

Chapitre 8

Amplificateurs FET

(transistor à effet de champ)

Avec permission de Prentice Hall

Introduction

Les FETs comportent:

- **Un excellent gain en tension**
- **Une très haute impédance d'entrée**
- **Petite puissance de consommation**
- **Plage de fréquences assez bonne**

Modèle petits-signaux des FETs

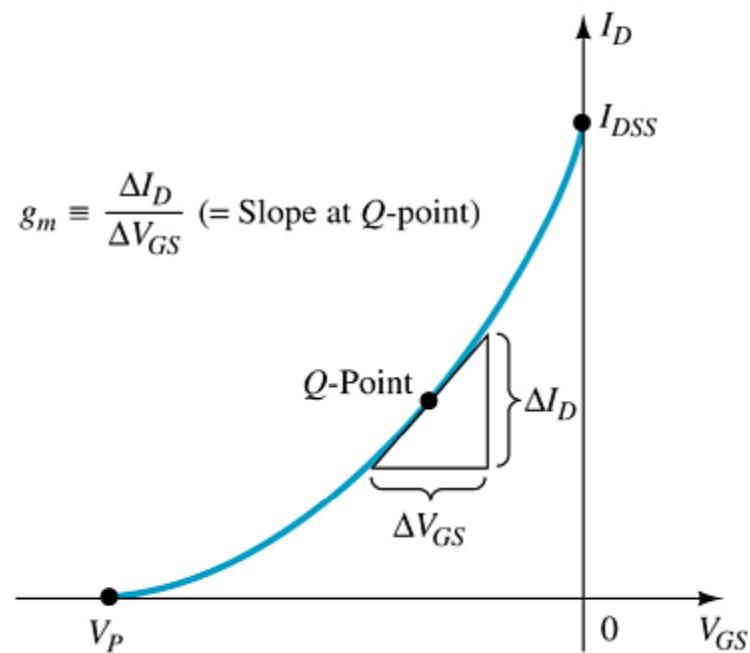
Transconductance

Le rapport entre un changement de I_D et un changement correspondant de V_{GS} s'appelle **transconductance**

La transconductance est représentée par g_m et elle est donnée par:

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

Détermination graphique de g_m



Définitions Mathématiques de g_m

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

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

avec $V_{GS} = 0V$ $g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$

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

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

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

Impédance FET

Impédance d'entrée:

$$Z_i = \infty \Omega$$

Impédance de sortie:

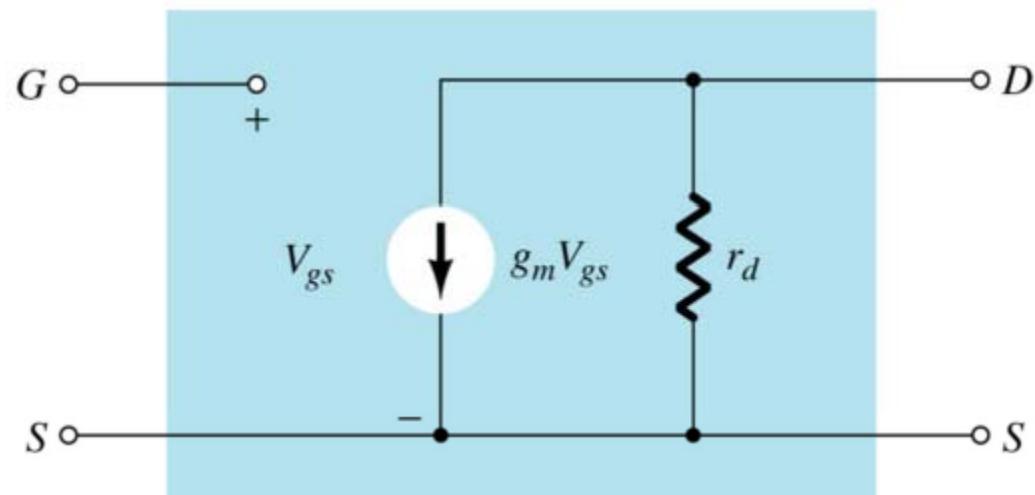
$$Z_o = r_d = \frac{1}{y_{os}}$$

avec:

$$r_d = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \Big| V_{GS} = \text{constant}$$

y_{os} = admittance selon les specs du FET

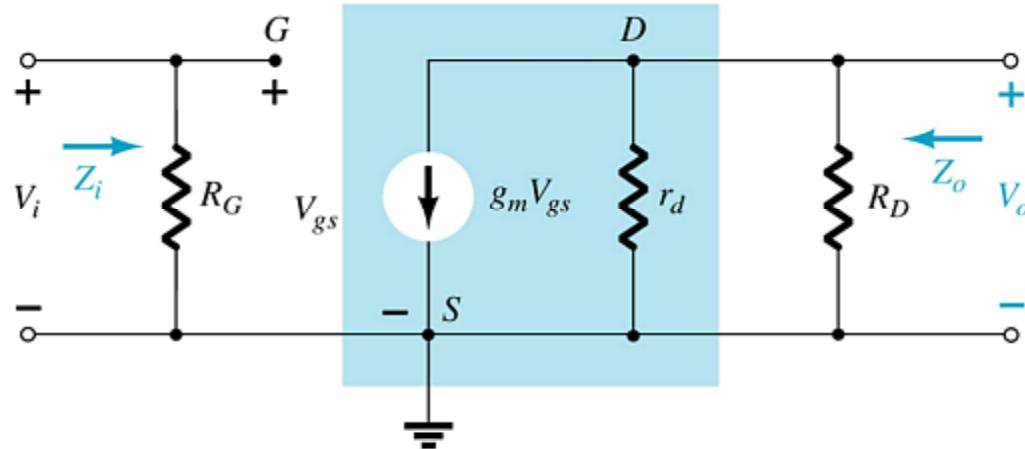
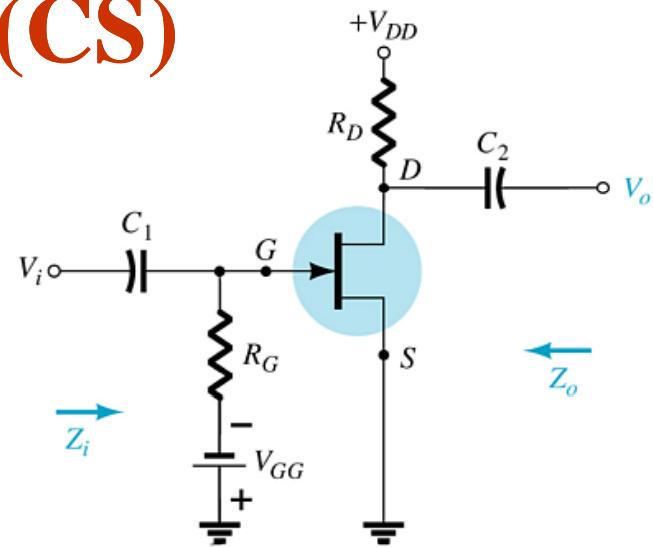
Circuit Équivalent AC du FET



Circuit par polarisation fixe et Source-Commune (CS)

L'entrée est dans la grille et la sortie est dans le drain

Il y a un changement de phase de 180° entre l'entrée et la sortie.



