

# Bir Transistörde Kollektör Akımı

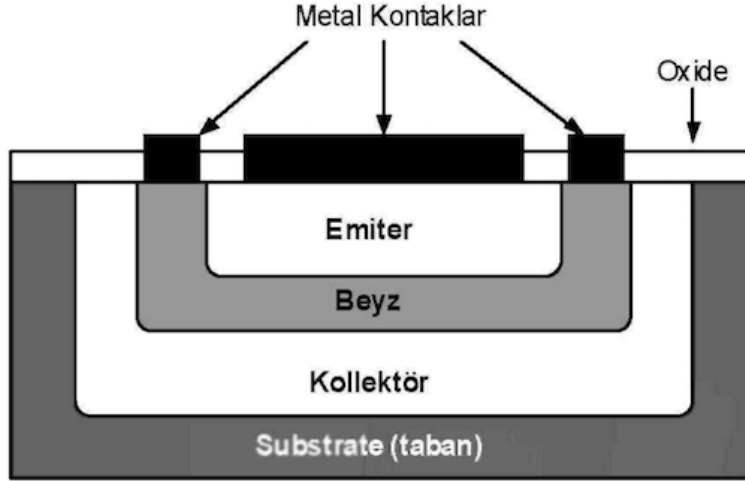
Sümeyye Veziroğlu & Saba Karakaş

Ocak 2025

## 1 Teori

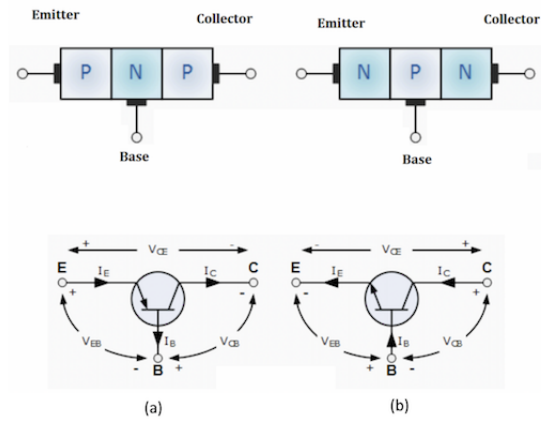
### 1.1 Temel Bilgiler

Transistörler icat edildiklerinde yarı iletken maddeler birbirlerine nokta temaslı olarak monte edildiğinden “Nokta Temaslı Transistör” denirdi. Günümüzde ise transistörler şekil olarak bir tost görünümündedirler ve imalatlarında kullanılan yarı iletkenler, birbirlerine yüzey birleşimli olarak üretilmektedir. Bu nedenle “Bipolar Jonksiyon Transistör (BJT)” olarak adlandırılırlar [4]. Genel olarak bipolar transistörler iki temel amaç için kullanılırlar. Bunlar, dijital elektronikte “anahtarlama (switching)” ve analog elektronikte ise “yükseltme (amplification)” dir. En basit tanımıyla bipolar transistörler akım kontrol



Şekil 1: Bipolar Jonksiyon transistörün yapısı[4]

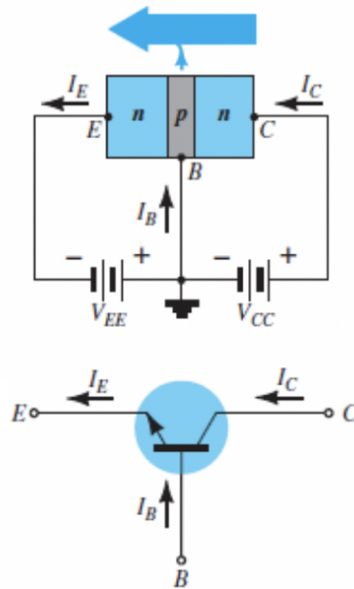
eden devrelerdir, terminallerden geçip giden akım bu terminallerle baz arasına uygulanan voltaj değeriyle orantılıdır. İki terminal arasından akan akım üçüncü bir terminalle kontrol edilebilir. NPN ve PNP transistörler mantık olarak birbirinin aynısıdır sadece terminallere uygulanan voltaj ve kaynak voltajının polarizasyonu farklıdır.



Şekil 2: (a) NPN transistörün yapısı, sembolü ve akım yönleri (b) PNP transistörün yapısı, sembolü ve akım yönleri [1]

Bipolar transistörler ortak olan terminallerine göre isimlendirilirler. Elde edilen konfigürasyona göre transistörlerin kazanç karakteristiği değişir [1]:

- Ortak bazlı konfigürasyonda voltaj kazancı vardır, akım kazancı azdır.
- Ortak emiterli konfigürasyonda akım ve voltaj kazancı vardır.
- Ortak kolektörlü konfigürasyonda akım kazancı vardır, voltaj kazancı azdır.



