

HAFTA 11

ALAN ETKİLİ TRANSİSTORLAR(FET)

ALAN ETKİLİ TRANSİSTORLAR (FET)

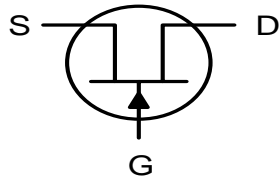
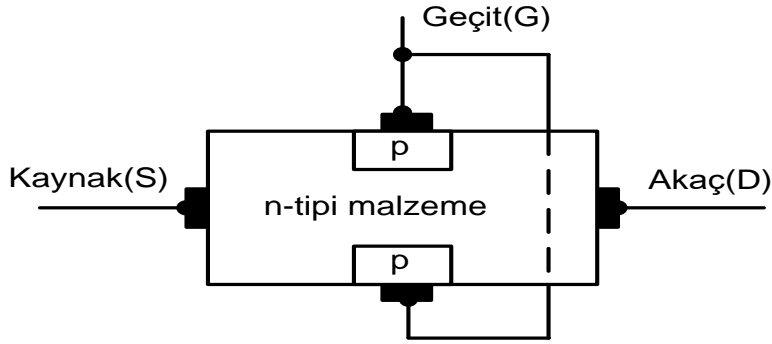
- Npn veya pnp olarak yapılan bipolar jonksiyonlu transistor (BJT) iki kutuplu bir elemandır.
- BJT akım kontrollü bir transistordür.
- Alan etkili transistor (FET) ise tek kutuplu bir elemandır.
- N-kanallı veya p-kanallı bir FET gerilim kontrollü bir transistordür.
- FET ler p-n jonksiyonuna sahip üç uçlu bir eleman olup ya jonksiyon FET (JFET) veya metal oksit yarıiletken FET (MOSFET) olarak üretilmektedir.

FET ile BJT nin karşılaştırılması:

- FET in gerilim direnci tipik olarak $100M\Omega$ gibi yüksek bir değer iken, BJT nin gerilim direnci tipik olarak $2k\Omega$ dur.
- FET in anahtar (veya kıyıcı) olarak kullanıldığında sapma gerilimi yoktur.
- FET ler radyasyona duyarsız, BJT ler duyarlıdır. (β radyasyondan çok etkilenir)
- FET ler, BJT lerden daha az gürültülüdür.
- FET ler, BJT lere göre daha yüksek ısı kararlılığı sağlayacak şekilde çalıştırılabilir.
- FET ler BJT lerden daha küçüktür.

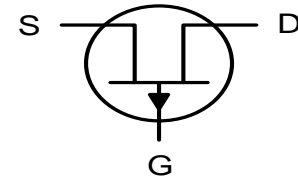
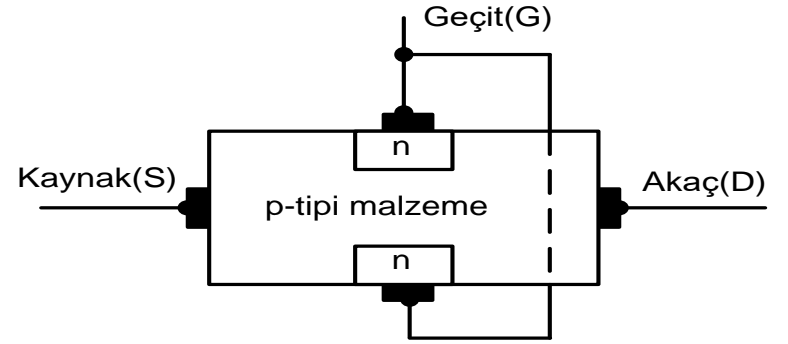
JFET in çalışması

N kanallı JFET, içine bir çift p-tipi bölgenin difüzyon yoluyla yerleştirilmiş olan n-tipi bir çubuk kullanılarak yapılmaktadır. p kanallı JFET ise bunun tam tersidir.



Gösterimi

(a)



Gösterimi

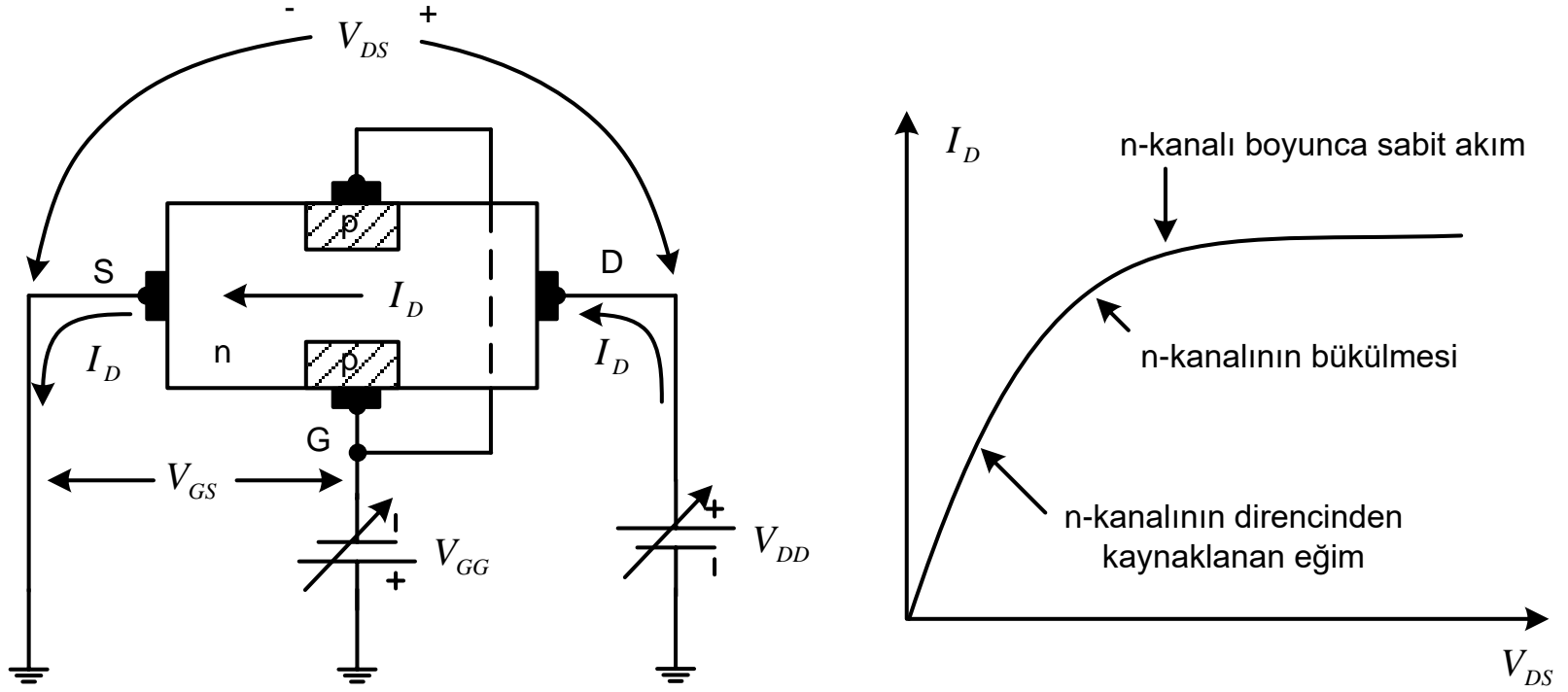
(b)

Şekil 1.

