

DENEY 5: ZENER DİYOT

5.1. Deneyin Amacı

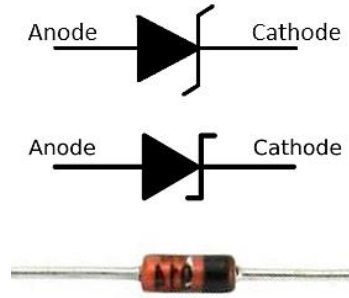
Zener diyotun 'I-V' karakteristiğini çıkarmak, gerilim regülatörü olarak kullanımını öğrenmek

5.2. Kullanılacak Aletler ve Malzemeler

- 5.6V zener diyot, 330Ω, 1kΩ dirençler, potansiyometre ve bağlantı kabloları
- DC güç kaynağı, multimetre

5.3. Teorik Bilgiler

Zener diyot, p ve n tipi yarı iletken malzemelerden oluşmuştur. Uçlarına uygulanan gerilimi sabit tutmaya yarayan diyotlardır. En yaygın kullanım alanları regülasyon devreleridir. Şekil 5.1'de zener diyotun elektronik devre sembolleri ve fiziksel görünümü verilmiştir.



Şekil 5.1. Zener diyotun devre sembolleri ve fiziksel görünümü

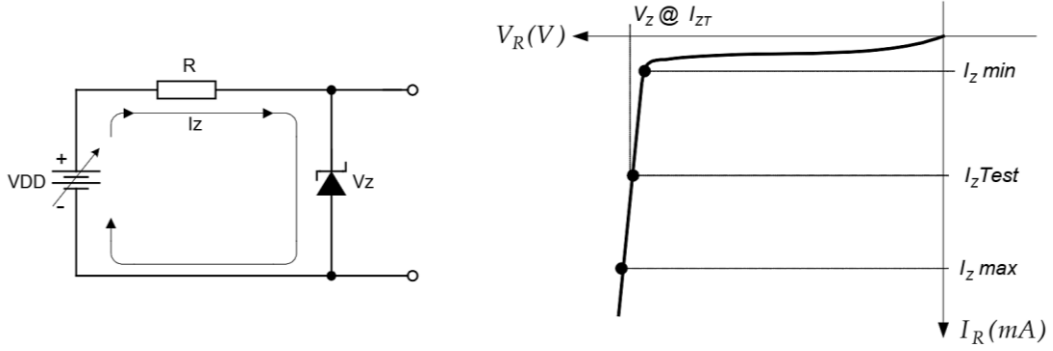
Zener diyot; doğru polarma altında silisyum diyotların tüm özelliklerini gösterir. Doğru polarma altında iletkenidir. Üzerinde yaklaşık 0.7V diyot öngerilimi oluşur. Ters polarma altında ise pn bitişimi sabit gerilim bölgesi meydana getirir. Bu gerilim değeri; "kırılma gerilimi" (Break-down voltage) olarak adlandırılır. Bu gerilime bazı kaynaklarda "zener gerilimi" de denir.

Zener diyot ile silisyum diyot karakteristikleri arasında ters polarma bölgesinde önemli farklılıklar vardır. Silisyum diyot ters polarma dayanma gerilimi değerine kadar açık devre özelliğini korur. Zener diyot ise bu bölgede zener kırılma gerilimi (V_Z) değerinde iletme geçer. Zener üzerindeki gerilim düşümü yaklaşık olarak sabit kalır.

Zener Kırılma Karakteristiği

Zener diyot, doğru polarma bölgesinde normal silisyum diyot özelliği gösterdiği belirtilmişti. Zener diyotun en önemli özelliği ters polarma bölgesindeki davranışdır. Zener diyotun ters polarma altında çalışması için gerekli devre bağlantısı ve akım-gerilim karakteristiği Şekil 5.2'de verilmiştir.

Ters polarlama altında zener diyot üzerine uygulanan gerilim değeri; zener kırılma gerilimi değerini aştığında zener diyot kırılarak iletme geçer. Ters polarlama altında iletme geçen zener diyot, üzerinde sabit bir gerilim değeri oluşturur. Bu gerilime “zener gerilimi” (V_Z) denir. Zener diyotun iletme geçebilmesi için zener üzerinden geçen akım; $I_{Z(min)}$ değerinden büyük, $I_{Z(max)}$ değerinden küçük olması gerekir. Başka bir ifadeyle zenere uygulanan ters polarlama gerilimi, Zener kırılma gerilimi (V_Z) değerinden büyük olmalıdır.

