

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών



ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΙΙΙ
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

Βασίλειος Μπλέτσος

A.E.M. : 8687

Περιεχόμενα

1.Κώδικας MATLAB	3
2.Προδιαγραφές	7
3. Ανάλυση GB & Av	7
4. Slew Rate	9

1.Κώδικας MATLAB

```
function TE()

%% Units

micro = 10^(-6);
pico = 10^(-12);
aem = 87;

%% Specifications

Vdd = 1.8+0.003 * aem;
Vss = -Vdd;
Cl = (2+0.01*aem)*pico;
SR = (18+0.01*aem) *1/micro;
GB = (7+0.01*aem)*10^6;
A = (20+0.01*aem);
P = (50+0.01*aem);

%% Transistor's Values

kp    = 2.9352 * 10^(-5);
kn    = 9.6379 * 10^(-5);
uop   = 180.2*10^-4;
uon   = 591.7*10^-4;
Cox   = kp/uop
VToP  = -0.9056;
VToN  = 0.7860;
Vin_max = 0.1;
Vin_min = - Vin_max;
```

```

lp    = 0.05;
ln    = 0.04;

%% step 1
I = 1 * micro;

%% step 2
Cc = 0.22 * Cl;

%% step 3
I5 = Cc * SR;

%% step 4
S3 = I5 / (kn * (Vdd - Vin_max - abs(VToP) - VToN)^2 );
if S3 < 1
    S3 = 1 ;
    I5 = (kn * (Vdd - Vin_max - abs(VToP) - VToN)^2 );
end
S4 = S3;

%% step 5
p3=sqrt(kn*S3*I5)/(2*0.667*S3*(I^2)*Cox);
if((p3/(2*pi))<10*GB)
    disp('Caution: p3 must be more than 10 GB')
end

%% step 6
gm1 = 2 * pi* GB * Cc; % [2*pi -> rad]
gm2 = gm1;
S1 = gm1^2 / (kp*I5);
S2 = S1;

```

```
%% step 7

Vds5_sat = Vin_min - Vss - sqrt(I5/(S1*kp))-abs(VToP) ;
S5 = 2 * I5 /(kp *Vds5_sat^2);
```

```
%% step 8

gm6 = 2.2 * gm2 * Cl/Cc;
gm4 = sqrt(2*kn*S4*I5)/2;
S6 = S4*gm6/gm4;
I6 = (gm6)^2 / (2* kn*S6);
```

```
%% step 9

% Alternative step for step 8 -> not needed
% Vds6 = Vdd-Vout_max;
% S6 = gm6/(Kn*Vds6);
% I6 = (gm6)^2 / (2* kn*S6);
```

```
%% step 10

S7 = I6*S5/I5;
```

```
%% step 11

Av = 2*gm2*gm6 / (I5*(Ip+In)*I6*(In+Ip));
Pdiss = (I5+I6)*(Vdd + abs(Vss));
if(Av>A)
    disp('Av > A !! -> A is ok')
end
if(Pdiss<P)
    disp('Pdiss < P !! -> P is ok')
end
```

```
%% W's Values
```

```

W1 = S1 * I;
W2 = S2 * I;
W3 = S3 * I;
W4 = S4 * I;
W5 = S5 * I;
W6 = S6 * I;
W7 = S7 * I;
W8 = W5;

```

```
%% Results Display
```

```

disp(' ')
disp(' *VALUES* ')
disp(['I = ', num2str(I)])
disp(['W1 = ', num2str(W1)])
disp(['W2 = ', num2str(W2)])
disp(['W3 = ', num2str(W3)])
disp(['W4 = ', num2str(W4)])
disp(['W5 = ', num2str(W5)])
disp(['W6 = ', num2str(W6)])
disp(['W7 = ', num2str(W7)])
disp(['W8 = ', num2str(W5)])
disp(' ')
disp(['Vdd = ', num2str(Vdd), ' V'])
disp(['Vss = ', num2str(Vss), ' V'])
disp(['CI = ', num2str(CI), ' F'])
disp(['Cc = ', num2str(Cc), ' F'])
disp(['SR > ', num2str(SR), ' V/s'])
disp(['GB > ', num2str(GB), ' Hz'])
disp(['A > ', num2str(A), ' dB'])
disp(['P < ', num2str(P), ' mW'])
disp(['I5 = ', num2str(I5), ' A'])

