17. FETAK ERREGIMEN DINAMIKOAN: SEINALE TXIKIA

FET transistorea (MOSFET ala JFET izateak berdin dio) asetasunean polarizaturik badago, I_D korrontea V_{GS} tentsioaren menpe dago bakarrik. Erregimen dinamikoan, aldiz, ez, zeren eta kargen mugimenduak eskatzen duen denbora kontuan hartu behar baita. BJTan gertatzen zenaren antzera, kommutazioa alde batera utziko dugu hemen ere (nahiz eta elektronika digitalean garrantzi handikoa izan), eta seinale txikian jarriko dugu arreta.

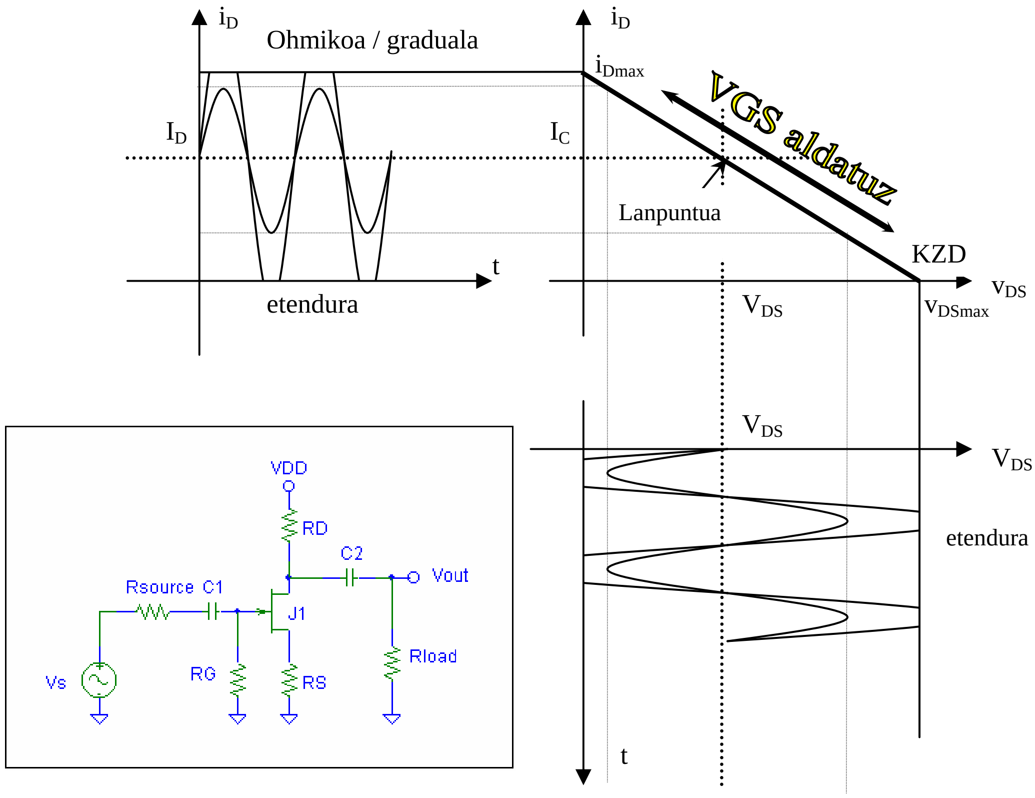
Seinale txikian, v_{GS} tentsioaren aldaketen aurrean, i_D korrontearen aldaketa proportzionalak agertzen dira lan-puntu jakin baten inguruan. i_D korrontearen aldaketek v_{DS} tentsioaren aldaketak eragiten dituzte eta, baldintza egokiak bermatuz gero (polarizazio egokiaz), anplifikatzea lortzen da. Askotan, $\Delta v_{DS}/\Delta v_{GS} > 1$ lortzen da (ikus 17.1 Irudia).

Gehienetan, komeni da problema bitan banatzea (BJTekin egin genuen bezala), elikadura / polarizazioa eta seinale txikia / informazioa bereiziz.

Orduan, $v_{GS}(t) = V_{GS} + v_{gs}(t)$ eta $i_D(t) = I_D + i_d(t)$ gisa adierazteak bi abantaila ditu:

- Azkenean, informazioa $v_{gs}(t)$ seinalean etorri ohi da.
- Problema erraztu egiten da.

