

Elektronik Aygıtlar

BÖLÜM 8 FET YÜKSELTEÇLERİ

**BMB2012 – Elektronik Devreler ve Aygıtlar
Ders Notları
Bursa Uludağ Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
2023-2024 Bahar Yarıyılı**

Çeviren ve Düzenleyen: Prof. Dr. Kemal FİDANBOYLU

Giriş

- **FET'ler aşağıdaki avantajlara sahiptir:**
 - Mükemmel voltaj kazancı
 - Yüksek giriş empedansı
 - Düşük güç tüketimi
 - İyi frekans yanıtı

JFET Küçük Sinyal Modeli

- Geçit ve kaynak arasındaki voltaj, bir JFET'in drenajdan (D) kaynağa (S) giden akımı kontrol eder.
- **Transkondüktans:** I_D akımındaki bir değişikliğin V_{GS} voltajındaki değişikliğe olan oranı.
- Transkondüktans g_m parametresi ile ifade edilir:

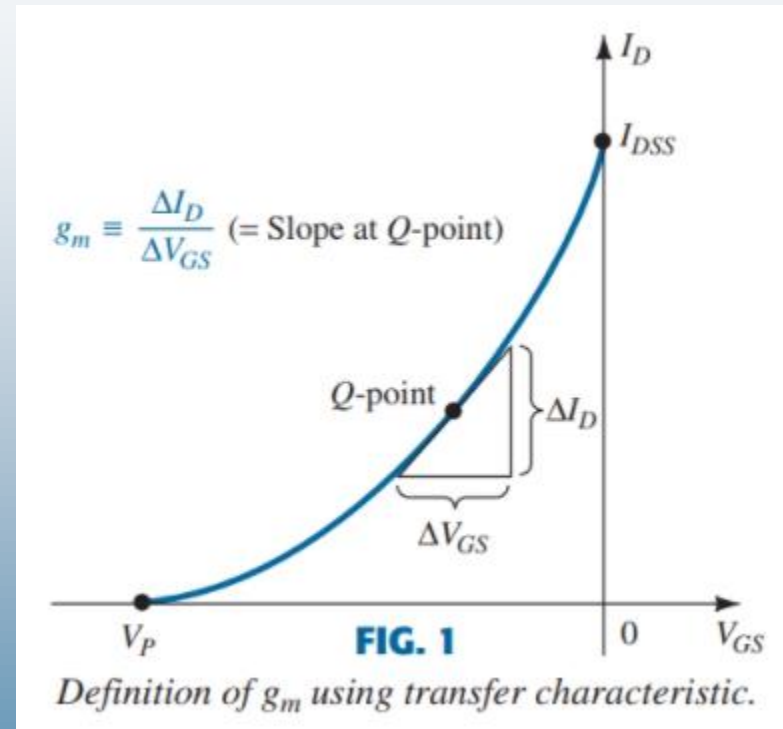
$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

Özellik Sayfaları:

$$g_m = g_{fs} = y_{fs}$$

g_m Parametresinin Grafik Yöntemiyle Tespiti (1)

$$g_m = m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$



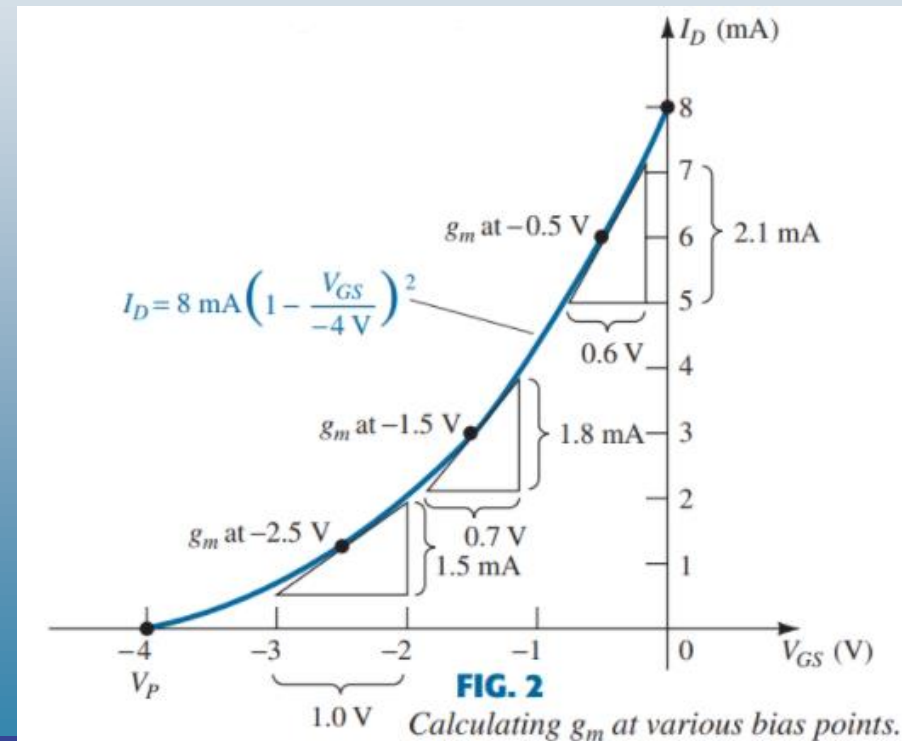
g_m Parametresinin Grafik Yöntemiyle Tespiti (2)

- **Örnek 1:** Aşağıdaki dc polarlama noktalarında $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ ve $V_P = -4 \text{ V}$ olan bir JFET için g_m 'nin değerini bulun: (a) $V_{GS} = -0.5 \text{ V}$, (b) $V_{GS} = -1.5 \text{ V}$, (c) $V_{GS} = -2.5 \text{ V}$.

- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} \text{a. } g_m &= \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \cong \frac{2.1 \text{ mA}}{0.6 \text{ V}} = 3.5 \text{ mS} \\ \text{b. } g_m &= \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \cong \frac{1.8 \text{ mA}}{0.7 \text{ V}} \cong 2.57 \text{ mS} \\ \text{c. } g_m &= \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} = \frac{1.5 \text{ mA}}{1.0 \text{ V}} = 1.5 \text{ mS} \end{aligned}$$

- **Not:** V_{GS} 'nin değeri V_P 'ye yaklaştıkça g_m azalır.



g_m Parametresinin Matematiksel Tanımları (1)

- Bir fonksiyonun bir noktadaki türevi, o noktada çizilen teğetin eğimine eşittir. Bu nedenle, Shockley denklemini kullanarak I_D 'nin V_{GS} 'ye göre türevini alırsak, g_m için aşağıdaki gibi bir denklem türetebiliriz:

$$\begin{aligned} g_m &= \left. \frac{dI_D}{dV_{GS}} \right|_{Q\text{-pt.}} = \frac{d}{dV_{GS}} \left[I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \right] \\ &= I_{DSS} \frac{d}{dV_{GS}} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 2I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] \frac{d}{dV_{GS}} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) \\ &= 2I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] \left[\frac{d}{dV_{GS}}(1) - \frac{1}{V_P} \frac{dV_{GS}}{dV_{GS}} \right] = 2I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] \left[0 - \frac{1}{V_P} \right] \end{aligned}$$

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]$$

- $V_{GS} = 0$ V için:

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$$

$$g_m = g_{m0} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] = g_{m0} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

g_m Parametresinin Matematiksel Tanımları (1)

- **Örnek 2:** Örnek 1'in karakteristik eğrilerine sahip JFET için: (a) maksimum g_m değerini bulun, (b) Her çalışma noktasında g_m değerini bulun ve grafik sonuçlarıyla karşılaştırın.

- **Çözüm:**

$$\text{a. } g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(8 \text{ mA})}{4 \text{ V}} = 4 \text{ mS} \quad g_m \text{'nin maksimum değeri.}$$

$$\text{b. } V_{GS} = -0.5 \text{ V için;}$$

$$g_m = g_{m0} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] = 4 \text{ mS} \left[1 - \frac{-0.5 \text{ V}}{-4 \text{ V}} \right] = 3.5 \text{ mS}$$

$$V_{GS} = -1.5 \text{ V için;}$$

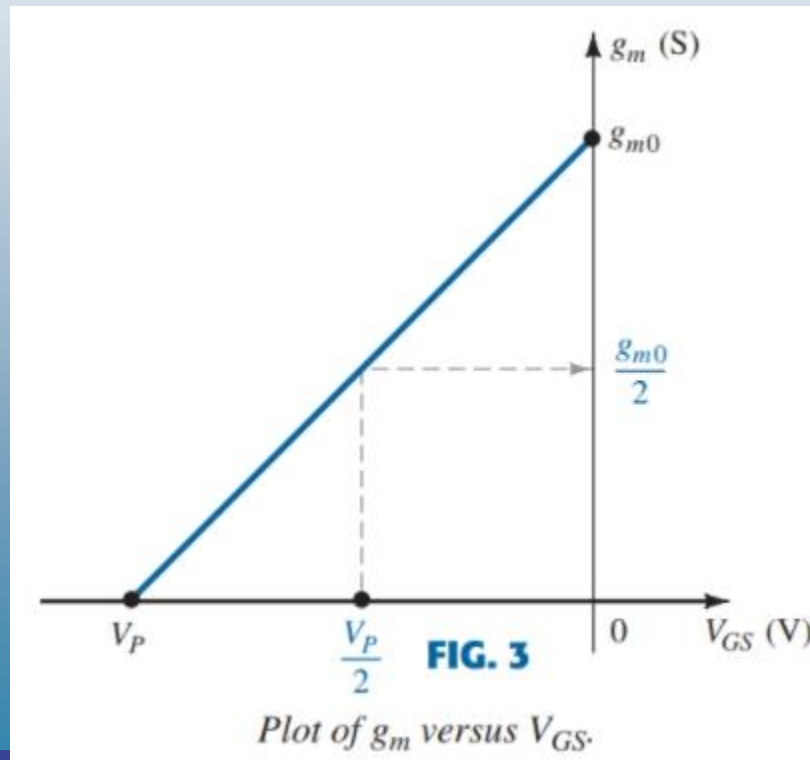
$$g_m = g_{m0} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] = 4 \text{ mS} \left[1 - \frac{-1.5 \text{ V}}{-4 \text{ V}} \right] = 2.5 \text{ mS}$$

$$V_{GS} = -2.5 \text{ V için;}$$

$$g_m = g_{m0} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] = 4 \text{ mS} \left[1 - \frac{-2.5 \text{ V}}{-4 \text{ V}} \right] = 1.5 \text{ mS}$$

g_m ile V_{GS} Parametrelerinin Grafiksel Gösterimi

- g_m 'nin maksimum değeri $V_{GS} = 0$ V ve minimum değeri $V_{GS} = V_P$ 'de oluşur. V_{GS} 'nin değeri ne kadar negatif olursa, g_m 'nin değeri o kadar az olur.



I_D 'nin g_m Parametresi Üzerindeki Etkisi (1)

$$1 - \frac{V_{GS}}{V_P} = \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) = g_{m0} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

a. $I_D = I_{DSS}$ için, $g_m = g_{m0} \sqrt{\frac{I_{DSS}}{I_{DSS}}} = g_{m0}$

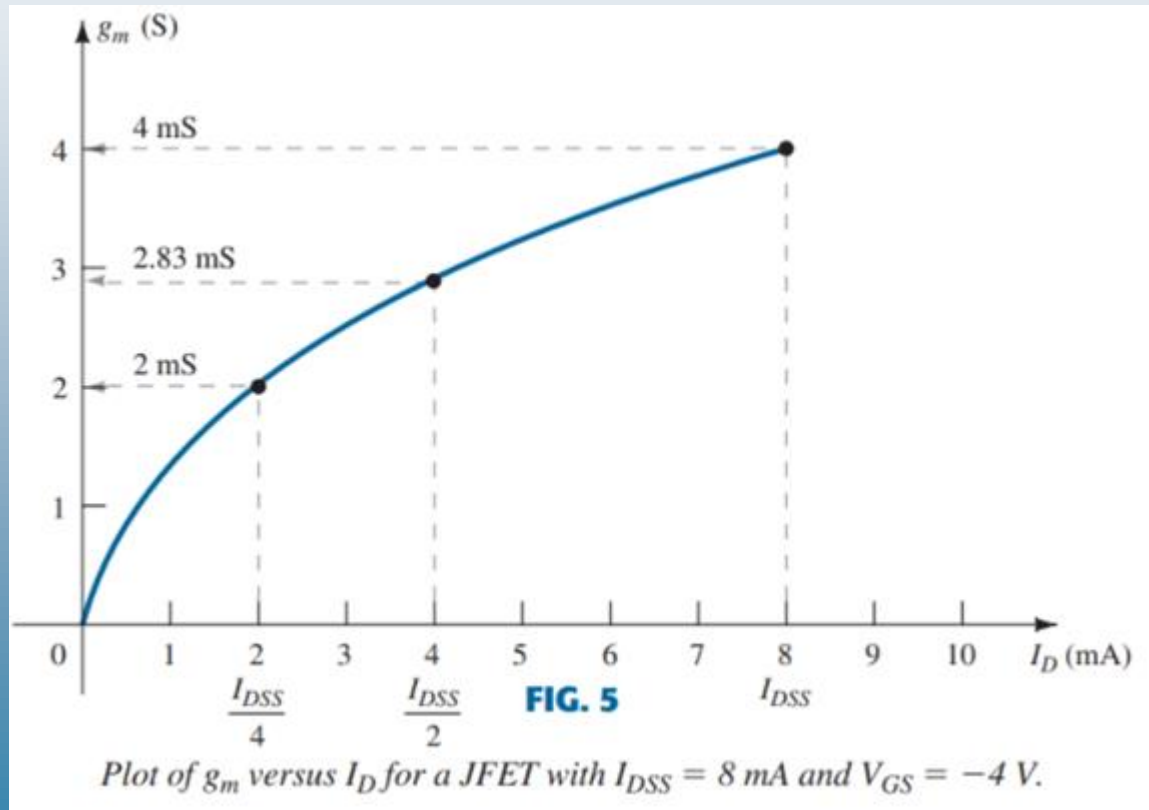
b. $I_D = I_{DSS}/2$ için, $g_m = g_{m0} \sqrt{\frac{I_{DSS}/2}{I_{DSS}}} = 0.707g_{m0}$

c. $I_D = I_{DSS}/4$ için, $g_m = g_{m0} \sqrt{\frac{I_{DSS}/4}{I_{DSS}}} = \frac{g_{m0}}{2} = 0.5g_{m0}$

- En yüksek g_m değerleri, V_{GS} 0 V'a yaklaştığında ve I_D , maksimum I_{DSS} değerine yaklaştığında elde edilir.

