J-FET og D-MOSFET:

Báðar gerðir eru sjálfleiðandi, þ. e. a. s. leiða ef stýrispennan er núll.
D-MOSFET (depletion-mosfet) kallast stundum "latfeti".
Sömu formúlur duga fyrir báðar gerðir.

U_P = kyrkispenna, U_{DS} sem þarf til að fá stöðugan I_D ef $U_{GS} = 0$
$U_{GS(off)}$ = slökkvispenna, U_{GS} sem gerir $I_D = 0$ ef $U_{DS} > U_P$
I_{DSS} = hámarks-straumurinn I_D þegar $U_{GS} = 0$ og $U_{DS} > U_P$
g_m = leiðnistuðull (bratti), breytist með U_{GS} (nefnist g_{m0} ef $U_{GS} = 0$)
I_{GSS} = hámarks-gate-straumur (stækkar þegar hiti eykst)

$$U_{GS(off)} = -U_P$$

(slökkvispenna og kyrkispenna jafn stórar, en með öfug formerki)

Straumurinn breytist ef U_{GS} breytist, samkvæmt þessari formúlu:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$$

Líka má snúa formúlunni og reikna U_{GS} ef allt hitt er þekkt:

$$U_{GS} = U_{GS(off)}\left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)$$

Skilgreining á bratta eða leiðnistuðli:

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

líka nefnt: $\boldsymbol{g_{fs}}$ eða $\boldsymbol{y_{fs}}$.

Bratti við mismunandi U_{GS} reiknast svona:

$$g_m = g_{m0}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)$$

Ef g_{m0} er ekki gefið upp, þá má finna nothæfa stærð með:

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{\left|U_{GS(off)}\right|}$$

Inngangsmótstaðan finnst svona, (hún breytist ef U_{GS} breytist):

$$R_{INN} = \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right|$$

Útgangsmótstaðan er skilgreind svona, hún segir til um hve mikið I_D breytist á því svæði sem á að hafa fastan straum:

$$r'_{ds} = \frac{\Delta U_{DS}}{\Delta I_D}$$

líka nefnt: $\boldsymbol{g_{os}}$ eða $\boldsymbol{y_{os}}$.

Sjálfspennumötun J-FET og D-MOSFET:

$$U_S = I_D \cdot R_S$$
$$U_{GS} = U_G - U_S = 0 - I_D \cdot R_S$$
$$U_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

(gildir fyrir N-FET)

$$U_{GS} = +I_D \cdot R_S$$

(gildir fyrir P-FET)

$$U_D = U_{DD} - I_D R_D$$
$$U_{DS} = U_D - U_S = U_{DD} - I_D \cdot (R_D + R_S)$$

(N-FET)

$$R_S = \left|\frac{U_{GS}}{I_D}\right|$$

Við hönnun magnara má nota þessar reglur, því þá ráðum við hvernig farið er að.
(Þessar formúlur duga ekki ef einhver annar er búinn að ákveða stærðir á straum, spennu eða mótstöðum)

Í sjálfspennumötun er algengt að velja... $I_D = \frac{I_{DSS}}{2}$

...þar með fæst líka... $U_{GS} = \frac{U_{GS(off)}}{3,4}$

Síðan veljum við.... $U_D = \frac{U_{DD}}{2}$

...sem gefur þá... $R_D = \frac{U_{DD} - U_D}{I_D}$

loks er valið stórt R_G... R_G *er valið 1 til 10M*Ω

Þessi formúla passar ef ekkert R_S er í rásinni:

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D$$

Formúla til að reikna U_{GS} ef hún er ákveðin með spennudeili
(þá þarf líka að vera R_S í rásinni)

$$U_{GS} = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right] \cdot U_{DD}$$

E-MOSFET (enhancement) er "sjálflokandi", þ. e. a. s. leiðir **ekki** ef stýrispennan er núll (ef $U_{GS} = 0$ þá er $I_D = 0$)
Svo stækkar I_D í öðru veldi eftir að U_{GS} verður stærri en þröskuldsspennan.

$U_{GS(th)}$ = þröskuldsspenna, U_{GS} sem þarf til að I_D verði meiri en núll.
$I_{D(on)}$ = hámarksstraumur
$U_{GS(on)}$ = stýrispenna til að fá hámarksstrauminn $I_{D(on)}$
$R_{DS(on)}$ = viðnám í fulleiðandi E-MOSFET með stýrispennu $U_{GS(on)}$

Fyrir E-MOSFET gildir...

$$I_D = K\left(U_{GS} - U_{GS(th)}\right)^2$$

Þar sem K er fundið við

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}\big|_{fundið\ við\ ID(on)} - U_{GS(th)}\right)^2}$$

Dæmi: N-rásar E-MOSFET hefur þessa eiginleika:
$U_{GS(th)} = +2V$, $I_{D(on)} = 3A$ við $U_{GS(on)} = +10V$ og $R_{DS(on)} = 0{,}4$ohm.

