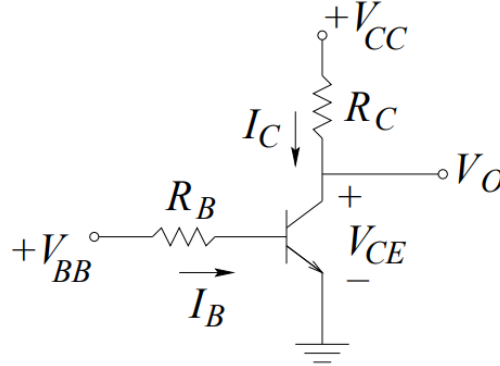


## Deney 1: BJT Çalışma Karakteristiği

Bu deneyin amacı, ortak emiterli devre konfigürasyonunda BJT'nin DC davranışını araştırmaktır.



Şekil 1: Ortak emiterli BJT konfigürasyonu

$V_{BB} < V_{BE(ON)}$  iken transistor kesim (cut-off) modundadır ve  $I_B = 0$  'dır.  $V_{BB} > V_{BE(ON)}$  iken  $I_B$  'yi bulmak için aşağıdaki çevre denklemini kullanırız.

$$I_B = (V_{BB} - V_{BE(ON)}) / R_B$$

Bu durumda  $I_C$  ve  $V_{CE}$  değerine bağlı olarak transistor aktif modda veya doyum (saturation) modunda olabilir. Devrenin davranışını incelemek için çıkış hattındaki çevreye ait denklemi

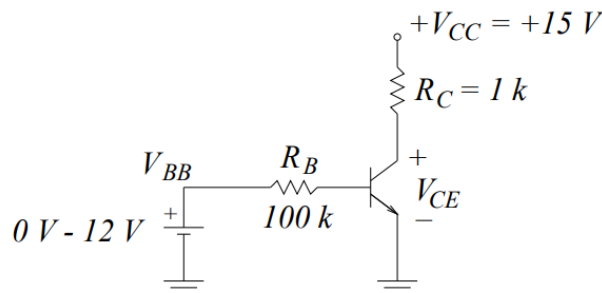
$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

şeklinde yazabiliriz. Bir  $I_B$  akımı için yük doğrusu ve  $i_C - V_{CE}$  eğirisinin kesiştiği nokta operasyon noktasını (Q noktası) ve transistörün çalışma durumunu(modunu) belirler. Eğer bu nokta sabit akım bölgesinde ise transistör aktif modda çalışır . Bu durumda  $I_C = \beta I_B$  ve  $V_{CE} > V_{CE(SAT)}$  olur. Tersi durumda transistör doyum modundadır ve  $V_{CE} \approx V_{CE(SAT)}$  olur. Bu durumda çıkış çevre denkleminde;

$$I_C = (V_{CC} - V_{CE(SAT)}) / R_C \quad \text{ve} \quad I_C < \beta I_B \text{ olur.}$$

### **Ön Hazırlık**

Ön hazırlık soruları laboratuvarında kuracağınız aşağıdaki devre ile ilgilidir.



Şekil 2: Deney devresi

Girişte ayarlanabilir bir DC gerilim kaynağımız ( $V_{BB}$ ) var.  $I_B$  akımı  $V_{BB}$  değerinin değiştirilmesi ile ayarlanabilir.

1.  $V_{BB}$  değerini 0-12 V aralığında değiştirerek  $I_B$  akımı için en büyük ve en küçük değerleri bul.  $V_{BE(ON)} = 0.6$  V olsun .

Devrenin davranışını çıkış denkleminde elde edilen  $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$  yük doğrusu ile transistör  $i_C - V_{CE}$  karakteristikleri belirler. Transistör karakteristikleri transistörün  $\beta$  (beta) değerine bağlıdır.  $\beta$  değerleri transistörler için büyük bir aralıkta değişebilir. Laboratuvarında kullanacağımız transistör için  $200 < \beta < 320$  şeklinde olacaktır. Ön hazırlıkta  $\beta$  değerini 260 alarak bazı hesaplar yapacağız. Bununla birlikte deney sırasında muhtemelen bu değer farklı olacaktır. Bu yüzden ölçüm ve hesaplamalarımız farklılaşabilir.  $\beta = 260$  olsun ve  $V_{CE(SAT)} = 0.2$  V kabul edelim.

