

6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.1. Notiuni fundamentale.

6.1.2. Tipuri de ADC

6.2. Sisteme de conversie D/A

6.2.1. Tipuri de DAC.

6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.1. Dithering

6.3.2. Efectul alias

6.3.3. Artefacte de esantionare

6.3.4. Interpolare

6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.1. Convertoarele A/D integrate in sisteme embedded

6.4.2. Tehnica de conversie in virgula flotanta

6.4.3. Tehnica de conversie in doi pasi



UNIA EUROPEANA



MINISTERUL EDUCATIEI SI
CERCETARII SCIENTIFICE



FONDUL SOCIAL EUROPEAN
2007-2013



INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

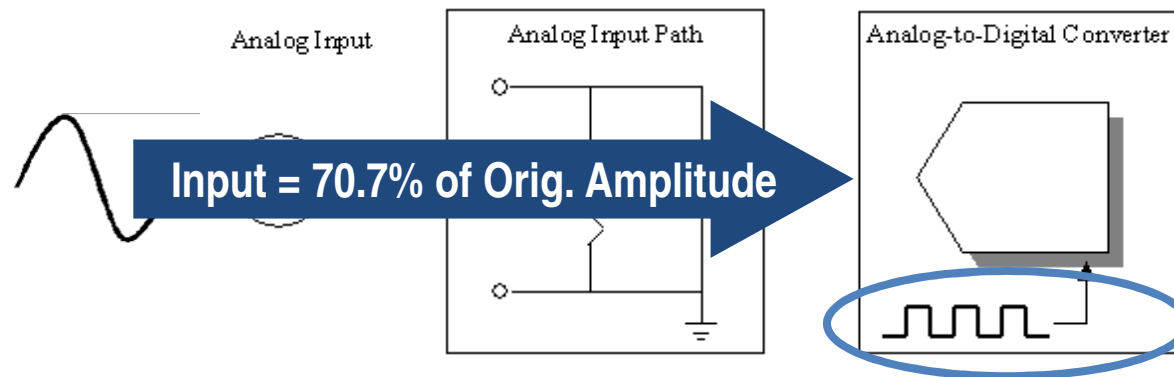
6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.1. Notiuni fundamentale – banda, rata de esantionare si criteriul Nyquist

Banda = frecventa pentru care un semnal sinusoidal care parcurge calea analogica de intrare este atenuat la 70.7% din amplitudinea originala (frecventa la 3dB).

Rata de esantionare = viteza de conversie ADC exprimata in esantioane pe secunda (S/s).

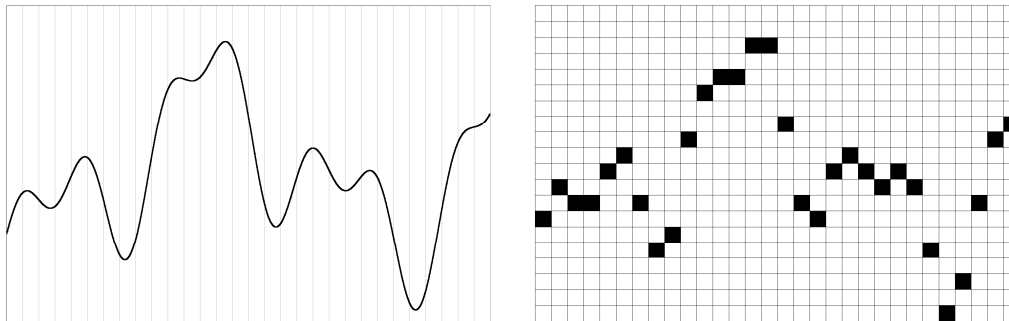
Criteriul Nyquist = rata de esantionare = 2 x frecventa maxima a semnalului de intrare.



6.1. Sisteme de conversie A/D

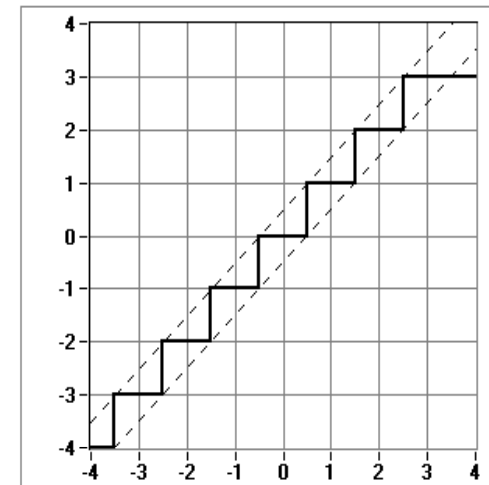
6.1.1. Notiuni fundamentale - esantionarea si cuantizarea

Esantionarea = reduce setul infinit de valori de timp la un set finit.

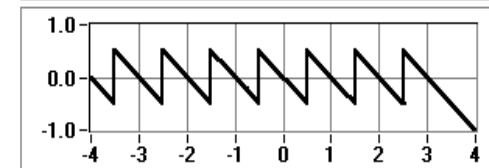


Cuantizarea = reduce setul infinit de valori de amplitudine la un set finit.

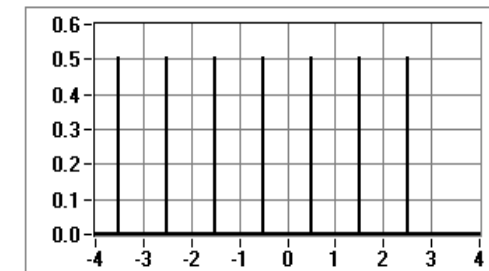
Discrete
output
levels



Error



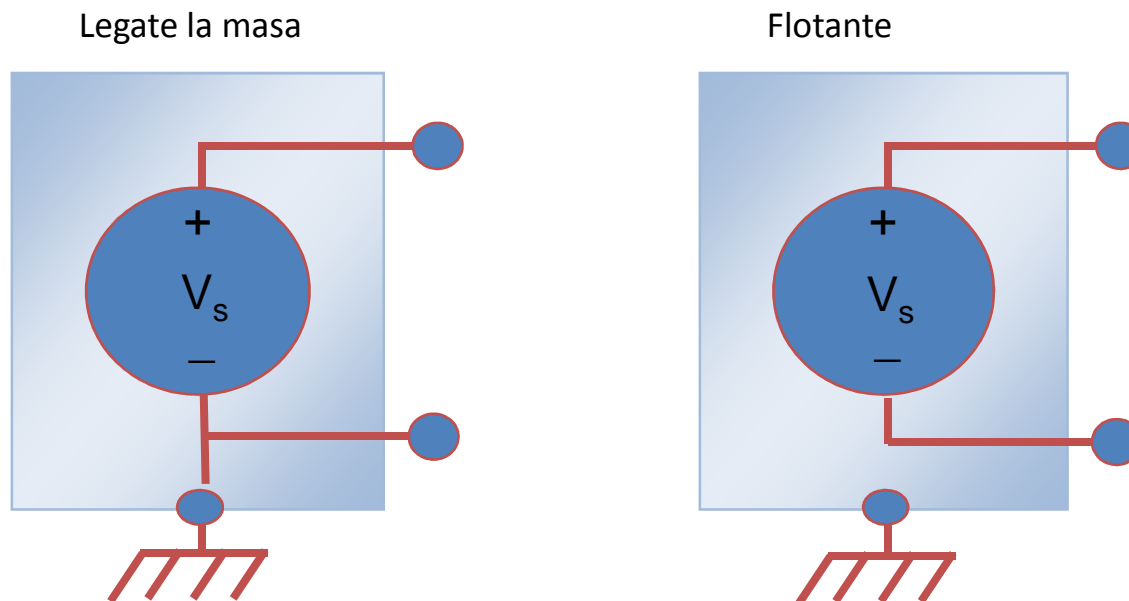
Standard
deviation



6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.1. Notiuni fundamentale – topologii de masura

Surse de semnal: flotante sau referentiate fata de masa.



