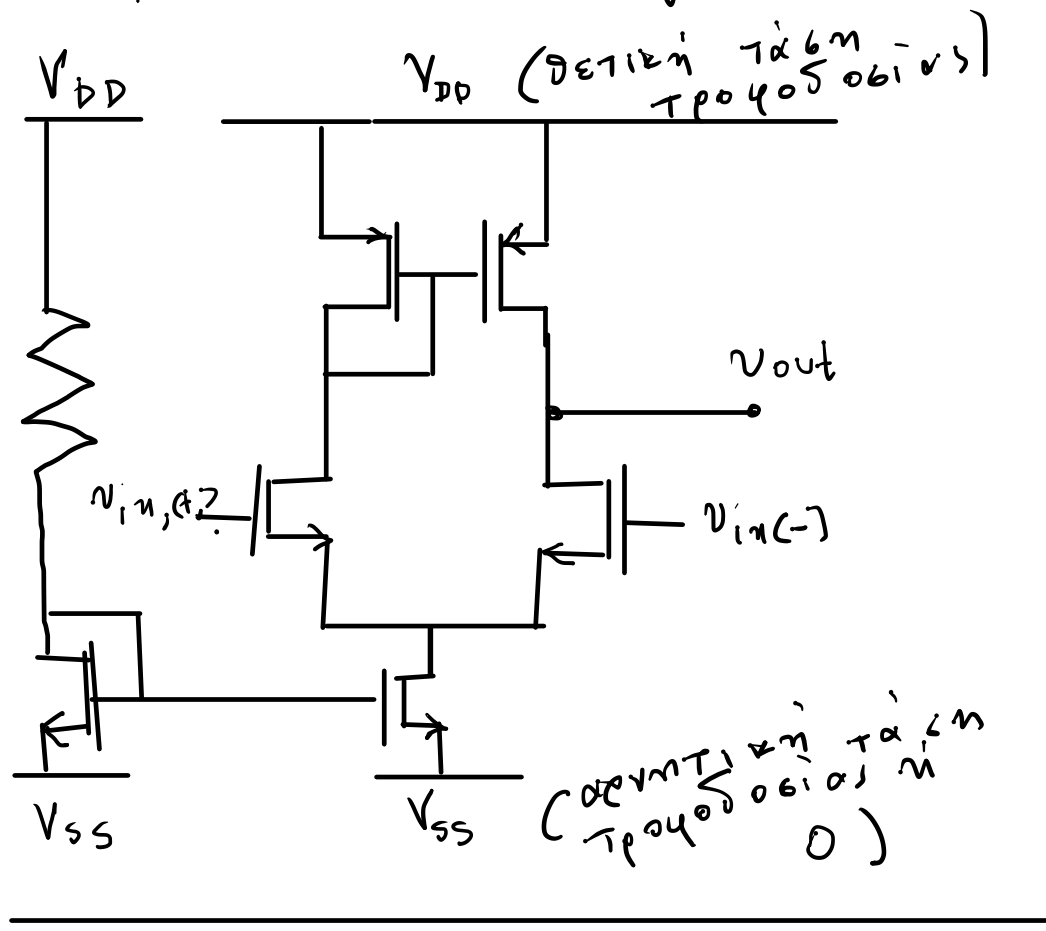
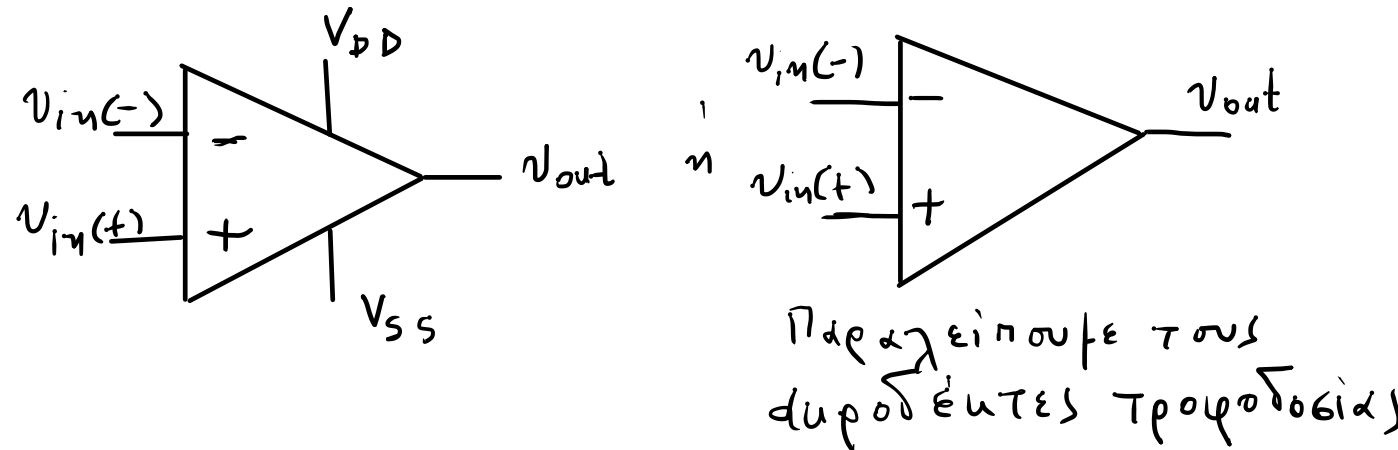


