

DENEY 6

OSİLOSKOP

1. Deneyin Amacı

Bu deneyde, osiloskopun çalışma prensibinin, tetikleme ve senkronizasyonun nasıl yapıldığının ve osiloskop yardımıyla çeşitli büyüklüklerin (genlik, faz farkı ve frekans gibi) nasıl ölçülebileceğinin öğrenci tarafından anlaşılması amaçlanmıştır.

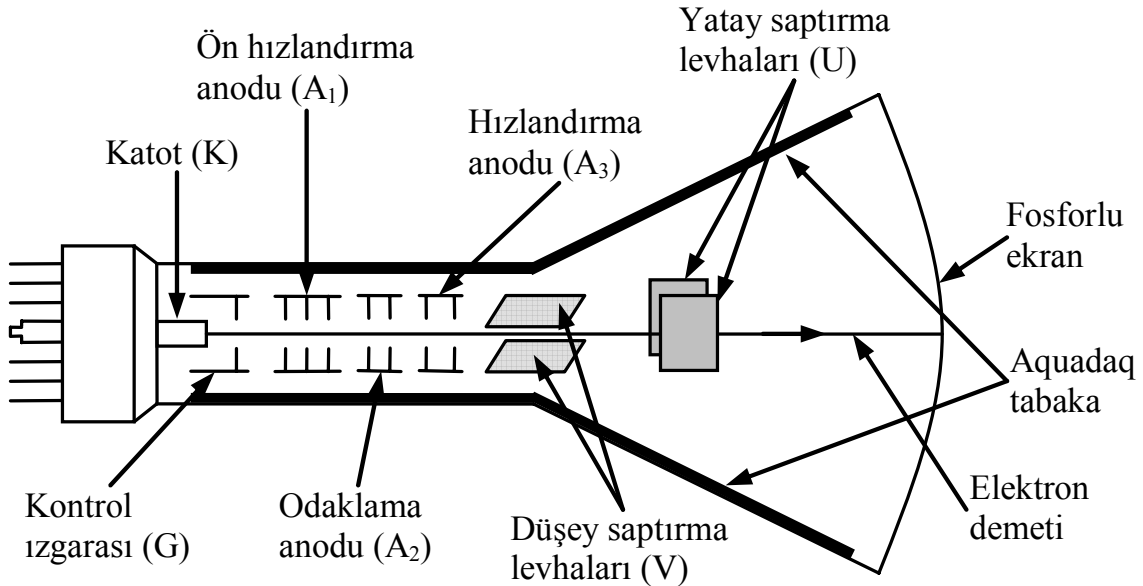
2. Teorik Bilgi

2.1. Osiloskop

Osiloskop, elektronikte en çok kullanılan ölçü aletlerinden biridir. X ve Y kanallarına uygulanan iki işaret arasındaki bağıntıyı bir ekranda görüntüler. Bu işaretlerin periyodik fonksiyonlar olması durumunda ve özel şartlar altında ekranda duran şekiller elde edilir. Böylece iki fonksiyon arasındaki zaman bağıntısı duran bir şekil üzerinde rahatça izlenebilir. Kısaca osiloskop, elektriksel işaretlerin ani değerini ve zamanla değişimini gösteren alet olarak tanımlanabilir.

2.2. Osiloskopun yapısı

2.2.1. Katot ışınlı tüp (CRT)



Şekil 1. Katot ışınlı tüp

Katod ışınlı tüp osiloskopun en önemli ünitesi olup, görüntünün oluşmasını sağlar. Tüp üç ana kısımdan oluşur:

1. Elektron tabancası ve odaklama-hızlandırma elemanları

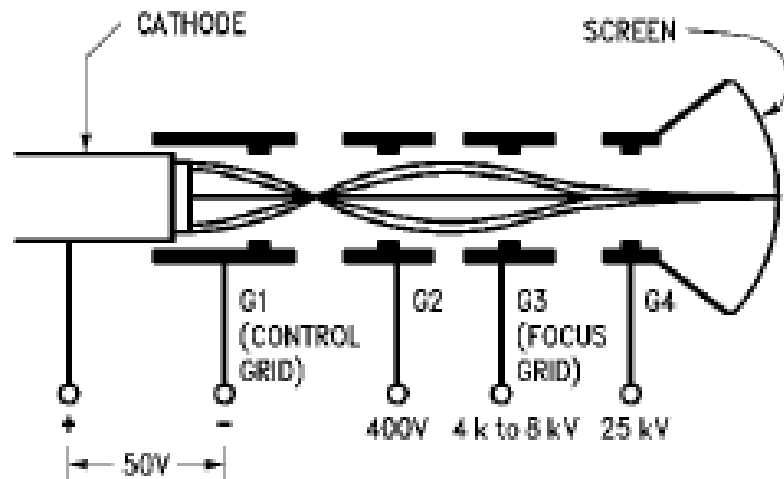
2. Düşey ve yatay sapırma levhaları
3. Elektron ışını çarpınca parlayan fosforlu bir ekrana sahip vakumlu muhafaza

Katot ışınlu tüpün yapısı Şekil 1’de görülmektedir.

Oksitli bir tabaka içeren katot, flaman tarafından ısıtılır. Bunun sonucunda katot yüzeyinden kopan elektronlar serbest duruma gelirler. Kontrol ızgarası, tüp içerisine yayılan elektron miktarını ayarlar. Daha sonra odaklama ve hızlandırma anotları elektronları odaklayarak ince bir demet haline getirip hızlandırırlar.

Yüksek hızlı bu ince elektron demeti iki ayrı sapırma levhaları arasından geçer. Birinci sapırma levhaları elektron demetini düşey doğrultuda aşağı-yukarı sapırırlar. Düşey sapırmanın yönünü, sapırma levhalarına uygulanan gerilimin polaritesi belirler. Sapma miktarını ise, aynı gerilimin genliği belirler. Elektron demeti daha sonra, yatay sapırma levhalarına uygulanan gerilimin polaritesine ve genliğine bağlı olarak sağa-sola saptırılır. Böylece, elektron demetinin fosforlu ekran üzerinde hangi noktaya düşeceği belirlenmiş olur. Fosforlu ekran üzerine düşen yüksek enerjili elektron demeti fosforun parlamasına neden olur. Görüntünün ekran üzerinde meydana gelmesi bu şekilde olur.

Nikelden yapılmış ve silindirik yapıya sahip katodun ucu oksit tabakasıyla kaplanmıştır. Tungsten veya tungsten alaşımından yapılmış olan flaman, üzerinden akım geçirildiğinde katodu dolaylı olarak ısıtır ve elektronların katot yüzeyindeki oksit tabakadan ayrılarak serbest kalmalarına sebep olur. Serbest kalan bu elektronlar ekrana doğru değişik açılar ve hızlarda harekete başlarlar.

