

Elektronik Aygıtlar

BÖLÜM 3 **BİPOLAR JONKSİYON TRANSİSTÖRLERİ (BJT)**

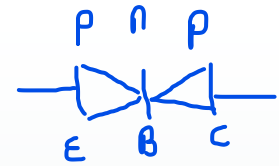
BMB2012 – Elektronik Devreler ve Aygıtlar
Ders Notları
Bursa Uludağ Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
2023-2024 Bahar Yarıyılı

Çeviren ve Düzenleyen: Prof. Dr. Kemal FİDANBOYLU

Transistörler

- Transistörler, diğer iki katmandan çok daha ince bir baz veya orta katmana sahip üç yarı iletken katmandan oluşan üç terminalli cihazlardır. Dıştaki iki katman, ya n - veya p -tipi malzemelerden olup, orta katman zıt tiptedir.
- DC polarlama, ac amplifikasyonu için uygun çalışma bölgesini oluşturmak için gereklidir. Emitör katmanı yoğun şekilde katkılıdır, baz ve kolektör katmanları ise hafif şekilde katkılıdır. Dış katmanlar, p - veya n -tipi malzemeden üretilir ve çok daha büyük genişliklere sahiptir.
- 23 Aralık 1947'de Dr. S. William Shockley, Walter H. Brattain ve John Bardeen, Bell Telefon Laboratuvarlarında ilk transistörün güçlendirici özelliğini ispat ettiler.

Transistörün Yapısı



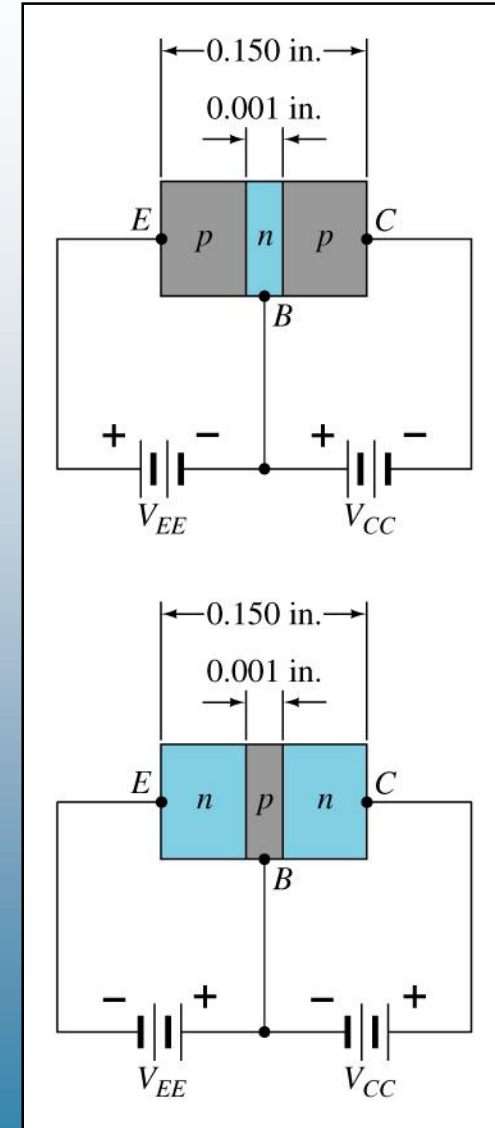
Baz kısmı hep incedir.

- İki tür bipolar jonksiyon transistör vardır:

pnp ve npn

- Transistör terminalleri aşağıdaki şekilde etiklenmiştir:

- E – Emitör (Emitter)**
- B – Baz (Base)**
- C – Kolektör (Collector)**



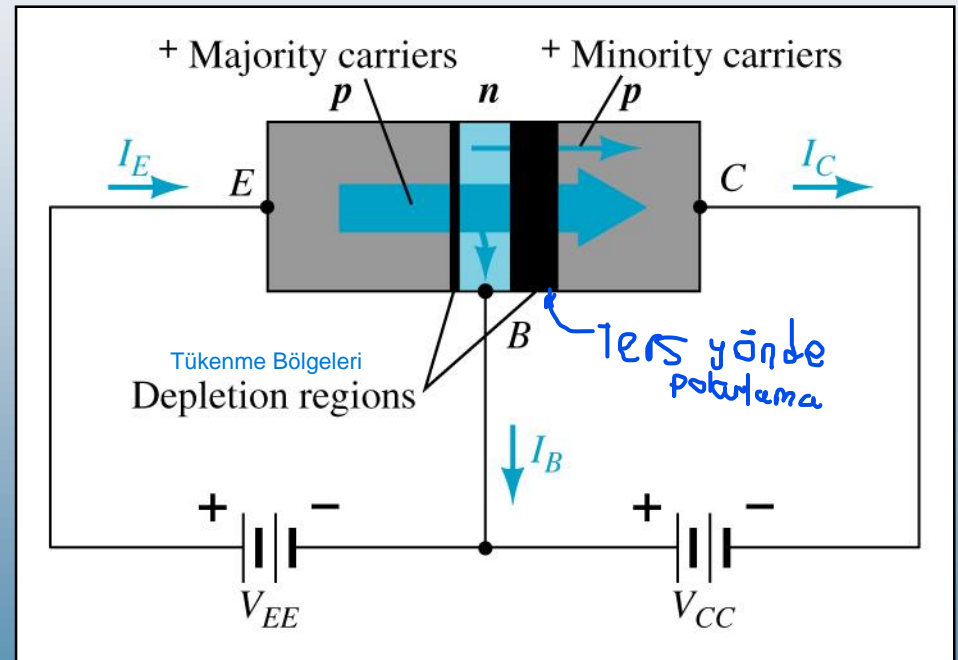
pnp

npn

Transistörün Çalışması

- Harici kaynaklar, V_{EE} ve V_{CC} aşağıdaki şekilde bağlanır:

- Emitör-baz bağlantısı ileri yönde polarlamalıdır.
- Baz-kolektör bağlantısı ters yönde polarlamalıdır.
E ve C miliAmper seviyesinde ve yakla ık olarak e it.
- B mikroAmper seviyesindedir



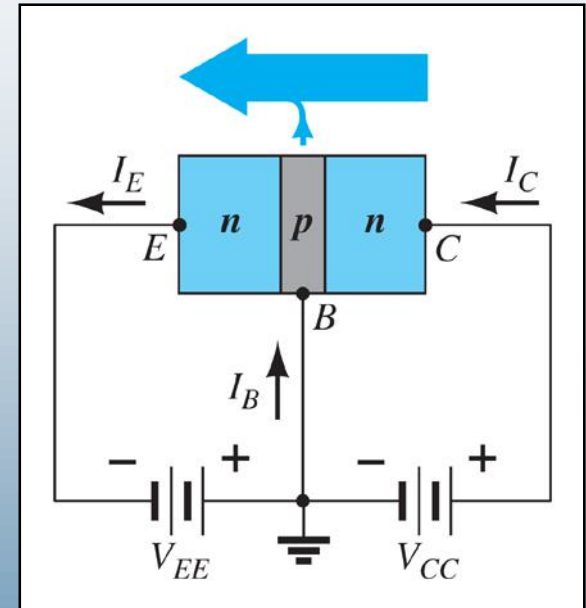
Transistördeki Akımlar

- Her türlü bu formül geçerlidir ister pnp ister npn olsun
- Emitör akımı, kolektör ve baz akımlarının toplamıdır:

$$I_E = I_C + I_B$$

- Kolektör akımı iki akımdan oluşur:

$$I_C = I_C(\text{majority}) + I_{CO}(\text{minority})$$

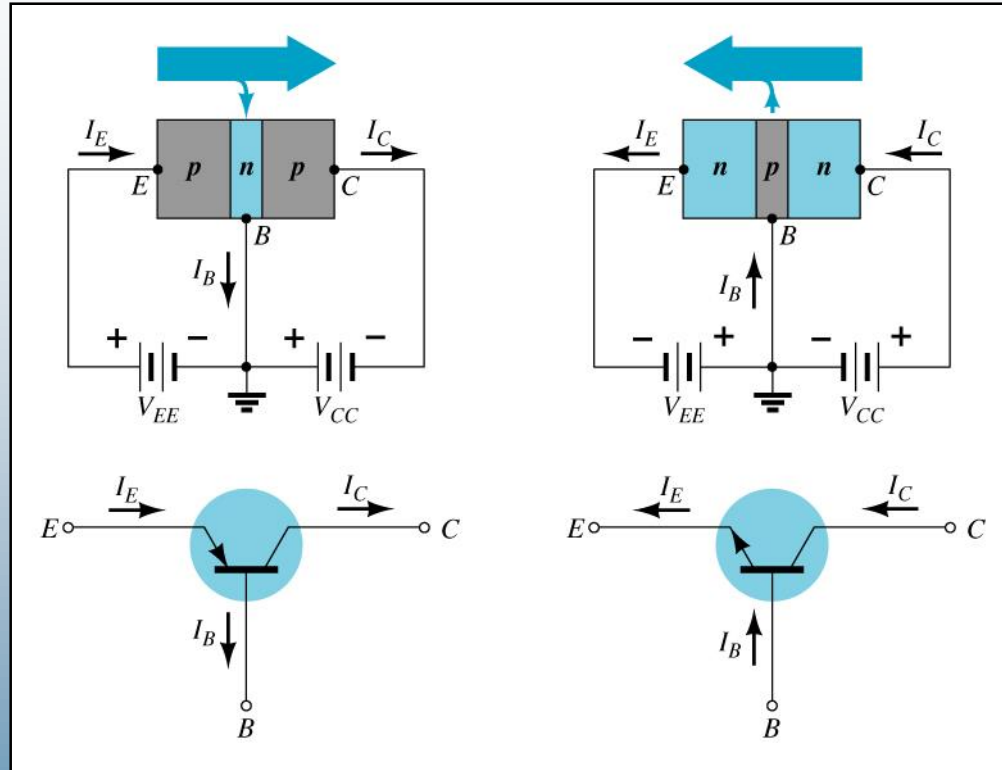


Ortak Baz (CB) Konfigürasyonu

PNP -> Pointing In

NPN -> Not Pointing In

VEE ve VCC benim hangi bölgede oldu umu belirliyor. 3 slayt sonrası.



kisini de ters polarlamalı
başlarsak cutoff

kisi de düz başlanırsa aktif
bölge.

Biri ters biri düz olursa
yüklenme bölgesi.