6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.1. Notiuni fundamentale – topologii de masura

Unipolare

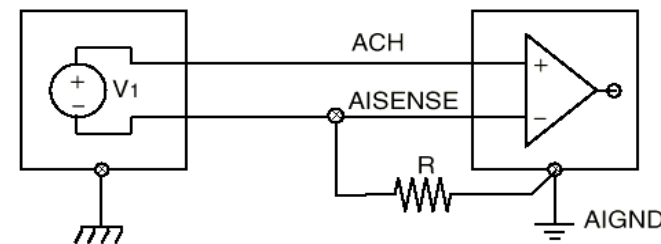
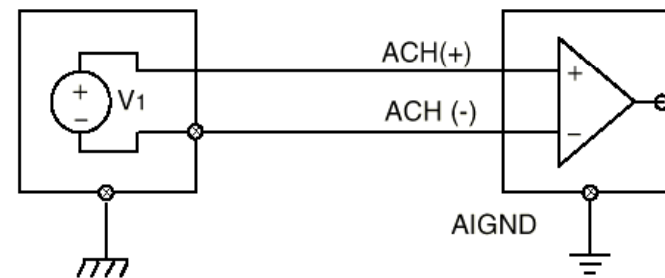
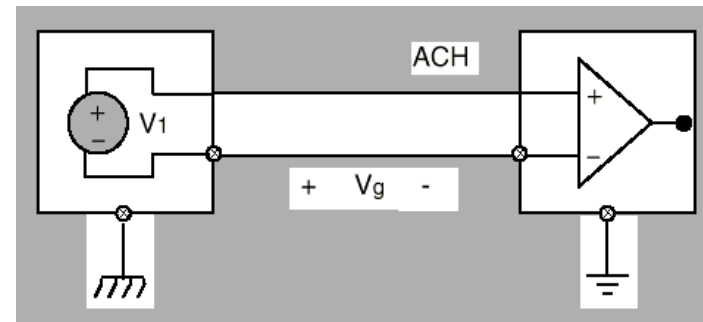
- +Simplitate
- Pot genera bucle de masa daca V_1 nu e flotant
- Dispozitivele pot fi deteriorate de descarcari (rare)

Diferentiale

- + Bune daca V_1 este impamantata
- + rejecteaza semnalele de mod comun
- Domeniu de mod comun finit.

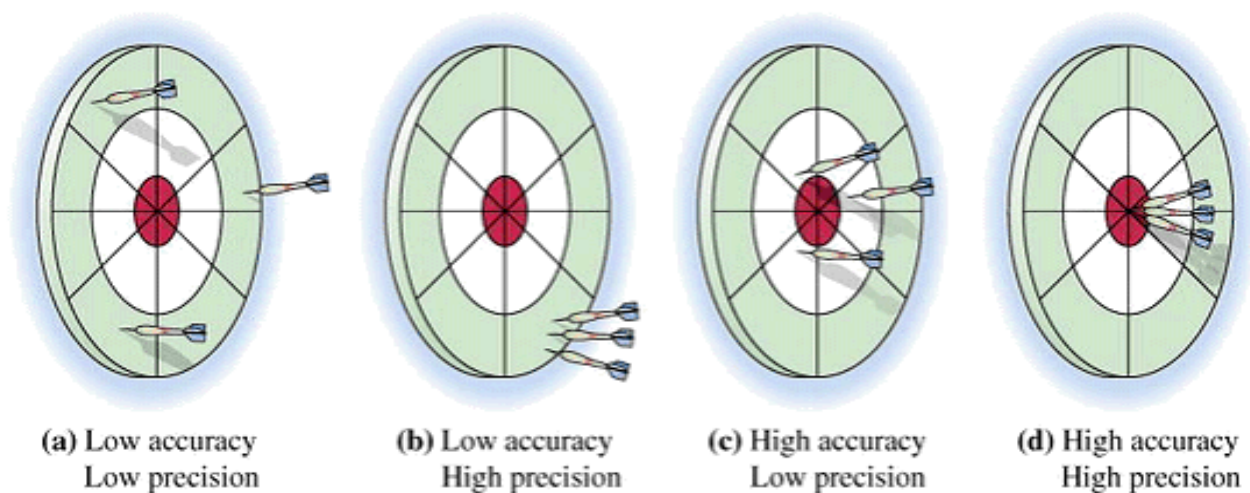
Pseudo-Diferentiale

- + Rejectie de mod comun buna
- + Intrerup buclele de masa
- Izolatie redusa



6.1. Sisteme de conversie A/D

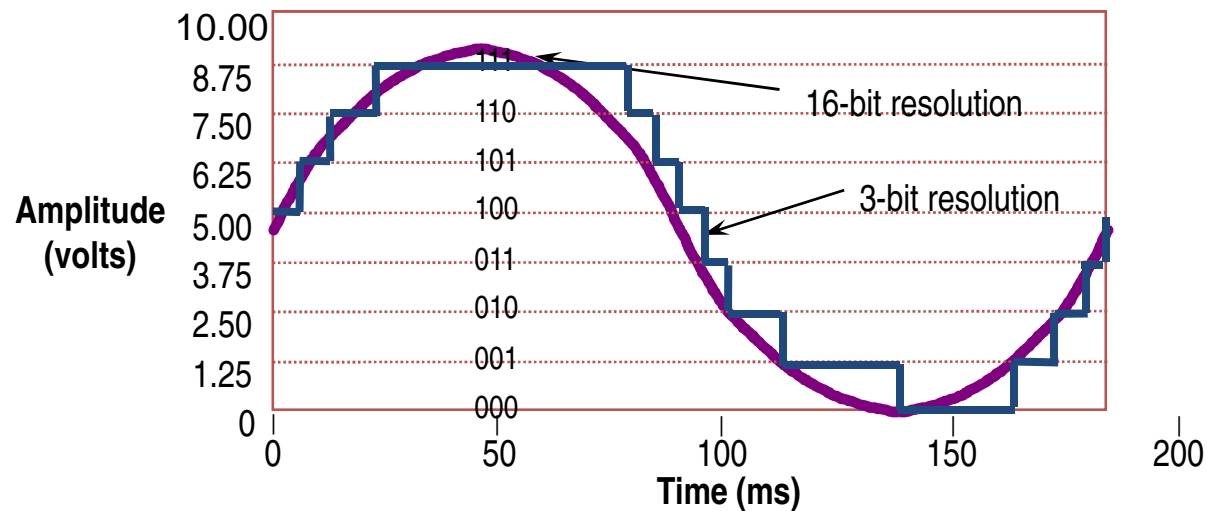
6.1.1. Notiuni fundamentale – acuratete, precizie (rezolutie), senzitivitate



6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.1. Notiuni fundamentale – acuratete, precizie (rezolutie), senzitivitate

Rezolutie – numarul de biti utilizati pentru reprezentarea semnalelor. Rezolutie mai mare => precizie mai mare.



Senzitivitate – cel mai mic semnal detectabil de un instrument.

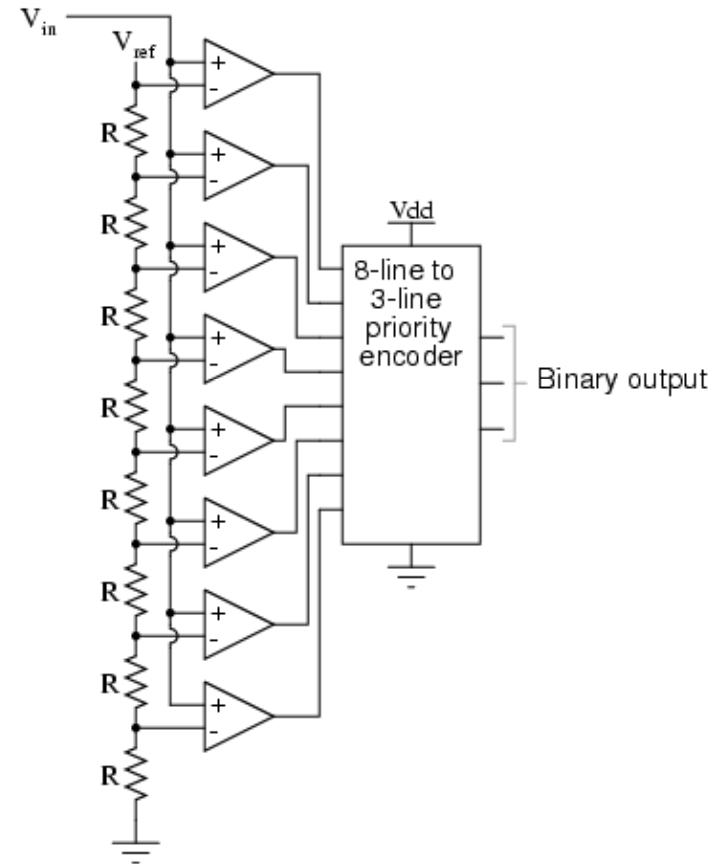
Acuratete – nivelul de incertitudine al unui instrument la masurarea unei marimi.

6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.2. Tipuri de ADC

Flash and Pipeline Flash - High-Speed Digitizers - denumite si ADC paralele:
sunt compuse dintr-o serie de comparatoare a
caror iesire este conectata intr-un encoder care
genereaza o iesire digitala.

Avantaje: viteza foarte mare a conversiei.
Dezavantaje: necesita multe componente; de
exemplu, pentru un convertor ADC de 3 biti sunt
necesare 8 comparatoare, pentru unul de 8 biti
sunt necesare 256 comparatoare.