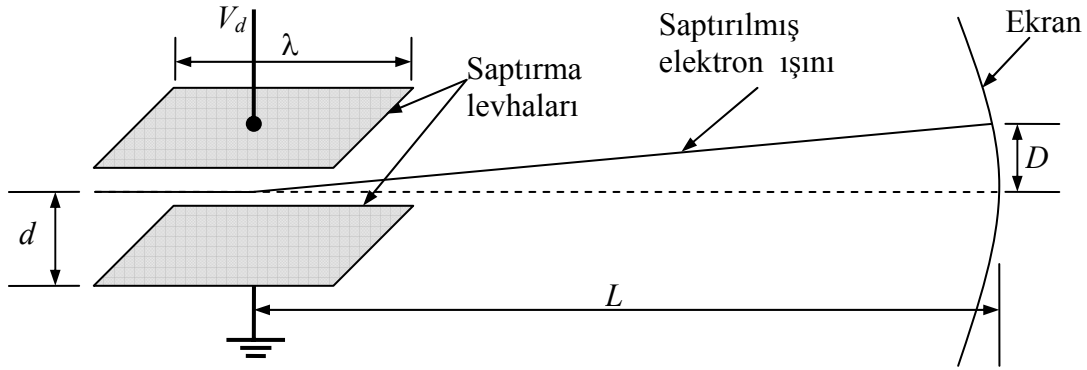


Şekil 2. Elektron demetinin ızgaralara uygun gerilimler uygulanarak hızlandırılması ve odaklanması

Elektron akışını kontrol etmek ve biraz da odaklama yapmak amacıyla, katodun önündeki

kontrol ızgarası kullanılmaktadır. Kontrol ızgarasından geçen elektronlara, katoda göre 400 V pozitif potansiyele sahip ön-hızlandırma anodu yardımıyla, tüpün ekranına doğru bir ilk hız verilir. Odaklama anodu ve hızlandırma anodu yardımıyla elektron demeti, Şekil 2’de görüldüğü gibi ince bir ışın haline getirilir ve hızlandırılır.

İki levha arasından geçen elektron ışını Şekil 3’te görülmektedir. Üst levhanın potansiyeli alt levhaya göre daha pozitif olduğunda elektron ışını yukarı doğru, tersi olduğunda ise elektron demeti aşağı doğru sapar. Şekil 3’teki saptırma levhalarına dışarıdan uygulanan gerilim, düşey doğrultuda saptırılmış bir işaret oluşturacağından, bu levhalara “düşey saptırma levhaları” adı verilmektedir.



Şekil 3. Elektron ışınının saptırılması

Saptırma miktarı aşağıdaki ifade ile verilir:

$$D = \frac{\lambda V_d L}{2dV_a}$$

Bu ifadede,

λ : Saptırma levhasının uzunluğunu	V_a : Hızlandırma gerilimini
L : Levhaların ortasından ekrana uzaklık	V_d : Saptırma gerilimi
d : Levhalar arası uzaklık	

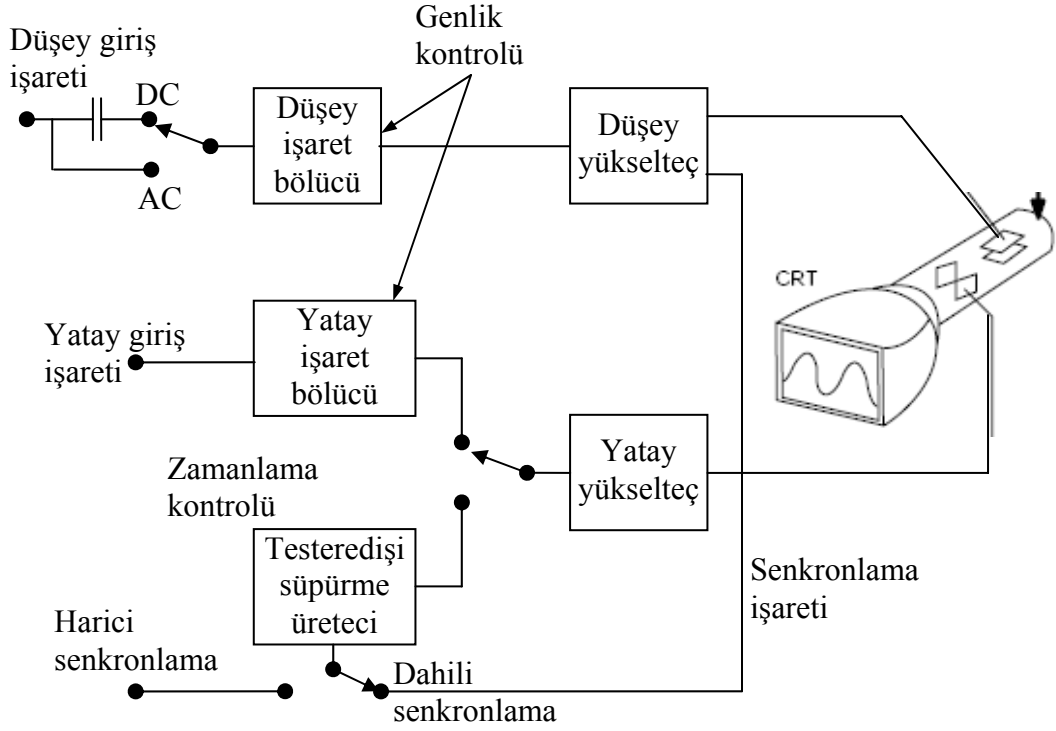
Yatay saptırma levhaları ise elektron ışını yatay olarak saptırmaya yaramaktadırlar. Buradaki mantık düşey saptırmada olduğu gibidir. Yatay saptırma levhaları, düşey saptırma levhalarına dik olarak yerleştirilmiştir.

Düşey saptırma levhaları, ekrana yatay saptırma levhalarından daha uzak olduklarından, ölçülen işarete düşey duyarlılık yatay duyarlılıktan daha yüksektir.

2.2.2. Katot ışınli osiloskopun çalışması ve kontrolleri

Osiloskop ekranında dalga şekillerini izleyebilmek için elektron ışınının yatay olarak saptırılması gerekir. Normal çalışmada ışının yatay sapmasını tekrarlayabilmesi için, ışının sapmaya başladığı noktaya geri döndürülmesi gerekir. Işın soldan sağa doğru saptırılır ve geri

dönüş esnasında ekranda görünmesi engellenir. Ekranda izlenmek istenen işaret ise, ışını düşey olarak saptıracak elektronik devrelere uygulanır. Şekil 4’te katot ışınli osiloskopun blok şeması görölmektedir.



