

## **DENEY-2**

### **BJT VE MOSFET'İN**

### **DC ÖZELLİKLERİNİN ÇIKARTILMASI**

**DENEYİN AMACI:** Bipolar jonksiyonlu transistör (BJT) ve MOS transistörün DC (doğru akımda) çalışma bölgelerindeki akım-gerilim ilişkilerinin teorik ve pratik olarak kavranması.

#### **ÖN HAZIRLIK**

Deneye gelmeden önce temiz bir kâğıda aşağıdakilerin yazılması istenmektedir;

- ✓ BJT (npn) için  $V_{CE} - I_C$  grafiğinin çizilmesi ve grafikteki değişik çalışma bölgelerinin belirtilmesi
- ✓ İleri yönde çalışan bir BJT (npn) için  $V_{BE} - \ln(I_C)$  grafiğinin çizilmesi
- ✓ NMOS için  $V_{DS} - I_D$  grafiğinin çizilmesi ve grafikteki değişik çalışma bölgelerinin belirtilmesi
- ✓ NMOS için  $V_{GS} - I_D$  grafiğinin çizilmesi ve  $V_{th}$  değerinin kabaca grafikte gösterilmesi.

#### **GÖZDEN GEÇİRİLMESİ FAYDALI KONULAR**

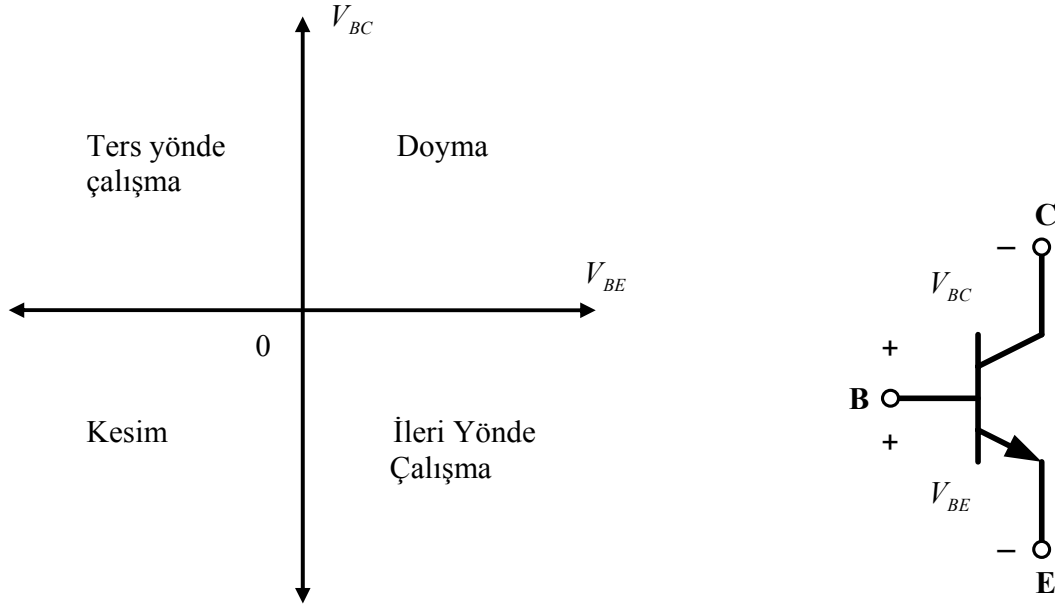
- ✓ BJT ve MOSFET'in çalışma bölgeleri
- ✓ BJT ve MOSFET'in fiziksel yapıları arasındaki farklar

#### **KULLANILACAK MALZEMELER**

- ✓ 1 Adet Güç kaynaklı deney tahtası (1 adet sabit 5V ve 1 adet ayarlanabilir ( 0 - 15V) DC gerilim kaynağı, ve 1 adet standart breadboard)
- ✓ 2 Adet Multimetre (standart DC ölçümler için)
- ✓ 1 Adet Değişken direnç kutusu (1k $\Omega$  - 1 M $\Omega$ )
- ✓ 1 Adet 10 k $\Omega$  direnç
- ✓ 1 Adet BC238 NPN Transistör
- ✓ 1 Adet CD4007 UB CMOS inverter
- ✓ Yeterli sayıda kablo ve tel.

