

	Πανεπιστημιακό Έτος 2013-2014	
Εργασία Σχεδίασης Τελεστικού Ενισχυτή <i>Ηλεκτρονική ΙΙΙ</i>		
		Θεοχάρης Τριανταφυλλίδης

Εργασία Σχεδίασης Τελεστικού Ενισχυτή

Ηλεκτρονική ΙΙΙ

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί η μελέτη της σχεδίασης ενός τελεστικού ενισχυτή με τη χρήση τρανζιστορ MOSFET, δοθέντων ορισμένων προδιαγραφών.

Προδιαγραφές και σταθερές

Οι προδιαγραφές που οφείλει να πληροί ο υπό μελέτη ενισχυτής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

CL	2.53pF
SR	$>18.53\text{V}\cdot\mu\text{s}^{-1}$
Vdd	1.95V
Vss	-1.95V
GB	$>7.53\text{MHz}$
A	$>20.53\text{dB}$
P	$<50.53\text{mW}$

Δίνεται επίσης ότι θα χρησιμοποιηθεί τεχνολογία MOSFET 0.35, χρησιμοποιούνται όμως transistor με μήκος $1.05\mu\text{m}$.

Χρησιμοποιούνται επιπλέον οι παρακάτω σταθερές:

k (PMOS)	$2.9352\cdot 10^{-5}$
Vt (PMOS)	-0.9056 V
μ_0 (PMOS)	180.2
k (NMOS)	$9.6379\cdot 10^{-5}$
Vt(NMOS)	0.786
μ_0 (NMOS)	591.7
t_{ox}	$2.12\cdot 10^{-8}$
V _{in} (max)	0.15V
V _{in} (min)	-0.15V
ϵ_0	$8.854\cdot 10^{-12}$
$\epsilon_r(\text{SiO}_2)$	3.9

Αλγόριθμος Σχεδίασης

Βήμα 1^ο:

Το μήκος L δίνεται από την εκφώνηση ίσο με $0.35\mu\text{m}$.

Βήμα 2^ο:

Υπολογισμός της ελάχιστης χωρητικότητας Miller:

$$C_c > 0.22 \cdot C_l = 0.556\text{pF}$$

Επιλέγουμε την τιμή 0.6pF για τον πυκνωτή.

Βήμα 3^ο:

Υπολογισμός του ρεύματος I_5 :

$$I_5 = SR \cdot C_c = 19 \cdot 10^6 \cdot 0.6 \cdot 10^{-12} = 11.5 \mu A$$

Η τιμή αυτή θα αλλάξει καθώς δεν οδηγεί σε επιθυμητά αποτελέσματα.

Βήμα 4^ο:

Με τις συγκεκριμένες τιμές για το όριο κύμανσης του V_t (0.15V) και για $V_{inmax} = 1.5 V$ θα έχουμε

$$(W/L)_3 = I_5 / k_3 [V_{dd} - V_{inmax} - V_{to3max} + V_{to1min}]^2 = 11.5 \cdot 10^{-6} / 29 \cdot 10^{-6} [1.95 - 1.5 - 1.05 + 0.63]^2 =$$

$$= 3.12 \mu m.$$

Άρα $(W/L)_3 = 3$

Βήμα 5^ο:

Έλεγχος για το αν ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$g_{m3} / (2 \cdot 0.6667 \cdot W_3 \cdot L_3 \cdot C_{ox}) \gg 10GB = (2 \cdot 96 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 5.75 \cdot 10^{-6})^{1/2} / (2 \cdot 0.6667 \cdot 1.05 \cdot 3.15 \cdot 10^{-12} \cdot 2.47 \cdot 10^{-12}) \gg 10 \cdot 7.53 \implies 5.28 \cdot 10^9 \text{ rad/s} = 560 \text{ MHz} \gg 10 \cdot 7.53 \text{ dB (75MHz)}$$

Άρα η ανισότητα ισχύει.

