

ÜNİTENİN ADI:	JFET' LER (JUNCTION FIELD EFFECT TRANSISTOR)	
DENEYİN ADI:	JFET' LERİN ÖN GERİLİMLENDİRİLMESİ	DENEY No: 11

HEDEFLER

JFET ön gerilime devrelerini öğrenerek bu devrelerin analizini yapmak. Çalışma noktasını açıklamak ve değişik V_{GS} gerilimlerine karşılık gelen akım ve gerilim değerlerini hesaplamak.

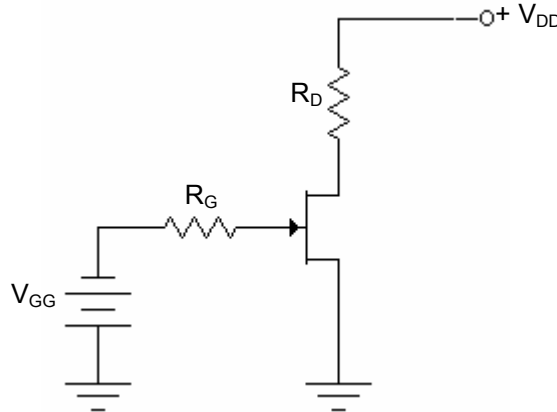
ÖN BİLGİLER

JFET' ler de aynı BJT' ler gibi, anahtarlama veya yükseltme amacıyla kullanılabilen yarıiletken devre elemanlarıdır. JFET' in görevini yapabilmesi için uygun şekilde kutuplanması ve gerekli drain akımını sağlamak üzere belirli değerde bir V_{GS} geriliminin uygulanması gerekmektedir. Bu işleme öngerilime adı verilir.

JFET' lerin öngerilimesi amacıyla kullanılan değişik devreler bulunmaktadır:

- 1- Sabit öngerilim devresi
- 2- Kendinden öngerilimli devre
- 3- Gerilim bölücülü öngerilime devresi

Sabit öngerilim devresi:



Şekil 11-1 : JFET'in sabit ön gerilime devresi

Devrede kullanılan JFET n kanal olup, gate bölgesi p tipi malzemedir ve kanal bölgesi de n tipi malzemedir imal edilmiştir. Sabit ön gerilime, gate- source jonksiyonunu ters polarma eden bir V_{GG} kaynağı kullanılarak yapılır. Bu şekilde yapılan bir ön gerilime sonucunda, JFET gate akımının sıfır olacağı açıktır. Bu durumda R_G direncinden akım akmayacağı için bu direnç üzerinde bir gerilim düşümü de söz konusu olmayacaktır.

$$I_G = 0$$

$$V_{RG} = I_G \cdot R_G = 0 \cdot R_G \Rightarrow V_{RG} = 0$$

$$V_{GG} = V_{RG} + V_{GS} = 0 + V_{GS}$$

$$V_{GS} = V_{GG}$$

V_{GS} gerilimine bağlı olarak drain-source terminaleri arasından geçen akım

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

olup, değeri V_{GS} gerilimi tarafından belirlenen bu akımın, JFET' in drain ucuna bağlı olan R_D direnci üzerinde meydana getireceği gerilim düşümünü ise,

$$V_{RD} = I_D \cdot R_D \text{ dir.}$$

JFET' in çıkış devresi için,

$$V_{DD} = V_{RD} + V_{DS}$$

eşitliği geçerli olup, bu eşitlikten drain-source uçları arasında düşen gerilim,

$$V_{DS} = V_{DD} - V_{RD} \text{ olarak bulunur.}$$

Örnek: Sabit öngerilim devresinde,

$V_{DD} = 12 \text{ V}$ $V_{GG} = -3 \text{ V}$ $I_{DSS} = 17 \text{ mA}$ $V_{GS(off)} = -6,5 \text{ V}$ $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ ve $R_D = 1 \text{ k}\Omega$ olduğuna göre, JFET' in I_D akımını ve V_{DS} gerilimini hesaplayınız.

$$V_{GS} = V_{GG} = -3 \text{ V}$$

$$I_D = 17 \text{ mA} \cdot \left(1 - \frac{-3 \text{ V}}{-6,5 \text{ V}}\right)^2 \cong 4,93 \text{ mA}$$

$$V_{RD} = 4,93 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 4,93 \text{ V}$$

$$V_{DS} = 12 - 4,93 \cong 7 \text{ V}$$

JFET devrelerinin çözümü grafik analiz yöntemi kullanılarak da yapılabilir. Bu yöntemle çözüme ulaşmak için, transfer karakteristiği ve çıkış karakteristiğinden faydalanılır. JFET' e ait iki temel parametre olan $V_{GS(off)}$ ve I_{DSS} ' nin değerleri transfer karakteristiğinden kolaylıkla bulunabilir.

