



Academia Oamenilor de Știință
din România



**COMPETIȚIA DE PROIECTE DE CERCETARE A ACADEMIEI
OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ DIN ROMÂNIA DESTINATĂ TINERILOR
CERCETĂTORI
“AOSR-TEAMS” EDIȚIA 2022-2023**

**RAPORT INTERMEDIAR DE ACTIVITATE
- Raport 2 -**

Titlul proiectului:

Digitalizarea mărimilor electrice prin dezvoltarea unui dispozitiv de monitorizare a consumatorilor casnici, în vederea analizei și îmbunătățirii consumului de energie electrică.

Echipa de cercetare:

Conf.dr.ing. Attila SIMO – coordonator

Asist.drd.ing. Adrian MARTIN – membru

Drd.ing. Loredana PAVEN - membru

Data: 05.12.2022

1. Obiectivul proiectului și importanța acestuia

Strategia energetică a Uniunii Europene stabilește prioritățile electroenergetice pentru următorii ani și prezintă măsurile care trebuie luate pentru a face față provocărilor legate de necesitatea reducerii consumului de energie electrică, de realizare a unei piețe echilibrate, în care să se garanteze furnizarea sigură a energiei electrice la preturi competitive. Comisia Europeană a stabilit că țările membre vor promova adoptarea tehnologiilor și inovării pentru rețelele inteligente (smart grids), contorizări inteligente (smart metering), stocarea energiei electrice și parteneriatele în proiectele de localități inteligente.

Dezvoltarea rețelilor electrice inteligente constituie o sarcină extrem de dificilă și de mare răspundere, în special dacă se ține cont de costul investițiilor în acest domeniu, de efectele pe termen lung și de implicațiile legate de protecția mediului. Scopul dezvoltării acestor rețele inteligente este de a asigura o dezvoltare coordonată a unui sistem fiabil, eficient și economic de distribuție a energiei electrice în beneficiul pe termen lung al utilizatorilor (operatori de distribuție, producători, consumatori, prosumatori).

Un prim pas, foarte important în această direcție, este digitizarea mărimilor electrice de interes, pentru a permite utilizatorilor casnici vizualizarea și analiza acestora, în vederea aducerii unor îmbunătățiri. În contextul actual, în care energia electrică s-a scumpit foarte mult în ultima perioadă, necesitatea unor dispozitive de monitorizare, accesibile ca și preț, pentru urmărirea consumului de energie electrică, este tot mai evidentă. Digitizarea este o procedură prin care datele în format analog sunt convertite în format electronic, creând practic o imagine digitală sau formă digitală a unui semnal, obiect, fotografie, material audio etc. În zilele noastre, digitizarea datelor ia forma cifrelor binare, fiind procesate de un computer sau prin alte proceduri. Mai specific, este conversia unui material din sursă analog într-o formă numerică. Digitizarea este destul de importantă pentru procesarea informației, stocare, transmisie, pentru că permite informației să fie coagulată. Permite totodată datelor să fie obținute și distribuite, propagate fără a fi reduse și să fie transpuse în formate noi când este necesar. Digitizarea este metoda cea mai favorabilă pentru stocarea informației pentru persoane sau organizații de oriunde din lume. Procedura este similară compromisului dintre un obiect și dispozitivul de fotografiere astfel încât reprezentarea sursei finale să fie cât mai aproape de realitate. Avantajul acestei proceduri stă în viteza și precizia cu care informația este transmisă, fără a fi degradată în comparație cu forma analog. Digitizarea se face în doi pași: discretizare și cuantizare.

Tehnologiile „fără fir” non-celulare nu sunt ideale pentru a conecta dispozitive cu un consum de energie redusă, distribuite pe zone geografice mari, deoarece raza de acțiune a acestor tehnologii este limitată la câteva sute de metri în cel mai bun caz. Prin urmare, dispozitivele nu pot fi instalate sau mutate în mod arbitrar oriunde, ceea ce este o cerință pentru multe aplicații pentru orașe inteligente, transport și logistică și monitorizarea faunei sălbatice etc. Rețelele WLAN clasice, pe de altă parte, se caracterizează prin zone de acoperire mai scurte și un consum mai mare de energie. Gama acestor tehnologii este extinsă utilizând o desfășurare densă de dispozitive și gateway-uri conectate utilizând rețele de tip multihop.

