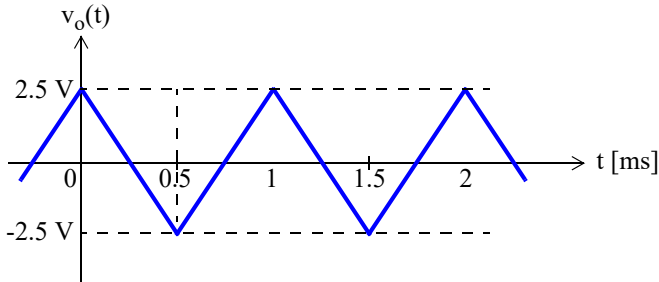


Problème no. 1 (25 points)a) **Déterminer et tracer** en fonction du temps la tension de sortie $v_o(t)$. (12 points)Le premier amplificateur est un suiveur. Le gain est égal à 1. La tension $v_a(t)$ est donc égale à la tension $v_s(t)$.Le deuxième amplificateur est un montage sommateur. La tension de sortie $v_o(t)$ est donnée par la relation suivante:

$$v_o(t) = -\left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega} \times v_s(t) + \frac{10k\Omega}{20k\Omega} \times (-5V)\right) = -v_s(t) + 2.5V$$

b) **Déterminer et tracer** en fonction du temps la tension de sortie $v_o(t)$. (13 points)La tension de sortie $v_o(t)$ est égale à l'intégrale de la tension $v_s(t)$:

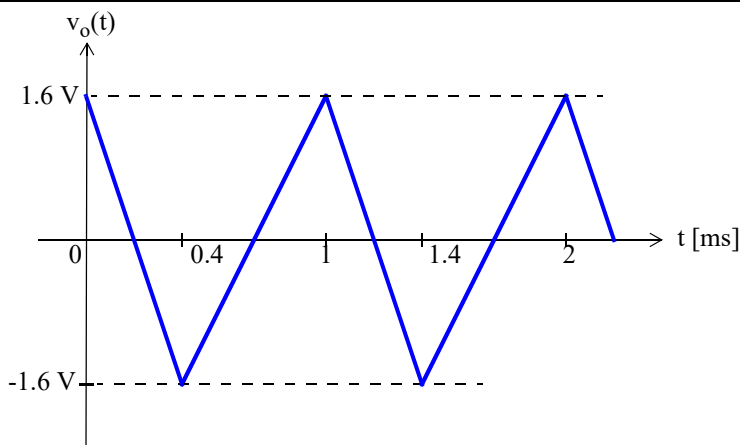
$$v_o(t) = \frac{-1}{R_1 C_1} \int_0^t v_s(t) dt + v_{C1}(0) = \frac{-1}{1.5 \times 10^{-3}} \int_0^t v_s(t) dt + 1.6 V$$

Pour $0 < t < 0.4 \text{ ms}$, la tension $v_o(t)$ est égale à:

$$v_o(t) = \frac{-12}{1.5 \times 10^{-3}} \int_0^t dt + 1.6 = -8000t + 1.6$$

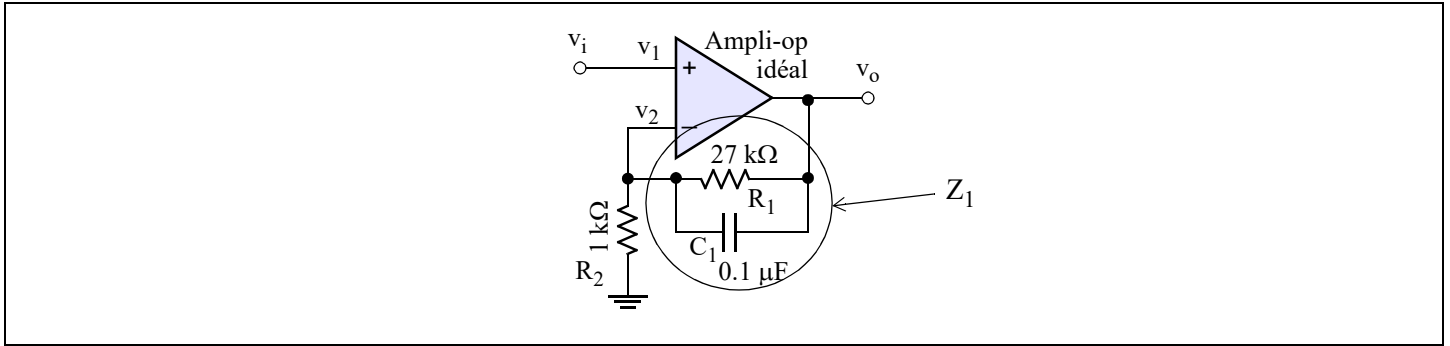
À $t = 0.4 \text{ ms}$, la tension v_o est égale à $v_o(0.4 \text{ ms}) = -8000 \times 0.4 \text{ ms} + 1.6 = -1.6 V$ Pour $0.4 \text{ ms} < t < 1.0 \text{ ms}$, la tension $v_o(t)$ est égale à:

$$v_o(t) = \frac{8}{1.5 \times 10^{-3}} \int_{0.4 \text{ ms}}^t dt + v_o(0.4 \text{ ms}) = 5333.33(t - 0.4 \text{ ms}) - 1.6$$

À $t = 1.0 \text{ ms}$, la tension v_o est égale à $v_o(1.0 \text{ ms}) = 5333.33 \times 0.6 \text{ ms} - 1.6 = 1.6 V$ 

Problème no. 2 (25 points)

a)



L'impédance Z_1 est égale à:

$$Z_1 = \frac{R_1 \times \frac{1}{C_1 s}}{R_1 + \frac{1}{C_1 s}} = \frac{R_1}{R_1 C_1 s + 1} = \frac{27 \text{ k}\Omega}{(27 \text{ k}\Omega \times 0.1 \mu\text{F})s + 1} = \frac{27 \text{ k}\Omega}{(2.7 \times 10^{-3})s + 1}$$

La fonction de transfert du filtre:

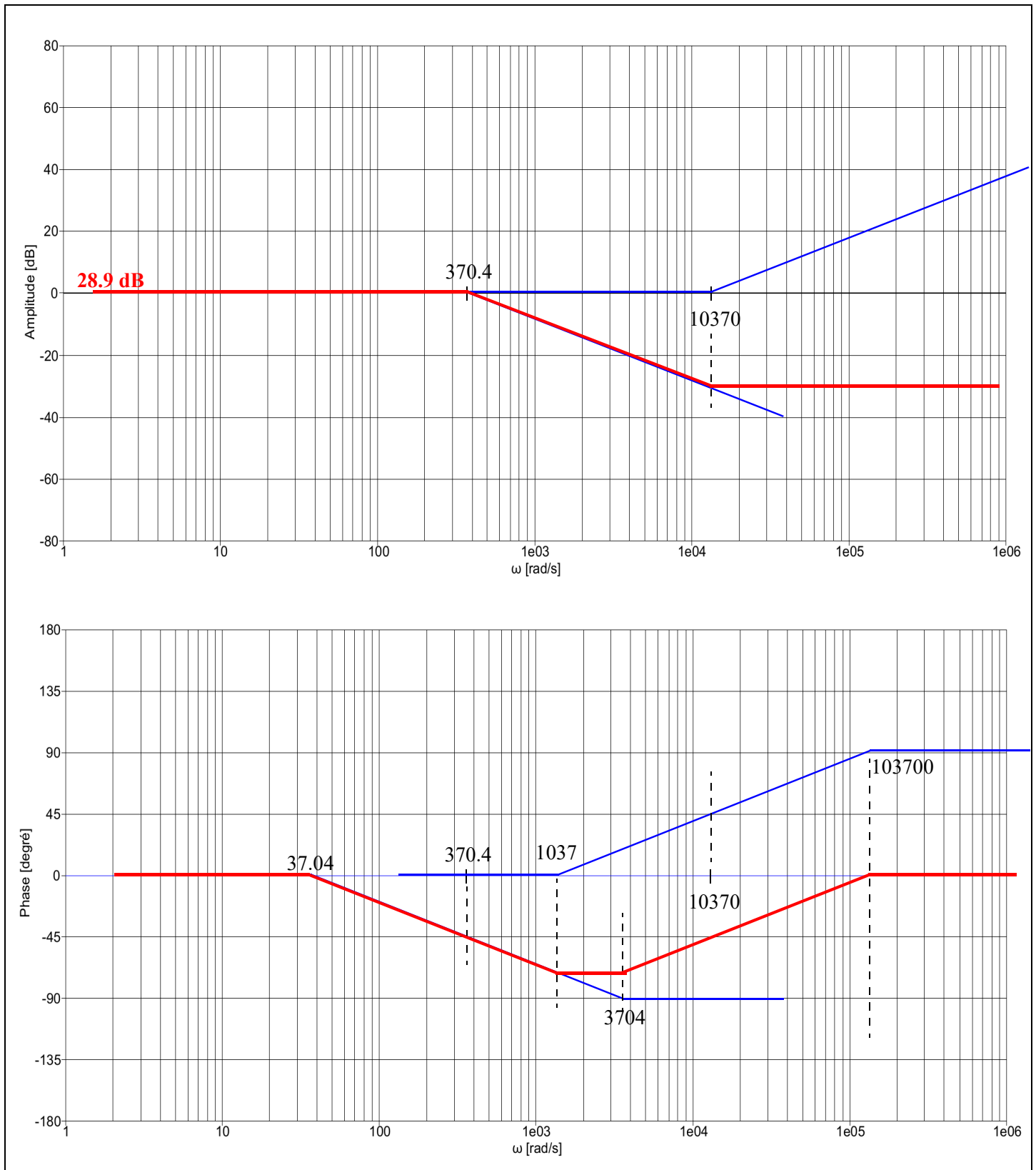
$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{R_2 + Z_1}{R_2} = \frac{1 \text{ k}\Omega + \frac{27 \text{ k}\Omega}{(2.7 \times 10^{-3})s + 1}}{1 \text{ k}\Omega} = 1 + \frac{27}{(2.7 \times 10^{-3})s + 1}$$

$$H(s) = \frac{(2.7 \times 10^{-3})s + 28}{(2.7 \times 10^{-3})s + 1} = 28 \times \frac{1 + (9.6429 \times 10^{-5})s}{1 + (2.7 \times 10^{-3})s} = 28 \times \frac{1 + \left(\frac{s}{10370}\right)}{1 + \left(\frac{s}{370.4}\right)}$$

On écrit $H(s)$ sous la forme d'un produit de trois fonctions de transfert:

$$H(s) = 28 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{370.4}\right)} \times \left[1 + \left(\frac{s}{10370}\right)\right]$$

Le gain en DC est égal à 28 (ou 28.9 dB)

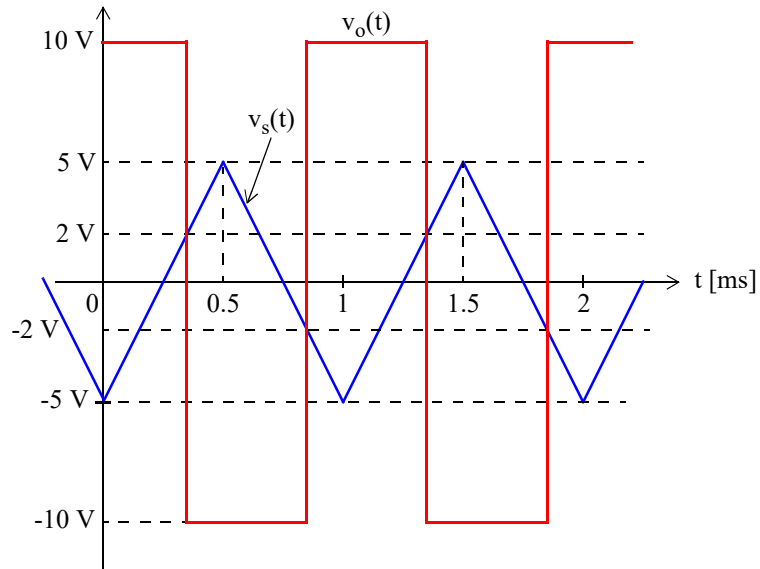


b) Les deux niveaux de comparaison du comparateur sont déterminés par le diviseur de tension composé des deux résistances R_1 et R_2 .

