

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

OSİLATÖRLER

Ankara, 2019

- Bu bireysel öğrenme materyali, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan çerçeve öğretim programlarında yer alan kazanımların gerçekleştirilmesine yönelik öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmıştır.
- Milli Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. OSİLATÖRLER.....	3
1.1. Osilatörün Tanımı	3
1.2. Osilatörlerin Sembolü ve Yapısı	3
1.3. Osilatör Çeşitleri	5
1.3.1. RC Osilatörler.....	5
1.3.2. LC Osilatörler	6
1.3.3. Kristal Osilatör	9
DEĞERLER ETKİNLİĞİ.....	10
UYGULAMA FAALİYETİ	11
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	12
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	14
2. OSİLATÖR DEVRELERİ	14
2.1. Kristal Osilatörler.....	14
2.2. 555 ile Osilatör Devresi	17
2.2.1. 555 Entegresi ve Özellikleri	17
2.2.2. 555 ile Osilatör Devresi.....	19
2.3. Op-Amp ile Osilatör Devreleri	20
2.3.1. Schmitt Tetikleyici (Schmitt Trigger).....	20
2.3.2. Op-Amp'lı Schmitt Trigger Devreleri.....	22
2.3.3. Op-Amp'lı Wien Köprü Osilatörü.....	24
DEĞERLER ETKİNLİĞİ.....	25
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	32
MODÜL DEĞERLENDİRME	35
CEVAP ANAHTARLARI.....	36
KAYNAKÇA	37

AÇIKLAMALAR

ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Osilatörler
MODÜLÜN SÜRESİ	40/10 saat
MODÜLÜN AMACI	Bireye, öğrenciye; verilen tekniklere ve iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak osilatör uygulamalarını gerçekleştirme bilgi ve becerilerinin kazandırılması amaçlanmaktadır.
MODÜLÜN ÖĞRENME KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Tekniğine uygun olarak osilatör türünü seçebileceksiniz.2. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına, tekniğine uygun olarak entegre ve kristal osilatör devresini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, laboratuvar vb. kendi kendinize veya grupla çalışabileceğiniz tüm ortamlar. Donanım: Elektronik devre elemanları katalogları, entegre katoloğu, uygulamalarda gerekli elektronik devre elemanları (direnç, kondansatör, led vb.), breadbord, güç kaynağı, bağlantı araç gereçleri (krokodil, banana jak vb.), osilaskop, sinyal jeneratörü.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Bireysel öğrenme materyali içinde yer alan ve her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendirebileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrencimiz,

Dijital elektronik, Mikroşlemcili-Mikrokontrolörlü ve haberleşme devrelerinin temel elemanlarından birisi de osilatörlerdir. Osilatörler bizlere istenilen sinyali istenilen frekanslarda elde edebilme şansını verir. Bu özelliği sayesinde elektronik devrelerin performansları ve sonuç çıktıları rahatlıkla kontrol edilebilir.

Bilgisayarlı biyomedikal cihazların hızları temel olarak mikroşlemcisinin daha hızlı çalıştırılmasıyla arttırılmaktadır. Mikroşlemcinin hızının artması saat frekansının arttırılması ve bu saat frekansında uygun şekilde çalışacak mikroşlemcinin tasarlanmasıyla gerçekleştirilir. Saat frekansının arttırılmasında osilatörler önemli rol oynar. Bu nedenlerden dolayı biyomedikal cihazlarda kullanılan osilatör devrelerinin yapılarını ve çalışmalarını bilmek cihazın tamirini ve bakımını yaparken teknisyenin işlerini kolaylaştırır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Tekniğine uygun olarak osilatör türünü seçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

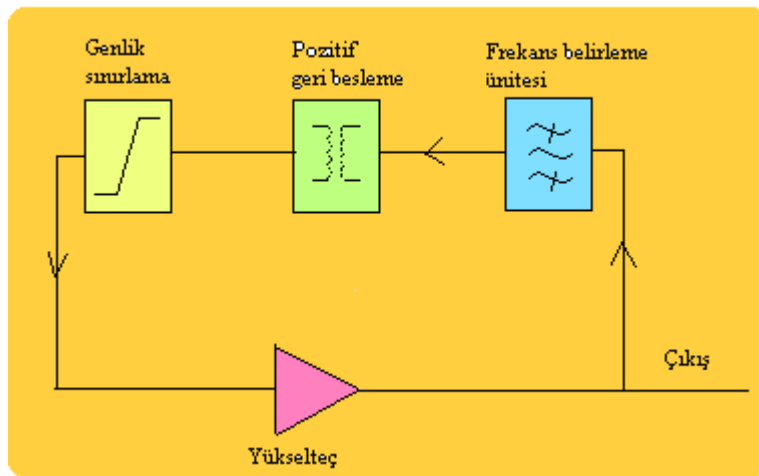
- Osilasyon nedir, araştırınız.
- Osilatörleri ve kullanım alanlarını araştırınız.
- Araştırma sonuçlarınızı sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. OSİLATÖRLER

1.1. Osilatörün Tanımı

Osilatör herhangi bir giriş sinyali uygulanmadan sönümsüz, periyodik sinüs dalga üreten devrelerdir. Osilatör çıkışında sinüsoidal, kare, testere dişi gibi sinyaller alınır. **Osilatör** ayarlandığı frekansta ya da sabit bir frekansta sürekli çıkış veren devrelere denir. Çıkışından sinüsoidal sinyal alınan osilatörler **sinüsoidal osilatörler**, çıkışından kare üçgen ve testere dişi sinyaller alınan osilatörler ise **sinüsoidal olmayan osilatörler** olarak adlandırılır. Kare dalga üreten osilatörlere aynı zamanda **multivibratör** adı da verilir.

1.2. Osilatörlerin Sembolü ve Yapısı



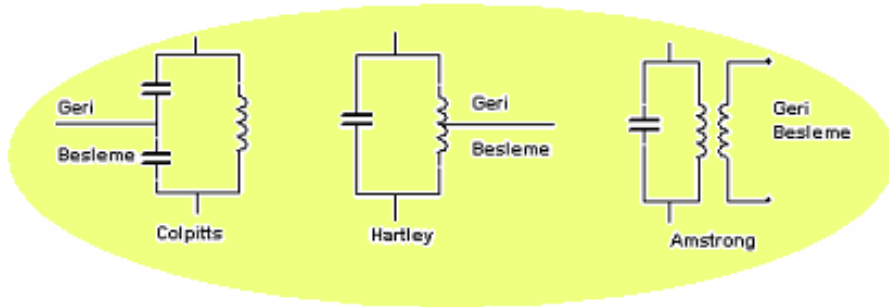
Şekil 1.1: Osilatör blok şeması

Şekil 1.1'de bir osilatörün blok şeması görülmektedir. Çıkış geriliminin yeterli büyüklükteki bir bölümü giriş ile aynı fazda olacak şekilde yeniden girişe verilirse yükselteçte sönümsüz titreşimler üretir.

Katı osilatör devresini oluşturan birimler bir frekans belirleme ünitesi, bir pozitif geri besleme yolu, bir genlik sınırlayıcı ve bir yükselteçtir. Osilatör devresinin oluşturduğu sinyallerin devamlı olabilmesi için bu birimlere ihtiyaç duyulur. Devre kayıplarının engellenebilmesi için pozitif geri besleme kullanılır. Osilatörün belirlenen bir frekansta osilasyon yapabilmesi için frekans belirleme ünitesi kullanılır. Bu devre filtre devresi olup istenilen sinyallerin geçip istenilen sinyallerin geçmemesini sağlar. Osilatör çıkışındaki sinyalin genlik ve frekansının sabit tutulabilmesi için osilatör devresindeki yükseltecin çıkış yükü ve pozitif geri beslemeye yeterli kazancı sağlaması gerekir. Güç kazancının büyük olması, giriş ve çıkış empedansının birbirine kolayca uyum sağlayabilmesi için genellikle emiteri ortak bağlantı kullanılır.

Geri besleme, yüksek seviye noktasından alçak seviye noktasına enerji transferidir. Geri besleme girişi artırıcı yönde ise pozitif, azaltıcı yönde ise negatif geri beslemelidir. Osilatör devrelerinde pozitif geri besleme kullanılır.

Negatif geri beslemede çıkıştaki sinyalin bir kısmı ters çevirip tekrar yükseltecin girişine bağlanır. Sonuçta daha az çıkış seviyesi, daha az gürültü ve daha fazla bant genişliği elde edilir. Pozitif geri beslemede ise çıkışın bir kısmı bu kez girişle aynı fazda yani girişteki sinyali destekleyecek yönde verilir. Bu şekildeki bir devrenin çıkışından sürekli bir gürültü elde edilir. Yani çıkışta her türlü sinyal vardır. Bir osilatör yapılmak istenirse devrenin çıkışına bir rezonans devresi koyup bu sinyallerden bir tanesi dışarı alınır, diğerleri yok edilir. Elde edilen bu tek frekansın bir kısmı pozitif geri besleme olarak yükseltecin girişine bağlandığında bir osilatör elde edilir. Devrede kullanılan rezonans devresi bir bobin ve bir kondansatörden (LC) oluşmaktadır. Bu tür osilatörlere LC osilatör denir. LC osilatörlerin de türleri vardır. Şekil 1.2'de en çok kullanılan üç osilatörün özelliklerini gösteren şekil görülmektedir.



