



## KIRPMA VE KENETLEME DEVRELERİ

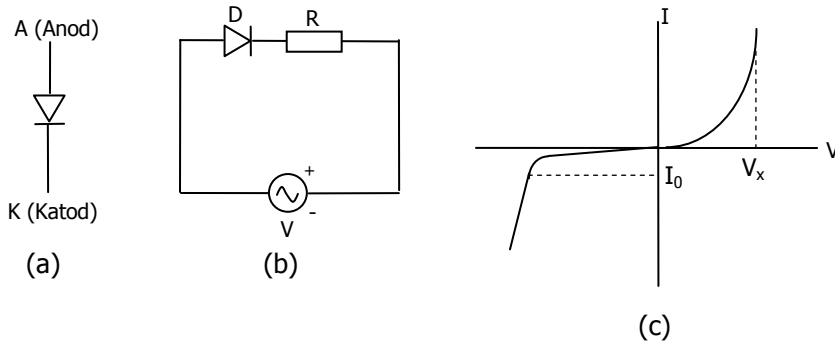
### 1. Giriş

Elektronik devrelerde belirli bir işaretten farklı bir işaret elde edebilmek için bu işaretin genliğinde bir takım değişiklikler yapılmaktadır. Bu değişikliklerden en temel olanı işaretin kırılması ve belirli bir genliğe kenetlenmesidir. Deneyde bu devrelerin gerçekleştirilmesi yapılacak ve sonuçlar teorik bilgilerle kıyaslanacaktır. Burada amaç, deneye katılanların bir kenetleme devresinin neden-nasıl çalışacağını anlayabilmesinin yanında istenilen bir işareti elde etmek için nasıl bir kırma-kenetleme devresi kurması gerektiğini de öğrenmesidir.

### 2. Kırma Devreleri

Herhangi bir işaretin belirli bir gerilim seviyesinin üstünde veya altında kalan kısmını geçirmeyen devrelere kırma devreleri denir. Böyle olabileceği gibi herhangi iki referans seviyesi arasında kalan işaret parçasının geçirilmesi de arzu edilebilir. Bu tür devrelere kırma devreleri isminden başka “kırıcı devre”, “sınırlayıcı”, “dilimleyici” ve “genlik seçici” gibi isimler de verilir.

Bu şekilde tanımlanan kırma devreleri diyot ve dirençlerle gerçekleştirilebileceği gibi, transistör gibi aktif elemanlar kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Fakat, anlaşılabilirliği, tasarımları ve analizleri bakımından en kolay devreler diyot ve direnç kullanılarak yapılanlardır. Önce diyot, diyot karakteristikleri ve lineerleştirilmiş diyot karakteristikleri üzerinde duralım.



**Şekil 1.** (a) Diyotların temsili (b) Basit bir diyotlu devre (c) Diyot karakteristiği.

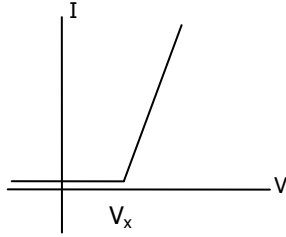
Diyotlar iki elektrotlu elemanlardır. Şekil-1’de bir diyot devresi gösterilmiştir. Devrede diyot, anodu katoduna göre pozitif olacak şekilde, yani “iletim yönünde” kutuplanmaktadır.

Bu durumda diyot akım geçirir. İletim yönündeki diyot karakteristiği Şekil-1.c'de gösterilmiştir. Şekil-1.b'de alternans değiştiğinde diyot tıkama yönünde kutuplanmış olur ve diyottan çok küçük bir akım akar (Bu akım genellikle ihmal edilebilir ve Şekil-1.c'de  $I_0$  ile gösterilmiştir).