Lorsque $v_o = +10 \text{ V}$, le niveau de comparaison est
$$V_H = \frac{7.5\text{k}\Omega}{7.5\text{k}\Omega + 30\text{k}\Omega} \times 10\text{V} = 2\text{V}$$

Lorsque $v_o = -10 \text{ V}$, le niveau de comparaison est
$$V_L = \frac{7.5\text{k}\Omega}{7.5\text{k}\Omega + 30\text{k}\Omega} \times (-10\text{V}) = -2\text{V}$$

Le signal de sortie $v_o(t)$ est montré dans la figure suivante.



Problème no. 3 (20 points)

a)

Déterminer la puissance dissipée dans le chip en régime statique (5 points)

La puissance dissipée (en régime dynamique) dans le chip pour une fréquence de fonctionnement de 100 MHz est égale à:

$$P_{\text{dynamique}(100\text{MHz})} = P_{T(150\text{MHz})} - P_{T(50\text{MHz})} = 15\text{W} - 6.5\text{W} = 8.5\text{W}$$

La puissance dissipée en régime dynamique de 150 MHz est égale à:

$$P_{\text{dynamique}(150\text{MHz})} = P_{\text{dynamique}(100\text{MHz})} \times \frac{150}{100} = 8.5\text{W} \times \frac{150}{100} = 12.75\text{W}.$$

La puissance dissipée dans le chip en régime statique est égale à:

$$P_{\text{statique}} = P_{T(150\text{MHz})} - P_{\text{dynamique}(150\text{MHz})} = 15\text{W} - 12.75\text{W} = 2.25\text{W}$$

On suppose que 70% des portes logiques sont actifs. Déterminer la valeur moyenne des condensateurs de charge C_L dans ce chip (5 points)Le nombre des portes logiques actifs est: $N_{\text{portes}} = 0.7 \times 10^6 = 700000$ La puissance moyenne dissipée dans une porte en régime dynamique (150 MHz) est égale à:

$$P_I = \frac{12.75\text{W}}{700000} = 18.214\mu\text{W}.$$

Cette puissance représente l'énergie d'une charge et d'une décharge du condensateur C_L durant une période de:

$$T = \frac{1}{150\text{MHz}} = 6.667\text{ns}$$

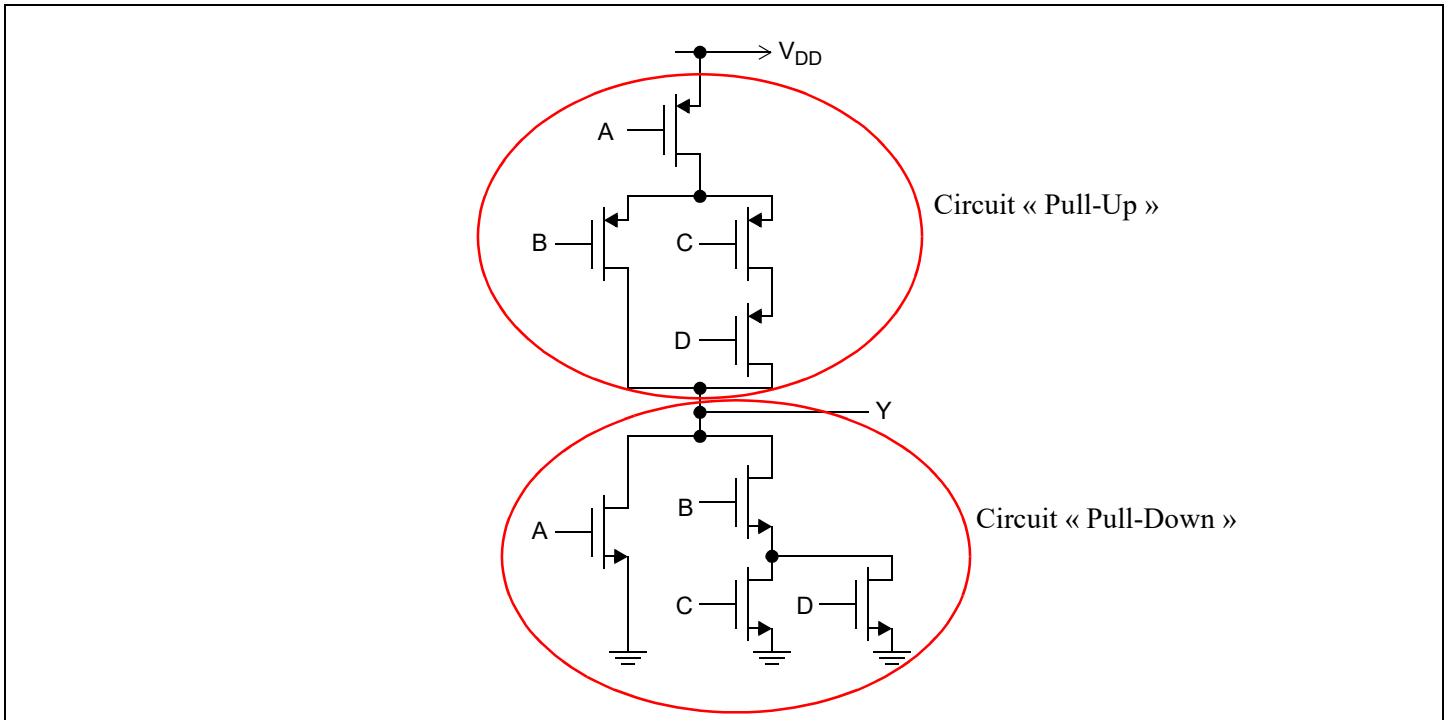
La puissance dissipée durant une charge du condensateur C_L est égale à:

$$P_{CL} = \frac{18.214\mu\text{W}}{2} = 9.107\mu\text{W} = \frac{1}{2} C_L V_{CC}^2 \times f$$

La valeur du condensateur C_L est égale à:

$$C_L = \frac{2 \times 9.107\mu\text{W}}{V_{CC}^2 \times f} = \frac{2 \times 9.107\mu\text{W}}{(5\text{V})^2 \times (150 \times 10^6)} = 4.857 \times 10^{-15}\text{F} = 4.857\text{fF}$$

b) **Identifier** les circuits « Pull-Up » et « Pull-Down » du circuit logique. (4 points)



- **Déterminer** la fonction logique réalisée par le circuit « Pull-Up » (2 points)

La fonction logique réalisée par le circuit « Pull-Up » est: $Y = \bar{A} \cdot (\bar{B} + \bar{C} \cdot \bar{D})$

- **Déterminer** la fonction logique réalisée par le circuit « Pull-Down » (2 points)

La fonction logique réalisée par le circuit « Pull-Down » est: $\bar{Y} = A + (B \cdot (C + D))$