Calculs

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

Impédance de sortie:

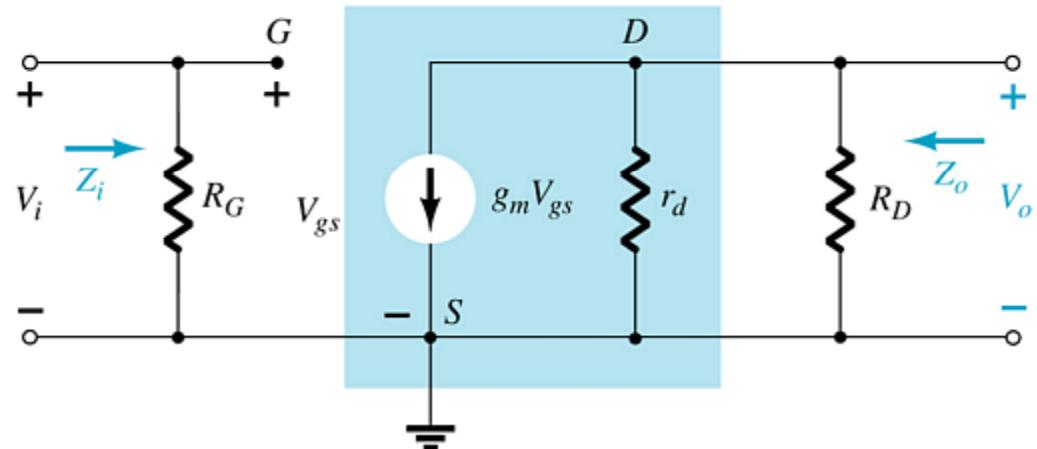
$$Z_o = R_D \parallel r_d$$

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

Gain en tension:

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

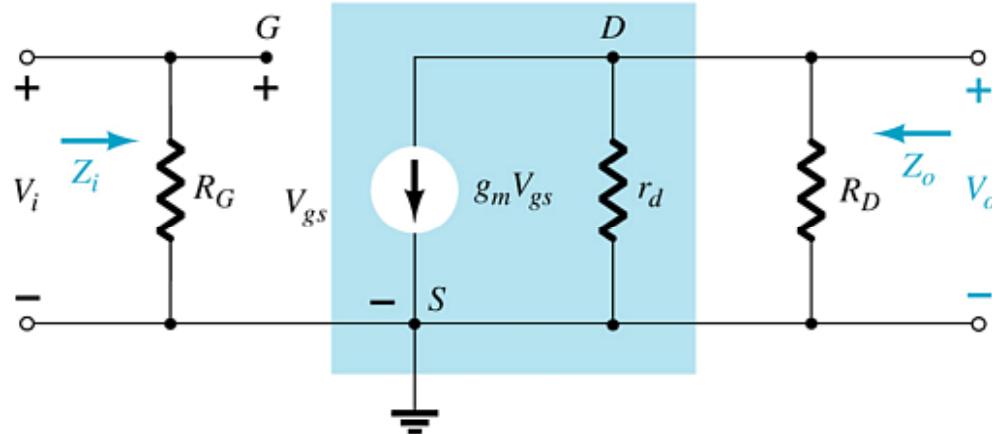
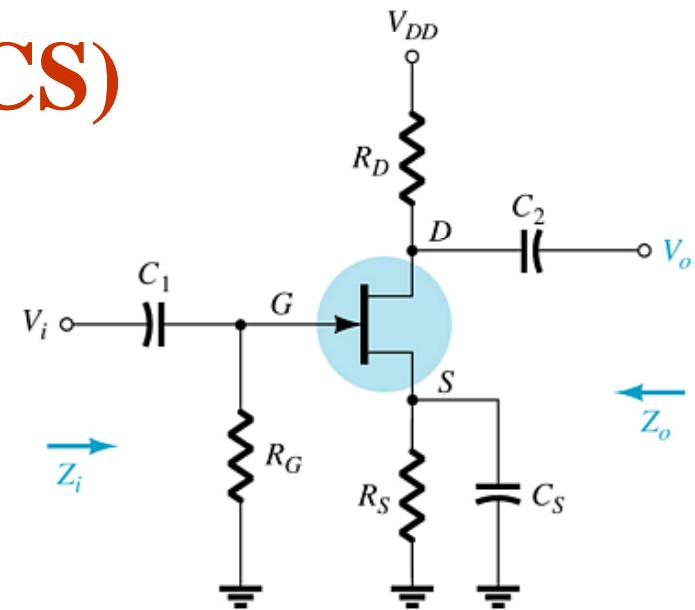
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_D \quad \Big| \quad r_d \geq 10R_D$$



Circuit par polarisation de masse et Source-Commune (CS)

Voici une configuration à source commune, de façon que l'entrée est dans la grille et la sortie dans le drain.

Il y a un changement de phase de 180° entre l'entrée et la sortie.



