

Transistörler

Mühendisler için Yarıiletken Fiziği

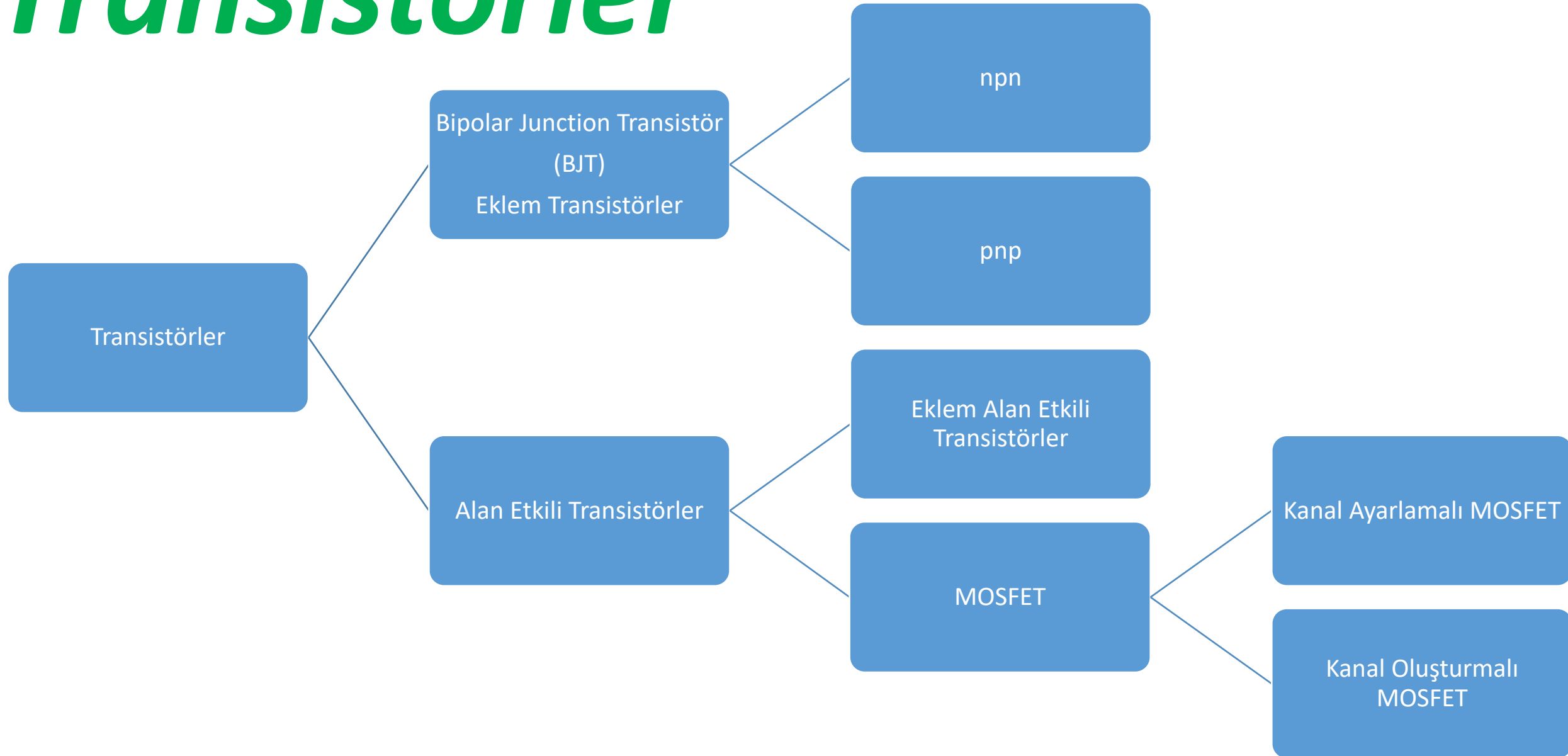


Transistörler

Transistör:

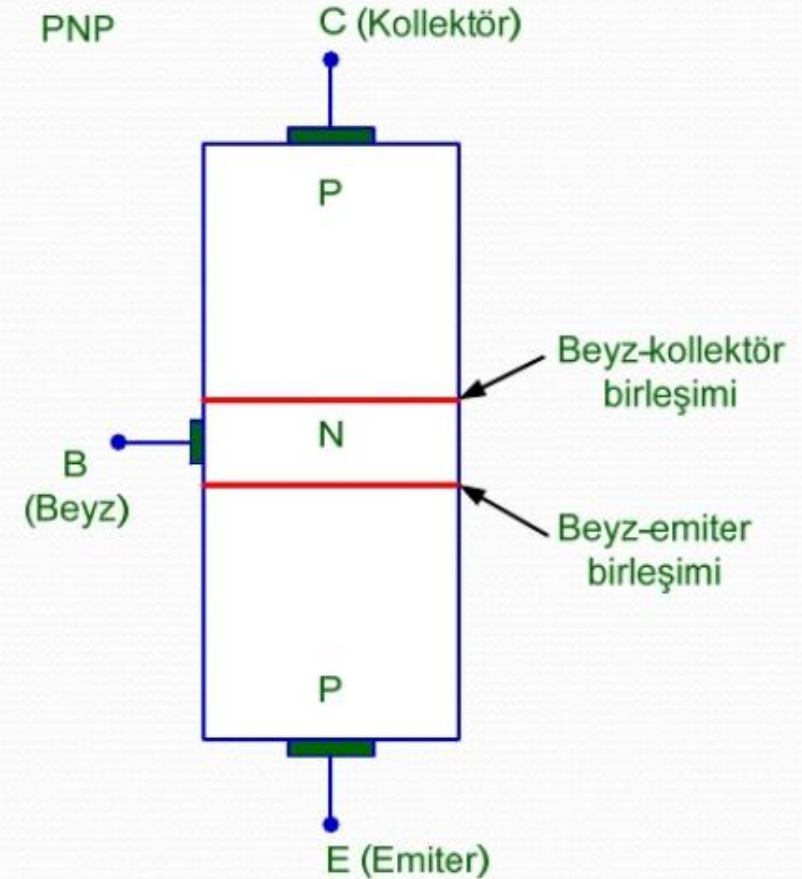
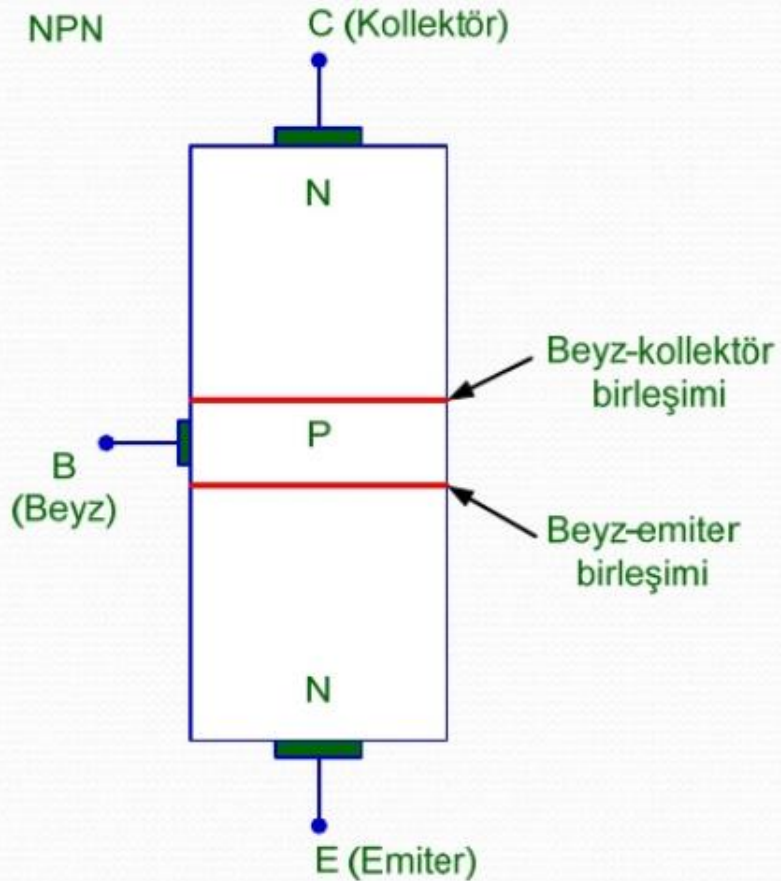
Uygulanan sinyali yükselterek gerilim ve akım kazancı sağlayan, anahtarlama elemanı olarak da kullanılan devre elemanlarıdır.

