

Ôn tập KTGHK – Phần BT – ĐS/BG 1 số câu1) **ĐS.**

- a) $V_{OUT} = V_{CC}(R_3/(R_3+R_2) - R_4/(R_4+R_1)) = V_{CC}((1 + \alpha T)/(2 + \alpha T) - 0.5)$ (vì $R_4 = R_1$ và $R_2 = R_3$ ở 0°C)
 b) $S = \Delta V_{out}/\Delta R_3 = dV_{out}/dT \times dT/dR_3 = -1/4R_0 = -2.5 \times 10^{-4} \text{ V}/\Omega$ (nếu ban đầu $T = 0$ và $R_0 = 1\text{k}\Omega$)
 và $\Delta V_{out} = S \times \Delta R_3 = -2.5 \times 10^{-4} \times 100 = -0.025 \text{ V}$.

2) **ĐS.**

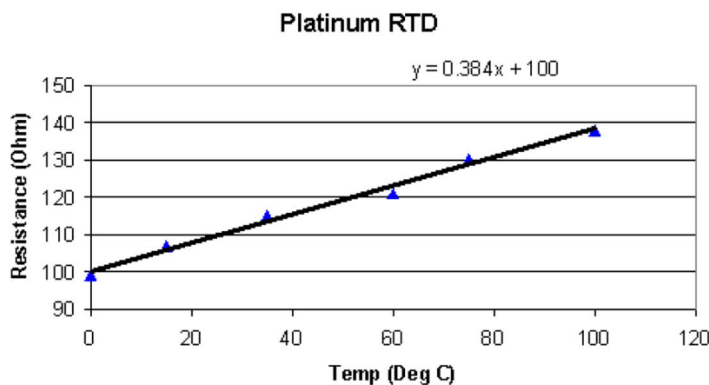
- a) $T = 34.78^\circ\text{C}$;
 b) $S = \Delta V_o/\Delta T = -0.0106 \text{ V}/^\circ\text{C}$ (nếu ban đầu T như ở a)
 Khi $\Delta T = 10^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta V_o = S \times \Delta T = -0.106 \text{ V}$

3) **ĐS.** $R_T = R_{T0}\exp(\beta(1/T - 1/T_0))$ với $\beta = 2500 \text{ K}$ và T là nhiệt độ Kelvin

- a) $R_{39} = R_T(T=39^\circ\text{C}) = 9.4962 \Omega$ và $V_o(T=39^\circ\text{C}) = 4.9905 \approx 4.99 \text{ V}$
 b) Nếu xét thay đổi từ $T = T_0$ thì : $S = \beta V_s R_1 R_T/[T_0(R_1 + R_0)]^2 \text{ (V/oK)}$

4) **BG.**

Điện trở $R_T (\Omega)$	99	107	115	121	130	138
Nhiệt độ $T (^\circ\text{C})$	0	15	35	60	75	100

a) **Đặc tuyến điện trở R_T theo nhiệt độ T** 

b) $R_T = R_0(1 + \alpha T)$,
 Ta tìm được R_0 và $R_{0\alpha}$ bằng hình vẽ bên trái.
 $R_0 = 100 \Omega$

$$R_{0\alpha} = 0.384 \Omega/^\circ\text{C} \Rightarrow \alpha = 0.384/R_0 = 0.00384/^\circ\text{C}$$

c) $R_{20} = 0.384 \times 20 + 100 = 107.68 \Omega$
 $\Rightarrow R_1 = R_2 = R_3 = R_{20}$ để $V_o = 0 \text{ V @ } 20^\circ\text{C}$
 @ 37°C : Giả sử $V_s = 10 \text{ V}$
 $R_{37} = 100(1 + 0.00384 \times 37) = 114.208 \approx 114.21 \Omega$
 $V_o = V_s \cdot (R_1/(R_1+R_{37}) - R_2/(R_2+R_3)) = -0.1471 \text{ V}$

Cách 2 (chính xác hơn): Dùng phương pháp bình phương tối thiểu để tìm các hệ số a và b của phương trình $y = ax + b$ với $y = R_T$ và $x = T$. Ta tìm được: $a = R_{0\alpha} = 0.3804$ và $b = R_0 = 100.265$

