



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Transmisia datelor multimedia in rețele de calculatoare

34. Compresia prin modulatia diferentia

Compresia vorbirii prin modulatia diferentiala a impulsurilor in cod

- La modulatia impulsurilor în cod (MIC), fiecare eşantion era pus în corespundență cu un cuvânt de simboluri binare de lungime n
- In cazul vorbirii, se constată că eşantioanele succesive ale unui semnal real sunt puternic corelate
 - Există o dependență a numărului N_i , cu care se exprimă eşantionul curent, de numerele N_{i-1} , N_{i-2} , N_{i-3} , ..., anterior exprimate
 - Evident, dependența scade pe măsura ce ne referim la eşantioanele mai îndepărtate în timp
 - Existența dependenței conduce la o redundanță în transmisie, deoarece nu toate simbolurile semnalului numeric vor conține aceeași informație
 - A apărut astfel ideea de a transmite nu valoarea absolută a semnalului actual și valoarea relativă a acestuia față de eşantionul anterior
 - Acest lucru conduce la creșterea vitezei de transmisie prin emiterea a mai puține semnale, prin transmiterea numai a diferenței dintre două eşantioane

Compresia vorbirii prin modulatia diferentiala a impulsurilor in cod

- Dacă D_k este diferența dintre două eșantioane consecutive ale mesajului $m(t)$:

$$D(k) = m(kT) - m[(k-1)T] = m_k - m_{k-1}$$

unde T este perioada de eșantionare, valoarea medie patrată a diferenței D_k pe multimea esantioanelor este

$$\begin{aligned} E[D_k^2] &= E[(m_k - m_{k-1})^2] = \\ &= E[m_k^2] + E[m_{k-1}^2] - 2E[m_k m_{k-1}] = 2m_k^2(1-c) \end{aligned}$$

unde $c = E[m_k, m_{k-1}]$ este corelația dintre două eșantioane consecutive, k și $k-1$

Compresia vorbirii prin modulatia diferentiala a impulsurilor in cod

- Dacă $c > 0,5$ valoarea criteriului este mai mică decât valoarea pătratică medie a eşantioanelor
 - Acest lucru înseamnă că diferența D_k se va putea cuantiza cu un număr mai mic de cuante decât eşantionul propriu-zis, m_k , adică pentru transmiterea unei anumite cantități de informație va fi nevoie de un timp mai scurt sau, echivalent, de o bandă de frecvență mai mică
- Sistemul de transmisiune care lucrează după acest principiu se numește sistem de transmisiune cu modulația diferențială a impulsurilor în cod
- Modulația *delta* este versiunea de un bit a modulației diferențiale a impulsurilor de cod
 - Realizarea unei codări mai simple dar cu păstrarea fidelității, a impus creșterea corelației dintre eşantioane prin mărirea frecvenței de eşantionare

