



Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Specializarea Tehnologii și Sisteme de Telecomunicații

Lucrare de licență

Realizarea unui Sistem de Telemedicină cu ajutorul plăcii de dezvoltare Arduino UNO

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC

Ș.L.Dr.Ing Felix Diaconu

ABSOLVENT

Roman Andrei-Bogdan

Cuprins

Memoriu justificativ

Cap. 1. Introducere în telemedicină

- 1.1.** Contextul și importanța telemedicinii
- 1.2.** Istoria și evoluția telemedicinii
- 1.3.** Componentele și arhitectura unui sistem de telemedicină

Cap. 2. Tehnologia Arduino și designul sistemului de telemedicină

- 2.1.** Prezentarea plăcii de dezvoltare Arduino
- 2.2.** Senzori și module relevante pentru telemedicină
- 2.3.** Transmiterea datelor și interfața cu utilizatorul
- 2.4.** Securitatea datelor în telemedicină
- 2.5.** Exemple de sisteme de telemedicină

Cap. 3. Implementarea și testarea sistemului de telemedicină

- 3.1.** Testarea funcționalităților individuale
- 3.2.** Implementarea schemei bloc
- 3.3.** Implementarea codului final
- 3.4.** Analiza rezultatelor și interpretarea datelor

Cap. 4. Concluzii

- 4.1.** Probleme întâmpinate

Bibliografie

Memoriu justificativ

Telemedicina a devenit o parte integrantă a sistemelor moderne de asistență medicală, permițând pacienților din zone îndepărtate și greu accesibile să acceseze cu ușurință serviciile medicale. Dezvoltarea soluțiilor de telemedicină folosind tehnologia Arduino oferă o oportunitate de a crea un sistem accesibil și eficient pentru monitorizarea sănătății pacientului. Telemedicina răspunde nevoii urgente de îmbunătățire a accesului la serviciile de sănătate, mai ales în contextul pandemiei de COVID-19, care a evidențiat necesitatea soluțiilor de telemedicină. Tehnologia Arduino este cunoscută pentru versatilitatea sa și costul redus, ceea ce o face ideală pentru prototipare rapidă și eficientă.

Proiectul meu se concentrează pe integrarea senzorilor medicali cu plăci Arduino pentru a crea un sistem complet de telemedicină. Sistemul permite monitorizarea parametrilor importanți ai pacientului și transmiterea acestor date către profesioniștii medicali printr-o platformă de comunicare. Acest lucru permite intervenția rapidă în situații de urgență și monitorizarea continuă a sănătății pacientului.

Pentru realizarea acestui proiect am folosit o metodologie mixtă care implică atât cercetare teoretică, cât și practică. În prima fază, am realizat un studiu detaliat al documentelor pentru a înțelege conceptele de bază ale telemedicinii și tehnologiei Arduino, prin revizuirea literaturii de specialitate și analizarea altor proiecte similare. Următorul pas a fost analizarea cerințelor sistemului și efectuarea de interviuri și sondaje cu profesioniști din domeniul medical.

În faza de proiectare, am selectat componentele hardware necesare, cum ar fi plăcile Arduino, senzorii și modulele de comunicație, și am creat o schema bloc a sistemului, descriind funcționalitatea fiecărei componente. Am dezvoltat software pentru programarea plăcii Arduino, integrarea senzorilor, precum și o interfață de utilizator pentru monitorizarea parametrilor cheie. Acest sistem a fost testat riguros folosind metode de testare funcționale și de performanță pentru a asigura funcționalitatea și fiabilitatea.

Concluzionand, rezultatele obținute au demonstrat eficiența și utilitatea sistemului de telemedicină bazat pe plăcuța Arduino. Sistemul a permis monitorizarea continuă și precisă a stării de sănătate a pacienților, cu un cost redus și o implementare simplă. Limitările proiectului includ capacitatea limitată de procesare a datelor.

Cap. 1. Introducere în telemedicină

Organizația Mondială a Sănătății descrie telemedicina ca fiind oferirea de servicii medicale de către profesioniști în domeniul sănătății, utilizând tehnologiile informației și comunicațiilor, atunci când distanța este un factor semnificativ. Aceasta implică schimbul de informații valide necesare pentru diagnosticare, tratament, prevenirea bolilor și accidentelor, cercetare, evaluare și educația continuă a personalului medical, cu scopul de a promova sănătatea indivizilor și a comunităților.

Telemedicina poate fi integrată în sistemele de sănătate publică pentru a răspunde mai eficient la crizele de sănătate și pentru a satisface nevoile comunităților vulnerabile. De exemplu, în timpul pandemiei de COVID-19, telemedicina a fost vitală pentru a menține continuitatea serviciilor medicale și pentru a reduce expunerea la virus. Multe țări au accelerat adoptarea serviciilor de telemedicină pentru a face față cererii crescute de îngrijiri medicale la distanță.

În România, telemedicina este descrisă ca “totalitatea serviciilor medicale furnizate la distanță, fără prezența fizică simultană a personalului medical și a pacientului, pentru stabilirea diagnosticului, indicarea tratamentului, monitorizarea unor afecțiuni sau indicarea unor metode de prevenție a bolilor, în mod securizat, prin intermediul tehnologiei informației și mijloacelor electronice de comunicare” (legea 95/2006; OUG 196/18.11.2020).

Telemedicina poate sprijini realizarea Obiectivului de Dezvoltare Durabilă legat de acoperirea universală cu servicii de sănătate, prin facilitarea accesului la servicii medicale de calitate, sigure și accesibile financiar pentru pacienți. Aceasta poate aduce beneficii semnificative pentru persoanele care trăiesc în zone izolate, pentru grupurile vulnerabile și pentru vârstnicii cu afecțiuni cronice. De asemenea, telemedicina poate îmbunătăți comunicarea între membrii echipei de îngrijire, ceea ce duce la o mai bună coordonare a îngrijirilor oferite pacienților.

Impactul serviciilor de telemedicină este prevăzut a fi pozitiv, nu doar prin îmbunătățirea accesului pacienților la servicii medicale, ci și prin reducerea necesității de călătorie, ceea ce, prin diminuarea utilizării transportului, contribuie la reducerea poluării și aduce beneficii indirecte pentru mediu. Cu toate avantajele sale, tehnologia nu poate înlocui întotdeauna consultațiile față în față. Astfel, fiecare medic sau echipă de îngrijire trebuie să

evalueze oportunitatea unei consultații la distanță și să decidă dacă aceasta ar trebui continuată, în cazul în care a fost deja începută.

1.1. Contextul și importanța telemedicinii

Telemedicina a devenit o componentă esențială în furnizarea serviciilor de sănătate, contribuind semnificativ la îmbunătățirea accesibilității. Această analiză explorează impactul telemedicinii asupra accesului la îngrijire medicală, evidențiind cum aceasta reușește să depășească barierele geografice, financiare, socioculturale și infrastructurale. Datorită consultațiilor la distanță, monitorizării și diagnosticării facilitate de tehnologie, telemedicina extinde serviciile medicale în zonele îndepărtate și defavorizate și asigură accesibilitatea continuă prin disponibilitate 24/7. Prin eficientizarea sistemelor de livrare a serviciilor de sănătate, telemedicina reduce costurile și îmbunătățește eficiența, promovând astfel echitatea în sănătate și rezultate medicale mai bune. Cu toate acestea, există provocări, cum ar fi barierele tehnologice, reglementările și acceptarea pacienților. Realizarea potențialului telemedicinii necesită cooperarea între sectoarele de sănătate și tehnologie. Factorii de decizie politică trebuie să adopte reglementări favorabile, furnizorii de servicii de sănătate trebuie să integreze telemedicina în practica lor, iar companiile de tehnologie trebuie să dezvolte platforme ușor de utilizat. Eforturile coordonate pot accelera îmbunătățirea accesibilității serviciilor de sănătate și pot spori sănătatea și bunăstarea la nivel global.

