

Un vostro cliente vi chiede di brevettargli una sua invenzione di tipo elettronico che vi descrive pressappoco nel modo che segue.

Ho trovato un sistema molto ingegnoso per generare forme d'onda di diverso tipo, ma in particolare sinusoidali di qualsiasi frequenza, direttamente codificate in impulsi numerici di tipo PCM (Pulse Code Modulation - modulazione ad impulsi codificati) molto utili nei sistemi di telecomunicazione moderna.

Di solito queste forme d'onda codificate in PCM si ottengono partendo da forme d'onda analogiche, prodotte da generatori che possono essere comuni oscillatori pure analogici; queste forme d'onda analogiche vengono successivamente campionate e convertite in forma digitale da convertitori analogico-digitali; ma sono sistemi antiquati, costosi, ingombranti ed anche poco affidabili a causa della instabilità degli oscillatori analogici.

Io riesco ad ottenere tutto in condizioni di perfetta ripetibilità utilizzando semplicemente quattro circuiti logici: una memoria M2 a sola lettura (ROM - read only memory), un sommatore S, una memoria tampone M1 ed un generatore di numeri binari G, oltre ovviamente alla base-tempi CK che fornisce la necessaria cadenza operativa a tutti questi circuiti logici, che non hanno niente di particolare e sono reperibilissimi sul mercato.

Dalla teoria è noto che è sempre possibile ricostruire in ricezione un segnale comunque variabile nel tempo purchè a banda di frequenza limitata, se il numero dei campioni di questo segnale che vengono trasmessi nell'unità di tempo corrisponde ad una frequenza almeno doppia della massima frequenza contenuta nello spettro del segnale. Sfruttando questo principio, detto di Nyquist, si può quindi costruire una certa forma d'onda di data frequenza partendo da una successione opportuna di segnali di campionamento. Se questi segnali di campionamento, in particolare campioni numerici di una determinata forma d'onda sono memorizzati una volta per tutte per esempio in una memoria a sola lettura, il gioco è fatto: sarà sufficiente indirizzare la memoria opportunamente, sia come indirizzo di celle sia come successione di indirizzi, per ottenere in uscita la successione propria dei campioni numerici atti a permettere di ricostruire quella forma d'onda nella frequenza desiderata.

Per spiegare meglio l'applicazione di questo principio, ho preparato due tavole. In una tavola è disegnato il semplicissimo schema a blocchi del dispositivo da me inventato. Esso è costituito dal generatore di numeri binari, utilizzati per impostare la frequenza voluta in uscita, che produce un numero binario, utilizzato dal sommatore S di modulo n (vuol dire che se all'ingresso vi è un valore maggiore di n, poniamo n+p, si avrà in uscita solo p) per sommarlo al valore che il sommatore riceve dalla memoria.

tampone M1, che a sua volta non ha fatto altro che memorizzare temporaneamente il valore precedentemente prodotto in uscita dal sommatore stesso; questo gioco tra sommatore e memoria tampone serve per incrementare del passo necessario, in base alla frequenza voluta, l'indirizzamento della memoria a sola lettura M2 che produce in uscita il campione che è memorizzato nella cella via via indirizzata; il tutto essendo ovviamente scandito dai segnali inviati a tutti i circuiti logici dalla base-tempi.

L'altra tavola è molto utile per capire come funziona il principio della mia invenzione. Ho rappresentato in a) un'onda sinusoidale $A = \sin \omega t$ in funzione dell'angolo espresso in radianti. Il periodo $T_0 = 2\pi \text{rad}$ è stato suddiviso in n intervallini (fettine) elementari, poniamo 220, ciascuno numerato progressivamente, anche se nel disegno è marcato con un tratto verticale solo un intervallino ogni dieci ed è numerato un tratto ogni venti per ragioni di chiarezza. Chiamiamo z_i il generico intervallino a cui in ordinata corrisponde un determinato campione della forma d'onda. Nella memoria a sola lettura M2 sono memorizzati tutti, o in numero sufficiente, questi campioni z_i di forma d'onda e possono essere estratti costruendo con cadenza opportuna, impostata dal periodo di campionamento T_c , un indirizzo di memoria per cui si leggano ciclicamente i campioni distanziati di un determinato numero N di intervallini z_i .

