

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi - Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
EEM 312 – Sayısal Elektronik
Donanım Laboratuvarı

Deney No: D3

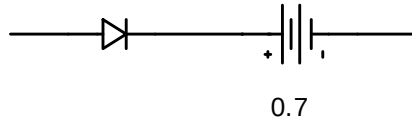
Deney Adı: Diyot karakteristiği ve modelleri

Ön Bilgi:

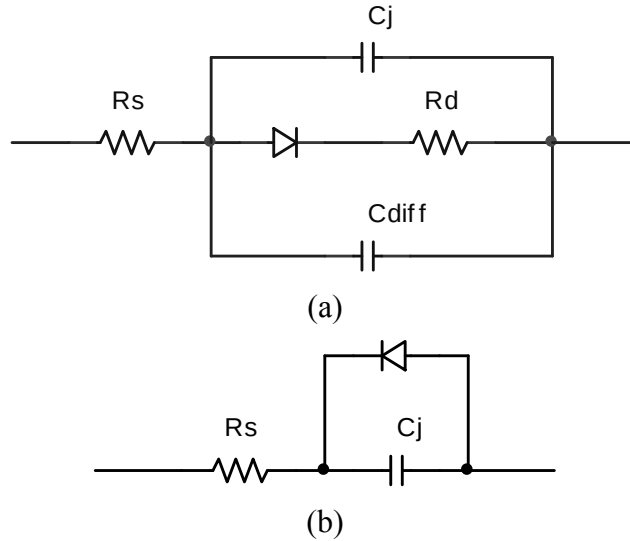
Diyot'un dinamik ve statik yapısı

Sayısal sistemlerde ya da anahtarlama dayalı sistemlerde, yarı iletkenlere uygulanan gerilim darbeler biçiminde olduğundan ve sinyal-gürültü oranının analog sistemlere göre daha düşük olması sayesinde yüksek frekanslarda çalışabilmeye olanak sağladığından, sistemlerin ya da yarı iletkenlerin dinamik etkileri ön plana çıkmakta ve tasarım sırasında önem kazanmaktadır.

Yarı iletken sistemlerde diyot gerek istenmeyen etkiler bakımından gerek de koruma amaçlı olsun önemli bir yer tutmakta ve ayrıca statik ve dinamik özellikleri ile incelenmelidir. Diyot üzerine uygulanan gerilimin frekansı düşük ise diyot üzerindeki dinamik etkiler gözlemlenemez ve yalnızca statik etkileri gözlemlenebilir. Statik etkilerine yönelik modeller diyot ya da her hangi bir sistemin yalnızca o anki girişlerine bağlı verdikleri tepkidir. Fakat dinamik sistemlerde sistemin çıkışı ya da verdiği tepki o anki sistem girişine ve daha önceki girişe ya da girişlere bağlı olarak değişmektedir. Bu sebepten dinamik etkinin düşük frekansta gözlemlenemediği sistemlerde dinamik etkiler frekans artırıldığında gözlemlenebilir. Şekil-1'de bir diyotun ideal bir diyot kullanılarak statik modeli verilmiştir.



Şekil 1 – Diyot statik modeli



Şekil 2 – Diyot dinamik modeli (a) ileri kutuplama (b) ters kutuplama

Şekil-2’de diyot’un ters ve ileri kutuplama durumları için birer dinamik modelleri verilmiştir. Bu modeldeki C_j , C_{diff} ve değerleri R_d değerleri dinamik model açısından önem taşımaktadır. C_j ve R_d dirençleri diyot üzerine düşen gerilime bağlı olarak değişmektedir. C_j kapasitesi ileri kutuplama durumunda ihmal edilebilecek kadar önemsizdir. Fakat ters kutuplama durumunda C_j ’nin önemi artar. Denklem 1’de C_j ’nin diyot üzerindeki gerilime bağlı olan bir matematiksel modeli verilmiştir. Bu değişimin sebebi kıtlık(*depletion*) bölgesinin ters kutuplama üzerindeki gerilime bağlı olarak artması ya da azalmasıdır. Ayrıca ters kutuplama sırasındaki kaçak akımın ihmal edilebilecek kadar küçük olması, bu sığaç üzerinden akan akımın önemini arttırmaktadır.

