

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

Deney No: D3

Deney Adı: Diyot karakteristiği ve modelleri

Amaç:

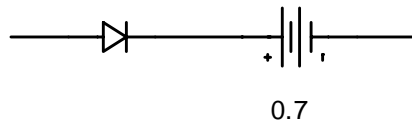
- Diyot karakteristik eğrisinin elde edilmesi
- Dinamik ve statik diyot modelleri ve bu etkilerin ölçülerek gözlemlenmesi

Ön Bilgi:

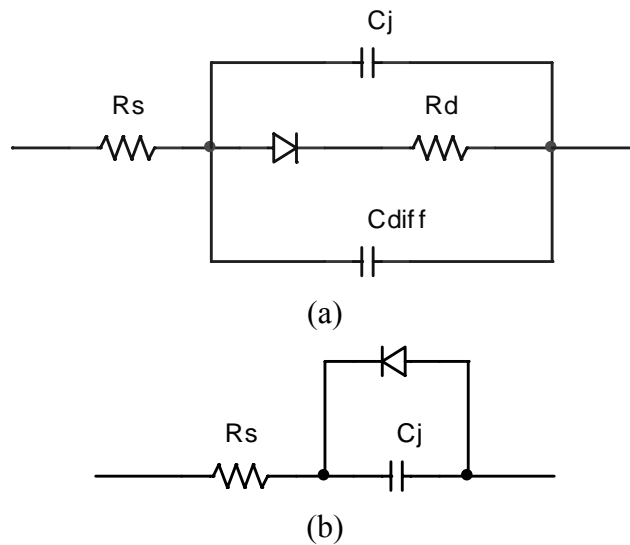
Diyot'un dinamik ve statik yapısı

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

Yarı iletken sistemlerde diyot gerek istenmeyen etkiler bakımından gerek koruma amaçlı olsun önemli bir yer tutmaktadır ve 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 diyodun 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 kapasitesinin ileri kutuplama durumunda ihmal edilebilecek kadar önemsizdir. Fakat ters kutuplama durumunda C_j ’nin önemi artar. Denk1’de C_j nin diyot üzerindeki gerilime bağlı olan bir matematiksel modeli verilmiştir. Bu değişimin sebebi depletion bölgesinin ters kutuplama üzerindeki gerilime bağlı olarak artması ya da azalmasıdır. Ayrıca ters kutuplama sırasındaki kaçak akım ihmal edilebilecek kadar küçük olması bu kapasitör üzerinden akan akımın önemi artmaktadır.

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

Denk1’de V_R ters kutuplama gerilimi, C_{j0} $V_R=0$ gerilimindeki kesim (junction) kapasitörü, V_j kesim potansiyeli ve m p-n ucunda oluşan difüzyon tipine bağlı 0.5 veya 0.333 gibi bir değerdir.

Diğer bir konu da difüzyon alanlarındaki kapasitansdır. Bu değer diyot üzerindeki kutuplamanın değişim hızına bağlı olarak önem taşır. Bir yönde kutuplanmış olan diyot üzerindeki iyonların ve yüklerin kutuplamanın yön değiştirmesi ile hızlı bir biçimde boşaltılarak yeni denge durumuna geçmesi gerekmektedir. Kutuplama 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 Denk2’de verildiği şekilde yazılabilir.

$$Q = \tau_T I_F$$

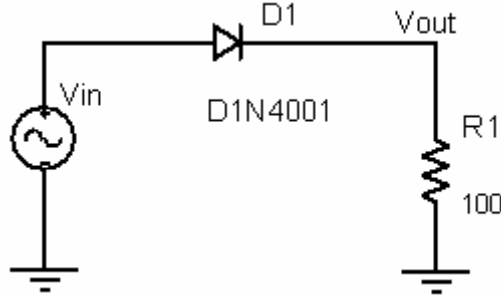
$$Q = \tau_T I_S \left(e^{\frac{qV_F}{nkT}} - 1 \right) \quad (2)$$

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 degerilimi

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 kutupladaki diyot üzerindeki gerilime bağlı olarak taşıyıcılar depletion bölgesi oluştururlar ve bu bölgenin kararlı duruma geçmesi için gereken süre ise geçiş süresi olarak nitelendirilen t_t dir. Geçen toplam süre (t_s+t_t) geri toparlama süresi (reverse recovery time) olarak tanımlanmaktadır ve çalışma frekası, diyot üzerindeki enerji kaybı açısından büyük önem taşımaktadır.

Laboratuvar Çalışması:

1. Şekil-3’de verilen devreyi deney setine kurun. Sinyal üreticisini 1kHz lik üçgen dalga verecek biçimde ayarlayın. Dalga genliğini -10 +10 olarak düzenleyin. Vout voltajını gözlemleyerek diyodun ileri gerilim değerini elde edin.



Şekil 3 – Diyot ölçüm devresi

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

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

Tablo 1 – Ölçülen I-V değerleri

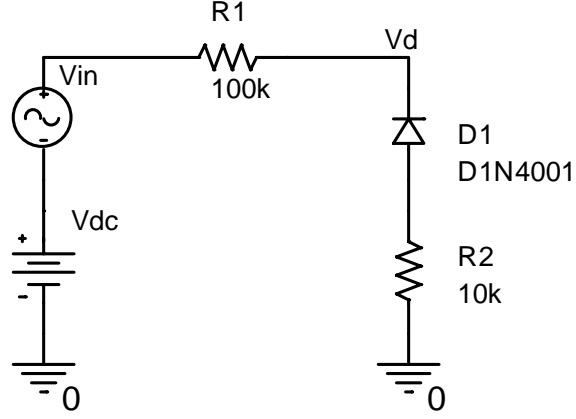
3. Şekil-3’de verilen devrede girişte sinüs sinyali yerine 0V-5V arasında değişen bir kare dalga uygulayarak diyodun geri toparlama süresini (reverse recovery time) ölçün ve frekas’a karşılık bu süreyi çizin. Grafikleri bir grafik programı aracılığı ile (MS Excel, MATLAB, Spice3) çizdirerek elde edebilirsiniz. R₁ direncinin değerlere etkisi nedir ve hangi amaçlarla kullanılmıştır? Sonuçları ve ölçüm değerlerini raporunuzda tartışın, veri kitabında verilen değerler ile karşılaştırın.

Frekans	trr	Frekans	trr
5K		100K	
10K		200K	
20K		500K	
40K		1M	

Tablo 2 – Ölçülen trr değerleri

4. Şekil-4’de verilen devreyi deney setine kurun ve D₁ diyodu üzerindeki akım değerini ölçmek için R₂ direnci üzerindeki gerilimi kullanarak aşağıdaki tabloda gerekli ölçümleri ve hesaplamaları yaparak doldurun. Elde ettiğiniz değerler ile V_{dc} değişimine karşılık hesaplanan C_j kapasitansını çizin. Değerleri bir grafik programı aracılığı ile (MS Excel, MATLAB, Spice3) çizdirerek elde edebilirsiniz. R2 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

Vin DC Ofset Değeri	Frekans	Vd	Id	Hesaplanan C_j Değeri
2				
3				
5				
8				
10				

Değerlendirme:

Değerlendirme ile ilgili bilgileri ilgili web sayfasında bulabilirsiniz. Raporlarınızı laboratuvar web sayfasına teslim süresinden önce yüklemeniz gerekmektedir. Yükleme ile ilgili detaylar web sayfasında yer almaktadır

<http://www.baskent.edu.tr/~engcif>