

Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

Școala Doctorală de Inginerie Electrică

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

**Contribuții privind analiza, proiectarea și realizarea dispozitivelor
electrice utilizate pentru monitorizarea ambientului interior**

Autor

Ing. Aurel Ștefan Pica

Coordonator științific

Conf. Abil. Dr. Ing. Marilena Stănculescu

București

2023

CUPRINS

Mulțumiri	4
Introducere	5
Capitolul 1. Studiu de caz	9
1.1. Tehnologia IoT	9
1.1.1. Descrierea conceptului IoT	9
1.1.2. Evoluția conceptului IoT.....	11
1.1.3. Analiza gradului de folosire a dispozitivelor din categoria Internet of Things de către utilizatorii individuali din țările europene.....	14
1.2. Utilizarea dispozitivelor electrice în spații inteligente: mediu profesional versus mediu personal.....	34
1.2.1. Metodologie	34
1.2.2. Concluzii	35
1.3. Importanța dispozitivelor electrice în domeniul medical în percepția viitorilor specialiști	39
1.3.1. Metodologie	39
1.3.2. Interpretarea rezultatelor obținute	40
1.4. Conștientizarea tinerilor români cu privire la importanța dispozitivelor electrice utilizate pentru monitorizarea ambientală	43
1.4.1. Metodologie	43
1.4.2. Rezultate privind utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în spațiul personal	44
1.4.3. Rezultate privind utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în spațiul profesional.....	47
1.4.4. Rezultate privind utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în activitatea medicală.....	48
Capitolul 2. Impactul poluării aerului asupra sănătății și a mediului.....	50
2.1. Aspecte generale privind poluarea aerului	50
2.2. Particule aeropurtate	52
2.3. Compoziția particulelor aeropurtate	53
2.4. Poluarea cu fum	54

2.5. Sursa de repartizare a particulelor	56
2.6. Indicele de calitate a aerului	57
2.7. Cartografierea sistemului de informații geografice a poluării aerului.....	58
2.8. Impactul poluanților atmosferici asupra mediului.....	59
2.9. Impactul poluării aerului asupra sănătății.....	60
2.10. Concentrațiile admise ale parametrilor ambientali.....	63
2.11. Standardele acceptate ale calității aerului.....	66
2.12. Analiza caracteristicilor unor dispozitive pentru monitorizarea ambientului interior.....	69
Capitolul 3. Proiectarea și realizarea practică a dispozitivului	72
3.1. Proiectare dispozitiv	72
3.2. Realizare practică	73
3.3. Specificații tehnice ale componentelor.....	76
3.3.1. Placă dezvoltare	76
3.3.2. Componente principale	77
3.4. Programare dispozitiv.....	88
3.5. Realizare server	95
3.6. Costuri dispozitiv.....	96
3.7. Analiza SWOT	97
Capitolul 4. Testarea dispozitivului și analiza măsurătorilor	99
4.1. Testarea dispozitivului.....	99
4.2. Rezultate experimentale	100
4.2.1. Experiment privind comparația echipamentului.....	100
4.2.2. Experiment privind controlul temperaturii cu ajutorul unui ventilator.....	103
4.2.3. Experiment privind controlul temperaturii cu ajutorul unui aparat aer condiționat ...	105
4.2.4. Experiment privind controlul concentrației de CO ₂ cu ajutorul servomotorului și ventilatorului	108
4.3. Realizarea măsurătorilor privind consumul.....	110
4.3.1. Consumul general al circuitului	110
4.3.2. Determinarea parametrilor electrice ai circuitului în regim normal de funcționare	111
4.3.3. Determinarea parametrilor electrice în regim de alarmă	113
4.4. Analiza economico-financiară.....	114

Concluzii	116
C1. Concluzii generale	116
C2. Contribuții originale.....	119
C3. Lista de articole publicate	122
C4. Perspective de dezvoltare ulterioară	122
Anexe	123
A1. Adeverință Infobit Consult	123
A2. Adeverință Color Dental Clinique	124
A3. Adeverință Wienerberger.....	125
A4. Adeverință Școala Gimnazială Matei Basarab	126
Bibliografie.....	127

Cuvinte cheie: dispozitive electrice, studii cantitative, tehnologia IoT, monitorizarea ambientului, senzori, poluare, arduino, percepția utilizatorilor, spații inteligente, calitatea aerului, masuratori consum, analiza parametrilor.

Introducere

Monitorizarea ambientului este o temă deosebit de actuală în contextul preocupărilor tot mai stringente pentru protejarea sănătății populației și a mediului. Pe de altă parte, evoluțiile tehnologice dovedesc potențialul deosebit pe care spațiile inteligente îl au, atât pentru confortul oamenilor, cât și pentru protejarea mediului. În acest context, realizarea unei cercetări care să răspundă nevoii de monitorizare a ambientului prin valorificarea potențialului unui spațiu inteligent este cu atât mai oportună.

Această cercetare a urmat două mari etape, din care prima a urmărit înțelegerea situației actuale în ceea ce privește utilizarea dispozitivelor electrice la nivelul utilizatorilor și a disponibilității de a le folosi în viitor și, a doua, sub forma unei soluții concrete de dispozitiv care să îmbunătățească activitatea utilizatorilor.

În prima etapă a cercetării doctorale au fost realizate mai multe studii, primul fiind bazat pe literatura de specialitate cu privire la tehnologia IoT pentru a cunoaște principiile, domeniile și aplicabilitatea acestora.

Drept urmare, pornind de la analiza literaturii de specialitate, s-au conturat următoarele întrebări:

- Care este situația în România în privința pătrunderii în consum a dispozitivelor IoT?
- Care este percepția utilizatorilor actuali și potențiali cu privire la aceste dispozitive?
- Există domenii în care utilizarea lor succintă mai mult interes? Există categorii de persoane care sunt mai deschise la utilizarea acestor dispozitive?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, cercetarea a fost organizată pe bază unor studii cantitative specifice metodei de cercetare empirică și raționamentului inductiv.

Un prim studiu realizat în acest sens s-a bazat pe analiza datelor statistice disponibile la nivel european, furnizate de Eurostat și disponibile online pentru perioada 2020-2022. Acest studiu a avut ca scop să stabilească dacă:

- Există diferențe între țările Uniunii Europene cu privire la utilizarea dispozitivelor IoT în locuințele individuale și care este situația României în grupul țărilor UE;
- Care sunt factorii care influențează gradul de utilizare în locuințe a dispozitivelor IoT și dacă există deosebiri semnificative între țările membre UE.

Al doilea studiu cantitativ s-a axat pe situația din România, pentru a analiza dacă în cazul dispozitivelor electrice există diferențe de utilizare între mediul personal și cel profesional. Metoda de cercetare folosită în acest studiu a fost sondajul cu chestionar aplicat într-o entitate din România aleasă astfel încât să poată fi interogați toți angajații, indiferent de funcția ocupată, specializarea, vârsta sau domiciliul lor. Scopul acestui studiu a fost să stabilească:

- Dacă există diferențe în privința percepției utilizării dispozitivelor electrice în mediul profesional față de cel personal și
- Dacă aceste diferențe sunt influențate de anumite variabile specifice utilizatorului (studii, funcție ocupată, vârstă, rezidență, sex).

Un caz particular de aplicare a dispozitivelor electrice inteligente este în domeniul medical. Vorbim astfel de asistență medicală inteligentă care presupune încorporarea noilor tehnologii, dar și un mod diferit de abordare și raportare la actul medical. Utilizarea smartphone-urilor în combinație cu diverse aplicații din acest domeniu poate oferi un acces mai mare la cunoștințe și de asistență medicală specifică fiecărei ramuri în parte. Dosarele medicale, rezultatele de laborator și interpretările diagnosticului pot fi comunicate cu ușurință prin intermediul unui dispozitiv mobil. Smartphone-urile, dispozitivele portabile, senzorii și sistemele de comunicare au revoluționat medicina cu capacitatea de a conține inteligență artificială (AI - artificial intelligence). Mai mulți algoritmi bazați pe inteligența artificială au fost aprobați în ultimul deceniu de Food and Drug Administration (FDA), prin urmare, aceștia vor putea fi implementați, însă medicina nu se bazează doar de tehnologii bazate pe inteligența artificială, ci și de alte instrumente digitale.

Al treilea studiu cantitativ și-a propus să analizeze măsura în care potențialii utilizatori din România sunt deschiși la folosirea dispozitivelor electrice în domeniul medical. Din multitudinea de utilizatori potențiali, studiul s-a concentrat pe o analiză asupra studenților, în calitate de viitori specialiști ce vor fi puși în fața deciziei de a utiliza astfel de dispozitive. Mai mult, studiul a fost aplicat pe două grupuri distincte de studenți, unul din domeniul medical și altul din domeniul ingineriei, astfel încât să putem analiza dacă există diferențe de percepție între acestea.

Un alt domeniu în care dispozitivele electrice au un potențial ridicat de aplicabilitate este cel al monitorizării ambientului. Dispozitivele electrice inteligente concepute pentru locuințele moderne, pot oferi utilizatorilor un plus de siguranță și confort, dar pot contribui și la reducerea consumului de energie, reducerea prezenței substanțelor nocive și, implicit, un mediu mai sănătos.

