

Họ và tên : Nguyễn Tiến Hải

Bài tập mạch tương tự

Yêu cầu bài toán:

- Thiết kế một op-amp. ^{Thứ} ^{ngày} ^{đáp ứng}

Các thông số kĩ thuật cần:

1) Hệ số khuếch đại: $A_v > 3000 \text{ V/V}$.

2) $V_{DD} = 2.5 \text{ V}$

3) Băng thông: $f_B = 5 \text{ MHz}$.

4) Tốc độ chuyển mạch: $S_R > 10 \text{ V}/\mu\text{s}$.

5) Pha: 60°

6) Điện áp ra trung bình: $0.5 \text{ V} < V_{out} < 2 \text{ V}$.

7) $ICMR = 1.25 \text{ V} \rightarrow 2 \text{ V}$.

8) Công suất tiêu tán: $P \leq 2 \text{ mW}$

9) Chiều dài kênh $L = 180 \text{ nm}$, $C_L = 10 \text{ pF}$.

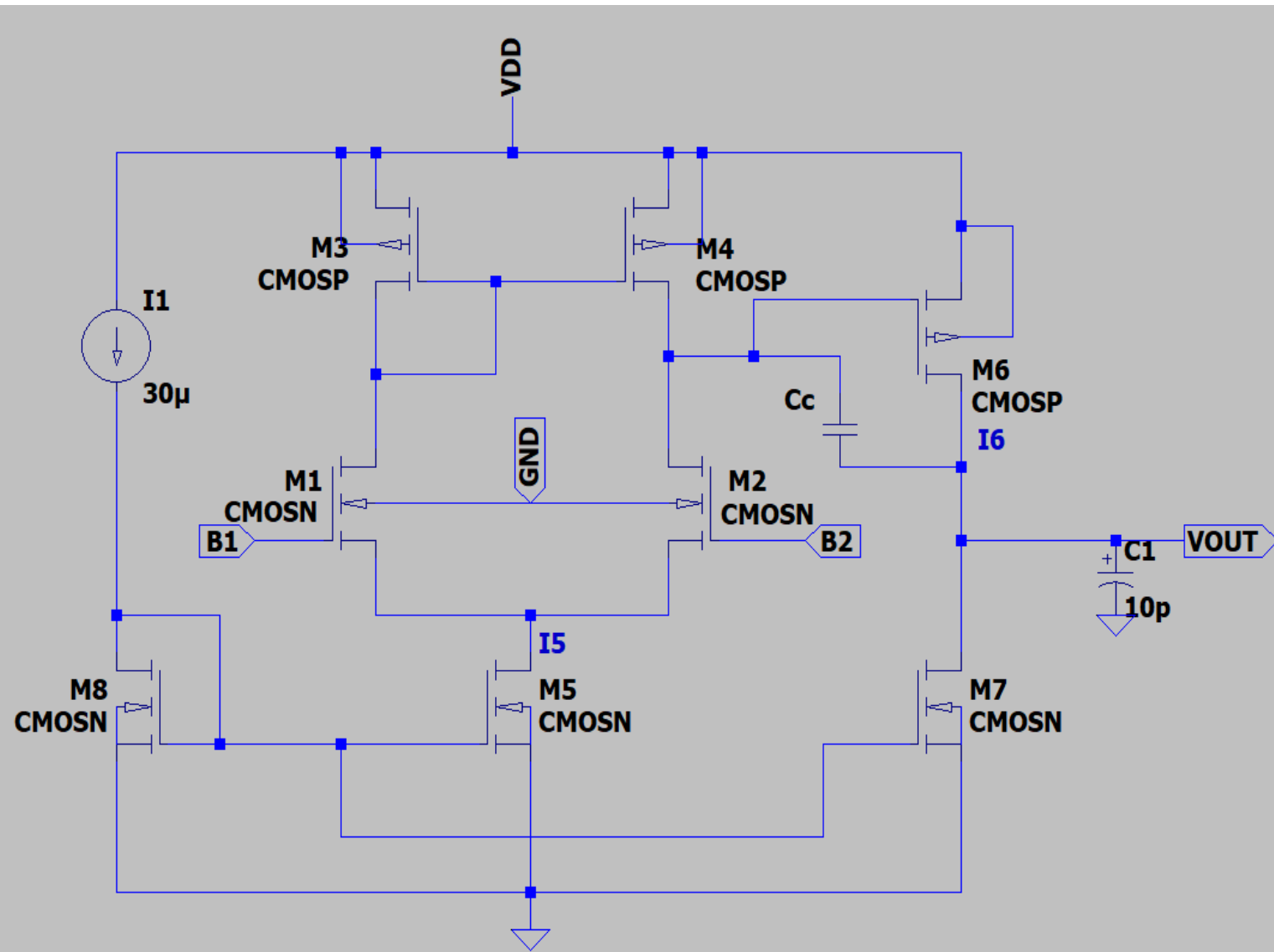
10) $K_N' = 120 \mu\text{A}/\text{V}^2$

11) $K_P' = 25 \mu\text{A}/\text{V}^2$

12) $V_{TN} = 1 \text{ V}$, $V_{TP} = -0.5 \text{ V}$.

13) $\lambda_N = 0.06 \text{ V}^{-1}$.

14) $\lambda_P = 0.08 \text{ V}^{-1}$.



Giải
+) Chọn giá trị tối thiểu cho C_c , pha $= 60^\circ$, $\omega > 10^6$ rad/s

$$C_c > 0,22 \cdot C_L > 0,22 \cdot 10 \text{ pF} \\ > 2,2 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } C_c = 3 \text{ pF}$$

$$+) \text{ Dòng điện } I_3 = S R \cdot C_c \\ = (10 \cdot 10^6) (3 \cdot 10^{-12}) = 30 \text{ nA}$$

$$+) S_1 = \frac{W_1}{L_1} \quad \text{I}$$