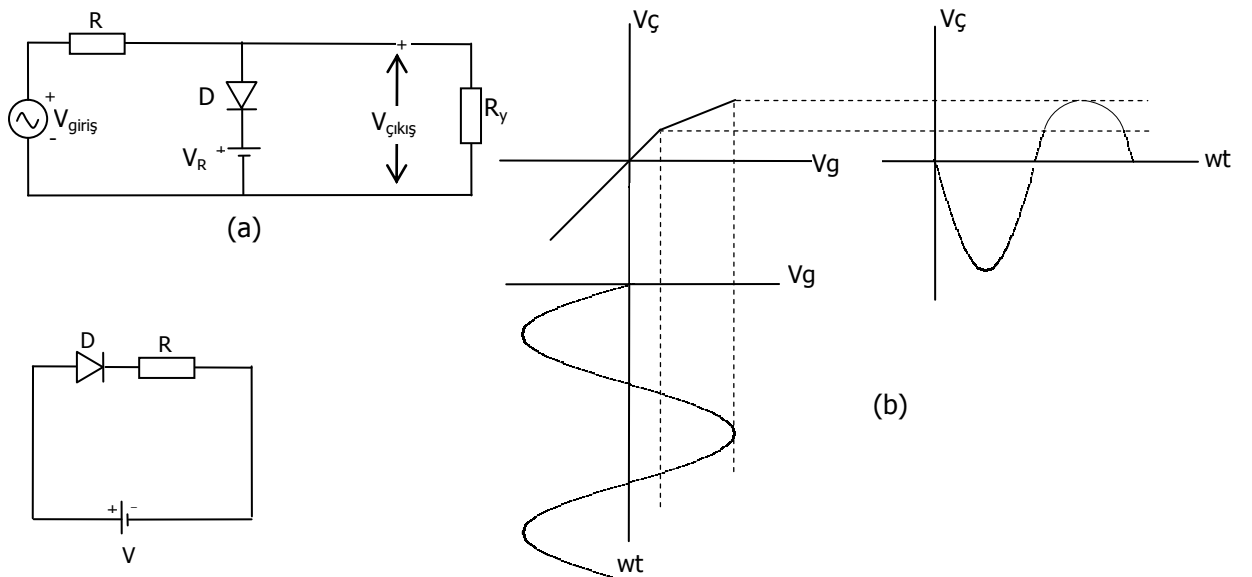
Biz incelemelerimizde tıkama yönündeki akımı ihmal edeceğiz. Demek ki diyot tıkama yönünde kutuplandığında sonsuz direnç gösteriyormuş gibi diyodun akım-gerilim karakteristiği doğrusal değildir. Yarı iletken diyotlar için diyodun uçlarındaki gerilim ile içinden geçen akım arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$I=I_0(\exp(V/\eta V_T)-1)$$

Konumuzun dışında olduğu için bağıntı üzerinde ayrıntılı bir şekilde durulmayacaktır. Burada önemli olan gerilim ile akım arasındaki bağıntının doğrusal olmadığıdır. Fakat gerilimin  $V_x$  değerinden sonra akımın hızla yükseldiğini göz önüne alarak bu gerilimden sonra karakteristiğin lineer olduğunu kabul edebiliriz. Gerilimin bu değerine kadar diyot içinden akan akımlar da çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu kabule göre Şekil-1'deki diyot karakteristiği Şekil-2'deki gibi, yani "parça parça lineer ve sürekli" çizilebilir. Bu karakteriste eğimin süreksiz olduğu bir nokta vardır ( $V_x$  noktası). İşte bu nokta kırılma noktası olarak isimlendirilir. Diyotlar için bu modeli kullanmak kırpıcı devrelerin analizini ve anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Şekil-2'de  $V_x$ 'den sonra doğrunun eğimini  $dv/di=R_f$  olarak tanımlayalım. Dikkat edilirse eğimin iletim yönünde kutuplanmış diyodun iletkenliği olduğu görülür (ideal diyot için bu iletkenlik sonsuz olacaktır). Şekil-3.a'da diyotlu bir kırpıcı devresi gösterilmiştir. Kırpıcı devrelerde giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki bağıntıyı veren eğriye geçiş karakteristiği denir. Şekil-3.b'de Şekil-3.a'daki kırpıcı devre için geçiş karakteristiği verilmiştir. Şimdi bu geçiş karakteristiğinin nasıl çizildiğini görelim.

