

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 (nnp) için $V_{CE} - I_C$ grafiğinin çizilmesi ve grafikteki değişik çalışma bölgelerinin belirtilmesi
- ✓ İleri yönde çalışan bir BJT (nnp) 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_m değerinin kabaca grafikte gösterilmesi.

GÖZDEN GEÇİRİLMESİ FAYDALI KONULAR

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

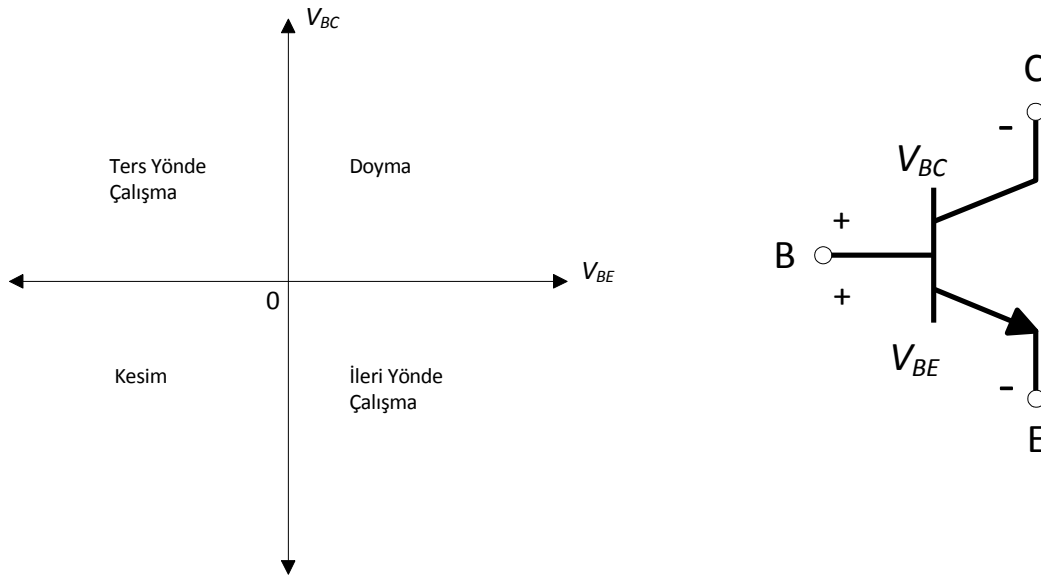
KULLANILACAK MALZEMELER

- ✓ 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 Ω - 1 M Ω)
- ✓ 1 Adet 10 k Ω direnç
- ✓ 1 Adet BC238 NPN Transistör
- ✓ 1 Adet CD4007 UB CMOS inverter
- ✓ Yeterli sayıda kablo ve tel.

1. BJT ELEMAN DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

2.

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

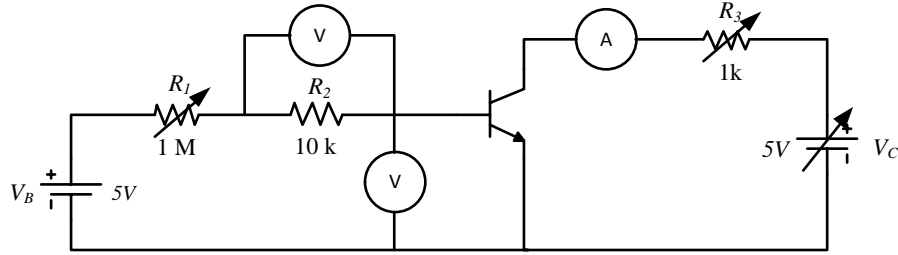
$$I_C \cong I_S e^{V_{BE}/V_T} \quad (2.1)$$

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

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, R2

üzerinden akan akım (I_B) değerlerini de hesaplayarak Ek-A'daki tabloya ve eksen takımlarına işleyiniz.