Şekil 4. Katot ışınli osiloskopun blok şeması

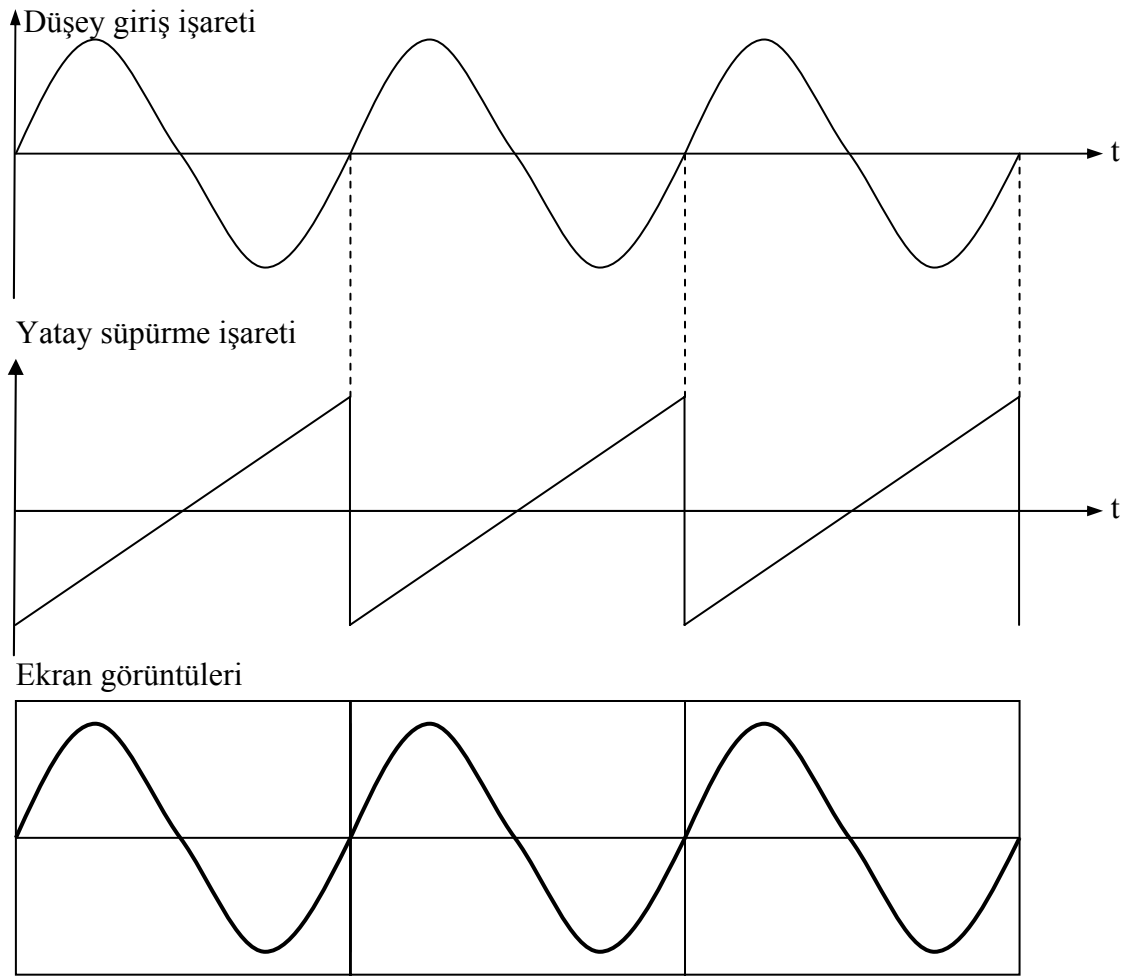
Ekrandaki görüntünün kararlı olabilmesi için, süpürme işareti ile izlenecek işaretin senkronlanması gerekir. Eğer senkronlanma sağlanmamışsa ekrandaki görüntünün yatay eksen boyunca kaydığı görölecektir.

Katot ışınli osiloskop ile ölçölecek işaretler birkaç volt hatta milivolt mertebesinde olabileceğinden, giriş işaretini tüpün çalışacağı gerilim seviyesine çıkaracak yükseltici devrelere ihtiyaç vardır. Bu yüzden ışını hem düşey, hem de yatay olarak saptırabilmek için yükselteç devreleri mevcuttur. Yükseltelen işaretin ekrana sığmaması durumunda da bölücü devreler kullanılır.

İzlenecek işaret düşey işaret bölücüsüne ya doğrudan (DC konumu) bağlanır, ya da bir kondansatörden geçirilerek (AC konumu) bağlanır. DC konumda iken, işaretin AC ve DC bileşenlerinin toplamı düşey bölücü girişine uygulanır. Bu durumda işaret olduğı gibi ekranda göröntülenir. AC konumda iken, bir kondansatörden geçirilen işaretin DC bileşeni süzöleceğı için, ekranda sadece AC bileşeni göröntölenecektir.

