

**ESKİŐEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**HAVACILIK VE UZAY BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**HEE/UGMB BÖLÜMLERİ**

<b>Dersin Adı</b>	: HYO2006 Temel Elektronik I
<b>Laboratuvar Adı</b>	: Temel Elektrik-Elektronik Laboratuvarı
<b>Uygulama Adı</b>	: Transistörün Çalışma Prensipleri ve Uygulamaları

**1. DENEY İLE İLGİLİ MALZEMELER:**

DC Güç Kaynağı	470 k $\Omega$	Q1 = 2N3019
Multimetre	2.2 k $\Omega$	Q2=2N2219A
Sinyal Jeneratörü	47 k $\Omega$	
Osiloskop	1k $\Omega$	

**2. DENEYİN AMACI**

- Transistörün yarı iletken yapısına dayalı çalışma prensiplerini kavramak ve akım–gerilim ilişkilerini incelemek,
- Transistörün sağlamlık testini gerçekleştirmek, NPN ve PNP tipini deneysel olarak belirlemek ve emiter, beyz ve kollektör uçlarını doğru şekilde tespit etme etmek,
- Transistörün kesim, doyum ve aktif bölgelerdeki davranışlarını devre üzerinde gözlemlemek, bu bölgelerde akım ve gerilim değişimlerini ölçerek çalışma noktası (Q noktası) kavramını anlamak,
- Transistörün anahtarlama devrelerinde dijital (0–1) seviyelerinde çalışma mantığını incelemek, giriş sinyaline bağlı olarak çıkışın nasıl kontrol edildiğini gözlemlemek ve bu yapının temel lojik davranışını anlamak,
- Transistörün yükselteç devrelerinde küçük genlikli AC sinyallerin genlik ve faz özelliklerindeki değişimini incelenmek,

### 3. TEORİK ÖNBİLGİ

Transistör, esasen giriş sinyalini direncin büyüklüğüne transfer edebilen bir “taşıyıcı direnç”tir. Bundan dolayı transistör kelimesi, “**transfer**” ve “**resistor**” kelimelerinin birleştirilmesiyle elde edilmiştir.

Transistörler yarı iletken malzemelerden üretilir ve temel olarak iki ana tipe ayrılır: **PNP** ve **NPN**. Bu isimlendirme, yarı iletken katmanların dizilişine göre yapılır. Bu farklı yapı, akım yönünü ve çalışma prensibini etkiler.

Transistör, üç bacaklı bir devre elemanıdır ve bu bacaklar **Beyz (Base)**, **Kollektör (Collector)** ve **Emiter (Emitter)** olarak adlandırılır.

Transistörler, çalışma prensiplerine ve yapısal özelliklerine göre üç ana gruba ayrılır: **BJT**, **FET** ve **MOSFET**. BJT’ler akım kontrollü elemanlar olup NPN ve PNP tiplerine sahiptir; FET ve MOSFET türleri ise gerilim kontrollü çalışır ve yüksek giriş empedansları sayesinde özellikle tamponlama ve anahtarlama uygulamalarında tercih edilir.

Kullanım alanlarına bakıldığında transistörler en çok **yükselteç** ve **anahtarlama** elemanı olarak kullanılır. Yükselteç olarak kullanıldığında, zayıf bir giriş sinyalini büyütür ve çıkışta daha güçlü bir sinyal elde edilmesini sağlar. Anahtarlama uygulamalarında ise transistör, açık (iletimde) ve kapalı (kesimde) durumlar arasında çalışarak dijital devrelerin temelini oluşturur.