I_D 'nin g_m Parametresi Üzerindeki Etkisi (2)

- **Örnek 4:** Örnek 1'den 3'e kadar olan JFET için g_m 'ye karşı I_D 'yi çizin.
- **Çözüm:**



JFET Empedansı (1)

- Giriş Empedansı :

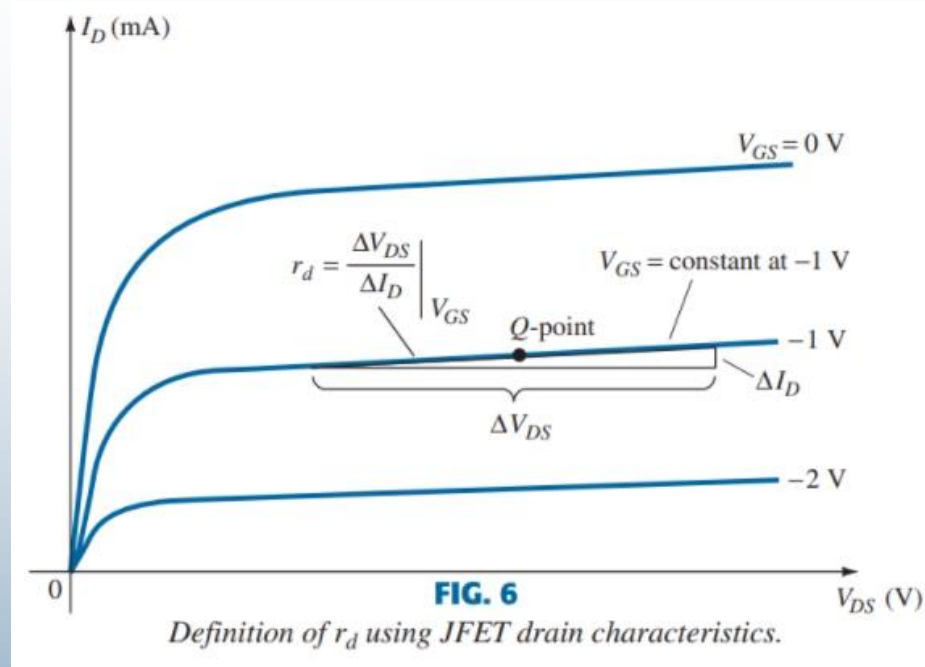
$$Z_i = \infty \Omega$$

- Çıkış Empedansı :

$$Z_o = r_d = \frac{1}{y_{os}}$$

$$r_d = \left. \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{V_{GS} = \text{constant}}$$

- y_{os} = FET özellik sayfalarında listelenen admitans parametresi.



JFET Empedansı (2)

- **Örnek 5:** Şekil 7'deki JFET için $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ve $V_{GS} = -2 \text{ V}$ için $V_{DS} = 8 \text{ V}$ 'ta çıkış empedansını bulun.

- **Çözüm:**

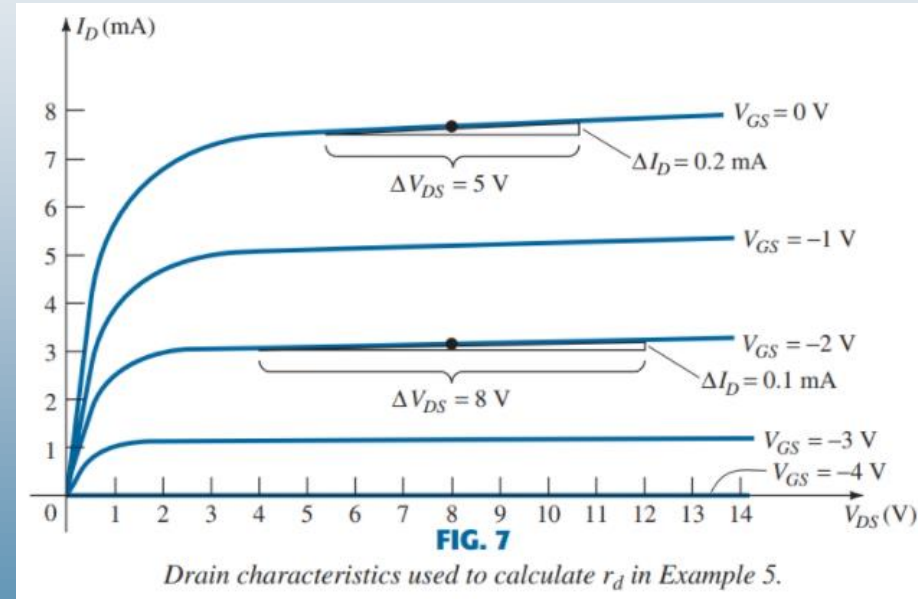
- $V_{GS} = 0 \text{ V}$ için bir teğet çizilir. Eğer $\Delta V_{DS} = 5 \text{ V}$ olarak seçilirse, $\Delta I_D = 0.2 \text{ mA}$ olur. Böylelikle,

$$r_d = \left. \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{V_{GS}=0 \text{ V}} = \frac{5 \text{ V}}{0.2 \text{ mA}} = 25 \text{ k}\Omega$$

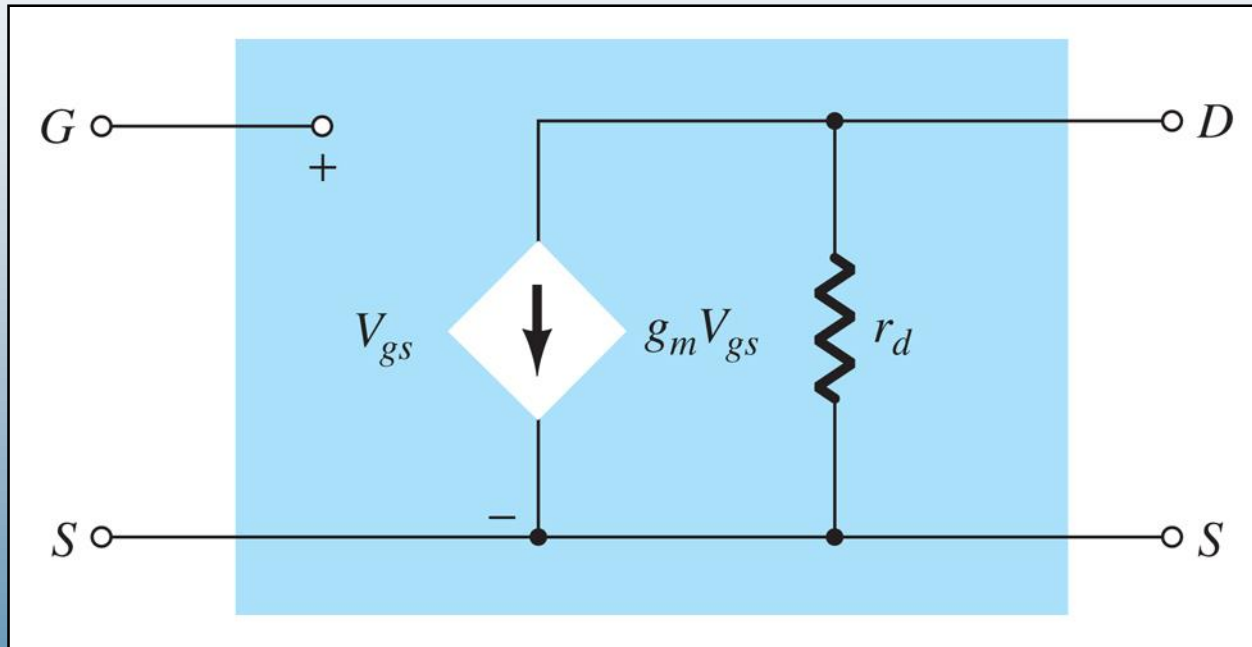
- $V_{GS} = -2 \text{ V}$ için bir teğet çizilir. Eğer $\Delta V_{DS} = 8 \text{ V}$ olarak seçilirse, $\Delta I_D = 0.1 \text{ mA}$ olur. Böylelikle,

$$r_d = \left. \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{V_{GS}=-2 \text{ V}} = \frac{8 \text{ V}}{0.1 \text{ mA}} = 80 \text{ k}\Omega$$

- Yukarıdaki sonuçlar, r_d 'nin bir Q-noktasından başka bir Q-noktasına değiştiğini, daha düşük değerlerin tipik olarak daha düşük V_{GS} değerlerinde (0 V'a yakın) meydana geldiğini gösterir.



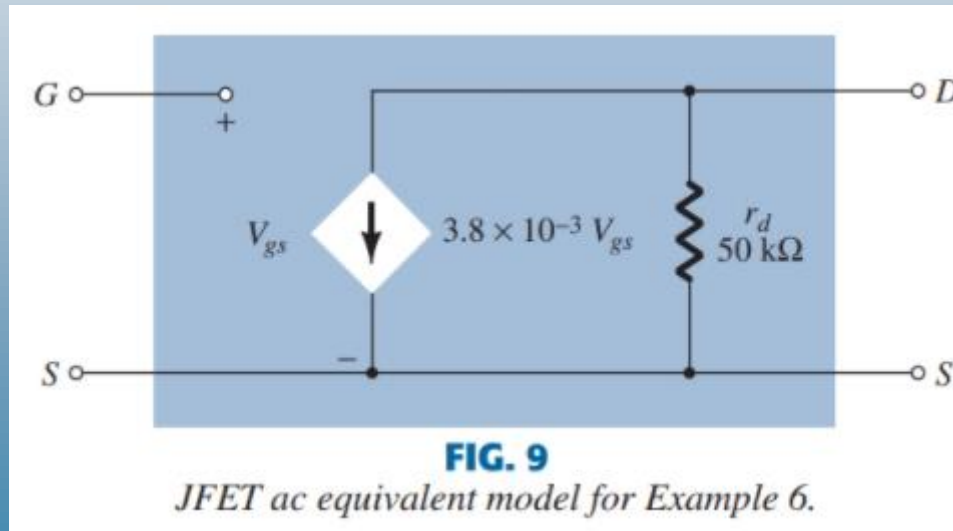
JFET AC Eşdeğer Devresi (1)



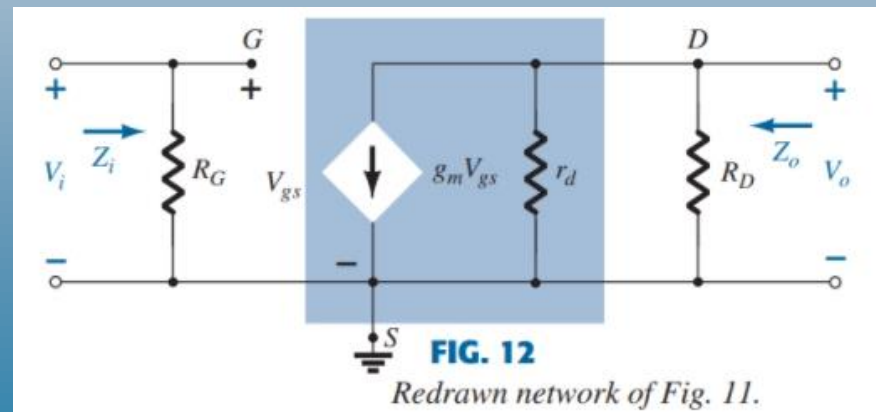
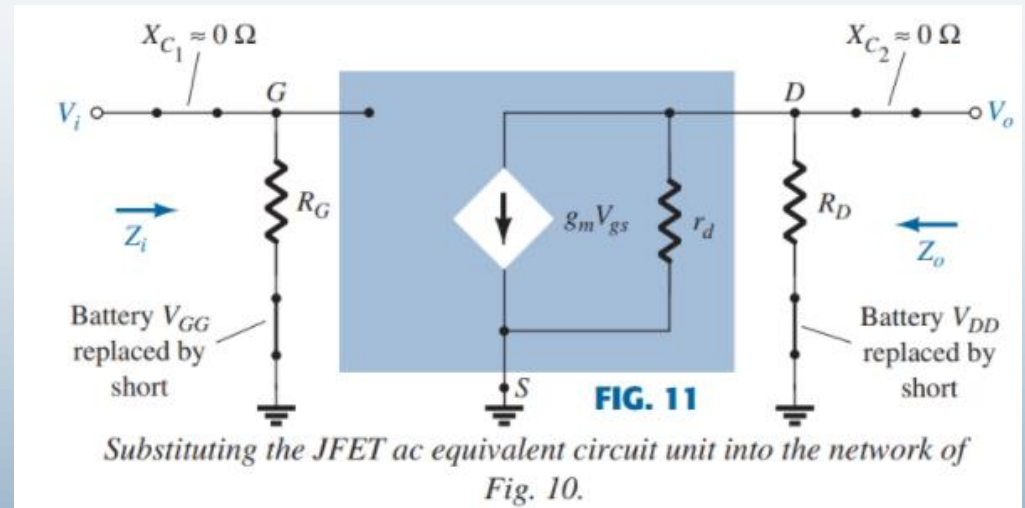
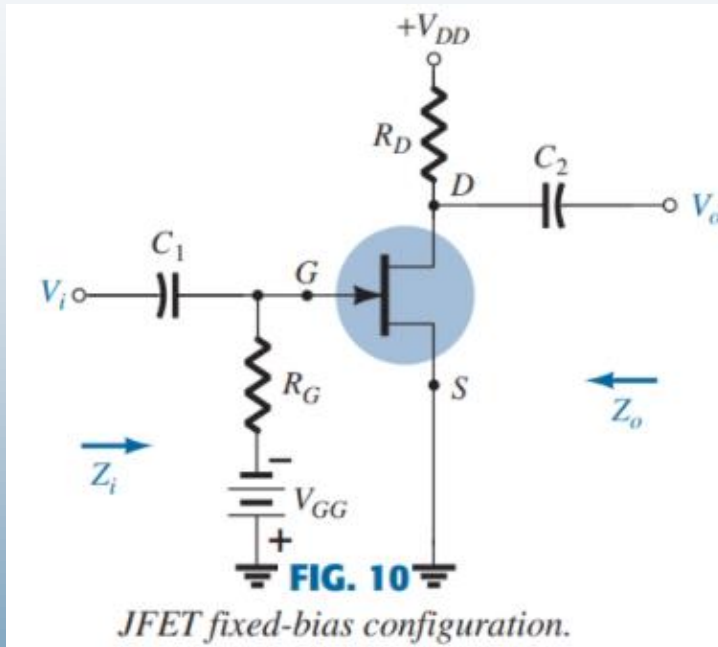
JFET AC Eşdeğer Devresi (2)

- **Örnek 6:** $g_{fs} = 3.8 \text{ mS}$ ve $g_{os} = 20 \text{ mS}$ için FET ac eşdeğer modelini çizin.
- **Çözüm:**

$$g_m = g_{fs} = 3.8 \text{ mS} \text{ ve } r_d = \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{20 \mu\text{S}} = 50 \text{ k}\Omega$$



Ortak-Kaynak Sabit Polarlama Konfigürasyonu (1)



- Giriş sinyali geçit terminaline uygulanır ve çıkış sinyali drenaj terminalinden alınır.

Ortak-Kaynak Sabit Polarlama Konfigürasyonu (2)

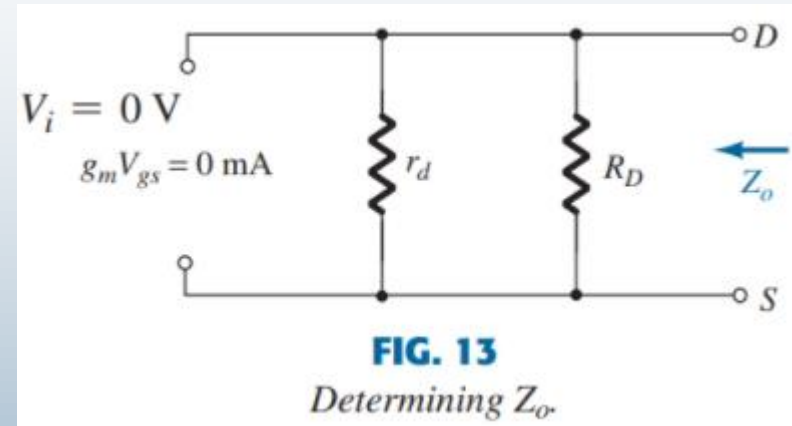
Z_i

$$Z_i = R_G$$

Z_o

Z_o tanımının gerektirdiği şekilde $V_i = 0$ V olarak alırsak, V_{gs} 'de 0 V olur. Böylece, $g_m V_{gs} = 0$ mA olur ve akım kaynağı, Şekil 13'te gösterildiği gibi bir açık devre eşdeğeri ile değiştirilebilir. Çıkış empedansı ise şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = R_D \parallel r_d$$



- Direnç r_d , R_D 'ye kıyasla yeterince büyükse (en az 10:1), $r_d \parallel R_D \approx R_D$ yaklaşımı sıklıkla uygulanabilir ve şu sonucu elde ederiz:

$$Z_o \cong R_D \quad r_d \geq 10R_D$$

A_v

$$\begin{aligned} V_o &= -g_m V_{gs} (r_d \parallel R_D) \\ V_{gs} &= V_i \\ V_o &= -g_m V_i (r_d \parallel R_D) \end{aligned}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_D \quad r_d \geq 10R_D$$

- Devre girişi ile çıkışı arasında 180° faz kayması vardır.