Calculs

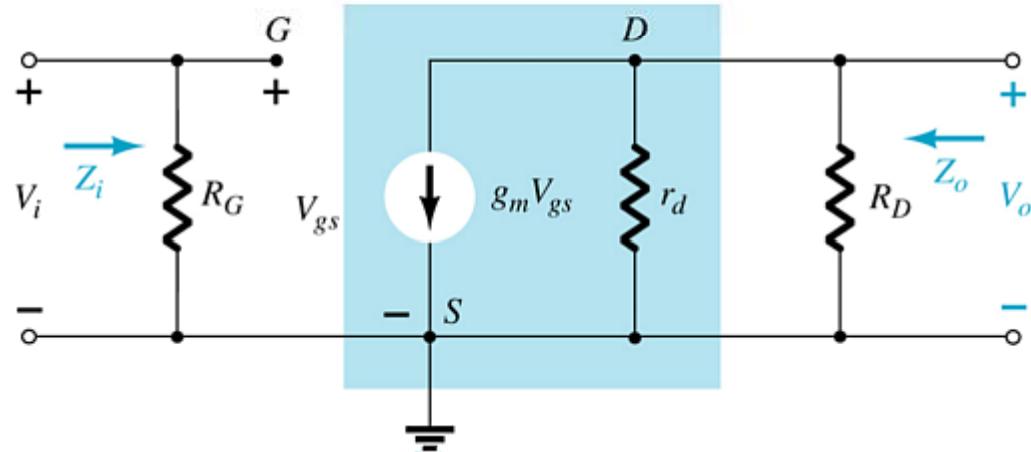
Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

Impédance de sortie:

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \Big| r_d \geq 10R_D$$



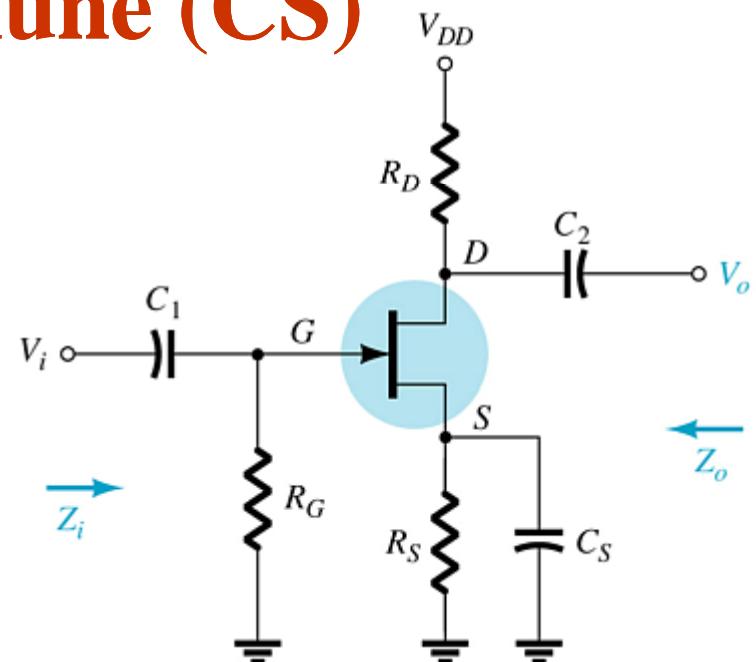
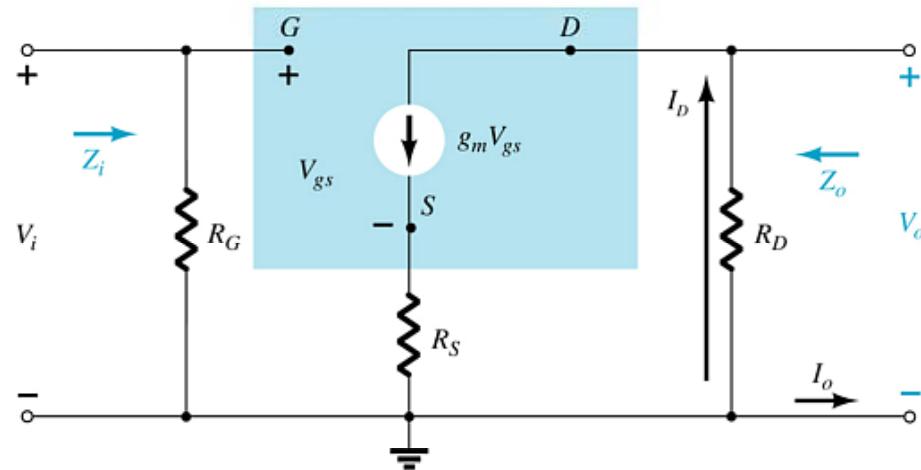
Gain en tension:

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

$$A_v = -g_m R_D \Big| r_d \geq 10R_D$$

Circuit de polarisation a la masse, et source-commune (CS)

L'enlèvement de C_s affecte le gain du circuit.



Calculs

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

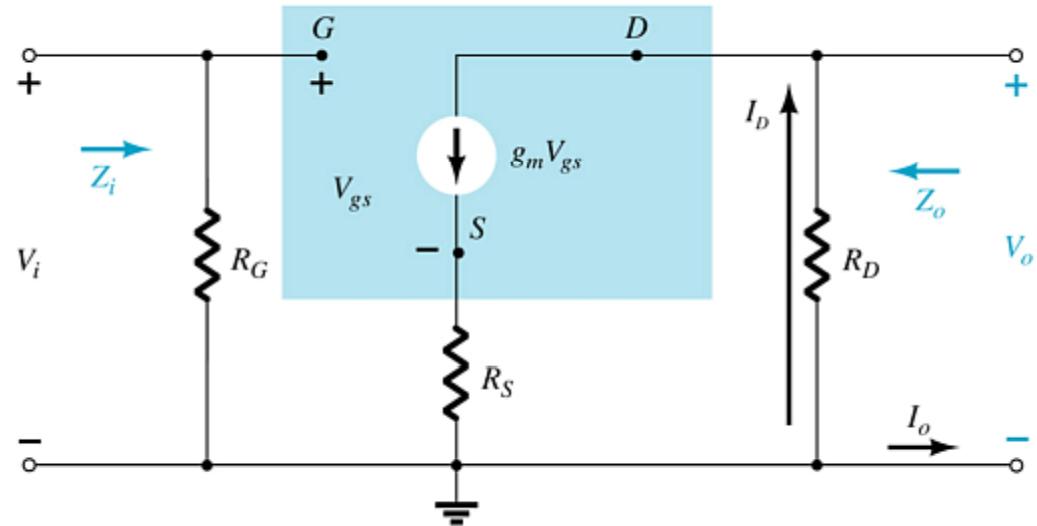
Impédance de sortie:

$$Z_o \cong R_D \Big| r_d \geq 10R_D$$

Gain en tension:

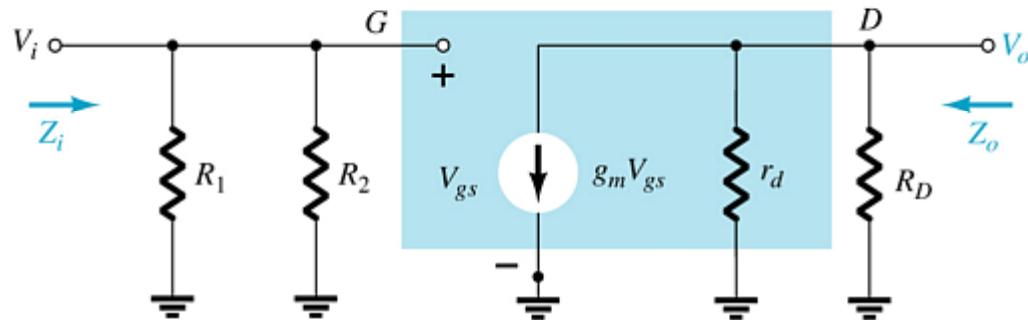
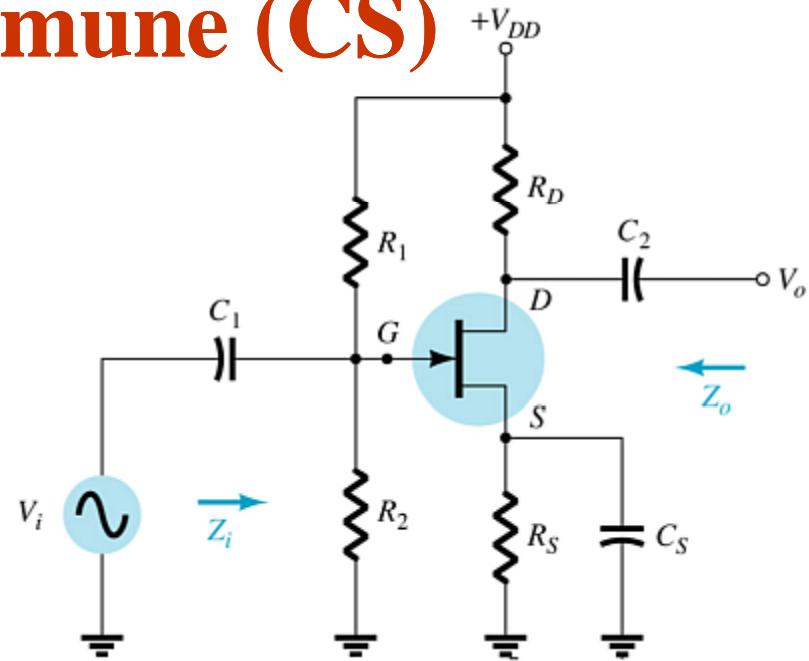
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$$

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



(CS) Polarisation par diviseur de tension et source-commune (CS)

Voici une configuration à source commune, de façon que l'entrée est dans la grille et la sortie est dans le drain.



Impédances

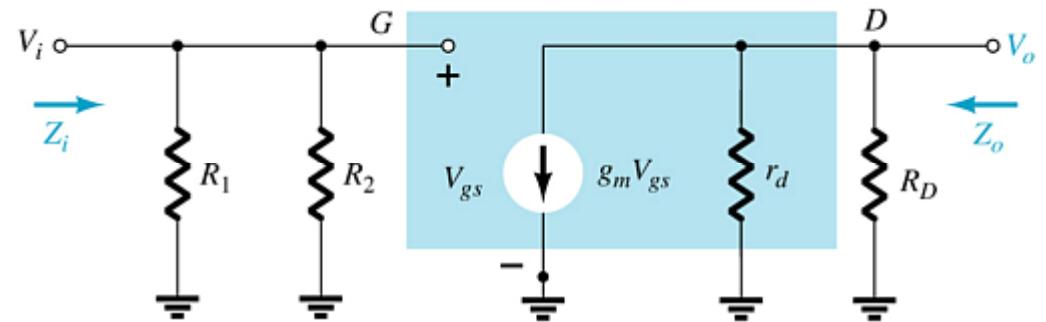
Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

Impédance de sortie:

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

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



Gain en tension:

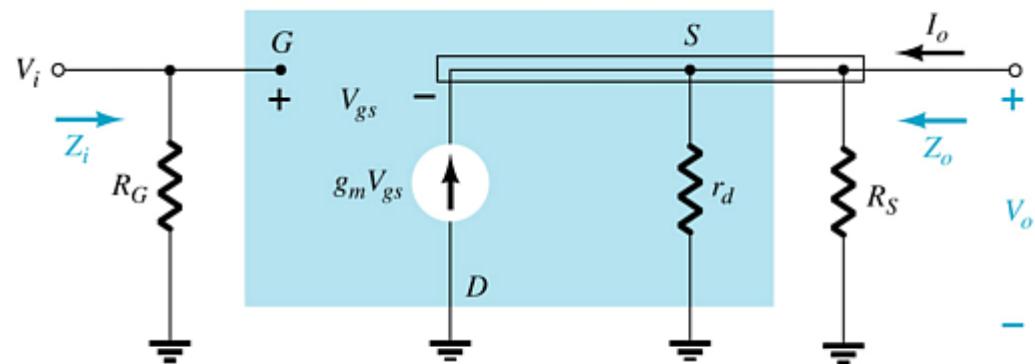
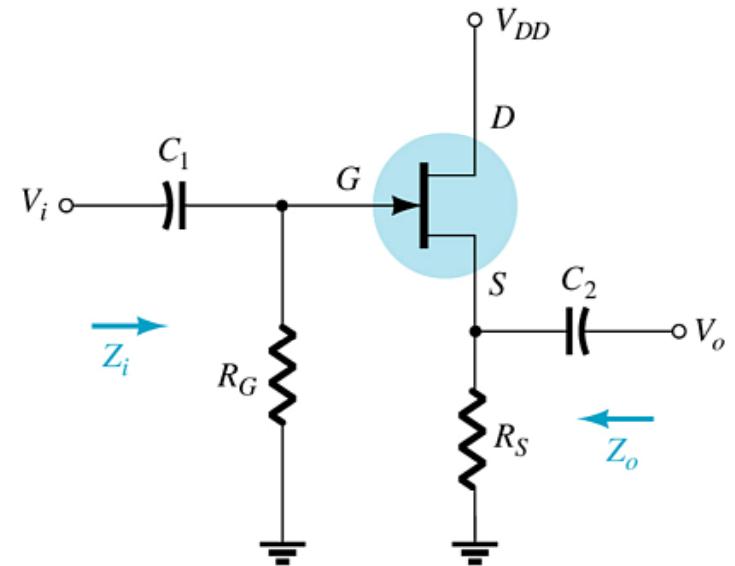
$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

$$A_v = -g_m R_D \quad \Big| \quad r_d \geq 10R_D$$

Circuit suiveur de source (Drain-Commun)

Dans une configuration d'amplificateur à drain-commun, l'entrée est dans la grille, mais la sortie est dans la source.

