

Un synthétiseur de fréquence comportant un oscillateur d'interpolation commutable peut, sous certaines conditions, devenir un multiplicateur d'erreur permettant des applications fort intéressantes.

I. - SYNTHÈSE ITERATIVE -

On dit qu'un synthétiseur procède selon un système itératif lorsque chaque chiffre correspondant à chaque puissance de dix est obtenu par le même dispositif répété autant de fois qu'il y a de chiffres significatifs. Chacun de ces dispositifs est appelé décade de fréquence et est lié au précédent par un diviseur numérique par dix. La figure 1 représente un synthétiseur comportant quatre décades de fréquence.

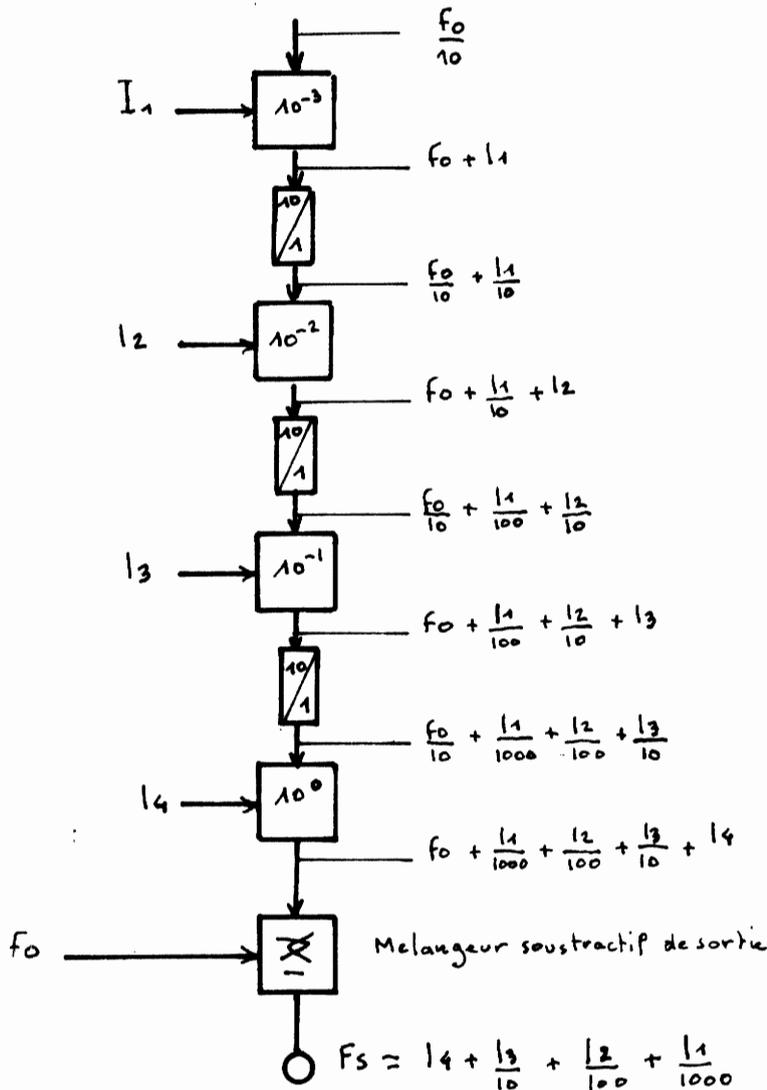


Fig 1

Une fréquence $f_0/10$ ou porteuse est introduite à l'entrée du système. Une première décade (10^{-3} sur le schéma) ajoute à cette porteuse un incrément local I_1 que nous retrouverons à la sortie divisé par 10^{-3} . La sortie de cette première décade est divisée par dix et nous retrouvons $f_0/10 + I_1/10$ à l'entrée de la seconde décade. Cette dernière ajoute un incrément I_2 qui sera dix fois plus significatif que I_1 sur la sortie de la dernière décade. Le processus se répète avec les décades suivantes et par exemple à la sortie de la 4e décade, nous avons :