Deoarece monitorizarea ambientului este un domeniu nou în România, puțin cunoscut de către publicul român, prin prisma avantajelor și modalităților de realizare - toate aceste lucruri justifică oportunitatea de a studia modul în care dispozitivele electrice de monitorizare a ambientului sunt percepute de către consumatorii potențiali.

Al patrulea studiu cantitativ, tot pe bază de chestionar, și-a propus să analizeze percepția față de dispozitivele electrice de monitorizare a ambientului *pentru trei scenarii distincte*:

1. În spațiul personal al fiecărui individ;
2. În spațiul profesional în care oamenii își desfășoară activitatea;
3. În domeniul medical.

Practic, dintre domeniile în care dispozitivele electrice de monitorizare a ambientului pot fi aplicate în acest studiu, a fost ales domeniul medical, pe de o parte datorită faptului că au fost realizate multe progrese inovative în acest domeniu iar, pe de altă parte, datorită beneficiilor ce pot fi aduse în acest fel pentru întreaga societate, dat fiind că fiecare individ intră în contact cu serviciile medicale atât personal, cât și în situația unor rude sau apropiați care întâmpină

probleme de sănătate. Colectivitatea statistică la care a fost aplicat studiul este formată din studenți ai specializării inginerie electrică, opțiunea pentru această categorie fiind justificată de faptul că este vorba de persoane care dispun de un minim de noțiuni cu privire la dispozitivele electrice.

Obiectivele concrete ale acestui studiu au fost de a cunoaște opinia viitorilor specialiști cu privire la utilizarea dispozitivelor electrice de monitorizare a ambientului în cele trei scenarii mai sus-amintite.

În a doua parte a cercetării doctorale a fost dezvoltată problematica utilizării dispozitivelor electrice în scopul monitorizării ambientului, metoda de cercetare folosită în acest caz fiind de tip constructivist [1]. Dacă în prima etapă au fost realizate o serie de analize bazate pe date statistice (disponibile prin Eurostat sau culese personal prin sondaje) pentru a înțelege modul de manifestare a unor fenomene (utilizarea unor dispozitive electrice, grad de cunoaștere cu privire la dispozitive electrice), în etapa a doua a fost propusă o soluție de folosire a acestor dispozitive pornind de la nevoile rezultate din politicile europene și necesitățile manifestate la nivelul utilizatorilor potențiali.

Obiectivele urmărite în această etapă au fost de a stabili:

- care sunt cei mai importanți indicatori care asigură o bună monitorizare a ambientului (Ob.1);
- ce modalitate tehnică poate fi folosită pentru a măsura acești indicatori astfel încât să se asigure o bună acuratețe a datelor, dar și ușurință în aplicarea dispozitivului (Ob.2).

Pentru a răspunde la primul obiectiv (Ob1), *cercetarea a fost completată cu informații din surse secundare*, respectiv literatura de specialitate, articole și rapoarte cu privire la principalii factori poluatori asupra sănătății umane și asupra mediului înconjurător, modalități de manifestare, metode de măsurare, indicatori și nivele de control. Apoi, pe baza rezultatelor respective *a fost proiectat și realizat un dispozitiv de monitorizare ambientală, bazat pe tehnologia Arduino*.

Sintetic, pașii urmăți în demersul de cercetare doctorală sunt sintetizați în Fig. 1.

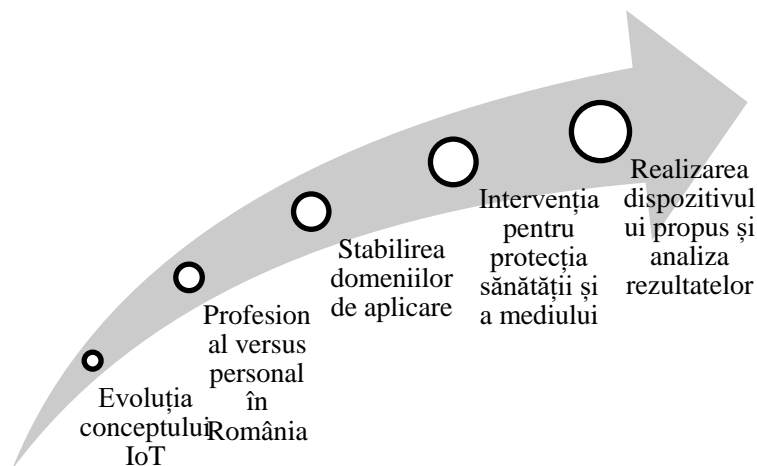


Fig. 1. Pașii urmăți în demersul de cercetare doctorală

Capitolul 1. Studiu de caz

Acest capitol cuprinde patru subcapitole, fiecare fiind dedicat unuia dintre studiile cantitative realizate:

- studiu privind descrierea, evoluția și utilizarea dispozitivelor IoT (Cap. 1.1);
- studiu privind utilizarea dispozitivelor electrice în spații inteligente (mediu profesional versus mediu personal) (Cap. 1.2);
- studiu privind importanța dispozitivelor electrice în domeniul medical (în percepția viitorilor specialiști) (Cap. 1.3);
- studiu cu privire la importanța dispozitivelor electrice utilizate pentru monitorizarea ambientală (Cap. 1.4).

1.1. Tehnologia IoT

1.1.1. Descrierea conceptului IoT

Termenul de Internet al lucrurilor (IoT - Internet of Things) a fost inventat de cercetătorii din industrie, dar a apărut recent în viziunea și limbajul publicului general. O parte a specialiștilor din domeniu susțin că IoT va transforma complet modul în care sunt utilizate rețelele de calculatoare în următorii 10 sau 100 de ani, în timp ce alții consideră IoT ca fiind o marotă care nu va afecta viața cotidiană a majorității persoanelor [2]. IoT creează o oportunitate de a evalua, a aduna și analiza o selecție din ce în ce mai mare de informații comportamentale.

1.1.3. Analiza gradului de folosire a dispozitivelor din categoria Internet of Things de către utilizatorii individuali din țările europene

1.1.3.1. Metodologie

Ținând seama de vasta aplicabilitate a IoT, precum și de utilitatea sa atât în spațiul public, cât și privat, în cadrul tezei s-a realizat studiul gradului de utilizare a dispozitivelor IoT în locuințele private ale consumatorilor individuali, urmărind să răspundem la următoarele întrebări:

- Există diferențe între situația din țările membre ale Uniunii Europene și alte țări europene, dar între cele 27 de state membre ale UE?
- Care sunt factorii care influențează gradul de utilizare în locuințe a dispozitivelor IoT și cum se manifestă aceștia: intensitatea lor diferă de la țară la altă, de la o categorie de dispozitive la alta sau pot fi stabilite anumite similarități?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, studiul s-a bazat analiza pe datele statistice primare furnizate de Eurostat și disponibile online pentru anii 2020 și 2022. Este vorba de seriile de date cu privire la utilizarea IoT și cele referitoare la barierele în calea utilizării dispozitivelor IoT, pe care noi le-am numit "factori de influență" [16], [17].

Într-o primă etapă, au fost analizate cifrele folosind statistici descriptive, astfel încât să poată fi comparat gradul de utilizare a dispozitivelor, pe de o parte între UE27 (pe baza nivelului mediu de utilizare, stabilit statistic) și alte țări europene iar, pe de altă parte, între nivelul de utilizare atins de fiecare dintre cele 27 de state membre. Aplicarea coeficientului de variație ne-a permis să studiem dacă datele indicate pentru țările UE exprimă o tendință comună sau sunt suficient de eterogene pentru a putea afirma că deosebirile dintre state sunt majore. Apoi, același demers descriptiv a fost aplicat în privința datelor statistice referitoare la factorii care influențează utilizarea dispozitivelor IoT la nivel individual în statele europene (membre UE și non-membre). În graficele realizate pentru a reda situația comparativă, s-au folosit de fiecare dată codurile pentru țări așa cum sunt recunoscute la nivel internațional [18].

În a doua etapă, a fost analizată relația dintre factorii care influențează folosirea dispozitivelor IoT și gradul de utilizare în locuințe a acestor dispozitive, pentru a stabili cât de puternică este această influență asupra fiecărei categorii de dispozitive. În acest sens a fost ales ca indicator coeficientul de corelație lineară Pearson, ținând seama de modul de distribuție a valorilor individuale ale seriilor.

1.2. Utilizarea dispozitivelor electrice în spații inteligente: mediu profesional versus mediu personal

1.2.1. Metodologia studiului

Pentru a înțelege disponibilitatea oamenilor de utiliza dispozitivele electrice, s-a realizat un studiu care să compare gradul de utilizare în activitatea profesională cu cel din mediul personal de viață al angajaților români. Studiul a avut în vedere dispozitivele specifice unui ”spațiu inteligent”, concept care presupune automatizarea și controlul de la distanță, aspecte ce țin de siguranța oamenilor, confortul ambiental și reducerea consumurilor.

Pentru analiză **s-a recurs la un studiu cantitativ**, pe bază de chestionar, în care au fost incluși toți cei 50 de angajați ai unei entități care își desfășoară activitatea în România. Avantajul cercetării totale, a tuturor angajaților este de a oferi o imagine exhaustivă a percepției la nivel de entitate cu privire la dispozitivele respective.