Nếu dùng Matlab, ta có mã sau:

```
x = [0 15 35 60 75 100]
y = [99 107 115 121 130 138]
S = polyfit(x, y, 1)
a = S(1)
b = S(2)
```

5)

6)

7) **ĐS.** $R_T = R_{T0}\exp(\beta(1/T - 1/T_0))$ với $\beta = 3500 \text{ K}$ và T là nhiệt độ Kelvin

- a) $R_{350^\circ\text{C}} = 26.9 \Omega$ và $R_{390^\circ\text{C}} = 23.26 \Omega$
 b) $V_{AB} = 5 - 50/(5 + R_T) \Rightarrow V_{AB@350^\circ\text{C}} = 3.43 \text{ V}$ và $V_{AB@390^\circ\text{C}} = 3.23$

8)

9)

10) **BG.**

- a) $V_{out}/R_4 = -V_{in}/R_2 + 5/R_2 + 2.5/R_4$ (vì $R_2 = R_3$)
 Nếu xét KĐ AC thì các thành phần DC xem như là 0, dẫn đến
 $V_{out}/R_4 = -V_{in}/R_2 \Rightarrow A_v = -R_4/R_2 = -100$
 b) Nếu chỉ xét với tín hiệu AC:
 $Z_{in} = R_1//R_2 = 1 \text{ k}\Omega // 10 \text{ k}\Omega = 10/11 \text{ k}\Omega$
 $Z_{out} \approx 0$ (opamp lý tưởng)

11) BG.

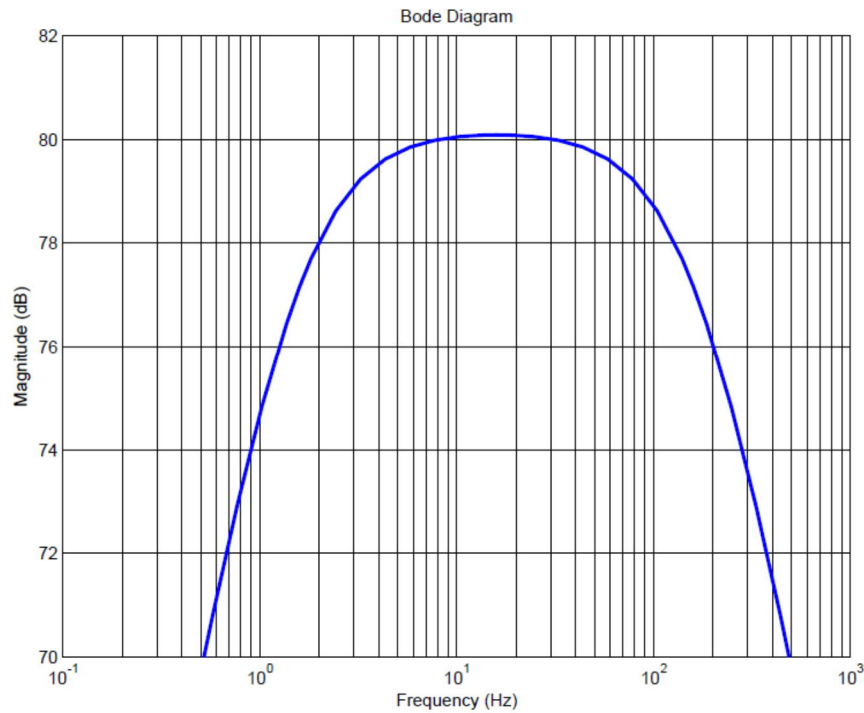
a) $H(s) = (1 + R_f/R_1)^2 \times 1/(1 + 1/sCR) \times 1/(1 + sC'R')$ với $s = j\omega$

Đặt $\omega_L = 1/RC = 10 \text{ rad/s}$ và $\omega_H = 1/C'R' = 1000 \text{ rad/s}$, ta có:

$$H(s) = 10201/[(1 + \omega_L/s)(1 + s/\omega_H)] = 10201s/(0.001s^2 + 1.01s + 10)$$