Βήμα 6^ο:

Καθορισμός της διαγωγιμότητας των τρανζίστορ εισόδου και των λόγων $(W/L)_1$ και $(W/L)_2$.

$$\text{Προκύπτει } g_{m1} = GB \cdot C_c = 7.53 \cdot 0.6 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot \pi = 29,4 \mu S.$$

$$(W/L)_1 = (W/L)_2 = (g_{m1}^2) / (K_n \cdot I_5) = 29,4^2 \cdot 10^{-12} / (9.637 \cdot 10^{-5} \cdot 11.5 \cdot 10^{-6}) = 7.79 = 8 \mu m$$

Βήμα 7^ο:

Καθορισμός του $(W/L)_5$ μετά την εύρεση της τάσης κόρου του τρανζίστορ M_5 .

Τιμή που προκύπτει, όπως οφείλει, μεγαλύτερη των 100mV.

$$S_5 = 2 \cdot 11.5 \cdot 10^{-6} / 29 \cdot 10^{-6} \cdot 0.118^2 = 57.07 \mu m$$

Βήμα 8^ο:

Υπολογισμός του S_6 .

Είναι πρώτα απαραίτητος ο υπολογισμός της διαγωγιμότητας του τρανζίστορ:

$$\text{Προκύπτει } g_{m6} > 10 \cdot g_{m1} = 294 \mu A/V \text{ επιλεγώ } 295 \mu A/V$$

$$g_{m4} = (2 \cdot K_n \cdot S_4 I_4)^{1/2} = 62 \mu S.$$

$$\text{εφοσον } V_{gs4} = V_{gs6} \implies S_6 = S_4 \cdot (g_{m6} / g_{m4}) = 3.5 \cdot (295 / 62) = 16.7 \mu m$$

$$\text{και } I_6 = g_{m6}^2 / 2 * K_6 * S_6 = 295^2 * 10^{-12} / 2 * 96 * 10^{-6} * 16.7 = 27.2 \mu A$$

Βήμα 9^ο:

Χρησιμοποιούμε μία εναλλακτική μέθοδο για τον υπολογισμό του S_6 . Επιλέγουμε την μεγαλύτερη από τις δύο τιμές που προκύπτουν. Αυτή θα προκύψει με μία επιλογή το $V_{ds6}(\text{sat}) = 0.45$

$$S_6 = g_{m6} / K_6 * V_{ds6}(\text{sat}) = 295 * 10^{-6} / 0.45 * 2.5 * 29.3 * 10^{-6} = 8 < 27.2$$

Η τιμή προκύπτει μικρότερη, άρα δεν επιρεάζει την σχεδίαση.

Βήμα 10^ο:

$$\text{Το } S_7 = S_5 * (I_6 / I_5) = 57 * (27.2 / 11.5) = 135 \mu m$$

Βήμα 11^ο:

Έλεγχος της τιμής του κέρδους τάσης και των προδιαγραφών κατανάλωσης:

$$A_v = \frac{2 * g_{m2} * g_{m6}}{I_5 * (\lambda_2 + \lambda_3) * I_6 * (\lambda_6 + \lambda_7)} = \frac{2 * 29.3 * 295 * 10^{-6}}{11.5 * 27.2 * (0.04 + 0.05)^2} = 150.93 * 10^{-6} = 684 \text{ V/V} > 10.61 \text{ V/V}$$

$$P_{\text{diss}} = (I_5 + I_6)(V_{DD} + |V_{SS}|) = 3.9(27.2 + 11.5) = 0.159 \text{ mW} < 50.53$$