Telemedicina a fost deja integrată în sistemele de sănătate de către diverse grupuri și organizații medicale. Utilizarea dosarelor medicale electronice facilitează transferul sigur și eficient al informațiilor protejate despre sănătatea pacienților. De asemenea, telemedicina permite o coordonare mai bună între medicii de familie și specialiști, îmbunătățind astfel rezultatele medicale prin reducerea timpului de așteptare pentru feedback, diminuarea necesității deplasărilor pacienților și evitarea examinărilor în persoană inutile pentru trimitere la specialiști.

Furnizarea îngrijirilor medicale la distanță este deosebit de eficientă pentru urmărirea pacienților deja examinați în persoană, pentru cei cu afecțiuni care urmează modele clinice clare și nu necesită diagnosticări de laborator sau examinări fizice, precum și pentru pacienții cu boli transmisibile, reducând riscul pentru furnizori și alți pacienți.

Telemedicina permite membrilor echipei medicale să colaboreze de oriunde din lume, cu condiția să aibă echipamentul și conexiunea necesare. Astfel, se pot reduce diferențele dintre medicina urbană și rurală și se pot crea echipe care reflectă populațiile deservite. În perioadele de distanțare socială necesară pentru sănătate și siguranță, cum ar fi în timpul unei pandemii globale, utilizarea telemedicinii crește semnificativ. Telemedicina reduce riscul de răspândire a infecțiilor prin contact fizic și permite furnizorilor de servicii medicale să continue să lucreze și să își servească comunitatea.

Pacienții care utilizează telemedicina în locul programărilor în persoană beneficiază de timpi de așteptare mai scurți, eliminarea timpului de călătorie, reducerea costurilor datorate utilizării reduse a transportului și a facilităților de îngrijire medicală. Telemedicina permite, de asemenea, furnizorilor de servicii medicale să ajungă la pacienți din comunități izolate, inclusiv la cei cu dizabilități de dezvoltare sau fizice, la persoanele în vârstă, la pacienții încarcerați și la cei de la marginile culturale sau geografice.

Beneficiile telemedicinii se extind la multe specialități medicale și permit consultarea rapidă și coerentă cu alte echipe medicale pentru a oferi îngrijiri complete pacienților. Asistenții medicali școlari pot utiliza telemedicina pentru a se conecta de la distanță cu furnizorii de îngrijiri medicale pentru a ajuta la îngrijirea acută și complexă a elevilor, fără a părăsi școala. Aceasta reduce întreruperile studiilor elevilor și oferă asistenților medicali mai multă libertate pentru a se ocupa de mai mulți elevi, reducând astfel costurile educaționale, de timp și financiare pentru elevi și familiile lor. Dermatologii pot evalua pacienții cu afecțiuni precum eczema, leziuni de presiune, psoriazis și alte condiții, în funcție de echipamentul disponibil atât pentru pacient, cât și pentru furnizor. Astfel, corespondența la distanță poate crește intimitatea pacienților și reduce stresul legat de interacțiunile publice.

Pandemia de COVID-19 a motivat furnizorii de servicii medicale să abordeze accesul pacienților și sustenabilitatea lor financiară prin schimbarea modului în care oferă îngrijiri. Pandemia a făcut ca telemedicina să devină singura modalitate de a oferi îngrijiri esențiale de urmărire pentru dezvoltare acestui grup, pe o bază temporară.

Un examen medical în persoană este esențial în îngrijirea medicală, iar telemedicina poate îmbunătăți această livrare. Telemedicina poate fi utilizată pentru triajul pacienților și permite celor cu afecțiuni mai puțin grave să aștepte confortabil acasă în locul unei săli de așteptare aglomerate. Progresele în telemedicină permit pacienților să își monitorizeze semnele vitale, aderența la medicamente și altele, din confortul propriei case. Aceste date pot fi încărcate rapid în dosarele electronice de sănătate și trimise furnizorilor.

Această punte virtuală deschide calea pentru viitoarea implicare a algoritmilor de inteligență artificială (IA). IA va extinde probabil rolul telemedicinii prin capacitățile sale de recunoaștere a tiparelor și monitorizare, alertând furnizorii atunci când apar tendințe notabile în datele colectate la domiciliu ale pacienților. În plus, telemedicina joacă un rol important și în domeniile auxiliare ale sectorului sănătății, cum ar fi educația medicală, formarea angajaților, recrutarea furnizorilor, întâlnirile administrative și cercetarea.

1.2. Istoria și evoluția telemedicinii

Telemedicina are o istorie îndelungată, care se întinde pe mai mult de un secol, evoluând împreună cu tehnologiile de comunicare și informație. La începutul secolului al XX-lea, invențiile precum telegraful și telefonul au lansat practica telemedicinii. În 1905, sunetele cardiace au fost transmise prin telefon, iar în 1910 s-au realizat electrocardiografiile și diagnostice la distanță. Utilizarea acestor tehnologii în armată, în timpul Războiului Civil, a contribuit și ea la dezvoltarea timpurie a telemedicinii. Conceptul modern de telemedicină a apărut la sfârșitul anilor 1960, cu proiecte inițiate de NASA și Institutul de Psihologie din Nebraska, care au folosit televiziunea cu circuit închis pentru monitorizarea și consultațiile medicale la distanță.

Utilizarea extinsă a telefoanelor, internetului și a tehnologiilor digitale moderne a accelerat evoluția telemedicinii. În prezent, telemedicina a devenit o componentă esențială a sistemului de sănătate, mai ales în contextul pandemiei de COVID-19, care a crescut dependența de serviciile de telemedicină și telehealth. Echipamentele moderne, cum ar fi dispozitivele portabile și camerele digitale, au îmbunătățit semnificativ furnizarea îngrijirilor medicale la distanță.

Telemedicina a înregistrat progrese semnificative în diverse domenii ale furnizării serviciilor de sănătate, utilizând inovațiile tehnologice pentru a îmbunătăți îngrijirea pacienților și accesibilitatea. În domeniul procedurilor chirurgicale, telemedicina a revoluționat practicile tradiționale. Chirurgii pot acum să ofere consultații chirurgicale la distanță, asigurând ghidare și suport experți fără a fi limitați de bariere geografice. Telementoringul permite chirurgilor cu experiență să își îndrume colegii în timp real, facilitând transferul de cunoștințe și expertiză. Apariția chirurgiei telerobotice a extins posibilitățile chirurgicale, permițând efectuarea de proceduri complexe de la distanță cu ajutorul sistemelor robotice, astfel extinzând accesul la îngrijiri chirurgicale specializate.

În domeniul diagnosticării, telemedicina a transformat procesul de diagnosticare prin interpretarea la distanță a imaginilor medicale, cum ar fi radiografiile și RMN-urile. Platformele de telemedicină permit transmiterea rapidă a imaginilor medicale, astfel încât radiologii și specialiștii pot analiza imaginile de la distanță și oferi evaluări diagnostice în timp util. Telepatologia a devenit o componentă crucială a telemedicinii diagnostice, permițând patologilor să examineze probe de țesut de la distanță și să ofere interpretări diagnostice precise. Această analiză la distanță îmbunătățește acuratețea diagnosticului și accelerează deciziile de tratament, mai ales în zonele defavorizate unde accesul la expertiza patologică este limitat.

Dispozitivele și sistemele de comunicare avansate din telemedicină au îmbunătățit considerabil monitorizarea pacienților de la distanță. Aceste tehnologii permit profesioniștilor din domeniul sănătății să urmărească semnele vitale, aderența la medicamente și progresia bolilor pacienților de la distanță, facilitând intervenții proactive și planuri de îngrijire personalizate. În plus, telemedicina promovează comunicarea constantă între pacienți și furnizorii de servicii medicale, încurajând implicarea activă și împuternicirea pacienților. Prin consultațiile la distanță și vizitele virtuale, pacienții pot primi sfaturi medicale și suport în timp util, indiferent de locație, ceea ce îmbunătățește rezultatele și satisfacția pacienților și reduce presiunea asupra unităților de sănătate tradiționale.