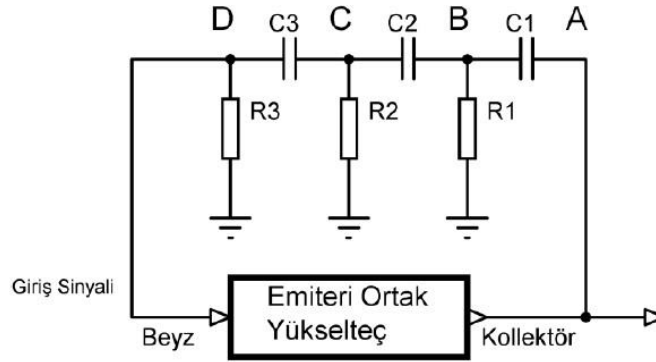
Şekil 1.2: Osilatör devreleri

Yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı gibi Colpitts osilatör geri beslemesini kapasitif bir gerilim bölücünden almaktadır. Hartley osilatör geri beslemesini endüktif bir gerilim bölücünden almaktadır. Amstrong osilatör ise geri beslemesini ana sarım üzerine sarılmış birkaç turluk başka bir sarımdan almaktadır. Amstrong osilatördeki bu yapı aslında bir trafodur.

1.3. Osilatör Çeşitleri

1.3.1. RC Osilatörler

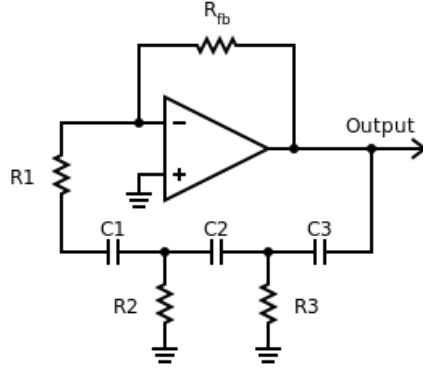
Daha çok alçak frekanslı devrelerde frekans tespit etmek amacıyla kurulan devredeki elemanlar sadece dirençlerden ve kondansatörlerden oluşuyorsa bu tip osilatörlere **RC osilatör** denir. Bu tip osilatörlerin uygulama alanları ise **20 Hz - 20 kHz** aralığındadır. Blok diyagramda görüldüğü gibi R-C devresi hem pozitif geri beslemeyi hem de frekans tespit edici devreyi sağlar. Transistörlü ve Op-Amplı osilatör devre çeşitleri de mevcuttur.



Şekil 1.3: RC osilatör blok diyagramı

1.3.1.1. Faz Kaydırmalı Osilatör (Phase Shift)

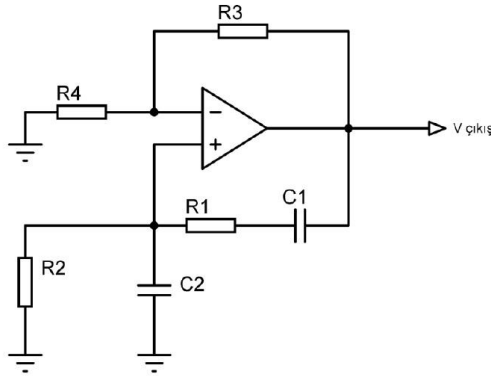
Yükseltici olarak transistör veya Op-Amp kullanan faz kaydırmalı osilatör, bir RC osilatör çeşidi olarak görülebilir. En az 180 derecelik bir faz farkı isteyen devre yüksek frekanslarda 270 derecelik bir faz farkı da oluşturabilir. Şekildeki Op-Amplı faz kaydırmalı osilatör devresinde 4 direnç ve 3 kapasitör kullanılmıştır. Her RC hücresinde ise çıkış sinyali için aşama aşama geri besleme sinyali oluşturulmuştur.



Şekil 1.4: Op-Ampli faz kaydırmalı osilatör devresi

1.3.1.2. Wien Köprü Tipi Osilatör

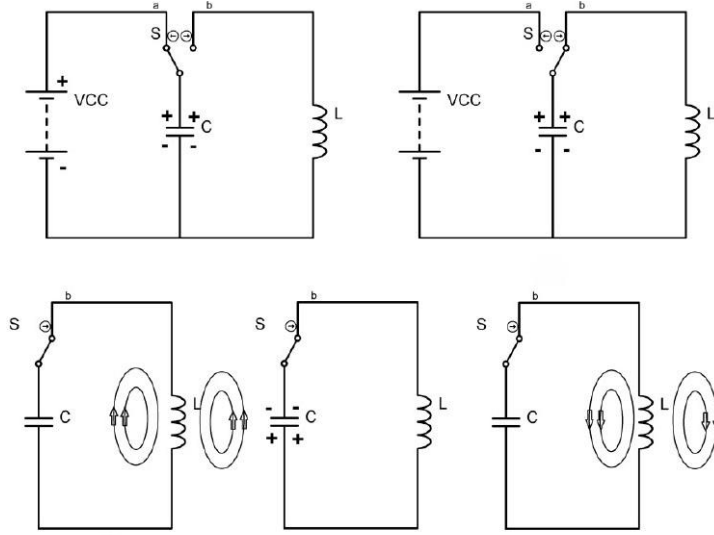
Wien osilatör, hem negatif hem pozitif geri besleme kullanan bir RC osilatör olarak da bilinir. 5 Hz - 1 MHz aralığındaki kararlı ve düşük frekanslarda sinyal üretmek için en sık kullanılan osilatör çeşididir. Şekilde görülen devrede seri R1-C1 ve paralel R2-C2 devreleri wien köprüsünü oluşturur. Yükselteç olarak da Op-Amp tercih edilmiştir.



Şekil 1.5: Op-Ampli wien köprü tipi osilatör devresi

1.3.2. LC Osilatörler

RC osilatör ile elde edilemeyen yüksek frekanslar LC osilatörler aracılığıyla elde edilirler. LC osilatörler ile MHz seviyesinde yüksek frekanslı sinüsoidal sinyaller elde edilebilir. Paralel bobin ve kondansatörden oluşan devreye ise **tank devresi** adı verilir.

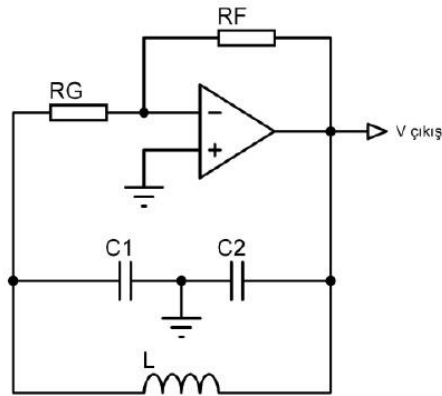


Şekil 1.6: LC tank devresi ve çalışma prensibi

LC osilatörün ise çeşitli amaçlar için özel olarak geliştirilmiş çeşitleri bulunur. Bu çeşitli osilatörlerin en sık kullanılanları ise Kolpits ve Hartley osilatörlerdir. Armstrong osilatörler de daha eski zamanlarda en çok tercih edilen LC osilatörlerdendir.

1.3.2.1. Kolpits Osilatör

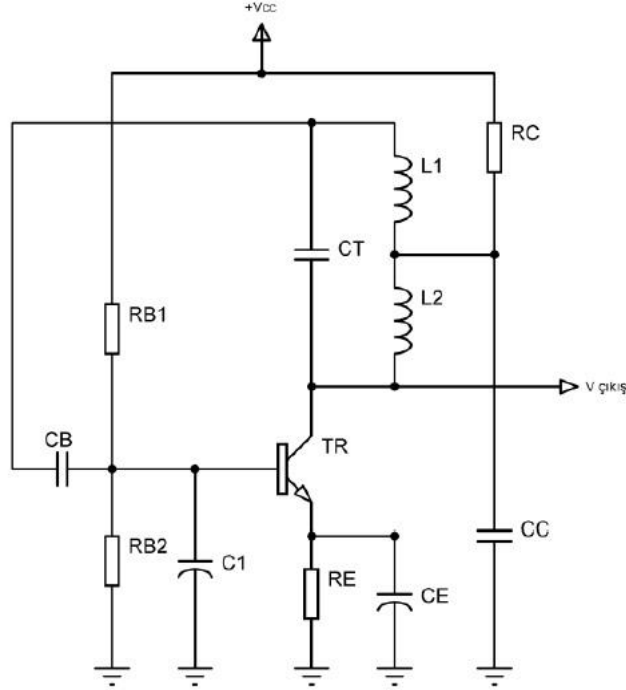
Kolpits osilatörler, LC osilatörün belki de en çok kullanılan çeşididir. Bu tip osilatörün devresinde C1 ve C2 gibi iki ayrı kondansatör bulunur. Kolpits osilatörün en belirgin özelliği bu iki kondansatördür. Bu yüzden tank devresinin eşdeğer kapasite değeri ve çıkıştan alınan sinyal frekansı tamamen değişiklik gösterir. Şekilde Op-Ampli Kolpits osilatör devresi görülüyor ancak bu devrenin transistör kullanılarak sinüsoidal çıkış elde eden çeşidi de mevcuttur.