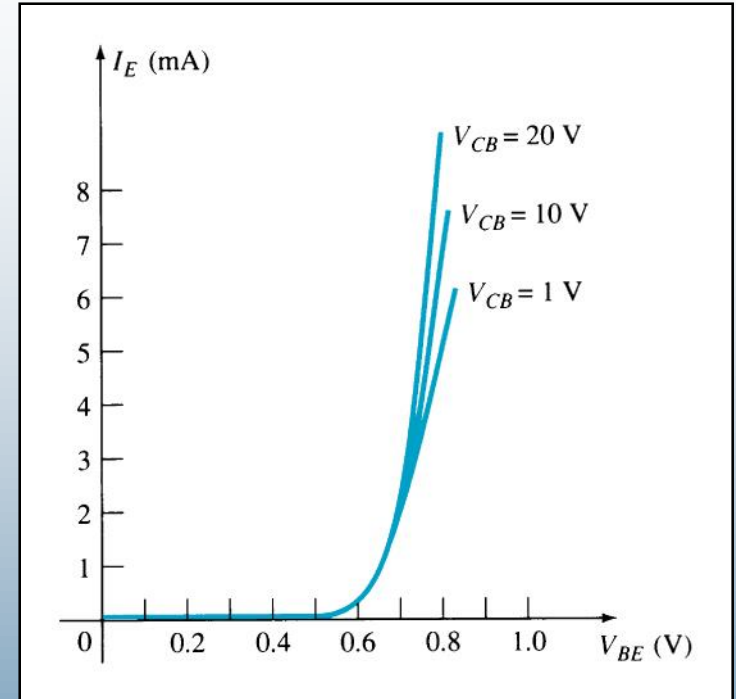
- Baz terminali, transistörün hem giriş (emitör-baz) bağlantısı hem de çıkış (kolektör-baz) bağlantısı için ortaktır.

Ortak Baz (CB) Amplifikatör (1)

- **Giriş Özellikleri:**
- Bu eğri, üç farklı çıkış voltajı (V_{CB}) seviyesi için giriş akımı (I_E) ile giriş voltajı (V_{BE}) arasındaki ilişkiyi gösterir.

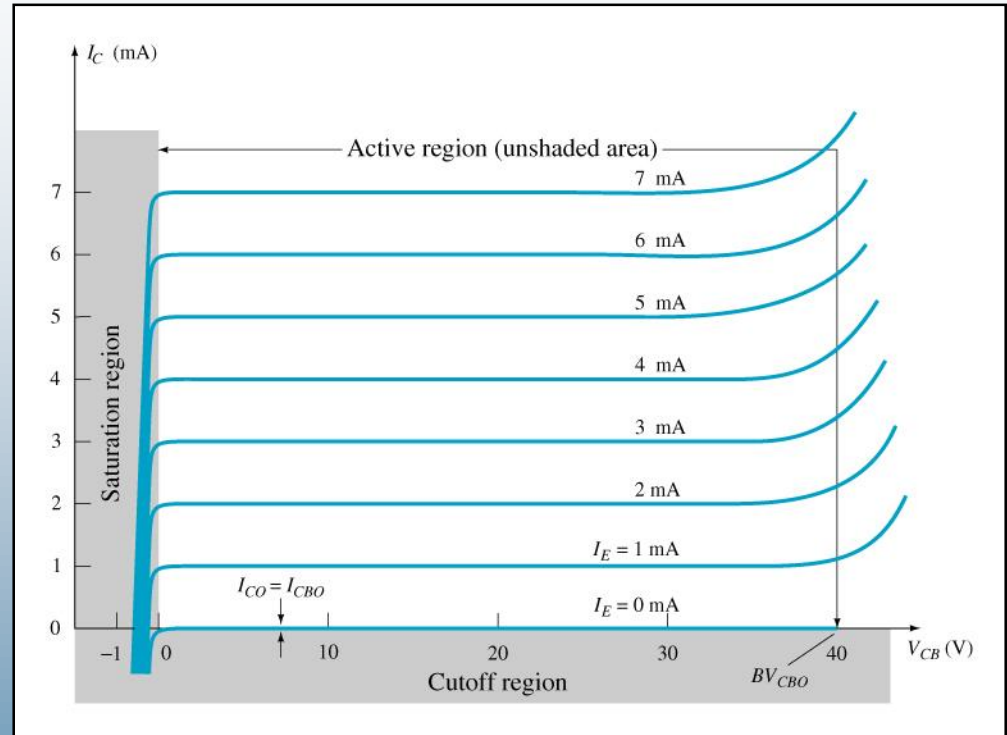
CE, CB, CC vardır. Toprak nereye ba lıysa
CE -> Ortak Emitör
CB -> Ortak Baz
CC -> Ortak Kolektör

Grafik Diyot grafi ine epey benzer.



Ortak Baz (CB) Amplifikatör (2)

- Çıkış Özellikleri:
- Bu grafik, çeşitli giriş akımı (I_E) seviyeleri için çıkış akımının (I_C) bir çıkış voltajına (V_{CB}) olan ilişkisini gösterir.



Çalışma Bölgeleri

- **Aktif (Active)** Yukarıdaki grafikteki beyaz kısım
 - Amplifikatörün çalışma aralığı.
- **Kesim (Cutoff)** Diyotun off'u gibi çalışır
 - Amplifikatör temelde kapalıdır. Gerilim vardır, ancak akım azdır.
- **Doyma (Saturation)**
 - Amplifikatör tamamen çalışır durumdadır. Akım vardır, ancak gerilim azdır.