1.3. Importanța dispozitivelor electrice în domeniul medical în percepția viitorilor specialiști

1.3.1. Metodologia studiului

Ținând seama de potențialul și importanța dispozitivelor electrice pentru domeniul medical, a fost realizat un studiu în rândul viitorilor specialiști, pentru a cunoaște percepția pe care aceștia o au despre posibilitățile de valorificare a acestor dispozitive, ca o premisă pentru însușirea noilor tehnologii și disponibilitatea de a le valorifica în domeniul de activitate.

Pentru studiu am ales cercetarea directă, cantitativă, pe bază de chestionar, astfel încât să poată fi realizată o analiză comparativă a opiniilor între două grupe de respondenți. Colectivitatea generală stabilită pentru analiză este cea a studenților din anul I de la Facultatea de Medicină din cadrul Universității de Medicină și Farmacie „Carol Davila” București (abreviată în continuare UMF), și de la Facultatea de Inginerie Electrică, Electronică și Tehnologia Informației din Universitatea ”Valahia” din Târgoviște (abreviată în continuare UVT). Este vorba de două specializări care, prin natura lor, trebuie să integreze în teoria și practica de specialitate evoluțiile din domeniul dispozitivelor electrice. În același timp, alegerea a două specializări este menită să ne permită realizarea unei analize comparative între grupul studenților de la medicină și cel al studenților de la inginerie. Am limitat aplicarea studiului la studenții de anul I pentru a observa percepția acestora ”a priori”, înainte de expunerea la informațiile de specialitate din curricula universitară. Eșantionul de studiu a fost stabilit la 100 de subiecți, 50 de la fiecare facultate, iar metoda de selecție a fost de tip cluster [22].

Chestionarul rezultat a cuprins un număr de 15 întrebări și a fost aplicat online, în perioada 21-24 martie 2022, prin platforma Microsoft Forms, iar analiza aprofundată a răspunsurilor s-a realizat cu ajutorul funcțiilor din MS Excel.

Studiu se încadrează în categoria cercetărilor de tip exploratoriu, care au ca menire înțelegerea modului de manifestare a unui fenomen și formularea unor ipoteze și direcții de acțiune pentru cercetări ulterioare.

1.4. Conștientizarea tinerilor români cu privire la importanța dispozitivelor electrice utilizate pentru monitorizarea ambientală

1.4.1. Metodologia studiului

Acest studiu a avut ca scop analiza modului în care dispozitivele electrice de monitorizare a ambientului (abreviate în continuare ca DEMA) sunt percepute de către consumatorii potențiali, respectiv deschiderea manifestată față de aceste produse inovative și, pe de altă parte, reticențele existente la nivelul publicului.

Obiectivele concrete urmărite în cadrul acestui studiului au fost:

- Cunoașterea opiniei cu privire la utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în spațiul personal;
- Cunoașterea opiniei cu privire la utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în spațiul profesional;
- Cunoașterea opiniei cu privire la utilizarea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientului în activitatea medicală.

Pentru realizarea cercetării s-a optat pentru un studiu cantitativ, sub formă de sondaj care folosește ca instrument de colectare a informațiilor un chestionar. Avantajul acestui studiu este că permite măsurarea rezultatelor cu ajutorul unor indicatori statistici, precum și stabilirea unor corelații între anumite variabile analizate.

Eșantionul format pentru cercetare a fost alcătuit din studenți ai Facultății de Inginerie Electrică - Universitatea Politehnică București. Opțiunea pentru a realiza studiul în rândul acestui tip de populație se justifică prin faptul că este vorba de persoane care dispun de un minim de noțiuni cu privire la dispozitivele electrice.

Pe de altă parte, întrucât ne-am propus să studiem dacă nivelul de educație în domeniu are o influență asupra percepției cu privire la subiectul analizat, am introdus în chestionar o întrebare filtru pentru a afla dacă respondenții au studiat sau nu în facultate despre dispozitivele electrice pentru monitorizarea ambientului.

Chestionarul a fost distribuit online tuturor studenților, urmând ca analiza să stabilească dacă există diferențe de răspuns între studenți, în funcție de nivelul de informare cu privire la acest subiect. Studiul s-a derulat în perioada 12.01.2023-31.01.2023 prin intermediul platformei Microsoft Forms.

În urma realizării sondajului au fost obținute 155 de chestionare valide, datele colectate fiind analizate pe baza statisticilor descriptive, precum și prin folosirea testului de semnificație hi-pătrate pe sub-grupuri (Sub-grupul SG1 - ”studenți care au studiat” și Sub-grupul SG2 - ”studenți care nu au studiat” despre dispozitivele electrice pentru monitorizarea ambientului) pentru a stabili dacă cunoștințele de specialitate dobândite de respondenți influențează percepția lor cu privire la dispozitivele electrice de monitorizare a ambientului [23].

Capitolul 2. Impactul poluării aerului asupra sănătății și a mediului

2.1. Aspecte generale privind poluarea aerului

Poluarea aerului este o problemă socială care poate fi definită drept contaminarea aerului cu concentrații excesive de gaze, picături lichide sau substanțe solide care tind să dăuneze organismelor vii și să conducă la modificări nedorite ale mediului natural.

Mai exact, poluarea aerului este orice modificare a compoziției naturale și a caracteristicilor atmosferei. Aceste substanțe care duc la modificări nedorite ale mediului și exercită efecte adverse asupra biosferei se numesc poluanți ai aerului. De obicei, poluanții atmosferici sunt grupați în două clase, inclusiv poluanți primari și secundari.

Doctrina se referă la poluarea aeriană ca fiind eliberarea de poluanți în aer, parametrii ai căror valori sunt dăunătoare sănătății ființelor umane și mediului înconjurător. Potrivit Organizației Mondiale a Sănătății (OMS), anual, poluarea aerului este principala cauză pentru aproximativ 7 milioane de decese la nivel global. Nouă din zece oameni respiră în prezent aer care depășește limitele admise de OMS pentru poluanți, în special cei care locuiesc în țările cu venituri reduse suferă cel mai mult [24].

Efectele poluării aerului asupra corpului uman variază în funcție de tipul de poluant și de durata și nivelul de expunere, precum și de alți factori, inclusiv riscurile individuale pentru sănătate ale unei persoane și impactul cumulativ al poluanților sau factorilor de stres multipli.

Cu toate acestea, activitățile oamenilor nu au un efect pozitiv asupra mediului prin poluarea apei, a aerului și a solului. Chiar dacă revoluția industrială a avut un succes semnificativ în ceea ce privește societatea, tehnologia și furnizarea de servicii multiple, acest progres tehnologic a oferit și producția de cantități uriașe de poluanți emiși în aer, aceștia fiind dăunători sănătății umane.

2.8. Impactul poluanților atmosferici asupra mediului

Poluarea aerului are efecte negative atât în ceea ce privește ecosistemelor terestre, cât și a celor acvatice, degradând mediile și reducând biodiversitatea. Acest capitol examinează expunerea vegetației la poluanții atmosferici cheie. Se bazează atât pe estimări modelate ale expunerii totale, cât și pe măsurători de la stațiile de monitorizare din zonele rurale.

Ozonul de la nivelul solului dăunează culturilor agricole, pădurilor și plantelor prin reducerea ratelor de creștere, scăderea recoltelor și prin afectarea biodiversității și a serviciilor ecosistemice.

Anumiți poluanți atmosferici se depun pe suprafața Pământului, degradând astfel ecosistemele receptoare. Oxizii de azot și amoniacul din aer se depun pe uscat și în corpurile de apă, rezultând introducerea unor cantități excesive de azot. În corpurile de apă, acest lucru contribuie la eutrofizare, prin care excesul de nutrienți determină înflorirea algelor și reduc disponibilitatea oxigenului. În ecosistemele terestre sensibile, cum ar fi pajiștile, depășirea sarcinilor critice pentru depunerea de azot poate conduce la pierderea speciilor sensibile,

creșterea crescută a speciilor care beneficiază de niveluri ridicate de azot și modificări ale structurii și funcției ecosistemului.

Depunerea de dioxid de sulf, oxizi de azot și amoniac duce la modificări ale compoziției chimice a solurilor, lacurilor, râurilor și apelor marine printr-un proces cunoscut sub numele de acidificare, care perturbă ecosistemele și duce la pierderea biodiversității. Deoarece emisiile de dioxid de sulf au scăzut semnificativ în ultimele decenii, contribuția relativă a amoniacului și a oxizilor de azot au dus la acidificarea apelor de suprafață și a solului a crescut.

Metalele grele sunt poluanți toxici care parcurg distanțe lungi în atmosferă și sunt depuse în ecosisteme, ducând la acumularea acestor contaminanți în sol și la bioacumularea și bioamplificarea lor ulterioară în lanțul trofic [42].

Conform Convenției privind aerul UNECE, nivelul critic de expunere la ozon pentru protecția pădurilor este stabilit la 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pe oră. Orice concentrație în atmosferă peste acest nivel critic poate avea efecte negative directe asupra plantelor și ecosistemelor.