#### 3.1. Transistörün İç Yapısı ve PNP-NPN Transistör

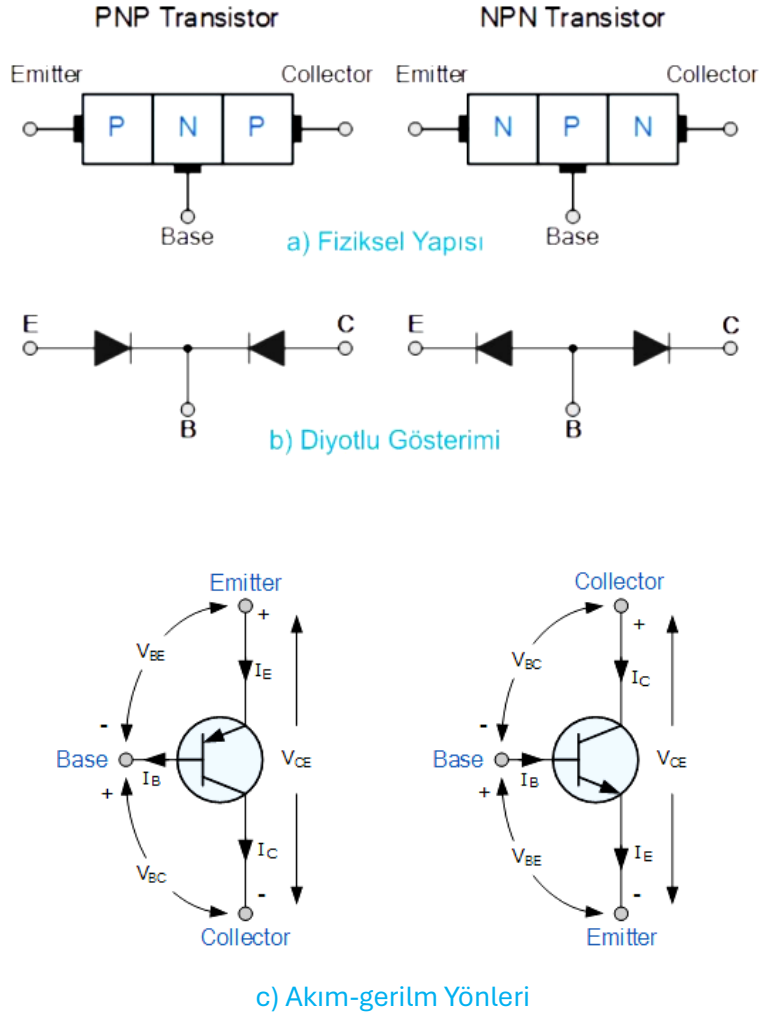
Transistör de üç terminal bulunur. Bunlar sırasıyla beyz, kollektör ve emiter uçlarıdır.

**Beyz**, transistörün **kontrol ucudur**. Üzerine uygulanan küçük bir akım veya gerilim, transistörün ilettime geçip geçmeyeceğini belirler. Yapısı ince ve hassastır, bu yüzden kontrol için çok az enerji yeterlidir.

**Kollektör**, dış devreden gelen **ana akımın toplandığı** uçtur. Dayanıklı yapıda tasarlanmıştır çünkü ısı ve akım yükü fazladır. Kollektöre akan akım ( $I_C$ ), beyz ve emiter arasındaki voltaj düşümünün ( $V_{BE}$ ) değiştirilmesiyle veya beyz terminaline akan akımın ( $I_B$ ) değiştirilmesiyle kontrol edilir.

**Emiter** ise akımın devreye geri verildiği **çıkış ucudur**. Kollektörden gelen akım, beyz kontrolü ile emiter üzerinden devreyi tamamlar. Genellikle akımın “çıkış yaptığı” uç olarak görev yapar.

NPN ve PNP transistörler bu iç yapıya bağlı olarak benzer çalışma mantığına sahip olsa da kutuplama yönleri farklıdır. NPN transistörde iletim sağlanabilmesi için **beyz-emiter** jonksiyonu **doğru polarmalanırken, kollektör-beyz** jonksiyonu **ters polarmalanır**. PNP transistörde ise bu durum tersine döner. Bu nedenle her iki tip transistör devrelerde farklı gerilim yönleri ile çalıştırılır ve kullanım sırasında doğru bağlantı yapılması büyük önem taşır. Şekil 1’de transistörün fiziksel yapısı, diyotlu gösterimi ve akım-gerilim yönleri gösterilmiştir.