$$S_3 = \frac{I_3}{K_3 [V_{DD} - V_{in(max)} - |V_{D3(max)} + V_{T1(min)}|]^2} \\ = \frac{30 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^6 [2,5 - 2 - 0,65 + 0,5]^2} = 30$$

$$\Rightarrow S_3 = S_4 = 30$$

$$\Rightarrow W_3/L_3 = W_4/L_4 = 30$$

Xác định các giá trị m_3 , C_{gs3} và C_{gs4} ($= 0,67 W_3 L_3 C_{ox}$)
Giá trị > 10 aB

$$\frac{g_{m3}}{2C_{gs3}} > 10^6 \text{ rad/s}$$

$$P_3 \approx \frac{-g_{m3}}{2C_{gs3}} = \frac{-\sqrt{2K_3' S_3 I_3}}{2(0,67) W_3 L_3 C_{ox}} \\ = -1,25 \cdot 10^9 \text{ (rad/s (sec))}$$

$$+) g_{m4} = g_{m3} \cdot C_c = 5 \cdot 10^6 \cdot 2\pi \cdot 3 \cdot 10^{-12} \\ = 94,25 \text{ nS}$$

$$\Rightarrow W_1/L_1 = W_2/L_2 = \frac{g_{m1}^2}{2K_1' I_1} = \frac{(94,25)^2}{2 \cdot 120 \cdot 15} = 2,47$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } W_1/L_1 = W_2/L_2 = 3$$

$$+) V_{DSS} = V_{in(max)} - V_{SS} - \left(\frac{I_3}{\beta_1} - V_{T1(max)} \right) \\ = 1,25 - \sqrt{\frac{30 \cdot 10^{-6}}{120 \cdot 10^6 \cdot 3}} - 0,65 = 0,31 \text{ V}$$

$$\Rightarrow S_5 = \frac{2I_5}{K_5 [V_{DSS}]^2}$$

$$\Rightarrow (W/L)_5 = \frac{2(30 \cdot 10^{-6})}{(120 \cdot 10^6) (0,31)^2} = 5,16$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } W_5/L_5 = 6 = W_8/L_8$$