17.1 Seinale txikiko planteamendua eta garapen matematikoa

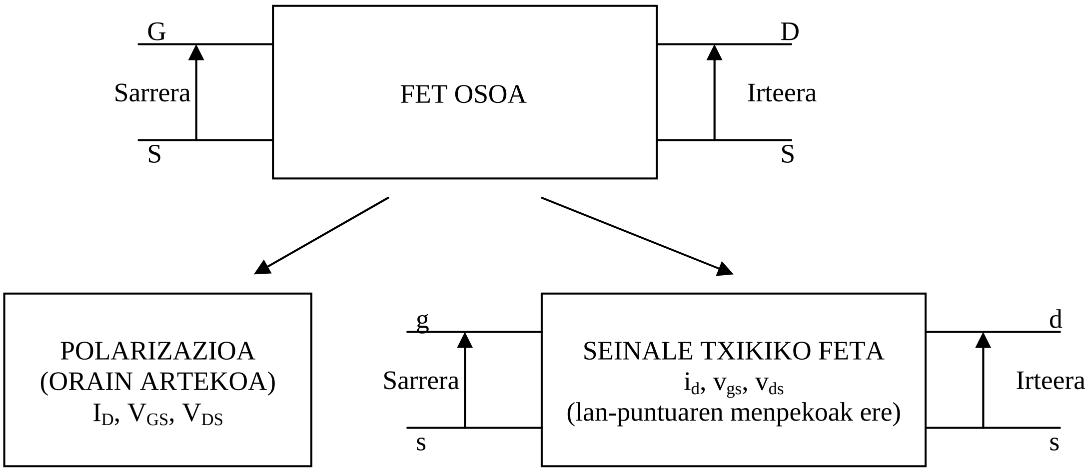


__17.1 Irudia.__ Iturri komuneko zirkuitu anplifikadorea eta uhin-formak

Ikasgai honen helburua $i_d(t) = i_d\ (v_{gs}(t))$ erlazioa lortzea da, horretarako zenbait hurbilketa eginez:

- I-V ezaugarriak linealdu egingo ditugu (horretarako, seinale txikian egon behar: zein seinale da, FETetan, txikia?).
- Egingo dugun analisia bakarrik maiztasun baxuetarako izango da baliagarria.
- Zehaztasunez, asetasunaren kasua bakarrik aztertuko dugu, baina garapen orokorra planteatuko dugu.

v_{GS} sarreratzat hartzen badugu eta v_{DS}, irteeratzat:



17.2 Irudia. *Zirkuitu-anplifikadoreak analizatzeko prozedura*

$i_D = i_D\,(V_{DS} + v_{ds}(t),\, V_{GS} + v_{gs}(t))$

$$i_D(t) = I_D(V_{DS}, V_{GS}) + i_d(V_{DS}, V_{GS}, v_{ds}, v_{gs})$$

$$i_D(t) = I_D(V_{DS}, V_{GS}) + \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} dv_{DS} + \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} dv_{GS}$$

$$i_D(t) = I_D(V_{DS}, V_{GS}) + \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} dv_{ds} + \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} dv_{gs}$$

$$i_D(t) = I_D(V_{DS}, V_{GS}) + \left.\frac{di_D}{dv_{DS}}\right|_{VGS=kte1} \cdot dv_{ds} + \left.\frac{di_D}{dv_{GS}}\right|_{VDS=kte2} \cdot dv_{gs}$$

$$i_D(t) = I_D(V_{DS}, V_{GS}) + g_d \cdot dv_{ds} + g_m \cdot dv_{gs}$$

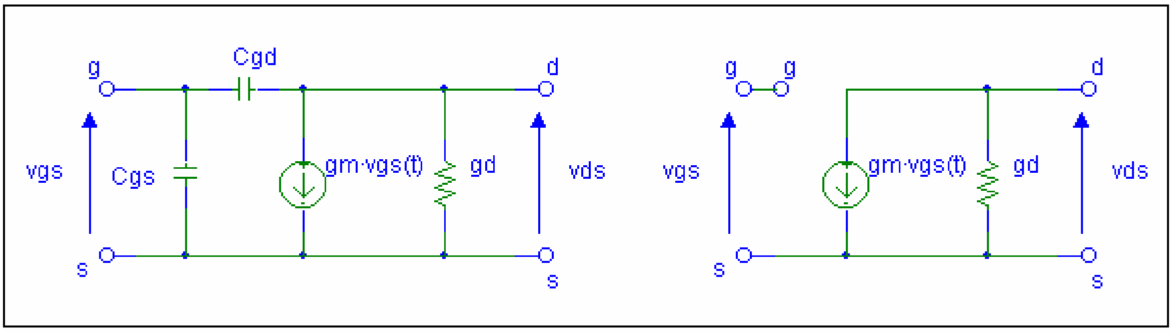
$$i_D(t) = I_D + i_d(t) = \left\langle \begin{array}{l} I_D = I_D(V_{DS}, V_{GS}) \\ i_d(t) = g_d \cdot dv_{ds}(t) + g_m \cdot dv_{gs}(t) \end{array} \right.$$

17.2 Seinale txikiko zirkuitu baliokidea

POLARIZAZIOA: aurreko ikasgaian ikusi dugun prozeduraren bitartez ebazten da.

