + \frac{1}{5}) \times 2mS = 3,2 \times 2mS = 6,4 \times 10^{-3} S$$

$$f = 1 / T = 1 / (6,4 \times 10^{-3}) = 10^3 / 6,4 = 156,25Hz$$