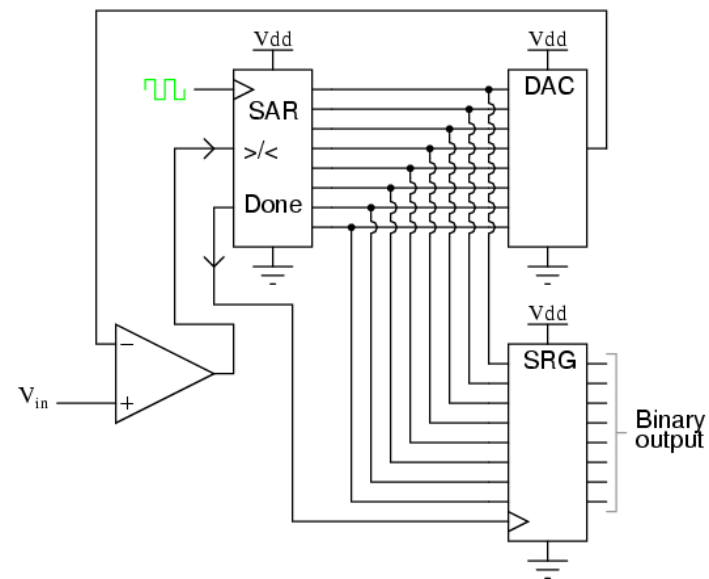
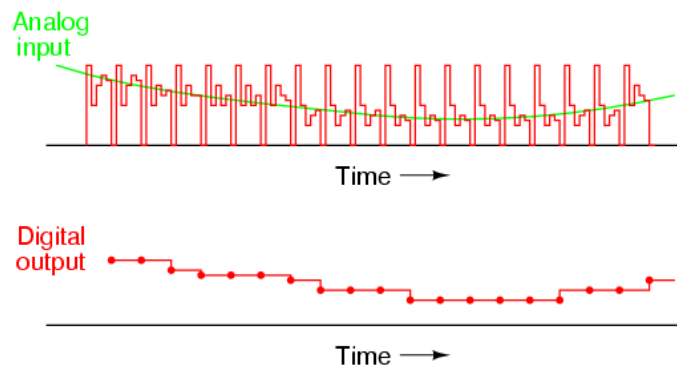
6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.2. Tipuri de ADC

SAR

Convertoare cu registru de aproximari succesive: un registru numarator va cuantifica valorile comparatiilor dintre marimea analogica generata de DAC si marimea de intrare prin metoda injumatatirii intervalului.

Viteza de conversie: pana la 3MS/s, rezolutie pana la 18 biti.

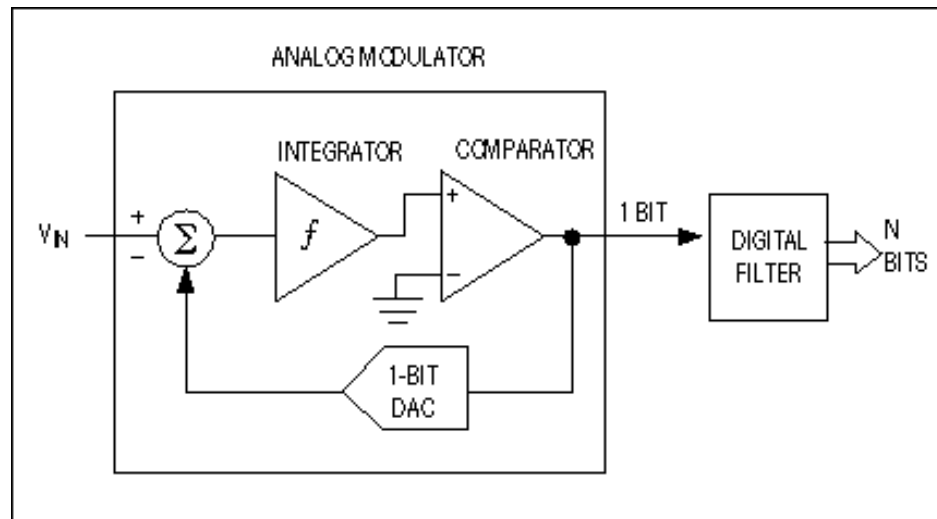


6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.2. Tipuri de ADC

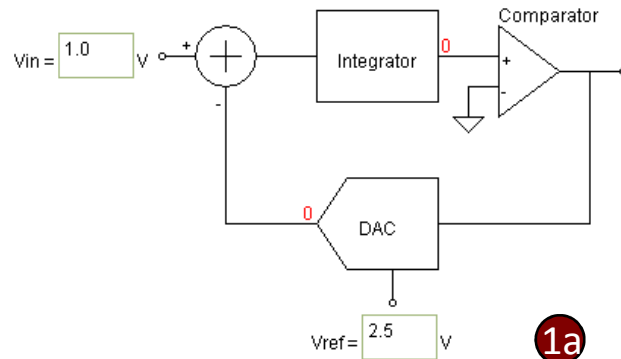
Delta-Sigma

Este un convertor de tip integrator, din filtrul digital se va obtine valoarea conversiei. (exemplu de functionare).

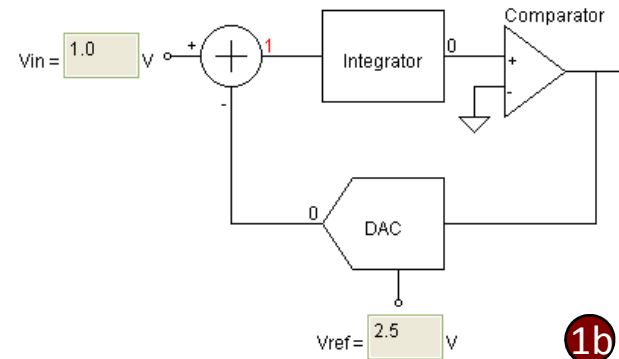


6.1. Sisteme de conversie A/D

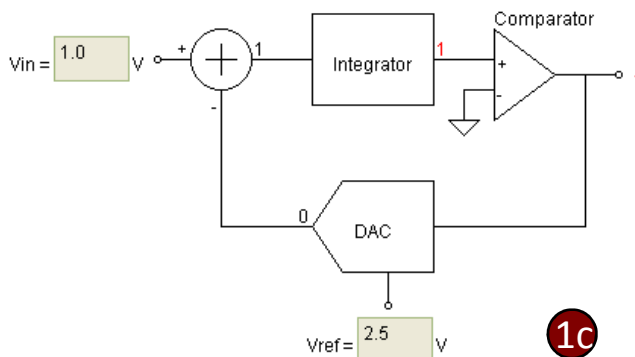
6.1.2. Tipuri de ADC – convertorul Delta-Sigma – exemplu de functionare



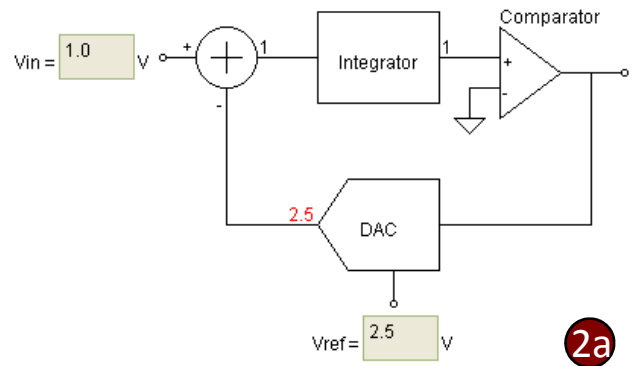
Bitstream:
Mean output:



Bitstream:
Mean output:



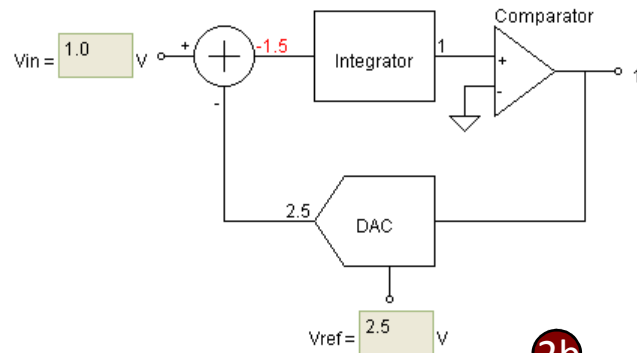
Bitstream: 1
Mean output: 2.5V



Bitstream: 1
Mean output: 2.5V

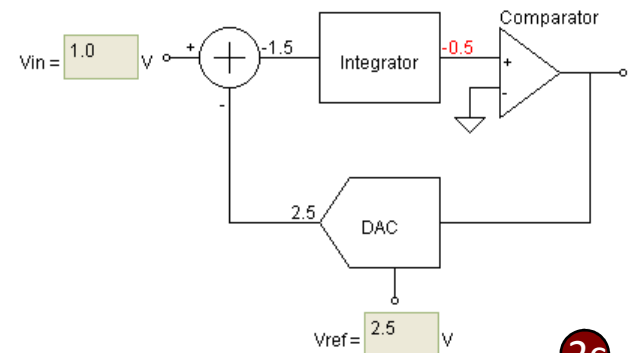
6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.2. Tipuri de ADC – convertorul Delta-Sigma – exemplu de functionare