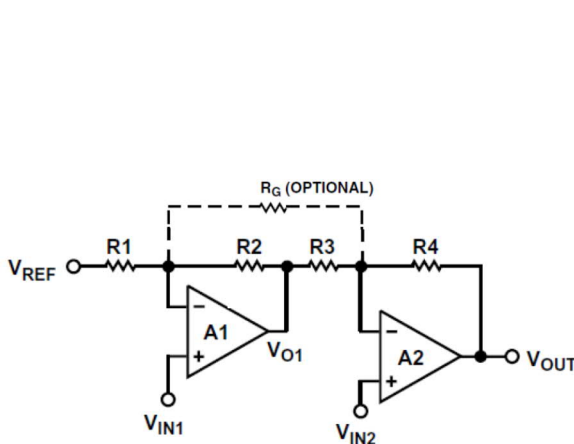
b) Tần số cắt dưới $f_L = \omega_L/2\pi = 1.59 \text{ Hz}$ và Tần số cắt trên $f_H = \omega_H/2\pi = 159.16 \text{ Hz}$.

Giản đồ Bode của đáp ứng biên độ:



12)

13) BG.



a) Khi không có RG

$$V_{O1} = -R_2 V_{REF}/R_1 + (1 + R_2/R_1)V_{IN1}$$

$$V_{OUT} = -R_4 V_{O1}/R_3 + (1 + R_4/R_3)V_{IN2}$$

Theo đề bài, $R_2/R_1 = R_3/R_4 = 1/4$

Suy ra

$$V_{OUT} = V_{REF} + (1 + R_4/R_3)(V_{IN2} - V_{IN1})$$

$$V_{OUT} = 5(V_{IN2} - V_{IN1}) + V_{REF}$$

b) Khi có RG và VREF = 0

Vì $v_+ = v_-$ với opamp ở chế độ KĐ:

• Với opamp 1:

(Đặt $V_A = V_{O1}$, $V_1 = V_{IN1}$ và $V_2 = V_{IN2}$)

$$(V_{REF} - V_1)/R_1 = (V_1 - V_2)/R_G + (V_1 - V_A)/R_2 \quad (1)$$

• Với opamp 2: ($R_4 = R_1$ và $R_3 = R_2$)

$$(V_2 - V_{OUT})/R_1 = (V_1 - V_2)/R_G + (V_A - V_2)/R_2 \quad (2)$$

• Cộng (1) và (2), ta có

$$(V_{REF} + V_2 - V_1 - V_{OUT})/R_1 = 2(V_1 - V_2)/R_G + (V_1 - V_2)/R_2$$

$$\Rightarrow V_{OUT} = (1 + R_1/R_2 + 2R_1/R_G)(V_{IN2} - V_{IN1})$$

14)

15)

16) BG.

Ta có ($V_{sat+} = -V_{sat-} = V_{SAT}$)

$$UTP = R_F V_{REF}/(R_1 + R_F) + R_1 V_{SAT}/(R_1 + R_F)$$

$$LTP = R_F V_{REF}/(R_1 + R_F) - R_1 V_{SAT}/(R_1 + R_F)$$

Suy ra:

$$UTP - LTP = 2R_1 V_{SAT}/(R_1 + R_F) = 20/(1 + R_F/R_1) = 1 - (-3) = 4 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R_F/R_1 = 4 \Rightarrow R_1 = 20 \text{ k}\Omega/5 = 5 \text{ k}\Omega$$

Tìm V_{REF} :

$$UTP = R_F/R_1 \times V_{REF}/(1 + R_F/R_1) + V_{SAT}/(1 + R_F/R_1) = 4V_{REF}/5 + 10/5 = 1 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{REF} = -5/4 \text{ V} = -1.25 \text{ V}$$

17) BG.

Chú ý: Mạch này có đặc tuyến ngược lại câu 16, nghĩa là khi $V_I \ll$ thì opamp bão hòa âm.
Ta tìm điểm chuyển khi $V_+ = V_-$:

$$V_+ = R_2 V_I / (R_1 + R_2) + R_1 V_O / (R_1 + R_2) = V_- = V_{REF}$$

Suy ra:

$$V_I = (1 + R_2/R_1)V_{REF} - R_1 V_O / R_2$$

Như vậy:

$$UTP = (1 + R_2/R_1)V_{REF} - R_1 V_{SAT-} / R_2$$

$$LTP = (1 + R_2/R_1)V_{REF} - R_1 V_{SAT+} / R_2$$

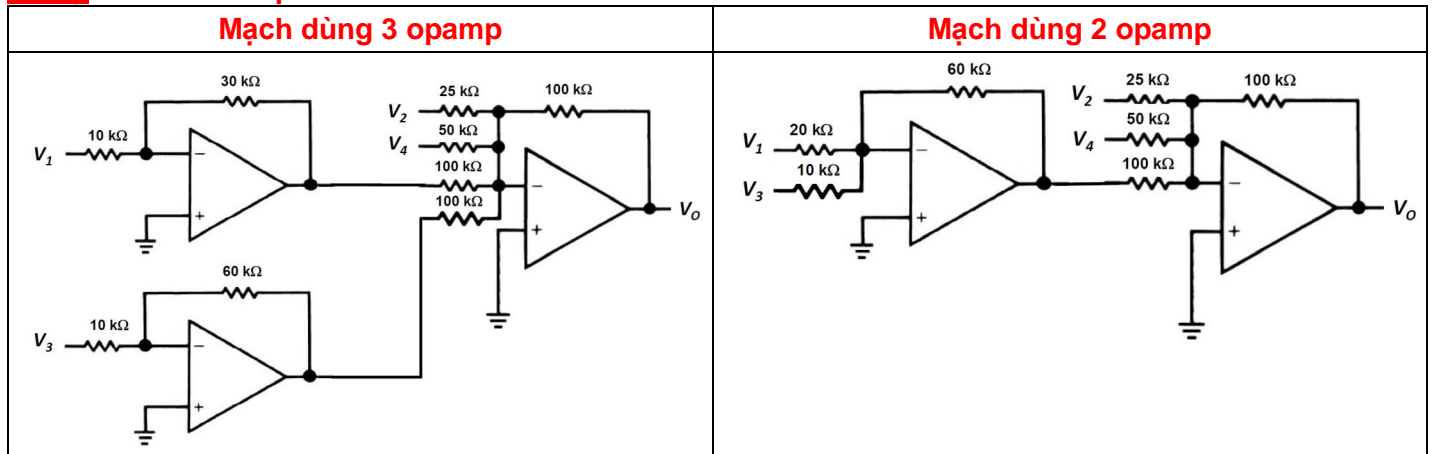
$$UTP - LTP = 4 - 1 = 3 = -R_1(V_{SAT-} - V_{SAT+}) / R_2 = 24R_1 / R_2 \Rightarrow R_2/R_1 = 8$$

$$\text{Chọn } R_1 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 80 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow UTP = 4 = (1 + 8)V_{REF} + 12/8 \Rightarrow V_{REF} = 5/18 \text{ V}$$

18) ĐS. Người ta muốn thiết kế mạch thực hiện biểu thức sau: $V_O = 3V_1 - 4V_2 + 6V_3 - 2V_4$

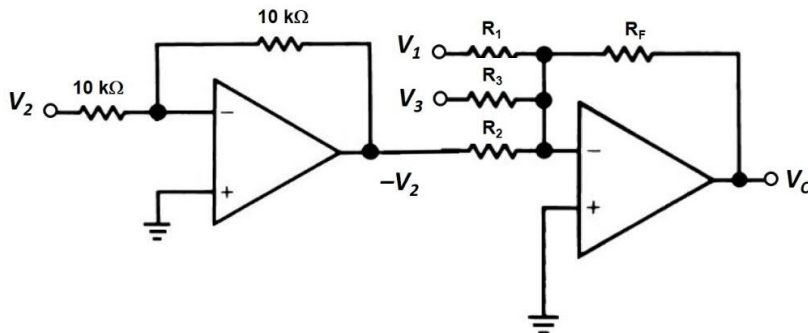
Chú ý: Có nhiều đáp án cho các R.



19) BG.

