

**Universitatea
Transilvania
din Brașov**
**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR**

PROIECT DE DIPLOMĂ

**Conducător științific:
Profesor dr. ing. Diaconu Laurențiu Ionel**

**Absolvent:
Dascălu Ionelia-Maria**

BRAŞOV, 2022

Departamentul Automatică și Tehnologia Informației
Programul de studii: Automatică și informatică aplicată

DASCĂLU Ionelia-Maria

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile. Reducerea consumului de energie electrică

Conducător științific:
Dr.Ing.Şef lucrări *DIACONU Laurențiu Ionei*
Brașov 2022

FIŞA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ

Universitatea Transilvania din Brașov	Proiect de diplomă nr.
Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor	
Departamentul de Automatică și Tehnologia Informației	Viza facultății
Programul de studii: Automatică și Informatică Aplicată	Anul universitar: 2021 - 2022
Candidat: Dascălu Ionelia-Maria	Promoția: 2022
Conducător științific: Dr. Ing. Șef lucrări Diaconu Laurențiu Ionel	

PROIECT DE DIPLOMĂ

Titlul lucrării: *Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile. Reducerea consumului de energie electrică*

Problemele principale tratate:

1. Documentare tehnică legată de subiectul lucrării
2. Documentare PCB
3. Realizare schemă electrică și PCB
4. Creare cod și verificarea implementării prototipului

Locul și durata practiciei: Corpul V, etaj 3, sala 13

[1]"PVOUT Map Brasov," [Online]. Available:

<https://globalsolaratlas.info/detail?c=45.786022,25.154073,11&s=45.786022,25.154073&m=site>.

[2] PVTRIN, "Manualul Instalatorilor pentru Sisteme fotovoltaice," [Online]. Available:

<http://www.abmee.ro/wp-content/uploads/2017/02/PVTRIN-Manualul-Instalatorului.pdf>.

[3]Ghidul prosumatorului, www.engie.ro

Aspecte particulare:

- Realizare schemă electrică și implementare PCB
- Îndeplinirea cerinței de implementare a minim două bucle de reglare
- Utilizare platforme: EasyEDA, Thingiverse, MPLAB Code Configurator

Primit tema la data de: 1.10.2021

Data predării lucrării: 16 iunie 2022

Director departament,

Prof. Dr. ing. Moraru Sorin-Aurel

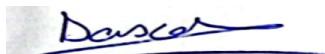
Conducător științific,

Şef lucrări Dr. Ing. Diaconu Laurențiu Ionel

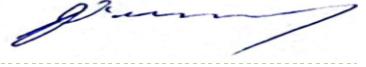
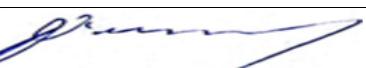


Candidat,

Dascălu Ionelia-Maria



Sisteme de producere a energiei electrice. Energie regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

PROIECT DE DIPLOMĂ – VIZE		
Data vizei	Capitole/ problemele analizate	Semnătura conducătorului științific
17.12.2021	Documentare tehnică legată de subiectul lucrării	
11.03.2022	Conceperea structurii sistemului de producere a energiei electrice regenerabile	
29.04.2022	Încercări și reușite în implementarea prototipului	
03.06.2022	Redactarea și finalizarea lucrării de licență	
15.06.2022	Verificare procentaj similaritate Turnitin (total ≤25% și o singura sursă ≤10%)	
APRECIEREA ȘI AVIZUL CONDUCĂTORULUI ȘTIINȚIFIC		
<p>(aprecierea lucrării/ proiectului se face prin raportare la cerințele privind elaborarea și redactarea stabilite pe PS/facultate; pot fi utilizate instrumente de evaluare, grile cu criterii unitare de apreciere adoptate de facultate/departament)</p>		
Data: 15 iunie 2022	ADMIS pentru susținere	Conducător științific <i>Sef lucrări Dr. Ing. Diaconu Laurențiu Ionel</i> 
AVIZUL DIRECTORULUI DE DEPARTAMENT		
Data:	ADMIS pentru susținere/ RESPINS	Director departament, <i>Prof. Dr. Ing. Moraru Sorin-Aurel</i>
SUSTINEREA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ		
Sesiunea: iunie 2022		
Rezultatul susținerii	PROMOVAT cu media:	
	RESPINS cu refacerea lucrării	
	RESPINS fără refacerea lucrării	
Președinte de comisie, <i>Prof. dr. ing. Suciu Constantin</i>		

Cuprins

Lista de acronime	5
Lista de figuri, tabele și coduri sursă.....	7
Introducere.....	9
Actualitatea temei propuse	9
Obiective propuse	9
Structura lucrării pe capitole	10
1 Notiuni privind energia electrică clasică și regenerabilă	12
1.1 Introducere în studiul energiei electrice.....	12
1.2 Clasificarea energiei alternative	14
1.3 Calculul eficienței unei surse de energie. Avantajele și dezavantajele surselor de energie alternativă.....	14
2 Utilizarea panourilor fotovoltaice.....	16
2.1 Energia solară și avantajele ei	16
2.2 Principiul de funcționare a unei celule fotovoltaice	18
2.3 Componentele unui sistem de panouri fotovoltaice pentru producția de energie electrică	
21	
2.3.1 Panourile fotovoltaice	22
2.3.2 Invertorul	23
2.3.3 Circuitul electric.....	25
2.3.4 Acumulatorii.....	25
2.3.5 Contorul.....	25
2.4 Tehnologii fotovoltaice	26
3 IMPLEMENTAREA PROIECTULUI	28
3.1 Prezentare generală.....	28
3.2 Design	30
3.2.1 Funcția de încărcare	30
3.2.2 Funcția de rotire a panoului fotovoltaic în funcție de lumină	34

3.2.3 Achiziția de date și performanțe.....	38
3.2.4 Circuitul ridicător de tensiune.....	40
3.3 Proiectare	43
3.4 Realizarea montajului	46
4 Calcule.....	52
4.1 Rolul realizării calculelor.....	52
4.2 Factori climatici și de poziționare	53
4.3 Factori economici.....	54
4.4 Calcule preconizate.....	55
5 Îmbunătățiri și concluzii	56
5.1 Concluzii.....	56
5.2 Îmbunătățiri	57
5.2.1 Direcții viitoare de dezvoltare.....	57
5.2.2 Contribuțiiile autoarei.....	58
6 Bibliografie.....	60
Rezumat	63
Abstract	64
Anexă cod	65
Anexa 1	67
Anexa 2	68
Anexa 3	70
DECLARAȚIE PRIVIND ORIGINALITATEA	72

LISTA DE ACRONIME

2D-two-dimensional;
3D-three-dimensional;
A-amper;
AD-ANALOG DIGITAL;
ADC-Analog Digital Convertor;
BAT-battery;
C-Celsius
CIGS- copper indium gallium selenide;
CIS- copper indium gallium selenide;
cm-centimetru;
DC-Direct Current;
DMA-Direct Memory Acces;
DNI- Direct Normal Irradiation ;
DoD-Depth of Discharge
EDA-ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION;
FB-feedback;
GND-ground;
I/O-In/Out;
mm-milimetru;
MOSFET-metal-oxide-semiconductor field-effect transistor;
MPPT- Maximum Power Point Tracking
n-negativ;
OCR- Output Compare Registers
Oz-ounce=28,34 g;
p-pozitiv;
PCB-Printed circuit board;

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

PIC-Peripheral interface controller;

PV-photovoltaic;

PWM-pulse width modulation

RISC- Reduced Instruction Set Computer;

SMD-surface-mount device;

SMT- surface-mount technology;

TCCR- Timer/Counter Control Registers

THD-through-hole design;

THT-Through-hole-technology;

UPS- Uninterruptible Power Supply;

V-volt;

VCC -Voltage Common Collector;

VG-internal voltage regulator;

W-WATT;

WGM-Waveform Generation Mode bit

Wh-Watt/hour;

Wp-Watt peak;

LISTA DE FIGURI, TABELE ȘI CODURI SURSĂ

FIGURI:

- Figura 1. Structura pe tipuri de resurse a energiei electrice livrate în rețele la ultimul raport;
- Figura 2. Evoluția structurii pe tipuri de resurse a energiei electrice în ultimii 3 ani în România;
- Figura 3 . Tipuri de materiale din punct de vedere a conductivității electrice;
- Figura 4 . Tabelul periodic al elementelor;
- Figura 5. Crearea dopajului n cu fosfor și a dopajului p cu bor;
- Figura 6. Principiul de funcționare a unei celule fotovoltaice;
- Figura 7. Diagrama unui sistem fotovoltaic;
- Figura 8. Conectarea în serie a modulelor de panouri fotovoltaice;
- Figura 9. Sistem de back-up cu invertor on-grid;
- Figura 10. Sistem fotovoltaic cu invertor off-grid;
- Figura 11. Sistem fotovoltaic cu invertor hibrid;
- Figura 12. Schema electrică a proiectului;
- Figura 13. Evidențierea funcției de încărcare în schema electrică;
- Figura 14. Curba de încărcare a modulului folosit;
- Figura 15. Distribuția pinilor modulului;
- Figura 16. Caracteristici tranzistor CEM4435A;
- Figura 17. Referință foaie catalog FS312F-G;
- Figura 18. Referință foaie catalog FS8205A;
- Figura 19. Evidențierea funcției de rotire în schema electrică;
- Figura 20. Distribuție pini Arduino Nano;
- Figura 21. Montarea primului servomotor folosind componente imprimante;
- Figura 22. Montarea celui de-al doilea servomotor și a fotorezistențelor folosind componente imprimante;
- Figura 23. Regiștrii de timer folosiți;

- Figura 24. Evidențierea părții ce se ocupă de achiziția de date și performanțe în schema prototipului;
- Figura 25. Evidențierea circuitului ridicător de tensiune;
- Figura 26. Extras din foaia de catalog a integratului MT3608;
- Figura 27. Distribuția pinilor integratului MT3608;
- Figura 28. Principiul de funcționare a integratului MT3608;
- Figura 29. Prototipul PCB;
- Figura 30. Vedere 3D asupra PCB;
- Figura 31. Vedere 2D asupra PCB;
- Figura 32. PCB populat cu componente;
- Figura 33. Realizarea lipiturilor pe placă cu fludor;
- Figura 34. Vedere frontală asupra montajului;
- Figura 35. Vedere laterală asupra montajului;
- Figura 36. Identificarea rezistențelor R_8 și R_9 ;
- Figura 37. Identificarea pinului MPPT pe foaia de catalog a integratului CN3791;
- Figura 38. Divizorul rezitiv de tensiune format din două rezistențe;
- Figura 39. Tabelul de rezistențe standard;
- Figura 40. Orientarea ideală a unui panou fotovoltaic;
- Figura 41. Harta potențialului fotovoltaic al României;
- Figura 42. Variația zilnică a radiației solare ;
- Figura 43. Valorile de eficiență a panourilor fotovoltaice;
- Figura 44. Logica modelului design-to-schedule;
- Figura 45. Poziunea ce utilizează microcontrolerului PIC în schema electrică;
- Figura 46. Distribuția pinilor microcontrolerului PIC.

INTRODUCERE

Actualitatea temei propuse

Obiective propuse

Structura lucrării pe capitole

ACTUALITATEA TEMEI PROPUSE

În contextul societății actuale, aflate permanent în schimbare și suportând influențe externe, nu întotdeauna benefice, consumul de energie electrică reprezintă o problemă de actualitate.

În prezența lucrare de licență vor fi discutate și urmările avantajele folosirii energiei electrice regenerabile, urmărind spre exemplificare panourile fotovoltaice și avantajele acestora din punct de vedere al randamentului, al costurilor și al climei, acestea depinzând de amplasare și de regiunea geografică unde se folosesc.

Primul pas pentru înțelegerea temei și a utilității practice a acesteia a fost studiul conceptului de energii regenerabile. „Energii regenerabile sunt considerate în practică, energiile ce provin din surse care fie că se regenerează de la sine în scurt timp, fie sunt surse practic inepuizabile” [1](apă, eoliene și nu în cele din urmă, energia solară).

OBIECTIVE PROPUSE

După parcurgerea materialelor auxiliare propuse de către cadrul didactic coordinator pentru familiarizarea cu conceptul de energie electrică regenerabilă și parcurgerea normativelor ce țin de utilizarea acesteia, s-a pus problema eficienței energiei solare.

Sisteme de producere a energiei electrice. Energie regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

În acest mod a apărut tema ce va fi discutată în prezenta lucrare de licență: eficiența panourilor fotovoltaice. Astfel, s-a propus studiul unui panou fotovoltaic mobil, care folosește mișcarea soarelui după două axe de rotație, unul pe orizontală, de la răsărit la apus, și unul pe verticală, soarele ocupând o poziție diferită pe cer în timpul verii și al ierni, poziția acestuia modificându-se.

Principalul obiectiv al lucrării a fost de a projecța un prototip ce permite unui panou fotovoltaic să se rotească după două axe. Inițial, această mișcare a fost realizată utilizându-se Arduino, apoi s-a realizat detașarea de platforma Arduino și utilizarea unui microcontroller PIC, programat în MPLAB.

O dată realizat principalul obiectiv, au fost îndeplinite obiectivele următoare, pentru crearea unui PCB funcțional și util în industrie:

- Realizarea funcției de încărcare;
- Optimizarea achiziției de date și verificarea performanțelor sistemului;
- Testarea și îmbunătățirea continua a proiectului initial;
- Compararea eficienței unui panou fotovoltaic static cu unul mobil.

STRUCTURA LUCRĂRII PE CAPITOLE

Lucrarea conține 5 capitole importante.

Primul capitol cuprinde ideile principale cu privire la sursele de energie electrică. Acest capitol introductiv al lucrării are rolul de a face o paralelă între sursele de energie electrică folosite în prezent pe scară largă și puse la dispozitie oamenilor de către majoritatea firmelor de distribuție de energie electrică și sursele de energie electrică regenerabile. Această paralelă este făcută pentru a urmări avantajele și dezavantajele amândurora.

Al doilea capitol prezintă utilitatea panourilor fotovoltaice și aspecte teoretice despre acestea. În această etapă au fost prezentate tipurile de panouri fotovoltaice, elemente ce țin de partea tehnică și de construcție a acestora și au fost urmărite diferite studii despre randamentul acestora în diferite zone, ținând cont de ciclul zi-noapte și de ciclul anotimpurilor, deoarece se dorește obținerea unui randament cât mai bun în toate anotimpurile și satisfacerea nevoilor clientului în orice moment, evitând necesitatea conectării la rețeaua clasică de energie. Pentru acest lucru a apărut problema randamentului și însăși motivația pentru studiul diferențelor între un panou solar static și un panou fotovoltaic care se rotește în funcție de lumina soarelui.

În cel de-al treilea capitol al lucrării am prezentat cum a fost concepută ideea unui panou fotovoltaic mobil, care se rotește după două axe de rotație, asigurând capacitatea de încărcare mai mare decât a unui panou ce nu își modifică poziția, deci nu beneficiaza permanent de cea mai bună încărcare a celulelor fotovoltaice. De asemenea a fost prezentată implementarea proiectului. Este prezentat designul și proiectarea PCB-ului, punându-se accent pe cele 4 puncte importante în realizare: funcția de încărcare a unui acumulator, realizarea funcției de rotire urmărind două axe, achiziția de date și performanțe ale sistemului și implementarea circuitului ridicător de tensiune.

Al patrulea capitol este dedicat calculelor de randament. Acest capitol sintetizează factori climaterici, de poziționare și economici. Acest capitol este important în desfășurarea lucrării deoarece un sistem eficient este unul care își amortizează în timp investiția inițială și costurile de menenanță prin facilitățile oferite față de un sistem cu specificații inferioare, deci evident mai ieftin.

Ultimul capitol este dedicat concluziilor aferente prezentei lucrări și îmbunătățirilor care ar putea fi aduse. Aici a fost discutată utilizarea unui microcontroler PIC pentru a nu depinde de platforma Arduino.

1 NOTIUNI PRIVIND ENERGIA ELECTRICĂ CLASICĂ ȘI REGENERABILĂ

Introducere în studiul energiei electrice

Clasificarea energiei alternative

Calculul eficienței unei surse de energie. Avantajele și dezavantajele surselor de energie alternativă

1.1 INTRODUCERE ÎN STUDIUL ENERGIEI ELECTRICE

În prezent, cea mai mare parte a energiei electrice distribuite către public are loc prin transformarea energiei chimice a combustibililor în interiorul centralelor termoelectrice. Pe scară largă, se folosește transmisia tensiunii la 220 kV prin intermediul unor stâlpi de susținere având înălțimea de peste 35 de metri, aflați la o distanță de aproximativ 350 de metri unul de altul, dacă relieful zonei unde se află aceștia o permite. Dacă intervin cazuri particulare, cum ar fi trecerea de fluvii sau ape, se pot folosi înălțimi mai mari ale stâlpilor de susținere.

Din punct de vedere istoric, se atestă faptul că „prima alimentare publică cu energie electrică a apărut la sfârșitul anilor 1800” [2]. În acel moment, „energia electrică avea diferite tensiuni, fiind distribuită sub formă de curent alternativ și de curent continuu” [2]. Problema principală apărută în acel moment temporal era aceea că în cazul curentului alternativ nu se putea crea un standard pentru care frecvența acestuia își schimba sensul. O dată cu evoluția tehnologică, a fost clar că și utilizarea curentului electric va crește. Astfel, s-a observat în mod evident că vor exista o serie de avantaje în urma standardizării tensiunii electrice. Scopul acestei standardizări era acela de a simplifica transferul de energie electrică dintr-o zonă a țării în alta, dar și simplificarea construcției instalațiilor electrice. Majoritatea organizațiilor generatoare au ales și

au fost de acord cu adoptarea unui standard al electricității, astfel încât s-a dezvoltat o rețea națională de cabluri fiabilă pentru distribuirea energiei electrice.

În ciuda popularității obținute în secolul XX, oamenii au început să caute caute alternative la rețeaua clasică de distribuție a energiei electrice, având în vedere motive economice și motive ce țin de îngrijorarea activiștilor de mediu, deoarece arderea combustibililor fosili este vinovată de creșterea concentrațiilor de dioxid de carbon. Această concentrație ridicată de dioxid de carbon din atmosferă este răspunzătoare de creșterea temperaturii globale și de schimbările climaterice, deoarece acest gaz are efect de seră.

În acest moment, majoritatea țărilor ce folosesc rețeaua de energie clasică au un rol important în efectul dezastruos provocat de încălzirea globală și poluare, deoarece folosesc combustibili fosili cunoscuți, cum ar fi gazele, cărbunele și petrolul pentru a satisface cererea de energie a populației. Prin procesul de ardere al acestor combustibili este eliberată căldura care este folosită pentru transformarea ei în energie. Carbonul conținut de cărbune și petrol reacționează cu oxigenul, element chimic care se află în proporție de 20,947% în aer. În urma acestui proces chimic rezultă atât dioxidul de carbon despre care s-a vorbit anterior, dar și poluanți atmosferici cum ar fi oxizi și particule de azot (concentrația de azot din aer este de 78,084%) și dioxidul de sulf. Acești poluanți au un impact negativ asupra calității aerului respirabil. Inițial, observându-se aceste efecte nocive asupra mediului exterior, firmele de producere a energiei electrice și termice au luat măsuri tehnice de îmbunătățire a instalațiilor, fapt ce a dus la scăderea emisiilor de poluanți atmosferici în ultimele decenii.

Din aceste motive ce țin de protejarea pământului și a calității pe termen lung și foarte lung, oamenii au început să se orienteze spre alte surse de energie, care ar putea să asigure mare parte sau chiar integral producția de energie electrică de care are nevoie populația. Un alt motiv important ce a dus spre căutarea unor noi surse de energie care să acopere cererea populației a fost cel economic, căutându-se surse noi și viabile. Astfel a apărut conceptul de energie alternativă. Denumirea ei de energie alternativă este sugestivă, ilustrând diferențierea dintre energie clasică, care încă domină piața consumului de energie. Studiile arată că în acest moment, 79% din necesarul de energie al europenilor este acoperit de către combustia de cărbune, gaze și petrol, resurse regenerabile pe perioade foarte lungi de timp, care sunt limitate momentan.

Momentan, doar 8% din energia consumată zilnic de europeni provine din surse de energie regenerabilă, dar acest procent se află în continuă creștere. În România, folosirea energiei regenerabile este încurajată, existând programe de încurajare a investițiilor. Din punct de vedere legislativ, „furnizorii de energie sunt obligați să achiziționeze o cotă de certificate verzi” [3],

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

potrivit Legii nr.134/2012 și să finanțeze consumatorii care achiziționează sisteme ce folosesc energie regenerabilă prin intermediul programului „Casa Verde”.

1.2 CLASIFICAREA ENERGIEI ALTERNATIVE

Clasificarea energiei alternative poate fi făcută în funcție de sursa regenerabilă folosită pentru producerea de energie, rezultând următoarea clasificare de surse de energie alternativă: energia solară, energia eoliană, energia hidraulică, biomasa și energia geotermală.

Energia solară este utilizată pentru producerea energiei electrice prin intermediul panourilor fotovoltaice și pentru obținerea energiei termice prin intermediul panourilor solare. Principalul avantaj este legat de faptul că este o sursă ieftină de energie pentru orice tip de uz, atât personal cât și industrial, dacă este indeplinit criteriul de a fi obținută o bună expunere la soare.

Energia eoliană este „produsă cu ajutorul turbinelor care transformă energia cinetică a vântului în energie electrică” [4]. În general, turbinele eoliene sunt utilizate individual, în instalații eoliene casnice pentru alimentarea locuințelor cu energie electrică pentru iluminat. Parcurile eoliene alimentează Sistemul Energetic Național pentru ca mai apoi energia obținută să fie distribuită pentru consum populației.

Energia hidraulică este produsă prin curgerea râurilor. În România, acest tip de energie electrică este exploatat la nivel macro, dar nu este exploitată la nivel individual, nefiind o sursă accesibilă pentru uz casnic.

Biomasa este utilizată pentru producerea energiei termice. Aceasta este obținută prin reacții chimice sau prin arderea deșeurilor organice. La nivel global, biomasa reprezintă o sursă primară alternativă deoarece orice reziduu, fie că este vorba despre plante, animale, reziduuri forestiere sau alt tip de deșeu organic, poate fi folosit.

Energia geotermală reprezintă obținerea energiei folosint pompe de căldură. Potrivit Transelectrica, energia regenerabilă din România, provine din energie hidraulică, eoliană și solară.

1.3 CALCULUL EFICIENȚEI UNEI SURSE DE ENERGIE. AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE SURSELOR DE ENERGIE ALTERNATIVĂ

Eficiența unei surse de energie poate fi calculată în mai multe metode. Eficiența poate fi considerată ca fiind reprezentată de „raportul dintre energia produsă pentru uzul consumatorului

și energia consumată de sistemul folosit pentru producerea energiei” [5]. Din punct de vedere al costurilor, eficiența poate fi privită ca o comparație între 1kW de energie produs și costul pentru amortizarea investiției inițiale a sistemului.