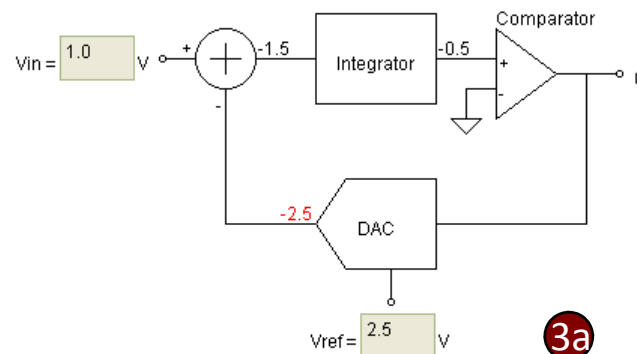
Bitstream: 1
Mean output: 2.5V

2b



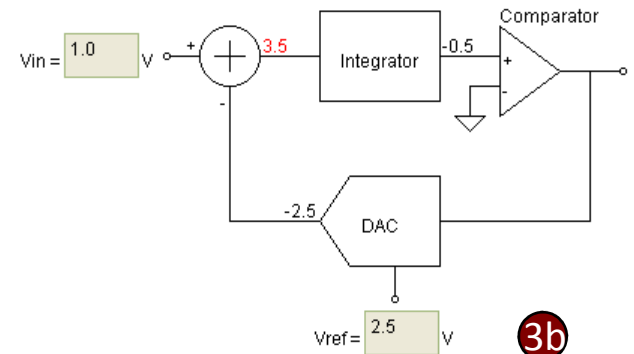
Bitstream: 1 0
Mean output: 0V

2c



Bitstream: 1 0
Mean output: 0V

3a

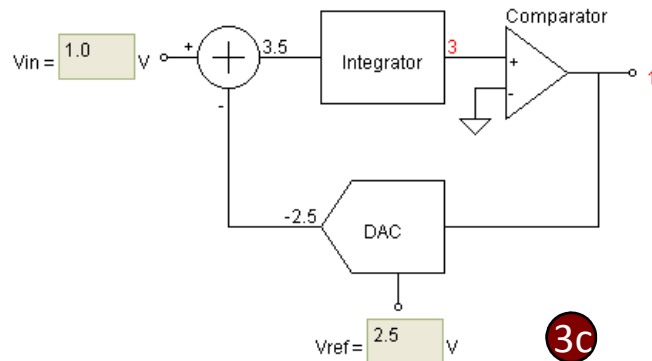


Bitstream: 1 0
Mean output: 0V

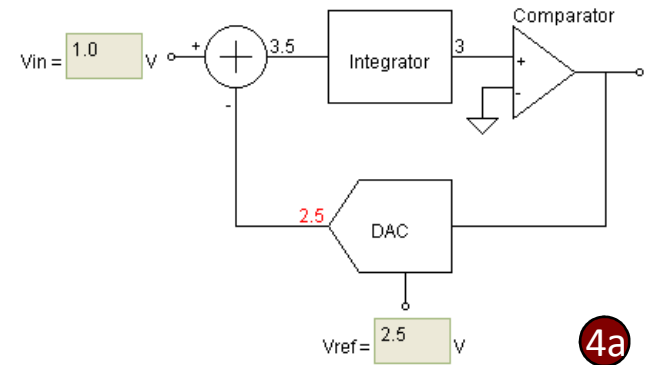
3b

6.1. Sisteme de conversie A/D

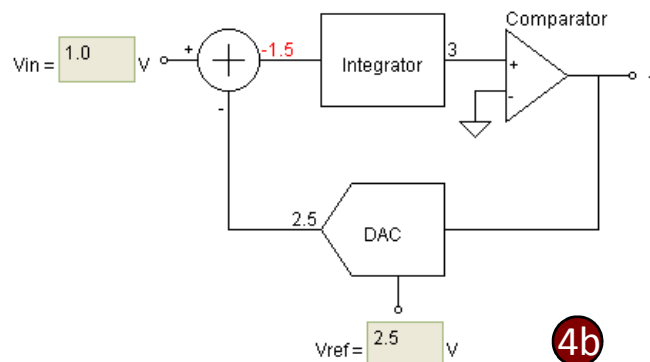
6.1.2. Tipuri de ADC – convertorul Delta-Sigma – exemplu de functionare



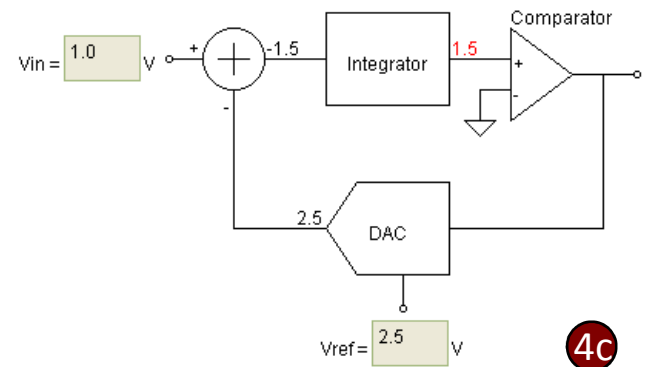
Bitstream: 1 0 1
Mean output: 0.83V



Bitstream: 1 0 1
Mean output: 0.83V



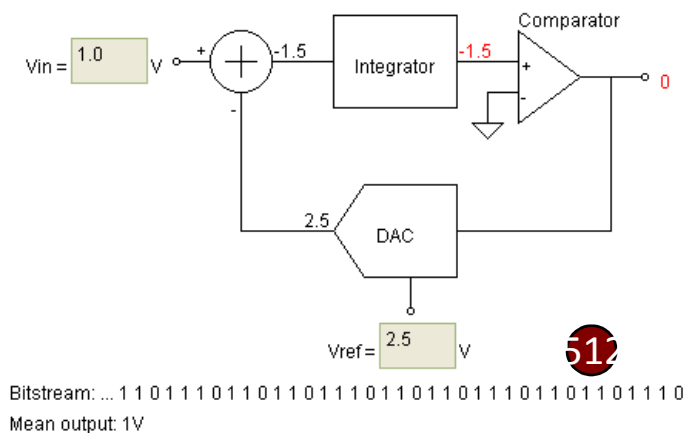
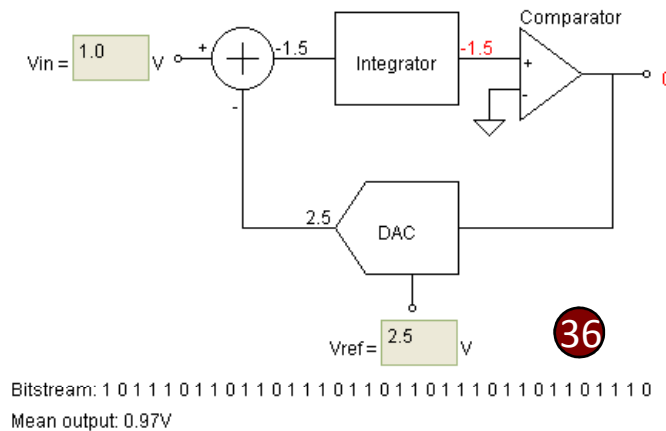
Bitstream: 1 0 1
Mean output: 0.83V



Bitstream: 1 0 1 1
Mean output: 1.25V

6.1. Sisteme de conversie A/D

6.1.2. Tipuri de ADC – convertorul Delta-Sigma – exemplu de functionare



Dupa 512 iteratii se va obtine un sir de date (0,1) pentru care vom avea app. 70% valori de 1 si app.30% valori de zero.