Şekil 1.7: Op-Ampli kolpits osilatör devresi

1.3.2.2. Hartley Osilatör

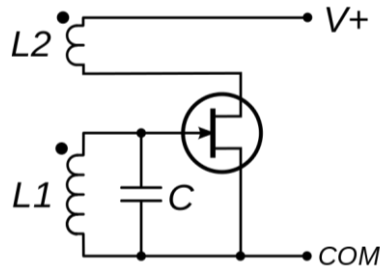
LC osilatörün bir diğer çeşidi olan Hartley osilatörler seri ve paralel olmak üzere ikiye ayrılır. Şekilde seri Hartley devresi görülmektedir ve Kolpits çeşidinde olduğu gibi LC tank devresi mevcuttur. Tank devresi, yükselteç ile gerilim kaynağı arasına seri bağlandığı için Seri Hartley ismi alır. Bu bağlantı paralel yapılmış olsaydı paralel Hartley ismini alacaktı.



Şekil 1.8: Seri Hartley osilatör devresi

1.3.2.3. Armstrong Osilatör

Meissner osilatör olarak da bilinen Armstrong osilatör, yine bir LC osilatör çeşidi olarak vardır. İlk kez radyo alıcı verici devrelerinde kullanılan bu osilatör tipi, 1940'lı yıllara kadar çok popülerdi. Şekilde görülen Armstrong osilatör devresinde FET kullanılmıştır.



Şekil 1.9: Armstrong osilatör devresi

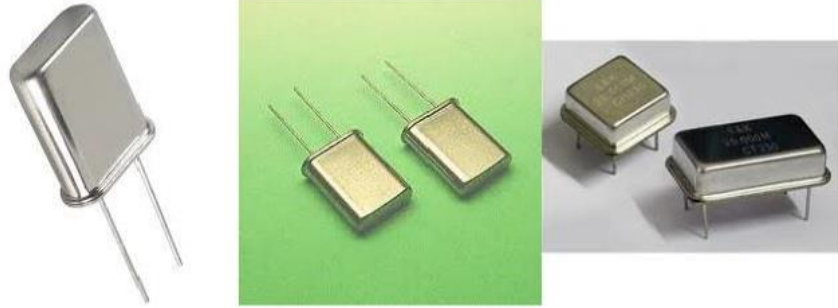
LC devreli osilatörleri genel olarak özetlenirse;

- Bir osilatör üç ana bileşene sahiptir. Bunlar yükselteç, rezonanslı (tuned) yük ve geri beslemedir.
- Osilatörde rezonans frekansını devredeki LC yükü belirler.
- Geri besleme LC yükünden alınan ve bir voltaj bölücüsü ile yapılır.
- Osilatörler için üç türlü geri besleme yapılır. Bunlar Colpitts, Hartley ve Armstrong türleridir. Hepsi de pozitif geri besleme sağlar.
- Bir osilatörün çalışmaya başlaması için dışarıdan herhangi bir müdahale gerekmez. Kendiliğinden çalışmaya başlar.

1.3.3. Kristal Osilatör

Piyasada osilatör denince ilk akla gelen çeşittir. Frekans kararlılığı en iyi olan osilatör tipidir. Osilatörler için çok önemli olan bu özelliğin tanımını sabit frekansta kalabilme olarak ifade edilebilir. Özellikle alıcı verici devrelerinde kullanılan frekansta yayın yapabilmek için frekans kararlılığı çok iyi olmalıdır ve genellikle bu devrelerde kullanıcının karşısına kristal osilatörler çıkar.

Kristal ise piezoelektrik etkiyle çalışan bir malzeme tipidir. Frekans kararlılığının en yüksek seviyede olması için ise quartz kristali kullanılır.

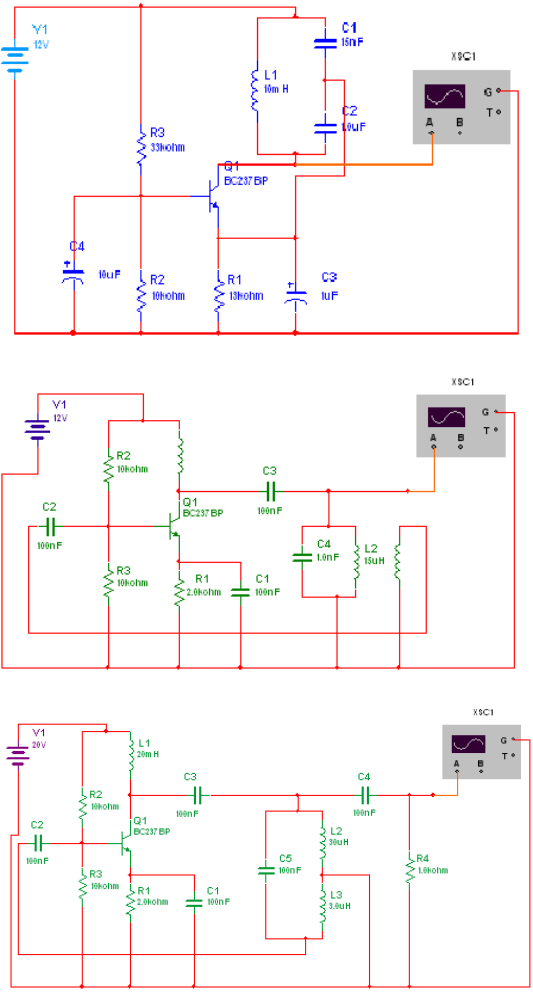


Fotoğraf 1.1: Kristal osilatörler

UYGULAMA FAALİYETİ

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak aşağıdaki talimatları yerine getiriniz.

- Şekildeki devreleri iş güvenliği kurallarına uygun olarak inceleyiniz.
- Aşağıdaki devrelerde hangi tür osilatör kullanıldığını belirleyiniz.

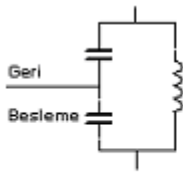
İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Aşağıda verilen devrelerin osilasyonu sağlayan osilatör elemanlarını gösteriniz.</p> <p>➤ Osilatör frekans aralıklarını belirleyiniz.</p> 	<p>➤ Devrenin incelenmesi esnasında osilatör ile ilgili gördüğünüz şekilleri göz önüne getirmelisiniz.</p> <p>➤ Osilatörlerin frekans aralıklarını tekrar gözden geçirmelisiniz.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

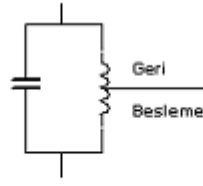
Aşağıdaki cümleleri dikkatle okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Herhangi bir giriş sinyali uygulanmadan sönümsüz, periyodik sinüs dalga üreten devrelere denir.
2. Bir osilatör, ve'den meydana gelir.
3. Pozitif geri beslemenin kullanılmasının amacı engellemektir.
4. Geri besleme giriş artırıcı yönde ise geri besleme, azaltıcı yönde ise geri beslemedir.
5. Kare dalga üreten osilatörlere aynı zamanda adı da verilir.
6. Bizi başarıya götürece en önemli eylem olacaktır.
7. Frekans kararlılığı en iyi olan osilatör tipi osilatörlerdir.

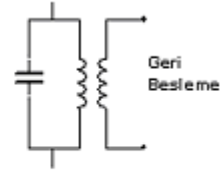
Soru 8-9-10. sorsuları aşağıda verilen şekillere göre yanıtlayınız..