Tehnologiile Low Power Wide Area (LPWA) oferă seturi unice de caracteristici, inclusiv conectivitate pe suprafață largă pentru dispozitive cu putere redusă și cu rată redusă de date, care nu sunt furnizate de tehnologiile wireless clasice. Rețelele LPWA sunt unice, deoarece fac compromisuri diferite față de tehnologiile tradiționale predominante în peisajul IoT, cum ar fi rețelele fără fir cu rază scurtă de acțiune (Zig-Bee, Bluetooth, Z-Wave), rețelele locale fără fir vechi (WLAN) și rețelele celulare. (GSM, LTE) etc. Cu o rază de acțiune de la câțiva până la zeci de kilometri și o durată de viață a bateriei de zece ani și mai mult, tehnologiile LPWA sunt promițătoare pentru Internet cu consum redus de energie, costuri reduse și debit redus. Aceste caracteristici permit dispozitivelor să acopere zone geografice mari, astfel

încât dispozitivele IoT și M2M conectate prin tehnologiile LPWA pot fi pornite oriunde și oricând pentru a detecta și a interacționa cu mediul lor.

Datorită existenței rețelelor LPWA, IoT este și mai interesant. LPWA reprezintă o nouă paradigmă de comunicare, care va completa tehnologiile tradiționale celulare și wireless pe rază scurtă de acțiune în abordarea diverselor cerințe ale aplicațiilor IoT. IoT promite să schimbe modul în care trăim și lucrăm. IoT ne-ar putea ajuta să depășim provocările globale de top din cauza crizei energetice, epuizării resurselor etc. Pentru a realiza această viziune, „lucrurile” trebuie să-și simtă mediul, să împărtășească aceste informații între ei, precum și cu noi pentru a oferi o decizie inteligentă.

Merită clarificat faptul că tehnologiile LPWA realizează o rază lungă de funcționare și un consum de energie redusă în detrimentul ratei scăzute de date (de obicei, în ordine de zeci de kilobiți pe secundă) și a unei latențe mai mari (de obicei, în ordine de secunde sau minute). Prin urmare, este clar că tehnologiile LPWA nu sunt menite să abordeze fiecare caz de utilizare IoT. Mai exact, tehnologiile LPWA sunt luate în considerare pentru acele cazuri de utilizare care sunt tolerante la întârziere, nu au nevoie de rate mari de date și necesită, de obicei, un consum redus de energie și un cost redus.

Pe baza celor menționate, tematica proiectului se încadrează în preocupările actuale din domeniul dezvoltării digitale a societății dar și în domeniul ingineriei energetice. Preocupările sporite din acest domeniu sunt reflectate și de numărul mare de publicații din literatura de specialitate, care încearcă să soluționeze problemele conexe atât prin metode clasice cât și prin utilizarea tehnicilor moderne.

În acest context, obiectivul principal al proiectului se referă la dezvoltarea unui dispozitiv de monitorizare destinat măsurării mărimilor electrice în curent alternativ, în vederea îmbunătățirii consumului de energie electrică la consumatori casnici, utilizând tehnologii noi, cum ar fi tehnologia Low Power Wide Area (LPWA), pentru transmiterea datelor la distanțe mari (ordinul km) și tehnologii clasice, deja consacrate, cum ar fi tehnologia WiFi, pentru transmiterea datelor la distanțe mai mici (ordinul sute de metri). Se încearcă dezvoltarea unui astfel de dispozitiv la un preț accesibil și pentru consumatorii casnici, pentru a facilita accesul la date, permițând analiza acestora și ulterior îmbunătățirea consumului de energie electrică, unde cere situația. De asemenea, un alt aspect important este flexibilitatea dispozitivului din discuție, din punct de vedere hardware. Dispozitivul trebuie să fie de tip ”plug and play” și să permită mutarea sa de la un consumator la altul rapid și ușor.

Dispozitivele actuale din comerț au următoarele dezavantaje, în momentul de față, în comparație cu cel propus: prețul de achiziție mai ridicat, sunt fixe, majoritatea nu oferă montaj non-invaziv, precizia lor de măsurare nu este foarte bună (cca. 7-10%).

Rezultatele obținute vor fi valorificate în cadrul unor reviste de largă circulație internațională cu factori de impact semnificativi și în cadrul unor lucrări la conferințe internaționale de prestigiu.

Elementele de dificultate sunt legate de următoarele aspecte:

- construcția elementelor hardware care trebuie adaptate utilizării în sectorul energiei electrice (senzori, antene, elemente de conectică);
- compatibilizarea acestora cu echipamentele care există deja implementate (acolo unde este cazul) în sensul de a comunica și a prelua / transmite date;

2. Rezultate intermediare – Raport 1

În prima etapă a proiectului, echipa de cercetare, a încercat să identifice cerințele pe care să le îndeplinească dispozitivul de monitorizare în vederea creionării arhitecturii acestuia și pentru identificarea componentelor hardware, pentru construcția prototipului.