## 1. BJT ELEMAN DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Bir npn bipolar jonksiyonlu transistörün baz-emetör ve baz-kollektör gerilimleri değerlendirildiğinde, sahip olabileceği 4 farklı çalışma rejimi Şekil-2.1’de gösterildiği gibidir. Aslında bir akım kontrol elemanı olan BJT, kuvvetlendirici olarak kullanıldığı uygulamalarda ileri yönde (aktif) çalışma bölgesinde kalacak şekilde kutuplanır. Şekil-2.1’den anlaşılacağı üzere bu bölgede  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{BC} < 0$  olmalı, yani baz-emetör jonksiyonu geçirme, baz-kollektör jonksiyonu tıkama yönünde kutuplanmalıdır. Bir anahtar elemanı olarak kullanıldığı uygulamalarda (dijital) ise çalışma bölgeleri doyma (anahtar kapalı) ve kesimdir (anahtar açık). Şekil-2.1 üzerinde bu çalışma bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil-2.1 npn BJT'nin çalışma bölgeleri ve devre sembolü.

**Deney-2.1:** Önce transistörün ileri yönde çalışmasını inceleyelim.  $V_{BE} > 0$  ve  $V_{BC} < 0$  olduğu bu durum için kollektör akımının

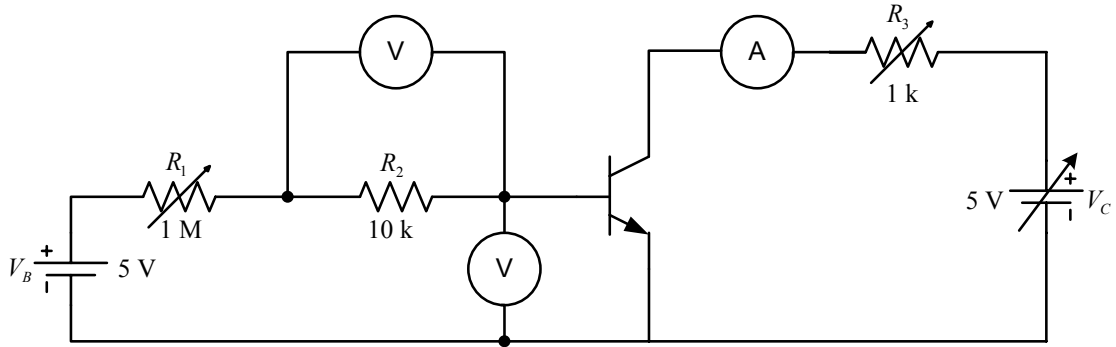
$$I_C \cong I_S e^{V_{BE}/V_T} \quad (2.1)$$

$$I_C = \beta_F I_B \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edildiğini biliyoruz. Transistörün ileri yönde çalışmasına ilişkin bu iki temel karakteristiği elde edebilmek için Şekil-2.1’deki, elektronik devrelerde en çok

uygulaması olan, ortak emetörlü konfigürasyonu,  $R_3$  direncini kısa devre ederek ve  $V_C$  gerilim değerini 5 V seçerek kurunuz.

Devredeki  $R_1$  direncinin değiştirilmesiyle farklı  $I_B$  ve/veya  $V_{BE}$  değerleri oluşturulabilir. Ayarlanabilir  $R_1$  direncini değiştirerek,  $I_C - V_{BE}$  ve  $I_C - I_B$  değişim karakteristiklerini elde etmeye yeter sayıda ölçüm yapınız. Bulduğunuz ölçüm sonuçlarını,  $R_2$  üzerinden akan akım ( $I_B$ ) değerlerini de hesaplayarak Ek-A'daki tabloya ve eksen takımlarına işleyiniz.