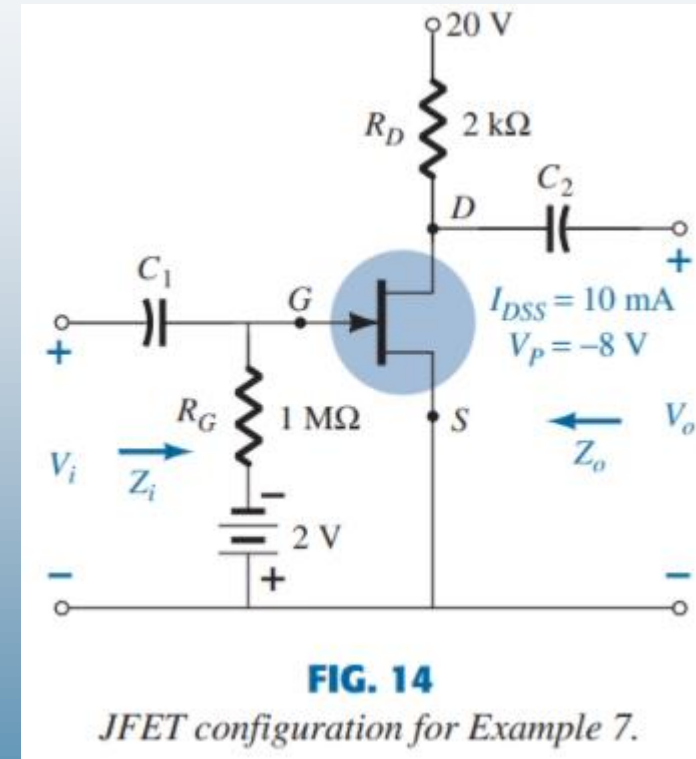
Ortak-Kaynak Sabit Polarlama Konfigürasyonu (3)

- **Örnek 7:** Örnek 1'in sabit polarlamalı konfigürasyonu, $V_{GSQ} = -2\text{ V}$ ve $I_{DQ} = 5.625\text{ mA}$, $I_{DSS} = 10\text{ mA}$ ve $V_P = -8\text{ V}$ ile tanımlanan bir Q-noktasına sahiptir. Devre, uygulanan bir V_i sinyali ile Şekil 14'teki gibi yeniden çizildi. y_{os} 'un değeri 40 mS olarak verilmiştir. Aşağıdaki parametreleri bulun: (a) g_m , (b) r_d , (c) Z_i , (d) Z_o , (e) A_v , r_d 'nin etkilerini dikkate alarak, (f) A_v , r_d 'nin etkilerini göz ardı ederek.
- **Çözüm:**

Ortak-Kaynak Sabit Polarlama Konfigürasyonu (4)

Örnek 7: (Devamı)

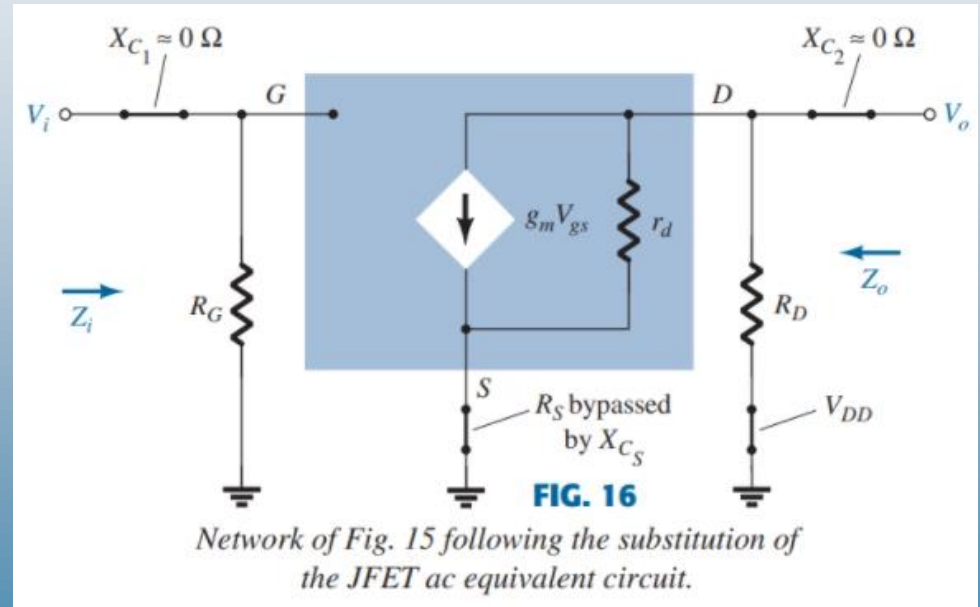
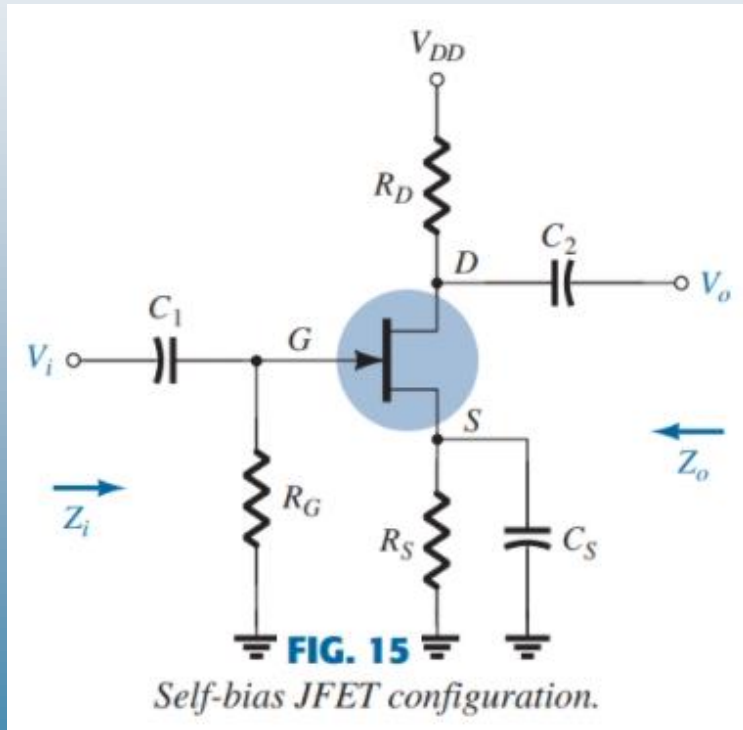
$$\begin{aligned} \text{a. } g_{m0} &= \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(10 \text{ mA})}{8 \text{ V}} = 2.5 \text{ mS} \\ g_m &= g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P} \right) = 2.5 \text{ mS} \left(1 - \frac{(-2 \text{ V})}{(-8 \text{ V})} \right) = 1.88 \text{ mS} \\ \text{b. } r_d &= \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{40 \mu\text{S}} = 25 \text{ k}\Omega \\ \text{c. } Z_i &= R_G = 1 \text{ M}\Omega \\ \text{d. } Z_o &= R_D \parallel r_d = 2 \text{ k}\Omega \parallel 25 \text{ k}\Omega = 1.85 \text{ k}\Omega \\ \text{e. } A_v &= -g_m(R_D \parallel r_d) = -(1.88 \text{ mS})(1.85 \text{ k}\Omega) \\ &= -3.48 \\ \text{f. } A_v &= -g_m R_D = -(1.88 \text{ mS})(2 \text{ k}\Omega) = -3.76 \end{aligned}$$



- (f) şıkında gösterildiği gibi, r_d ve R_D arasında $25 \text{ k}\Omega : 2 \text{ k}\Omega = 12.5:1$ 'lik bir oran, çözümde %8'lik bir farkla sonuçlanır.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (1)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmesi:



Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (2)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmesi:

Z_i

$$Z_i = R_G$$

Z_o

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$Z_o \cong R_D$$

$$r_d \geq 10R_D$$

A_v

$$A_v = -g_m(r_d \parallel R_D)$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$A_v = -g_m R_D$$

$$r_d \geq 10R_D$$

- Devre girişi ile çıkışı arasında 180° faz kayması vardır.

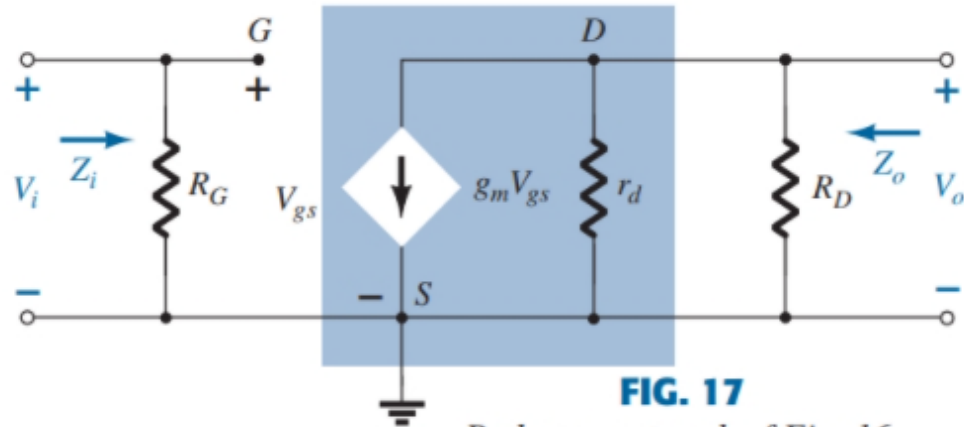


FIG. 17

Redrawn network of Fig. 16.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (3)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmemesi:

Z_i

$$Z_i = R_G$$

Z_o

$$Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_i=0}$$

- Şekil 18'de $V_i = 0$ V olursa, geçit terminali toprak potansiyelinde (0 V) olur. R_G üzerindeki voltaj 0 V olur ve R_G direnci kısa devre olur. Kirchhoff'un akım kanununu uygularsak, aşağıdaki sonuçları elde ederiz:

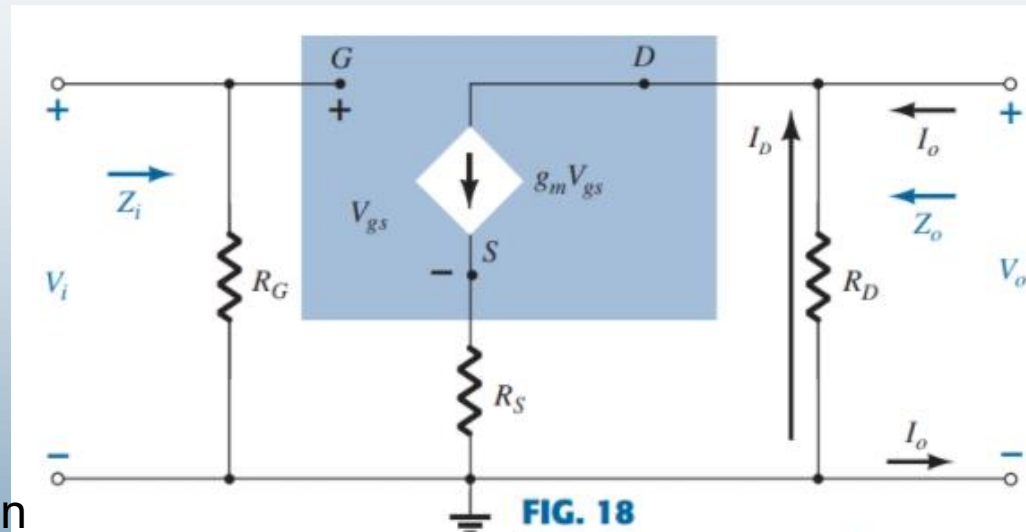


FIG. 18
Self-bias JFET configuration including the effects of R_S with $r_d = \infty \Omega$.

$$I_o + I_D = -g_m(I_o + I_D)R_S = -g_m I_o R_S - g_m I_D R_S$$

$$I_o[1 + g_m R_S] = -I_D[1 + g_m R_S]$$

$$I_o = -I_D \text{ Çünkü, } g_m V_{gs} = 0 \text{ A}$$

$$V_o = -I_D R_D$$

$$V_o = -(-I_o)R_D = I_o R_D$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} = R_D$$

$r_d = \infty \Omega$

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (4)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmemesi:

Z_o

Devreye r_d dahil edilirse, eşdeğer devre Şekil 19'da gösterildiği gibi görünecektir.

$$Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_i=0\text{ V}} = -\frac{I_D R_D}{I_o}$$

- Kirchhoff'un akım kanununu uygularsak aşağıdaki sonuçları elde ederiz:

$$I_o = g_m V_{gs} + I_{r_d} - I_D$$

$$V_{r_d} = V_o + V_{gs}$$

$$I_o = g_m V_{gs} + \frac{V_o + V_{gs}}{r_d} - I_D$$

$$V_{gs} = -(I_D + I_o)R_S \text{ olduğuna göre,}$$

$$V_o = -I_D R_D \text{ olduğuna göre,}$$

$$I_o = \left(g_m + \frac{1}{r_d} \right) V_{gs} - \frac{I_D R_D}{r_d} - I_D$$

$$I_o = -\left(g_m + \frac{1}{r_d} \right) (I_D + I_o) R_S - \frac{I_D R_D}{r_d} - I_D$$

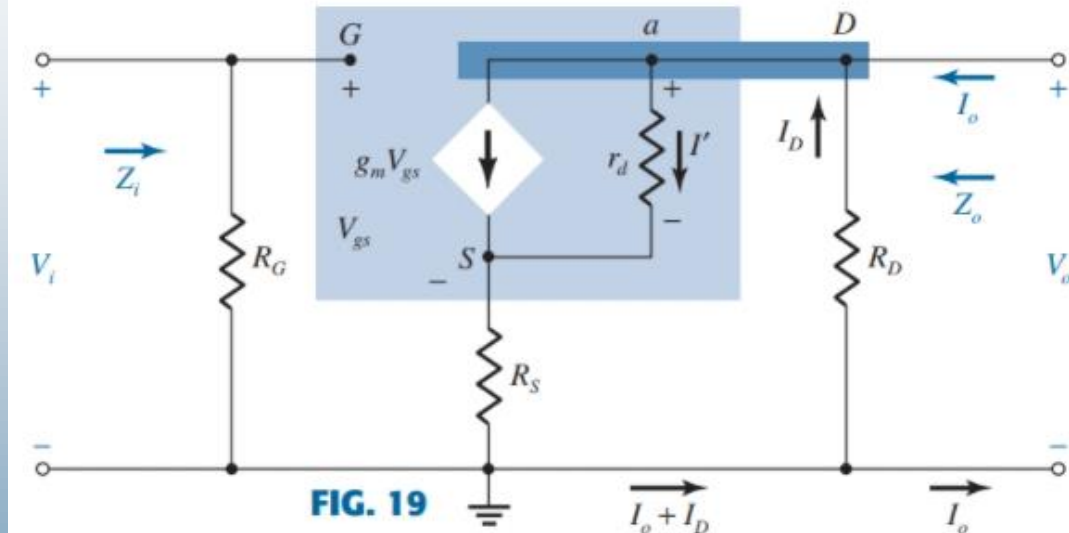


FIG. 19

Including the effects of r_d in the self-bias JFET configuration.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (5)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmemesi:

