

# MOSFET

## MOSFET 'lerin Yapısı

JFET 'ler klasik transistörlere göre büyük bir gelişme olmasına rağmen bazı limitleri vardır. JFET 'lerin giriş empedansları klasik transistörlerden daha fazla olduğu için, JFET 'in girişine bağlanan sinyal kaynağından çekilen küçük miktardaki ters beyz gate akımı, sinyal kaynağını yükler. Bu yükleme etkisini azaltmak ve frekans cevabını (respond) geliştirmek için JFET 'lere göre daha fazla gelişmiş başka bir alan etkili transistör yapılmıştır.

Alan etkili transistörün (Fet) geliştirilmiş tipi genellikle Mosfet olarak bilinen metal oksit yarı iletkenidir. Mosfet kalimesinin açılımı metal oxide semiconductor field effect transistor 'dür. (Metal oksit yarıiletken alan etkili transistör). Mosfet, ingilizce açılımının baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuştur.

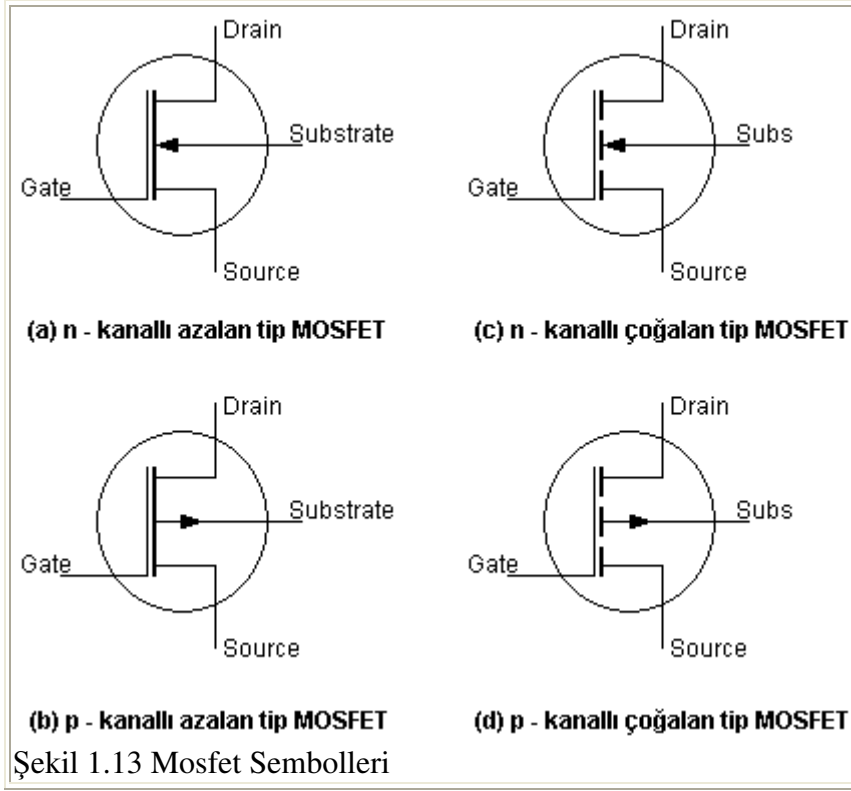
İzole edilmiş gate özelliğinden dolayı Mosfet 'lerin giriş empedansı son derece yüksek olup ( $10^{14}$ ) elektrodlar arası iç kapasitansı çok küçüktür. Bundan dolayı Mosfet 'ler normal transistörlerin, frekans sahasının çok daha üstündeki frekanslarda ve yüksek giriş empedanslı yükselteçlere ihtiyaç duyulan devrelerde daha fazla kullanılırlar. Bunun için Mosfet 'ler voltmetre, ohmmetre ve diğer test aletlerinde kullanılırlar. Mosfet 'lerde, JFET 'lere ve klasik transistörlere nazaran gürültü daha az olup, band genişliği daha fazladır.

Mosfet 'lerin bu üstünlüklerine nazaran bazı sakıncaları vardır. Şöyleki; Mosfet yapısındaki ince silikon oksit tabakası, kolaylıkla tahrip olabilir. Mosfet 'e elle dokunulması halinde insan vücudu üzerindeki elektrostatik yük nedeniyle oksit tabakası delinerek, kullanılmayacak şekilde harap olabilir. Bundan dolayı Mosfet 'ler, özel ambalajlarında korunmaya alınmalı, Mosfet 'e dokunmadan önce kullanıcı, üzerindeki elektrostatik yükü topraklayarak boşaltmalıdır. Mosfet 'i devre üzerinde montaj yaparken düşük güçlü havya kullanılmalı ve havya mutlaka topraklanmalıdır.

