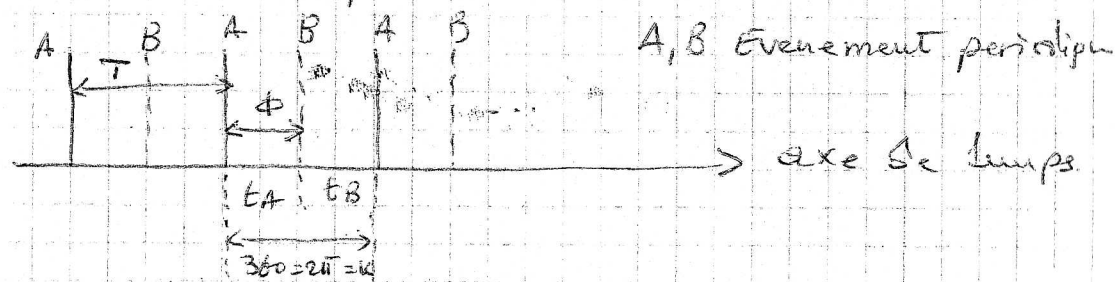


Mesure de déphasage (Les phasemètres)

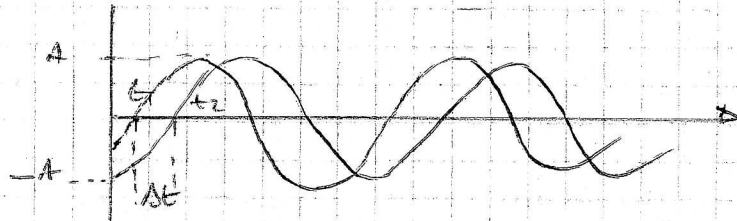
1

Le phase est une mesure relative au temps séparant deux événements périodiques, le déphasage est donné par l'expression suivante :

$$\Phi = K \cdot \frac{t_A - t_B}{T}$$



Pour deux signaux sinusoïdaux le déphasage détermine le temps séparant l'arrivée de ces deux signaux périodiques de même période (fréquence) à un point de référence par exemple l'axe des temps :



$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$s_1 = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1)$$

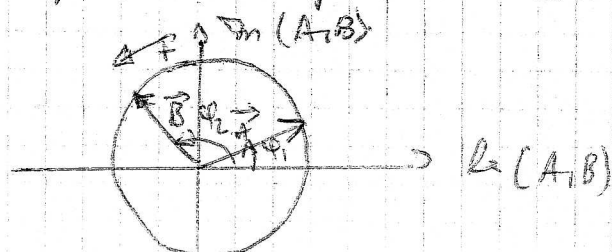
$$s_2 = A_2 \sin(\omega t - \varphi_2) \quad A_1 = A_2 = A$$

et $\Phi = \varphi_2 - \varphi_1$ correspondant au déphasage en temps $\Delta t = t_2 - t_1$

si on représente les signaux par des vecteurs $s_1 = \vec{A}$, $s_2 = \vec{B}$

on peut écrire $\vec{A} = \text{Re } \vec{A} + j \text{Im } \vec{A}$, $\vec{B} = \text{Re } \vec{B} + j \text{Im } \vec{B}$

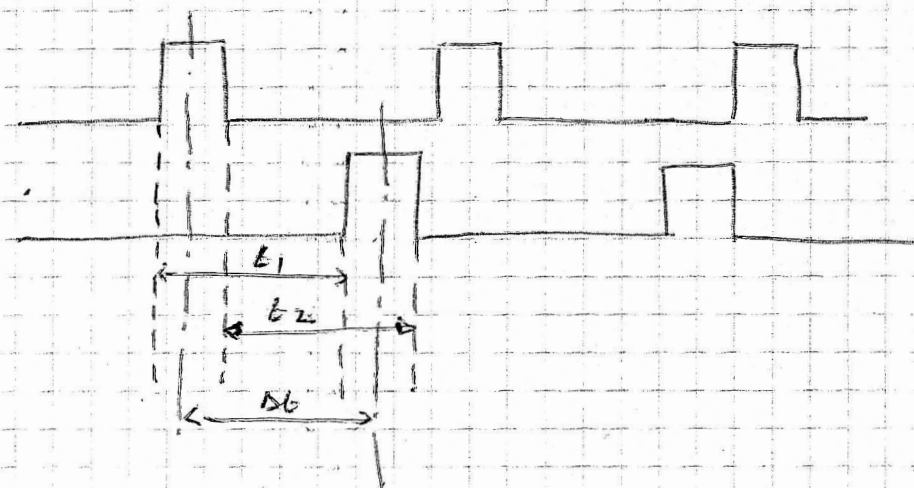
Sur un plan complexe on représente les deux vecteurs comme étant :



②

la différence de phase (le phasage) $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ exprimé en unité d'angle le déphasage entre les deux vecteur $\vec{OA}$ et $\vec{OB}$

— Pour les signaux non sinusoïdaux on a pas de règle générale qui définissent le déphasage, par exemple pour les signaux de forme impulsionnelle, on peut définir le déphasage comme étant la différence en temps entre les fronts montant des deux signaux $\oplus$ la différence de leur front descendant. ou Δt c'est la valeur moyenne des différences



$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

t_1 = Diff entre front montant
 t_2 = " " " descendant

En affectant à chaque intervalle un déphasage

$t_1 \rightarrow \phi_1$ et $t_2 \rightarrow \phi_2$ il en résulte un déphasage moyen $\phi = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$

Dans le cas général on peut définir le déphasage entre deux signaux représentés par la série de Fourier comme étant le déphasage entre leurs premières harmoniques

$$s_1 = \sum_{i=0}^{\infty} C_{1i} \sin(\omega_i t - \phi_{1i})$$

$$s_2 = \sum_{i=0}^{\infty} C_{2i} \sin(\omega_i t - \phi_{2i})$$

le déphasage entre ces deux signaux en donne, par

$$\phi_{(s_2, s_1)} = \phi_{(\omega_1, \omega_1)} = \phi_{21} - \phi_{11}$$

la réalisation pratique de ce dernier cas est difficile et introduit beaucoup d'erreur

Differente methode de mesure du dephasage. (3)

1- Methode (classique).

1- Methode electromagnetique.

cette methode nous donne directement le facteur de puissance $\cos \varphi$ qui est egal a P/UI , $\varphi = \arccos P/UI$.

2- Methode utilisant 1 Wattmetre, 1 Voltmetre, 1 Ampere-metre
a l'inverse de la methode precedente on mesure a l'aide de chaque appareil P, U, I puis on effectue le calcul.

3- Methode vectorielle.