Şekil-2.2 Ortak emetörlü konfigür

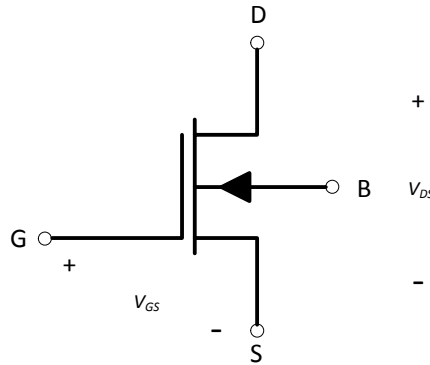
Deney-2.2: Şimdi de transistörü ters yönde ve doymada çalıştırarak gerekli ölçümleri yapalım. İleri yönde çalışma için seçtiğimiz değişik R_1 değerlerinden ortalama bir değer seçelim ve bu değer için daha önceden bulduğumuz sonuçları (Ek-A'daki tablo içinden) Ek-B'ye işleyelim.

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 β 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 simetridir.



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,

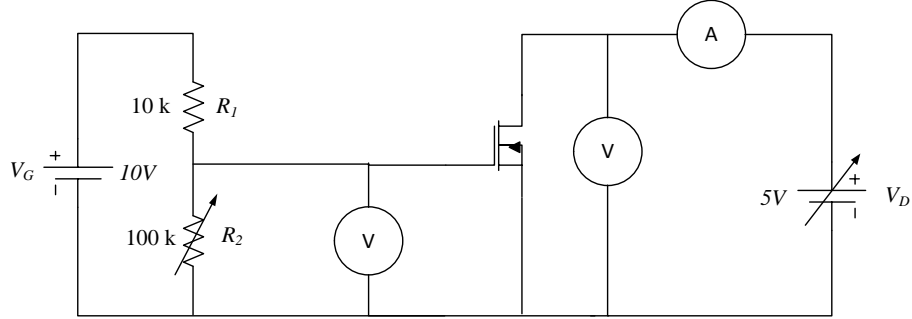
$$1) \quad V_{GS} - V_{tn} < 0 \text{ için kesim:} \quad I_D = 0 \quad (2.3)$$

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

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

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. Öltüğünüz değerleri Ek-C’deki tabloya ve eksen takımına işleyiniz.



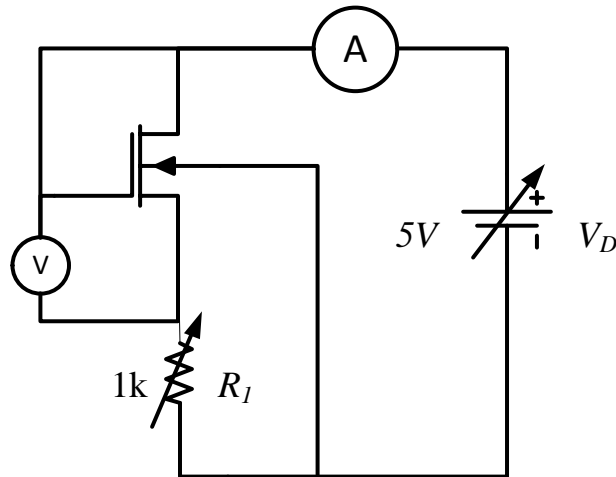
Şekil-2.4 Ortak kaynaklı konfigürasyon.

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.