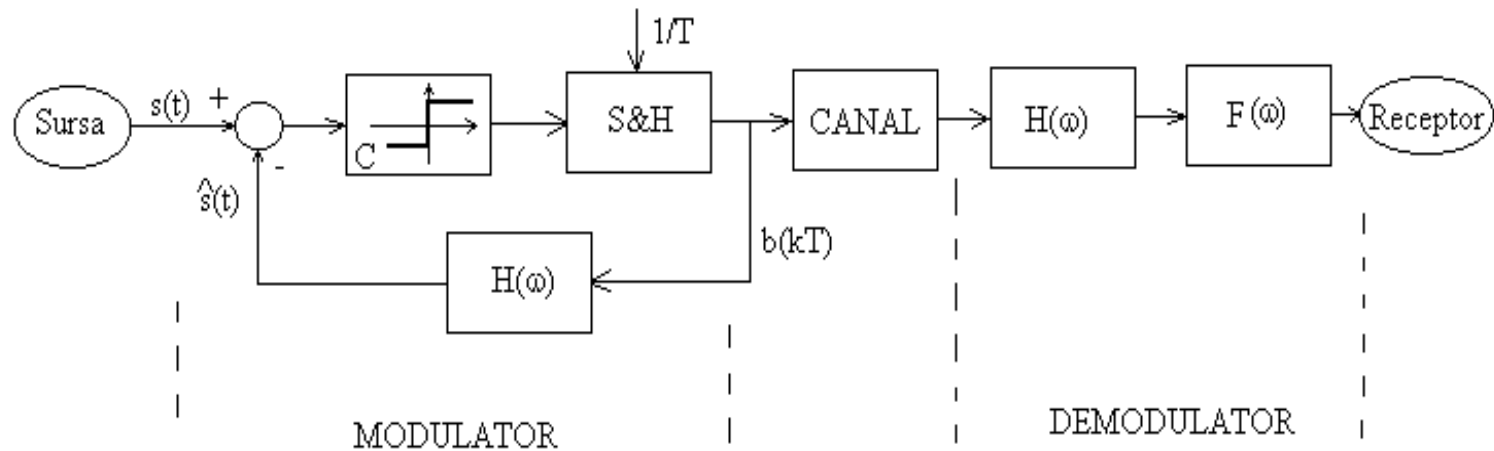
Modulația delta uniformă

- La acest tip de modulație, prin canal se transmite un singur bit care poartă informația despre semnul diferenței, deci despre tendința pe care o are semnalul supus transmisiei.
 - La recepție se va adăuga sau se va scade o cuantă din eșantionul anterior reconstituit, după cum bitul recepționat este 1 respectiv 0
- Dacă cuanta este constantă, independentă de semnalul transmis, vorbim despre o *modulație delta uniformă*
 - Dacă cuanta se poate modifica în funcție de dinamica semnalului, vorbim despre o *modulație delta adaptivă*
- Introducerea unei variații în valoarea cuantei are scopul de a reduce zgomotul care însoțește transmisia ca urmare a cuantizării, deci îmbunătățirea raportului semnal/zgomot de cuantizare.

Modulația delta uniformă

- Un sistem de transmisiune clasic cu modulație delta cu pas fix se compune din:
 - modulator
 - canal de transmisiune
 - demodulator

Schema bloc a unui sistem cu modulație delta cu pas fix



T este perioada de eșantionare, S&H circuit de eșantionare și menținere, $F(\omega)$ =filtru de ieșire, $H(\omega)$ =circuit liniar și C =comparator

Modulația delta uniformă

- Semnalul analogic $s(t)$ este transformat de modulator într-un șir de simboluri binare cu ajutorul unui comparator ce compară în mod continuu $s(t)$ cu mesajul refăcut, decizia comparatorului fiind eșantionată
- Simbolurile binare, sub forma unor impulsuri negative și pozitive, se introduc într-un circuit liniar cu funcția de transfer $H(\omega)$ care generează un semnal ce urmărește $s(t)$
 - Cel mai simplu circuit este un integrator

Modulația delta uniformă

- Semnalul de intrare $s(t)$, de banda limitată W , este eșantionat cu o frecvență $f_s \gg 2W$. La fiecare eșantion se calculează semnul diferenței dintre eșantionul de intrare și eșantionul de ieșire anterior: $b_k = \text{sgn}(s(k) - \hat{s}(k-1))$, $b_k \in \{0, 1\}$ mație :

- În funcție de semnul acestei diferențe se dă comanda de creștere sau de scădere a eșantionului următor, cu o valoare Δ numită cuantă de aproximare, conform relației:
$$\hat{s}(k) = s(k-1) \pm \Delta \cdot b_k$$

- În acest fel, semnalul de intrare $s(t)$ este înlocuit cu un semnal care îl aproximează cu o anumită precizie
 - Pe canal, se va transmite semnul diferenței b_k , din care la recepție se poate reconstitui semnalul $s(t)$