Şekil 3: Ortak bazlı NPN transistör devresi, sembolü ve akım yönleri [2]

Biz uygulamalarımızda ortak bazlı (common-base) NPN tip konfigürasyonu kullanacağız. Ortak bazlı konfigürasyonda  $I_E$  emiter akımı;  $I_B$  baz akımı ve  $I_C$  kollektör akımı olmak üzere aşağıdaki gibidir.

$$I_E = I_B + I_C \quad (1)$$

## 1.2 Transistörde Önemli Parametreler

Bir transistörde iki önemli parametre vardır. Bunlar  $\beta$  akım kazancı ve  $\alpha$  akım kazancıdır.

- $\beta$  Akım Kazancı: Ortak emiterli bağlantıdaki akım kazancıdır.  $\beta$  akım kazancı, kollektör akımı  $I_C$ 'nin baz akımı  $I_B$ 'ye oranıdır ve şu şekilde ifade edilebilir.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (2)$$

$\beta$  akım kazancının tipik değeri 20–200 arasında değişmektedir. Denklem (1)'i yukarıdaki denkleme göre yeniden düzenlediğimizde şu ifadeye ulaşırız.

$$I_E = I_B(1 + \beta) \quad (3)$$

- $\alpha$  Akım Kazancı: Ortak bazlı transistörlerde akım kazancıdır. Kollektör akımı  $I_C$ 'nin emiter akımı  $I_E$ 'ye oranıdır ve ifadesi şöyledir.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad (4)$$

Emiter akımı kollektör akımından biraz daha büyük olduğundan transistörlerde  $\alpha$  akım kazancı 1'den küçüktür ve tipik değeri 0.95–0.99 arasında değişmektedir [4]. Denklem (1)'in her tarafı  $I_C$ 'ye bölünüp  $\alpha$  ve  $\beta$  akım kazanç ifadeleri yerine konulduğunda şu denkleme ulaşılır.

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad (5)$$

Bu denkleme göre,  $\alpha$  akım kazancındaki çok küçük bir değişim  $\beta$  akım kazancında büyük miktarda değişime sebep olur.

Bipolar transistörler üç farklı bölge içerisinde çalıştırılabilir. Bunlar;

1. Aktif Bölge (Active Region): Transistör yükselteç olarak çalışır. Bu bölgede

$$I_C = \beta I_B \quad (6)$$

olarak verilir.

2. Doyum (Saturation): Transistör bir anahtar gibi çalışır. Bu bölgede  $I_{sat}$  saturasyon akımı olmak üzere kollektör akımına eşittir ve aşağıdaki gibi verilir.

$$I_C = I_{sat} \quad (7)$$

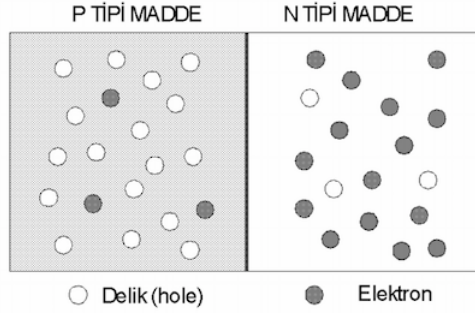
3. Kesim (Cut-off): Transistör bir anahtar gibi çalışır. Bu bölgede

$$I_C = 0 \quad (8)$$

olarak verilir.

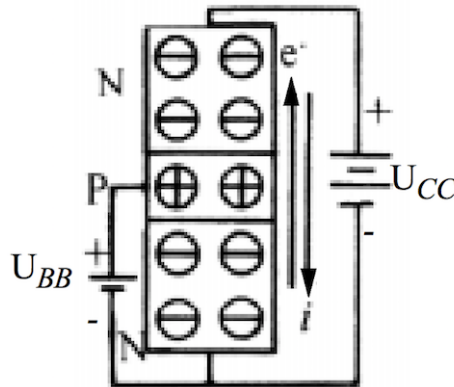
### 1.3 NPN Transistörlerin Çalışması

NPN transistörün nasıl çalıştığını anlamak için öncelikle akım taşıyıcılardan bahsetmek gerekir. Akım taşıyıcılarının çoğunluğu elektron olan silisyuma N tipi yarıiletken denmektedir ve N tipi malzemede elektronlar çoğunluk akım taşıyıcıları olarak adlandırılmaktadır. N tipinde az sayıda da boşluk bulunmaktadır ve bunlar da N tipi malzemede azınlık akım taşıyıcıları olarak adlandırılmaktadır. P tipi malzemede ise tam tersidir yani çoğunluk akım taşıyıcıları boşluklar iken azınlık akım taşıyıcıları elektronlardır (Şekil4).