Internetul a jucat un rol crucial în dezvoltarea telemedicinii, facilitând transmiterea datelor medicale pe distanțe mari. Profesioniștii din sănătate pot schimba în siguranță informații despre pacienți, dosare medicale și imagini de diagnosticare prin canale de telecomunicații, permițând luarea deciziilor în colaborare și coordonarea îngrijirilor. Dezvoltarea aplicațiilor de sănătate și a platformelor de telemedicină a simplificat schimbul și stocarea informațiilor medicale, îmbunătățind accesibilitatea și eficiența serviciilor medicale. Aceste tehnologii bazate pe internet au democratizat accesul la serviciile de sănătate, eliminând barierele geografice și extinzând accesul la expertiză medicală în zonele izolate și defavorizate.

Evoluția telemedicinii a necesitat implementarea unor măsuri stricte de reglementare și securitate pentru a proteja confidențialitatea pacienților și siguranța datelor. Reglementările asigură confidențialitatea informațiilor pacienților și previne accesul neautorizat sau divulgarea acestora. Protocoalele de transmisie sigură a informațiilor și tehnologiile de criptare sunt utilizate pentru a preveni încălcările de date și pentru a asigura integritatea acestora. Deși aceste măsuri de securitate sunt esențiale pentru menținerea încrederii pacienților, ele prezintă și provocări legate de interoperabilitate, standardizarea metodelor de

comunicare și schimbările de politici. Abordarea acestor provocări necesită eforturi colaborative din partea factorilor de decizie politică, a furnizorilor de servicii medicale și a dezvoltatorilor de tehnologie pentru a stabili standarde și ghiduri uniforme care să faciliteze adoptarea și utilizarea pe scară largă a tehnologiilor de telemedicină.

1.3. Componentele și arhitectura unui sistem de telemedicină

Un sistem de telemedicină eficient necesită integrarea armonioasă a mai multor componente și o arhitectură bine structurată pentru a garanta o comunicare sigură și eficientă între pacienți și profesioniștii din domeniul sănătății. Iată o descriere detaliată a elementelor și arhitecturii unui astfel de sistem.

Componentele unui Sistem de Telemedicină:

1. Dispozitive de captare a datelor

- **Senzori și dispozitive de monitorizare:** Acestea includ echipamente care măsoară semnele vitale ale pacienților. Aceste date sunt transmise în timp real către furnizorii de servicii medicale, permițând monitorizarea continuă și intervenția promptă în caz de necesitate (fig 1.1 Senzori și dispozitive de monitorizare)



Fig 1.1 Senzori și dispozitive de monitorizare

- Dispozitive portabile (wearables): Brățări și ceasuri inteligente care monitorizează activitatea fizică și sănătatea utilizatorilor, oferind date relevante pentru monitorizarea continuă a stării de sănătate. (fig 1.2 Dispozitive portabile)



Fig 1.2 Dispozitive portabile

2. Platforme de comunicare și interfață cu utilizatorul

- **Aplicații mobile si software:** Aplicațiile care permit pacienților să programeze consultații, să comunice cu medicii și să acceseze dosarele lor medicale.
- **Platforme de Videoconferință:** Soluții software care facilitează consultațiile medicale prin video, permițând interacțiunea în timp real între pacienți și medici.
- **Telefonie mobilă/fixă**

3. Sisteme de management al informațiilor medicale

- **Dosare Electronice de Sănătate:** Sisteme care stochează și gestionează informațiile medicale ale pacienților, asigurând accesul rapid și securizat la istoricul medical și rezultatele analizelor.
- **Sisteme de Stocare și Transmitere a Imaginilor:** Platforme care gestionează imagini medicale (radiografii, RMN-uri) și permit accesul și interpretarea acestora la distanță.

4. Infrastructura de comunicații

- **Rețele de Internet:** Conexiuni de internet de mare viteză care asigură transferul rapid și sigur al datelor medicale.
- **Sisteme de Securitate și Criptare:** Tehnologii care protejează confidențialitatea și integritatea datelor transmise, prevenind accesul neautorizat și breșele de securitate.
- **Rețele de conexiune celulara (fixă/mobilă)**

5. Suport și integrare tehnologică

- **Centre de Suport Tehnic:** Echipa specializată care oferă asistență în utilizarea și întreținerea echipamentelor și software-ului de telemedicină.
- **Sisteme de Integrare:** Soluții care asigură interoperabilitatea între diversele componente și platforme de telemedicină, facilitând schimbul eficient de date.

Arhitectura este organizată pe nivele în funcție de componentele sistemului de telemedicină, cum ar fi:

1. Nivelul de captare a datelor

- Dispozitivele de monitorizare și colectare a datelor de la pacienți transmit aceste informații către infrastructura de stocare și procesare.

2. Nivelul de comunicare și interacțiune

- Aplicațiile mobile și platformele de videoconferință facilitează interacțiunea între pacienți și furnizorii de servicii medicale.

3. Nivelul de Management și procesare a datelor

- Sistemele EHR și PACS stochează și gestionează informațiile medicale, asigurând accesul securizat și integrarea cu alte sisteme medicale.

4. Nivelul de securitate și conformitate

- Tehnologii și protocoale de securitate protejează datele medicale și asigură conformitatea cu reglementările în vigoare.

5. Nivelul de suport și mentenanță

- Centrele de suport tehnic și echipele de mentenanță oferă asistență pentru utilizarea și întreținerea sistemului de telemedicină.

Implementarea și gestionarea unui sistem de telemedicină necesită o integrare eficientă a acestor componente, asigurând interoperabilitatea și securitatea datelor medicale. Un sistem bine structurat poate transforma furnizarea serviciilor de sănătate, oferind soluții eficiente pentru monitorizarea și gestionarea pacienților la distanță.

Cap. 2. Tehnologia Arduino și design-ul sistemului de telemedicină

În dezvoltarea unui sistem de telemedicină bazat pe placa de dezvoltare Arduino UNO, este crucial să înțelegem bazele tehnologice și teoretice ale proiectului. Acest capitol va examina tehnologiile implicate, componentele hardware și software, și aspectele legate de securitatea datelor și comunicarea eficientă.

Placă de dezvoltare Arduino UNO este utilizată datorită accesibilității și flexibilității sale. Arduino este renumit pentru simplitatea programării și pentru capacitatea sa de a fi integrat în diverse aplicații, de la prototipuri simple la sisteme complexe de monitorizare. Această platformă include un microcontroller puternic care poate gestiona diverși senzori și module necesare pentru colectarea și transmiterea datelor medicale.

În cadrul unui sistem de telemedicină, senzorii sunt esențiali. Acești senzori pot măsura parametri vitali ai pacientului, cum ar fi temperatura și nivelul de oxigen din sânge. Datele colectate de senzori sunt transmise la placa de dezvoltare Arduino, care le procesează și le trimite mai departe către o platformă de monitorizare.

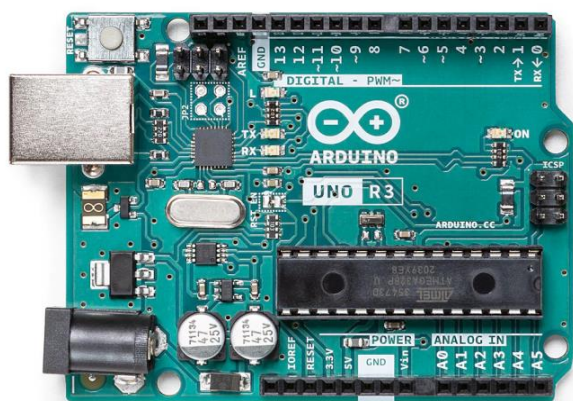
Comunicarea eficientă a datelor este crucială în telemedicină. Sistemul trebuie să poată transmite datele în timp real către profesioniștii din domeniul sănătății, asigurând acuratețea și actualizarea lor continuă. Modulele de comunicare, precum Bluetooth, Wi-Fi sau GSM, permit transmiterea datelor către dispozitive mobile sau platforme web, unde pot fi analizate și interpretate.