Şekil I



Şekil II



Şekil III

8. Şekil I'de yer alan geri besleme devresi osilatör devresidir.
9. Şekil II'de yer alan geri besleme devresi osilatör devresidir.
10. Şekil III'de yer alan geri besleme devresi osilatör devresidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise Uygulamalı Test'e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Etrafınızdaki elektronik cihazlarda bulunan baskı devre kartlarında ne tür osilatör kullanıldığını belirleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Belirlediğiniz cihazın baskı devresinin üzerindeki osilatör devresinin hangi tür olduğunu belirleyebildiniz mi?		
2. Bu cihazların hangi frekans aralığında çalışabileceğini tespit edebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **Hayır** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **Evet** ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

İş sağlığı ve güvenliği kurallarına, tekniğine uygun olarak entegre ve kristal osilatör devresini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

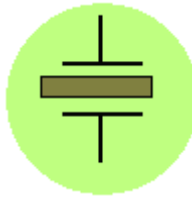
- Elektronikte kullanılan kristal maddesini araştırınız.
- 555 ve 741 entegreleri araştırınız.
- Araştırma sonuçlarınızı sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. OSİLATÖR DEVRELERİ

2.1. Kristal Osilatörler

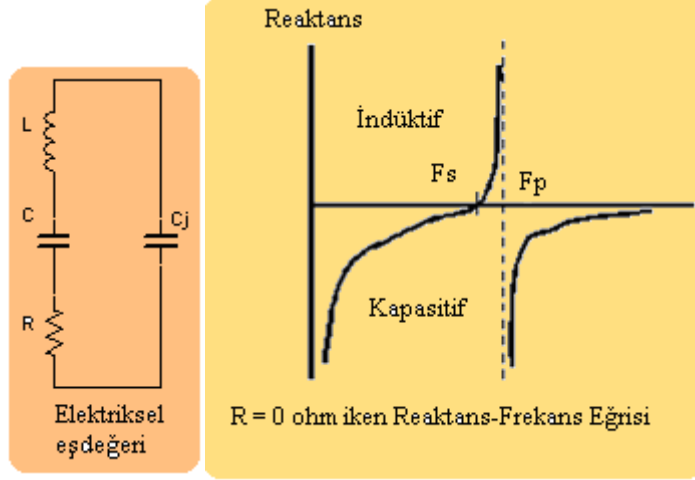
Bir osilatör, bir alıcı ya da verici sabit bir frekansta çalışacaksa yani çalıştığı frekansta az da olsa bir değişiklik olmayacaksa o zaman devredeki osilatörün kristalli olması en iyi yöntemdir. Kristal osilatörün ana parçası olan piezoelektrik kristal çoğunlukla kuvars madeninden yapılır. Kuvars çeşitli büyüklüklerde kesilerek, yontularak çeşitli frekanslar için üretilir. Osilatör için üretilmiş bir kuvars yuvarlak vitamin haplarına ya da küçük dikdörtgen prizmaya benzer.

Bir kuvars kristaline basınç uygulanırsa iki kenarı arasında bir gerilim oluşur. Kuvars benzeri maddelerle yapılmış çakmaklar buna bir örnektir. Tersî biçimde bir kuvars kristaline DC gerilim uygulanırsa kuvars bu kez de burkulur. Tersî bir gerilim uygulanırsa diğer yönde burkulur. AC bir gerilim uygularsak uygulanan AC gerilimin frekansında her iki yöne burkulur yani titreşir. Uygulanan AC geriliminin frekansı kristalin bir kesim özelliği olan rezonans frekansında ise o zaman en büyük titreşim elde edilir.



Şekil 2.1: Kristal sembolü

Kristalin hareketleri mekaniktir. Bu mekanik hareketi sağlayan kristalin elektriksel modeli şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.2: Kristal devresi

Bu şeklin sol tarafı seri bir rezonans devresidir. Bu kısım kristalin hiçbir bağlantı ucu olmayan hâlini temsil eder. Devredeki C_j kondansatörü, kristalin bağlantı elektrotları ve elektrotları elektronik devreye bağlayan bağlantı telleri arasındaki kapasiteyi temsil eder. Piezoelektrik kristallerin Q değerleri çok yüksek olur. Tipik bir değer olarak 5000 denilebilir.

Şeklin sol tarafına dönülecek olursa, L ve C kristalin rezonans frekansıdır ve kesim şekli ile büyüklüğü ile belirlenir. R direnci ise kristalin mekanik salınımına yaptığı direnmedir. R direnci ihmal edilirse seri kısmın rezonans frekansı aşağıdaki gibi olur.

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

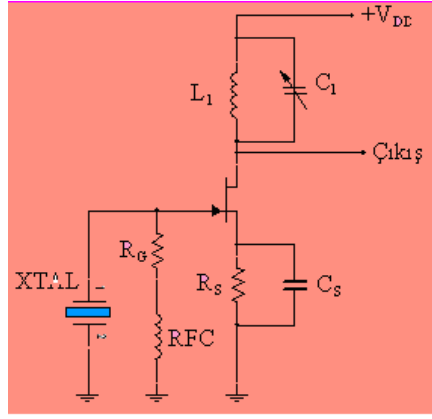
Şeklin sağındaki seri rezonans devresine paralel C_j kondansatörün değeri seri rezonans kısmındaki kondansatörden çok büyüktür. Bir örnek verilecek olursa tipik bir kristalde C=0,025pf C_j=3,5pf gibidir. Bu durumda kristalin paralel devre olarak rezonans frekansı aşağıdaki gibi olur.

$$f_p = \frac{\sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_j}\right)}}{2\pi}$$

Paralel rezonansta oluşan frekans, seri rezonansta oluşan frekanstan biraz daha yüksektir. Tipik olarak seri rezonans frekansı paralel rezonans frekansının 0,9 daha düşüğüdür. Kristali paralel rezonansta çalıştırmanın bir avantajı vardır. C_j kondansatörü

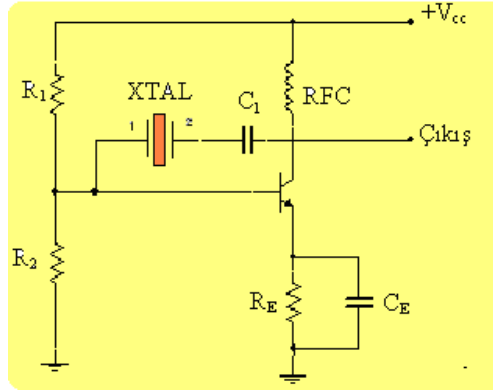
kristalin bağlantıları ile ilgili olduğu için kristale dışarıdan ayarlı bir kondansatör takarak (trimer kondansatör) frekansı çok az aşağı ya da yukarı çekmek mümkündür. Bu değişim çok fazla olmamak koşulu ile ince ayar için çokça kullanılır.

Kristal, bir kütleye sahiptir. Bu sebeple ısındığı ya da soğuduğu zaman hacmi dolayısıyla frekansı değişir. Bu değişim az olmasına rağmen hassas devrelerde istenmez. Isıya bağlı frekans kaymasını önlemek için kristaller sabit ısıda çalıştırılır. Sabit ısı, içinde kristal ve termostatlı ısıtıcı bulunan küçük fırınlarla (crystal oven) sağlanır. Aşağıda çeşitli kristal osilatör devrelerine değinilmiştir.



Şekil 2.3: Kristalli miller devresi

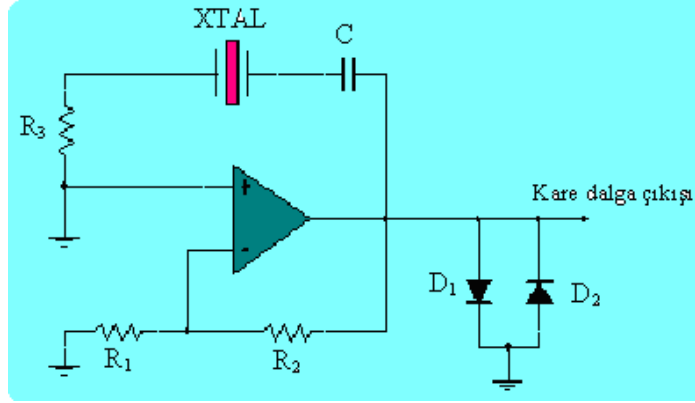
Şekil 2.3'teki devrede kristal paralel rezonans devresi olarak çalıştırılır. Bu durumda kristal çok yüksek empedans gösterecektir. FET transistörün akaç tarafındaki L C kristal frekansına yakın bir değere ayarlanır.



Şekil 2.4: Transistörlü kristal osilatör devresi

Şekil 2.4'teki devrede kristal seri rezonans devresi olarak çalışır. Dikkat edilirse kristal devrede geri besleme elemanı kullanılmıştır. Kristal rezonans frekansında minimum empedans gösterecek ve maksimum geri besleme yapacaktır. Devrenin diğer malzemelerden olabilecek kararsız durumları osilatörün çalışma frekansını etkilemeyecektir.

C1 kondansatörü büyük değerli, örneğin 10nF gibi, seçilir. RFC ise büyük değerli çok turlu bir bobin olup osilatörün frekansına yüksek empedans göstererek besleme kaynağında kısa devre olmasını engeller.



Şekil 2.5: Op-Amp kristal devresi

Düşük frekanslarda kristal osilatörlere bir örnek olarak Şekil 2.5'teki işlemsel yükselteçli devre verilebilir. Bu devrede de kristal seri rezonans olarak kullanılır. Çıkıştaki diyotlar çıkış sinyalini kırparak kare dalga şeklini almasını sağlar. Devre çıkışında kare dalga olması istenmezse diyotlar takılmamalıdır.

2.2. 555 ile Osilatör Devresi

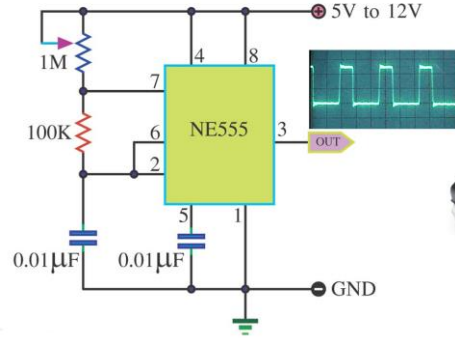
Zamanlayıcı entegre devreler arasında en çok kullanılan entegre tipi 555 entegresidir.

