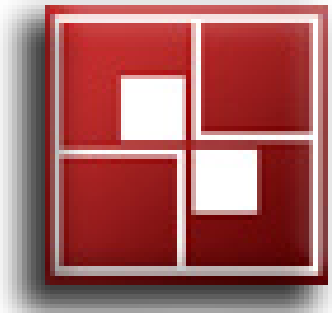


FIRAT ÜNİVERSİTESİ

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

EET213/EET2109 ELEKTRONİK LABORATUVARI-I DENEY FÖYÜ

Deney-1: Diyot Karakteristiğinin Çıkartılması

Deney-2: Kırpıcı ve Sınırlayıcı Devreler

Deney-3: Kenetleyici ve Gerilim Çoklayıcı Devreler

Deney-4: Doğrultucu Devreleri

Deney-5: Zener Diyot Karakteristiğinin Çıkartılması

Deney-6: Zener Diyotlu Regülatör Devresi

Deney-7: Transistör Karakteristikleri

Deney-8: Transistör Öngerilimleme Devreleri

Deney-1: Diyot Karakteristiğinin Çıkartılması

Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, yarıiletken diyodun ileri ve ters polarma durumlarındaki davranışını deneysel olarak incelemek, diyot uçlarındaki gerilim V_D ile diyottan geçen akım I_D arasındaki ilişkiyi belirlemek ve diyodun akım-gerilim I_D-V_D karakteristik eğrisini elde etmektir.

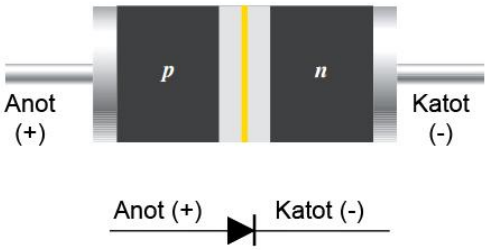
Deney sonunda öğrencinin;

- diyodun anot ve katot uçlarını tanıyabilmesi,
- ileri ve ters polarma durumlarını ayırt edebilmesi,
- diyot gerilimi ve diyot akımını ölçebilmesi,
- diyodun doğrusal olmayan davranışını gözlemleyebilmesi,
- ölçülen değerlerden diyotun I_D-V_D karakteristik eğrisini çizebilmesi

amaçlanmaktadır.

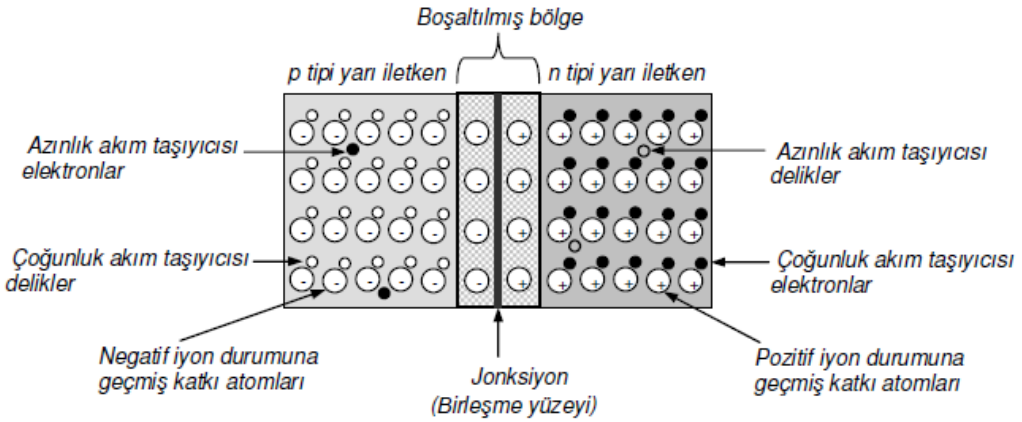
Diyot

Diyot, akımın bir yönde geçişine izin verirken ters yöndeki akımı büyük ölçüde sınırlayan, iki uçlu yarıiletken bir devre elemanıdır. Temel bir diyot, P tipi ve N tipi yarıiletken bölgelerin bir araya getirilmesiyle oluşan P-N jonksiyonundan meydana gelir. P tipi bölgeye bağlı uç anot (A), N tipi bölgeye bağlı uç ise katot (K) olarak adlandırılır.



Şekil 1.1. Diyot gösterimi

P ve N tipi bölgeler birleştirildiğinde, N bölgesindeki birleşme yüzeyine yakın elektronlar P bölgesindeki deliklere doğru hareket eder. Elektron ve deliklerin birleşmesi sonucunda jonksiyon çevresindeki hareketli yük taşıyıcılarının sayısı azalır. Böylece birleşme yüzeyinin çevresinde boşaltılmış bölge adı verilen bir bölge meydana gelir. Bu bölgede hareketli elektron ve deliklerin yerine iyonlaşmış katkı atomları bulunur. Boşaltılmış bölgede meydana gelen elektrik alan, çoğunluk taşıyıcılarının jonksiyondan geçişini sınırlar.

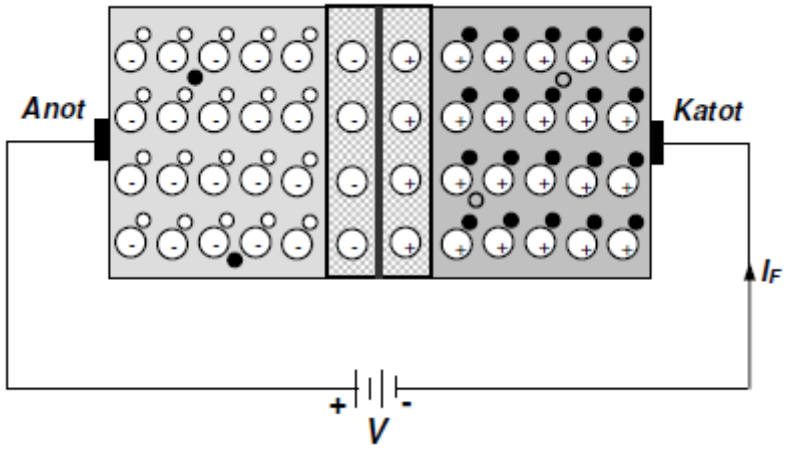


Şekil 1.2. P-N jonksiyonunun yapısı ve boşaltılmış bölge

Diyodun elektriksel davranışı, uçlarına uygulanan gerilimin yönüne bağlıdır. Diyotun çalışma durumu temel olarak ileri polarma ve ters polarma olmak üzere iki şekilde incelenir.

İleri Polarma

Gerilim kaynağının pozitif ucu diyodun anoduna, negatif ucu ise katoduna bağlandığında diyot ileri polarmalanmış olur. İleri polarma geriliminin etkisiyle boşaltılmış bölge daralır ve çoğunluk taşıyıcılarının P-N jonksiyonunu geçmesi kolaylaşır. Bunun sonucunda diyottan ileri yönde akım geçmeye başlar.



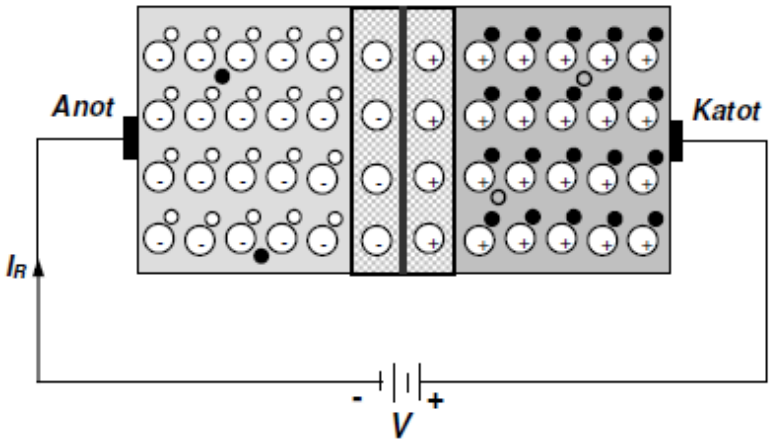
Şekil 1.3. Diyodun ileri polarmalanması

İleri polarma gerilimi küçük değerlerdeyken diyottan geçen akım oldukça küçüktür. Uygulanan gerilim artırıldıkça diyot akımı da artar. Silisyum diyotlarda ileri yöndeki gerilim düşümü uygulamada çoğunlukla 0.6–0.7V civarında gözlenir. Ancak bu değer diyodun kesin ve değişmez bir iletime geçme gerilimi değildir. Diyot üzerinden geçen akımın değeri arttıkça diyot uçlarındaki ileri yön gerilimi de bir miktar değişir.