Pe lângă colectarea și transmiterea datelor, securitatea acestora este un aspect important. În domeniul medical, protecția datelor pacientului este esențială. Sistemul dezvoltat trebuie să garanteze confidențialitatea și integritatea informațiilor transmise și stocate. Aceasta implică implementarea măsurilor de criptare și autentificare pentru a preveni accesul neautorizat.

Integrarea acestor elemente într-un sistem funcțional necesită o înțelegere profundă a fiecărei componente și a modului în care acestea interacționează. Acest capitol oferă o privire de ansamblu asupra tehnologiilor și metodologiilor utilizate, pregătind terenul pentru detalierea implementării practice a sistemului în capitolele următoare.

2.1. Prezentarea plăcii de dezvoltare Arduino

Fig 2.1 Placă de dezvoltare Arduino UNO R3



Arduino (fig 2.1) este o platformă electronică open-source care se bazează pe hardware și software ușor de utilizat. Plăcile de dezvoltare Arduino pot să primească diverse tipuri de intrări, cum ar fi lumina unui senzor, atingerea unui buton, și să le transforme în ieșiri, cum ar fi activarea unui motor, aprinderea unui LED sau publicarea unui mesaj online. Instruirile către plăcuță sunt trimise sub formă de cod către microcontrollerul acesteia. Limbajul de programare Arduino,

bazat pe Wiring, și software-ul Arduino Integrated Development Environment (IDE), bazat pe Processing, sunt utilizate pentru a scrie și încărca aceste instrucțiuni.

Datorită interfeței sale ușor de utilizat și accesibile, Arduino a fost integrat în mii de proiecte și aplicații variate. Software-ul Arduino este prietenos pentru începători, dar și suficient de versatil pentru utilizatorii avansați, funcționând pe platforme precum Mac, Windows și Linux.

Plăcile de dezvoltare Arduino UNO este una dintre cele mai utilizate plăcuțe de dezvoltare din seria Arduino, apreciată pentru versatilitatea și accesibilitatea sa. Este echipată cu un microcontroller ATmega328P, având o arhitectură de 8 biți și o frecvență de operare de 16 megahertzi (MHz). Memoria sa include 32 kilobytes (KB) de memorie flash (Flash Memory), din care 0.5 KB sunt folosiți de bootloader, 2 KB de memorie statică de acces aleatoriu (SRAM) și 1 KB de memorie programabilă doar pentru citire (EEPROM).

Plăcuța dispune de 14 pini digitali de intrare/ieșire (I/O), dintre care 6 pot fi folosiți pentru generarea de semnale de modulație prin impulsuri (PWM). De asemenea, are 6 pini analogici care măsoară tensiuni între 0 și 5 volți (V) cu o rezoluție de 10 biți. (Fig. 2.2)

Arduino UNO poate fi alimentat fie prin portul universal serial bus (USB), fie printr-o sursă externă de curent continuu (DC) (baterie sau adaptor), având un regulator de tensiune care menține un nivel constant de 5V sau 3.3V. Software-ul utilizat pentru programare este

mediul de dezvoltare integrat (IDE) Arduino, care folosește o versiune simplificată a limbajului C++. Acest IDE este disponibil pe sistemele de operare Windows, macOS și Linux, oferind o interfață ușor de utilizat pentru scrierea, verificarea și încărcarea codului pe plăcuță.

Plăcuța suportă mai multe protocoale de comunicare, inclusiv serial, inter-integrated circuit (I2C) și interfață periferică serială (SPI), facilitând interfațarea cu diverse periferice și module externe. Arduino UNO este apreciată pentru costul său relativ scăzut, compatibilitatea multiplatformă, mediul de programare simplu și clar, și faptul că atât hardware-ul, cât și software-ul sunt open-source, permițând extinderea și personalizarea de către utilizatori.

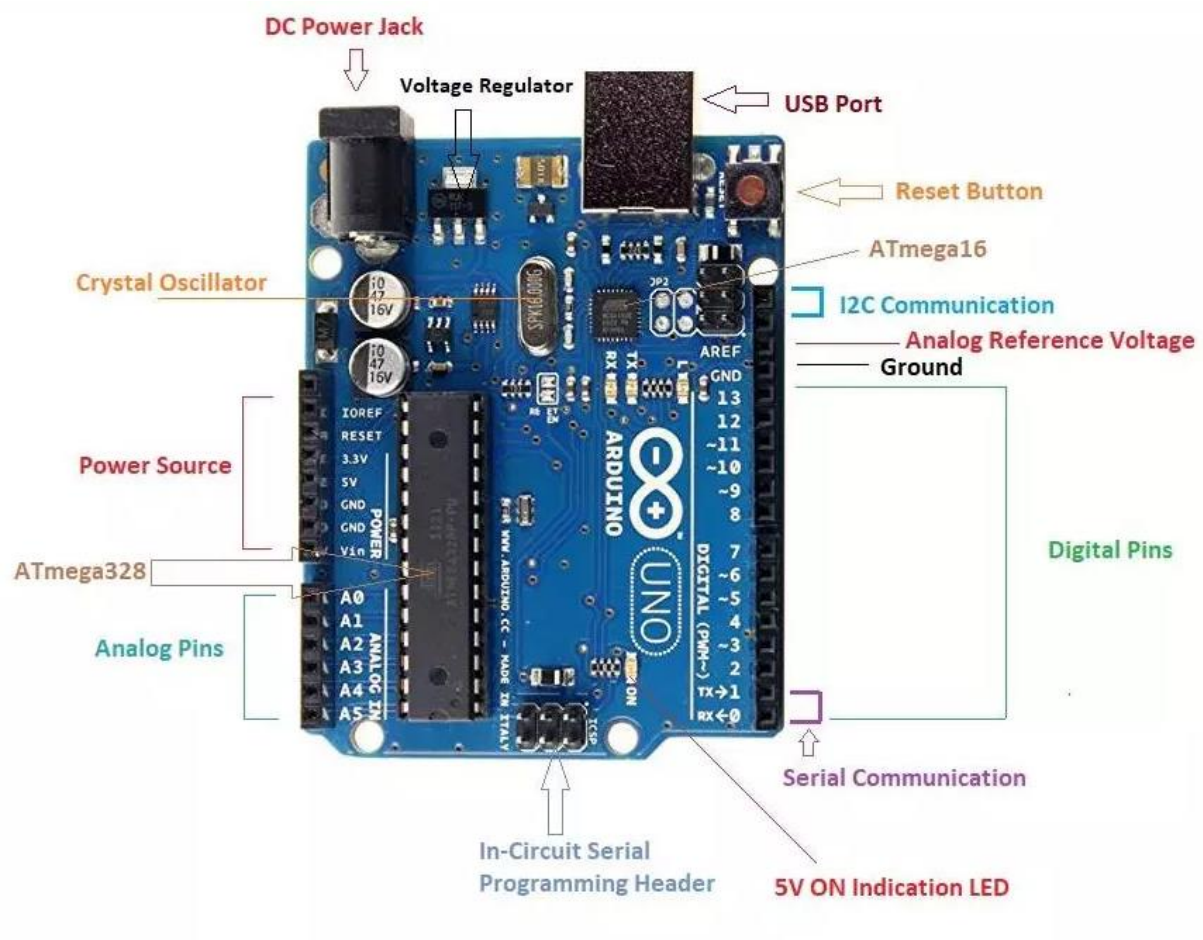


Fig. 2.2 Principalele componente ale plăcii de dezvoltare Arduino UNO indicând rolurile și funcționalitățile acestora

Principalele avantaje folosirii plăcii de dezvoltare Arduino UNO:

- Accesibilitate și cost redus

Plăcuțele Arduino UNO sunt relativ ieftine comparativ cu alte platforme de microcontrolere. Aceasta face ca Arduino UNO să fie o opțiune viabilă pentru proiecte educaționale și hobby, precum și pentru prototipare rapidă.