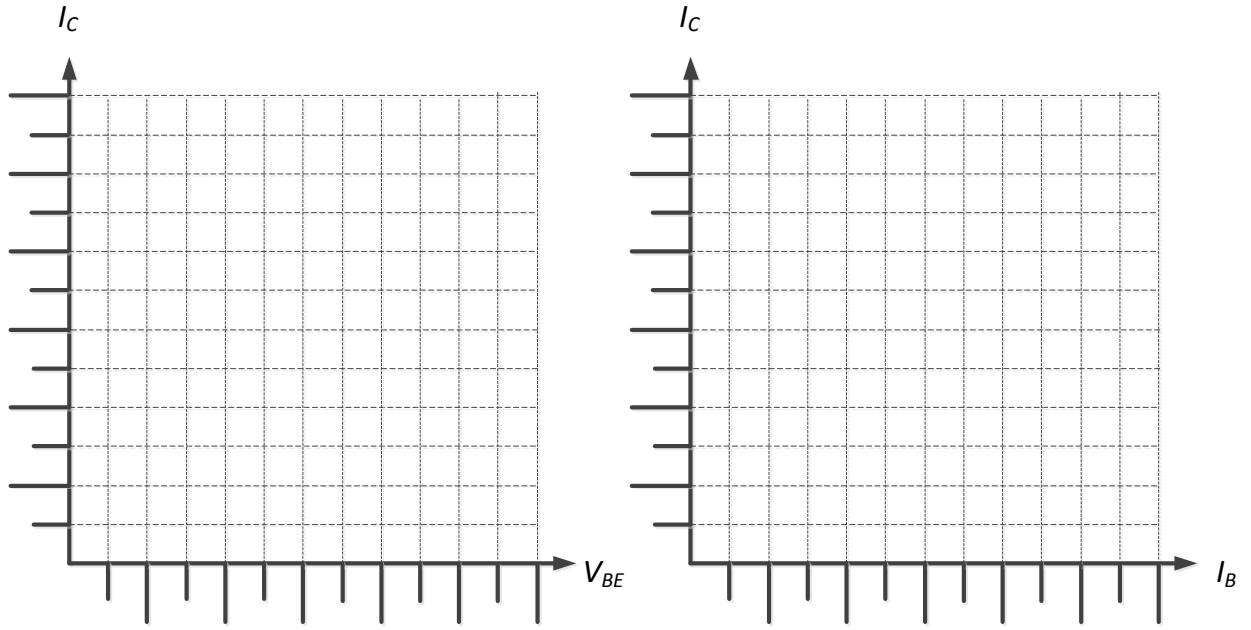
Deney-2.5: Şekil-2.5’deki düzeneği oluşturarak üç farklı V_{SB} değeri ($V_{SB} = V_{R_1}$) seçiniz. Sırasıyla $R_1 = 0$ (kısadevre), $1k$ ve $2.2k$ değerleri için V_D ’yi değiştirerek I_D akımını 1 mA de sabit tutmaya çalışınız ve $I_D = 1$ mA için V_{GS} değerlerini ölçerek Ek- E’deki tabloya işleyiniz. 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.



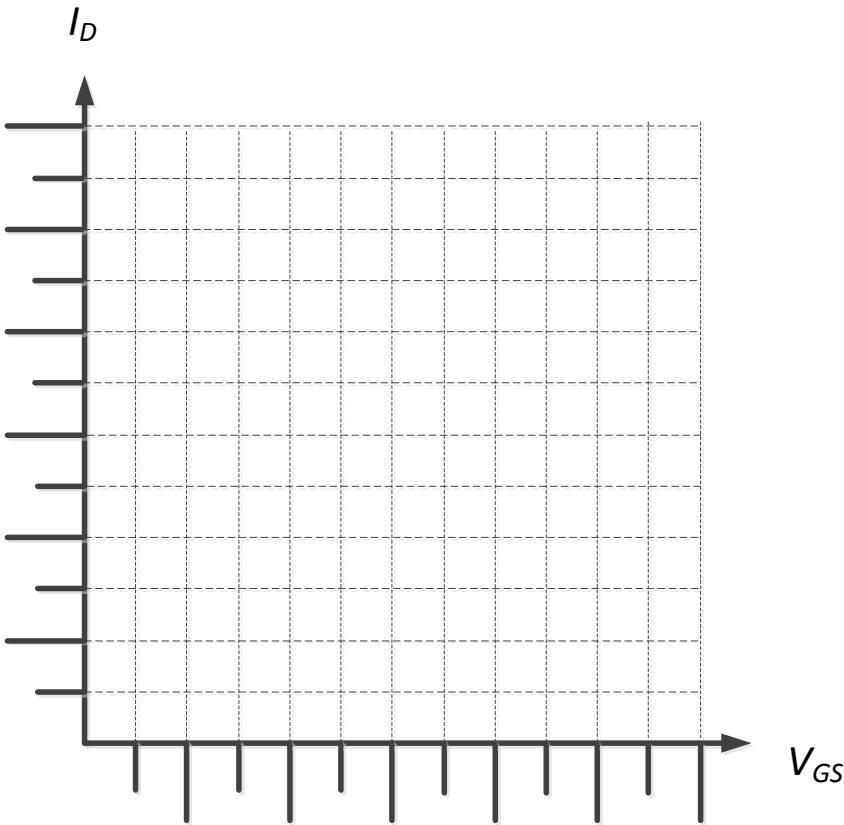
EK-B (DENEY-2.2)

	V_{BE}	V_{CE}	I_B	I_C	β
İleri Yönde Çalışma					
Ters Yönde Çalışma					
Doyma					

EK-C (DENEY-2.3)