S-au stabilit mărimile de instrumentație care să fie monitorizate cu ajutorul dispozitivului:

- frecvențe rețelei electrice
- tensiunea electrică
- intensitatea curentului electric
- factor de putere
- puterile aparentă, activă, reactivă
- energiile activă și reactivă

În urma stabilirii cerințelor s-au analizat tehnologiile disponibile atât din punct de vedere hardware cât și din punct de vedere comunicații date. După stabilirea tehnologiilor s-a efectuat o analiză și o descriere ale acestora în vederea trecerii în următoarea etapă a proiectului, și anume construirea prototipului proiectului.

În vedea îndeplinirii indicatorilor din cadrul proiectului, referitoare la publicarea a cel puțin două lucrări în reviste cotate în baza de date Weg of Science cu menționarea afilierii la AOȘR; a fost publicată și indexată o lucrare în revista MDPI Symmetry, factor de impact 2.94, cu identificator doi.org/10.3390/SYM14071351.

2. Rezultate intermediare – Raport 2

Ulterior definirii setului de cerințe pe care trebuie să îndeplinească soluția de măsurare a mărimilor electrice s-a trecut la dezvoltarea prototipului acestui dispozitiv.

Pentru dezvoltare hardware s-au utilizat următoarele componente:

- placa de dezvoltare Arduino, cu microcontroler ATMEGA328P care permite comunicații prin GSM, RFID, radio, RS485, MQTT, comunicare serială, Bluetooth și Wireless
- senzor de tensiune (curent alternativ) pentru măsurarea tensiunii de fază – s-a optat pentru varianta ZMPT101B. Este un senzor compatibil cu Arduino, ESP32 și cu Raspberry PI. Este un transformator de tensiune de înaltă precizie. Acest modul facilitează monitorizarea tensiunii rețelei de curent alternativ până la 1000 de volți.
- Senzor de curent alternativ de tip ”clamp-on” - CCT272440-80-10 TDK – 30 A – un senzor de curent cu o precizie ridicată.
- Modul de comunicație WiFi ESP8266 – pentru transmiterea datelor către serverul de aplicație. În timpul funcționării acest modul poate să necesite un curent de până la 380 mA ceea ce ne obligă să adăugăm o sursă externă de 3.3V deoarece pinul de 3.3V de la Arduino are o limitare la maximum 50mA.
- Sursă externă de alimentare – pentru modulul de comunicație WiFi
- Convertor nivel logic 4 canale pentru conectarea modulului WiFi și a sursei la placa de dezvoltare.