Transistörler



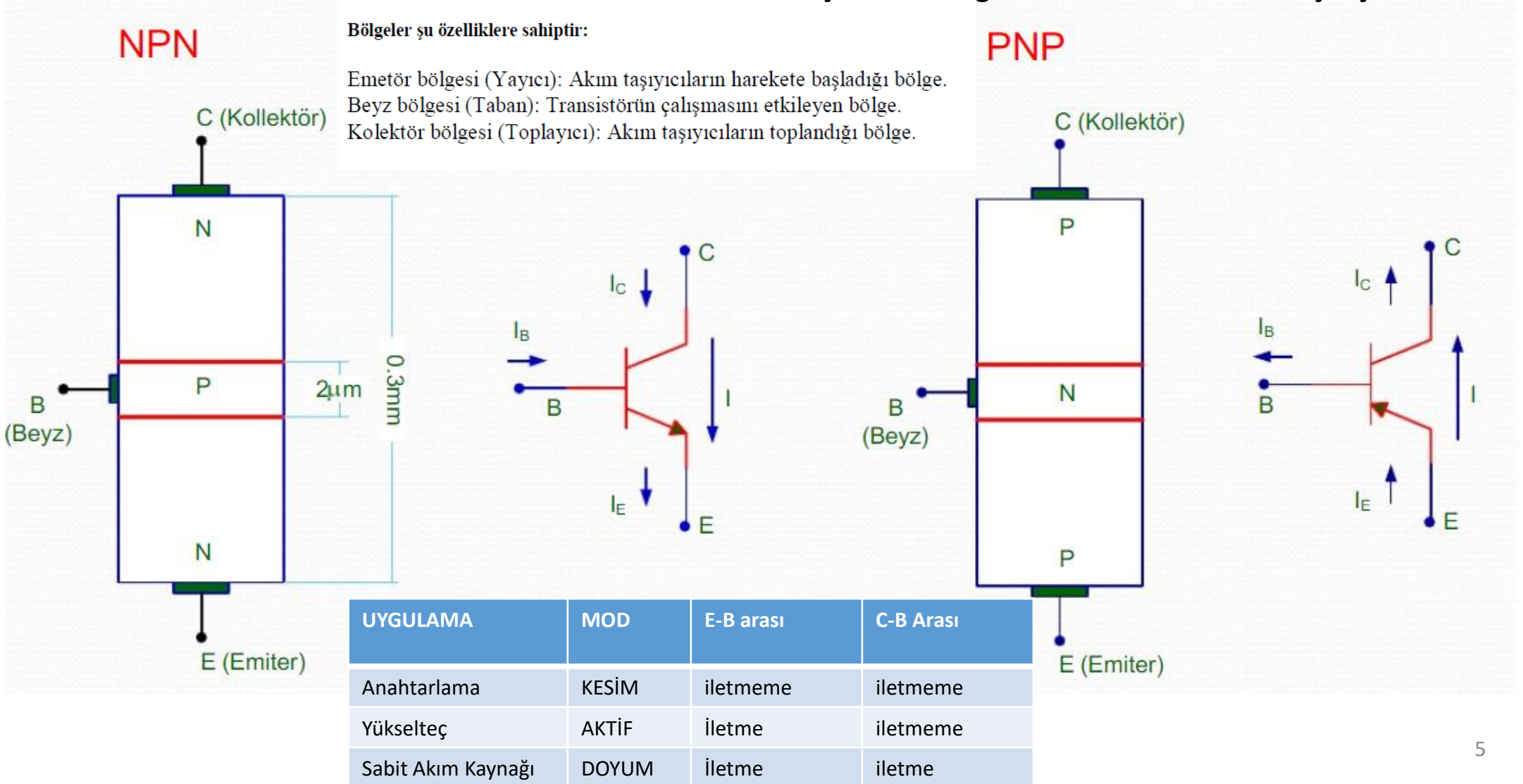
Transistörler

Bipolar birleşimli transistörler katkılanmış üç tabakadan oluşur. Bu üç tabaka Emitter (emiter), Collector (Kolektör) ve Base (Beyz)'dir. P ve N tipi malzemelerin yerleşim sırasına bağlı olarak **BJT'nin PNP ve NPN olmak üzere iki çeşidi vardır.**



Transistörler

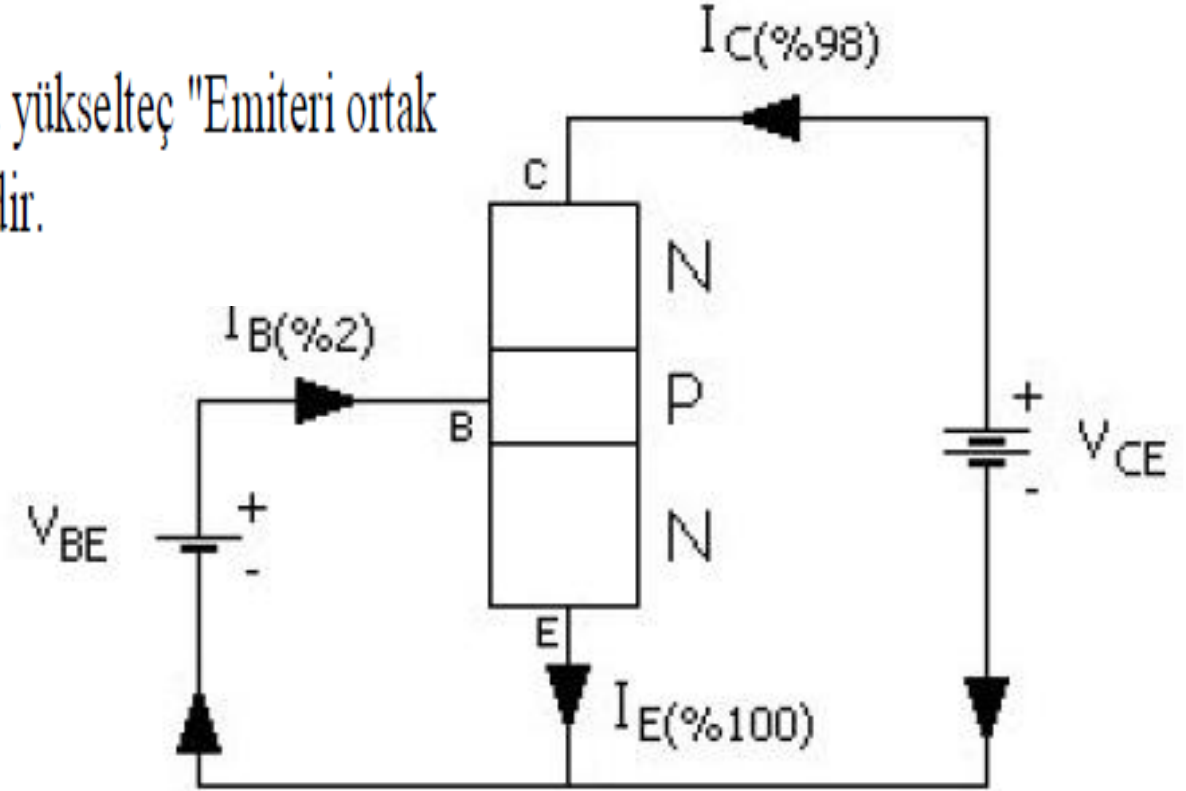
Gerek npn gerekse pnp transistörlerin çalışma prensibi: Emitter ve Kollektör uçları arasındaki akımın baz ucuna uygulanan gerilimle kontrol edilmesi esasına dayanır. Emitter ,Kollektör ve Baz uçlarına uygulanan gerilimin işaretine bağlı olarak 3 farklı modda çalışabilir.



Transistör Aktif Modda çalışıyorsa: YÜKSELTEÇ

Emiter: (-)gerilim,
Beyz: (+)gerilim,
Collectore: (+)gerilim.

emiter ucu giriş ve çıkış devrelerinde ortak olduğu için, bu yükselteç "Emiteri ortak bağlantılı yükselteç" olarak tanımlanır. En çok kullanılan yükselteç şeklidir.



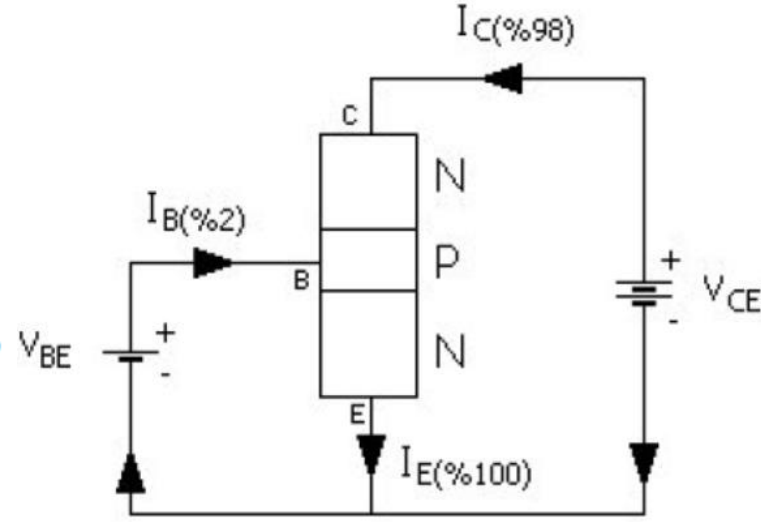
Transistör Aktif Modda çalışıyorsa: YÜKSELTEÇ

1. Transistör içerisinde emiterden beyz ve collectöre doğru bir elektron akışı vardır..
2. Elektronların küçük bir kısmı da V_{BE} kaynağının oluşturduğu giriş devresi üzerinden, büyük bir kısımda V_{CE} kaynağının oluşturduğu çıkış devresi üzerinden devresini tamamlar...
3. Giriş ve çıkışta dolaşan elektronların miktarı, trans. büyüklüğüne bağlı olduğu gibi, V_{BE} ve V_{CE} kaynak gerilimlerinin büyüklüğünde bağlıdır.
4. Emiterdeki elektronları harekete geçirmek için "Silisyum" transistörde en az 0.6V, "Germanyum" transistörde ise 0.2V olması gerekir.
5. Elektroları çekebilmesi için V_{CE} gerilimi V_{BE} 'ye göre oldukça büyük seçilir.
6. Giriş devresinden dolaşan elektronlar " I_B " beyz akımını, çıkış devresinden dolaşan elektronlarda " I_C " collectör akımını oluşturur.
7. Buradaki I_B ve I_C akımları DC akımlardır... Eğer girişe AC gerilim uygulanırsa, ve I_C 'de AC olarak değişir.
8. I_B ve I_C akımları devrelerini tamamlarken emiter elektrodu üzerinde birleştiğinden I_E akımı, I_B ve I_C 'nin toplamı olur.....