Có thể viết lại biểu thức ra: $V_O = -3V_1 - 5V_3 + 7.5V_2$

❖ **Cách 1:** Dùng 2 opamp



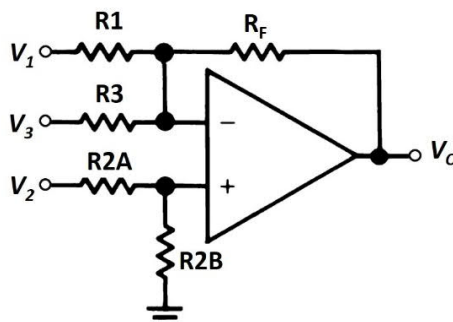
Mạch trên cho $V_O = -R_F(V_1/R_1 + V_3/R_3 - V_2/R_2) = V_O = -3V_1 - 5V_3 + 7.5V_2$

Suy ra: $R_F/R_1 = 3$, $R_F/R_3 = 5$, và $R_F/R_2 = 7.5$

Điện trở nhỏ nhất là $R_2 \Rightarrow R_2 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_F = 7.5 \times 10 \text{ k}\Omega = 75 \text{ k}\Omega$

Như vậy: $R_1 = R_F/3 = 75/3 = 25 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 75/5 = 15 \text{ k}\Omega$.

❖ **Cách 2:** Dùng 1 opamp



Với mạch trên, áp dụng định lý xếp chồng ta tìm được:

$$V_o = -(R_F/R_1)V_1 - (R_F/R_3)V_3 + (1 + R_F/(R_1//R_3))R_{2B}V_3/(R_{2A} + R_{2B}) \quad (1)$$

So sánh (1) với đề bài: $V_o = -3V_1 - 5V_3 + 7.5V_2$

Suy ra:

$$R_F/R_1 = 3 \quad (2)$$

$$R_F/R_3 = 5 \quad (3)$$

$$(1 + R_F/(R_1//R_3))R_{2B}V_3/(R_{2A} + R_{2B}) = 7.5 \quad (4)$$

Vì hệ này có 5 ẩn mà chỉ có 3 phương trình, ta có thể chọn giá trị cho 2 điện trở trước và tính các R còn lại: (có nhiều bộ nghiệm)

- Nhận xét (2) và (3) ta có thể chọn $R_F = 3 \times 5 \times 10 \text{ k}\Omega = 150 \text{ k}\Omega$
 $\Rightarrow R_1 = R_F/3 = 50 \text{ k}\Omega$ và $R_3 = R_F/5 = 30 \text{ k}\Omega$.
- Trước hết tính $1 + R_F/(R_1//R_3) = 1 + 150/(50 \times 30) = 1 + 8 = 9$
và thay vào (4) ta có

$$R_{2B}/(R_{2A} + R_{2B}) = 7.5/9 \text{ hay } 1 + R_{2A}/R_{2B} = 9/7.5 = 3/2.5 = 30/25 \Rightarrow R_{2A}/R_{2B} = 1/5$$

$$\text{Nếu chọn } R_{2A} = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_{2B} = 5 R_{2A} = 50 \text{ k}\Omega.$$

Tóm lại, 1 bộ nghiệm thỏa đề bài là

$R_F = 150 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$. $R_{2A} = 10 \text{ k}\Omega$, và $R_{2B} = 50 \text{ k}\Omega$.

20) **ĐS.**

- a) $A_2 = V_{O2}/V_{O1} = -9/2 = -4.5$
- b) $V_{O2} = 54V_1 + 18V_2 - 36V_3$
- c) $V_{O2} = -67.5V_1$

21) **BG.**

Nhận xét:

- Khi $V_2 = 0$, mạch giống KĐ đảo
 $V_o = V_{o1} = -R_2/R_1 = G_1V_1$ với $G_1 = -R_2/R_1 = -51/4.9 = -10.4082$
- Khi $V_1 = 0$, mạch giống KĐ không đảo
 $V_o = V_{o2} = (1 + R_2/R_1)R_4V_2/(R_3 + R_4) = G_2V_2$
với $G_2 = (1 + R_2/R_1)R_4/(R_3 + R_4) = 10.3607$

Bằng định lý xếp chồng ta tìm được điện áp ra

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = G_1V_1 + G_2V_2 \quad (1)$$

với $G_1 = -10.4082$ và $G_2 = 10.3607$

$$R_1 = 4.9, R_2=51, R_3 = 10.1, R_4=99.9, G_1=-R_2/R_1, G_2=(1 + R_2/R_1)*R_4/(R_3 + R_4)$$

Theo lý thuyết ta có

- thành phần vào vi sai là $V_d = V_2 - V_1$
- thành phần vào cách chung là $V_c = (V_2 + V_1)/2$
- điện áp ra $V_o = G_dV_d + G_cV_c \quad (2)$