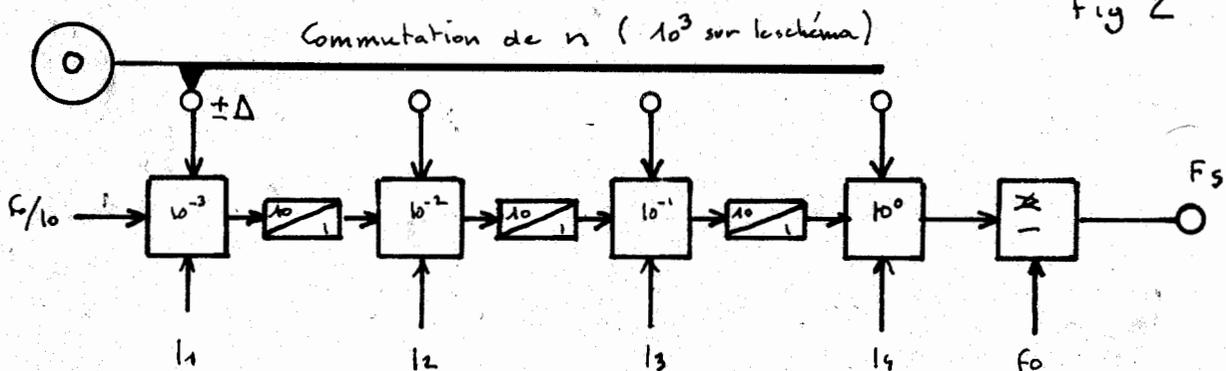
$$f_0 + I_4 + I_3/10 + I_2/100 + I_1/1000$$

Si l'incrément I est de n fois 10^3 Hz, n variant de 0 à 9, la fréquence de sortie de la dernière décade varie de f_0 à $f_0 + 9999$ Hz par pas de 1 Hz et il suffit de retrancher f_0 pour obtenir un signal de sortie variant de 0 à 9999 Hz.

II. - INTRODUCTION D'UN INTERPOLATEUR -

En plus de l'incrément I , il est possible sur chaque décade d'ajouter un 2e incrément Δ positif ou négatif, de valeur maximum égale à dix fois le pas. Dans la configuration de la figure 1, à quatre décades, si Δ est introduit sur la décade 10^{-3} , nous aurons une sortie $\Delta/1000$ ou dans le cas de l'introduction sur la décade 10^{-2} $\Delta/100$ et ainsi de suite.

Nous avons donc un moyen d'introduire dans une chaîne itérative de synthèses de fréquence un incrément de fréquence qui, sur la sortie, se retrouve soit entier, soit divisé par 10, par 100, par 1000 ou beaucoup plus si la chaîne de synthèses est plus longue. La figure 2 représente ce dispositif.



$$F_5 = f_0 + \frac{I_4}{10} + \frac{I_3}{100} + \frac{I_2}{1000} + \frac{\Delta}{n}$$

III. - MULTIPLICATEUR D'ERREUR -

Soit un signal de fréquence $F_x + \epsilon$ pour laquelle on désire mesurer l'évolution de ϵ , F_x étant supposée fixe.

Réalisons, à l'aide d'un synthétiseur (décrit figure 2) et d'un comparateur de phase (295 ADRET, par exemple) l'arrangement représenté figure 3.