Τελεστικός ενισχυτής.

Το κύκλωμα του πιο απλού τελεστικού ενισχυτή φτιαγμένο με MOS τρανζίστορς:



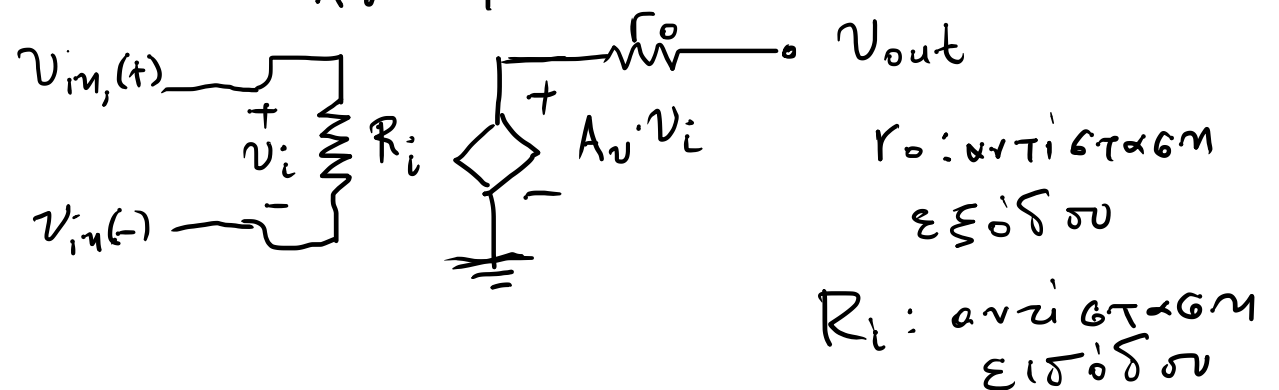
Κυκλωματικό σύμβολο:



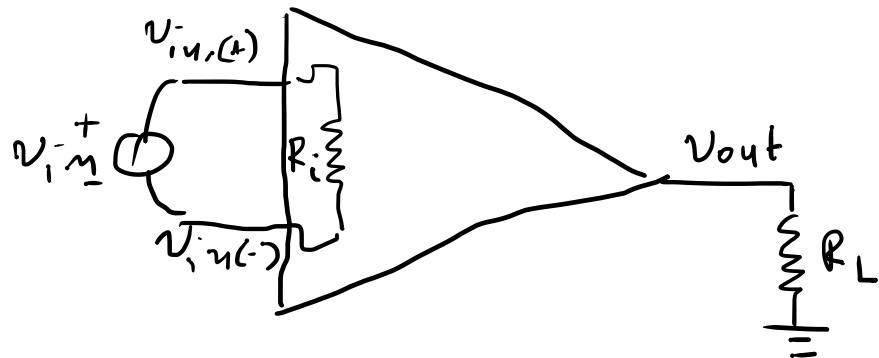
Απλό μοντέλο για την λειτουργία του τελεστικού ενισχυτή:

$$v_{out} = A_v (v_{in(+)} - v_{in(-)})$$

A_v : κέρδος ανοικτού βρόχου



Ο Τετραεστικός ενισχυτής χρησιμοποιείται την τροφοδοσία, γιατί:
Θέτω $R_L = R_i$



Η αποδιδόμενη ισχύς από την πηγή v_i είναι
$$P_i = \frac{v_i^2}{R_i}$$

Η αποδιδόμενη ισχύς από τον Τετραεστικό ενισχυτή όταν $R_L = R_i$ είναι
$$\frac{v_{out}^2}{R_L} = \frac{v_{out}^2}{R_i}$$

Όμως $v_{out} = A_v \cdot (v_{in,+} - v_{in,-}) = A_v \cdot v_i$ Έτσι

$$P_{out} = \frac{v_{out}^2}{R_i} = \frac{(A_v v_i)^2}{R_i} = A_v^2 \frac{v_i^2}{R_i} = A_v^2 P_i$$

Η επιπλέον ισχύς προέρχεται από την τροφοδοσία.