Il n'y a pas de décalage de phase entre l'entrée et la sortie.



Impédances

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

Impédance de sortie:

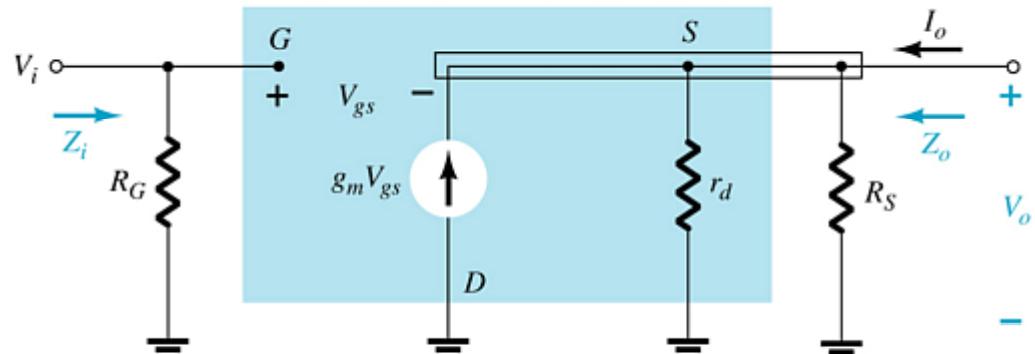
$$Z_o = r_d \parallel R_S \parallel \frac{1}{g_m}$$

$$Z_o \cong R_S \parallel \frac{1}{g_m} \quad | \quad r_d \geq 10R_S$$

Gain en tension:

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

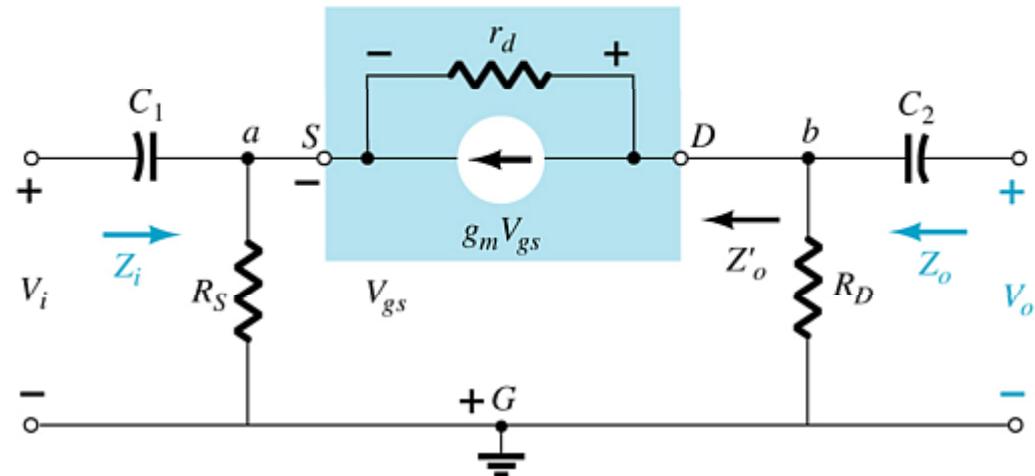
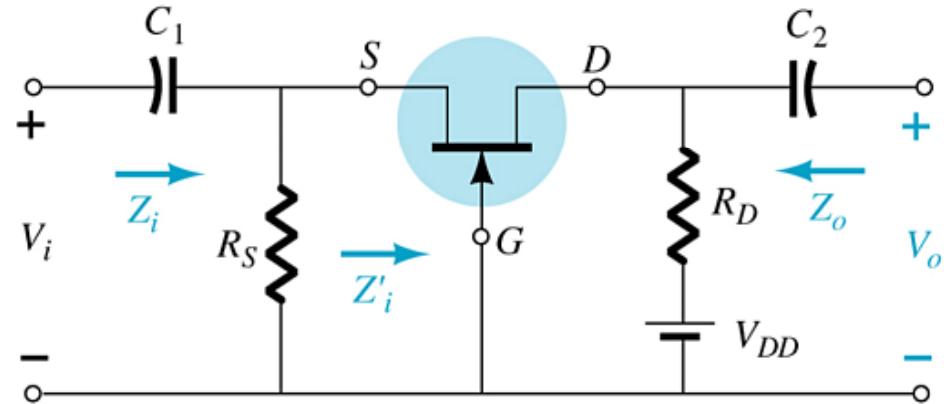
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \quad | \quad r_d \geq 10$$



Circuit à grille-commune

L'entrée est dans la source et la sortie est dans le drain.

Il n'y a pas de décalage de phase entre l'entrée et la sortie.



Calculs

Impédance d'entrée:

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

$$Z_i \cong R_S \parallel \frac{1}{g_m} \Big|_{r_d \geq 10R_D}$$

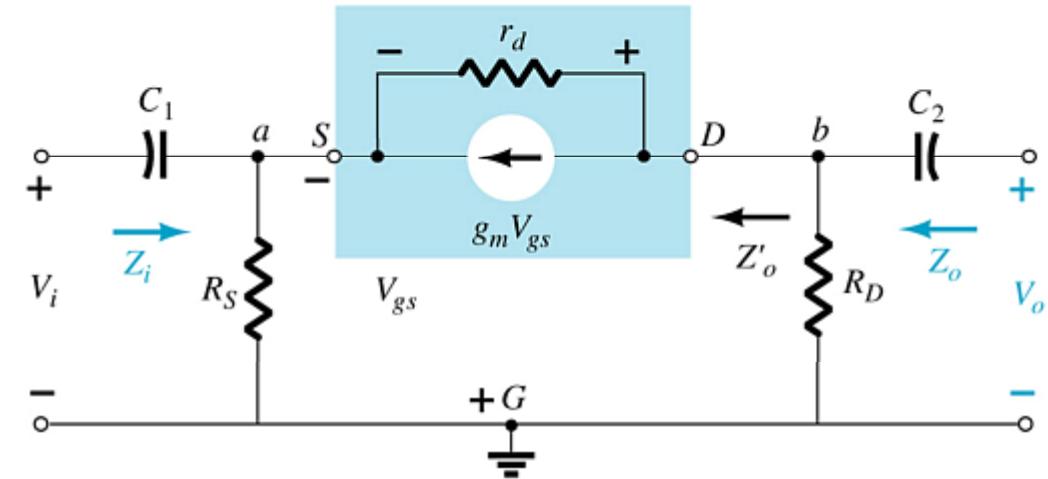
Impédance de sortie:

$$Z_o = R_D \parallel r_d$$

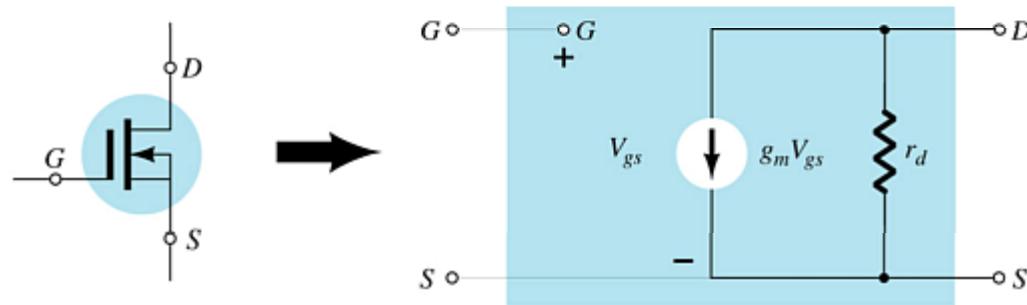
$$Z_o \cong R_D \Big|_{r_d \geq 10}$$

Gain en tension:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left[g_m R_D + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[1 + \frac{R_D}{r_d} \right]} \quad A_v = g_m R_D \Big|_{r_d \geq 10R_D}$$

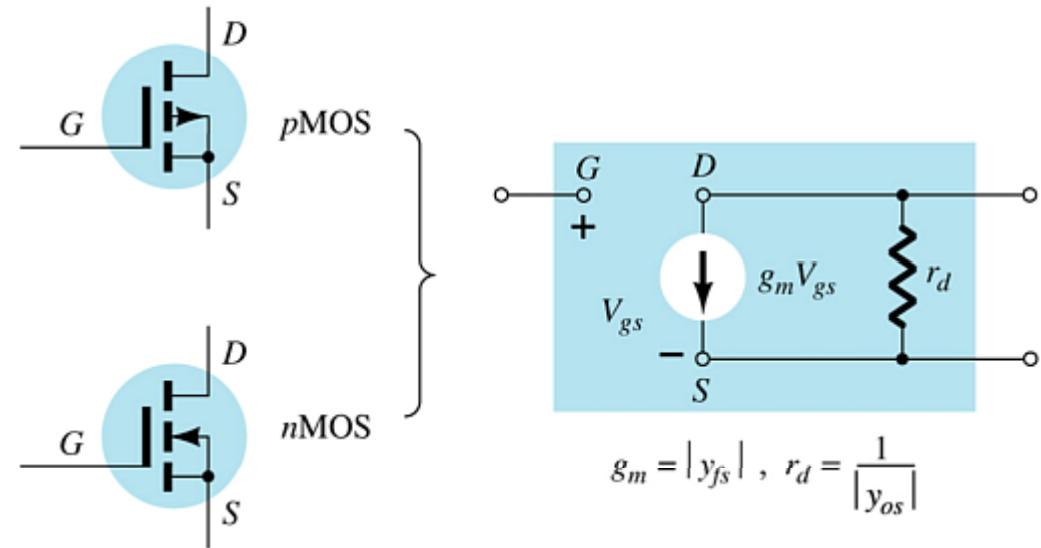


Equivalent AC du type D-MOSFET



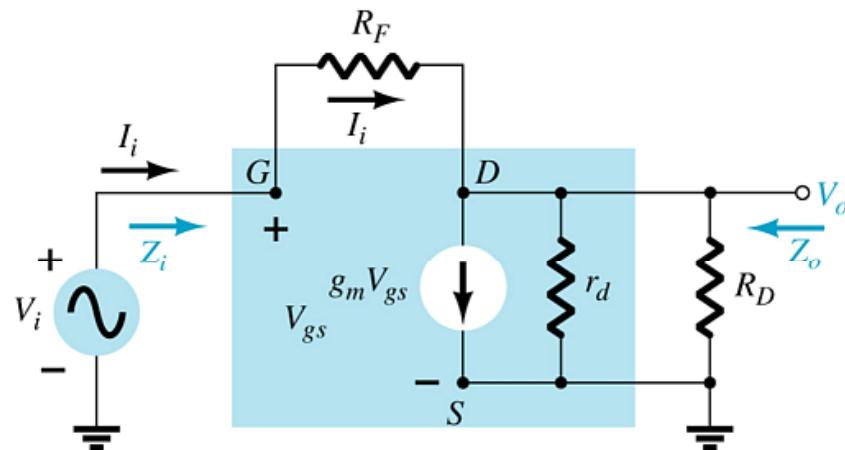
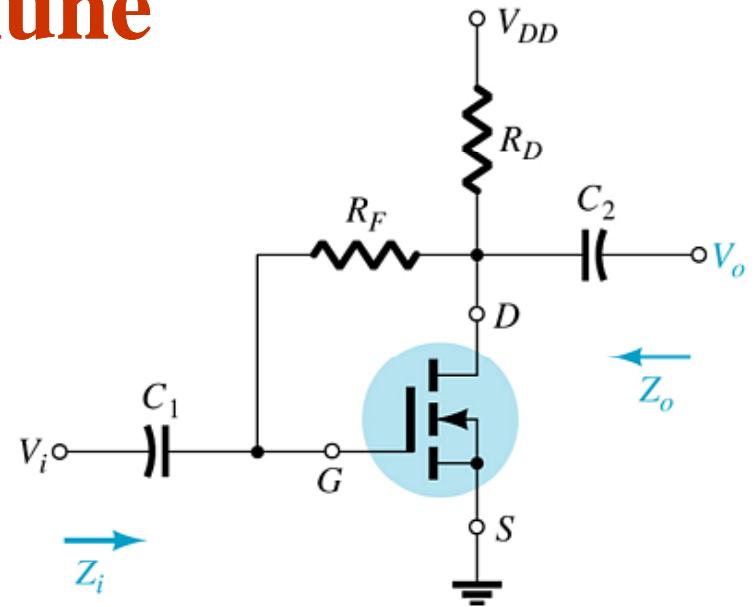
Equivalent AC du Type E-MOSFET

g_m et r_d se trouvent dans la fiche des spécifications du FET.