Transistör (amplifier) de eri yükseltmek için kullanılır.

Yaklaşık Değerler

- Emitör ve kolektör akımları:

$$I_C \cong I_E$$

- Baz emitör voltajı:

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V (Silisyumiçin)}$$

Germanyumdan transistör yapılmaz çünkü sıcaklığı çok duyarlıdır.

Alfa (α)

- Alfa (α), I_C 'nin I_E 'ye oranıdır:

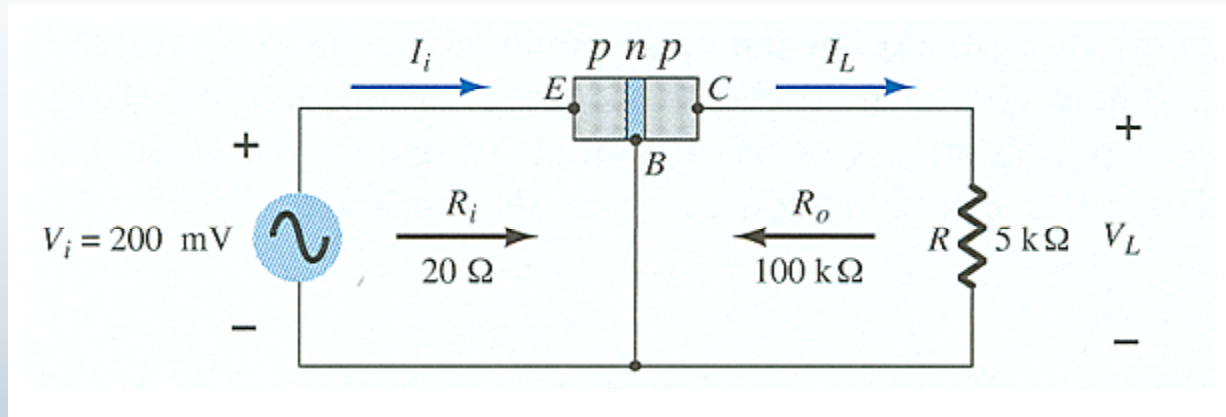
$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

- İdeal olarak: $\alpha = 1$
- Gerçekte, α , 0.9 ile 0.998 arasında bir değere sahiptir.

- AC modunda alfa (α):

$$\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

Transistör Amplifikatör



- Akımlar ve Gerilimler:**

$$I_E = I_i = \frac{V_i}{R_i} = \frac{200 \text{ mV}}{20 \Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$I_C \cong I_E \quad I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$I_L \cong I_i = 10 \text{ mA}$$

$$V_L = I_L R = (10 \text{ mA})(5 \text{ k}\Omega) = 50 \text{ V}$$

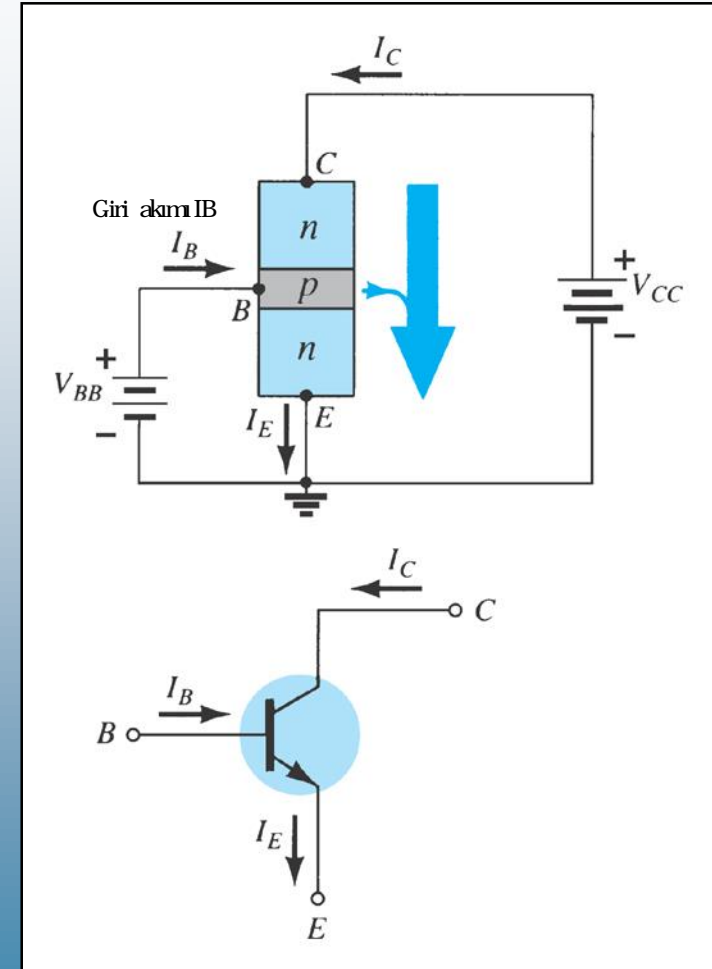
- Gerilim Kazancı:**

$$A_V = \frac{V_L}{V_i} = \frac{50 \text{ V}}{200 \text{ mV}} = 250$$

Ortak Emitör (CE) Amplifikatör

- Emitör, hem giriş (baz-emitör) hem de çıkış (kolektör-emitör) devrelerinde ortaktır.
- Giriş baza uygulanır ve çıkış kolektörden alınır.