Z_o

$$I_o \left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} \right] = -I_D \left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \right]$$

$$I_o = \frac{-I_D \left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \right]}{1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d}}$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{-I_D R_D}{\frac{-I_D \left(1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \right)}{1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d}}}$$

$$Z_o = \frac{\left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} \right]}{\left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \right]} R_D$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise: $\left(1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} \right) \gg \frac{R_D}{r_d}$

$$1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \cong 1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d}$$

$$\boxed{Z_o \cong R_D} \quad r_d \geq 10R_D$$

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (6)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmemesi:

A_v

Şekil 19'daki devre için, Kirchhoff'un voltaj yasasının giriş devresine uygulanması şu şekilde sonuçlanır:

$$V_i - V_{gs} - V_{R_S} = 0 \Rightarrow V_{gs} = V_i - I_D R_S$$

- Kirchhoff'un voltaj kanununu kullanırsak r_d üzerindeki voltaj şu şekilde yazılabilir:

$$V_{r_d} = V_o - V_{R_S} \Rightarrow I' = \frac{V_{r_d}}{r_d} = \frac{V_o - V_{R_S}}{r_d}$$

- Kirchhoff'un akım kanununu kullanırsak:

$$I_D = g_m V_{gs} + \frac{V_o - V_{R_S}}{r_d}$$

- Yukarıdaki denklemde V_{gs} , V_o ve V_{R_S} yerine I_D cinsinden yazarsak:

$$I_D = g_m [V_i - I_D R_S] + \frac{(-I_D R_D) - (I_D R_S)}{r_d} \Rightarrow I_D \left[1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d} \right] = g_m V_i \Rightarrow I_D = \frac{g_m V_i}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$$

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (7)

- R_S direncinin C_S kapasitörü ile baypas edilmemesi:

A_v

Çıkış voltajı aşağıdaki gibi elde edilir:

$$V_o = -I_D R_D = -\frac{g_m R_D V_i}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$$

- Eğer $r_d \geq 10(R_D + R_S)$ ise:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} \quad r_d \geq 10(R_D + R_S)$$

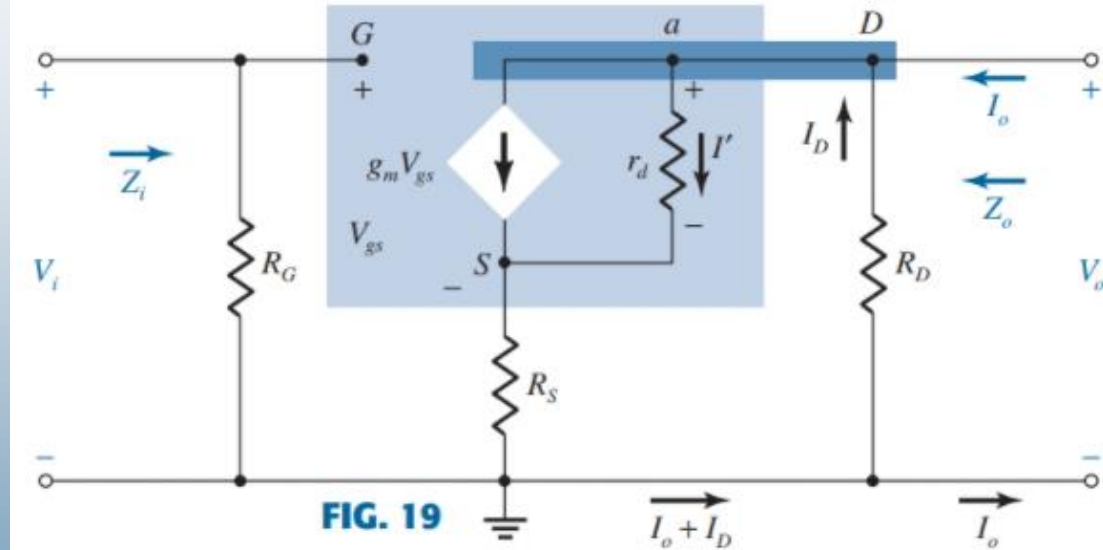


FIG. 19

Including the effects of r_d in the self-bias JFET configuration.

- Devre girişi ile çıkışı arasında 180° faz kayması vardır.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (8)

- **Örnek 8:** Örnek 2'nin öz polarlamalı konfigürasyonu, $V_{GSQ} = -2.6 \text{ V}$ ve $I_{DQ} = 2.6 \text{ mA}$, $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ ve $V_P = -6 \text{ V}$ ile tanımlanan bir Q-noktasına sahiptir. Devre, uygulanan bir V_i sinyali ile Şekil 20'deki gibi yeniden çizildi. g_{os} 'un değeri 20 mS olarak verilmiştir. Aşağıdaki parametreleri bulun: (a) g_m , (b) r_d , (c) Z_i , (d) Z_o , (e) A_v . Not: (d) ve (e) şıklarında, önce r_d 'nin etkilerini dikkate alarak, daha sonra göz ardı ederek hesaplamaları yapın, daha sonra sonuçları karşılaştırın.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (9)

- Örnek 8: (Devamı)
- Çözüm:

$$\text{a. } g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(8 \text{ mA})}{6 \text{ V}} = 2.67 \text{ mS}$$

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P} \right) = 2.67 \text{ mS} \left(1 - \frac{(-2.6 \text{ V})}{(-6 \text{ V})} \right) = 1.51 \text{ mS}$$

$$\text{b. } r_d = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{20 \mu\text{S}} = 50 \text{ k}\Omega$$

$$\text{c. } Z_i = R_G = 1 \text{ M}\Omega$$

$$\text{d. } r_d \text{'nin etkilerini dikkate alırsak: } r_d = 50 \text{ k}\Omega > 10R_D = 33 \text{ k}\Omega$$

$$Z_o = R_D = 3.3 \text{ k}\Omega \text{ Eğer } r_d = \infty \Omega \text{ olarak alırsak: } Z_o = R_D = 3.3 \text{ k}\Omega$$

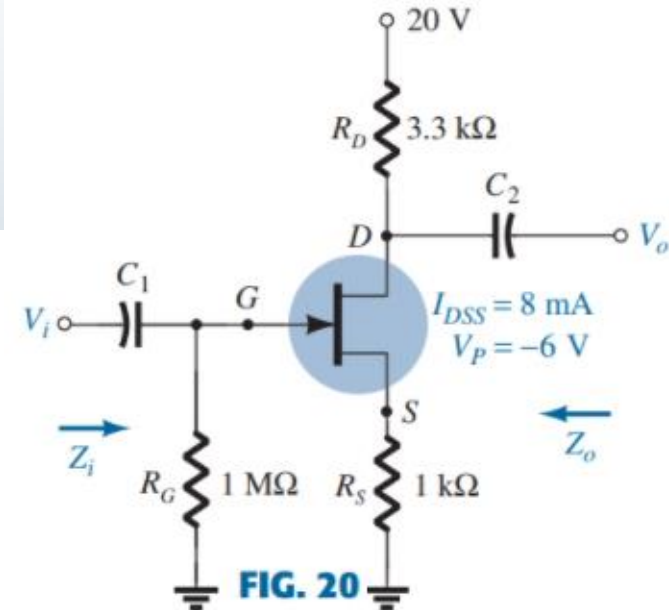


FIG. 20
Network for Example 8.

Ortak-Kaynak Öz Polarlama Konfigürasyonu (10)

- Örnek 8: (Devamı)

e. r_d 'nin etkilerini dikkate alırsak:

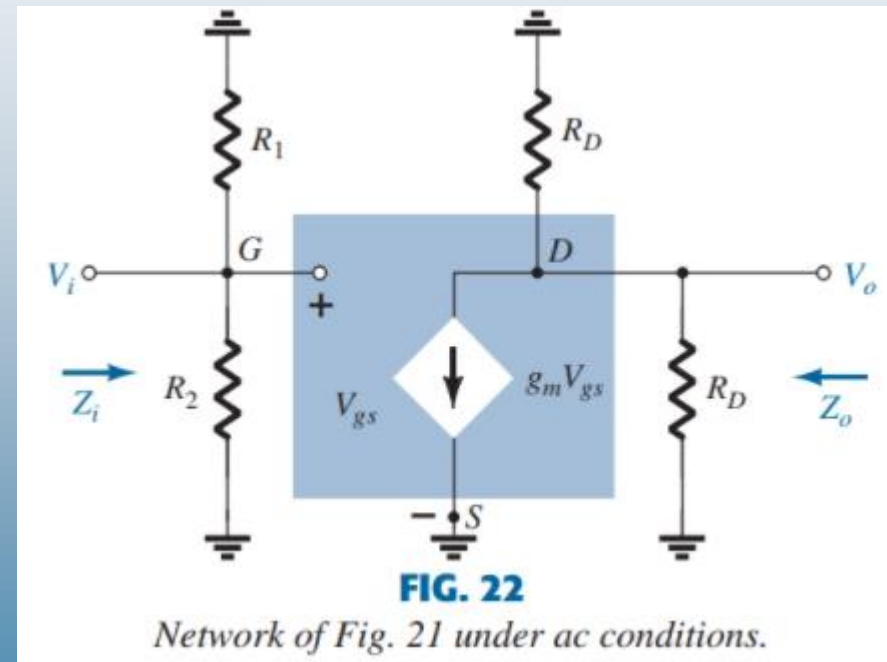
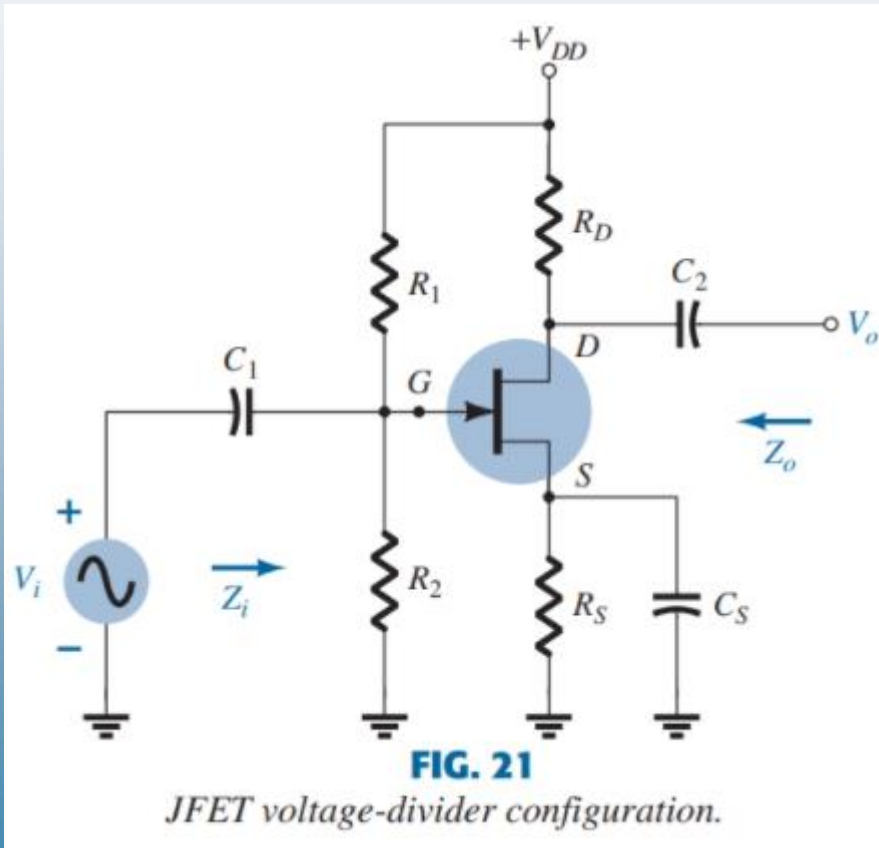
$$A_v = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}} = \frac{-(1.51 \text{ mS})(3.3 \text{ k}\Omega)}{1 + (1.51 \text{ mS})(1 \text{ k}\Omega) + \frac{3.3 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega}{50 \text{ k}\Omega}} = -1.92$$

Eğer $r_d = \infty \Omega$ olarak alırsak:

$$A_v = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S} = \frac{-(1.51 \text{ mS})(3.3 \text{ k}\Omega)}{1 + (1.51 \text{ mS})(1 \text{ k}\Omega)} = -1.98$$

- Yukarıdaki sonuçlardan, $r_d \geq 10(R_D + R_S)$ koşulu sağlandığı için r_d 'nin etkisinin minimum olduğunu gözlemleyebiliriz. Ayrıca, bir JFET yükseltecinin tipik kazancının, benzer konfigürasyonlara sahip BJT'ler için genel olarak karşılaşılandan daha az olduğuna dikkat edin. Bununla birlikte, JFET'in giriş empedansının (Z_i) bir BJT'nin tipik giriş empedansından çok daha büyük olduğunu ve bunun sistemin genel kazancı üzerinde çok olumlu bir etkisi olacağını unutmayın.

Ortak-Kaynak Voltaj Bölücü Polarlama Konfigürasyonu (1)



Ortak-Kaynak Voltaj Bölücü Polarlama Konfigürasyonu (2)

Z_i

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

Z_o

Eğer $V_i = 0$ V olarak alırsak, V_{gs} ve $g_m V_{gs}$ de sıfır olur. Dolayısıyla, çıkış empedansını aşağıdaki gibi elde ederiz:

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

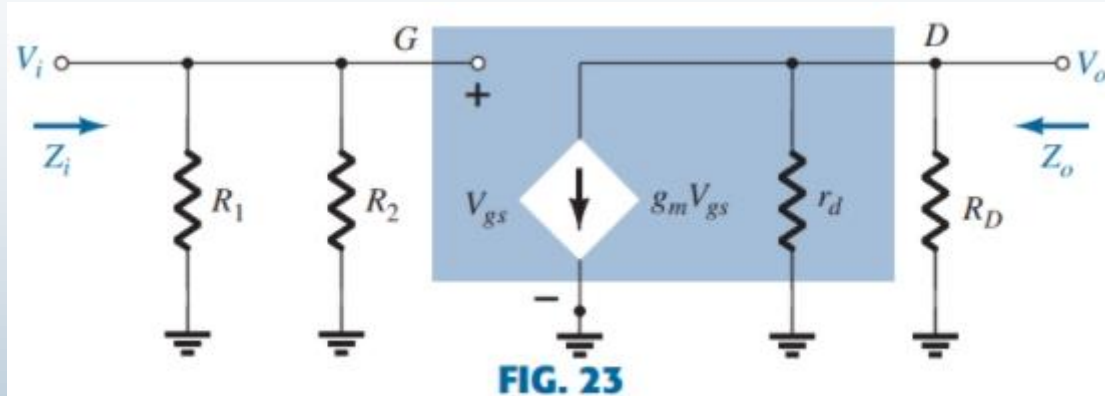


FIG. 23
Redrawn network of Fig. 22.

Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$Z_o \cong R_D$$

$$r_d \geq 10R_D$$

A_v

$$V_{gs} = V_i, \quad V_o = -g_m V_{gs} (r_d \parallel R_D), \quad A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-g_m V_{gs} (r_d \parallel R_D)}{V_{gs}}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong -g_m R_D$$

$$r_d \geq 10R_D$$

Z_o ve A_v denklemlerinin, sabit polarlamalı ve öz-polarlamalı (baypas edilmiş R_S ile) konfigürasyonlar için elde edilenlerle aynı olduğuna dikkat edin. Tek fark, R_1 ve R_2 'nin paralel kombinasyonuna duyarlı olan Z_i denklemidir.

Ortak-Geçit Konfigürasyonu (1)

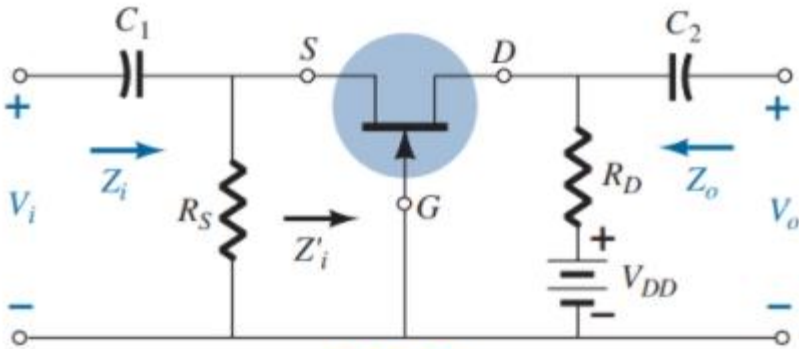


FIG. 24

JFET common-gate configuration.

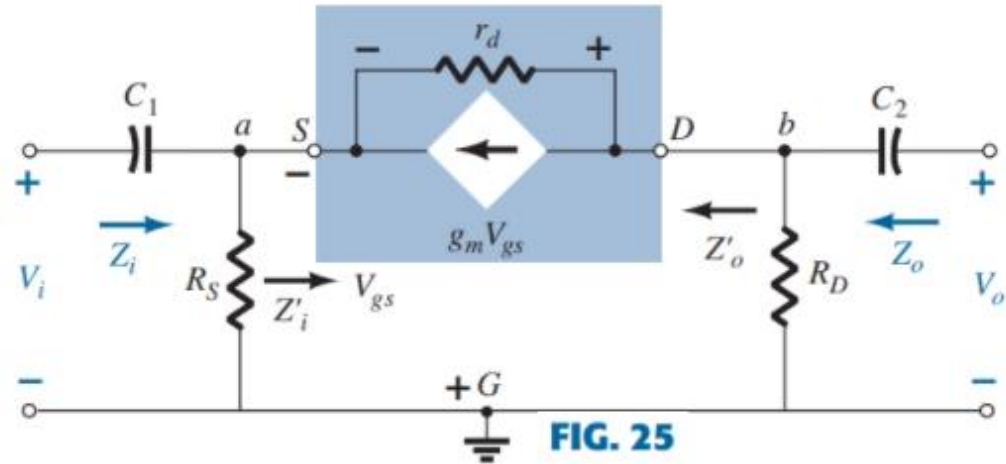


FIG. 25

Network of Fig. 24 following substitution of JFET ac equivalent model.

Z_o

Şekil 25'te $V_i = 0$ V olarak alırsak, R_S "kısa devre" olacak ve V_{gs} 'yi 0 V yapacaktır. Sonuç olarak $g_m V_{gs} = 0$ olacak ve r_d , R_D ile paralel olacaktır.

Böylece,

$$Z_o = R_D \parallel r_d$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$Z_o \cong R_D \quad r_d \geq 10R_D$$

Ortak-Geçit Konfigürasyonu (2)

Z_i

$$V' = -V_{gs}$$

$$\begin{aligned} V' - V_{r_d} - V_{R_D} &= 0 \\ V_{r_d} &= V' - V_{R_D} = V' - I'R_D \end{aligned}$$

$$I' + g_m V_{gs} = I_{r_d}$$

$$I' = I_{r_d} - g_m V_{gs} = \frac{(V' - I'R_D)}{r_d} - g_m V_{gs}$$

$$I' = \frac{V'}{r_d} - \frac{I'R_D}{r_d} - g_m[-V']$$

$$I' \left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right] = V' \left[\frac{1}{r_d} + g_m \right]$$

$$Z'_i = \frac{V'}{I'} = \frac{\left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[g_m + \frac{1}{r_d} \right]}$$

$$\begin{aligned} Z'_i &= \frac{V'}{I'} = \frac{r_d + R_D}{1 + g_m r_d} \\ Z_i &= R_S \parallel Z'_i \end{aligned}$$

$$Z_i = R_S \parallel \left[\frac{r_d + R_D}{1 + g_m r_d} \right]$$

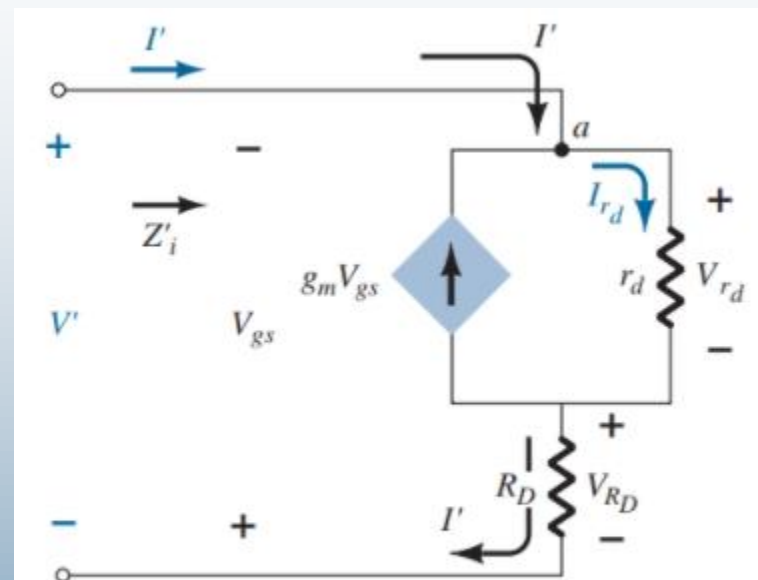


FIG. 26

Determining Z'_i for the network of Fig. 24.

$$Z'_i = \frac{\left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[g_m + \frac{1}{r_d} \right]} \cong \frac{1}{g_m} \quad \boxed{Z_i \cong R_S \parallel 1/g_m} \quad r_d \geq 10R_D$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise, $R_D/r_d \ll 1$ ve $1/r_d \ll g_m$, Z_i yaklaşık olarak şu şekilde elde edilir:

Ortak-Geçit Konfigürasyonu (3)

A_v

$$V_i = -V_{gs}$$

$$V_o = I_D R_D$$

$$V_{r_d} = V_o - V_i$$

$$I_{r_d} = \frac{V_o - V_i}{r_d}$$

$$I_{r_d} + I_D + g_m V_{gs} = 0$$

$$I_D = -I_{r_d} - g_m V_{gs}$$

$$= -\left[\frac{V_o - V_i}{r_d} \right] - g_m [-V_i]$$

$$I_D = \frac{V_i - V_o}{r_d} + g_m V_i$$

$$V_o = I_D R_D = \left[\frac{V_i - V_o}{r_d} + g_m V_i \right] R_D$$

$$= \frac{V_i R_D}{r_d} - \frac{V_o R_D}{r_d} + g_m R_D V_i$$

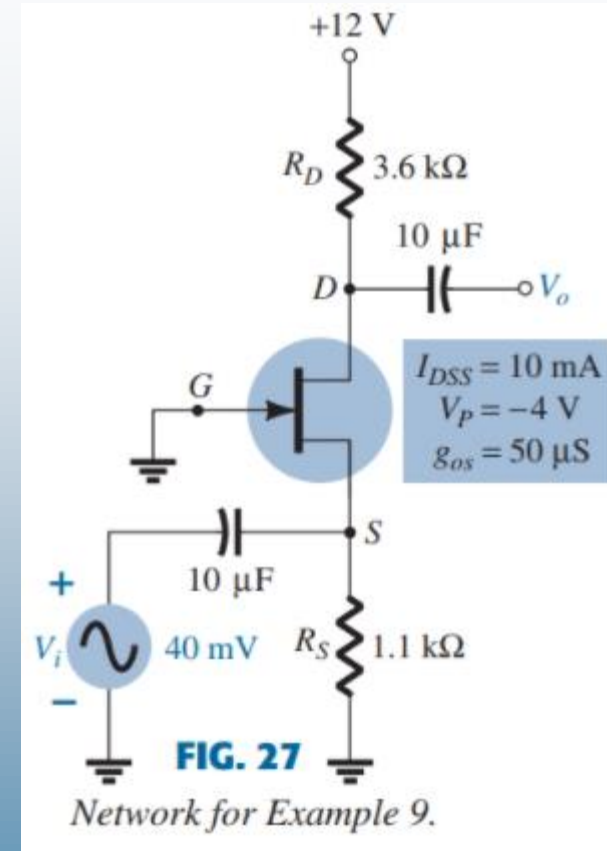
$$V_o \left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right] = V_i \left[\frac{R_D}{r_d} + g_m R_D \right]$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left[g_m R_D + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right]}$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise: $A_v \cong g_m R_D$ $r_d \geq 10R_D$
- Faz ilişkisi:** A_v 'ın pozitif olması, V_o ve V_i aynı fazda olduğunu göstermektedir.

Ortak-Geçit Konfigürasyonu (4)

- **Örnek 9:** Şekil 27'deki devre ortak-geçit konfigürasyonuna benzemese bile, yakından incelendiğinde Şekil 24'teki devreye benzediği ortaya çıkacaktır. $V_{GSQ} = -2.2\text{ V}$ ve $I_{DQ} = 2.03\text{ mA}$ ise, aşağıdaki parametreleri bulun: (a) g_m , (b) r_d , (c) Z_i , (d) Z_o , (e) V_o . Not: (c), (d) ve (e) şıklarında, önce r_d 'nin etkilerini dikkate alarak, daha sonra göz ardı ederek hesaplamaları yapın, daha sonra sonuçları karşılaştırın.



Ortak-Geçit Konfigürasyonu (5)

- Örnek 9: (Devamı)
- Çözüm:

$$\begin{aligned}\text{a. } g_{m0} &= \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(10 \text{ mA})}{4 \text{ V}} = 5 \text{ mS} \\ g_m &= g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P} \right) = 5 \text{ mS} \left(1 - \frac{(-2.2 \text{ V})}{(-4 \text{ V})} \right) = 2.25 \text{ mS} \\ \text{b. } r_d &= \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{50 \mu\text{S}} = 20 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

c. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, Z_i şu şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned}Z_i &= R_S \parallel \left[\frac{r_d + R_D}{1 + g_m r_d} \right] = 1.1 \text{ k}\Omega \parallel \left[\frac{20 \text{ k}\Omega + 3.6 \text{ k}\Omega}{1 + (2.25 \text{ mS})(20 \text{ k}\Omega)} \right] \\ &= 1.1 \text{ k}\Omega \parallel 0.51 \text{ k}\Omega = 0.35 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, Z_i şu şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned}Z_i &= R_S \parallel 1/g_m = 1.1 \text{ k}\Omega \parallel 1/2.25 \text{ mS} = 1.1 \text{ k}\Omega \parallel 0.44 \text{ k}\Omega \\ &= 0.31 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

Ortak-Geçit Konfigürasyonu (6)

- Örnek 9: (Devamı)

d. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = R_D \parallel r_d = 3.6 \text{ k}\Omega \parallel 20 \text{ k}\Omega = \mathbf{3.05 \text{ k}\Omega}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = R_D = \mathbf{3.6 \text{ k}\Omega}$$

e. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

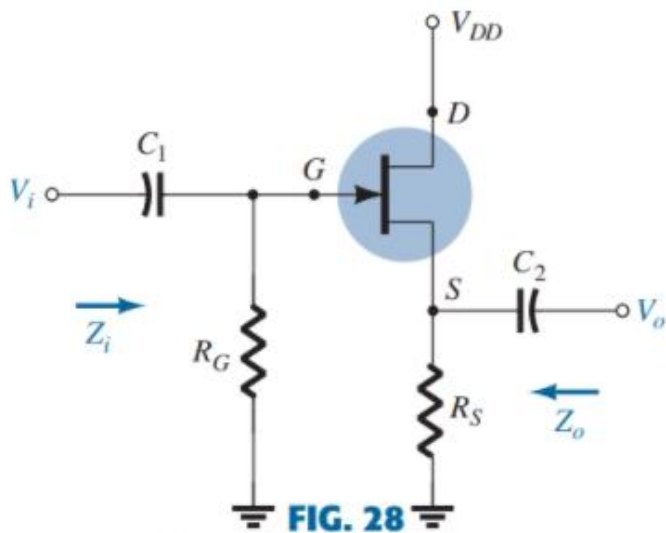
$$A_v = \frac{\left[g_m R_D + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right]} = \frac{\left[(2.25 \text{ mS})(3.6 \text{ k}\Omega) + \frac{3.6 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega} \right]}{\left[1 + \frac{3.6 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega} \right]} = \frac{8.1 + 0.18}{1 + 0.18} = \mathbf{7.02}$$
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \Rightarrow V_o = A_v V_i = (7.02)(40 \text{ mV}) = \mathbf{280.8 \text{ mV}}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

$$A_v = g_m R_D = (2.25 \text{ mS})(3.6 \text{ k}\Omega) = \mathbf{8.1}$$

$$V_o = A_v V_i = (8.1)(40 \text{ mV}) = \mathbf{324 \text{ mV}}$$

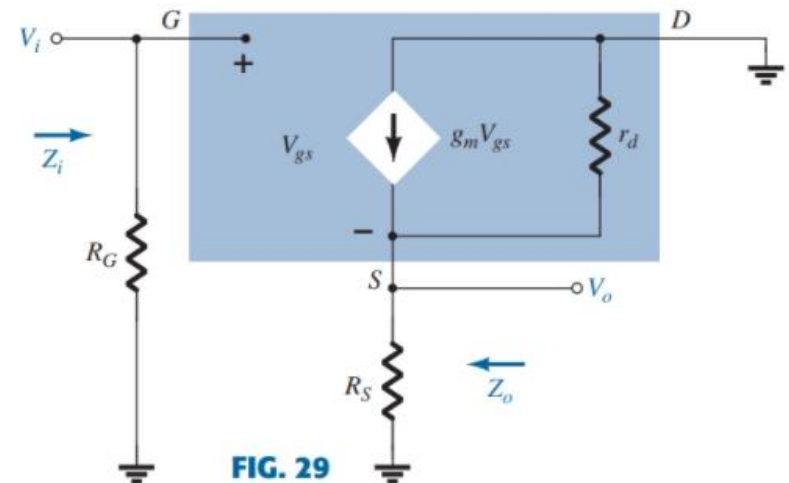
Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (1)



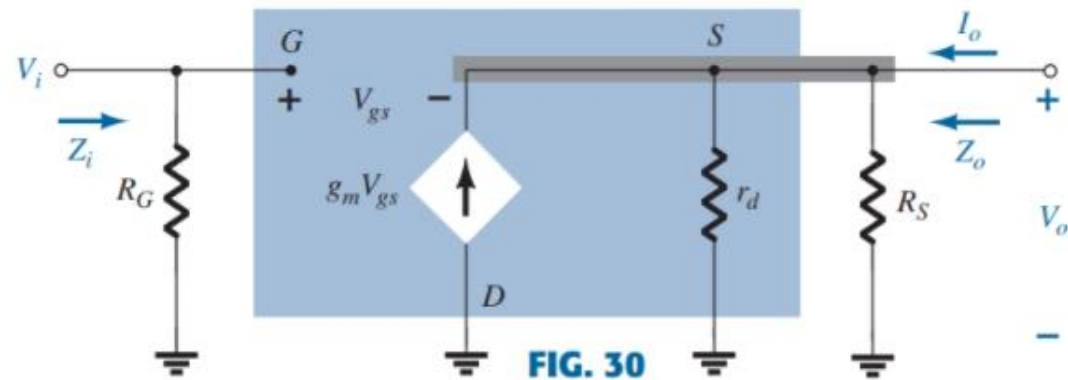
JFET source-follower configuration.