**Şekil 1:** Transistörün sırasıyla iç yapısı (a), diyotlu gösterimi (b), ve akım-gerilim yönleri (c)

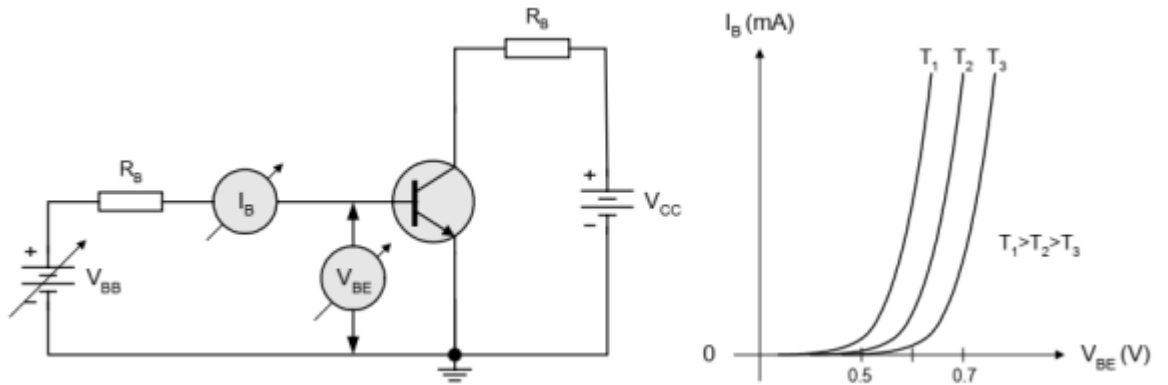
### 3.2. Transistörün Giriş Karakteristiği

Karakteristik eğri, herhangi bir elektriksel elemanda akımlar ve gerilimler arasındaki ilişkileri gösterir. Transistörler; giriş ve çıkış karakteristikleri de dahil olmak üzere çeşitli karakteristik eğrilere sahiptir. Transistörün giriş karakteristiği beyz-emiter gerilimi ( $V_{BE}$ ) ile beyz akımı ( $I_B$ ) arasındaki ilişkiyi verir.

Transistörün giriş karakteristiklerini elde etmek için, kollektör-emiter gerilim ( $V_{CE}$ ) parametre olarak alınır ve bu gerilime göre beyz akımı ( $I_B$ ) değiştirilir. Beyz akımındaki bu değişimin beyz-emiter gerilimine ( $V_{BE}$ ) etkisi ölçülür.

Grafikten de görüldüğü gibi transistörün giriş karakteristiği normal bir diyot karakteristiği ile benzerlik gösterir.  $V_{BE}$  gerilimi 0.5V'un altında olduğu sürece beyz akımı ihmal edilecek derecede küçüktür. Uygulamalarda aksi belirtilmedikçe transistörün iletme başladığı andaki beyz-emiter gerilimi  $V_{BE} = 0.7V$  olarak kabul edilir.

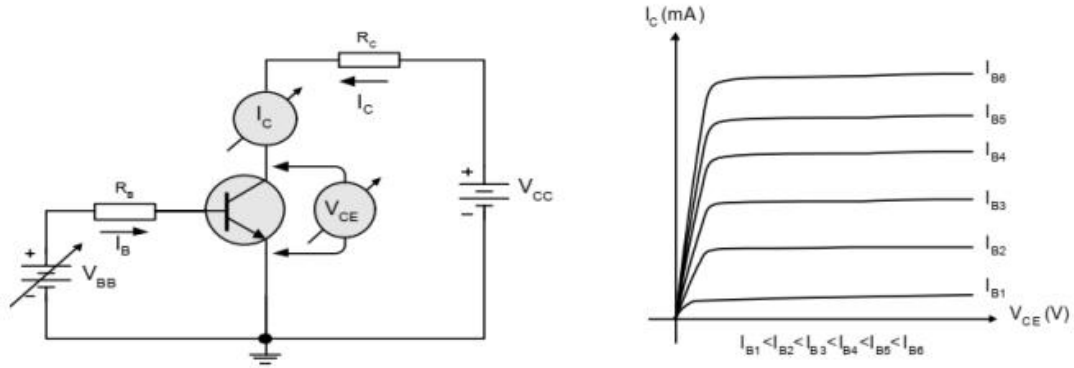
Beyz-emiter ( $V_{BE}$ ) gerilimi, sıcaklık arttıkça azalır. Şekilde üç sıcaklık ( $T_1, T_2, T_3$ ) için  $I_B$ 'nin  $V_{BE}$ 'ye göre değişim eğrisi verilmiştir. Şekil 2'de BJT'nin giriş karakteristiğini elde etmek için gerekli devre düzeneği ve transistörün giriş karakteristik eğrileri verilmiştir.