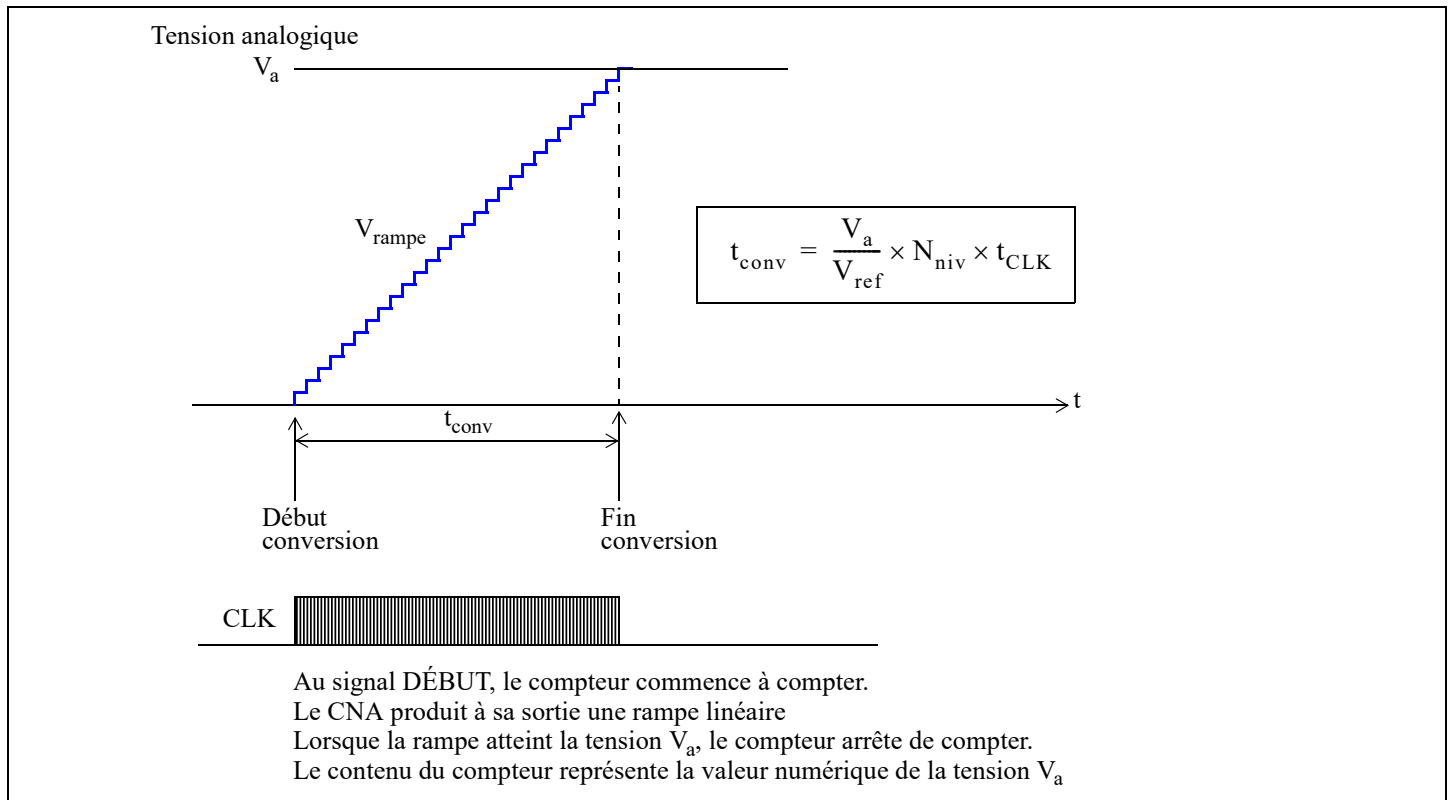
- **Déterminer** la fonction logique globale du circuit logique. (2 points)

La fonction logique globale réalisée par le circuit logique est: $Y = \overline{A + (B \cdot (C + D))}$

Problème no. 4 (30 points)

a)

- **Tracer** des formes d'onde pour **expliquer** le principe de la conversion analogique-numérique implantée dans ce montage. (4 points)



- **Déterminer** le temps de conversion et la sortie numérique (binaire) pour une tension analogique $V_a = 0.572 \text{ V}$. (4 points)

Le nombre de niveaux de ce convertisseur A/N est égal à: $N_{\text{niv}} = 2^8 = 256$.

