

Recepția tonurilor multifrecvență (DTMF)

DTMF (Dual Tone Multifrequency) reprezintă un sistem de semnalizare care înlocuiește semnalizarea clasică, cu pulsuri, în rețeaua telefonică. De asemenea sistemul DTMF este utilizat și în alte aplicații : sisteme bancare prin telefon, poștă electronică pe linie telefonică, control la distanță prin telefon.

Un semnal multifrecvență (DTMF) reprezintă o sumă de două sinusoidale convenabil alese; există mai multe standarde DTMF care diferă prin numărul de frecvențe alese și prin valoarea acestora. Cel mai utilizat standard este standardul CCITT care recomandă două grupuri de frecvențe : un grup de frecvențe joase (697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz) și un grup de frecvențe înalte (1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz).

Un ton DTMF se obține prin însumarea unei frecvențe din grupul frecvențelor joase cu o frecvență din grupul frecvențelor înalte.

Avantajele utilizării procesorului de semnal ADSP 2101 în generarea și recepția tonurilor DTMF sînt următoarele:

- precizie ridicată în generarea frecvențelor necesare
- modificarea simplă a standardului DTMF (prin schimbarea structurii de date a programului)
- posibilitatea implementării unor sisteme de generare și recepție DTMF multicanal

Recepția tonurilor DTMF

Decodarea unui ton DTMF presupune extragerea celor 2 frecvențe (tonuri) din semnal și testarea acestora pentru a se determina dacă semnalul este ton DTMF; dacă cele 2 frecvențe corespund standardului DTMF atunci se determină codul de 4 biți asociat semnalului DTMF.

Decodarea analogică a tonurilor DTMF se realizează prin detecția și numărarea trecerilor prin zero ale semnalului testat după ce acesta a fost trecut printr-un set de filtre trece bandă foarte selective. În prelucrarea digitală este convenabil să se efectueze o transformare din domeniul timp în domeniul frecvență (transformarea Fourier discretă - DFT).

Această transformare este efectuată utilizând algoritmul Goertzel (/1/) care prezintă următoarele avantaje:

- nu este necesară stocarea a N eșantioane ale semnalului testat (N este numărul de puncte în care se calculează transformata Fourier discretă).
- calculul unui punct al DFT se realizează simultan cu citirea eșantionului curent al semnalului testat.
- nu este necesară adresarea cu inversarea biților (ca la FFT).
- implementarea algoritmului Goertzel este simplă (echivalentă cu un filtru IIR de ordin 2).

În continuare este prezentat pe scurt algoritmul Goertzel.

Figura 2 prezintă structura filtrului IIR de ordin 2 care implementează algoritmul Goertzel.

Formulele de calcul ale transformatei Fourier discrete sînt următoarele:

$$|X(k)|^2 = A^2 + B^2 - A \cdot B \cdot c_k$$

$$A = Q_k(N-1); \quad B = Q_k(N-1);$$

$$Q_k(n) = c_k \cdot Q_k(n-1) - Q_k(n-2) + x(n);$$

$$c_k = 2 \cdot \cos(2\pi k/N);$$

Alegerea lui N și k se face conform relației:

$$\frac{\text{frecvența dorită}}{\text{(frecvența de eșantionare)}} = \frac{k}{N}$$

unde frecvența dorită este frecvența pentru care se calculează transformata Fourier, iar N este numărul de puncte în care se calculează transformata Fourier.

Rezultă : $k = (N \cdot \text{frecvența dorită}) / (\text{frecvența de eșantionare})$;trebuie ales N astfel încât k să rezulte cât mai apropiat de un număr întreg.

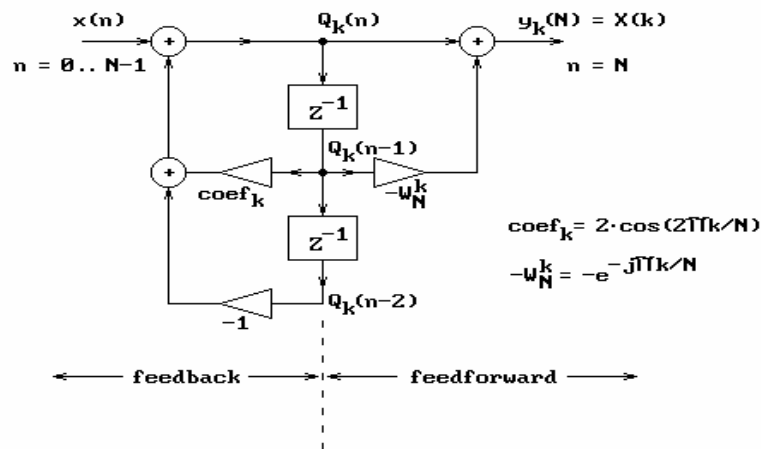


Figura 2 Algoritmul Goertzel

Pentru detecția unui ton DTMF este necesară determinarea amplitudinii celor 2 componente spectrale (frecvențele care însumate generează tonul DTMF) și a armonicilor acestora. Se alege $N = 205$ pentru frecvențele fundamentale și $N = 201$ pentru armonici.

Rezultă următoarele valori pentru k și coeficientul c_k :

frecventa	k	coeff c_k
697 Hz	18	1,703275
770 Hz	20	1,635859
852 Hz	22	1,562297
941 Hz	24	1,482867
1209 Hz	31	1,163138
1336 Hz	34	1,008835
1477 Hz	38	0,790074
1633 Hz	42	0,559454
frecventa	k	coeff c_k
1394 Hz	35	0,917716
1540 Hz	39	0,688934
1704 Hz	43	0,449394
1882 Hz	47	0,202838
2418 Hz	61	-0,659504
2672 Hz	67	-1,000000
2954 Hz	74	-1,352140
3266 Hz	82	-1,674783

Frecvența de eșantionare este de 8 kHz.

Testele efectuate după calculul DFT sînt următoarele:

1. - determinarea frecvenței de linie și a frecvenței de coloană cu amplitudini maxime, din cele 8 componente spectrale asociate frecvențelor fundamentale.
2. - verificarea amplitudinii componentelor spectrale alese la punctul 1 (acestea trebuie să depășească un prag minim impus).
3. - se verifică dacă mai există și alte componente spectrale care au amplitudinea peste pragul impus la punctul 2 (acest lucru nu este permis pentru un ton DTMF).
4. - se calculează diferența în decibeli dintre nivelul frecvenței de rînd și nivelul frecvenței de coloană (determinate anterior) și se compară cu un prag impus (altul decît cel definit anterior);diferența nu trebuie să depășească acest prag.
5. - pentru frecvențele de rînd și de coloană determinate se verifică amplitudinile componentelor spectrale ale armonicii a -2 -a ;acestea trebuie să fie neglijabile.
6. - codul binar asociat tonului DTMF se generează numai dacă acesta are durata corectă (tonul DTMF are o durată de 40-50 ms).