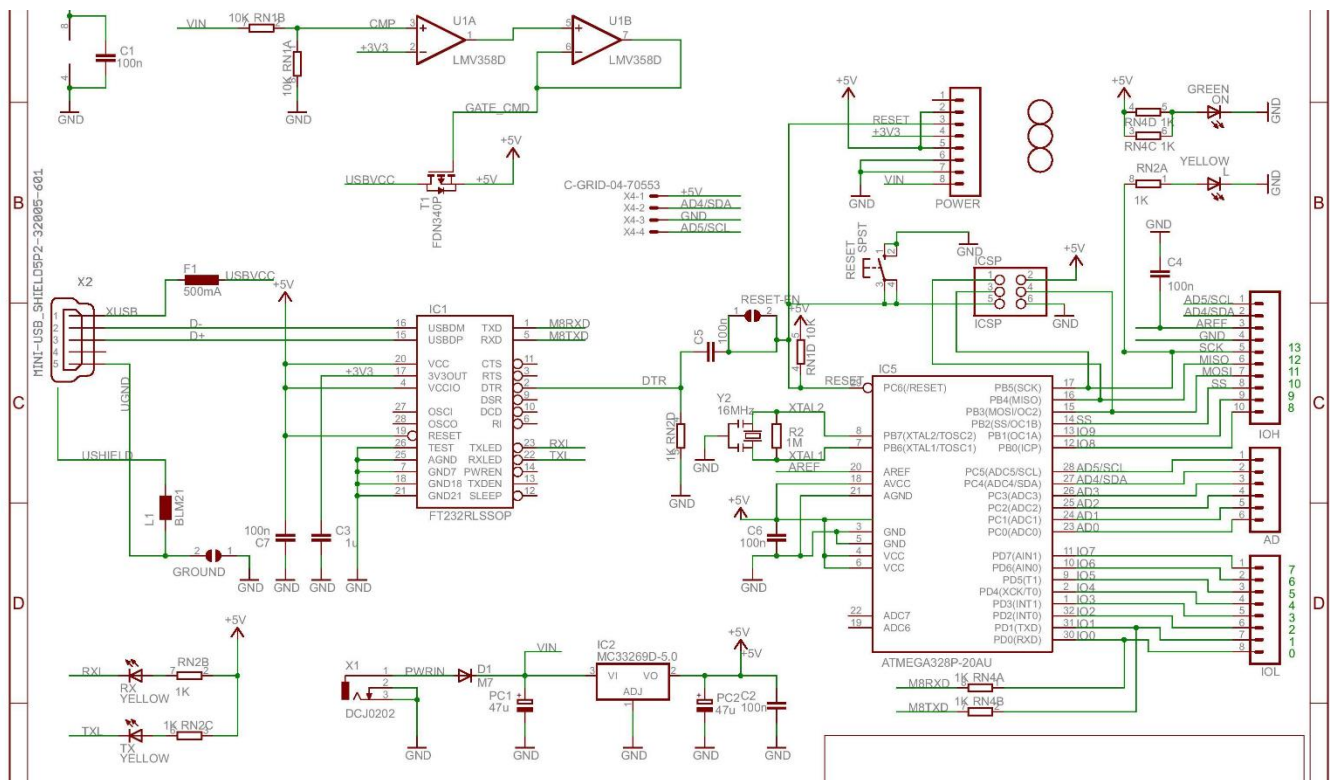


Fig. 1. Schema electrică desfășurată placa de dezvoltare

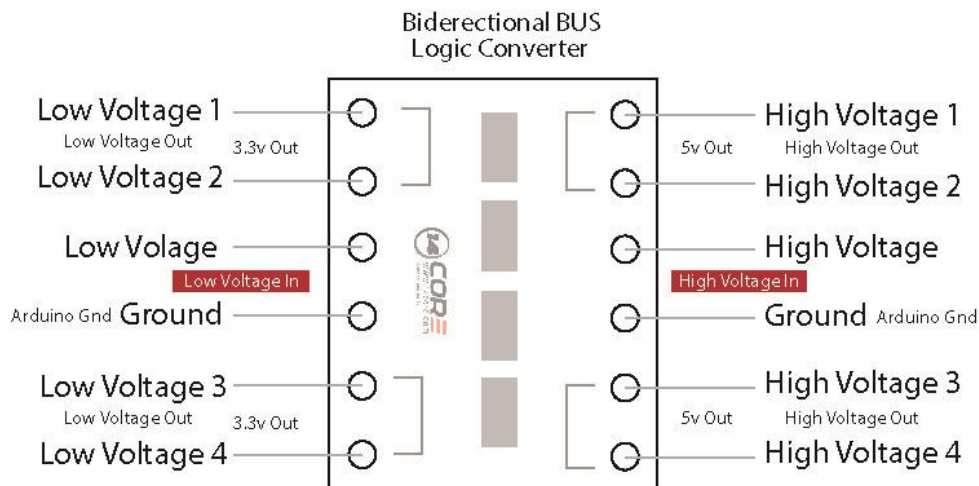


Fig.2. Schema electrică - convertor nivel logic 4 canale

Conectarea senzorului ZMPT101B se face cu ajutorul a 3 fire de conexiune mamă-tatăă. Senzorul are 4 pini, 2 dintre aceștia fiind utilizați pentru alimentare (tensiunea de alimentare este de 5V și se alimentează de la pinul de 5V de la placa de dezvoltare), un pin este utilizat pentru comunicare și se leagă la unul din pinii analogici ai plăci de dezvoltare iar un pin rămâne neconectat, acesta fiind al doilea pin de GND care rămâne ca rezervă. Conectarea senzorului se face direct la placă fără a fi necesare alte componente.

Alimentarea senzorului se face prin breadboard deoarece placa de dezvoltare are un singur pin de 5V și 3 pini de GND, pinul de 5V și GND din placa de dezvoltare este conectat în breadboard pentru a ramifica alimentarea cu 5V și GND. În partea de sus a senzorului avem un conector cu 2 intrări, acestea fiind: o intrare pentru fază (L) și o intrare pentru nul (N). Acestea sunt utilizate pentru a citi valoarea tensiunii.

Pentru a conecta senzorul de curent alternativ la placa de dezvoltare este necesar adăugarea unor componente adiționale pentru construcția divizorului de tensiune. Divizorul de tensiune are rolul de a

reduce tensiunea de pe firul de ieșire din senzor de la 5V la 2.5V deoarece el variază între 0V și 1V în funcție de curentul care parcurge firul introdus în interiorul clemei. Condensatorul are rolul de a menține tensiunea de 2.5V stabilă. Acest divizor se folosește deoarece placa de dezvoltare pe pini analogici pot citi valori între 0V și 5V, astfel fiind necesară reducerea la 2.5V iar dacă am citi un curent de 30A (maximul senzorului) această tensiune ar fi 3.5V și nu 6V cât ar ajunge fără divizor. Nu se va monta o rezistență de sarcină deoarece senzorul are în interiorul lui montată o rezistență conectată între cele 2 fire.