Mosfetler şu şekilde sınıflandırılır:

- a) Azalan (Boşluk şarjlı, depletion tipi) Mosfet
- b) Çoğalan (Enhancement) tipi Mosfet

JFET 'lerde olduğu gibi yine kendi aralarında, n-kanallı ve p-kanallı azalan ve çoğalan tip olarak ayrılırlar.

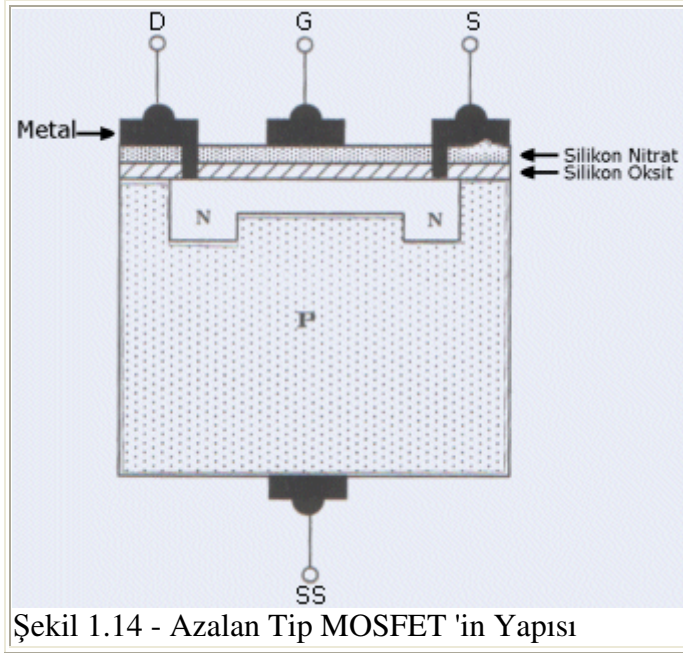


Mosfet sembollerinden görüleceği gibi JFET 'lerden ayıran, Mosfet 'lerde Substrate (SS, Bulk, Altkatman) terminalinin bulunmasıdır.

## MOSFET 'in Çalışması

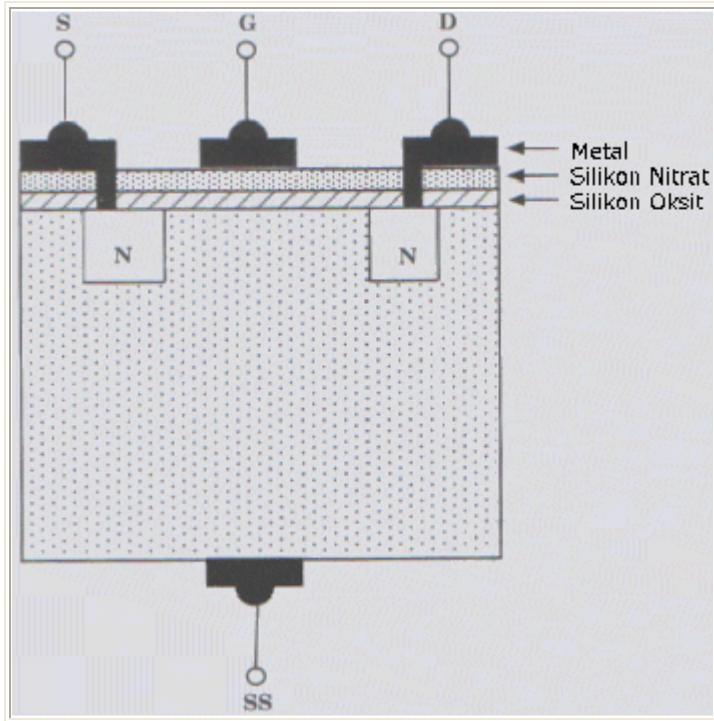
### a) Azalan (Boşluk şarjlı, depletion) Tip Mosfet:

Şekil 1.14 'te taban malzeme (gövde) p-tipi madde alınmıştır. Bu p-tipi maddenin uygun yerlerinde N tipi bölgeler oluşturulmuş ve aralarına ince bir kanal yerleştirilmiştir. Bu yapının üstü silikon oksit tabakası ile tamamen kaplanmıştır. Ancak bu tabakanın havadaki sodyumdan etkilenebileceğinden bunun üzeri ikinci tabaka olan silikon nitrat ile kapatılmıştır. N-maddelerinden çıkartılan uçların adı; Drain ve Source uçları, silikon tabakalarından delik açılarak metalik irtibat sağlanmıştır. Drain ve Source uçları, N-tipi bölge ile doğrudan irtibatlı olduğu halde Gate ucu yarıiletkenenden yalıtılmış, izole edilmiş haldedir. Burada gate ucuna uygulanan gerilim sıfır volt olduğunda drain ve source uçları arasında belirli bir akım akar. Çünkü, drain ve source birbiriyle irtibatlıdır. Gate terminaline (+) gerilim uygulandığında, N-tipi maddeler arasında mevcut olan kanal genişleyeceğinden D-S arasından geçen akım artar. Gate terminaline (-) gerilim uygulandığında kanal daralarak akım azalır. Şekil 1.14 'de kanal N-tipi maddeden yapıldığı için n-kanallı azalan tip Mosfet 'tir. Kanal p-tipi maddeden de yapılabilir.



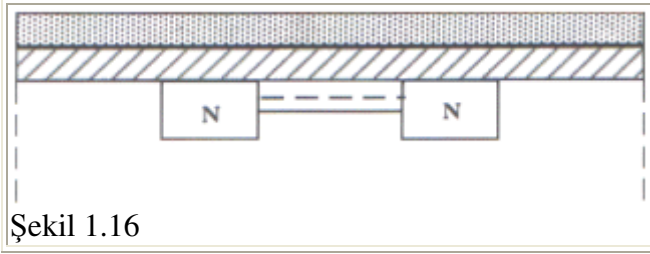
D-S arasından geçen akım kanaldan geçer. Gate 'e uygulanan gerilim ile kanaldan geçen akım kontrol edilir. n-kanallı azalan tip Mosfet 'te gate ile source (-), drain (+) polaritedir. Azalan tip Mosfet 'te gate voltajı sıfır iken drain akımı vardır. Gate 'e uygulanan (-) voltajla kanal iletkenliği azalmakta, kanal direnci artmakta dolayısıyla kanaldan geçen akım azalmaktadır. Kanal iletkenliği dolayısıyla akım azaldığı için azalan tip Mosfet olarak adlandırılır.

#### ***b) Çoğalan (Enhancement) Tip Mosfet:***



Çoğalan tip Mosfet 'in azalan tipten farkı iki N-tipi bölgenin arasında kanal olmamasıdır. Burada da Source (S) ve Drain (D) uçları, N-tipi bölgelerle doğrudan temas halinde oldukları halde Gate (G) ucu yarıiletken malzemeden izole edilmiş durumdadır. G ucuna herhangi bir

gerilim uygulanmadığı sürece S ve D uçları arasından bir akım akmaz. G ucunun bulunduğu metal parça ile P-tipi gövde bir kondansatör özelliği gösterir. Çünkü, iki iletken bir yalıtkan kondansatörü meydana getirir. G ucuna (+) gerilim uygulandığında, kapasite özelliğinden dolayı P-tipi gövde de iki N-maddenin yanında (-) yükler toplanır. (Şekil 1.16).