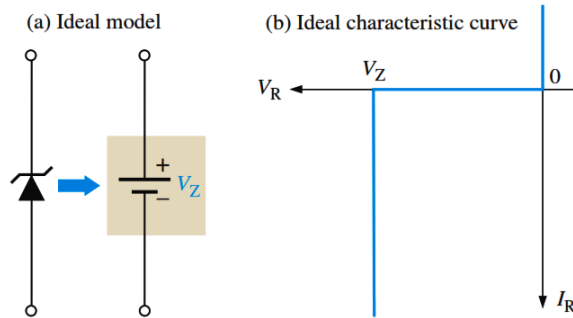


Şekil 5.2. Zener diyot ters polarlama devre bağlantısı ve akım-gerilim karakteristiği

Zener diyot üzerinden geçen akım miktarı; $I_{Z(max)}$ değerini geçtiğinde zener bozularak işlevini yitirir. Karakteristikten de görüldüğü gibi zener diyot üzerinden geçen I_Z akımı; $I_{Z(min)}$ ve $I_{Z(max)}$ değerleri arasında tutulmalıdır. Zener diyot, karakteristik eğrisinde gösterildiği gibi üzerindeki gerilimi V_Z değerinde sabit tutmaktadır. Bu özellik zener diyotun oldukça popüler olmasını ve özellikle gerilim regülasyonu veya referans gerilimi elde etmede sıkça kullanılmasını sağlar.

Zener Eşdeğeri

Zener diyotun ters polarlama bölgesindeki davranışını tanımlamak için eşdeğer devresi Şekil 5.3'te verilmiştir. İdeal bir zenerin eşdeğer devresi, nominal zener kırılma gerilimi değerine eşit gerilim kaynağı (V_Z) ile gösterilir.

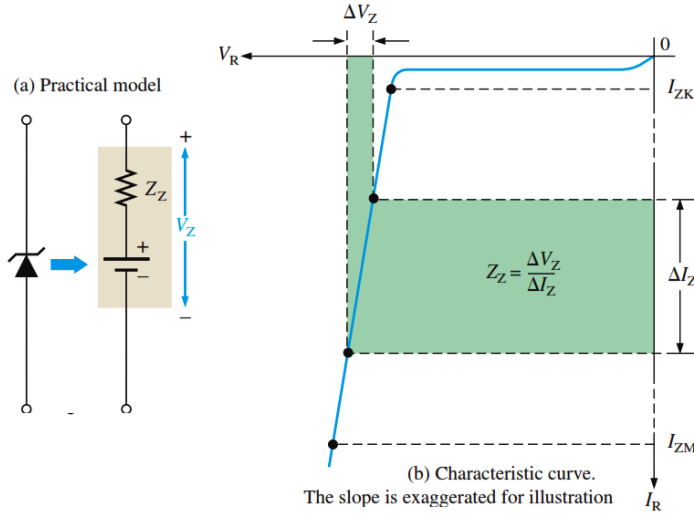


Şekil 5.3. İdeal zener diyot eşdeğer devre modeli ve karakteristik eğrisi

Gerçek (pratik) bir zenerin ters polarma bölgesinde eşdeğer devresi ise, küçük bir iç empedans (Z_Z) ve nominal zener kırılma gerilimini temsilen bir gerilim kaynağından oluşur. Zener kırılma gerilimi sabit değildir, bir miktar değişim gösterir (ΔV_Z). Bu durum Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Zener empedansı; değişen zener geriliminin (ΔV_Z), değişen zener akımına (ΔI_Z) oranıdır ve aşağıdaki formülle belirlenir:

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

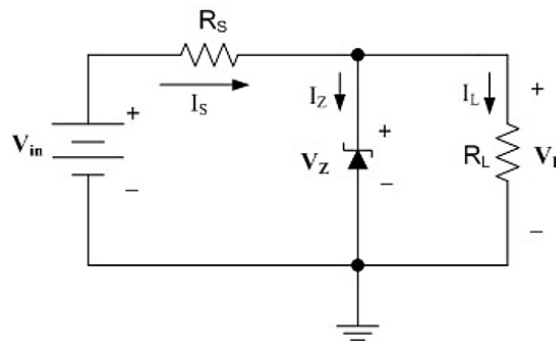
Üretici firmalar normal koşullarda veri tablolarında test değerleri için zener akımını I_{ZT} ve zener empedansını Z_{ZT} olarak verirler. Zenerle yapılan tasarımlarda bu değerler dikkate alınmalıdır.