Există mai multe formule pentru a evalua producția și eficiența unei surse de energie, în funcție de tipul acesteia. Spre exemplificare, pentru un sistem de energie solară, conform ISB, eficiența este definită ca fiind „raportul dintre energia generată sub formă de curent alternativ și radiația totală incidentă pe suprafața înclinată a panourilor fotovoltaice.” [5]

Avantajele și dezavantajele energiei alternative sunt un subiect de analiză până în prezent. Sursele regenerabile de energie sunt în mod evident o variantă ecologică și nelimitată. Energia solară și energia eoliană vor fi la accesul oamenilor pentru miliarde ani. La nivel global, se încearcă permanent diversificarea surselor de energie regenerabilă, valorificarea lor la maxim și fabricarea echipamentelor cu un consum scăzut de energie electrică pentru a putea crea un mediu sustenabil. Principalele avantaje a surselor de energie alternativă sunt privitoare la sustenabilitate, regenerabilitate, ecologie, costuri zero pentru resursele alternative și întreținerea usoară a sistemelor de producere a energiei. Sustenabilitatea surselor se referă la producerea pe termen lung a energiei, fără a contribui la efectul de seră și fără a consuma resurse limitate. Regenerabilitatea constă în faptul că energia consumată nu duce la epuizarea definitivă a resurselor. Motivele ce țin de ecologie sunt evidente, deoarece energia alternativă nu afectează mediul încojurător, neexistând emise de noxe. Avantajele economice sunt privitoare la costurile zero pentru resursele alternative. Soarele, vântul, apa geotermală și energia cursurilor de apă fiind gratuite și inepuizabile.

Dezavantajele energiei verzi sunt scăzute numeric în comparație cu avantajele. Un dezavantaj major este reprezentat de accesul geografic și climatic limitat la resurse regenerabile. Spre exemplificare, panourile solare nu sunt eficiente într-o zonă constant ploioasă, iar turbinele eoliene depind de vânt constant, cu viteze de peste 6m/s. Un alt dezavantaj ține de costurile inițiale ale implementării sistemelor de producere a energiei verzi, dar și de avizele și evaluările suplimentare de care este nevoie pentru a se putea realiza practic implementarea.

Se poate observa că avantajele depășesc considerabil dezavantajele.

2 UTILIZAREA PANOURILOR FOTOVOLTAICE

Energia solară și avantajele ei

Principiul de funcționare a unei celule fotovoltaice

Componentele unui sistem de panouri fotovoltaice pentru producția de energie electrică

Tehnologii fotovoltaice

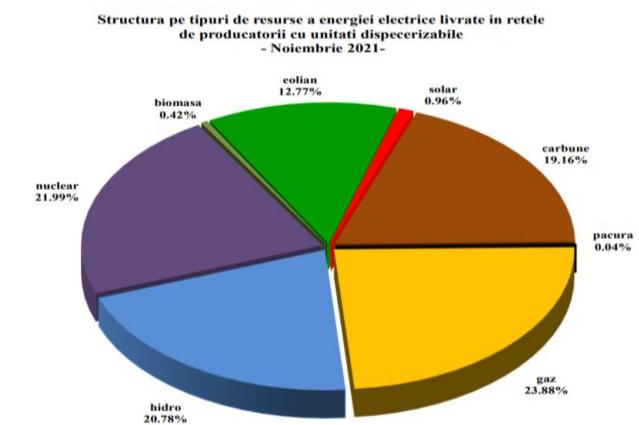
2.1 ENERGIA SOLARĂ ȘI AVANTAJELE EI

Energia primită de la soare este sub formă de lumină și căldură. Utilizând sisteme de panouri fotovoltaice se poate transforma lumina solară în energie electrică, iar cu ajutorul panourilor solare termice, căldura poate fi utilizată pentru a produce apă caldă menajeră și încălzire.

Prin intermediul panourilor fotovoltaice, „energia produsă de soare poate fi transformată în energie electrică, iar surplusul poate fi stocat în acumulatori sau injectat în rețea.” [6]

Conform raportului ce conține rezultatele monitorizării pieței de energie electrică în luna noiembrie 2021, „din punctul de vedere al mixului energetic național, energia solară a avut o contribuție de doar 0,96%. ” [7]

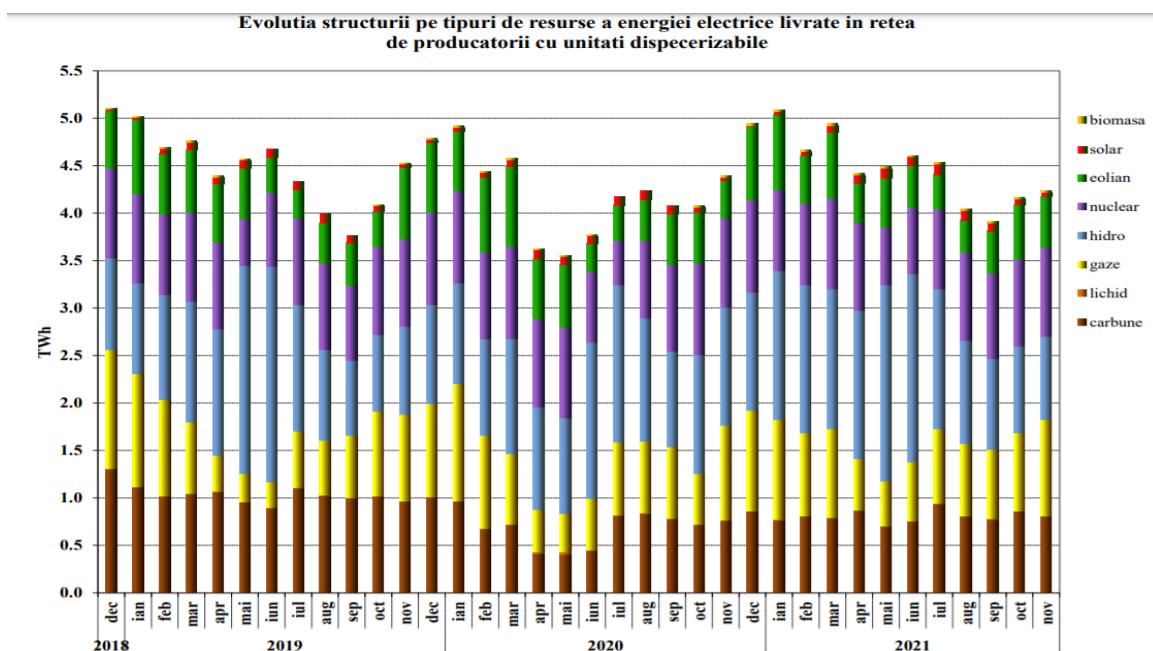
Structura de producție a sistemului energetic național în funcție de tipurile de resurse folosite pentru producția energiei electrice livrate în rețelele de către producătorii cu unități discutabile în luna noiembrie a anului 2021, acesta fiind ultimul raport disponibil, este prezentată în figura imediat următoare:



Sursa: Raportările lunare ale producătorilor – prelucrare SMPEE

Figura 1. Structura pe tipuri de resurse a energiei electrice livrate în rețele la ultimul raport [7].

Potrivit aceluiași raport oficial, evoluția structurii energiei electrice livrate în ultimii 3 ani este prezentată în figura următoare:



Sursa: Raportările lunare ale producătorilor – prelucrare SMPEE

Figura 2. Evoluția structurii pe tipuri de resurse a energiei electrice în ultimii 3 ani în România [7].

În prezent, în România, conform site-ului oficial al Uniunii Europene există 7470000 locuințe, dintre care 3360000 ar fi pretabile pentru instalarea sistemelor fotovoltaice. Avantajul acestor tipuri de panouri țin din mai multe direcții, unele dintre ele fiind amintite anterior, în subcapitolul referitor la avantajele surselor de energie regenerabilă. Avantajele panourilor fotovoltaice țin de sustenabilitate, controlul și reducerea costurilor, micșorarea dependenței față de furnizori, eficiența energetică, costurile reduse de întreținere, simplitatea sistemului

fotovoltaic, durată de viață și dezvoltarea tehnologică. Panourile fotovoltaice reprezintă un sistem de producție a energiei ecologic, acestea având avantajul major de a nu degaja „gaze cu efect de seră” [8] și de a nu conține substanțe toxice, nocive pentru eco-sistem.

Din punct de vedere economic, panourile fotovoltaice reprezintă o alegere preferată de mulți oameni, deoarece în condițiile actuale, piața energiei clasice este de o volatilitate maximă, existând modificări de la un an la altul. Panourile fotovoltaice oferă consumatorului stabilitate și predictibilitate în ceea ce privește estimare costurilor facturilor, iar investiția inițială este recuperată destul de rapid, în funcție de valoarea și capacitatea de producție individuală. Reducerea dependenței de furnizor poate fi văzută din punct economic, așa cum a fost prezentată anterior, dar și prin faptul că energia care este în surplus poate fi redirecționată înapoi în sistemul național. Trebuie ținut cont și de costurile reduse de întreținere, deoarece o dată instalat, sistemul de panouri fotovoltaice are nevoie de o întreținere minimă, deoarece nu are componente care se mișcă sau care sunt utilizate intens. Panourile au nevoie doar de o curățare anuală, iar invertorul are nevoie de o verificare după 5 ani de funcționare.

2.2 PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A UNEI CELULE FOTOVOLTAICE

Efectul fotovoltaic „constă în apariția unei tensiuni electrice sau a unui current electric în anumite materiale în momentul în care acestea sunt expuse la razele soarelui.” [9]

Pentru a înțelege acest proces se pleacă de la noțiunea de foton, fenomenul fiind descris drept efectul de desprindere a electronilor din banda de valență și intrarea lor în banda de conducție, în urma absorbtiei energiei fotonilor de către anumite materiale.

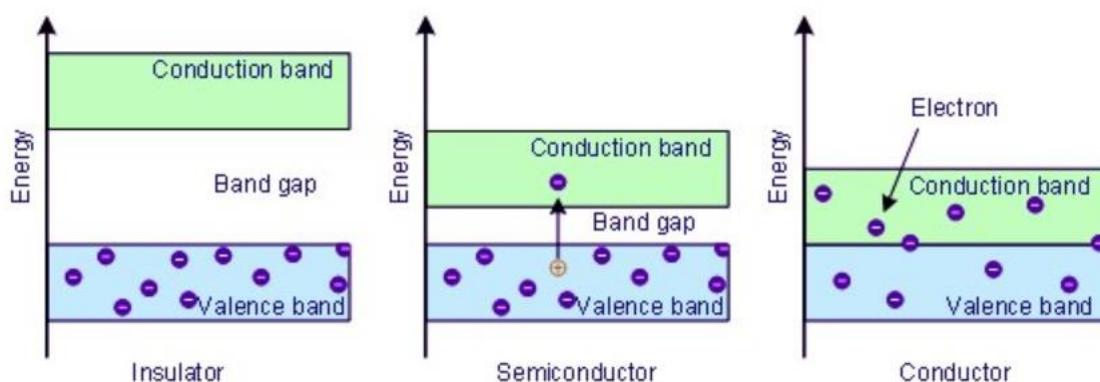


Figura 3. Tipuri de materiale din punct de vedere a conductivității electrice [10].

În alcătuirea celulelor fotovoltaice cel mai des se folosește siliciul, sub formă monocristalină sau poli-cristalină. Siliciul are puțini electroni liberi, insuficienți pentru a genera un curent electric util. În mod intenționat, siliciul este dopat cu materiale din grupa a III-a sau a V-a ale tabelului lui Mendeleev, elemente care au cu un electron de valență mai mult sau mai puțin decât Siliciul. După cum se poate observa din imaginea următoare care reprezintă tabelul periodic al elementelor, aceste substanțe sunt borul sau fosforul. Această dopare are rolul de a spori conductivitatea electrică a siliciului. Acest dopaj poate fi realizat și cu alte elemente din grupele III sau V, cum ar fi galiul.

Periodic Table

The Periodic Table displays elements from Hydrogen (H) to Oganesson (Og). The first two groups (1 and 2) are shown at the top, followed by groups 13 through 18. Below these are the Lanthanide (Ce-Lu) and Actinide (Th-Lr) series, which are repeated in a lower section. Each element is represented by a square containing its symbol, name, atomic number, and atomic mass. The table uses color coding to distinguish groups: Groups 1-2 are pink, groups 13-18 are blue, and the Lanthanide/Actinide series are orange.

- Alkali metals
- Alkaline earth metals
- Transition metals
- Post-transition metals
- Metalloids
- Reactive nonmetals
- Noble gases
- Lanthanides
- Actinides
- Unknown properties

Figura 4. Tabelul periodic al elementelor.

„În cazul fosforului, deoarece 4 dintre cei 5 electroni pe ultimul strat creează legături stabile cu atomii de siliciu adiacenți, legătura slabă a celui de-al cincilea electron poate fi ușor ruptă, ducând acel electron în stratul de conduction. Acest tip de dopaj se numește dopaj negativ deoarece adaugă un exces de electroni, adică sarcină negativă.

În același mod, în cazul borului, aflat în grupa III, având un electron de valență mai puțin, apare un gol în legăturile atomice. Astfel, este permisă migrarea electronului liber de la atomul de siliciu adiacent la cel de bor și umplerea golului. Astfel, apare un alt gol, fenomen care se propagă

și duce la apariția unui „curent de goluri”. Acest tip de dopaj se numește dopaj pozitiv, creând un exces de sarcină pozitivă.” [9]

Următoarea imagine ilustrează în mod intuitiv acest fenomen pentru cele 3 elemente: siliciu, bor și fosfor.

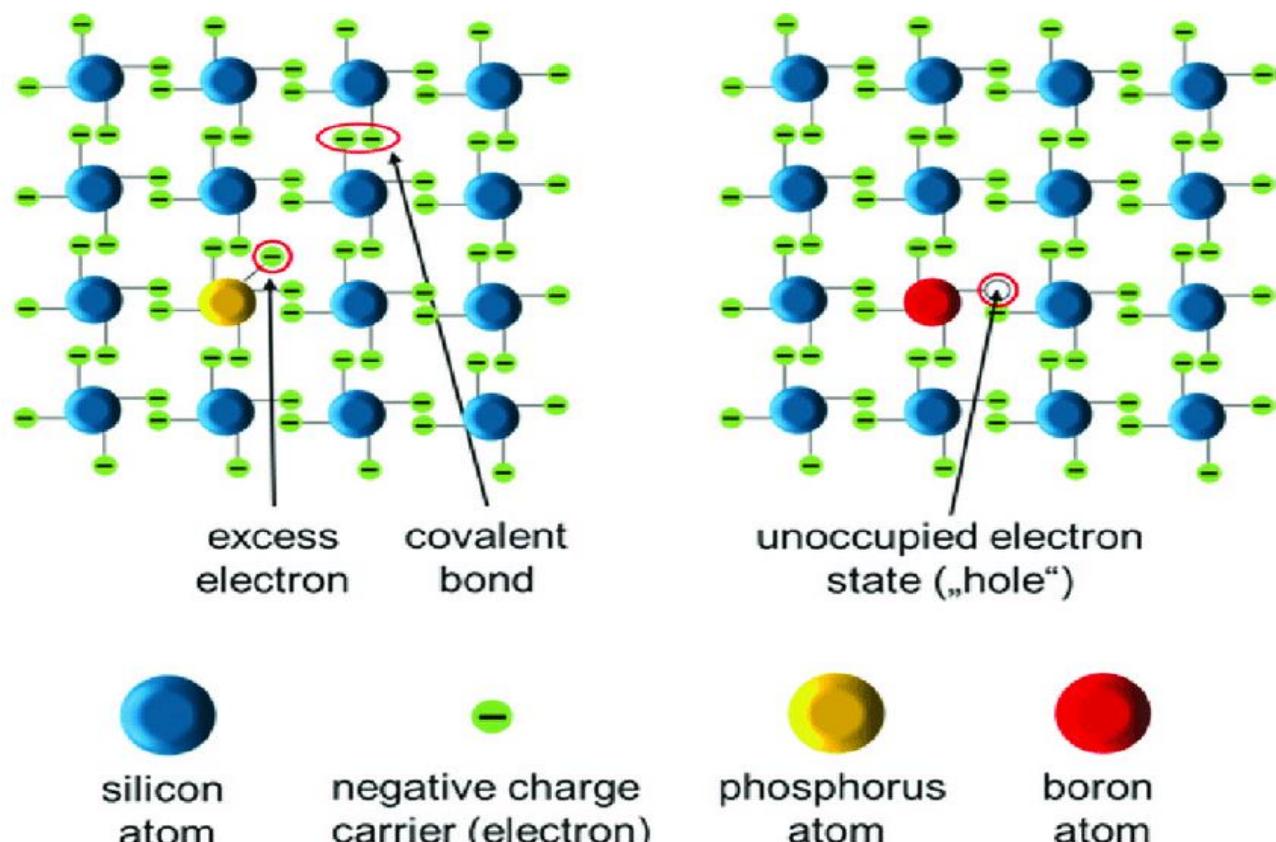


Figura 5. Crearea dopajului n cu fosfor și a dopajului p cu bor [10].

Astfel, o celulă fotovoltaică este în esență o jonctiune p-n formată prin suprapunerea a două straturi de material semiconductor. Unul dintre straturi este dopat-p, iar celălalt dopat-n. Această juxtapunere creează o zonă de contact pe care sarcinile de tip negativ o traversează pentru a umple gurile din stratul dopat pozitiv, creând perechi electroni-gol. Absorbția de fotoni de către această pereche duce la ruperea ei, formând purtători de sarcină liberi. Astfel este format curentul electric.

Figura 6 ilustrează cum se comportă o celulă fotovoltaică și straturile de tip n și p.

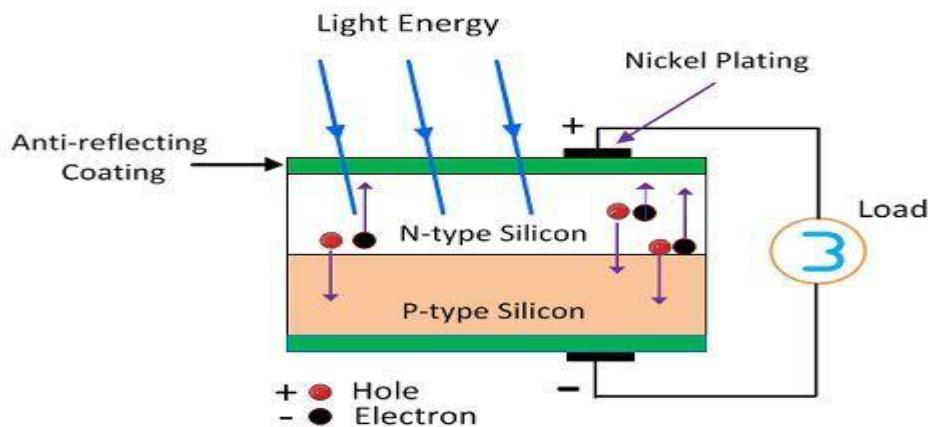


Figura 6. Principiul de funcționare a unei celule fotovoltaice [11].

Această structură formată din suprapunerea straturilor de material semiconductor dopate cu scopul formării joncțiunilor p-n este similar cu a unei diode.

2.3 COMPOENȚELE UNUI SISTEM DE PANOURI FOTOVOLTAICE PENTRU PROducțIA DE ENERGIE ELECTRICĂ

Componentele unui sistem fotovoltaic sunt:

- panourile fotovoltaice;
- invertorul;
- circuitul electric;
- acumulatorii;
- contorul.

Diagrama unui sistem fotovoltaic este prezentată în figura următoare:

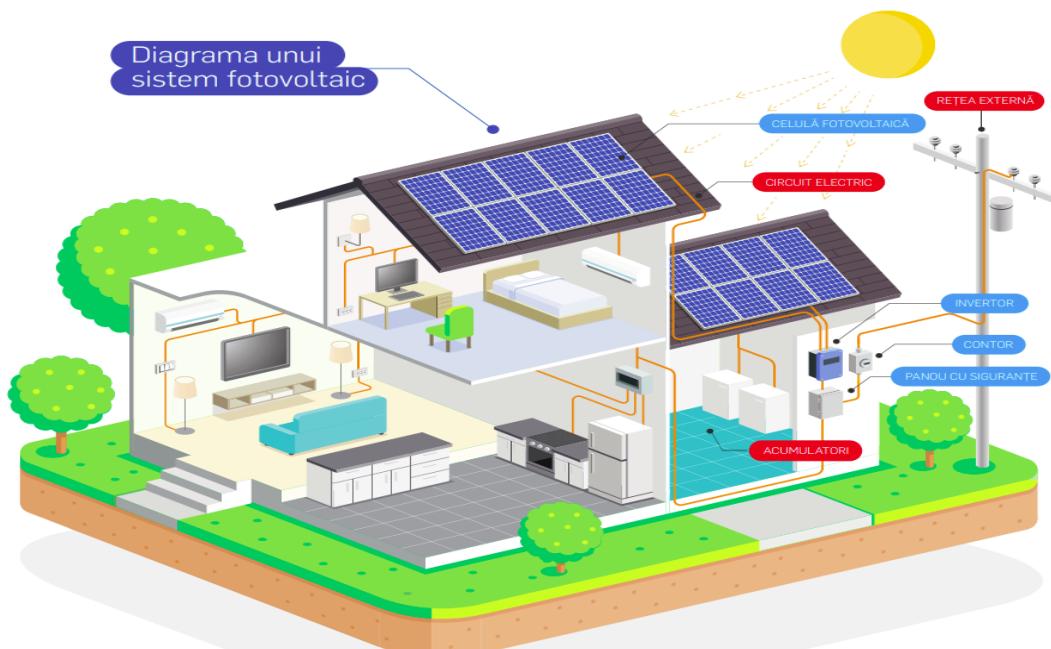


Figura 7. Diagrama unui sistem fotovoltaic [12].

2.3.1 Panourile fotovoltaice

Panourile fotovoltaice au rolul de a transforma radiația solară în energie electrică. Această transformare are o anumită eficiență, determinată de mai mulți factori: tipul panoului, zona unde este amplasat, praful, timpul de când funcționează.

Există 4 tipuri de panouri fotovoltaice: mono-cristaline, poli-cristaline, amorfă sau de tip „film” și panourile fotovoltaice hibride. „Panourile mono-cristaline au eficiență mare în cazul radiației solare directe” [6], spațiul necesar pentru montarea lor este mic datorită eficienței mari, rezistența lor în timp este bună și au un randament crescut chiar dacă lumina este scăzută, dar prezintă dezavantajul unui cost mare al investiției. Panourile fotovoltaice policristaline au cel mai bun raport între preț și calitate, dar prezintă un deavantaj din punctul de vedere al amplasării, fiind nevoie de instalarea mai multor panouri, având o eficiență mai mică decât panourile monocristaline. Panouri fotovoltaice amorfă reprezintă cea mai ieftină opțiune, dar au cea mai mică eficiență, pe când cele hibride, sunt cele mai eficiente, dar și cele mai costisitoare.