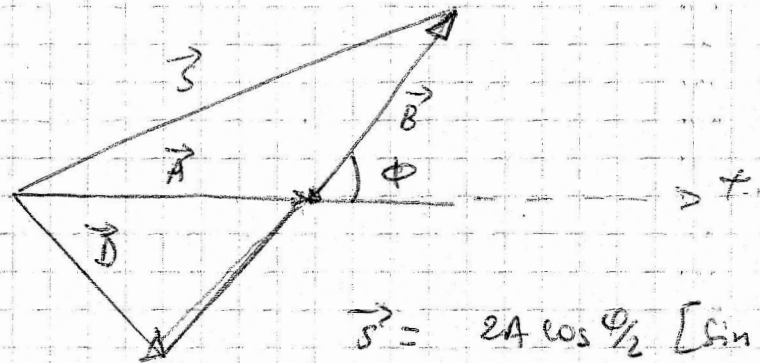
Les deux signaux d'entree S_1 et S_2 sont representes par des vecteurs $\vec{A}$ et $\vec{B}$ par exemple:

$$S_1 = \vec{A} = |A| \sin \omega t \text{ et } S_2 = \vec{B} = |B| \sin(\omega t + \varphi). \quad (|A| = |B| = A)$$

le dephasage est donne par la formule suivante:

$\Phi = 2 \operatorname{Arctg} \frac{|\vec{D}|}{|\vec{S}|}$ ou $|\vec{D}|$ represente la valeur absolue de la difference de entre les deux vecteurs et $|\vec{S}|$ la valeur absolue de la somme.

$$|\vec{D}| = |\vec{A} - \vec{B}| \text{ et } |\vec{S}| = |\vec{A} + \vec{B}|.$$



$$\vec{S} = 2A \cos \varphi/2 [\sin(\omega t + \varphi/2)]$$

$$\vec{D} = 2A \sin \varphi/2 [\cos(\omega t + \varphi/2)]$$

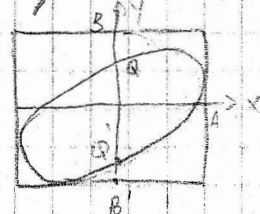
4

4- Méthode utilisant l'oscilloscope

A l'aide de l'oscilloscope double trace on mesure le déphasage en temps ou en unité d'angle entre les signaux injectés aux entrées CH1 et CH2. on a l'aide des figures de Lissajous en mode X/Y

mais actuellement il existe des méthodes électroniques modernes. La méthode utilisée s'appelle le phase-mètre impulsif.

$$\sin \phi = \frac{AB}{BB'}$$



5. Phase-mètre impulsif

Les méthodes déjà exposées sont des méthodes classiques, incapables de nous donner une précision scientifique considérable. La méthode impulsif est une méthode réalisée pratiquement par des dispositifs électroniques suivant le schéma synoptique de la figure.

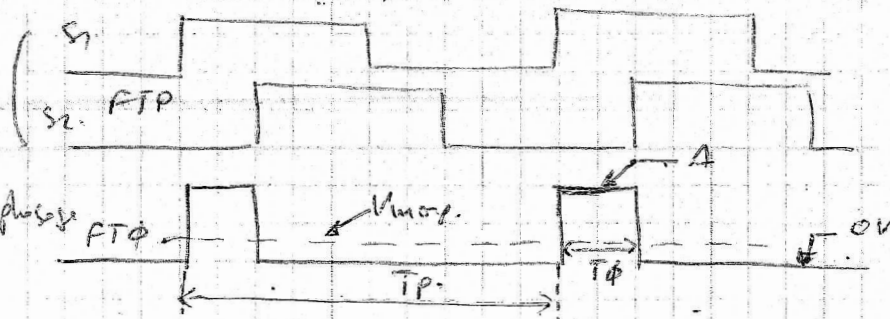


Cette méthode a beaucoup d'avantages, elle a une bonne précision; lecture du déphasage directement, et comme pour la manipulation de laboratoire, on distingue suivant l'affichage deux types: phase-mètre analogique et phase-mètre numérique (tout numérique impulsif).

5.1 Phase-mètre analogique (impulsif)

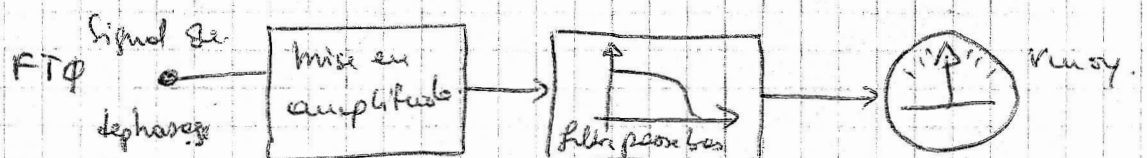
Le déphasage est donné directement sous forme de tension moyenne (proportionnelle au déphasage)

après mise
en forme



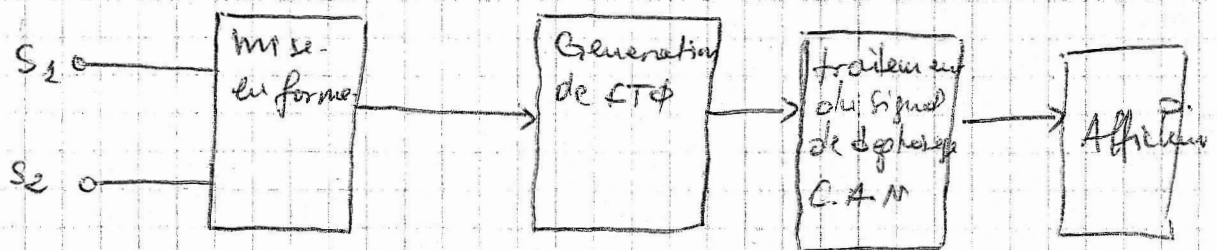
Cette tension moyenne qui exprime dans notre cas le
déphasage ϕ est donnée par $V_{moy} = \frac{T\phi}{T_P} \cdot A$