2.  $I_B = 0 \mu A$  'den  $I_B = 100 \mu A$ 'e kadar her adımda  $20 \mu A$ 'lik artışla transistörün  $i_C - V_{CE}$  karakteristiğini (parçalı doğrusal model-piecewise linear model) çiz. Bu çizime ait örnekler föyün ekler bölümünde verilmiştir. Aynı grafik üzerinde  $R_C = 1k \Omega$  ve  $V_{CC} = 15$ ,  $V_{CC} = 10$  V,  $V_{CC} = 5$  V,  $V_{CC} = 1$  V değerleri için yük doğrularını çiz. Grafiğin ölçekli, düzgün olmasına ve birimlerin yazılı olmasına dikkat edin.

3. Bir önceki adımı  $R_C = 2.2k \Omega$  için ayrı bir grafikte tekrar edin.

$V_{CC}$ ,  $R_C$  ve  $I_B$  gibi değerlerin hepsinin transistörün çalışma durumuna ve çıkış gerilimi  $V_{CE}$  'ye etki ettiğine dikkat ediniz.

Laboratuvarında ilk olarak  $R_C = 1k \Omega$  ve  $V_{CC} = 15$  V için  $I_B$ 'yi değiştirerek  $I_C$ 'yi ölçeceğiz. Transistör aktif modda çalıştığında bu ikili arasında  $I_C = \beta I_B$  ilişkisi olacaktır. Bununla birlikte  $I_B$ 'yi belli bir seviyenin üstüne kadar artırdığımızda transistör doyum moduna geçecektir.

4. Transistörün doyum moduna geçtiği  $I_B$  değerini belirle.  $R_C = 1k \Omega$  ve  $V_{CC} = 15$  V olsun.
5. Önceki adımı  $R_C = 2.2k \Omega$  için tekrarla.

Deneyde ayrıca  $I_B$  sabitken  $V_{CC}$  değerini değiştirerek  $i_C - V_{CE}$  karakteristiğini de inceleyeceğiz. 2. ve 3. bölüm grafiklerine bakarak bunun nasıl çalıştığını anlayabilirsin. Sabit bir  $I_B$  akımında  $V_{CC}$  'yi değiştirmek Q noktasını sabit  $I_B$  eğrisi boyunca hareket ettirir.  $V_{CC}$ 'yi 15 V'dan 0 V'a düşürürken  $I_C$  ve  $V_{CE}$ 'yi ölçmek belirlenmiş sabit bir  $I_B$  akımındaki tüm transistör karakteristiklerini gösterir.

6. Bu devredeki transistörün mümkün olan bütün çalışma modlarını düşünerek, gerçek bir transistörün asıl  $i_B - V_{BE}$  ve  $i_C - V_{CE}$  karakteristikleri ve parçalı doğrusal modeli arasındaki bütün farklılıkları listele ve açıkla.

7. BJT devresini  $R_C = 1k \Omega$  ve  $V_{CC} = 15$  V değerleri için LTspice veya istediğiniz bir yazılımla simüle edin.  $V_{BB} - V_{CE}$  grafiğini  $0 < V_{BB} < 12$  V aralığı için çizdirin. (Bunun için DC sweep kullanın.) Grafikte transistörün aktif, doyum ve kesim modda olduğu bölgeleri gösterin.

8. Doyum bölgesine yakından bakın.  $V_{BB}$  arttıkça  $V_{CE}$  'deki küçük değişimleri açıkça görebilirsiniz. Sonuçlarınızı yorumlayınız.

### Deneyde Yapılacaklar

Deneyde BC237 veya benzer karakteristiklere sahip bir npn transistör kullanabilirsiniz. Bu transistör için  $V_{BE(ON)} = 0.6$  ve  $V_{CE(SAT)} = 0.2$  alınacaktır. Deneye başlamadan önce dirençlerin değerlerini multimetre ile kontrol et.

Ön hazırlıktaki devreyi  $R_C = 1k \Omega$  kullanarak kur.  $V_{CC} = 15 V$  ayarla.

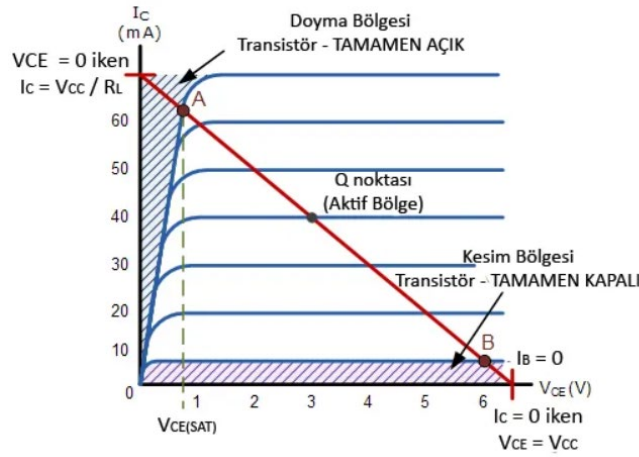
Deney boyunca,  $I_B$ 'yi ölçmek için  $100k \Omega$  luk dirence düşen gerilimi multimetre ile ölç ve bu değeri  $100k$ 'ya böl. Aynı şekilde  $I_C$ 'yi bulmak için  $R_C$  üzerine düşen gerilimi multimetre ile ölç ve  $R_C$ 'ye böl.