➤ Şekil 1(a)'daki n-tipi eleman için kapı üzerindeki ok işareti, kapının (geçit) p-tipi, kanalın ise n-tipi, Şekil 1(b) deki p-tipi eleman içinse, kapının n-tipi, kanalın p-tipi olduğunu gösteren bir ok işareti vardır.

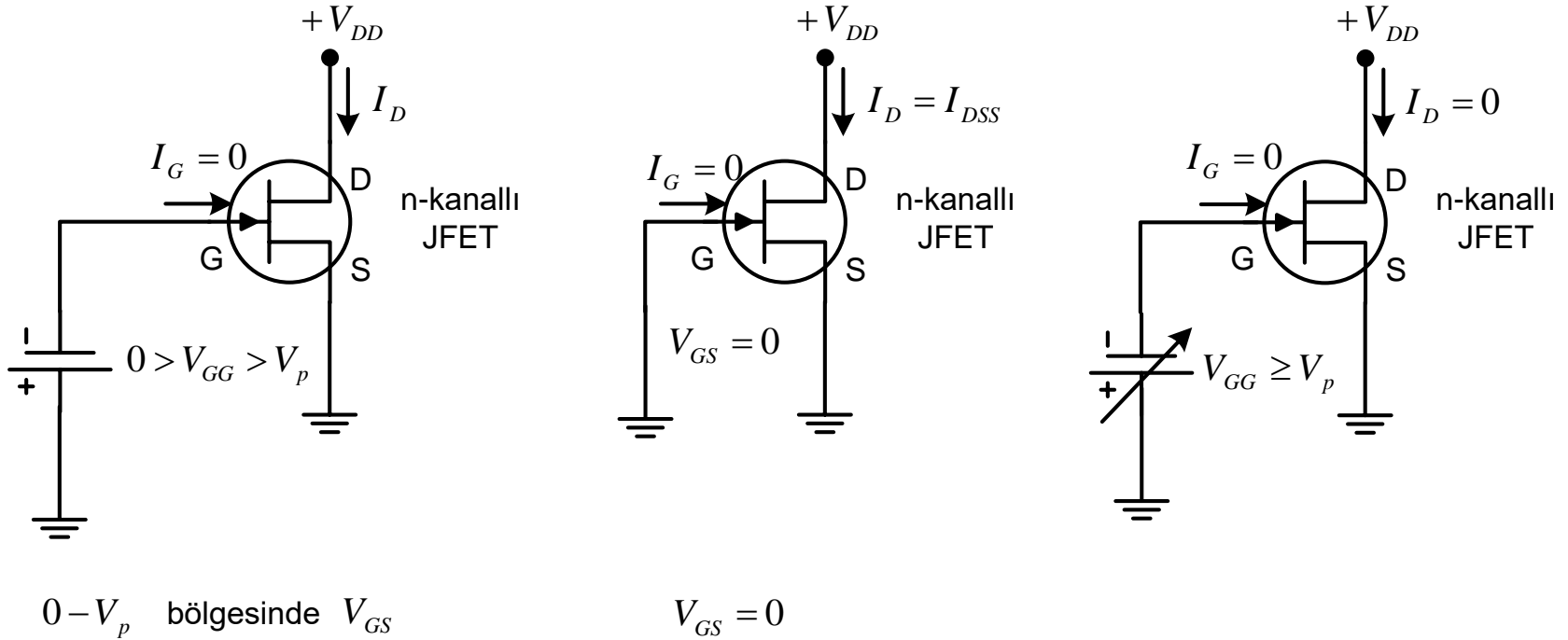
➤ N-kanallı bir JFET de besleme gerilimi akaçtan kaynağa bir akımının akmasını sağlar. Bu akaç akımı p-tipi kapı ile çevrili kanaldan geçer.

➤ Kapı ile kaynak arasında besleme kaynağı ile bir gerilim oluşturulmuştur. Bu kapı kaynak geriliminin polaritesi, kapı-kaynak jonksiyonunu ters öngerilimleyeceğinden, kapıdan akım akmayacaktır. Kapı-kaynak geriliminin yaratacağı etki, kanal genişliğini azaltarak akaç-kaynak direncini artırıp daha az akaç akımı geçirmektir (Şekil 2).



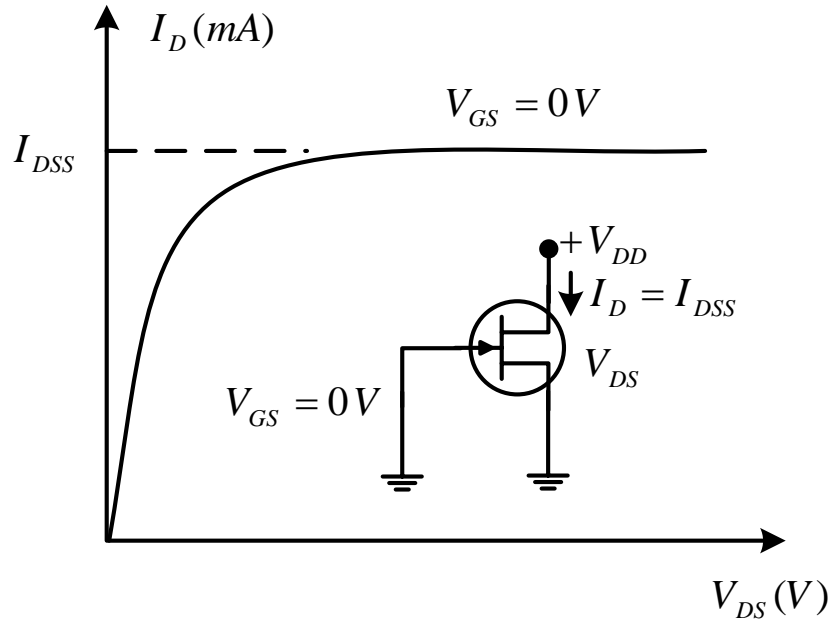
Şekil 2.

