

# Horloge à opérateurs logiques

I- BUT : Montrer l'utilisation de portes logiques (opérateurs logiques) pour la réalisation d'horloges.

II- MATERIELS :

Composants :

- 1 CI 7400
- 1 CI 7404
- 1 Quartz 100KHz à 1 MHz
- 1 résistances 220  $\Omega$
- 2 résistances 2.2 k $\Omega$
- 1 potentiomètre 100 K $\Omega$
- 1 capacité 0.005  $\mu$ F/10V
- 1 capacité 0.01  $\mu$ F/10V
- 1 capacité 0.02  $\mu$ F/10V
- 1 capacité 0.1  $\mu$ F
- 1 capacité 1  $\mu$ F

Matériels :

- 1 oscilloscope
- 1 alimentation continue régulée +5V

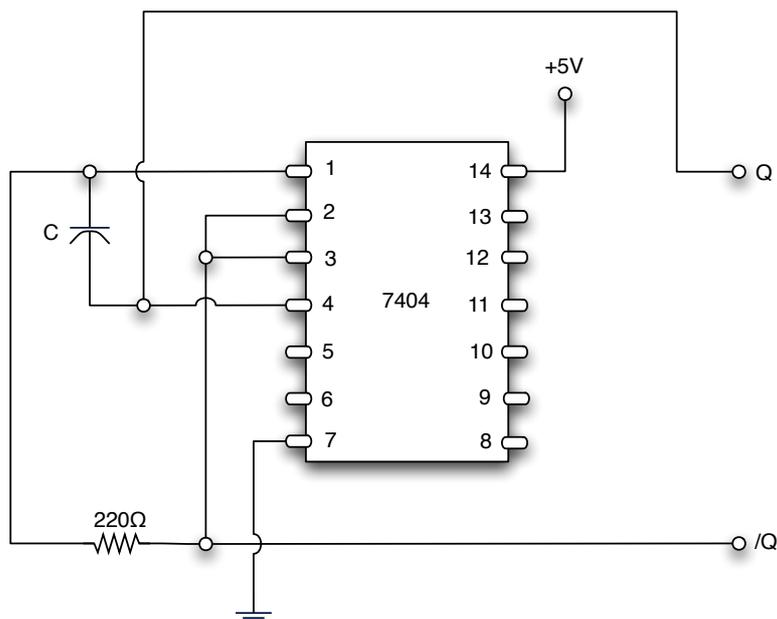


Fig. 48

III- MONTAGES :

