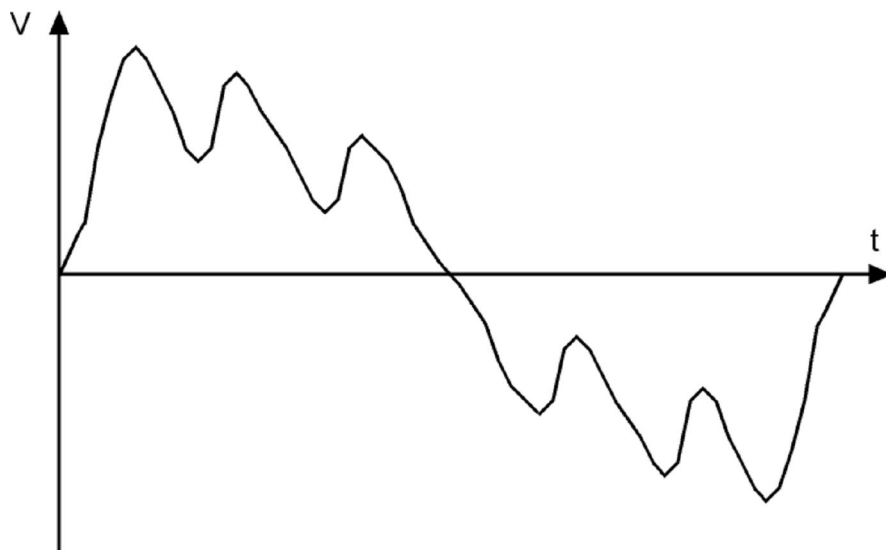


# Laboratorul 4 – Convertorul Analog-Digital

## 1. Masurarea semnalelor analogice

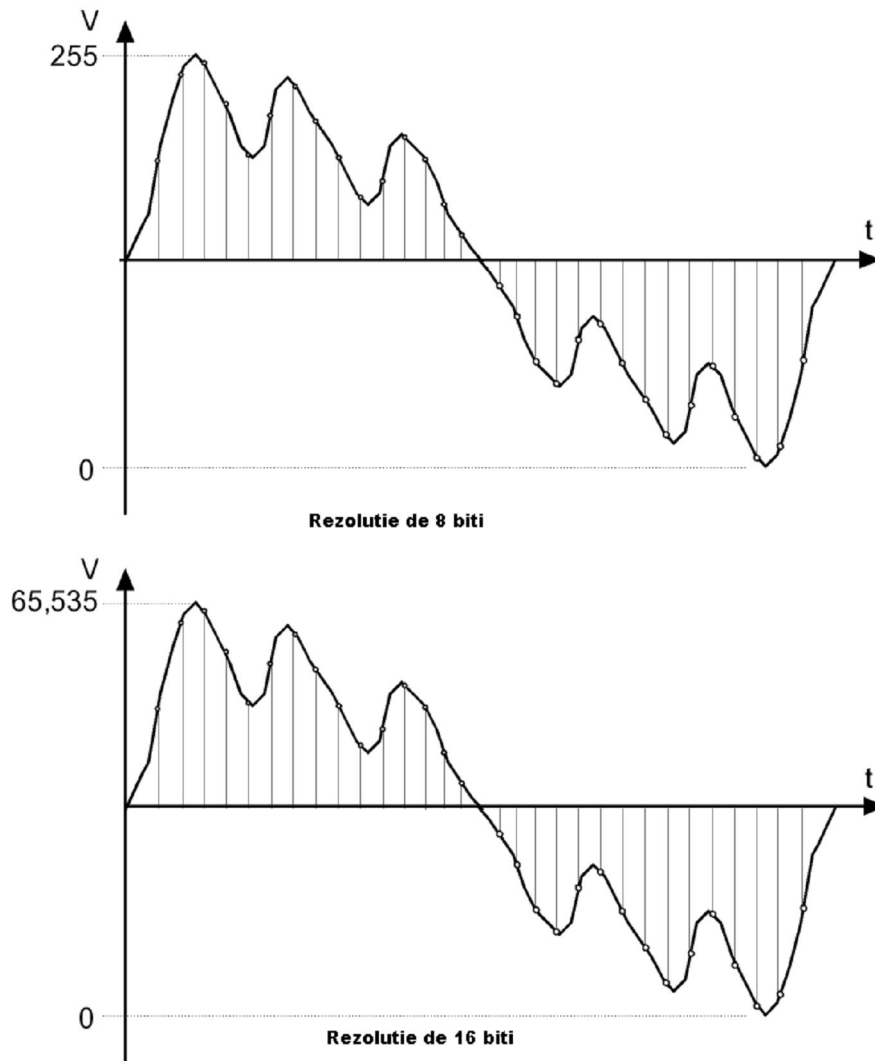
Lumea inconjuratoare este alcatuita in esenta din semnale analogice : lumina, sunetul, caldura. Pentru a putea fi masurate intr-un sistem de calcul digital, aceste semnale trebuiesc convertite in valori numerice discrete.