Şekil 5.4. Gerçek zener diyot eşdeğer devre modeli ve karakteristik eğrisi

Zenerin Gerilim Regülasyonda Kullanılması

Zener diyotu genellikle DC güç kaynaklarında voltaj regülatörü olarak kullanılır. Şekil 5.5, basit bir gerilim regülatör devresini göstermektedir. Bu devrede zener diyotu, V_{in} giriş gerilimindeki değişikliklere veya R_L yük direncindeki değişimlere karşı sabit bir çıkış gerilimi sağlamalıdır. Seri R_S direnci, akım sınırlayıcı direnç olarak kullanılır.



Şekil 5.5. Zener diyot kullanan bir gerilim regülatör devresi

Devrenin analizi, zenerin kırılma bölgesine girip girmemesi durumuna bağlıdır. Zener diyotun durumunu belirlemek için geçici olarak devreden çıkarılarak açık devreymiş gibi değerlendirilebilir. Bu durumda yük gerilimi, gerilim bölücü kuralından şu şekilde elde edilebilir:

$$V_L = \frac{R_L \cdot V_{in}}{R_S + R_L}$$

Eğer $V_L \geq V_Z$ ise, o zaman zener diyot aktif olur, uygun eşdeğer model kullanılır ve buna göre hesaplamalar yapılmalıdır. Öte yandan, eğer $V_L < V_Z$ ise, zener diyot pasiftir ve bu durumda açık devre olarak yapılan hesaplamalar geçerli olacaktır.

Zener diyot, zener kırılma bölgesinde çalıştığında, sadece sabit bir voltaj kaynağı V_Z ile temsil edilebilir. Bu durumda:

$$V_L = V_Z$$

Kaynak akımı I_S aşağıdaki denklemden bulunabilir:

$$I_S = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S}$$

Yük akımı, yük geriliminin yük direncine oranı olarak hesaplanır:

$$I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

Zener akımı Kirchhoff'un akım yasasından elde edilir:

$$I_Z = I_S - I_L$$

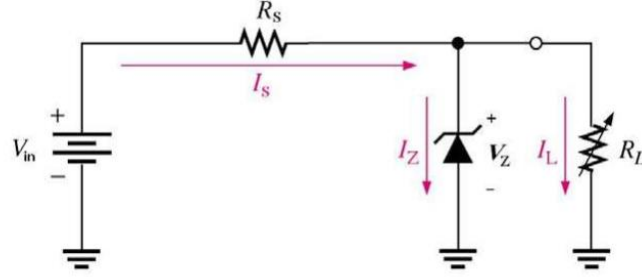
Zener diyot tarafından harcanan güç, aşağıdaki formülle belirlenir:

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

Bu P_Z değeri, zener diyotun zarar görmemesi için diyotun maksimum güç değerinden (P_{ZM}) düşük olmalıdır.

Değişken Yük Dirençli Zener Gerilim Regülatörü

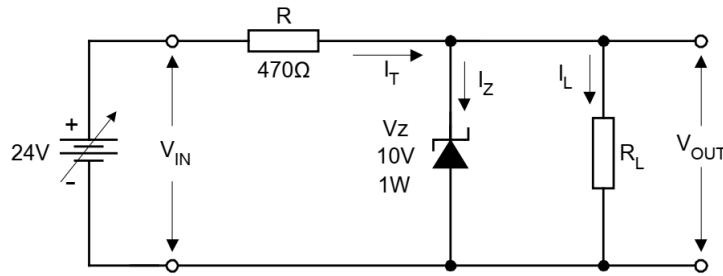
Şekil 5.6, çıkış terminallerine bağlı değişken yük dirençli bir zener gerilim regülatörünü göstermektedir. Zener diyotu, zener akımı $I_{Z(min)}$ 'dan büyük ve $I_{Z(max)}$ 'dan küçük olduğu sürece R_L direncinde neredeyse sabit bir gerilim sağlar. Buna yük regülasyonu denir.



Şekil 5.6. Değişken yük dirençli ve sabit giriş voltajlı zener regülatörü

Zener regülatörünün çıkış terminaleri açık olduğunda ($R_L = \infty$), yük akımı sıfırdır ve tüm kaynak akımı I_S , zener diyotundan geçer. Bir yük direnci R_L bağlandığında, kaynak akımının bir kısmı zener diyotundan ve bir kısmı R_L 'den geçer. R_L azaldıkça, yük akımı I_L artar ve I_Z azalır. Esasen R_S 'den geçen kaynak akımı sabit kalır.