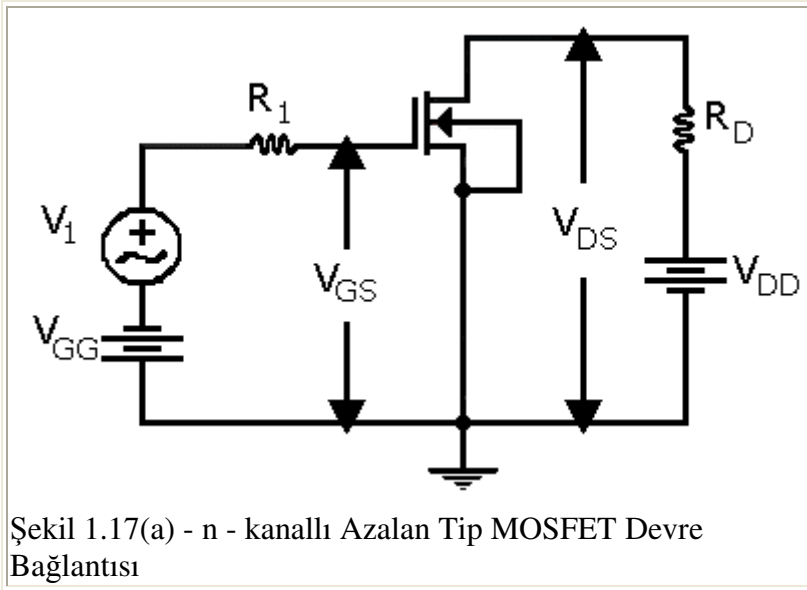


Şekil 1.16

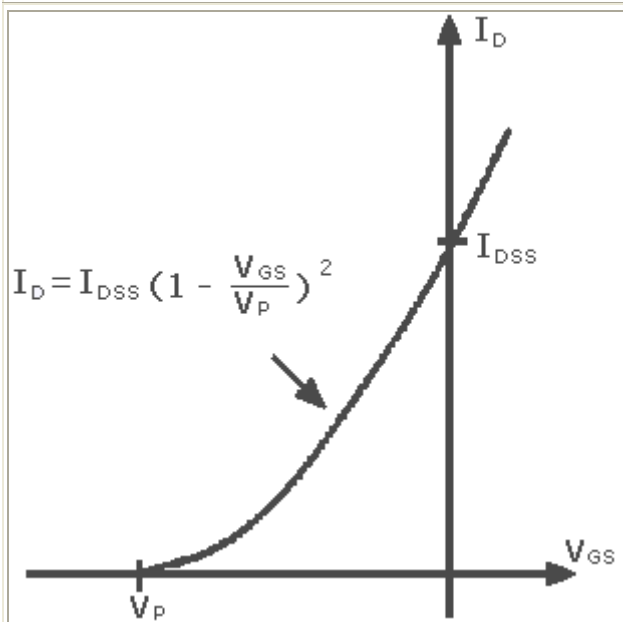
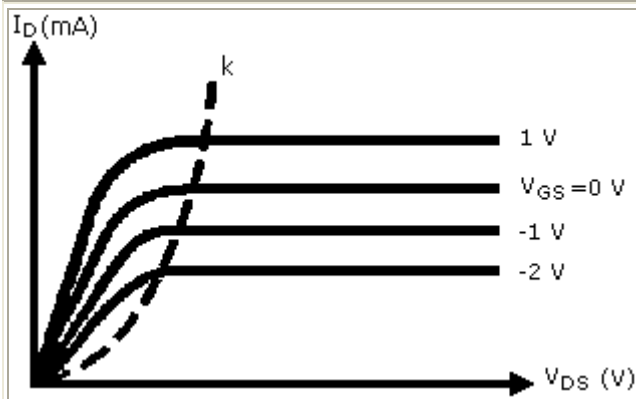
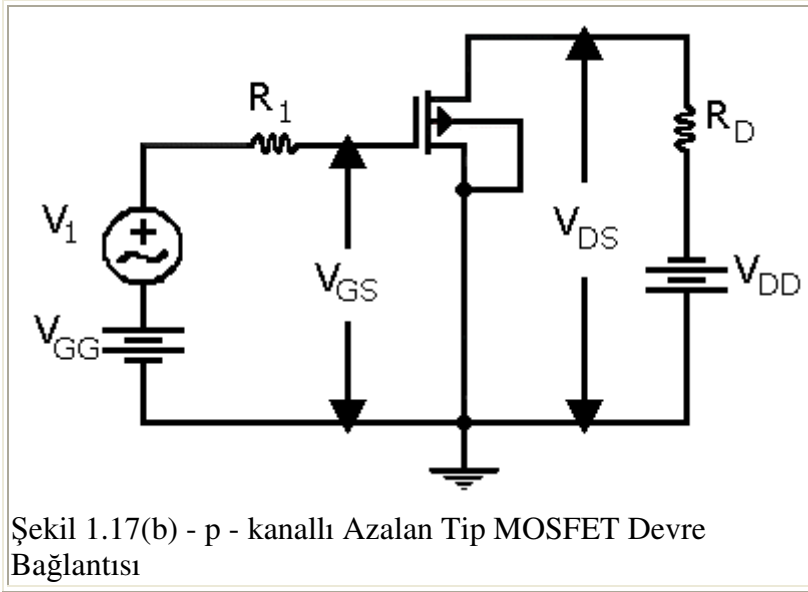
Böylece iki N-tipi madde arasında doğal olarak bir kanal oluşur. Bu durumda akım akışı başlar. Gate 'e uygulanan (+) gerilimin artırılması halinde, iki N-tipi madde arasında oluşan (-) yükler çoğalarak P-tipi gövde içerisinde oluşan bu kanalın genişlemesine sebebiyet verir. Böylece S ve D uçları arasında akan akım, gate 'e uygulanan gerilim ile kontrol edilebilir. Gate ucuna gerilim uygulanmadığı sürece S ve D arasından akım akmaz.