Bu nedenle diyot, direnç gibi gerilim ile akım arasında doğrusal bir ilişki bulunan bir devre elemanı değildir. Diyodun ileri yöndeki akımı, gerilim arttıkça özellikle iletim bölgesinde hızlı bir şekilde yükselir. Föyde verilen karakteristik eğride de eşik bölgesinden sonra ileri yön akımının belirgin şekilde arttığı görülmektedir.

Ters Polarma

Gerilim kaynağının pozitif ucu diyodun katoduna, negatif ucu ise anoduna bağlandığında diyot ters polarmalanmış olur. Bu durumda gerilim kaynağının etkisiyle çoğunluk taşıyıcıları birleşme bölgesinden uzaklaşır ve boşaltılmış bölgenin genişliği artar. Böylece diyot, normal çalışma koşullarında ters yöndeki akım geçişini büyük ölçüde engeller.



Şekil 1.4. Diyodun ters polarmalanması

Gerçek bir diyotta ters polarma sırasında akım tamamen sıfır değildir. Yarıiletkende bulunan azınlık taşıyıcılarının hareketi nedeniyle çok küçük bir ters sızıntı akımı meydana gelir. Bu akım, ileri yönde geçen akıma göre oldukça küçüktür ve çoğu temel devre analizinde ihmal edilebilir.

Ters sızıntı akımı sıcaklıktan etkilenir. Sıcaklık arttığında yarıiletkende daha fazla taşıyıcı oluştuğundan ters yöndeki sızıntı akımı da artar. Bu nedenle diyotların akım-gerilim karakteristiği yalnızca uygulanan gerilime değil, çalışma sıcaklığına da bağlıdır. Föyde de ters akımın sıcaklığa bağlı olduğu özellikle belirtilmektedir.

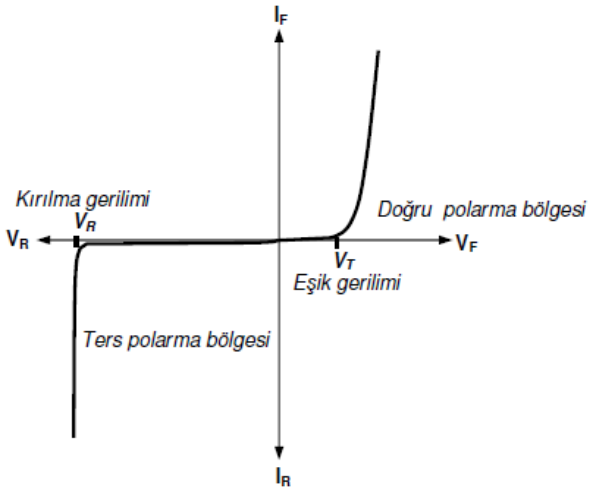
Kırılma Bölgesi

Ters polarma gerilimi sürekli artırılırsa belirli bir gerilim değerinden sonra diyodun ters yöndeki akımı çok hızlı şekilde artmaya başlar. Bu bölgeye kırılma bölgesi, akımın hızla arttığı gerilim seviyesine ise kırılma gerilimi denir.

Standart doğrultucu diyotlarda kırılma bölgesinde oluşan akım uygun şekilde sınırlandırılmazsa diyotta aşırı güç kaybı meydana gelebilir ve eleman zarar görebilir. Bu nedenle normal diyotlar genellikle ters kırılma bölgesinde çalıştırılmaz.

Diyotun Akım-Gerilim Karakteristiği

Diyot uçlarındaki gerilim V_D ile diyottan geçen akım I_D arasındaki ilişki diyotun akım-gerilim karakteristiği veya I_D-V_D karakteristiği olarak adlandırılır.



Şekil 1.5. Diyodun akım-gerilim karakteristiği

Diyot karakteristik eğrisi üç temel çalışma bölgesi üzerinden değerlendirilebilir:

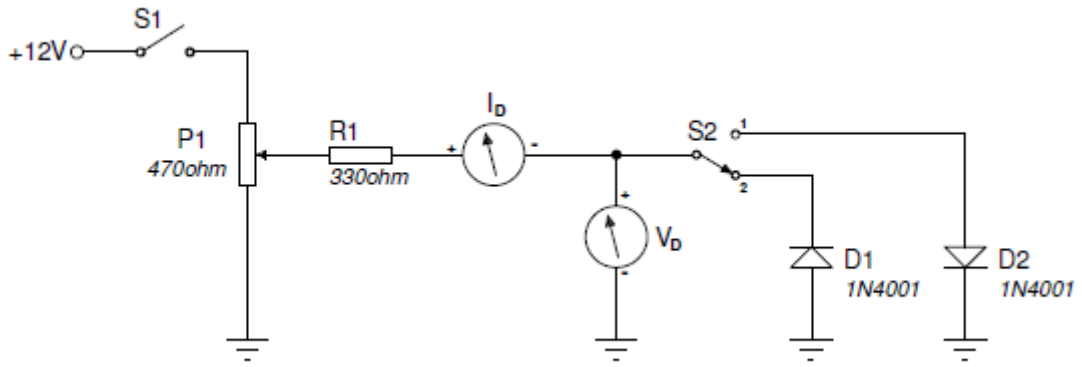
İleri polarma bölgesinde, diyot gerilimi düşükken akım çok küçüktür. Gerilim arttıkça diyot akımı giderek daha hızlı yükselir. Silisyum diyotlarda bu değişim özellikle yaklaşık 0.6-0.7V civarından sonra belirgin hale gelir.

Ters polarma bölgesinde, diyottan yalnızca küçük bir ters sızıntı akımı geçer. Kırılma gerilimine ulaşılmadığı sürece ters akım düşük seviyede kalır.

Kırılma bölgesinde ise ters gerilimin belirli bir değeri aşmasıyla ters akım çok hızlı şekilde artar. Bu nedenle diyotun güvenli çalışma sınırları içerisinde kullanılması gerekir.

Diyodun karakteristiğinin deneysel olarak elde edilmesinde diyot uçlarındaki gerilim V_D kademeli olarak değiştirilir ve her gerilim değerine karşılık gelen diyot akımı I_D ölçülür. Ölçülen V_D ve I_D değerleri grafik üzerine işaretlendiğinde diyodun akım-gerilim karakteristik eğrisi elde edilir.