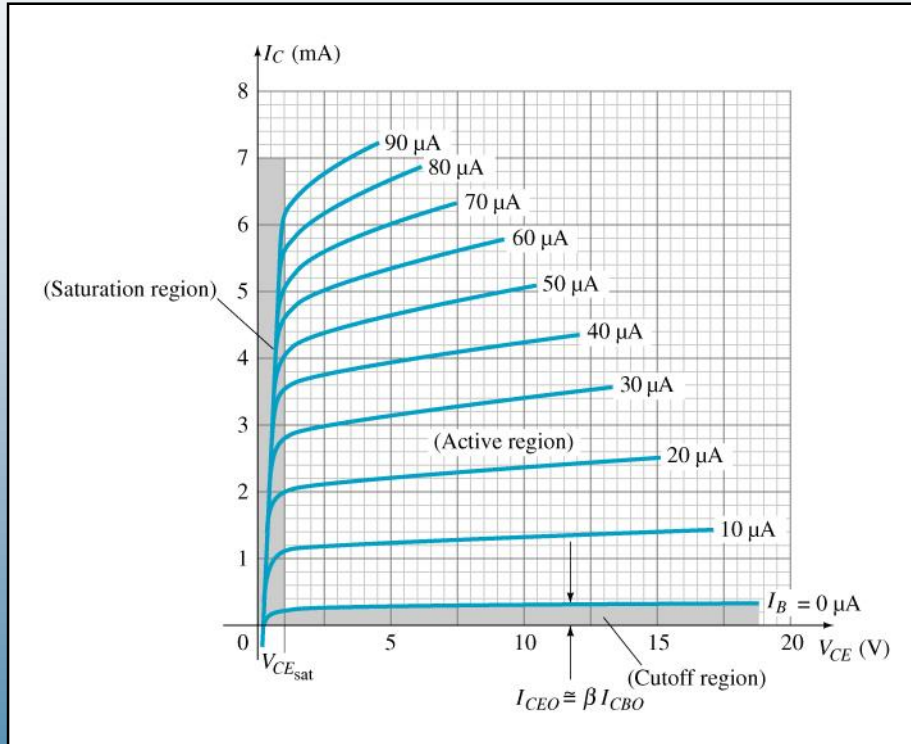
kiside ters ise CutOff ikisi de normal ise Saturation



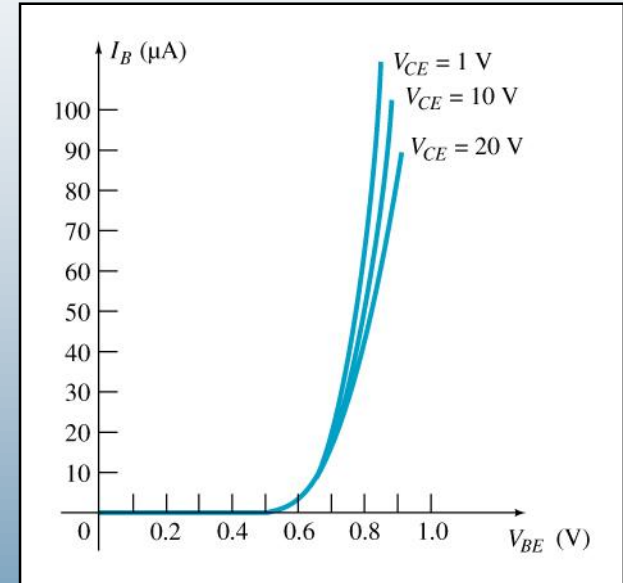
Ortak Emitör (CE) Özellikleri

Cutoff tam
sıfırdan
başlamaz
ona dikkat et

- Kollektör Özellikleri**



- Baz Özellikleri**



CE'ün grafi indee riler biraz rampalı.

Ortak Emitör (CE) Amplifikatör Akımları

- İdeal Akımlar:

$$I_E = I_C + I_B \qquad I_C = \alpha I_E$$

- Gerçek Akımlar:

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

Burada, I_{CBO} azınlık toplayıcı akımıdır.

- I_{CBO} genellikle o kadar küçüktür ki, yüksek güçlü transistörler ve yüksek sıcaklık ortamları dışında göz ardı edilebilir.
- $I_B = 0 \mu\text{A}$ olduğunda, transistör kesimdedir, ancak I_{CEO} adı verilen bir azınlık akımı akar.

$$I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} \Big|_{I_B = 0 \mu\text{A}}$$

Beta (β) (1)

- β bir transistörün amplifikasyon faktörünü temsil eder.