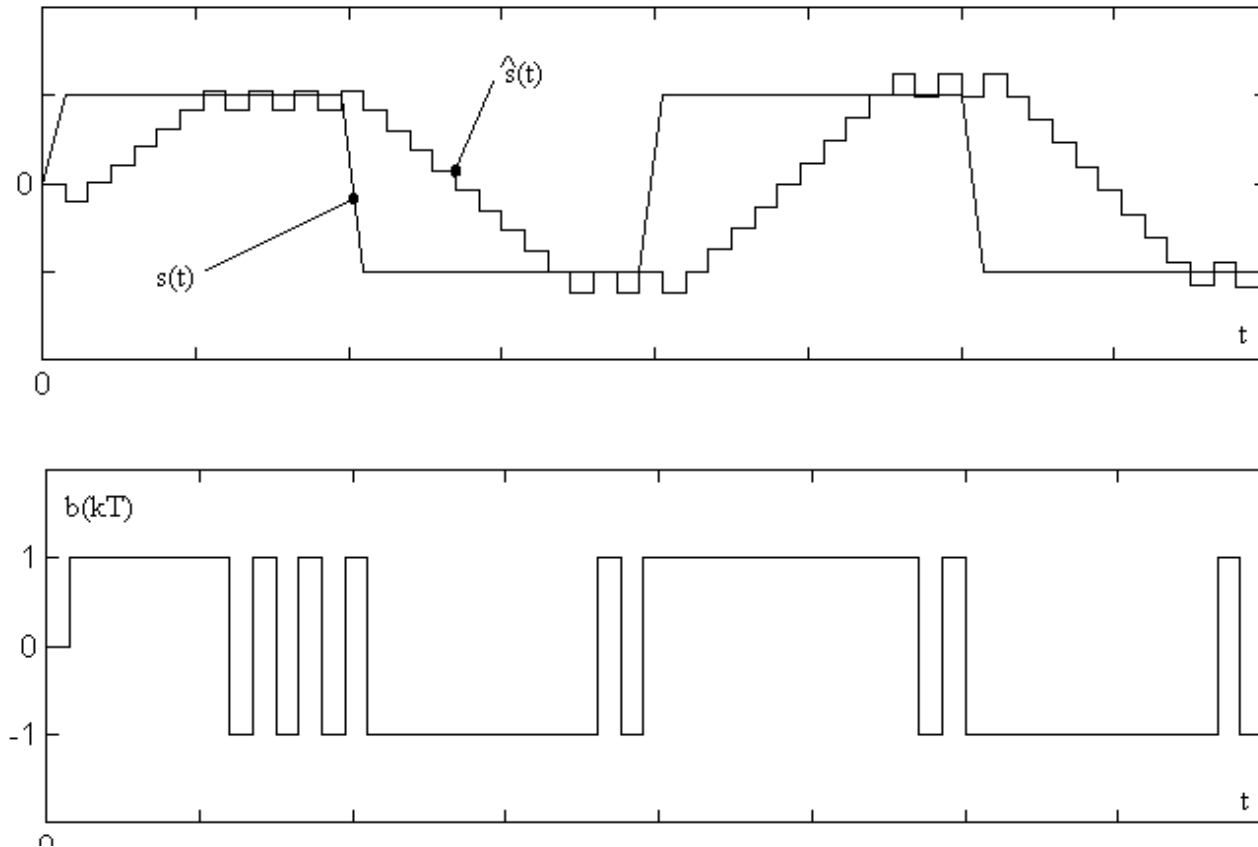
Distorsiunea de neurmărire și de palier

- Două tipuri de erori de cuantizare ce apar la modulația delta liniară:
 - eroare de neurmărire pe porțiunile rapid variabile ale semnalului $s(t)$:
 - eroare de palier sau zgomot granular, sau de pauză, pe porțiunile lent variabile ale semnalului
 - Viteza de variație a semnalului de intrare $s(t)$ este $ds(t)/dt$, iar viteza de variație a semnalului este $\pm\Delta \cdot f_s$
- Pentru a nu avea erori de neurmărire este necesar ca:

$$\left| \frac{ds(t)}{dt} \right| \leq |\Delta f_s|$$

Pentru un semnal dat, condiția de mai sus poate fi îndeplinită fie prin mărirea cuantei Δ , fie prin mărirea frecvenței de eșantionare f_s