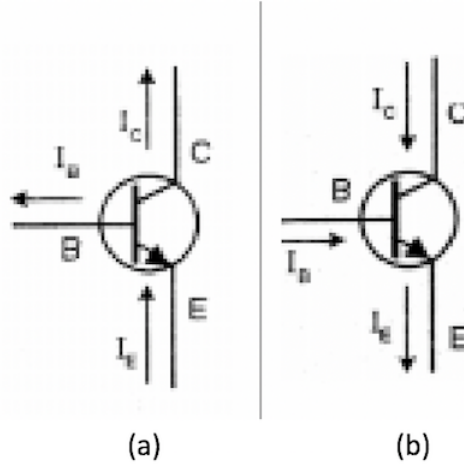
Şekil 4: P ve N tipinde çoğunluk ve azınlık akım taşıyıcıları [4]

sistörde akım yönlerini anlamak için Şekil 5'e bakıldığında (bu şekilde yalnızca çoğunluk taşıyıcılar mevcuttur)  $U_{BB}$  kaynağının (+) ucunun baz kısmını pozitif olarak yüklediğini görürüz.  $U_{CC}$  kaynağının (-) ucu ise emiter kısmındaki elektronları yukarı iter ve bu elektronlar baz tarafından çekilirler. Baz kısmı oldukça dar olduğu için emiterden gelen elektronların çok az bir kısmı baz tarafından çekilirken çok büyük bir kısmı (%98 – 99'ı) kollektöre geçer.  $U_{CC}$ 'nin (+) ucu kollektördeki elektronları kendine çeker. Böylece sürekli bir elektron hareketi olur.  $U_{BB}$ 'nin verdiği baz akımı olduğu sürece emiterden baza elektron akışı sürer.



Şekil 5: NPN tipi transistörde çoğunluk akım taşıyıcılar [3]

NPN transistörde elektronlar yukarı doğru hareket ederken (Şekil 6(a)) boşluklar ise aşağı doğru gider (Şekil 6(b)). Sonuç olarak emiter akımı, baz ve kollektör akımlarının toplamına



Şekil 6: (a) NPN tipi transistörde elektron hareket yönü (b) NPN tipi transistörde boşluk hareket yönü [3]

eşittir. Kollektör akımı ( $I_C$ ) yanında baz akımı ( $I_B$ ) çok ufak kaldığı için ihmal edilebilir ve  $I_C = I_E$  diyebiliriz. Transistörlerin dayanabileceği maksimum kolektör akımı üretim sırasında belirlenir ve bu akımı veren güç değerinden yüksek değerdeki uygulamalarda transistör geri dönüşümsüz olarak zarar görebilir [5]. Transistörün gücünü

$$P = I_C V_{CE} \quad (9)$$

ile buluruz. Transistörler için kataloglarda yer alan maksimum güç değerinin aşılması gerekir [5].

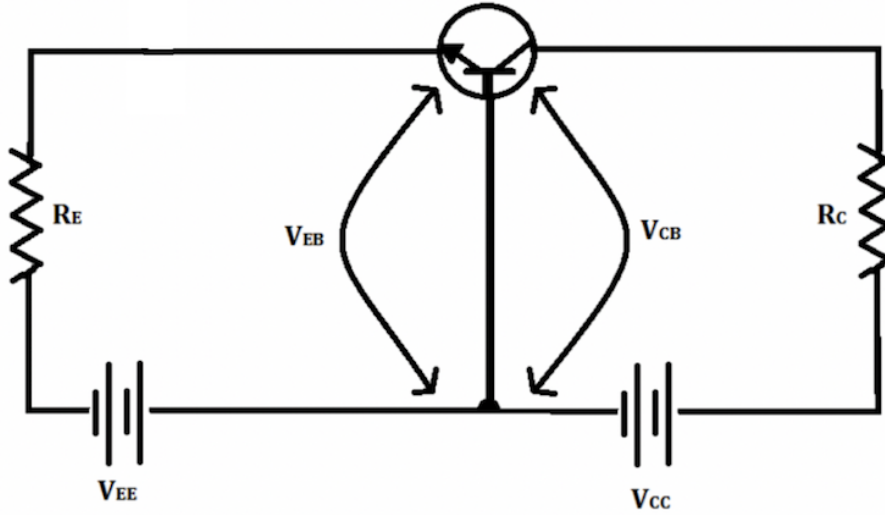
## 2 Prosedür

### 2.1 Deneysel Prosedür

#### 2.1.1 Kullanılacak Malzemeler

1. 2 adet DC gerilim kaynağı
2.  $4.7\text{ k}\Omega$ ,  $10\text{ k}\Omega$  ve  $20\text{ k}\Omega$ 'luk direnç
3. 1 adet NPN transistör
4. Multimetre
5. Breadboard
6. Bağlantı kabloları