- Compatibilitate multiplatformă

Software-ul Arduino IDE este disponibil pe Windows, macOS și Linux, permițând utilizatorilor să lucreze pe orice sistem de operare preferat. Această compatibilitate multiplatformă crește accesibilitatea și flexibilitatea în utilizare.

- Ușurință în utilizare

Arduino IDE folosește o versiune simplificată a limbajului C++, ceea ce face programarea accesibilă chiar și pentru începători. Interfața intuitivă și documentația extinsă facilitează învățarea și dezvoltarea de proiecte.

- Comunitate globală și resurse extinse

Există o comunitate globală mare de utilizatori Arduino care contribuie constant cu resurse, tutoriale și proiecte. Aceasta face ca găsirea soluțiilor la probleme și învățarea de noi tehnici să fie mult mai ușoară.

- Open source

Atât hardware-ul cât și software-ul Arduino sunt open source, permițând utilizatorilor să modifice și să extindă funcționalitățile plăcuței după cum doresc. Această deschidere încurajează inovația și colaborarea în cadrul comunității.

- Flexibilitate și extensibilitate

Arduino UNO suportă diverse shield-uri și module, permițând extinderea funcționalităților prin adăugarea de noi componente, cum ar fi senzori, motoare și module de comunicație wireless (fără fir). Aceasta face ca plăcuța să fie potrivită pentru o gamă largă de aplicații, de la simple proiecte de tip "Do It Yourself" (DIY) la sisteme complexe de "Internet of Things" (IoT).

- Biblioteci predefinite

Arduino IDE vine cu un set de biblioteci predefinite care simplifică interfațarea cu diverse componente hardware. Aceste biblioteci reduc semnificativ timpul necesar pentru dezvoltarea proiectelor, permițând utilizatorilor să se concentreze pe logica aplicației lor.

- Prototipare Rapida

Datorită simplității și flexibilității sale, Arduino UNO este ideal pentru prototiparea rapidă a proiectelor electronice. Aceasta permite testarea rapidă a ideilor și iterații rapide ale designului.

În ciuda numeroaselor sale avantaje, plăcuța Arduino UNO are și câteva dezavantaje care trebuie luate în considerare, în special în contextul proiectelor complexe sau de mare anvergură. Iată câteva dintre principalele dezavantaje:

- Capacitate limitată de procesare și memorie

Microcontroller-ul ATmega328P utilizat pe Arduino UNO are o capacitate de procesare limitată la 8 biți și o frecvență de operare de 16 megahertzi (MHz). Memoria disponibilă include 32 kilobytes (KB) de memorie flash, 2 KB de memorie statică de acces aleatoriu (SRAM) și 1 KB de memorie programabilă doar pentru citire (EEPROM). Aceste limitări pot fi restrictive pentru proiecte care necesită putere de procesare și memorie mai mari.

- Număr limitat de pini I/O

Plăcuța dispune de 14 pini digitali de intrare/ieșire (I/O), dintre care doar 6 pot fi folosiți pentru generarea de semnale de modulație prin impulsuri (PWM). De asemenea, are doar 6 pini analogici. Pentru proiectele care necesită un număr mare de conexiuni, aceste limitări pot reprezenta un obstacol.

- Lipsa funcționalităților avansate

Arduino UNO nu dispune de funcționalități avansate care sunt disponibile pe alte platforme de microcontrolere, cum ar fi suportul pentru conectivitate Ethernet sau Wi-Fi integrată. Pentru a adăuga astfel de funcționalități, este necesar să se utilizeze shield-uri suplimentare, ceea ce poate crește complexitatea și costul proiectului.

- Performanță limitată în aplicații complexe

Datorită limitărilor hardware și software, Arduino UNO nu este ideal pentru aplicații care necesită performanțe ridicate, cum ar fi procesarea de imagini, inteligența artificială sau alte sarcini intensive din punct de vedere al calculului. Pentru astfel de aplicații, microcontrolerele mai puternice sau platformele de dezvoltare alternative sunt mai potrivite.

- Consum energetic relativ ridicat

În comparație cu alte platforme de microcontrolere, Arduino UNO poate avea un consum energetic relativ ridicat, în special atunci când sunt adăugate multiple shield-uri și module externe. Acest aspect poate fi problematic pentru proiectele care necesită eficiență energetică, cum ar fi dispozitivele portabile sau cele alimentate cu baterii.

2.2. Senzori și module relevante pentru telemedicină

Senzorii sunt dispozitive care detectează semnale fizice, chimice și biologice și oferă o modalitate de a măsura și înregistra aceste semnale. Proprietățile fizice care pot fi detectate includ temperatura, presiunea, vibrația, nivelul de zgomot, intensitatea luminii, sarcina sau greutatea, debitul de gaze și lichide, amplitudinea câmpurilor magnetice și electronice și concentrațiile multor substanțe în formă gazoasă, lichidă sau solidă. Deși senzorii de astăzi sunt la un nivel similar cu cel al calculatoarelor din anii 1970, aplicațiile medicale ale senzorilor sunt în plină expansiune datorită avansurilor în tehnologiile microcipurilor și chimiei moleculare.

Senzorii au jucat un rol important în multe industrii, oferind „vedere” mecanică utilizată pentru numărare, sortare, citire și ghidare robotică. Senzorii tactili, de obicei materiale piezoelectrice, generează tensiune atunci când sunt atinși, comprimați sau îndoiți, sau atunci când temperatura lor se schimbă. Alți senzori pot detecta presiuni chimice specifice și niveluri de fluide. Mașinile, casele și birourile sunt pline de senzori. Pe termen scurt, senzorii utilizați în aplicații medicale vor emite un semnal care poate fi citit la punctul de determinare sau transferat prin transmisie cu fir sau fără fir către locații la distanță. Avansurile în tehnologiile microprocesoarelor au creat un senzor inteligent care unește capacitatea de detectare și procesare a datelor într-un singur cip de circuit integrat.

Senzorii medicali variază de la dispozitive simple, cum ar fi un termometru pentru măsurarea temperaturii corpului, la echipamente sofisticate, precum scannerul de imagistică prin rezonanță magnetică (IRM) utilizat pentru generarea de imagini ale organelor interne. În funcție de nivelul de invazivitate asupra corpului, senzorii pot fi clasificați în:

1. Senzori de contact

Acești senzori funcționează prin contactul cu pielea pacientului pentru a detecta temperatura, ritmul cardiac sau conținutul de oxigen din sânge. Exemple includ termometrele, monitoarele de tensiune arterială și pulsoximetrele, dispozitive comune găsite în case. Mulți dintre acești senzori sunt pasivi, deoarece pot funcționa fără a necesita o sursă externă de alimentare, fiind extrem de portabili. Nu au nevoie de acces direct la starea internă a corpului, ceea ce îi face extrem de siguri de utilizat. O tendință emergentă în senzorii de contact include senzorii portabili (cum ar fi FitBit și Apple Watch) care rămân în contact cu pielea și monitorizează în siguranță activitatea corpului.

2. Senzori fără contact

Acești senzori pot detecta anumite atribute ale corpului de la distanță și nu necesită acces invaziv la starea internă a corpului. Acești senzori sunt rezultatul dezvoltărilor tehnologice recente, cum ar fi urmărirea mișcărilor corpului folosind camere 3D pentru analiza biomecanicii și estimarea ritmului cardiac din rata de înroșire a feței. Totuși, această categorie poate include și senzori care nu invadează corpul printr-o incizie pe piele, ci prin utilizarea inteligentă a câmpurilor magnetice și a undelor electromagnetice. Scannerele cu raze X sunt folosite pentru a studia structura osoasă a corpului prin trecerea radiațiilor prin corp. Scannerele Tomografie axială computațională (CAT) folosesc o tehnică similară pentru a studia secțiuni transversale ale creierului. Totuși, expunerea excesivă la radiații este dăunătoare pentru corp. Imagistica prin rezonanță magnetică (IRM) este o tehnică ce utilizează câmpuri magnetice puternice și unde radio pentru a genera imagini ale organelor interne. Scannerul IRM arată similar cu scannerul CAT, dar este extrem de sigur de utilizat. O altă tehnologie de imagistică extrem de sigură este scannerul cu ultrasunete, popular reprezentat în media ca scannerul portabil utilizat pentru vizualizarea bebelușului în uterul mamei. În mod similar, scannerii fMRI (IRM funcțional) sunt folosiți pentru observarea activității cerebrale prin concentrațiile de glucoză din sângele creierului.