2.9. Impactul poluării aerului asupra sănătății

Expunerea la niveluri ridicate de poluare a aerului poate provoca o varietate de rezultate negative asupra sănătății. Crește riscul de infecții respiratorii, boli de inimă și cancer pulmonar.

Atât expunerea pe termen scurt, cât și pe termen lung la poluanții atmosferici au fost asociate cu efecte asupra sănătății. Efecte mai severe afectează persoanele care sunt deja bolnave. Minorii, vârstnicii și cazurile sociale sunt mai susceptibili. Cei mai dăunători poluanți, strâns asociați cu mortalitatea prematură excesivă, sunt particulele fine de $\text{PM}_{2,5}$ care pătrund adânc în căile pulmonare.

Organizația Mondială a Sănătății a subliniat în anul 2018 faptul că au fost înregistrate aproximativ 7 milioane de decese în fiecare an din cauza expunerii la particule fine din aer care pătrund adânc în plămâni și în sistemul cardiovascular, provocând afecțiuni semnificative, cum ar fi accident vascular cerebral, boli de inimă, cancer pulmonar, boli pulmonare obstructive cronice și infecții respiratorii.

Organizația precizează faptul că poluarea aerului ambiental a provocat aproximativ 4,2 milioane de decese în 2016, în timp ce poluarea aerului interior cauzată de gătitul cu combustibili și tehnologii care poluează a cauzat aproximativ 3,8 milioane de decese în aceeași perioadă [43].

2.12. Analiza caracteristicilor unor dispozitive pentru monitorizarea ambientului interior

Pentru a putea înțelege mai bine modul de funcționare și componentele din care sunt alcătuite dispozitivele construite pentru monitorizarea ambientului interior, în rândurile de mai jos este prezentată o analiză care a fost realizată cu scopul de a expune specificațiile tehnice a mai multor echipamentele de acest tip [67].

Capitolul 3. Proiectarea și realizarea practică a dispozitivului

3.1. Proiectarea dispozitivului

Pornind de la analiza efectuată în capitolele anterioare se justifică pe deplin demersul de a proiecta și realiza practic un dispozitiv care să îndeplinească următoarele obiective:

- folosirea unui număr minim de senzori pentru achiziția parametrilor ambientali (temperatură, umiditate și particule în aer, concentrație de CO, CO₂, TVOC și zgomot);
- monitorizarea parametrilor ambientali și stocarea lor într-o bază de date;
- menținerea parametrilor ambientali în domenii prestabilite (sub valorile acestora de risc) printr-un circuit de alarmă și control;
- implementarea unei interfețe interactivă cu ecran digital și funcție ceas;
- utilizarea unui circuit intern de monitorizare a consumului.

3.2. Realizarea practică a dispozitivului

Dispozitivul propus de monitorizare ambientului interior are la bază un bloc de monitorizare și control alcătuit din două microcontrolere care colectează datele de la senzori și gestionează cazurile de alarmă și comunicarea cu exteriorul. Diagrama bloc a acestui dispozitiv este prezentată în Fig. 3.3.

Microcontrolerul ATmega328p comunică cu senzorii ambientali (pentru temperatură, umiditate, particule în aer, monoxid de carbon, dioxid de carbon, TVOC și zgomot), senzorul de monitorizare consum, modul ceas și interfața fizică cu utilizatorul. Datele de la senzori sunt transmise mai departe către microcontrolerul ESP8266 care compară valorile primite cu o serie praguri prestabilite prin care se determină cazurile de alarmă. Tot acesta comunică cu o interfața web prin intermediul rețelei locale WiFi.

Interfața cu utilizatorul constă din un ecran OLED și trei butoane. Butoanele sunt folosite pentru a controla valorile afișate pe ecran. Inițial, afișajul arată ora (hh:mm), data (ZZ/LL/AAAA), temperatura și umiditatea.

Butoanele 1 și 2 comută între afișarea:

- temperatură și umiditate;
- concentrație CO și CO₂;
- particule în aer, TVOC și zgomot.

Butonul 3 permite setarea datei și orei.

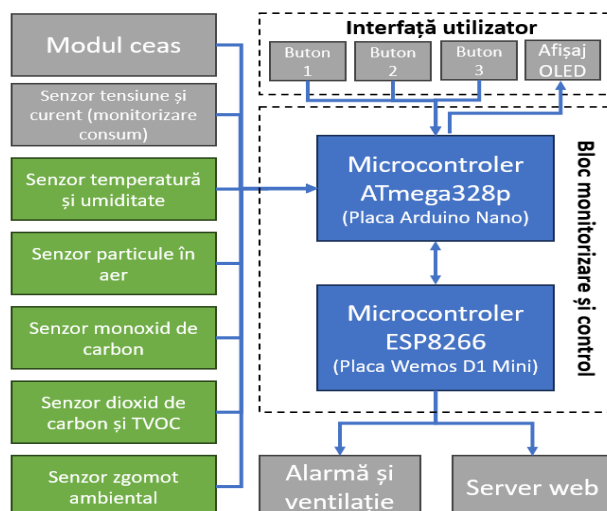


Fig. 3.3. Diagrama bloc a dispozitivului propus

3.4. Programare dispozitiv

Dispozitivul realizat are la bază două microcontrolere: ATmega328p de pe placa de prototipare Arduino Nano și ESP8266 (de pe placa Wemos D1) (Fig. 3.27) [87].

Interfața ATmega328p dispune de suficienți pini și module de comunicare pentru a permite conectarea senzorilor aleși, însă dispune de o memorie limitată (32 KB memorie flash, 2 KB memorie RAM). Microcontrolerul ESP8266 nu are această problemă, însă interfața lui e mult mai limitată (un singur pin analogic, 8 pini digitali și 2 pini dedicați pentru modulul UART). Soluția dezvoltată a fost de a folosi microcontrolerul ATmega328p pentru comunicarea cu modulul ceas (inclusiv funcțiile de setare a orei și alarmei), preluarea datelor de la senzori și gestionarea interfeței fizice cu utilizatorul.

Microcontrolerul ESP8266 primește datele de la celălalt microcontroler, transmite datele către baza de date și gestionează cazul de alarmă (monitorizare parametrii calității aerului, controlează ventilatorul extern, deschiderii geamului, declanșează semnalele vizuale și audio).

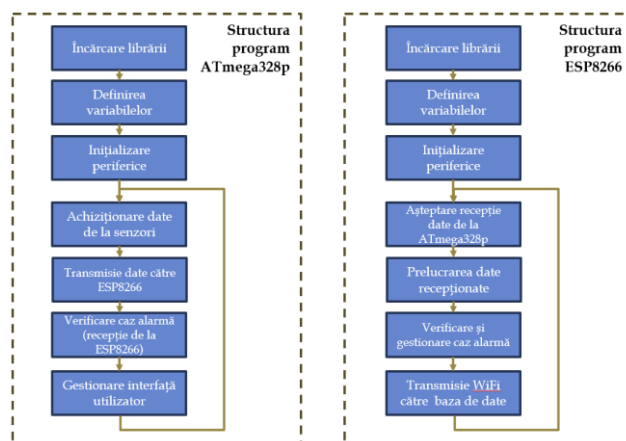


Fig. 3.27. Diagramele bloc pentru codul ATmega328p și ESP8266

În Fig. 3.27 este reprezentată structura generală a programelor de monitorizare ambientului interior folosite de dispozitivul propus. Ambele coduri au aceeași structură de inițializare: se încarcă librăriile utilizate, se definesc variabilele și se inițializează perifericele necesare pentru comunicarea cu modulele externe. Programul de pe ATmega328p achiziționează datele de la toți senzorii folosiți și modulul ceas. Acesta prelucrează datele primite, apoi transmite-le către microcontrolerul ESP8266 prin UART. După transmisie, se verifică dacă s-a primit un caz de alarmă de la ESP8266 (caz în care activează alarma audio). În final, se verifică dacă utilizatorul a apăsato butoanele din interfața fizică, acționând comanda detectată. Codul apoi revine la partea de achiziție. Este important de precizat că parcurgerea prin toate etapele repetitive se face la ordinul zecilor de milisecunde pentru a asigura un răspuns rapid la alarma și la apăsarea unui buton, în etapa de achiziționare se face citirea doar la un pas prestabilit de ordinul secundelor.

3.6. Costuri dispozitiv

Obiectivul acestui capitol este de a estima costul pentru realizarea dispozitivului construit pentru monitorizarea parametrilor ambientali.



Figura 3.36. Dispozitivul prototip de monitorizare ambientală complet asamblat (stânga) și circuitul său intern (dreapta)

Estimarea costului de realizare a dispozitivului s-a făcut ținând cont de unele aspecte generale, acestea fiind prezentate în rândurile care urmează.

Costul componentelor utilizate în realizarea dispozitivului sunt medii ale unor prețuri la vedere practicate de diferiți furnizori.

În estimarea costului de realizare nu s-a luat în considerare costul transportului componentelor.

Capitolul 4. Testarea dispozitivului și analiza măsurătorilor

4.1. Testarea dispozitivului

Pentru testarea și calibrarea dispozitivului au fost utilizate trei echipamente achiziționate din comerț care vor fi prezentate în rândurile următoare, acestea fiind calibrate și testate din fabrică.