ou $A = V_{max}$

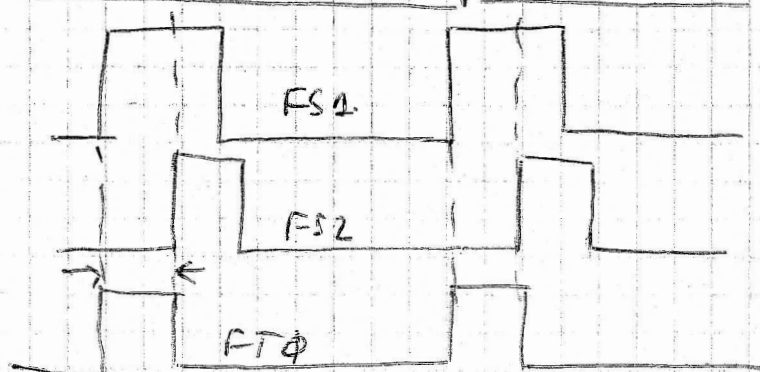


Phasemètre numérique

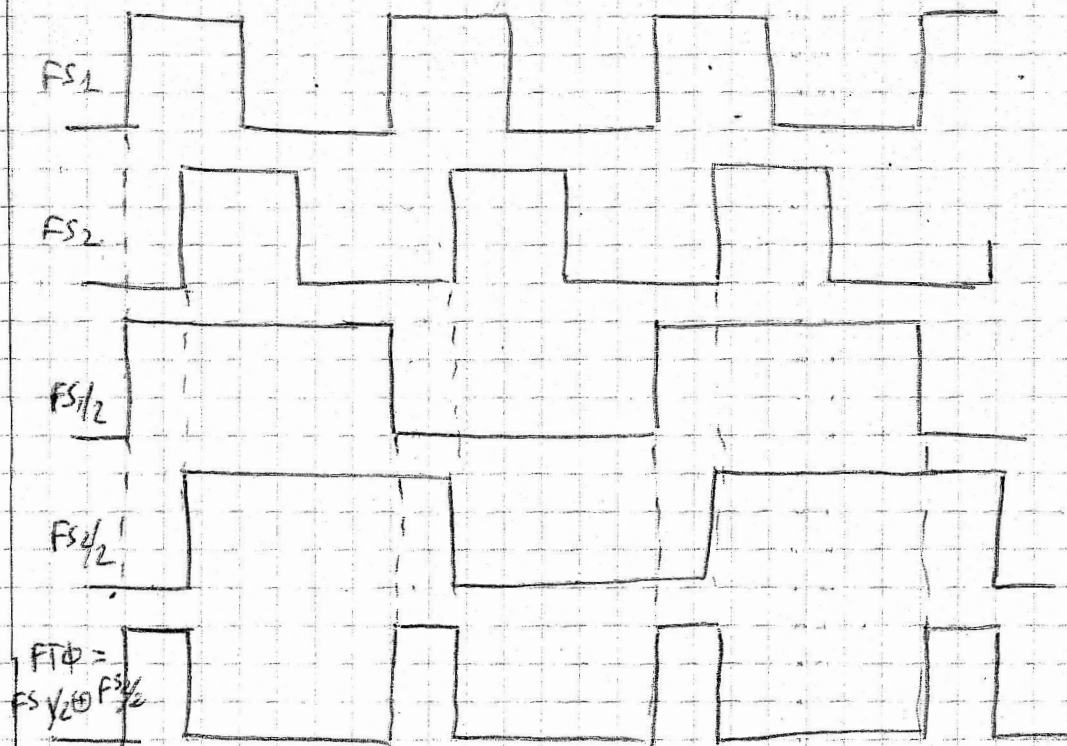
Ce type nous présente directement le résultat de mesure
sans forme numérique, c'est-à-dire que la tension à la sortie du
filtre passe bas est convertie en une valeur numérique
à l'aide d'un C.A.D puis affichée



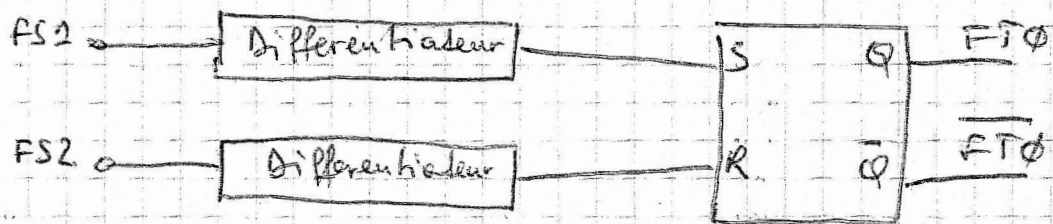
Génération des impulsions de déphasage : FTP



Les méthodes dont nous exposons la première en utilisant un $\oplus$ (ex-or)

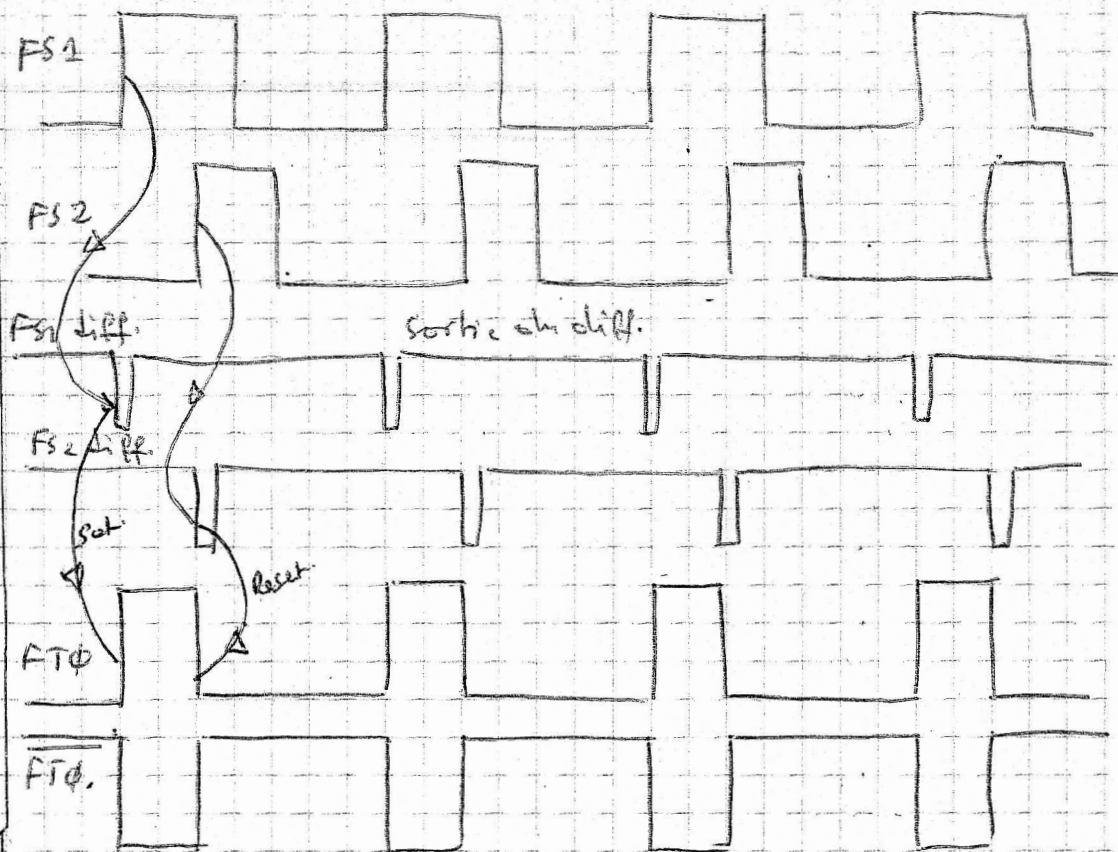


A la sortie du ou exclusif $\oplus$ on peut avoir $FT\Phi$ dont le principe est expliqué par le schéma de la figure - la deuxième en utilisant une bascule R-S le schéma utilisé est donné par la figure suivante :



L'étape de différentiation peut être réalisée de deux manières

1/



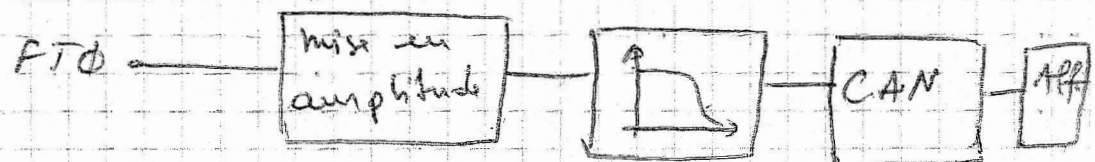
traitement du signal de déphasage :

- deux méthodes sont proposées

1 - méthode utilisant un convertisseur analogique numérique.