3. Senzorii invazivi

În timp ce senzorii de contact sunt folosiți pentru monitorizarea zilnică, iar senzorii fără contact sunt folosiți pentru monitorizarea de rutină, senzorii invazivi sunt folosiți în general fie pentru un diagnostic țintit, fie în timpul unei proceduri chirurgicale pentru a monitoriza intervenția. Acești senzori necesită o pregătire specializată pentru a fi operați și sunt de obicei folosiți într-un cadru clinic profesional. Senzorii includ senzori pe bază de fibră optică, cum ar fi senzorii endoscopici, care tind să aibă o structură subțire și tubulară. Aceștia sunt introduși în corp printr-o incizie superficială și ajută la vizualizarea traiectoriei unui instrument chirurgical în

interiorul corpului, oferind chirurgului posibilitatea de a minimiza inciziile superficiale pentru a observa vizual procedura. O procedură chirurgicală numită artroscopie folosește această tehnică pentru a opera pe corp printr-o incizie minim invazivă, reducând semnificativ riscul de deteriorare a țesuturilor de suprafață în timpul operației. Acest lucru este cunoscut și sub denumirea de chirurgie prin gaura cheii. Senzorii optici similari sunt folosiți și pentru măsurarea concentrației de bilă în stomac și pentru măsurarea conținutului de oxigen din sânge cu precizie în timp real. Cu toate acestea, este necesară o grijă extremă în timpul operării acestor senzori, deoarece riscurile utilizării lor includ formarea de cheaguri de sânge interne, constricția fluxului sanguin în jurul senzorului, spasme induse în vene și interferențe cu alte funcții naturale ale corpului.

Avansurile în știință și tehnologie au făcut posibilă existența acestor senzori, iar știința medicală progresează în prezent prin utilizarea lor. Rata de succes în studiul, diagnosticul și gestionarea bolilor a crescut semnificativ datorită acestora și continuă să crească rapid. Astăzi asistăm la o îmbinare perfectă a științei, tehnologiei și medicinei pentru a crea senzorii medicali ai viitorului prin materiale mai bune pentru senzori, inteligență artificială avansată și o înțelegere mai bună a biologiei noastre fundamentale.

Modulele și tehnologiile utilizate în telemedicină au evoluat rapid, integrând inovații din diverse domenii pentru a oferi soluții de sănătate mai accesibile și personalizate. Integrarea modulelor de comunicație în sistemele de telemedicină este esențială pentru a asigura o monitorizare eficientă și continuă a pacienților. Aceste module permit colectarea de date esențiale, cum ar fi ritmul cardiac, tensiunea arterială, nivelul de oxigen din sânge și multe altele, și transmiterea acestora către medici în timp real.

În zonele urbane, modulele Bluetooth și Wireless Fidelity (Wi-Fi) sunt preferate datorită stabilității și vitezei conexiunilor, permițând o transmitere rapidă și eficientă a datelor. În schimb, în zonele rurale sau în locațiile unde accesul la internet este limitat, modulele Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Service (GSM/GPRS) asigură o conexiune continuă, utilizând rețelele mobile pentru a transmite datele medicale către furnizorii de servicii medicale.

2.3. Transmiterea datelor și interfața cu utilizatorul

Transmiterea datelor, în special a datelor medicale, poate fi realizată prin diverse metode, fiecare având propriile avantaje și aplicații specifice. Internetul este una dintre principalele metode, utilizând rețele de cablu, Digital Subscriber Line (DSL) sau fibră optică pentru a asigura o conexiune stabilă și de înaltă viteză. Aceasta permite transferul rapid și eficient al unui volum mare de date, fiind ideală pentru infrastructurile urbane unde aceste rețele sunt bine dezvoltate și accesibile.

Rețelele mobile, în special cele care utilizează tehnologiile 4G și 5G, reprezintă o altă metodă importantă de transmitere a datelor. Aceste tehnologii permit transmisii rapide și sigure direct de la dispozitivele mobile, ceea ce este esențial pentru aplicațiile de monitorizare în timp real a sănătății pacienților. Viteza și lățimea de bandă oferite de 5G, în special, sunt deosebit de valoroase pentru implementările moderne care necesită transmiterea unor cantități mari de date într-un timp scurt.

Bluetooth și Wi-Fi sunt folosite frecvent pentru transmiterea datelor de la dispozitivele medicale la o unitate centrală sau la un smartphone. Aceste tehnologii fără fir sunt ideale pentru mediile interne, precum spitalele sau clinicile, unde dispozitivele trebuie să comunice rapid și eficient între ele sau să trimită date pentru stocare și analiză. Bluetooth este util pentru conexiuni pe distanțe scurte, în timp ce Wi-Fi oferă o acoperire mai mare și o viteză de transfer mai mare.

În zonele rurale sau izolate, transmiterea datelor prin satelit poate fi esențială. Aceasta asigură conectivitatea în locuri unde alte forme de rețea nu sunt disponibile sau sunt insuficiente. Transmisia prin satelit permite monitorizarea sănătății și intervențiile medicale în timp real, chiar și în cele mai îndepărtate regiuni, asigurând accesul la servicii medicale de calitate indiferent de localizarea geografică.

Astfel, utilizarea acestor tehnologii variate pentru transmiterea datelor medicale asigură o acoperire completă și eficientă, adaptată nevoilor specifice ale fiecărei situații, fie că este vorba de medii urbane dense, zone izolate sau necesitatea mobilității și conectivității în timp real.

Transmiterea datelor medicale implică diverse tipuri de informații, fiecare jucând un rol crucial în diagnosticare, tratament și monitorizarea pacienților. Aceste date pot fi clasificate în mai multe categorii principale, fiecare având specificitățile și cerințele sale unice.

Datele medicale vitale includ informații esențiale despre starea de sănătate a pacienților, cum ar fi tensiunea arterială, nivelul de glucoză din sânge și ritmul cardiac. Aceste date sunt de obicei colectate în timp real prin intermediul dispozitivelor medicale și monitorilor și sunt esențiale pentru urmărirea continuă a stării pacienților, permițând intervenții rapide în caz de anomalie. De exemplu, un monitor de ritm cardiac poate trimite alerte în caz de aritmii, facilitând o intervenție promptă și prevenind complicații grave.

Imaginile medicale, cum ar fi radiografiile, tomografiile computerizate (CT) și imaginile prin rezonanță magnetică (RMN), sunt esențiale pentru diagnosticarea precisă a unei game largi de afecțiuni. Aceste imagini oferă o vizualizare detaliată a structurii interne a corpului și sunt folosite de medici pentru a detecta anomalii, leziuni și boli. Transmiterea eficientă a acestor imagini către specialiști pentru analiză este crucială, mai ales în contextul telemedicinii, unde radiologii pot interpreta imaginile de la distanță.

Datele textuale includ note medicale, rețete și istoricul medical al pacientului. Aceste informații sunt esențiale pentru a oferi un context complet al stării de sănătate a pacientului și pentru a facilita continuitatea îngrijirii. Notele medicale documentează observațiile și recomandările medicilor, în timp ce rețetele asigură administrarea corectă a medicamentelor. Istoricul medical complet al pacientului este vital pentru a înțelege evoluția bolilor și pentru a lua decizii informate privind tratamentul.