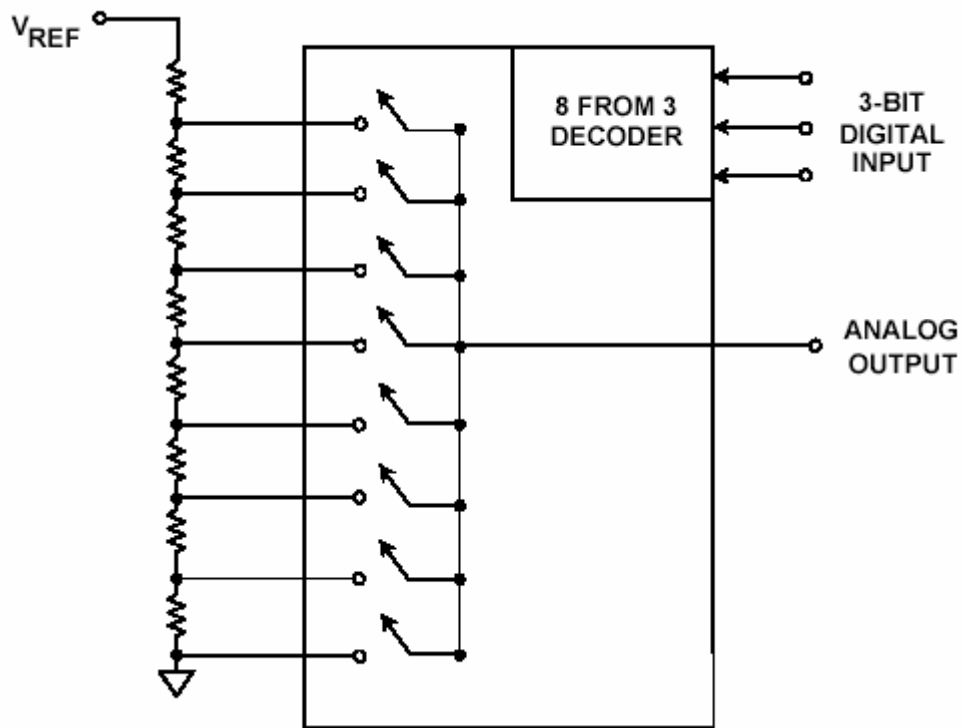
Considerand $V_{fs} = 5V$ (intre -2.5 si $+2.5$) avem ca 70% din $5V = 3.5V$. Scaland aceasta fata de $-2.5V$ obtinem ca 70% din intervalul $(-2.5,+2.5)$ este $1V$.

Cu cat se maresta numarul de integrari, convertorul poate sa devina instabil.
Avantaje: rezolutie si liniaritate mare.
Dezavantaj: oversampling.

Se poate imbunatati intercaland un flash ADC la iesirea integratorului pentru a comanda un multibit DAC.

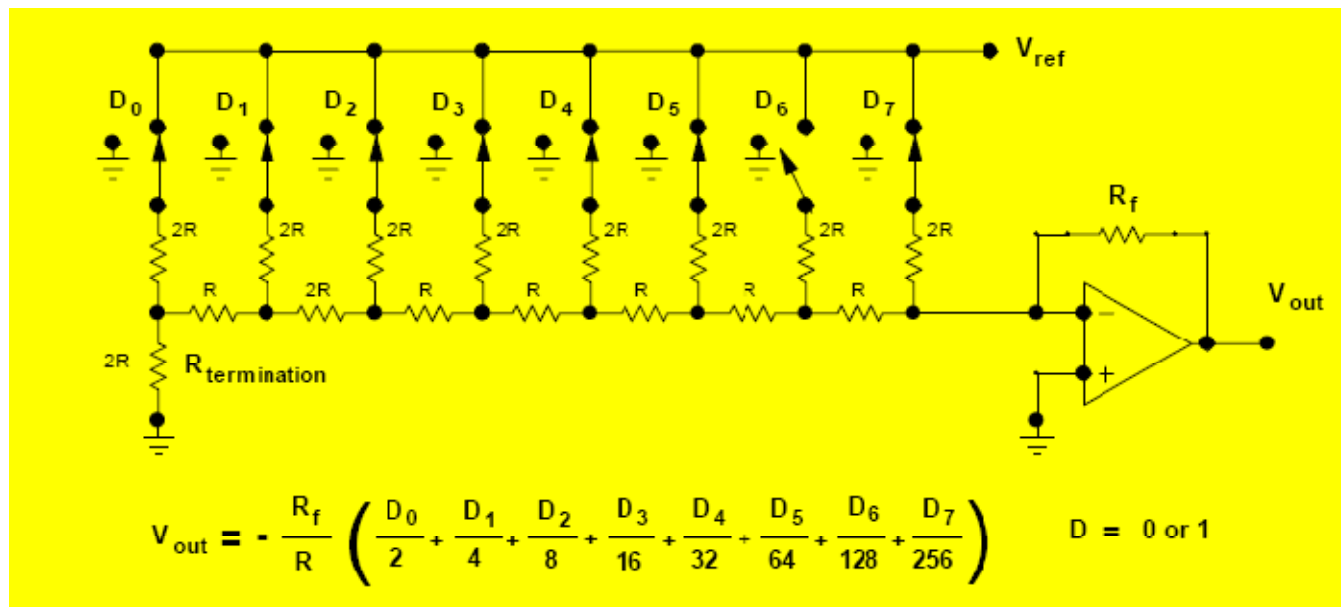
6.2. Sisteme de conversie D/A

6.2.1. Tipuri de DAC – Divizorul Kelvin



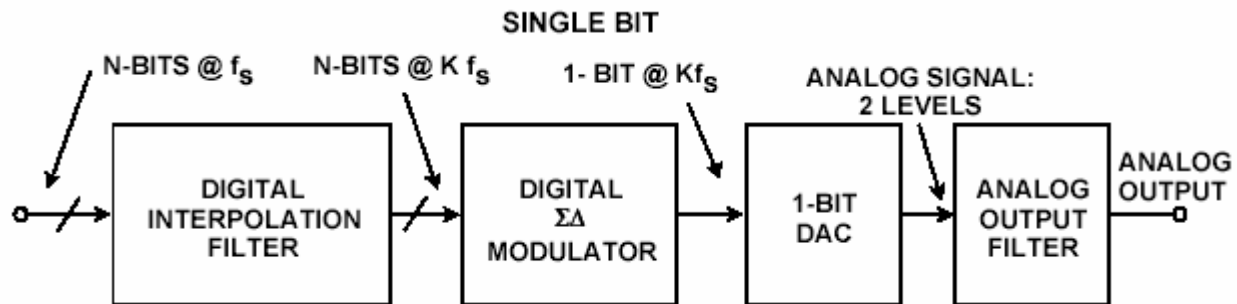
6.2. Sisteme de conversie D/A

6.2.2. Tipuri de DAC – convertorul R-2R



6.2. Sisteme de conversie D/A

6.2.3. Tipuri de DAC – convertorul delta sigma



6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.1. Dithering

In domeniul timp, putem reduce erorile de esantionare prin marirea vitezei de esantionare (supra esantionare).

Pentru micșorarea erorilor de cuantizare putem sa marim numarul de cuante sau sa aplicam o procedura de **dithering** daca erorile de cuantizare sunt independente de semnalul achizitionat. Acest proces implica adaugarea de zgomot aleator la semnalul util si apoi medierea rezultatului obtinut. Medierea semnalului fara adaugarea zgomotului nu va produce rezultate notabile, medierea pe durate mari va produce intarzieri. Nivelul zgomotului trebuie astfel ales incat sa nu depaseasca limita de zgomot a sistemului (uzual 3 LSB).