La période d'horloge est égale à: $T_{\text{CLK}} = \frac{1}{f_{\text{CLK}}} = \frac{1}{100\text{kHz}} = 10\mu\text{s}$

Le temps de conversion pour une tension analogique $V_a = 0.572 \text{ V}$ est égal à:

$$t_{\text{conv}} = \frac{V_a}{V_{\text{ref}}} \times N_{\text{niv}} \times t_{\text{CLK}} = \frac{0.572\text{V}}{1.000\text{V}} \times 256 \times 10\mu\text{s} = 1464\mu\text{s}$$

La sortie numérique (en décimale) pour une tension analogique $V_a = 0.572 \text{ V}$ est égale à:

$$V_{\text{num}} = \frac{V_a}{V_{\text{ref}}} \times N_{\text{niv}} = \frac{0.572\text{V}}{1.000\text{V}} \times 256 = 146$$

En hexadécimal, V_{num} est: $V_{\text{hex}} = (1 \times 128) + (1 \times 16) + (1 \times 2) = 92\text{H}$

Donc en binaire, V_{num} est: $V_{\text{bin}} = 1001\ 0010$

- **Déterminer** l'erreur de quantification du convertisseur. (2 points)

L'erreur de quantification est égale à: $\Delta V = \frac{V_{\text{ref}}}{N_{\text{niv}}} = \frac{1.000\text{V}}{256} = 3.9\text{mV}$

b)

- **Calculer** la valeur numérique des variables v_a , v_b et v_x . (4 points)Les tensions analogiques V_a et V_b sont:

$$V_a = 0.72 \times 5V = 3.60V$$

$$V_b = 0.33 \times 5V = 1.65V$$

Les valeurs numériques des nombres entiers v_a et v_b sont:

$$v_a = \frac{3.6V}{5V} \times 1023 = 737$$

$$v_b = \frac{1.65V}{5V} \times 1023 = 338$$

La valeur numérique du nombre entier v_x est:

$$v_x = \frac{v_a - v_b}{4} = \frac{737 - 338}{4} = 99$$

- **Calculer** le rapport cyclique du signal V_5 . (4 points)Le rapport cyclique du signal PWM V_5 est égal à:

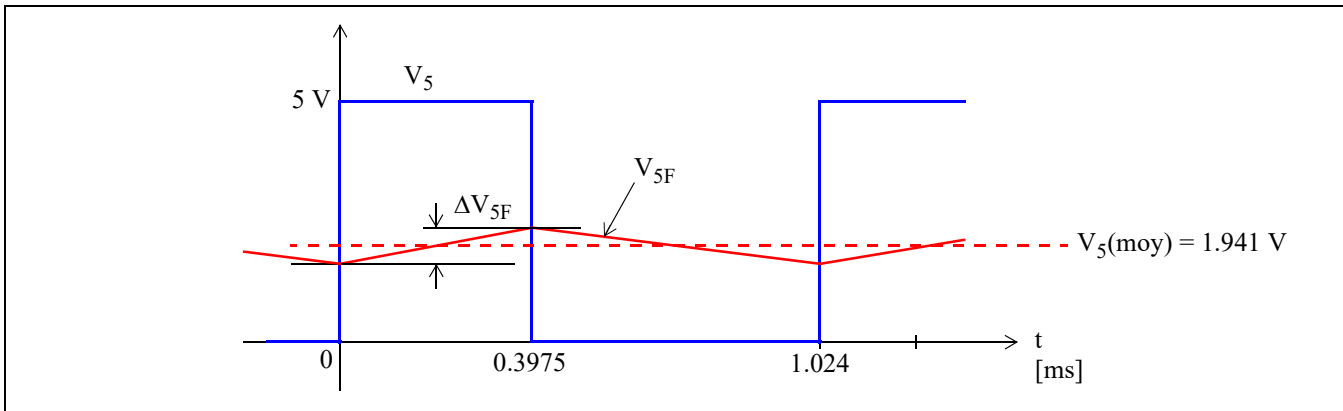
$$d_{V_5} = \frac{v_x}{255} = \frac{99}{255} = 0.3882$$