```

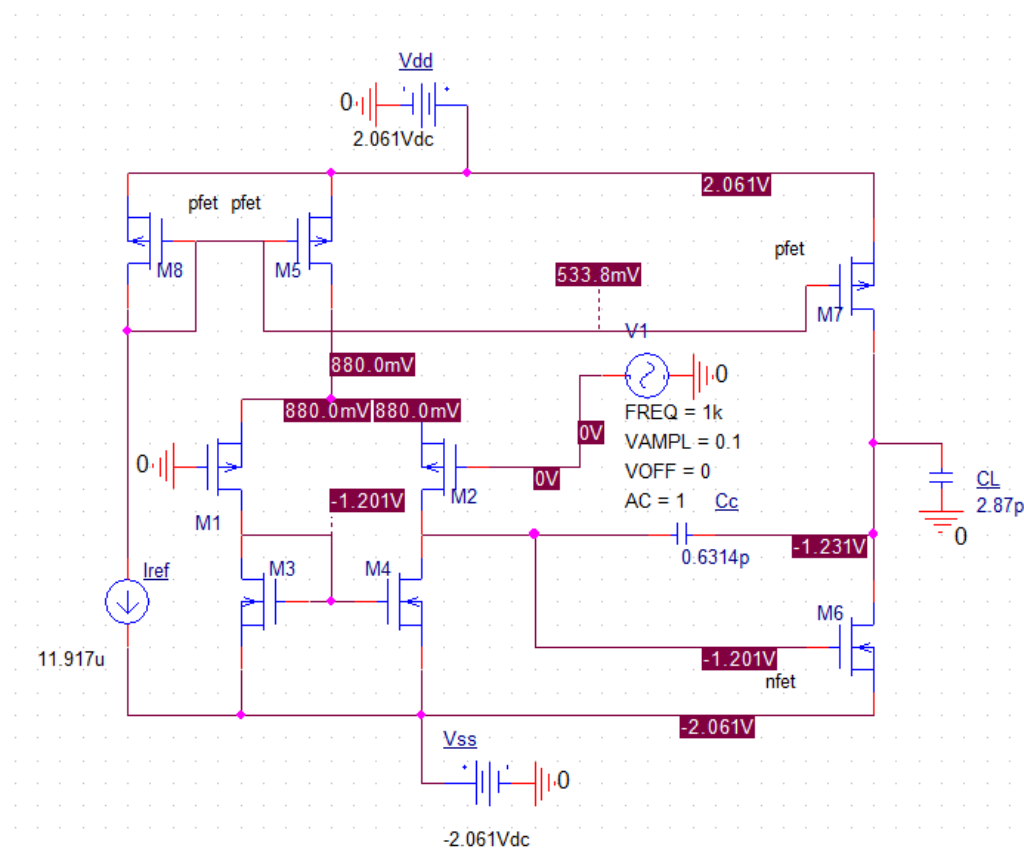
2. Προδιαγραφές

Vdd	2.061 V
Vss	-2.061 V
CL	2.87 pF
SR	18870000 V/s
Cc	0.6314 pF
GB	7.87 MHz
A	20.87 Db
P	60.87 Mw
I5	11.917 uA