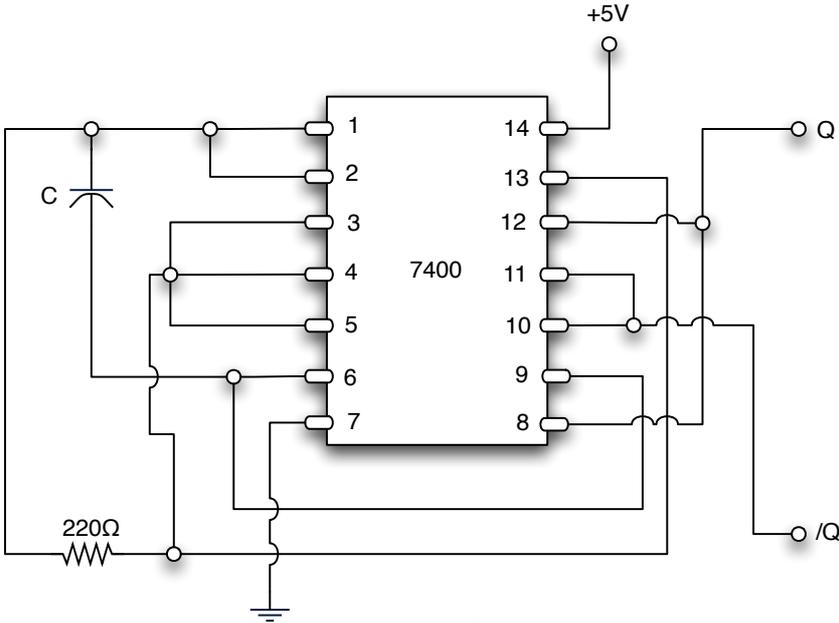


Fig. 49

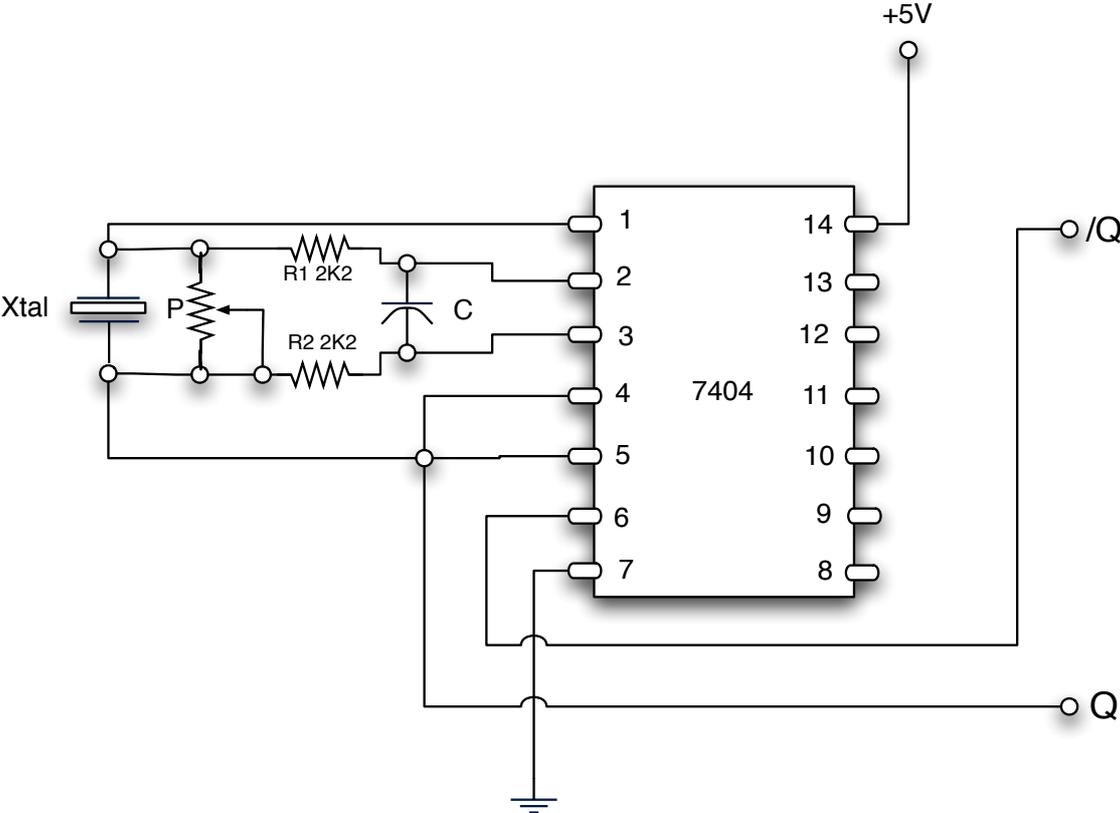
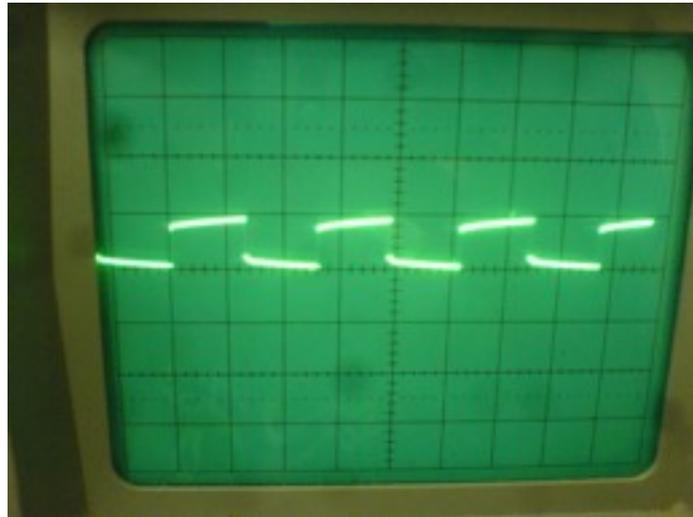


Fig. 50

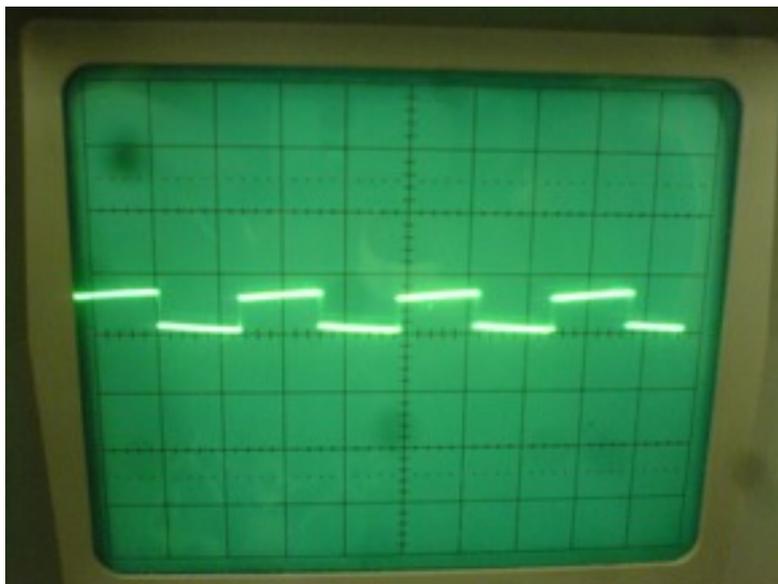
IV- ETAPES :