Finnum I_D þegar $U_{GS} = +5V$.
Fyrst finnst $K = 3/(10 - 2)^2 = 3/8^2 = 3/64 = 0{,}046875$
og svo $I_D = 0{,}046875(5-2)^2 = 0{,}046875 \cdot 3^2 = 0{,}422A$

Finnum líka spennuna U_{DS} ef $U_{GS} = 10V$ og $I_D = 2A$
þá verður: $U_{DS} = R_{DS(on)} \cdot I_D = 0{,}4 \cdot 2 = 0{,}8V$

"mögnunar"-formúlur fyrir FET-magnara:

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

$$g_m = \frac{I_d}{U_{gs}}$$

$$I_d = g_m \cdot U_{gs}$$

Oftast má reikna spennumögnun sem...

$$A_u = \frac{U_{út}}{U_{in}} = g_m \cdot R_D$$

En ef r'_{ds} er svo stórt að það skipti máli þá er...

$$A_u = \frac{U_{út}}{U_{in}} = g_m \cdot \left[\frac{R_D \cdot r'_{ds}}{R_D + r'_{ds}}\right]$$

$$A_u = \frac{U_{út}}{U_{in}} = \frac{g_m \cdot R_D}{(1 + g_m \cdot R_S)}$$

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{2} \; og \; U_{GS} = \frac{U_{GS(off)}}{3,4}$$

Áhrif álagsmótstöðu...

$$A_U = g_m \cdot (R_L // R_D)$$

$$R_{inn} = R_G // \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right| ef \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right| >> R_G \Rightarrow$$
$$R_{inn} = R_G$$

(CS) Lindartengdur D-MOSFET magnari...

a. $I_D = I_{DSS}$
b. $U_{GS} = 0$
c. $U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D$

(CS) Lindartengdur E-MOSFET magnari...

$$U_{GS} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \cdot U_{DD}$$
$$I_D = K \cdot (U_{GS} - U_{GS(th)})^2$$
$$U_{DS} = U_D = U_{DD} - I_D \cdot R_S$$

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}\big|_{fundið\,við\,ID(on)} - U_{GS(th)}\right)^2}$$

$$R_{inn} = R_1 // R_2 // R_{inn(gate)}$$
$$R_{inn(gate)} = \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right|$$

(CD) Svelgstengdur magnari...

$$Au = \frac{U_{út}}{U_{inn}} = \frac{g_m \cdot (R_S // R_L)}{1 + g_m \cdot (R_s // R_L)}$$
$$Ef \;\; g_m \cdot (R_S // R_L) >> 1 \Rightarrow$$
$$Au = \frac{U_{út}}{U_{inn}} \cong 1$$

$$R_{inn} = R_G // \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right| ef \left|\frac{U_{GS}}{I_{GSS}}\right| >> R_G \Rightarrow$$
$$R_{inn} = R_G$$

(CG) Gáttartengdur magnari...

$$A_u = \frac{U_{út}}{U_{inn}} = \frac{I_d \cdot (R_S // R_L)}{U_{gs}} = \frac{g_m \cdot \cancel{U_{gs}} \cdot (R_S // R_L)}{\cancel{U_{gs}}}$$
$$A_u = g_m \cdot (R_S // R_L)$$

$$R_{inn} = \frac{U_{inn}}{I_{inn}} = \frac{U_{gs}}{I_d} // R_S = \frac{\cancel{U_{gs}}}{g_m \cdot \cancel{U_{gs}}} // R_S = \frac{1}{g_m} // R_S$$

Endurgjöf (feedback)

Skilgreiningar:

A_0 = Mögnun án endurgjafar, hrámögnun.

A' = Mögnun með endurgjöf.

β = Endurgjafarþáttur, sá hluti útgangsspennu sem er sendur til baka.

M = Endurgjafarstig, hve mörgum sinnum minni mögnun með endurgjöf verður.

A_S = Slaufumögnun.

Endurgjafarþáttur er fenginn frá spennudeili og reiknast sem:

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_m}$$

Um alla magnara gildir:

$$A' = \frac{A_0}{(1+\beta \cdot A_0)} = \frac{A_0}{(1+A_S)}$$

$$M = (1+\beta \cdot A_0) = (1+A_S) = \frac{A_0}{A'}$$

$$A_S = \beta \cdot A_0$$

Ef slaufumögnunin $A_S = \beta * A_0$ er mjög stór, (stærri en 100 sinnum) þá má sleppa "1" og einfalda svona:

$$A' = \frac{A_0}{\beta \cdot A_0} = \frac{1}{\beta} = \frac{R_m + R_1}{R_1}$$

(sem þýðir að mögnun ræðst þá í raun eingöngu af stærð viðnáma í endurgjafar-hlutanum)

Mismunamagnari

Skilgreiningar:

U_{DM} = Merkisspennan (Difference Mode).

U_{CM} = Suðspennan (Common Mode).