2 - méthode utilisant le comptage et le traitement numérique.

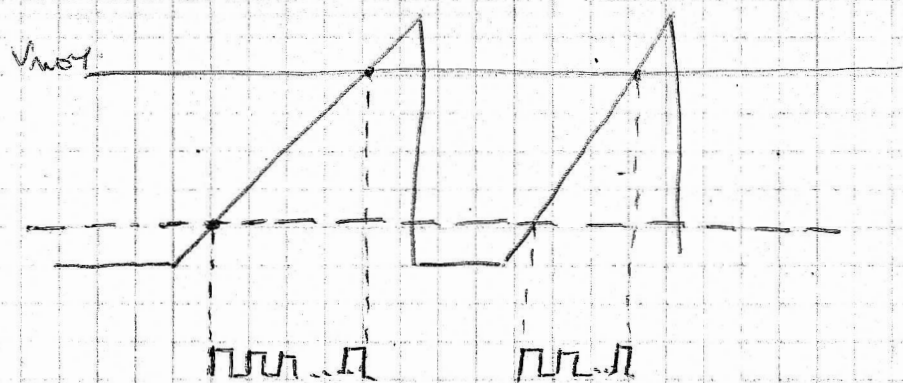
① - Après le filtre passe bas le signal continu :



de valeur $V_{\text{moy}} = \frac{T\Phi}{T_P} \cdot A$ en convertie de la manière suivante.



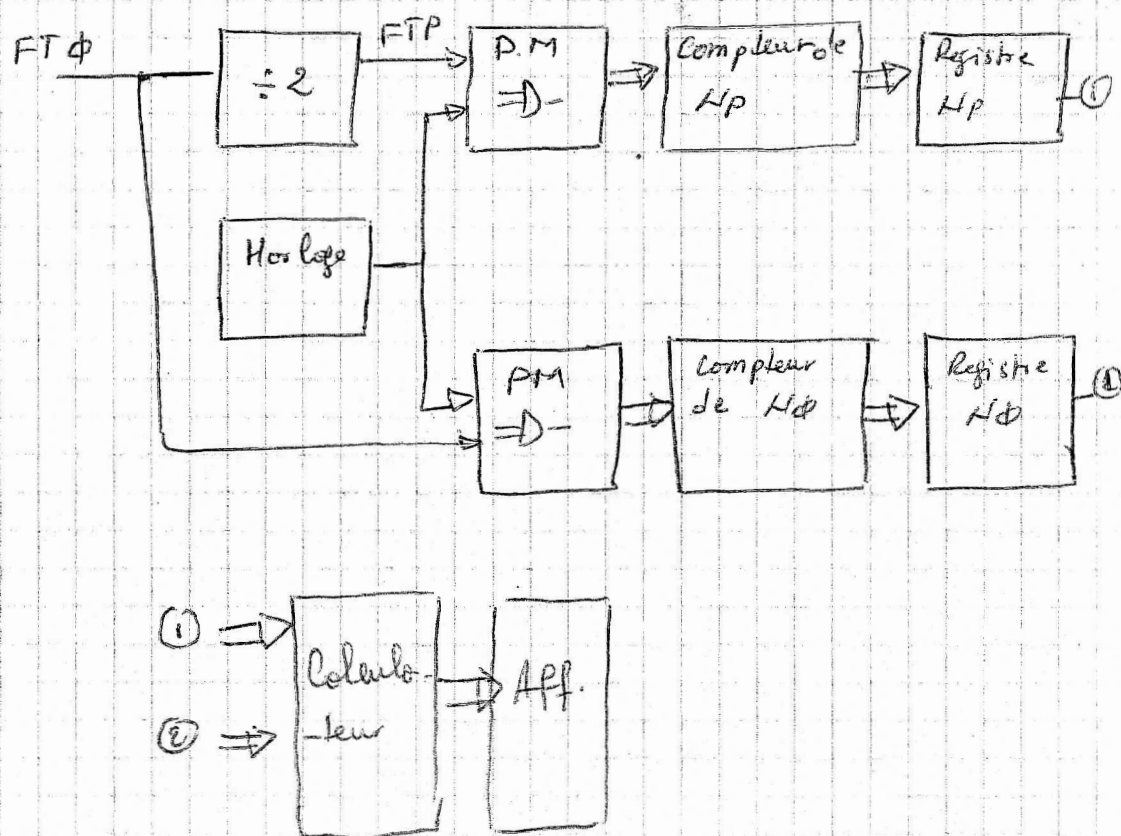
8



$$V_{moy} = U_x = \frac{T_{\phi}}{T_P} \cdot A$$

A = valeur max de $FT\phi$ est généralement donnée
 · $[1V, 10V]$.

2- Méthode utilisant le comptage et le traitement numérique :