- **Tracer** en fonction du temps la tension V_5 et la tension V_{5F} . (4 points)La période du signal PWM V_5 est égale à:

$$T_s = \frac{1}{976.56} = 1.024 \text{ ms}$$

La largeur du signal PWM V_5 est égale à:

$$t_{on} = d_{V_5} \times T_s = 0.3882 \times 1.024 \text{ ms} = 0.3975 \text{ ms}$$

- **Calculer** la valeur moyenne et l'ondulation de la tensions V_{5F} . (4 points)La valeur moyenne de la tension V_{5F} est égale à la valeur moyenne de la tension V_5 :

$$V_5(\text{moy}) = d_{V_5} \times 5V = 0.3882 \times 5V = 1.941V$$

Durant la montée, le condensateur est chargé avec un courant moyen égal à:

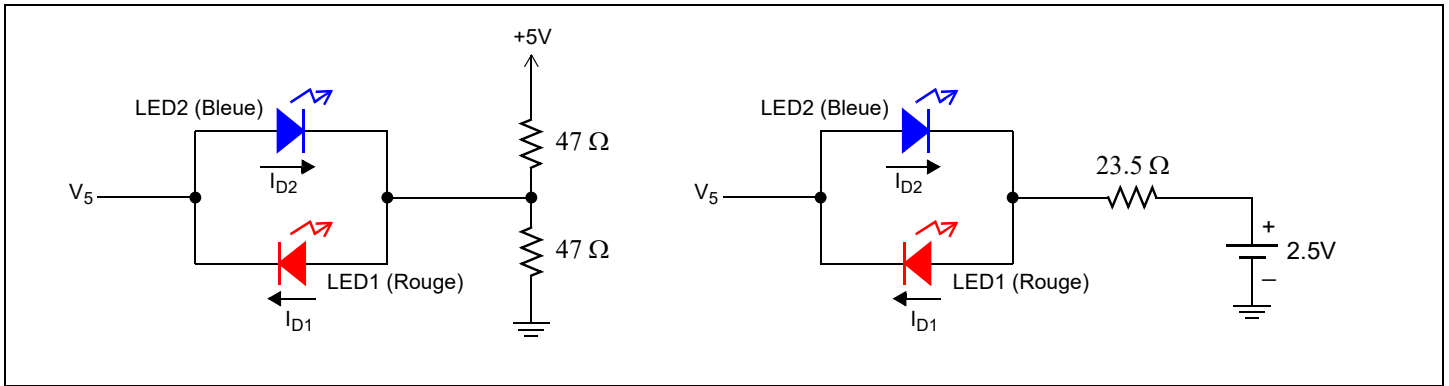
$$i_C = i_R = \frac{5V - V_5(\text{moy})}{20k\Omega} = \frac{5V - 1.941V}{20k\Omega} = 0.153 \text{ mA}$$

Au bout de $t_{on} = 0.3975$ ms, la tension V_{5F} a augmenté d'une quantité égale à:

$$\Delta V_{5F} = \frac{1}{C} \times i_C \times t_{on} = \frac{1}{0.2\mu\text{F}} \times 0.153 \text{ mA} \times 0.3975 \text{ ms} = 0.3041 \text{ V}$$

L'ondulation de la tension V_{5F} est donc égale à 0.3041 V.

On remplace le filtre passe-bas à la sortie par deux LEDs comme montré à la figure suivante.



- Calculer le courant moyen dans chaque LED. (4 points)

Lorsque $V_5 = 5$ V, les deux LEDs sont bloquées.

Lorsque $V_5 = 0$ V, la LED2 (bleue) est bloquée et la LED1 (rouge) conduit un courant égal à $\left(\frac{2.5\text{V} - 2.1\text{V}}{23.5\Omega}\right) = 17\text{mA}$.

La valeur moyenne du courant I_{D1} est égale à: $I_{D1}(\text{moy}) = (1 - 0.3882) \times 17\text{mA} = 6.6\text{mA}$

La valeur moyenne du courant I_{D2} est égale à: $I_{D2}(\text{moy}) = 0$