Şekil 3'deki I_{DSS} akımı akaç-kaynak doyma akımı olup, V_p ise kısılma gerilimidir.

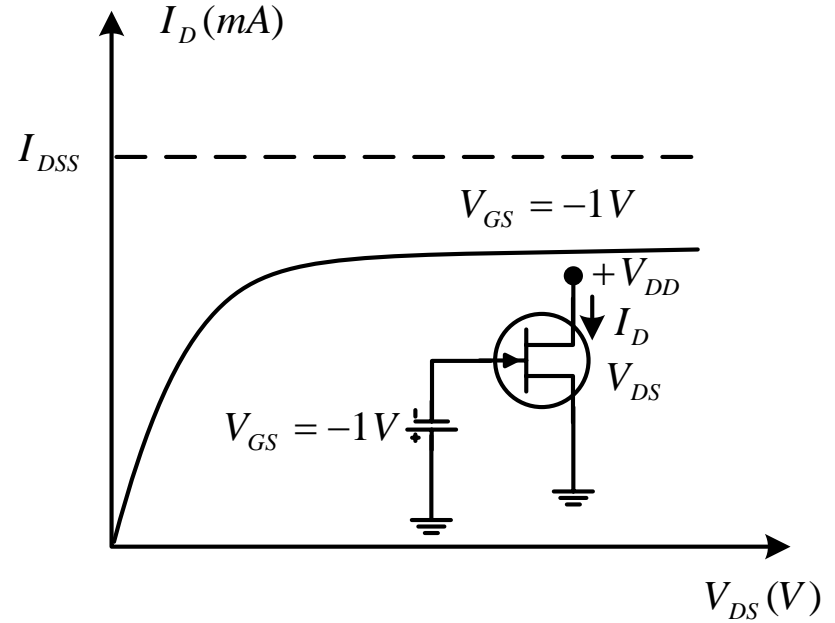


Şekil 3.

JFET in akaç-kaynak karakteristiği

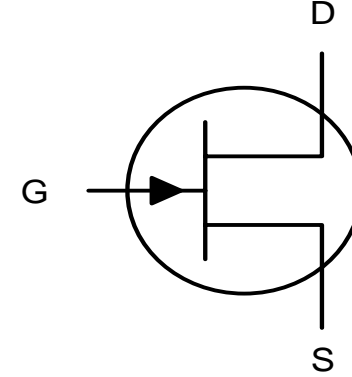
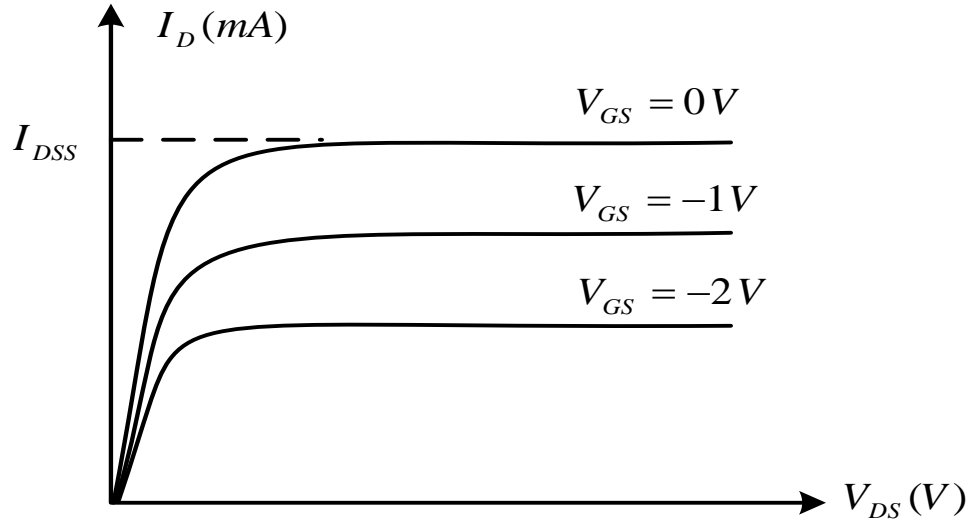


(a) n-kanallı JFET için $V_{GS} = 0 V$ karakteristiği

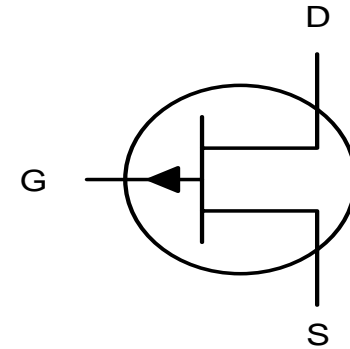
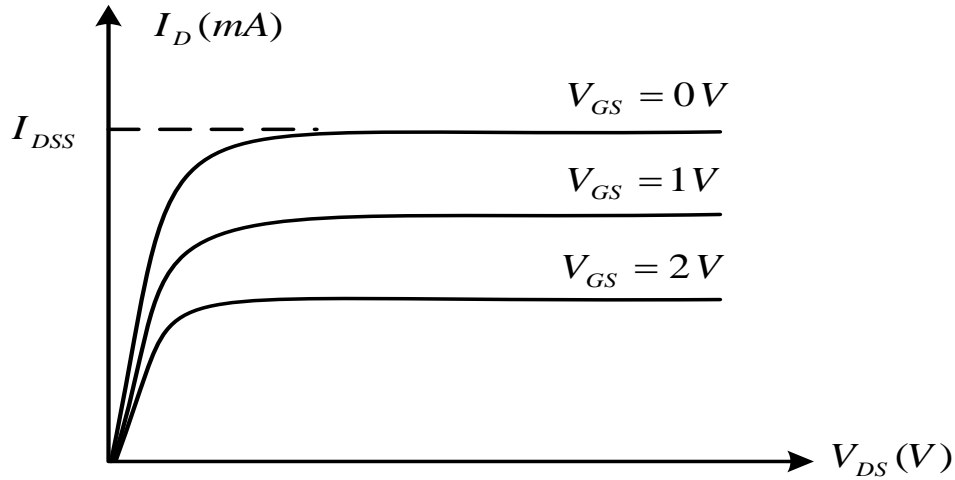