Z_i

$$Z_i = R_G$$



Network of Fig. 28 following the substitution of the JFET ac equivalent model.



Network of Fig. 29 redrawn.

Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (2)

Z_o Eğer $V_i = 0$ V olarak alırsak, geçit terminali Şekil 31'de gösterildiği gibi doğrudan toprağa bağlanır. V_{gs} ve V_o 'nun aynı paralel devre üzerinde olması, $V_o = -V_{gs}$ ile sonuçlanır. Kirchhoff'un akım kanununu S düğümünde uygulayarak, aşağıdaki sonucu ederiz:

$$I_o + g_m V_{gs} = I_{r_d} + I_{R_S} = \frac{V_o}{r_d} + \frac{V_o}{R_S}$$

$$I_o = V_o \left[\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} \right] - g_m V_{gs} = V_o \left[\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} \right] - g_m [-V_o] = V_o \left[\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} + g_m \right]$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_o}{V_o \left[\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} + g_m \right]} = \frac{1}{\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} + g_m} = \frac{1}{\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_S} + \frac{1}{1/g_m}}$$

$$Z_o = r_d \parallel R_S \parallel 1/g_m$$

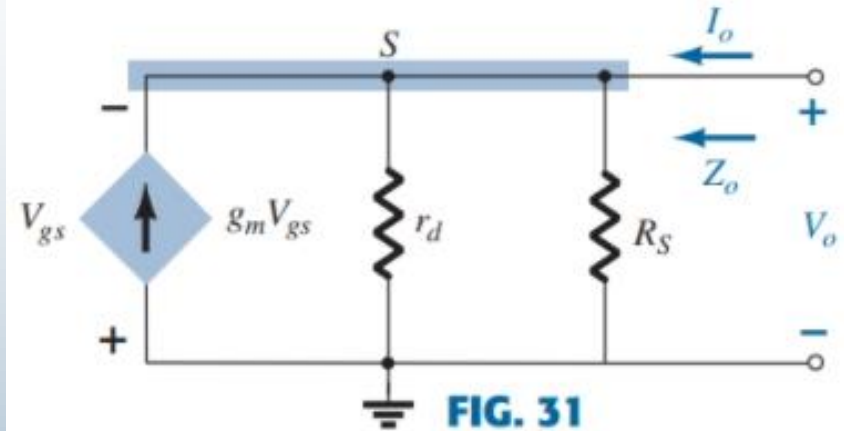


FIG. 31
Determining Z_o for the network of Fig. 30.

- Eğer $r_d \geq 10R_S$ ise:

$$Z_o \cong R_S \parallel 1/g_m \quad r_d \geq 10R_S$$

Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (3)

A_v

$$V_o = g_m V_{gs} (r_d \parallel R_S)$$

$$\begin{aligned} V_i &= V_{gs} + V_o \\ V_{gs} &= V_i - V_o \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_o &= g_m (V_i - V_o) (r_d \parallel R_S) \\ V_o &= g_m V_i (r_d \parallel R_S) - g_m V_o (r_d \parallel R_S) \\ V_o [1 + g_m (r_d \parallel R_S)] &= g_m V_i (r_d \parallel R_S) \end{aligned}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m (r_d \parallel R_S)}{1 + g_m (r_d \parallel R_S)}$$

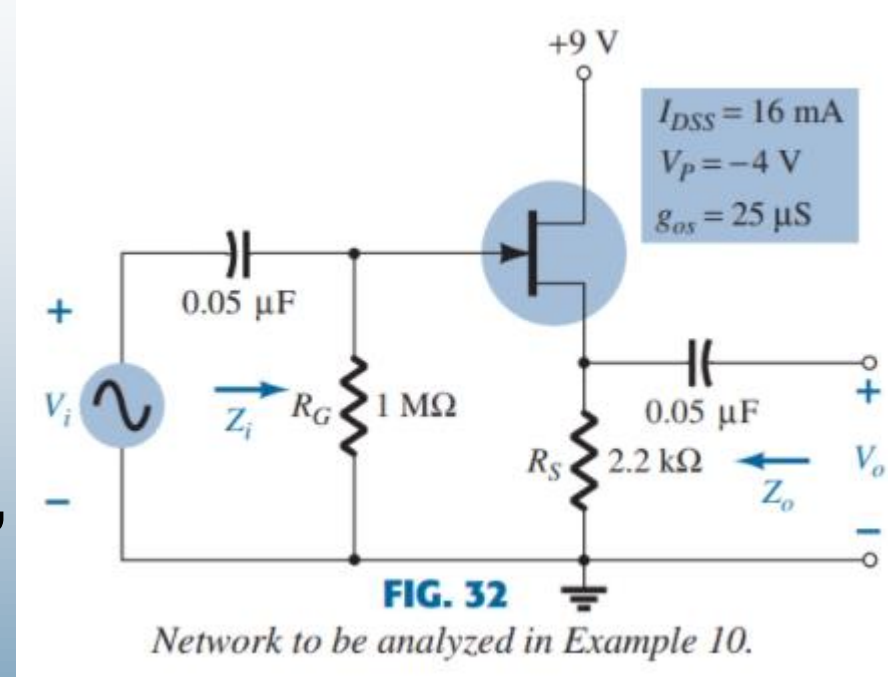
• Eğer $r_d \geq 10R_S$ ise:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \quad r_d \geq 10R_S$$

- Kazanç denkleminin paydası paydan bir kat daha büyük olduğu için, kazanç hiçbir zaman birden büyük olamaz (emitör-sürücü BJT devresinde olduğu gibi).
- **Faz İlişkisi:** A_v 'ın pozitif olması, V_o ve V_i aynı fazda olduğunu göstermektedir.

Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (4)

- **Örnek 10:** Şekil 32'deki kaynak-sürücü devresinin noktası, $V_{GSQ} = -2.86 \text{ V}$ ve $I_{DQ} = 4.56 \text{ mA}$ olarak verilmiştir. Aşağıdaki parametreleri bulun: (a) g_m , (b) r_d , (c) Z_i , (d) Z_o , (e) A_v .



- Not: (d) ve (e) şıklarında, önce r_d 'nin etkilerini dikkate alarak, daha sonra göz ardı ederek hesaplamaları yapın, daha sonra sonuçları karşılaştırın.

Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (5)

- Örnek 10: (Devamı)
- Çözüm:

$$\begin{aligned} \text{a. } g_{m0} &= \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(16 \text{ mA})}{4 \text{ V}} = 8 \text{ mS} \\ g_m &= g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P} \right) = 8 \text{ mS} \left(1 - \frac{(-2.86 \text{ V})}{(-4 \text{ V})} \right) = 2.28 \text{ mS} \\ \text{b. } r_d &= \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{25 \mu\text{S}} = 40 \text{ k}\Omega \\ \text{c. } Z_i &= R_G = 1 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

d. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = r_d \parallel R_S \parallel 1/g_m = 40 \text{ k}\Omega \parallel 2.2 \text{ k}\Omega \parallel 1/2.28 \text{ mS} = 40 \text{ k}\Omega \parallel 2.2 \text{ k}\Omega \parallel 438.6 \Omega = 362.52 \Omega$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = R_S \parallel 1/g_m = 2.2 \text{ k}\Omega \parallel 438.6 \Omega = 365.69 \Omega$$

Kaynak-Sürücü (Ortak-Drenaj) Konfigürasyonu (6)

- Örnek 10: (Devamı)

e. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{g_m(r_d \parallel R_S)}{1 + g_m(r_d \parallel R_S)} = \frac{(2.28 \text{ mS})(40 \text{ k}\Omega \parallel 2.2 \text{ k}\Omega)}{1 + (2.28 \text{ mS})(40 \text{ k}\Omega \parallel 2.2 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{(2.28 \text{ mS})(2.09 \text{ k}\Omega)}{1 + (2.28 \text{ mS})(2.09 \text{ k}\Omega)} = \frac{4.77}{1 + 4.77} = \mathbf{0.83} \end{aligned}$$

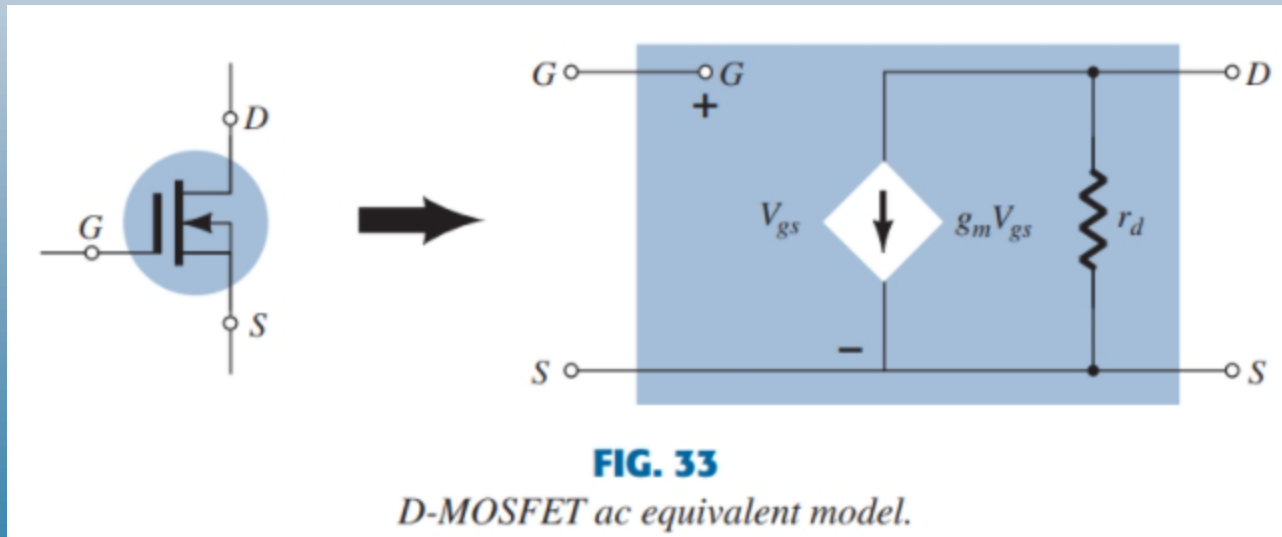
$r_d = \infty$ olarak alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} = \frac{(2.28 \text{ mS})(2.2 \text{ k}\Omega)}{1 + (2.28 \text{ mS})(2.2 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{5.02}{1 + 5.02} = \mathbf{0.83} \end{aligned}$$

- Yukarıdaki sonuç, r_d 'nin kazanç üzerinde genellikle çok az etkiye sahip olduğunu gösterir.

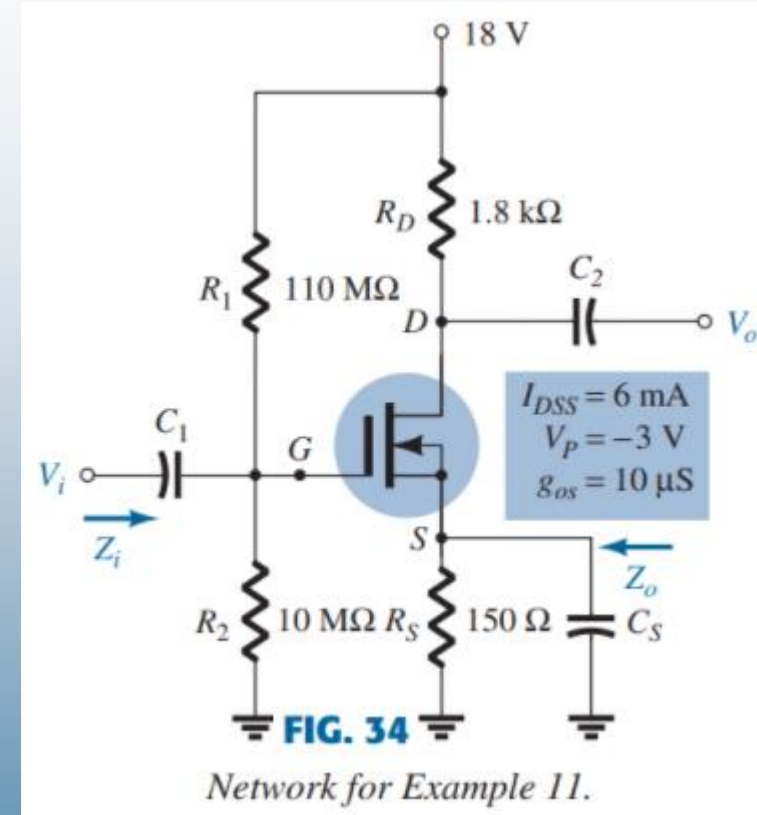
D-MOSFET'ler (1)

- Shockley denklemi, D-MOSFET'ler için de geçerlidir. Aslında, Şekil 33'te gösterilen D-MOSFET ac eşdeğer modeli, Şekil 8'de gösterilen JFET ac eşdeğer modeli ile tamamen aynıdır. D-MOSFET'lerin tek farkı, V_{GSQ} 'nun n -kanallı aygıtlar için pozitif, p -kanallı aygıtlar için negatif olabilmesidir. Sonuç olarak, aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi, g_m 'nin g_{m0} 'dan büyük olabileceğidir. r_d direnciğin değerleri ise, JFET'lere çok benzer.



D-MOSFET'ler (2)

- **Örnek 11:** Örnek 7'de analiz edilen Şekil 34'teki devre için, Q-noktası $V_{GSQ} = 0.35 \text{ V}$ ve $I_{DQ} = 7.6 \text{ mA}$ 'dır olarak verilmiştir. Aşağıdaki parametreleri bulun:
(a) g_m ve g_{m0} ile karşılaştırın,
(b) r_d , (c) Şekil 34 için ac eşdeğer devresini çizin, (d) Z_i ,
(e) Z_o , (f) A_v
- **Çözüm:**



D-MOSFET'ler (3)

• Örnek 11: (Devamı)

$$\text{a. } g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} = \frac{2(6 \text{ mA})}{3 \text{ V}} = 4 \text{ mS}$$

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS_Q}}{V_P} \right) = 4 \text{ mS} \left(1 - \frac{(+0.35 \text{ V})}{(-3 \text{ V})} \right) = 4 \text{ mS} (1 + 0.117) = \mathbf{4.47 \text{ mS}}$$

$$\text{b. } r_d = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{10 \mu\text{S}} = \mathbf{100 \text{ k}\Omega}$$

(c) Şekil 34 için ac eşdeğer devresi Şekil 35'te gösterilmiştir.