A_{DM} = Merkismögnun (Difference Mode).

A_{CM} = Suðmögnun (Common Mode).

$CMRR = A_{DM}/A_{CM}$ = Suðhöfnun (Common Mode Rejection Ratio)

$CMRR_{dB} = 20\log(A_{DM}/A_{CM})$= Suðhöfnun í dB.

Z_{inCM} = Inngangsviðnám (Common Mode).

$$A_{DM_S} = \frac{\left(R_C // R_L // \frac{1}{h_{oe}}\right)}{2r_e}$$

$$r_e = \frac{1}{40 I_E} = \frac{25mV}{I_E}$$

$$A_{CM_S} = \frac{\left(R_C // R_L // \frac{1}{h_{oe}}\right)}{2R_E + r_e}$$

$$CMRR_S = \frac{R_E}{r_e} = \frac{I_C \cdot R_E}{25mV}$$

$$Z_{in_{CM}} = \frac{(h_{ie} + 2 \cdot R_E \cdot h_{fe})}{2} = \tfrac{1}{2} h_{ie} + R_E \cdot h_{fe} \approx R_E \cdot h_{fe}$$

$$Z_{out_S} = R_C // \frac{1}{h_{oe}} \approx R_C$$

$$Z_{out_{Bal}} = 2 \cdot \left(R_C // \frac{1}{h_{oe}}\right) \approx 2 \cdot R_C$$

Aðgerðamagnari

A_0 = Hrámögnun.

A' = Mögnun með endurgjöf.

Z_{in} = Inngangsviðnám.

Z_{out} = Útgangsviðnám (í sjálfum magnaranum).

Z'_{out} = Útgangsviðnám með endurgjöf.

BW = Bandbreidd.

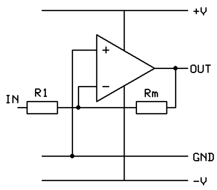
SR = Rishraði, spennusvörun (Slew Rate).

u_P = Toppgildi útgangsspennu.

f_{max} = Hámarkstíðni.

Viðsnúinn magnari:

$$A'_{INV} = -\frac{R_m}{R_1}$$



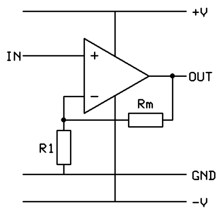
$$Z_{in_{INV}} \cong R_1$$

$$Z'_{out} = \frac{Z_{out}}{1+\beta \cdot A_0} = \frac{Z_{out}}{M}$$

$$M = \frac{A_0}{A'}$$

Óviðsnúinn magnari:

$$A' = \frac{R_m}{R_1} + 1$$



$$Z_{in} \to \infty$$

Rishraði, spennusvörun (Slew Rate) :

$$SR = \frac{\Delta U_{out}}{\Delta t} = 2\pi \cdot f \cdot u_P$$

$$f_{\max} = \frac{SR}{2\pi \cdot u_P}$$

$$u_P = \frac{SR}{2\pi \cdot f_{\max}}$$

***DÆMI**:*

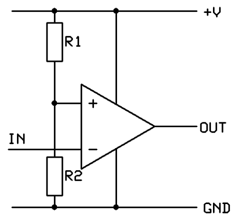
*Týpískur "741" hefur A_0 =10000, Zin= 1Mohm og Zout = 100ohm. Ef hann er tengdur með R1 = 2k og RM = 20k þá er mögnunin um það bil 10 sinnum sem gefur u. þ. b.M=A_0/A' = 10000/10 =1000, og þar með fæst Z'_{out} = Z_{out}/M = 100/1000 = **0,1ohm.** Þótt útgangsviðnámið reiknist næstum núll, þá er útgangsstraumurinn samt mjög takmarkaður í flestum aðgerðamögnurum. Þess vegna má álagsviðnámið ekki vera mjög lítið. Yfirleitt er ekki ráðlegt að nota minna en 2kohm álagsviðnám á aðgerðamagnara ef endurgjöf og mögnun á að virka eðlilega. Sumir magnarar eru oflugri.*

Aðgerðamagnararásir

Þrepa-skynjari (Level Detector):

$$U_{ref} = U_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

ATH: $U_{CC} = +V$

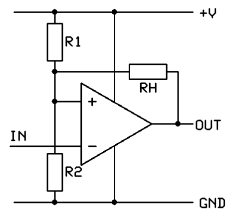


Heldni (Positive feedback, Schmitt trigger, hysteresis):

$$U_{UTL} = U_{CC} \cdot \frac{R_2}{(R_1 // R_H) + R_2}$$

$$U_{LTL} = U_{CC} \cdot \frac{R_2 // R_H}{(R_2 // R_H) + R_1}$$

$$U_{HYST} = U_{UTL} - U_{LTL}$$



Spennufylgja (Voltage follower, buffer)

$$A' = 1$$

$$Z_{in} \to \infty$$

$$Z_{out} \to 0$$