- 1- Circuit de la figure 48 réalisé.
- 2- Après avoir branché le canal 1 de l'oscilloscope à la sortie  $Q$ , j'ai réglé la largeur de l'impulsion à environ 1 cm. La forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 20  $\mu$ s/DIV

- 3- Après avoir branché le canal 2 de l'oscilloscope à la sortie  $/Q$ , la forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 20  $\mu$ s/DIV

- 4- En comparant les deux ondes, je remarque que leur période est la même, l'amplitude de  $V_Q$  est légèrement plus petite mais surtout que  $V_Q$  est inversé par rapport à  $V_C$ .
- 5- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge et puis noter sa valeur dans la colonne " $f_{calcul}$ " du tableau 26.

$$f = 1/(3 \cdot R \cdot C) = 1/(3 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 10^{-7}) = 15151.515 \text{ Hz} = 15 \text{ KHz}$$

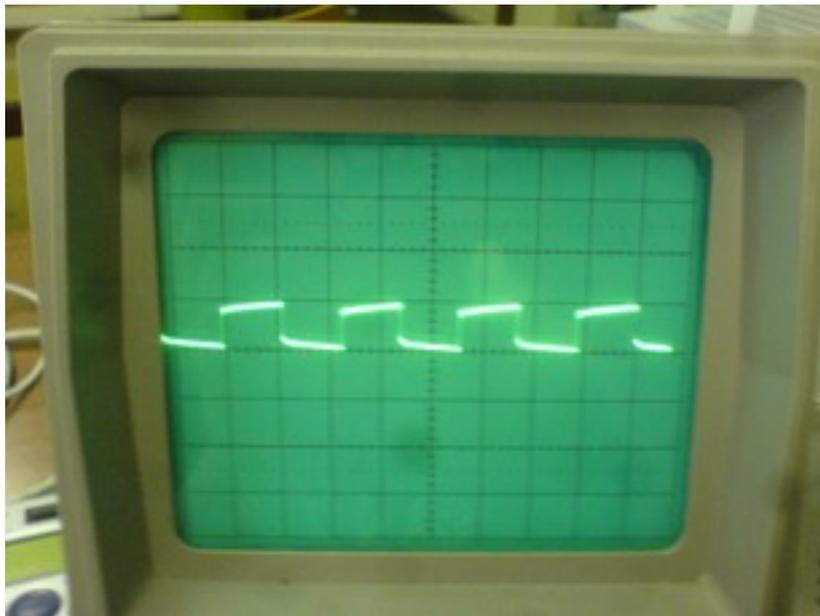
- 6- Mesure de la période  $T$  pour un cycle puis noter la valeur de la mesure dans la colonne " $T$ " du tableau 26.

$$T_{(mesure)} = 52 \mu\text{s}$$

- 7- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge à l'aide de la formule :

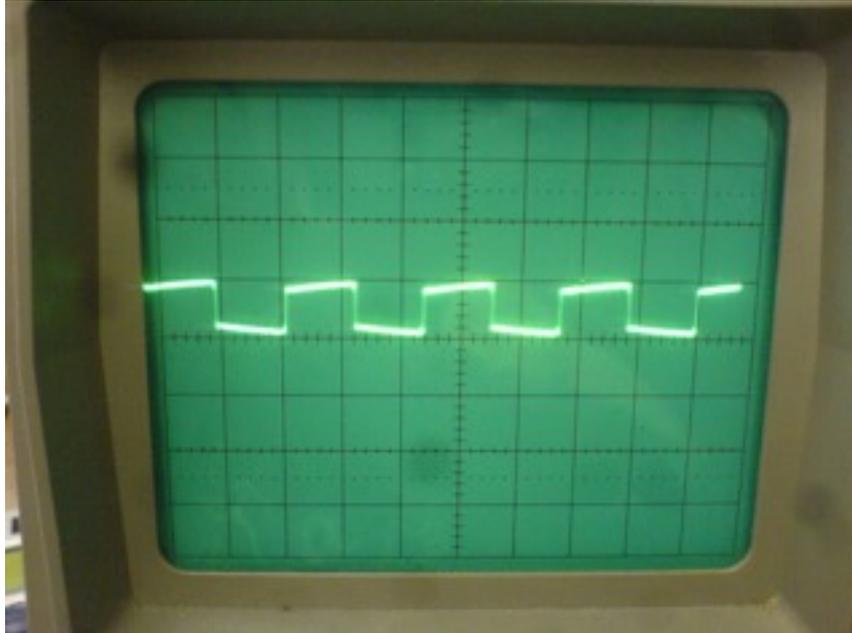
$$f = 1/T_{(mesure)} = 1/52 \mu\text{s} = 19230 \text{ Hz}$$

