Pasquale Mainolfi

Appunti per il corso di Musica Elettronica

Delay line

Una linea di ritardo è una unità elementare che ha la funzione di introdurre una certa quantità di ritardo, in termini di tempo, tra un segnale in input e quello in output. La sua funzione di trasferimento è

$$H(z) = z^{-M}$$

e corrisponde ad un ritardo in secondi, pari a

$$T_M = MT = \frac{M}{f_s} \rightarrow M = f_s T_M$$

con T l'intervallo di tempo tra un campione e il successivo ($T = \frac{1}{f_s}$).

Considernado il segnale $x[n]$ con $n = 0, 1, 2, 3, ...$ e, una linea di ritardo di M campioni, il segnale in output $y[n]$ è definito dalla relazione

$$x[n] \rightarrow \boxed{z^{-M}} \rightarrow y[n]$$
$$y[n] = x[n - M] \qquad x[n] \triangleq 0 \text{ per } n < 0$$

Buffer lineare e buffer circolare

Una linea di ritardo digitale è rappresentabile come un array di dimensione $M + 1$. Ogni elemento dell'array rappresenta uno stato della linea di ritardo in un dato istante di tempo.
Il modo in cui tali stati vengono archiviati e richiamati può avvenire, principalmente in due modi: lineare (linear buffer) o, circolare (circular o ring buffer).

In un beffer lineare gli stati vengono memorizzati in modo lineare (sequenziale)

$$s[i] = d[i] \qquad i = 0, 1, 2, 3, ...M$$

Ad ogni istante di tempo, dopo aver aver richiamato e utilizzato lo stato $s[i]$, la linea di ritardo viene aggiornata al successivo istante temporale spostando gli stati verso destra da una cella all'altra.

$$s_i[n + 1] = x[n + 1 - i] = s_{i-1}[n]$$

Lo stato corrente s_{i-1} diventa il il successivo s_i (si evita la sovrascittura).

$$\text{time } n = \boxed{x_n}\boxed{x_{n-1}}\boxed{x_{n-2}}\boxed{x_{n-3}}$$

$$\text{time } n+1 = \boxed{x_{n+1}}\boxed{x_n}\boxed{x_{n-1}}\boxed{x_{n-2}}$$

Per valori grandi di M, questa operazione diventa inefficiente perché coinvolge lo spostamento di grandi quantità di dati da una posizione di memoria alla successiva. Un approccio alternativo consiste nell'utilizzo di una struttura circolare: ring buffer o buffer circolare.

Nel buffer circolare un puntatore mobile p punta sempre a una posizione all'interno dell'array. La sua posizione corrente permette di recuperare gli stati attraverso l'equazione $s_i = p + 1$ con $i = 0, 1, ..., M$. Se il puntatore $p + i$ supera la dimensione dell'array, viene riportato all'inizio del buffer $p = (p + i)$ mod M.

$$\text{time } n = \boxed{x_{n-2}}\boxed{x_{n-3}}\boxed{x_n}\boxed{x_{n-1}}$$

$$\text{time } n+1 = \boxed{x_{n-2}}\boxed{x_{n+1}}\boxed{x_n}\boxed{x_{n-1}}$$