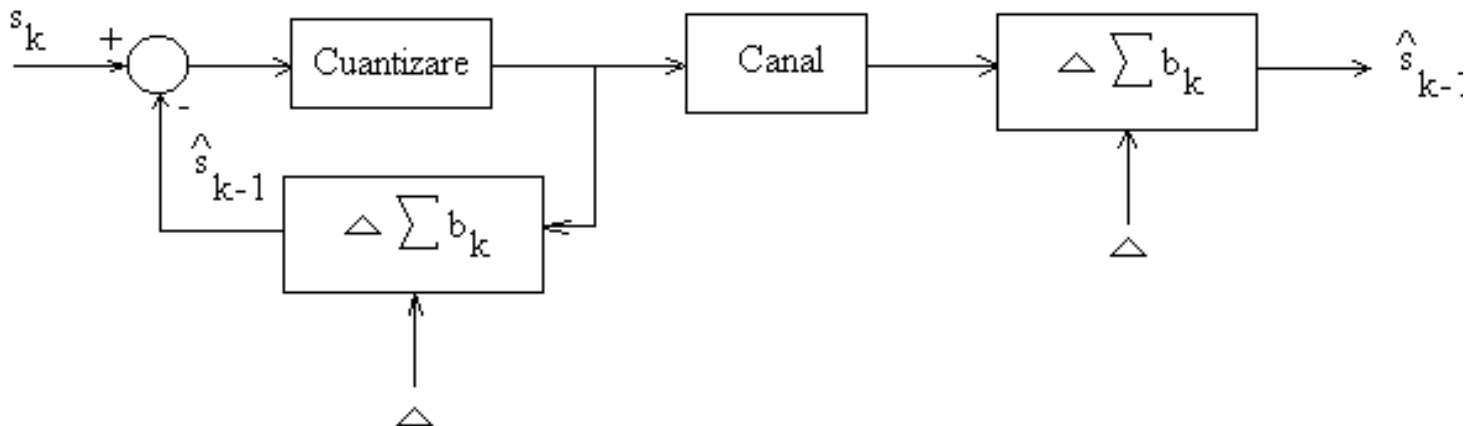
Distorsiunea de neurmărire și de palier



Distorsiunea de neurmărire și de palier

- Mărirea frecvenței de eșantionare f_s , duce la creșterea lărgimii de bandă necesară transmisiei, iar dacă aceasta este impusă, singura posibilitate de reducere a erorilor de neurmărire va fi aceea de mărire a cuantei Δ
- Zgomotul granular, care apare pe porțiunile lent variabile ale semnalului, se datorează modului în care se aproximează, odată prin lipsă, odată prin adaos, porțiunile relativ constante ale semnalului
- Pentru reducerea acestui tip de zgomot ar fi de dorit ca mărimea cuantei Δ să fie cât mai mică
- Deci, cele două tipuri de erori duc la cerințe contradictorii cu privire la mărimea cuantei Δ
 - Această contradicție nu se poate realiza în cadrul modulației delta liniare (uniforme), care lucrează cu cuantă constantă
 - S-au elaborat algoritmi noi de modificare a cuantei, în cadrul modulației delta adaptive

Schema bloc pentru modulația delta uniformă



Modulația delta uniformă

- Cuantizorul generează un semnal binar b_k în funcție de diferența dintre eșantionul curent și eșantionul anterior reconstruit:

$$b_k = \text{sign}(x_k - \hat{x}_{k-1})$$

- Eșantionul actual reconstituit, se obține printr-o sumare:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + \Delta b_k$$

- Blocul care sunează b_k și multiplică cu Δ ar putea fi un convertor numeric analogic
- Cuantizorul ar putea fi realizat printr-un comparator de tensiune căruia i se aplică x_k și

Modulația delta uniformă

- Dacă cuanta Δ este mare, se vor obține erori de neurmărire mici dar și erori granulare mari
 - Dacă cuanta Δ este mică, vom avea erori granulare mici dar erori de neurmărire mai mari
- O situație de compromis, în urma căreia raportul semnal/zgomot este minim, se obține dacă se alege

$$\Delta_{optim} = \sqrt{E\{(x_i - x_{i-1})^2\}} \cdot \ln\left(\frac{f_s}{W}\right)$$