#### 2.1.2 Deneyin Basamakları



Şekil 7: Kurulacak deney devresinin şeması

1. Şekil 7'de verilen devreyi  $R_E = 20\text{ k}\Omega$  ve  $R_C = 4.7\text{ k}\Omega$  değerlerini kullanarak kurun.
2. Güç kaynaklarını  $V_{EE} = 10\text{ V}$  ve  $V_{CC} = 10\text{ V}$  olacak şekilde ayarlayın.
3. Kollektör-baz arasındaki  $V_{CB}$  voltajını ölçün. Data ve analiz bölümünde 1. soruyu yapın.
4.  $R_C$  üzerindeki gerilimi multimetre ile ölçün. Data ve Analiz bölümündeki 2. soruyu yapın.

5. Emiter-baz arasındaki  $V_{EB}$  voltajını ölçün. Data ve Analiz bölümündeki 3. ve 4. soruları yapın.
6.  $R_E = 10k\Omega$  yapın, kollektör-baz arası  $V_{CB}$  voltajını ölçün. Data ve analiz bölümünde 5. soruyu yapın.
7.  $R_C$  üzerindeki gerilimi multimetre ile ölçün. Data ve Analiz bölümündeki 6. soruyu yapın.
8. Emiter-baz arasındaki  $V_{EB}$  voltajını ölçün. Data ve Analiz bölümündeki 7. ve 8. soruları yapın.
9.  $R_E = 10k\Omega$  iken  $R_C = 10k\Omega$  ile değiştirin. Data ve Analiz bölümündeki 9. soruyu yapın.
10. Data ve Analiz bölümündeki 10, 11 ve 12. soruları yapın.
11. Sonuçlar ve Yorumlar bölümüne; kendi ifadeleriniz ile bu deneyden çıkarımlarınızı, vardığınız sonuçları ve yorumlarınızı özenle ifade edin.
12. Katkı bölümünü de tamamlayarak raporunuzu sonlandırın.





5. Öldtüđünüz  $V_{CB}$  değerini aşağıya not edin ve aşağıdaki hesaplamayı yapın.

$$V_{CB}(\text{ölçülen}) = \dots\dots$$

$$V_{RC} = V_{CC} - V_{CB} =$$

6. Öldtüđünüz  $V_{RC}$  değerini aşağıya not edin ve aşağıdaki hesaplamayı yapın.

$$V_{RC}(\text{ölçülen}) = \dots\dots$$

$$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C} =$$

7. Öldtüđünüz  $V_{EB}$  değerini aşağıya not edin ve aşağıdaki hesaplamaları yapın.

$$V_{EB}(\text{ölçülen}) = \dots\dots$$

$$V_{RE} = V_{EE} - V_{EB} =$$

$$I_E = \frac{V_{RE}}{R_E} =$$

8. Ortak bazlı akım kazancını tekrar hesaplayın.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

9.  $R_E = 10k\Omega$  ve  $R_C = 10k\Omega$  iken  $I_C$  akımını hesaplayın.

$$I_C = \dots$$

10. Yaptığınız hesaplamalara baktığınızda kollektör direncinde bir değişim olmaksızın emiter direncinde oluşturulan değişimin ortak bazlı akım kazancı ( $\alpha$ ) üzerinde etkisi var mıdır? Açıklayın.

11. Yaptığınız hesaplamalara baktığınızda emiter direncinde bir değişim olmaksızın kollektör direncindeki değişimin kollektör akımına etkisi var mıdır? Açıklayın.

12.  $R_E = 10k\Omega$  ve  $R_C = 4.7k\Omega$  iken hesapladığımız emiter akımını kullanarak  $\alpha$  akım kazancının 1 olması için gereken kollektör akımını bulunuz.  $R_E = 10k\Omega$  ve  $R_C = 4.7k\Omega$  iken hesapladığımız kollektör akımı ile karşılaştırmamız. Aralarında ne kadar bir fark buldunuz? Yorumlayınız.





## Kaynaklar

- [1] University of Pittsburgh Lecture Notes: Dr. Qing-Ming Wang. Online accessed 28-nisan -2021.
- [2] Louis Nashelsky-Electronic Devices Robert L. Boylestad and Circuit Theory (11th Edition)-Prentice Hall, 2012.
- [3] Çankırı Karatekin Üniversitesi Ders Notları: Emre Özdemirci. Online accessed 21-mayıs -2021.
- [4] Pamukkale Üniversitesi Ders Notları : Dr. Tayfun Demirtürk. Online accessed 26-nisan -2021.
- [5] Marmara Üniversitesi Fizik Bölümü Elektronik Lab II eski f6y, Şubat 2020.