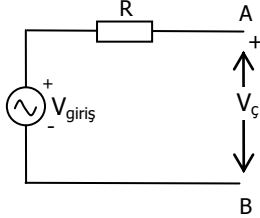


Şekil 2. Doğrusallaştırılmış diyot karakteristiği.



Şekil 3. (a) Paralel kırpma devresi (b) Diyot karakteristiği ile giriş-çıkış ilişkisi.

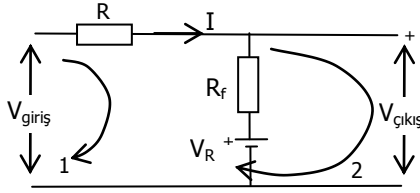
Kırpıcı devrenin girişindeki gerilimin yavaş yavaş artmakta olduğunu düşünelim. Bu gerilim (-) veya (+), fakat  $V_R+V_x$ 'den küçük oldukça diyodun katodu anoduna göre daha pozitif olduğundan diyot tıkalı olacak, yani A ve B noktaları arasında sonsuz direnç varmış gibi düşünülecektir. Öyle ise giriş gerilimi  $V_R+V_x$ 'e erişinceye kadar Şekil-3.a'daki devre yerine Şekil-4'deki eşdeğer devreyi kullanabiliriz. O halde giriş aynen çıkışa iletilecektir. Yani  $V_g=V_c$ 'dir (çıkışta bir yük bulunmadığına ve çıkış uçlarının açık devre olduğuna dikkat ediniz).



Şekil 4. Diyot tıkamadayken eşdeğer devre.

$V_{gir} < V_R + V_x$  oldukça geçiş karakteristiğinde eğim 1'dir.  $V_g = V_R$  olduğunda D diyodunun uçlarındaki gerilim düşümü 0'dır ve diyot akım akıtmaz. Öyleyse A-B uçları gene açık devre gibidir. Giriş gerilimini  $V_x$  kadar daha arttırdığımızda D diyodundan akım akmaya başlar. Bu noktadan sonra A-B uçlarını açık devre gibi düşünemeyiz.

Diyot kısa devre olmuştur ( $R_f$  geçirme yönü direncini ihmal edersek).  $V_{gir} > V_R + V_x$  gerilimleri için  $R_f$  direncinin ihmal edilmediği eşdeğer devre Şekil-5'de verilmiştir (1 nolu çevrede I akımının aktığını kabul ediyoruz).



Şekil 5. Diyot iletimdeyken eşdeğer devre.

1 nolu çevre için:

$$V_g = (R + R_f)I + V_R \quad (1)$$

2 nolu çevre için:

$$V_g = RI + V_c \quad (2)$$

1'den  $I = (V_g - V_R) / (R + R_f)$  elde edilir. Bunu (2)'de yerine koyarsak

$$V_g = R \cdot (V_g - V_R) / (R + R_f) + V_c \text{ elde ederiz. Gerekli düzenlemeler yapılırsa;}$$

$V_c = R_f / (R + R_f) \cdot V_g + R / (R + R_f) \cdot V_R$  bulunur.  $V_R$  bir sabit olduğuna göre bu denklem bir doğru denklemdir ve eğimi  $R_f / (R + R_f)$  dir.