Un panou solar este format din celule fotovoltaice. „În interiorul unei celule se află straturi de material semiconductor. Căderea luminii pe celulă creează un câmp electric pe straturi, determinându-se astfel circulația curentului electric.” [13] Celulele sunt conectate împreună pentru a forma module fotovoltaice. Sustinerea celulelor și protecția împotriva intemperiilor este realizată utilizându-se straturi subțiri de acetat etil vinil și polivinil butiric. Modulele sunt închise între un strat transparent(sticlă) și un strat posterior, format dintr-un polimer subțire sau sticlă. Pentru durabilitate și rezistență mecanică sporită, modulele pot să fie înrămate.

„Modulele sunt conectate între ele în serie pentru a crește tensiunea totală produsă de sistem. Sirurile de panouri sunt conectate între ele în paralel pentru a crește curentul total al sistemului.” [13]. Această conexiune este prezentată în figura alăturată.

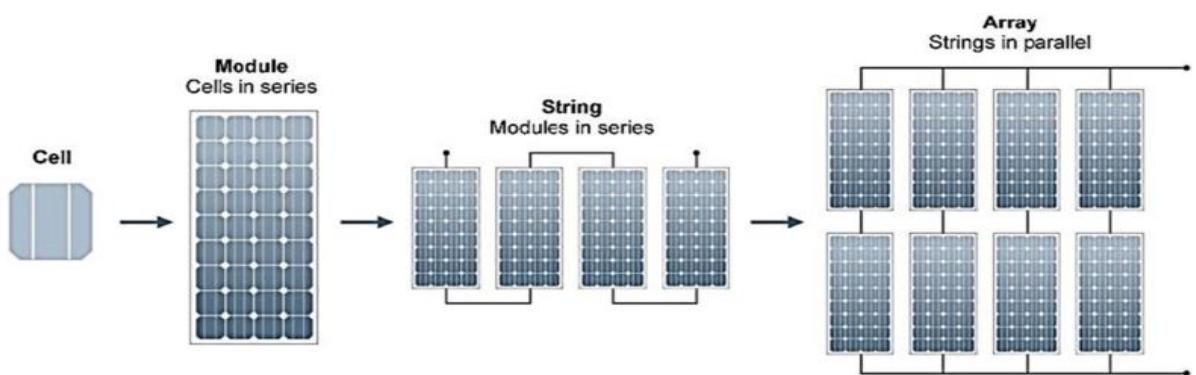


Figura 8. Conectarea în serie a modulelor de panouri fotovoltaice [14].

Parametri importanți de care trebuie să se țină cont în ceea ce privește panourile fotovoltaice sunt puterea instalată, caracteristicile fizice și eficiența. Puterea instalată este măsurată în Wp. Caracteristicile fizice sunt lungimea, lățimea, grosimea și greutatea. Eficiența este măsurată în procente și reprezintă „procentul de energie solară care este convertită în energie electrică raportat la totalul de energie solară disponibil pe suprafața panoului.” [6]

2.3.2 Invertorul

Invertorul are rolul de a transforma energia obținută cu ajutorul panourilor fotovoltaice în energie care poate fi folosită de către consumator și de rețeaua energetică. Astfel, „invertoarele convertesc puterea în curent continuu generată de modulul fotovoltaic în putere alternativă.” [13]

Există 3 tipuri de invertoare: on-grid, off-grid și hibride.

„Invertoarele on-grid sunt conectate la rețeaua națională, preluând parametrii acesteia și transformă curentul fotovoltaic continuu în curent alternativ care are aceeași parametri ca rețeaua națională.” [6] Un sistem fotovoltaic on-grid și un sistem de back-up de tip UPS industrial formează un sistem fotovoltaic de back-up sau pentru autoconsum. Schema unui astfel de sistem este prezentată:

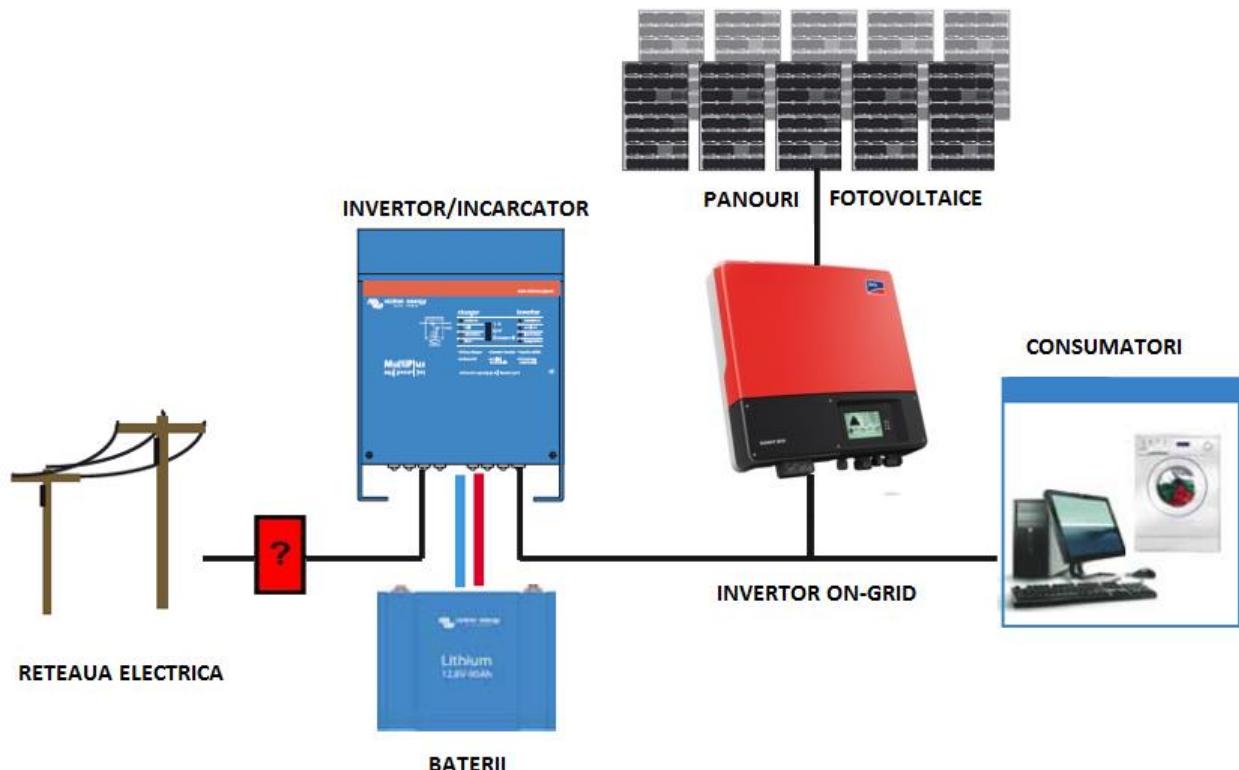


Figura 9. Sistem de back-up cu invertor on-grid [15].

Invertoarele off-grid oferă independență totală față de rețeaua națională de energie electrică. Un sistem solar off-grid conține un invertor ce trimite curentul la baterii, unde acesta

Sisteme de producere a energiei electrice. Energie regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

este stocat, pentru a putea fi folosit mai târziu. De obicei, acest tip de sisteme sunt implementate în zonele aflate încă în dezvoltare, care nu au infrastructura necesară conectării la rețeaua electrică.

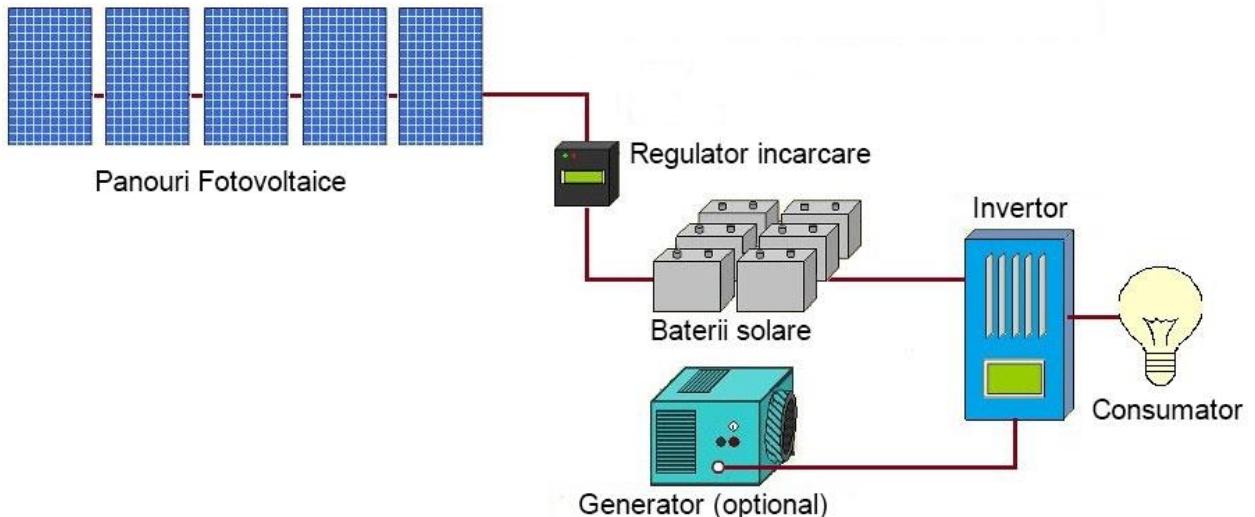


Figura 10. Sistem fotovoltaic cu invertor off-grid [16].

Invertoarele hibride combină trăsăturile primelor două tipuri. Schema de funcționare este următoarea: panourile solare sunt legate la un controler de încărcare care este legat la baterii. De la baterii, cu ajutorul unui inverter, se ramifică linia spre rețea și spre locuință, iar în linia care duce spre rețea este montat un instrument de măsurare a puterii. În acest mod, energia stocată în baterii poate fi transferată în rețeaua de energie electrică.

Un exemplu pentru un astfel de sistem ce folosește tehnologia hibridă este prezentat în figura următoare.



Figura 11. Sistem fotovoltaic cu invertor hibrid [17].

Performanțele sistemului fotovoltaic sunt determinate de 2 factori: tipul de invertor și existența unui sistem de stocare. Tipul de invertor asigură eficiența sistemului, deoarece un

invertor slab calitativ sau care nu este potrivit cu operatorul de distribuție „determină pierderi semnificative de performanță a sistemului fotovoltaic” [6]. De asemenea, existența unui sistem de stocare corespunzător este esențială dacă se alege existența unui astfel de sistem. Invertorul încarcă acumulatorii. De asemenea, el realizează o conversie de curent continuu în curent alternativ. Curentul continuu este cel al stocării, iar cel alternativ este cel pentru utilizare.

Parametrii importanți sunt cei de intrare și de ieșire, dar și caracteristicile fizice. Puterea nominală de intrare este măsurată în Wp. Intervalul de tensiune fotovoltaică este măsurat în V și reprezintă tensiunea curentului continuu. Puterea nominală de ieșire este măsurată și aceasta în Wp, Parametrii de ieșire ai rețelei sunt tensiunea nominală, măsurată în V, curentul nominal, măsurat în A și frecvența nominală, măsurată în Hz. Caracteristicile fizice țin de lungime, înălțime, grosime și greutate.

2.3.3 Circuitul electric

Termenul de circuit electric se referă la cablarea dintre invertor și restul componentelor: panourile fotovoltaice, acumulatori și tabloul electric, dar se referă și la protecțiile necesare. Dimensionarea gresită duce la scăderi ale performanței sistemui. Sunt recomandate trasee cât mai scurte.

2.3.4 Acumulatorii

Sistemele fotovoltaice autonome stochează surplusul de energie electrică obținut în baterii pentru utilizarea ulterioară. În general, se folosesc acumulatori plumb-acid și litiu-ion. Acumulatorii sunt conectați la sistemul fotovoltaic cu ajutorul controlerelor de încărcare. Acestea au rolul de a preveni supraîncărcarea bateriei și descărcarea acesteia. Tot el are și rolul de a oferi informații despre starea sistemului, permitând contorizarea pentru a se putea calcula costul în raport cu energia folosită de către consumator.

Parametrii care sunt importanți pentru un sistem de stocare au un rol important în a stabili capacitatea și durata de viață a acestuia. Acești parametri sunt „numărul de cicluri încărcare/descărcare, temperatura ambientală a spațiului în care sunt depozitați acumulatorii și DoD(Depth of Discharge), reprezentând procentul din capacitatea acumulatorului care poate fi utilizat fără a afecta durata de viață a acumulatorului.” [6]

2.3.5 Contorul

Contorul de energie electrică este folosit pentru a stabili precis cantitatea energiei electrice care trece printr-un punct de măsură. În ceea ce privește un contor clasic, „sensul de energie

electrică măsurată este dinspre sistemul energetic național către consumator” [6]. Pentru un contor dublu-sens, este măsurată atât energia produsă, cât și cea consumată.

2.4 TEHNOLOGII FOTOVOLTAICE

Tehnologiile fotovoltaice sunt clasificate ca fiind de prima, a doua și a treia generație.

„Tehnologia de primă generație este bazată pe siliciu cristalin. Celulele de siliciu cristalin sunt făcute din straturi subțiri tăiate dintr-un singur bloc de siliciu. Tipul de celulă cristalină depinde de modalitatea de producere a blocului” [13], acestea fiind monocristaline, policristaline sau benzi și foi din siliciu definite din procesul de producție. Cele mai folosite celule sunt cele de 12,7x12,7 cm(5x5 inci) și cele de 15x15(6x6inci). Un modul standard conține între 60 și 72 de celule solare. Tehnologia siliciului cristalin este cea mai folosită în prezent.

Tehnologia de a doua generație este tehnologia „film-subțire. Modulele sunt construite prin depunerea de straturi extrem de subțiri de material fotosensibil pe un suport ieftin, cum ar fi sticla, oțelul inoxidabil sau plasticul. O dată ce materialul este depus pe suport, acesta este tăiat cu laserul în celule subțiri. Modulele sunt prinse între două straturi de sticlă și nu sunt înrămate” [13]. Modulele film-subțire care sunt comercializate sunt de patru tipuri: siliciu-amorf, siliciu film-subțite multijonctiune, telurid de cadmiu și CIGS/CIS. Modulele din siliciu-amorf sunt formate din straturi de material semiconductor de 1 micrometru grosmie. Siliciul amorf poate absorbi mai multă radiație solară decât siliciul cristalin. Modulele din siliciu film-subțire multijonctiune constau dintr-o celulă de siliciu amorf cu straturi suplimentare de siliciu amorf și siliciu microcristalin aplicat pe substrat. Stratul de siliciu microcristalin absoarbe mai multă radiație din spectrul infraroșu, ceea ce duce la o creștere a randamentului. Aceste module au o grosime de „ordinul a 3 micrometri, ceea ce duce la celule mai groase și mai stabile.” [13]. Celulele film-subțite de cadmiu costă mai puțin și au un randament crescut. Modulele CIGS și CIS provin de la elementele ce formează straturile: cupru,indiu, galu și (di)selenid sau (di)sulfid, respectiv cupru,indiu și (di)selenid sau (di)sulfid. Acestea oferă cele mai ridicate performanțe din tehnologiile film-subțire și randamente asemănătoare cu cele pe bază de siliciu cristalin. Procesul de fabricație este unul complex, de aceea costul de producție este unul ridicat.

A treia generație de fotovoltaice este reprezentată de fotovoltaicele cu concentrator. Acestea folosesc lentile pentru focalizarea luminii oferită de soare pe celule. Aceste celule sunt făcute din cantități mici de material semiconductor fotovoltaic. Acest material are o eficiență

ridicată și un preț mare. Aceste celule au la bază siliciu sau arseniat de galiu. Sistemele de generația a treia folosesc doar radiația solară directă și sunt eficiente în zonele foarte însorite.

Tehnologiile de generația a treia care ajung în comerț se numesc emergente și sunt clasificate în 3 categorii: „film-subtire anorganic avansat, de exemplu CIS sferice și film-subtire din celule de siliciu policristalin, celule solare organice, incluzând celulele complet organice, dar și celulele hibride cu pigment sensibilizat și celulele termo-fotovoltaice, care pot fi folosite în sisteme combinate de căldură și putere.” [13]

Domeniile de aplicații pentru produsele celei de-a treia generații includ electronicele de putere redusă, de exemplu încărcătoarele pentru telefoanele mobile, aplicațiile de iluminat și ecranele cu auto-alimentare.

În prezent, sub dezvoltare se află noi tehnologii. De exemplu, straturile active sunt realizate prin introducere de puncte cuantice. Această tehnologie va fi folosită în dispozitivele concentrator. Un alt exemplu ține de prelucrarea spectrului solar spre lungimi de undă cu o eficiență ridicată la colectare, sporind nivelul de absorbție al celulelor fotovoltaice. Această modificare va putea fi adusă tuturor tehnologiile de celule solare deja existente.

3 IMPLEMENTAREA PROIECTULUI

Prezentare generală

Design

Proiectare

Realizarea montajului

3.1 PREZENTARE GENERALĂ

Din motive de eficiență, am ales să realizez un panou fotovoltaic ce urmărește radiația luminoasă, pentru a fi folosit cu cel mai bun randament, oricare ar fi condițiile meteorologice, în special când condițiile climaterice nu sunt ideale.

Pentru implementarea lucrării ce constă în realizarea unei machete a unui panou fotovoltaic ce execută mișcarea de rotație urmărind două axe de rotație astfel încât să fie mai eficient și exemplificarea funcției de încărcare a unei baterii am folosit platforma EasyEDA.

EasyEDA este o platformă web ce folosește tool-ul EDA, abreviere de la ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION. Acest tool este folosit pentru a crea designul și arhitectura unor sisteme electronice așa cum sunt circuitele integrate și plăcile electronice printate. Platforma EasyEDA permite utilizatorilor să creeze design-ul, să simuleze și să distribuie în mod public sau privat scheme electrice și simulări. De asemenea, pe lângă aceste opțiuni de a crea și a edita circuitele electrice, platforma pune la dispoziție și opțiunea de manufacturare a placuțelor de circuite imprimante.

Schema electrică a implementării proiectului este prezentată în figura următoare. PCB-ul a fost proiectat în această fază.

În paginile ce urmează va fi explicată fiecare porțiune a schemei electrice și vor fi atașate fragmente din foile de catalog ale integratelor care au ajutat la implementarea acesteia.

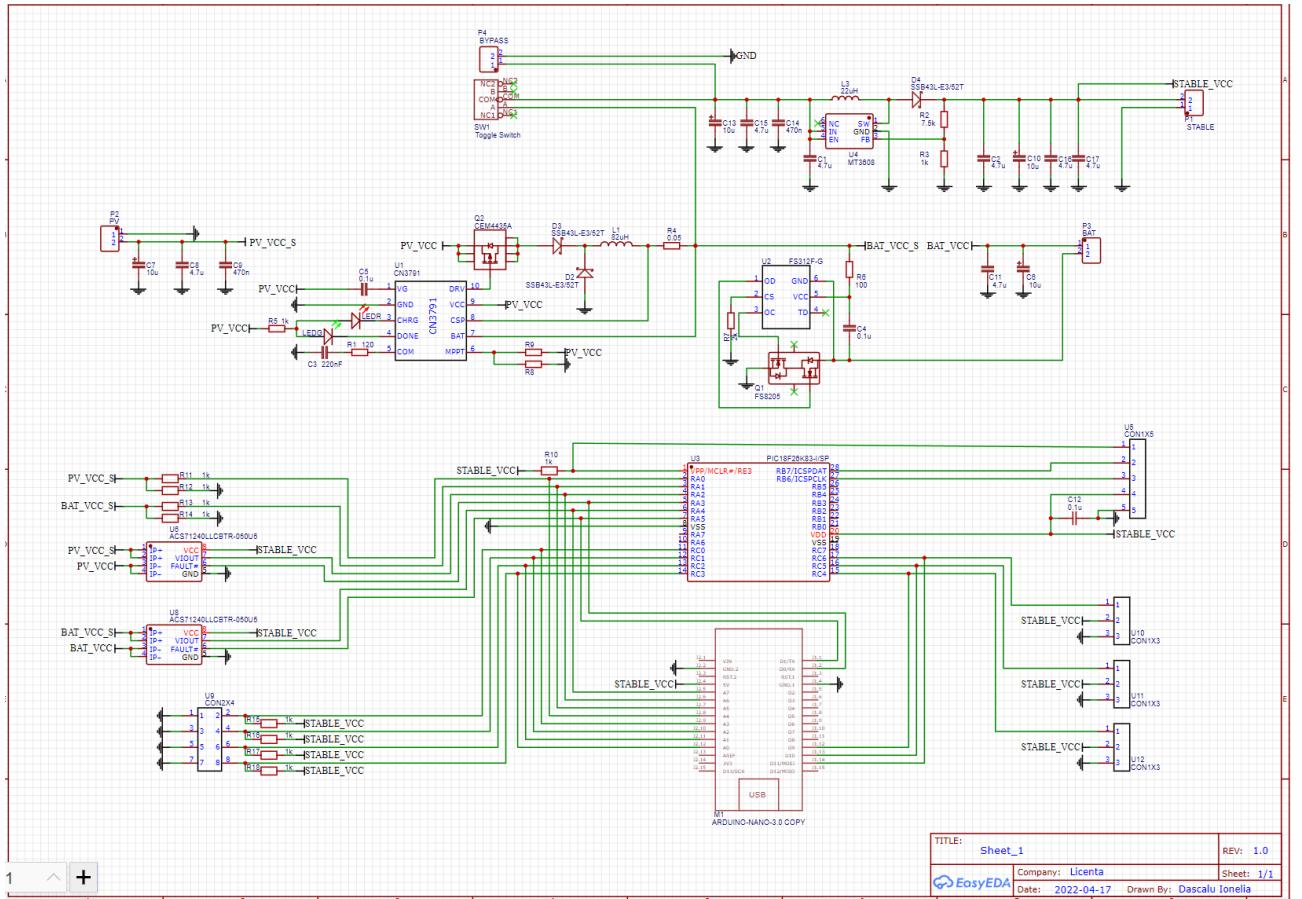


Figura 12. Schema electrică a proiectului.