Şekil-2.2 Ortak emetörlü konfigürasyon

**Deney-2.2:** Şimdi de transistörü ters yönde ve doymada çalıştırarak gerekli ölçümleri yapalım. İleri yönde çalışma için seçtiğimiz değişik  $R_1$  değerlerinden ortalama bir değer seçelim ve bu değer için daha önceden bulduğumuz sonuçları (Ek-A'daki tablo içinden) Ek-B'ye işleyelim.

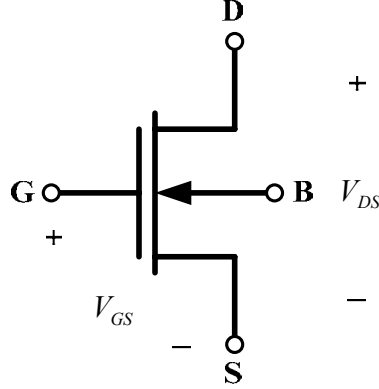
Aynı düzende emetör ve kollektörün yerlerini değiştirerek transistörün ters yönde çalışmasını sağlayalım ve gerekli ölçümleri yaparak Ek-B'ye işleyelim.

Şimdi  $R_1$  direncini kısa devre edip, değişken direnci  $R_3$  olarak ( $1k\Omega$ ) devreye ekleyelim. Bu sayede transistörü ( $V_{CB} < 0$  yaparak) doymalı bölgede çalıştıralım. Gerekli ölçümleri yaparak Ek-B'ye işleyelim.

Üç değişik bölge (ileri yön, ters yön ve doyma) için bulduğunuz  $\beta$  değerlerinin arasındaki farkın nedenini tartışınız.

## 2. MOSFET ELEMAN DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Bir NMOS transistörün devre sembolü Şekil-2.3’de gösterildiği gibidir ve aslında 4 uçlu (D, G, S, B) bir elemandır. BJT’nin aksine, savak ve kaynak birbirinin tamamen simetriğidir.



Şekil-2.3 NMOS’un devre sembolü

Bir MOSFET’in savak (D) akımının, eşik gerilimi ( $V_T$ ), geçit-kaynak gerilimi ( $V_{GS}$ ) ve savak-kaynak gerilimine ( $V_{DS}$ ) bağlı olarak üç farklı bölgede incelendiğini biliyoruz. Bir NMOS için bu rejimler ve bu rejimlere ilişkin savak akımları,

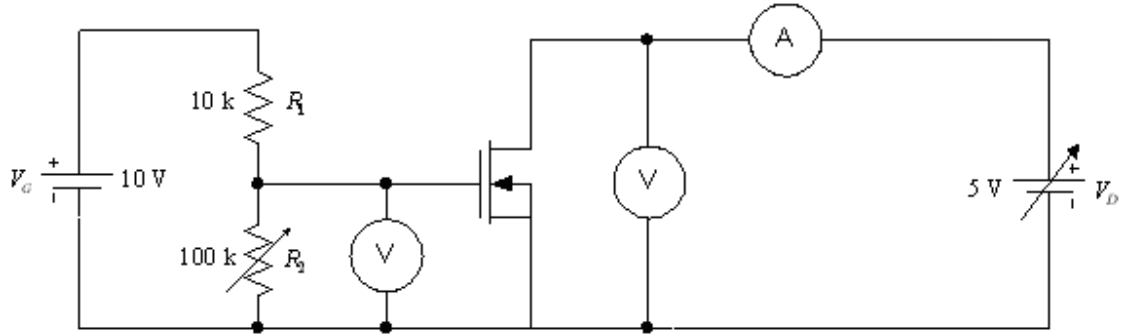
1)  $V_{GS} - V_m < 0$  için **kesim**:  $I_D = 0$  (2.3)

2)  $V_{GS} - V_m > V_{DS}$  için **doymasız**:  $I_D = k_n \left[ (V_{GS} - V_m)V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2 \right] (1 + \lambda_n V_{DS})$  (2.4)

3)  $V_{GS} - V_m < V_{DS}$  için **doymalı**:  $I_D = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_m)^2 (1 + \lambda_n V_{DS})$  (2.5)

olarak belirlidir.