Örnek: Aşağıda verilen regüle devresinde zenerin regüle işlevini yerine getirebilmesi için R_L yük direncinin alabileceği değerler aralığını hesaplayınız? ($V_Z=10V$, $P_{Z(max)}=1W$, $I_{Z(min)}=1mA$)



Çözüm:

Devrede kullanılan zener diyotun dayanabileceği maksimum akım değeri:

$$I_{Z(max)} = \frac{P_{Z(max)}}{V_Z} = \frac{1W}{10V} = 100mA$$

Önce devrede yük direnci kullanılmadığında ($R_L = \infty$) zener regüle işlevini yerine getirebilir mi? İnceleyelim. Bu durumda $I_L = 0$ olacağından, $I_T = I_{Z(max)}$ olacaktır. Dolayısıyla:

$$V_{IN} = R \cdot I_T + V_Z$$

$$I_T = I_{Z(max)} = \frac{V_{IN} - V_Z}{R} = \frac{24 - 10}{470} = 29.8mA$$

Elde edilen bu sonuca göre devrede yük direnci yokken regüle işlevi yerine getirilebiliyor. Devre aşağıdaki şartları sağlamalıdır:

$$I_T = I_{Z(max)} + I_{L(min)}$$

$$I_T = I_{Z(min)} + I_{L(max)}$$

Buna göre:

$$I_{L(max)} = I_T - I_{Z(min)}$$

$$I_{L(max)} = 29.8 - 1 = 28.8mA$$

Devre çıkışından alınabilecek maksimum yük akımını hesapladık. Bu veriyi kullanarak çıkışa bağlanabilecek RL yük direncini hesaplayalım.

$$R_{L(min)} = \frac{V_Z}{I_{L(max)}} = \frac{10V}{28.8mA} = 347\Omega$$

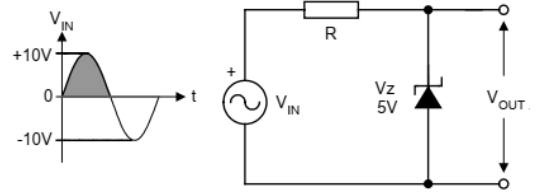
Sonuç: Elde edilen bu veriler ışığında devremizin regüle işlemini yerine getirebilmesi için R_L yük direncinin alabileceği değerler aralığı:

$$347\Omega < R_L < \infty$$

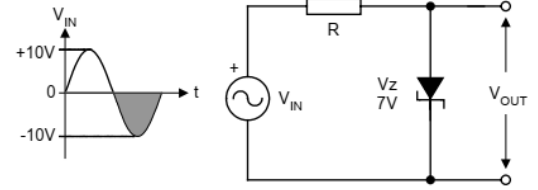
5.4. Ön Hazırlık Soruları

1. Zener diyot ile diyot arasında ne gibi farklar vardır?

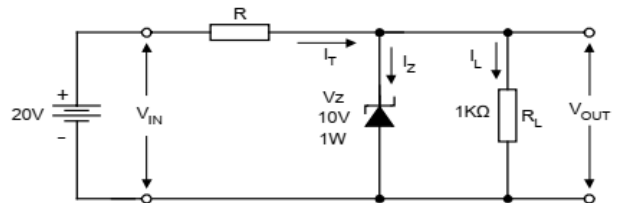
2. Verilen giriş için çıkış dalga şekli nasıl olur?