Pentru realizarea acestui proiect au fost necesare și anumite componente care nu sunt găsite în comerț, aşadar a fost nevoie de personalizarea acestora și de utilizarea imprimării 3D. „Imprimarea 3D este un proces de formare a unui obiect solid tridimensional de orice formă, realizat printr-un proces aditiv, în cazul în care straturi succesive de material sunt stabilite în diferite forme.” [18]. Avantajul principal al imprimării 3D este acela că permite producerea prototipurilor într-un scurt timp. Astfel, prototipul poate fi testat rapid și în cazul în care nu corespunde cerințelor, acesta poate fi remodelat rapid. O parte a pieselor folosite în proiect au fost preluat de pe platforma Thingiverse [19], site web care permite creatorilor de conținut de design digital să împărtășească diferite schițe. Designul folosit este se găsește la finalul materialului, la referința notată cu numărul 19. De asemenea, o parte dintre piesele ce au fost folosite au fost proiectate separat.

Codul necesar implementării proiectului a fost implementat în Arduino. Arduino este o companie hardware și software open-source. Ea produce plăcuțe de dezvoltare bazate pe

microcontrolere și permite programarea acestora de către utilizatori. Plăcile conțin pini I/O, digitali și analogici care pot fi îmbinați cu plăcuțe(shield-uri) sau cu alte circuite. Interfața de comunicare a plăcuțelor este serială, de obicei USB, oferind posibilitatea de a încărca programele din calculatorul personal al utilizatorului. Mediul de dezvoltare este integrat(IDE), suportând limbaje de programare precum C și C++. Plăcuța folosită în acest proiect este sub formă preasamblată, fiind programată în prealabil.

3.2 DESIGN

Realizarea proiectului poate fi împărtită în 4 părți mari, ce vor fi prezentate în cele ce urmează.

3.2.1 Funcția de încărcare

Prima parte importantă a machetei ține de funcția de încărcare. Pe următoarea imagine sunt marcate componentele ce realizează această parte a proiectului

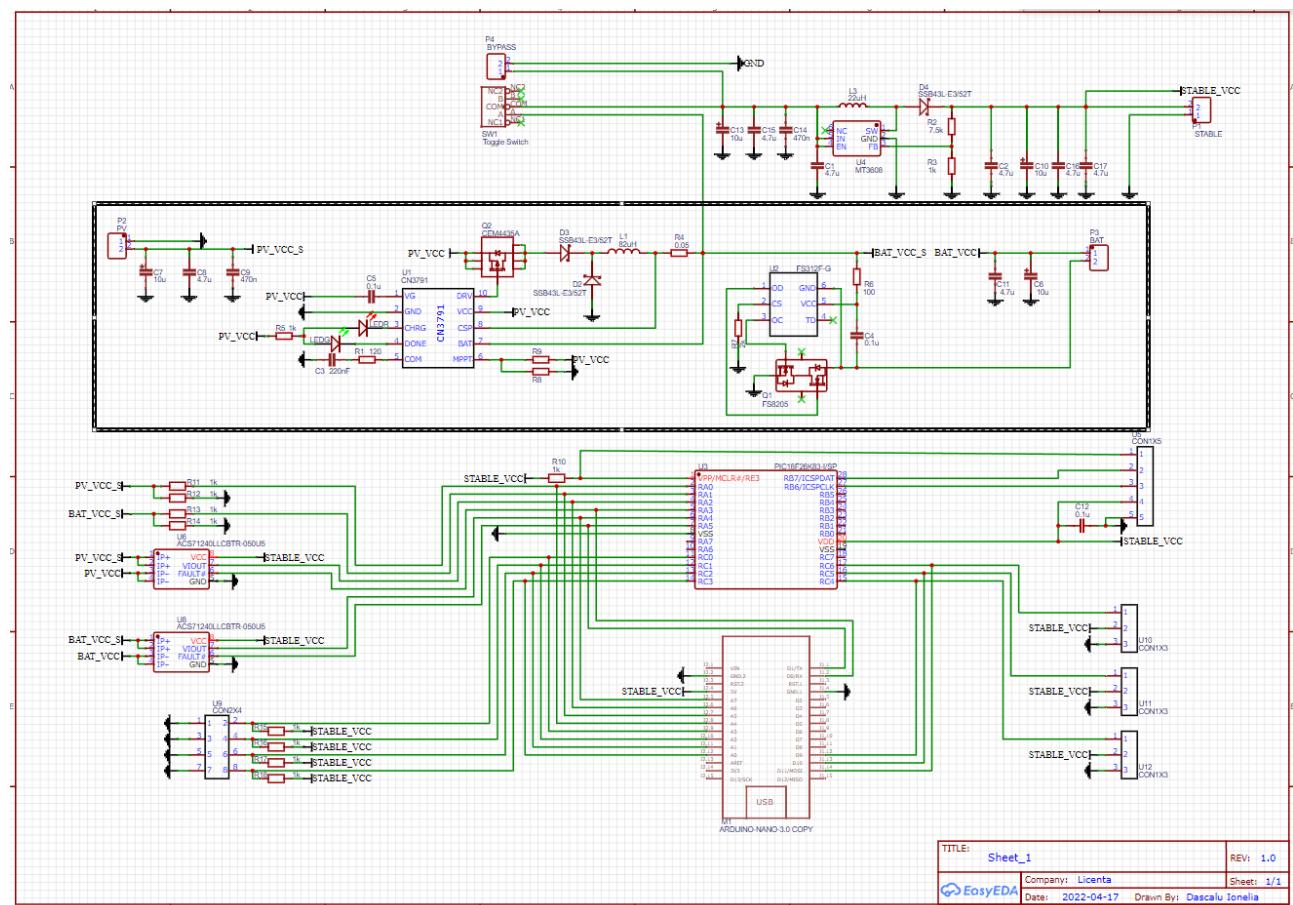


Figura 13. Evidențierea funcției de încărcare în schema electrică.

Componentele folosite au fost alese în urma mai multor teste.

Modulul MPPT destinat încărcării acumulatorului are codul CN3791. Acesta este destinat încărcării unui acumulator ce poate fi alimentat de către panouri solare. Modulul include un tranzistor de putere și nu necezită un rezistor de detectare curent extern și diodă de blocare. Unul dintre motivele pentru care a fost ales acest modul de încărcare este acela că are protecție termică, rămânând în valori de temperatură sigure atunci când cererea de curent a circuitului este mare sau când temperatura ambientală este una ridicată. O altă caracteristică importantă a acestui modul este aceea că atunci când sursa de alimentare este oprită, spre exemplificare, în cazul în care este noapte iar panourile fotovoltaice nu beneficiază de radiație solară, în acest caz modulul intră în modul de low-power sleep, reducând consumul din baterie de 3mA. La încărcarea acumulatorului, sursa prioritată este sursa externă reprezentată de panourile solare. Totuși, modulul poate compensa cu energie din acumulator în cazul în care consumatorul necesită mai multă energie decât sursa principală poate furniza. Trebuie să se ia în considerare și faptul că acest lucru poate deveni un dezavantaj în cazul în care acumulatorul se va descărca și nu va avea timpul necesar pentru a se reîncărca.

Curba de încărcare conform foii de catalog este reprezentată în figura următoare:

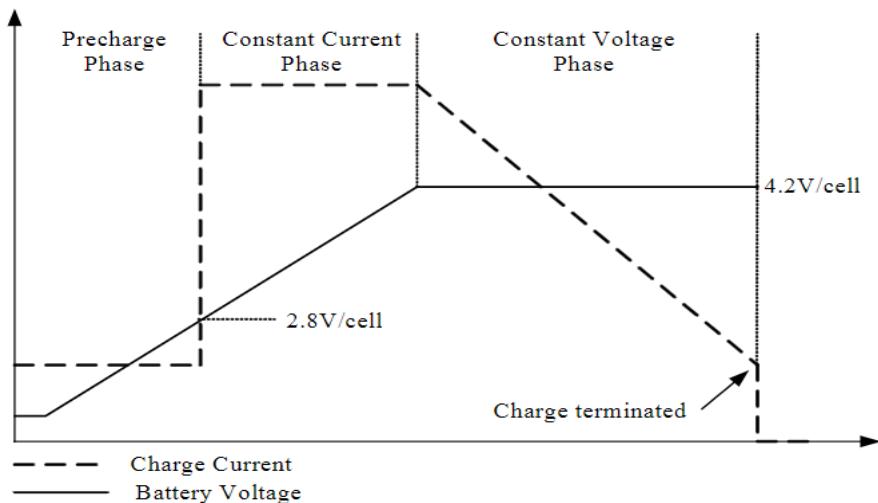


Figura 14. Curba de încărcare a modulului folosit [20].

Pinii acestui modul sunt reprezentați în figura 15, conform producătorului. Astfel, pinul 1 reprezintă VG(internal voltage regulator), acesta furnizând în mod constant alimentarea. Se conectează un condensator de 100nF între pinul VG și pinul VCC. GND este al doilea pin și reprezintă borna negativă de alimentare. Al treilea pin se află în starea low atunci când bateria se încarcă. În alt caz, acest pin se află în stare de înaltă impedanță. Cel de-al patrulea pin este în starea low atunci când încărcarea bateriei s-a terminat și în stare de înaltă impedanță în alt caz.

În cazul pinului 5, COM, este necesară conectarea unui condensator de 220 nF în serie cu o rezistență de 120 de ohmi până la GND.

Pin Assignment:

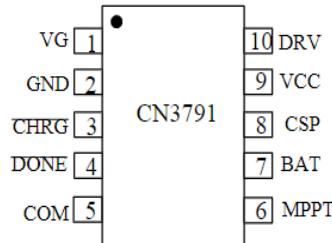


Figura 15. Distribuția pinilor modulului [20].

Pinul MPPT este legat la divizorul de rezistență extern pentru a urmări punctul de putere maximă. În starea de urmărire a punctului de putere maximă, tensiunea pinul MPPT este reglată la 1,205 V. Pinul BAT și pinul CSP măsoară căderea de tensiune pe rezistență pentru a furniza semnalele de curent necesare. Pinul VCC este sursa de alimentare pentru circuitul intern. Pinul 10, DRV este legat de CEM4435A, aşa cum specifică foaia de catalog să fie legat de un tranzistor MOSFET cu canal P.

CEM4435A este un tranzistor cu efect de câmp cu canal P. „MOSFET-urile sunt ideale pentru utilizarea ca switch-uri electronice sau ca amplificatoare cu sursă comună deoarece consumul lor de putere este foarte mic.” [21] Conform foii de catalog al acestui tranzistor, evaluările acestui produs, în cadrul unei temperaturi de referință de 25 de grade Celsius sunt următoarele:

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Parameter	Symbol	Limit	Units
Drain-Source Voltage	V_{DS}	-30	V
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 20	V
Drain Current-Continuous	I_D	-8	A
Drain Current-Pulsed ^a	I_{DM}	-50	A
Maximum Power Dissipation	P_D	2.5	W
Operating and Store Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to 150	$^\circ\text{C}$

Figura 16. Caracteristici tranzistor CEM4435A [22].

Protectia bateriei este realizata cu ajutorul componentei FS312F-G, reprezentand o protectie IC la supracurent si la supratensiune. Acest model de protectie este conceput pentru a

realiza protecția bateriilor de litiu-ion și a baterilor din polimer față de distrugerea cauzată de scăderea ciclului de viață datorată supraîncărcării sau descărcării exagerate.

Valorile tensiunii în limita cărora este eficient acest model de protecție sunt prezentate în figura următoare:

Model	Package	Overcharge detection voltage [VOCP] (V)	Overcharge release voltage [VOCR] (V)	Overdischarge detection voltage [VODP] (V)	Overdischarge release voltage [VODR] (V)	Overcurrent detection voltage [VOI1] (mV)
	SOT-23-6					
FS312F-G	FS312F-G	4.250±0.025	4.145±0.050	2.90±0.080	3.0±0.080	150±30

Figura 17. Referință foaie catalog FS312F-G [23].

Protecția la supraîncărcare are loc în momentul în care tensiunea celulei bateriei depășește tensiunea de protecție la supraîncărcare(VOCP) dincolo de perioada de întârziere a supraîncărcării(TOC). Astfel, încărcare este oprită prin oprirea controlului de încărcare MOSFET.

Supraîncărcarea apare în două cazuri: tensiunea celulei bateriei devine mai mică decât tensiunea de eliberare a supraîncărcării(VOCR), process care are loc prin autodescărcare sau în cazul în care tensiunea celulei bateriei scade sub tensiunea de protecție la supraîncărcare(VOCP) și o sarcină este conectată. Dacă tensiunea este mai mare decât tensiunea VOCP atunci protecția nu va fi declanșată.

Protecția la supradescărcare se activează în momentul în care voltajul celulelor bateriei scade sub voltajul de protecție la supradescărcare(VODP) într-o perioada de tip standard neadmisă de specificațiile tehnice. Acest timp este de 10 ms pentru acest model de protecție.

Componenta FS8205A reprezintă un transistor cu efect de camp N, care este folosit pentru protecția bateriilor. Caracteristicile acestui transistor, la o temperatură ambientală de 25 de grade Celsius sunt următoarele:

Absolute maximum ratings (Ta=25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	V _{DS}	20	V
Gate-Source Voltage	V _{GS}	±12	V
Continuous Drain Current	I _D	6	A
Pulsed Drain Current	I _{DM}	25	A
Power Dissipation	P _D	1.5	W
Junction Temperature	T _J	-55 ~ +150	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-55 ~ +150	°C

Figura 18. Referință foaie catalog FS8205A [24].

Bateria folosită este un acumulator litiu-ion. Aceasta a fost aleasă datorită duratei mari de viață, a funcției de reîncărcare care suportă multe cicluri și datorită prețului redus și a accesibilității, fiind folosită în general la dispozitive mobile pe scară largă. Alte avantaje pentru care a fost ales acest tip de acumulator sunt reprezentate de dimensiunile reduse și de greutatea mică.

Cu ajutorul acestor componente, a unor diode, a unor rezistențe și condensatori a fost realizat în acest proiect încărcarea unui acumulator de litiu-ion de la un panou fotovoltaic, având în vedere realizarea protecțiilor la supratensiune și supracentru, care pot afecta sau chiar distrugă în mod definitiv circuitul în momentul în care apar. Încărcarea bateriei se face prin modulul de încărcare care se comportă ca o sursă de curent continuu, oferind un curent cu voltaj constant, evitându-se șocurile ce pot apărea.

3.2.2 Funcția de rotire a panoului fotovoltaic în funcție de lumină

Funcția de rotire a panoului fotovoltaic este realizată în funcție de două axe de mișcare. Aceasta este ilustrată în portiunea marcată din următoarea imagine:

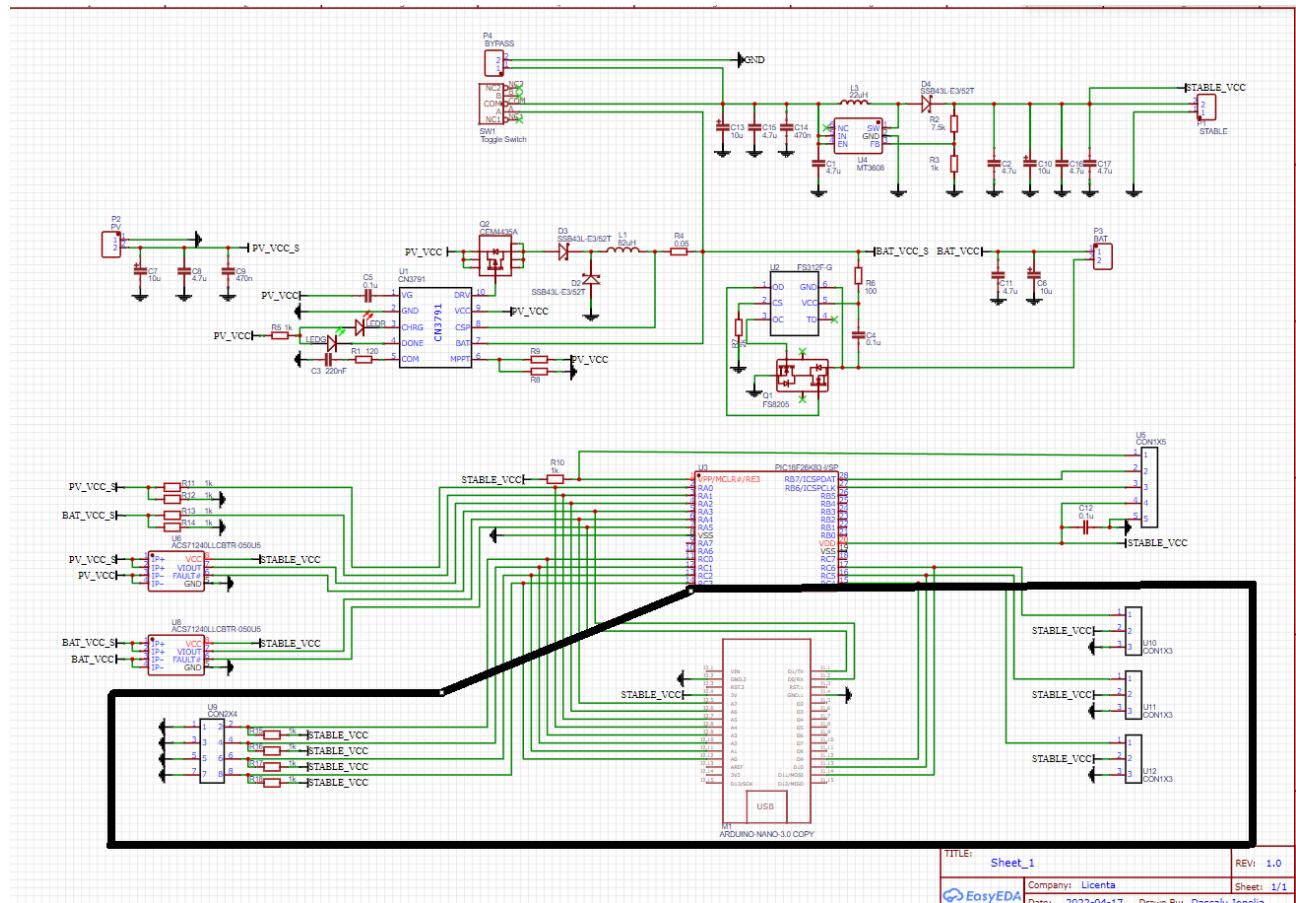


Figura 19. Evidențierea funcției de rotire în schema electrică.

Pentru realizarea acestei funcții de rotire s-au folosit următoarele componente: o placă Arduino Nano, 2 servomotoare SG90, 4 fotorezistori și 4 rezistențe de 1 Kohm.

Pentru dezvoltare a fost aleasă o placă Arduino Nano deoarece este o placă mică, completă, bazată pe microcontrolerul ATmega328. „Acestă placă nu are mufă de alimentare DC și funcționează cu un cablu USB mini-B în locul celui standard. Arduino Nano poate fi alimentat prin conexiune USB-mini-B, sursa externă de alimentare nereglementată 6-20V(pinul 30) sau sursa de alimentare externă reglată la 5V(pinul 27). Sursa de alimentare este selectată automat la cea mai înaltă sursă de tensiune.” [25]

Distribuția pinilor este următoarea:

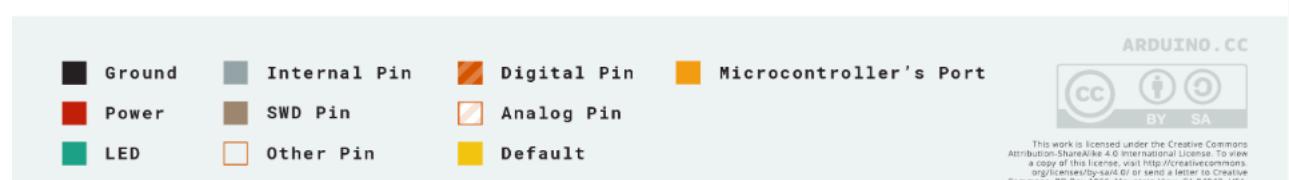
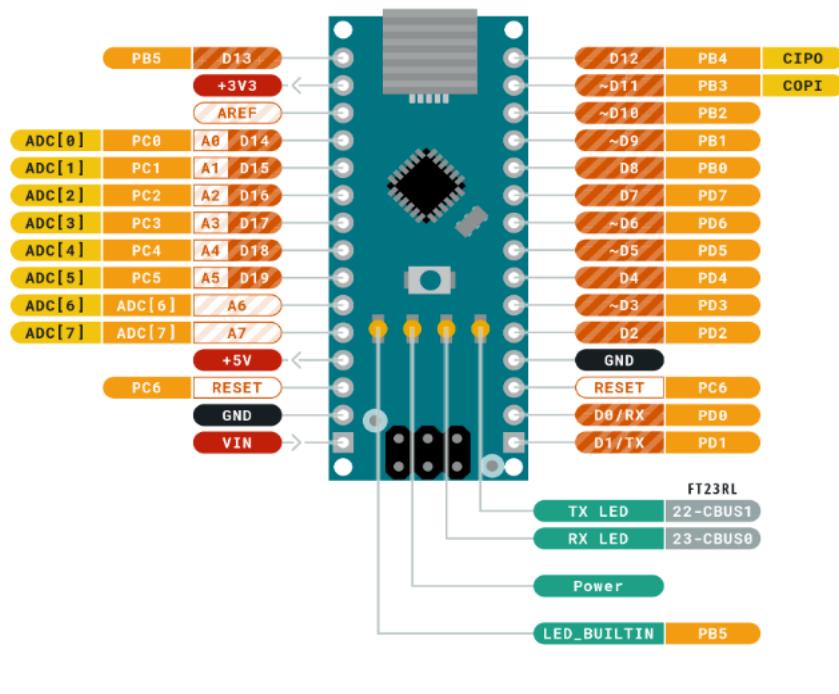


Figura 20. Distribuție pini Arduino Nano [26].

Caracteristicile tehnice ale acestei plăcuțe sunt următoarele:

- Tensiune de alimentare suportată de limitator: 7 V - 12 V;
- Tensiune de alimentare: 5 V;
- Pini Input/Output: 14;
- Pini ADC: 8 (din cei 14 de Input/Output);
- Pini PWM: 6 (din cei 14 de Input/Output);

Sisteme de producere a energiei electrice. Energie regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

- Memorie flash: 32 kB / 16 kB (din care 2 kB sunt folosiți de bootloader);
- Comunicație TWI, SPI și UART;
- Current pentru pini Input/Output: 40 mA/pin;
- Frecvență de funcționare: 16 MHz;
- Dimensiuni: 45 x 18 mm [25]

Pentru realizarea mișcării de rotație urmărind două axe au fost folosite două servomotoare SG90, având următoarele specificații tehnice:

- Tensiune alimentare: 3 - 7.2VDC;
- Viteza de functionare: 0,12 s/60 grade (la 4,8V);
- Cuplu în blocare: 1Kg/cm (la 4.8V);
- Dimensiuni: 22 x 11.5 x 22.5(mm);
- Greutate:9 grame.