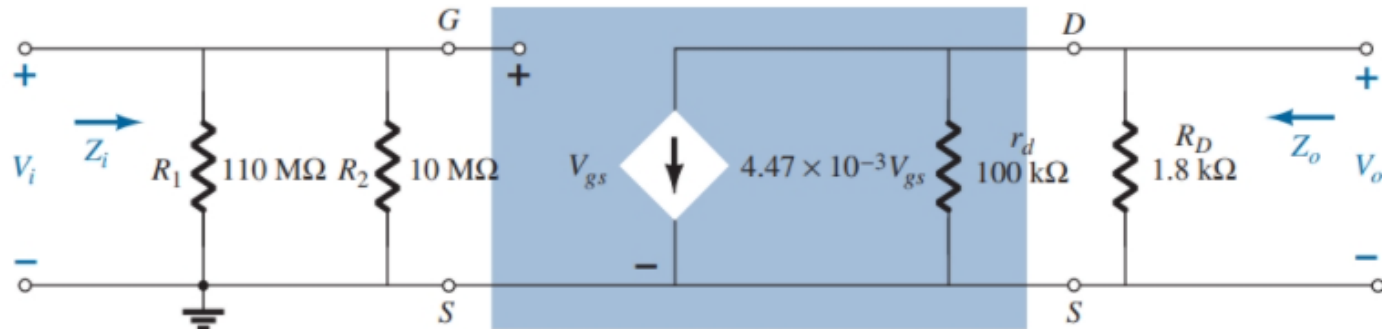


FIG. 35

AC equivalent circuit for Fig. 34.

$$\text{d. Eq. (28): } Z_i = R_1 \parallel R_2 = 10 \text{ M}\Omega \parallel 110 \text{ M}\Omega = \mathbf{9.17 \text{ M}\Omega}$$

$$\text{e. Eq. (29): } Z_o = r_d \parallel R_D = 100 \text{ k}\Omega \parallel 1.8 \text{ k}\Omega = \mathbf{1.77 \text{ k}\Omega} \cong R_D = \mathbf{1.8 \text{ k}\Omega}$$

$$\text{f. } r_d \geq 10R_D \rightarrow 100 \text{ k}\Omega \geq 18 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = -g_m R_D = -(4.47 \text{ mS})(1.8 \text{ k}\Omega) = \mathbf{8.05}$$

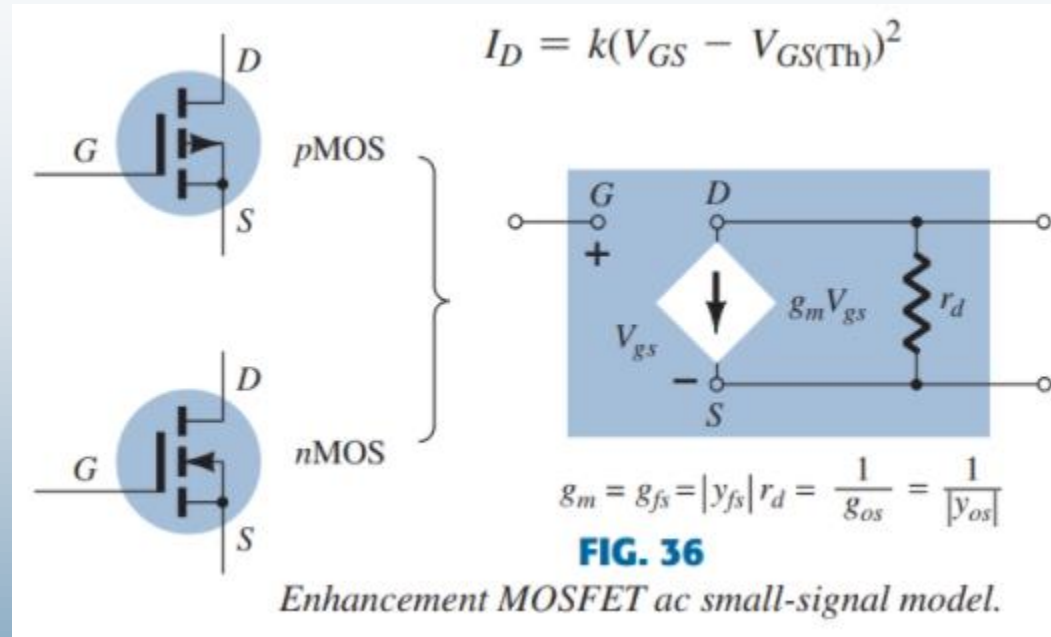
E-MOSFET'ler

- g_m ve r_d değerleri, FET'in özellik sayfasından bulunabilir.

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{dI_D}{dV_{GS}} = \frac{d}{dV_{GS}} k(V_{GS} - V_{GS(Th)})^2 = k \frac{d}{dV_{GS}} (V_{GS} - V_{GS(Th)})^2 \\ &= 2k(V_{GS} - V_{GS(Th)}) \frac{d}{dV_{GS}} (V_{GS} - V_{GS(Th)}) = 2k(V_{GS} - V_{GS(Th)})(1 - 0) \end{aligned}$$

$$g_m = 2k(V_{GS_Q} - V_{GS(Th)})$$



E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (1)

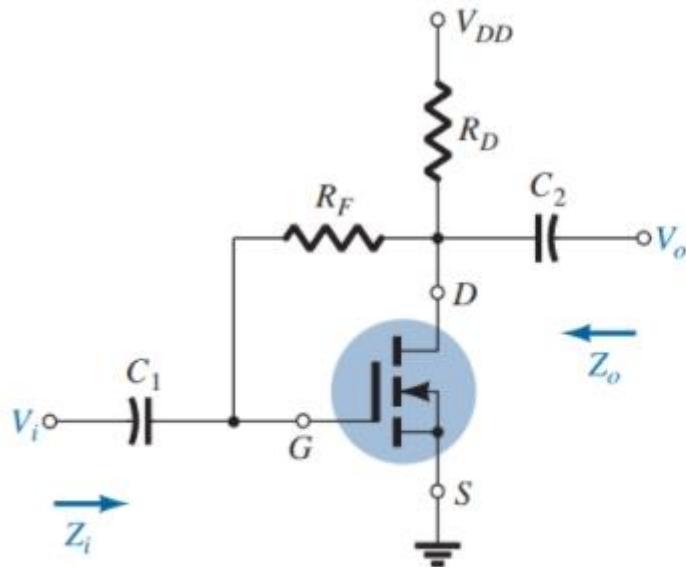


FIG. 37

E-MOSFET drain-feedback configuration.

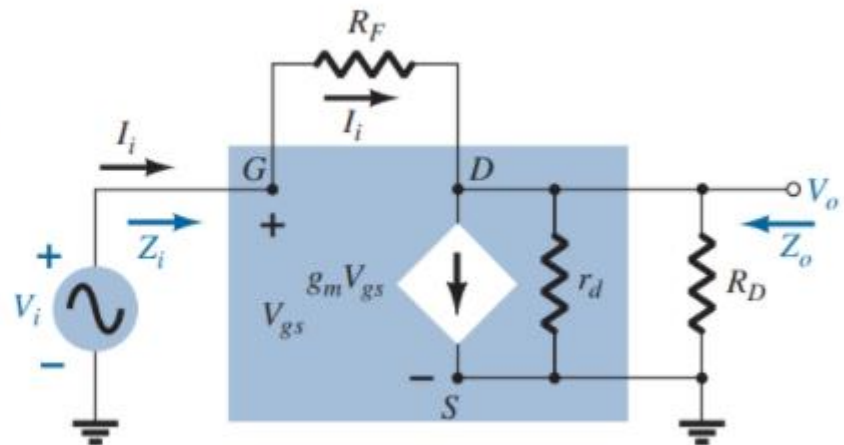


FIG. 38

AC equivalent of the network of Fig. 37.

E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (2)

Z_i

$$I_i = g_m V_{gs} + \frac{V_o}{r_d \parallel R_D}$$

$$V_{gs} = V_i$$

$$I_i = g_m V_i + \frac{V_o}{r_d \parallel R_D}$$

$$I_i - g_m V_i = \frac{V_o}{r_d \parallel R_D}$$

$$V_o = (r_d \parallel R_D)(I_i - g_m V_i)$$

$$I_i = \frac{V_i - V_o}{R_F} = \frac{V_i - (r_d \parallel R_D)(I_i - g_m V_i)}{R_F}$$

$$\begin{aligned} I_i R_F &= V_i - (r_d \parallel R_D) I_i + (r_d \parallel R_D) g_m V_i \\ V_i [1 + g_m (r_d \parallel R_D)] &= I_i [R_F + r_d \parallel R_D] \end{aligned}$$

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{R_F + r_d \parallel R_D}{1 + g_m (r_d \parallel R_D)}$$

- Tipik olarak, $R_F \gg r_d \parallel R_D$, böylece

$$Z_i \cong \frac{R_F}{1 + g_m (r_d \parallel R_D)}$$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$Z_i \cong \frac{R_F}{1 + g_m R_D} \quad R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D$$

E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (3)

Z_o

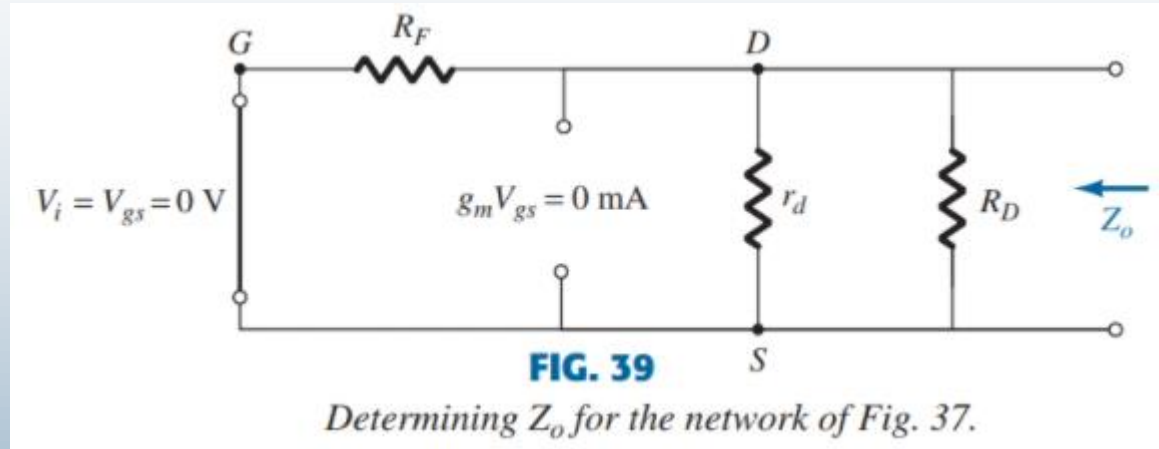
- $V_i = 0$ V ise, Şekil 39'da gösterildiği gibi geçit terminalinden toprağa kısa devre oluşur ve $V_{gs} = 0$ V ve $g_m V_{gs} = 0$ olur. Bu durumda R_F , r_d ve R_D dirençleri birbirine paralel olur. Böylece,

$$Z_o = R_F \parallel r_d \parallel R_D$$

- Tipik olarak, $R_F \gg r_d \parallel R_D$, böylece $Z_o \cong r_d \parallel R_D$

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$Z_o \cong R_D \quad R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D$$



E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (4)

A_v

$$I_i = g_m V_{gs} + \frac{V_o}{r_d \parallel R_D}$$

$$V_{gs} = V_i \quad \text{ve} \quad I_i = \frac{V_i - V_o}{R_F}$$

$$\begin{aligned} \frac{V_i - V_o}{R_F} &= g_m V_i + \frac{V_o}{r_d \parallel R_D} \\ \frac{V_i}{R_F} - \frac{V_o}{R_F} &= g_m V_i + \frac{V_o}{r_d \parallel R_D} \\ V_o \left[\frac{1}{r_d \parallel R_D} + \frac{1}{R_F} \right] &= V_i \left[\frac{1}{R_F} - g_m \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v = \frac{V_o}{V_i} &= \frac{\left[\frac{1}{R_F} - g_m \right]}{\left[\frac{1}{r_d \parallel R_D} + \frac{1}{R_F} \right]} \\ \frac{1}{r_d \parallel R_D} + \frac{1}{R_F} &= \frac{1}{R_F \parallel r_d \parallel R_D} \end{aligned}$$

- Tipik olarak, $g_m \gg \frac{1}{R_F}$ Böylece,

$$A_v = -g_m (R_F \parallel r_d \parallel R_D)$$

- Tipik olarak, $R_F \gg r_d \parallel R_D$. Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise,

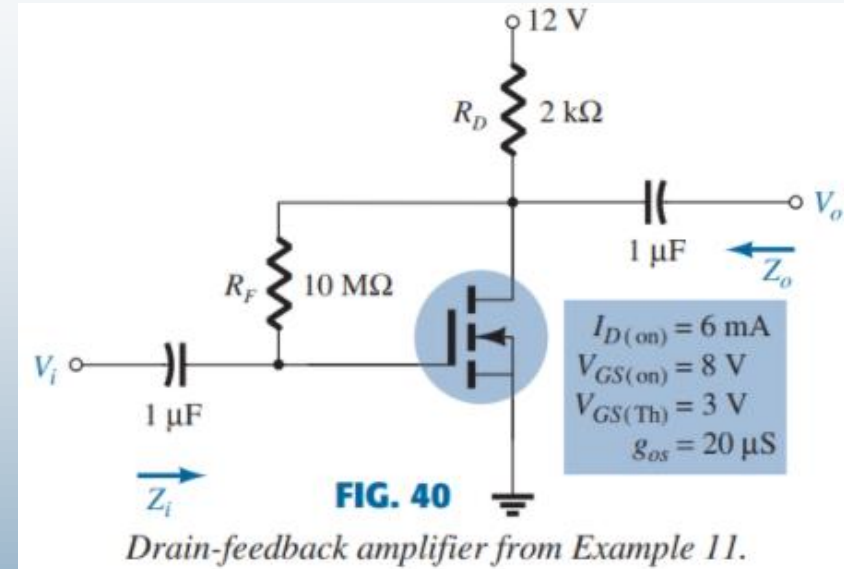
$$A_v \cong -g_m R_D$$

$$R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D$$

E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (5)

- **Örnek 12:** Şekil 40'taki E-MOSFET devresi için, $k = 0.24 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2$, $V_{GSQ} = 6.4 \text{ V}$ ve $I_{DQ} = 2.75 \text{ mA}$.

Aşağıdaki parametreleri bulun: (a) g_m , (b) r_d , (c) Z_i , (d) Z_o , (e) A_v .



- Not: (c), (d) ve (e) şıklarında, önce r_d 'nin etkilerini dikkate alarak, daha sonra göz ardı ederek hesaplamaları yapın, daha sonra sonuçları karşılaştırın.