+) Và pha 60°

$$\Rightarrow g_{m6} > 10 g_{m4} > 942,5 \text{ nS}$$

$$\frac{g_{m6}}{g_{m4}} = \frac{\sqrt{2K_6' S_6 I_6}}{\sqrt{2K_4' S_4 I_4}} = \sqrt{\frac{S_6 I_6}{S_4 I_4}} = \frac{S_6}{S_4}$$

$$\Rightarrow S_6 = \frac{g_{m6}}{g_{m4}} S_4$$

$$g_{m6} = 942,5 \text{ nS}, g_{m4} = 150 \text{ nS}$$

$$\Rightarrow S_6 = 30 \cdot \frac{942,5 \cdot 10^{-6}}{150 \cdot 10^{-6}} = 188,5$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } W_6/L_6 = 150$$

$$I_6 = \frac{g_{m6}^2}{2K_6' S_6} = \frac{(942,5 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot (25 \cdot 10^6) \cdot 150} = 94,2 \text{ nA}$$

$$\approx 95 \text{ nA}$$

$$\Rightarrow \text{Công suất tiêu thụ } P = 2,5(30 \text{ nA} + 95 \text{ nA}) \\ = 0,3125 \text{ mW}$$

$$+) S_7 = (I_6/I_5) S_5$$

$$\Rightarrow S_7 = 6 \cdot \frac{95 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6}} = 15$$

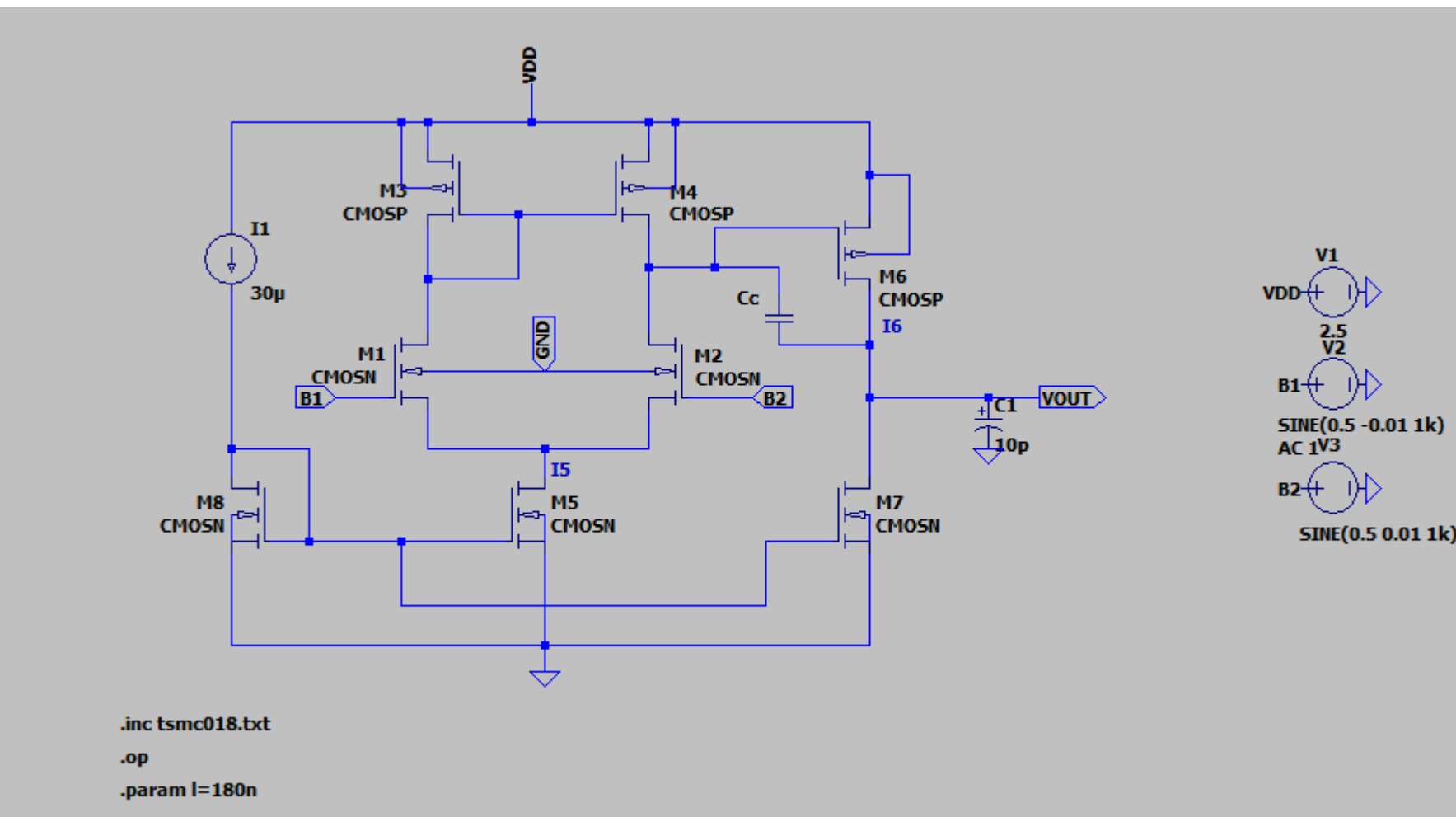
$$\Rightarrow \text{Chọn } W_7/L_7 = 20$$