Scopul realizării rotirii panoului fotovoltaic în funcție de lumina solară este acela de a crește eficiența folosirii acestei surse de energie regenerabilă, eliminând din pierderea de energie la care sunt restricționate panourile clasice, statice.

Pentru a realiza mișcarea de rotire au fost folosite niște părți custom, care au fost imprimate 3D. Servomotoarele, cele care vor realiza mișcarea de rotație a panoului fotovoltaic au fost montate la aceste părți imprimate.

Cea mai importantă componentă în această etapă sunt fotorezistorii, care sunt niște rezistori cu rezistență variabilă, care se modifică în funcție de cât de multă lumina primesc. În cazul unei lumini intense, acestea au o rezistență mică, iar în cazul în care este întuneric, rezistență este mare. Aceste fotorezistențe au fost montate pe o suprafață circulară, câte una în fiecare sfert. Astfel, de exemplu, dacă partea stângă este întunecată, motoarele se vor roti în sensul acelor de ceasornic. Dacă partea de jos este întunecată, motoarele vor roti panoul solar în sus. Folosind această logică, sistemul va urmări mereu partea mai iluminată. După ce a fost stabilită logica de utilizare și componente fizice au fost montate, a fost creat codul Arduino, care se bazează pe logica prezentată anterior.

Montarea servomotoarelor pe componente imprimante 3D este prezentată în imaginea de pe pagina următoare:



Figura 21. Montarea primului servomotor folosind componente imprimante.

Cel de-al doilea servomotor și fotorezistențele care au fost montate în fiecare sfert al unei suprafețe circulare s-au montat pe o piesă realizată folosind imprimarea 3D. Acestea arată pe montaj în modul prezentat în figura 22.

Se pot observa cele 4 fotorezistențe aranjate în fiecare sfert al unei piese circulare, permitând implementarea codului după logica descrisă în acest subcapitol.

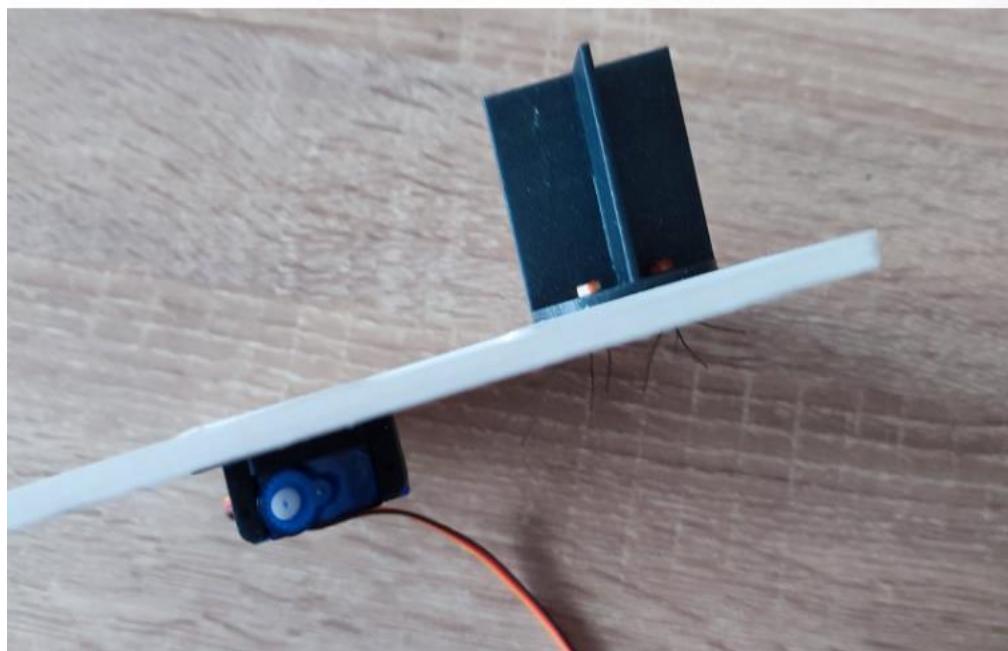


Figura 22. Montarea celui de-al doilea servomotor și a fotorezistențelor folosind componente imprimante.

Codul folosit pentru partea de rotire a fost implementat în Arduino. Acest cod creează semnale PWM compatibile cu servomotoarele, respectând condițiile de iluminare ale

Sisteme de producere a energiei electrice. Energie regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

fotorezistorilor explicate mai sus. Regeștri TTCCR1A și TCCR1B au fost folosiți pentru a realiza un timer. Acești registri de Timer/Counter au asociat registri de comparare a rezultatelor OCR1A și OCR1B.

ICR1 denotă valoarea de top, adică controlul frecvenței, iar OCR1A schimbă această valoare la fiecare ciclu de lucru.

Setările acestora au fost realizate urmărind foile de registru.

Pentru timer setările au fost făcute folosind regeștri TTCCR1A și TCCR1B. Conform foii de catalog acești sunt prezentati în figura următoare, unde sunt numerotați și biți.

Timer/Counter1 Control Register A – TTCCR1A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	TTCCR1A							
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Timer/Counter1 Control Register B – TTCCR1B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	TTCCR1B
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 23. Regeștri de timer folosiți.

Codul inițial folosit, a suferit modificări ulterioare, varianta finală găsindu-se în anexe.

3.2.3 Achiziția de date și performanțe

Proiectul de față ține cont și de indicii de calitate, ținând cont de performanțele sistemului.

Deoarece ingineria caută îmbunătățirea continuă a sistemelor existente și optimizarea acestora în favoarea clientului, această căutare de a aduce costuri reduse și de a oferi o eficiență crescută a fost indeplinită și aici.

Astfel, din dorința de a testa proiectul, partea de performanțe și achiziție de date este prezentată în schema în următoarea poziune:

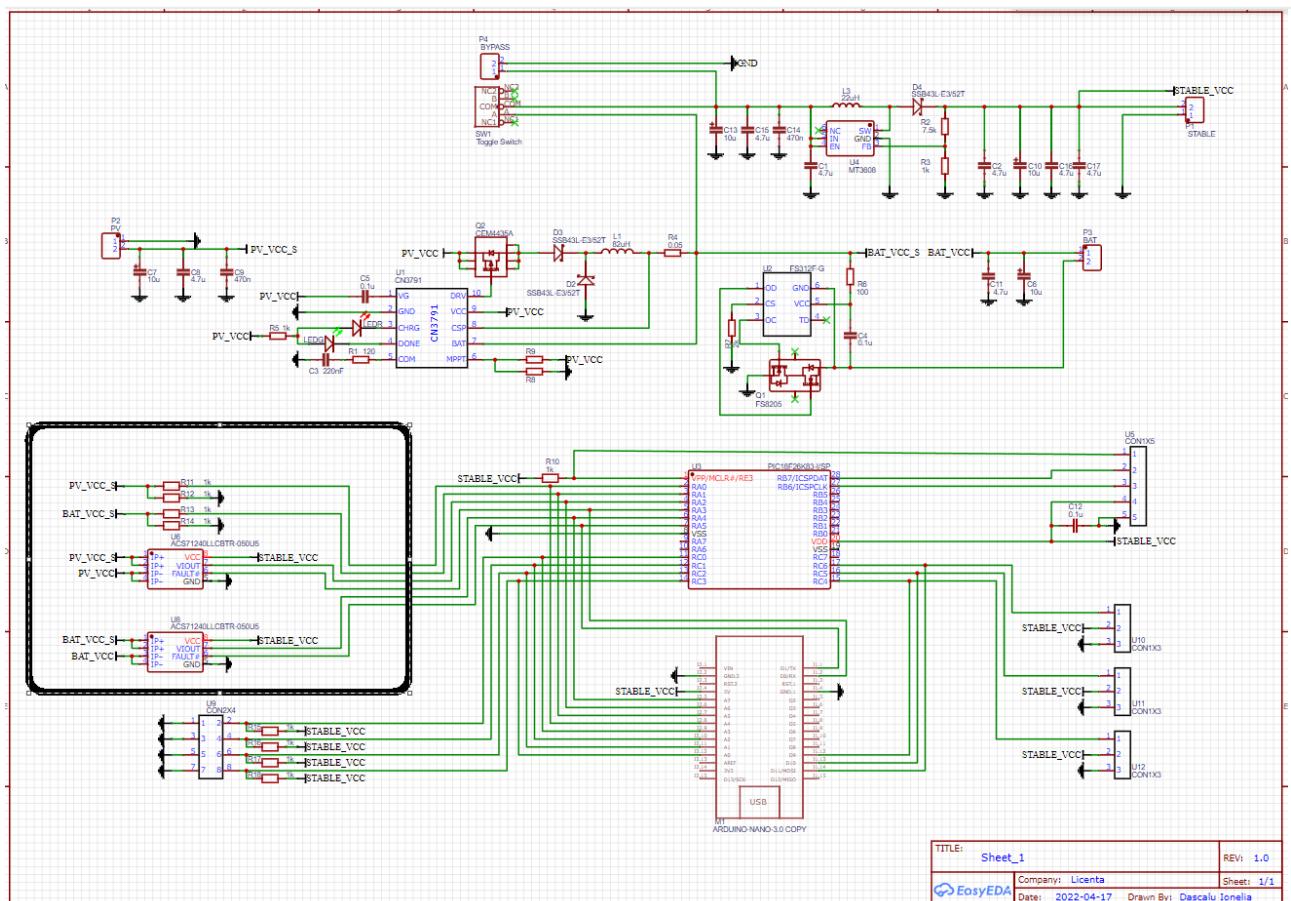


Figura 24. Evidențierea părții ce se ocupă de achiziția de date și performanțe în schema prototipului.

Rolul divizorilor de tensiune în acest proiect este de siguranță a bateriei, dar și a panourilor fotovoltaice. În electronică „un divizor de tensiune (de asemenea, cunoscut ca un divizor de potențial) este un circuit liniar pasiv care produce o tensiune de ieșire(Vout), care este o fracțiune din tensiunea de intrare (Vin). Divizarea tensiunii reprezintă rezultatul distribuirii tensiunii de intrare între componentele divizorului.” [27]

„Divizoarele rezistive de tensiune sunt frecvent utilizate pentru a crea tensiuni de referință, sau pentru a reduce amplitudinea tensiunii astfel încât acesta poate fi măsurată, și de asemenea, poate fi folosit ca atenuator de semnal la frecvențe joase. Pentru curent continuu și frecvențe relativ joase, un divizor de tensiune poate fi suficient de precis dacă este realizat numai din rezistoare.” [27]

Datorită acestor divizoare resistive de tensiune, acumulatorul de litiu este alimentat de o tensiune liniara, constantă.

Au fost folosiți și doi senzori de curent, unul pentru baterie și unul pentru panou. Aceștia au codul ACS71240LLCBTR-050U5. Acest tip de sensor este unul dintre cei mai folosiți în aplicații datorită specificațiilor permisive:

- Tensiune de alimentare: 5 V;

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

- Curent maxim măsurat: 20 A;
- Curent consumat: 10 mA;
- Rezistență internă: 1.2 mohmi;
- Dimensiuni: 1.75 mm
- Acuratețe : 1.1% [28]

Acest senzor de curent funcționează pe baza efectului Hall. „Acest efect constă în apariția unui câmp electric transversal (denumit câmp electric Hall EH) și a unei diferențe de potențial într-un metal sau semiconductor parcurse de un curent electric, atunci când ele sunt introduse într-un câmp magnetic, perpendicular pe direcția curentului. ” [29].

Utilizarea acestor elemente de circuit duce la aflarea unor caracteristici foarte importante, care sunt necesare de cunoscut pentru dezvoltarea acestui proiect de la stadiul de prototip la cel de proiect realizabil și practic.

Astfel, folosind senzorii de curent atât pe baterie cât și pe panou obținem anumite specificații. Citind curentul bateriei sunt aflați parametrii acesteia, aflând timpul real de încărcare în acest ansamblu și se pot identifica și anumite erori în funcționarea reală a circuitului, erori care nu pot fi observate decât experimental. În acest mod este aflat și timpul real de încărcare al bateriei. Verificând curentul pe panoul fotovoltaic se poate calcula randamentul circuitului, comparând curentul de intrare și cel de ieșire, observând și apariția unor eventuale pierderi în faza de testare.

Divizorii rezistivi de tensiune se comportă asemenea unor senzori de tensiune. Importanța citirii tensiunii pe baterie este de a monitoriza bateria și de a verifica timpul de încărcare necesar în condiții reale, fluctuante. Citirea tensiunii pe panou este importantă pentru calibrarea intensității luminoase. După utilizare constantă, acest indice poate atrage atenția asupra nevoii de a efectua mențenanța sistemului și a panoului fotovoltaic.

3.2.4 Circuitul ridicător de tensiune

Circuitul ridicător de tensiune, denumit și circuit de boost este optional. Rolul acestui circuit de boost este de a ridica nivelul de tensiune al bateriei care este variabil la o tensiune stabilă de 5V.

Identificarea acestuia este prezentată în schema electrică în portiunea marcată în imaginea următoare.

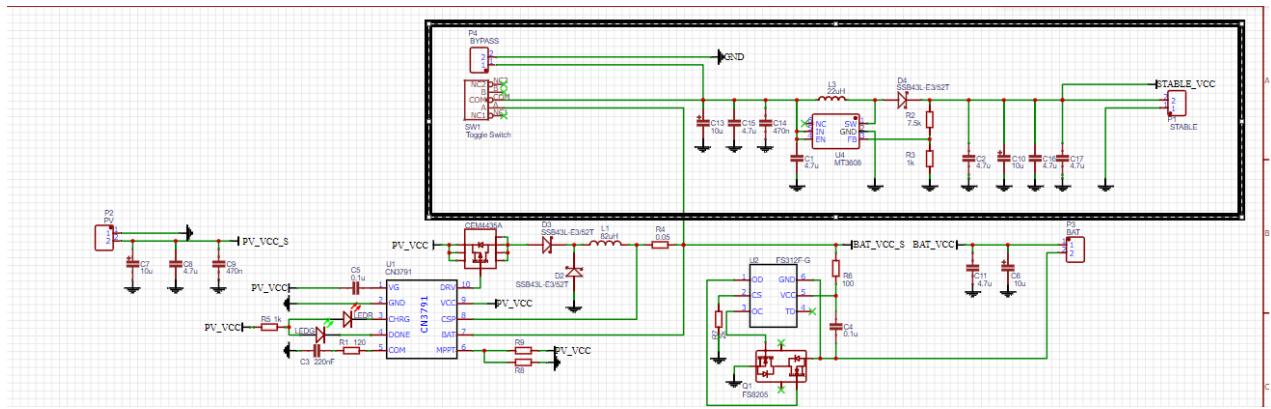


Figura 25. Evidențierea circuitului ridicător de tensiune.

Integratul MT3608 are 6 pini și oferă o frecvență constă și este folosit pentru aplicații de putere redusă. Acesta comută la 1,2 MHz și permite utilizarea de condensatoare mici și ieftine. Acest modul include protecții de blocare în caz de subtensiune, limitare de curent și protecție la temperatură prea ridicate, evitând deteriorările ce ar putea să apară.

Conform producătorului, eficiența lui în cazul unei aplicații clasice este următoarea:

Efficiency

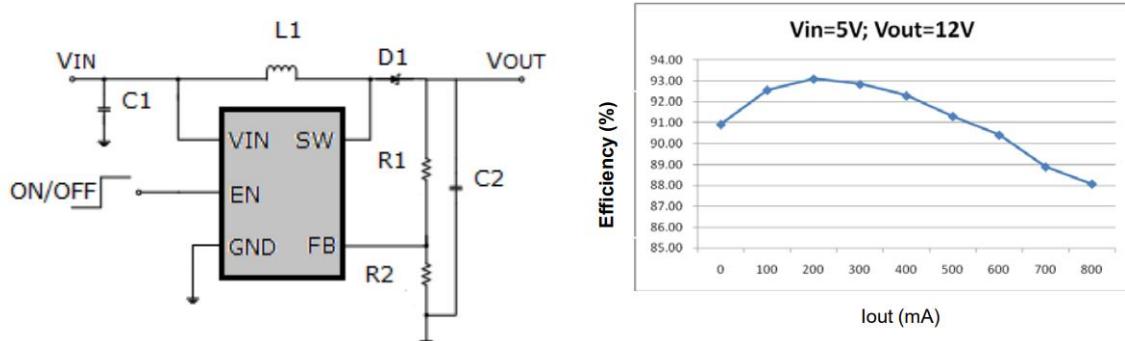


Figura 26. Extras din foaia de catalog a integratului MT3608 [30].

Pinii acestui integrat sunt următorii:

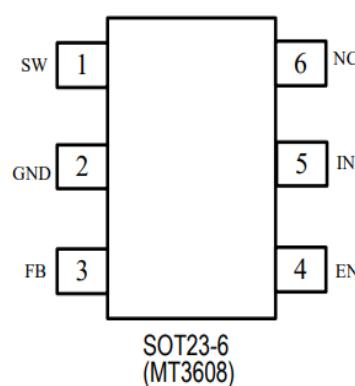


Figura 27. Distribuția pinilor integratului MT3608 [30].

Descrierea pinilor este:

1. SW- ieșirea întrerupătorului de alimentare-comută tranzistorul cu efect de camp intern. Acesta comută de la GND până la 28V
2. GND-pinul de masa
3. FB- ieșirea de feedback. Voltajul de feedback este de 0.6V. Trebuie conectat la un divisor de tensiune de feedback
4. EN-regulator on/off
5. IN-pin de alimentare de intrare
6. NC-neconectat (not connected)
7. MT3608 utilizează o frecvență fixă. Funcționarea acestuia poate fi explicată în figura:

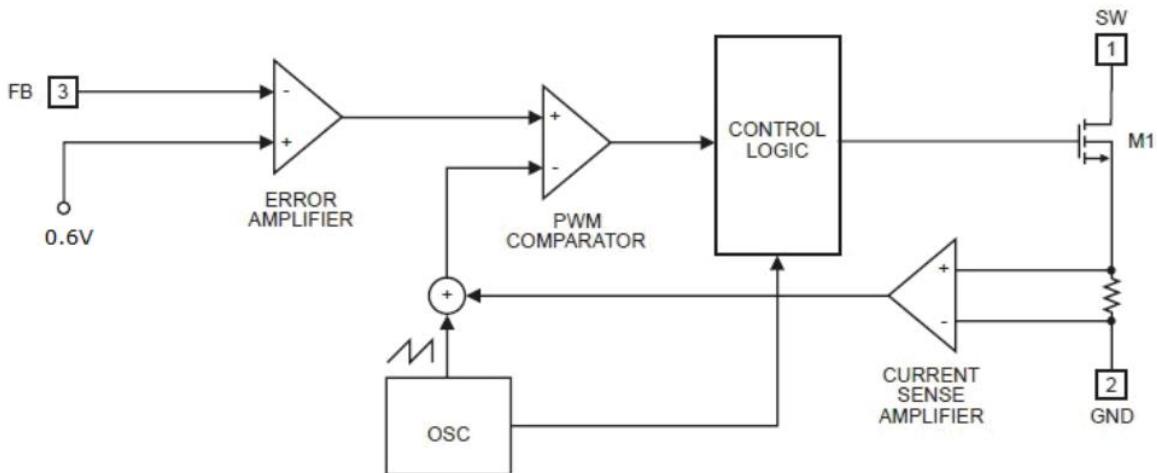


Figura 28. Prințipiu de funcționare a integratului MT3608 [30].

La începutul fiecărui ciclu oscilator, tranzistorul cu efect de câmp este pornit. Pentru a preveni oscilațiile subarmonice la cicluri de lucru mai mari de 50%, o rampă de stabilizare este adăugată la ieșirea amplificatorului, iar rezultatul este introdus în borna negativă a comparatorului PWM. Când această tensiune este egală cu tensiunea de ieșire a erorii amplificatorului, MOSFET-ul este oprit. Dacă tensiunea de feedback începe să scadă, ieșirea erorii amplificatorului crește, astfel mai mult curent începe să curgă prin MOSFET, provocând creșterea puterii furnizate la ieșire.

Design-ul MT3608 este creat în aşa fel încât să limiteze curentul de intrare la pornire și la ieșire.

Acest circuit ridicător de tensiune este optional și poate să afecteze măsurătorile deoarece consumă curent. Nefiind obligatoriu, acesta poate fi dezactivat de un întrerupător. De asemenea, circuitul poate să fie dezactivat automat de către conectorul bypass.

3.3 PROIECTARE

Cu ajutorul platformei EasyEDA, schema electrică ce a fost explicată anterior a fost proiectată și trimisă la manufacturizare.

Prototipul PCB arată astfel:

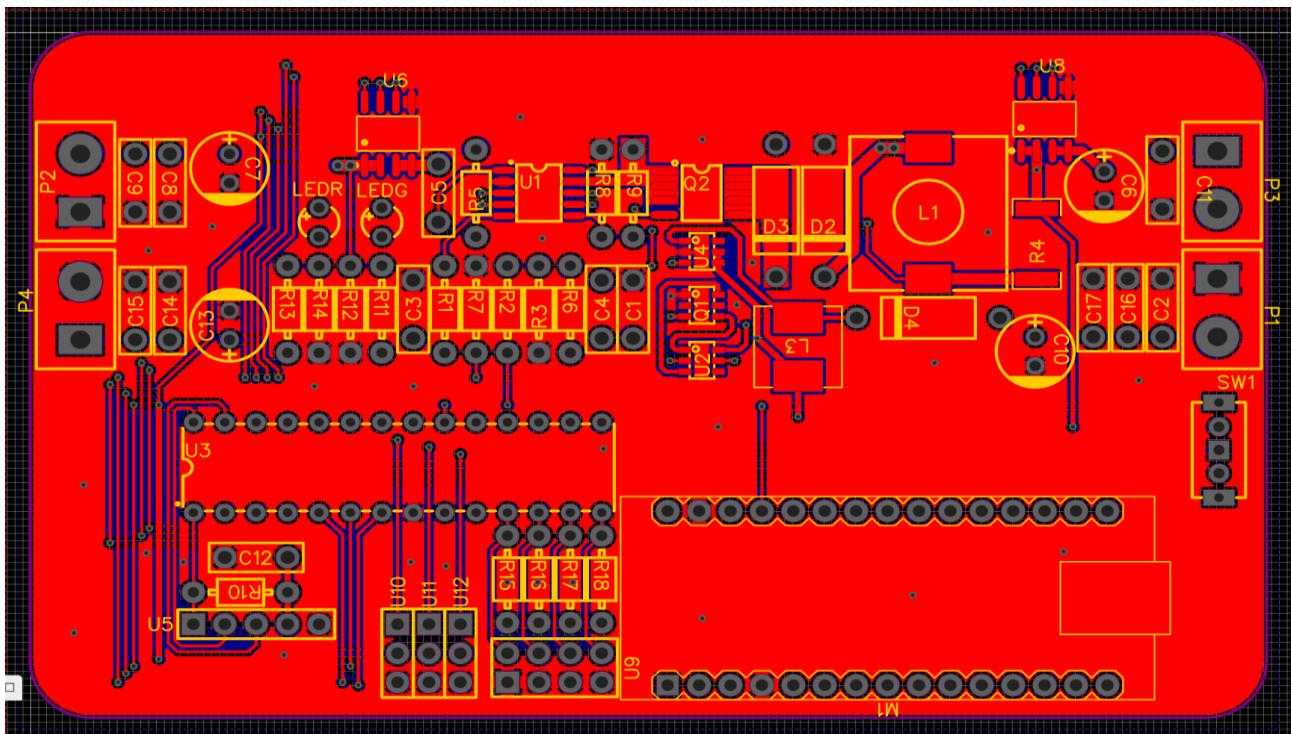


Figura 29. Prototipul PCB.