1.  $I_B = 0 \mu A$ 'e kur.  $I_C$  ve  $V_{CE}$ 'yi ölç. Transistör hangi modda?
2. İlk olarak çeşitli  $I_B$  değerlerinde transistörün  $\beta$  değerini ölçeceğiz.  $I_B = 5 \mu A$  'den  $I_B = 100 \mu A$  'e kadar  $5 \mu A$ 'lik adımlarla artır.  $I_B$ 'nin her değeri için  $I_C$  ve  $V_{CE}$  'yi ölç. Bunu yaparken  $V_{CE}$  ile  $V_{CE(SAT)}$  değerlerini karşılaştırarak transistörün doyum modunda olmadığından emin ol ve  $\beta$ 'yi hesapla. Bu şekilde ölçtüğün  $\beta$  değeri  $I_B$ 'ye bağlı olabilir bir derece. (Gerçek ve model arasındaki bir farklılık) . Sekiz farklı  $\beta$  değerini ölçerek ortalama  $\beta$  değerini bul. Deneyin kalanında bu  $\beta$  değerini kullan.
3. Önceki bölümde elde ettiğin bilgileri kullanarak  $i_C$ - $V_{CE}$  grafiğini çiz. Verini düz bir doğruya oturt ve kesişen eksenleri belirle. Ortaya çıkan düz çizgi neyi temsil ediyor?
4. Şimdi  $I_B$ 'nin artışının transistörü doyum moduna nasıl götürdüğünü göreceğiz.  $10 \mu A$ 'lik adımlarla  $I_B$  akımını  $50 \mu A$ 'dan  $100 \mu A$ 'ya kadar artırarak  $I_B$ 'nin her değeri için  $I_C$  ve  $V_{CE}$  değerlerini ölç ve transistörün çalışma modunu  $\beta I_B$  ile  $I_C$  değerlerini kıyaslayarak belirle. Doyum modundan önceki  $V_{CE}$  ile sonraki  $V_{CE}$ 'yi karşılaştır. Gerçek bir transistör ile model arasındaki farklılıkları not et.
5. Üçüncü bölümdeki  $i_C$ - $V_{CE}$  grafiğine bir önceki bölümde elde ettiğin veri noktalarını ekle. Düz çizgi davranışı herhangi bir şekilde değişti mi?
6. Şimdi  $i_C$ - $V_{CE}$  karakteristiğini sabit  $I_B = 20 \mu A$  akımında inceleyeceğiz.  $V_{CC}$ 'yi yük doğrusu boyunca değiştirirken  $I_C$  ve  $V_{CE}$ 'yi ölçerek bunu yapabiliriz.  $V_{CC}$ 'yi  $15 V$ 'dan başlayarak  $1V$ 'dan büyük olmayacak adımlarla azalt, ve her adımda  $I_C$  ile  $V_{CE}$ 'yi ölç . Doyum bölgesinden sonra daha yakın adımlar seç ve her noktaya ait grafiği çiz.

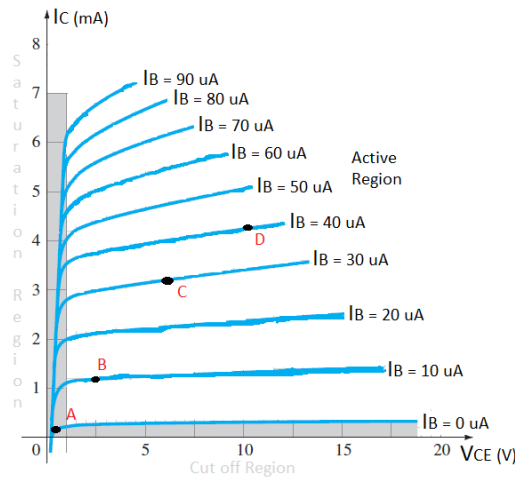
7. Önceki bölümdeki verileri kullanarak Erken etki gerilimi olarak bilinen  $V_A$ 'yı belirle. Bunu yapmak için  $i_C$ - $V_{CE}$  grafiğinde aktif bölgedeki eğimi hesaplamalısın ve bu doğrunun yatay eksenini ( $V_{CE}$ ) kestiği noktayı belirlemelisin. (Örnek bir çizim eklerde verilmiştir.)
8. Şimdi  $R_C$ 'nin değişimiyle yük doğrusunun eğiminin nasıl değiştiğini araştıracağız.  $R_C=2.2\text{ k}\Omega$  yapalım.  $I_B$ 'yi  $5\text{ }\mu\text{A}$ 'lık adımlarla  $5\text{ }\mu\text{A}$ 'dan  $70\text{ }\mu\text{A}$ 'ya kadar artırırken her bir  $I_B$  değeri için  $I_C$  ile  $V_{CE}$ 'yi ölçelim. Bu veriyi 3. ve 5. bölümlerdeki grafiğe ekleyelim.  $R_C$ 'nin değişimi transistörü doyuma iten  $I_B$  değerini nasıl değiştirdi?