E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (6)

- Örnek 12: (Devamı)
- Çözüm:

$$\text{a. } g_m = 2k(V_{GS_Q} - V_{GS(\text{Th})}) = 2(0.24 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2)(6.4 \text{ V} - 3 \text{ V}) \\ = \mathbf{1.63 \text{ mS}}$$

$$\text{b. } r_d = \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{20 \mu\text{S}} = \mathbf{50 \text{ k}\Omega}$$

c. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, Z_i şu şekilde elde edilir:

$$Z_i = \frac{R_F + r_d \parallel R_D}{1 + g_m(r_d \parallel R_D)} = \frac{10 \text{ M}\Omega + 50 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega}{1 + (1.63 \text{ mS})(50 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega)} \\ = \frac{10 \text{ M}\Omega + 1.92 \text{ k}\Omega}{1 + 3.13} = \mathbf{2.42 \text{ M}\Omega}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, Z_i şu şekilde elde edilir:

$$Z_i \cong \frac{R_F}{1 + g_m R_D} = \frac{10 \text{ M}\Omega}{1 + (1.63 \text{ mS})(2 \text{ k}\Omega)} = \mathbf{2.53 \text{ M}\Omega}$$

E-MOSFET Drenaj Geri Besleme Konfigürasyonu (7)

- **Örnek 12: (Devamı)**

d. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o = R_F \parallel r_d \parallel R_D = 10 \text{ M}\Omega \parallel 50 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega = 49.75 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega \\ = \mathbf{1.92 \text{ k}\Omega}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, Z_o şu şekilde elde edilir:

$$Z_o \cong R_D = \mathbf{2 \text{ k}\Omega}$$

e. r_d direncinin etkisini dikkate alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

$$A_v = -g_m(R_F \parallel r_d \parallel R_D) \\ = -(1.63 \text{ mS})(10 \text{ M}\Omega \parallel 50 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega) \\ = -(1.63 \text{ mS})(1.92 \text{ k}\Omega) \\ = \mathbf{-3.21}$$

$r_d = \infty$ olarak alırsak, A_v şu şekilde elde edilir:

$$A_v = -g_m R_D = -(1.63 \text{ mS})(2 \text{ k}\Omega) \\ = \mathbf{-3.26}$$

E-MOSFET Voltaj Bölücü Konfigürasyonu

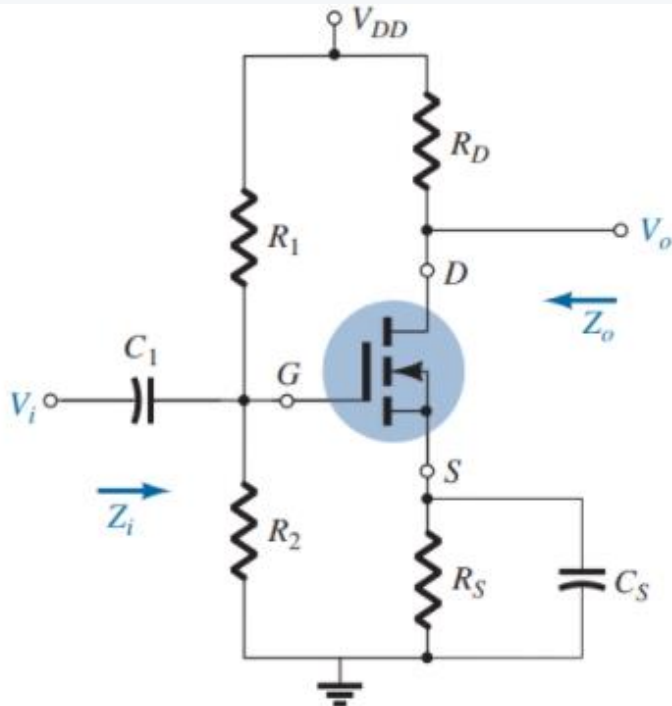


FIG. 41

E-MOSFET voltage-divider configuration.

Z_i

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

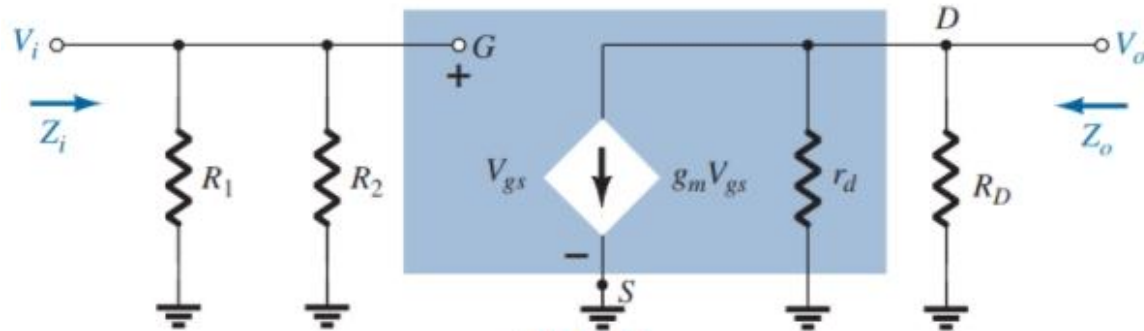


FIG. 42

AC equivalent network for the configuration of Fig. 41.

- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

Z_o

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D$$

$$r_d \geq 10R_D$$

A_v

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m(r_d \parallel R_D)$$

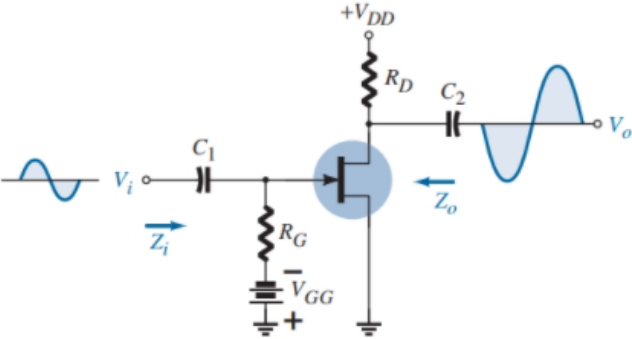
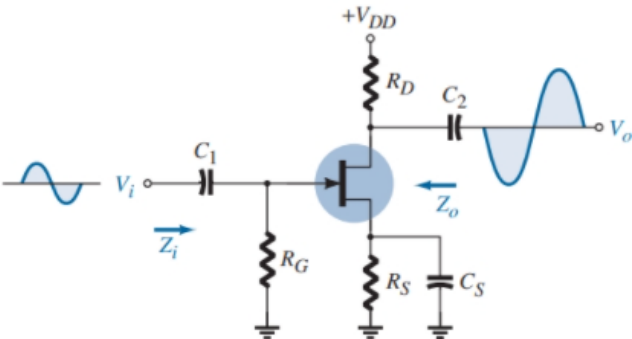
- Eğer $r_d \geq 10R_D$ ise:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong -g_m R_D$$

Özet Tablosu (1)

TABLE 1

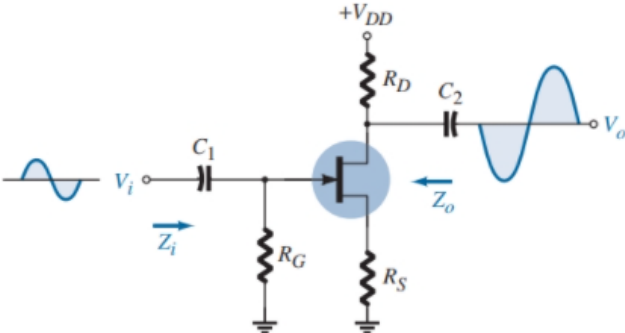
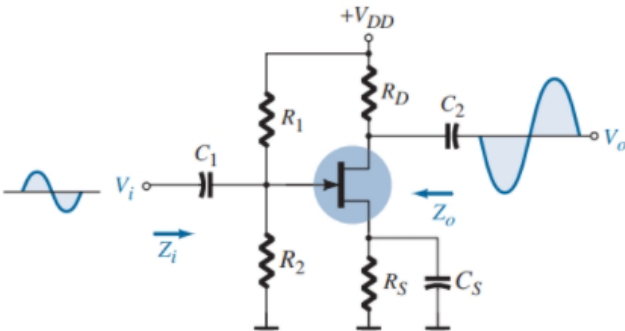
Z_i , Z_o , and A_v for various FET configurations

Configuration	Z_i	Z_o	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
Fixed-bias [JFET or D-MOSFET] 	High (10 MΩ) $= R_G$	Medium (2 kΩ) $= R_D \parallel r_d$ $\cong R_D$ ($r_d \geq 10 R_D$)	Medium (-10) $= -g_m(r_d \parallel R_D)$ $\cong -g_m R_D$ ($r_d \geq 10 R_D$)
Self-bias bypassed R_S [JFET or D-MOSFET] 	High (10 MΩ) $= R_G$	Medium (2 kΩ) $= R_D \parallel r_d$ $\cong R_D$ ($r_d \geq 10 R_D$)	Medium (-10) $= -g_m(r_d \parallel R_D)$ $\cong -g_m R_D$ ($r_d \geq 10 R_D$)

Özet Tablosu (2)

TABLE 1

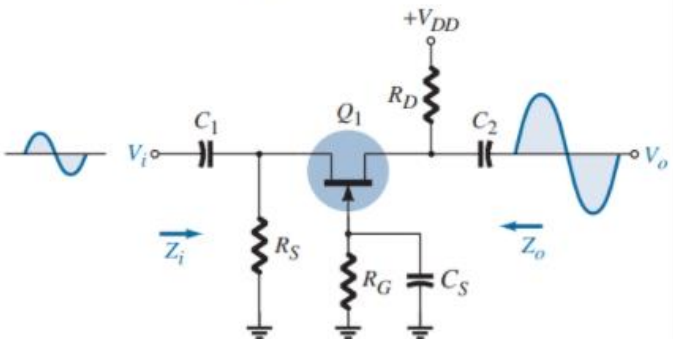
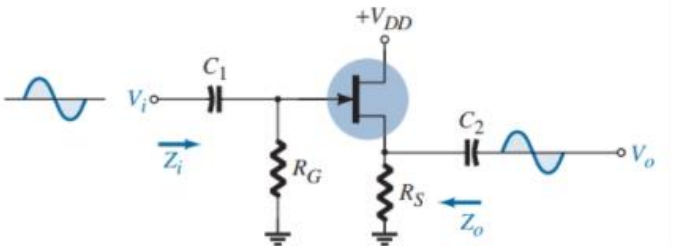
Z_i , Z_o , and A_v for various FET configurations

Configuration	Z_i	Z_o	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
<p>Self-bias unbypassed R_S [JFET or D-MOSFET]</p> 	<p>High (10 MΩ)</p> $= R_G$	$= \frac{\left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} \right] R_D}{\left[1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d} + \frac{R_D}{r_d} \right]}$ $= R_D \quad (r_d \geq 10 R_D \text{ or } r_d = \infty \Omega)$	<p>Low (-2)</p> $= \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$ $\cong -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} \quad [r_d \geq 10 (R_D + R_S)]$
<p>Voltage-divider bias [JFET or D-MOSFET]</p> 	<p>High (10 MΩ)</p> $= R_1 \parallel R_2$	<p>Medium (2 kΩ)</p> $= R_D \parallel r_d$ $\cong R_D \quad (r_d \geq 10 R_D)$	<p>Medium (-10)</p> $= -g_m (r_d \parallel R_D)$ $\cong -g_m R_D \quad (r_d \geq 10 R_D)$

Özet Tablosu (3)

TABLE 1

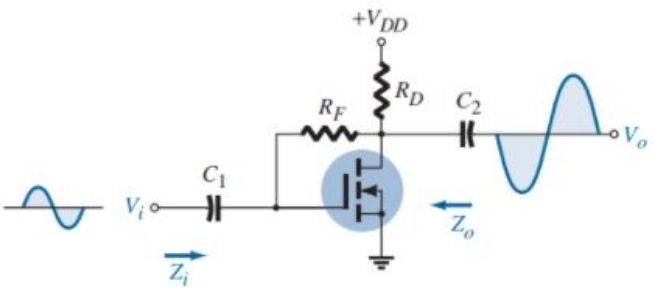
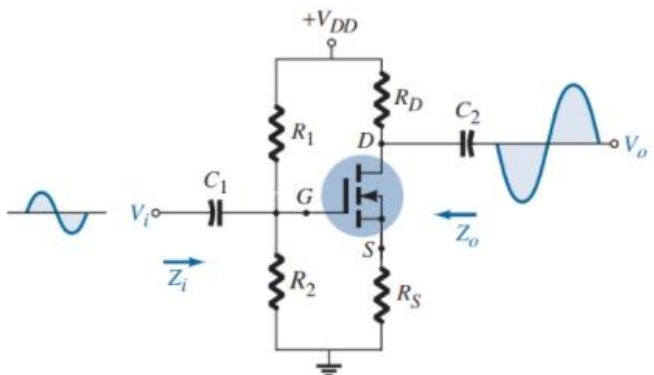
Z_i , Z_o , and A_v for various FET configurations

Configuration	Z_i	Z_o	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
<p>Common-gate [JFET or D-MOSFET]</p> 	<p>Low (1 kΩ)</p> $= R_S \parallel \left[\frac{r_d + R_D}{1 + g_m r_d} \right]$ $\cong R_S \parallel \frac{1}{g_m} \quad (r_d \geq 10 R_D)$	<p>Medium (2 kΩ)</p> $= R_D \parallel r_d$ $\cong R_D \quad (R_D \geq 10 R_D)$	<p>Medium (+10)</p> $= \frac{g_m R_D + \frac{R_D}{r_d}}{1 + \frac{R_D}{r_d}}$ $\cong g_m R_D \quad (r_d \geq 10 R_D)$
<p>Source-follower [JFET or D-MOSFET]</p> 	<p>High (10 MΩ)</p> $= R_G$	<p>Low (100 kΩ)</p> $= r_d \parallel R_S \parallel 1/g_m$ $\cong R_S \parallel 1/g_m \quad (r_d \geq 10 R_S)$	<p>Low (<1)</p> $= \frac{g_m (r_d \parallel R_S)}{1 + g_m (r_d \parallel R_S)}$ $\cong \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \quad (r_d \geq 10 R_S)$

Özet Tablosu (4)

TABLE 1

Z_i , Z_o , and A_v for various FET configurations

Configuration	Z_i	Z_o	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
<p>Drain-feedback bias E-MOSFET</p> 	<p>Medium (1 MΩ)</p> $= \frac{R_F + r_d \parallel R_D}{1 + g_m(r_d \parallel R_D)}$ $\cong \frac{R_F}{1 + g_m R_D} \quad (r_d \geq 10 R_D)$	<p>Medium (2 kΩ)</p> $= R_F \parallel r_d \parallel R_D$ $\cong R_D \quad (R_F, r_d \geq 10 R_D)$	<p>Medium (-10)</p> $= -g_m(R_F \parallel r_d \parallel R_D)$ $\cong -g_m R_D \quad (R_F, r_d \geq 10 R_D)$
<p>Voltage-divider bias E-MOSFET</p> 	<p>Medium (1 MΩ)</p> $= R_1 \parallel R_2$	<p>Medium (2 kΩ)</p> $= R_D \parallel r_d$ $\cong R_D \quad (r_d \geq 10 R_D)$	<p>Medium (-10)</p> $= -g_m(r_d \parallel R_D)$ $\cong -g_m R_D \quad (r_d \geq 10 R_D)$

Arıza Tespit Yaklaşımları

- **DC polarlamalarını kontrol edin:**
 - Doğru değilse güç kaynağını, dirençleri, FET'i kontrol edin. Ayrıca amplifikatör aşamaları arasındaki kuplaj kapasitörünün sağlam olduğundan emin olmak için kontrol edin.
- **AC voltajlarını kontrol edin:**
 - Doğru değilse FET'i, kapasitörleri ve bir sonraki aşamanın yükleme etkisini kontrol edin.

Pratik Uygulamalar

- Üç Kanallı Ses Karıştırıcı
- Sessiz Anahtarlama
- Faz Kaydırmalı Şebekeler
- Hareket Algılama Sistemi