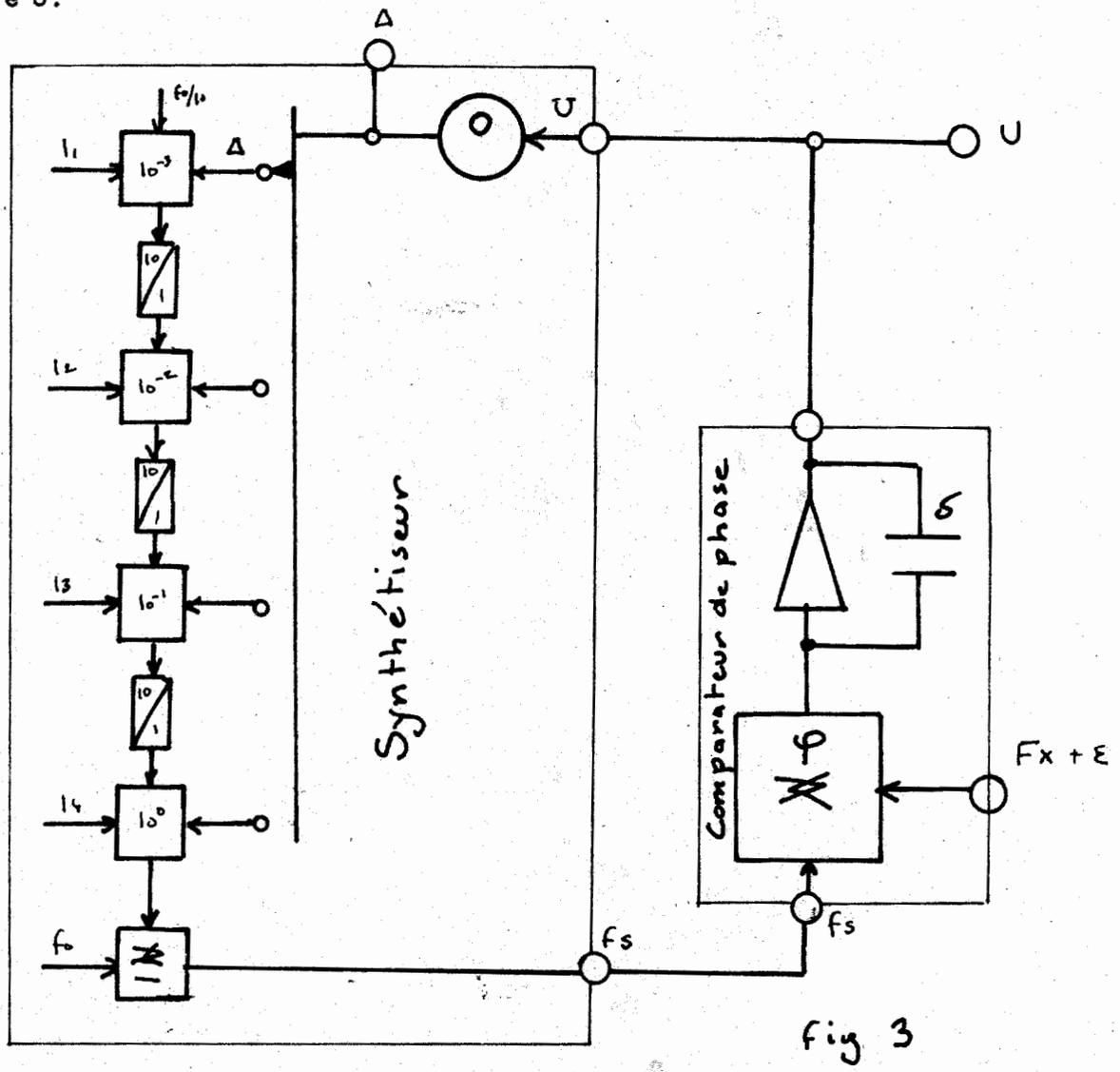


Fig 3

Si nous programmons le synthétiseur tel que f_s égale F_x , lors de l'apparition d'une erreur de fréquence ϵ sur F_x le comparateur de phase ϕ viendra réagir sur l'oscillateur \circ d'interpolation et le système se comportera alors comme un "phase lock"; \circ introduisant sur la première décade (par exemple) un incrément Δ tel que f_s égale $F_x + \epsilon$.

La valeur de l'incrément Δ qui s'ajoute algébriquement après division par 1000 à F_s est donc : Δ égale 1000ε ..

En mesurant la fréquence de O à l'aide d'un fréquencemètre, nous pourrons ainsi suivre les variations de $\varepsilon \times 1000$.

Nous avons réalisé un multiplicateur d'erreur.

De plus, la fréquence de l'oscillateur O est une fonction linéaire de la tension de commande U et la valeur de Δ étant facile à connaître, en mesurant U, cette mesure de U donne, d'une manière analogique, la valeur de ε et permet l'enregistrement graphique d'une dérive de fréquence.

IV. - AUTOMATISATION DU DISPOSITIF -

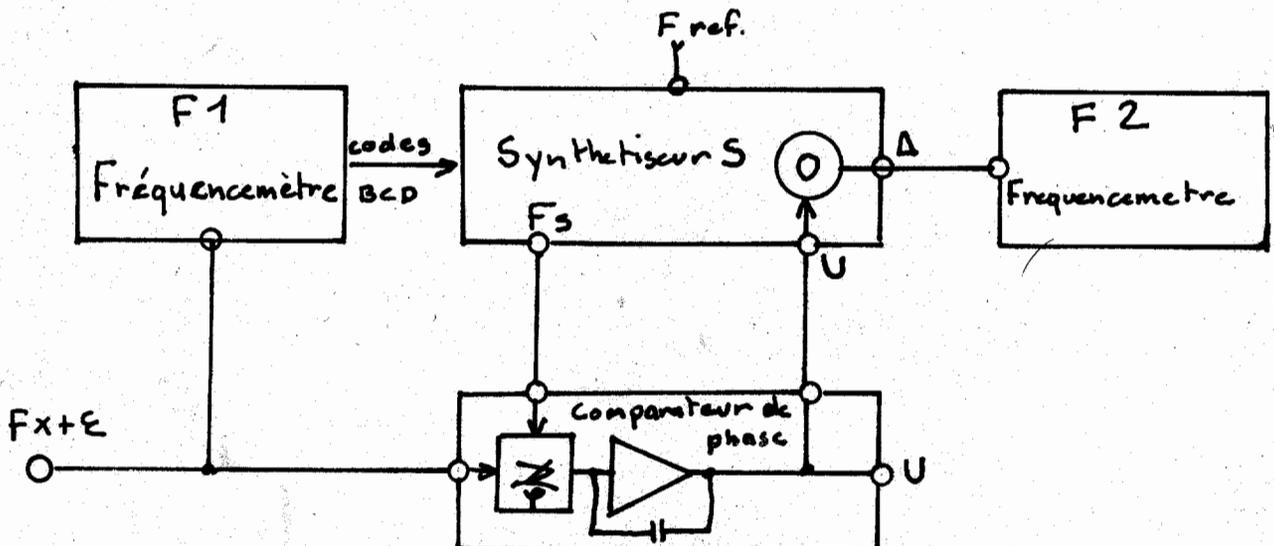
Le système décrit plus haut permet la mesure aisée de ε mais il faut déjà programmer le synthétiseur pour obtenir :