BJT devrelerinin grafik analizinde olduğu gibi JFET' lerin analizinde de çıkış karakteristiği kullanılır. Öncelikle yapılması gereken DC yük doğrusunun çizilmesidir. Bir doğrunun, dolayısıyla DC yük doğrusunun çizilebilmesi için iki noktaya ihtiyaç vardır. Bu iki nokta JFET çıkış devresi için yazılan eşitlik kullanılarak tespit edilir :

1.nokta: $V_{DS} = 0$ için I_D akımı hesaplanır.

$$V_{DD} = V_{RD} + V_{DS}$$

$$V_{DS} = 0 \Rightarrow V_{DD} = V_{RD}$$

$$V_{DD} = I_D \cdot R_D$$

$$I_D = \frac{V_{DD}}{R_D}$$

$$1.\text{nokta : } V_{DS} = 0, I_D = \frac{V_{DD}}{R_D}$$

2.nokta: $I_D = 0$ için V_{DS} gerilimi hesaplanır.

$$V_{DD} = V_{RD} + V_{DS}$$

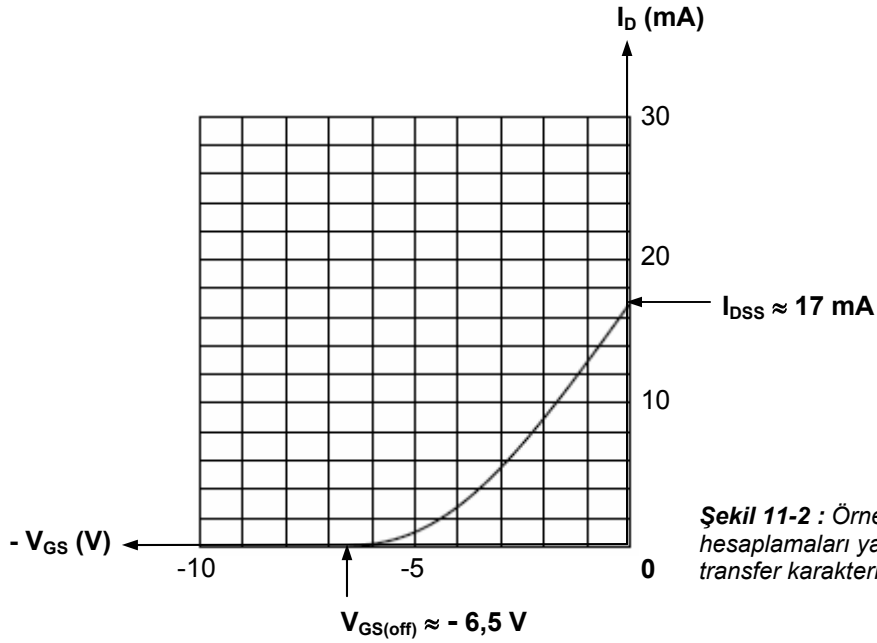
$$I_D = 0 \Rightarrow V_{RD} = I_D \cdot R_D = 0$$

$$V_{DD} = V_{DS}$$

$$2.\text{nokta : } I_D = 0, V_{DS} = V_{DD}$$

Çıkış karakteristiği üzerinde işaretlenen bu iki nokta birleştirilerek DC yük doğrusu çizilir. Herhangi bir V_{GS} gerilimine karşılık gelen **Q noktası** (çalışma noktası), bu V_{GS} gerilimine ait özegrinin DC yük doğrusunu kestiği yer işaretlenerek bulunur. Q noktasından, V_{DS} eksenine inilerek JFET' in drain-source gerilimi ve I_D eksenine gidilerek drain akımı bulunur.

Yukarıda matematiksel çözümünü yapılan örnek devrenin grafik analizi yapılacak olursa:



JFET' e ait transfer karakteristiğinden $I_{DSS} = 17 \text{ mA}$ ve $V_{GS(off)} = -6,5 \text{ V}$ olduğu görülmektedir. DC yük doğrusunu çizmek için kullanılacak noktalar ise:

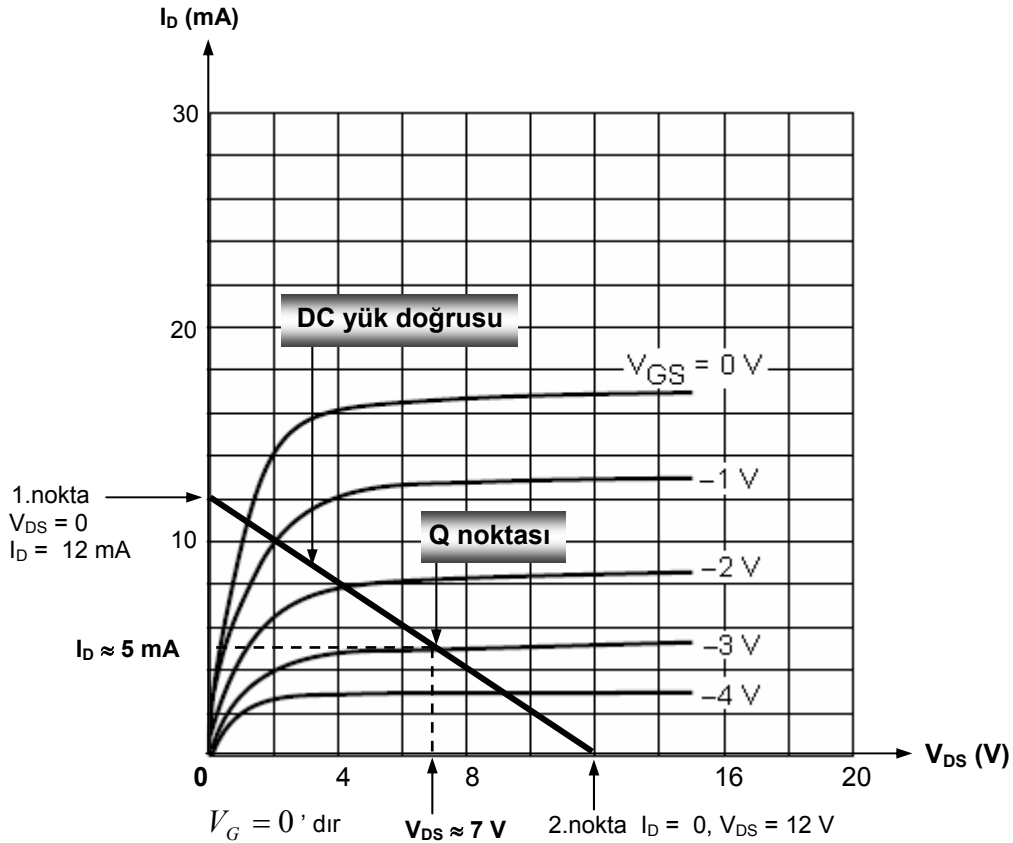
1.nokta:

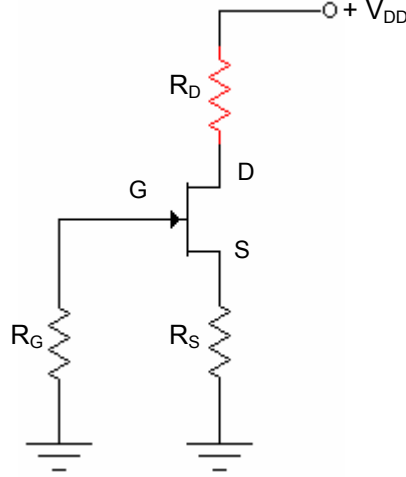
$$V_{DS} = 0, I_D = \frac{V_{DD}}{R_D} = \frac{12V}{1k\Omega} = 12\text{mA}$$

2.nokta:

$$I_D = 0, V_{DS} = V_{DD} = 12V$$

Olarak hesaplanır ve bu iki nokta bir doğru ile birleştirilirse şekil 11'3 deki yük doğrusu elde edilir.



Kendinden ön gerililme devresi:**Şekil 11-4** : JFET'lerde kendinden ön gerililme devresi

Sabit ön gerililme devresinde (şekil 11-4' de), V_{DD} kaynağı yanı sıra, gerekli ön gerilimi sağlamak üzere ikinci bir kaynak olarak V_{GG} kullanılmaktadır. Buna karşılık kendinden öngerilimli devrede tek kaynak kullanılarak daha pratik bir yapı elde edilmektedir. JFET' in gate ucu R_G direnci ile şase potansiyeline çekilmiş olup,

$$V_G = 0 \text{ dir}$$

Üzerinden geçen drain akımı nedeniyle R_S direnci üzerinde bir gerilim düşümü olur. Bu gerilim,

$$V_{R_S} = I_D \cdot R_S$$

seviyesindedir ve aynı zamanda JFET' in source ucu ile şase arasındaki gerilimdir. Buna göre,

$$V_S = V_{R_S} = I_D \cdot R_S$$

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$V_{GS} = 0 - I_D \cdot R_S$$

$$V_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

Görüldüğü gibi R_S direnci üzerinde düşen gerilim, gate-source öngerilimini sağlamaktadır. Devrenin analizi için JFET transfer karakteristiği ve V_{GS} için bulunan denklem yardımıyla çizilecek bir doğrudan faydalanılır. Çizilen bu doğru, **kendinden öngerilim doğrusu** olarak adlandırılır. Transfer karakteristiği ile kendinden öngerilim doğrusunun kesiştiği yer **Q noktası** (çalışma noktası) olarak belirlenir. Kendinden öngerilim doğrusu, seçilecek iki nokta yardımıyla çizilir:

1.nokta: $V_{GS} = V_{GS(off)}$ için I_D hesaplanır.

$$V_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

$$V_{GS(off)} = -I_D \cdot R_S \quad \mathbf{1.nokta : V_{GS} = V_{GS(off)} , I_D = -\frac{V_{GS(off)}}{R_S}}$$

$$I_D = -\frac{V_{GS(off)}}{R_S}$$

$$V_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

2.nokta: $I_D = 0$ için V_{GS} hesaplanır.

$$V_{GS} = -0 \cdot R_S$$

$$V_{GS} = 0$$

$$\mathbf{2.nokta : I_D = 0 , V_{GS} = 0}$$

98 Analog Elektronik (Diyod, BJT, FET, Mosfet)

Örnek: Kendinden ön gerilimli devrede,

$V_{DD} = 15 \text{ V}$ $I_{DSS} = 20 \text{ mA}$ $V_{GS(off)} = -5 \text{ V}$ $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ $R_S = 220 \Omega$ ve $R_D = 1 \text{ k}\Omega$ olduğuna göre, JFET' in I_D akımını ve V_{DS} gerilimini hesaplayınız.