Modul WiFi funcționează la o tensiune de 3.3V și este indicat utilizarea lui cu această tensiune deși izolația componentelor rezistă până la 5V. În timpul funcționării acest modul poate să necesite un curent de până la 380 mA ceea ce ne obligă să adăugăm o sursă externă de 3.3V, deoarece pinul de 3.3V de la placa de dezvoltare are o limitare la 50mA.

Pinii RX și TX ai acestui modul sunt utilizați tot la tensiunea de 3.3V iar pini de la placă sunt la 5V ceea ce ne obligă să utilizăm fie un divizor de tensiune fie un convertor de nivel logic cu 4 canale.

Modulul de wireless dispune de 8 pini din care se vor folosi după cum urmează: Pinul de GND se va conecta la GND de la sursa de alimentare, pinul de 3.3V se va conecta la pinul de 3.3V de la sursa de alimentare și tot de la 3.3V printr-o rezistență de 10kOhm pinul CH_PD care este pinul de pornire a modului la capacitate maximă (HIGH), dacă acest pin este nealimentat (LOW) modulul funcționează în modul economic.

Pinii RX și TX se conectează prin convertorul de nivel logic la placa de dezvoltare în felul următor:

- RX (modul) la TX (Arduino);
- TX (modul) la RX (Arduino);

În urma încercărilor și analizelor asupra componentelor mai sus menționate, echipa de hardware a dezvoltat un prototip pentru dispozitivul de monitorizare mărimi electrice.