Vedereea 3D este următoarea:

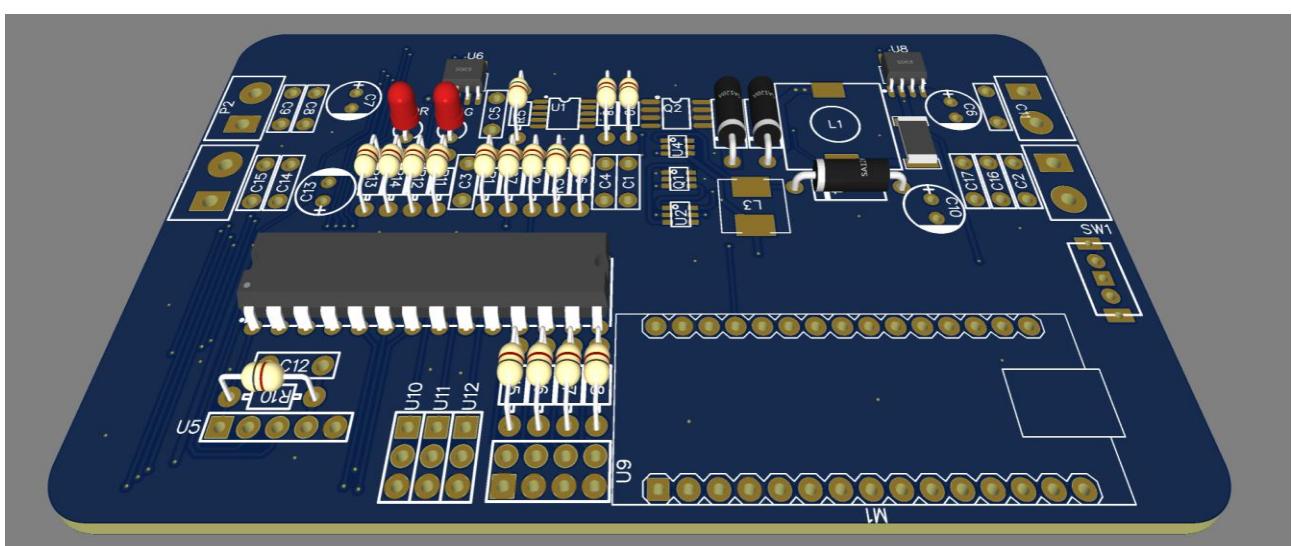


Figura 30. Vedere 3D asupra PCB.

Vederea 2D asupra prototipului este:

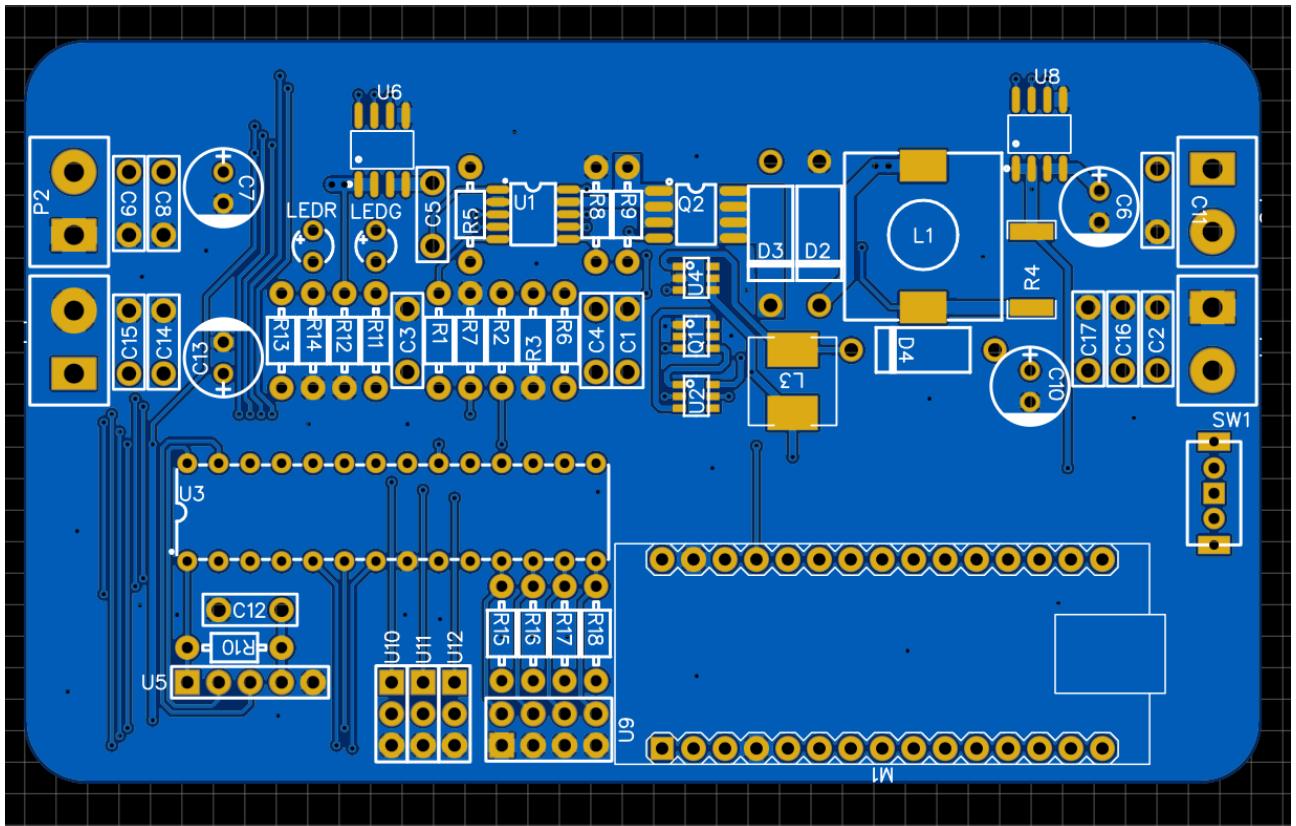


Figura 31. Vedere 2D asupra PCB.

Specificațiile standard PCB sunt:

- Număr straturi: 1, 2, 4, 6 straturi;
- Material: FR-4;
- Constanta dielectrică: 4.5;
- Dimensiuni maxime: 400x500mm;
- Toleranță dimensiuni: $\pm 0.2\text{mm}$;
- Grosime placă: 0.4/0.6/0.8/1.0/1.2/1.6/2.0mm;
- Toleranță grosime $\geq 1.0\text{mm}$: $\pm 10\%$;
- Toleranță grosime $< 10\text{mm}$: $\pm 0.1\text{mm}$;
- Strat exterior finisat de cupru: 1 oz/2 oz (35um/70um);
- Strat interior finisat de cupru: 0.5 oz (17.5um).

Plăcile printate(PCB) au nevoie în procesul de manufacturizare de proceduri complexe care să asigure performanța produsului final. Plăcile pot fi pe un strat, pe două straturi sau pe mai multe straturi, de aceea se ajunge la un număr de 20 de pași în procesul de manufacturizare.

Părțile unui PCB sunt:

1. Substratul;
2. stratul de cupru;
3. masca de sudură;
4. serigrafia.

Substratul este primul și cel mai important strat, făcut de obicei din fibră de sticlă. Acest material este utilizat datorită rezistenței pe care o oferă. Substratul poate fi privit ca fiind scheletul PCB-ului.

Al doilea strat este stratul de cupru și în funcție de tipul plăcii poate să fie foită de cupru sau strat turnat de cupru. Rolul acestuia este de a permite trecerea semnalelor electrice de la și înspre PCB.

Al treilea strat este un strat de polimer care protejează cuprul astfel încât să fie evitat scurtcircuitul în momentul în care acesta intră în contact cu mediul înconjurător.

Ultimul strat, acel de serigrafie este reprezentat de logo, nume, simboluri și poate fi privit ca o legendă și nomenclatură.

În procesul de producție au loc următorii pași:

- Pasul 1: Proiectarea PCB-ului
- Pasul 2: Revizuirea proiectului
- Pasul 3: Imprimarea designului PCB
- Pasul 4: Imprimarea cuprului pentru stratul interior
- Pasul 5: Gravarea straturile interioare pentru a îndepărta cuprul
- Pasul 6: Alinierea stratului
- Pasul 7: Inspecție optică automata
- Pasul 8: Laminarea straturilor PCB
- Pasul 9: Forare
- Pasul 10: Placarea PCB
- Pasul 11: Finalizarea stratului exterior
- Pasul 12: Gravarea stratului exterior
- Pasul 13: Examinarea vizuală a stratul exterior
- Pasul 14: Realizarea lipiturilor
- Pasul 15: Aplicarea serigrafiei
- Pasul 16: Terminarea PCB-ului
- Pasul 17: Test de fiabilitate electrică

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

- Pasul 18: Profilare și direcționare
- Pasul 19: Verificarea calității și inspecția vizuală
- Pasul 20: Ambalare și livrare

Placa folosită în acest proiect a fost trimisă prin intermediul site-ului la manufacturizare în China prin intermediul site-ului <https://jlpcb.com/>.

Astfel, am obținut o placă pe două straturi, cu dimensiuni reduse, optimizând prețul proiectului. PCB-ul fiind realizat cu ajutorul combinației între tehnologiile THT și SMT. În mod traditional, Through Hole Technology(THT) a fost folosită pentru majoritatea plăcilor. Aceasta implică inserarea componentelor cu cabluri prin găurile perforate în PCB. Aceste cabluri pot fi lipite ulterior. Surface Mount Technology(SMT) a dus la apariția surface Mount Devices(SMD), care permit componentei să se sprijine pe o porțiune plată expusă pe PCB, nefiind necesare găuri, aşa cum se folosea în vechea tehnologie.

Folosind și elemente SMD și elemente THD, am obținut cele mai bune costuri pentru placă, deoarece înlocuirea componentelor din motive de optimizare sau servisare este mai ușoară și este accesibilă și din punct de vedere finanțiar.

3.4 REALIZAREA MONTAJULUI

PCB-ul prezentat în capitolul anterior a fost realizat fizic, acesta având doar elementele de tip SMT.

Componentele electronice de tip THT sunt reprezentate de:

- diode;
- condensatori;
- rezistențe;
- LED-uri;
- senzori de current;
- circuit de încărcare;
- circuitul ridicător de tensiune;
- circuite de protecție la supracurent și supratensiune ;
- tranzistori.

Componentele mecanice integrate sunt: headerii și conectori cu doi pini.

PCB-ul populat cu componentele menționate mai sus arată astfel:

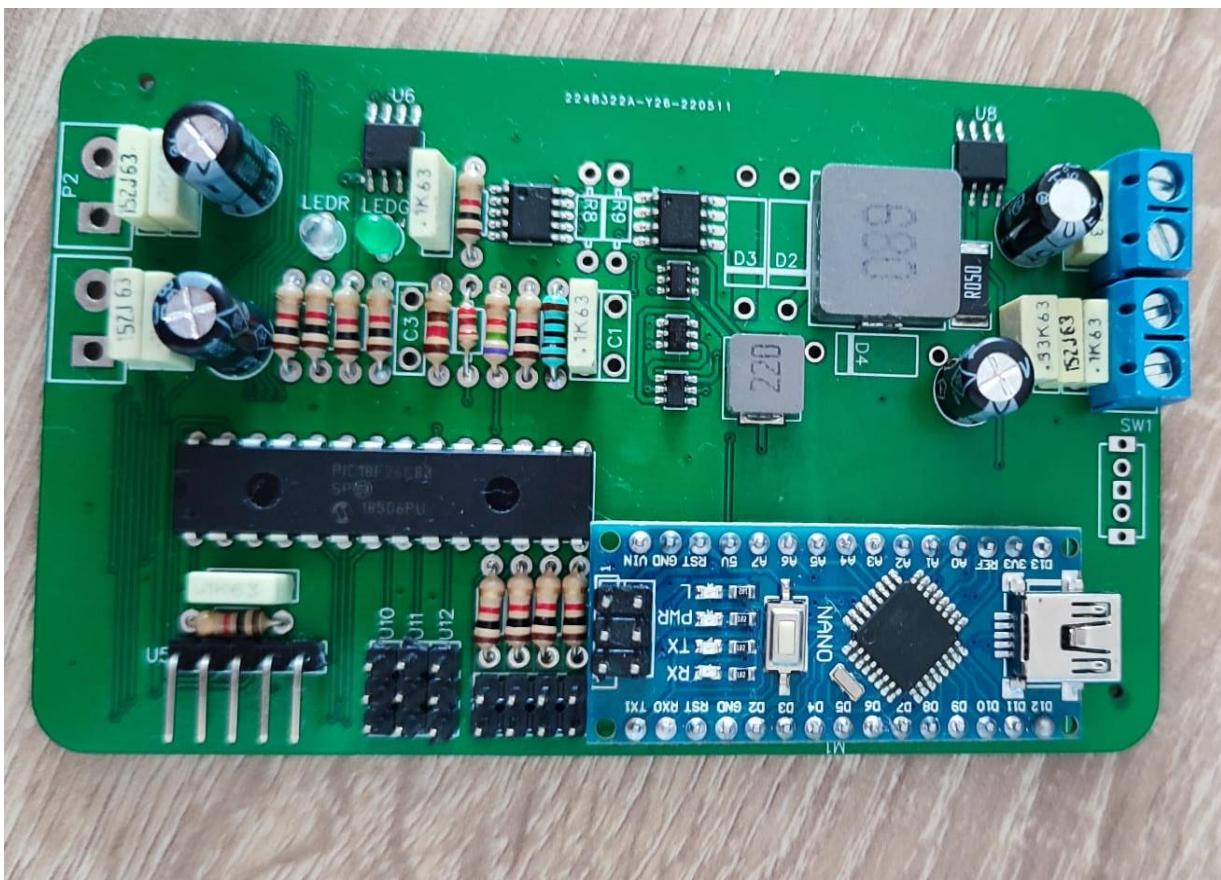


Figura 32. PCB populat cu componente.

Lipiturile au fost realizate cu fludor. Fludorul este un aliaj folosit pentru lipituri care conține aproximativ 60% Staniu(cositor) și alte metale, cum ar fi plumb sau argint.

Partea din spate a plăcii arată astfel:

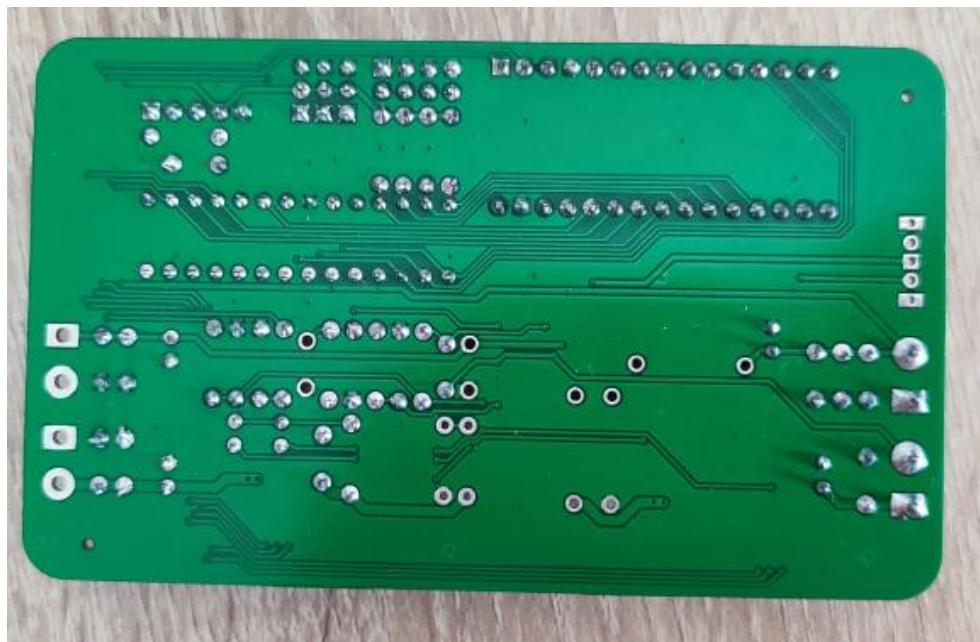


Figura 33. Realizarea lipiturilor pe placă cu fludor.

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

Panourile folosite în montaj au 5.5 V. Acestea au dimensiunea de 14 cm lungime și 4 cm lățime și au fost montate în spațiile corespunzătoare pe un suport realizat prin tehnica imprimării 3D.

Privit frontal, montajul arată astfel:

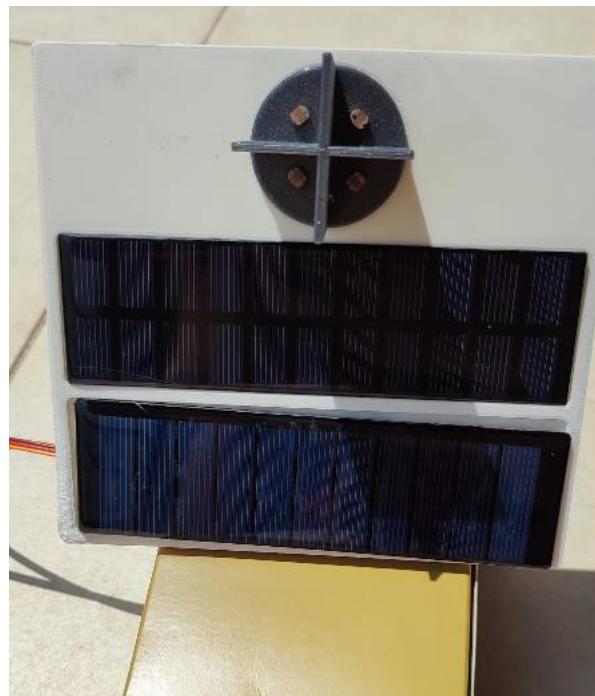


Figura 34. Vedere frontală asupra montajului.

Vedere per ansamblu asupra montajului este ilustrată în figura următoare:

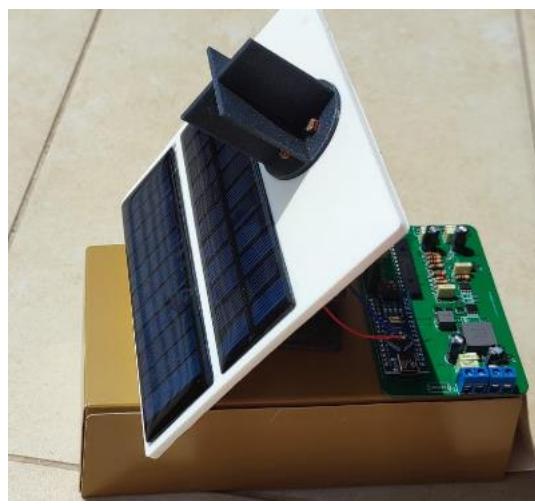


Figura 35. Vedere laterală asupra montajului.

În funcție de caracteristicile panoului, rezistențele care se pun pe PCB trebuie să fie în acord. Acesta reprezintă unul dintre avantajele folosirii THT-urilor, deoarece sunt permisive în ceea ce privește panourile alese de client și a pieselor folosite.

Pentru un panou de 5.5 V, ca cel folosit în acest exemplu, trebuie calculate rezistențele R_8 și R_9 . Acestea se identifică în circuit:

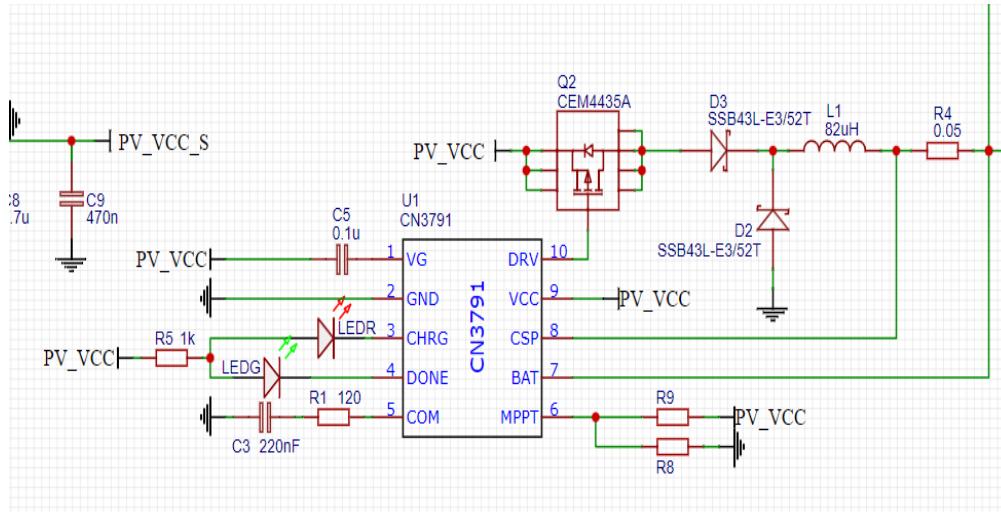


Figura 36. Identificarea rezistențelor R_8 și R_9 .

Trebuie ținut cont de faptul că valoarea pinului MPPT al integratului CN3791 trebuie să fie de 1.205V conform foii de catalog a acestuia:

Pin No.	Name	Descriptions
1	VG	Internal Voltage Regulator. VG internally supplies power to gate driver, connect a 100nF capacitor between VG pin and VCC pin.
2	GND	Ground. Negative terminal of input supply.
3	CHRG	Open-Drain Charge Status Output. When the battery is being charged, this pin is pulled low by an internal switch. Otherwise this pin is in high impedance state.
4	DONE	Open-Drain Charge Termination Output. When the charging is terminated, this pin is pulled low by an internal switch. Otherwise this pin is in high impedance state.
5	COM	Loop Compensation Input. Connect a 220nF capacitor in series with an 120Ω resistor from this pin to GND.
6	MPPT	Photovoltaic Cell Maximum Power Point Tracking Pin. Connect this pin to the external resistor divider for maximum power point tracking. In maximum power point tracking status, the MPPT pin's voltage is regulated to 1.205V.
7	BAT	Negative Input for Charge Current Sensing. This pin and the CSP pin measure the voltage drop across the sense resistor R_{CS} to provide the current signals required.
8	CSP	Positive Input for Charge Current Sensing. This pin and the BAT pin measure the voltage drop across the sense resistor R_{CS} to provide the current signals required.
9	VCC	External DC Power Supply Input. VCC is also the power supply for internal circuit. Bypass this pin with capacitors.
10	DRV	Gate Drive Pin. Drive the gate of external P-channel MOSFET.