Deney Şeması



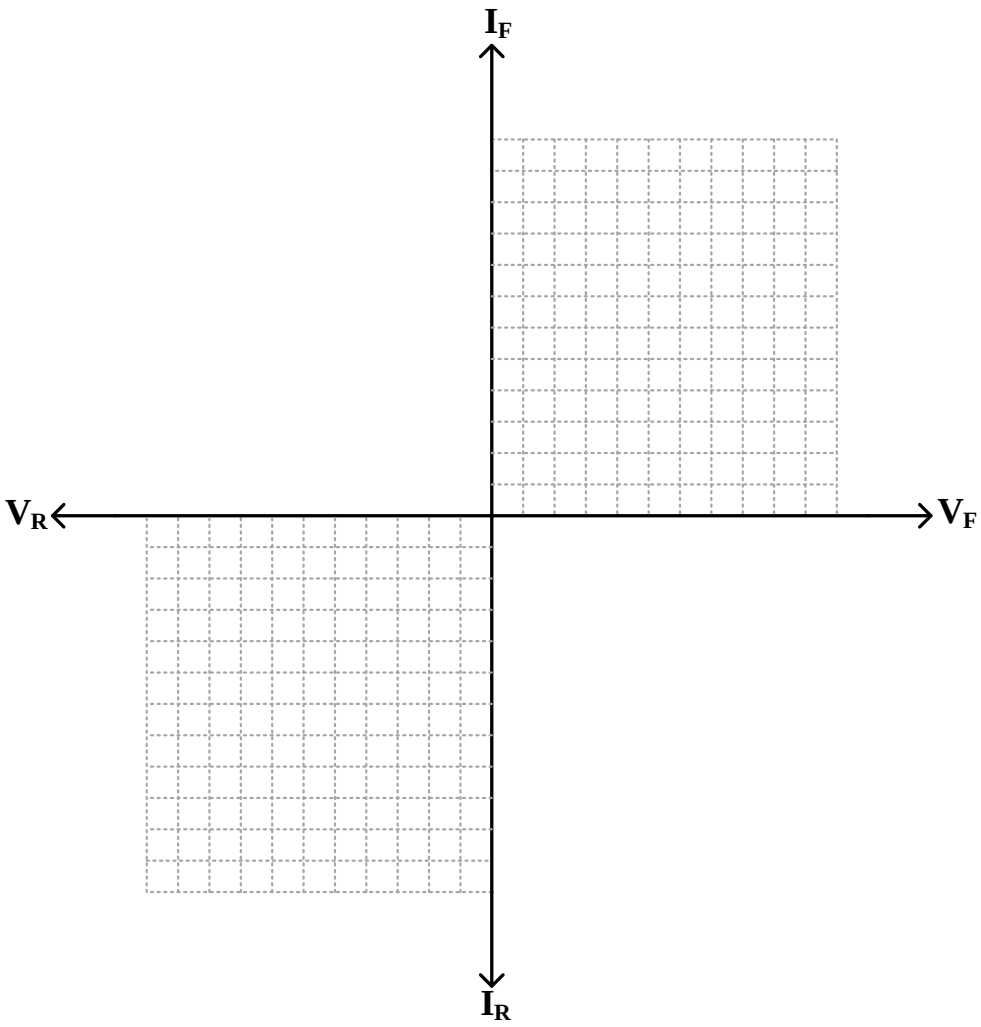
Deneyin Yapılışı

1. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki C bloğunu belirleyiniz.
2. S1 anahtarını kapatarak devreye enerji uygulayınız.
3. Diyotun doğru polarma karakteristiğini incelemek için S2 anahtarını 1 numaralı konuma getiriniz.
4. P1 potansiyometresini minimum konumdan maksimum konuma doğru kademeli olarak ayarlayınız. Her adımda diyot gerilimini V_D ve diyot akımını I_D ölçerek elde edilen değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.
5. Ölçülen V_D ve I_D değerlerini grafik üzerinde işaretleyiniz ve diyotun doğru polarma akım-gerilim (I–V) karakteristiğini çiziniz.
6. Diyotun ters polarma karakteristiğini incelemek için S2 anahtarını 2 numaralı konuma getiriniz.
7. P1 potansiyometresini minimum konumdan maksimum konuma doğru kademeli olarak ayarlayınız. Her adımda diyot gerilimini V_D ve diyot akımını I_D ölçerek elde edilen değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.
8. Ölçülen V_D ve I_D değerlerini grafik üzerinde işaretleyiniz ve diyotun ters polarma akım-gerilim (I–V) karakteristiğini çiziniz.

Gözlem Tablosu

Doğru Polarlama										
V_F										
I_F										

Ters Polarlama										
V_F										
I_F										


I_F
V_R
V_F
I_R

Deney-2: Kırpıcı ve Sınırlayıcı Devreler

Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, diyotların iletim ve kesim özelliklerinden yararlanılarak oluşturulan kırpıcı ve sınırlayıcı devrelerin çalışma prensiplerini incelemek, giriş ve çıkış gerilimlerinin dalga şekillerini karşılaştırmak ve diyotun bağlantı yönü ile kullanılan DC referans geriliminin çıkış işareti üzerindeki etkisini belirlemektir.

Deney sonunda öğrencinin;

- pozitif ve negatif kırpıcı devreleri ayırt edebilmesi,
- polarlamalı ve polarlamasız kırpıcı devrelerin çalışma prensiplerini açıklayabilmesi,
- pozitif ve negatif sınırlayıcı devreleri yorumlayabilmesi,
- diyodun iletim ve kesim durumlarına göre çıkış dalga şeklini belirleyebilmesi,
- DC referans geriliminin kırpma ve sınırlama seviyesine etkisini açıklayabilmesi

amaçlanmaktadır.

Kırpıcı Devreler

Kırpıcı devreler, girişine uygulanan işaretin belirli bir bölümünü çıkışa aktarırken diğer bölümünü kırpan veya sınırlandıran devrelerdir. Giriş işaretinin pozitif alternansı, negatif alternansı veya her iki alternansın belirli bölümleri kırpılabilir.

Kırpıcı devrelerin çalışma prensibi, diyodun ileri polarmada iletime ve ters polarmada kesime geçmesine dayanır. İdeal diyot iletimde kısa devre, kesimde ise açık devre kabul edilir. Gerçek bir silisyum diyotta ise iletim sırasında yaklaşık

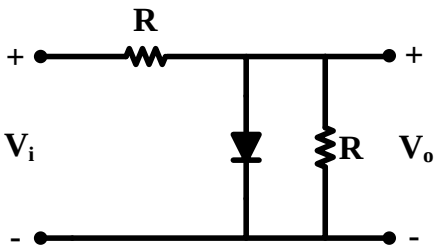
$$V_F \approx 0.7V$$

ileri yön gerilim düşümü meydana gelir.

Kırpıcı devreler temel olarak pozitif kırpıcı ve negatif kırpıcı olarak incelenebilir.

Pozitif Kırpıcı

Pozitif kırpıcı devrede giriş işaretinin pozitif alternansının belirli bir bölümü kırpılır. Diyotun bağlantı yönüne bağlı olarak pozitif alternansta iletime geçmesi, çıkış geriliminin belirli bir seviyenin üzerine çıkmasını engeller.



Şekil 2.1. Pozitif kırpıcı devresi

İdeal diyot kabulünde kırpma seviyesi yaklaşık

$$V_o = 0$$

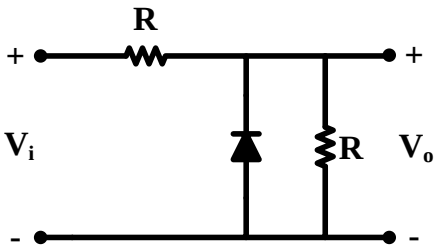
olabilir. Gerçek silisyum diyot kullanıldığında ise kırpma seviyesi diyotun ileri yön gerilim düşümüne bağlı olarak yaklaşık

$$V_o \approx 0.7V$$

seviyesinde oluşabilir.

Negatif Kırpıcı

Negatif kırpıcı devrede giriş işaretinin negatif alternansının belirli bir bölümü kırpılır. Diyodun yönü pozitif kırpıcıya göre ters çevrildiğinde iletim ve kesim durumları da değişir.



Şekil 2.2. Negatif kırpıcı devresi

İdeal durumda negatif kırpma seviyesi yaklaşık

$$V_o = 0$$

iken gerçek silisyum diyotta yaklaşık

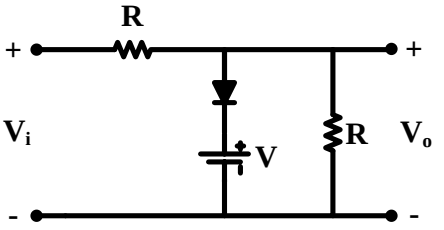
$$V_o \approx -0.7V$$

seviyesinde gerçekleşebilir.

Polarlamalı Kırpıcı Devreler

Polarlamalı kırpıcı devrelerde, kırpma seviyesini değiştirmek amacıyla diyotla birlikte bir DC referans gerilimi kullanılır. Böylece giriş işareti yalnızca sıfır veya diyotun ileri yön gerilim seviyesinde değil, istenilen başka bir gerilim seviyesinde de kırpılabilir.

Pozitif polarlamalı kırpıcıda giriş işaretinin pozitif kısmı, DC referans gerilimi ile diyodun ileri yön gerilim düşümünün toplamına bağlı bir seviyede kırpılır.



Şekil 2.3. Pozitif polarlamalı kırpıcı devresi

Yaklaşık kırpma seviyesi

$$V_o \approx V + V_F$$

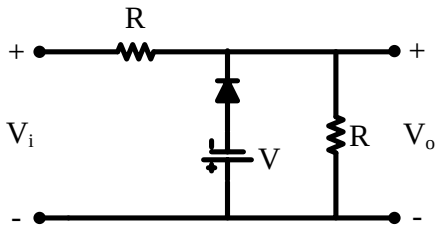
şeklindedir.

Silisyum diyot için

$$V_o \approx V + 0.7$$

olur.

Negatif polarlamalı kırpıcıda ise giriş işaretinin negatif kısmı belirli bir negatif gerilim seviyesinde kırpılır.