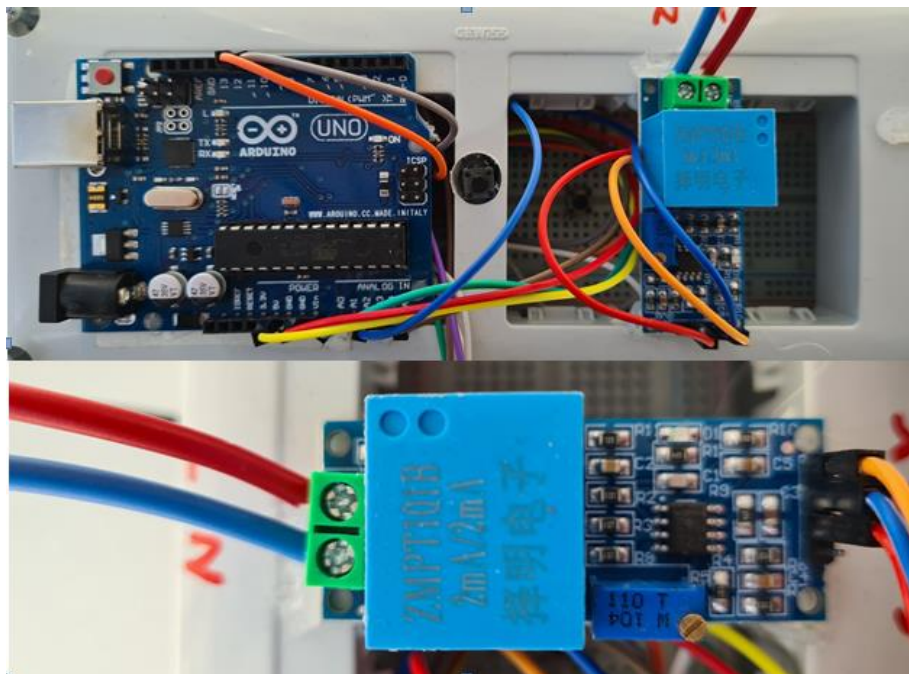


Fig.3. Prototip dispozitiv de măsurare mărimi electrice

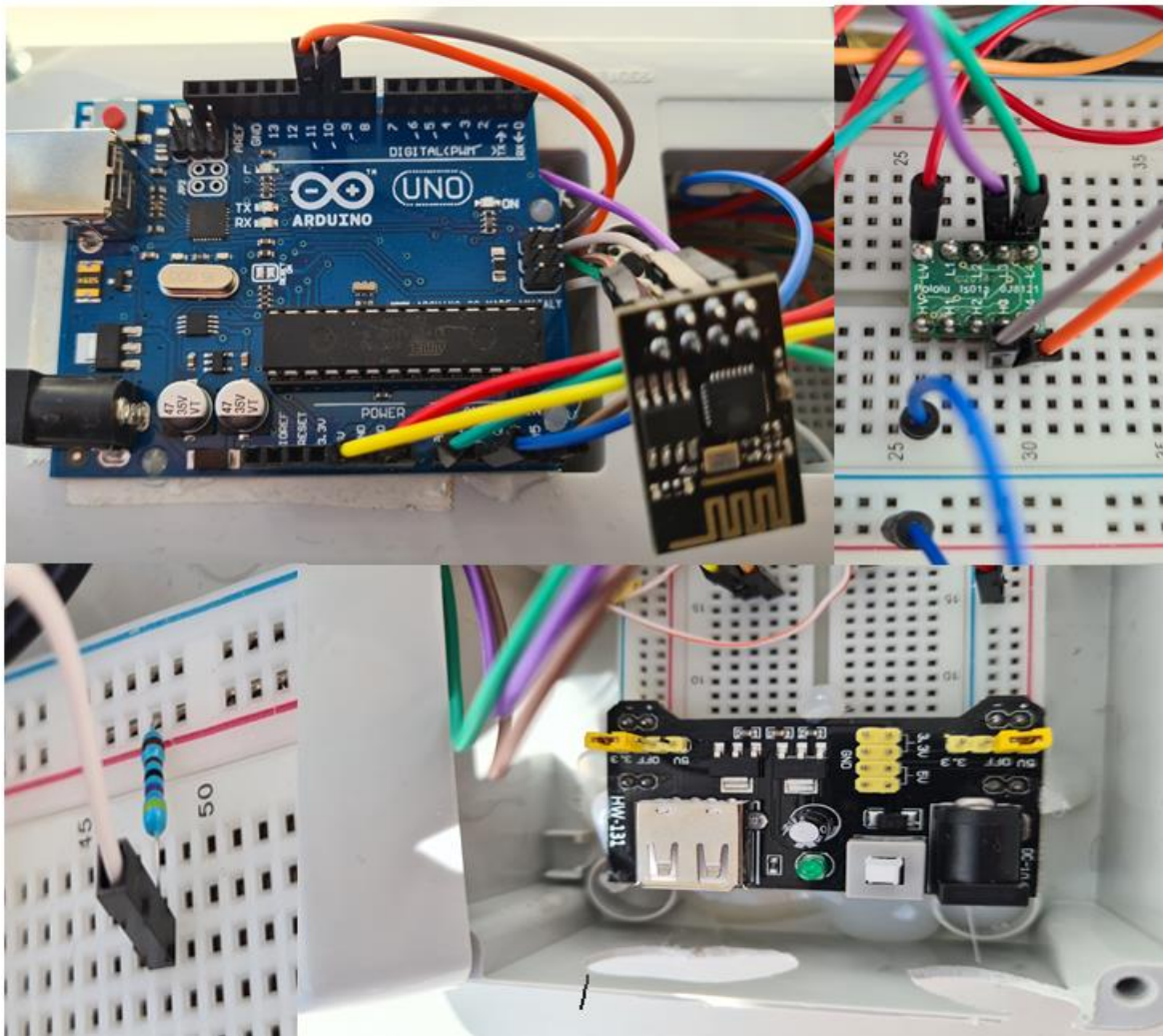


Fig.4. Prototip dispozitiv de măsurare mărimi electrice

După dezvoltare hardware, echipa de software a implementat software-ul specific pentru citirea datelor de către microcontroler, împachetarea lor și transmisia lor către un dispozitiv, pe care datele pot fi vizualizate. În continuare se prezintă fragmente din softul embedded.

```
void loop()
{
    /* 0.1- Functia de autocalibrare */
    int buttonRead;
    buttonRead = analogRead (5);

    if (buttonRead > 800)
    {
        currentOffsetRead = 1;
        voltageOffsetRead = 1;
        powerOffsetRead = 1;
        energy = 0 ;
    }
    /* 1- AC Voltage Measurement */

    if(millis() >= voltageLastSample + 1 )
    {
```

```

        voltageSampleRead = 2*(analogRead(VoltageAnalogInputPin)-
512) + voltageOffset1;
        voltageSampleSumOffset = voltageSampleSumOffset +
voltageSampleRead;

        voltageSampleSum = voltageSampleSum +
sq(voltageSampleRead) ;
        voltageSampleCount = voltageSampleCount + 1;
        voltageLastSample = millis() ;
    }
    if(voltageSampleCount == 1000)
    {
        offsetVoltageMean =
voltageSampleSumOffset/voltageSampleCount;
        voltageMean = voltageSampleSum/voltageSampleCount;
        RMSVoltageMean = sqrt(voltageMean)+ voltageOffset2;
        voltageSampleSum =0;
        voltageSampleCount=0;
        voltageSampleSumOffset=0;
    }
    /* 1.1 - Offset AC Voltage */
    if(voltageOffsetRead == 1)
    {
        voltageOffset1 = 0;
        if(millis()>= voltageOffsetLastSample + 1)
        {
            voltageOffsetSampleCount =
voltageOffsetSampleCount + 1;
            voltageOffsetLastSample = millis();
        }
        if(voltageOffsetSampleCount == 2000)
        {
            voltageOffset1 = -1*(offsetVoltageMean);
            voltageOffsetRead = 2;
            voltageOffsetSampleCount = 0;
        }
    }
    if(voltageOffsetRead == 2)
    {
        voltageOffset2 = 0;
        if(millis()>= voltageOffsetLastSample + 1)
        {
            voltageOffsetSampleCount =

