

# Achizitii de Date

## Laboratorul 3: Interfete de Masurare

Dan Novischi

### 1. Introducere

Scopul acestui laborator este de a utiliza interfetele de conversie analogica-digitala si cea de masurare a duratelor pentru a prelua informatii de la senzori precum temperatura sau distanta (si nu numai).

### 2. Conversia Analog-Digitală

Mărimile care caracterizează un mediu fizic reprezintă semnale analogice a caror valori evoluează în domeniu continuu (ex: temperatura, presiunea, umiditatea, lumina, etc.). Pentru a preleva aceste mărimi în scopul implementării unor aplicații smart (roboti, IOT, sensor networks sau orice fel de sistem autonom), este necesar ca aceste marimi sa fie convertite în echivalentul lor digital. Astfel, lantul tipic de transformare (masurare) a celor mai multe marimi fizice este constituit din (vezi Figura 1):

- Senzor – reprezintă traductorul care transformă o marime fizică într-un echivalent al acesteia de tensiune electrică.
- Etajul de Amplificare / Filtrare – reprezintă elementul care conditionează semnalul de tensiune furnizat de senzor prin eliminarea diverselor zgomote si amplificarea corespunzatoare a acestuia.
- Circuit esantionare/reținere – preleveaza un eşantion al semenalului de tensiune conditionat în scopul retinerii acestuia pe durata conversie din analog in digital.
- Covertor analog/digital – converteste eşantionul furnizat de circuitul de eşantionare/reținere în valoarea lui digitală.

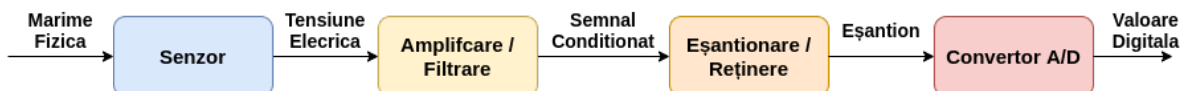


Figura 1: Lantul de măsurare tipic al unei marimi fizice.

Fiecare dintre aceste componente au caracteristici care definesc felul în care obținem forma digitală a valorii măsurate. Spre exemplu **senzorul de temperatura TMP36** este un senzor

linear cu sensibilitatea de  $0.01 \text{ V}/^\circ\text{C}$ . Cea ce înseamnă că o valoare digitală a tensiunii măsurate trebuie înmulțită cu inversul sensibilității ( $100 \text{ }^\circ\text{C}/\text{V}$ ) pentru a obține echivalentul digital în grade. Similar **în cazul etajului de amplificare/filtrare**, pentru a obține valoarea reală a tensiunii electrice trebuie să împărțim valoarea digitală a semnalului condiționat la constanta de amplificare. În timp ce, valoarea digitală a unui eșantion și implicit a semnalului condiționat depinde de caracteristicile convertorului analog/digital. Astfel, distingem două **caracteristici principale ale convertorului analog digital** relativ la obținerea valorilor digitale:

- **Rezoluția** – reprezintă numărul de valori discrete pe care convertorul poate să le furnizeze la ieșirea sa în intervalul de măsură. Intern rezultatele unei conversii sunt stocate sub formă binară, astfel rezoluția unui convertor analog-digital este exprimată în biți. Spre exemplu, rezoluția perifericului de conversie analog/digitală integrat în Arduino este de 10-biți, ceea ce înseamnă că numărul de valori discrete (sau nivele) de ieșire este egal cu:  $2^{10} = 1024$ , între  $0 \dots 1023$ .
- **Gama de măsurare** – reprezintă intervalul de tensiune al conversiei analog/digitale și este dat de tensiunea de alimentare a convertorului. Spre exemplu, convertorul analog/digital integrat în Arduino este alimentat între  $0 \dots 5\text{V}$ . Astfel, ținând cont de rezoluția convertorului înseamnă că avem o rezoluție de măsurare de:  $\frac{5-0}{1024} \left[ \frac{\text{V}}{\text{bit}} \right]$ , adică o rezoluție de măsurare de  $4.8 \left[ \frac{\text{mV}}{\text{bit}} \right]$ .