Transmisiunile video și audio sunt din ce în ce mai utilizate în consultațiile medicale la distanță, oferind o modalitate eficientă pentru pacienți de a se consulta cu medicii lor fără a fi necesară prezența fizică. Consultațiile video permit medicilor să evalueze vizual simptomele, să ofere recomandări și să răspundă întrebărilor pacienților în timp real. Transmisiunile audio sunt de asemenea utile pentru discuțiile rapide și monitorizarea la distanță, asigurând o comunicare continuă între pacienți și furnizorii de servicii medicale.

Astfel, transmiterea diverselor tipuri de date medicale, de la informații vitale și imagini complexe la date textuale și transmisiuni video, este esențială pentru furnizarea unei îngrijiri medicale eficiente și de înaltă calitate. Aceste tehnologii permit o mai bună monitorizare, diagnosticare și tratament, contribuind la îmbunătățirea rezultatelor pentru pacienți.

Designul centrat pe utilizator este esențial pentru dezvoltarea sistemelor și aplicațiilor eficiente, mai ales în domeniul medical, unde utilizatorii pot avea diverse nivele de competență tehnică. Un aspect crucial al acestui design este accesibilitatea. Interfața trebuie să fie intuitivă și ușor de utilizat, astfel încât utilizatorii să poată naviga și folosi aplicația fără dificultăți, indiferent de nivelul lor de experiență cu tehnologia. Aceasta înseamnă că designul trebuie să

fie adaptat pentru a acoperi o gamă largă de utilizatori, de la profesioniști din domeniul medical până la pacienți în vârstă sau cu dizabilități.

Un alt element important este interfața prietenoasă. Designul trebuie să fie curat și simplu, evitând aglomerarea cu elemente inutile care pot complica utilizarea. Minimalizarea pașilor necesari pentru accesarea funcțiilor esențiale este vitală pentru a asigura eficiența și satisfacția utilizatorului. De exemplu, în cazul unei aplicații de telemedicină, utilizatorii ar trebui să poată programa o consultație, accesa informații medicale sau comunica cu un medic în doar câțiva pași simpli și intuitivi. Un design bine gândit nu doar îmbunătățește experiența utilizatorului, dar și crește adoptarea și utilizarea consistentă a aplicației.

Astfel, designul centrat pe utilizator, care pune accent pe accesibilitate și interfață prietenoasă, este fundamental pentru crearea de sisteme eficiente și utilizabile. Acesta abordează asigură că toate tipurile de utilizatori, indiferent de competențele lor tehnice, pot beneficia de tehnologie în mod egal și eficient.

În concluzie, transmiterea eficientă și sigură a datelor medicale este esențială pentru furnizarea unor servicii medicale de calitate. Diverse metode de transmitere a datelor, cum ar fi internetul, rețelele mobile, Bluetooth și Wi-Fi, și satelit, oferă soluții adaptate nevoilor specifice ale diferitelor contexte și locații geografice. Tipurile de date transmise, inclusiv datele medicale vitale, imaginile medicale, datele textuale și transmisiunile video și audio, sunt fundamentale pentru diagnosticarea precisă, monitorizarea continuă și tratamentul eficient al pacienților.

În plus, designul centrat pe utilizator este crucial pentru dezvoltarea unor sisteme accesibile și prietenoase, care să fie ușor de utilizat de către toate categoriile de utilizatori, indiferent de nivelul lor de competență tehnică. O interfață intuitivă și simplă, care minimizează pașii necesari pentru accesarea funcțiilor esențiale, contribuie semnificativ la eficiența și satisfacția utilizatorului.

Astfel, integrarea acestor elemente – metode eficiente de transmitere a datelor, măsuri solide de securitate și un design centrat pe utilizator – asigură o experiență optimă și sigură în utilizarea tehnologiei medicale, îmbunătățind în mod semnificativ calitatea îngrijirii și rezultatele pentru pacienți.

2.4. Securitatea datelor în telemedicină

Securitatea datelor în telemedicină este un aspect crucial care trebuie abordat cu maximă seriozitate pentru a proteja informațiile personale și medicale ale pacienților. În contextul în care serviciile medicale la distanță devin din ce în ce mai populare, riscurile legate de securitatea datelor cresc proporțional. Mai jos, voi explora principalele componente și provocări ale securității datelor în acest domeniu.

Confidențialitatea datelor pacientului : este un pilon fundamental în cadrul oricărui sistem de sănătate, iar în contextul telemedicinii, unde interacțiunile și schimbul de informații medicale se desfășoară digital, asigurarea securității acestor date devine și mai critică. În această eră a tehnologiei informației, protecția datelor personale și a istoricului medical al pacienților necesită implementarea unor măsuri de securitate sofisticate și robuste.

Un aspect esențial în păstrarea confidențialității în telemedicină este utilizarea tehnologiilor de criptare end-to-end. Aceasta înseamnă că datele sunt criptate de la sursă (de exemplu, dispozitivul pacientului sau al medicului) până la destinație (sistemul central de înregistrare medicală), făcând practic imposibilă interceptarea și citirea informațiilor de către terți neautorizați pe parcursul transmisiei.

Pe lângă criptare, autentificarea multi-factor (MFA) joacă un rol crucial în protejarea accesului la sistemele de informații medicale. MFA asigură că accesul la datele sensibile este permis doar utilizatorilor veritabili prin solicitarea a multiple forme de verificare a identității, cum ar fi parola, un cod primit pe telefon, sau chiar o amprentă biometrică. Această metodă adaugă un strat suplimentar de securitate, complicând semnificativ eforturile celor care ar încerca să acceseze ilegal aceste informații.

Implementarea acestor tehnologii nu numai că protejează informațiile pacienților de accesul neautorizat, dar ajută și la construirea unui mediu de încredere între pacienți și furnizorii de servicii medicale. Pacienții pot fi mai înclinați să participe la consultații prin telemedicină și să împărtășească informații esențiale pentru tratamentul lor, știind că datele lor sunt gestionate cu cea mai mare grijă și protecție.

Prin urmare, confidențialitatea datelor în telemedicină este esențială pentru protecția pacienților și pentru eficiența serviciilor medicale oferite digital. Utilizarea tehnologiilor de criptare end-to-end și a autentificării multi-factor sunt doar câteva dintre strategiile cheie care contribuie la realizarea acestui obiectiv. Aceste măsuri de securitate sunt indispensabile pentru

a menține încrederea pacienților și pentru a asigura continuitatea și expansiunea serviciilor de telemedicină.

Integritatea datelor este un aspect esențial, asigurând acuratețea și fiabilitatea informațiilor medicale pe care se bazează atât pacienții, cât și profesioniștii din domeniul sănătății. Pentru a evita orice alterare accidentală sau intenționată a datelor pe parcursul transmiterii lor, este crucial să se implementeze soluții avansate de securitate care să protejeze împotriva potențialelor vulnerabilități, cum ar fi atacurile de tip man-in-the-middle. În aceste atacuri, un atacator poate intercepta comunicațiile între două părți și poate modifica informațiile transmise.

Pentru a combate aceste riscuri, una dintre cele mai eficiente tehnici este utilizarea semnăturilor digitale. Semnăturile digitale funcționează prin asocierea unei semnături unice cu documentul sau mesajul transmis, care poate fi verificată de către receptor pentru a confirma că mesajul a fost trimis de către expeditorul așteptat și că nu a fost modificat pe parcurs. Aceasta adaugă un nivel de validare care asigură atât autenticitatea, cât și integritatea datelor.

În plus, checksum-urile oferă o altă metodă de a verifica integritatea datelor. Acestea sunt sume de control care se calculează înainte și după transmiterea datelor. Comparând aceste valori, sistemul poate determina dacă datele au fost modificate în timpul transmisiei. Dacă valorile checksum nu corespund, sistemul poate alerta utilizatorii și poate lua măsuri pentru a investiga și remedia problema.