(b) n-kanallı JFET için $V_{GS} = -1 V$ karakteristiği

Şekil 4. n-kanallı JFET için ve akaç-kaynak karakteristikleri

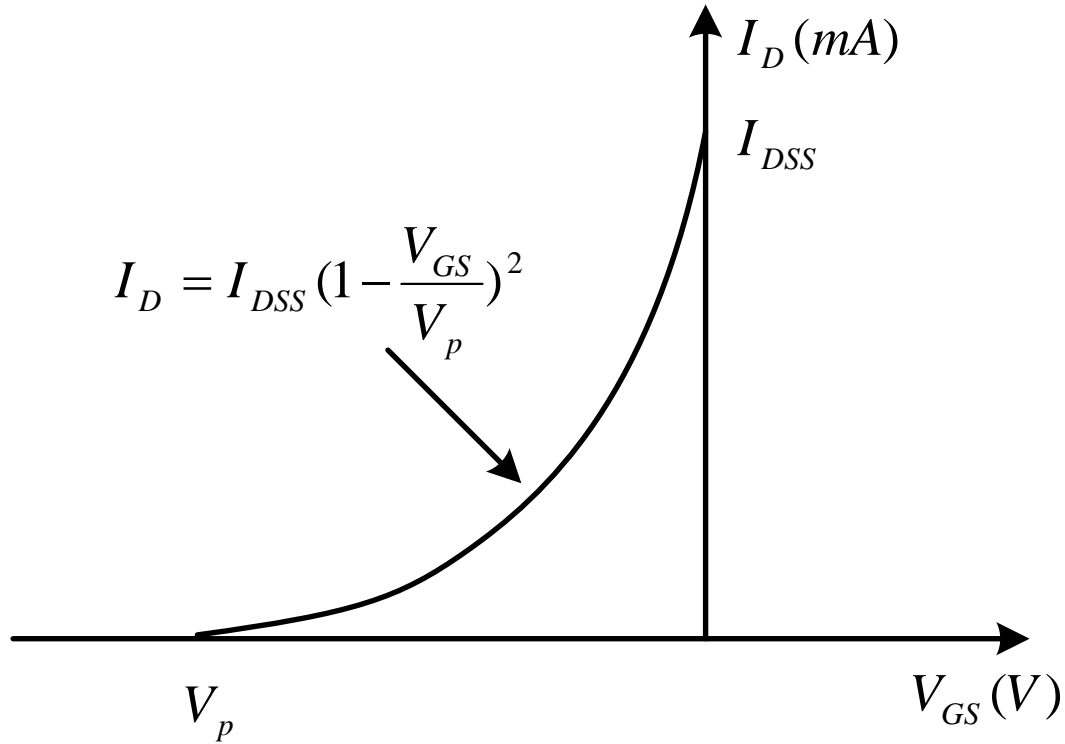


Şekil 5. n-kanallı JFET in tüm karakteristiği



Şekil 6. p-kanallı JFET in tüm karakteristiği

JFET in transfer karakteristiği



Şekil 7. n-kanallı JFET in transfer karakteristiği

Örnek: V_p (kısılma gerilimi) = -4 volt, I_{DSS} (akaç-kaynak doyma akımı) = 12 miliamper olan n-kanallı JFET'in akaç akımını, (a) $V_{GS} = 0V$, (b) $V_{GS} = -1.2V$ ve (c) $V_{GS} = -2V$ kapı-kaynak gerilimleri için bulunuz.

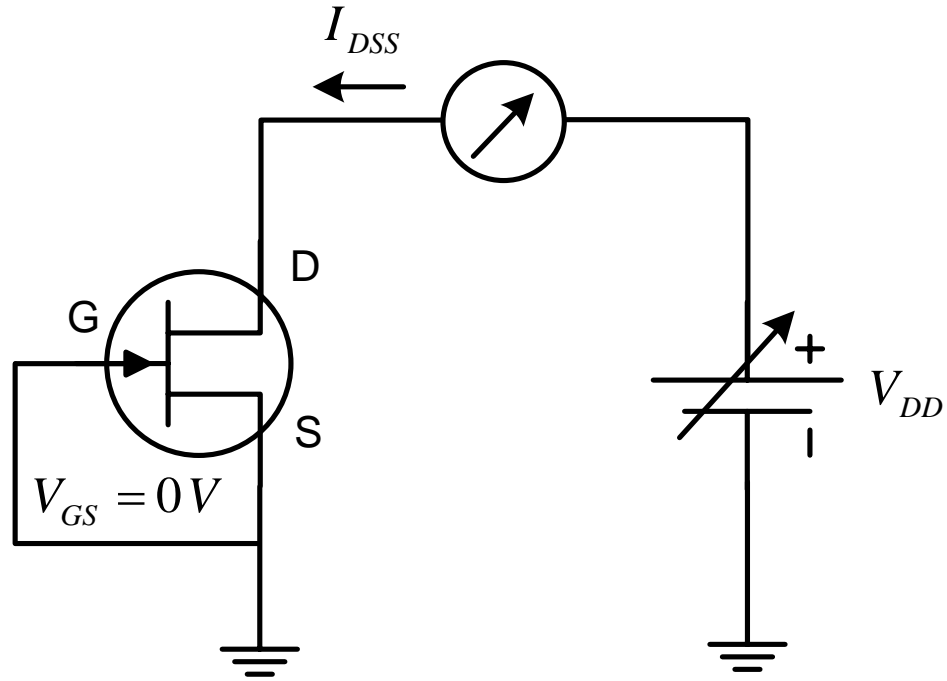
$$(a) \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 12 \text{ mA} \times \left(1 - \frac{0V}{-4V}\right)^2 = 12 \text{ mA}$$

$$(b) \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 12 \text{ mA} \times \left(1 - \frac{-1.2V}{-4V}\right)^2 = 5.88 \text{ mA}$$

$$(c) \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 12 \text{ mA} \times \left(1 - \frac{-2V}{-4V}\right)^2 = 3 \text{ mA}$$