2.2.1. 555 Entegresi ve Özellikleri

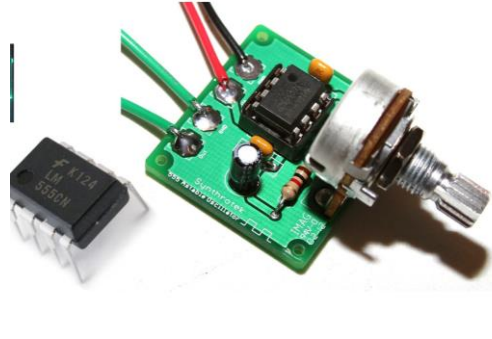
555 entegresi düşük maliyeti, yüksek frekanslardaki kararlılığı sebebiyle amatör ya da profesyonelce elektronik ile ilgilenenlerin en fazla tercih ettiği entegredir. Endüstriyel alanda kullanım yerleri fazladır. Bunun sebebi entegreye bağlanan R ve C elemanlarının değişik değerlerde seçilerek zamanlama süresinin kolayca ayarlanmasıdır.

Özellikleri şunlardır:

- + 4.5 V ile + 16 V arasındaki besleme gerilimleriyle çalışabilir.
- Çıkışından 200 mA kadar akım çekilebilir.
- Zamanlama için kullanıldığında bir RC devresi yardımıyla süresi μ s ile dakikalar arasında değişen darbeler elde edilebilir.
- Zamanlama periyodu besleme gerilimine bağlı değildir.



Şekil 2.6: 555 Zamanlayıcı entegresi



Fotoğraf 2.1: 555 Zamanlayıcı entegresi

Devrede 2 ile 6 no.lu uçlara kısa devre yaptırılıp buraya ayarlı bir gerilim kaynağı bağlandığında ve gerilim 0'dan itibaren arttırılmaya başlandığında şu olaylar meydana gelir:

Bu gerilim $1/3 V_{cc}$ ' ye ulaşmadan alt komparatör (Lower) çıkışı + Vcc (lojik 1)'dir. Aynı anda üst komparatör (Upper) çıkışında da - Vcc (Lojik 0) vardır. Bu durumda flip flop çıkışı lojik 0'dır ve entegrenin 3 no.lu bacağından elde edilen çıkış lojik 1 olur. Ayarlı gerilim $1/3 V_{cc}$ 'yi geçecek şekilde ayarlanırsa düşük komparatör çıkışı - Vcc'ye gider ve flip flop çıkışı eski konumunu muhafaza eder.

Ayarlı gerilim $2/3 V_{cc}$ 'yi aşar aşmaz yüksek komparatör çıkışı değişir ve + Vcc'ye gider. Bu durumda flip flop çıkışı lojik 1 olur. Çıkış ise lojik 0'a gider. Bu durumda deşarj transistörü T1 doyuma gider. Ayarlı gerilim kaynağı olarak genellikle kondansatör kullanılır ve diğer ucu deşarj transistörünün kollektörüne yani 7 no.lu uca bağlanır. Transistör doyuma ulaştığında C kondansatörü bir zaman sabitine bağlı olarak T1 üzerinden deşarj olur.

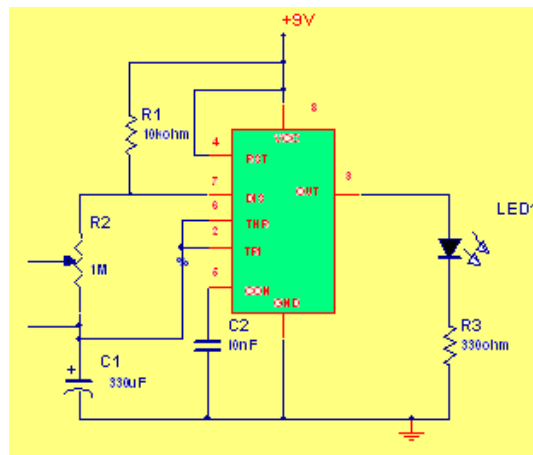
Bu boşalma esnasında gerilim $2/3 V_{cc}$ 'nin altına düştüğünde yüksek komparatör çıkışı lojik 0 olur. $1/3 V_{cc}$ 'nin altına düştüğünde ise düşük komparatör çıkışı lojik 1 olur, C kondansatörünün boşalması sona erer. Bu durum sürekli devam eder.

Bacak fonksiyonları:

- **1 no.lu bacak (toprak) :** Toprak veya ortak uçtur.
- **2 no.lu bacak (tetikleme):** Bu uç alt komparatörün girişidir. Devre çıkışını 1'e kurmak için kullanılır.
- **3 no.lu bacak (çıkış):** Çıkış ucudur. 555'in çıkış katındaki Q20, Q24 transistörleri totem pole, Q21, Q22 transistörleri ise darlington bağlıdır ve yüksek çıkış seviyesinde besleme geriliminin yaklaşık 1,7 V altında çıkış sağlar.
- **4 no.lu bacak (reset):** Bu uç, çıkışı lojik 0'a. götürmek için kullanılır. Bu uca negatif pals verilirse deşarj transistörü doyuma gider ve çıkış lojik 0 olur.
- **5 no.lu bacak (kontrol voltajı):** Bu uç $2/3V_{cc}$ değerini sağlayan voltaj bölme noktasına doğrudan erişim sağlar. 555'in voltaj kontrollü çalışmasında kullanılır. Normal çalışmada gürültünün önlenmesi için yaklaşık $0.01\mu F$ 'lık bir kondansatör yardımıyla şaseye verilir.
- **6 no.lu bacak (eşik):** Üst komparatörün girişidir. Bu uçtaki gerilim $2/3V_{cc}$ 'yi geçince çıkışın lojik 0'a gitmesine sebep olur.
- **7 no.lu bacak (deşarj):** Bu uç, Q14 NPN transistörünün kollektörüdür. Çıkış düşük seviyede iken düşük direnç, yüksek seviyede iken yüksek direnç göstererek kondansatörün şarjını ve deşarjını kontrol eder.
- **8 no.lu bacak (besleme):** Besle geriliminin uygulandığı uçtur. 4,5V ile 16V arasındaki bir besleme gerilimi uygulanabilir.

2.2.2. 555 ile Osilatör Devresi

Tetikleme palsine **Clock (CK)** denir. Clock palsi olarak kullanılmak üzere kare dalga üreten herhangi bir devre çıkışı kullanılabilir. Bu devre en pratik şekilde 555 entegresi ile yapılabilir. Şekil 2.7'de 555 entegresi ile yapılmış bir kare dalga osilatör devresi görülmektedir.



Şekil 2.7: 555 Entegresi ile kare dalga osilatör devresi

Bu devrenin çıkış frekansı

$F = 1,44 / (R1 + 2R2) \times C1$ formülü ile bulunur.

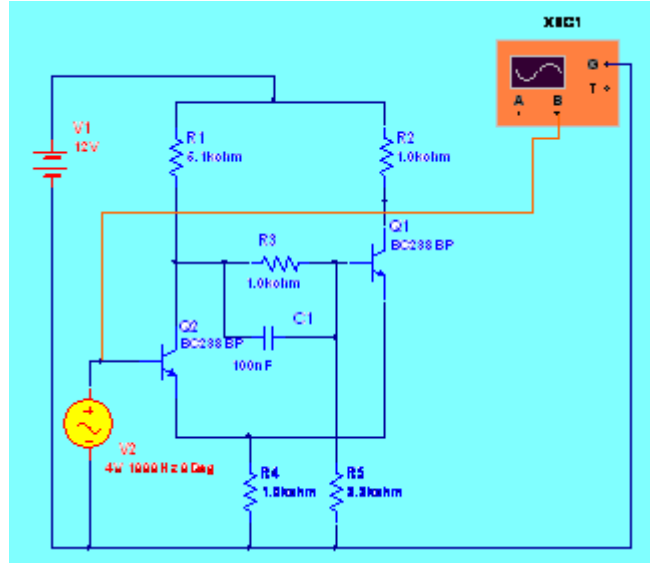
Çıkıştaki negatif ve pozitif darbenin birbirine yakın değerde olması istenirse RB'nin değeri RA'dan çok daha büyük değerde seçilmelidir.

2.3. Op-Amp ile Osilatör Devreleri

Zamanlama devreleri sadece 555 gibi entegrelerle değil Op-Amp entegreleri ile de tasarlanabilir.

2.3.1. Schmitt Tetikleyici (Schmitt Trigger)

Schmitt tetikleyici (trigger) devresi kare dalga üreten bir devredir. Dijital elektronikte kare dalganın önemi büyüktür. Ardışıl (sequential) devrelerde kullanılan flip flopların konum değiştirmesi için sayıcı, kaydedici gibi çok fazla kullanılan devrelere kare dalga uygulanır. Girişine uygulanan kare dalganın yükselen veya alçalan kenarlarında flip flop konum değiştirecektir.