**Şekil 2:** BJT'nin giriş karakteristiğini elde etmek için gerekli devre düzeneği ve transistörün giriş karakteristik eğrileri

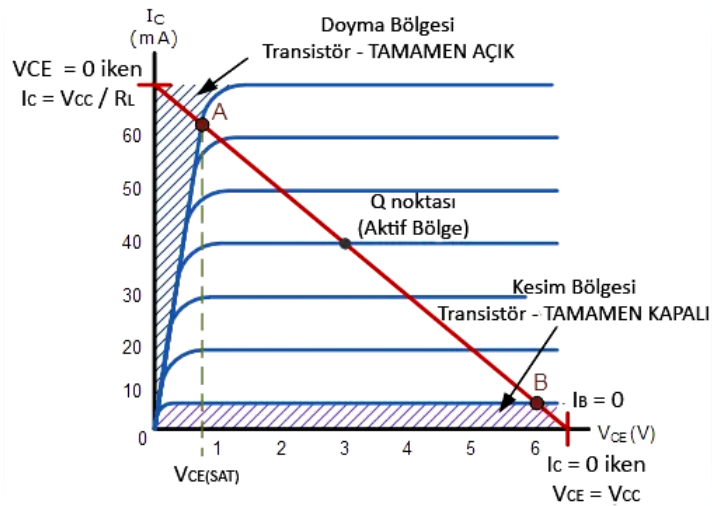
### 3.3. Transistörün Çıkış Karakteristik Eğrileri ve Çalışma Bölgeleri

Transistörlerde çıkış, kollektör-emiter uçları arasından alınır. Bu nedenle transistörün çıkış karakteristiği; beyz akımındaki ( $I_B$ ) değişime bağlı olarak, kollektör akımı ( $I_C$ ) ve kollektör-emiter ( $V_{CE}$ ) gerilimindeki değişimi verir. Transistörün çıkış karakteristiğini elde etmek için gerekli devre düzeneği ve transistörün çıkış karakteristik eğrileri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: BJT'nin çıkış karakteristiğini elde etmek için gerekli devre düzeneği ve transistörün çıkış karakteristik eğrileri

Transistörlü bir devre tasarlanırken öncelikle çıkış karakteristikleri üzerinde Q çalışma noktasının belirlenmesi gerekir. Şekil 4'te gösterilen çıkış karakteristiği üzerindeki doğruya **yük doğrusu** denir ve **Q çalışma noktası** bu doğru üzerinde bulunur.



Şekil 4: Transistörün Çalışma Bölgeleri

Transistörle üç farklı çalışma bölgesine sahiptir. Bunlar sırasıyla aktif, kesim (cut-off) ve doyum (saturation) bölgesidir.

### Aktif bölge:

Transistörün aktif bölgede olması için:

- BE jonksiyonu ileri polarmalıdır:

$$V_{BE} \approx 0.7V \text{ (silisyum için)}$$

- BC jonksiyonu ters polarmalıdır:

$$V_{CE} > V_{BE}$$

Aktif bölgede akımlar arasında şu ilişki vardır:

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E \approx I_C$$

Yük direnci varsa:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

### Kesim Bölgesi:

Transistörün kesim bölgesinde:

- Beyz akımı yoktur:

$$I_B \approx 0$$

- Beyz-emiter jonksiyonu ileri polarmalı değildir:

$$V_{BE} < 0.7V \text{ (Si transistör için)}$$

Kesim bölgesinde akımlar arasında şu ilişki vardır:

$$I_C = \beta I_B \text{ ise,}$$

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0$$

dolayısıyla,

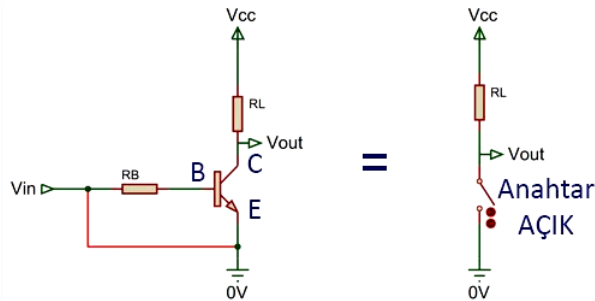
$$I_E = I_C + I_B = 0$$

Gerilim arasında şu ilişki vardır:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$$

$$V_{CE} \approx V_{CC}$$



### Doyum Bölgesi:

Transistörün doyum bölgesinde:

- Beyz-emiter jonksiyonu ileri polarmalıdır:

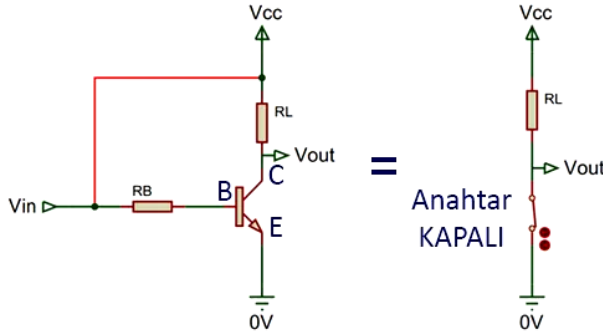
$$V_{BE} \approx 0.7V$$

- Beyz akımı yeterince büyüktür:

$$I_B \text{ yüksektir}$$

- Kollektör-emiter gerilimi çok küçüktür:

$$V_{CE} \approx 0.1V - 0.3V$$



Doyum bölgesinde akımlar arasında şu ilişki vardır:

$$I_C = \beta I_B \text{ ise,}$$

Doyum bölgesinde bu ilişki bozulur.

$$I_C < \beta \cdot I_B$$

Yük direnci üzerinden:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Doyumda:

- $I_C$  maksimuma yakındır.
- $V_{CE}$  minimuma düşer.

$$V_{CE(sat)} \approx 0.2V$$

### 3.4. Transistörün Anahtarlama ve Yükselteç Olarak Kullanılması

Transistörler elektronik devrelerde temel olarak **anahtarlama** ve **yükseltme (kuvvetlendirme)** amacıyla kullanılır. Kullanım şekli, transistörün hangi çalışma bölgesinde çalıştırıldığına bağlıdır.

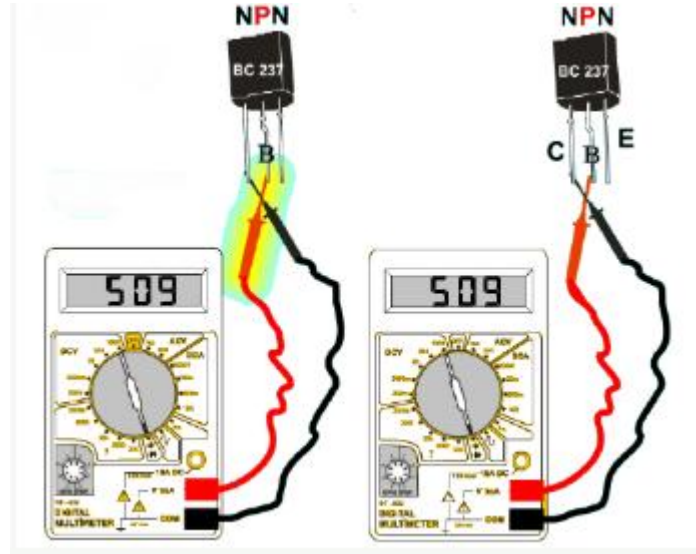
**Anahtarlama devrelerinde** transistör, kesim ve doyum bölgelerinde çalıştırılır. Kesim bölgesinde transistör kapalı (OFF) durumdadır ve akım geçirmez. Doyum bölgesinde ise tamamen iletimdedir (ON) ve maksimum akım geçişine izin verir. Bu sayede transistör, bir anahtar gibi davranarak dijital devrelerde 0 ve 1 mantık seviyelerinin oluşturulmasında kullanılır.

**Yükselteç devrelerinde** ise transistör aktif bölgede çalıştırılır. Bu bölgede beyz ucuna uygulanan küçük bir giriş sinyali, kollektör akımında daha büyük bir değişim oluşturur. Böylece zayıf sinyaller büyütülerek çıkışta daha güçlü bir sinyal elde edilir. Bu özellik, özellikle ses ve analog sinyal işleme devrelerinde büyük önem taşır.