$$V_{out(max)} = V_{DS7} = V(2,95)/(120 \cdot 20) = 0,281 \text{ V}$$

Kiểm tra lại hệ số khuếch đại

$$A_v = \frac{(94,25 \cdot 10^{-6})(942,5 \cdot 10^{-6})}{15 \cdot 10^6 (0,06 + 0,06) 95 \cdot 10^{-6} (0,06 + 0,06)}$$

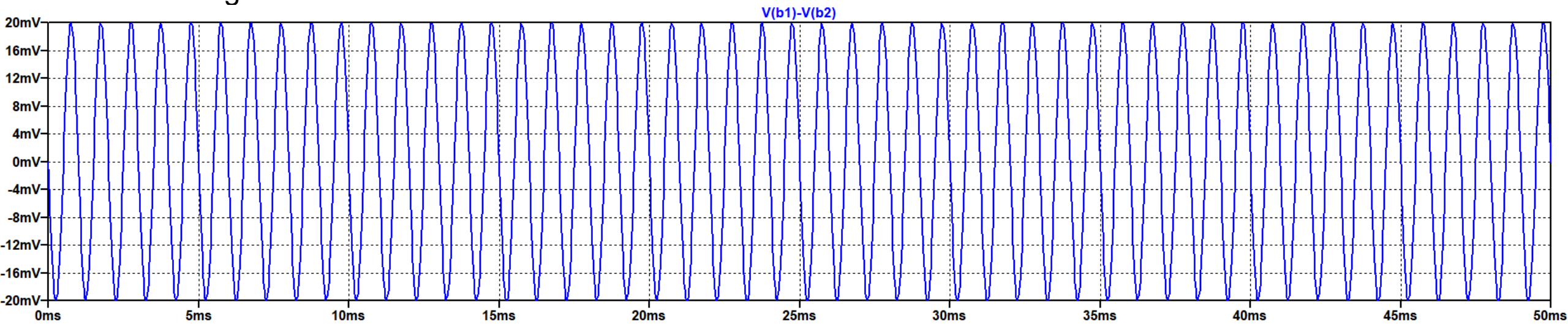
$$= 3,100 \text{ V/V} > 3000 \text{ V/V (thỏa mãn)}$$