- 8- En comparant ces deux valeurs, je constate qu'elles sont proches mais pas identiques. La différence vient de la tolérance des composants et du circuit atténuateur de l'oscilloscope.
- 9- Répétition des étapes 2 à 8 avec les autres valeurs de la capacité  $C$  notées dans le tableau 26.
- 2bis- Après avoir branché le canal 1 de l'oscilloscope à la sortie  $Q$ , j'ai réglé la largeur de l'impulsion à environ 1 cm. La forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 5  $\mu\text{s}$ /DIV

3bis- Après avoir branché le canal 2 de l'oscilloscope à la sortie /Q, la forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 5  $\mu$ s/DIV

4bis- En comparant les deux ondes, je remarque que leur période est la même, l'amplitude est la même mais surtout que /Q est inversé par rapport à Q.

5bis- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge et puis noter sa valeur dans la colonne "f calcul" du tableau 26.

$$f = 1/(3 \cdot R \cdot C) = 1/(3 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 10^{-8}) = 75757.57 \text{ Hz} = 75.75 \text{ KHz}$$

6bis- Mesure de la période T pour un cycle puis noter la valeur de la mesure dans la colonne "T" du tableau 26.

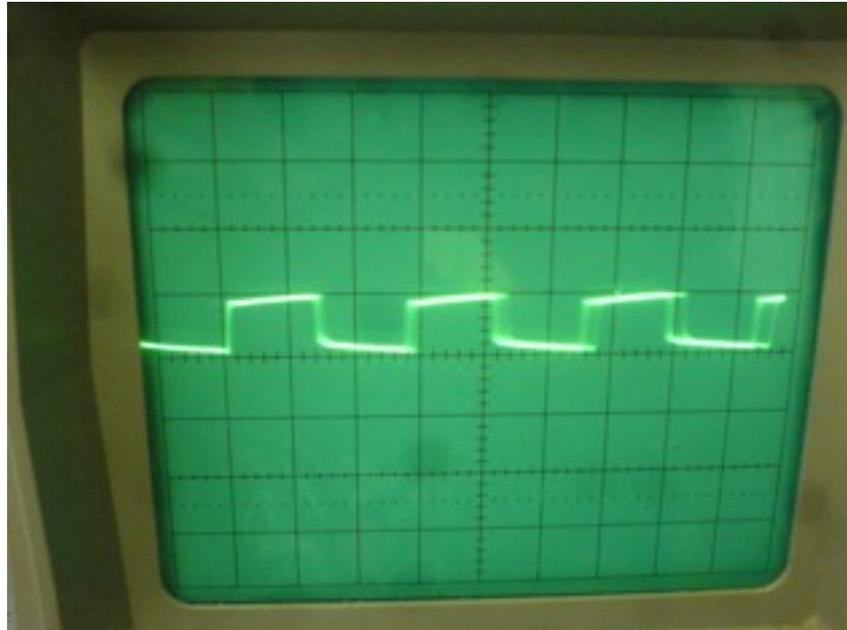
$$T_{(\text{mesure})} = 11.5 \mu\text{s}$$

7bis- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge à l'aide de la formule :