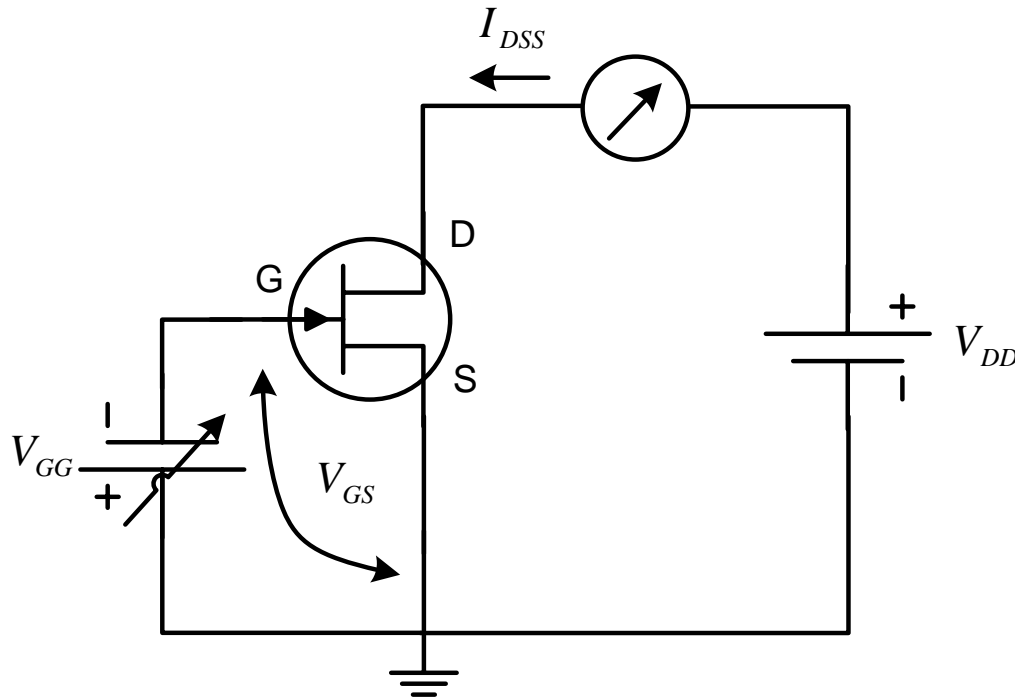
JFET elemanının çalışmasını tanımlamak için kullanılan I_{DSS} ve V_p değerleri için üretici karakteristik özellik sayfalarındaki tipik değerler kullanılabilir veya bu değerler söz konusu JFET üzerinden ölçülebilir.

I_{DSS} yi ölçmek için $V_{GS} = 0$ yapılır ve I_D akımı doymaya erişene kadar V_{DD} artırılır ve akımı bir ampermetre ile I_{DSS} ölçülür. Buna ait devre şeması Şekil 8'de gösterilmiştir.



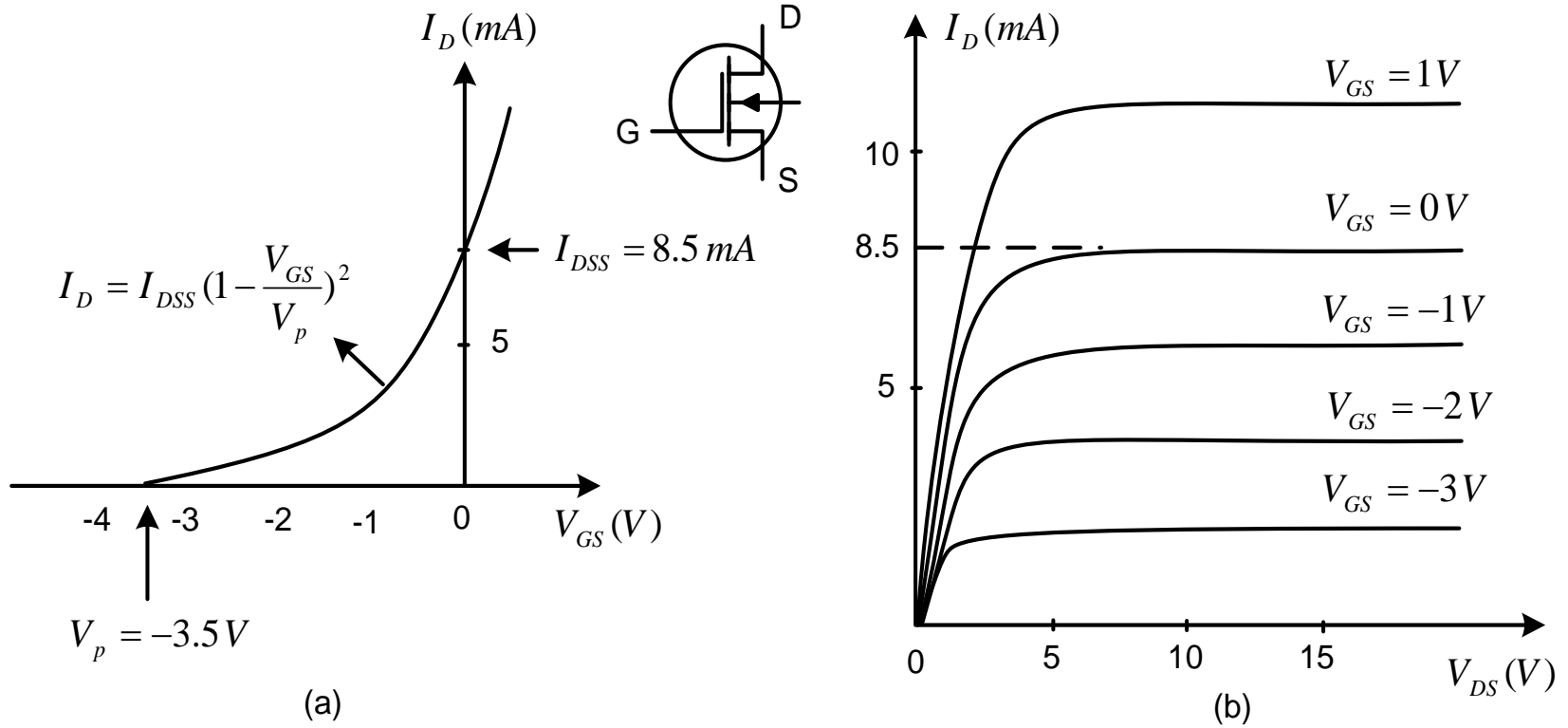
Şekil 8. I_{DSS} nin ölçülerek elde edilmesine ait devre

Kapı-kaynak gerilimi, akaç akımı sıfıra çok yakın olana kadar 0 volttan daha büyük negatif değere doğru ayarlanır. Akaç akımının 0 olmasını sağlayan minimum V_{GS} gerilimi V_p nin ölçülen değeridir. Buna ait devre şeması Şekil 9'da gösterilmiştir.