$$C_j(V_R) = \frac{C_{j0}}{\left(1 - \frac{V_R}{V_j}\right)^m} \quad (\text{denklem 1})$$

Denklem 1’de V_R ters kutuplama gerilimini, C_{j0} $V_R=0$ gerilimindeki kesim (junction) kapasitörünü, V_j kesim potansiyelini ve m p-n ucunda oluşan difüzyon tipine bağlı 0,5 veya 0,333 gibi bir değeri ifade etmektedirler.

Diğer bir konu da difüzyon alanlarındaki kapasitansdır. Bu değer diyot üzerindeki kutuplanmanın değişim hızına bağlı olarak önem taşır. Bir yönde kutuplanmış olan diyot üzerindeki iyonların ve yüklerin kutuplanmanın yön değiştirmesi ile hızlı bir biçimde boşaltılarak yeni denge durumuna geçmesi gerekmektedir. Kutuplanma ile denge sırasında oluşan bu yük değişimini difüzyon bölgesindeki kapasitif etkiler değiştirir. Difüzyon bölgesinde oluşan yük miktarı, diyot ileri kutuplama akımı ve azınlık taşıyıcılarının geçiş süresi ile orantılıdır ve denklem 2’de verildiği şekilde yazılabilir.

$$Q = \tau_T I_F$$

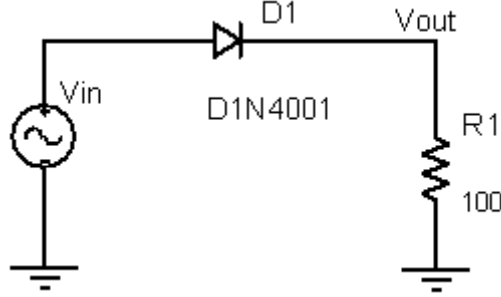
$$Q = \tau_T I_S \left(e^{\frac{qV_F}{nkT}} - 1 \right) \quad (\text{denklem 2})$$

I_S : doyum akımı ($\sim 1E-14$ A)
 Q = elektron yükü ($1.6E-19$ C)
 T = kesim sıcaklığı (kelvin)
 K = Boltzmann sabiti ($1.38E-23$ J/K)
 N = emisyon katsayısı
 V_F = Diyot değeri

Azınlık taşıyıcıları, diyot iletim durumundan kesim durumuna geçtikleri sırada diğer kutup’a geçerler. Bu süre, enerji saklama aralığı olarak nitelendirilen t_s dir. Daha sonra ters kutuplamadaki diyot üzerindeki gerilime bağlı olarak taşıyıcılar, kıtlık(*depletion*) bölgesini oluştururlar. Bu bölgenin kararlı duruma geçmesi için gereken süre ise geçiş süresi olarak nitelendirilen t_t ’dir. Geçen toplam süre ($t_{tr}=t_s+t_t$) geri toparlama süresi (reverse recovery time) olarak tanımlanmaktadır ve çalışma frekansı, diyot üzerindeki enerji kaybı açısından büyük önem taşımaktadır.

Laboratuar Çalışması:

1. Şekil-3’de verilen devreyi deney setine kurun. İşaret üreticisini 1kHz’lik üçgen dalga verecek biçimde ayarlayın. Dalga genliğini -10 +10 olarak düzenleyin. V_{out} gerilimini gözlemleyerek diyotun ileri gerilim değerini elde edin.



Şekil 3 – Diyot ölçüm devresi

2. Şekil-3’de verilen devrede DC gerilim kaynağı kullanarak tablo-1’de verilen değerleri elde edin. Elde ettiğiniz değerleri I-V grafiğini verecek biçimde çizdirin. Grafikleri bir grafik programı aracılığı ile (MS Excel, MATLAB, Spice3) çizdirerek elde edebilirsiniz.