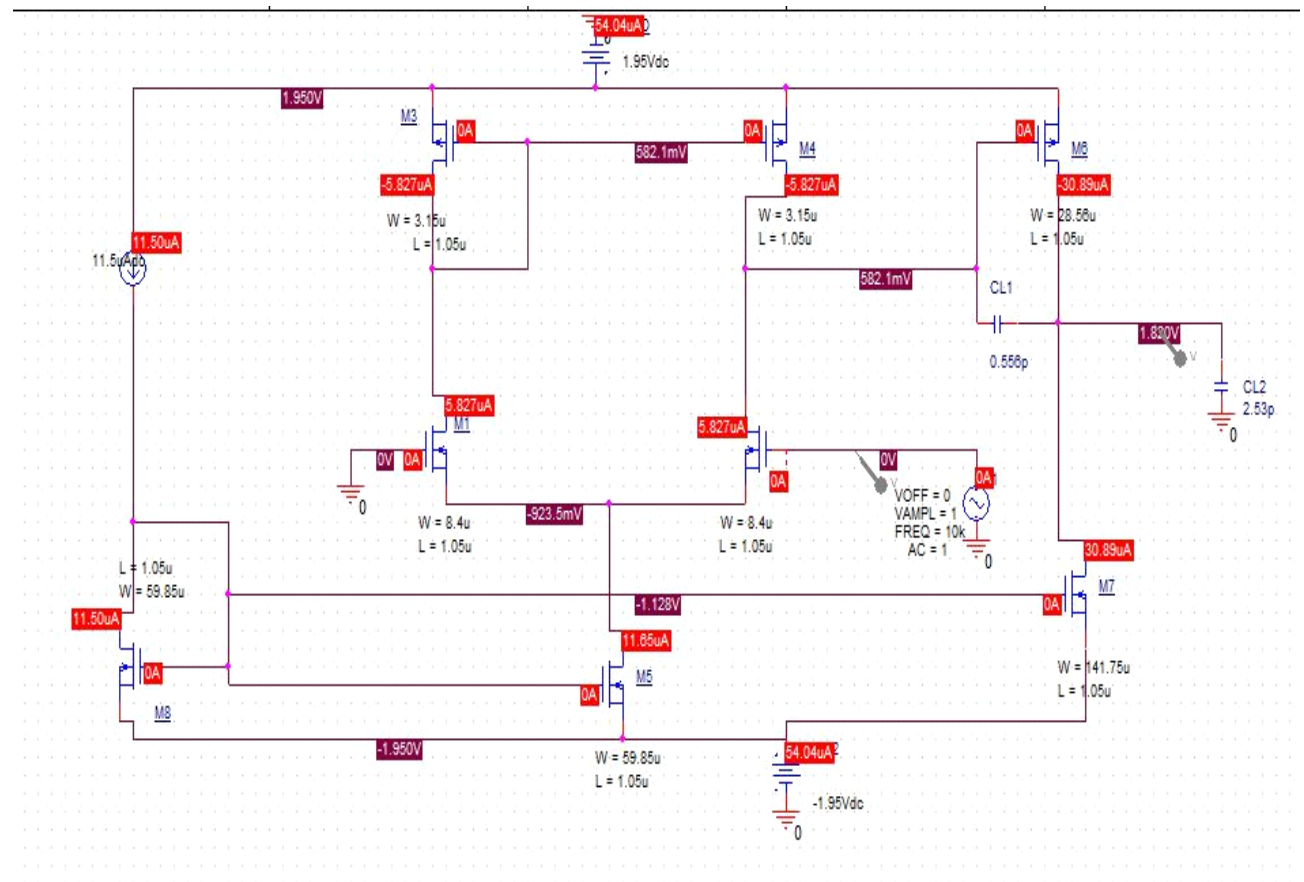
Άρα οι προδιαγραφές πληρούνται.