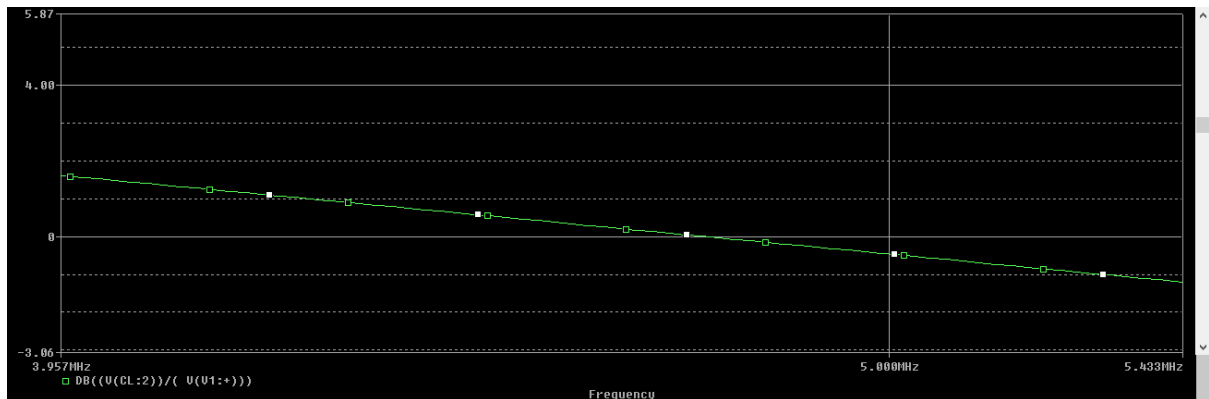
W1	2.784u
W2	2.784u
W3	1.7033u
W4	1.7033u
W5	1.7882u
W6	17.006u
W7	4.4633u
W8	1.7882.u

3. Ανάλυση GB & Av

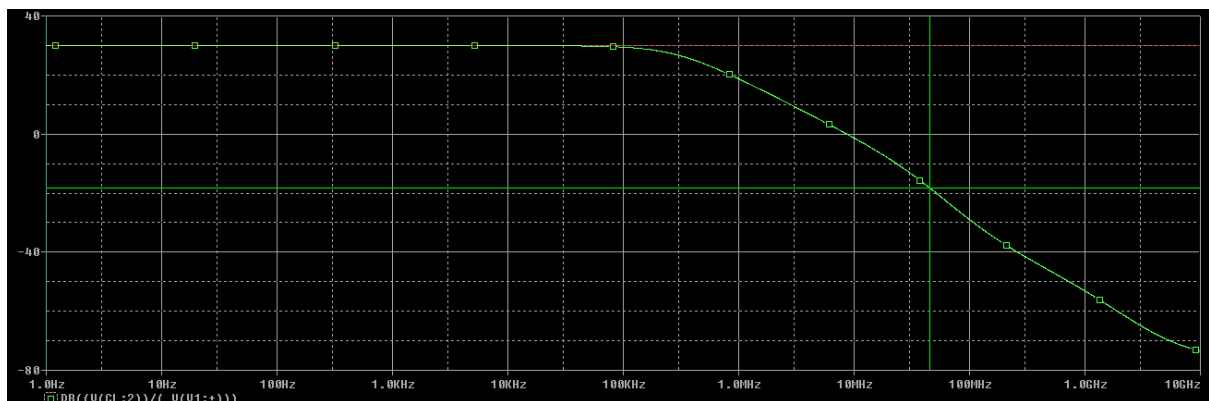
Αρχικά το κύκλωμα που σχεδιάστηκε σε πρώτο στάδιο είναι το παρακάτω:



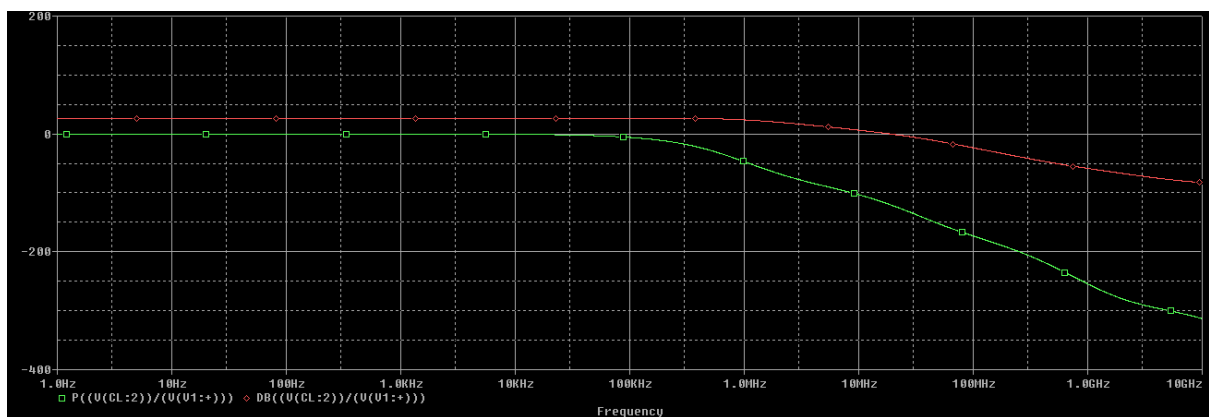
Όπως είναι αναμενόμενο οι τιμές που μετρήθηκαν στο MATLAB δεν προσέφεραν 100% σωστές λύσεις απλά δίνουν μια αρχική εκτίμηση γύρω από την οποία πρέπει να σχεδιάσουμε. Στην αρχή το GB είναι μικρότερο από 5 MHz:



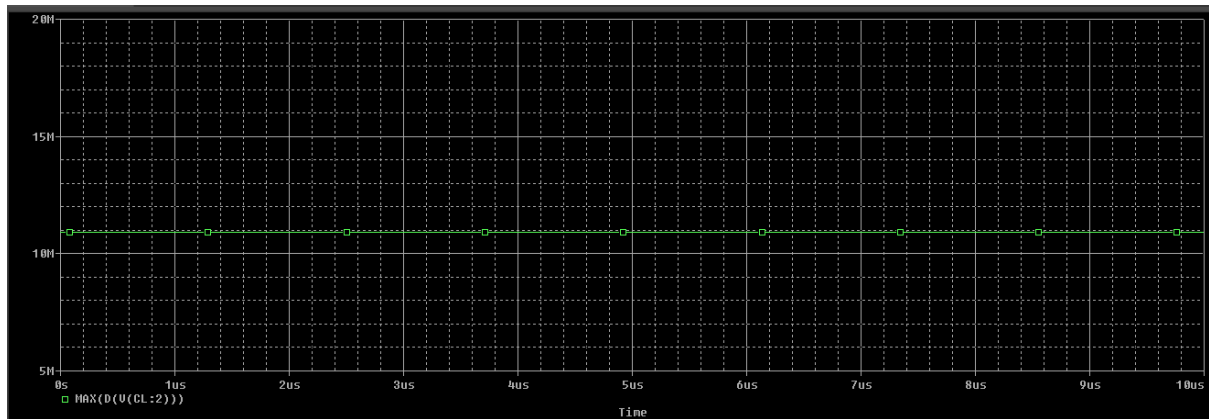
Και έπειτα ύστερα από τροποποιήσεις του τρανζίστορ W1,W2 και W7 έχουμε την επιτυχία της προδιαγραφής εύρους στα 8.2698 MHz και ισχύς 29.919 dB:



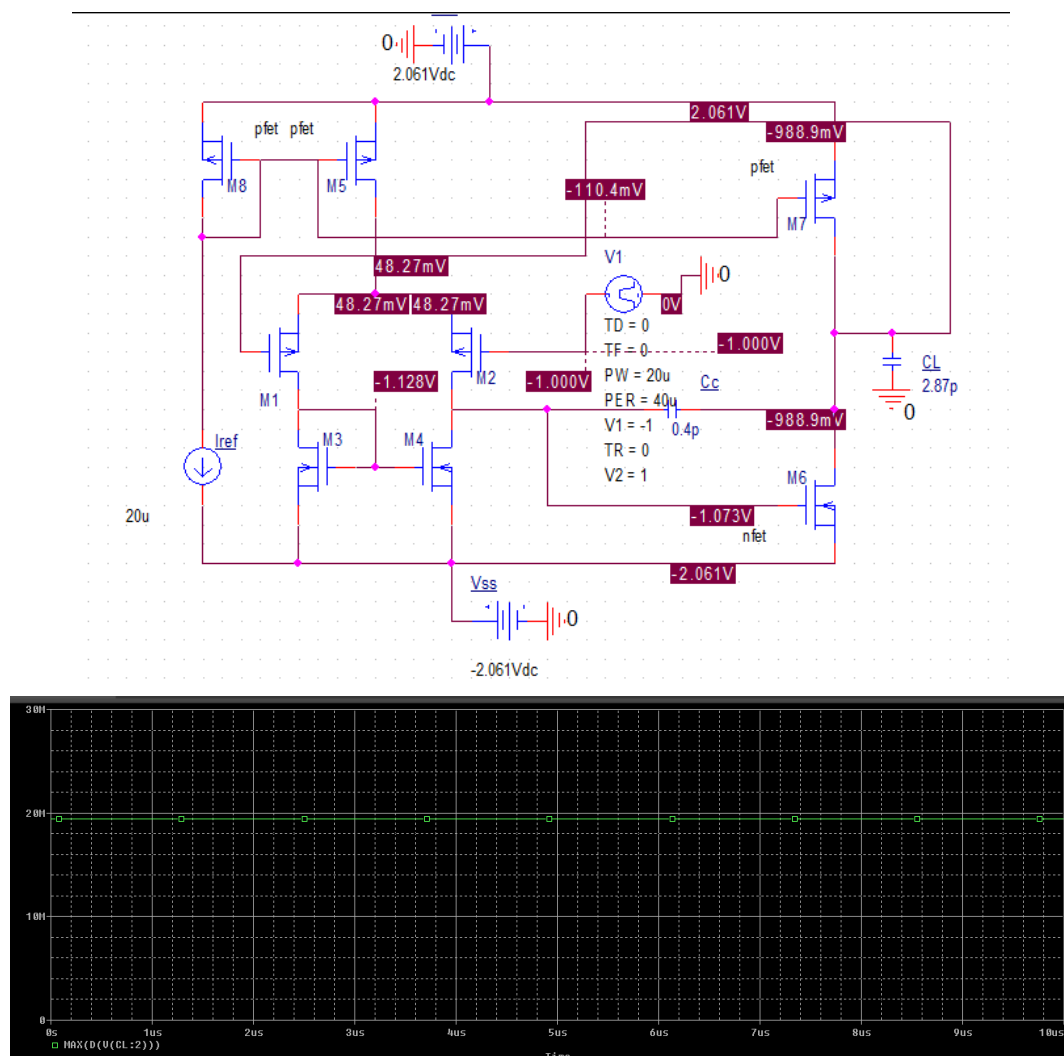
Ενώ το περιθώριο εύρους είναι 88.412 μοίρες:



4. Slew Rate



Για την μέτρηση του Slew Rate το κύκλωμα μας μετασχηματίζεται αντικαθιστώντας την V_{ac} σε V_{pulse} , εδώ βλέπουμε διαφορετικές C_c και I_5 για την επίτευξη του επιθυμητού SR καθώς στην αρχή δεν ικανοποιούνταν και έχουμε $19.36 \text{ V}/\mu\text{s}$:



Για διαφορετικές θερμοκρασίες και ώστε να αποδείξουμε την εύρυθμη λειτουργία του ενισχυτή σε διαφορετικές συνθήκες έγιναν προσομοιώσεις θα παρατηρήσουμε ότι έχει αυξηθεί λίγο ακόμη το εύρος και αυτό οφείλεται στην μείωση της C_c :