$$f = 1/T_{(\text{mesure})} = 1/11.5 \mu\text{s} = 86956 \text{ Hz}$$

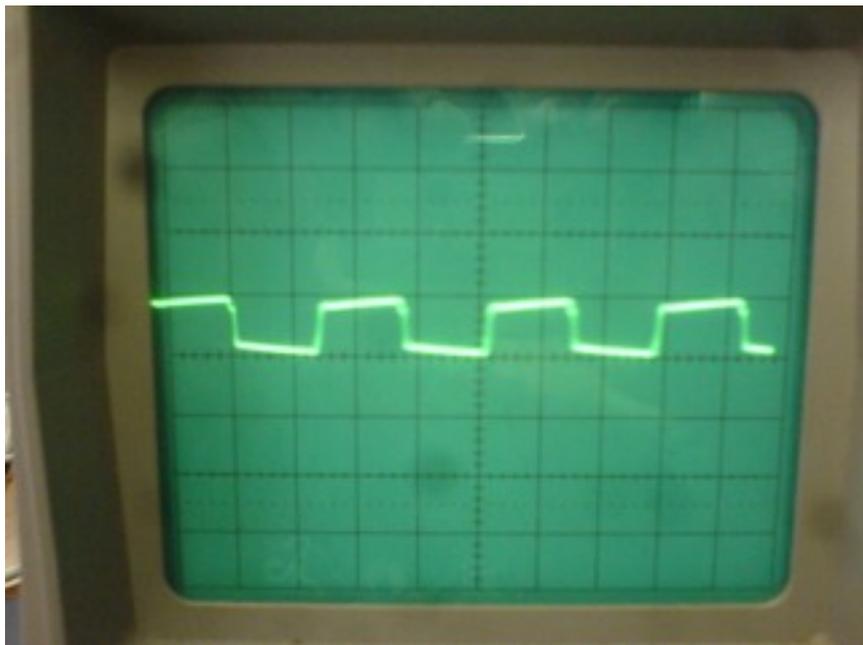
8bis- En comparant ces deux valeurs, je constate qu'elles sont proches mais pas identiques. La différence vient de la tolérance des composants et du circuit atténuateur de l'oscilloscope.

2ter- Après avoir branché le canal 1 de l'oscilloscope à la sortie  $Q$ , j'ai réglé la largeur de l'impulsion à environ 1 cm. La forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 1  $\mu$ s/DIV

3ter- Après avoir branché le canal 2 de l'oscilloscope à la sortie  $/Q$ , la forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 1  $\mu$ s/DIV

4ter- En comparant les deux ondes, je remarque que leur période est la même, l'amplitude est la même mais surtout que  $1/Q$  est inversé par rapport à  $Q$ .

5ter- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge et puis noter sa valeur dans la colonne " $f_{calcul}$ " du tableau 26.

$$f = 1/(3 \cdot R \cdot C) = 1/(3 \cdot 220 \cdot 5 \cdot 10^{-9}) = 303030.303 \text{ Hz} = 303.03 \text{ KHz}$$

6ter- Mesure de la période  $T$  pour un cycle puis noter la valeur de la mesure dans la colonne " $T$ " du tableau 26.

$$T_{(mesure)} = 2.8 \mu\text{s}$$

7ter- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge à l'aide de la formule :

$$f = 1/T_{(mesure)} = 1/2.8 \mu\text{s} = 357142 \text{ Hz}$$

8ter- En comparant ces deux valeurs, je constate qu'elles sont proches mais pas identiques. La différence vient de la tolérance des composants et du circuit atténuateur de l'oscilloscope.

<b>C(<math>\mu\text{F}</math>)</b>	<b><math>f(\text{calcul})</math></b>	<b>T(mesure)</b>	<b><math>f(\text{mesure})</math></b>
1	1515 Hz	impossible(pas de signal carré)	impossible(pas de signal carré)
0.1	15 KHz	52 $\mu\text{s}$	19230 Hz
0.02	75.75 KHz	11.5 $\mu\text{s}$	86956 Hz
0.005	303.03 KHz	2.8 $\mu\text{s}$	357142 Hz

tableau 26

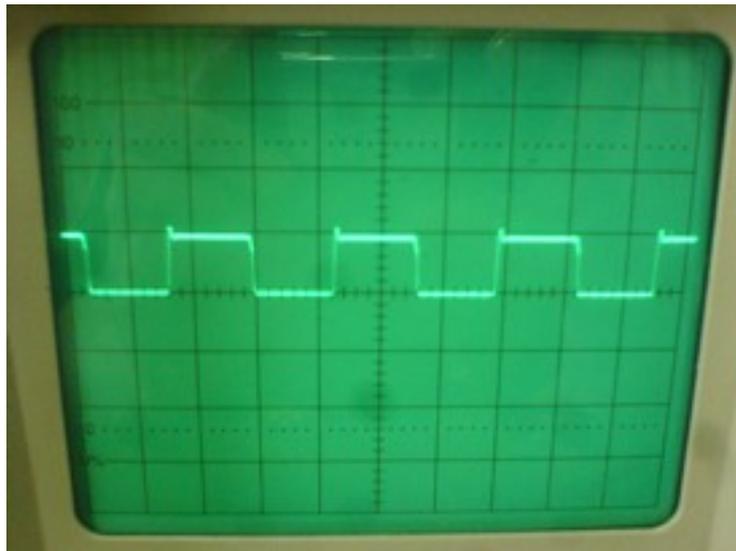
- 10- Le rôle de la résistance  $R$  est de décharger le condensateur une fois chargé. Elle a aussi un rôle de contre réaction.
- 11- Le rôle de la capacité  $C$  est de , par son temps de charge et décharge, régler la largeur de l'impulsion, soit  $T$ . Et par l'inverse de  $T$  déterminer la fréquence.