Σύνοψη των Διαστάσεων

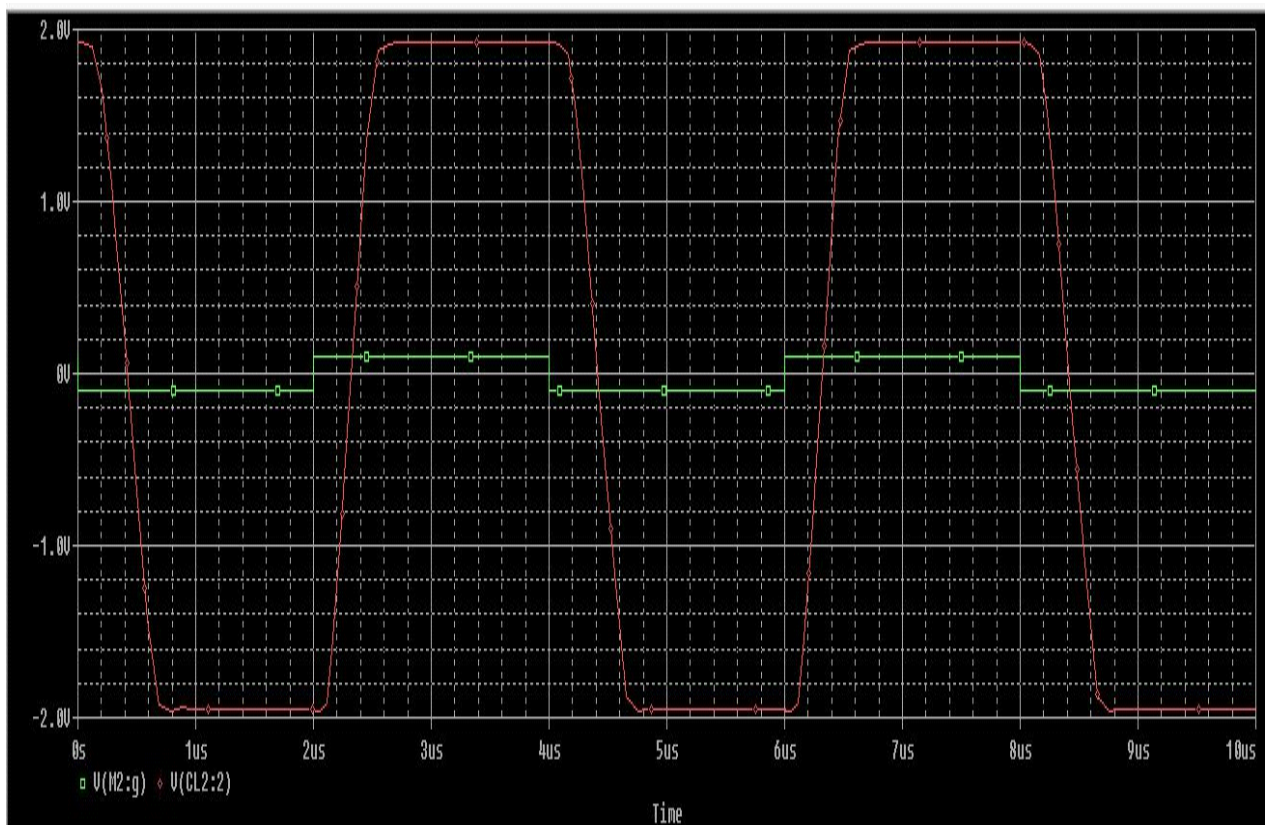
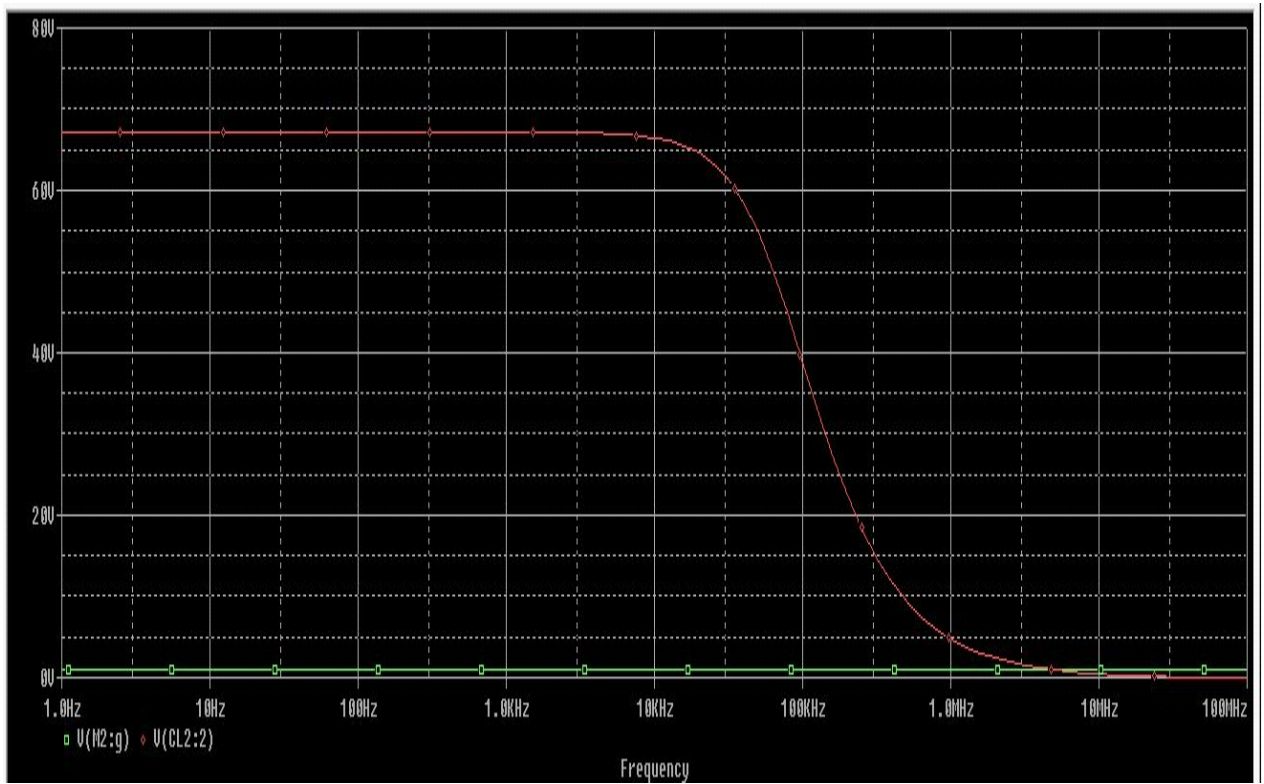
Τρανζίστορ	W/L
M1	8μm
M2	8μm
M3	3μm
M4	3μm
M5	57μm
M6	16.7μm
M7	135μm
M8	57μm