## MOSFET 'in Karakteristiği

### a) Azalan (Boşluk şarjlı, depletion) Tip Mosfet:



Şekil 1.17(a) - n - kanallı Azalan Tip MOSFET Devre Bağlantısı

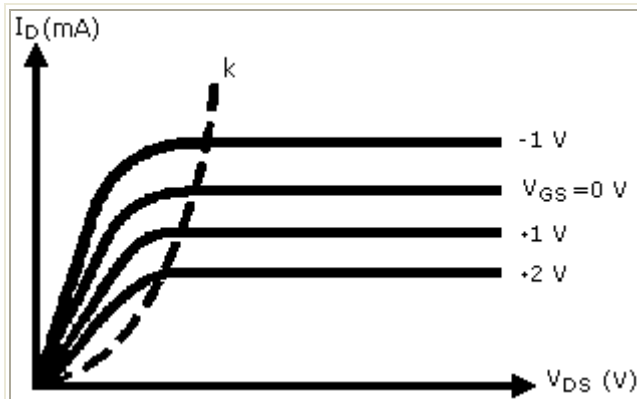


Şekil 1.17 'de azalan tip Mosfet 'lerin devre bağlantıları gösterilmiştir. Bu bağlantıların farkı, devredeki güç kaynaklarının kutuplarıdır.

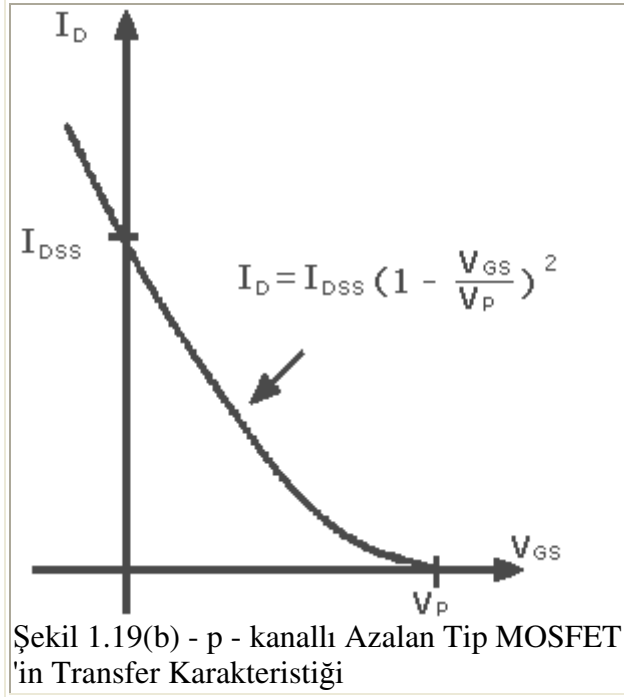
Şekil 1.18 (a) 'da ise drain karakteristiği, (b) 'de ise transfer karakteristiği gösterilmiştir.  $I_D$ - $V_{DS}$  (drain) karakteristiğinde, hem pozitif, hem de negatif gate-source ( $V_{GS}$ ) gerilimi ile çalıştırılmıştır.  $V_{GS}$  'nin negatif değeri artırıldığı taktirde, belli bir gerilimde artık drain akımı akmaz. Bu gerilime, kapama-kısma-kritik gerilim denir.

Şekil 1.18 (a) 'da nokta nokta olarak çizilen k eğrisine kadar, herbir eğri  $V_P$  (pinch-off) gerilimine ulaşıncaya kadar drain akımı da artar. Bu değerden sonra, gerilim artışına rağmen akım sabittir.

Transfer karakteristiğinde gösterilen  $I_D = I_{DSS} [1-(V_{GS}/V_P)^2]$  formülü Mosfet 'lerde de geçerlidir.