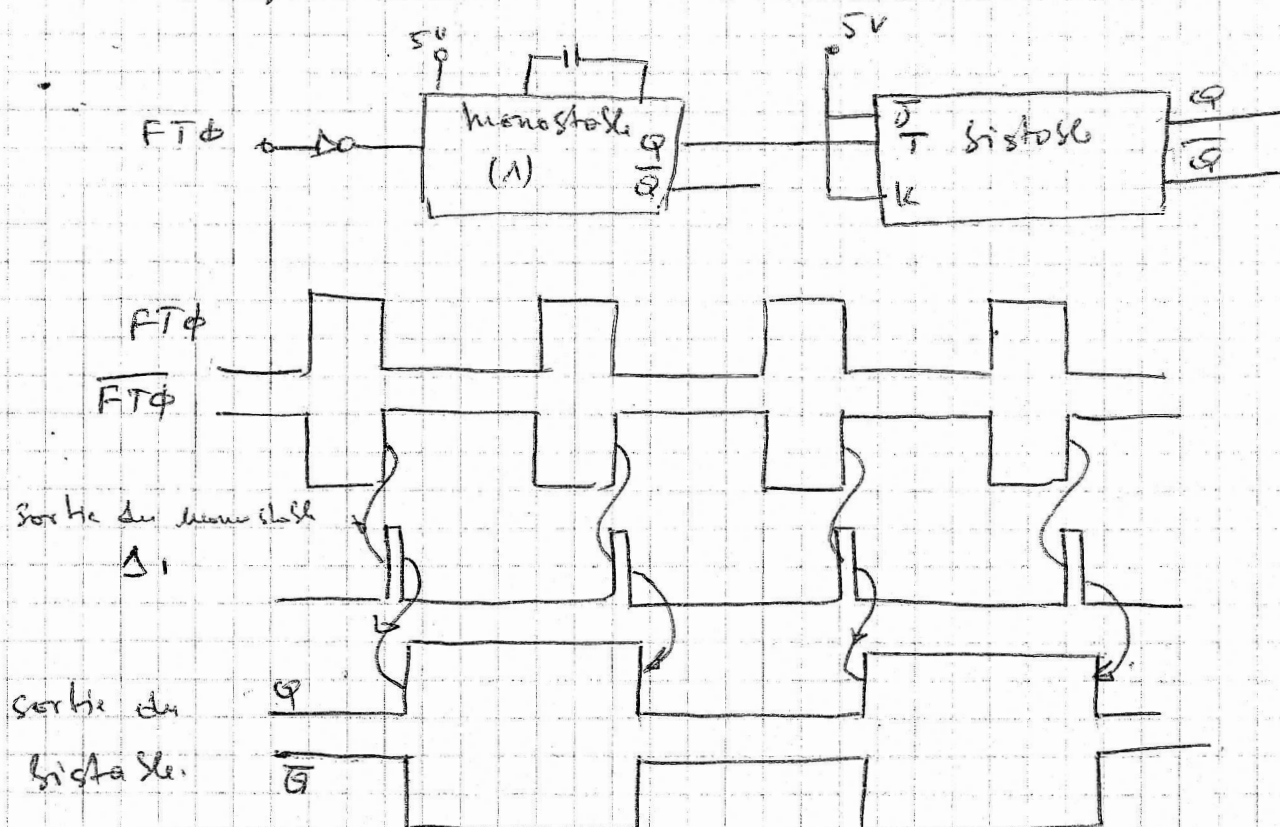


- Circuit de $\div 2$

(9)

On inverse le signal $F\bar{T}\phi$ et on l'attache au monostable, l'inversion de $F\bar{T}\phi$ a (6) pour but de déclencher le monostable par le front dont il est sensible (front négatif).

Il nous donne des impulsions " Δt " de même période que $F\bar{T}\phi$ et d'une durée dépendant de la capacité insérée à ce circuit et de sa résistance interne. Les impulsions Δt s'attachent par la suite au bistable par l'entrée T qui nous donne un signal dont la période est (02) fois plus grande que celle du signal d'attaque. Sa fréquence est la moitié de la fréquence de $F\bar{T}\phi$ (on peut utiliser un bistable de type JK, modifié en bascule T comme le montre le schéma).

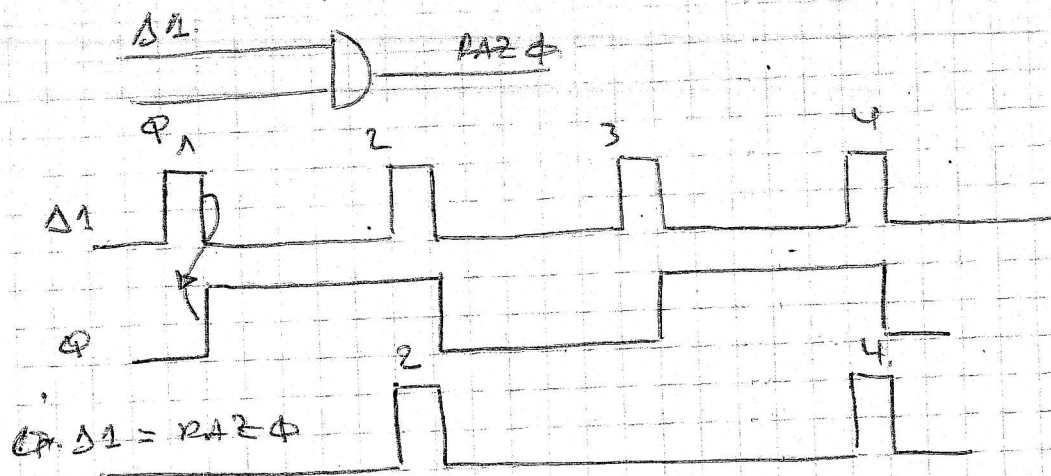


Rq

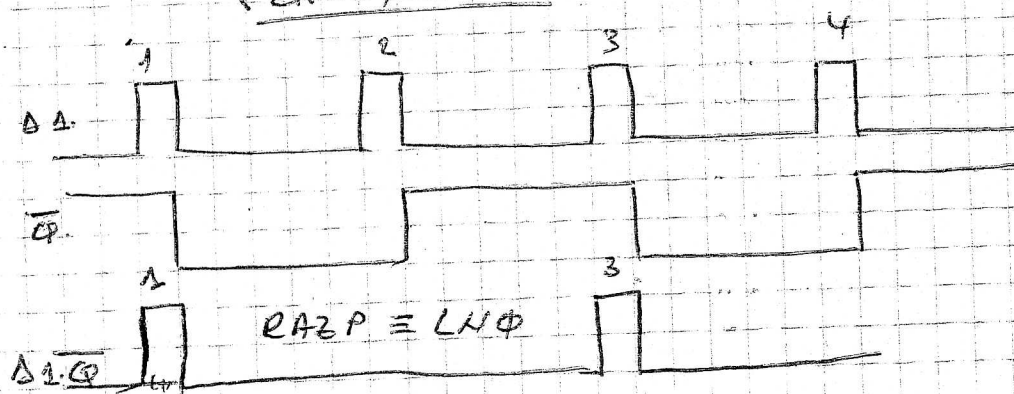
$$F\bar{T}\phi/2 = F\bar{T}\phi$$

10

RAZΦ des compteurs de NΦ



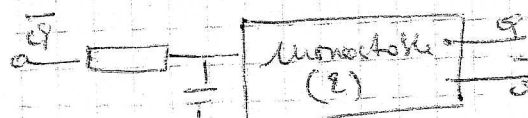
RAZP. des compteurs de NP. et de lecture des registres NΦ (RAZP, LNP)

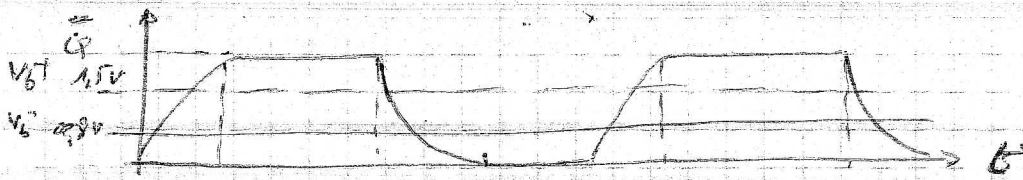


on remarque qu'il faut avoir des durées de RAZP, LNP très courtes que possible ; pour éviter le chevauchement en haute fréquence avec FCP et aussi éviter une grande erreur dans le petit déphasage.