UNIA EUROPEANA



MINISTERUL NEROUZILOR
INSTRUMENTALE



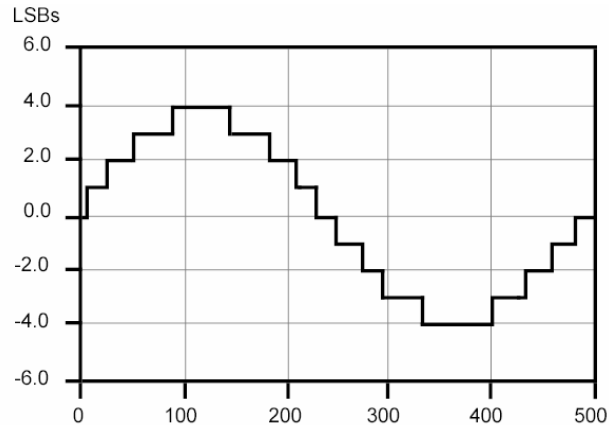
FONDUL SOCIAL EUROPEAN
2007-2013



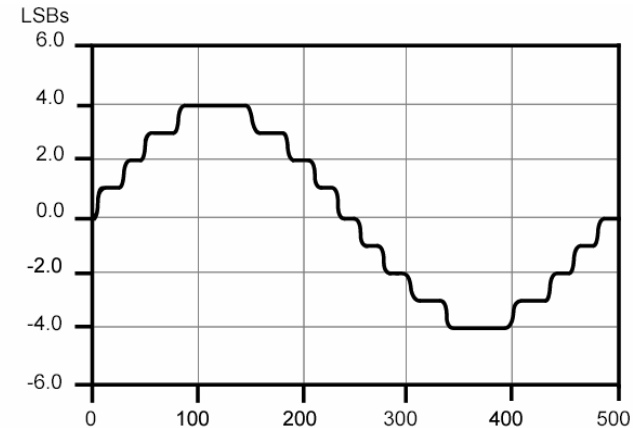
INSTRUMENTE STRUCTURALE
2007-2013

6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

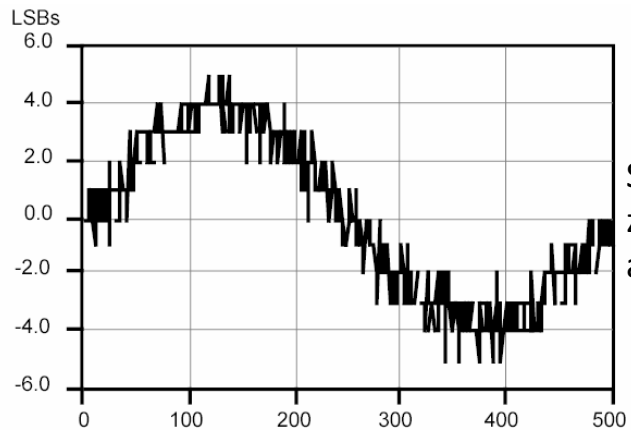
6.3.1. Dithering



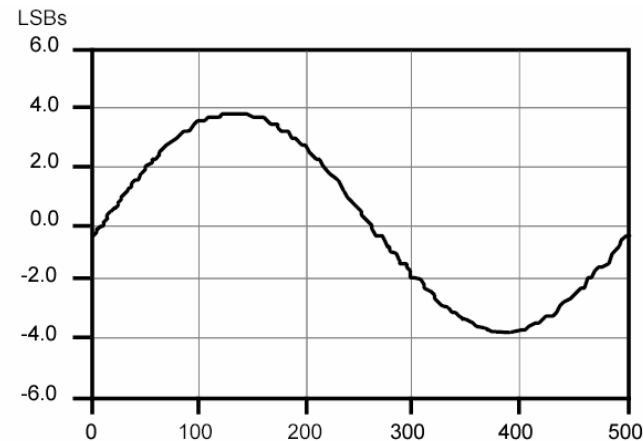
Semnal
esantionat si
cuantizat.



Semnal mediat
pe 50 de
esantioane.



Semnal cu
zgomot
adaugat.

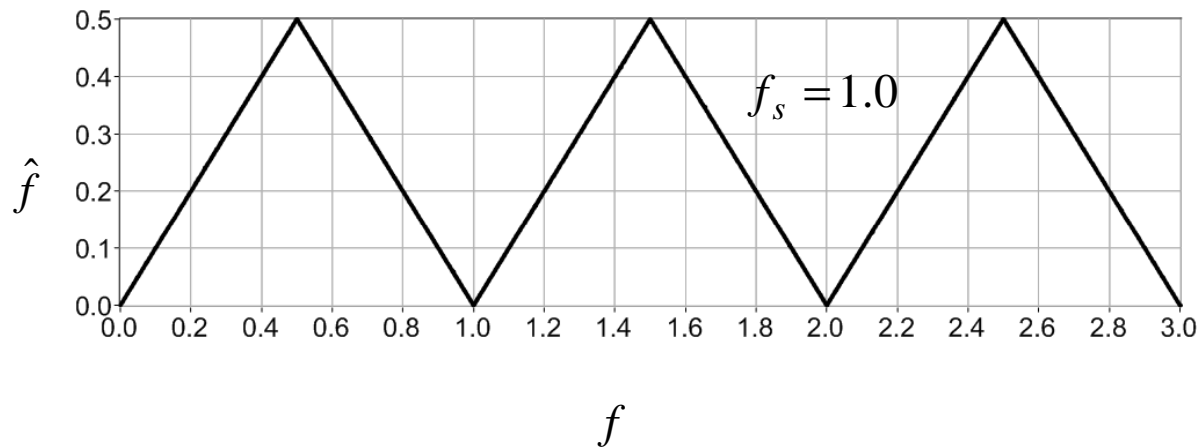


Semnal cu
zgomot mediat
pe 50 de
esantioane.

6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.2. Efectul alias

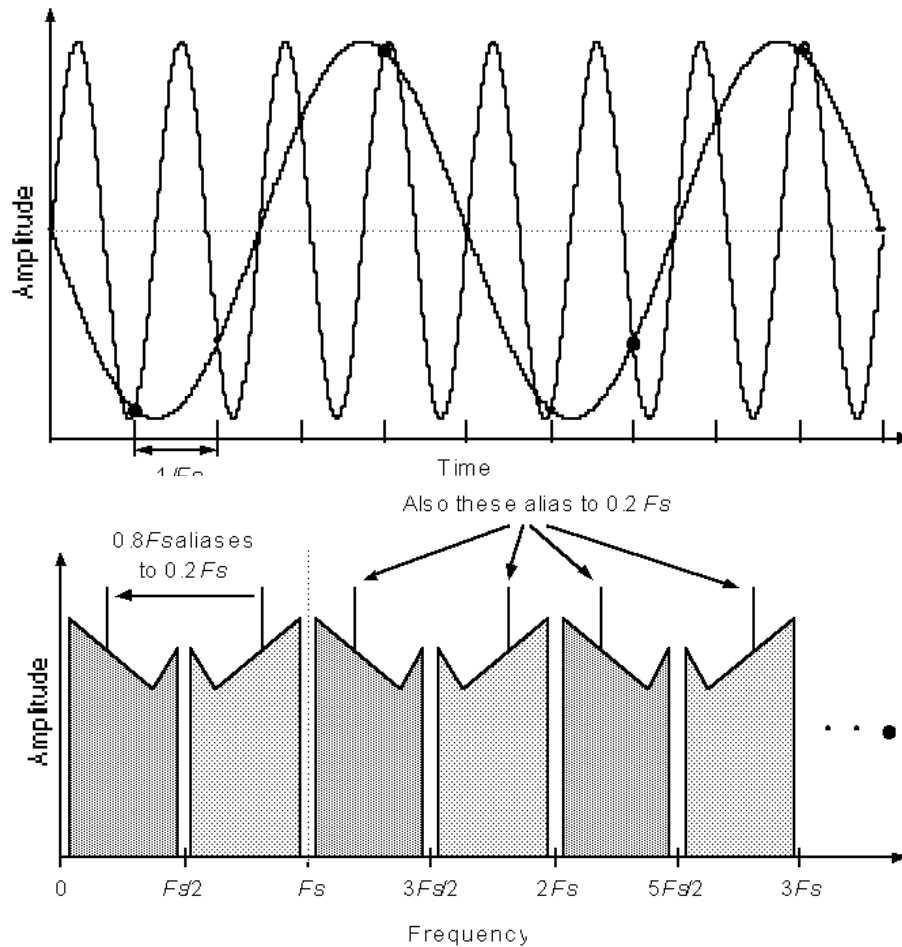
Aliasing – aparitia de semnale “false” pentru frecvente de intrare mai mari decat frecventa Nyquist => necesitatea implementarii unui filtru trece-jos la intrarea ADC.



$$\hat{f} = \text{abs} \left(f - \left[\frac{f}{f_s} \right] f_s \right)$$

6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

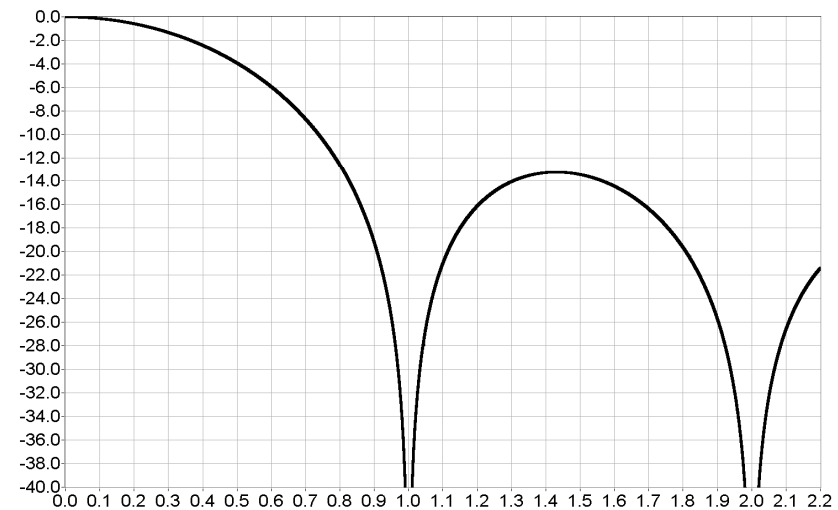
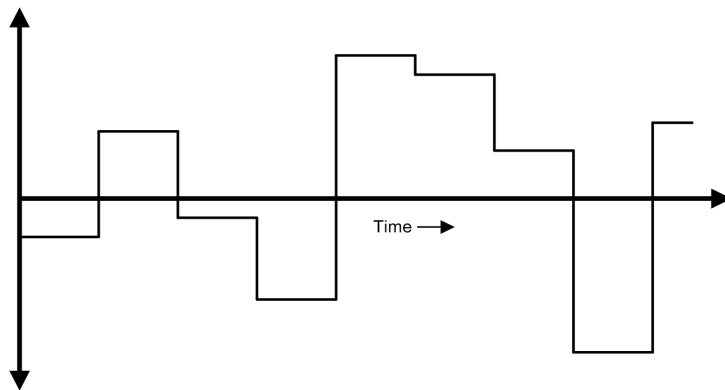
6.3.2. Efectul alias



6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.3. Artefactele de esantionare

Artefacte de esantionare – pe duratele de timp dintre 2 esantioane, semnalul este mentinut constant (apare sub aspectul unei functii $\sin x/x$ din punct de vedere al spectrului).

