

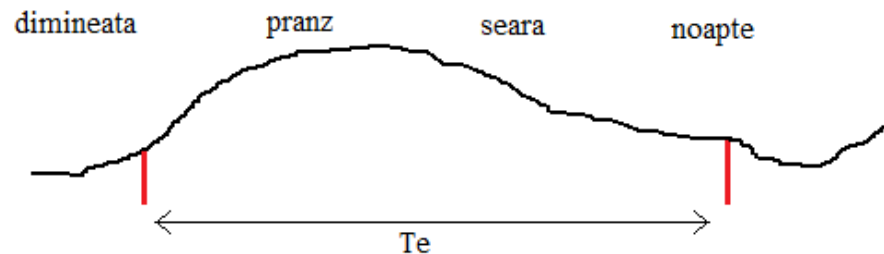
Eșantionarea semnalelor constante sau lent variabile

În cazul semnalelor constante este suficientă preluarea unui singur eșantion și conversia acestuia în cod numeric pentru achiziția și măsurarea valorii semnalului.

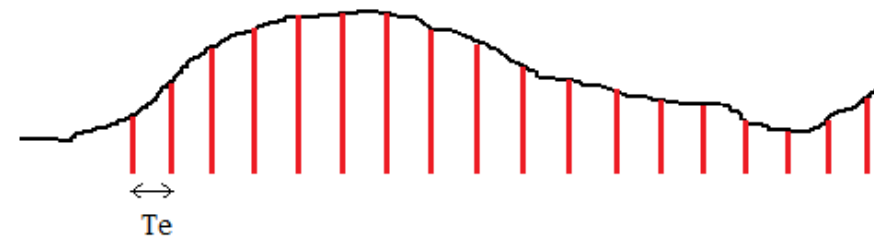
În cazul semnalelor lent variabile în timp, acestea pot fi considerate constante pe durata conversiei și a măsurării, fiind suficientă o singură eșantionare și conversie pentru măsurarea numerică a valorii acestora la un moment dat.

Dacă se dorește măsurarea periodică a unui semnal pentru urmărirea evoluției acestuia în timp (monitorizare), se realizează o eșantionare periodică a semnalului și conversia eșantioanelor respective. Viteza de eșantionare sau numărul de eșantioane prelevate într-un anumit timp trebuie să fie corelată cu viteza de variație a semnalului în timp, pentru a nu se pierde anumite valori (cu cât semnalul variază mai rapid, cu atât se vor lua eșantioane mai des, la intervale mai mici de timp).

Exemplu: Variația tipică a temperaturii în 24 de ore (zi/noapte) este de forma:



Eșantionare incorectă pentru monitorizarea variației temperaturii (Nu se va cunoaște maximumul din timpul zilei și nici minimumul din timpul nopții). Permite doar măsurarea ocazională a temperaturii, o dată dimineața și o dată noaptea



Eșantionare corectă pentru monitorizarea variației temperaturii în intervalul dat

Eșantionarea semnalelor periodice

Semnalele periodice sunt semnale a căror variație în timp este dată de o funcție matematică periodică. Principalii parametri pentru semnalele periodice sunt legea de variație (forma), amplitudinea, perioada, frecvența, valoarea medie și valoarea efectivă.

Cum viteza de eșantionare depinde de viteza de variație a semnalului în timp (de perioadă, respectiv frecvență), pentru a reface corect strict informația de frecvență a unui semnal analogic din eșantioanele sale (în sistemele de comunicație digitale de voce sau/și de sistemele digitale de înregistrare/redare sunete), trebuie ca să se ia ***cel puțin două eșantioane într-o perioadă a semnalului***. Aceasta se mai numește și **teorema eșantionării** sau teorema lui Shannon sau frecvența Nyquist:

$$T_{es} \leq \frac{T_{semnal}}{2} \quad \text{sau} \quad f_{es} \geq 2 \cdot f_{semnal}$$