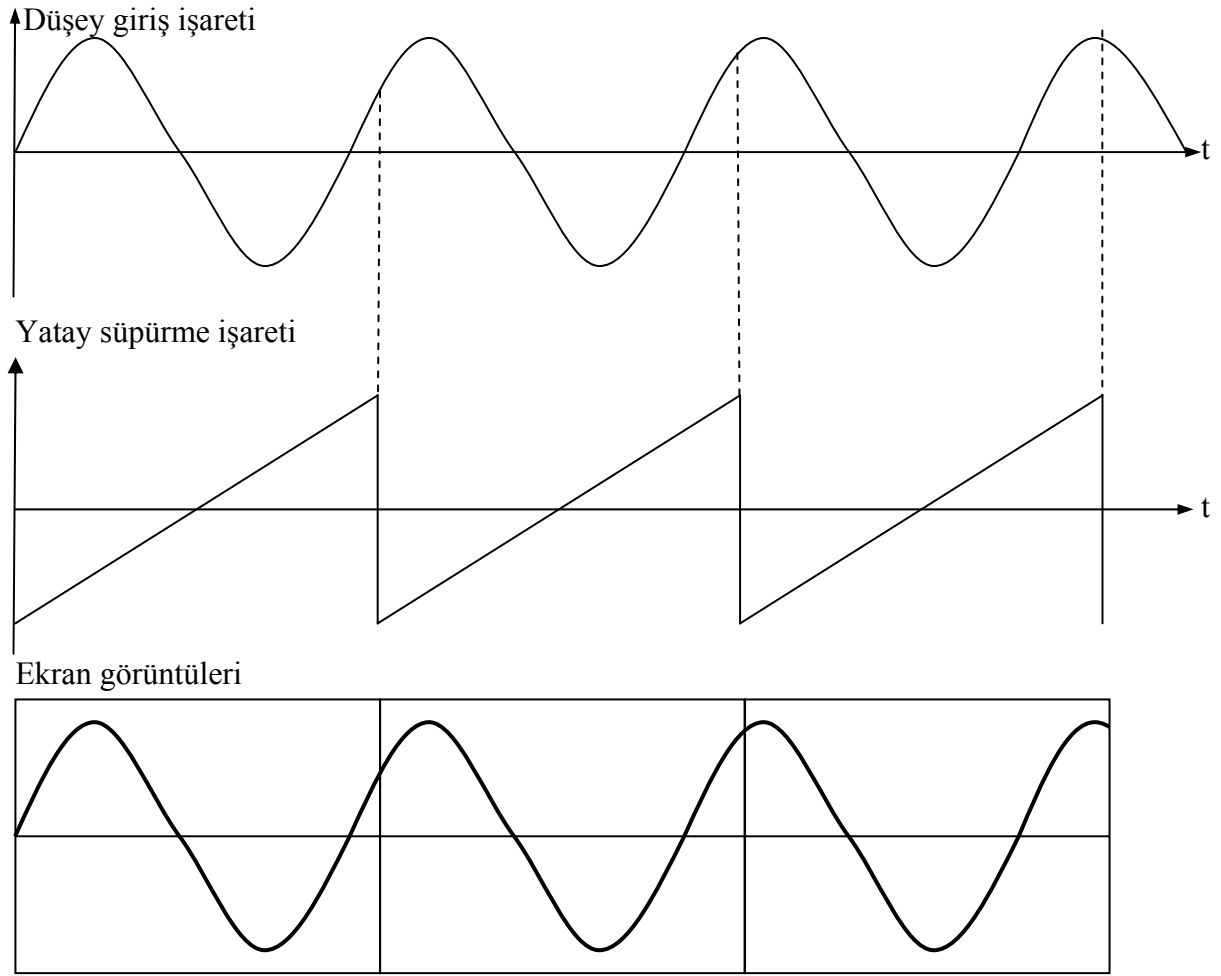
2.2.3. Senkronizasyon ve tetikleme

Ekrandaki görüntü, süpürme geriliminin frekansı değiştirilerek izlenecek işaretin birkaç periyodunu, bir periyodunu veya bir periyodunun belli bir kısmını gösterecek şekilde ayarlanabilir. Kararlı bir görüntü elde edebilmek için, giriş işareti ile süpürme işaretinin frekansları birbiriyle ilişkili olmalıdır. Genellikle süpürme gerilimi ile giriş işaretinin frekansı aynı veya orantılı olmaz. Bu durumda süpürme işaretinin frekansı bir anahtar ile ayarlanarak, giriş işaretinin frekansı ile aynı veya en azından orantılı yapılır. Şekil 5'te giriş işareti ile süpürme işaretinin senkronlanması halinde elde edilen ekran görüntüleri görülmektedir.



Şekil 5. Süpürme ve giriş işaretlerinin senkronlanması halinde ekranda oluşan görüntü

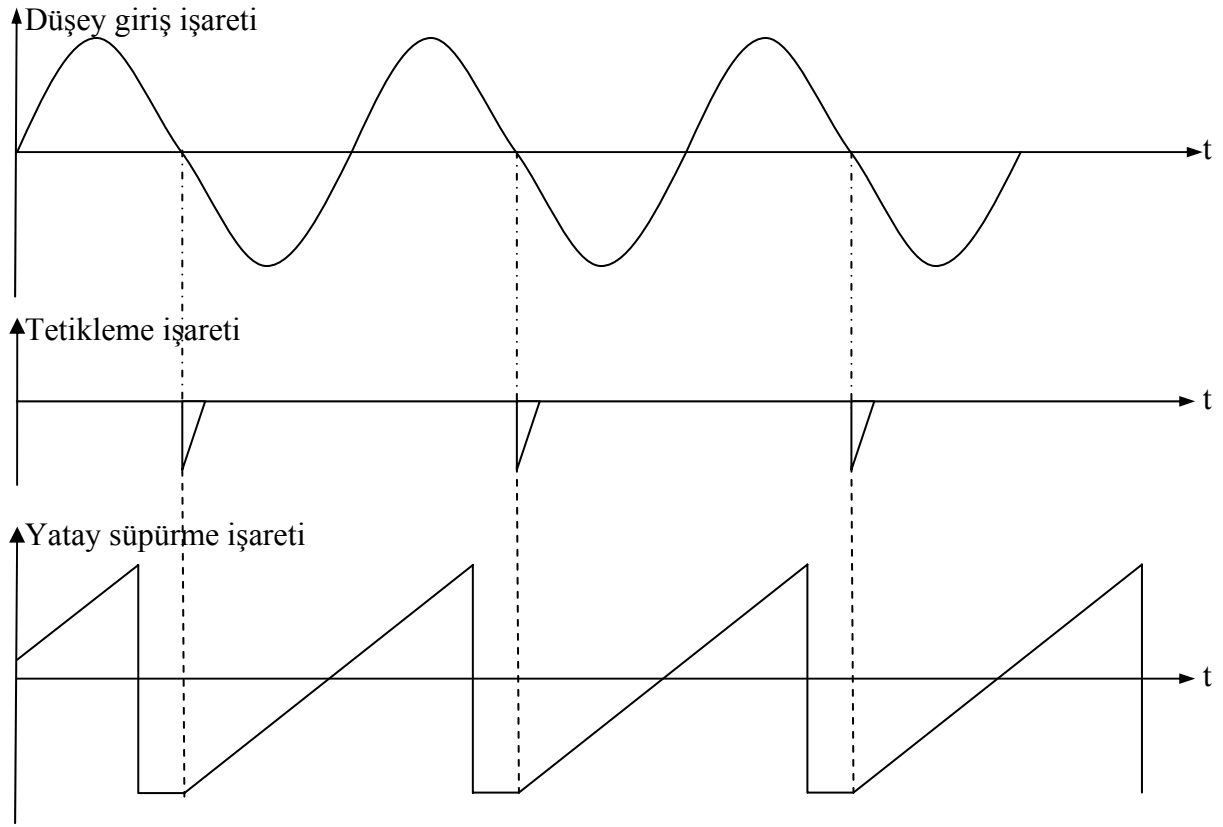
Osiloskop ile ölçme yaparken giriş işaretinin frekansına etki edilemez. Ancak, süpürme işaretinin frekansı rahatlıkla değiştirilebilir. Eğer süpürme işaretinin frekansı giriş işaretinin frekansından küçük veya büyük ise (birbirlerinin katları olmaları durumu hariç), ekrandaki görüntü sola veya sağa doğru kayacağından duran görüntü elde edilemez. Şekil 6'da, süpürme işareti frekansının giriş işareti frekansından küçük olması nedeniyle görüntünün sola doğru kaydığı görülmektedir. Eğer tersi olsaydı, yani süpürme işareti frekansı giriş işareti frekansından büyük olsaydı bu defa görüntünün sağa doğru kaydığı görülecekti.