Herzaman geçerli kural: $I_E = I_B + I_C$

Sonuçta:

I_B akımı giriş akımı, I_C akımı da çıkış akımı olarak değerlendirilirse, I_B gibi küçük değerli bir akımdan, I_C gibi büyük değerli bir akıma ulaşılmaktadır.



Transistör üretilirken baz bölgesinin genişliği emetör ucundan salınan elektronların baz bölgesindeki boşluklarla birleşmeye fırsat bulamadan kollektör ucuna ulaşabilmesi için, mümkün olduğunca ince yapılır

Transistörler

$$I_C = I_S \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right)$$

I_S : Doyum akımı

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

$$I_S = \frac{AqD_n n_p}{W}$$

D_n : elektron için difüzyon sabiti

n_p : Baz bölgesindeki elektron konsantrasyonu

A : Emiter – Baz eklemının kesit alanı

n_p : elektronun yükü

W : Baz bölgesinin genişliği

Transistörler

I_B : Baz akımı

$$I_B = I_S \left(\frac{D_p N_A W}{D_n N_D L_p} + \frac{1}{2} \frac{W^2}{D_n \tau_b} \right) \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right)$$

τ_b : Baz bölgesinde elektronun ömrü

L_p : Boşluklar için difüzyon uzunluğu

W : Baz bölgesinin genişliği

D_n : elektron için difüzyon sabiti

N_A :

N_D :

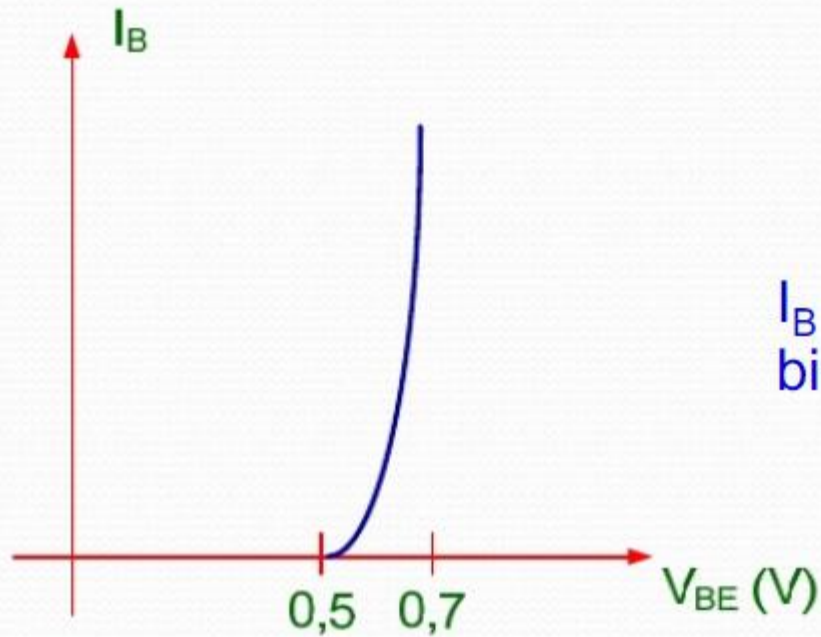
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

**Transistörlerde kolektör akımının
baz akımına oranına
ortak emiter kazancı (β) denir.**

$$I_E = I_C + I_B$$

Transistörler

Bir ortak emiterli devrede giriş gerilimi base-emiter arasındaki gerilimdir. **Giriş** karakteristiği base akımının base-emiter arası gerilimle değişimini göstermektedir.

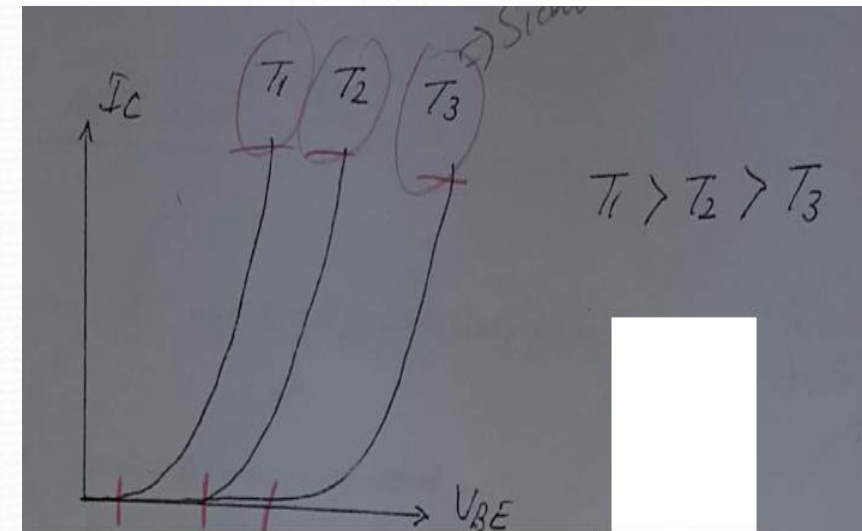
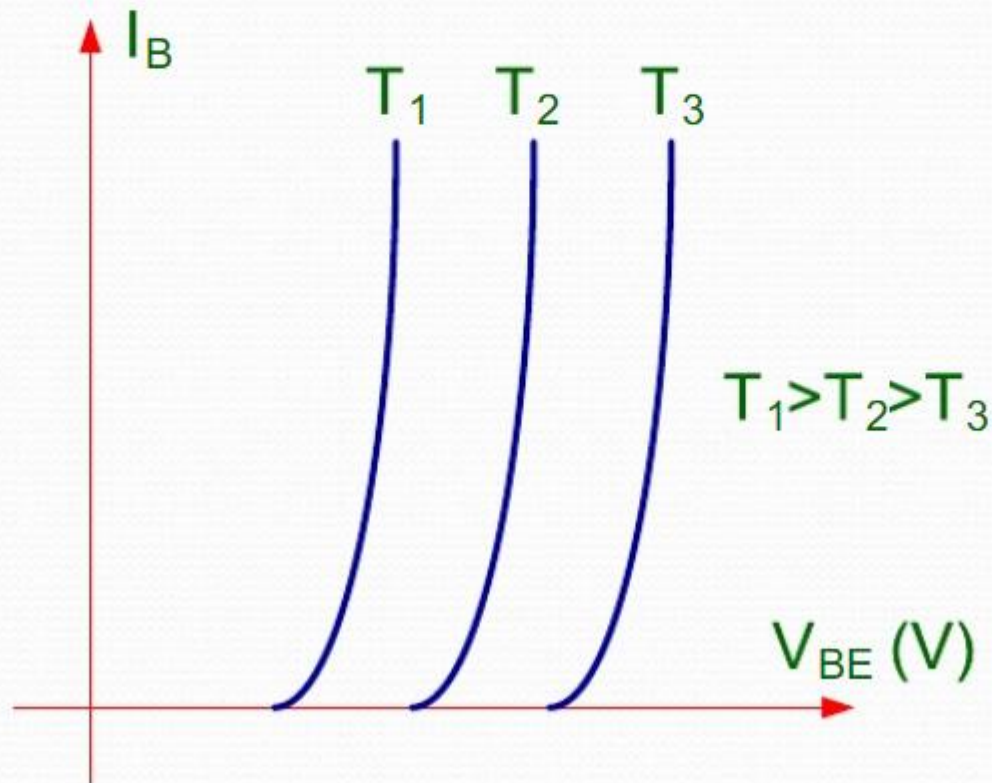


$$I_B = \frac{I_0}{1 + \beta} \left[e^{V_{BE} / mV_T} - 1 \right]$$

$I_B = f(V_{BE})$ karakteristiği yanda çizilmiştir. Bu karakteristik bir diyodun I-V karakteristiği ile aynıdır.