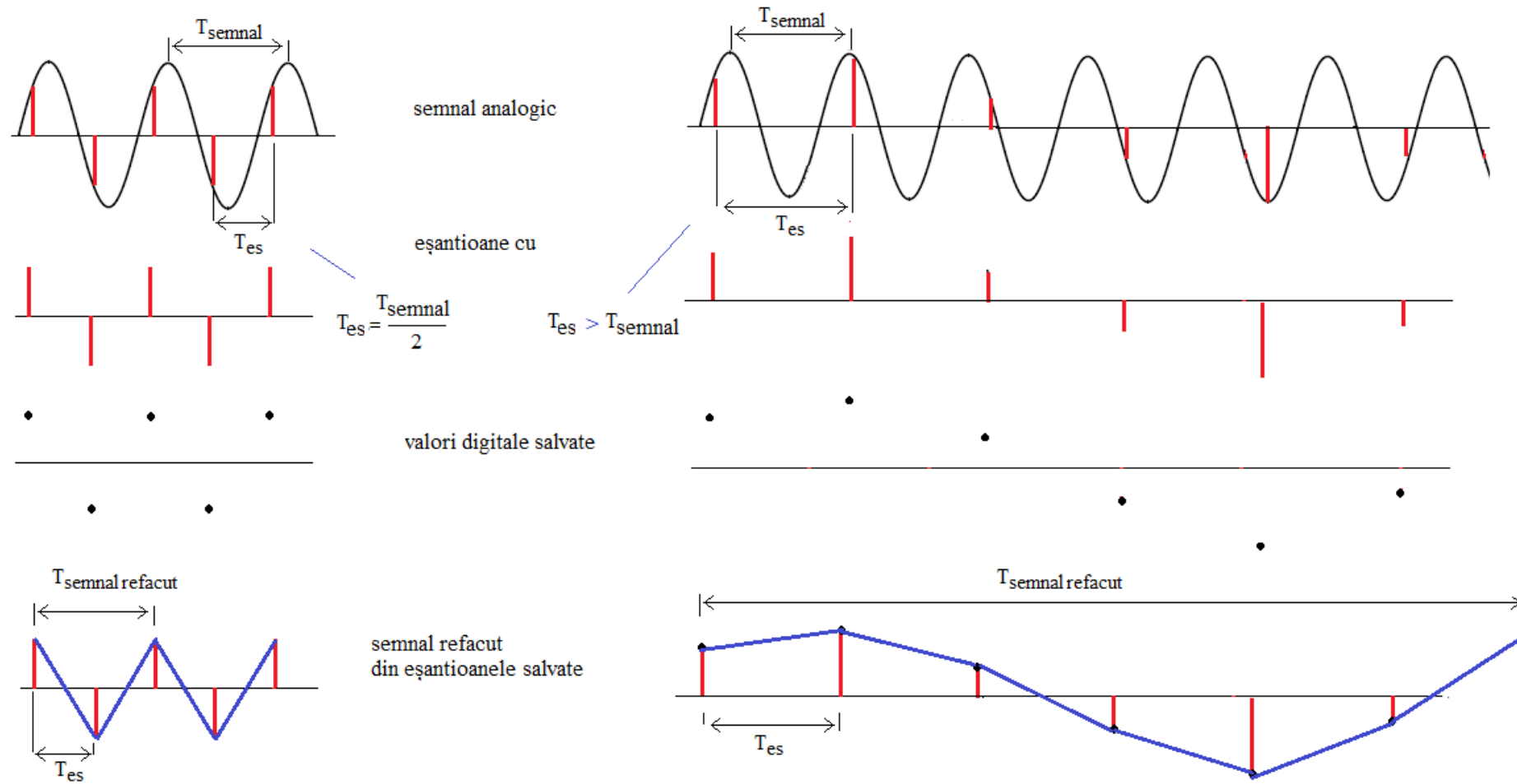
Obs.: Pentru un sistem de măsurare sau achiziție digital, frecvența de eșantionare (*sampling rate*) sau numărul de eșantioane prelevate într-o secundă se specifică în *hertzi* sau *Sample/sec*.

În sistemele uzuale de comunicație, frecvența de eșantionare se stabilește la o valoare mai mare decât limita minimă necesară.

Pentru măsurarea frecvenței unei vibrații este necesară aceeași condiție ca pentru sunete.