Şekil 2.4. Negatif polarlamalı kırpıcı devresi

Yaklaşık kırpma seviyesi

$$V_o \approx -(V + V_F)$$

şeklindedir.

Silisyum diyot için

$$V_o \approx -(V + 0.7)$$

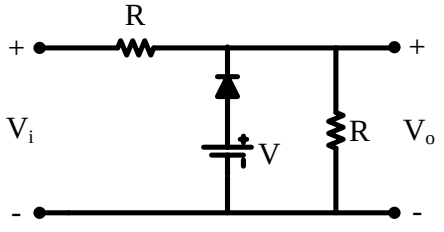
olur.

DC referans geriliminin değeri artırıldığında kırpma seviyesi de buna bağlı olarak değişir. Bu nedenle polarlamalı kırpıcılar, giriş işaretinin istenilen bir gerilim seviyesinden itibaren sınırlandırılmasını sağlar.

Sınırlayıcı Devreler

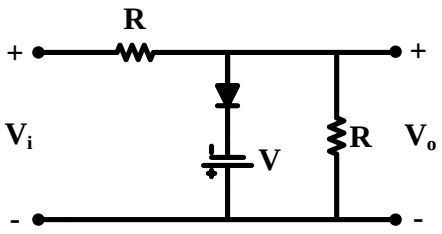
Sınırlayıcı devreler, giriş geriliminin belirli bir üst veya alt sınırın dışına çıkmasını engelleyen diyotlu devrelerdir. Çalışma prensibi kırpıcı devrelere benzemekle birlikte burada çıkış geriliminin belirli bir sınır değeri aşmaması ön plandadır.

Pozitif sınırlayıcı devrede çıkış geriliminin pozitif yönde belirlenen değerin üzerine çıkması engellenir.



Şekil 2.5. Pozitif sınırlayıcı devresi

Negatif sınırlayıcı devrede ise çıkış geriliminin negatif yönde belirlenen değerin altına düşmesi engellenir.



Şekil 2.6. Negatif sınırlayıcı devresi

Sınırlayıcı devrelerde DC referans kaynağı kullanılması durumunda sınır seviyesi, uygulanan referans gerilimi ve diyodun ileri yön gerilim düşümüne bağlı olarak belirlenir.

Yaklaşık olarak

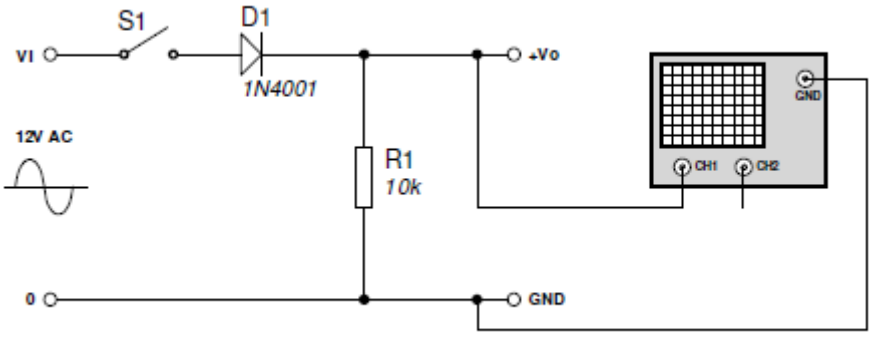
$$V_o \approx V \mp V_F$$

şeklinde ifade edilebilir.

İki diyotun birlikte kullanılmasıyla giriş işareti hem pozitif hem de negatif yönde sınırlandırılabilir. Bu durumda çıkış geriliminin bir üst ve bir alt sınırı bulunur. Bu tür devreler çift sınırlayıcı devreler olarak adlandırılır.

Kırpıcı ve sınırlayıcı devrelerin analizinde giriş işaretinin pozitif ve negatif alternansları ayrı ayrı değerlendirilir. Her alternans için önce diyodun ileri veya ters polarmada olduğu belirlenir. Daha sonra diyot iletimdeyse kısa devre, kesimdeyse açık devre kabul edilerek çıkış gerilimi elde edilir.

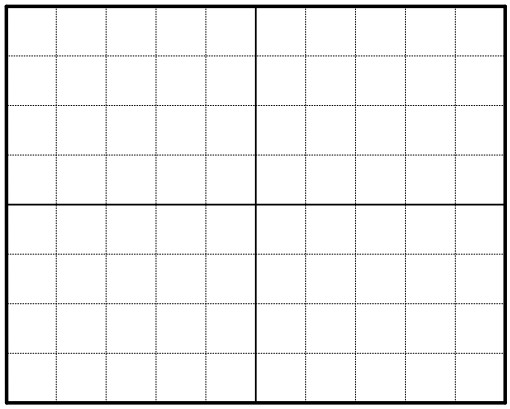
Deney Şeması

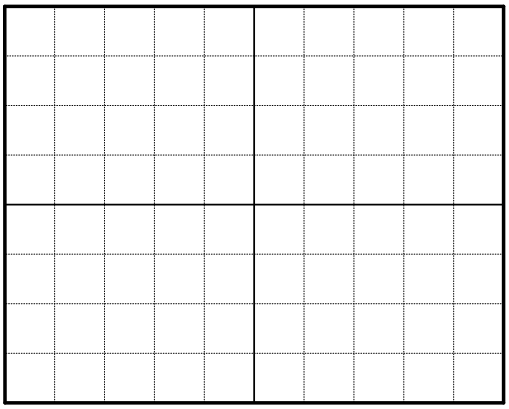


Deneyin Yapılışı

1. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki E bloğunu belirleyiniz.
2. S1 anahtarını kapatarak kırpıcı devresine enerji uygulayınız.
3. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.

Gözlem Tablosu





Deney-3: Kenetleyici Ve Gerilim Çoklayıcı Devreler

Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, diyot ve kondansatör kullanılarak oluşturulan kenetleyici devrenin çalışma prensibini incelemek, giriş işaretinin DC seviyesinin nasıl değiştirildiğini gözlemlemek ve diyot-kondansatör yapılarıyla oluşturulan gerilim çoklayıcı devrelerin çalışma mantığını öğrenmektir.

Deney sonunda öğrencinin;

- kenetleyici devrenin çalışma prensibini açıklayabilmesi,
- diyot yönüne bağlı olarak çıkış işaretinin pozitif veya negatif yönde kaymasını yorumlayabilmesi,
- giriş ve çıkış dalga şekillerini karşılaştırabilmesi,
- kondansatörün şarj ve deşarj davranışını açıklayabilmesi,
- gerilim ikileyici devrede diyot ve kondansatörlerin görevlerini belirleyebilmesi,
- çıkış gerilimini giriş gerilimine bağlı olarak hesaplayabilmesi

amaçlanmaktadır.

Kenetleyici Devreler

Kenetleyici devreler, giriş işaretinin dalga şeklini büyük ölçüde değiştirmeden işaretin tamamını belirli bir DC seviyesine kaydıran devrelerdir. İdeal durumda giriş ve çıkış işaretlerinin tepeden tepeye değerleri aynı kalır; yalnızca işaretin referans seviyesi değişir.

Temel bir kenetleyici devre; bir diyot, bir kondansatör ve bir dirençten oluşur. Diyotun iletimde olduğu alternansta kondansatör şarj olur. Diyot kesime geçtiğinde ise kondansatör üzerinde depolanan gerilim giriş işaretiyle birlikte çıkış gerilimini belirler.

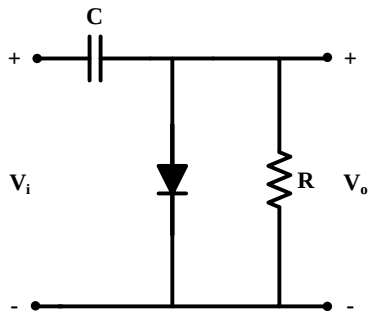
Diyotun bağlantı yönü, kondansatörün hangi polaritede şarj olacağını ve dolayısıyla çıkış işaretinin hangi yönde kayacağını belirler.

Diyotun iletime geçtiği alternansta kondansatör, giriş işaretinin tepe değerine yakın bir değere kadar şarj olur. İdeal durumda kondansatör gerilimi

$$V_C \approx V_m$$

olarak kabul edilir.

Diyot kesime geçtiğinde kondansatör üzerindeki gerilim büyük ölçüde korunur ve giriş gerilimiyle birlikte çıkış gerilimini belirler.