Öncelikle verilen I_{DSS} ve $V_{GS(off)}$ değerleri kullanılarak JFET' in transfer karakteristiği çizilir. Bu amaçla, V_{GS} geriliminin örnek bazı değerleri için I_D akımını gösteren bir tablo düzenlenir.

V_{GS}	$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$
0	$I_{DSS} = 20 \text{ mA}$
$0,1 \cdot V_{GS(off)} = 0,1 \cdot (-5) = -0,5 \text{ V}$	$0,8 \cdot I_{DSS} = 0,8 \cdot (20) = 16 \text{ mA}$
$0,3 \cdot V_{GS(off)} = 0,3 \cdot (-5) = -1,5 \text{ V}$	$0,5 \cdot I_{DSS} = 0,5 \cdot (20) = 10 \text{ mA}$
$0,5 \cdot V_{GS(off)} = 0,5 \cdot (-5) = -2,5 \text{ V}$	$0,25 \cdot I_{DSS} = 0,25 \cdot (20) = 5 \text{ mA}$
$0,8 \cdot V_{GS(off)} = 0,8 \cdot (-5) = -4 \text{ V}$	$0,04 \cdot I_{DSS} = 0,04 \cdot (20) = 0,8 \text{ mA}$
$V_{GS(off)} = -5 \text{ V}$	0

Tablodaki V_{GS} ve I_D değerleri kullanılarak transfer karakteristiği çizilir. Ardından kendinden öngerilim doğrusu transfer karakteristiği üzerine çizilir. Kendinden öngerilim doğrusunun çizimi için kullanılacak noktalar:

1.nokta:

$$V_{GS} = V_{GS(off)} = -5 \text{ V} , I_D = -\frac{V_{GS(off)}}{R_S} = -\frac{-5 \text{ V}}{220 \Omega} = 22,7 \text{ mA}$$

2.nokta:

$$I_D = 0 , V_{GS} = 0$$

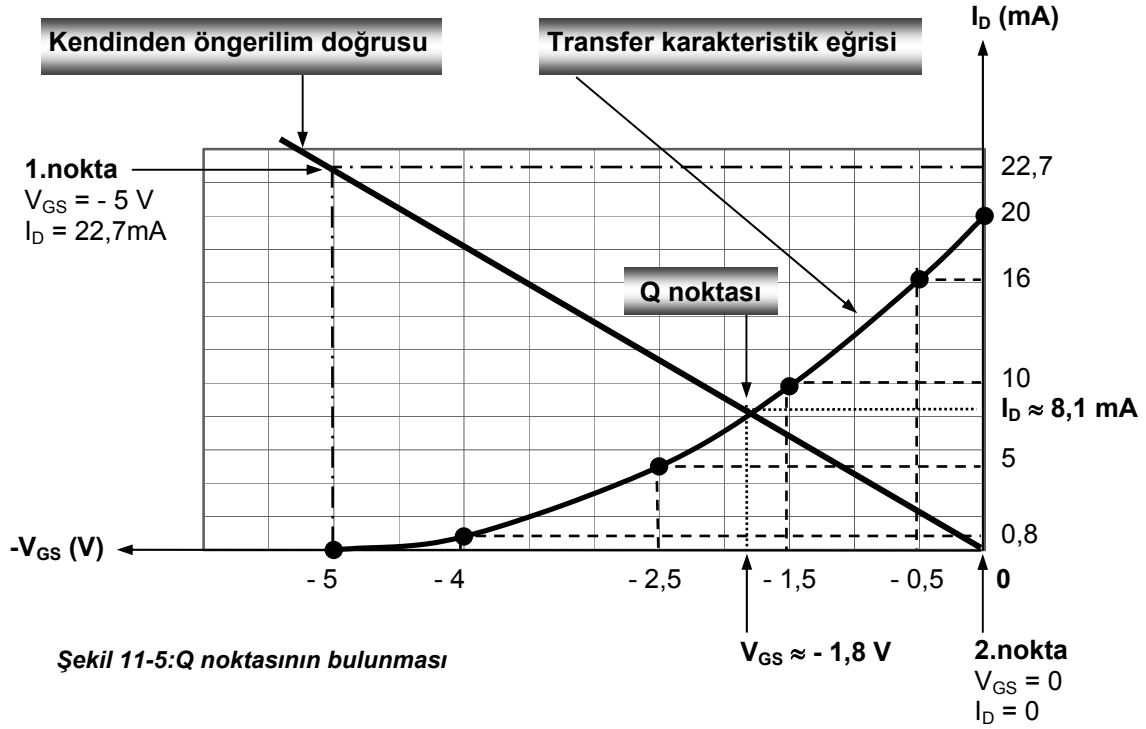
Bu iki nokta yardımıyla çizilecek olan kendinden ön gerilim doğrusu ile transfer karakteristik eğrisinin kesişim yeri Q noktası olarak belirlenir. Q noktasından yatay eksene inilerek V_{GS} gerilimi ve düşey eksene gidilerek I_D akımı bulunur. Bulunan I_D akımı kullanılarak, devrenin değişik noktalarına ait gerilim değerleri hesaplanabilir:

$$V_{DD} = V_{R_D} + V_{DS} + V_{R_S}$$

$$V_{R_D} = I_D \cdot R_D$$

$$V_{R_S} = I_D \cdot R_S$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (V_{R_D} + V_{R_S})$$



Grafik analiz sonucunda,

$V_{GS} \approx -1,8 \text{ V}$ ve $I_D \approx 8,1 \text{ mA}$ olduğu görülmektedir. I_D akımının bulunan değeri kullanılarak,

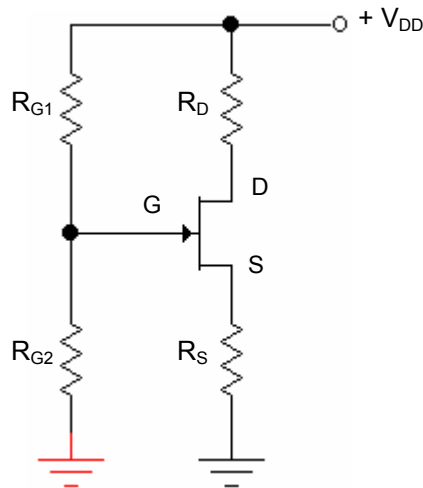
$$V_{R_D} = I_D \cdot R_D = 8,1 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = \mathbf{8,1 \text{ V}}$$

$$V_{R_S} = I_D \cdot R_S = 8,1 \text{ mA} \cdot 0,22 \text{ k}\Omega \approx \mathbf{1,8 \text{ V}}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (V_{R_D} + V_{R_S}) = 15 - (8,1 + 1,8) = \mathbf{5,1 \text{ V}}$$

sonuçları elde edilir.

Gerilim bölücülü ön gerilimleme devresi:



Şekil 11-6 : JFET'lerde gerilim bölücülü ön gerilimleme devresi

Kendinden ön gerilimli devreye ikinci bir gate direncinin ilavesi ile elde edilmektedir. JFET' in gate ucu akım çekmediğine göre:

$$V_G = V_{DD} \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$V_S = I_D \cdot R_S$$

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

olup, kendinden ön gerilim doğrusunun çizimi için kullanılacak noktalar:

1.nokta: $V_{GS} = 0$ için I_D hesaplanır.

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$0 = V_G - I_D \cdot R_S$$

$$I_D = \frac{V_G}{R_S}$$

$$\text{1.nokta : } V_{GS} = 0, I_D = \frac{V_G}{R_S}$$

2.nokta: $I_D = 0$ için V_{GS} hesaplanır.

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$V_{GS} = V_G - I_D \cdot R_S$$

$$V_{GS} = V_G - 0 \cdot R_S$$

$$V_{GS} = V_G$$

$$\text{2.nokta : } I_D = 0, V_{GS} = V_G$$

Örnek: Gerilim bölücülü ön gerilimleme devresinde,

$V_{DD} = 15 \text{ V}$ $I_{DSS} = 40 \text{ mA}$ $V_{GS(off)} = -5 \text{ V}$ $R_{G1} = 1,5 \text{ M}\Omega$ $R_{G2} = 300 \text{ k}\Omega$ $R_S = 500 \Omega$ ve $R_D = 250 \Omega$ olduğuna göre, JFET' in I_D akımını ve V_{DS} gerilimini hesaplayınız.

I_{DSS} ve $V_{GS(off)}$ değerleri kullanılarak JFET' in transfer karakteristiği çizilir. Bu amaçla yine bir tablo düzenlenir.

V_{GS}	$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$
0	$I_{DSS} = 40 \text{ mA}$
$0,1 \cdot V_{GS(off)} = 0,1 \cdot (-5) = -0,5 \text{ V}$	$0,8 \cdot I_{DSS} = 0,8 \cdot (40) = 32 \text{ mA}$
$0,3 \cdot V_{GS(off)} = 0,3 \cdot (-5) = -1,5 \text{ V}$	$0,5 \cdot I_{DSS} = 0,5 \cdot (40) = 20 \text{ mA}$
$0,5 \cdot V_{GS(off)} = 0,5 \cdot (-5) = -2,5 \text{ V}$	$0,25 \cdot I_{DSS} = 0,25 \cdot (40) = 10 \text{ mA}$
$0,8 \cdot V_{GS(off)} = 0,8 \cdot (-5) = -4 \text{ V}$	$0,04 \cdot I_{DSS} = 0,04 \cdot (40) = 1,6 \text{ mA}$
$V_{GS(off)} = -5 \text{ V}$	0

Tablodaki V_{GS} ve I_D değerleri kullanılarak transfer karakteristiği çizilir. Ardından kendinden öngerilim doğrusu transfer karakteristiği üzerine çizilir. Kendinden öngerilim doğrusunun çizimi için kullanılacak noktaları bulmak üzere, öncelikle V_G gerilimi hesaplanır.