Figura 37. Identificarea pinului MPPT pe foaia de catalog a integratului CN3791.

Astfel obținem un divizor rezistiv de tensiune. Rezistențele R_8 și R_9 se calculează din portiunea de circuit următoare:

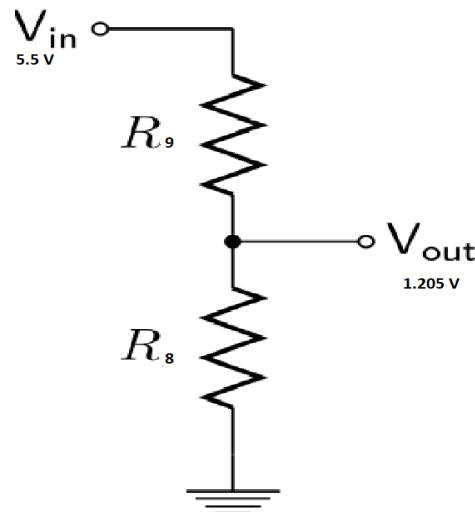


Figura 38. Divizorul rezitiv de tensiune format din două rezistențe.

Raportul de divizare a tensiunii este dat de formula:

$$V_{OUT} = \frac{R_8}{R_8 + R_9} \times V_{IN}$$

Analizând tabelul de rezistențe standard alegem o valoare pentru R_8 și o înlocuim pentru a obține R_9 .

E3 (> 20%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E192 (0.5%)			
1.0	1.00	1.00	3.32	1.00	1.82	3.32
2.2	1.05	1.02	3.40	1.01	1.84	3.36
4.7	1.10	1.05	3.48	1.02	1.87	3.40
	1.15	1.07	3.57	1.04	1.89	3.44
E6 (20%)	1.21	1.10	3.65	1.05	1.91	3.48
1.0	1.27	1.13	3.74	1.06	1.93	3.52
1.5	1.33	1.15	3.83	1.07	1.96	3.57
2.2	1.40	1.18	3.92	1.09	1.98	3.61
3.3	1.47	1.21	4.02	1.10	2.00	3.65
4.7	1.54	1.24	4.12	1.11	2.03	3.70
6.8	1.62	1.27	4.22	1.13	2.05	3.74
	1.69	1.30	4.32	1.14	2.08	3.79
E12 (10%)	1.78	1.33	4.42	1.15	2.10	3.83
1.0	1.87	1.37	4.53	1.17	2.13	3.88
1.2				1.18	2.15	3.92
1.5	1.96	1.40	4.64	1.20	2.18	3.97
1.8	2.05	1.43	4.75	1.21	2.21	4.02
2.2	2.15	1.47	4.87	1.23	2.23	4.07
2.7	2.26	1.50	4.99	1.24	2.26	4.12
3.3	2.37	1.54	5.11	1.26	2.29	4.17
3.9	2.49	1.58	5.23	1.27	2.32	4.22
4.7	2.61	1.62	5.36	1.29	2.34	4.27
5.6	2.74	1.65	5.49	1.30	2.37	4.32
6.8	2.87	1.69	5.62	1.32	2.40	4.37
8.2	3.01	1.74	5.76	1.33	2.43	4.42
	3.16	1.78	5.90	1.35	2.46	4.48
E24 (5%)	3.32	1.82	6.04	1.37	2.49	4.53
1.0	3.48	1.87	6.19	1.38	2.52	4.59
1.1				1.40	2.55	4.64
1.2	3.65	1.91	6.34	1.42	2.58	4.70
1.3	3.83	1.96	6.49	1.43	2.61	4.75
1.5	4.02	2.00	6.65	1.45	2.64	4.81
1.5	4.22	2.05	6.81	1.47	2.67	4.87
1.6	4.42	2.10	6.98	1.49	2.71	4.93
1.8	4.64	2.15	7.15	1.50	2.74	4.99
2.0	4.87	2.21	7.32	1.52	2.77	5.05
2.2	5.11	2.26	7.50	1.54	2.80	5.11
2.4	5.36	2.32	7.68	1.55	2.83	5.17
2.7	5.62	2.37	7.87	1.57	2.87	5.23
3.0	5.90	2.43	8.06	1.58	2.91	5.30
3.3	6.19	2.49	8.25	1.60	2.94	5.36
3.6	6.49	2.55	8.45	1.62	2.98	5.42
3.9	6.81	2.61	8.66	1.64	3.01	5.49
4.3	7.15	2.67	8.87	1.65	3.05	5.56
4.7	7.50	2.74	9.09	1.67	3.09	5.62
5.1	7.87	2.80	9.31	1.69	3.12	5.69
5.6	8.25	2.87	9.53	1.72	3.16	5.76
6.2	8.66	2.94	9.76	1.74	3.20	5.83
6.8	9.09	3.01		1.76	3.24	5.90
7.5	9.53	3.09		1.78	3.28	5.97
8.2		3.16		1.80	3.28	
9.1		3.24				

Figura 39. Tabelul de rezistențe standard.

Am ales R_8 ca fiind multiplu de 3.0. Aceasta are în cazul de față valoarea de 3Kohmi. Prin calcule am obținut R_9 egal cu 10.69. Cea mai apropiată valoare este multiplu de 1.1 și anume 11 Kohmi.

Acest calcul poate fi refăcut pentru orice valori ale caracteristicilor panoului alese de către utilizator.

4 CALCULE

Rolul realizării calculelor

Factori climatici și de poziționare

Factori economici

Calcule preconizate

4.1 ROLUL REALIZĂRII CALCULELOR

Metoda mock reprezintă o metodă de simulare a comportamentului unui obiect real în condiții controlate.

Panourile fotovoltaice care urmăresc mișcarea solară sunt de două tipuri: cu o axă de rotație sau cu două axe de rotație. Cele din prima categorie sunt acele panouri care urmăresc mișcarea soarelui pe cer, de la est la vest, pe când cele cu două axe de rotație urmăresc atât mișcarea soarelui, cât și poziția acestuia, ținând cont de anotimp.

Azimutul colectorului se referă la orientare și definește îndepărțarea față de sud. Orientarea spre sud reprezintă condiția ideală, obținându-se cea mai mare cantitate de energie. Această orientare ideală este obținută cât mai eficient în condiții reale cu ajutorul panourile fotovoltaice care urmăresc două axe de rotație.

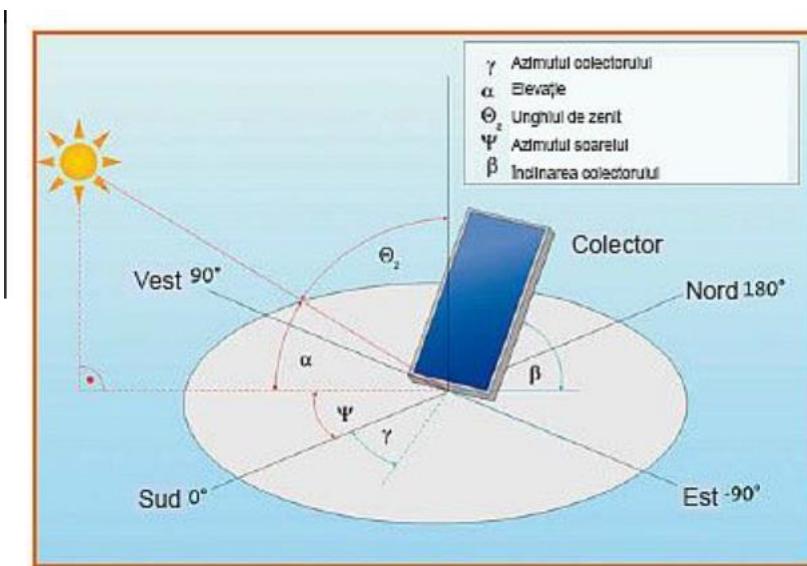


Figura 40. Orientarea ideală a unui panou fotovoltaic [31].

4.2 FACTORI CLIMATICI ȘI DE POZIȚIONARE

România este situată la 45.9432° N, 24.9668° E. Clima este una de tip de temperat-continental, ceea ce înseamnă că verile sunt călduroase, iar iernile sunt aspre, existând cele mai mari amplitudini termice anuale.

Analizând harta potențialului fotovoltaic al României, publicată de Solargis, se observă ce cel mai mare potențial este în zona Dobrogei. Zona muntoasă a Brașovului prezintă un potențial mediu.

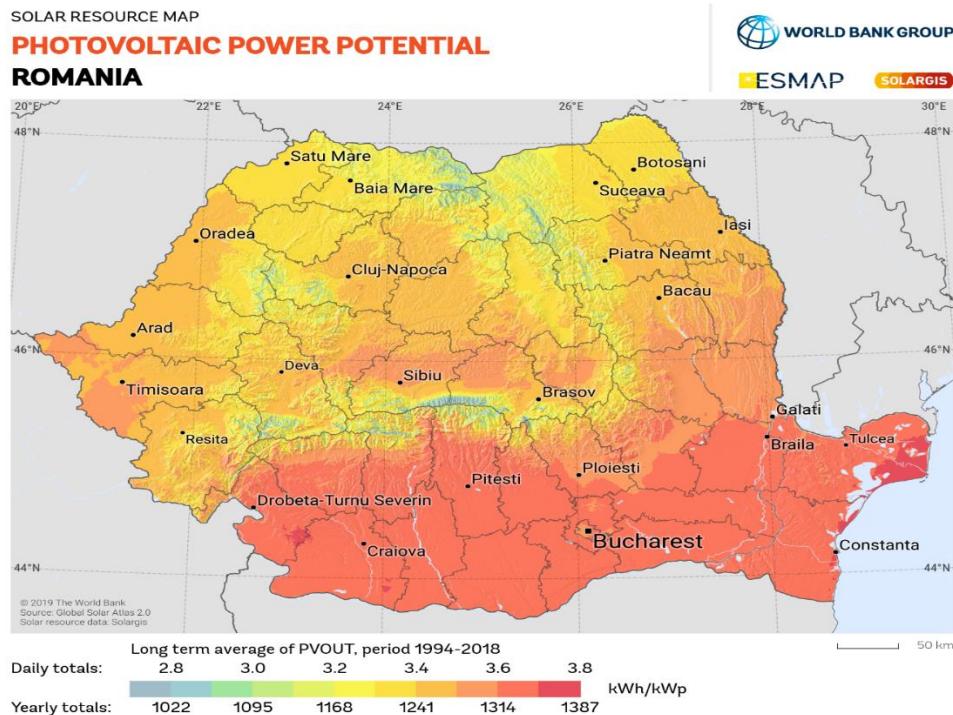


Figura 41. Harta potențialului fotovoltaic al României [32].

De asemenea, trebuie ținut ciclul zi-noapte și de faptul că radiația solară prezintă o creștere în prima parte a zilei, ajungând la un maxim în momentul amiezii și scade spre apus. Acest fenomen este prezentat în imaginea următoare, conținând măsurători realizate la Observatorul de Fizica Atmosferei București-Afumați.

În figura următoare este prezentată variația zilnică a radiației solare globale ultraviolate după măsurările realizate la observatorul mai sus menționat. Se poate observa că în cazul unui cer senin radiația solară atinge un maxim la ora 12, iar în cazul unui cer acoperit de nori, radiația atinge un maxim la ora 14.

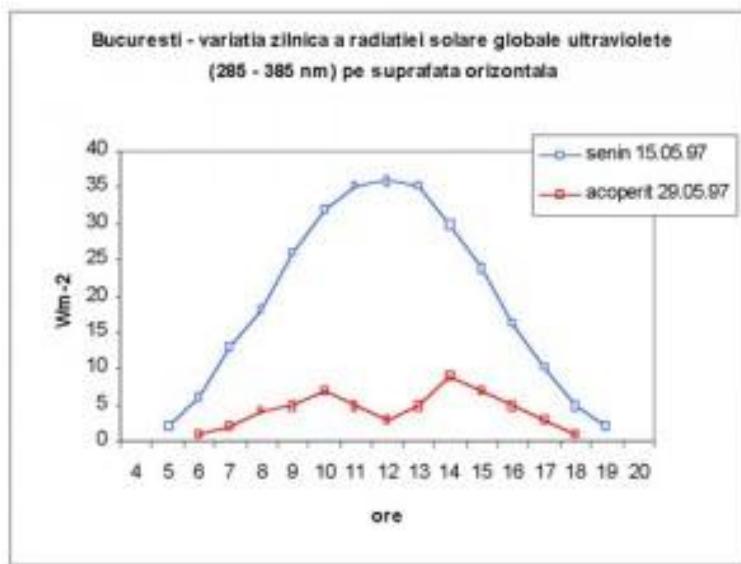


Figura 42. Variația zilnică a radiației solare [33].

4.3 FACTORI ECONOMICI

În condiții de testare industriale, pentru panouri solare de 200W, condiții meteo de soare, dar nu total însorit, rezultatele au fost:

- Energia medie în condiții de fixare: 836.8Wh
- Energia medie în condiții de mișcare: 1354,0Wh [34]

Motorul ce a fost folosit pentru panourile mobile a consumat pe parcursul zile 5.84WH, adică 0.43% din totalul energiei colectate, lucru ce le face evident mai rentabile.

Totuși, acest calcul nu ține cont de faptul că o instalație mobilă este cu 30% mai scumpă decât una fixă, iar costurile cresc o dată cu puterea sistemului.

4.4 CALCULE PRECONIZATE

Folosind datele de pe site-ul web GLOBAL SOLAR ATLAS am extras că valoarea directă a radiației(DNI) pentru orașul Brașov este 1236 kWh/m². Această valoare sunt identificate în figura numărul 43.

Pentru a afla producția anuală în kWh trebuie înmulțită această valoare de 1236 cu puterea sistemului fotovoltaic.

Un exemplu de calcul pentru o instalație uzuală de 5 KW este: 1236*5KW=6185 kWh.

Map data

PVOUT specific	1293.7 kWh/kWp ▾
DNI	1236.0 kWh/m ² ▾
GHI	1310.6 kWh/m ² ▾
DIF	609.7 kWh/m ² ▾
GTI opta	1549.7 kWh/m ² ▾
OPTA	37 / 180 °
TEMP	9.3 °C ▾
ELE	462 m ▾

Figura 43. Valorile de eficiență a panourilor fotovoltaice [35].

Deși unele firme estimează o eficiență mai mare de până la 50% a instalațiilor mobile, cel mai sigur este să folosim o valoare mai mică, de 30%, care a fost demonstrată deja de specialiști. Astfel, pentru exemplul anterior obținem o valoare de 8040.5kWh.

5 ÎMBUNĂTĂȚIRI ȘI CONCLUZII

Concluzii

Îmbunătățiri

Direcții viitoare de dezvoltare

Contribuțiile autoarei

5.1 CONCLUZII

Obiectivele proiectului, menționate încă din introducere au fost îndeplinite, iar conceptul inițial i-au fost aduse îmbunătățiri constante până în forma de față, care în continuare permite dezvoltarea și expansiunea temei.

Eficiența panourilor mobile față de cele fixe este una evidentă, acestea fiind o soluție pentru independentă financiară față de firmele producătoare de energie electrică. Deși costurile instalării unui sistem de panouri fotovoltaice este unul ridicat, existând programe ce încurajează folosirea acestora și oferă finanțare.

Această lucrare de licență reprezintă primul pas în crearea unui sistem funcțional, care să asigure o eficiență mare în utilizarea energiilor electrice regenerabile, ducând la reducerea consumului de energie electrică clasică, poluantă.

Proiectul a fost realizat folosind modelul „design-to-schedule”, prioritățile primind un anumit rang, permitând în orice moment livrarea proiectului, o dată ce au fost satisfăcute anumite caracteristici esențiale, următoarele etape de dezvoltare ținând de îmbunătățirile ce pot fi aduse.

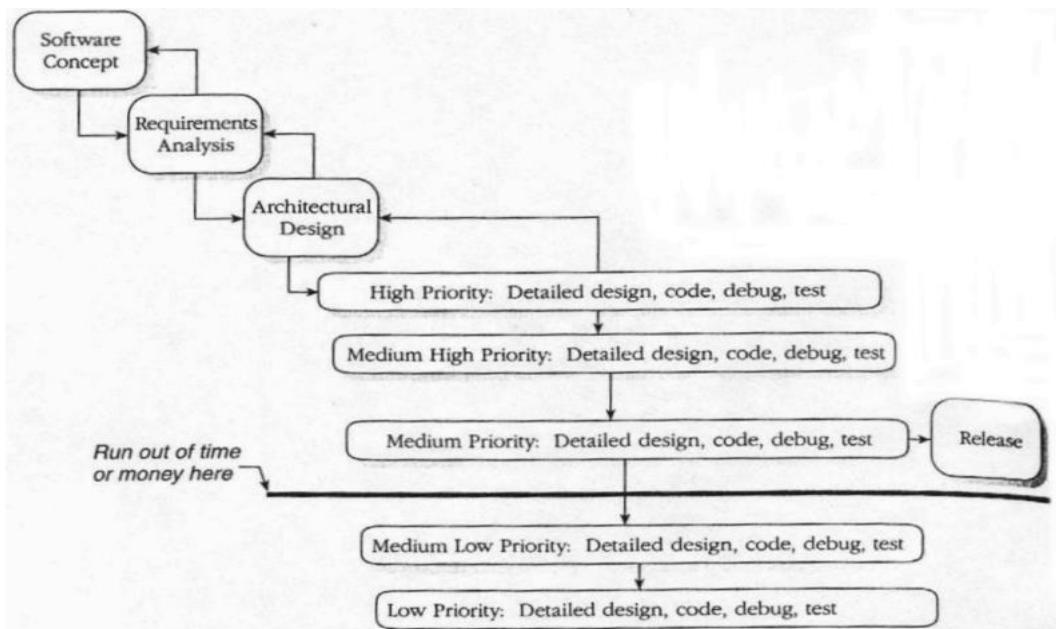


Figura 44. Logica modelului design-to-schedule [36].

Obiectivul principal al lucrării a fost îndeplinit în faza de prototip, iar apoi a fost dezvoltat și optimizat până în stadiul actual, evoluția fiind prezentată în lucrare. Obiectivele secundare, de încărcare a unui acumulator, de optimizare a achiziției de date și de îmbunătățire a performanțelor au fost și ele îndeplinite.

În final, proiectul este finalizat și funcțional. Ca în orice proiect, acesta este doar un început pentru o idee ce se află în continuă dezvoltare și care poate fi îmbunătățită permanent.

5.2 ÎMBUNĂTĂȚIRI

Ca în orice alt domeniu, aflat mereu în schimbare și în plină expansiune, există în permanență posibilitatea îmbunătățirilor.

5.2.1 Direcții viitoare de dezvoltare

Deoarece există mereu idei noi de adus în valoare în ceea ce privește funcționalitatea și reducerea costurilor de manufacturizare și întreținere, pentru prezenta lucrare, îmbunătățirea ce a putut fi adusă PCB-ului a fost introducerea unui microcontroler PIC18LF26K83.

Logica folosirii acestui microcontroler a fost de a elmina necesitatea utilizării unei plăci Arduino. În faza de prototip, a fost necesară utilizarea Arduino deoarece acesta permite dezvoltarea rapidă a codului, fiind permisiv pentru următoarele modificări ce apar pe parcurs. În schema prezentată în acest proiect am păstrat folosirea plăcii Arduino deoarece încă există loc de îmbunătățiri în proiect.

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.

Reducerea consumului de energie electrică

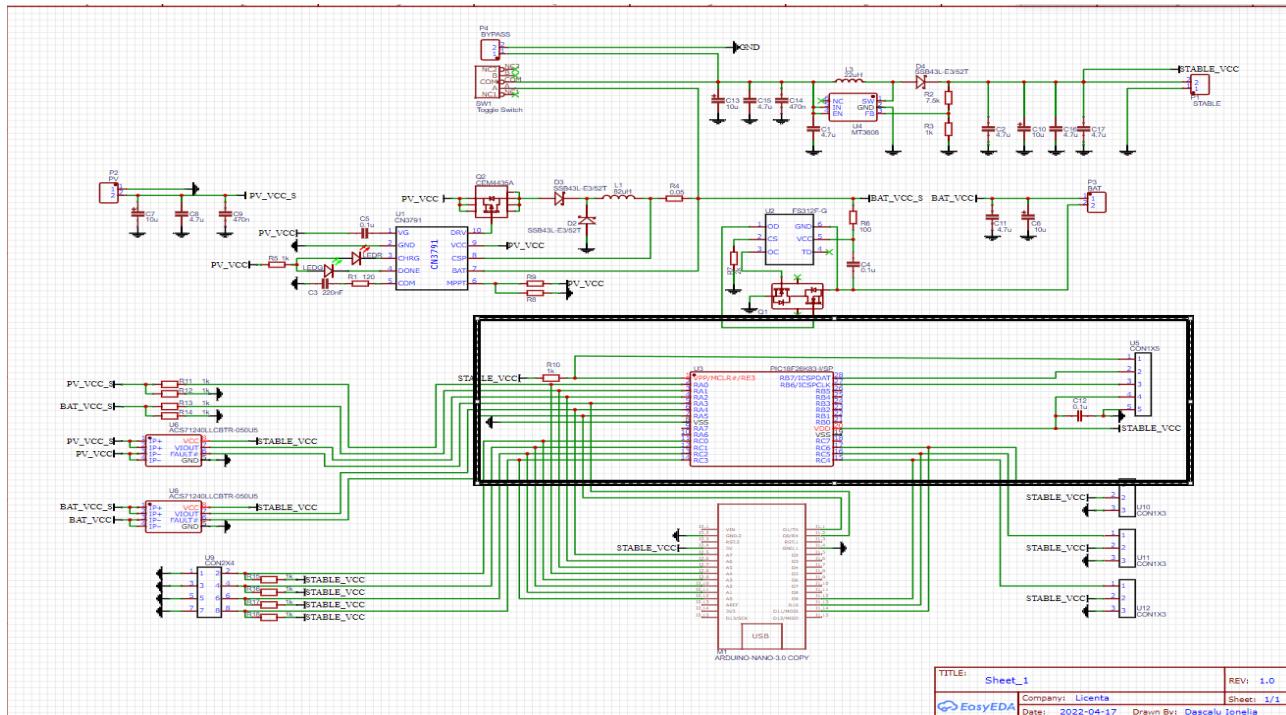


Figura 45. Portiunea ce utilizează microcontrolerul PIC în schema electrică.