T-Z01 Pro. Detector de calitate a aerului

Monitorul de calitate a aerului T-Z01 este un detector de înaltă performanță pentru calitatea aerului la domiciliu, utilizat în principal pentru a monitoriza concentrațiile de gaze PM2.5, HCHO, TVOC, CO și CO2, precum și temperatura și umiditatea.

Acest dispozitiv este potrivit pentru testarea concentrației de aer în spații restrânse precum casa, mobilierul din lemn, articolele din piele, spațiile de birou și interior.

T-Z05. Contor digital de zgomot

Acest sonometru de înaltă calitate permite măsurarea ușoară a zgomotului ambiental pentru gestionarea zgomotului și a calității. care poate fi utilizat pentru ingineria zgomotului, controlul calității, prevenirea sănătății și diverse măsurători ale zgomotului de mediu. Cum ar fi fabrici, birouri, drumuri, familii, audio și alte ocazii. Este o unitate fantastică de măsurare a zgomotului pentru măsurători de sunet precise și de înaltă calitate, cu o gamă dinamică de la 30 dB la 130 dB.

Multimetru Gw Instek GDM-8341

GDM-8341 este un multimetru de măsurare dublă care are caracteristici de excepție, având capacitatea de 50.000 de numărări, un afișaj dublu de calitate VFD, precizie de bază de tensiune DC de 0,02% și un conector de protocol USB pentru a oferi utilizatorilor precizie de măsurare, observare clară a datelor și o posibilitate facilă de conectare la calculator personal.

4.3. Realizarea măsurătorilor privind consumul

Pentru efectuarea măsurătorilor a fost utilizat multimetrul mai sus menționat, Gw Instek GDM-8341, rezultatele fiind prezentate în rândurile care urmează.

4.3.1. Consumul general al circuitului

În Fig. 4.11 este prezentat consumul total al circuitului.

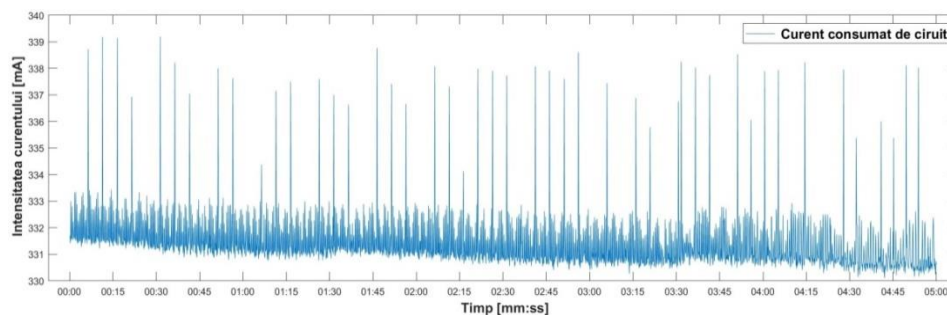


Fig. 4.11. Curent consumat de circuit

În Fig. 4.12 este prezentată tensiunea de alimentare a circuitului.

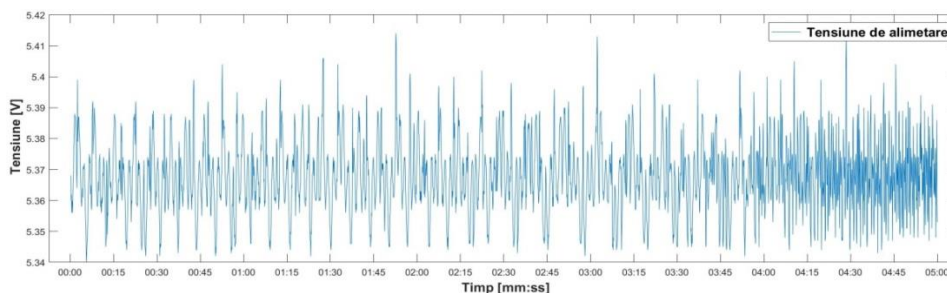


Fig. 4.12. Tensiune de alimentare circuit

4.3.2. Determinarea parametrilor electrics ai circuitului în regim normal de funcționare

În acest subcapitol se vor determina parametrii electrics ai circuitul prototip construit pentru monitorizarea ambientului interior. Pe durata monitorizării consumului, parametrii monitorizați sunt menținuți sub limitele de alarmă. Consumul în regim de alarmă este discutat în capitolul 4.3.3. Se investighează și consumul individual de curent pentru componentele ce alcătuiesc circuitul (cele două plăci de prototipare, afișajul OLED, modulul ceas și senzorii folosiți). Măsurătorile au fost efectuate cu un multimetru digital GW Instek GDM-8341. Datele au fost achiziționate de la multimetru în Microsoft Excel prin intermediul unui Add-in oferit de GW Instek ce comunică cu aparatul de măsură prin interfața USB. Rezultatele de mai jos au fost obținute în urma a 10 măsurători pe secundă timp de 5 minute, astfel fiecare reprezentare grafică conține 3000 de puncte.

Concluzii

C1. Concluzii generale

Prezenta cercetare doctorală și-a propus să abordeze problematica dispozitivelor utilizate pentru monitorizarea ambientului din interior și a fost organizată în două etape, prima menită să analizeze gradul de utilizare a dispozitivelor electrice de monitorizare și disponibilitatea beneficiarilor potențiali de a le folosi în viitor și a doua, axată pe construirea unui dispozitiv pentru monitorizare ambientală.

Preocuparea pentru introducerea în consumul individual a dispozitivelor IoT se manifestă la nivel european și prin adoptarea unor indicatori care să urmărească stadiul în care se află fiecare țară. În acest sens au fost definite șase categorii de dispozitive IoT pentru care se colectează date la nivelul fiecărei țări: ”dispozitive conectate pentru managementul energiei în spațiul personal”, ”dispozitive conectate pentru securitatea/siguranța în spațiul personal”, ”electrocasnice conectate”, ”folosirea unui asistent virtual”, ”folosirea conexiuni TV / internet pentru uz personal”, ”folosirea conexiunii internet pentru consolă de jocuri în spațiul personal”.

În ceea ce privește disponibilitatea românilor de a utiliza aceste dispozitive specifice ”spațiului inteligent”, studiul pe care l-am realizat arată deschidere a persoanelor către utilizarea acestor dispozitive, îndeosebi la locul de muncă, interesul pentru folosirea lor la domiciliu fiind frânat îndeosebi de percepția referitoare la anvergura investiției. Analiza pe categorii socio-demografice indică existența unor segmente de angajați care manifestă o deschidere mai mare față de dispozitivele specifice ”spațiului inteligent”, aspecte care pot fi valorificate în contextul unor campanii de promovare a avantajelor acestor dispozitive pe diferite segmente de piață. Ca o limită a acestui studiu menționăm modul de selecție a entității analizate, pe care nu o putem considera reprezentativă din punct de vedere statistic la nivel național, rezultatele având exclusiv un caracter exploratoriu.

În privința disponibilității de a aplica dispozitivele electrice în domeniul medical, studiul realizat pe studenții la medicină și inginerie, ca viitori specialiști puși în fața unor decizii legate de aceste echipamente, a evidențiat faptul că ambele categorii sunt deschise în ceea ce privește utilitatea și aplicabilitatea dispozitivelor.

În ceea ce privește folosirea dispozitivelor electrice pentru monitorizarea ambientală (abreviate DEMA), rezultatele studiului care a fost realizat în rândul studenților de la inginerie electrică, viitori specialiști în domeniu, arată că aceștia atribuie o importantă ”medie” spre ”ridică” DEMA indiferent dacă este vorba de aplicarea lor în mediul personal, profesional sau medical. Analiza răspunsurilor pe cele două sub-grupuri de studenți – ”cei care au studiat în facultate” despre DEMA și ”cei care nu au studiat” - a evidențiat diferențe mari, semnificative din punct de vedere statistic, pentru doi dintre itemii analizați:

- ”importanța atribuită DEMA pentru locuința personală”: cei care au studiat despre DEMA atribuindu-le o importanță mai mare;
- ”dezavantajele DEMA la domiciliu”: cei care au studiat despre DEMA, indicând în proporție mai mare nivelul ridicat al investiției, dificultatea de implementare și

dificultatea de utilizare din punct de vedere tehnic, în timp ce cei care nu au studiat despre DEMA au evocat consumul ridicat și chiar neîncrederea în eficiență.

Datele obținute sunt importante datorită faptului că segmentul tinerilor este cel mai deschis către acceptarea tehnologiilor inovative, așa cum arată și studiul Startcom derulat recent în România.

Rezultatele astfel obținute ne arată că este necesar ca atât caracteristicile, cât și modul de implementare a EDEM să fie popularizate în primul rând printre specialiștii din domeniul ingineriei electrice, dar și în rândul publicului larg care poate deveni utilizator – beneficiar al acestor dispozitive. Practic, numai printr-o înțelegere a principalele implicații tehnice și ambientale se pot crea premisele pentru integrarea acestor dispozitive în diferite domenii profesionale și depășirea rezervelor legate de folosirea lor în spațiul personal de viață.