### 3. Măsurarea Duratei Pulsurilor

Unii dintre cei mai importanți senzori sunt cei bazați pe emisia și recepția unor pulsuri de frecvență înaltă. În această categorie intră senzori de distanță cu ultrasunete (ultrasonici) sau raze luminoase infra-roșii și cele laser precum cele LiDAR (en. Light Detection and Ranging). Spre exemplu, senzorii ultrasonici emit pulsații acustice scurte, de înaltă frecvență, la intervale de timp regulate (vezi Figura 2). Acestea se propaga prin aer cu viteza sunetului. Dacă lovesc un obiect, acestea sunt reflectate înapoi ca semnale ecou la senzor. Măsurarea distanței în acest caz se realizează prin măsurarea intervalului de timp  $\Delta t$  scurs dintre emiterea semnalului și recepția ecoului.

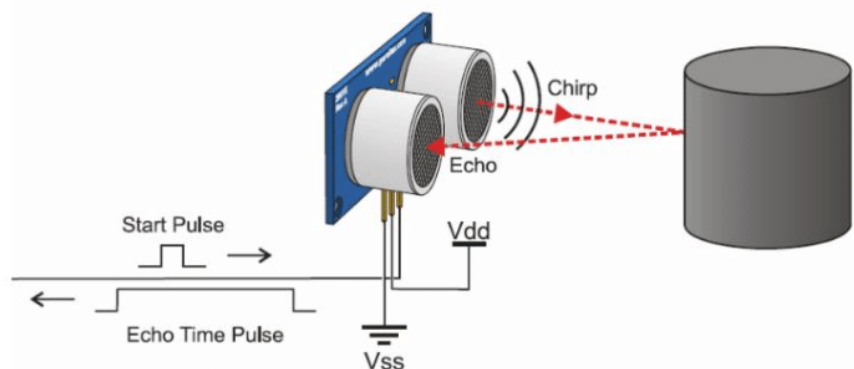


Figura 2: Principiul de funcționare a unui senzor de distanță cu ultrasunete.

Astfel, știind ca viteza de propagare a sunetului in aer este de  $v_s = 340 \text{ [m/s]}$  putem calcula distanta față de obiect prin:

$$d_{\text{obiect}} = \frac{v_s \cdot \Delta t}{2}$$

Aici '2' din formula se datoreaza faptului ca unda acustica parcurge drumul pana la obiect si inapoi. Analog, se poate determina distanta si in cazul senzoriilor care folosesc raze luminoase, numai ca in acest caz viteza de propagare a undei prin mediu este cea a luminii.

## 4. Cerinte

Sarciniile din cadrul acestui laborator au ca obiectiv utilizarea interfetei de conversie analog/digitala pentru masurarea temperaturii si a celei pentru masurarea duratei pulsurilor in vederea obtinerii distantei de la un senzor ultrasonic. Ambele interfețe sunt disponibile pe placa Arduino si se pot utiliza prin [API-ul](#) asociat. Astfel, in realizarea cerintelor va trebui sa consultati documentatia pentru urmatoarele functii:

- `pinMode()` – functie care configureaza modul de functionare a unui pin.
- `digitalWrite()` – functie care controleaza starea unui pin in modul de OUTPUT.
- `delayMicroseconds()` – functie care introduce un delay in microsecunde.
- `analogRead()` – functie care citeste valoarea data de convertorul analog digital prin conversia unui semnal analog disponibil pe un pin de input analog.
- `pulseIn()` – functie care masoara durata unui puls in microsecunde.