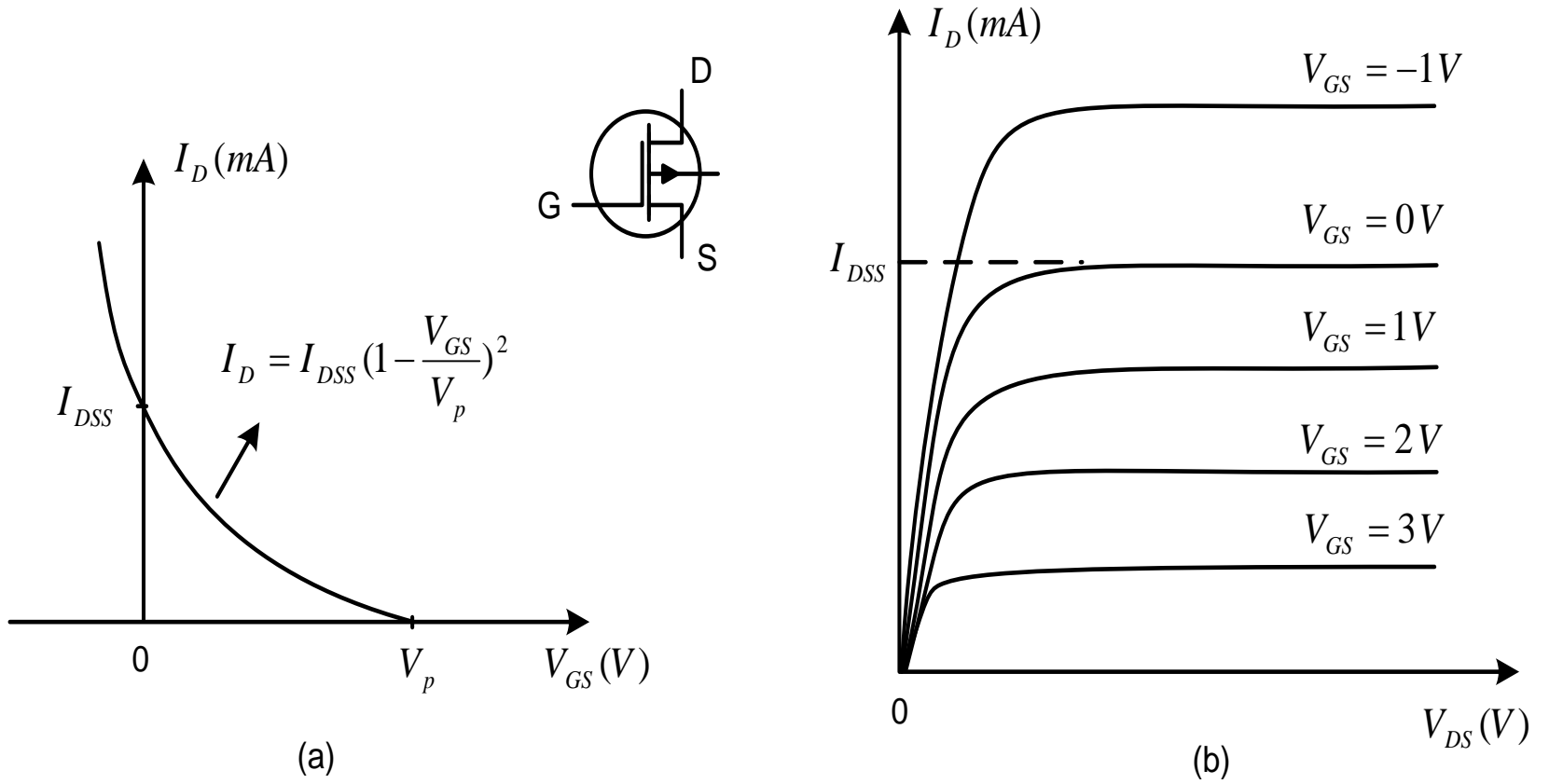


Şekil 9. V_p nin ölçülerek elde edilmesine ait devre

Kanal ayarlamalı MOSFET



Şekil 10. n-kanallı kanal ayarlamalı MOSFET in (a) Transfer (b) Akaç karakteristiği

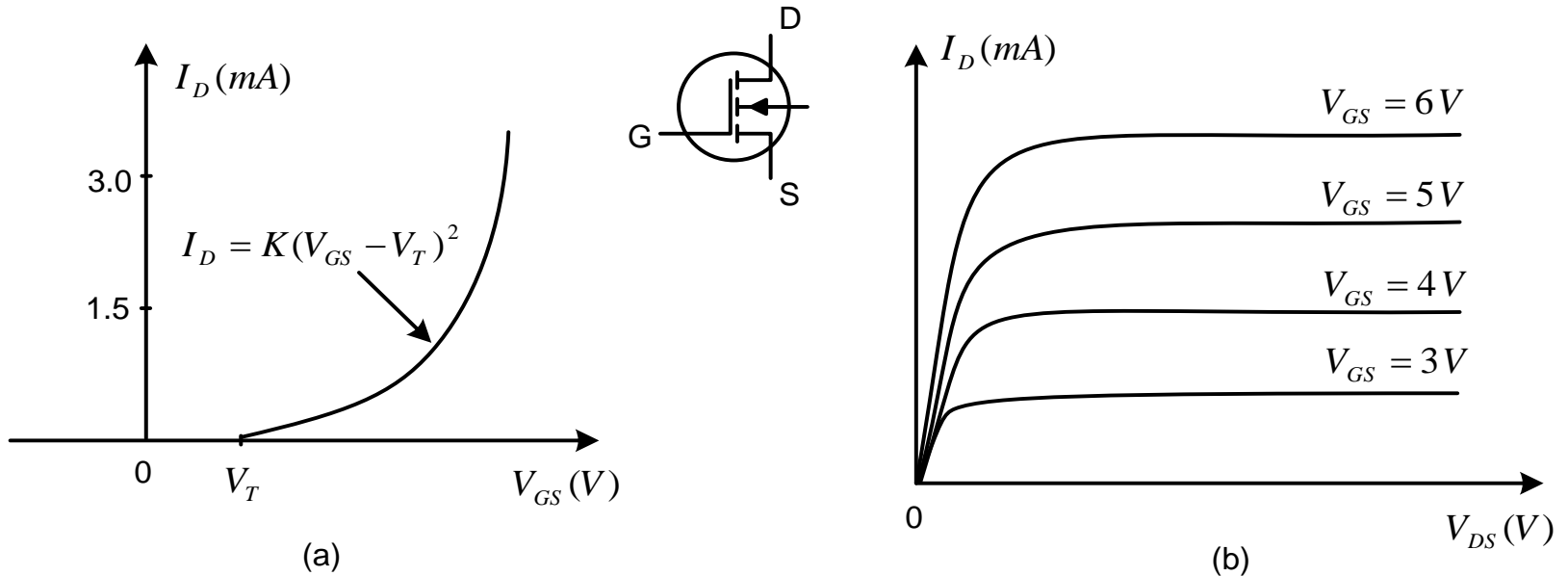


Şekil 11. p-kanallı kanal ayarlamalı MOSFET in (a) Transfer (b) Akaç karakteristiği