5.2.2 Contribuțiile autoarei

Am ales utilizarea unui microcontroler PIC18LF26K83 deoarece acesta este unul dintre cele mai utilizate microcontrolere, având 28 de pini și performanțe ridicate.

Principalele lui avantaje sunt:

- Arhitectură RISC(Reduced Instruction Set Computer) optimizată pentru compilator C
- Viteză de operare mare
- Două controlere cu acces direct la memorie(DMA) care permit transferul de date
- Capacitate de întrerupere vectorizată: priorităț high/low selectabilă
- Configurabil software și hardware

Un alt motiv crucial în alegerea acestuia este existența unui configurator grafic. Am folosit platforma MPLAB CODE CONFIGURATOR, care permite crearea unui cod C ușor de înțeles.

Distribuția pinilor este prezentată în figura 46. Aceștia sunt ușor de programat, documentația microcontrolerului având 842 de pagini cu toate indicațiile necesare.

De asemenea, un alt avantaj semnificativ al acestui microcontroler este acela că realizarea lipiturilor folosind cositor este ușoară și accesibilă.

28-pin SPDIP, SOIC, SSOP

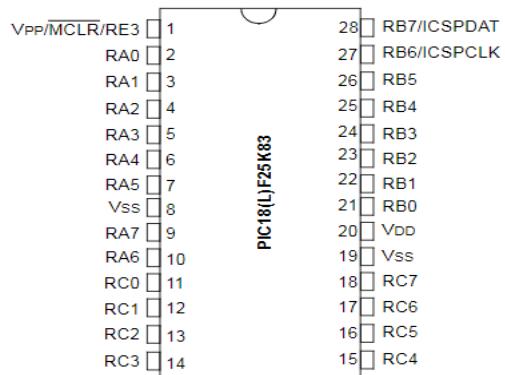


Figura 46. Distribuția pinilor microcontrolerului PIC.

6 BIBLIOGRAFIE

- [1] "Energie regenerabilă," [Online]. Available: https://ro.wikipedia.org/wiki/Energie_regenerabil%C4%83.
- [2] "Curentul electric," [Online]. Available: <https://diess.wordpress.com/%C2%A4referate/>.
- [3] "Legea 134/2012," [Online]. Available: <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/139851>.
- [4] "Raportul special nr 08/2019," [Online]. Available: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/wind-solar-power-generation-8-2019/ro/index.html>.
- [5] "Energia alternativă," [Online]. Available: <https://www.mereuprimul.ro/despre-energia-alternativa-a67>.
- [6] "Ghidul prosumatorului," [Online]. Available: <https://www.engie.ro/wp-content/uploads/2021/02/Ghidul-prosumatorului-energiaTa-ENGIE.pdf>.
- [7] "Raport legislativ," [Online]. Available: <https://www.anre.ro/ro/energie-electrica/legislatie/monitorizare-piata-ee/20211623651617>.
- [8] "Jurnal Oficial al Uniunii Europene," [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=OJ%3AC%3A2017%3A034%3AFULL>.
- [9] O. M. Andrei, 2014. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=OJ%3AC%3A2017%3A034%3AFULL>.
- [10] "N doped Silicon with phosphorus," [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/n-doped-silicon-with-phosphorus-left-and-p-doped-with-boron-right_fig11_341403794.
- [11] "Construction of Photovoltaic Cell," [Online]. Available: <https://circuitglobe.com/photovoltaic-or-solar-cell.html>.
- [12] "Diagrama unui sistem fotovoltaic," [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsolarx.ro%2F&psig=AOvVaw1hr4Gjaab-eY9oLCneLZW_&ust=1653405391945000&source=images&cd=vfe&ved=OCAwQjRxqFwoTClico5719fcCFQAAAAAdAAAAABAD.

- [13] PVTRIN, "Manualul Instalatorilor pentru Sisteme fotovoltaice," [Online]. Available: <http://www.abmee.ro/wp-content/uploads/2017/02/PVTRIN-Manualul-Instalatorului.pdf>.
- [14] "Configuration of cell, module and array," [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figure-17-Configuration-of-cell-module-and-array34_fig5_342736081.
- [15] "Producție cu invertoare on-grid," [Online]. Available: <https://carpatenergy.ro/fotovoltaic-autoconsum/productie-cu-invertoare-on-grid/>.
- [16] "Invertoare off-grid," [Online]. Available: <https://carpatenergy.ro/fotovoltaic-autoconsum/productie-cu-invertoare-on-grid/>.
- [17] "Invertor hibrid," [Online]. Available: <https://m.indiamart.com/proddetail/solar-systems-online-ups-offline-ups-inverters-battery-chargers-smu-22924545762.html>.
- [18] "Imprimare 3D," [Online]. Available: https://ro.wikipedia.org/wiki/Imprimare_3D.
- [19] "Model imprimare 3D," [Online]. Available: <https://www.thingiverse.com/thing:708819CN3791>.
- [20] "CN3791 Datasheet," [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132685/CONSONANCE/CN3791.html>.
- [21] "MOSFET," [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/bazeleelectronicii/home/tranzistoare-bipolare-si-fet/6-mosfet>.
- [22] "P-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor CEM4435A," [Online]. Available: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/580743/CET/CEM4435A/1>.
- [23] "One Cell Lithium-ion/Polymer Battery Protection IC FS31F-G," [Online]. Available: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1264571/FortuneSemiconductor/FS312F-G/1>.
- [24] "N-Channel Enhancement Mode MOSFET," [Online]. Available: https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2010271837_FUXINSEMI-FS8205A_C908265.pdf.
- [25] "Arduino Nano," [Online]. Available: <https://cleste.ro/placa-de-dezvoltare-arduino-nano-v-3.html>.
- [26] "Arduino NANO," [Online]. Available: <http://store.arduino.cc/products/arduino-nano>.
- [27] "Divizor de tensiune," [Online]. Available: https://ro.wikipedia.org/wiki/Divizor_de_tensiune.
- [28] "Allegro MicroSystems ACS71240LLCBTR-050U5 technical specifications, attributes, and parameters," [Online]. Available: <https://octopart.com/acs71240llcbtr-050u5-allegro+microsystems-101750912>.
- [29] "Efectul Hall," [Online]. Available: https://ro.wikipedia.org/wiki/Divizor_de_tensiune.

- [30] "High Efficiency 1.2MHz 2A Step Up Converter MT3608," [Online]. Available: <https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf>.
- [31] "Proiectare instalatii solare," [Online]. Available: <http://www.calorserv.ro/articole/panouri-solare/proiectare-dimensionarea-instalatiilor-solare>.
- [32] "Harta potențialului energetic solar," [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/romania>.
- [33] "Variația radiației solare," [Online]. Available: <https://www.meteoromania.ro/despre-noi/meteorologie-operationalala/activitati-de-baza/actinometrie/>.
- [34] "Tracker solar cu două axe," [Online]. Available: https://shop.ecosolaris.ro/tracker_solar_cu_doua_axe.
- [35] "PVOUT Map Brasov," [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=45.786022,25.154073,11&s=45.786022,25.154073&m=site>.
- [36] M. Sorin, "Curs Ingineria sistemelor de programe," *Modele de ciclu de viață al dezvoltării software*, vol. Cursul 2, p. 3, 2022.

REZUMAT

Sistemele de producere a energiei electrice au devenit o necesitate pentru societatea actuală.

În ultimii ani, o dată cu progresul tehnologic dar și cu conștientizarea impactului pe care îl au sursele de energie electrică clasice asupra mediului, distrugându-l în timp, dar și din motive ce țin de economie, au început să fie folosite și dezvoltate sursele de energie regenerabile, care au un impact redus în ceea ce privește afectarea climatului și care au avantajul de a folosi materie primă gratuită.

Reducerea consumului de energie electrică clasă, poluantă, cu ajutorul energiei solare prin intermediul panourilor fotovoltaice este un subiect îndelung studiat în ultimii ani.

Lucrarea de față a realizat o comparație între un panou fotovoltaic static și unul mobil, care urmărește mișcarea de rotație a soarelui folosind două axe de rotație, astfel încât pierderea de energie electrică ce poate fi folosită să fie redusă la minim, crescând eficiența față de un panou static, limitat de către poziție. Energia electrică care a rezultat a fost folosită pentru a îndeplini cerințele unui consumator, iar surplusul a fost injectat într-un acumulator, pentru a putea fi utilizat în perioadele în care este necesar, de exemplu, noaptea.

Obiectivul principal al lucrării a fost îndeplinit în faza de prototip, iar apoi a fost dezvoltat și optimizat până în stadiul actual, evoluția fiind prezentată în lucrare.

Obiectivele secundare, de încărcare a unui acumulator, de optimizare a achiziției de date și de îmbunătățire a performanțelor au fost și ele îndeplinite.

Proiectul a fost realizat după modelul design-to-schedule, acesta fiind livrabil în orice etapă a dezvoltării. O dată ce proiectul a fost funcțional, prioritățile au fost grupate pe categorii, urmând a fi îndeplinite. Astfel, este permisă aducerea continuă de îmbunătățiri.

În final, proiectul este finalizat și funcțional. Ca în orice proiect, acesta este doar un început pentru o idee ce se află în continuă dezvoltare și care poate fi îmbunătățită permanent.

ABSTRACT

Electricity generating systems have become a necessity for today's society.

In recent years, with the technological progress but also with the awareness of the impact that classical electricity sources have on the environment, destroying it over time, but also for economic reasons, the sources of energy have begun to be used and developed. renewable energy sources, which have a low impact on climate change and which have the advantage of using free raw materials.

Reducing the consumption of conventional, polluting electricity with the help of solar energy through photovoltaic panels is a topic that has been studied for a long time in recent years.

This paper has made a comparison between a static photovoltaic panel and a mobile one, which tracks the rotational motion of the sun using two axes of rotation, so that the loss of electricity that can be used is minimized, increasing the efficiency compared to a static panel, limited by position. The resulting electricity was used to meet the requirements of a consumer, and the surplus was injected into a battery so that it could be used during the periods when it is needed, for example, at night.

The main objective of the paper was met in the prototype phase, and then it was developed and optimized to the current stage, the evolution being presented in the paper.

The secondary objectives of charging a battery, optimizing data acquisition, and improving performance have also been met.

The project was made according to the design-to-schedule model, which is deliverable at any stage of development. Once the project was operational, the priorities were grouped into categories to be met. Thus, continuous improvements are allowed.

Finally, the project is completed and functional. As with any project, this is just the beginning of an ever-evolving idea that can be continually improved.

ANEXĂ COD

```

#define DEBUG 1

int tl;           //TopLeft
int tr;           //TopRight
int dl;           //DownLeft
int dr;           //DownRight
int _delay = 1;

void setup() {
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);

    //Clear OC1A/OC1B on compare match (set output to low level)
    TCCR1A = 0;
    TCCR1A = (1 << COM1A1) | (1 << COM1B1) | (1 << WGM11);

    //Fast PWM, TOP to ICR1
    TCCR1B = 0;
    TCCR1B = (1 << WGM13) | (1 << WGM12) | (1 << CS11);

    ICR1 = 40000;

    OCR1A = 3000; //Initial Horizontal Value
    OCR1B = 3600; //Initial Vertical Value

#if DEBUG
    Serial.begin(9600); //For debug only
#endif

}

#ifndef DEBUG
void debugPrint()
{
    Serial.print("tl: ");
    Serial.println(tl);
    Serial.print("tr: ");
    Serial.println(tr);
    Serial.print("dl: ");
    Serial.println(dl);
    Serial.print("dr: ");
    Serial.println(dr);
}
#endif

void readData()
{
    tl = analogRead(A0);
    tr = analogRead(A1);
    dl = analogRead(A2);
    dr = analogRead(A3);

#if DEBUG
    debugPrint();
#endif
}

void adjustHorizontaly()
{
    if ((tl > tr) || (dl > dr)) {
        OCR1A = OCR1A + 1; //Rotate Right
        delay(_delay);
    }

    if ((tl < tr) || (dl < dr)) {
        OCR1A = OCR1A - 1; //Rotate Left
        delay(_delay);
    }

    if (OCR1A > 4000) {
        OCR1A = 4000; //Max Horizontal Value
    }

    if (OCR1A < 2000) {
        OCR1A = 2000; //Min Horizontal Value
    }
}

```

Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

```
    }

void adjustVerticaly()
{
    if ((tl > dl) || (tr > dr)) {
        OCR1B = OCR1B - 1; //Rotate Down
        delay(_delay);
    }

    if ((tl < dl) || (tr < dr)) {
        OCR1B = OCR1B + 1; //Rotate Up
        delay(_delay);
    }

    if (OCR1B > 4200) {
        OCR1B = 4200; //Max Vertical Value
    }

    if (OCR1B < 3000) {
        OCR1B = 3000; //Min Vertical Value
    }
}

void loop() {
    readData();

    adjustHorizontaly();
    adjustVerticaly();
}
```

ANEXA 1

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAŞOV
FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR

CERERE DE ÎNSCRIERE LA EXAMENUL DE DIPLOMĂ

I. Date personale ale candidatului/ candidatei comunicate în scopul prelucrării necesare pentru organizarea examenului de finalizare studii

1. Date privind identitatea persoanei

Numele de naștere: Dascălu Numele (dacă este cazul): _____

Prenumele: Ionelia-Maria CNP 2990825046211

2. Sexul: Feminin

3. Data și locul nașterii:

Ziua / luna / anul 25 /08 / 1999

Locul (localitate, județ, țara) Bacău/ Bacău/ România

4. Prenumele părintilor:

Tata: Ionel Mama:Mirela

5. Domiciliul stabil: Localitatea Comănești, jud. Bacău Cod poștal 605200 ,

str. Moldovei, nr. 87B, bloc ___, sc._ _, et. ___, ap._ _ ,

Telefon 0746944844, mail ionelia.dascalu@student.unitbv.ro

II. Date privind școlarizarea

6. Sunt absolvent(ă) promoția: 2018/ 2022 (anul înmatriculării / anul absolvirii)

7. Mențiuni privind școlarizarea: _____

8. Programul de studii: Automatică și Informatică Aplicată

9. Durata studiilor 4 ani

10. Forma de învățământ absolvită: IF

Fără taxă

11. Solicit înscrierea la examenul de diplomă, sesiunea iunie anul 2022

12. Lucrarea/ Proiectul de diplomă pe care o susțin are următorul titlu: „Sisteme de producere a energiei electrice. Energii regenerabile. Reducerea consumului de energie electrică.”

13. Conducător științific: Șef lucrări Dr. Ing. Diaconu Laurențiu Ionel

14. Susțin examenul de diplomp(pentru prima oară, a doua oară - dupăcaz) prima oară.

15. Menționez că sunt de acord cu afișarea rezultatelor examenului conform art.15 alin.9/art.18 alin.9 din OMENCS nr.6125/2016 modificat prin OMEN nr.5643/2017.

SEMNĂTURA,

Secretar facultate

(numele și prenumele, semnătura)

VERIFICAT,

F05-PS 7.6-01/ed.2,rev.2

ANEXA 2

Dosar de înscriere la examenul de diplomă/disertație

Pentru înscrierea la examenul de licență/ diplomă/ disertație, absolvenții trebuie să depună la secretariat următoarele acte:

1. Cerere de înscriere la examen
2. Declarație pe proprie răspundere privind prelucrarea datelor cu caracter personal în cadrul procedurii de organizare a examenului de licență/diplomă/disertație
3. Certificat de naștere, în copie legalizată sau în copie simplă care a fost certificată „Conform cu originalul” de către persoana autorizată din secretariatul facultății, în baza prezentării actului în original;
4. Certificat de căsătorie (dacă este cazul), în copie legalizată sau în copie simplă care a fost certificată „Conform cu originalul” de către persoana autorizată din secretariatul facultății, în baza prezentării actului în original;
5. Ordin al rectorului de schimbare a numelui absolventului (dacă este cazul);
6. Diplomă de bacalaureat sau echivalentă cu aceasta, în copie legalizată sau în copie simplă, certificată „Conform cu originalul” de către persoana autorizată din secretariatul facultății, în baza prezentării actului în original – pentru examenul de licență/diplomă;
7. Diploma de licență sau diplomă de inginer și anexa la diplomă, în copie legalizată sau în copie simplă care a fost certificată „Conform cu originalul” de către persoana autorizată din secretariatul facultății, în baza prezentării actului în original – **pentru examenul de disertație**;
8. Certificat de competență lingvistică (**numai pentru examenul de licență sau de diplomă**), eliberat de instituția organizatoare sau de o altă instituție specializată, națională sau internațională, recunoscută de instituția organizatoare.

Pentru absolvenții proprii, competențele lingvistice certificate prin notele din registrul matricol la o limbă străină de largă comunicare internațională sunt recunoscute de Departamentul de Lingvistică teoretică și aplicată, fără a mai fi necesar un certificat de competență lingvistică atașat la dosar.

Pentru absolvenții proprii care susțin examenele de licență/diplomă la alte instituții de învățământ superior, precum și pentru absolvenții altor instituții de învățământ superior care susțin examenele de licență/diplomă la UTBv, existența în dosar a certificatului de competență lingvistică este obligatorie.

9. 2 fotografii color, recente, dimensiunea $\frac{3}{4}$ cm, pe hârtie fotografică;
10. Carte de identitate sau pașaport, în copie;
11. Copie a Scrisorii de acceptare la studii / Ordinului MEN sau Atestatului de echivalare (dacă este cazul);
12. Chitanța de plată a taxei de examen (dacă este cazul);
13. Declarație pe proprie răspundere privind originalitatea lucrării de licență/ proiectului de diplomă/disertației;

Absolvenții proveniți de la alte instituții de învățământ superior vor depune documentele prevăzute la pt.1-13, la care se adaugă:

14. Suplimentul la diplomă, eliberat de instituția de învățământ de stat sau particular superior absolvită, din care să rezulte, pentru fiecare semestru și an de studii, disciplinele promovate, numărul de ore prevăzut pentru fiecare curs, aplicații, lucrări practice – separat, forma de verificare (examen, colocviu, proiect, verificare), creditele și notele obținute. și o copie a Suplimentului la diplomă, certificată „conform cu originalul” de către facultatea care o eliberează;
15. Adeverință eliberată de instituția de învățământ de stat sau particular superior absolvită, din care să rezulte calitatea de absolvent, întocmită în conformitate cu Ordinul

Documentele se depun la secretariatul facultății într-un dosar plic de carton, pe care se înscriu:

- Numele și prenumele absolventului;
- Programul de studii
- Facultatea
- Sesiunea
- Promotia

Notă: Certificarea conformității cu originalul a copiilor după actele de identitate/de stare civilă și a actelor de studii se face de către angajații desemnați din cadrul facultății, în baza prezentării documentului în original.

Grila de evaluare a proiectelor de absolvire

Atenție!

Notarea la proiectul de diplomă va cuprinde o notă pentru formatul tipărit al lucrării de diplomă, o notă pentru prezentarea orală și o notă acordată pentru răspunsul la întrebări. Fiecare notă va avea o anumită pondere în nota finală acordată în funcție de comisia de examinare. Pentru partea tipărită a proiectului de diploma comisia de examinare va acorda punctaje conform criteriilor de mai jos în anumite ponderi stabilite de către fiecare comisie de examinare:

1. Fond

1.1. Originalitate

Indicatori de performanță

- Originalitatea ideii proiectului.
- Moduri originale de rezolvare hardware/software/netware.
- Raport între materialul elaborat de student și material preluat din bibliografie/webografie, etc.

1.2. Nivel științific

Indicatori de performanță

- Claritatea obiectivelor propuse.
- Calitatea documentării stadiului actual în domeniul proiectului.
- Calitatea și corectitudinea bibliografiei/webografiei.
- Claritatea realizărilor din proiect (existența schemelor explicative).
- Calitatea proiectării hardware/ software/netware.
- Simularea/emularea/experimentarea/testarea-validationa sistemelor/proceselor implementate.
- Relevanța concluziilor în urma realizării proiectului.

1.3. Complexitate

Indicatori de performanță

- Gradul de complexitate al realizării hardware/software/netware.
- Gradul de adâncime al realizării (proiect complet nou sau dezvoltare pornind de la un proiect/concept anterior).
- Complexitatea simulărilor/experimentelor (program de simulare utilizat, gradul de precizie al simulării, rezultate obținute).

1.4.Nivel de implementare

Indicatoride performanță

- Gradul definalizare în raport cu obiectivele propuse.
- Complexitatea funcționalității
- Demonstrarea funcționalității,punere în funcțiune a machetei sau aparatajului, rularea unor programe, etc.

Verificare antiplagiat

- Nu sunt acceptate lucrări cu procent de similaritate Turnitin general mai mare de 25%.
- Nu sunt acceptate lucrări cu procent de similaritate Turnitin mai mare de 10% dintr-o singură sursă.
- Viza coordonatorului pentru antiplagiat pe baza raportului Turnitin este obligatorie în ultima casetă de vize din fișa proiectului.

2.Formă

Indicatoride performanță

- Forma grafică în ansamblu, calitatea figurilor, calitatea prezentărilor multimedia.
- Corectitudine în utilizarea limbii române/engleză; traducerea părților de text din figuri în limba română/engleză, cu excepția fișelor de catalog și a altor documente scanate; explicitarea acronimelor din alte limbi.
- Încadrarea în cerințele de editare și în cerința de cantitate a materialului.

Sisteme de producere a energiei electrice. Energiile regenerabile.
Reducerea consumului de energie electrică

**DECLARAȚIE PRIVIND ORIGINALITATEA
LUCRĂRII DE LICENȚĂ**

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV
FACULTATEA INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR
PROGRAMUL DE STUDII AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ APLICATĂ
NUMELE ȘI PRENUMELE: DASCĂLU IONELIA-MARIA
PROMOȚIA 2018-2022
SESIUNEA: IUNIE 2022
TEMA LUCRĂRII: Sisteme de producere a energiei electrice. Energiile regenerabile. Reducerea consumului de energie electrică
CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: Dr. Ing. Șef lucrări DIACONU LAURENȚIU IONEL

Declar pe propria răspundere că lucrarea de față este rezultatul muncii proprii, pe baza cercetărilor proprii și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate conform normelor etice, în textul lucrării/proiectului, în note și în bibliografie.

Declar că nu s-a folosit în mod tacit sau ilegal munca altora și că nici o parte din teză/proiect nu încalcă drepturile de proprietate intelectuală ale altcuiva, persoană fizică sau juridică.

Declar că lucrarea nu a mai fost prezentată sub această formă vreunei instituții de învățământ superior în vederea obținerii unui grad sau titlu științific ori didactic.

În cazul constatării ulterioare a unor declarații false, voi suporta rigorile legii.

Data: 14 iunie 2022

Absolvent

Dascălu Ionelia-Maria