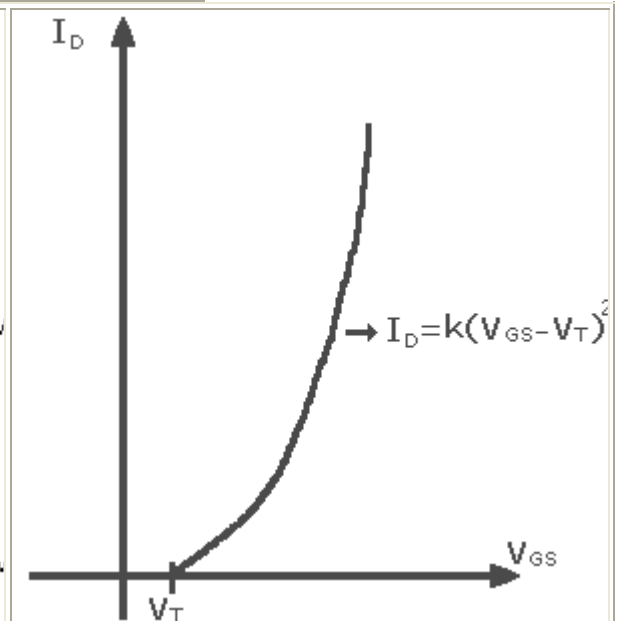
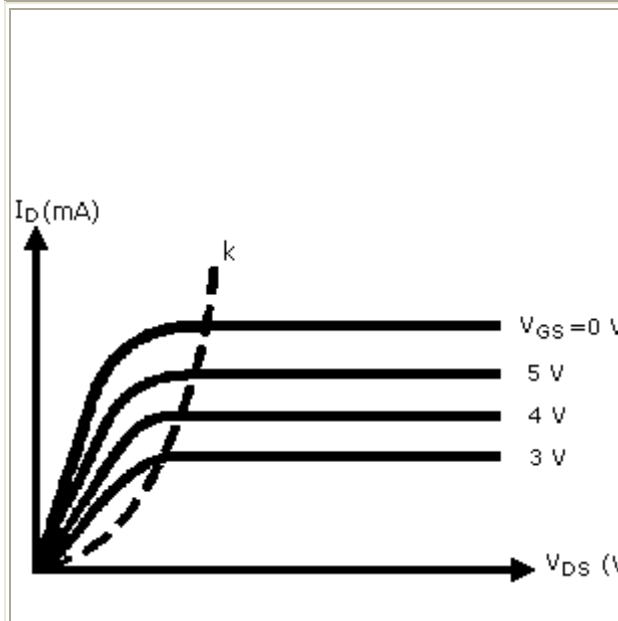
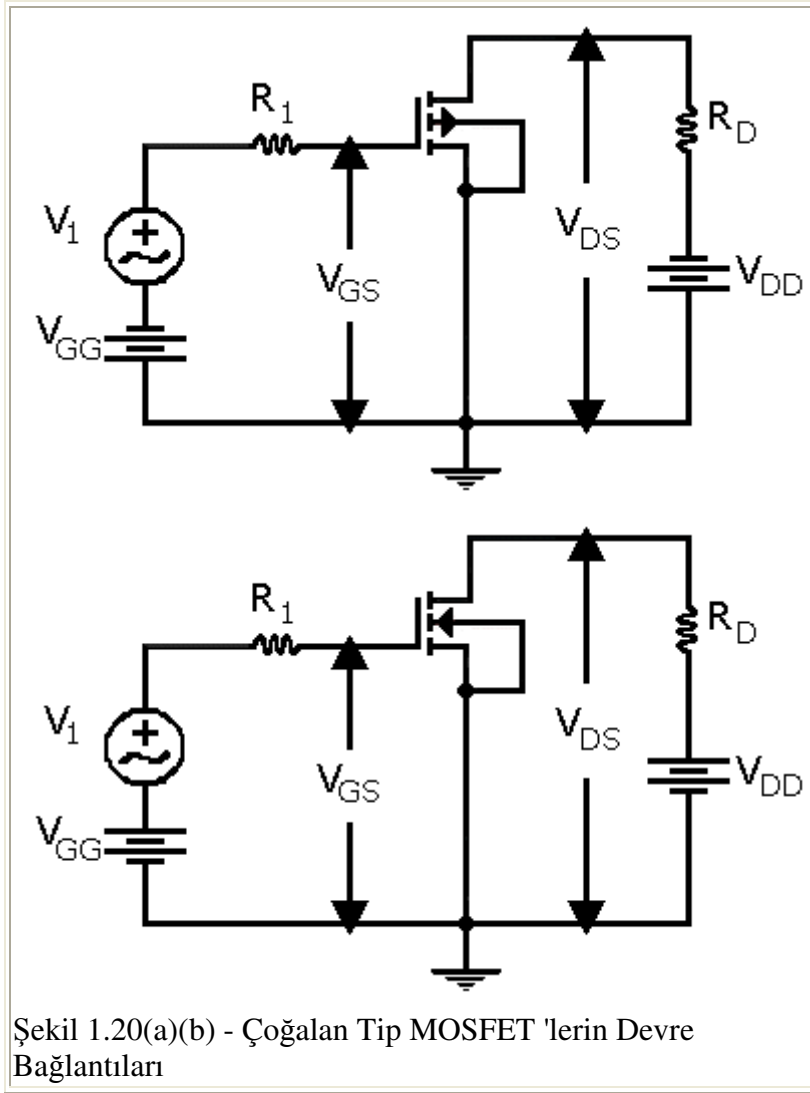
Şekil 1.19(a) - p - kanallı Azalan Tip MOSFET 'in Drain Karakteristiği



Şekil 1.19(b) - p - kanallı Azalan Tip MOSFET 'in Transfer Karakteristiği

Şekil 1.19 (a) ve (b) 'de p-kanallı azalan tip Mosfet 'in drain karakteristiği ( $I_D$ - $V_{DS}$ ) ile transfer karakteristiği gösterilmiştir.