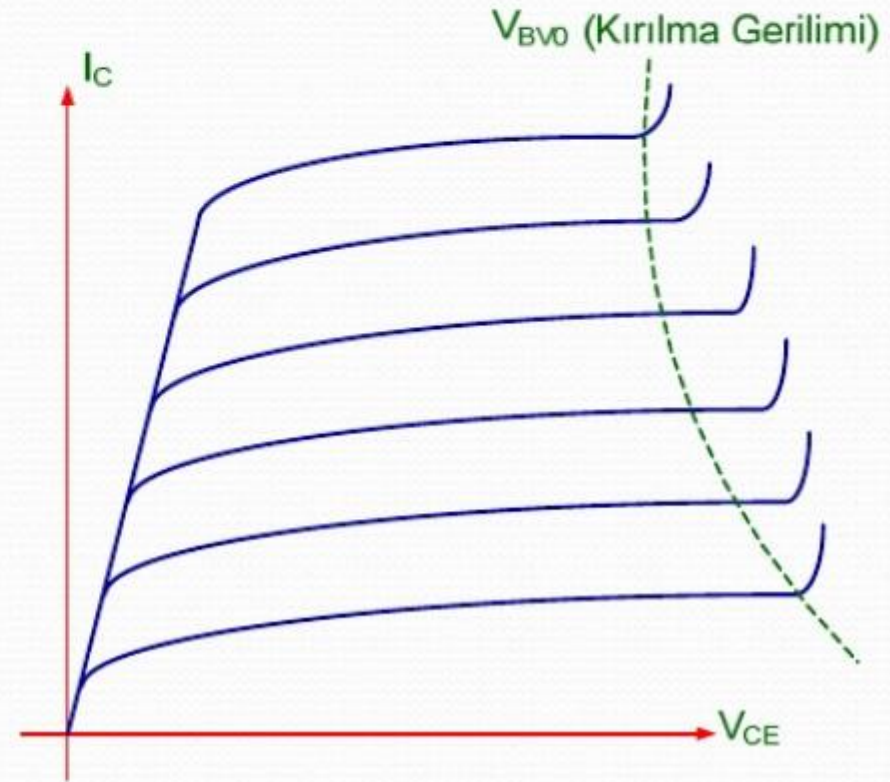
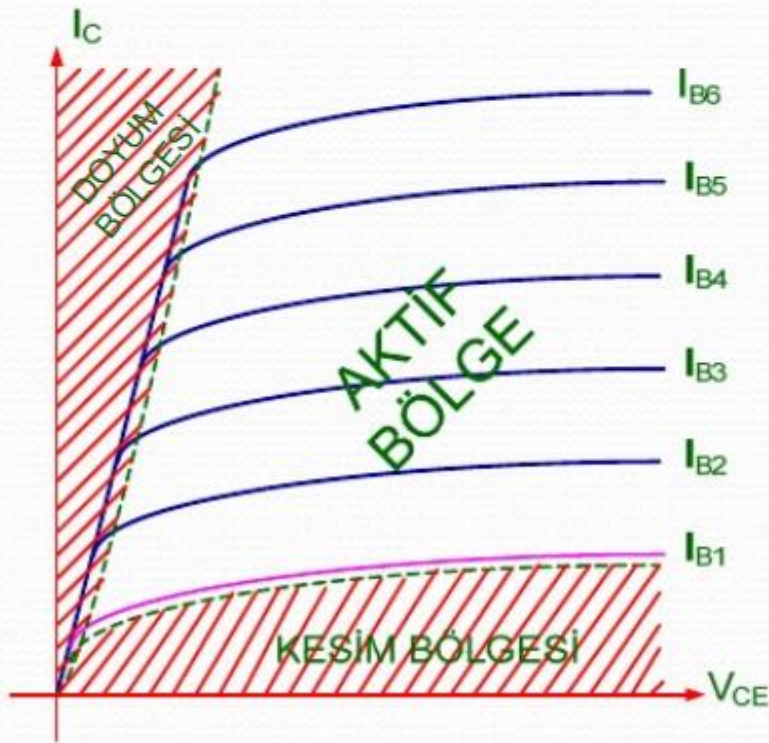
Transistörler

Ortam sıcaklığı arttıkça bir diyot elemanı daha düşük gerilimlerde ilettime geçer. B-E arası bir diyot görünümünde olan BJT'nin sıcaklıkla değişimi aşağıdaki gibidir.



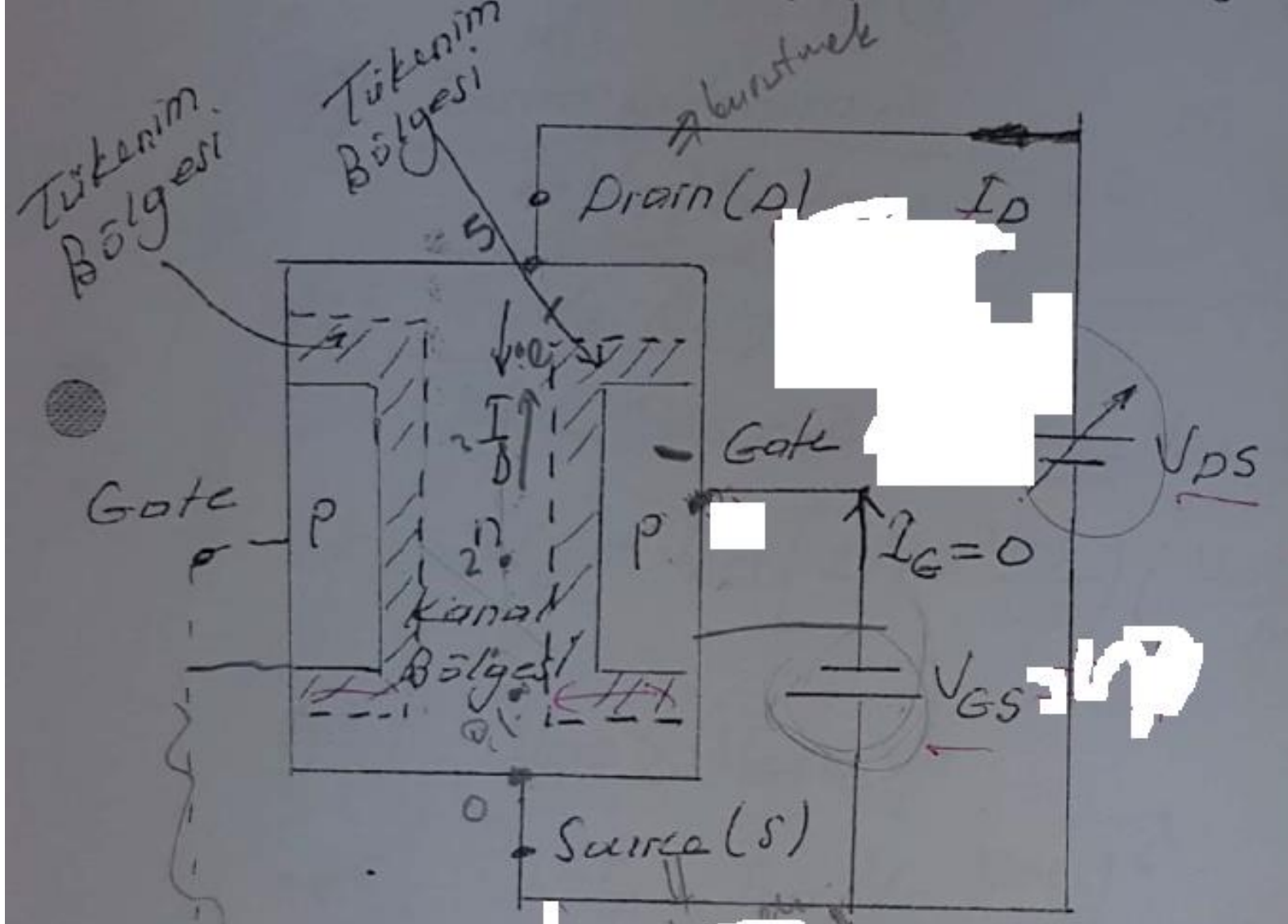
Transistörler

Karakteristiği çıkarmak için önce V_{BB} gerilimi belli bir değere ayarlanır. Böylece I_B , dolayısıyla I_C akımı sabit tutularak V_{CC} kaynağı ayarlanarak farklı V_{CE} gerilimlerinde akan I_C değerleri ölçülerek karakteristik çıkarılmış olur. Elde edilen bu eğri sadece o an geçerli olan base akımı içindir.



EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR (AET)

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRÜN YAPISI



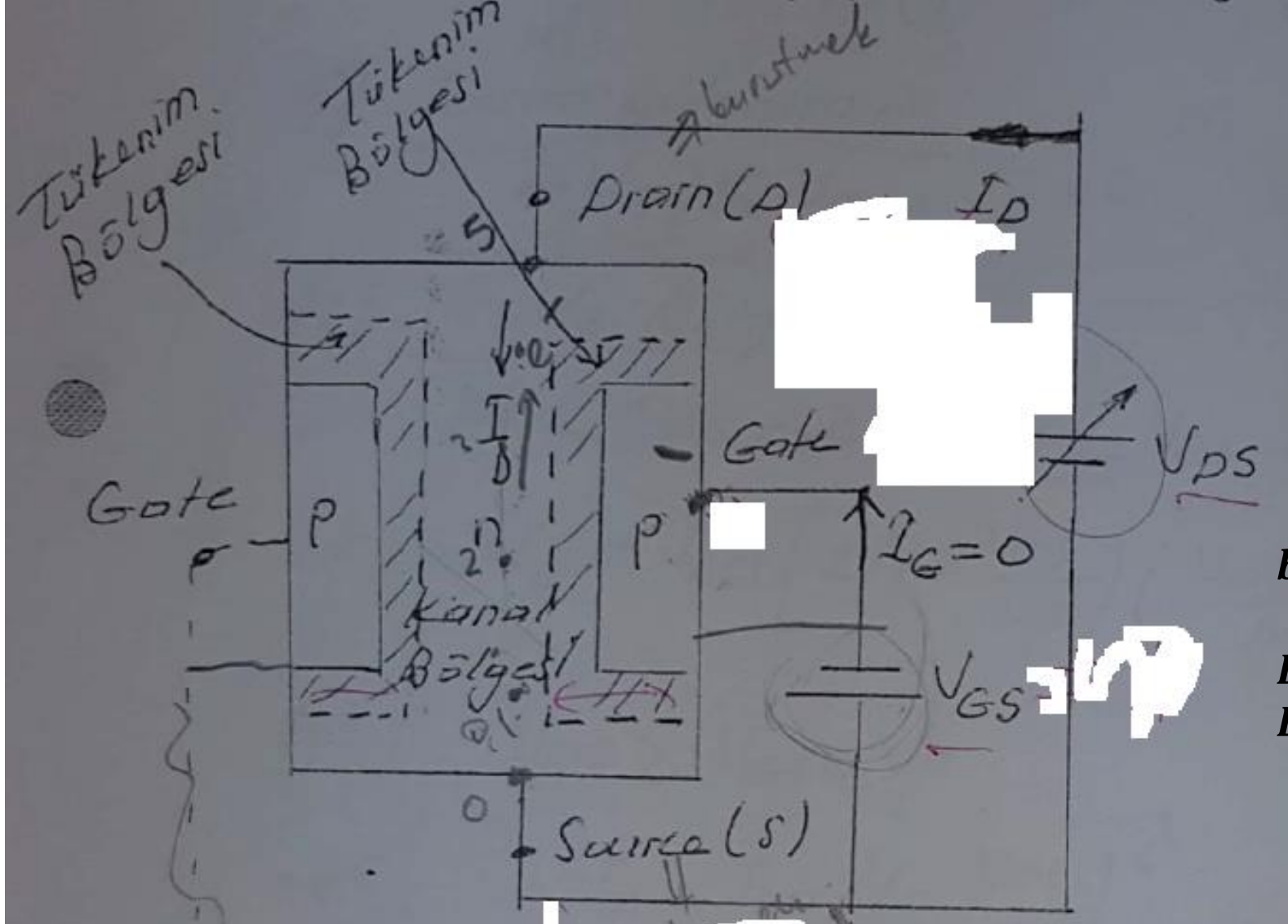
N-Kanallı Eklem
AET

"p-Kanallı Eklem
AET, npn (soldan
sağa doğru) tabaka
larından oluşur".

AET lerde amaç Drain-Source arasındaki akımın Gate-source arasına uygulanan gerilimle kontrol edilmesidir.

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR (AET)

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRÜN YAPISI



N-Kanallı Eklem
AET

"p-Kanallı Eklem
AET, npn (soldan
sağa doğru) tabaka
larından oluşur."

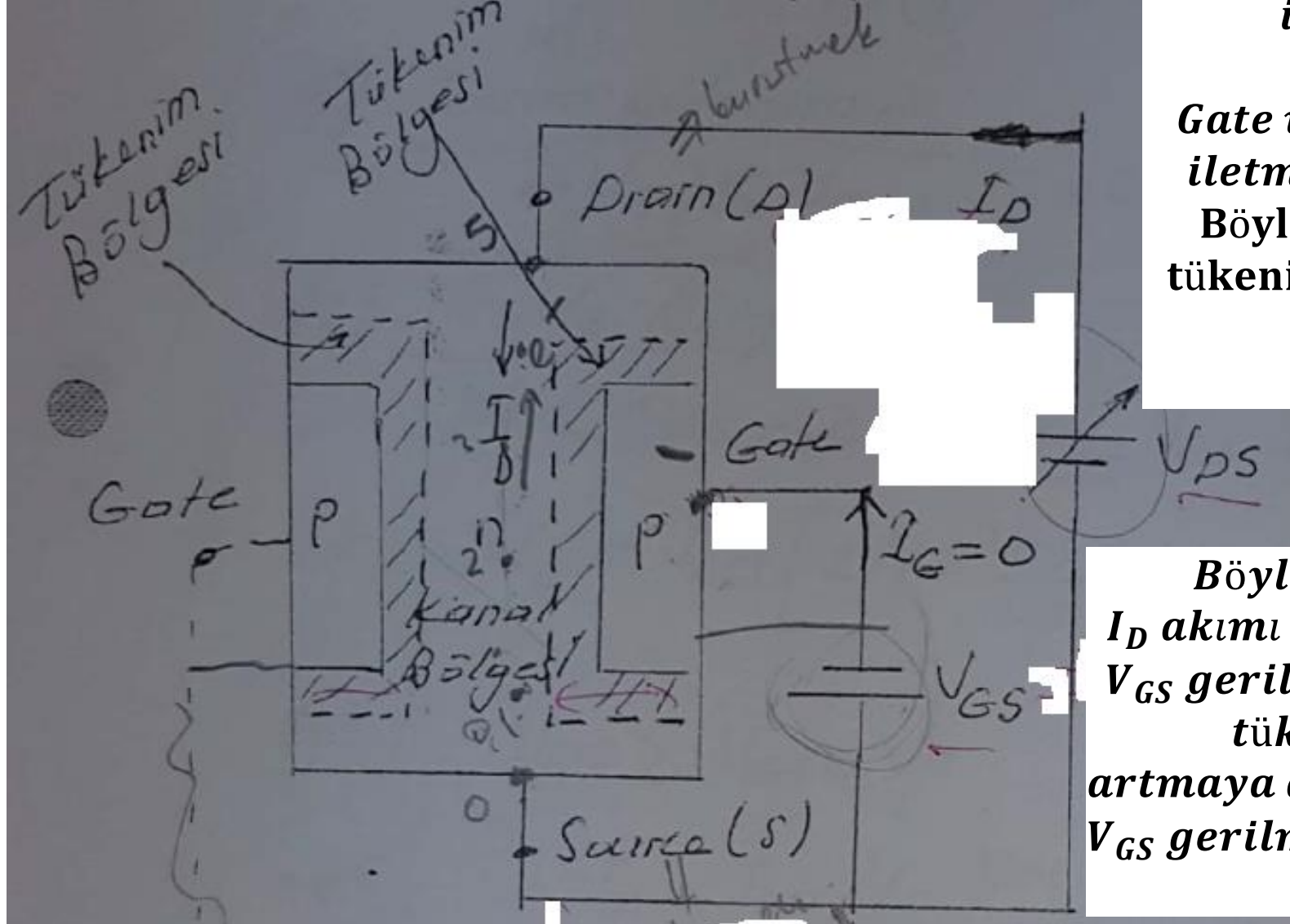
$V_{GS} = 0$ iken yapıya bir V_{DS} gerilimi uygulanırsa kanal bölgesindeki çoğunluk taşıyıcıları elektronlar

Drain ucuna doğru hareket ederler
Bu Drain ucundan source ucuna doğru

bir akım demektir.
Buna I_D Drain akımı denir.

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR (AET)