Προσομοίωση με το SPICE

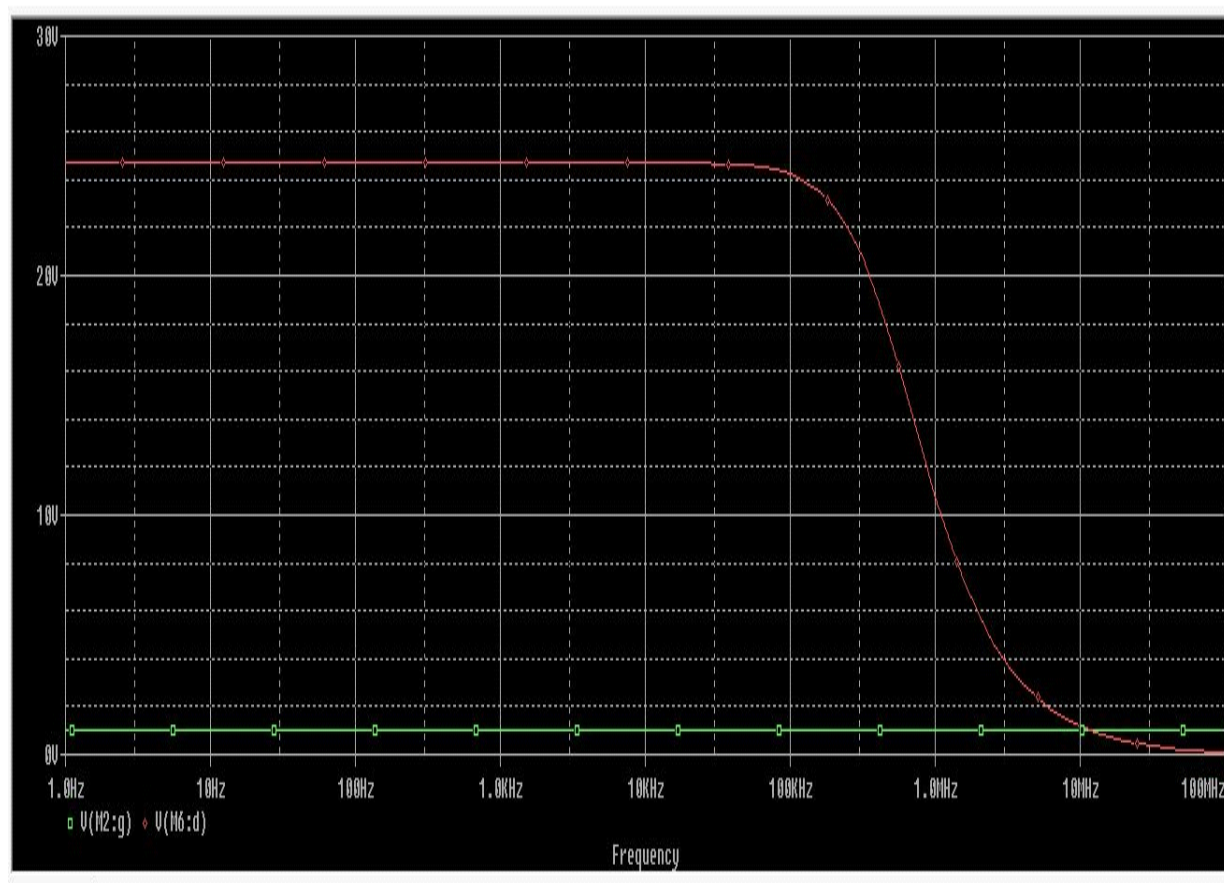
Το κύκλωμα του Τελεστικού Ενισχυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