3. Verilen giriş için çıkış dalga şekli nasıl olur?

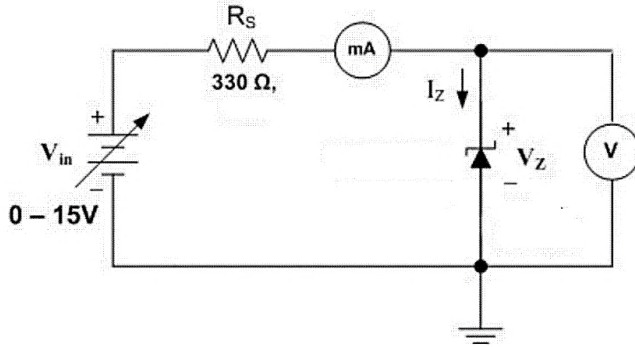


4. Devrede $R=330\Omega$ ise I_T, I_Z, I_L akımlarını hesaplayınız.



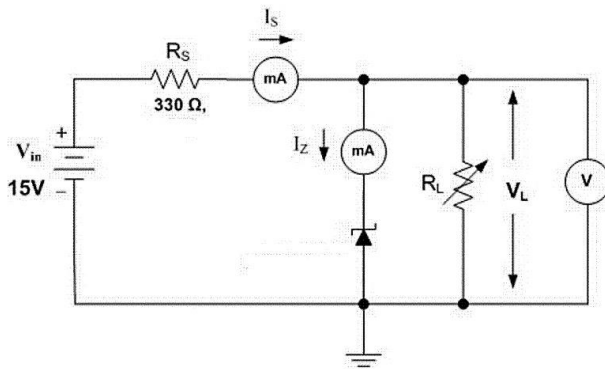
5.5. Deneyin Yapılışı

1. Zener diyot karakteristiğini elde etmek için kullanılan aşağıdaki devreyi kurunuz. Giriş gerilimini 0-15V arasında kademeli olarak değiştirerek V_Z ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz. I_Z değerini hesaplayarak tabloya kaydediniz.



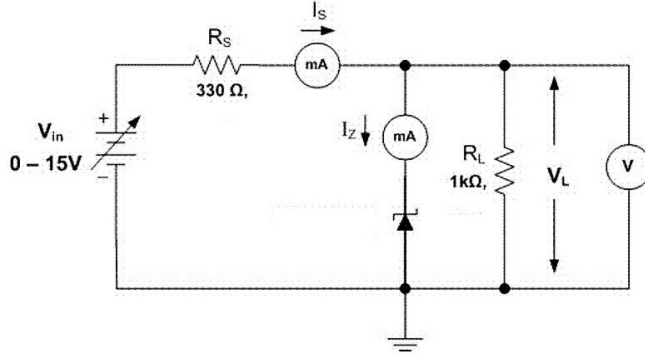
| $V_{in}(V)$ | $V_Z(V)$ | $I_Z(mA)$ |
|-------------|----------|-----------|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 4.5 | | |
| 5 | | |
| 5.5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 10 | | |
| 12 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |

2. Aşağıdaki şekilde gösterilen değişken yük dirençli regülatör devresini kurunuz. R_L direncini tablodaki gibi değiştirip V_L gerilimini ölçünüz. I_S , I_L ve I_Z ($I_Z = I_S - I_L$) değerlerini hesaplayarak tabloya kaydediniz.



| $R_L(\Omega)$ | $V_L(V)$ | $I_S(mA)$ | $I_Z(mA)$ | $I_L(mA)$ |
|---------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 50 | | | | |
| 100 | | | | |
| 150 | | | | |
| 200 | | | | |
| 300 | | | | |
| 500 | | | | |
| 800 | | | | |
| 1.0k | | | | |
| 1.5k | | | | |
| 2.0k | | | | |
| 2.5k | | | | |
| 5.0k | | | | |
| ∞ | | | | |

3. Aşağıdaki şekilde gösterilen değişken giriş gerilimli regülatör devresini kurunuz. Giriş gerilimini 0-15V arasında tablodaki gibi değiştirip V_L gerilimini ölçünüz. I_S , I_L ve I_Z ($I_Z = I_S - I_L$) değerlerini hesaplayarak tabloya kaydediniz.



| $V_{in}(V)$ | $V_L(V)$ | $I_S(mA)$ | $I_Z(mA)$ | $I_L(mA)$ |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 6.5 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 10 | | | | |
| 12 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |

5.6. Deney Sonuç Soruları

1. Deneyin 1. adımında elde edilen sonuçları kullanarak zener diyotun kırılma bölgesindeki karakteristik eğrisini çiziniz.
2. Elde ettiğiniz bilgilerden zener diyotun Z_z iç direncini hesaplayınız (Yukardaki ilk adımda çizdiğiniz kırılma eğrisinin üzerinde hesaplama yapılacaktır).
3. Deneyin 1. adımında elde edilene bilgilerden maksimum zener akımı için zenerde harcanan gücü bulunuz.
4. Deneyin 2. adımındaki regülatör devresi için V_L-I_L , I_S-R_L , I_Z-I_L eğrilerini çiziniz. Elde edilen eğrileri yorumlayınız.
5. Deneyin 3. adımındaki devre için V_L-V_{in} grafiğini çiziniz. Grafiği yorumlayınız. Grafikten zener diyotun iletme geçmesi için gereken giriş gerilimini belirleyiniz.
6. Değişken yük direnci ve değişken giriş gerilimi devrelerinde zenerin devreye etkisi ne olmuştur? Yorumlayınız.