Kanal oluşturmalı MOSFET

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$$

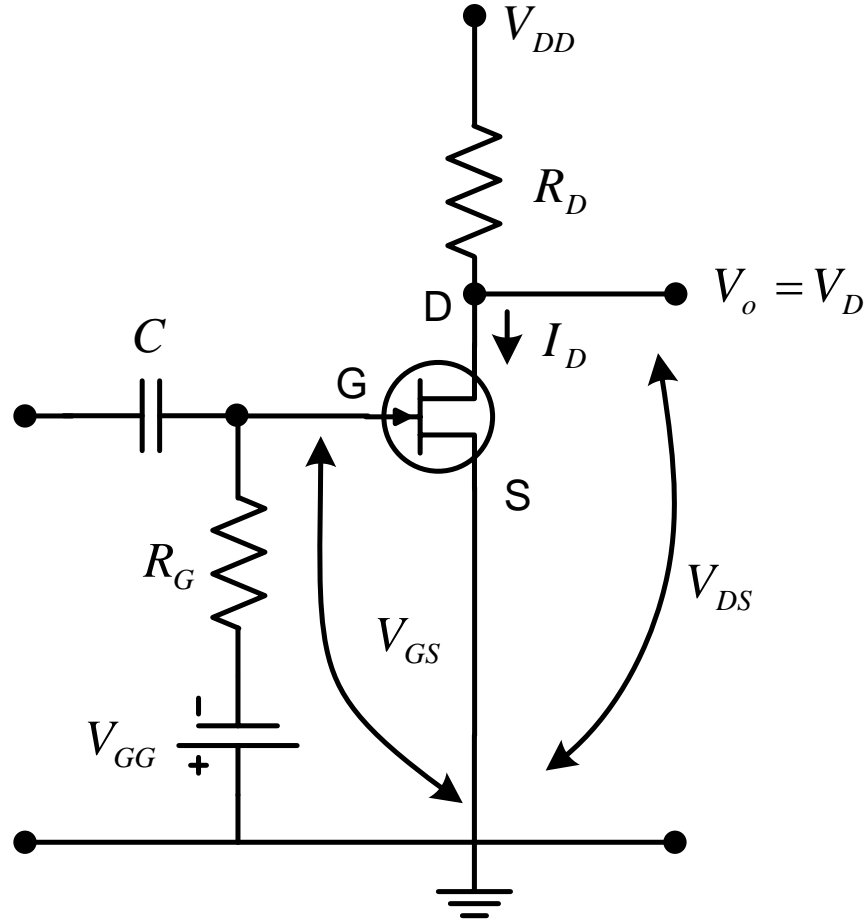
Burada K katsayısı elemanın yapısına ilişkin bir değeri olup, V_T ise eşik gerilimidir. $V_{GS} = 0$ iken $I_D = 0$ dir.



şekil 12. n-kanallı kanal oluşturmalı MOSFET in (a) Transfer karakteristiği (b) Akadı karakteristiği

FET öngerilimleme

Bir FET elemanının dc öngerilimlenmesi, istenilen bir akaç akımının akmasına yol açan bir kapı-kaynak geriliminin uygulanmasını gerektirir. Bir JFET için akaç akımı, doyma akımı I_{DSS} ile sınırlıdır. Kanal ayarlamalı bir MOSFET, I_{DSS} nin altında, üstünde veya ona eşit bir değerde öngerilimlenebilir. Kanal oluşturmalı bir MOSFET elemanının açılması için, eşik değerini aşan bir kapı-kaynak gerilimiyle öngerilimlenmelidir. V_{GG} kaynağı, V_{GG} gerilimini R_G den ya da kapı ucundan hiç akım akmayacak şekilde ters öngerilim düzeyine çekmek için kullanılır. Bu durum Şekil 14'de verilmiştir



Şekil 14. FET in öngerilimlenmesi

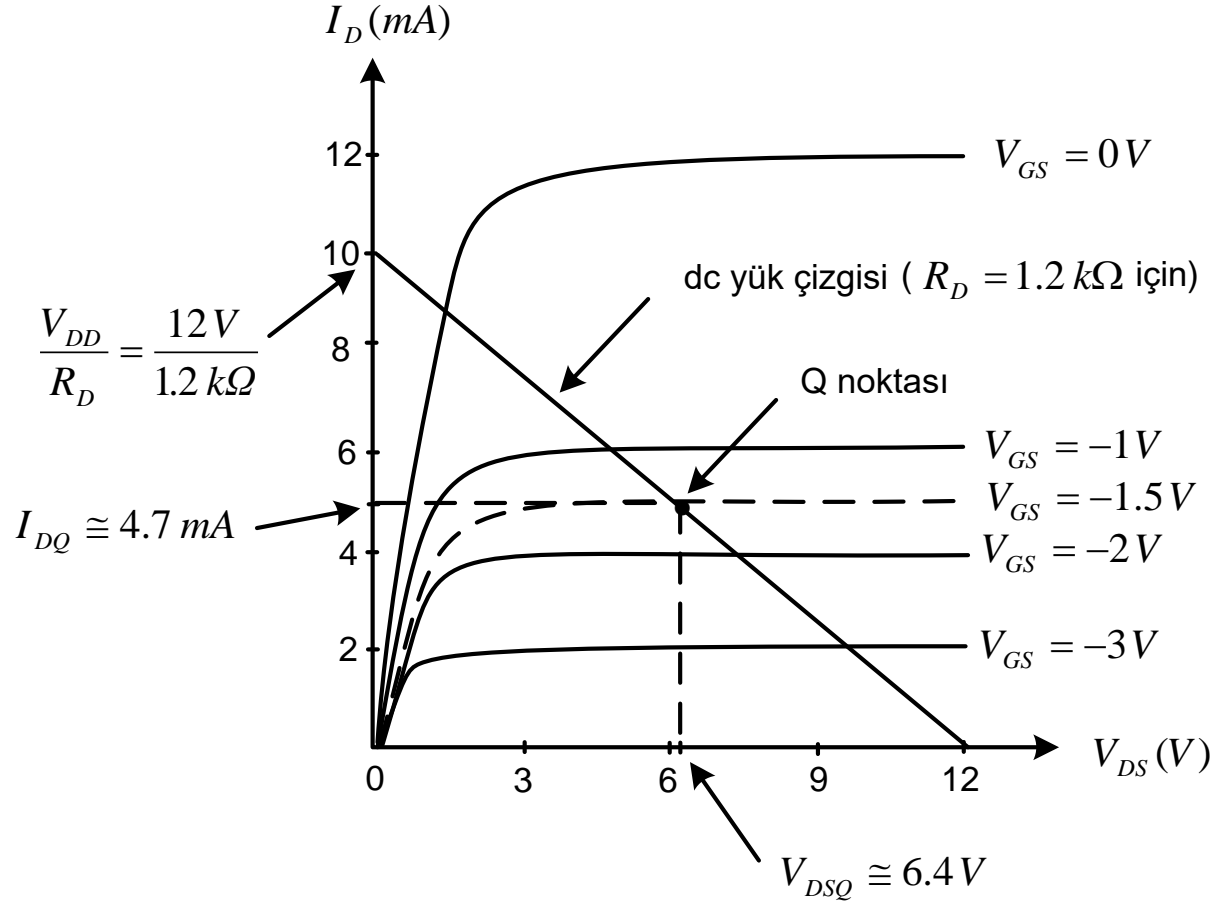
Kapı-kaynak ters öngerilimli olduğu için, bu jonksiyondan akım akmaz. C kondansatöründen de dc akım geçmediğinden R_G direncinden de akım geçmeyecektir. Kaynak (V_{GG}) n-kanallı JFET i öngerilimleyecek V_{GS} gerilimi sağlar, fakat V_{GG} kaynağından akım geçmez.