Aveti la dispozitie diagrama din TinkerCAD a carui circuit este deja legat. Scheletul de cod asociat este divizat in mai multe sectiuni (prin comentarii multiline) dupa cum urmeaza:

- *Constant & Macro Definitions* – aici gasiti definite constantele/macro-urile utilizate in program.
- *Application Function Definitions* – aici veti gasi toate definitiile de functii pe care le aveti de implementat si cele care au fost deja implementate.
- *Application Global Variables* – aici veti gasi toate declaratiile de variabile globale utilizate in program.
- *Main application* – aplicatia principala (impartita intre `setup();` si `loop();`) care contine initializarea si aplicatia propriu-zisa ce trebuie implementata.

**Cerinta 1** Utilizand TinckerCAD familiarizati-va cu circuitul si scheletul de cod pentru acest laborator: <https://www.tinkercad.com/things/fldstRodykr>. Unde este cazul solicitati clarificari laborantului.

**Cerinta 2** Implementati functiile asociate masurarii temperaturii:

- a) `float` `adcReadingToVoltage(float adcRawReadingValue)` primeste ca input valoarea masurata de ADC si intoarce nivelul de tensiune asociat in  $V$ .
- b) `float` `computeTemperature(float voltage)` primeste valoarea unei tensiuni masurate si intoarce temperatura in  $^{\circ}C$ .

**Notă:** Calculul temperaturii din valoarea tensiunii masurate trebuie sa aibă în vedere decalajul acesteia (dat in schelet prin constanta `TEMPERATURE_VOLTAGE_OFFSET`).

**Cerinta 3** Implementati functiile asociate masurarii distantei:

- a) `void` `pulseOutUltrasonic(int ultrasoundPin)` primeste ca input pin-ul de semnal al senzorului ultrasonic si emite pe acesta un puls cu durata de 5 *us*.
- b) `float` `computeDistance(float duration)` primeste durata unui puls in microsecunde si intoarce distanta in centimetri.

**Cerinta 4** Implementatii aplicatia principala in functia `loop` urmarind cerintele de mai jos si TODO-urile din schelet:

- a) Citiți valoarea rezultată in urma unei conversii analog digitale utilizand constanta `ADC_SENSOR_INPUT_PIN`.
- b) Convertiti valoarea rezultată in urma conversiei in valoarea de tensiune echivalentă.
- c) Calculati valoarea temperaturii pe baza tensiunii obtinute la pasul anterior.
- d) Emiteti un puls cu ajutorul senzorului de ultrasunete.
- e) Masurati durata pulsului receptat de senzorul de ultrasunete in microsecunde.
- f) Calculati distanta in centimetri pe baza duratei obtinute la pasul anterior.