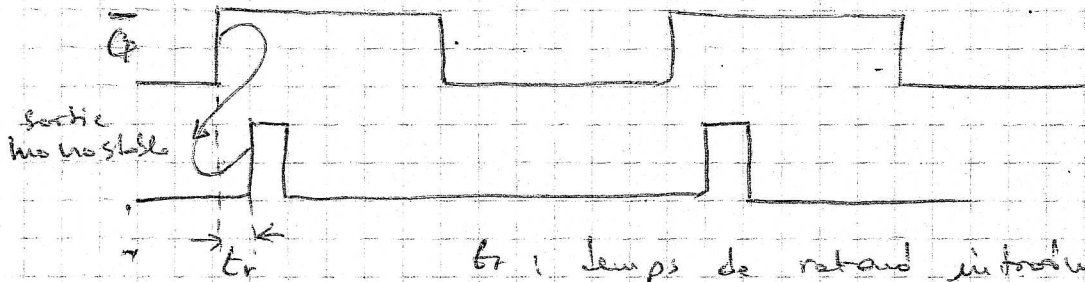
Impulsion de lecture des registres LNP

Les impulsions sont générées par le front montant de Q (sortie du bistable) cette dernière sortie est attachée au 2^{me} monostable à travers un circuit de retard, qui introduit un retard de LNP. pour donner un temps suffisant pour que le compteur se stabilise afin de ne pas perdre l'information transmise aux registres.



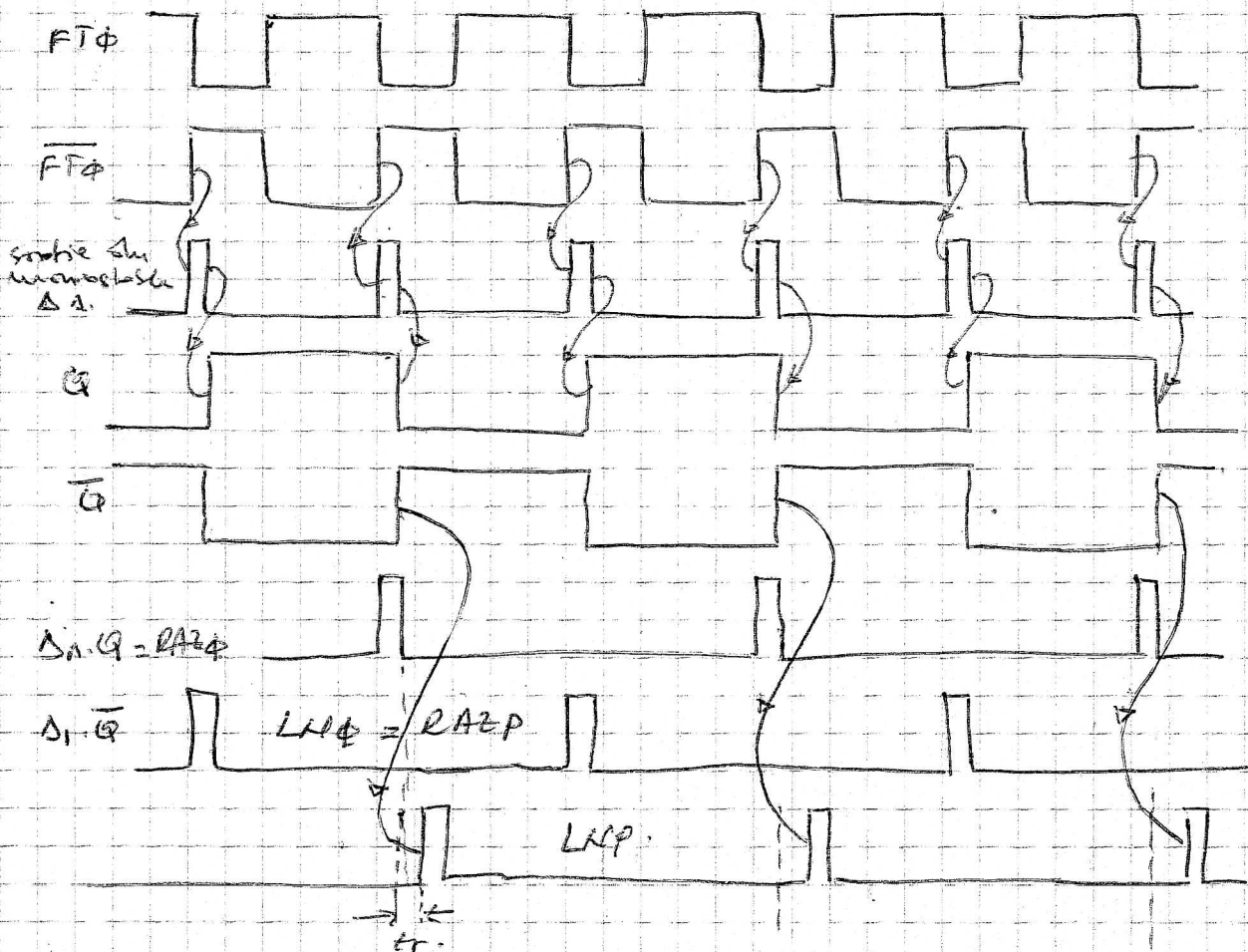


11



t_r : temps de retard introduit par R.C.

Chronogramme du circuit de comptage :



Circuit d'horloge :

la fréquence de l'horloge doit satisfaire au critère suivant :

$$T_{pmin} = \frac{1}{f_H} \leq N_{pmax}$$

2 compteurs 2+2

Ex pour 20 Hz = $\frac{1}{50ms}$

$T_{pmin} = 50ms$ et $N_{pmax} = 255$

$\left\{ \begin{array}{l} (FF) \\ 255 \end{array} \right\}$

$f_H < \frac{1}{N_{pmax}}$

$\frac{1}{255} \approx 5,1 KHz$

Si le compteur revient à 0.

2

$\epsilon_H < T_{\Phi \min} / \Rightarrow$ 360 $\frac{T_{\Phi \min}}{T_{p \min}} = 0,36$ degré pour une précision de 0,1%