Şekil 2.8: Schmitt tetikleyici devresi

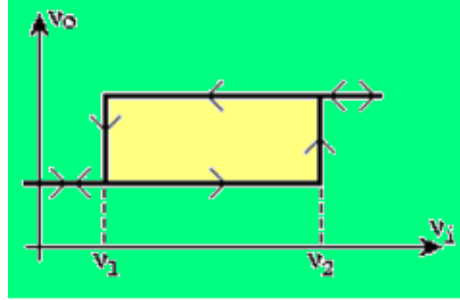
Şekil 2.8'de Schmitt tetikleyicisinin devresi ve fotoğraf 2.2'de Schmitt tetikleyici devresi giriş ve çıkış sinyalleri gösterilmiştir. Vi girişinin negatif alternansında Q1 transistörü kesimde, RC1 ve R1 dirençleriyle beyz polarması alan Q2 transistörü ise doyumdadır. Bu durumda $V_o < V_{cc}$ olur. Girişe uygulanan sinyal arttırılarak devre

elemanlarının belirleyeceği belli bir V_1 gibi bir değere ulaştığında ise Q1 transistörü doyuma, Q2 transistörü kesime geçer. Dolayısıyla $V_o = V_{cc}$ olur.



Fotoğraf 2.2: Schmitt tetikleyici devresi giriş ve çıkış sinyalleri

Bundan sonra giriş sinyalinin artırılması hâlinde çıkışta herhangi bir değişiklik görülmez. Bu kez giriş gerilimini sıfıra doğru azaltılmaya başlansın. Belirli bir V_2 gerilim değerinde Q1 transistörü kesime, Q2 transistörü doyuma gider. Bu anda $V_o > V_{cc}$ olur.



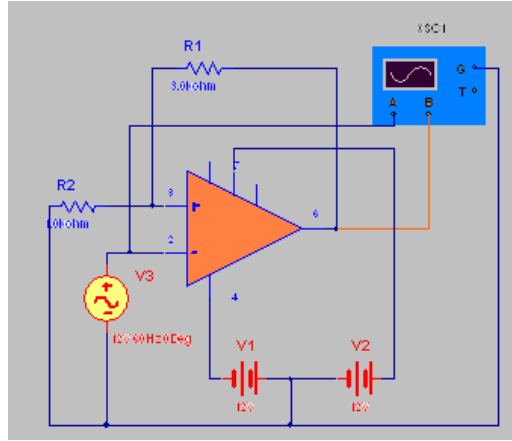
Şekil 2.9: Schmitt tetikleyicinin karakteristiği

Bu ana kadar anlatılanlar şekil 2.9'da gösterilmiştir. Bu karakteristikte V_1 ve V_2 değerlerinin aynı olmama durumuna **histeresis** adı verilir. Devredeki eleman değerlerinin ayarlanması suretiyle $V_1 = V_2$ yapılabilir.

Schmitt tetikleyici devrelerde histeresis önemlidir. Şöyle ki bir uygulamada DC sinyalin seviyesi belirli bir değeri aştığında operatöre bir uyarı verilmesi istensin. Bu durumda $V_1 = V_2$ olursa işaret üzerine binecek görüntü, parazit gibi sebeplerle devre titreşim şeklinde peş peşe uyarı verecektir. Eşik değerlerinin farklı olması, uyarı noktası ile

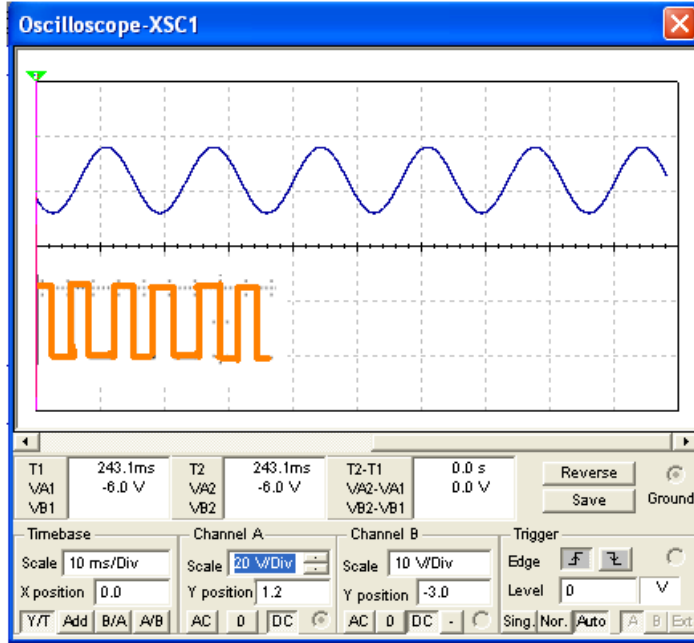
uyarayı kaldırma noktası arasında belirli bir fark meydana geleceğinden böyle ufak değişimlerden etkilenmeyecektir.

2.3.2. Op-Amp'lı Schmitt Trigger Devreleri



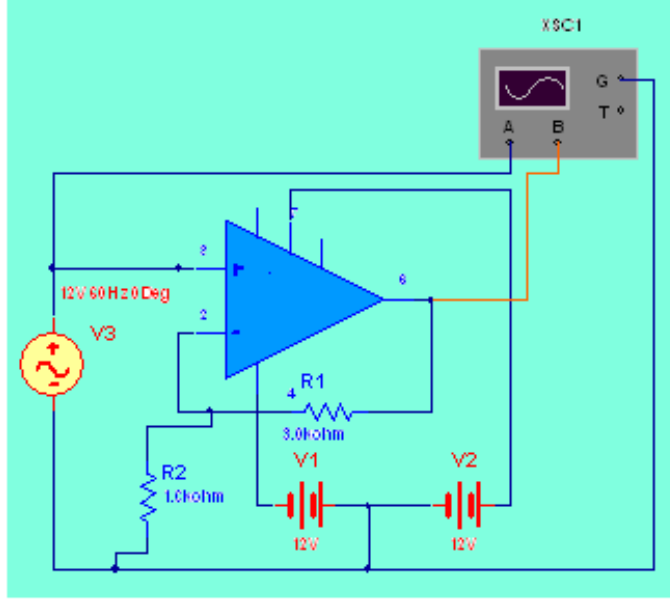
Şekil 2.10: Inverting Schmitt trigger devresi

Op-Amp ile yapılan Schmitt trigger devresi, faz çeviren ve faz çevirmeyen olmak üzere iki çeşittir. Şekil 2.10'da görüldüğü gibi faz çeviren özellikli schmitt trigger devresine giriş sinyali Op-Amp'ın faz çeviren (-) girişine uygulanır.



Fotoğraf 2.3: Faz çeviren Schmitt trigger devresinin giriş ve çıkış sinyalleri

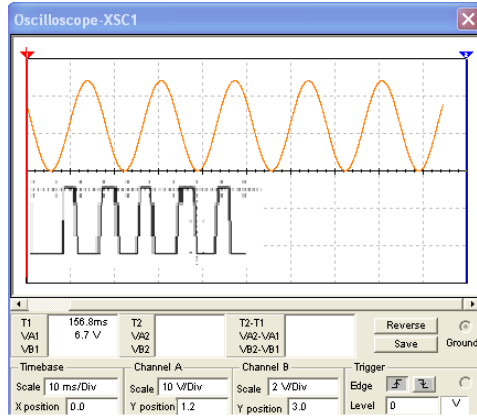
Fotoğraf 2.3'te görüldüğü gibi Op-Amp'ın faz çeviren (-) girişine etkin değeri 12 Volt, 60 Hz'lik bir sinüsoidal sinyal uygulanmış olup Op-Amp çıkışından düzgün bir kare dalga elde edilmiştir.



Şekil 2.11: Noninverting Schmitt trigger devresi

Op-Amp schmitt trigger devresinin ikinci çeşidi şekil 2.11'de görüldüğü gibi faz çevirmeyen yapıdaki Schmitt trigger devresidir. Burada giriş sinyali Op-Amp'ın faz çevirmeyen (+) girişine uygulanır.

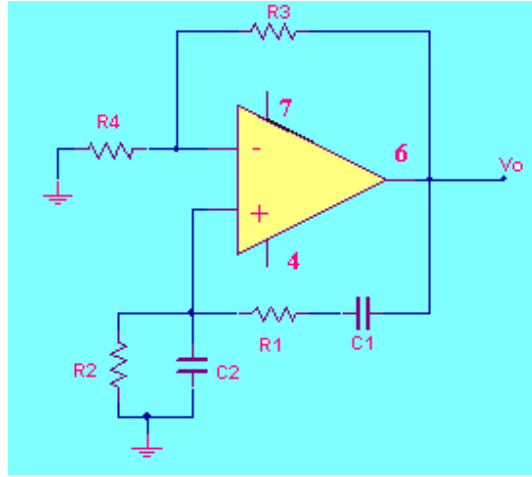
Fotoğraf 2.4'te görüldüğü üzere Op-Amp'ın faz çevirmeyen (+) girişine yine 12 Volt (etkin) ve 60 Hz'lik bir sinüsoidal sinyal uygulanmış olup Op-Amp çıkışından kare dalga elde edilmiştir.