- *DC modunda:*

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

50 ile 400 arasında olur bu yüzden grafik polinomik

- *AC modunda:*

$$\beta_{ac} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE}=\text{constant}}$$

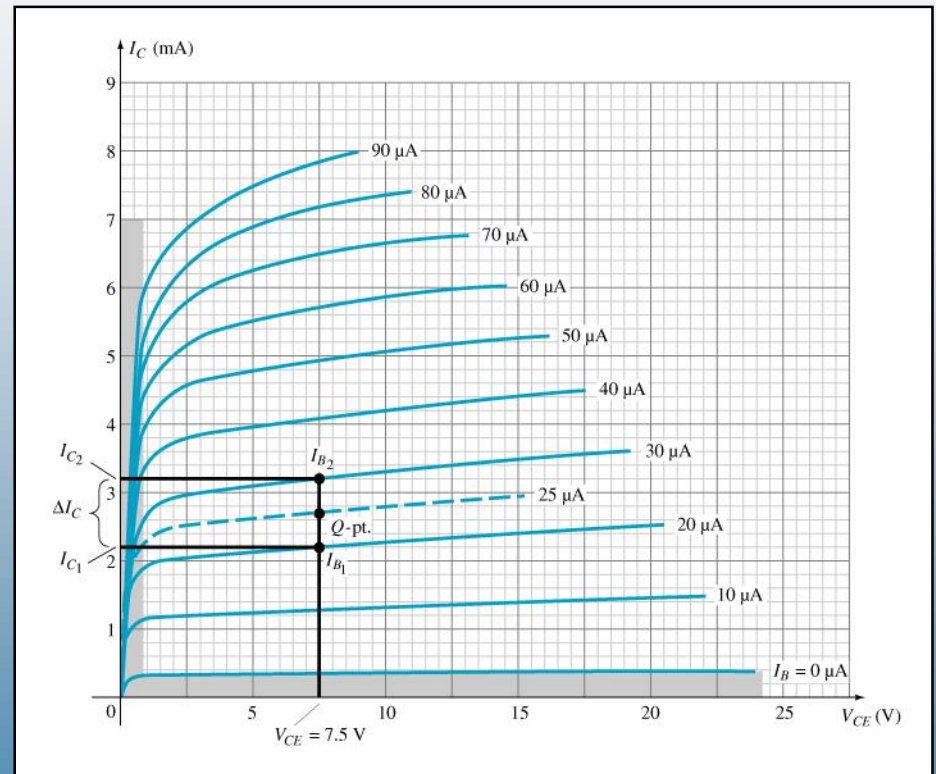
- β_{ac} bazen transistör modelleme hesaplamalarında kullanılan bir terim olan h_{fe} olarak adlandırılır.

Beta (β) (2)

- Bir Grafikten β 'yı Belirleme:

$$\begin{aligned}\beta_{AC} &= \frac{(3.2 \text{ mA} - 2.2 \text{ mA})}{(30 \mu\text{A} - 20 \mu\text{A})} \\ &= \frac{1 \text{ mA}}{10 \mu\text{A}} \Big|_{V_{CE}=7.5 \text{ V}} \\ &= 100\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_{DC} &= \frac{2.7 \text{ mA}}{25 \mu\text{A}} \Big|_{V_{CE}=7.5 \text{ V}} \\ &= 108\end{aligned}$$





Beta (β) (3)

- Amplifikasyon faktörleri β ve α arasındaki ilişki:

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\alpha - 1}$$

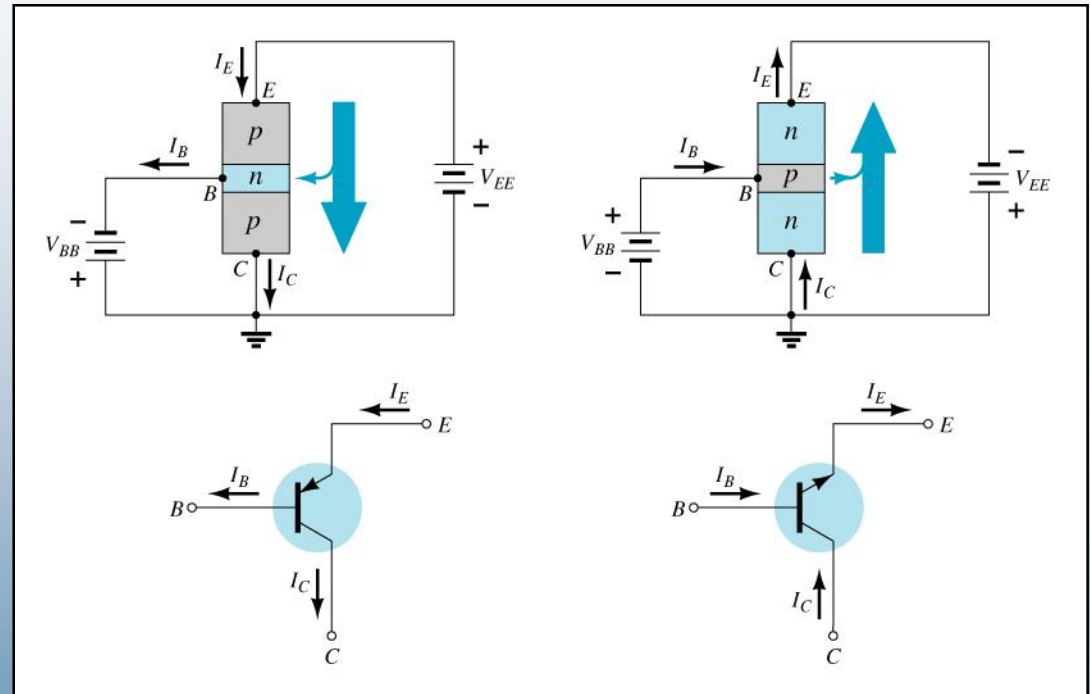
- Akımlar arasındaki ilişki:

$$I_C = \beta I_B$$

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

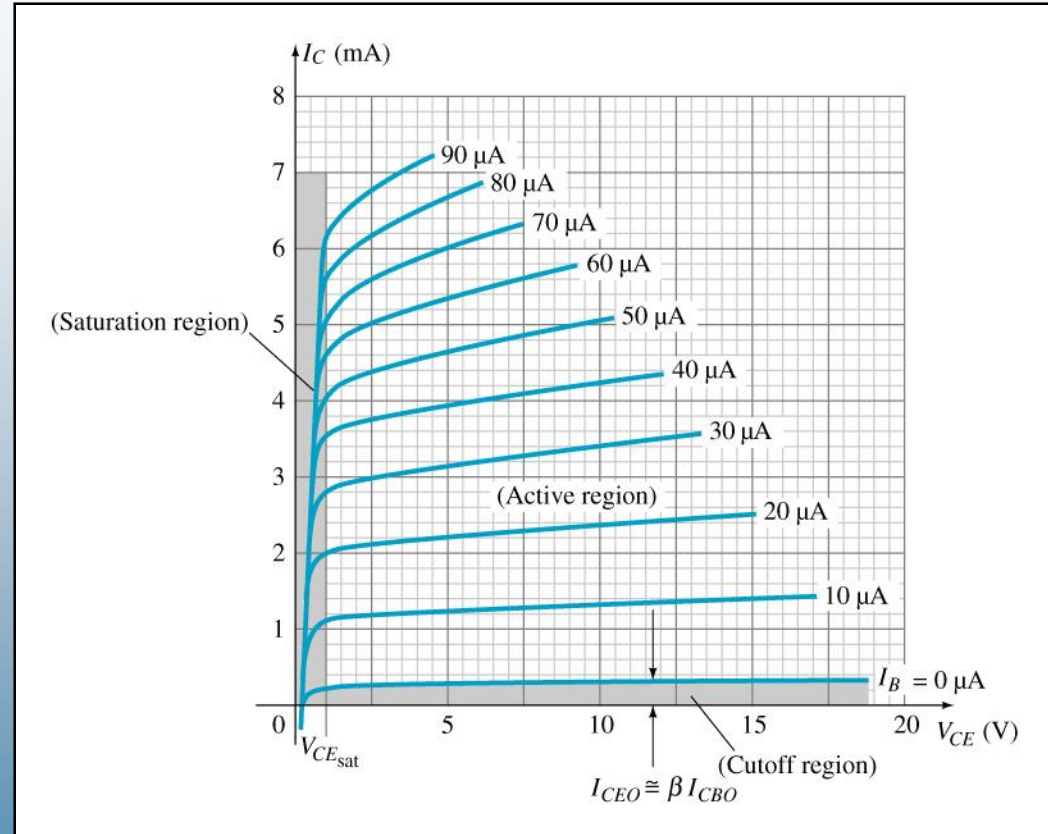
Ortak Kolektör (CC) Konfigürasyonu (1)

- Giriş baz terminalinde ve çıkış emitör terminalindedir.



Ortak Kolektör (CC) Konfigürasyonu (2)

- Dikey eksenin I_E olması dışında, karakteristikler ortak emitör amplifikatörünkilere benzer.



Çalışma Limitleri

Mavi yerlere gidince transistör yanar.

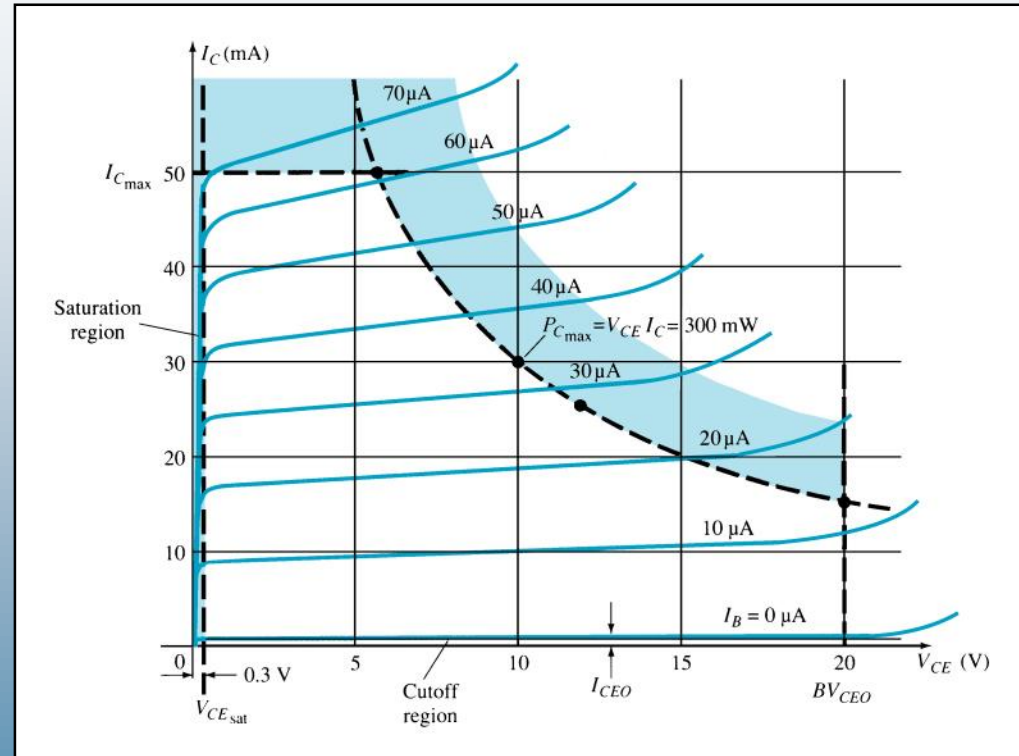
- Kesim bölgesinde V_{CE} maksimum ve I_C minimumdur.