Şekil 3.1. Negatif yönde kenetleyici devre

Negatif yönde kenetleme yapan devrede çıkış gerilimi

$$V_o = V_i - V_C$$

şeklinde ifade edilebilir.

Giriş işareti

$$-V_m \leq V_i \leq +V_m$$

arasında değişiyorsa, giriş geriliminin pozitif tepe değerinde

$$V_i = +V_m$$

olduğunda

$$V_o = V_m - V_m = 0$$

elde edilir.

Giriş geriliminin negatif tepe değerinde ise

$$V_i = -V_m$$

olduğundan

$$V_o = -V_m - V_m = -2V_m$$

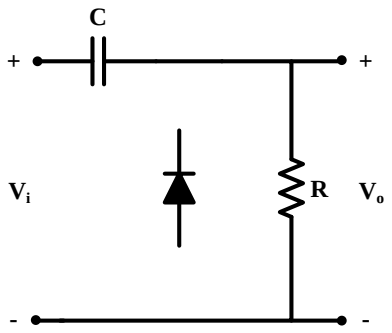
olur.

Böylece çıkış işareti yaklaşık olarak

$$-2V_m \leq V_o \leq 0$$

aralığında değişir. Yani giriş işareti negatif gerilim yönüne kaydırılmış olur.

Diyotun bağlantı yönü ters çevrildiğinde kondansatör diğer alternansta şarj olur ve çıkış işaretinin DC seviyesi bu kez pozitif yönde kayar.



Şekil 3.2. Pozitif yönde kenetleyici devre

Pozitif yönde kenetleme yapan devrede çıkış gerilimi

$$V_o = V_i + V_C$$

şeklinde ifade edilebilir.

Giriş işareti

$$-V_m \leq V_i \leq +V_m$$

arasında değişiyorsa, giriş geriliminin negatif tepe değerinde

$$V_i = -V_m$$

olduğunda

$$V_o = -V_m + V_m = 0$$

elde edilir.

Giriş geriliminin pozitif tepe değerinde ise

$$V_i = +V_m$$

olduğundan

$$V_o = V_m + V_m = 2V_m$$

olur.

Böylece çıkış işareti yaklaşık olarak

$$0 \leq V_o \leq 2V_m$$

aralığında değişir. Yani giriş işareti pozitif gerilim yönüne kaydırılmış olur.

Her iki kenetleme durumunda da giriş işaretinin tepeden tepeye değeri değişmez. Değişen yalnızca işaretin DC seviyesidir.

Gerçek bir silisyum diyotta ileri yön gerilim düşümü bulunduğundan kondansatör tam olarak V_m değerine şarj olmayabilir. Yaklaşık olarak

$$V_C \approx V_m - V_F$$

olur. Bu nedenle gerçek devrede kenetleme seviyeleri ideal değerlere göre bir miktar farklılık gösterebilir.

Kenetleyici devrenin düzgün çalışabilmesi için kondansatörün diyot kesimdeyken hızlı biçimde boşalmaması gerekir. Bu nedenle devredeki zaman sabiti

$$\tau = RC$$

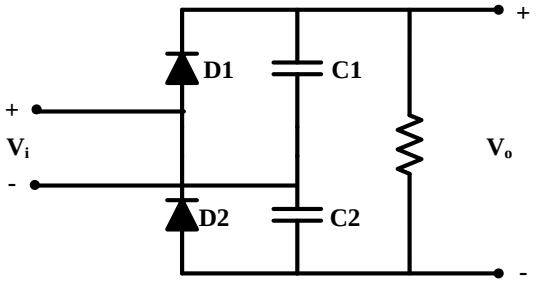
yeterince büyük seçilmelidir. Zaman sabiti küçük olduğunda kondansatör hızlı boşalır ve çıkış işaretinin kenetleme seviyesi bozulabilir.

Gerilim Çoklayıcı Devreler

Gerilim çoklayıcı devreler, girişteki AC gerilimin tepe değerinden daha yüksek bir DC çıkış gerilimi elde etmek amacıyla kullanılan diyot-kondansatör devreleridir.

Bu devrelerde kondansatörler giriş geriliminin farklı alternanslarında şarj edilir. Kondansatörlerin üzerindeki gerilimler uygun yönde birleştirilerek giriş geriliminin tepe değerinin katları büyüklüğünde çıkış gerilimi elde edilebilir.

Gerilim çoklayıcı devrelerin en temel örneklerinden biri gerilim ikileyici devredir.



Şekil 3.3. Gerilim ikileyici devresi

Giriş geriliminin bir alternansında D1 diyodu iletime geçerek C1 kondansatörünü yaklaşık giriş geriliminin tepe değerine

$$V_{C1} \approx V_m$$

şarj olur.

Diğer alternansta D2 diyodu iletime geçer ve C2 kondansatörü de yaklaşık

$$V_{C2} \approx V_m$$

değerine şarj olur.

C1 ve C2 kondansatörlerinin gerilimleri çıkış açısından birbirini destekleyecek yönde olduğundan

$$V_o = V_{C1} + V_{C2}$$

olur.

İdeal durumda

$$V_o = V_m + V_m$$

ve sonuç olarak

$$V_o \approx 2V_m$$

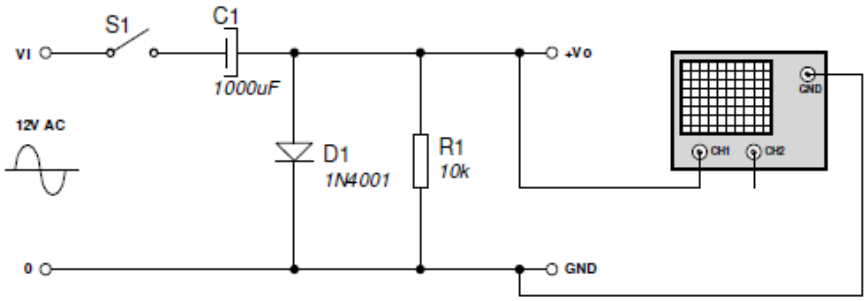
elde edilir.

Gerçek devrede diyotların ileri yön gerilim düşümleri ve kondansatörlerin yük üzerinden boşalması nedeniyle çıkış gerilimi ideal $2V_m$ değerinden daha küçük olur. Bu nedenle gerçek bir gerilim ikileyici devrede genel olarak

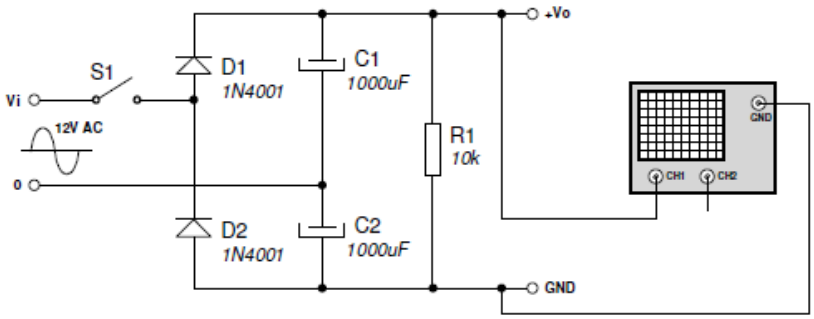
$$V_o < 2V_m$$

olması beklenir.

Deney Şeması



a-Kenetleyici



b-Gerilim ikileyici

Deneyin Yapılışı

Kenetleyici Devresi (a)

1. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki F bloğunu belirleyiniz.

2. S1 anahtarını kapatarak kenetleyici devresine enerji uygulayınız.
3. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.

Gerilim İkileyici Devresi (b)

4. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki G bloğunu belirleyiniz.
5. S1 anahtarını kapatarak gerilim ikileyici devresine enerji uygulayınız.
6. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.

Gözlem Tablosu

Deney-4: Doğrultucu Devreleri

Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı; diyotların tek yönlü iletim özelliğinden yararlanılarak oluşturulan yarım dalga, iki diyotlu tam dalga ve köprü tipi tam dalga doğrultucu devrelerinin çalışma prensiplerini deneysel olarak incelemek, giriş ve çıkış gerilimlerinin dalga şekillerini gözlemlemek ve doğrultucu çıkışına bağlanan filtre kondansatörünün çıkış gerilimi üzerindeki etkisini belirlemektir.