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRÜN YAPISI

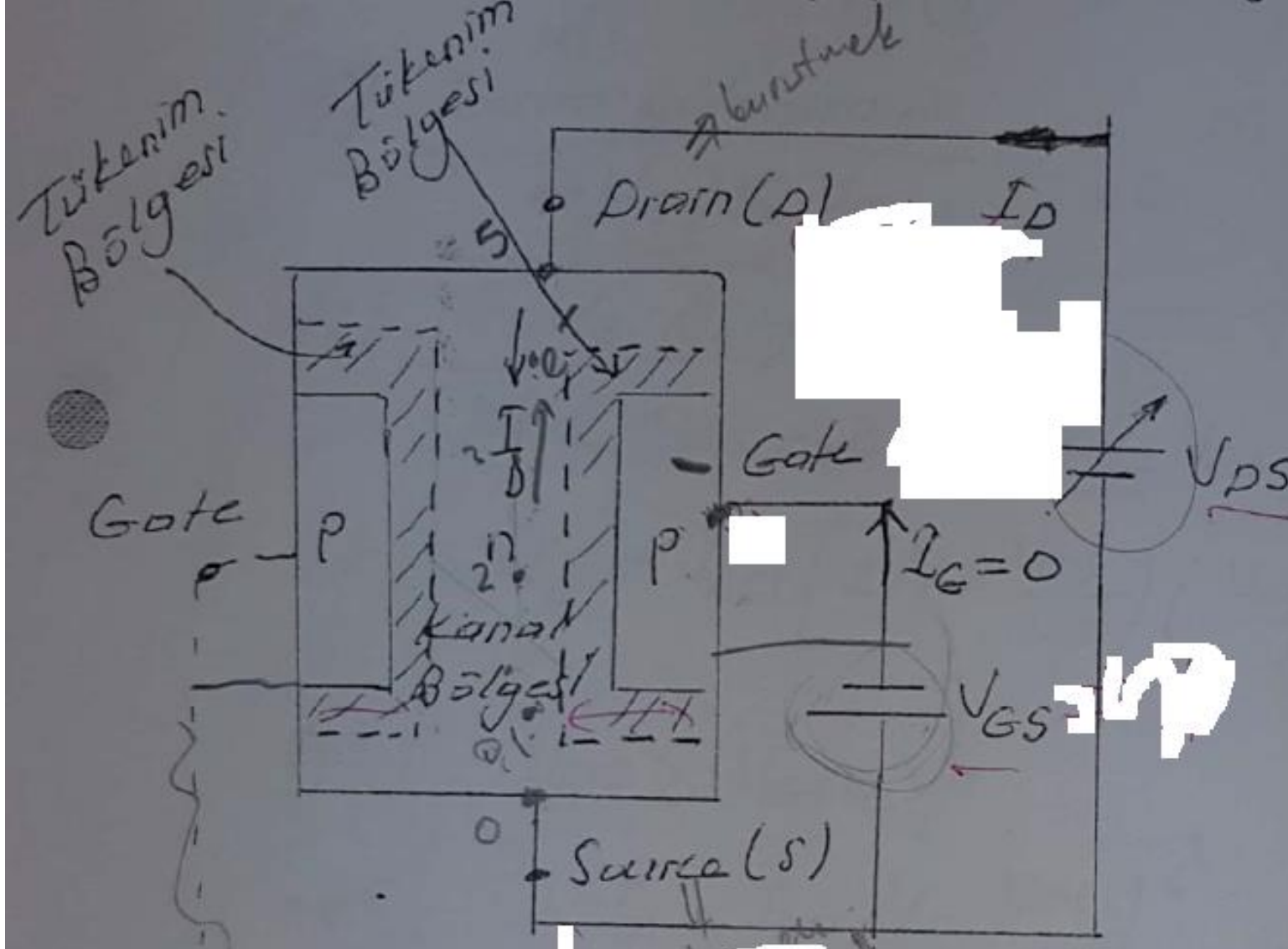


Şimdi Gate ile Source ucu arasına
işareti şekildeki gibi olan bir
 V_{GS} gerilimi uygulanırsa;
Gate uçları ile source arasındaki eklem
iletmeme yönünde gerilimlenmiş olur.
Böylece Gate ve kanal bölgesi arasında
tükenim bölgesi(kesikli çizgiler) oluşur ve
kanal daralır

Böylece kanalın direnci artar ve
 I_D akımı V_{GS} gerilimi ile kontrol edilmiş olur.
 V_{GS} gerilimi arttırılmaya devam edilirse;
tükenim bölgesinin genişliği
artmaya devam eder ve belli bir
 V_{GS} geriliminde kanal kapanır.
Bu gerilime V_P diyelim

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR (AET)

EKLEM ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRÜN YAPISI



Böylece V_{GS} ile V_P arasındaki ilişkiyle gösterilecek şekilde bir AET ün V_{GS} nin değerine bağlı olarak 3 kesimde çalışacağını söyleyebiliriz.

1. Kesim Bölgesinde:

$$-V_{GS} = V_P \text{ ve } I_D = 0$$

2. Triode Bölgede:

$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_P$$

$$I_D = I_{DSS} \left[2 \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) \left(\frac{V_{DS}}{-V_P} \right) - \left(\frac{V_{DS}}{V_P} \right)^2 \right]$$

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_P$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

$$I_{DSS} = \frac{1}{2} k_n' V_P^2$$

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

2 çeşit MOSFET YAPILABİLİR

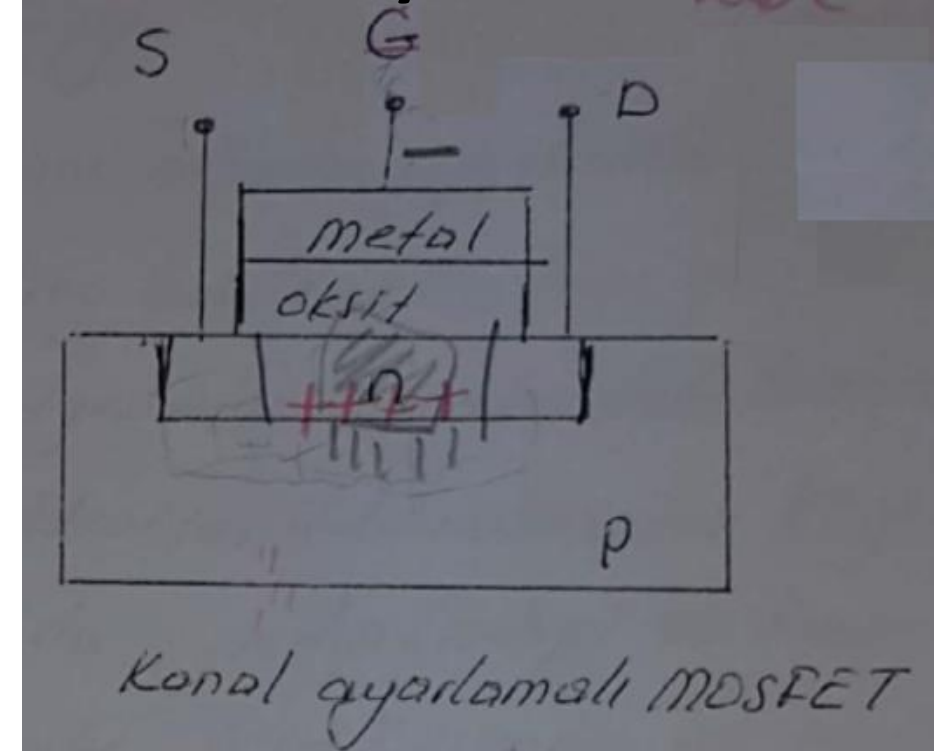
1.KANAL OLUŞTURMALI

n kanal oluşturmali



2.KANAL AYARLAMALI

n kanal ayarlamali



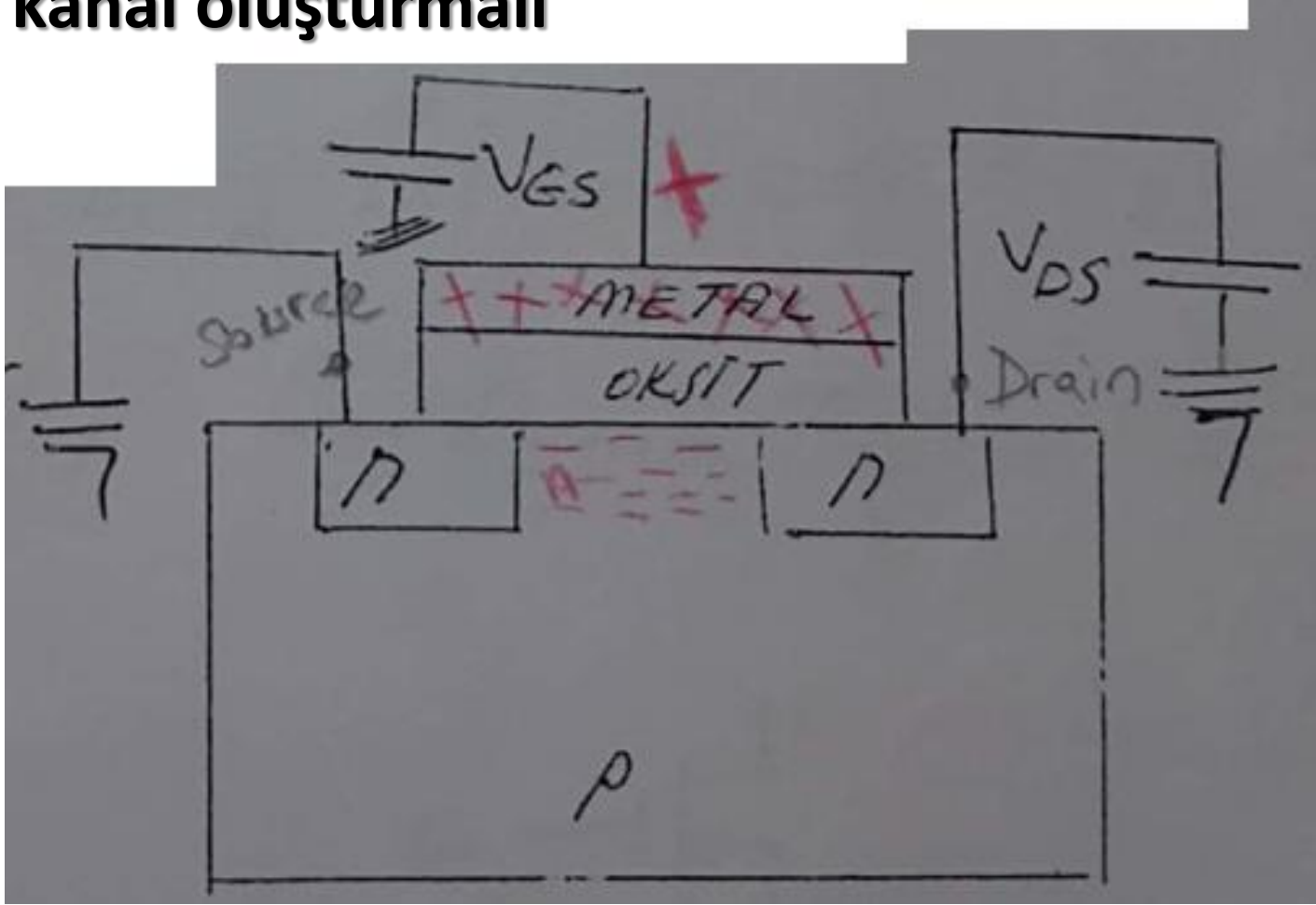
MOSFET lerde Çalışma mantığı:

Source ile drain arasındaki akımın

Gate ile Source arasına uygulanan gerilimle kontrol edilebilmesidir.

