

ADRET ET LES CIRCUITS ÉLECTRONIQUES

Utilisation du contenu harmonique des formes d'ondes logiques

Généralités.

La génération numérique des fréquences, effectuée par les synthétiseurs à partir d'une fréquence de base unique, ou fréquence pilote, met en œuvre des opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division que l'on peut grouper sous le vocable de « opérations arithmétiques sur les fréquences », et qui sont réalisées par des moyens techniques très différents.



par Roger CHARBONNIER

Directeur des Etudes et Recherches

L'addition et la soustraction font appel à des éléments quadratiques ou à des multiplicateurs fournissant par « battement » le signal désiré (fonction hétérodyne).

La division met en œuvre des structures logiques (diviseurs à comptage).

La multiplication utilise communément la non-linéarité des composants (diodes, transistors, etc...), pour générer un spectre d'harmoniques d'où l'on extrait par filtrage la raie choisie.

Si l'on désire effectuer une opération

du type $F_S = F_E \times \frac{N}{D}$ par laquelle la

fréquence de sortie est égale à la fréquence d'entrée multipliée par une valeur fractionnaire $\frac{N}{D}$ dans laquelle N et

D sont des entiers petits (< 20 par exemple), il est parfois possible d'utiliser pour la multiplication par N le contenu harmonique du signal de sortie issu du diviseur logique effectuant la division par D.

Un exemple simple (figure 1) :

Soit D = 2 correspondant à une division par une bascule logique. Le signal

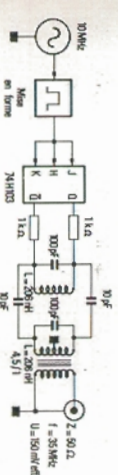


FIGURE 1

de sortie de la bascule (Q, \bar{Q} ou différence entre Q et \bar{Q}) est un signal carré d'amplitude crête à crête V.

Sa décomposition en série de Fourier est donnée par :

$$U = \frac{2}{\pi} V (\cos \omega t + \frac{1}{3} \cos 3\omega t + \dots + \frac{1}{n} \cos n\omega t)$$

$n = 2p + 1$ étant l'ensemble des entiers impairs positifs.

Un filtrage passe-bande permet alors de choisir une fréquence de la forme :

$$F_S = F_E \times \frac{(2p + 1)}{2}$$

les valeurs figurées correspondent à la génération d'une fréquence $F_S = 35$ MHz à partir d'une fréquence pilote $F_E = 10$ MHz, soit D = 2 et N = 7.

Cas de la quinaide TTL 7490

Si la fréquence F_E est appliquée à l'entrée BDI, les formes d'onde sur les sorties B, C, D sont représentées figure 2. Le contenu harmonique des sorties C et D est aisé à calculer puisqu'il s'agit

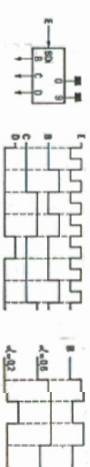


FIGURE 2

d'un simple signal rectangulaire récurrent, soit :

$$U = \frac{2}{\pi} V (\sin \alpha \pi \cos \omega t + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \pi \cos 2\omega t + \dots + \frac{1}{n} \sin n\alpha \pi \cos n\omega t)$$

avec $\alpha = 0,4$ pour la sortie C et $\alpha = 0,2$ pour la sortie D.

On peut par ailleurs remarquer que la sortie B est la différence entre deux signaux rectangulaires centrés, de valeurs respectives : $\alpha = 0,6$ et $\alpha = 0,2$.

On en déduit pour le signal B :

$$U = \frac{2}{\pi} V [(\sin 0,6 \pi - \sin 0,2 \pi) \cos \omega t + (\sin 1,2 \pi - \sin 0,4 \pi) \cos 2 \omega t + \dots + (\sin 0,6 n \pi - \sin 0,2 n \pi) \cos n\omega t]$$