Deney sonunda öğrencinin;

- yarım dalga ve tam dalga doğrultma işlemlerini açıklayabilmesi,
- yarım dalga, iki diyotlu tam dalga ve köprü tipi tam dalga doğrultucu devrelerini ayırt edebilmesi,
- diyotların pozitif ve negatif alternanslardaki iletim durumlarını belirleyebilmesi,
- doğrultucu devrelerin giriş ve çıkış dalga şekillerini yorumlayabilmesi,
- doğrultulmuş gerilimin ortalama DC değerini hesaplayabilmesi,
- filtre kondansatörünün çıkış gerilimi üzerindeki etkisini açıklayabilmesi,
- filtreli ve filtresiz doğrultucu çıkışlarını karşılaştırabilmesi

amaçlanmaktadır.

Doğrultucu Devreleri

Elektronik devrelerin büyük bölümü çalışmak için doğru gerilime ihtiyaç duyar. Alternatif gerilimin (AC), yük üzerinde tek yönlü bir gerilim ve akım oluşturacak şekilde dönüştürülmesini sağlayan devrelere doğrultucu devreler denir. Doğrultma işlemi, diyotların ileri yönde iletime geçip ters yönde akımı büyük ölçüde engelleme özelliğinden yararlanılarak gerçekleştirilir.

Doğrultucu çıkışında elde edilen gerilim, ideal ve sabit bir DC gerilim değildir. Çıkış geriliminin polaritesi aynı yönde kalmasına rağmen genliği zamana bağlı olarak değişir. Bu tür gerilim darbeli DC olarak adlandırılır. Çıkış gerilimindeki değişimin azaltılması amacıyla doğrultucu devresinin çıkışında filtre devreleri kullanılabilir.

Sinüzoidal bir alternatif gerilim

$$v(t) = V_m \sin(\omega t)$$

şeklinde ifade edilir. Burada V_m, gerilimin tepe değeridir. Sinüzoidal bir gerilim için tepe değer ile etkin değer arasındaki ilişki

$$V_m = \sqrt{2} V_{rms}$$

şeklindedir.

Örneğin 12V rms değerindeki sinüzoidal bir gerilimin ideal tepe değeri

$$V_m = 12\sqrt{2} \approx 16.97V$$

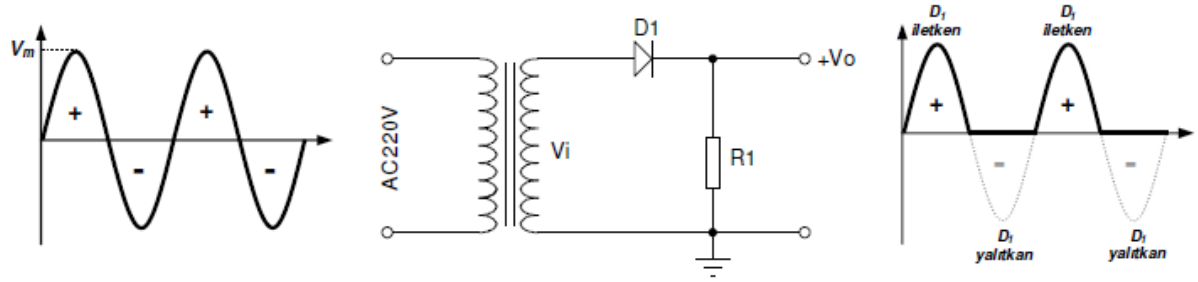
olur.

Gerçek doğrultucu devrelerinde, iletimde bulunan diyotların ileri yön gerilim düşümleri nedeniyle çıkış geriliminin tepe değeri ideal değerden daha düşük olur.

Doğrultucu devreleri temel olarak yarım dalga doğrultucu ve tam dalga doğrultucu olmak üzere iki grupta incelenir. Tam dalga doğrultma işlemi ise iki diyotlu orta uçlu yapı veya dört diyottan oluşan köprü tipi yapı ile gerçekleştirilebilir.

Yarım Dalga Doğrultucu

Yarım dalga doğrultucu, bir diyot ve bir yük direnci kullanılarak gerçekleştirilebilen en basit doğrultucu devrelerden biridir. Giriş geriliminin pozitif alternansında diyot ileri polarmalanır ve iletime geçer. Bu durumda yük üzerinden akım akar ve giriş geriliminin pozitif alternansı çıkışta görülür. Negatif alternansta ise diyot ters polarmalanır ve akım geçişini büyük ölçüde engeller. Böylece çıkışta giriş geriliminin yalnızca bir alternansı elde edilir.



Şekil 4.1. Yarım dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

İdeal diyot kabulünde yarım dalga doğrultucunun ortalama DC çıkış gerilimi

$$V_{DC} = \frac{1}{2}\int_0^{\pi} Vm \sin\theta d\theta$$

ifadesinden

$$V_{DC} = \frac{V_m}{\pi}$$

olarak bulunur. Dolayısıyla

$$V_{DC} \approx 0.318 V_m$$

olur.

Gerçek bir diyotta iletim sırasında V_F kadar ileri yön gerilim düşümü meydana geldiğinden çıkış geriliminin yaklaşık tepe değeri

$$V_{o,peak} \approx V_m - V_F$$

şeklinde ifade edilebilir.

Silisyum diyotlarda ileri yön gerilim düşümü çoğu uygulamada yaklaşık 0.6-0.7V civarında olmakla birlikte bu değer sabit değildir ve diyot akımına, sıcaklığa ve kullanılan diyodun özelliklerine bağlı olarak değişebilir.

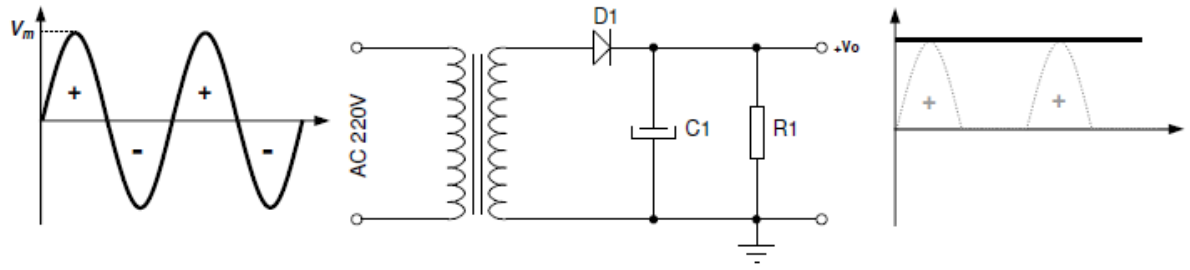
Yarım dalga doğrultucuda çıkış darbelerinin frekansı giriş frekansına eşittir;

$$f_r = f$$

Dolayısıyla 50Hz frekansındaki bir giriş geriliminde çıkış dalgalanma frekansı da 50Hz olur.

Filtreli Yarım Dalga Doğrultucu

Yarım dalga doğrultucu çıkışındaki gerilim sıfır ile tepe değeri arasında değişen darbeli bir yapıya sahiptir. Bu gerilimin daha düzgün bir DC gerilime yaklaştırılması amacıyla yük direncine paralel olarak bir filtre kondansatörü bağlanabilir.



Şekil 4.2. Filtre edilmiş yarım dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Pozitif alternansta diyot iletime geçtiğinde kondansatör, giriş geriliminin tepe değerine yakın bir değere kadar hızlı bir şekilde şarj olur. Giriş gerilimi tepe değerinden azalmaya başladığında kaynak gerilimi kondansatör geriliminin altına düşer ve diyot kesime gider.

Diyot kesimdeyken kondansatör yük direnci üzerinden boşalarak yükü beslemeye devam eder. Böylece çıkış gerilimi filtresiz yarım dalga doğrultucuda olduğu gibi sıfıra kadar düşmez.

Kondansatörün boşalma hızı yaklaşık olarak

$$\tau = RC$$

zaman sabitine bağlıdır. Burada R yük direncini, C ise filtre kondansatörünü göstermektedir.

Kondansatör değeri arttıkça kondansatörün boşalması yavaşlar ve çıkış gerilimindeki dalgalanma azalır. Yük akımı arttıkça ise kondansatör daha hızlı boşalır ve çıkıştaki dalgalanma artar.

İdeal veya çok hafif yük koşulunda filtreli yarım dalga doğrultucunun DC çıkışı tepe gerilimine yaklaşır;

$$V_{DC} = V_{o,peak}$$

Ancak gerçek bir yük altında kondansatör iki tepe arasında boşaldığından ortalama çıkış gerilimi tepe değerinden daha küçüktür.