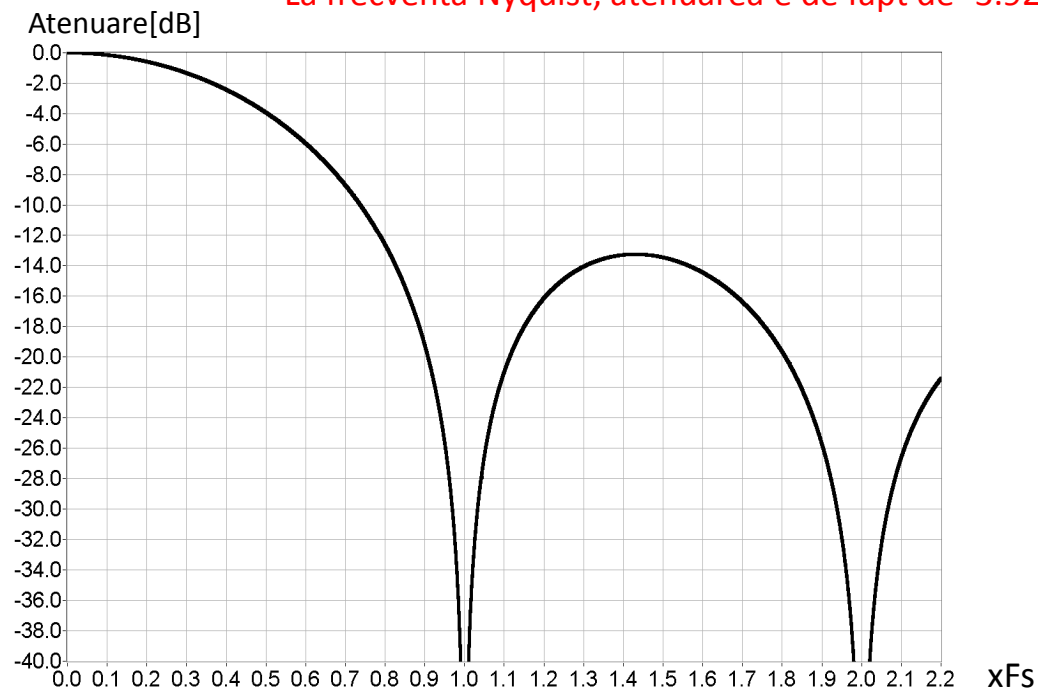


6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.3. Artefactele de esantionare

Artefacte de esantionare – pe duratele de timp dintre 2 esantioane, semnalul este mentinut constant (apare sub aspectul unei functii $\sin x/x$ din punct de vedere al spectrului).

La frecventa Nyquist, atenuarea e de fapt de -3.92dB



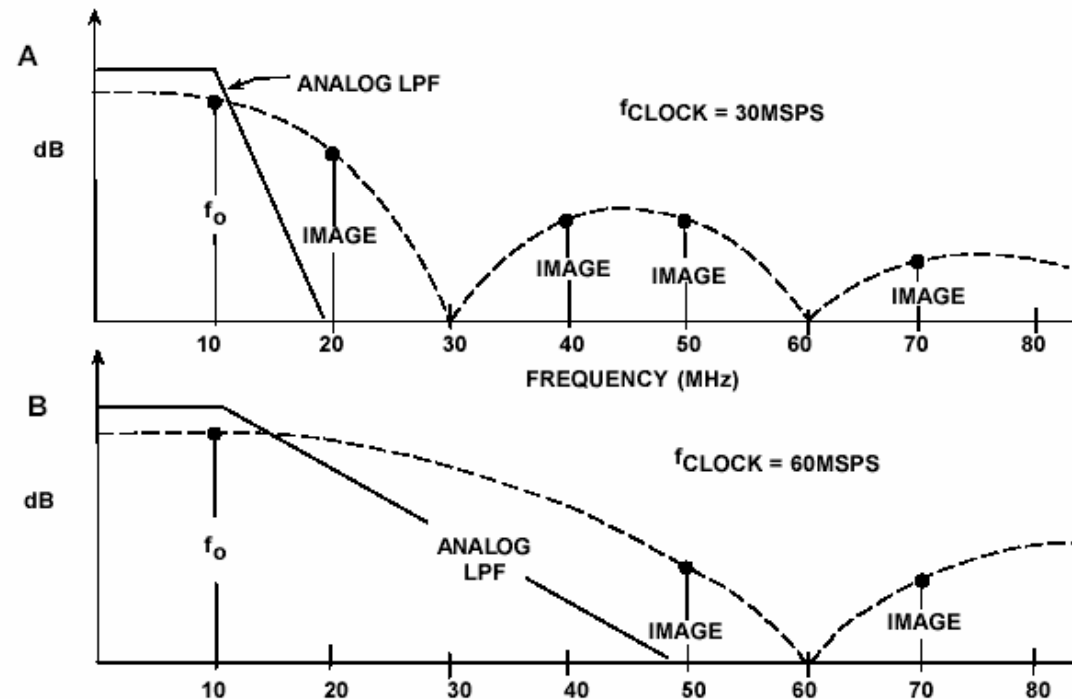
Atenuarea de 3dB apare de fapt la 0.43 => 43% din domeniul de sampling poate fi folosit.

Exemplu: pentru un sistem de achizitie cu 100MS/s putem achizitiona semnale de maxim 43MHz!

6.3. Tehnici avansate de conversie A/D

6.3.4. Interpolare

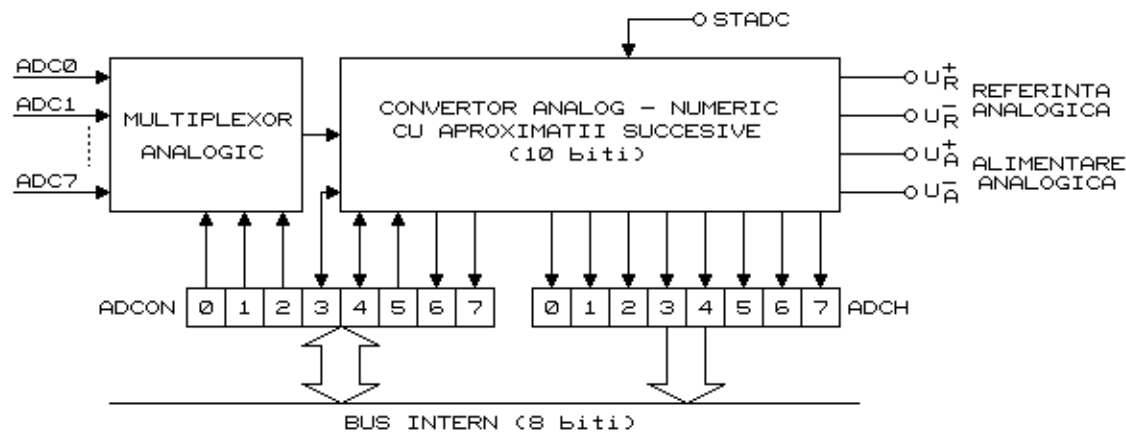
Interpolare – creșterea artificială a ratei de esantionare prin sinteza nivelurilor digitale dintre două esantionari reale. Scop: aplatizarea caracteristicii Nyquist. Prin interpolare, frecvențele imagine apar îndepărtate de f_0 – filtrare mai ușoară.



6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.1. Convertoarele A/D integrate in sisteme embedded

Elementul cel mai reprezentativ al acestei familii îl constituie microcontrollerul 8052. Partea analogica de intrare consta dintr-un multiplexor analogic cu 8 intrări si un convertor analog - numeric cu aproximații succesive si rezoluția 10 biți. Ciclul de conversie odată început durează 50 de cicluri mașina. Deoarece convertorul numeric - analogic intern este realizat cu un potențiomtru ratiometric, nu exista discontinuitati in caracteristica convertorului. Schema bloc a circuitului analogic de intrare este prezentata in figura de mai jos:



6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.1. Convertoarele A/D integrate in sisteme embedded

Cei doi registrii asociați convertorului analog - numeric sunt: ADCH - care cuprinde primii 8 biți (MSB) ai rezultatului conversiei (ADC2...ADC9) si ADCON. Semnificația biților din registrul ADCON este:

(MSB)

(LSB)

ADC1	ADC0	ADEX	ADCI	ADCS	AADR2	AADR1	AADR0
------	------	------	------	------	-------	-------	-------

ADC, ADC0

- reprezintă ultimii doi biți (LSB) ai reprezentării numerice a tensiunii de intrare;

ADEX

- validează semnalul 'Start conversie' (STADC) extern:
0 - conversia poate fi lansata soft prin setarea bitului ADCS;
1 - conversia poate fi lansata soft (ADCS=1), sau hard printr-un front crescător al semnalului pe pinul STADC;

ADCI

- indicator de întrerupere. Acest bit este setat de hard in momentul in care conversia este terminata. Se poate genera o întrerupere daca acesta este validata;

ADCS

- setat prin soft pentru demararea unei conversii, sau de hard cu un semnal crescător pe pinul STADC. Este resetat de hard la sfârșitul conversiei;

AADR2,AADR1,AADR0

- realizează selecția canalului analogic de intrare. (tabelul 2.).