În ceea ce privește poluarea mediului și impactul acesteia asupra sănătății și ecosistemelor, studiile au evidențiat influența negativă a ozonului de la nivelul solului, oxizilor de azot, amoniacului și depunerilor de sulf, precum și a metalelor grele. Organismele specializate au stabilit nivele critice privind prezența acestor poluanți, iar depășirea lor are efecte nefaste asupra sănătății și ecosistemelor terestre, respectiv acvatice. În cazul sănătății umane, poluarea atmosferică este responsabilă de afecțiuni respiratorii, boli de inimă, cancer pulmonar, acestea cauzând inclusiv decese, mai ales în țările cu venituri mici și medii (cum sunt cele din Asia, Africa, regiunea Mediteranei de Est sau Europa). Numeroase studii, la nivel internațional, au evidențiat relația dintre poluarea aerului și mortalitatea neaccidentală (cum ar fi cea cauzată de expunerea la ozon, dioxid de sulf, particulele fine $PM_{2.5}$). Atunci când nu duc la mortalitate, acești factori poluatori pot afecta sistemul nervos central prin reacții neuroimune sau neuroinflamatorii, pot genera modificări fiziologice.

Realizarea practică a dispozitivului, colectarea datelor și efectuarea măsurătorilor privind ambientul și consumul de energie au fost realizate în orașele Târgoviște și București, ambele situate în România. După conectarea componentelor din care a fost construit echipamentul, pentru a îndeplini rezultatele propuse, a devenit necesară calibrarea senzorilor, o etapă foarte importantă pentru realizarea unei monitorizări corecte.

În cercetarea efectuată, rezultatele măsurătorilor au fost stabilite prin comparații cu valorilor de măsurare în timp real ale unor dispozitive calibrate și testate din fabrică, acest proces fiind esențial pentru diminuarea semnificativă a probabilității de realizare a unor citiri eronate ale datelor de la senzorii din care este alcătuit dispozitivul creat. Având în vedere modul în care a fost desfășurată cercetarea, este de așteptat ca rezultatele obținute privind măsurătorilor ambientului să se încadreze în limitele admise.

Modul de lucru, componentele care alcătuiesc dispozitivul și echipamentele utilizate pentru testarea acestuia în realizarea acestei cercetări servesc la consolidarea validării datelor și la confirmarea rezultatelor de calibrare.

Obiectivul acestei cercetări este de a sublinia importanța monitorizării permanente a ambientului, acest proces având un impact semnificativ deoarece le oferă inginerilor, oamenilor de știință și factorilor de decizie oportunitatea de a lua măsurile necesare bazate pe informații corecte pentru gestionarea și îmbunătățirea calității vieții și a mediului înconjurător.

C2. Contribuții originale

În prezenta cercetare doctorală s-a urmărit **efectuarea mai multor studii** privind:

- *Importanța tehnologiei și a internetului lucrurilor* atât în viața personală, cât și în cea profesională;
- *Conștientizarea nevoilor realizării unor monitorizări permanente a ambientului și impactului poluării asupra sănătății și a mediului, scopul final fiind construirea unui dispozitiv electric care să aibă capacitatea de obține rezultate corecte în timp real în ceea ce privește monitorizarea ambientului interior și a consumului propriu de energie.*

Cercetarea are un caracter interdisciplinar prin prisma domeniilor abordate.

În cercetarea realizată, s-a studiat gradul de utilizare și oportunitățile de aplicare a dispozitivelor electrice atât în spațiul personal al indivizilor, cât și în cel profesional iar, ca domenii, am aprofundat situația din domeniul medical și cel al mediului.

O altă contribuție originală constă în metodologia folosită pe parcursul cercetării. Astfel, cercetarea a îmbinat metoda de cercetare empirică, bazată pe raționamentul inductiv, cu metoda de *cercetare de tip constructivist care a dus la conceperea unui dispozitiv de monitorizare ambientală.*

În ceea ce privește partea practică, a fost construit un dispozitiv care are capacitatea de a monitoriza ambientul interior, iar după efectuarea mai multor seturi de măsurători, au fost bine analizate rezultatele obținute și parametrii de funcționare ai echipamentului și s-au realizat modelarea și optimizarea acestora, în strânsă legătură cu consumul de energie.

Pentru justificarea acestei cercetări, care au condus la realizarea practică a echipamentului, ***au fost realizate următoarele studii:***

- Utilizarea dispozitivelor electrice în spații inteligente: mediu profesional versus mediu personal;
- Importanța dispozitivelor electrice în domeniul medical în percepția viitorilor specialiști;
- Conștientizarea tinerilor români cu privire la importanța dispozitivelor electrice utilizate pentru monitorizarea ambientală;
- Analiza statistică a penetrației internetului lucrurilor (IoT) în consumul individual în țările UE.

Alte contribuții proprii sunt:

- proiectarea dispozitivului pe baza studiilor realizate;
- realizarea practică (prototip) a dispozitivului pe baza proiectului propus;
- calibrare dispozitiv;
- programare dispozitiv;
- testare dispozitiv;
- analiza privind costurile de achiziție a componentelor;
- efectuarea unor seturi de măsurări ale parametrilor ambientali și electrice ai dispozitivului;
- analiza rezultatelor și modelarea matematică utilizând mediul de programare Matlab.

Bibliografie

1. *Caciuc Leonora*, Metodologia cercetării științifice, https://www.academia.edu/28768956/Metodologia_cercetării_științifice_Prof_Dr_Univ_Leonora_Caciuc, 12.01.2023;
2. *Mohd Muntjir, Mohd Rahul*, An Analysis of Internet of Things (IoT): Novel Architectures, Modern Applications, Security Aspects and Future Scope with Latest Case Studies, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Volume 6, Issue 06, June, 2017;
3. *Patrick Nitschke, Susan P. Williams*, Conceptualizing the Internet of Things Data Supply, Science Direct, Procedia Computer Science 181, Pages 642-649, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.213>;
4. *Keyur K Patel, Sunil M Patel*, Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges, International Journal of Engineering Science and Computing, Pages 6122-6131, May 2016, DOI 10.4010/2016.1482;
5. *Theo Lynn, John G. Mooney ș.a.*, The Cloud-to-Thing Continuum, Editura Palgrave Macmillan, Cham, 2020;
6. *Sachin Kumar, Prayag Tiwari ș.a.*, Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review, Journal of Big Data, Volume 6, Nr. 11, 2019;
7. *Techahead*, Evolution of Internet of Things (IoT): Past, present and future, 2022, accesibil la adresa <https://www.techaheadcorp.com/knowledge-center/evolution-of-iot/>;
8. *Ruth Ande, Bamidele Adebisi*, Internet of Things: Evolution and technologies from a security perspective, Sustainable Cities and Society, Volume 54, Martie 2020, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101728>;
9. *Sarah Greenberg*, Birth and evolution of Internet of Things, BCCResearch, 2021, accesibil electronic la adresa <https://blog.bccresearch.com/birth-and-evolution-of-internet-of-things-iot/>;
10. *Abid, Muhammad Aneeq, Naokhaiz Afaqui, Muazzam A. Khan, Muhammad Waseem Akhtar, Asad Waqar Malik, Arslan Munir, Jawad Ahmad, Balawal Shabir*, Evolution towards Smart and Software-Defined Internet of Things AI 3, No. 1, Pages 100-123, 2022, <https://doi.org/10.3390/ai3010007>;
11. *Malhotra, Parushi, Yashwant Singh, Pooja Anand, Deep Kumar Bangotra, Pradeep Kumar Singh, Wei-Chiang Hong*, "Internet of Things: Evolution, Concerns and Security Challenges" *Sensors* 21, No. 5: 1809, 2021, <https://doi.org/10.3390/s21051809>;
12. *Savu Daniel, Tomescu Mihaela, Băjenaru Lidia*, Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 27, Nr. 1, 2017, <https://irria.ici.ro/wp-content/uploads/2017/03/03-ART1-RRIA-1-2017-Savu-Tomescu-Bajenaru-IoT2017.pdf>;
13. *Brown C.E.*, Coefficient of Variation in Applied Multivariate Statistics in Geohydrology and Related Sciences, Springer, Berlin, Heidelberg, 1998, https://doi.org/10.1007/978-3-642-80328-4_13;
14. *Cernian Alexandru*, 10 tendințe tehnologice care vor modela anul 2023, Revista Market Watch, 15 februarie, www.marketwatch.ro/articol/18032/10_tendinte_tehnologice_care_vor_modela_anul_2023/EC, Ghid de redactare instituțional, anexa 6 - Codurile țărilor și teritoriilor, <https://publications.europa.eu/code/ro/ro-5000600.htm>, 22.3.2023.
15. *EC*, IoT and the Future of Edge Computing in Europe, 29 June 2022, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/iot-and-future-edge-computing-europe>;