### 3.5. Transistör Ayaklarının Bulunması ve Tipinin Belirlenmesi

Transistörün sağlamlık kontrolü, iç yapısında bulunan PN jonksiyonların davranışına dayanır. Bu jonksiyonlar, diyot gibi davranır; yani **doğru yönde bağlandığında akım geçirir (düşük direnç gösterir)**, ters yönde bağlandığında ise **akım geçirmez (yüksek direnç gösterir)**.

Multimetremiz öncelikle gösterge panelinden diyot kademesine getirilir. Multimetrenin problardan biri transistörün üç ucundan herhangi birine (genelde orta uç - beyz bacağı) sabit tutulur ve diğer prob iki uca da tek tek değdirilir. Sabit olan iki değerden küçük olan kollektör bacağına büyük olan ise emiter bacağına ifade eder. Emiteri ve kollektörü bulduğunuzda sabit tuttuğunuz bacaktaki (beyz) prob siyah renkli ise PNP, kırmızı renkli ise NPN tiptir. Şekil 5'te NPN bir transistörün multimetre yardımıyla bacaklarının bulunması gösterilmiştir.



**Şekil 5:** NPN Bir Transistörün Multimetre Yardımıyla Beyz, Emiter ve Kollektör Bacaklarının Bulunması

Tablo 1 ve Tablo 2’de sırasıyla NPN ve PNP transistorun ohmmetre ile sağlamlık kontrolünde bağlantı Őekilleri ve beklenen ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

	NPN Transistor ve ohmmetre problemleri bağlantı Şekli (doğru polarize)	NPN transistor için beklenen ölçüm sonucu	NPN transistor ve ohmmetre problemleri bağlantı Şekli (ters polarize)	NPN transistor için beklenen ölçüm sonucu
E-B	Emitere (-) Beyze (+)	Düşük direnç	Emitere (+) Beyze (-)	Yüksek direnç
B-C	Beyze (+) Kolektöre (-)	Düşük direnç	Beyze (-) Kolektöre (+)	Yüksek direnç
E-C	Emitere (+) Kolektöre (-)	Yüksek direnç	Emitere (-) Kolektöre (+)	Yüksek direnç

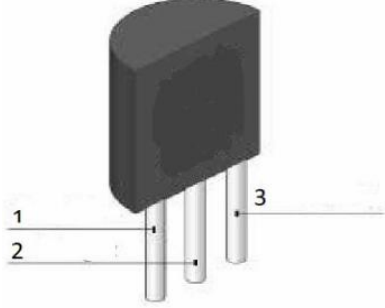
**Tablo 1:** NPN transistorun ohmmetre ile sağlamlık kontrolünde bağlantı Őekilleri ve beklenen ölçüm sonuçları

	Pnp transistor ve ohmmetre problemleri bağlantı Şekli (doğru polarize)	Pnp transistor beklenen ölçüm sonucu	Pnp transistor bağlantı Şekli (ters polarize)	Pnp transistor beklenen ölçüm sonucu
E-B	Emitere (+) Beyze (-)	Düşük direnç	Emitere (-) Beyze (+)	Yüksek direnç
B-C	Beyze (-) Kolektöre (+)	Düşük direnç	Beyze (+) Kolektöre (-)	Yüksek direnç
E-C	Emitere (+) Kolektöre (-)	Yüksek direnç	Emitere (-) Kolektöre (+)	Yüksek direnç

**Tablo 2:** PNP transistorun ohmmetre ile sağlamlık kontrolünde bağlantı Őekilleri ve beklenen ölçüm sonuçları

#### 4. DENEYİN YAPILIŞI:

##### 4.1. Ohmmetre Kullanarak Transistörün Tipini Belirlemek ve Sağlamlık Testi



- a) Multimetrenizi diyot kademesine alınız ve aşağıdaki tabloda transistörün bacak numaraları ile verilen ölçümleri yapınız.