Un convertor analog – digital (ADC) este un circuit electronic care converteste o tensiune analogica de la intrare intr-o valoare digitala. Aceasta poate fi reprezentata in mai multe feluri in functie de codificarea datelor : binar, cod Gray sau cod complement al lui doi.



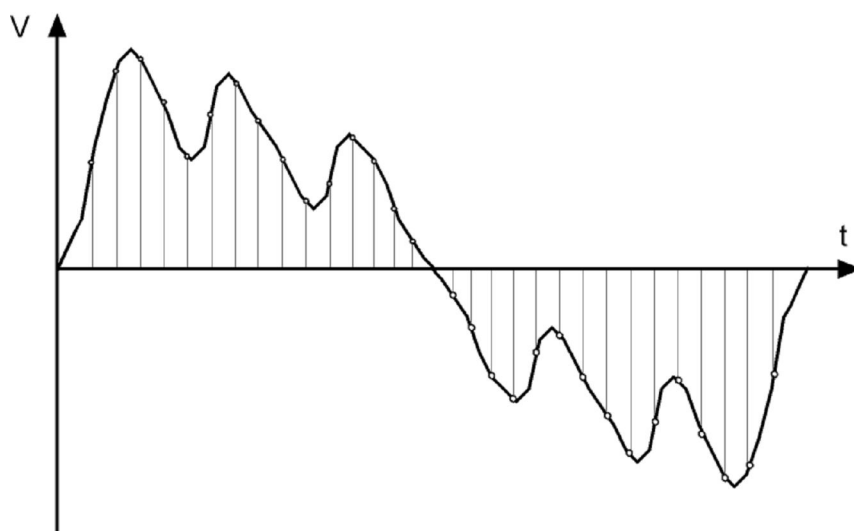
**Figură 1** Reprezentarea unui semnal analogic

O caracteristica importanta a unui ADC o constituie rezolutia acestuia. Rezolutia indica numarul de valori discrete pe care convertorul poate sa le furnizeze la iesirea sa in intervalul de masura. Deoarece rezultatele conversiei sunt de obicei stocate intern sub forma binara, rezolutia unui convertor analog-digital este exprimata in biti.



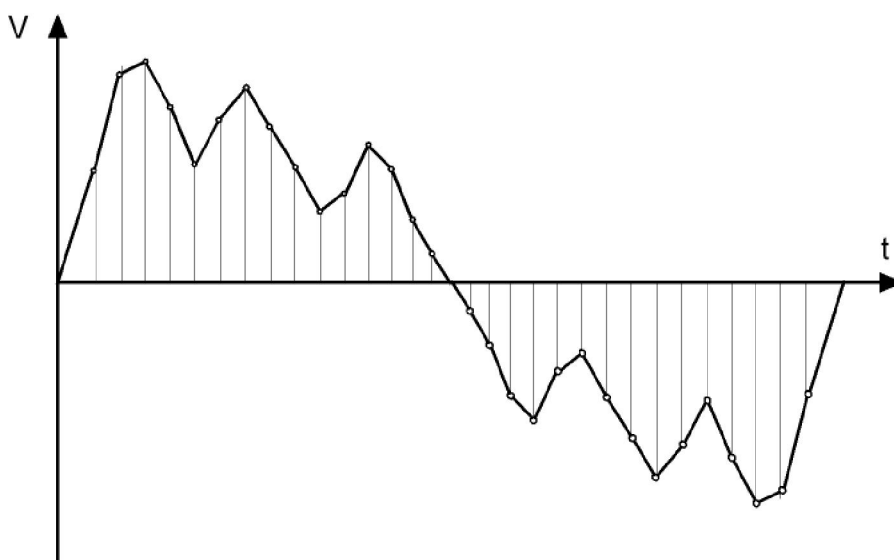
**Figură 2 Acelasi semnal analogic esantionat la rezolutii diferite**