16. EC, Shaping Europe's digital future, The next generation Internet of Things, 2023, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/next-generation-internet-things>, accesat în 31.3.2023;
17. Eurostat, "Internet of Things - use", 2020, 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_iiot_use/default/table?lang=en, accesat în 28.02.2023;
18. Eurostat, Internet of Things - barriers to use, 2020, 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_iiot_bx/default/table?lang=en, accesat în 28.02.2023;
19. NGIoT, NGIoT Report: A Roadmap for IoT in Europe, 12 January 2022, <https://www.ngiot.eu/ngiot-report-a-roadmap-for-iot-in-europe/> Savu Daniel, Tomescu Mihaela, Băjenaru Lidia, Revista Română de Informatică și Automatică, Volume 27, Nr. 1, 2017, <https://rria.ici.ro/wp-content/uploads/2017/03/03-ART1-RRIA-1-2017-Savu-Tomescu-Bajenaru-IoT2017.pdf>;
20. Schober Patrick, Boer Christa, Schwarte Lothar, Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation, Anesthesia & Analgesia, 126(5), p. 1763-1768, 2018, DOI: 10.1213/ANE.0000000000002864;
21. Pica A. Ș., Marcu L., Pica M.V., Study on the Use of Electrical Devices in Smart Spaces: Professional Environment versus Personal Environment, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, Volume 21, Issue 1, Pages 46-51, 2021, DOI: 10.2478/sbeef-2021-0010;
22. Aurel Ștefan Pica, Isabela Elena Bănescu, Laura Marcu, Nicoleta Angelescu, Cosmin Panțu, The importance of electronic devices in the medical field in the perception of future specialists, 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Ploiești, Romania, Pages 01-06, 2022, DOI: 10.1109/ECAI54874.2022.9847488;
23. Aurel Ștefan Pica, Laura Marcu, George Serîțan, Awareness of young Romanians regarding the importance of electrical devices used for ambiental monitoring, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 2023 (trimis spre publicare);
24. Jeff Turrentine, Air Pollution: Everything You Need to Know, NRDC, 22.06.2021 accesibil în format electronic la adresa <https://www.nrdc.org/stories/air-pollution-everything-you-need-know#whatis>;
25. Jagriti Saini, Maitreyee Dutta, Gonçalo Marques, A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health, Sustainable Environment Research, 30, 6, 2020, <https://doi.org/10.1186/s42834-020-0047-y>;
26. Ioannis Manisalidis ș.a., Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review, Front. Public Health, Sec. Environmental health and Exposome, Volume 8, 2020, <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>;
27. Roy M. Harrison, Airborne particulate matter, Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences 378(2183):20190319, 2020, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0319>;
28. Irini M. Dijkhoff, Impact of airborne particulate matter on skin: a systematic review from epidemiology to in vitro studies, Particle and Fibre Toxicology, Volume 17, Article number 35, 2020, <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00366-y>;
29. Ki-Hyun Kim, Ehsanul Kabir, Shamin Kabir, A review on the human health impact of airborne particulate matter, Environment International Volume 74, Pages 136-143, January 2015, DOI: 10.1016/j.envint.2014.10.005;

30. *Barbara J. Finlayson-Pitts, Lisa M. Wingen, Véronique Perraud, Michael J. Ezell*, Open questions on the chemical composition of airborne particles, *Communications Chemistry*, Volume 3, Article number 108, 2020, <https://doi.org/10.1038/s42004-020-00347-4>;
31. *Agenția pentru protecția mediului din Statele Unite ale Americii (APM)*, Smog, Soot, and Other Air Pollution from Transportation, accesibil la adresa <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/smog-soot-and-other-air-pollution-transportation>;
32. *Agenția Europeană pentru Mediu (AEM)*, Air pollution, 2023, accesibil la adresa <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>;
33. *Guangbiao Zhou, Tobacco*, air pollution, environmental carcinogenesis, and thoughts on conquering strategies of lung cancer, *Cancer Biol Med.*; 16(4): 700–713, 2019, DOI: 10.20892/j.issn.2095-3941.2019.0180;
34. *Organizația Mondială a Sănătății, Tobacco: poisoning our planet, Editor OMS*, accesibil la adresa <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051287>, ISBN: 9789240051287;
35. *Mircea M., Calori G., Pirovano G., Belis C.A.*, European guide on air pollution source apportionment for particulate matter with source oriented models and their combined use with receptor models, JRC Technical Report, European Commission, 2020, RC119067 EUR 30082 EN;
36. *Clappier, A., Thunis, P., Pirovano, G., Riffault V., Gilardoni, S.*, Source apportionment to support air quality management practices, A fitness-for-purpose guide (V 4.0), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, DOI:10.2760/781626;
37. *Moustapha Kebe ș.a.*, Source Apportionment and Assessment of Air Quality Index of PM2.5-10 and PM2.5 in at Two Different Sites in Urban Background Area in Senegal, *Atmosphere*, 12(2), 182, 2021, <https://doi.org/10.3390/atmos12020182>
38. *Agenția pentru protecția mediului din Statele Unite ale Americii (APM)*, Air Quality Index - A Guide to Air Quality and Your Health, 2014, accesibil la adresa https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aqi_brochure_02_14_0.pdf;
39. *Hanin Alkabbani, Ashraf Ramadan, Qinqin Zhu, Ali Elkamel*, An Improved Air Quality Index Machine Learning-Based Forecasting with Multivariate Data Imputation Approach, *Atmosphere* 2022, 13, 1144. <https://doi.org/10.3390/atmos13071144>
40. *Joanna Badach, Dimitri Voordeckers, Lucyna Nyka, Maarten Van Acker*, A framework for Air Quality Management Zones - Useful GIS-based tool for urban planning: Case studies in Antwerp and Gdańsk, *Building and Environment*, Volume 174, May 2020, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106743>;
41. *Khaled Ahmad Ali Abdulla Al Koas*, GIS-based Mapping and Statistical Analysis of Air Pollution and Mortality in Brisbane, Australia, School of Built Environment and Engineering, Research Faculty of Built Environment and Engineering Queensland, University of Technology, 2010, Teză de dizertație;
42. *Agenția Europeană pentru Mediu (AEM)*, Impacts of air pollution on ecosystems, 2022, accesibil la adresa <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/impacts-of-air-pollution-on-ecosystems>;
43. *Organizația Mondială a Sănătății*, 9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action, 02.05.2018, accesibil la adresa <https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>;
44. *Programul Națiunilor Unite pentru Mediu*, Pollution Action Note - Data you need to know, 30.08.2022, accesibil la adresa <https://www.unep.org/interactive/air-pollution->

- note/?gclid=Cj0KCQjw0tKiBhC6ARIsAAOXutn-ND6HBCfMXe8kMBICcWSZK_pU19z4JJNWkiOxR6XJyUEXzvISHZgaAjrEALw_wcB;
45. *Agenția Europeană pentru Mediu*, 28.04.2023, accesibil la adresa <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>;
 46. *WHO global air quality guidelines*, Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, Executive summary, Geneva: World Health Organization, 2021, pp. 4-5, accesibil la adresa <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, accesat la data de 20.07.2023;
 47. *Guvernul Canadei, Ministerul Sănătății*, Health Impacts of Air Pollution in Canada Estimates of premature deaths and nonfatal outcomes 2021 Report, 2021;
 48. *Clara G. Zundel, Patrick Ryan ș.a.*, Air pollution, depressive and anxiety disorders, and brain effects: A systematic review, *NeuroToxicology* Vol. 93, Decembrie 2022, Pages 272-300, 2022, DOI: 10.1016/j.neuro.2022.10.011;
 49. *Erika von Schneidmesser, Charles Driscoll, Harald E. Rieder, Luke D. Schiferl*, How will air quality effects on human health, crops and ecosystems change in the future?, *Phil.Trans.R.Soc. A378*, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0330>;
 50. *Center for Health Protection*, The health effects of air pollution, 03.06.2020, accesibil la adresa <https://www.chp.gov.hk/en/healthtopics/content/460/3557.html>.
 51. *Potrivit Agenției pentru protecția mediului din SUA*, informație accesată la adresa <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>, pagină accesată la 20.07.2023;
 52. *Guicai Ning, Shigong Wang, Steve Hung Lam Yim, Jixiang Li, Yuling Hu, Ziwei Shang, Jinyan Wang, Jiaxin Wang*, Impact of low-pressure systems on winter heavy air pollution in the northwest Sichuan Basin, China, *European Geosciences Union, Article, Volume 18, Nr. 18, Pages 13601–13615*, 2018, <https://doi.org/10.5194/acp-18-13601-2018>;
 53. *Potrivit tabelului cu standarde pentru aerul ambiental din SUA*, accesibil la adresa <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>, accesat la data de 20.07.2023;
 54. *Potrivit Raportului pilot european cu privire la calitatea aerului din anul 1993*, modificat în anul 2016, accesibil la adresa <https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X/page024.html>, accesat la data de 20.07.2023;
 55. *Potrivit tabelului cu standarde pentru aerul ambiental din SUA*, actualizat la 13.03.2023, <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>, accesat la data de 20.07.2023;
 56. *Standarde de performanță privind emisiile de CO₂ pentru mașini și camionete*, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en, accesat la data de 20.07.2023;
 57. *WHO global air quality guidelines*, Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, Executive summary, Geneva: World Health Organization, 2021, pp. 4-5, accesibil la adresa <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, accesat la data de 20.07.2023;
 58. *Bang CS, Lee K, Choi JH, Soh JS, Hong JY, Baik GH, Kim DJ*, Ambient air pollution in gastrointestinal endoscopy unit; rationale and design of a prospective study. *Medicine (Baltimore)*, 97(49):e13600, DOI: 10.1097/MD.0000000000013600, 2018;
 59. *Controlul umidității, parte a instrumentelor de proiectare a calității aerului din interior pentru școli*, studiu elaborat de Agenția pentru protecția mediului din SUA, actualizat la 14.09.2022, accesat la