Το A_v (κέρδος ανοιχτού βρόχου) μπορεί να είναι πολύ μεγάλο

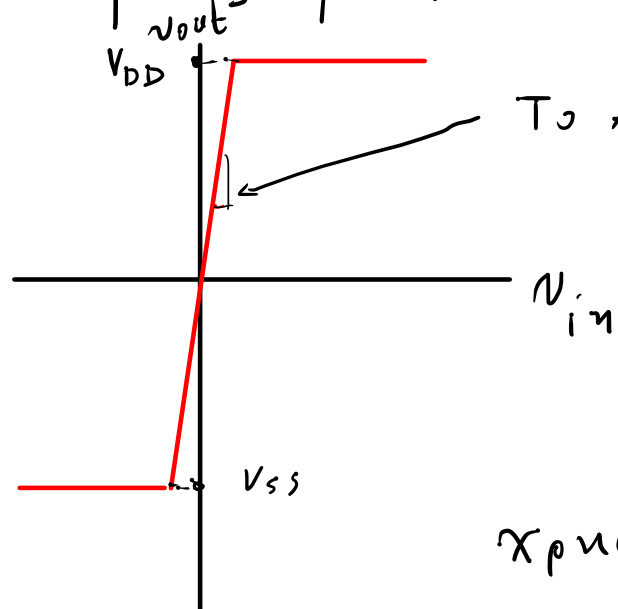
π.χ. για τον τετραεστικό ενισχυτή LF411 είναι $\frac{200V}{mV} = 200000$

για τον ΑΡΑ4049 είναι 154dB δηλ: $154 = 20 \log_{10}(A_v) \Leftrightarrow \frac{154}{20} = \log_{10}(A_v)$

$$\text{δηλ } 10^{154/20} = A_v \Leftrightarrow A_v = 10^{7.7} \approx 500000000$$

Το V_{out} του τελεστικού ενισχυτή δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερο από V_{DD} (+15V για τον LF411) ή μικρότερο από V_{SS} (-15V για τον LF411)

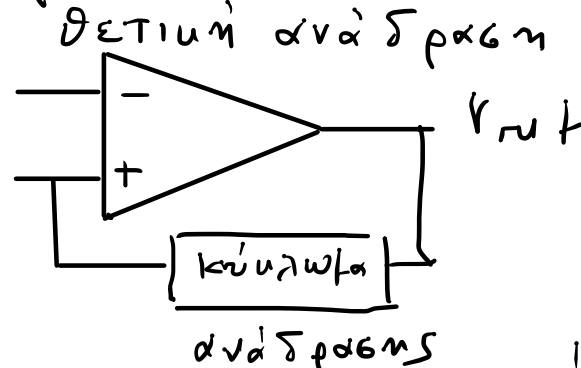
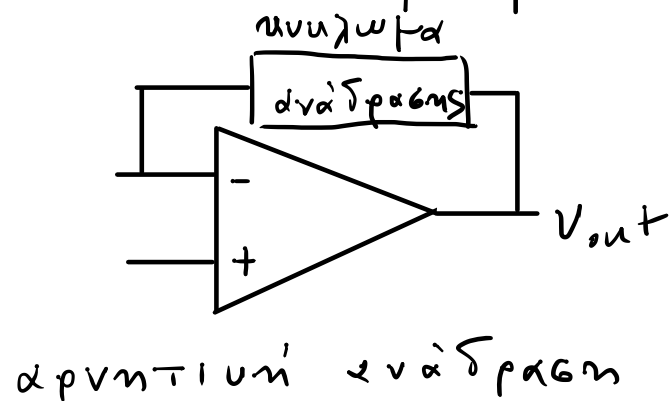
Πχ: αν στον LF411 το $V_{in,+} - V_{in,-} = 1mV$ το V_{out} δεν θα γίνει $200V = A_v \cdot 1mV$ γιατί δεν μπορεί να ξεπεράσει τα +15V (στην πραγματικότητα τα 13.5V) φτάνοντας την:



Επομένως γιατί χρησιμοποιούμε τόσο μεγάλο κέρδος;

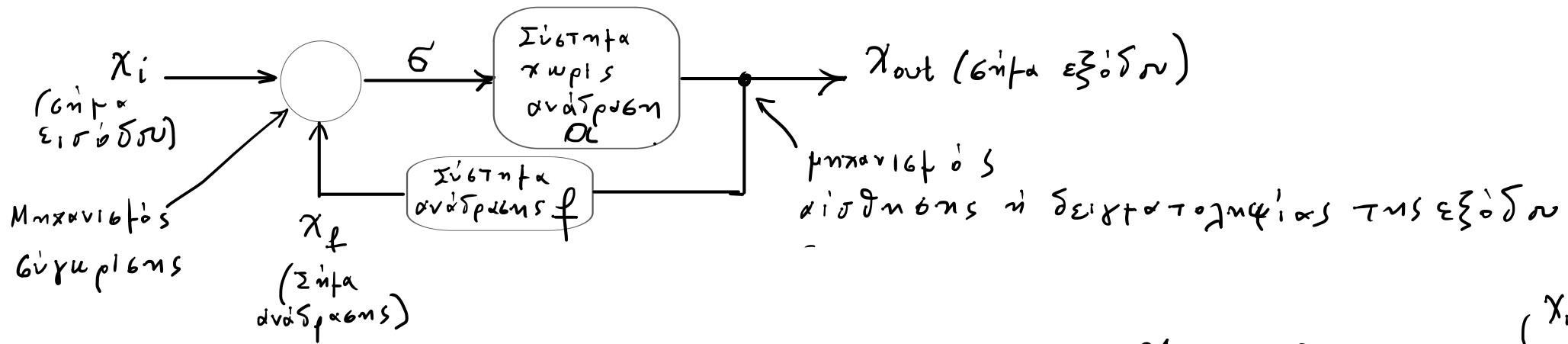
Απάντηση: Τους τελεστικούς ενισχυτές τους

χρησιμοποιούμε με ανάδραση (feedback)

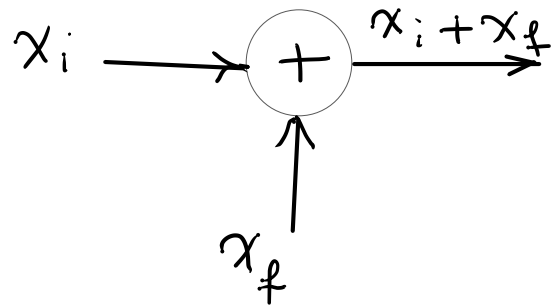


Για να έχουμε ανάδραση συνδέουμε την έξοδο μέσω ενός ανυλωτήτος στην είσοδο (-) (κρυμμένη ανάδραση) ή στην είσοδο (+) (θετική)

Ανάδραση (Feedback)



Θετική ανάδραση

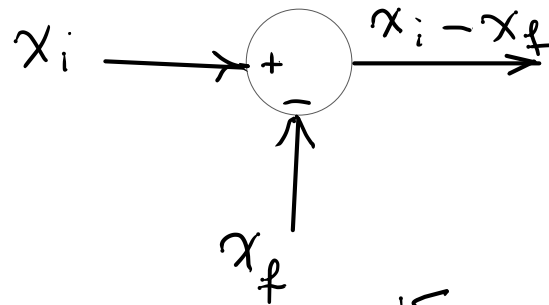


Το σήμα ανάδρασης αυξάνει
το σήμα εισόδου

Θετική ανάδραση: $x_{out} - afx_{out} = x_{in}$

$$\frac{x_{out}}{x_{in}} = \frac{a}{1 - af}$$

Αρνητική ανάδραση



Το σήμα ανάδρασης
μειώνει το σήμα εισόδου

Αρνητική ανάδραση: $x_{out} + afx_{out} = a \cdot x_{in}$

$$\frac{x_{out}}{x_{in}} = \frac{a}{1 + af}$$

$x_{out} = a \cdot \sigma$, $\sigma = \begin{cases} x_{in} + x_f & \text{θετική ανάδραση} \\ x_{in} - x_f & \text{αρνητική ανάδραση} \end{cases}$

$x_{out} = a(x_{in} \pm x_f)$

όμως $x_f = f \cdot x_{out}$ άρα

$x_{out} = a(x_{in} \pm f x_{out}) \Leftrightarrow$

$x_{out} = ax_{in} \pm afx_{out}$
άρα