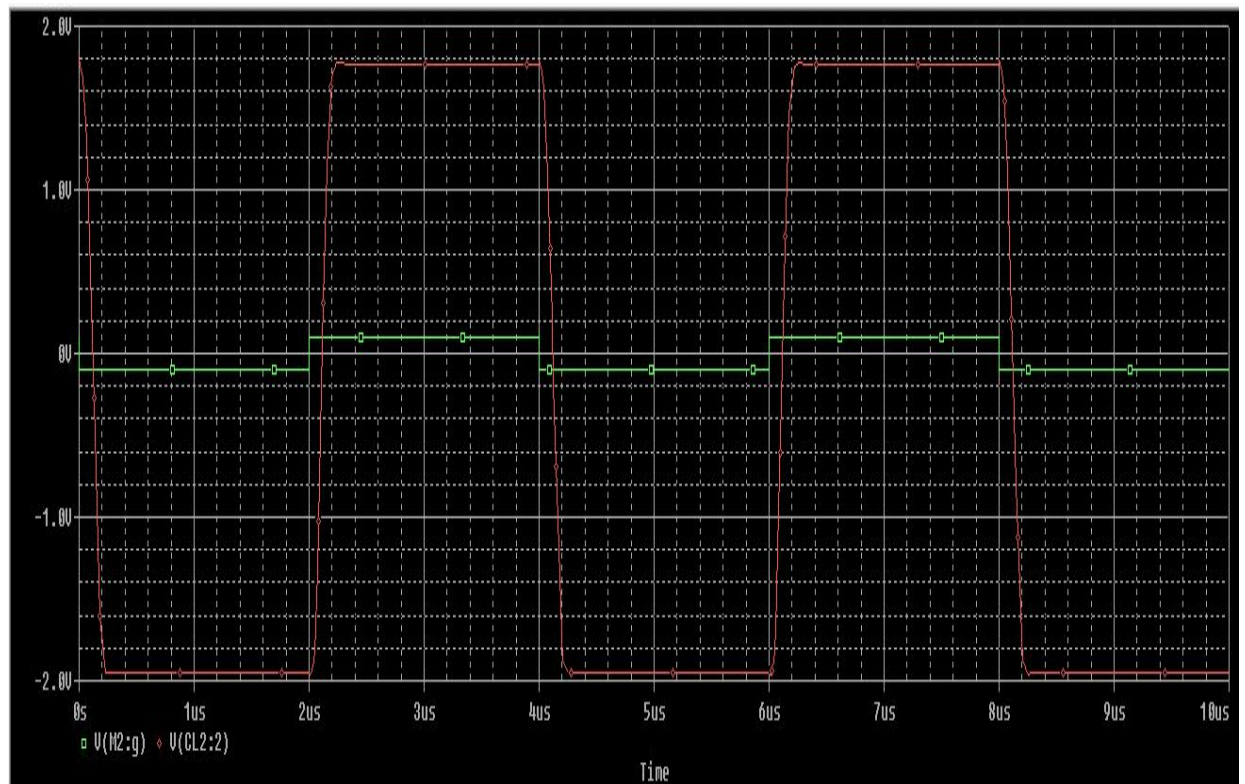


Πραγματοποιώντας την προσομοίωση, παρατηρούμε ότι πληρούνται οι προδιαγραφές για το Αν μόνο. Για να επιτύχουμε SR και GB αυξάνουμε το ρεύμα πόλωσης σε 80μΑ



Με ρεύμα 80μΑ.





Από τα οποία υπολογίζουμε:

- Κέρδος: $A_v=28\text{dB}$

- $GB>10\text{MHz}$

$SR=22.35\text{ V}/\mu\text{sec}$