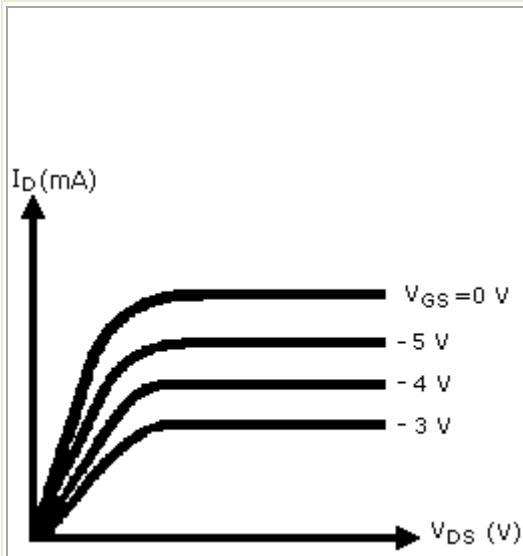
**b) Çoğalan (Enhancement) Tip Mosfet:**



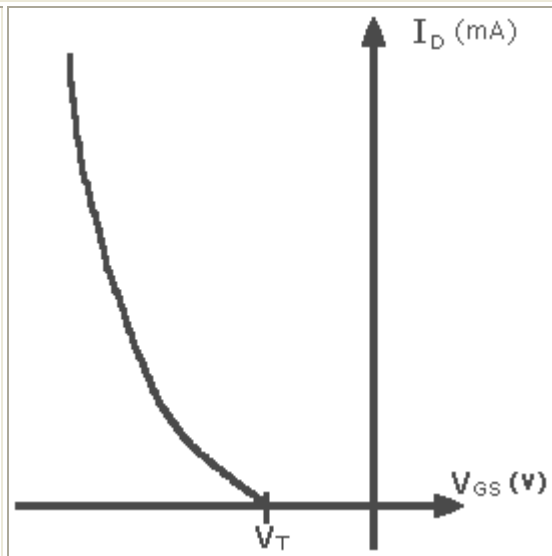
Bu tip Mosfet 'lerde kapı-kaynak gerilimi  $V_T$  eşik gerilim değeri aşınca kadar drain akımı akmaz. Bu eşik gerilim değeri aşan pozitif gerilimler, artan bir drain akımına yol açacaktır. Transfer karakteristiğinin denklemi,

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

Bu denklemde k değeri, elemanın yapısına ilişkin bir değer olup tipik olarak  $0,3 \text{ mA/V}^2$  değerindedir.  $V_{GS} = 0$  Volt durumunda hiç drain akımı akmayacağından  $I_{DSS}$  değeri de olmayacaktır.



Şekil 1.22(a) - p - kanallı Çoğalan Tip MOSFET 'in Drain Karakteristiği



Şekil 1.22(b) - p - kanallı Çoğalan Tip MOSFET 'in Transfer Karakteristiği

Şekil 1.22 (a) ve (b) 'de p-kanallı çoğalan tip Mosfet 'in drain ve transfer karakteristiği gösterilmiştir. Gate ucuna uygulanan negatif gerilim azaltılması halinde drain akımı akmayacaktır. Yine diğer elemanlarda olduğu gibi, belli bir voltaj değeri sonra, voltajın artmasına reğmen akım artmayacaktır. Bu noktaya saturasyon adı verilir. Kapı-kaynak gerilimi  $V_T$  eşik gerilimi aşılnca drain akımı akar.

Çoğalan tip Mosfet 'ler daha küçük ölçülerde ve basit yapıda olmasından dolayı, entegre devreler için uygun bir elemanlardır.

## MOSFET 'in Parametreleri

JFET parametrelerinde anlatılan, drain-source doyma akımı ( $I_{DSS}$ ), gate-source kapama gerilimi ( $V_P$ ), geçiş iletkenliği ( $g_m$ ), drain-source iletim direnci ( $r_{ds}$ ) parametreleri Mosfet 'lerde de geçerlidir.