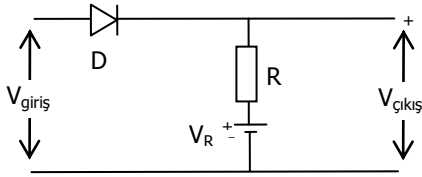
Böylece kırpıcının çıkış ve giriş gerilimi arasında tanımlanan geçiş karakteristiğini elde etmiş olduk. Bundan faydalanarak herhangi bir giriş için çıkışın ne olacağını bulabiliriz. Şekil-3.b'de girişte tepe değeri  $V_t$  olan bir sinüs uygulanmıştır.  $-V_t$ 'den  $+(V_R + V_x)$  e kadar olan sinüs parçası çıkışa olduğu gibi iletir.

Girişteki işaretin genliği  $+(V_R + V_x)$  e eriştiğinde geçiş karakteristiğinin eğimi birden bire azaldığından bundan sonra girişteki gerilim artmalarına karşılık çıkıştaki gerilimin artması küçük olur. Şekil-3.b'den görüldüğü gibi  $+(V_R + V_x)$  den sonra sinüs eğrisi basıklaşır. Eğer diyot ideal bir diyot olsaydı  $V_R$ 'den sonra çıkış  $V_R$  ile sınırlandırılmış olacaktı.

Bu tür devrelerde R direncinin seçimi de önemlidir. Bu direnç için;  $R_f$  diyotun geçirme yönü direnci,  $R_r$  diyotun tıkama yönü direnci olmak üzere  $R=(R_f \cdot R_r)^{1/2}$  seçmek uygun olur. Kırılmanın mükemmel olması için  $R_f/(R+R_f)$  eğimi sıfır olmalıdır. Öyleyse R direncinin büyük olması kırılmayı iyileştirir. Yalnız R'yi keyfi olarak büyütmenin de sakıncaları vardır. Çünkü kırıcı devrenin çıkışında her zaman  $R_y$  gibi bir yük bulunacaktır (Şekil-3a). Bu direnç genellikle bundan sonraki devrenin giriş direncidir. Diyot tıkalıyken  $V_c=R_y \cdot V_g/(R_y+R)$  olur.

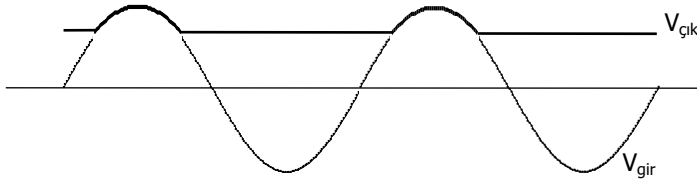
Burada R büyüdüğü oranda çıkışın küçüleceği açıktır. Öyleyse R'yi fazla büyütme sakıncalıdır. Buraya kadar diyotlu kırıcı devrelerden birini ele alarak lineerleştirilmiş geçiş karakteristiği yardımıyla nasıl analiz edileceğini gördük.

Benzer analiz alttaki devreler için de geçerlidir. Şekil-6'daki devre için yukarıdaki geçiş karakteristiği elde edilmeden sinüsoidal girişe cevabın ne olacağı kabaca bulunabilir. Giriş  $V_R$ 'ye ulaşıncaya kadar D diyodu akım akıtmaz. Öyleyse  $V_c=V_R$ 'dir.  $V_g > V_R$  olduğunda diyot iletme geçer ve içinden akım akmaya başlar.



Şekil 6. Seri kırma devresine bir örnek.

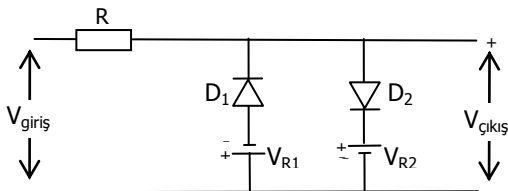
Diyot uçlarındaki gerilim düşümü ihmal edilirse  $I=(V_g-V_R)/R$  dir. O halde çıkış gerilimi;  $V_c=RI+V_R$  dir. Yani  $V_R$  gerilimi ile  $R \cdot I$  gerilimi toplanmıştır.  $V_g$  arttıkça I akımı artacaktır. Bu devre için giriş ve çıkış eğrileri Şekil-7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Seri kırma devresi için (Şekil-6'daki) giriş-çıkış ilişkisi.