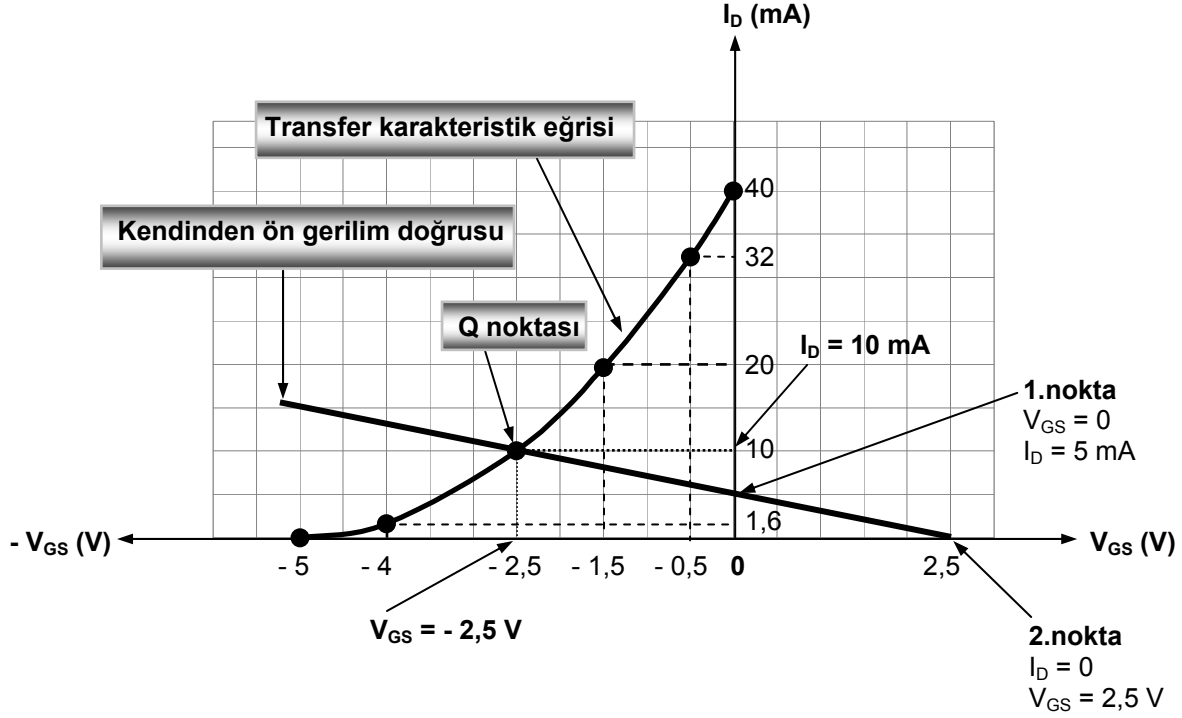
$$V_G = V_{DD} \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 15V \cdot \frac{0,3M\Omega}{1,5M\Omega + 0,3M\Omega} = 2,5V$$

1.nokta:

$$V_{GS} = 0, I_D = \frac{V_G}{R_S} = \frac{2,5V}{0,5k\Omega} = 5mA$$

2.nokta:

$$I_D = 0, V_{GS} = V_G = 2,5V$$



Şekil 11-7 :Q noktasının bulunması

Kendinden öngerilim doğrusu ile transfer karakteristik eğrisinin kesişim yeri Q noktası olarak belirlenip, bu noktadan yatay ve düşey eksene gidildiğinde,

$V_{GS} = -2,5 \text{ V}$ ve $I_D = 10 \text{ mA}$ olarak bulunur. I_D akımının bulunan değeri kullanılarak,

$$V_{R_D} = I_D \cdot R_D = 10mA \cdot 0,25k\Omega = 2,5V$$

$$V_{R_S} = I_D \cdot R_S = 10mA \cdot 0,5k\Omega = 5V$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (V_{R_D} + V_{R_S}) = 15 - (2,5 + 5) = 7,5V$$

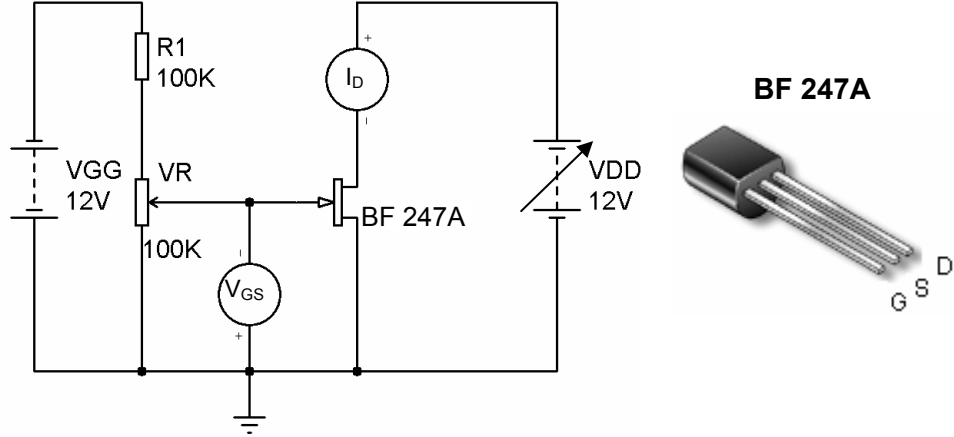
sonuçlarına ulaşılır.