Drain akımını veren formüller;

$$I_D = I_{DSS} [1 - (V_{GS}/V_P)^2]. \text{ ve } I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 \text{ 'dir.}$$

JFET 'lerde olduğu gibi, Mosfet 'lerde geçiş iletkenliği:



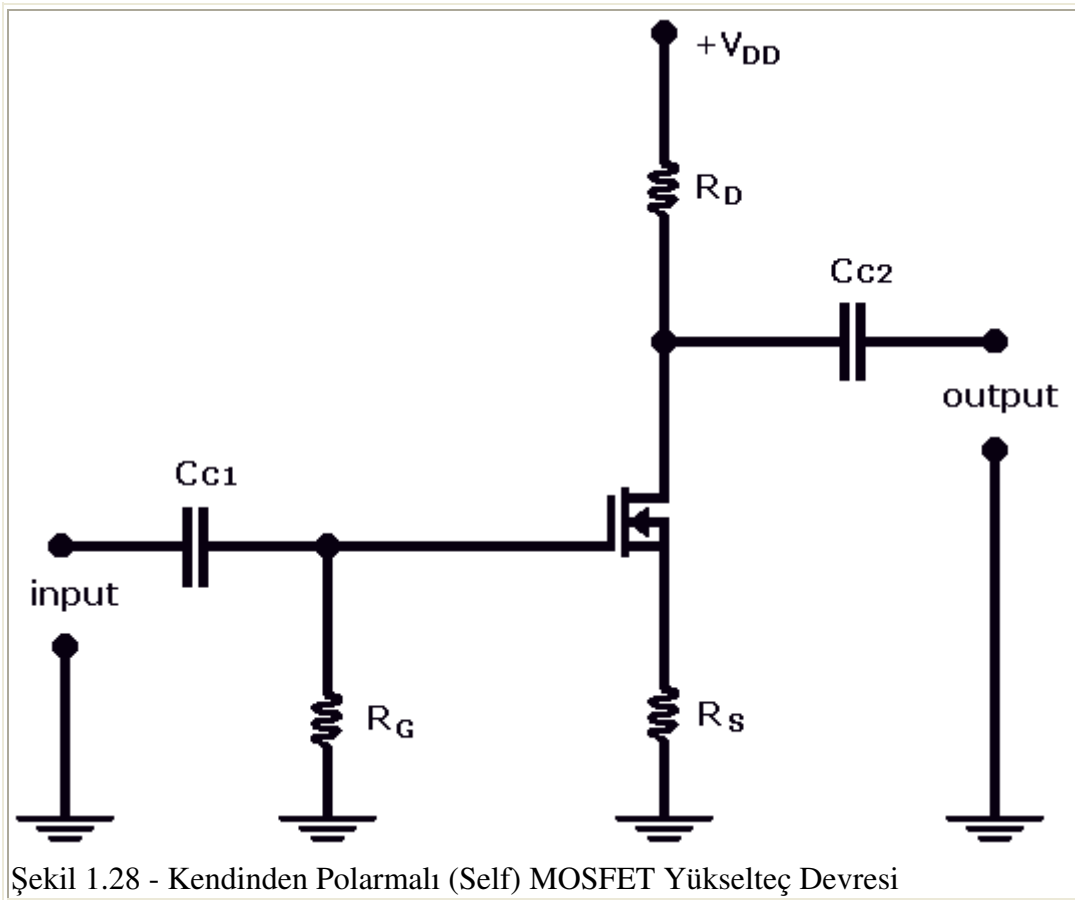
$g_m = 2k(V_{GS} - V_T)$  bağıntısıyla bulunabilir.

## MOSFET 'in Polarmalandırılması

### a. Sabit Polarma

JFET 'lerdeki sabit polarma ile aynıdır. MOSFET 'in substrate ve source uçları birleştirilir ve devre bağlantısı gerçekleştirilir. Bu bağlantı yapıldığı takdirde MOSFET, JFET 'e benzediği için JFET sabit polarma konusunda anlatılanlar burada da geçerlidir.

### b. Sıfır Polarma



Şekil 1.28 'deki devre tek kaynaktan beslenen, kendinden polarmalı bir MOSFET ile yapılan tek katlı yükselteç devresidir. Ters polarmalı gate-source üzerinden akım akmayacağı için kapı akımı,  $I_G = 0$  'dır. Bu nedenle kapı gerilimi,

$$V_G = I_G.R_G = 0.R_G = 0 \text{ olur.}$$

Source direnci üzerine düşen gerilim,

$$V_S = I_D.R_S \text{ olur.}$$

Gate-Source gerilimi ise;

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

$$V_{GS} = 0 - V_S$$

$$V_{GS} = -I_D \cdot R_S \text{ dir.}$$

### ***c. Gerilim Bölücü Dirençli Polarma***

JFET 'lerdeki, gerilim bölücü dirençli polarma ile aynıdır.