Dikkat edilirse şimdiye kadar incelediğimiz diyotlu kırıcı devrelerin birinde diyotun işaret yoluna seri, diğerinde ise paralel geldiği görülür. Pratikte diyotlar idealde düşündüğümüz gibi değildir ve anotları ile katotları arasında küçük bir kapasite vardır. Diyotların seri geldiği devrelerde diyot tıkalı olduğunda sonsuz direnç göstermesi gerekirken buna paralel olarak  $1/\omega c$  reaktansı da belirir.  $\omega$  frekansı büyük olursa bu reaktans küçüleceğinden işaretin bir kısmı bu reaktans üzerinden çıkışa iletilecektir. Diyot şönt eleman olarak geldiğinde giriş işaretindeki keskin köşeleri yuvarlatır (işarete distorsiyona yol açar).

Kırıcı devrelerin tamamında anlatıldığı gibi belli iki referans seviye arasında kırma yapan devreler de vardır. Şekil-8'de bu tür bir kırıcı devre görülmektedir. Deneye gelmeden önce yukarıda anlatılanlardan yararlanarak sinüsoidal bir giriş için çıkışın ne olacağını bulmaya çalışın.



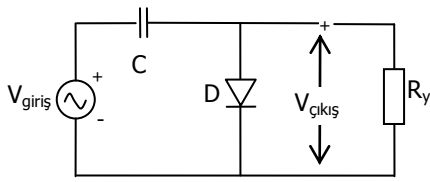
Şekil 8. İki referans seviye arasında kırma yapan bir devre.

Bu düzenlemede diyotlar şönt eleman olarak gelmişlerdir. Diyotların seri veya paralel geldiği çift kırpma seviyeli kırpıcılar da yapılabilir.

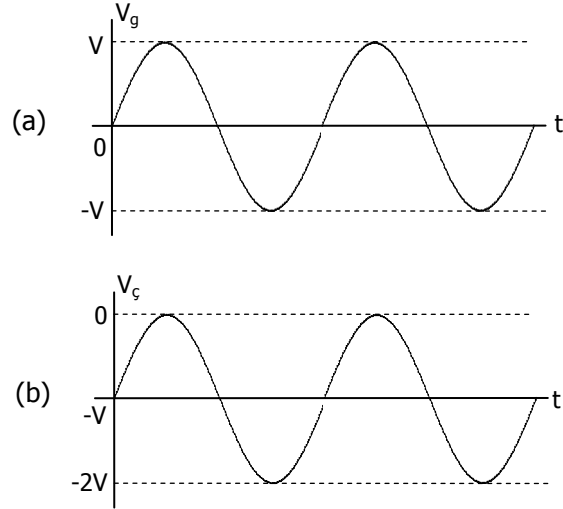
### 3. Kenetleme Devreleri

Zamana göre değişen ve DA bileşeni 0 olan bir işaretin belirli bir seviyesini istenen bir değere öteleyen ve bu değerde tutan devrelere kenetleme devreleri denir.

Basit bir kenetleyici devre Şekil-9'da verilmiştir. Şekil-10.a'daki sinüsoidal işaretin bu devreye uygulandığını düşünelim.

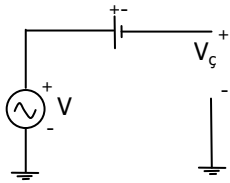


Şekil 9. Negatif kenetleme devresi

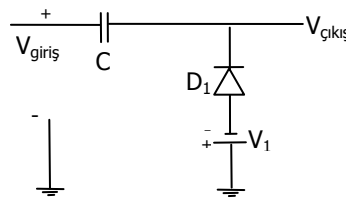


Şekil 10. Kenetleme devresinin giriş-çıkış ilişkisi

$V_g$  gerilimi 0'dan  $V$ 'ye doğru artarken  $D$  diyodu iletme geçer. Kapasite, yükünü koruduğundan DA gerilim kaynağı gibi davranacaktır. Eşdeğer devre Şekil-11'de verilmiştir. Bu devreden  $V_ç = V_g - V$  yazabiliriz.