De exemplu, daca rezolutia unui convertor este de 10 biti atunci el poate furniza  $2^{10} = 1024$  valori diferite la iesire. Daca gama de masurare este de 0-5V, rezolutia de masurare va fi :  $(5V-0V) / 1024 = 0,005V = 5mV$



**Figură 3 Semnal analogic esantionat la intervale regulate de timp**

O alta caracteristica importanta a unui convertor analog-digital o constituie rata de esantionare. Aceasta depinde de timpul dintre doua conversii succesive si afecteaza modul in care forma de unda originala va fi redata dupa procesarea digitala. *Figura 3.* arata modul in care semnalul esantionat in figura de mai sus va fi reconstituit in urma trecerii printr-un convertor digital – analog (DAC). Dupa cum se poate observa, semnalul reprodus nu este identic cu cel original. Daca rata de esantionare ar creste este de la sine inteles ca semnalul reprodus ar aproxima din ce in ce mai bine originalul.



**Figură 4 Semnalul analogic refacut in urma conversiei inverse (DAC)**

Care este insa rata minima de esantionare pentru a reproduce fara pierderi un semnal de o frecventa data ? Teorema lui Nyquist spune ca o rata de esantionare de minim doua ori mai mare decat frecventa semnalului masurat este necesata pentru acest lucru. Acest lucru poate fi aplicat si daca avem in schimb un semnal compus dintr-o multime de frecvente, cum ar fi vocea umana sau o melodie. Limitele maxime ale auzului uman sunt 20Hz – 20kHz dar frecventele obisnuite pentru voce sunt in gama 20-4000Hz, de aceea centralele telefonice folosesc o rata de esantionare a semnalului de 8000Hz. Rezultatul este o reproducere inteligibila a vocii umane, suficienta pentru transmiterea de informatii intr-o convorbire obisnuita. Pentru reproducerea fidela a spectrului audibil se recurge la rate mai mari de esantionare. De exemplu, inregistrarea pe un CD are o rata de esantionare de 44100Hz ceea ce este mai mult decat suficient pntu reproducerea fidela a tuturor frecventelor audibile.