2N3019 transistör için:

Bacak Numarası	1-2	2-1	1-3	3-1	2-3	3-2
Değeri (V)						

**Transistör tip:** NPN/PNP

**Transistör Sağlam mı?** : Evet/Hayır

2N2905A transistör için:

Bacak Numarası	1-2	2-1	1-3	3-1	2-3	3-2
Değeri (V)						

**Transistör tip:** NPN/PNP

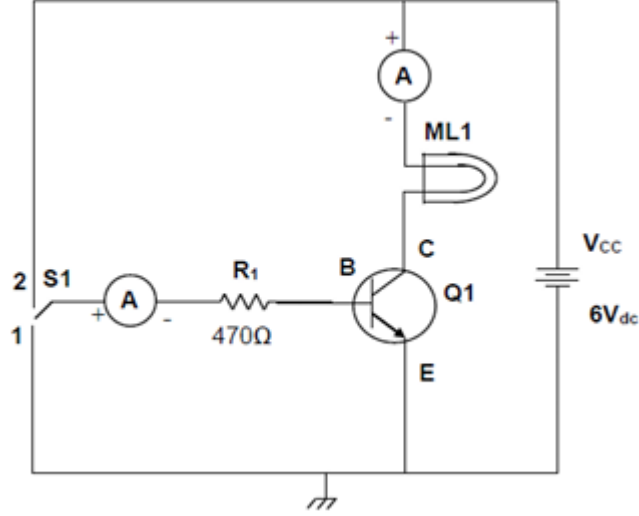
**Transistör Sağlam mı?** : Evet/Hayır

#### Sağlamlık Kriterleri

- Beyz-emitör: Tek yönde iletim → sağlam
- Beyz-kollektör: Tek yönde iletim → sağlam
- Kollektör-emitör: İletim olmamalı → sağlam
- Çift yönlü iletim → kısa devre (arıza)
- Hiç iletim yok → açık devre (arıza)

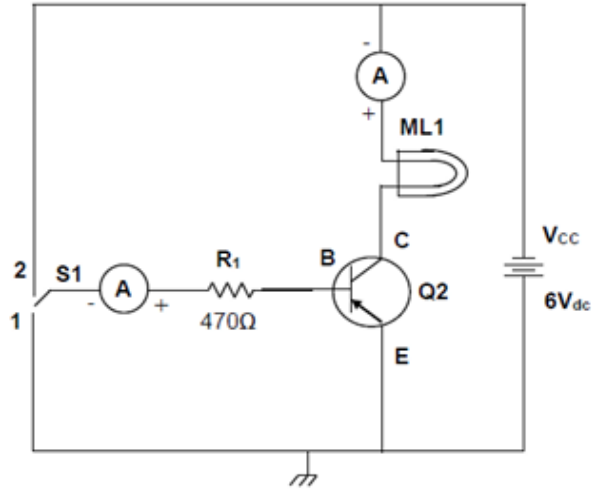
**Not:** Sağlamlık testi için ölçüm sırasında multimetre diyot test modunda kullanılmalıdır.

4.2. NPN ve PNP Transistörlerde Anahtarlama Davranışının İncelenmesi,  $I_B$ ,  $I_C$   
 $V_{BE}$  ve  $V_{CE}$  Parametrelerinin Hesaplanması ve Ölçülmesi



a) Şekildeki devreyi breadboard üzerine kurunuz. Aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

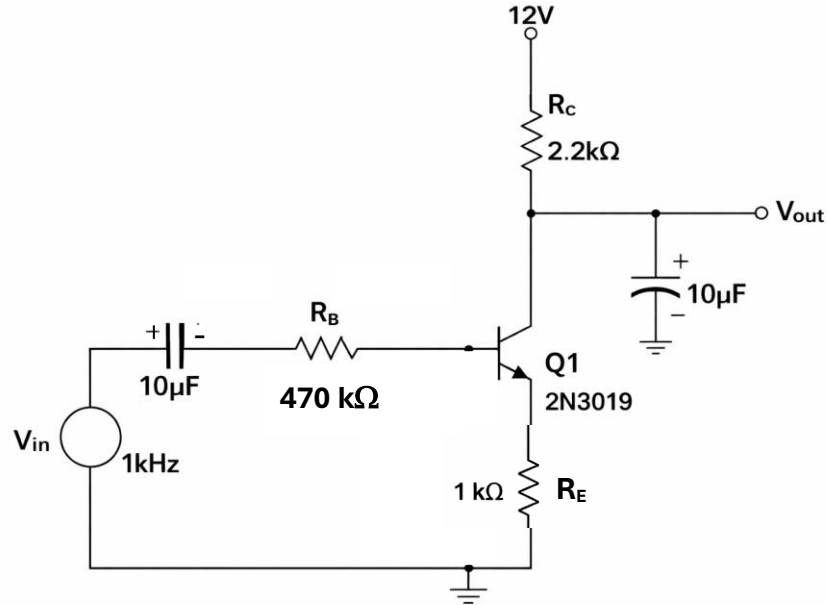
	$I_B$ (mA)	$I_C$ (mA)	$V_{BE}$ (V)	$V_{CE}$ (V)
Lambanın Işık Verdiği Durum				
Lambanın Sönük Olduğu Durum				