Şekil 11. Diyot iletimdeyken kenetleme devresinin eşdeğeri



Şekil 12.  $V_1$ 'de pozitif kenetlenen devre

Bu denklemden görülür ki işaret  $V$  volt kadar negatif yönde kaydırılmıştır. Çıkış işareti Şekil-10.b'deki gibi olacaktır. Böyle bir devrede çıkış işareti 0 voltta negatif olarak kenetlenmiştir. Şekil-9'daki devrede diyodun yönü ters çevrilirse, pozitif kenetleme elde edilir. Diyoda seri bir DA gerilim kaynağı bağlayarak 0'dan farklı bir seviyede kenetleme elde edilebilir. Şekil-12'de  $V_1$ 'de pozitif kenetlenen bir devre verilmiştir.

#### 4. Deney Hazırlığı

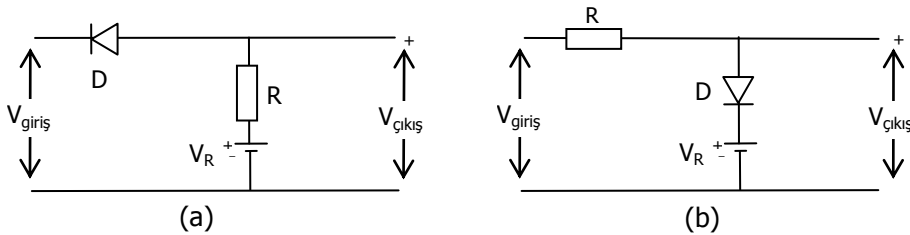
1. Kırpma ve kenetleme devreleri hakkındaki teorik bilgilerinizi anımsayınız.
2. Kapasitenin çalışması hakkındaki teorik bilgilerinizi tekrarlayınız.
3. Deney sorularının çözümlerini araştırınız.

#### 5. Deney Tasarımı ve Uygulaması

1.  $R=10K$ ,  $V_R=3V$  olarak Şekil-3.a'daki devreyi kurun. D diyodu olarak BAY39 diyodunu kullanın. Girişe bir doğru gerilim kaynağı bağlayarak  $-3V$ ,  $-2V$ ,  $0V$ ,  $1V$ ,  $2V$ ,  $3V$ ,  $4V$ ,  $5V$  için çıkış gerilimini ölçün. Sonra girişe  $F=1KHz$ 'e ayarlanmış bir osilatör bağlayarak çıkışı bir osiloskop yardımıyla inceleyin. Osilatörün genliğini yavaş yavaş arttırarak çıkışta kırpma elde edin. Elde ettiğiniz dalga şeklini ölçekli olarak çiziniz.
2.  $R=10K$ ,  $V_R=3V$  alarak, aynı diyotla Şekil-6'daki devreyi kurun. Girişe  $1KHz$ 'e ayarladığınız bir osiloskop bağlayarak çıkış dalga şeklini çıkışa bağladığınız bir osiloskop yardımıyla ölçekli olarak çiziniz.
3. a)  $R=10K$ ,  $V_{R1}=V_{R2}=2V$  alarak Şekil-8'deki devreyi kurunuz.  $f=1KHz$ 'lik sinüsoidal giriş işareti için çıkışı osiloskop'tan yararlanarak ölçekli olarak çiziniz. Girişe bağlayacağınız bir DC gerilim kaynağını  $-5$ ,  $-4$ ,  $-3$ ,  $-2$ ,  $-1$ ,  $0$ ,  $+1$ ,  $+2$ ,  $+3$ ,  $+4$ ,  $+5$  volta ayarlayarak çıkış gerilimini bir voltmetre ile ölçünüz.  
b) Yukarıdaki devrede  $V_{R1}=2V$ ,  $V_{R2}=3V$  yaparak çıkış dalga şeklini  $f=1KHz$ 'lik sinüsoidal giriş için ölçekli olarak yeniden çiziniz.
4. Şekil-9'da verilen kenetleme devresini  $C=0.1$  mF için gerçekleyiniz ve girişine bir sinüsoidal işaret üreticini bağlayınız ( $f=1KHz$ ).  $V_{gir}$ ,  $V_c$  gerilimlerini osiloskopta ayrı ayrı inceleyiniz. Devredeki diyotun yönü değiştirildikten sonra aynı incelemeyi bir daha yapıp kaydediniz.
5. Şekil-12'deki devreyi  $C=0.1$  mF ve  $V_1=2V$  için gerçekleyiniz. Girişine bir sinüsoidal işaret üreticini bağlayarak  $V_{gir}$ ,  $V_c$  gerilimlerini ayrı ayrı inceleyip kaydediniz.