## EKLER

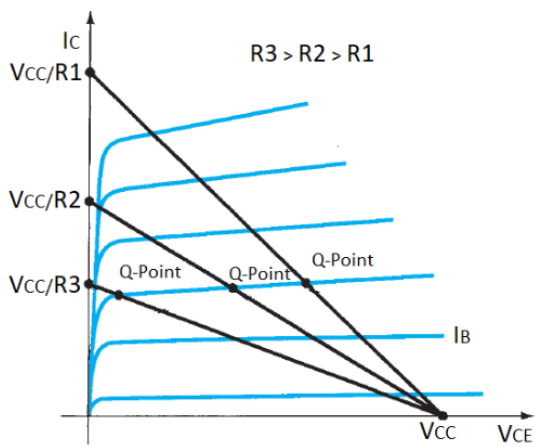
Örnek Yük doğruları,  $i_C$ - $V_{CE}$  (parçalı doğrusal model- piecewise linear model) grafikleri ve Erken etki gerilimi ile ilgili grafikler aşağıda verilmiştir.



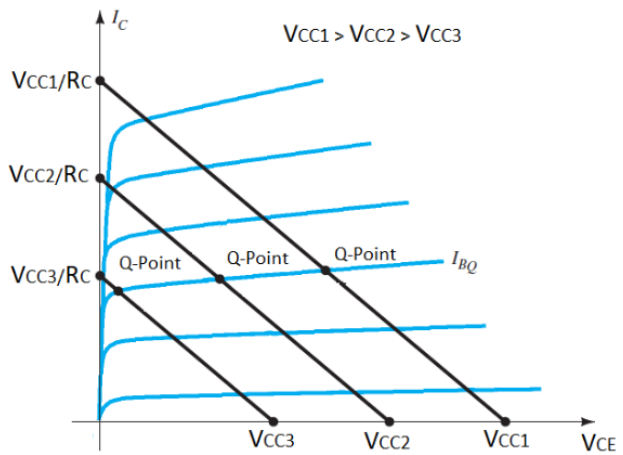
<https://diyot.net/transistorlerin-calisma-bolgeleri/>



<https://electronics.stackexchange.com/questions/619391/graphing-modes-of-bjt>

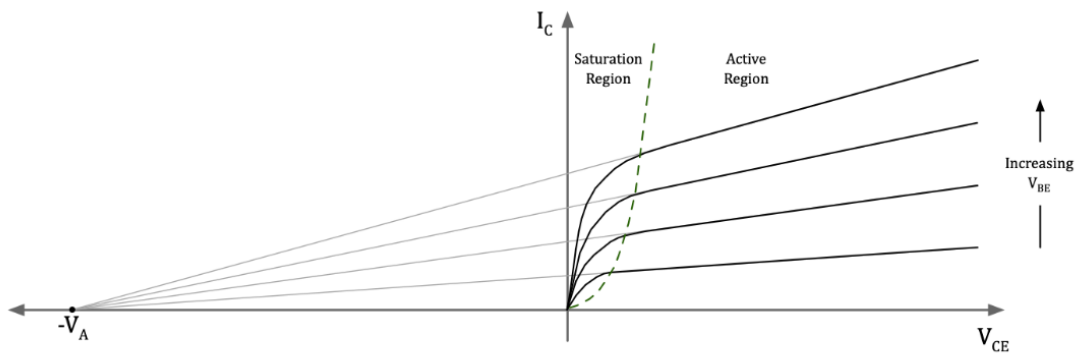


**Effect of increasing load resistance on load line and operating points**



**Effect of reducing supply voltage on load line and operating points**

<https://www.engineersgarage.com/what-are-the-different-methods-of-transistor-biasing/>



<https://circuitcellar.com/resources/quickbits/early-effect/>