**Nota:** O implementarea corecta va avea un output al simulararii similar cu cel din imaginile de mai jos:

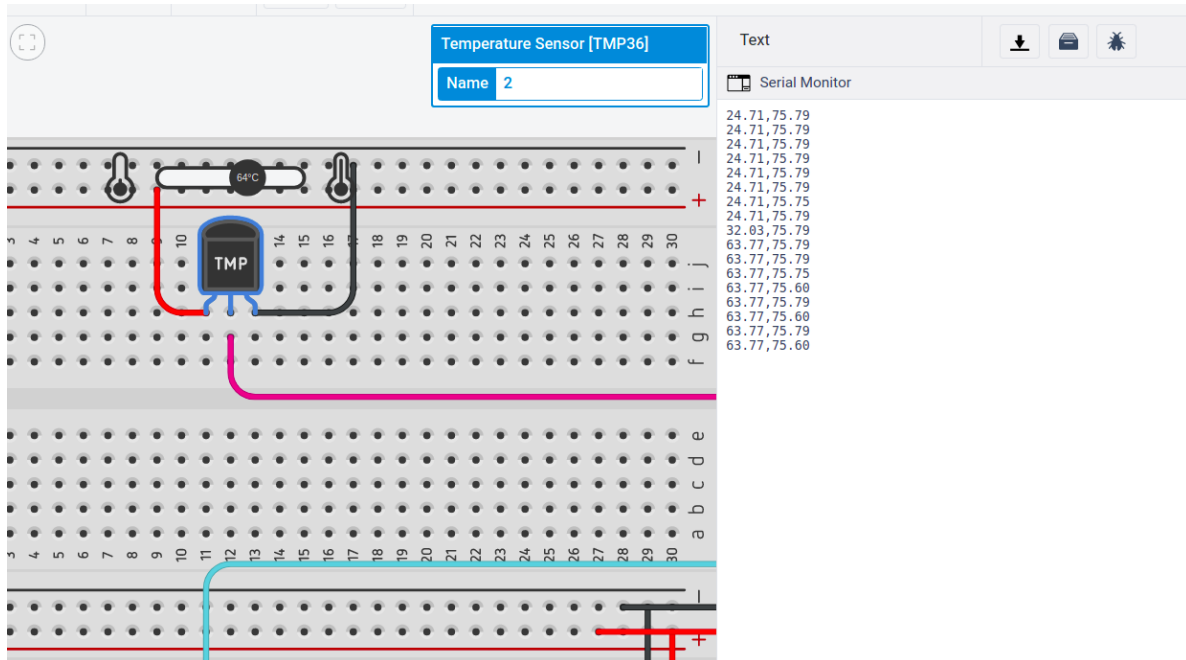


Figura 3: Rezultatul masurarii temperaturii.

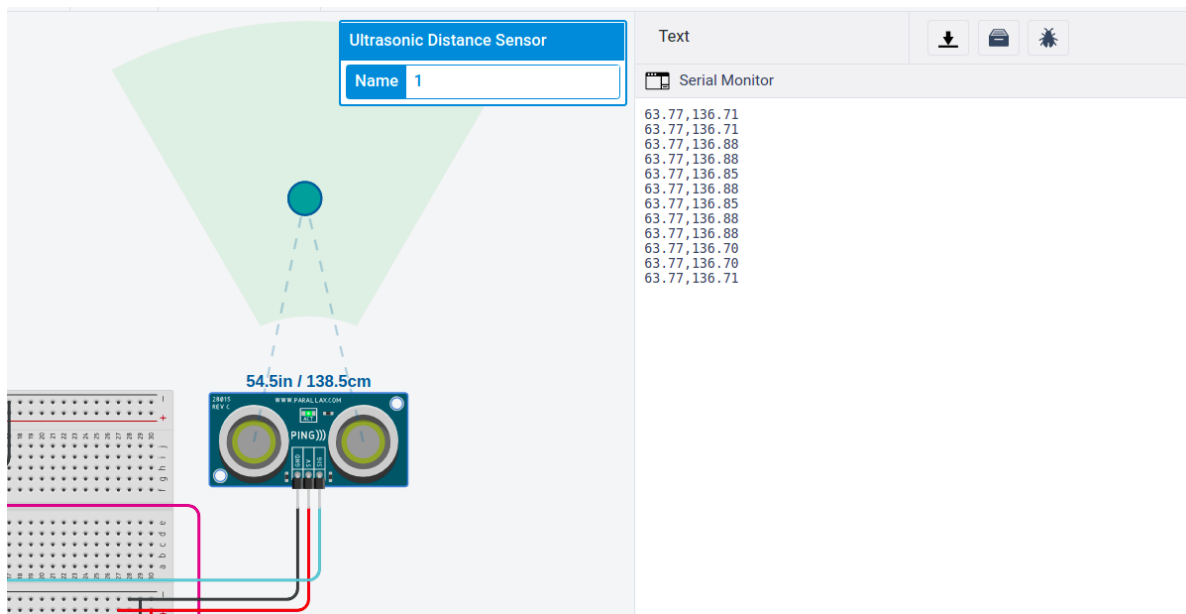


Figura 4: Rezultatul masurarii distantei.