Thay biểu thức của V_d và V_c vào (2) và so sánh với (1), suy ra

$$G_1 = -G_d + G_c/2$$

$$G_2 = G_d + G_c/2$$

Giải hệ này ta được

$$G_d = (G_2 - G_1)/2 = (10.3607 - (-10.4082))/2 = 10.3844 \quad (a)$$

$$G_c = G_2 + G_1 = 10.3607 - 10.4082 = -0.0475 \quad (b)$$

Như vậy

$$CMRR = 20\lg(|G_d/G_c|) = 20\lg(10.3844/0.0475) = 46.7938 \approx 47 \text{ dB} \quad (c)$$

22) **BG.**

Gọi độ lợi dải giữa của op amp thứ nhất là K_1 , thứ hai là K_2 và của toàn mạch là $K = K_1 \times K_2$.

a) Mạch opamp thứ nhất là mạch lọc thông thấp với tần số cắt là $f_{LP} = 1/2\pi R_2 C_1$ và $K_1 = -R_2/R_1$.

Mạch opamp thứ hai là mạch lọc thông cao với tần số cắt là $f_{HP} = 1/2\pi R_3 C_2$. và $K_2 = -R_4/R_3$.

b) Điều kiện để cho mạch này trở thành mạch thông dải là $f_{LP} > f_{HP}$.

c) Điều kiện để cho mạch này trở thành mạch triệt dải là $f_{LP} > f_{HP}$.

d)

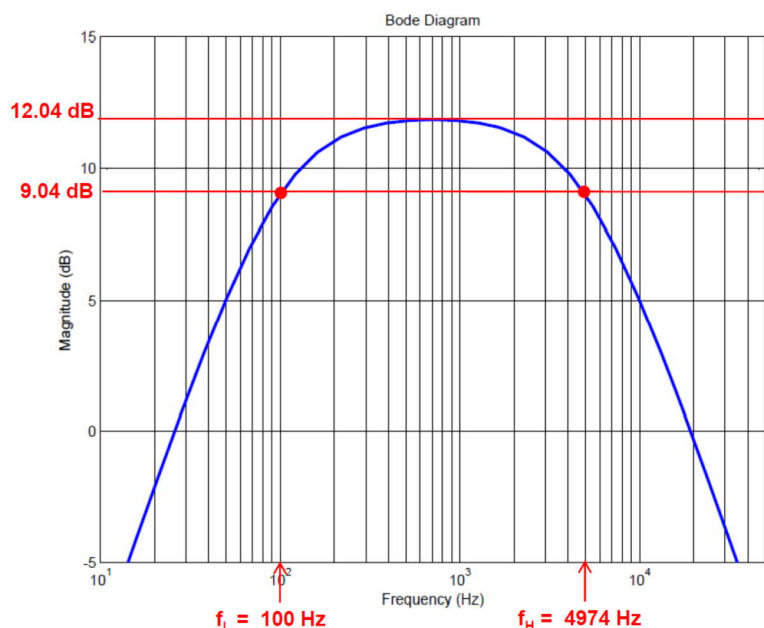
- Mạch opamp đầu thực hiện mạch thông thấp với tần số cắt $f_{c1} = 1/2\pi C_1 R_2 \approx 4.974 \text{ kHz}$
- Mạch opamp sau thực hiện mạch thông cao với tần số cắt $f_{c2} = 1/2\pi C_2 R_3 = 0.1 \text{ kHz}$

Vì $f_{c2} < f_{c1} \Rightarrow$ toàn mạch là mạch lọc thông dải với

Tần số cắt dưới $f_{cL} = 0.1 \text{ kHz}$ và tần số cắt trên $f_{cH} = 4.974 \text{ kHz}$.

- Độ lợi dải giữa tính được khi hở mạch $C1$ và ngắn mạch $C2$:

$$K = (-R_2/R_1) \times (-R_4/R_3) = (R_2/R_1) \times (R_4/R_3) = (100k/50k) \times (10k/5k) = 2 \times 2 = 4$$



23) HD: Xem biểu thức V_o và đặc tuyến trong bài giảng.

24) BG.