Polarisation par rétroaction du drain Source-commune

Il y a un changement de phase
de 180° entre l'entrée et la
sortie.



Calculs

Impédance d'entrée:

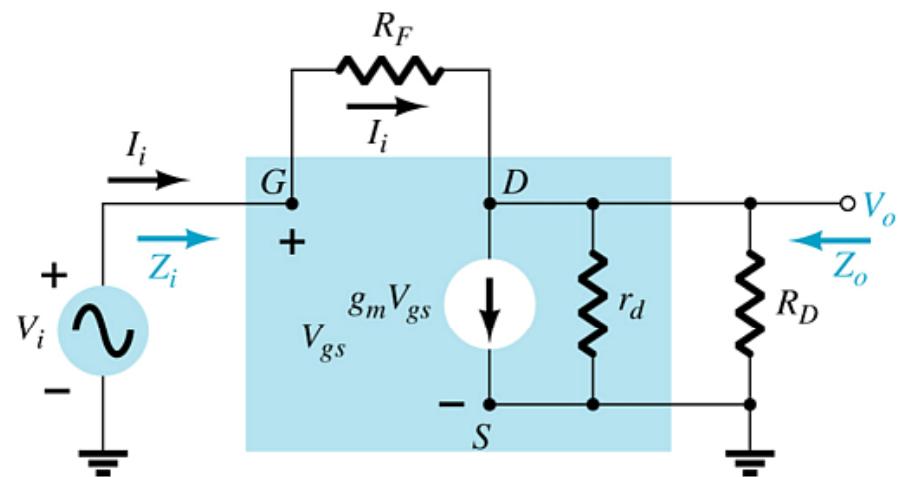
$$Z_i = \frac{R_F + r_d \parallel R_D}{1 + g_m(r_d \parallel R_D)}$$

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

Impédance de sortie:

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

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

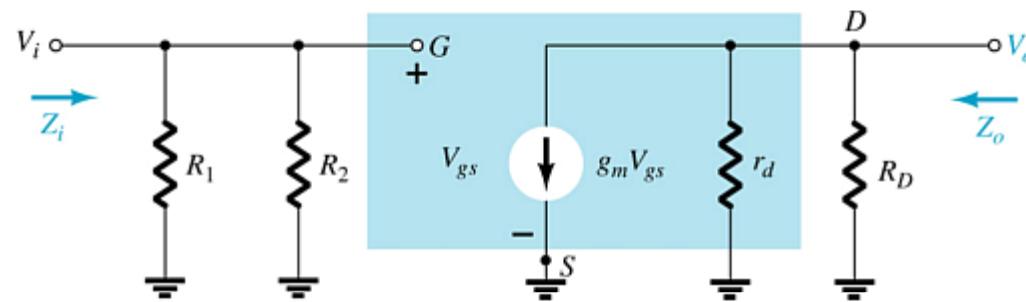
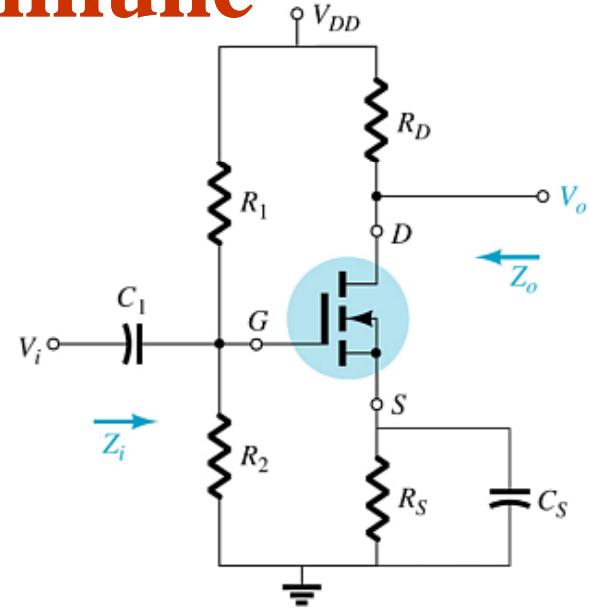


Gain en tension:

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

$$A_v \cong -g_m R_D \quad | \quad R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D$$

Polarisation Diviseur de tension source-commune



Calculs

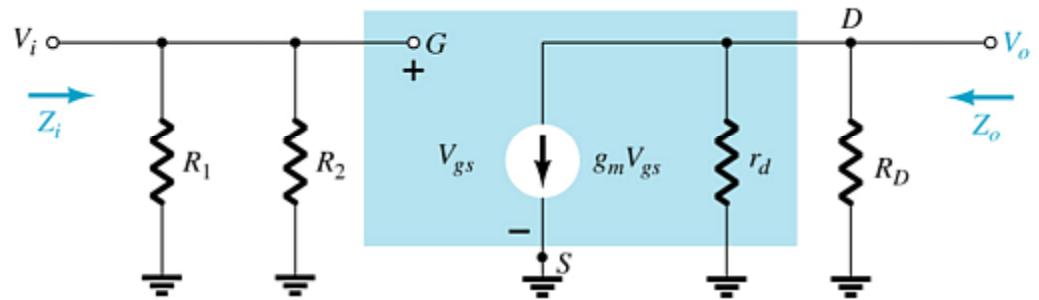
Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

Impédance de sortie:

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \Big| r_d \geq 10$$



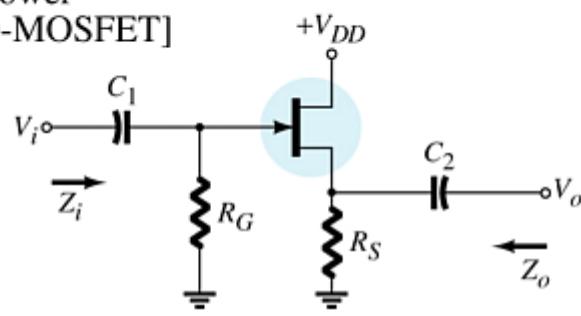
Gain en tension:

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

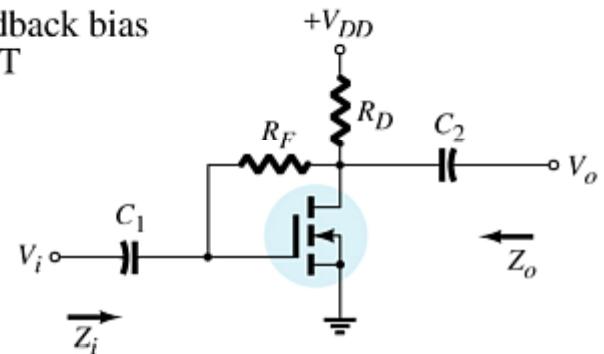
$$A_v \cong -g_m R_D \Big| r_d \geq 10 R_D$$