Pentru a achiziționa și măsura corect cu sisteme digitale, pe lângă **frecvența** semnalelor periodice, și **forma** și **amplitudinea** acestora, cum este cazul aplicațiilor de tip osciloscop digital, măsurarea presiunii în camera de ardere la un motor, etc, frecvența de eșantionare trebuie să fie de cel puțin 10 ori mai mare decât frecvența semnalului analogic:

$$T_{es} \leq \frac{T_{semnal}}{10} \quad \text{sau} \quad f_{es} \geq 10 \cdot f_{semnal}$$



Eșantionare semnal periodic cu $T_{\text{es}} = T_{\text{semnal}}/2$ și $T_{\text{es}} > T_{\text{semnal}}$.

În al doilea caz, semnalul refăcut din eșantioane nu are perioada respectiv frecvența corectă. Fenomenul se numește *aliasing*, și el trebuie evitat. Pentru a nu apare aliasingul se utilizează un filtru trece jos (FTJ) prin care este trecut semnalul înainte de conversia A/D, care taie componentele spectrale la frecvența $f_{\text{es}}/2$. De aceea acest filtru FTJ se mai numește și filtru antialiasing în sistemele de conversie A/D.

Circuite de interfațare între domeniul analogic și cel digital (convertoare A/D) – aplicații

1. Pentru un convertor analog digital cu rezoluția de 8 biți și domeniul de intrare între 0 și 5V, să se calculeze:

- a) Câte valori digitale sunt disponibile la ieșire?
- b) Care este eroarea de cuantizare (eroarea de conversie)?
- c) Cât este codul de la ieșire dacă la intrare se aplică 2,2V?
- d) Cât este tensiunea la intrare dacă la ieșire avem codul 01101100?

2. Pentru un convertor analog digital cu rezoluția de 10 biți și domeniul de intrare între 0 și 10V, să se calculeze:

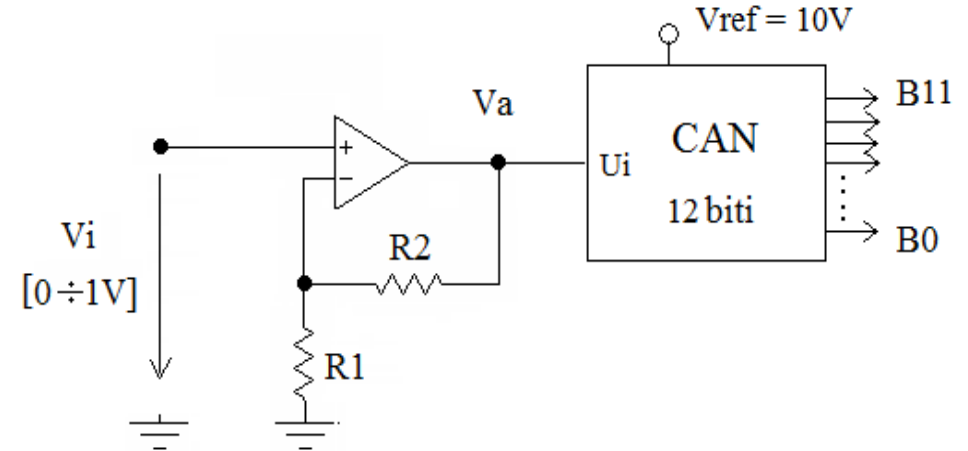
- a) Câte valori digitale sunt disponibile la ieșire?
- b) Care este eroarea de cuantizare (eroarea de conversie)?
- c) Cât este codul de la ieșire dacă la intrare se aplică 2,2V?
- d) Cât este tensiunea la intrare dacă la ieșire avem codul 1000101100?

3. Care este frecvența de eșantionare minimă a convertorului analog-numeric (a sistemului de achiziție) pentru a converti un semnal analogic periodic în semnal digital (a achiziționa un semnal analogic) cu frecvența maximă de 100kHz pentru a reface corect informația de frecvență? Dar pentru a reface corect informația de frecvență, de formă și de amplitudine? Cât este perioada (intervalul) de măsurare în fiecare caz?

