

Conversione di frequenza per tramite di campionamento

Carlo Carobbi, 15 Dicembre 2014

Si intende effettuare una conversione di frequenza di un segnale a radiofrequenza (RF). La conversione avviene dalla frequenza del segnale RF, f_{RF} , alla frequenza intermedia (IF), f_{IF} , tramite campionamento a frequenza f_s . Nel caso in esame si ha $f_{IF} \ll f_{RF}$ e f_s comparabile o inferiore a f_{RF} . Il segnale RF è perfettamente ripetitivo.

Si assume che il campionamento consista nell'acquisire una porzione di segnale di durata τ a intervalli di tempo fissi $T_s = 1/f_s$. Poniamo il segnale

$$v(t) = A \cos(\omega_{RF} t + \phi) \quad (1)$$

ed il segnale campionato

$$v_s(t) = v(t) \cdot s(t), \quad (2)$$

dove $s(t)$ è periodico di periodo T_s e per $0 \leq t \leq T_s$ è

$$s(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < \tau \\ 0 & \tau \leq t < T_s \end{cases}.$$

Il segnale di campionamento $s(t)$ può essere sviluppato in serie di Fourier, e si trova

$$s(t) = \frac{\tau}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_s \tau / 2)}{n\omega_s \tau / 2} e^{jn\omega_s(t-\tau/2)}. \quad (3)$$

La (3) può essere facilmente ricavata tenendo conto che la trasformata di Fourier di un impulso unitario rettangolare singolo di durata τ è

$$S(\omega) = \tau \frac{\sin(\omega\tau/2)}{\omega\tau/2} e^{-j\omega\tau/2}$$

ed i coefficienti della serie di Fourier dell'impulso ripetuto con cadenza T_s sono dati da

$S_n = \frac{1}{T_s} S(n\omega_s)$. Dalla (3) poi si ottiene facilmente

$$s(t) = \frac{\tau}{T_s} + \frac{2\tau}{T_s} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_s \tau / 2)}{n\omega_s \tau / 2} \cos[n\omega_s(t - \tau/2)]. \quad (4)$$

Sostituendo adesso la (1) e la (4) nella (2) si trova, dopo qualche passaggio,

$$\begin{aligned}
v_S(t) = & \frac{A\tau}{T_S} \cos(\omega_{RF}t + \phi) + \\
& \frac{A\tau}{T_S} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_S\tau/2)}{n\omega_S\tau/2} \cos[(n\omega_S + \omega_{RF})t + \phi - n\omega_S\tau/2] + \\
& \frac{A\tau}{T_S} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_S\tau/2)}{n\omega_S\tau/2} \cos[(n\omega_S - \omega_{RF})t - \phi - n\omega_S\tau/2].
\end{aligned} \tag{5}$$

Dalla (5) si vede che se si sceglie $f_S = \frac{1}{N}(f_{RF} + f_{IF})$ dove N è un intero allora il prodotto di mescolazione corrispondente a $n=N$ nella seconda serie della (5) ha frequenza f_{IF} . L'impedenziometro vettoriale HP 4193A impiega questa tecnica per convertire alla frequenza intermedia $f_{IF} = 9,765625$ kHz il segnale di tensione e di corrente a frequenza f_{RF} , compresa fra 400 kHz e 110 MHz, proveniente dalla sonda. N è scelto dal microprocessore dell'impedenziometro a seconda della frequenza f_{RF} impostata dall'utilizzatore ed è compreso fra 1 e 44 (vedere tabella).

f (MHz)	N	f_S (MHz)
0.400 ÷ 2.499	1	0.4098 ÷ 2.509
2.500 ÷ 4.999	2	1.255 ÷ 2.504
5.000 ÷ 9.999	4	1.252 ÷ 2.502
10.00 ÷ 14.99	6	1.668 ÷ 2.500
15.00 ÷ 19.99	8	1.876 ÷ 2.500
...
60.00 ÷ 64.99	26	2.308 ÷ 2.500
65.00 ÷ 69.99	28	2.322 ÷ 2.500
70.00 ÷ 79.99	32	2.188 ÷ 2.500
80.00 ÷ 89.99	36	2.222 ÷ 2.500
90.00 ÷ 99.99	40	2.250 ÷ 2.500
100.0 ÷ 110.0	44	2.273 ÷ 2.500

La conversione di frequenza non produce alterazioni del rapporto delle ampiezze e della differenza di fase dei segnali di tensione e di corrente. La generazione del segnale di campionamento alla frequenza f_S avviene secondo lo schema in figura.

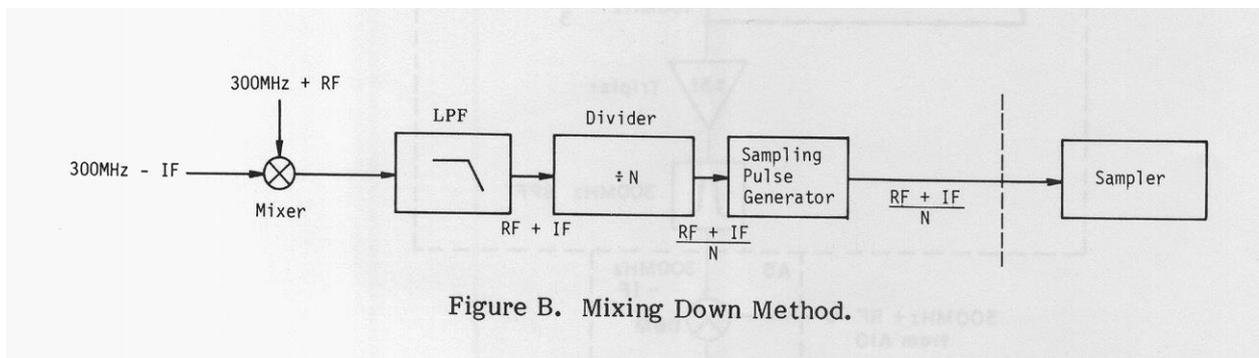


Figure B. Mixing Down Method.