SEINALE TXIKIA: 1.- Atea isolaturik mantentzen da: gehienetan, oso kondentsadore txikia dugu eta Z altua izaten da gure ohiko maiztasunetan (ez, ordea, maiztasun oso altuetan). Kondentsadore hori JFETetan junturari dagokiona bada ere ($C_{Juntura}$), oxidoak dakarren dielektrikoak sortzen du MOSFETetan (C_{Oxido}).

2.- Gainontzeko zirkuitua: ebatzi berri duguna.



17.3 Irudia. *Seinale txikiko zirkuitu baliokidea*

non

$$g_d = \left.\frac{di_D}{dv_{DS}}\right|_{VGS=kte1}$$

$$g_m = \left.\frac{di_D}{dv_{GS}}\right|_{VDS=kte2}$$

- Irteerako edo pasabidearen eroankortasuna (channel conductance) (g_d) eta
- Transeroankortasuna (g_m)

baitira.

Aplikazioa

a) <u>Asetasunean</u> bagaude:

$$i_D(t) = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_T}\right)^2 \Rightarrow$$

$$g_d = \left.\frac{di_D}{dv_{DS}}\right|_{VGS=kte1} \Rightarrow g_d = 0$$

$$g_m = \left.\frac{di_D}{dv_{GS}}\right|_{VDS=kte2} = -2 \cdot I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_T}\right) \cdot \frac{1}{V_T} \approx \frac{2}{|V_T|} \cdot |I_{DSS}| \cdot \left|\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)\right|$$

$$g_m = \left.\frac{di_D}{dv_{GS}}\right|_{VDS=kte2} = \frac{2 \cdot \sqrt{I_{DSS}}}{|V_T|} \cdot \sqrt{I_{DSS}} \cdot \left|\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)\right| = \frac{2 \cdot \sqrt{I_{DSS}}}{|V_T|} \cdot \sqrt{I_D}$$

$$g_m = \frac{2 \cdot \sqrt{I_{DSS} \cdot I_D}}{|V_T|}$$

OHARRA: Zehatzak izateko, $g_d \neq 0$. g_d, $I_D = I_D(V_{DS})$ ezaugarriaren malda da, definizioz. Horrenbestez, asetasunean lehen hurbilketan zuzenak horizontalak izan arren (eta, beraz, $g_d = 0$), malda txiki bat izaten dute (ikus 15.14 eta 16.11 Irudiak) eta g_d txikia (baina ez nulua) agertzen dute. Kasu gehienetan ez dugu aintzat hartuko; hau da, ontzat emango dugu $g_d \sim 0$ hurbilketa.

b) <u>Eskualde ohmiko edo linealean</u> (hemen ez dugu inoiz lan egingo) bagaude:

Aurkeztu genituen ekuazio analitikoetatik eratorriko litzateke:

$g_m = 0$

g_d = asetasuneko $g_m = \frac{2}{|V_T|} \cdot \sqrt{I_{DSS} \cdot I_D}$

Eranskina:

Asetasunean bagaude (ohi den bezala), g_m parametroaren garapena bide errazago batetik egin daiteke:

$$i_D(t) = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_T}\right)^2 = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{v_{gs} + V_{GS}}{V_T}\right)^2$$

$$i_D(t) = I_{DSS} \cdot \left[\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right) - \frac{v_{gs}(t)}{V_T}\right]^2 = I_{DSS} \cdot \left[\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2 + \left(\frac{v_{gs}(t)}{V_T}\right)^2 - 2 \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right) \cdot \frac{v_{gs}(t)}{V_T}\right]$$

$$i_D(t) \approx \left\langle v_{gs}(t) << V_T \right\rangle \approx I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2 - 2 \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right) \cdot I_{DSS} \cdot \frac{v_{gs}(t)}{V_T}$$

$$i_D(t) = I_D + i_d(t) \Rightarrow \begin{cases} I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2 \\ i_d(t) = -2 \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right) \cdot I_{DSS} \cdot \frac{v_{gs}(t)}{V_T} = g_m \cdot v_{gs}(t) \end{cases}$$

non $g_m = -2 \cdot \frac{I_{DSS}}{V_T} \cdot \left(1 - \frac{V_G}{V_T}\right) = -2 \cdot \frac{\sqrt{I_{DSS}}}{V_T} \cdot \sqrt{I_{DSS}} \cdot \left(1 - \frac{V_G}{V_T}\right) = 2 \cdot \frac{\sqrt{I_{DSS}}}{|V_T|} \cdot \sqrt{I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_G}{V_T}\right)^2}$

$$g_m = \frac{2 \cdot \sqrt{I_{DSS} \cdot I_D}}{|V_T|}$$