Tam Dalga Doğrultucu

Tam dalga doğrultucu devrelerinde giriş geriliminin hem pozitif hem de negatif alternansından yararlanılır. Negatif alternans sırasında uygun diyotların iletime geçmesiyle yük üzerindeki akım yönünün değişmemesi sağlanır. Böylece giriş geriliminin her iki alternansı da çıkışta aynı polaritede elde edilir.

Tam dalga doğrultucunun çıkışında her giriş periyodunda iki adet gerilim darbesi oluşur. Bu nedenle çıkışın dalgalanma frekansı

$$f_r = 2f$$

şeklindedir.

Giriş frekansı 50Hz olduğunda tam dalga doğrultucunun çıkışındaki dalgalanma frekansı 100Hz olur.

İdeal tam dalga doğrultucunun ortalama DC çıkış gerilimi

$$V_{DC} = \frac{1}{2}\int_0^{\pi} |Vm \sin\theta| d\theta$$

İfadesinden

$$V_{DC} = \frac{2V_m}{\pi}$$

olarak elde edilir. Buna göre

$$V_{DC} \approx 0.637V_m$$

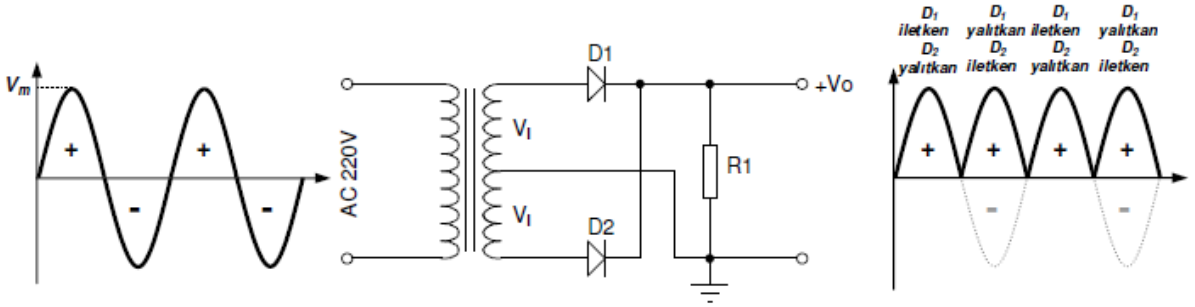
olur.

Tam dalga doğrultucuda giriş geriliminin her iki alternansından yararlanıldığı için ortalama çıkış gerilimi yarım dalga doğrultucuya göre daha yüksektir. Ayrıca dalgalanma frekansının iki katına çıkması, çıkış geriliminin filtrelenmesini kolaylaştırır.

İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultucu

İki diyotlu tam dalga doğrultucu devresinde orta uçlu bir transformatör kullanılır. Transformatör sekonder sargısının orta ucu yük devresine ortak referans oluşturur.

Bir yarım periyotta transformatör sekonderinin bir ucunun orta uca göre pozitif olmasıyla D1 diyodu ileri polarmalanarak iletime geçer, D2 diyodu ise ters polarmalanarak kesimde kalır. Diğer yarım periyotta sekonder gerilimlerinin polaritesi değişir; bu kez D2 iletime geçerken D1 kesimde kalır. Böylece her iki yarım periyotta da yük akımı aynı yönde akar.



Şekil 4.3. İki diyotlu tam dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Her yarım periyotta yük akımı yalnızca bir diyot üzerinden geçtiği için gerçek devrede çıkışın yaklaşık tepe değeri

$$V_{o,peak} \approx V_{m,h} - V_F$$

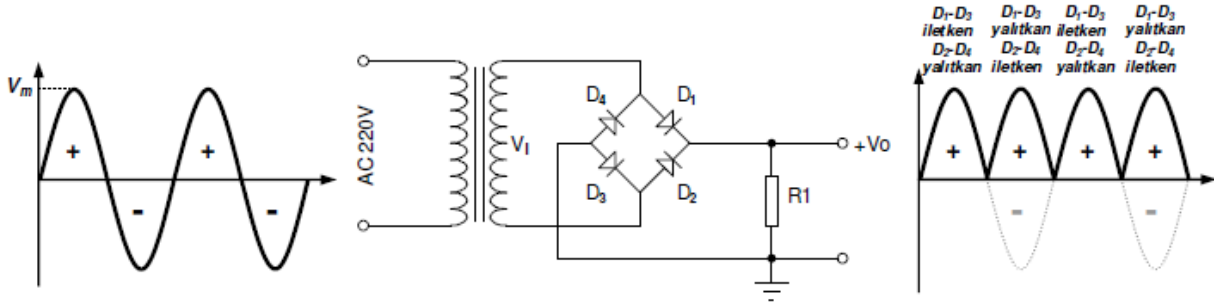
şeklinde ifade edilir.

Burada $V_{m,h}$, orta uç ile sekonder sargının bir ucu arasındaki gerilimin tepe değeridir.

İki diyotlu tam dalga doğrultucuda giriş geriliminin her iki alternansı kullanılmasına rağmen orta uçlu transformatöre ihtiyaç duyulması bu yapının temel özelliklerinden biridir.

Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu

Köprü tipi tam dalga doğrultucu, dört diyottan oluşur ve orta uçlu transformatöre ihtiyaç duymaz. Giriş geriliminin pozitif alternansında köprüde bulunan iki diyot iletime geçerken diğer iki diyot kesimde kalır. Negatif alternansta ise diğer diyot çifti iletime geçer. Her iki durumda da yük üzerinden geçen akımın yönü aynı olduğundan çıkış geriliminin polaritesi değişmez.



Şekil 4.4. Köprü tipi tam dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Köprü doğrultucuda her iletim anında akım yolu üzerinde iki diyot bulunduğundan toplam ileri yön gerilim düşümü yaklaşık $2V_F$ olur. Bu nedenle gerçek çıkış geriliminin yaklaşık tepe değeri

$$V_{o,peak} \approx V_m - 2V_F$$

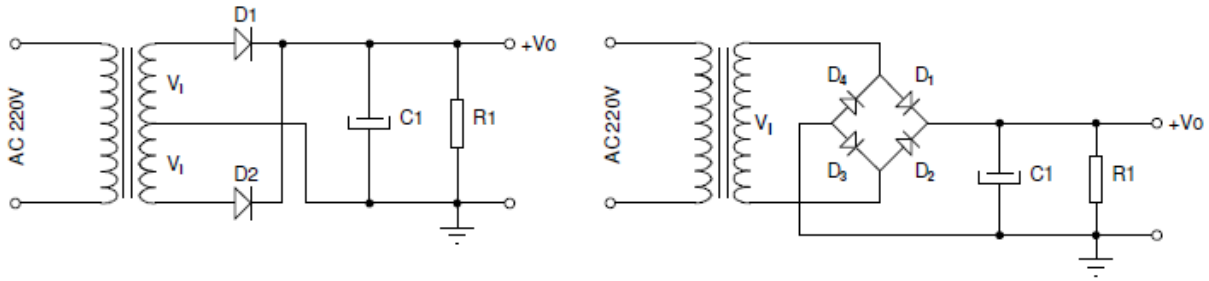
şeklinde ifade edilir.

Köprü doğrultucunun önemli avantajlarından biri, transformatör sekonderinin tamamının her iki alternansta da kullanılması ve orta uçlu transformatör gerektirmemesidir.

Filtreli Tam Dalga Doğrultucu

Tam dalga doğrultucu çıkışına yük direncine paralel bir kondansatör bağlandığında, kondansatör her çıkış tepesinde şarj olur ve iki tepe arasındaki sürede yük üzerinden boşalır.

Böylece çıkış gerilimindeki değişim azalır ve daha düzgün bir DC gerilim elde edilir.



Şekil 4.5. Filtre edilmiş tam dalga doğrultucu devreleri



Şekil 4.6. Filtre edilmiş tam dalga doğrultucuların giriş ve çıkış gerilimleri

Tam dalga doğrultucuda kondansatör, yarım dalga doğrultucuya göre daha sık şarj edilir. Yarım dalgada kondansatör giriş periyodunda bir kez şarj edilirken, tam dalgada bir periyotta iki kez şarj edilir. Bu nedenle aynı yük direnci ve kondansatör değeri için tam dalga doğrultucunun çıkış gerilimi yarım dalga doğrultucuya göre daha az dalgalanma gösterir.