- $Z_{in} = 100 \text{ k}\Omega$ và $Z_{in} = R_1 \Rightarrow R_1 = 100 \text{ k}\Omega$
- Độ lợi DC $= |-R_F/R_1| = 50 \Rightarrow R_F = 50R_1 = 5 \text{ M}\Omega$
- Tần số cắt $-3\text{dB} = f_L = 50 \text{ kHz} = 1/2\pi C_F R_F \Rightarrow C_F = 1/2\pi R_F f_L = 0.64 \text{ pF}$

25)

26) ĐS.

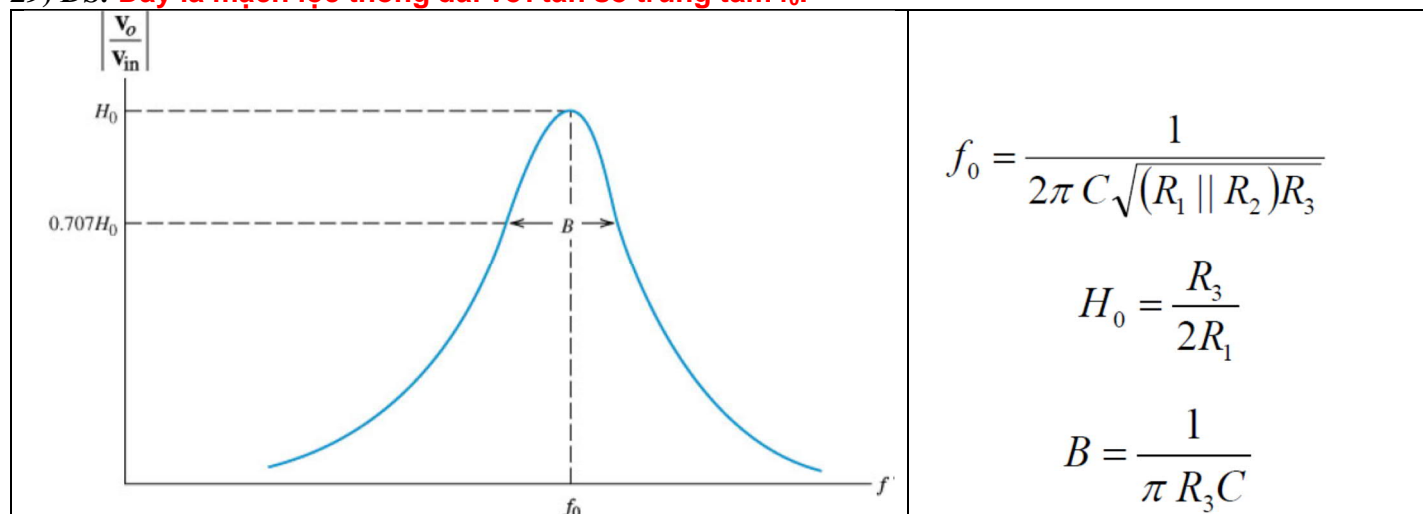
- $V_o = -R_2 V_i / R_1 = -5V_i \text{ (V)}$
- $I_3 = (1 + R_2/R_L) V_i / R_1 = 1.2V_i \text{ (A)}$
- I_3 không thay đổi vì nó không phụ thuộc R_3 .

27) ĐS.

- $A_v = V_o/V_i = (1 + R_2/R_1) (1 + R_3/R_2 + R_3/R_4)$
 $A_v = (1 + 25/5) (1 + 5/25 + 5/5) = 6 \times 11/5 = 66/5 = 13.2$
- Nếu V_i thuộc khoảng $(V_{sat}/A_v, V_{sat}+A_v)$ thì op amp vẫn ở miền KĐ.

28) ĐS. $i_o = -V_{in}/R_f$

29) ĐS. Đây là mạch lọc thông dải với tần số trung tâm f_0 .



30) ĐS.

- Hình 27 – Mạch có dạng hình 16
- Hình 28 – Mạch có dạng hình 15
- Hình 29 – Mạch phát hiện zero (ngõ ra bảo hòa dương khi $V_i > 0$) + mạch tích phân
- Hình 30 – Mạch phát hiện zero (ngõ ra bảo hòa âm khi $V_i > 0$) + mạch tích phân