de la $T_{\phi \min} = T_{\min} / 1000 = 50 \text{ ns}$

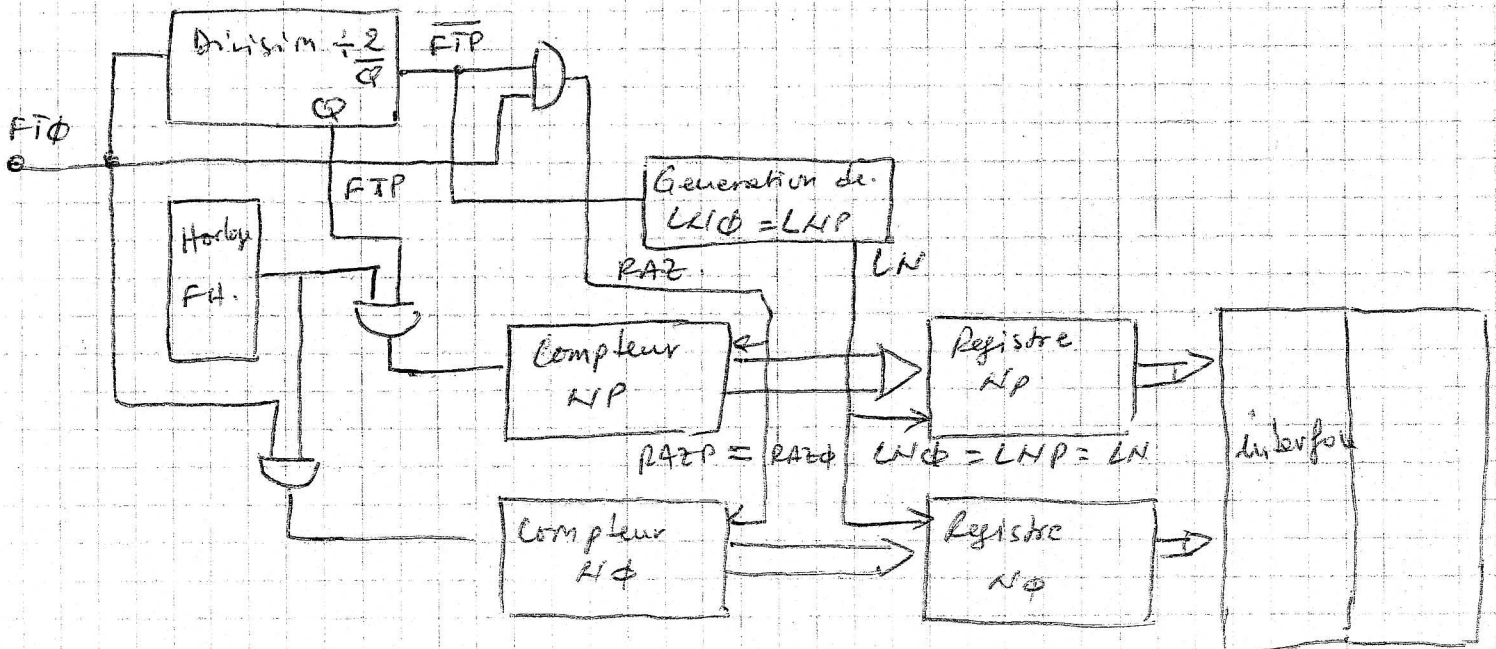
la plus grande fréquence 20 KHz.

Amélioration de la conception du circuit de :

Com page

Le circuit de la conception précédente peut encore réduire en supprimant certains circuits, on peut aussi éliminer le circuit de retard RC si on s'arrange à avoir l'impulsion de lecture (LMP) retardée sans passer par un circuit de retard, on peut aussi supprimer quelques signaux de commande en utilisant à leur place $F\bar{I}\Phi$ et $F\bar{I}p$ même

Le principe reste inchangé, et le circuit utilisé peut aussi le même, le synoptique du circuit est le suivant:



12) la largeur de l'impulsion d'horloge (T_H) doit être inférieure à la largeur du déphasage le plus petit possible. ($T_H < T_\phi$) de la fréquence la plus grande de la tension d'entrée

$T_H < T_{\phi \min} \Rightarrow 360 \frac{T_{\phi \min}}{T_{p \min}} \geq 0,36 \text{ degré}$ pour une précision de 0,1%

de la $T_{\phi \min} = T_{p \min} / 1000 = 50 \text{ ns}$

100 kHz

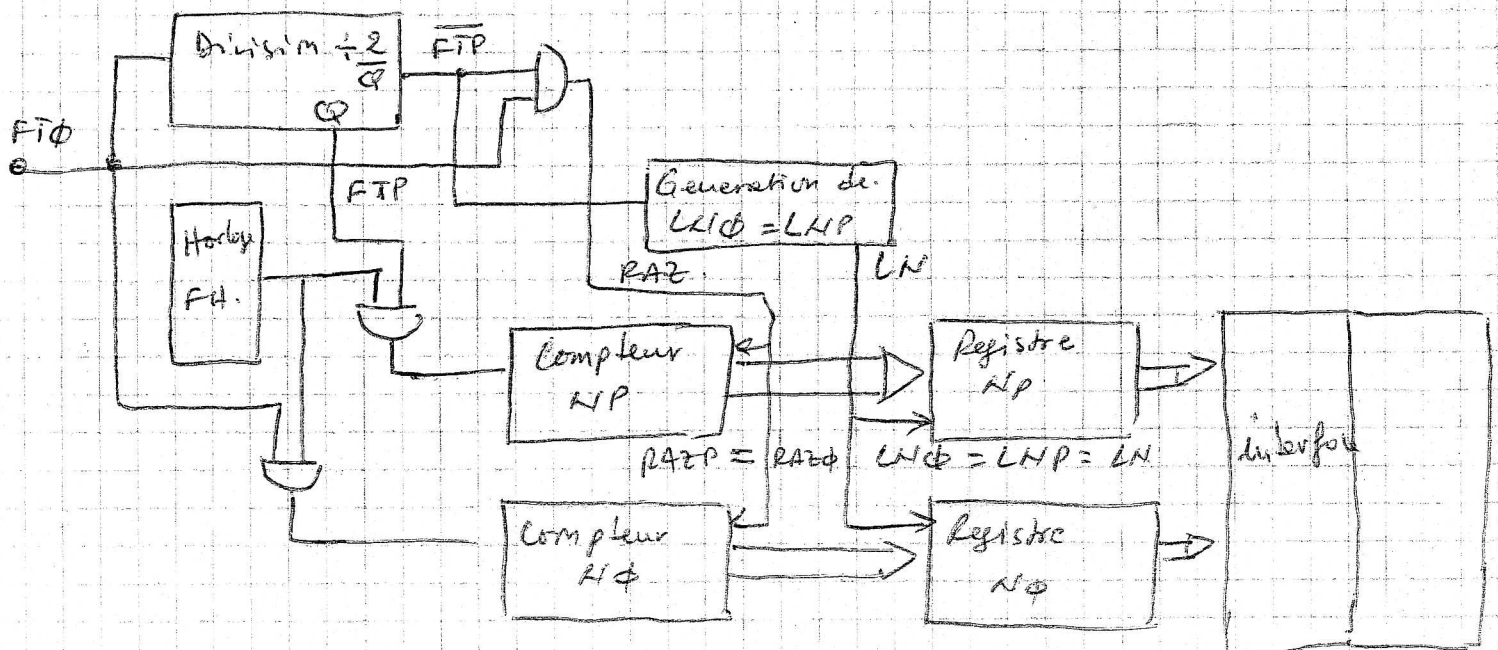
la plus grande fréquence 20 kHz.