ROMANIA EUROPEANA



MINISTERUL EDUCATIEI SI CERCETARII SCIENTIFICE



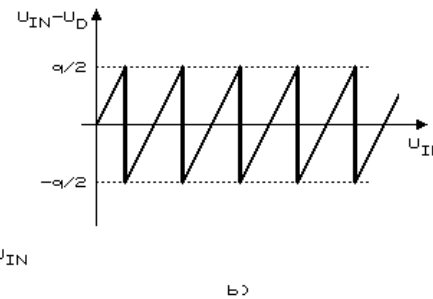
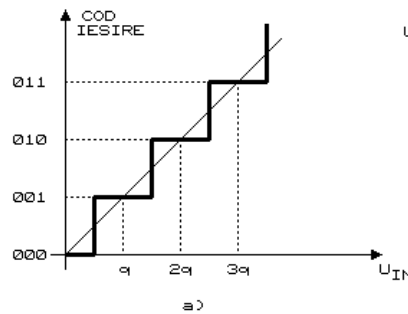
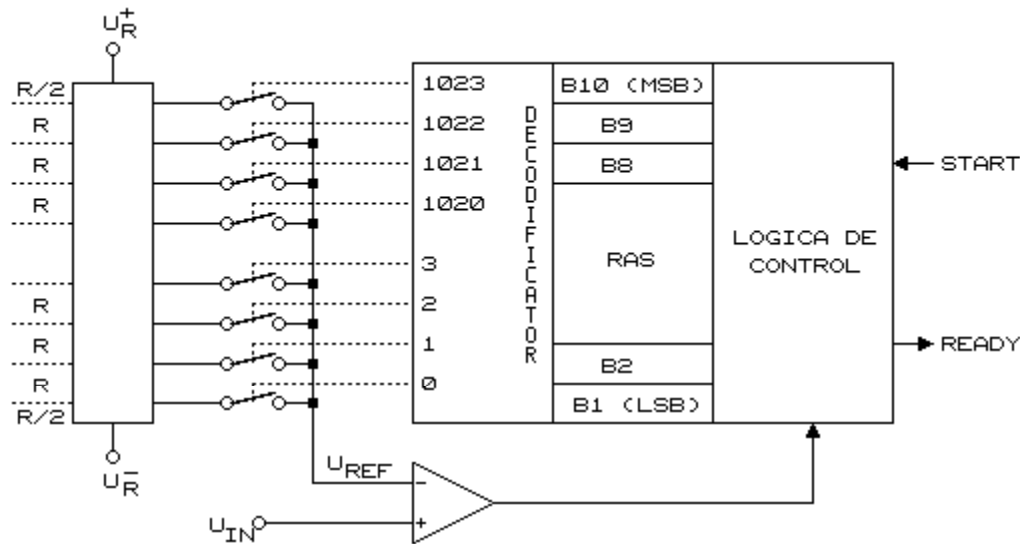
FONDUL SOCIAL EUROPEAN



INITIATIVELE STRUCTURALE

6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.1. Convertoarele A/D integrate in sisteme embedded

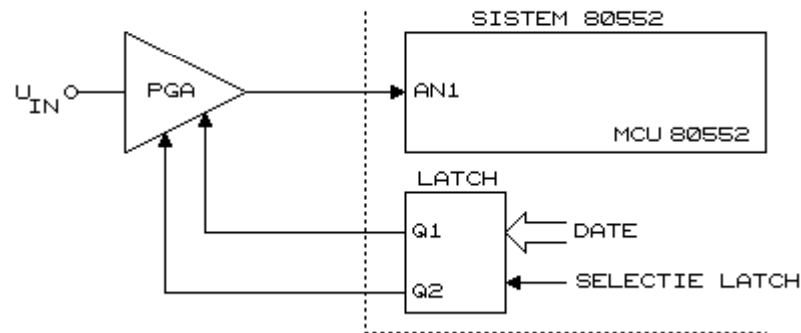


$$1023 \cdot R + 2 \cdot \frac{R}{2} = 1024 \cdot R$$

6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.2. Tehnica de conversie in virgula flotanta

Tehnica de conversie analog - numerica in virgula flotanta are la baza cuantizarea neuniformă si reprezintă codul numeric de ieşire in virgula flotanta. Treapta de cuantizare si eroarea de cuantizare descresc pe măsura ce semnalul de intrare scade. Schema de principiu a unui convertor analog - numeric in virgula flotanta realizat cu microcontrollerul 80552 este prezentata in figura de mai jos:



6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.2. Tehnica de conversie in virgula flotanta

Algoritmul de conversie poate fi implementat foarte ușor. Pentru un exponent $e = 2$ biți, rezulta $2e$ valori distincte ale amplificării PGA - ului si $2e$ valori pentru exponent. Cei 'e' biți ai exponentului se folosesc pentru a stabili amplificarea in funcție de domeniul tensiunii de intrare, așa cum este prezentat in tabelul urmator:

Tensiunea de intrare	Amplificare	exponent (E)
1/2 FS - FS	1	3
1/4 FS - 1/2 FS	2	2
1/8 FS - 1/4 FS	4	1
0 - 1/8 FS	8	0

6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.2. Tehnica de conversie in virgula flotanta

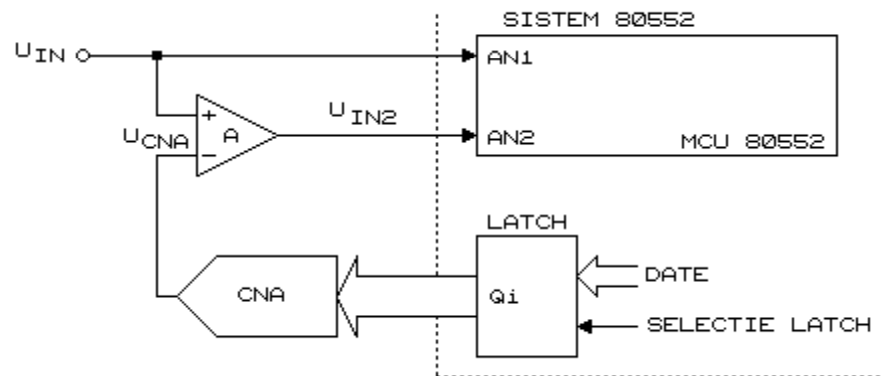
Conversia analog - numerica in virgula flotanta se realizează in doua etape:

- *Etapa I* - câștigul amplificatorului programabil este setat '1' si tensiunea de intrare este codificata numeric pe 'm' biți. Primii doi biți (MSB) sunt examinați pentru a determina domeniul tensiunii de intrare si valoarea exponentului.
- *Etapa II* - câștigul amplificatorului este setata la valoarea obținuta in primul ciclu de conversie, apoi se convertește tensiunea de intrare amplificata.

6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.3. Tehnica de conversie in doi pasi

Algoritmul de conversie utilizat este același ca cel folosit in convertoarele serie - paralel. Schema electrica de principiu a unui convertor a cărui realizare se bazează pe aceasta tehnica este prezentata in figura de mai jos.



6.4. Tehnici software de achizitie a semnalului analogic

6.4.3. Tehnica de conversie in doi pasi

Cele doua etape ale conversiei sunt:

- *Etapa I* - se convertește tensiunea de intrare (UIN) prezenta pe canalul 1 al multiplexorului. Rezultatul conversiei determina primii 'n' biți (MSB), realizând cuantificarea grosiera a semnalului analogic de intrare. Rezultatul conversiei se aplica la intrarea convertorului numeric - analogic si se obține tensiunea UCNA care este scăzuta din tensiunea analogica de intrare, rezultând UIN2. Valoarea amplificării in tensiune este in funcție de rezoluția dorita. Daca dorim sa obținem '2n' biți, atunci $A = 2n$.
- *Etapa II* - tensiunea UIN2 este convertita de al doilea convertor analog - numeric (CAN2), care realizează cuantificarea fina a semnalului de intrare. Rezultatul conversiei este un număr reprezentat pe '2n' biți, constituit din cele doua numere de 'n' biți.