**Deney-2.3:** Önce Şekil-2.4’deki düzeneği kurunuz.  $V_G=10V$ ,  $V_D=5V$  seçerek,  $R_2$  direncini  $100k\Omega$ ’dan başlamak üzere kademe kademe azaltarak,  $V_{GS} - I_D$  karakteristiğini belirleyecek yeterli sayıda ölçüm yapınız. Ölçtüğünüz değerleri Ek-C’deki tabloya ve eksen takımına işleyiniz.



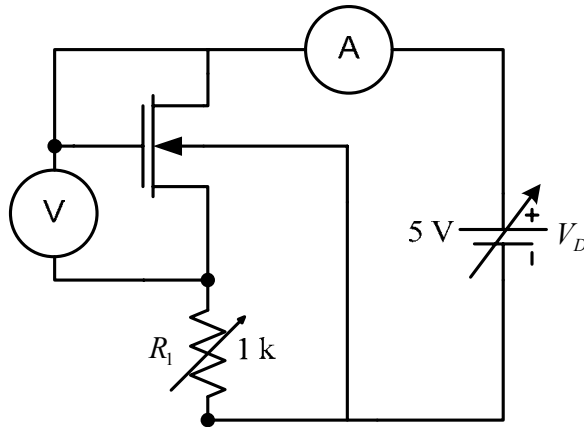
Şekil-2.4 Ortak kaynaklı konfigürasyon.

**Deney-2.4:** Şimdi de  $V_G=5V$ ,  $R_2=100k\Omega$  olarak seçelim.  $R_2$  sabit olduğundan  $V_{GS}$  değeri sabit olacaktır. Değişken gerilim kaynağı yardımıyla,  $V_D$  gerilimini 0 – 10V arası değiştirerek  $V_{DS} - I_D$  karakteristiğini elde etmeye çalışınız. Bulduğunuz değerleri Ek-D'deki tabloya ve eksen takımına işleyiniz.

**Deney-2.5:** Şekil-2.5'deki düzeneği oluşturarak üç farklı  $V_{SB}$  değeri ( $V_{SB} = V_{R_1}$ ) seçiniz. Sırasıyla  $R_1 = 0$  (kısadevre), 1k ve 2.2k değerleri için  $V_D$ 'yi değiştirerek  $I_D$  akımını 1 mA de sabit tutmaya çalışınız ve  $I_D = 1$  mA için  $V_{GS}$  değerlerini ölçerek Ek-E'deki tabloya işleyiniz. Transistörün üç farklı durum için aynı akımı akıtmasına rağmen  $V_{GS}$  değerlerinin neden farklı çıktığını tartışınız.

Aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi kaynak-taban jonksiyonuna uygulanan farklı tıkama yönü gerilimi ( $V_{SB}$ ) değerleri için eşik geriliminin değeri değişir.

$$V_{tn} = V_{tn0} + \gamma_n \left( \sqrt{2|\phi_p| + V_{SB}} - \sqrt{2|\phi_p|} \right) \quad (2.6)$$



Şekil-2.5 Diyot bağlı NMOS'un oluşturduğu konfigürasyon.

Deneyi yaptıran Araş. Gör.:  
Oda No: e-mail:

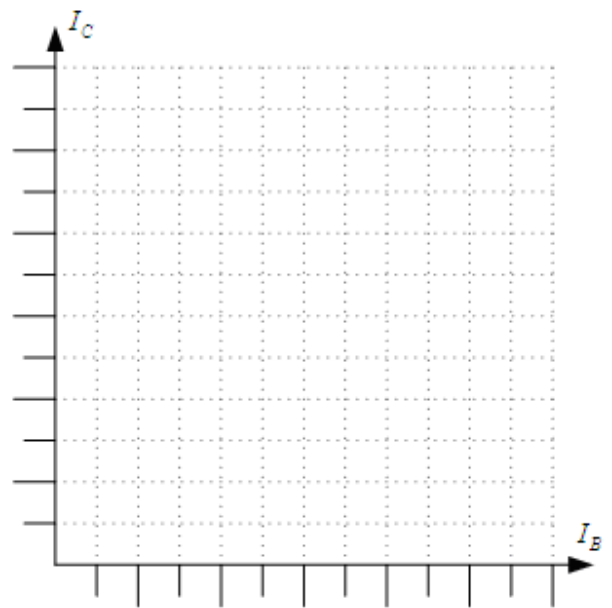
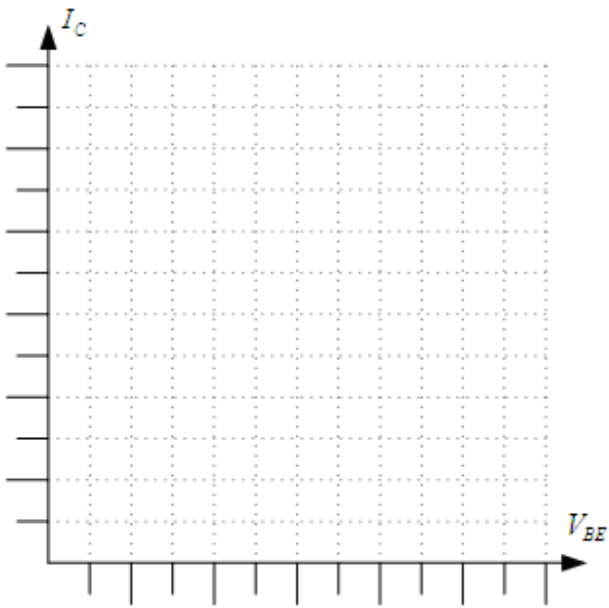
Grup No:  
Tarih :

## ÖLÇME SONUÇLARINI İŞLEME KISMI

### EK-A (DENEY-2.1)

$V_{CE} =$

$R_1$	$V_{BE}$	$I_C$	$V_{R2}$	$I_B$	$\beta$



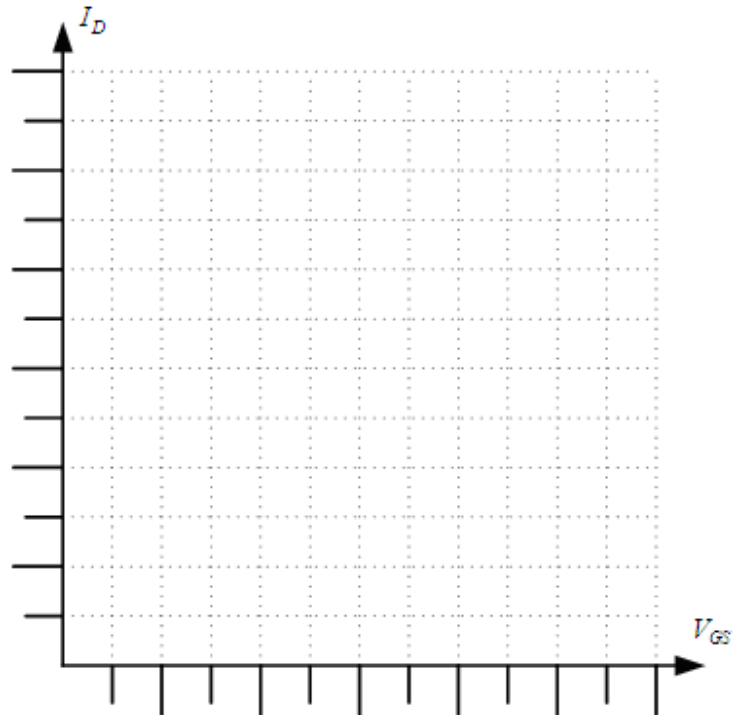
### **EK-B (DENEY-2.2)**

	$V_{BE}$	$V_{CE}$	$I_B$	$I_C$	$\beta$
İleri Yönde Çalışma					
Ters Yönde Çalışma					
Doyma					