Horloge à portes NAND

12- Circuit de la figure 49 réalisé avec  $R = 220 \Omega$  et  $C = 0.005 \mu\text{F}$

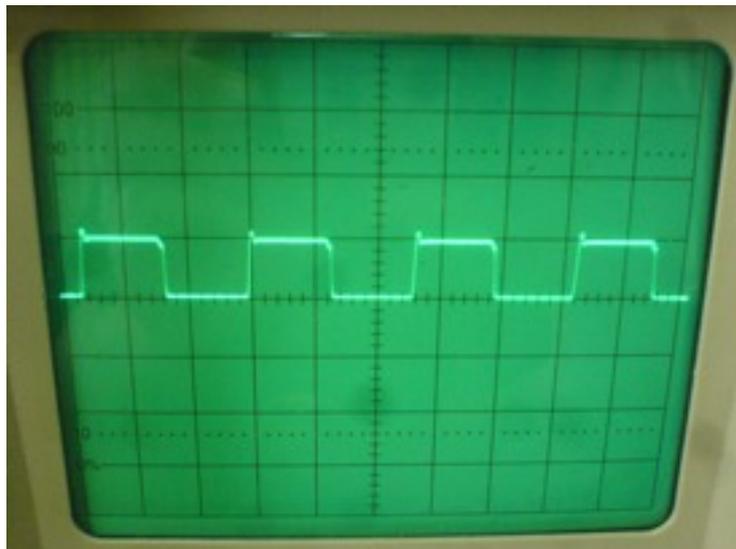
13- Répétition des étapes 2 à 8.

2quater- Après avoir branché le canal 1 de l'oscilloscope à la sortie  $Q$ , j'ai réglé la largeur de l'impulsion à environ 1 cm. La forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 1  $\mu\text{s}$ /DIV

3quater- Après avoir branché le canal 2 de l'oscilloscope à la sortie  $\bar{Q}$ , la forme d'onde observée est comme ceci :



5V/DIV et 1  $\mu\text{s}$ /DIV

4quater- En comparant les deux ondes, je remarque que leur période est la même, et que  $1/Q$  est inversé par rapport à  $Q$ .

5quater- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge et puis noter sa valeur dans la colonne "f calcul" du tableau 26bis.

$$f = 1/(3 \cdot R \cdot C) = 1/(3 \cdot 220 \cdot 5 \cdot 10^{-9}) = 303030.303 \text{ Hz} = 303 \text{ KHz}$$

6quater- Mesure de la période  $T$  pour un cycle puis noter la valeur de la mesure dans la colonne "T" du tableau 26bis.

$$T_{(\text{mesure})} = 2.7 \mu\text{s}$$

7quater- Calcul de la valeur de la fréquence  $f$  de l'horloge à l'aide de la formule :

$$f = 1/T_{(\text{mesure})} = 1/2.7 \mu\text{s} = 370370 \text{ Hz}$$

8quater- En comparant ces deux valeurs, je constate qu'elles sont proches mais pas identiques. La différence vient de la tolérance des composants et du circuit atténuateur de l'oscilloscope.