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

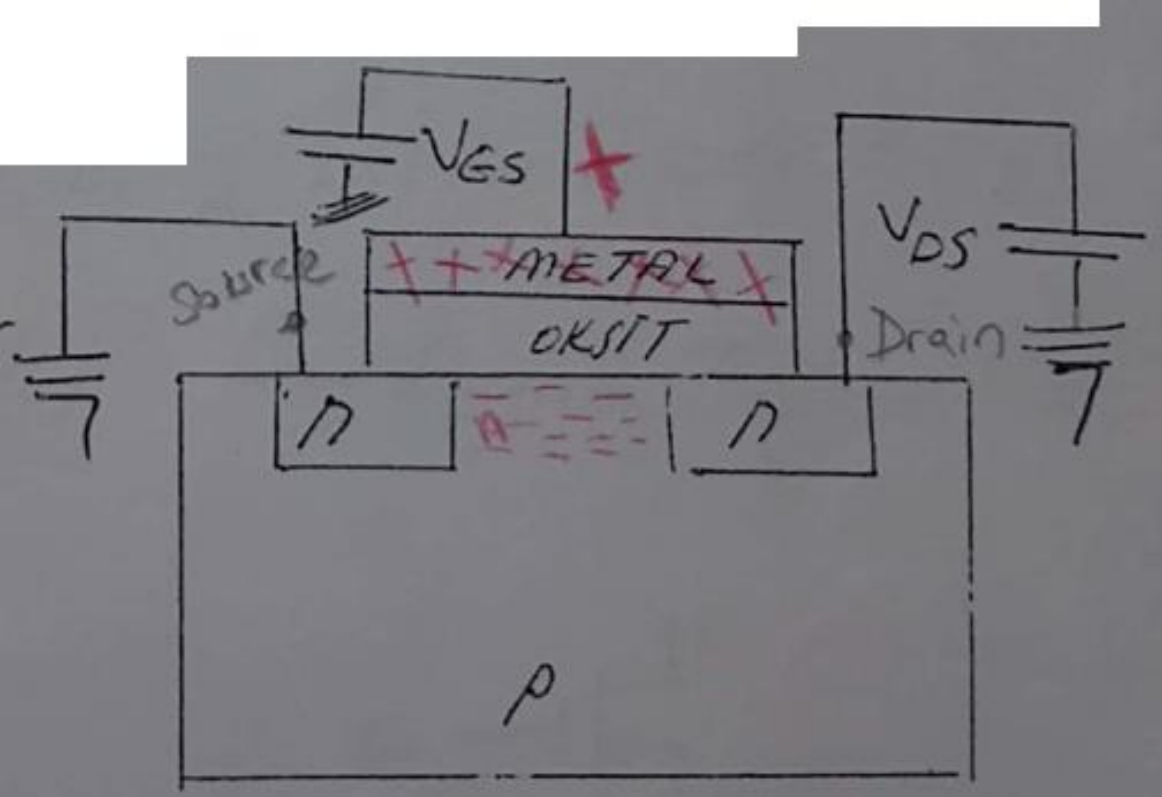
1.KANAL OLUŞTURMALI n kanal oluşturmali



Source ile Drain arasına, işareti nasıl olursa olsun herhangi bir gerilim uygulandığında Source-kanal ve Drain-kanal eklemelerinden birisi mutlaka iletmemeye yönünde gerilimlenmiş olur. Dolayısıyla Drain-Source arasında hiçbir akım akmayacaktır. Drainden Source a veya Source tan drain e doğru akım oluşabilmesi için Drain ile source arasındaki kanal bölgesinin Drain ve source ile aynı tip yarıiletkenne dönüştürülmesi gerekir. Şimdi yapıya işareti yandaki gibi olan V_{GS} gerilimi uygulayalım:

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

1.KANAL OLUŞTURMALI n kanal oluşturmali



Uygulanan V_{GS} gerilimi; Bir taraftan Drain ile Source bölgelerinden elektronları kanal bölgesine çekecektir diğer yandan da kanal bölgesindeki boşlukları itecektir.

V_{GS} gerilimi arttırılmaya devam edilirse kanal bölgesine daha çok elektron çekilecektir. V_{GS}

Geriliminin V_t gibi bir değerinde kanal bölgesindeki boşluklar tamamen boşaltılmış ve onların yerine elektronlar doldurulmuştur. Böylece Source ve drain arasında bunlarla aynı tip (n tip) bir kanal bölgesi oluşmuş olur.

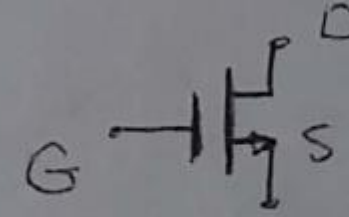
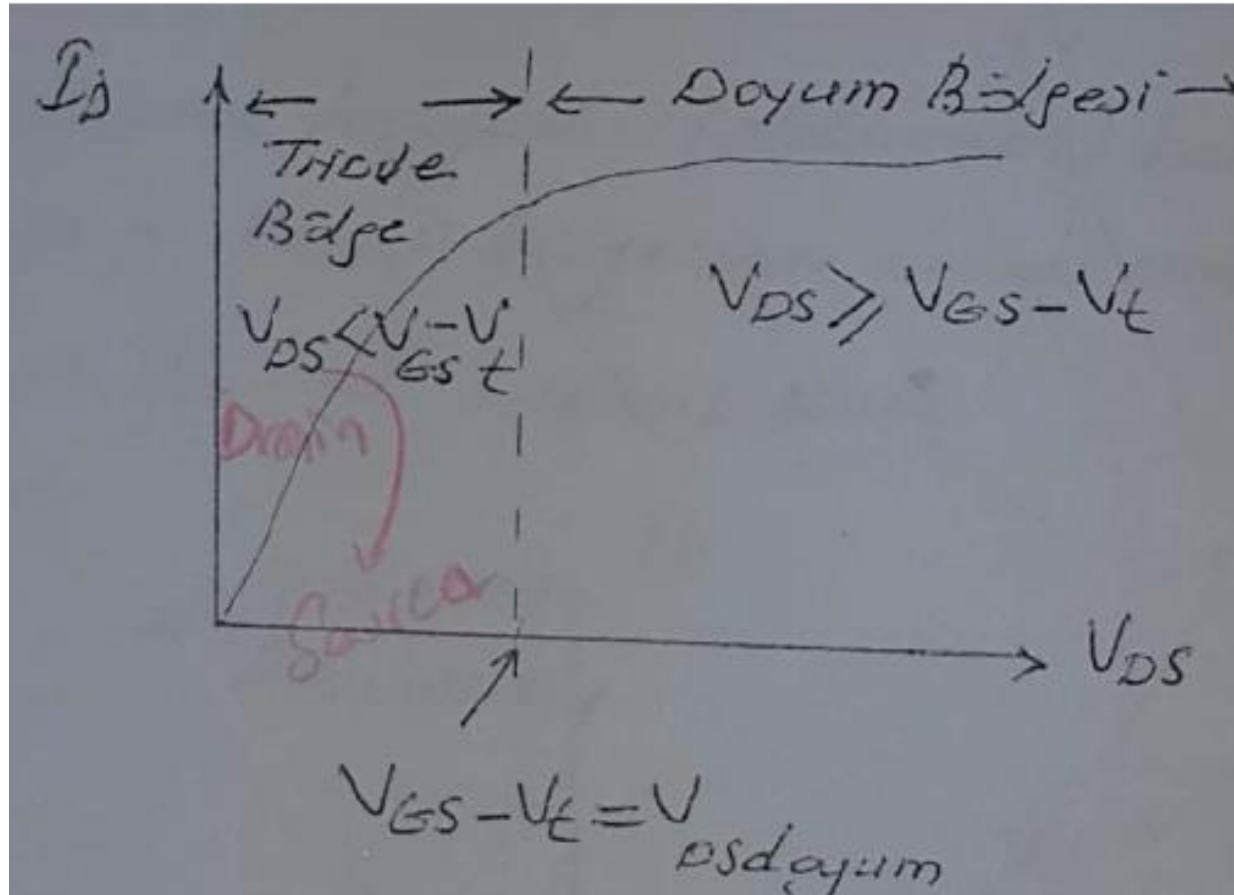
Şimdi artık Drain ile Source arasına bir gerilim uygulanırsa Drain den source a doğru bir I_D akımı oluşur.