Şekil 6. Süpürme ve giriş işaretlerinin senkronlanmaması halinde ekranda oluşan görüntü

Anlaşıldığı gibi, ekranda kararlı bir görüntü elde edebilmek için, süpürme işaretinin frekansının bir şekilde giriş işaretine bağımlı kılınması gerekmektedir. Dahili senkronlama (INTERNAL SYNC) olarak adlandırılan bu yöntemde, giriş işaretinin pozitif eğimli sıfırdan geçişleri (INT+) veya negatif eğimli sıfırdan geçişleri (INT-) algılanarak, süpürme işaretinin bu noktalarda başlamasını sağlayan bir tetikleme işareti üretilir. Böylece süpürme işareti ile giriş işareti birbirine senkronlanmış olurlar.

Şebekeden üretilen işaretlerin ölçümünde kullanılmak üzere LINE SYNC modu vardır. Bu modda 50 Hz'lik tetikleme işareti sağlanır. Ayrıca harici bir işaret yardımıyla senkronizasyon sağlamaya yarayan harici senkronlama (EXT SYNC) modu vardır. Düsey girişe uygulanan işareten ayrı bir işaret harici tetikleme girişine uygulanır ve süpürme işaretinin tetiklenmesinde kullanılır. Test edilmekte olan bir devrenin herhangi bir noktasından alınan işaret harici tetikleme işareti olarak kullanılabilir. Böylece, birbirleriyle ilişkili olan işaretleri ölçerken kullanılabilecek bir tetikleme işareti elde edilmiş olacaktır. Senkronizasyon problemi ortadan kalkmış olacaktır.

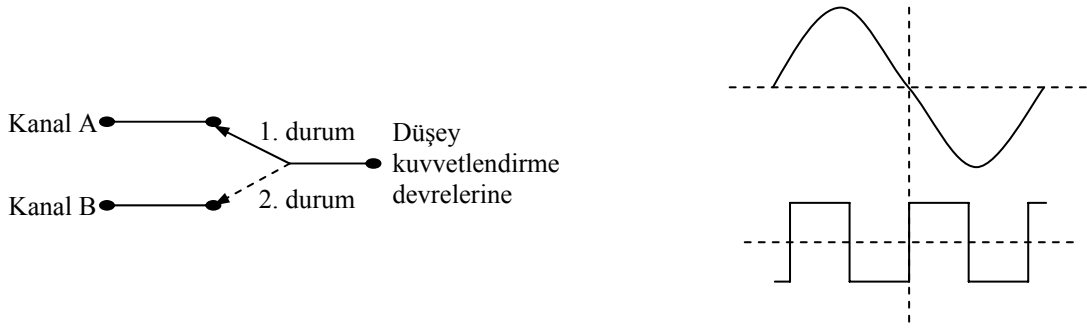


Şekil 7. Tetikleme işaretine bağlı olarak süpürme işaretinin üretilmesi

2.3. Çok izli çalışma

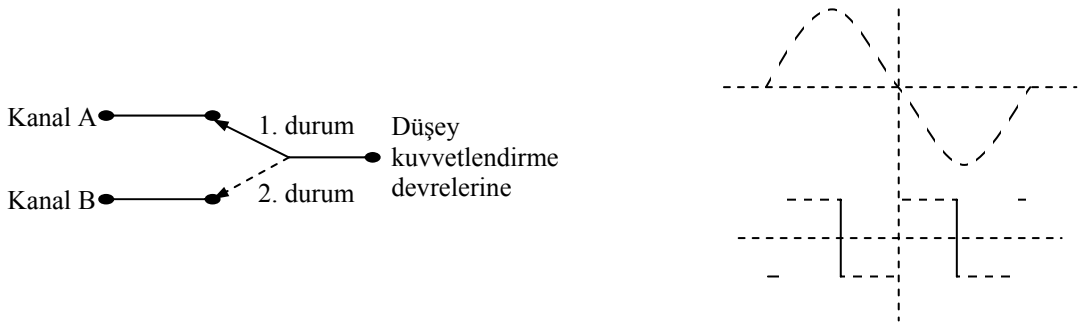
Birden fazla işaretin değişimini aynı anda osiloskop ekranında görebilmek için yapılabilecek iki şey vardır. Birincisi, elektron tabancası sayısını arttırmaktır. Bu masraflı bir yöntem olduğundan pek tercih edilmez. İkincisi ise, çok izli osiloskop kullanmaktır. Bu yöntemde, ekranda çok görüntü elde etmeye yarayan bir elektronik anahtarlama devresi kullanılmaktadır. Bu tür osiloskoplar çift izli osiloskoplar olarak adlandırılır. Çift iz özelliği atlamalı (ALTERNATE) veya kıyımlı (CHOPPER) çalışma ile sağlanır.

Atlamalı çalışma modunda, süpürme işaretinin her bir periyodunda bir kanaldaki işaret (A kanalı) anahtarlama devresi yardımıyla düşey saptırma levhalarına uygulanır ve dolayısıyla ekrana çizdirilir. Bir sonraki periyotta diğer kanaldaki işaret (B kanalı) ekrana çizdirilir. Fosforlu ekranın kalıcılık özelliğinden dolayı, aynı kanala ait işaret tekrar çizdirilene kadar önceki görüntü kaybolmaz. Böylece iki işaret Şekil 8’de olduğu gibi, aynı anda ekranda görüntülenmiş olur. Atlamalı çalışma modu yüksek frekanslı işaretlerin aynı anda görüntülenmesi açısından uygundur. Düşük frekanslı işaretlerin bu modda görüntülenmesinde problem çıkabilir. Şöyleki, ekranın kalıcılık süresi işaretin periyodunun yarısından daha küçük olduğunda, işaret ekrana tekrar çizdirilene kadar ilk çizdirilen görüntü kaybolacaktır. Bu yüzden de iki işareti aynı anda ekran üzerinde görmek mümkün olmayacaktır.