Table résumé

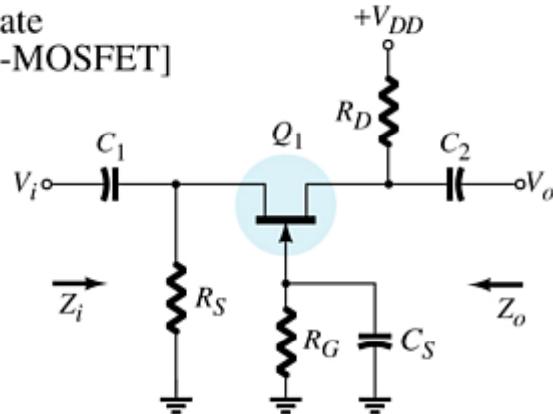
Source-follower
[JFET or D-MOSFET]



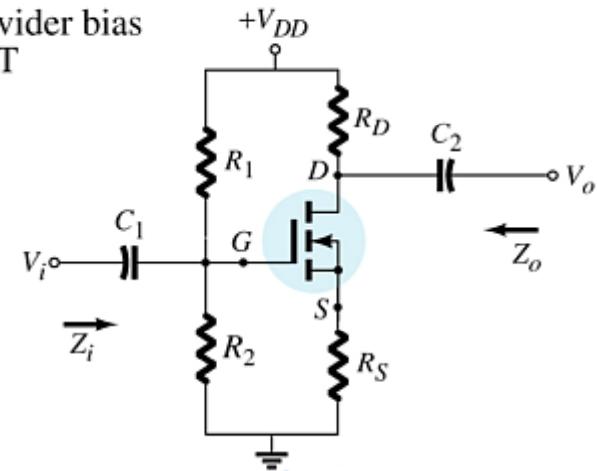
Drain-Feedback bias
E-MOSFET



Common-gate
[JFET or D-MOSFET]



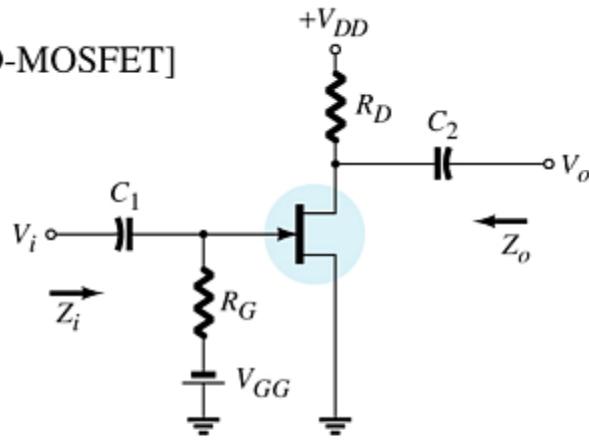
Voltage-divider bias
E-MOSFET



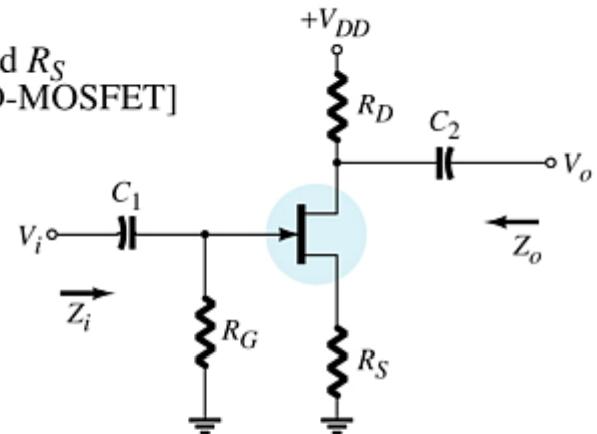
more...

Table résumé

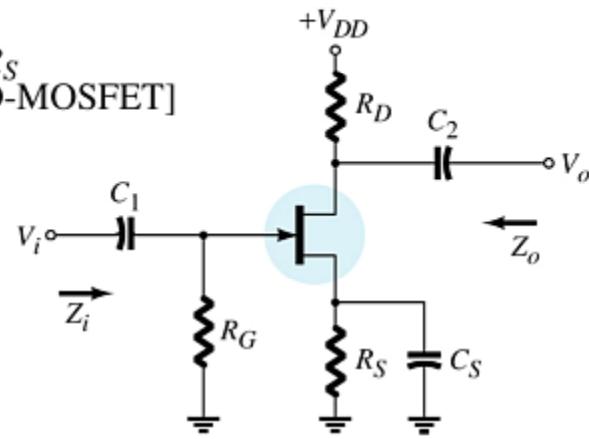
Fixed-bias
[JFET or D-MOSFET]



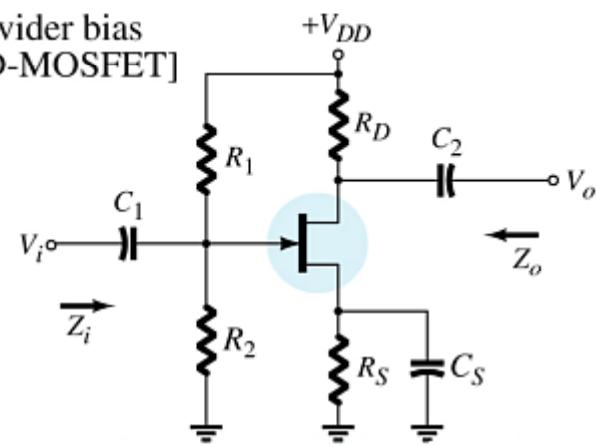
Self-bias
Unbypassed R_S
[JFET or D-MOSFET]



Self-bias
bypassed R_S
[JFET or D-MOSFET]



Voltage-divider bias
[JFET or D-MOSFET]



Dépanage

Vérifier les tensions DC:

Si elle n'est pas correcte, vérifier les résistances, le FET. Aussi vérifier que le condensateur de couplage entre les étapes est OK.

Vérifier les tensions AC:

Si elles ne sont pas bonnes vérifier le FET, les condensateurs et l'effet de la charge sur l'étape suivante

Applications pratiques

Mélangeur Audio

Réseaux par décalage de phase

Système de détection de mouvement