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

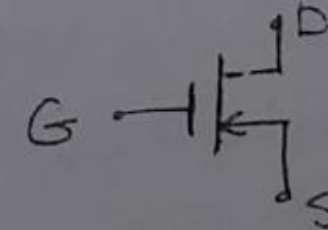
1.KANAL OLUŞTURMALI

n kanal oluşturmali

V_{GS} nin $V_{GS} \geq V_t$ gibi bir değeri için
 I_D akımının V_{DS} ile değişim grafiği



n-Kanal oluşturmali



p-Kanal oluşturmali

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

1.KANAL OLUŞTURMALI n kanal oluşturmali

Triode Bölgede

$$I_D = k'_n \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2$$

L: Kanal bölgesinin uzunluğu

W: Kanal bölgesinin derinliği

k'_n: bir sabit

$$k'_n = \mu_n C_{ox}$$

μ_n : mobilite (yük hareketliliği)

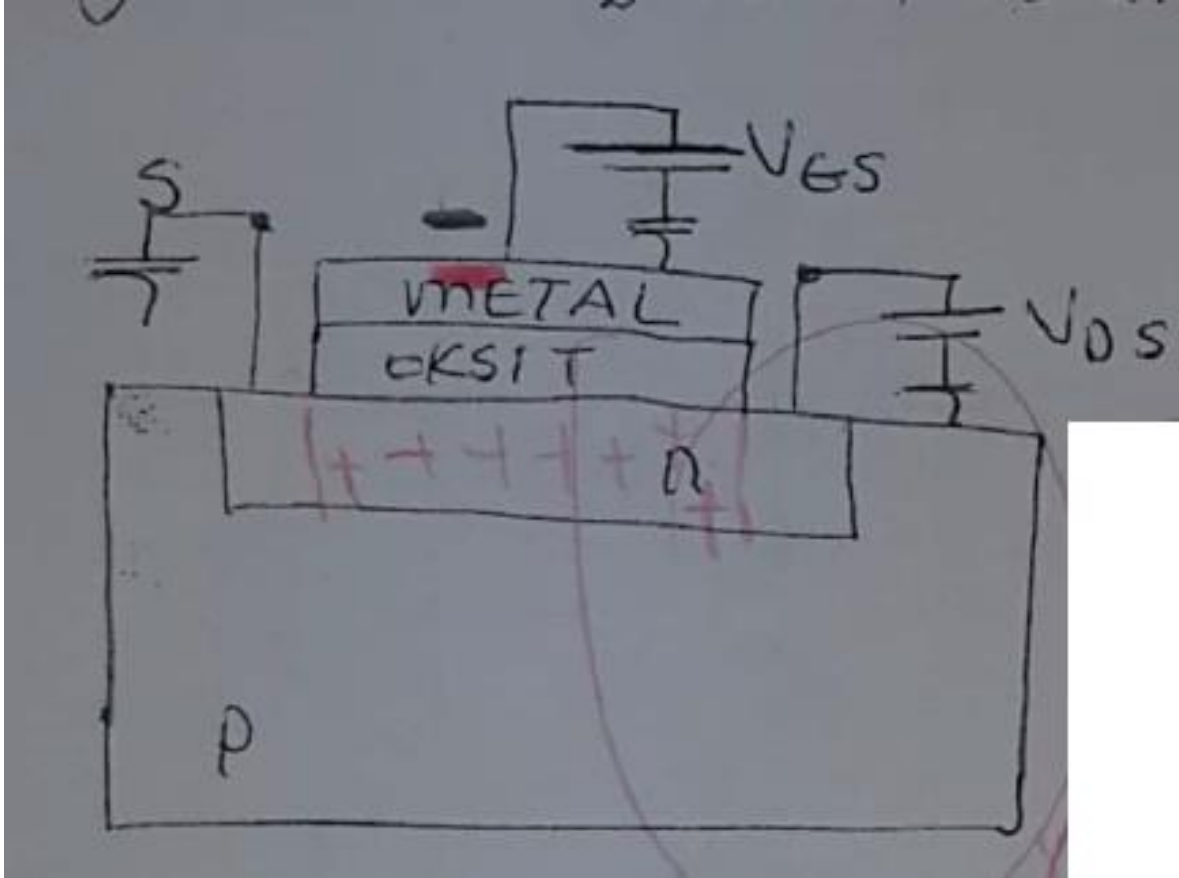
C_{ox}: oksit kapasitesi

Doyum Bölgesinde

$$I_D = \frac{1}{2} k'_n \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

2.KANAL AYARLAMALI n kanal ayarlamalı



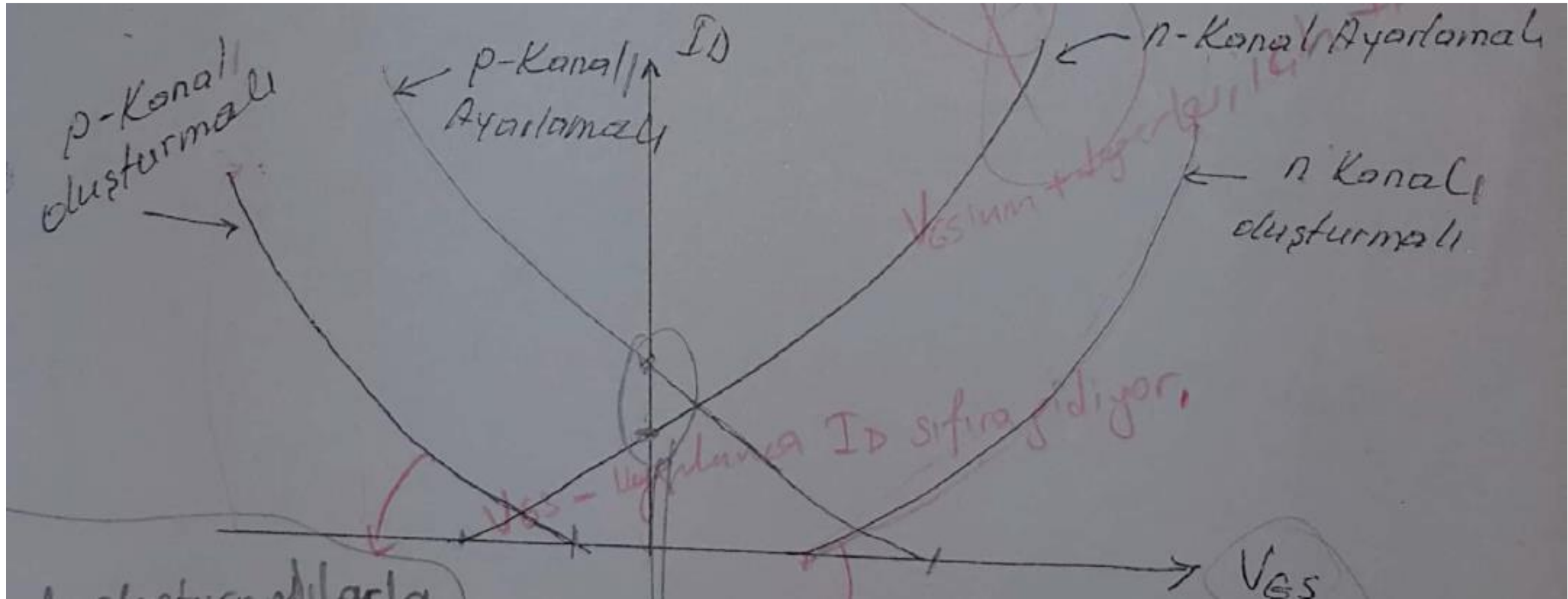
Kanal ayarlamalı MOSFET lerde Drain ile Source arasında hali hazırda bir kanal vardır. Dolayısıyla $V_{GS} = 0$ iken bile bir V_{DS} uygulandığında bir I_D akımı vardır.

İşareti şekildeki gibi olan bir V_{GS} uygulandığında kanal bölgesinin çoğunluk taşıyıcıları (elektronlar) kanal bölgesinden uzaklaştırılır ve böylece kanal bölgesinin direnci artar. Böylece I_D akımı V_{GS} ile kontrol edilmiş olur.

MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

2.KANAL AYARLAMALI

n kanal ayarlamalı



MOSFET (METAL-OXIDE-SEMİCONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS)

ÖRNEK:

Doyum bölgesinde çalışan kanal ayarlamalı MOSFET için yük hareketliliği $400\text{cm}^2/\text{Vs}$ oksit kapasitesi $C_{ox}=40\text{ nF/cm}^2$ kanal uzunluğu $0.5\text{ }\mu\text{m}$, kanal genişliği $3\text{ }\mu\text{m}$ dir. Bu MOSFET ten geçen akımın sıfır olması için V_{GS} ne olmalıdır? $V_t=3\text{V}$.

Doyum Bölgesinde

$$I_D = \frac{1}{2} k'_n \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_D = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0 = \frac{400 \times 40 \times 10^{-9}}{2} \frac{3 \times 10^{-6}}{0.5 \times 10^{-6}} (V_{GS} - 3)^2 \quad \rightarrow \quad (V_{GS})^2 + 9 - 6V_{GS} = 0$$
$$V_{GS} =_{24} 3\text{V}$$