$I_{RG} = 0$ olduğundan $V_{RG} = R_G \cdot I_{RG} = 0V$ olur.

Çevre denkleminde $V_{GS} + V_{GG} - R_G I_{RG} = 0$ yazılır. $I_{RG} = 0$ olduğundan, $V_{GS} = -V_{GG}$ olur.

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \quad V_{RD} = I_D R_D \quad V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

JFET Akaç-kaynak karakteristiğine dayalı grafik analizi



Şekil 16. Bir JFET in akaç-kaynak karakteristiği

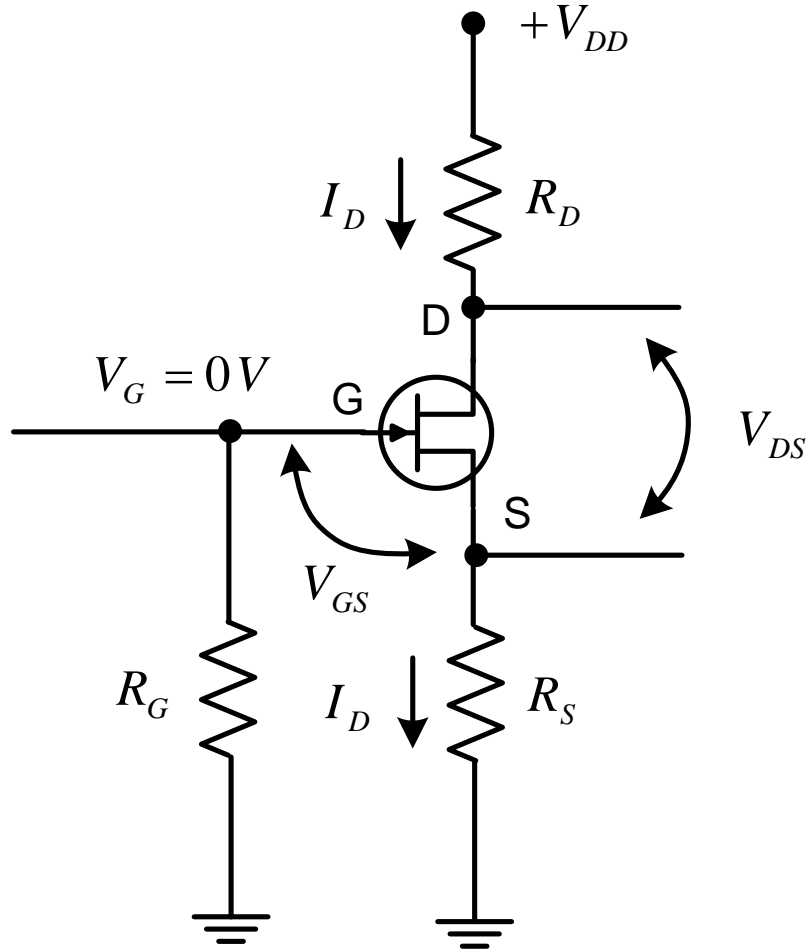
Bir JFET akaç-kaynak karakteristiği Şekil 16'daki gibi olsun. ($I_{DSS} = 12\text{ mA}$, $V_p = -4\text{ V}$). Bu durumda yaklaşık olarak $V_{GS} = -1.5\text{ V}$ olarak tespit edilir.

$I_D = 0\text{ mA}$ için, $V_D = V_{DD} - R_D I_D = V_{DD} = 12\text{ V}$ olur.

$V_{DS} = V_D = 0\text{ V}$ için, $I_D = \frac{V_{DD}}{R_D} = \frac{12\text{ V}}{1.2\text{ k}\Omega} = 10\text{ mA}$ olur.

Bu dc yük çizgisi ile JFET in akaç-kaynak karakteristiğinin kesişme noktalarını ölçeklemek suretiyle bu JFET in çalışma noktalarını $I_{DQ} \cong 4.7\text{ mA}$ ve $V_{DSQ} \cong 6.4\text{ V}$ olarak bulabiliriz.

Kendinden öngerilimli JFET yükselticisi



Şekil 17. Kendinden öngerilimli JFET yükseltici devresi

Ters gerilimli kapı-kaynak üzerinden hiç kapı akımı akmayacağından $I_G = 0$ dır. Bu nedenle $V_G = I_G R_G = 0$ olur. Ayrıca bu devre için aşağıdaki denklemler de yazılabilir.

$$V_S = I_D R_S$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D R_S = -I_D R_S$$

$$I_D = 0 \text{ için } V_{GS} = 0$$

$$V_{GS} = V_p \text{ için } -I_D R_S = V_p$$

$$\text{Buradan da } I_D = -\frac{V_p}{R_S} \text{ elde edilir.}$$