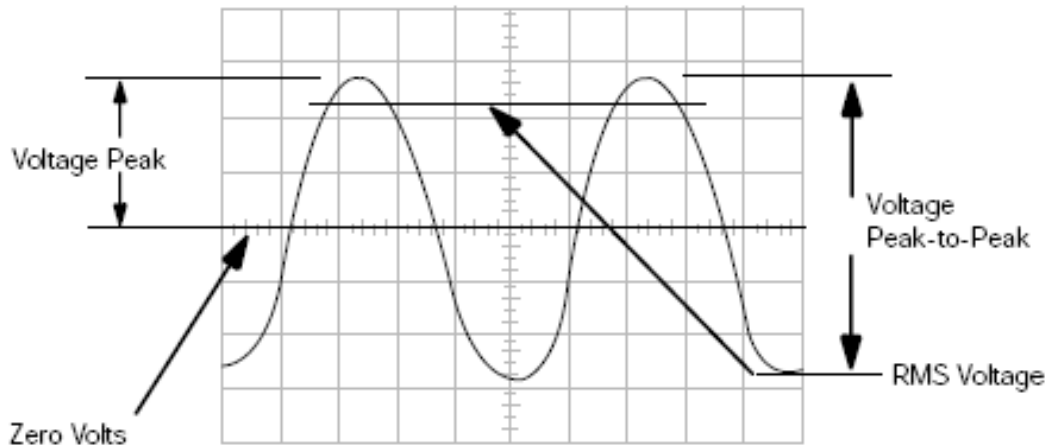
Şekil 8. Atlamalı çalışma modunda iki işaretin aynı anda görüntülenmesi

Kıymırlı çalışma modunda ise, süpürme işaretinin bir periyodu eşit zaman dilimlerine bölünür. Her bir dilimde anahtar konum değiştirir ve diğer kanaldaki işaretin düşey saptırma levhalarına uygulanmasını sağlar. Bu işlem hem çok hızlı, hem de zaman dilimleri çok dar olduğu için kesiklik gözle farkedilemez ve görüntü sürekliymiş gibi görünür. Şekil 9’da anlaşılabilirliği arttırmak için zaman dilimi sayısı düşük tutulmuştur. Görüntünün bir periyotta binlerce ve çok küçük süreli parçalardan oluştuğu düşünüldüğünde, görüntülerin kesikli değil de sürekliymiş gibi algılanacağı açıktır. Kıymırlı çalışma modu yüksek frekanslı işaretlerden daha çok, düşük frekanslı işaretler için uygundur.



Şekil 9. Kıymırlı çalışma modunda iki işaretin aynı anda görüntülenmesi

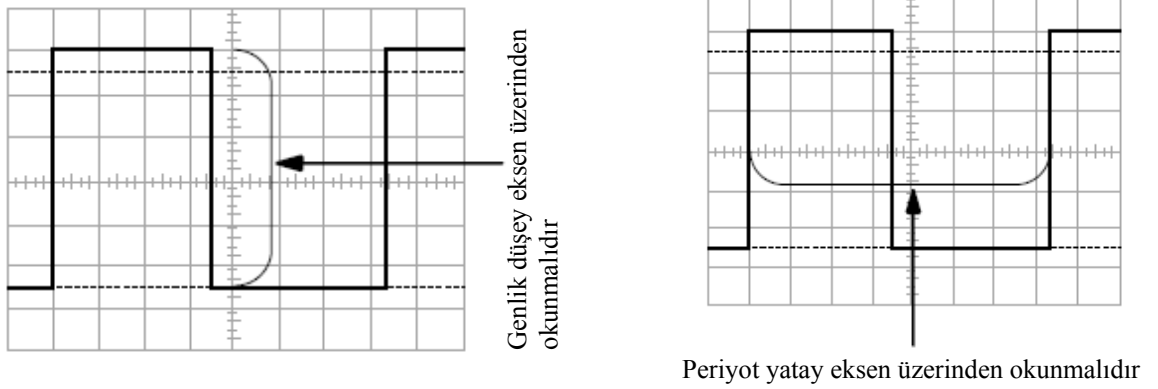
2.4. Genlik, frekans ve faz ölçme



Şekil 10. Osiloskop yardımıyla bir işaretin genlikle ilgili büyüklüklerinin ölçülmesi

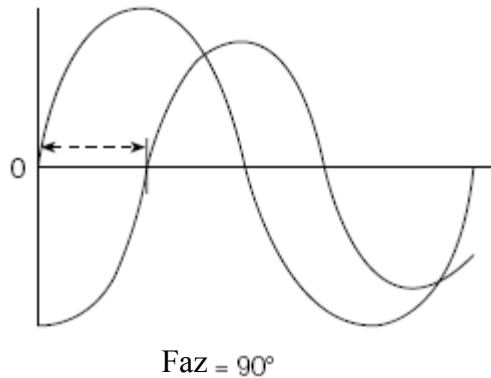
Osiloskop ekranı üzerinde işaretin duran bir görüntüsünü elde ettikten sonra genlik ölçme işlemine geçilebilir. Aksi taktirde sağlıklı bir ölçme gerçekleştirilemez. Ayrıca, hassas bir ölçüm için işaret ekrana mümkün olduğunca açılmalı ve kalibrasyon gözden kaçırılmamalıdır. Şekil 10'da bir işarete ait ölçülebilecek genlik değerleri gösterilmektedir. Gerilimin tepe değeri, gerilimin tepeden tepeye değeri ve dolaylı olarak etkin değeri ölçülebilmektedir. Ortalaması sıfırdan farklı bir işaretin ortalama değeri de belirlenebilir.

Periyodik bir işaretin frekansını belirlemenin en kolay yolu, periyodunu belirlemek ve sonra da bu değerini almaktır. Osiloskop yardımıyla periyot belirlemek oldukça basit bir iş. Ekran üzerinde duran görüntü elde edildikten ve zamanlama kalibrasyonu yapıldıktan sonra yatay eksen üzerinden bir periyot süresi kolaylıkla okunabilir. Buradan da frekansa geçilir.



Şekil 11. Osiloskop yardımıyla bir işaretin genliğinin ve periyodunun ölçülmesi

İki işaret arasındaki faz farkından söz edilebilmesi için, frekansları ya eşit olmalıdır, ya da biri diğerinin tam katları olmalıdır.