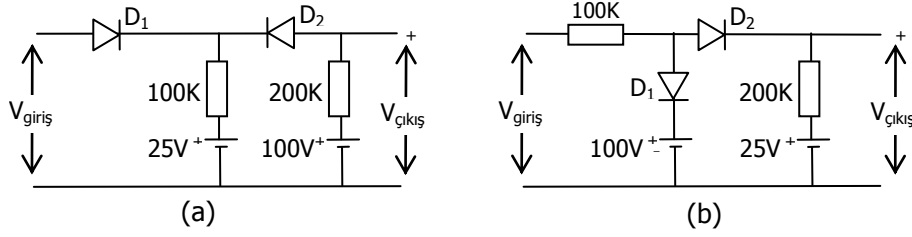
#### 6. Deney Soruları

1. Deney sırasında gördüğünüz devreleri siz gerçekliyor olsaydınız her birinde diyotları seçerken diyotun hangi özelliklerine dikkat eder, nasıl olmalarını isterdiniz? Niçin?
2. Deney-1'de ölçekli olarak çizdiğiniz dalga şekillerinden faydalanarak kırpılmanın başladığı tepe değerini hesaplayınız.
3. Deney-1'de  $V_R=3V$  aldığınıza göre kırpılmanın başladığı gerilim için kaç volt okudunuz. Durumu nasıl açıklarsınız?
4. Şekil-13'deki devreler için de çıkışın ne olacağını siz düşünün.



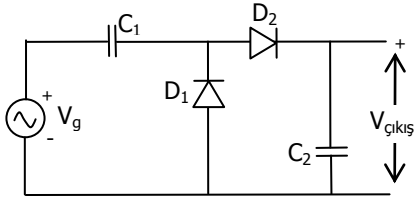
Şekil 13. Örnek devreler

5. Şekil-14’de gösterilen devrelerde diyotları ideal kabul ederek tepe değeri 150V’a kadar çıkan sinüsoidal bir giriş için çıkış dalga şekillerini çiziniz.



Şekil 14. Örnek devreler.

6. Şekil-15’deki devrenin çalışmasını anlatınız. Çıkış işaretinin dalga şeklini çiziniz. Çıkışa bir yük bağlayınca çıkış işaretinin dalga şekli değişir mi?



Şekil 15. Örnek bir devre.

7. Kırpma devrelerinde diyotların paralel ile seri bağlanmasında ne gibi farklar vardır?  
8. Kenetleme devrelerinde kapasitenin yük boşaltmaması nasıl sağlanmaktadır? Açıklayınız.

## 7. Deney Raporu

1. Deneyde işlenen teorik konuları (föyden bağımsız olarak) kısaca anlatınız.
2. Deney esnasında sorulan sorulara verilen cevaplardan aldığınız notları rapora aktarınız.
3. Deneylerde elde ettiğiniz dalga şekillerini ölçekli olarak, deney koşullarını ve ilgili devreleri de belirterek düzgün olarak çiziniz.