Se, per esempio, a intervalli di tempo costanti $T_c = 20z_i$ si prelevano i campioni 20, 40, 60, ecc. si ottiene una forma d'onda come quella rappresentata in a) ma questa volta riportata nel tempo (t invece di ωt) e con periodo $T = T_0$.

Se con lo stesso intervallo di tempo T_c si prelevano i campioni 40, 80, 120, 160, ecc. si ottiene la forma d'onda b) di periodo $T = T_0/2$.

Se sempre con intervallo di tempo T_c si prelevano i campioni 60, 120, 180, 240 ecc. si ottiene la forma d'onda c) di periodo $T = T_0/3$.

Se ancora con intervallo di tempo T_c si prelevano i campioni 80, 160, 240, 320 ecc. si ottiene la forma d'onda d) di periodo $T = T_0/4$ e così via.

Rispettando, conformemente al principio di Nyquist enunciato, la relazione $T_c < T/2$ se ne deduce che dai campioni della forma d'onda a) si può ricavare la forma d'onda a qualsiasi frequenza purchè si abbia $T > 2T_c$.

Detto N il numero degli intervallini z che cadono fra due campioni successivi prelevati, si avrà pertanto nel tempo:

$$N : n = T_c : T$$

E' quindi evidente che dato un qualsiasi campione z_i , caratterizzato in posizione dal numero i, la posizione del campione immediatamente successivo sarà caratterizzata dal numero $i+N$. Dalla relazione precedente consegue quindi che fissati T_c ed n , ad ogni valore di T, cioè ad ogni frequenza desiderata, corrisponderà un valore di N univocamente determinato.