KULLANILAN MALZEME ARAÇ VE GEREÇLER

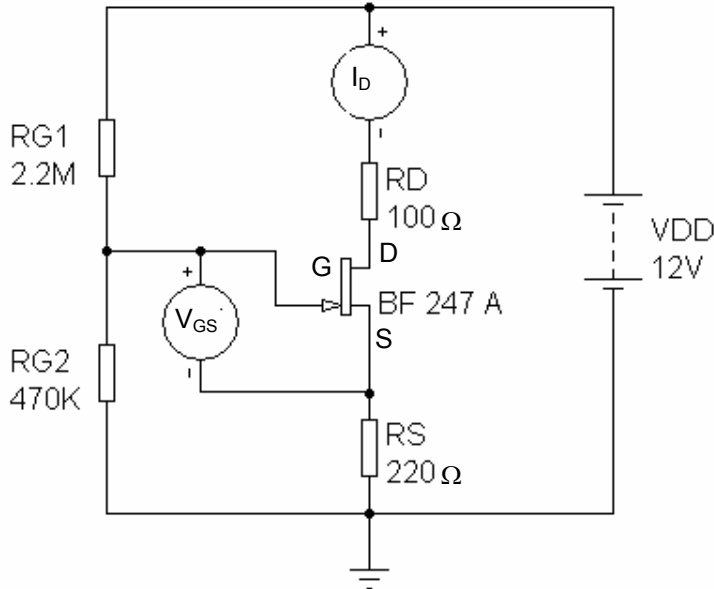
Sıra	Malzeme	Özelliği	Adeti	Sıra	Malzeme	Özelliği	Adeti
1	Güç kaynağı	15 V	1	5	Direnç	220 Ω	1
2	AVO metre	-	2	6	Direnç	470 k Ω	1
3	JFET	BF 247A	1	7	Direnç	2,2 M Ω	1
4	Direnç	100 Ω	1	8			

DENEY ŞEMASI

Şekil a: JFET parametrelerinin elde edilmesinde kullanılacak devre şeması.



Şekil b : Transfer karakteristiğinin elde edilmesinde kullanılacak devre şeması.



Şekil 11-8 : Deney devre şemaları

İŞLEM BASAMAKLARI

- 1- Elemanlarınızın sağlamlığını ve doğruluğunu deney şemasına göre kontrol ediniz.
- 2- Şekil 11-8-a' deki devreyi kurarak devreye enerji veriniz.
- 3- V_R (ayarlı direnç) elemanını kullanarak $V_{GS} = 0$ V olmasını sağlayınız (bu amaçla V_{GG} kaynağı devreden çıkartılarak, gate-source uçları kısa devre de edilebilir). V_{DD} kaynağı yardımıyla V_{DS} gerilimini sıfırdan başlayarak artırıp I_D akımındaki değişimi gözlemleyiniz.
- 4- V_{DS} gerilimini, I_D akımındaki yükseliş bitinceye dek arttırmaya devam ediniz. I_D akımının sabit kaldığı bu noktadaki değerini I_{DSS} olarak gözlem tablosuna kaydediniz.
- 5- V_{DD} kaynağı yardımıyla V_{DS} gerilimini 12 volt'a ayarlayarak sabitleyiniz. V_R elemanını kullanarak V_{GS} gerilimini sıfırdan başlayarak arttırınız (V_{GS} gerilimindeki artış negatif yönlüdür). I_D akımındaki değişimi gözlemleyiniz.
- 6- V_{GS} gerilimini I_D akımı sıfıra düşene dek arttırınız. I_D akımının sıfıra düştüğü bu noktadaki V_{GS} geriliminin değerini ölçerek $V_{GS(off)}$ olarak gözlem tablosuna kaydediniz.
- 7- V_{GS} 'nin gözlem tablosunda verilen değişik değerleri için (daha önce ölçtüğünüz I_{DSS} ve $V_{GS(off)}$ değerlerini de kullanarak) I_D akımlarını hesaplayarak tabloya kaydediniz.