```



```

voltageOffsetSampleCount + 1;
    voltageOffsetLastSample = millis();
}
if(voltageOffsetSampleCount == 2000)
{
    voltageOffset2 = - RMSVoltageMean;
    voltageOffsetRead = 0;
    voltageOffsetSampleCount = 0;
}
}

```

S-au efectuat și câteva teste de laborator, datele înregistrate și transmise de către dispozitiv fiind prezentate mai jos.

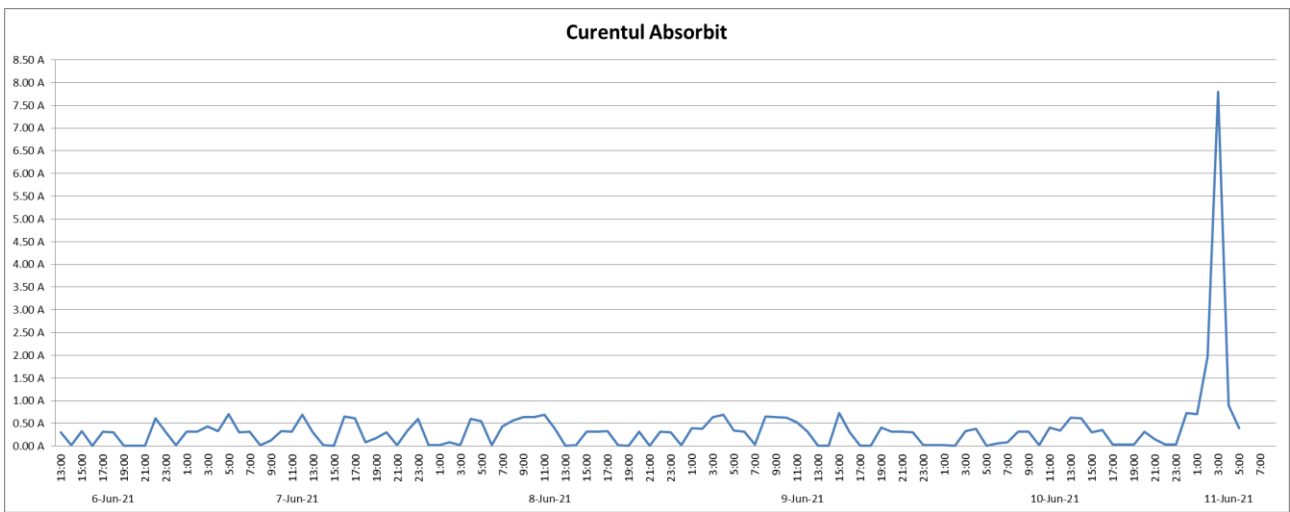


Fig.5. Valorile curentului absorbit e consumator

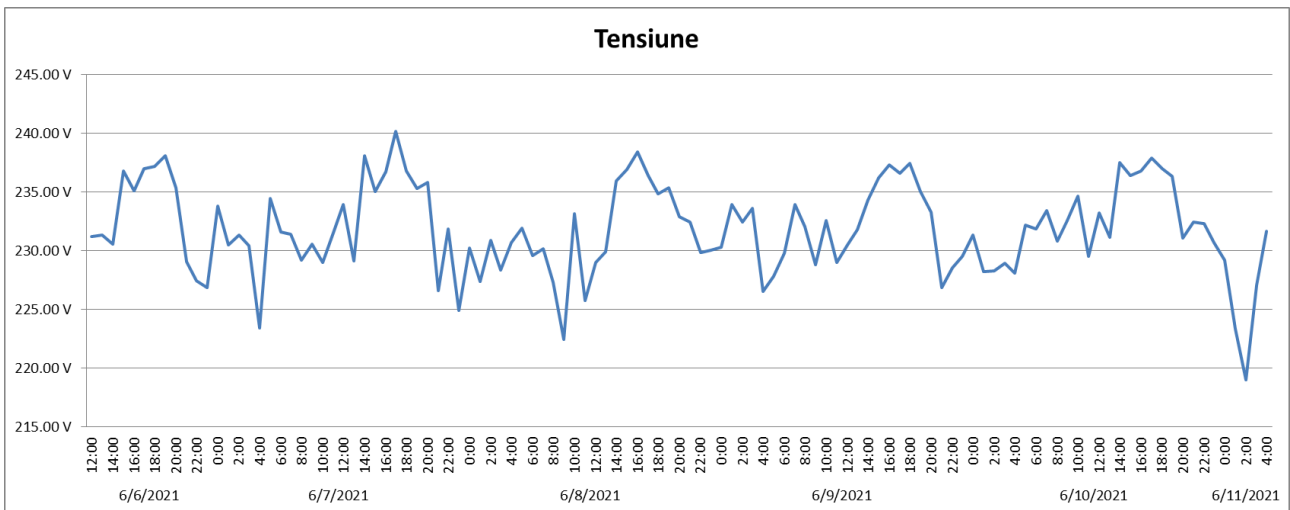


Fig.6. Valoare tensiunii electrice măsurate

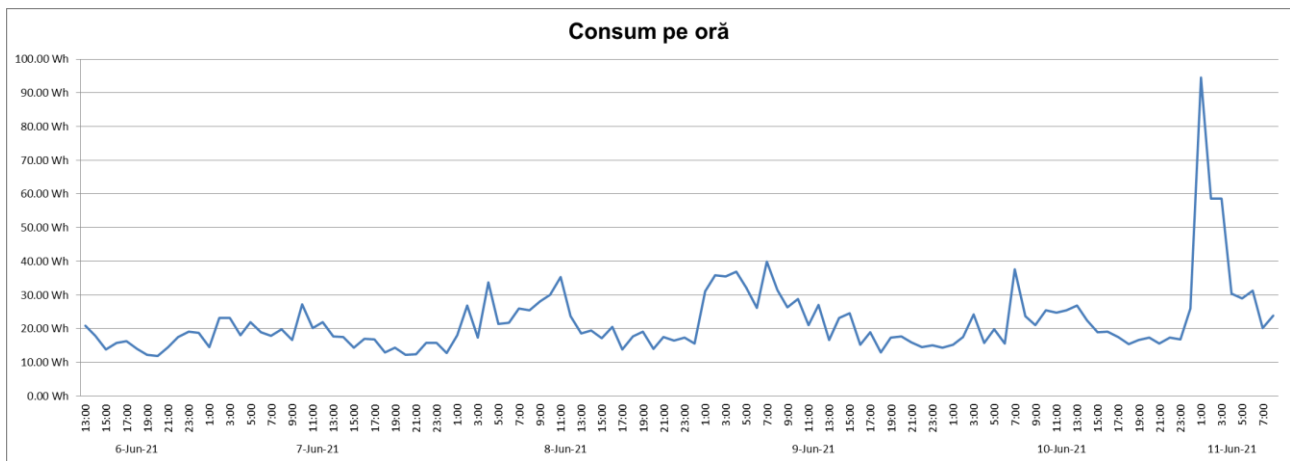


Fig.7. Consumul de energie

3. Concluzii

În această etapă a proiectului au fost dezvoltate componentele hardware și software pentru dispozitivul de monitorizare mărimi electrice. S-a construit prototipul dispozitivului și a fost testat în condiții de laborator. Transmiterea datelor s-a făcut prin tehnologia WiFi.

În etapa următoare se trece la dezvoltarea comunicației prin tehnologia LoRa, respectiv la dezvoltarea unei aplicații pentru afișarea și analiza datelor înregistrate de dispozitiv. După această etapă urmează ca dispozitivul să fie testat în condiții reale.