$$I_{C(\max)} = I_{CEO}$$

- Doyma bölgesinde I_C maksimum ve V_{CE} minimumdur.

$$V_{CE(\max)} = V_{CE(\text{sat})} = V_{CEO}$$

$$\begin{aligned} I_{CEO} &\leq I_C \leq I_{C_{\max}} \\ V_{CE_{\text{sat}}} &\leq V_{CE} \leq V_{CE_{\max}} \\ V_{CE} I_C &\leq P_{C_{\max}} \end{aligned}$$



- Transistör, doyma ve kesim arasındaki aktif bölgede çalışır.

Güç Kaybı

- Ortak baz (CB):

$$P_{Cmax} = V_{CB} I_C$$

- Ortak emitör (CE):

$$P_{Cmax} = V_{CE} I_C$$

- Ortak kolektör (CC):

$$P_{Cmax} = V_{CE} I_E$$

Transistör Teknik Özellikler Belgesi (1)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	2N4123	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	40	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	200	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_j, T_{stg}	-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C W



Transistör Teknik Özellikler Belgesi (2)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage (1) ($I_C = 1.0 \text{ mA}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	30		Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 10 \mu\text{A}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	40		Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{A}$, $I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	5.0	–	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 20 \text{ Vdc}$, $I_E = 0$)	I_{CBO}	–	50	nA
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 3.0 \text{ Vdc}$, $I_C = 0$)	I_{EBO}	–	50	nA

ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain(1) ($I_C = 2.0 \text{ mA}$, $V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$) ($I_C = 50 \text{ mA}$, $V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$)	h_{FE}	50 25	150 –	–
Collector-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = 50 \text{ mA}$, $I_B = 5.0 \text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	–	0.3	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = 50 \text{ mA}$, $I_B = 5.0 \text{ mA}$)	$V_{BE(sat)}$	–	0.95	Vdc

Transistör Teknik Özellikler Belgesi (3)

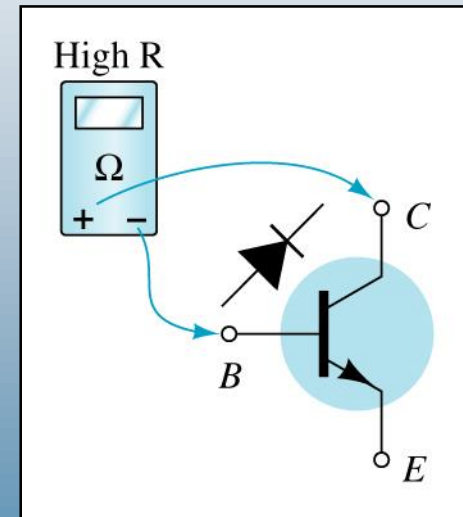
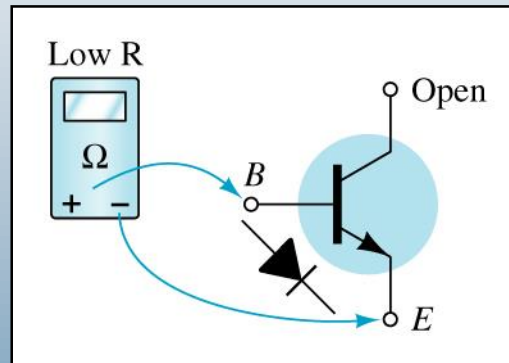
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain – Bandwidth Product ($I_C = 10 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 20 \text{ Vdc}$, $f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	250		MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 5.0 \text{ Vdc}$, $I_E = 0$, $f = 100 \text{ MHz}$)	C_{obo}	–	4.0	pF
Input Capacitance ($V_{BE} = 0.5 \text{ Vdc}$, $I_C = 0$, $f = 100 \text{ kHz}$)	C_{ibo}	–	8.0	pF
Collector-Base Capacitance ($I_E = 0$, $V_{CB} = 5.0 \text{ V}$, $f = 100 \text{ kHz}$)	C_{cb}	–	4.0	pF
Small-Signal Current Gain ($I_C = 2.0 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	50	200	–
Current Gain – High Frequency ($I_C = 10 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 20 \text{ Vdc}$, $f = 100 \text{ MHz}$) ($I_C = 2.0 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10 \text{ V}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	2.5 50	– 200	–
Noise Figure ($I_C = 100 \text{ } \mu\text{Adc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ Vdc}$, $R_S = 1.0 \text{ k ohm}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	NF	–	6.0	dB

(1) Pulse Test: Pulse Width = 300 μs . Duty Cycle = 2.0%

Transistör Testi

- **Eğri İzleyici:** Karakteristik eğrilerin bir grafiğini sağlar.
- **DMM:** Bazı DMM'ler β_{DC} veya h_{FE} 'yi ölçer.
- **Ohmmetre:**



Transistör Terminal Tanımlaması