### **EK-C (DENEY-2.3)**

$$V_{DS} =$$

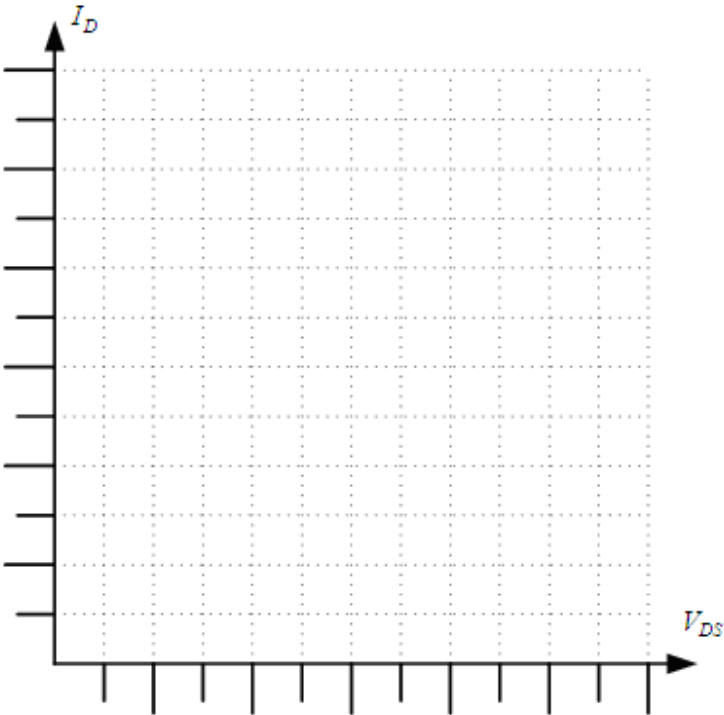
$V_{GS}$	$I_D$



**EK-D (DENEY-2.4)**

$V_{GS} =$

$V_{DS}$	$I_D$




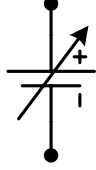


**Ek-E (DENEY-2.5)**

$I_D =$

$V_{SB}$	$V_{GS}$

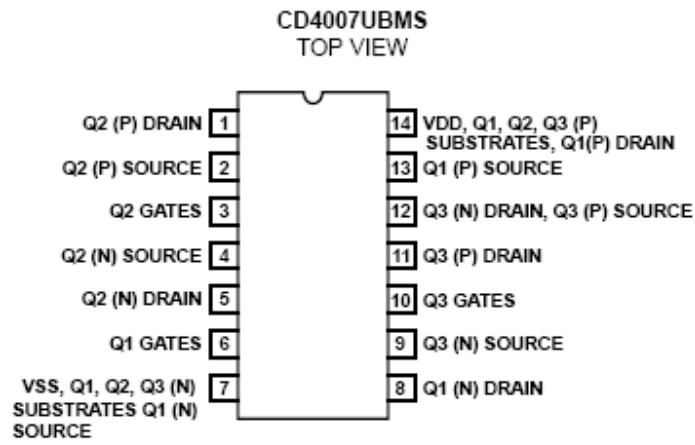


## EK-BİLGİLER

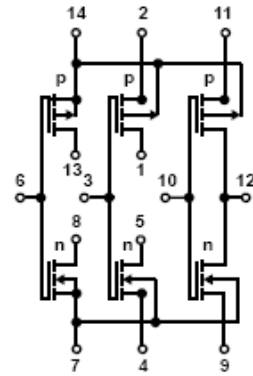
 <p>Voltmetre-Gerilim ölçer</p>	 <p>Değişken değerli DC gerilim kaynağı</p>
 <p>Ampermetre-Akım ölçer</p>	 <p>Değişken değerli direnç</p>

### CD4007

#### Pinout



#### Functional Diagram



TERMINAL NO. 14 - VDD

TERMINAL NO. 7 - VSS

### BC237/238/239