$$F_s - \frac{\Delta}{n} < F_x + \varepsilon < F_s + \frac{\Delta}{n}$$

où n est le rapport de multiplication, Δ l'incrément apporté par O, F_s la fréquence programmée sur le synthétiseur et $F_x + \varepsilon$ la fréquence à mesurer et sa dérive.

Si l'on connaît la valeur maximum de ε , il suffit de mesurer F_x à l'instant T_0 à l'aide d'un fréquencemètre à mémoire et de programmer le synthétiseur par la valeur de la fréquence mémorisée par le fréquencemètre.

Les synthétiseurs ADRET ELECTRONIQUE étant programmables par l'introduction d'un code BCD 1-2-4-8, code que beaucoup de fréquencemètres utilisent pour leur sortie, l'opération ne présente aucune difficulté. Le schéma du système est représenté par la figure 4.



La fréquence F_x , mesurée par le fréquencemètre F 1 est mémorisée et sa valeur codée programme le synthétiseur S. L'erreur entre $F_x + \varepsilon$ et F_s réagit sur l'oscillateur O et le fréquencemètre F 2 lit la valeur de Δ , la valeur de n (rang de la décade attaquée) est connue et nous pouvons écrire :

$$F_x + \varepsilon = F_1 + F_2/n$$

Cette configuration est extrêmement intéressante car :

1° - La résolution du système pour un temps de mesure donné est sensiblement multipliée par n et n peut atteindre 10^6 ou plus. Possibilité, par exemple, de mesurer une fréquence de 60 MHz au 1/1000 de Hz en une seconde avec un CS 202.

2° - L'erreur d'une unité du dernier digit du fréquencemètre F 1 est éliminée.

3° - L'amplificateur de commande de O peut être intégrateur, permettant la mesure de la fréquence moyenne, avec diverses constantes de temps d'intégration (élimination du "jitter").

V. - ENREGISTREMENT D'UNE DERIVE DE FREQUENCE -

Si le fréquencemètre F 1 effectue sa mesure à un instant T_0 , la valeur de Δ ou la valeur lue sur le fréquencemètre F 2 est nulle ou petite. En examinant l'évolution de U et de la valeur lue sur F 2 en fonction du temps, on mesure la dérive de la fréquence incidente par rapport à la valeur initiale à l'instant T_0 .

De plus, à tout moment, une nouvelle mesure par F 1 remet le dispositif à 0.

Le choix judicieux de la constante de temps S permet éventuellement d'éliminer les composantes élevées du bruit de phase ou de fréquence de F_x .

Par rapport aux multiplicateurs d'erreurs conventionnels le système décrit présente les avantages suivants :

1° - Fonctionnement possible à toutes les fréquences (suivant la gamme de fréquence du synthétiseur).

2° - Source de fréquence de référence unique et de valeur commode (1 ou 5 MHz)

3° - Deux sorties disponibles, l'une analogique, l'autre numérique.

4° - Remise à 0 aisée du système et possibilité d'enregistrement de la valeur initiale.

VI. - UTILISATION PRATIQUE DU SYSTEME -

Pour l'utilisation en fréquencesmètre actif, la somme algébrique des indications des deux fréquencesmètres est effectuée par un additeur binaire simple et affiché sur un afficheur lumineux unique, en clair.

Le choix de la résolution est fait par l'utilisateur (choix de n) compte tenu du bruit propre de la source à mesurer et éventuellement amélioré en sélectionnant une constante de temps judicieuse.

L'utilisation en multiplicateur d'erreur est simple, la mesure du fréquencesmètre F 1 (remise à 0) étant déclenchée manuellement ou à distance, le choix de la gamme de multiplication étant fait compte tenu de la valeur maximum de la dérive.

Le synthétiseur à tiroir GS 5100 comportera un tiroir réalisant les fonctions que nous venons de décrire sans aucun élément extérieur et avec une grande facilité d'emploi.