C(μF)	f(calcul)	T(mesure)	f(mesure)
0.005	303 KHz	2.7 μs	370370 Hz

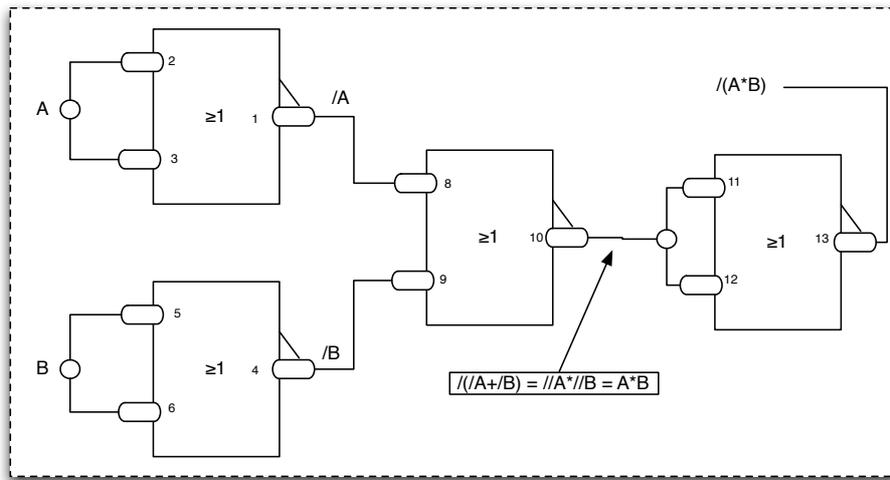
tableau 26bis

14- En comparant les formes d'ondes de sortie de l'horloge à portes NAND avec celles à portes inverseuses, je constate que, avec des portes NAND, le signal est plus "propre" qu'avec des portes inverseuses.

#### Horloge à portes NOR

15- Je dois maintenant réaliser un montage avec uniquement des portes NOR en prenant  $R = 220 \Omega$  et  $C = 0.1 \mu\text{F}$ . J'ai choisi des CI 74HC02 .

Le but est de recréer l'opération NAND des 2 portes de droite de la figure 49 avec des portes NOR. J'ai besoin pour ceci de 4 portes NOR et les opérations booléennes pour y parvenir sont montrées dans le dessin ci-après:



Opération NAND avec des portes NOR

16- Je vais donc utiliser ce montage pour remplacer chaque porte NAND à droite de la figure 49 et le schéma sera comme montré à la figure 49bis.

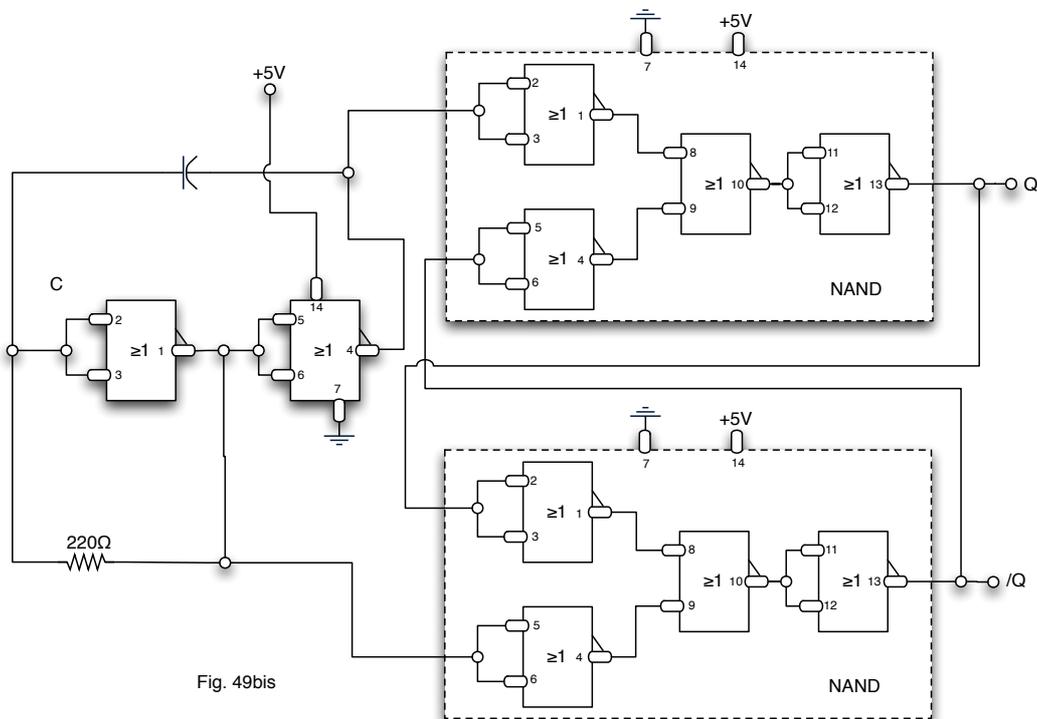
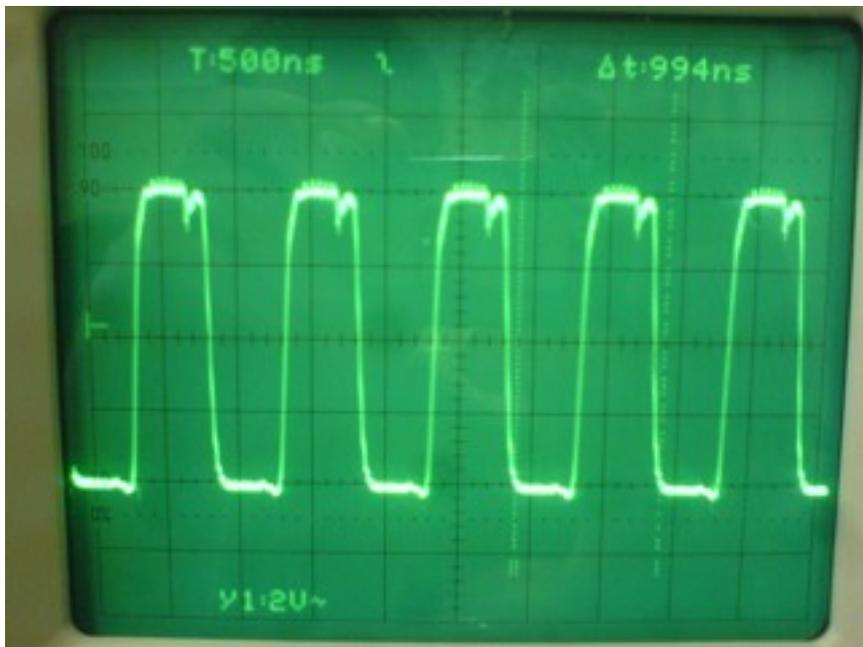