Filtreli doğrultucuda hafif yük koşullarında ortalama çıkış gerilimi çıkışın tepe değerine yaklaşır;

$$V_{DC} = V_{o,peak}$$

Yük akımı arttığında kondansatör iki tepe arasında daha fazla boşalacağı için ortalama DC çıkış gerilimi azalır ve dalgalanma artar.

Filtreli ve Filtresiz Doğrultucu Çıkışlarının Karşılaştırılması

Filtre kondansatörü kullanıldığında çıkış gerilimi tamamen sabit bir DC gerilime dönüşmez. Kondansatörün şarj ve deşarj olması nedeniyle çıkış geriliminde belirli bir değişim bulunur. DC gerilim üzerine binen bu değişime dalgalanma gerilimi (ripple voltage) adı verilir.

Filtresiz doğrultucu devresinde çıkış gerilimi sıfır ile tepe değeri arasında değişen darbeli bir DC gerilimdir. Filtre kondansatörü devreye bağlandığında kondansatör tepe değerine yakın bir seviyeye kadar şarj olur ve iki tepe arasında yük üzerinden boşalır. Böylece çıkış gerilimindeki değişim azalır.

Yarım dalga doğrultucuda iki şarj anı arasındaki süre daha uzun olduğundan kondansatör daha fazla boşalır. Tam dalga doğrultucuda ise kondansatör daha sık şarj edildiğinden çıkış gerilimindeki dalgalanma daha küçüktür.

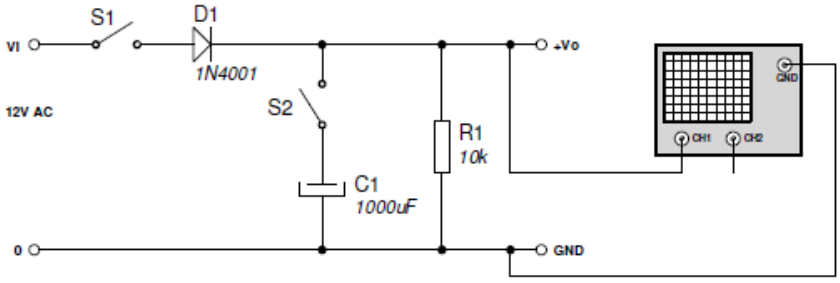
Filtreleme işlemi çıkış gerilimindeki dalgalanmayı azaltır ancak çıkış gerilimini tamamen sabit hale getirmez. Bu nedenle filtreleme ile gerilim regülasyonu birbirinden farklı işlemlerdir. Filtreleme çıkıştaki dalgalanmayı azaltırken gerilim regülasyonu, çıkış geriliminin yük ve giriş değişimlerine rağmen belirli bir seviyede tutulmasını amaçlar.

Yarım dalga doğrultucuda kondansatör her giriş periyodunda bir kez şarj edilirken tam dalga doğrultucuda her periyotta iki kez şarj edilir. Bu nedenle aynı kondansatör ve yük değerlerinde tam dalga doğrultucunun çıkış gerilimi daha az dalgalanma gösterir.

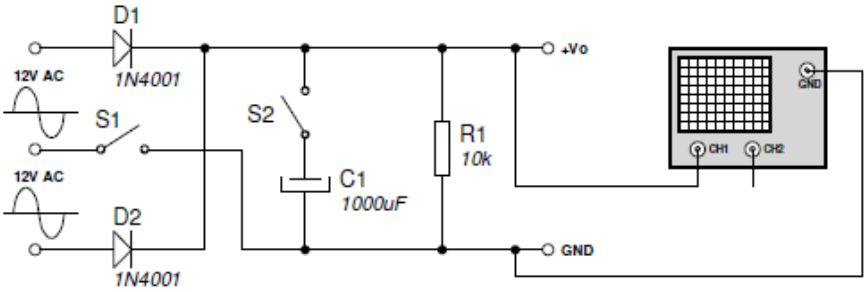
Filtreleme işlemi çıkış gerilimindeki AC dalgalanma bileşenini azaltır ancak çıkış gerilimini tamamen sabit hale getirmez. Giriş gerilimindeki veya yük akımındaki değişimler filtrelenmiş çıkış gerilimini etkileyebilir. Bu nedenle filtreleme ile gerilim regülasyonu aynı işlem değildir. Filtreleme çıkış dalgalanmasını azaltırken gerilim regülasyonu çıkış geriliminin belirli bir değerde tutulmasını amaçlar.

Özellik	**Yarım Dalga**	**İki Diyotlu Tam Dalga**	**Köprü Tipi Tam Dalga**
Kullanılan diyot sayısı	1	2	4
Bir anda iletimde bulunan diyot sayısı	1	1	2
Kullanılan giriş alternansı	Bir alternans	Her iki alternans	Her iki alternans
Çıkış dalgalanma frekansı	f	2f	2f
İdeal ortalama çıkış gerilimi	$\frac{V_m}{\pi}$	$\frac{2V_m}{\pi}$	$\frac{2V_m}{\pi}$
Orta uçlu transformatör gereksinimi	Yok	Var	Yok
İletim yolundaki diyot sayısı	1	1	2
Yaklaşık iletim gerilim kaybı	V_F	V_F	$2V_F$
Filtreleme sonrası dalgalanma	Daha fazla	Daha az	Daha az

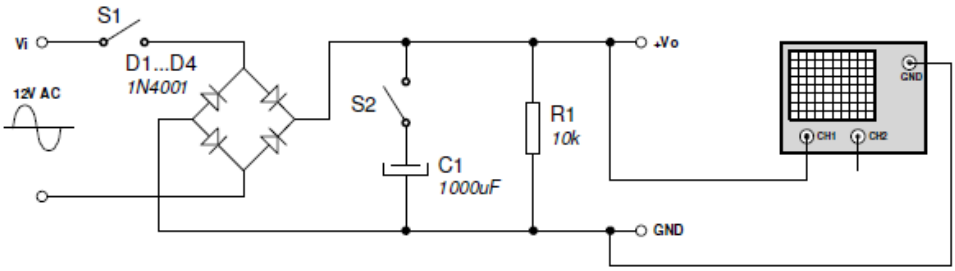
Deney Şeması



a-Yarım dalga doğrultucu



b-İki diyotlu tam dalga doğrultucu



c-Köprü tipi tam dalga doğrultucu

Deneyin Yapılışı

Yarım Dalga Doğrultucu Devresi (a)

1. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki L bloğunu belirleyiniz.
2. S1 anahtarını kapatarak yarım dalga doğrultucu devresine enerji uygulayınız.
3. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
4. Devre çıkışındaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.
5. S2 anahtarını kapatarak filtre kondansatörünü devreye alınız.
6. Kondansatör devrede iken çıkış gerilimini osiloskop ile tekrar gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
7. Kondansatör devrede iken çıkıştaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.

İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi (b)

8. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki N bloğunu belirleyiniz.
9. S1 anahtarını kapatarak iki diyotlu tam dalga doğrultucu devresine enerji uygulayınız.
10. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
11. Devre çıkışındaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.
12. S2 anahtarını kapatarak filtre kondansatörünü devreye alınız.
13. Kondansatör devrede iken çıkış gerilimini osiloskop ile tekrar gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
14. Kondansatör devrede iken çıkıştaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.

Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu Devresi (c)

15. EL-1001 modülünü ana ünite üzerine yerleştiriniz ve modül üzerindeki D bloğunu belirleyiniz.
16. S1 anahtarını kapatarak köprü tipi tam dalga doğrultucu devresine enerji uygulayınız.
17. Devre çıkışındaki gerilim sinyalini osiloskop ile gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
18. Devre çıkışındaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.
19. S2 anahtarını kapatarak filtre kondansatörünü devreye alınız.
20. Kondansatör devrede iken çıkış gerilimini osiloskop ile tekrar gözlemleyiniz ve elde edilen dalga şeklini ilgili alana çiziniz.
21. Kondansatör devrede iken çıkıştaki DC gerilim değerini DC voltmetre ile ölçünüz ve ölçüm sonucunu gözlem tablosuna kaydediniz.

Gözlem Tablosu

	DC Çıkış Gerilim Seviyeleri					
	Yarım Dalga		İki Diyotlu Tam Dalga		Köprü Tipi Tam Dalga	
	Filtresiz	Filtreli	Filtresiz	Filtreli	Filtresiz	Filtreli
Hesaplanan						
Ölçülen						