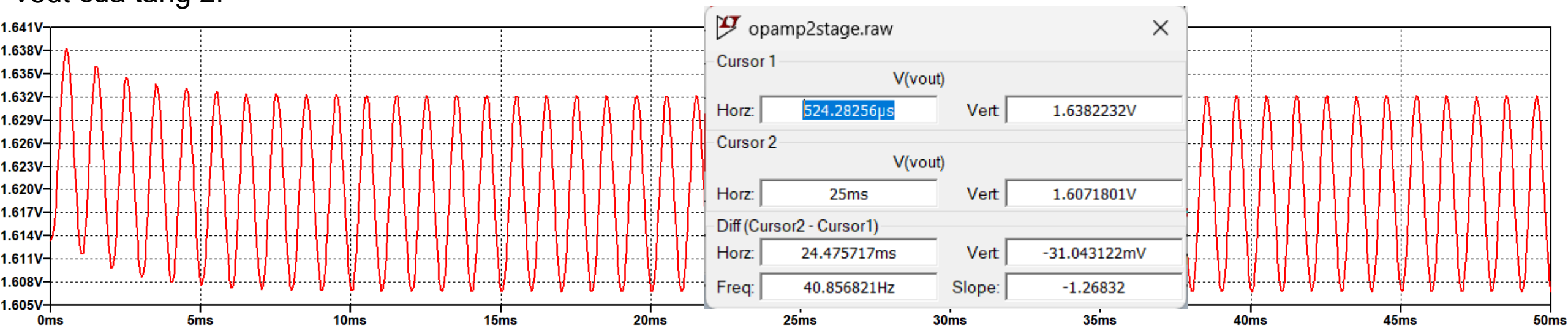
--- Operating Point ---		
V(n003) :	0.0294205	voltage
V(n005) :	0.00999487	voltage
V(vdd) :	2.5	voltage
V(n001) :	2.47487	voltage
V(n002) :	2.47487	voltage
V(b1) :	0.5	voltage
V(n004) :	0.375662	voltage
V(b2) :	0.5	voltage
V(n006) :	0.0738824	voltage
V(vout) :	1.2184	voltage
V(n007) :	0.116098	voltage
Id (M8) :	3e-05	device_current
Ig (M8) :	0	device_current
Ib (M8) :	-9.99487e-15	device_current
Is (M8) :	-3e-05	device_current
Id (M1) :	4.29495e-05	device_current
Ig (M1) :	0	device_current
Ib (M1) :	-2.87053e-12	device_current
Is (M1) :	-4.29495e-05	device_current
Id (M2) :	4.29495e-05	device_current
Ig (M2) :	0	device_current
Ib (M2) :	-2.87053e-12	device_current
Is (M2) :	-4.29495e-05	device_current
Id (M5) :	8.5899e-05	device_current
Ig (M5) :	0	device_current
Ib (M5) :	-7.38824e-14	device_current
Is (M5) :	-8.5899e-05	device_current
Id (M7) :	0.000600224	device_current
Ig (M7) :	0	device_current
Ib (M7) :	-1.16098e-13	device_current
Is (M7) :	-0.000600224	device_current
Id (M3) :	4.29495e-05	device_current
Ig (M3) :	-0	device_current
Ib (M3) :	3.13485e-14	device_current
Is (M3) :	-4.29495e-05	device_current
Id (M4) :	4.29495e-05	device_current
Ig (M4) :	-0	device_current
Ib (M4) :	3.13485e-14	device_current
Is (M4) :	-4.29495e-05	device_current
Id (M6) :	-0.000600224	device_current
Ig (M6) :	-0	device_current
Ib (M6) :	1.2916e-12	device_current
Is (M6) :	0.000600224	device_current
I (Cc) :	3.76939e-24	device_current
I (C1) :	1.2184e-23	device_current
I (I1) :	3e-05	device_current
I (V1) :	-0.000716123	device_current
I (V2) :	0	device_current
I (V3) :	0	device_current

I (V2) :	17700.8	device_current
I (V4) :	0	device_current
I (V6) :	0	device_current

Vout out của tầng 1:

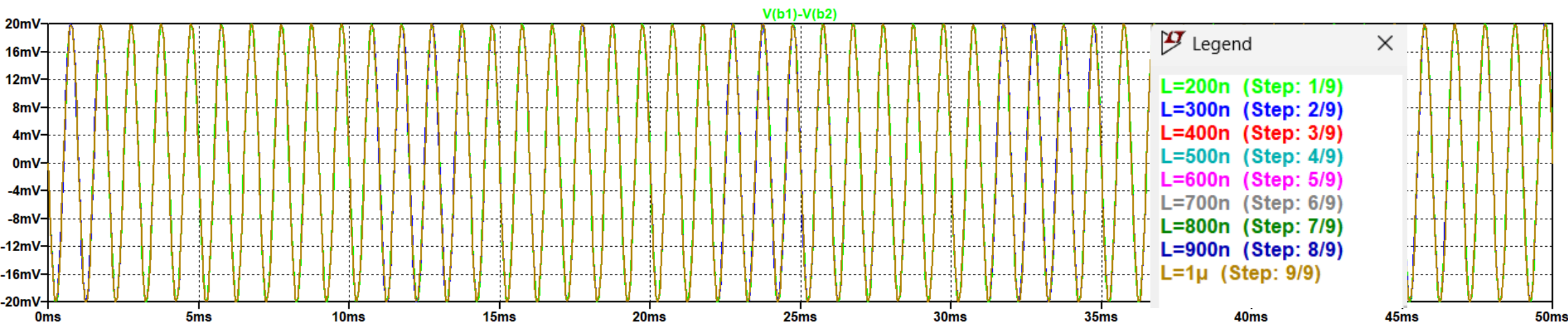


Vout của tầng 2:

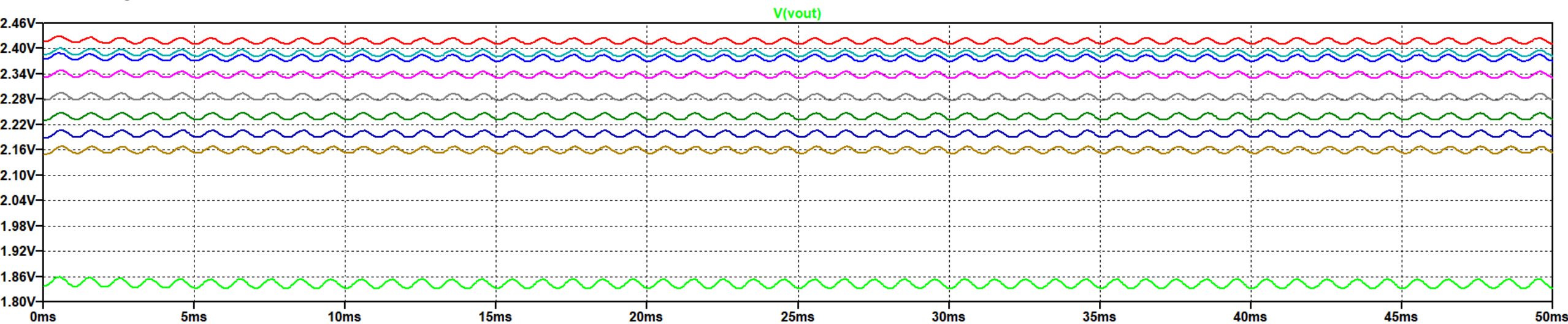


Nhận xét : $V_{out}(\max)$ là 1.63V $V_{out}(\min)$ là 1.6V thỏa mãn yêu cầu đề ra là $0.5V < V_{out} < 2V$

Khi thay đổi giá trị của L từ 200n đến 1000n với bước nhảy là 100n
Vout tầng 1:

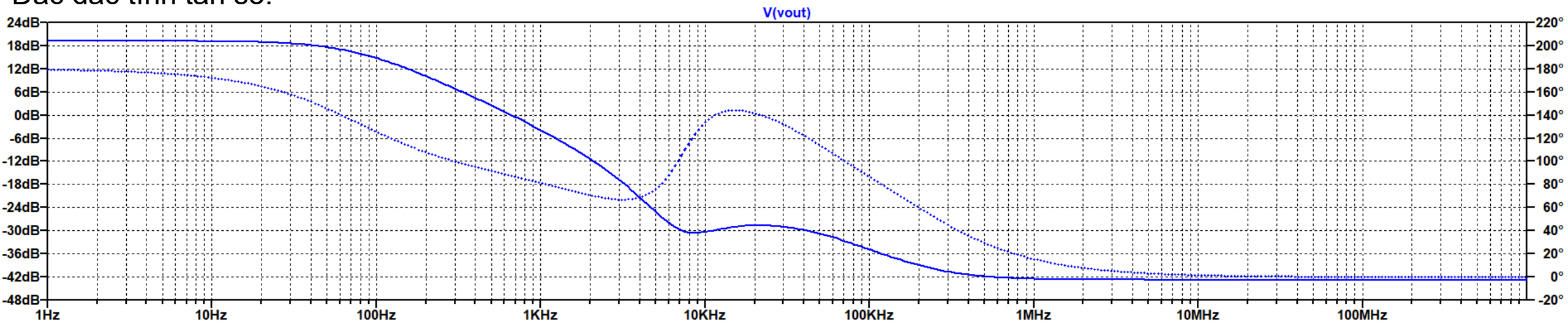


Vout tầng 2:



Nhận xét: Ta thấy khi thay đổi giá trị L thì ở điện áp ra tầng 1 không bị ảnh hưởng, còn đối với tầng 2 đạt giá trị cao nhất khi L=400n thấp nhất khi L=200n

Đặc tính tần số:



Nhận xét: Ta thấy tần số đạt giá trị cao nhất là 19.217dB

Tại vị trí 0dB băng thông là 648.44hz thấp hơn rất nhiều với giá trị đề ra là 5MHz
Giá trị pha đo được là 71.73° > giá trị đề ra là 60°