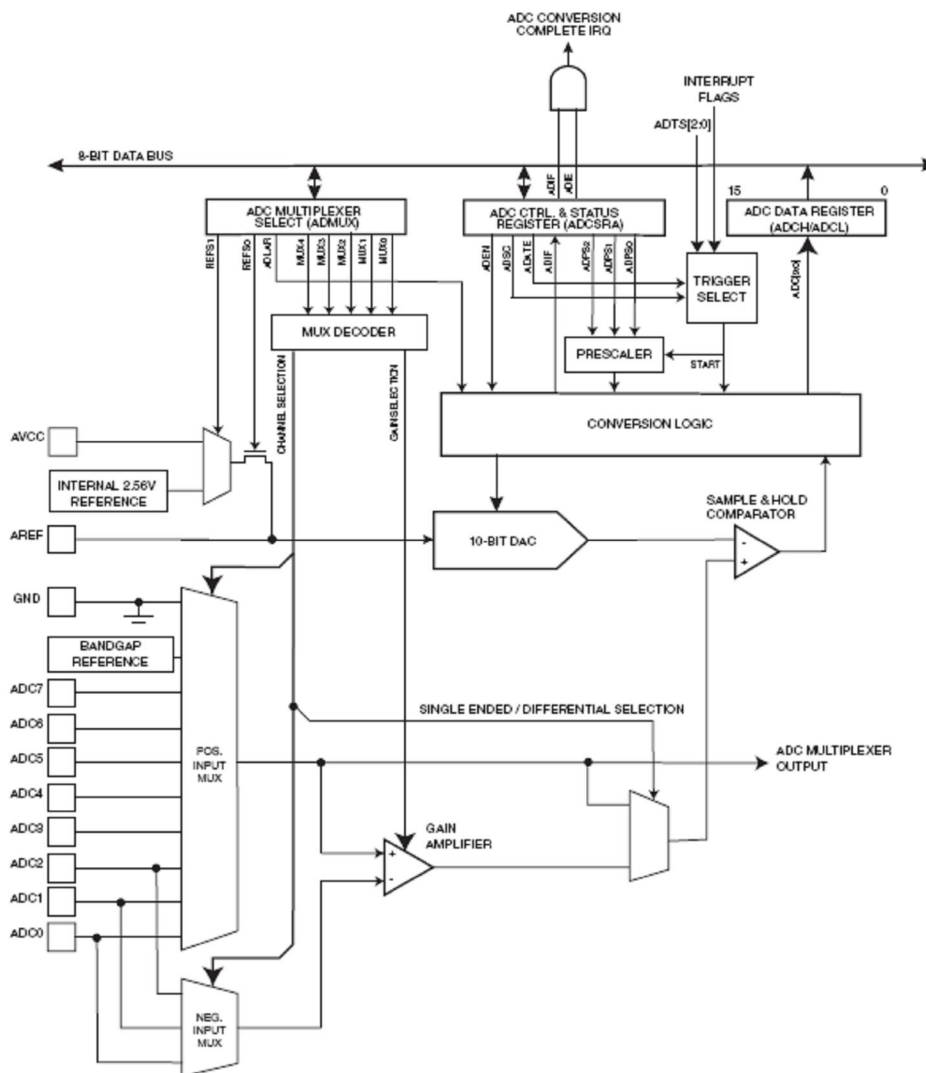
In functie de modul in care se executa conversia, convertoarele analog-digitale pot fi de mai multe tipuri :

- ADC paralel (Flash)
- ADC cu aproximare succesiva
- ADC cu integrare (single-slope, dual-slope);
- ADC Sigma-delta (delta-sigma, 1-bit ADC sau ADC cu oversampling).

## 2. Convertorul ADC al Atmega16

Convertorul analog-digital inclus in microcontrollerul Atmega16 este un ADC cu aproximari succesive. Are o rezolutie de 10 biti si poate masura orice tensiune din gama 0-5V de pe opt intrari analogice multiplexate. Daca semnalul de la intrare este prea mic in amplitudine, convertorul are facilitatea de preamplificare a acestuia in doua setari, de 10x sau de 200x.

Schema completa a convertorului ADC este data in figura de mai jos:



Registrele necesare pentru configurarea convertorului sunt urmatoarele:

**ADC Multiplexer  
Selection Register –  
ADMUX**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **REFS1** si **REFS0** selecteaza referinta de tensiune, adica valoarea maxima care poate fi convertita. Utilizatorul poate alege dintre doua referinte interne, de 2.5V si 5V sau o referinta externa (orice valoare intre 0V si 5V) care trebuie furnizata pe pinul AVcc.
- **ADLAR** selecteaza ordinea bitilor rezultatului conversiei (LSB-first sau MSB-first).
- **MUX4..0** selecteaza intrarea de pe care se face conversia. Se poate alege si un mod de functionare diferential, caz in care se va masura diferenta de tensiune intre cei doi pini alesi.

**ADC Control and  
Status Register A –  
ADCSRA**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **ADEN** este bitul de Enable si activeaza convertorul.
- **ADSC**: scrierea acestui bit pe 1 va genera automat o conversie de pe intrarea selectata.
- **ADATE** este bitul de Enable pentru trigger-mode in care o conversie este generata pe frontul pozitiv al unui semnal furnizat extern de catre utilizator.
- **ADIF** este bitul de intrerupere si va fi setat automat la terminarea unei conversii.
- **ADIE** este bitul de Enable pentru intrerupere. Aceasta va fi generata automat la fiecare conversie daca bitul respectiv este setat.
- **ADPS2..0** selecteaza rata de esantionare pentru convertor. Aceasta poate fi de maxim  $f_{clk}/2$ .