b) Transistoru 2N2905A PNP transistoru ile değiştiriniz. Vcc kaynağının ve ölçü aletlerinin kutuplarını şekildeki devredeki gibi değiştiriniz. Aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	$I_B$ (mA)	$I_C$ (mA)	$V_{BE}$ (V)	$V_{CE}$ (V)
Lambanın Işık Verdiği Durum				
Lambanın Sönük Olduğu Durum				

#### 4.3. Ortak Emiterli Yükselteç Devresinde $I_B$ , $I_C$ ve $V_{CE}$ Parametrelerinin Hesaplanması ve Ölçülmesi



a) Sinyal jeneratöründen giriş sinyali ( $V_{in}$ ) olarak 1kHz ve  $0.5V_{PP}$  bir sinüzoidal dalga veriniz. Multimetre ile istenilen akım ve gerilim değerlerini ölçerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz. ( $A_v = -2,2$  ve  $V_{out} = -A_v \cdot V_{in}$ )

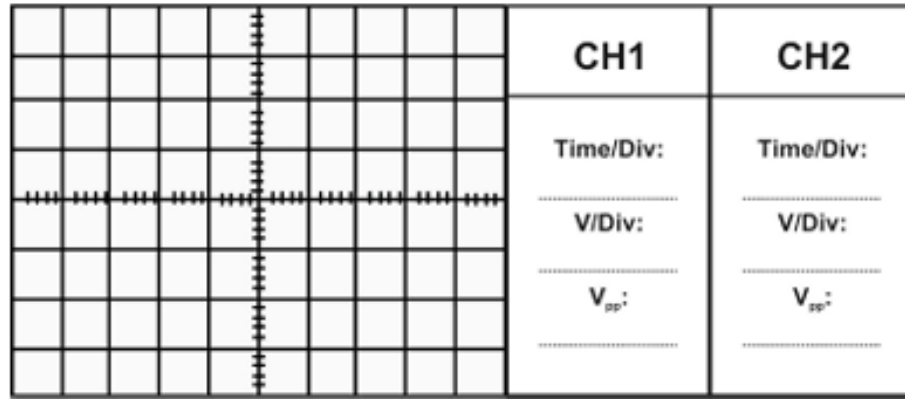
	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer
$I_B$ (mA)		
$I_C$ (mA)		
$V_{CE}$ (V)		
$V_{in}$ (V)		
$V_{out}$ (V)		
$A_v$	-2,2	

**Bağlantı sırasında dikkat edilmesi gerekenler:**

- DC güç kaynağı ve sinyal jeneratörünün toprakları ortak olmalıdır.
- Elektrolitik kondansatörler (+) ve (-) uçlarına dikkat edilerek bağlanmalıdır.

b) Giriş ve çıkış sinyallerini osiloskopta incelemek için CH1 probunu  $V_{in}$  girişine, CH2 probunu  $V_{out}$  çıkışına bağlayınız. Osiloskop görüntüsünü, giriş ve çıkış işaretleri faz farkını dikkate alarak ve istenen değerlerle birlikte Grafik-1'e kaydediniz.

**Grafik-1**



c) Çıkış sinyalinin genliği giriş sinyaline göre nasıl değişmiştir? Açıklayınız.

.....

Giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı var mıdır? Açıklayınız.

.....