4. Un traductor de temperatură generează la ieșire o tensiune între 0 și 10V pentru o variație a temperaturii între 0 și 150°C. Cât trebuie să fie rezoluția sistemului de achiziție (a convertorului A/D) pentru a putea măsura acea temperatură cu o precizie de minim 0,1°C? Cât este temperatura dacă la ieșirea unui convertor A/D cu rezoluția de 16 biți apare codul 1001 0001 1100 0101? Cât este eroarea de măsurare în acest caz?

5. Convertorul analog-digital are domeniul de intrare unipolar între $V_a \in [0 - 10V]$, rezoluția de 12 biți și durata de conversie de $20\mu s$. Să se calculeze:

- parametrii convertorului: FS, eroarea de cuantizare ϵ_c , 1LSB, 1MSB
- cât este frecvența de eșantionare maximă? dar banda de frecvență maximă a semnalului de la intrare care poate fi convertit cu acest convertor.
- Cât trebuie să fie amplificarea amplificatorului de la intrarea convertorului pentru a converti tensiunea V_i cu rezoluție maximă? Calculați valorile rezistoarelor R_1 și R_2 .
- Cât este codul binar la ieșirea convertorului dacă la intrarea V_i se aplică $0,25V$?
- Care este valoarea tensiunii aplicata la intrarea V_i dacă la ieșire se obține codul binar 110011001100



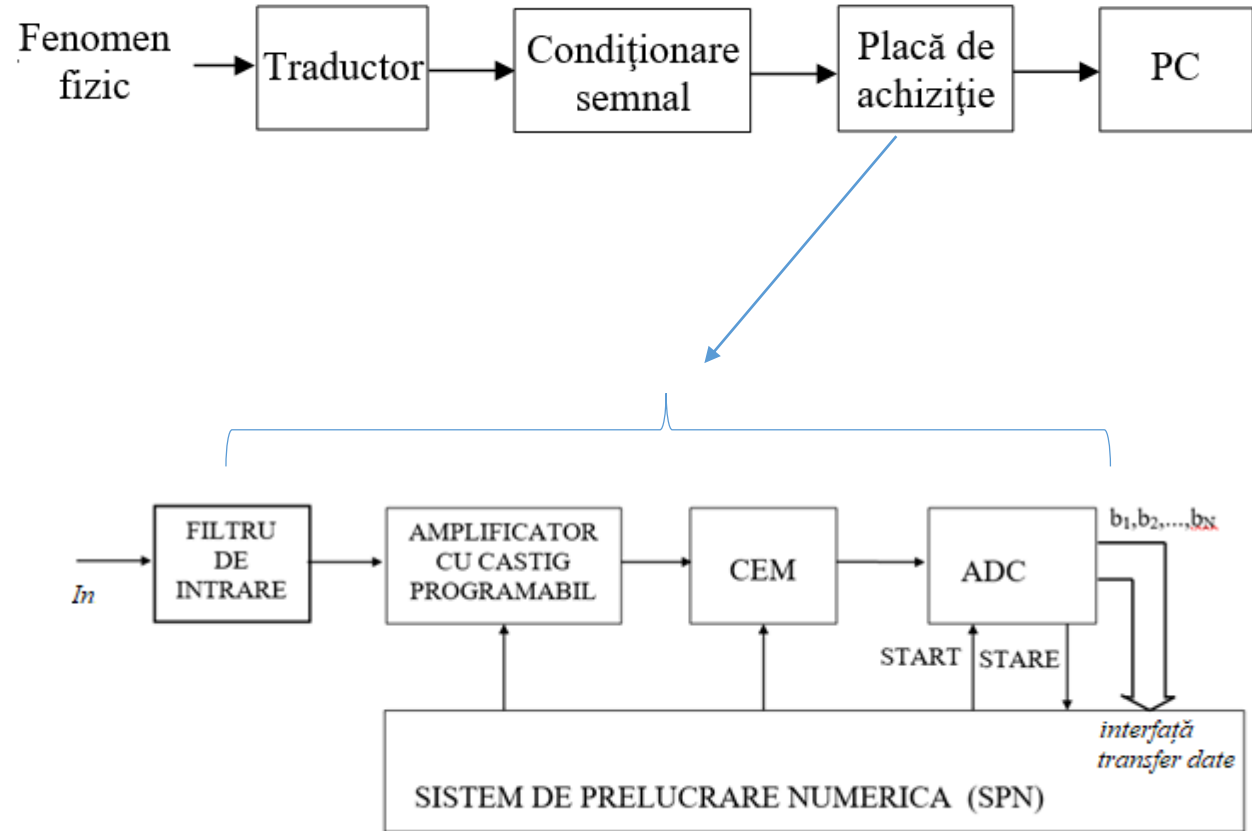
Circuite de interfațare între domeniul digital și cel analogic (convertoare D/A) – aplicații