Fotoğraf 2.4: Faz çevirmeyen Schmitt trigger devresinin giriş ve çıkış sinyalleri

2.3.3. Op-Amp'lı Wien Köprü Osilatörü

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi R1-C1'den seri, R2-C2 'den oluşan paralel R-C devreleri Wien köprü osilatörünü oluşturur. Devrede yükselteç olarak Op-Amp kullanılmıştır. Frekansı belirleyen elemanlar ise R3 ve R4'tür. Çıkış sinyali, belli oranda Op-Amp'ın faz çevirmeyen (+) girişine R1-C1 elemanları ile geri beslenmektedir. Op-Amp'ın çalışma frekansında R1 - C1, R2 - C2'den oluşan köprü devresi en yüksek geri beslemeyi yapmakta ve bu frekansta faz açısı 0 olmaktadır.



Şekil 2.12: Op-Amp'lı wien köprü osilatörü

Devrede R3-R4 ve Op-Amp 'tan oluşan kısım yükselteci, R1-C1 ile R2-C2'den oluşan kısım wien köprü devresini yani frekans tespit edici tertibi meydana getirir.

Çıkıştan alınan sinüsoidal sinyalin frekansı veya devrenin çalışma frekansı, $f = 1 / [2\pi\sqrt{R1.C1.R2.C2}]$ formülü ile bulunur.

Eğer devrede $R1 = R2 = R$ ve $C1 = C2 = C$ olarak seçilirse formül, $f = 1 / 2\pi RC$ olur.

Ayrıca devrenin istenen frekansta osilasyon yapması ve yeterli çevrim kazancını sağlayabilmesi için $(R3 / R4) \geq 2$ olmalıdır.

DEĞERLER ETKİNLİĞİ-2

Aşağıda iş gücü oluşturmayla ilgili atasözü ve deyimler bazı sözcükleri çıkarılarak verilmiştir. Çıkarılan bu sözcükler, karışık şekilde aşağıdaki bölümde yer almaktadır. Atasözü ve deyimlere uygun sözcükleri bularak deyim ve bunları tamamlayınız.

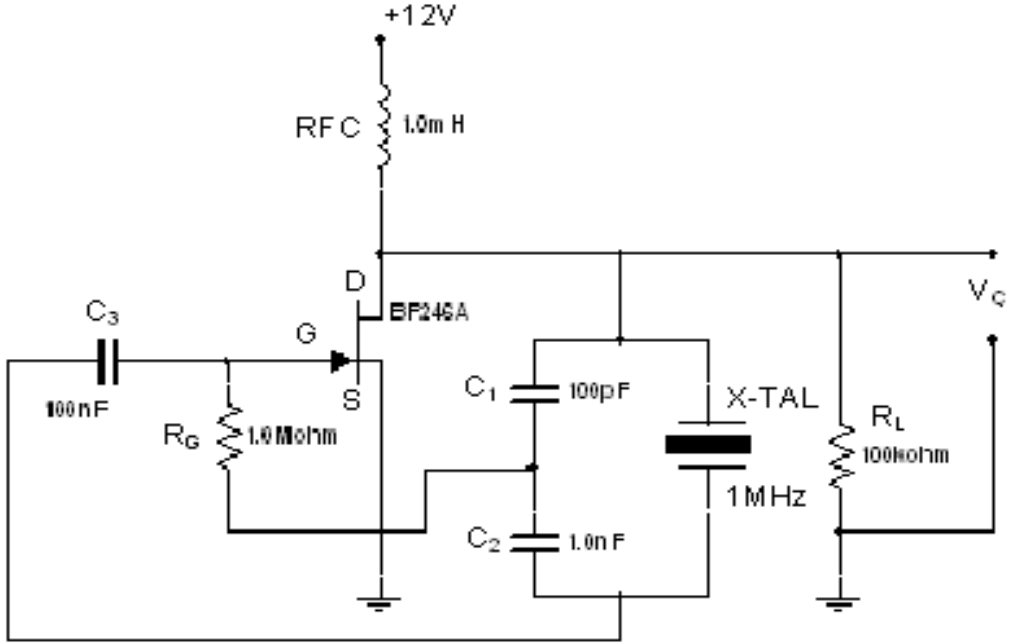
birlik- değirmen – taş - komşu - dirlik - iki - anca – kuvvet-külüne

Atasözü / Deyimler

- Yalnız duvar olmaz.
- El el ile yel ile.....
- Komşu, komşunun muhtaçtır.
- Bir elin nesi var, elin sesi var.
- Nerde orada
- beraber, kanca beraber.
- Birlikten doğar.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki verilen şemadaki kristal osilatör kullanılmış devreyi iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kurunuz.



Malzeme listesi

- 100 K, 1M direnç
- 100 p, 1 n kondansatör
- 1 mH bobin
- 1MHz kristal
- BF 246 veya BF 245
- DC 12 V güç kaynağı
- Osilaskop

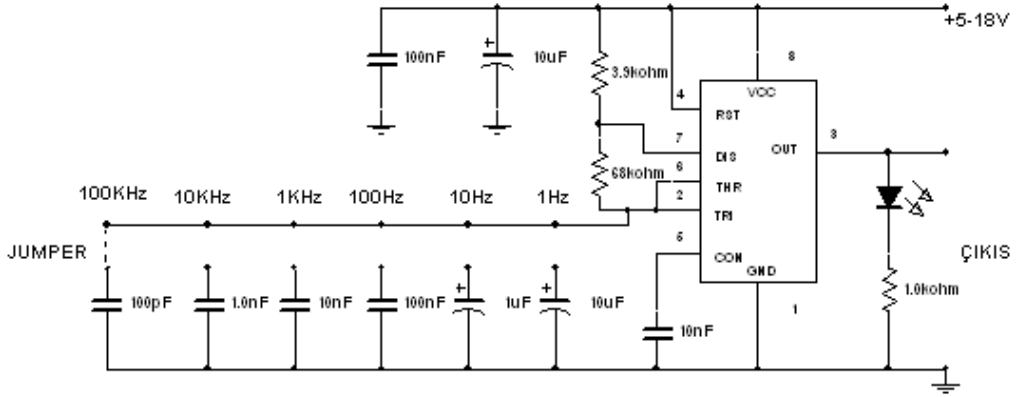
Deney sonuçları tablosu

f (kristal)	Ölçülen	
	f (KHz)	V _C (V)

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deney için gerekli olan malzemeleri depo sorumlusundan temin ediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Teslim aldığımız malzemenin sağlamlık kontrollerini yapmalısınız. ➤ Fet çalışma prensibini ve ayaklarının bulunmasını tekrar etmelisiniz. ➤ 1mH'lik bobin yerine mini bir belseme trafosunun sekonder uçlarını kullanabilirsiniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bread board üzerine devre şeması verilen kristal osilatör devresini kurunuz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Devreyi kurarken FET bacaklarına dikkat etmelisiniz. ➤ Eğer mini bir belseme trafosu kullanacaksanız sekonder uçlarını kullandığımızdan emin olmalısınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazırladığımız devrenin çıkışına osiloskobu bağlayınız. ➤ Devreye DC 12 V uygulayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Devreye enerji vermeden önce gerekli elektriksel güvenlik önlemlerini almalısınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz. ➤ Ölçülen frekans ve kristalin üzerinde yazan frekans tabloya kaydediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Doğru ölçüm yapabilmek için ölçümler esnasında hassas davranmalısınız.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki verilen şemadaki 555'li kare dalga osilatör kullanılmış devreyi iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kurunuz.



Malzeme listesi

- 1nF, 10nF, 100nF, 100pF, 1µF, 10µF kondansatör
- 68K, 3K9, 1K direnç
- LED
- 555 osilatör/zamanlayıcı entegresi
- Plastik jumper veya komutator
- DC 0-24 V ayarlı güç kaynağı
- Osilaskop

Deney sonuçları tablosu

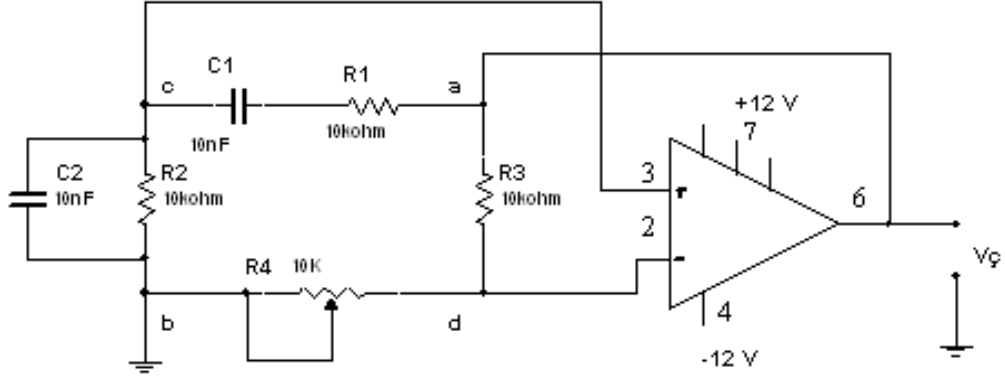
ÖLÇÜLEN DEĞERLER					
1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 KHz	10 KHz	100 KHz

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Deney için gerekli olan malzemeleri depo sorumlusundan temin ediniz.	➤ Teslim aldığınız malzemenin sağlamlık kontrollerini yapmalısınız. ➤ 555 entegresi iç yapısı gözden geçirmelisiniz. ➤ Frekans kademeleri için plastik köprü (jumper) veya komütatör kullanabilirsiniz.
➤ Bread board üzerine devre şeması verilen	➤ Devreyi kurarken 555 bacaklarını doğru

555'li kare dalga osilatör devresini kurunuz.	bağladığımızdan emin olmalısınız.
➤ Hazırladığınız devrenin çıkışına osiloskobu bağlayınız. ➤ Devreye DC 5 - 18 V uygulayınız.	➤ Devreye enerji vermeden önce gerekli elektriksel güvenlik önlemlerini almalısınız.
➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz ve çıkış sinyalini çiziniz. ➤ Her kademenin frekansını ölçünüz. Ölçülen değeri tabloya kaydediniz.	➤ Doğru ölçüm yapabilmek için ölçümler esnasında hassas davranmalısınız.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki verilen şemadaki wien köprü osilatör kullanılmış devreyi iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kurunuz.