Amélioration de la conception du circuit de :

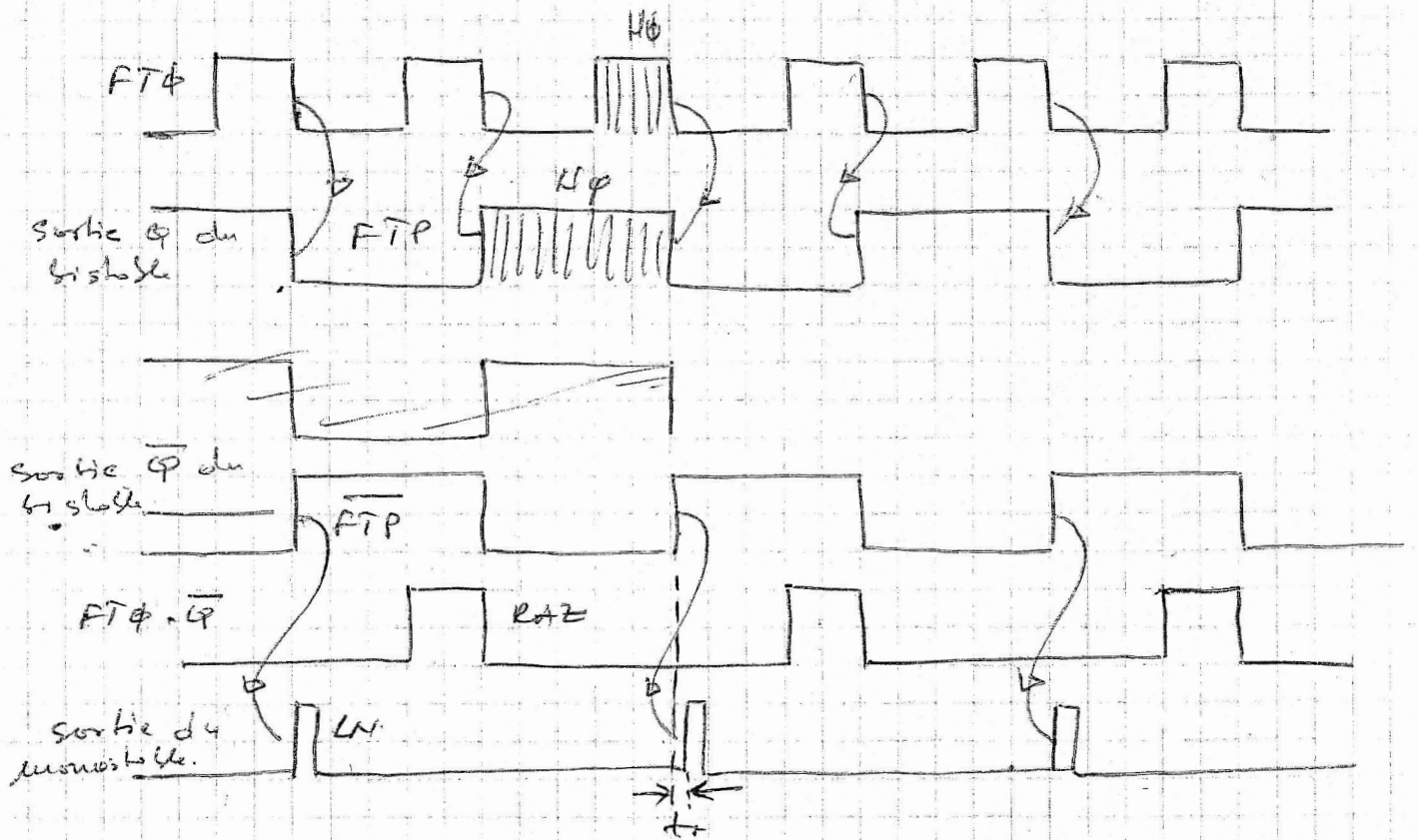
Comptage

Le circuit de la conception précédente peut encore réduite en supprimant certains circuits, on peut aussi éliminer le circuit de retard RC si on parvient à avoir l'impulsion de lecture (LNP) retardée sans passer par un circuit de retard, on peut aussi supprimer quelques signaux de commande en utilisant à leur place $F\bar{T}\phi$ et $F\bar{T}p$ même.

Le principe reste inchangé, et le circuit utilisé peut aussi le même, le synoptique du circuit est le suivant :



Dans ce schéma nous voyons qu'on utilise le signal $FT\phi$ pour effacer le compteur ce qui réduit le nombre de circuits intégrés utilisé de (1) aussi on utilise la même impulsion de lecture (LN) pour $L\phi$ et $R\phi$ au lieu de deux impulsions différents. pour la stabilisation du comptage on se contente du retard du au temps de réponse du monostable qui est en général suffisant :



E.S

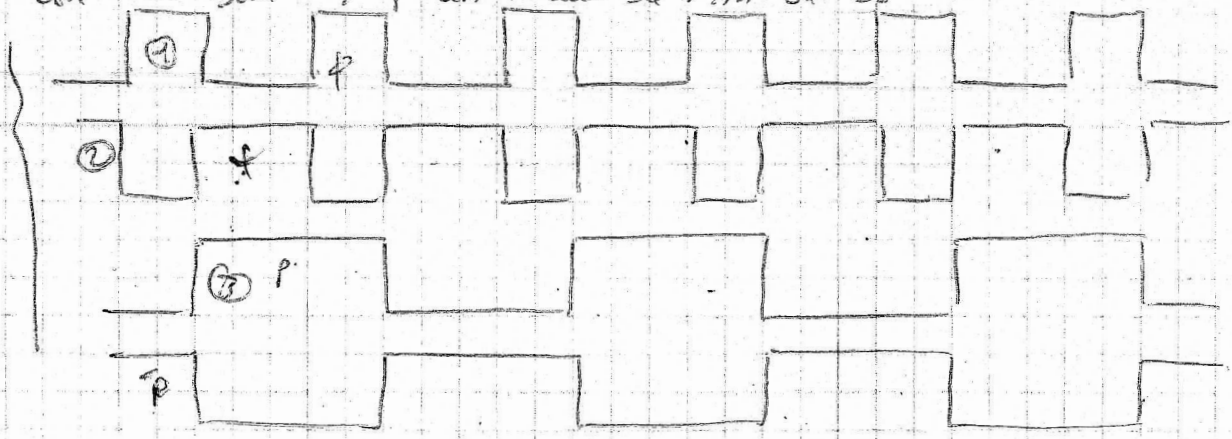
impulsion 1 sur S choisi 1 sur la sortie et la
 broche conserve son état jusqu'à l'impulsion suivante,
 un 1 sur R donne un ⁽⁰⁾zéro sur la sortie.

Rt	Sc	Qt	Qetn
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

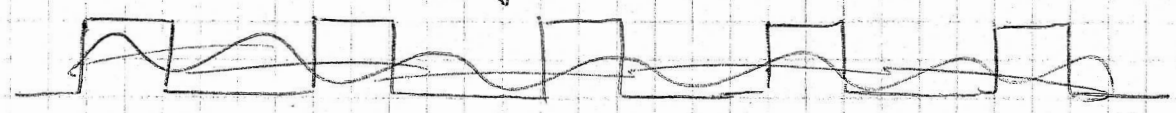
Qt	Qt+1	R	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

on donne la fonction $f = f(\Phi, \Phi, \bar{\Phi})$ dont le chrono est donné
 Exo concevoir un synchrone utilisant le min de CI.

(14)



trouver une combinaison en utilisant le minimum de composants.



$\Phi, \bar{\Phi}$

$\Phi, \bar{\Phi}$