Tablo 1 – Ölçülen I-V değerleri

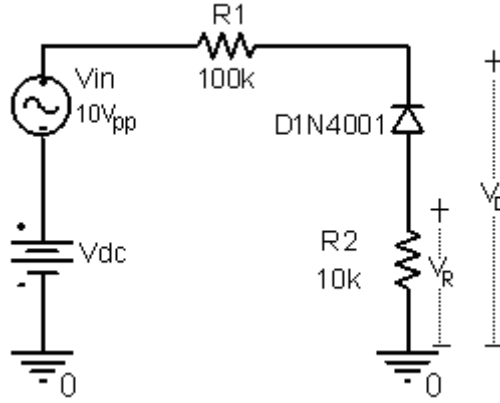
Diyot Gerilimi	Diyot Akımı
-5V	
0.5V	
0.55V	
0.6V	
0.65V	
0.7V	
0.75V	
0.8V	

3. Şekil-3’de verilen devrenin girişine sinüs sinyali yerine 0V-5V arasında değişen bir kare dalga uygulayarak diyotun geri toparlama süresini (reverse recovery time) ölçün ve frekans’a karşılık bu süreyi çizin. Grafikleri bir grafik programı aracılığı ile (MS Excel, MATLAB, Spice3) çizdirerek elde edebilirsiniz. R_1 direncinin değerlere etkisi nedir ve hangi amaçlarla kullanılmıştır? Sonuçları ve ölçüm değerlerini raporunuzda tartışın, veri kitabında verilen değerler ile karşılaştırın.

Tablo 2 – Ölçülen t_{rr} değerleri

Frekans	t_{rr}	Frekans	t_{rr}
5K		100K	
10K		200K	
20K		500K	
40K		1M	

4. Şekil-4’de verilen devreyi deney setine kurun ve D_1 diyotu üzerindeki akım değerini ölçmek için R_2 direnci üzerindeki gerilimi kullanarak aşağıdaki tabloda gerekli ölçümleri ve hesaplamaları yaparak doldurun. Elde ettiğiniz değerler ile V_{dc} değişimine karşılık hesaplanan C_j sığacını çizin. Değerleri bir grafik programı aracılığı ile (MS Excel, MATLAB, Spice3) çizdirerek elde edebilirsiniz. R_2 direncinin seçiminde neye dikkat etmek gerekir ve bu direncin devredeki görevi nedir açıklayın. Sonuçları ve ölçüm değerlerini raporunuzda tartışın, veri kitabında verilen değerler ile karşılaştırın.



Şekil 4 – C_j ölçümü

Tablo 3 – Ölçülen I-V değerleri

Vin DC Ofset Değeri	Frekans	V_D	V_R	I_D	Hesaplanan C_j Değeri
2	10K				
3	20K				
5	40K				
8	100K				
10	200K				

Öğrenci No:
Adı-Soyadı:

Deneyisel çalışmanın 2, 3 ve 4. bölümlerinde oluşturduğunuz Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3 için bulduğunuz değerleri aşağıda verilen tablolara da yazarak, deney sonunda laboratuvar görevlisine teslim ediniz.

Tablo 1 – Ölçülen I-V değerleri

Diyot Gerilimi	Diyot Akımı
-5V	
0.5V	
0.55V	
0.6V	
0.65V	
0.7V	
0.75V	
0.8V	

Tablo 2 – Ölçülen t_{rr} değerleri

Frekans	t_{rr}	Frekans	t_{rr}
5K		100K	
10K		200K	
20K		500K	
40K		1M	

Tablo 3 – Ölçülen I-V değerleri

Vin DC Ofset Değeri	Frekans	V_D	V_R	I_D	Hesaplanan C_j Değeri
2	10K				
3	20K				
5	40K				
8	100K				
10	200K				