Malzeme listesi

- 741 entegresi
- 3x10 K direnç
- 10K potansiyometre
- 1x10nF kondansatör
- DC +/- 12 V simetrik güç kaynağı
- Osilaskop

Deney sonuçları tablosu

R	C	Formül	V _ç	f (ölçülen)	f (hesaplanan)
10K	10nF	$f = 1 / 2\pi R.C$			

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Deney için gerekli olan malzemeleri depo sorumlusundan temin ediniz.</p>	<p>➤ Teslim aldığınız malzemenin sağlamlık kontrollerini yapmalısınız.</p> <p>➤ 741 entegresi iç yapısı gözden geçirmelisiniz.</p> <p>➤ Frekans kademeleri için plastik köprü (jumper) veya komütatör kullanabilirsiniz.</p>
<p>➤ Bread board üzerine devre şeması verilen op-amp'lı Wien köprü osilatör devresini kurunuz.</p>	<p>➤ Devreyi kurarken 741 bacaklarını doğru bağladığınızdan emin olmalısınız.</p>
<p>➤ Hazırladığımız devrenin çıkışına osiloskobu bağlayınız.</p> <p>➤ Devreye DC +/- 12 V uygulayınız. (simetrik güç kaynağı)</p> <p>➤ Potansiyometreyi ayarlayınız.</p>	<p>➤ Osilaskop ayarlarını</p> <ul style="list-style-type: none"> • Time/div = 0,2 msn • Volt/div = 5 V olarak yapmalısınız. <p>➤ Simetrik güç kaynağınız yok ise 2 adet DC 12V güç kaynağını şekildeki gibi bağlayarak kullanabilirsiniz.</p> <p>➤ Potansiyometreyi yaklaşık 4,9K'ya ayarlarsanız çıkışın kırılmasını engellersiniz.</p>
<p>➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini osiloskoptan okuyup tabloya kaydediniz.</p>	<p>➤ Devreye enerji vermeden önce gerekli elektriksel güvenlik önlemlerini almalısınız.</p> <p>➤ Doğru ölçüm yapabilmek için ölçümler esnasında hassas davranmalısınız.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatle okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Kristalin ana parçası olan piezoelektrik kristal genellikle madeninden yapılır.
2. Kristal paralel rezonans devresi olarak çalışırsa çok yüksek gösterir.
3. Kristal seri rezonans devresi olarak ve geri besleme elemanı olarak kullanılırsa kristal rezonans frekansında..... empedans ve geri besleme yapar.
4. Bir 555 entegresi V ile V arasında bir besleme gerilimiyle çalışabilir.
5. Bir 555 entegresinin çıkışından kadar akım çekilebilir.
6. Bir 555 entegresinde ve değerleri değiştirilerek zamanlama süresi ayarlanabilir.
7. Tetikleme palsine denir.
8. Schmitt trigger devresi üreten bir devredir.
9. Op-amp ile yapılan Schmitt trigger devresi ve..... olmak üzere iki çeşittir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise Uygulamalı Test'e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

İş güvenliği kurallarına uyarak RC osilatör devresini kurunuz.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna **X** işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Yapılacak uygulamaya ilişkin gerekli bilgiye sahip misiniz?		
2. Kuracağı devrenin özelliklerini söyleyebiliyor musunuz?		
3. Kuracağı devre ile ilgili özel elemanların katalog bilgilerini yanında bulunduruyor ve okuyabiliyor musunuz?		
4. Deneyi nasıl yapacağını söyleyebiliyor musunuz?		
5. Kullanacağı araç ve gereçlerin adları ve özelliklerini söyleyebiliyor musunuz?		
6. Uygulamayı yapmadaki amacınızı ve sonuçta elde etmeyi planladığınız tecrübeyi ifade edebiliyor musunuz?		
7. Uygulamayı yaparken uyacağınız güvenlik tedbirlerini biliyor musunuz?		
8. Çalışma alanını temizleyip önlüğünüzü giydiniz mi?		
9. Uygulamayı yapmak için gerekli malzemeye sahip misiniz?		
10. Uygulamayı yapmak için gerekli cihazları tanıyıp seçebiliyor musunuz?		
11. Kullanacağınız elemanların sağlamlık kontrollerini tekniğine uygun şekilde yapabiliyor musunuz?		
12. Devreyi, devre şemasından takip ederek, doğru olarak, tekniğine uygun şekilde breadboard üzerine kurabiliyor musunuz?		
13. Devreyi kurma işlemini, öğretmeninizin belirttiği süre içinde yapabiliyor musunuz?		

14.Devrenin doğru kurulup kurulmadığını şema üzerinden takip ederek kontrol edebiliyor musunuz? (Elemanların bacak bağlantılarına dikkat ediniz.)		
15.Ölçü aleti ile bağlantılarda kopukluk olup olmadığını, temassızlık olup olmadığını kontrol edebiliyor musunuz?		
16.Devreyi çalıştırmadan, yani gerilim vermeden önce devrenin kurulu halini öğretmeninize kontrol ettirdiniz mi?		
17.Güç kaynağını açarak devreye gerilim verdiniz mi?		
18.Uygulamalarda her durumu tek tek gerçekleştirerek bilgi konuları ile karşılaştırdınız mı?		
19.Devre sonuçlarının sağlamasını yapıp not ettiniz mi?		
20.Uygulamayı öğretmenin belirttiği süre içinde bitirdiniz mi?		
21.Ölçme araçlarını kullanıp, ayarlarını yapabiliyor musunuz?		
22.Kullandığı araç ve gereçleri temizleyerek düzenli bir şekilde yerine koydunuz mu?		
23.Uygulamayı yaptığınız yeri temizlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **Hayır** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **Evet** ise Modül Değerlendirme'ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

İş güvenliği kurallarına uyarak 555’li osilatör devresi kurunuz.

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna X işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İhtiyaca uygun osilatör seçebiliyor musunuz?		
2. Osilatör çeşitlerine göre malzeme bilgilerine sahip misiniz?		
3. Kristal osilatör devresinin uygulamasını yapabiliyor musunuz?		
4. 555 entegresinin tüm uçlarını öğrenebildiniz mi?		
5. 555’li kare dalga osilatör devresinin uygulamasını yapabiliyor musunuz?		
6. Mesleğe uygun kıyafet (önlük) giydiniz mi?		
7. Çalışma alanını ve aletleri tertipli, düzenli kullandınız mı?		
8. Laboratuvar ortamının temizlik ve düzenine dikkat ettiniz mi?		
9. İşlem basamakları sırasına uygun davrandınız mı?		
10. Zamanı iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **Hayır** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **Evet** ise bir sonraki bireysel öğrenme materyaline geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	osilatör
2	frekans belirleme ünitesi, pozitif geri belsem ve genlik sınırlama
3	devre kayıplarını
4	pozitif – negatif
5	multivibratör
6	çalışmak
7	kristal
8	Kolpits
9	Hartley
10	Armstrong

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	kuvars
2	empedans
3	minumum – maximum
4	4,5 V – 16 V
5	200mA
6	R (Direnç) – C (kondansatör)
7	clock
8	kare dalga
9	faz çeviren - faz çevirmeyen

KAYNAKÇA

- Metin BEREKET, Engin TEKİN, **Atölye ve Laboratuvar-2**, Mavi Kitaplar, İzmir, 2004.
- Naci CANDAN, **Elektronik 2**, İstanbul, 2005.
- Alpgün ÇOLPAN, Haluk VURAL, Nusret BÖLÜK, **Elektronik**, Devlet Kitapları, Ankara 2004.
- Serdar KÜÇÜK, **Elektronik**, İstanbul, 2005.
- Hüseyin TAMER, Yılmaz SAVAŞ, Zeki ERGELEN, **Elektronik-2**, ANKARA, 1991.