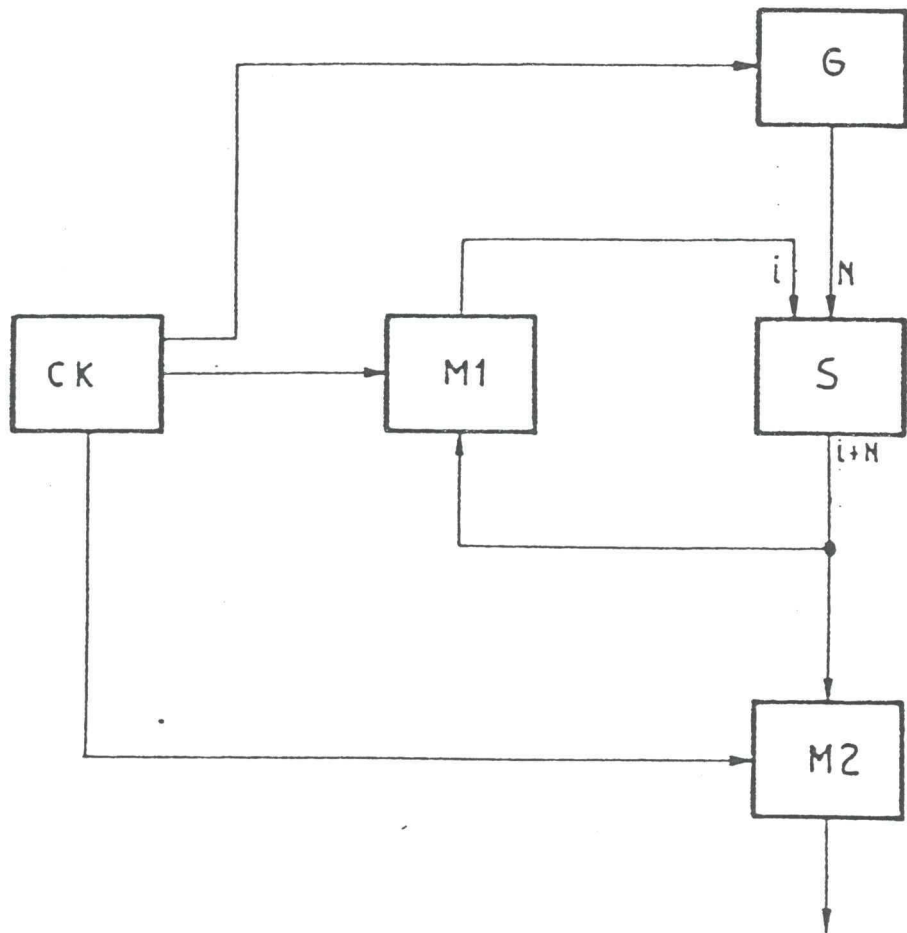


Fig 1

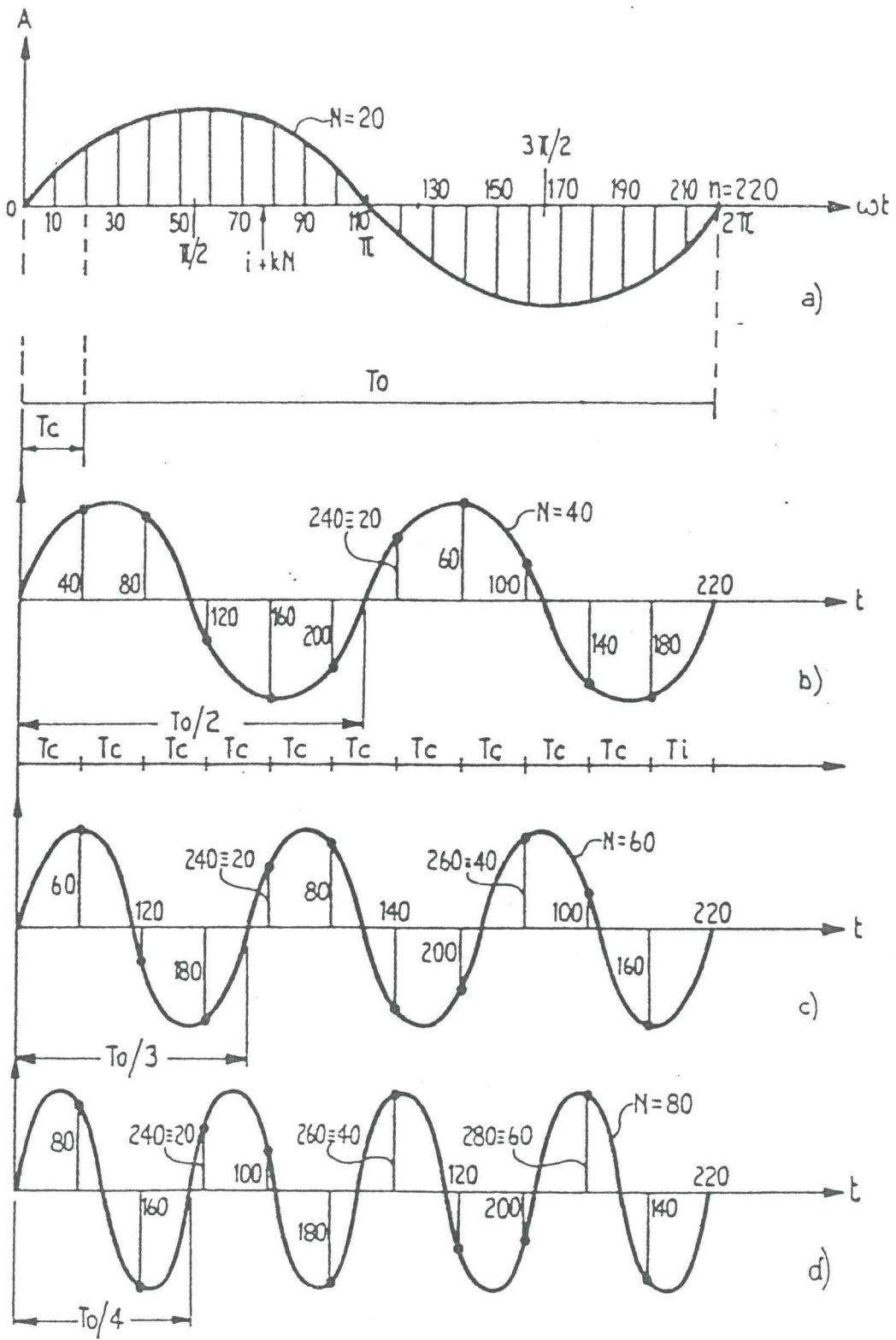


Fig 2