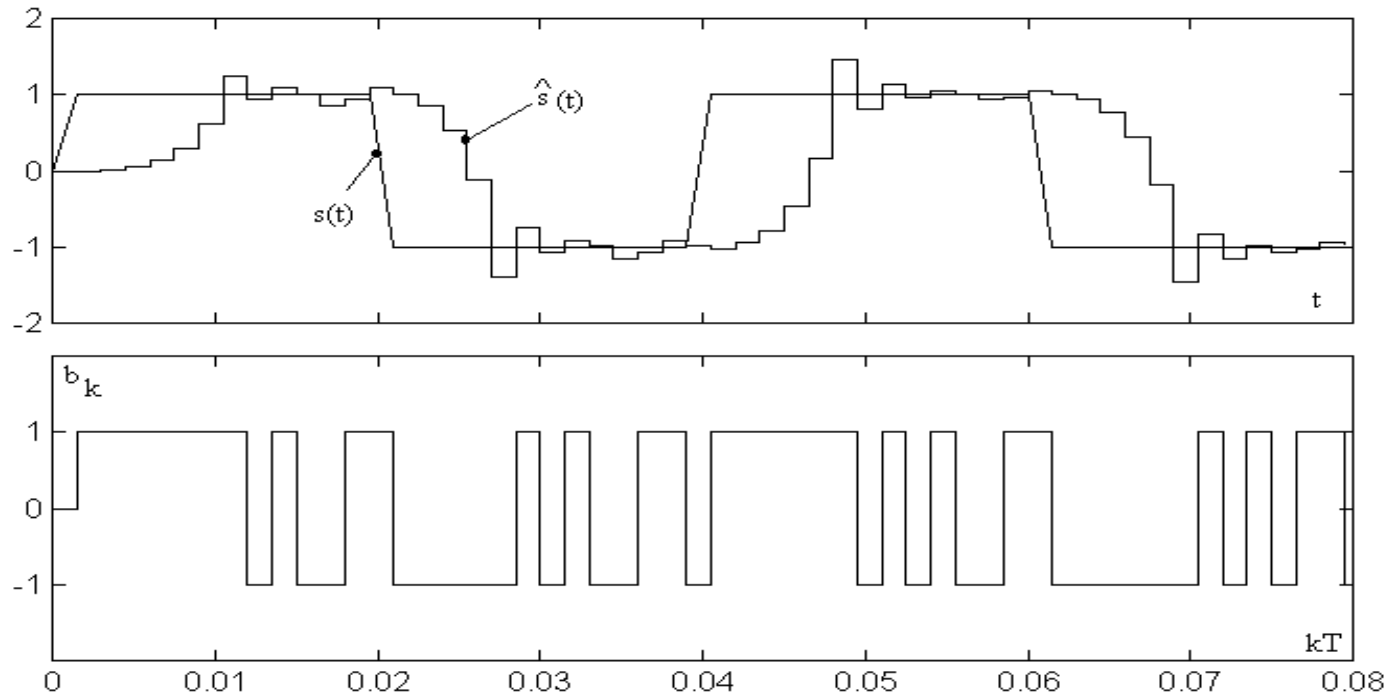
- Modulația delta se utilizează în modulatorile audio dar și în sistemele de reglare automată

Modulatia delta adaptiva

- O îmbunătățire importantă a calității semnalelor analogice transmise prin modulația delta uniformă, se obține prin utilizarea modulației delta adaptive, la care valoarea cuantei nu mai este constantă, ci se modifică în funcție de panta semnalului de transmis
- Principiul modulației delta adaptive duce la micșorarea ambelor tipuri de distorsiuni, de urmări și de palier

Aproximarea prin modulatie delta adaptiva a unui semnal analogic

- semnal trapezoidal pentru transmis
- semnalul refăcut local
- simbolurile binare transmise pe canal



Modulația delta adaptivă

- Modulația delta adaptivă se bazează pe ideea modificării valorii cuantei în funcție de dinamica (panta) semnalului de intrare, astfel:
 - pe porțiunile rapid variabile ale semnalului, se utilizează cuante mari;
 - pe porțiunile lent variabile se utilizează cuante mici
- Valorile cuantelor sunt multipli ai unei valori de baza, ordinul de multiplicitate determinându-se din analiza sirului de decizii anterioare
- Astfel, calculul valorii cuantei se face după o funcție liniară sau neliniară, dependentă de:
 - polaritatea semnalelor transmise anterior (succesiunea de simboluri b_k)
 - dimensiunea pasului anterior Δ_{k-1}

Modulatia delta adaptiva

- Pentru calculul valorii cuantei la pasul k , este necesar să fie inspectată o secvență de lungime minimă egală cu cel puțin doi biți ai ieșirii modulatorului
 - În cazul cel mai simplu, se compara ultimele două simboluri transmise b_k și b_{k-1} . Dacă $b_k = b_{k-1}$ înseamnă că avem neurmărire și cuanta trebuie crescută
 - În caz contrar avem o porțiune cu panta mică și cuanta trebuie scăzută
- Algoritmii de modulație delta adaptivă se deosebesc după modul în care realizează schimbarea cuantei
 - În general, aproximarea este performantă doar pentru anumite tipuri de semnale, funcție de viteza de variație a acestora

Algoritmul de modulație delta adaptivă SONG

- Dacă Δ_0 este cuanta minimă, algoritmul Song de calcul a cuantei Δ la pasul k se formalizează astfel:

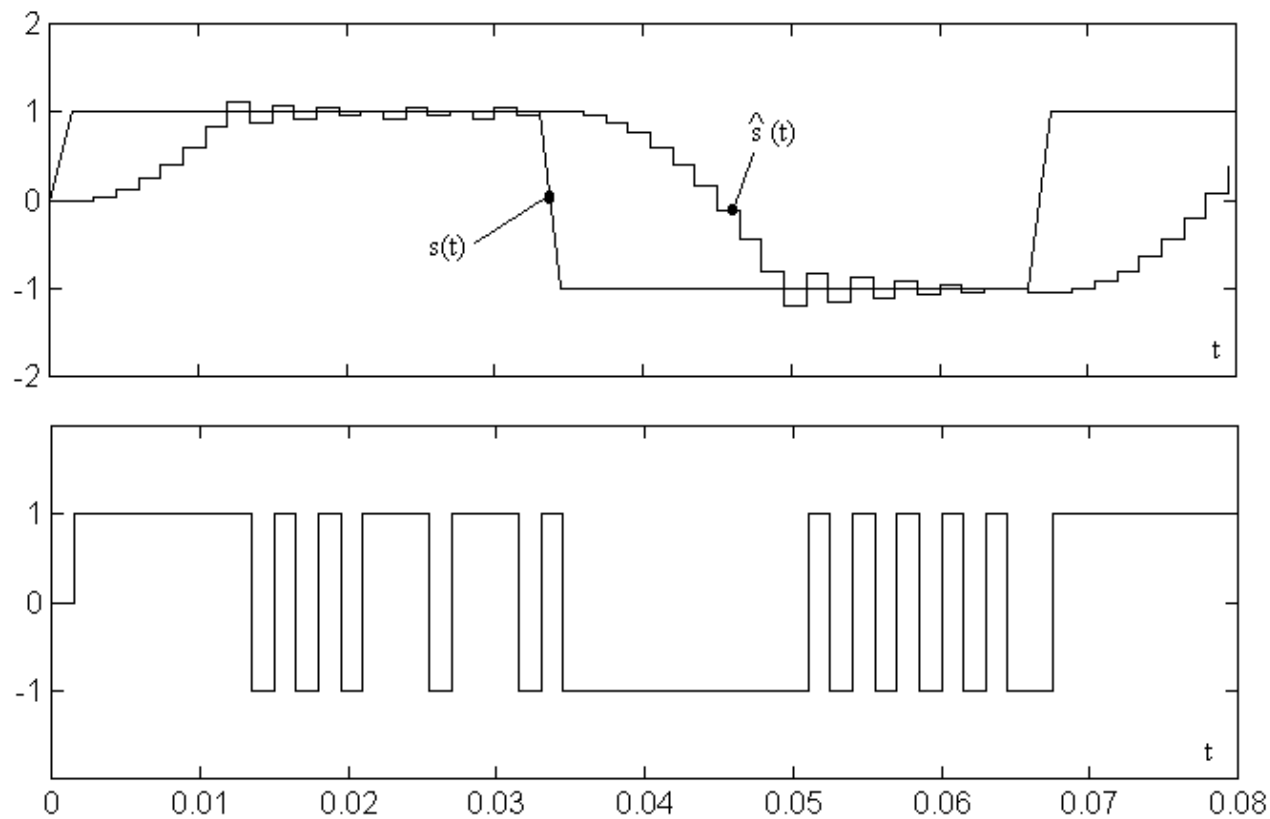
$$\Delta_k = \begin{cases} \Delta_{k-1} + \Delta_0, & \text{daca } b_k = b_{k-1} \\ \Delta_{k-1} - \Delta_0, & \text{daca } b_k \neq b_{k-1} \end{cases}$$

- Regula de asociere:

$$b_k = \text{sign}(s(kT) - s((k-1)T))$$

- Pentru aceeași valoare a cuantei, față de modulația delta uniformă, modulația adaptivă Song micșorează ambele tipuri de distorsiuni, de neurmărire și de palier
 - Distorsiunile de palier nu pot fi însă anulate din cauza valorii finite a valorii inițiale a cuantei

Exemplu pentru algoritmul Song



Algoritmul de modulație delta adaptivă Jayant

- Algoritmul de adaptare a cuantei este:

$$\Delta_k = \Delta_{k-1} \cdot P \cdot \text{sign}[s((k-1)T) - \hat{s}((k-2)T)] * \text{sign}[s(kT) - \hat{s}((k-1)T)]$$

- În algoritmul Jayant, variația cuantei este dictată - în principal - de factorul P
 - Din considerații statistice, se impune, pentru o largă clasă de semnale analogice și pentru a realiza o aproximație bună a semnalului de intrare, ca factorul P să fie ales astfel:

$$1 \leq P \leq 2$$

- Observație: În cazul $p=1.5$, relația de calcul a cuantei este:
Daca $b_k = b_{k-1} \rightarrow \Delta_k = \Delta \cdot P$ altfel $\Delta_k = \Delta / P$

Exemplu pentru algoritmul Jayant