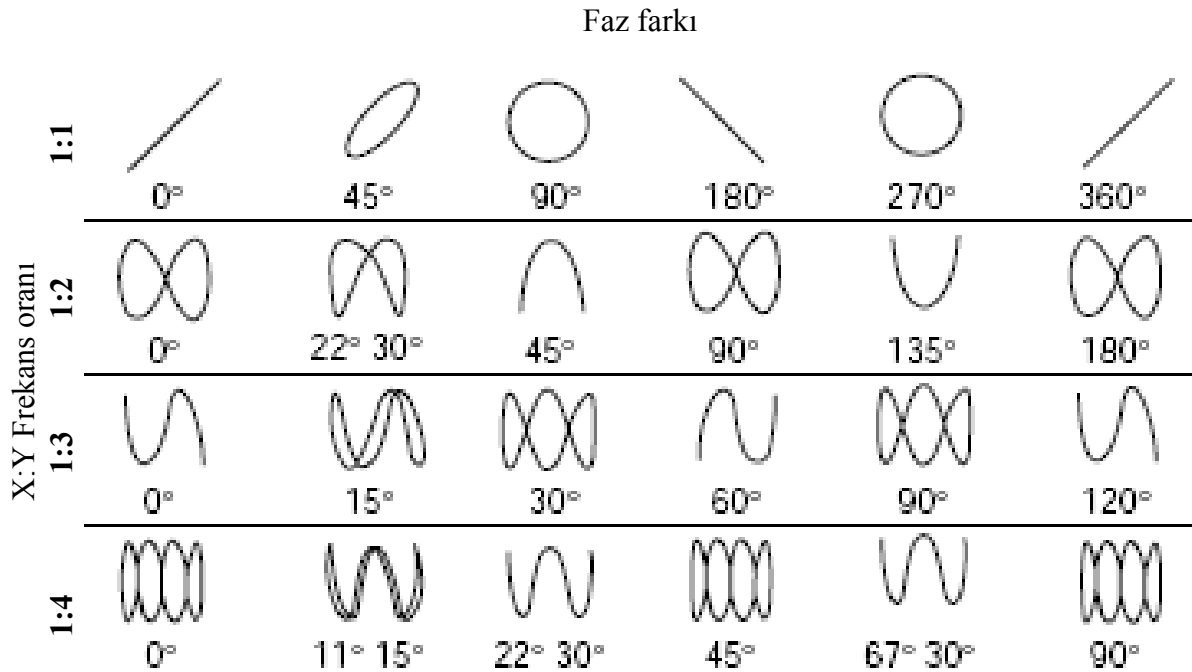
Şekil 12. İki işaret arasındaki faz farkının ölçülmesi

Periyot ölçümüne benzer şekilde yatay eksen üzerinden iki işaretin sıfırdan geçiş anları arasındaki zaman farkı kolaylıkla ölçülebilir. Yine kalibrasyona dikkat edilmesi gereklidir. Ölçülen zaman farkı açı cinsinden de ifade edilebilir.

2.5. Lissajous eğrileri yardımıyla faz ve frekans ölçme

İki işaret arasındaki faz farkı veya bilinmeyen işaret frekansı Lissajous eğrileri kullanılarak ölçülebilir. Bu işlem çok hassas kalibrasyon gerektirmemesi nedeniyle avantajlıdır.

Aralarında faz farkı bulunan iki işaretten biri düşey işaret girişine ve diğeri de yatay işaret girişine uygulanır. Burada dahili süpürme işareti kullanılmamaktadır. Ekran üzerinde meydana gelen eğri yardımıyla iki işaret arasındaki faz farkı kolayca belirlenir. Ekranda meydana gelecek şekil bir doğru, bir daire veya bir elips olacaktır. Şekil 13'te çeşitli faz farkları ve frekans oranlarında elde edilecek Lissajous eğrileri görülmektedir.

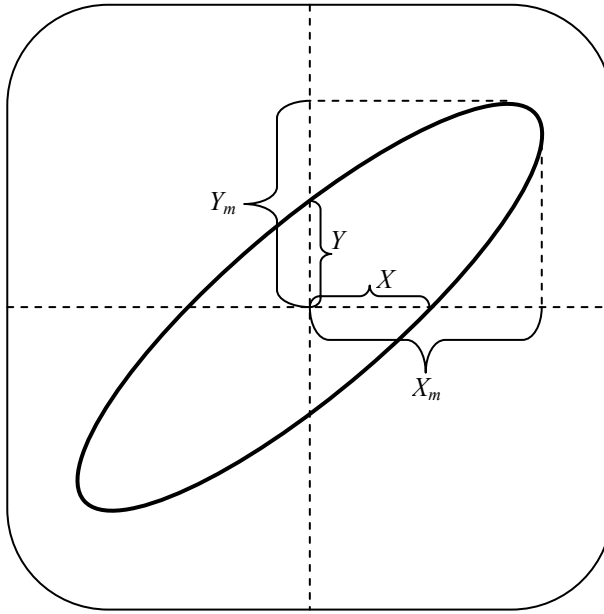


Şekil 13. Lissajous eğrileri yardımıyla faz ve frekans ölçülmesi

Yatay girişe uygulanan işaretin $Y_m \sin \omega t$ ve düşey girişe uygulanan işaretin ise $Y_m \sin(\omega t - \phi)$ olduğu düşünölsün. Ekranda Şekil 14'e benzer görüntü elde edilecektir. $t = 0$ anında düşey giriş işaretinin aldığı değeri $Y = Y_m \sin \phi$ olacaktır. Buradan hareketle

$$\sin \phi = \frac{Y}{Y_m} \text{ ve } \phi = \sin^{-1} \left(\frac{Y}{Y_m} \right)$$

olarak elde edilecektir. Y ve Y_m değeri ise osiloskop üzerindeki görüntüden elde edilecektir. Y değeri ekranda oluşan elipsin Y eksenini kestiği nokta, Y_m değeri ise elipsin tepe noktasından Y eksenine dik çizildiğinde elde edilen noktadır. Bu iki değerin boyutlu olarak okunmasına gerek yoktur. Aynı faz farkı X eksenini kestiği nokta ve X eksenine tepeden inilen dikme ile elde edilen nokta yardımıyla da hesaplanabilir.



$$Y = Y_m \sin(\omega t - \varphi) \text{ ise}$$

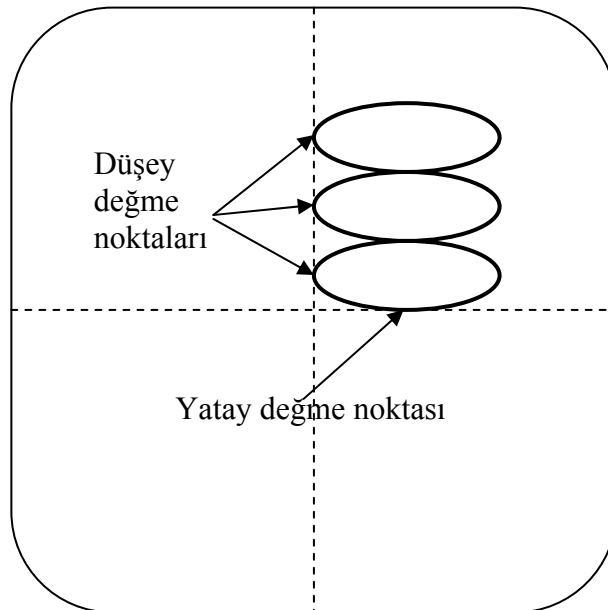
$\omega t = \varphi$ olduğunda $Y = 0$ olacaktır. Bu noktada $X = X_m \sin \varphi$ olur. Buradan da

$$\sin \varphi = \frac{X}{X_m} \text{ ve } \varphi = \sin^{-1} \left(\frac{X}{X_m} \right) \text{ olarak}$$

elde edilir.