În vedea îndeplinirii indicatorilor din cadrul proiectului, referitoare la publicarea a cel puțin două lucrări în reviste cotate în baza de date Weg of Science cu menționarea afilierii la AOȘR; a fost trimisă spre publicare o lucrare în revista MDPI Processes, factor de impact 3.352, cu identificator: manuscript ID: processes-2096982. Dovada trimiterii lucrării se găsește atașat emailului prin care se transmite raportul intermediar de activitate.

4. Referințe bibliografice

1. <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/interface-with-arduino?redirected=true>
2. <https://www.yumpu.com/ro/document/read/25813364/1-metode-de-comunicare-fara-firpdf>
3. https://www.researchgate.net/publication/338800538_Internet_of_Things
4. [http://retele.elth.ucv.ro/Bratu%20Cristian/Microcontrolere%20si%20automate%20\(MAP\)/016%20-%20Laborator%20001%20-%20MAP%20-%20Microcontrolerul.pdf](http://retele.elth.ucv.ro/Bratu%20Cristian/Microcontrolere%20si%20automate%20(MAP)/016%20-%20Laborator%20001%20-%20MAP%20-%20Microcontrolerul.pdf)
5. <https://www.poweruc.pl/products/hall-split-core-current-sensor-hsts016l-rated-input-10-200a-rated-output-2-5-0-625v>
6. <https://www.dragino.com/products/lora/item/143-lg01n.html>