Fig. 49bis

Horloge pilotée par quartz

- 17- Circuit de la figure 50 réalisé.
- 18- J'ai branché le canal 1 de l'oscilloscope à la borne de sortie Q de l'horloge. J'ai dû utiliser un Trigger de Schmitt pour mettre en forme l'onde de sortie Q. N'ayant pas câblé de Trigger pour la sortie /Q, je n'ai donc pas de photos pour cette onde mais les expériences précédentes m'ont montré que le signal /Q est inversé par rapport à Q
- 19- La forme d'onde de la sortie Q se présente comme ceci :



500 ns/DIV et 2V/DIV

Je constate que le signal obtenu est un signal d'horloge carré d'une fréquence assez élevée.

- 20- La valeur de la fréquence du quartz est :

$$f = 1 \text{ Mhz}$$

- 21- La période T mesurée sur l'oscilloscope est :

$$T_{(\text{MESURE})} = 994 \text{ ns} \cong 1 \mu\text{s}$$

- 22- Calcul de la valeur de la fréquence de l'horloge. J'ai utilisé la valeur de la période mesurée à l'étape 21.

$$f = 1/T = 1/(1*10^{-6}) = 1000000 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$$

En comparant cette valeur avec celle du quartz, je constate que c'est la même.

On peut donc dire que dans ce montage, la fréquence du quartz donne directement la fréquence du signal d'horloge.

- 23- Après avoir branché un potentiomètre de 100 K $\Omega$  comme indiqué sur la figure 49, j'ai fait varier ce potentiomètre tout en observant le signal de sortie. Je constate qu'à une certaine valeur de P il n'y a plus de signal de sortie. J'explique ce phénomène comme ceci :

A une certaine valeur de P, le quartz ne fonctionne plus car on ne se trouve plus à la valeur de la fréquence de résonance du quartz.

- 24- Le rôle des résistances R1 et R2 est justement de maintenir la fréquence de résonance du quartz.

## Questions

### Horloge à portes inverseuses

- 1- La forme d'onde de sortie produite par une horloge à portes inverseuses diffère d'une vraie onde rectangulaire car :

les temps de transfert des portes sont relativement longs. Ces temps s'accumulent et font que le temps de passage du niveau bas à haut et vice versa créent une déformation du signal carré.

- 2- Lorsque la valeur de la capacité C croît, la fréquence :

b/décroît

- 3- Pour augmenter la fréquence, la valeur de la capacité C doit :

b/décroître

### Horloge à portes NAND/NOR

- 4- La connexion des entrées d'une porte NAND ou d'une porte NOR ensemble produit :

a/ une fonction inverseuse

- 5- La connexion croisée des portes de sortie de l'horloge à portes NAND/NOR produit des ondes de sortie :

b/ rectangulaires déformées

### Horloge à quartz

- 6- La fréquence d'une horloge à quartz est déterminée par :

b/ le quartz

- 7- L' horloge à quartz est :

a/ très stable

- 8- La sortie de l'horloge à quartz :

a/ est la meilleure onde rectangulaire des trois horloges.

### Conclusions :

Il existe différentes manières de créer un signal d'horloge et on l'a vu dans cette expérience. L'avantage des montages à portes NAND/NOR est que l'on peut agir sur la fréquence de sortie en changeant les valeurs de R ou C (en mettant un potentiomètre par exemple), mais le signal de sortie n'est pas parfait.

Une horloge à quartz génère une forme d'onde parfaite ( du moins le devrait) mais l'on ne peut pas modifier la fréquence de sortie sans changer le quartz.