- 8-** Hesaplama sonucunda bulduğunuz değerleri kullanarak JFET' e ait transfer karakteristiğini (şekil 11-9' u kullanarak) çiziniz.
- 9-** Şekil 11-8-b' deki öngerilimleme devresi için I_D ve V_{DS} değerlerini hesaplayınız (bunun için transfer karakteristiği üzerine kendinden öngerilim doğrusunu çizip kesişim yerini Q noktası olarak belirleyin).
- 10-** Şekil 11-8-b' deki devreyi kurarak I_D ve V_{DS} değerlerini ölçünüz ve tabloya kaydediniz.
- 11-** Ölçüm ve hesaplama sonuçlarını karşılaştırınız.

GÖZLEM TABLOSU

JFET PARAMETRELERİ	I_{DSS} (mA)	$V_{GS(off)}$ (V)

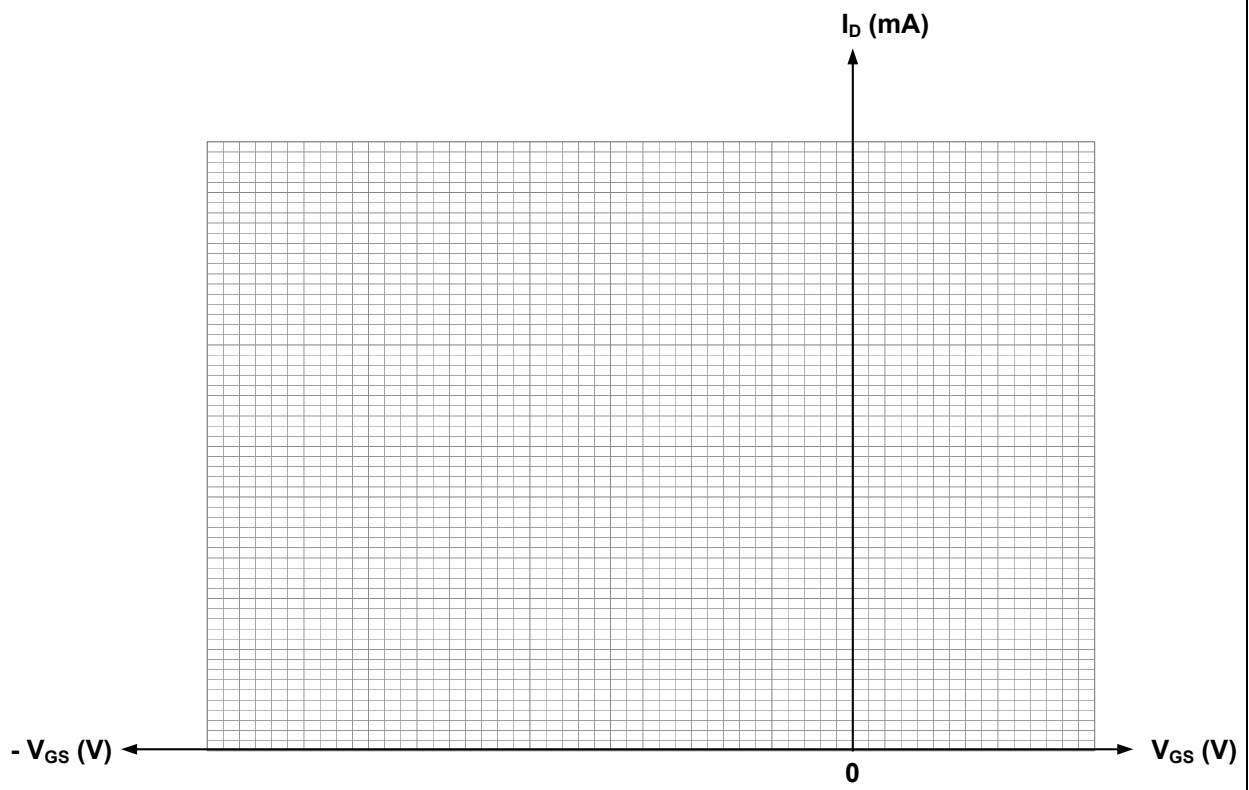
JFET TRANSFER KARAKTERİSTİĞİ ÇİZİMİNDE KULLANILACAK DEĞERLER (hesaplayınız)	V_{GS} (V)	I_D (mA)
	0	
	$0,1V_{GS(off)} = \dots\dots$	
	$0,3V_{GS(off)} = \dots\dots$	
	$0,5V_{GS(off)} = \dots\dots$	
	$0,8V_{GS(off)} = \dots\dots$	
$V_{GS(off)} = \dots\dots$		

Şekil 11-8-a için kullanılacak gözlem tabloları

SONUÇLAR	HESAPLANAN		ÖLÇÜLEN	
	I_D (mA)	V_{DS} (V)	I_D (mA)	V_{DS} (V)

Şekil 11-8-b için kullanılacak gözlem tabloları

HESAPLAMALAR (Gerekli hesaplamalarınızı bu alanda yapınız.)



SONUÇ:

ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME						
Adı:.....	Bilgi	İşlem Basamakları	İş Alışkanlığı	Süre		TOPLAM	
Soyadı:.....	%..	%..	%..	%..	%..	Rakamla	Yazıyla
Numarası:.....							
Sınıfı.....							
Ders Öğretmeni						İmza.....	