$V_{GS} =$

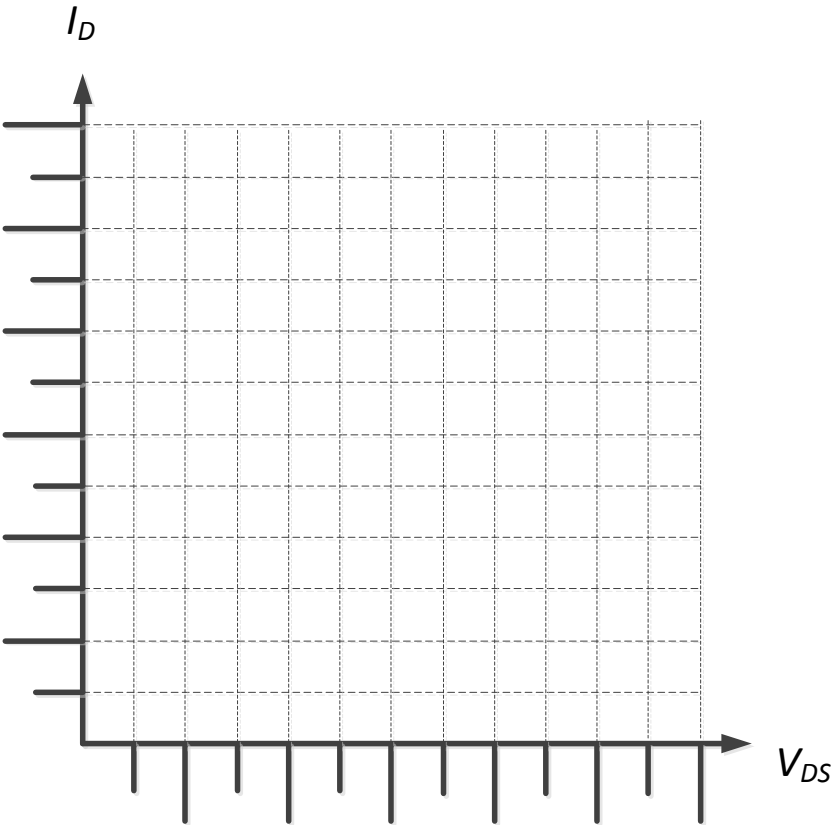
V_{GS}	I_D



EK-D (DENEY-2.4)

$V_{GS} =$

V_{DS}	I_D

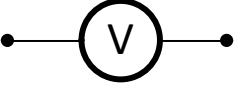
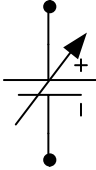




Ek-E (DENEY-2.5)

$I_D =$

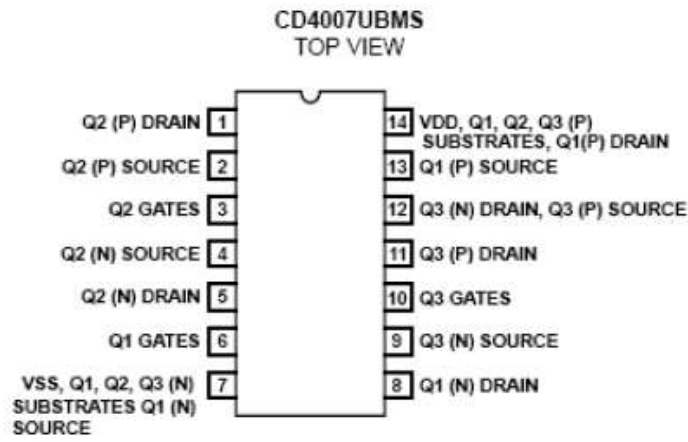
V_{SB}	V_{GS}

EK-BİLGİLER

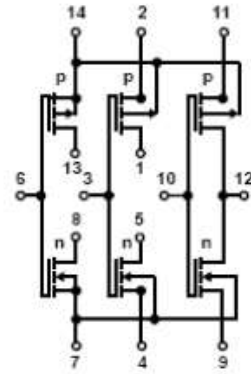
 <p>Voltmetre-Gerilim ölçer</p>	 <p>Değişken değerli DC gerilim kaynağı</p>
 <p>Ampermetre-Akım ölçer</p>	 <p>Değişken değerli direnç</p>

CD4007

Pinout



Functional Diagram



TERMINAL NO. 14 - VDD

TERMINAL NO. 7 - VSS

BC237/238/239