Şekil 14. Lissajou eğrisi yardımıyla faz farkının hesaplanması

Eğer, zamanlama açısından iyi kalibre edilmiş bir osiloskop yoksa, frekans ölçmek gerekiyorsa ve frekansı okunabilen bir osilatör varsa Lissajous eğrileri yardımıyla frekans ölçmek mümkündür ve kaçınılmazdır. Frekansı bilinmeyen işaret düşey girişe uygulanır. Frekansı kalibreli, ayarlanabilen ve okunabilen işaret yatay girişe uygulanır. Yatay girişe uygulanan işaretin frekansı, ekran üzerinde duran bir görüntü elde edilene kadar ayarlanır. Elde edilen şeklin düşey ve yatay eksenlere değme noktalarının sayısı, girişlere uygulanan işaretlerin frekanslarıyla ilişkilidir. Buradan hareketle bilinmeyen frekansı belirlemek mümkün olacaktır.



Şekil 15. Lissajous eğrisi yardımıyla bilinmeyen frekansın belirlenmesi

Bu ilişki

$$f_y/f_d = \text{Düşey noktaların sayısı} / \text{Yatay noktaların sayısı}$$

ile verilmektedir. Şekil 15'te örnek olarak verilen görüntüde, yatay eksene değme noktası bir, düşey eksene değme noktası üç olarak görülmektedir. Bu durumda, yatay girişteki işaretin frekansı düşey girişteki işaretin frekansının üç katı olduğu anlaşılmaktadır. Eğer yatay girişteki işaretin frekansı okunabiliyorsa, düşey girişteki frekansı bilinmeyen işaretin frekansı kolaylıkla tespit edilebilir.

3. Hazırlık Soruları

Aşağıdaki soruları çizgisiz A4 kâğıda cevaplamış olarak deneye geliniz.

- Osiloskopun yatay saptırma levhalarına bir işaret uygulanırken, düşey saptırma levhalarına herhangi bir işaret uygulanmazsa veya tam tersi durumda ekranda nasıl bir görüntü oluşur?
- Yatay saptırma levhalarına uygulanan işaretin doğrusal olmasının avantajı veya dezavantajı var mıdır? Açıklayınız.
- Bir transistörün, baz akımı parametre olmak üzere, kollektör akımı ile kollektör–emetör gerilimi arasındaki bağıntı o transistörün karakteristiği veya çıkış özeğrisi olarak adlandırılır. Osiloskop yardımıyla bir transistörün karakteristiği nasıl elde edilebilir? Araştırınız.
- Çok izli çalışma modlarından kıyımlı çalışmanın yüksek frekanslı işaretlerin görüntülenmesi için neden uygun olmadığını araştırınız.

4. Deney İçin Gerekli Malzemeler

- C.A.D.E.T. deney seti
- 2 adet sinyal osilatörü
- 47 nF kondansatör
- Yeterli miktarda bağlantı teli

5. Deneyin Yapılışı

- Osiloskopun düşey işaret girişine fonksiyon jeneratörü yardımıyla sinüzoidal bir işaret uygulayınız. Osiloskopun tetikleme ve senkronizasyon ayarlarını kullanarak ekranda duran bir görüntü elde etmeye çalışınız. Duran bir görüntü elde ettikten sonra, bu işarete ait büyüklükleri (genlik, periyot, frekans, etkin değer, ortalama değer) belirleyiniz.
- Tetikleme otomatik konumda iken, tetikleme darbeleri işaretin sıfır geçişlerinden elde edilmektedir. Bu nedenle, görüntü ekranın sol kenarından ve sıfır değerinden başlamaktadır. Tetiklemeyi otomatikten çıkararak, tetikleme gerilimini herhangi bir değere ayarlayabilirsiniz. Bu durumda, ekrandaki işaret sıfır değerinden değil de, yeni ayarladığınız tetikleme seviyesinden başlayacaktır. Tetikleme seviyesini değiştirerek ekrandaki işaretin başlangıç değerindeki değişmeyi inceleyiniz.
- Osiloskopun girişindeki işaretin frekansını 1 kHz'e ayarlayınız. Daha sonra bu işareti, $R = 3.3 \text{ k}\Omega$ (bir potansiyometre kullanınız) ve $C = 47 \text{ nF}$ elemanlarından oluşan bir

alçak geçiren süzgeçin (AGS) girişine uygulayınız. AGS'nin girişindeki ve çıkışındaki işaretler arasındaki faz farkını, süzgeç çıkışındaki işaretin genliğini ekran üzerinden belirleyiniz. Verilen değerleri kullanarak faz farkını hesaplayınız ve osiloskop yardımıyla belirlediğiniz değerle karşılaştırınız.

4. Bağlantıları değiştirmeden, süpürme işaretinin frekansını değiştiren anahtarı X/Y konumuna getiriniz. Bu durumda, osiloskopun düşey saptırma levhalarına AGS girişindeki işareti, yatay saptırma levhalarına ise AGS çıkışındaki işareti uygulamış olacaksınız. Elde ettiğiniz Lissajous eğrisi yardımıyla faz farkını tekrar belirleyiniz ve bir önceki sonuçlarla karşılaştırınız. Potansiyometrenin değerini değiştirerek, direnç ile kapasite üzerindeki gerilimleri kullanarak değişik Lissajous eğrileri elde etmeye ve bunlara karşı düşen faz farklarını belirlemeye çalışınız.

5. Osiloskopun iki girişinden birine frekansı bilinmeyen bir işaret, diğer girişine ise frekansı okunabilen başka bir işaret uygulayınız. Yine süpürme işaretinin frekansını değiştiren anahtarı X/Y konumuna getiriniz. Frekansı okunabilen işaretin frekansını, ekran üzerinde duran bir Lissajous eğrisi elde edinceye kadar ayarlayınız. Duran görüntü frekansların tamsayı katlarında oluşacaktır. Ekranda oluşan Lissajous eğrilerinin X ve Y eksenlerine değme sayıları yardımıyla bilinmeyen frekansı hesaplayınız. Bulduğunuz değeri işaretin gerçek frekansıyla karşılaştırınız.

6. Değerlendirme Soruları

Bu deney sonucunda öğrendiklerinizi birkaç cümle ile belirtiniz.