- adresa <https://www.epa.gov/iaq-schools/moisture-control-part-indoor-air-quality-design-tools-schools>, accesat la data de 20.07.2023;
60. *Bang CS, Lee K, Choi JH, Soh JS, Hong JY, Baik GH, Kim DJ*, Ambient air pollution in gastrointestinal endoscopy unit; rationale and design of a prospective study. *Medicine (Baltimore)*, 97(49):e13600, DOI: 10.1097/MD.00000000000013600, 2018;
 61. *Potrivit tabelului cu standarde pentru aerul ambiental din SUA elaborat de Agenția SUA pentru protecția mediului*, actualizat la 15.03.2023, accesibil la adresa <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>, accesat la 20.07.2023;
 62. *Standardele UE de calitate a aerului elaborate la momentul anului 2020*, accesibil la adresa https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en, accesat la data de 20.07.2023;
 63. *Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H. Schwela*, "Guidelines for community noises", World Health Organization, Aprilie 1999, pp. 43-47;
 64. *WHO global air quality guidelines*, Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, Executive summary, Geneva: World Health Organization, 2021, pp. 4-5, accesibil la adresa <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, accesat la data de 20.07.2023;
 65. *Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa*, publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L152 din 11.06.2008, în vigoare, formă consolidată în 18.09.2015;
 66. *Directiva 2004/107/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 decembrie 2004*, privind arsenicul, cadmiul, mercurul, nichelul și hidrocarburile aromatice policiclice în aerul înconjurător, publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene nr. L226 din 29.08.2015, în vigoare, formă consolidată în 18.09.2015;
 67. *Aurel Ștefan Pica, Isabela Elena Banescu*, Survey of Electrical Ambient Intelligence (AmI) Devices Built for Environmental Monitoring, Electronics, 15th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, Bucharest, Romania, pp. 01-07, 2023, DOI: 10.1109/ECAI58194.2023.10194124;
 68. *P. Minetolaa, D. Eysers*, Energy and cost assessment of 3D printed mobile case covers, *Procedia CIRP*, Volume 69, Pages 130-135, 2018, DOI:10.1016/j.procir.2017.11.065e
 69. *H. Al-Mimi, A. Al-Dahoud, M. Fezari, M. Sh. Daoud*, A Study on New Arduino NANO Board for WSN and IoT Applications, *International Journal of Advanced Science and Technology*, Volume 29, Number 4, 2020;
 70. *S. Chaudhary, V. Bhargave, S. Kulkarni, P. Puranik, A. Shinde*, Home Automation System Using WeMos D1 Mini, *International Research Journal of Engineering and Technology*, Volume 05, Issue 05, May 2018;
 71. *R. A. Koestoer, N. Pancasaputra, I. Roihan, Harinaldi*, A simple calibration methods of relative humidity sensor DHT22 for tropical climates based on Arduino data acquisition system, The 10th International Meeting of Advances in Thermofluids (IMAT 2018) AIP Conf. Proc. 2062, 2019, <https://doi.org/10.1063/1.5086556>;
 72. *U. Z. Jovanovic, I. D. Jovanovic, A. Z. Petrusic, Z. M. Petrusic, D. D. Mancic*, Low-cost Wireless Dust Monitoring System, *International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications*, October 2013, DOI:10.1109/TELSKS.2013.6704458;

73. *N. Kobbekaduwa, P. Oruthota, W. R. de Mel*, Calibration and Implementation of Heat Cycle Requirement of MQ-7 Semiconductor Sensor for Detection of Carbon Monoxide Concentrations, *Advances in Technology*, 2021, 1(2), 377-392, <https://doi.org/10.31357/ait.v1i2.5068>;
74. *C. Bambang Dwi Kuncoro, Aurelia Amaris, Arvanida Feizal Permana*, Smart Wireless CO2 Sensor Node for IoT Based Strategic Monitoring Tool of The Risk of The Indoor SARS-CoV-2 Airborne Transmission, *Appl. Sci.* 2022, 12, 10784. <https://doi.org/10.3390/app122110784>;
75. *L. A. S. Lapono, R. K. Pingak*, Design of Noise Level Monitoring Based On Arduino Uno, The First International Conference and Exhibiton on Sciences and Technology, Faculty of Science and Engineering UNDANA, Labuan Bajo, East Nusa Tenggara, Indonesia, Volume 1, October 2018;
76. *H. Maghfiroh, J. T. Affandy, F. Adriyanto, M. Nizam*, Single Phase Inverter with Power Monitoring using Arduino, *International Conference on Science & Technology, Journal of Physics: Conference Series*, 1844 (2021) 012016, DOI: 10.1088/1742-6596/1844/1/012016;
77. *R. Wahyuni, A. Rickyta, U. Rahmalisa, Y. Irawan*, Home Security Alarm Using Wemos D1 and HCSR501 Sensor Based Telegram Notification, *Journal of Robotics and Control*, Volume 2, Issue 3, May 2021, DOI: 10.18196/jrc.2378;
78. *A. C. Gheorghe*, Guidar audio amplifier using IC LM386, *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, Volume 19, Issue 1, April 2019, DOI: 10.1515/SBEEF-2019-00078;
79. *Yung-Chung Tsao, Fu-Jen Cheng, Yi-Hua Li, Lun-De Liao*, An IoT-Based Smart System with an MQTT Broker for Individual Patient Vital Sign Monitoring in Potential Emergency or Prehospital Applications, *Hindawi Emergency Medicine International*, Volume 2022, Article ID 7245650, <https://doi.org/10.1155/2022/7245650>;
80. *M. N. A. Mohd Alias, S. N. Mohyar*, Architectural design proposal for real time clock for wireless microcontroller unit, *EPJ Web of Conferences* 162, 2017, DOI: 10.1051/epjconf/201716201072;
81. *Y. Tjandi, S. Kasim*, Electric Control Equipment Based on Arduino Relay, *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series* 1244 (2019) 012028 IOP Publishing, Doi:10.1088/1742-6596/1244/1/012028;
82. *M. Abrar*, Interfacing a servomotor with arduino uno microcontroller, *International Journal of Recent Scientific Research*, Volume 10, Issue, 02(E), pp. 31010-31014, February 2019, <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2019.1002.3172>;
83. *M. A. Kader, M. Rahman, S. M. I. Bin Haider, M. Islam*, LED Matrix Based Digital Learning Display for Children With Wireless Control, 17th International Conference on Computer and Information Technology, 2014, DOI:10.1109/ICCITechn.2014.7073134;
84. *H. V. Kumar, P. B. Kalyan, P. S. Kumar, M. S. Shiva Latha, B. Shreya*, Department Announcement System Using Arduino, *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, May 2021, Volume 8, Issue 3, pp. 341-347, DOI:10.32628/IJSRST218377;
85. *J. Galins, A. Laizans, A. Galins*, Review of cooling solutions for compact electronic devices, *Agricultural Engineering, Research for rural developmpt*, 2019, Volume 1, DOI: 10.22616/rrd.25.2019.030;
86. *M. Mariola, C. Bemont, F. Petruccione*, A novel analogue keyboard for embedded applications, based on integer division truncation, *HardwareX* 6, e00055, Elsevier, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00055>;
87. *Anabi Hilary Kelechi, Mohammed H. Alsharif, Chidumebi Agbaetuo, Osichinaka Ubadike, Alex Aligbe, Peerapong Uthansakul, Raju Kannadasan, Ayman A. Aly*, Design of a Low-Cost Air Quality

- Monitoring System Using Arduino and ThingSpeak, Computers, Materials & Continua, 2022, DOI:10.32604/cmc.2022.019431;
88. *Leandro Pereira, Miguel Pinto, Renato Lopes da Costa, Álvaro Dias, Rui Gonçalves*, The New SWOT for a Sustainable World, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2021, 7, 18, <https://doi.org/10.3390/joitmc7010018>;
 89. *Li, Xinrong*, Measurement And Analysis Of Indoor Air Quality Conditions. Diss. University Of North Texas, 2016;
 90. *Wei, Wenjuan, Olivier Ramalho, Corinne Mandin*, Indoor air quality requirements in green building certifications, *Building and Environment* 92, Pages 10-19, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.035>;
 91. *Electrica furnizare*, Oferta de furnizare a energiei electrice pentru serviciul universal (SU). https://www.electrifurnizare.ro/wp-content/uploads/2022/12/Oferta-Preturi-SU-Cas_01.01.2023-31.03.2023.pdf;
 92. *Serviciul cloud Amazon AWS*, Ofertă de prețuri, https://aws.amazon.com/pricing/?aws-products-pricing.sort-by=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-pricing.sort-order=asc&awsf.Free%20Tier%20Type=*all&awsf.tech-category=*all.