The ADC Data Register – ADCL and ADCH

$ADLAR = 0$

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	ADC9	ADC8	ADCH
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

$ADLAR = 1$

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
	ADC1	ADC0	–	–	–	–	–	–	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

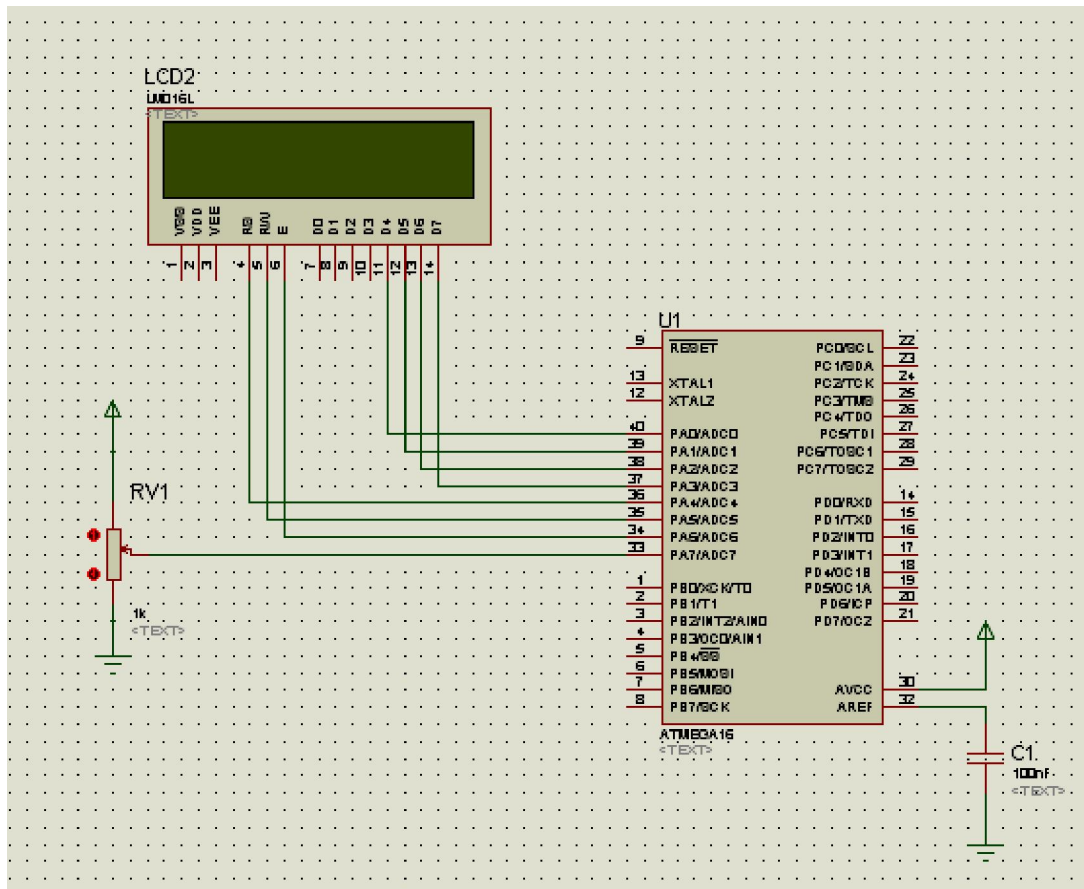
In functie de valoarea bitului **ADLAR**, rezultatul conversiei va fi pus in registrul **ADC** aliniat la stanga sau dreapta.

Relatia dintre valoarea pusa in registrul **ADC** si tensiunea masurata este urmatoarea:

$$ADC = \frac{Vin * 1024}{Vref}$$

, unde  $Vin$  este tensiunea masurata iar  $Vref$  este tensiunea aleasa ca referinta.

### 3. Lucrarea de laborator



In acest laborator veti programa convertorul analog-digital integrat in microcontrollerul Atmega16. Tensiunea variabila convertita de la intrarea ADC7 va fi masurata si convertita intr-o valoare numerica afisata pe ecranul LCD.