- Cat este codul digital necesar pentru a genera o tensiune de comanda de $5,45V$, daca se utilizeaza un convertor numeric-analogic unipolar, cu rezolutia de 12 biti si $V_{ref} = 10V$? Cat este cuanta (pasul) de cnversie si eroarea de generare a tensiunii dorite?
- Care este rezolutia necesara pentru un convertor D/A pentru a se genera o tensiune analogica cu o eroare de cel mult 10% in intervalul $0-10V$?

Structuri tipice de sisteme de achiziție de date

Placă/modul de achiziție de date multifuncțională pentru semnale analogice cu o singură intrare analogică – schemă bloc.

CEM – circuit de eșantionare și memorare E/M (*S/H – Sample and Hold*)



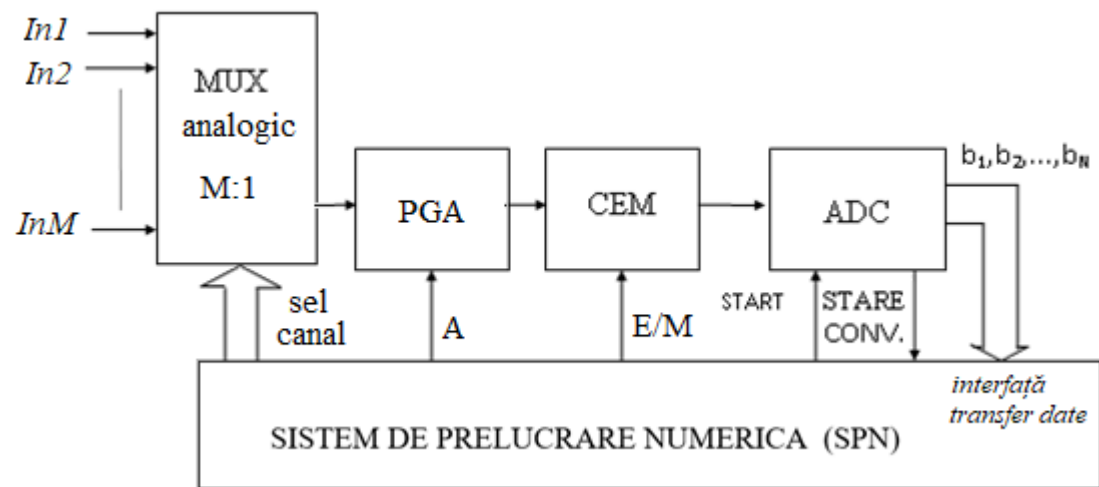
Sisteme de achiziție de date multicanal

Placă/modul de achiziție de date pentru semnale analogice cu mai multe intrări analogice, cu **eșantionare multiplexată** a canalelor de intrare – schemă bloc.

PGA – *Programmable Gain Amplifier* = Amplificator cu câștig programabil

MUX – multiplexor

$$f_{\max canal} \leq \frac{f_{es ADC}}{2 \cdot M}$$



Placă/modul de achiziție de date pentru semnale analogice cu mai multe intrări analogice, cu **eșantionare simultană** a canalelor de intrare – schemă bloc.

Este mai rapidă decât varianta anterioară și oferă sincronismul în fază al eșantioanelor de pe cele M canale de intrare.

$$f_{\max canal} \leq \frac{f_{es ADC}}{2}$$