Implementarea acestor tehnologii nu numai că protejează informațiile medicale de modificările neautorizate, dar și sporește încrederea pacienților în utilizarea serviciilor de telemedicină. Pacienții pot fi siguri că informațiile pe care se bazează pentru diagnosticare și tratament sunt exacte și nu au fost compromise în niciun fel. Prin urmare, integritatea datelor joacă un rol crucial în asigurarea unei îngrijiri medicale sigure și eficiente în cadrul sistemelor de sănătate digitale.

Accesibilitatea datelor în telemedicină reprezintă un aspect semnificativ care trebuie să coexiste cu măsurile stricte de securitate impuse pentru protejarea informațiilor medicale. Deși este vital să se prevină accesul neautorizat la date, este la fel de important ca personalul medical autorizat să poată accesa rapid și eficient aceste informații pentru a nu împiedica procesul de furnizare a serviciilor medicale. Acest echilibru între securitate și accesibilitate este adesea o provocare semnificativă în designul sistemelor de telemedicină.

Pentru a gestiona eficient acest echilibru, multe sisteme recurg la politici stricte de control al accesului și la implementarea sistemelor avansate de management al identităților. Politicile de control al accesului asigură că doar personalul medical autorizat are dreptul de a accesa anumite tipuri de informații, în funcție de rolul și responsabilitățile sale. Acest lucru se realizează prin definirea clară a permisiunilor pentru diferite niveluri de utilizatori, astfel încât accesul să fie restricționat pe baza necesităților clinice și a cerințelor de confidențialitate.

Sistemele de management al identităților sunt, de asemenea, fundamentale în acest proces. Acestea facilitează autentificarea rapidă și sigură a utilizatorilor prin tehnologii cum ar fi autentificarea biometrică sau cardurile inteligente, care permit un acces rapid și controlat la datele pacienților. Astfel de sisteme ajută la minimizarea timpului necesar pentru autentificare și la maximizarea eficienței accesului la date, asigurând în același timp că se mențin standardele de securitate.

Prin combinarea controlului riguros al accesului cu soluții eficiente de management al identităților, sistemele de telemedicină pot oferi personalului medical autorizat accesul de care are nevoie pentru a răspunde rapid și eficient nevoilor pacienților, fără a compromite securitatea datelor. Acest echilibru este esențial pentru funcționarea optimă a oricărui sistem de sănătate digital și pentru îmbunătățirea continuă a calității îngrijirilor medicale.

Conformitatea cu reglementările este un aspect important pentru companiile și instituțiile care oferă servicii de telemedicină, având în vedere că acestea operează frecvent într-un mediu foarte reglementat, cu un accent deosebit pe protecția datelor personale. În Uniunea Europeană, de exemplu, General Data Protection Regulation (GDPR) stabilește norme stricte privind modul în care datele personale trebuie colectate, stocate și procesate. GDPR pune un accent puternic pe consimțământul informat al pacienților și pe transparența în gestionarea datelor, impunând obligații riguroase pentru organizatori, inclusiv necesitatea de a implementa măsuri tehnice și organizatorice adecvate pentru protecția datelor.

În Statele Unite, Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) reglementează protecția informațiilor de sănătate pentru a asigura confidențialitatea și securitatea datelor pacienților. HIPAA specifică cum trebuie să fie gestionate informațiile medicale pentru a preveni divulgarea neautorizată și include protocoale stricte pentru transmiterea electronică a datelor de sănătate.

Ambele reglementări impun sancțiuni semnificative pentru nerespectarea standardelor, care pot varia de la amenzi grele până la alte repercusiuni legale, subliniind importanța aderenței stricte la aceste norme. Pentru companiile de telemedicină, conformitatea nu este doar

o cerință legală, ci și un element crucial pentru menținerea încrederii și a relațiilor cu pacienții și partenerii lor. Prin urmare, aceste companii investesc adesea resurse considerabile în formarea echipei, în tehnologii de securitate și în sisteme de monitorizare continuă a conformității pentru a asigura că rămân în linie cu aceste reglementări esențiale.

Educația și conștientizarea sunt vitale pentru securitatea datelor în telemedicină, deși uneori pot fi trecute cu vederea. Informarea adecvată a pacienților și a personalului medical despre riscurile de securitate și măsurile preventive este esențială pentru protejarea datelor sensibile. Utilizatorii trebuie să înțeleagă importanța utilizării unor parole puternice și a evitării rețelelor WiFi publice nesecurizate, care pot fi ușor exploatare de persoanele rău-intenționate.

De asemenea, recunoașterea tentativelor de phishing și a altor scheme de fraudă online este crucială pentru a preveni accesul neautorizat la informațiile personale și medicale. Educația în acest domeniu nu se limitează doar la diseminarea de informații; ea trebuie să includă și instruire practică, oferind exemple și scenarii specifice prin care utilizatorii pot învăța să identifice și să răspundă corespunzător la amenințări.

Pentru a facilita acest proces de învățare continuă, multe instituții de sănătate și companii de telemedicină dezvoltă programe de formare și actualizează regulat materialele educative pentru a reflecta noile evoluții în tehnologie și tactici de securitate. Aceasta nu doar că sporește capacitatea utilizatorilor de a-și proteja datele, dar contribuie și la crearea unui mediu de telemedicină mai sigur și mai eficient, unde pacienții și personalul medical pot interacționa fără temerea unei posibile încălcări a datelor.

În concluzie, securitatea datelor în telemedicină necesită o abordare multi-facetică și continuă adaptare la noile provocări tehnologice și reglementări. Prin implementarea unor măsuri tehnice avansate, conformitate cu legile în vigoare, și educarea utilizatorilor, se pot minimiza riscurile asociate cu serviciile medicale digitale și se poate asigura că telemedicina rămâne o soluție sigură și eficientă pentru gestionarea sănătății.

2.5. Exemple de sisteme de telemedicină

Există numeroase sisteme de telemedicină dezvoltate pentru a facilita furnizarea de servicii medicale la distanță. Iată câteva exemple notabile:

1. Teladoc Health

Este unul dintre cele mai mari și mai cunoscute sisteme de telemedicină din lume. Acesta oferă o gamă largă de servicii, inclusiv consultații medicale generale, îngrijire specializată și suport pentru sănătatea mintală. Pacienții pot accesa servicii medicale prin aplicația mobilă sau prin intermediul website-ului, programând consultații video cu medicii autorizați.

2. Amwell (American Well)

Amwell este un alt lider pe piața telemedicinii, oferind servicii similare cu Teladoc. Acesta colaborează cu numeroase spitale și furnizori de servicii medicale pentru a oferi consultații video în timp real. Platforma Amwell include și funcționalități pentru gestionarea crizelor și consultații de specialitate.

3. Doctor on Demand

Doctor on Demand oferă acces rapid la consultații medicale prin intermediul unei aplicații mobile sau a unui website. Platforma se concentrează pe consultații de medicină generală, dar oferă și servicii pentru sănătatea mintală și suport pentru gestionarea unor boli cronice.

4. MDLive

Acesta oferă consultații medicale online pentru o varietate de probleme de sănătate, inclusiv îngrijirea primară, sănătatea mintală și îngrijirea pediatrică. Pacienții pot accesa serviciile MDLive 24/7, ceea ce face platforma foarte convenabilă pentru nevoile urgente.

5. Babylon Health

Este o platformă de telemedicină care combină inteligența artificială cu consultațiile medicale tradiționale. Aplicația Babylon oferă evaluări de sănătate bazate pe AI, consultații video cu medici și gestionarea preventivă a sănătății. Este utilizată pe scară largă în Regatul Unit, fiind integrată în sistemul NHS (National Health Service).

Cap. 3. Implementarea și testarea sistemului de telemedicină

În contextul evoluției rapide a tehnologiei, telemedicina a devenit o soluție viabilă pentru furnizarea serviciilor medicale la distanță. Implementarea și testarea unui sistem de telemedicină utilizând o placă Arduino UNO și senzori de temperatură, mișcare, vibrații și un keypad este un exemplu excelent de integrare a tehnologiei accesibile pentru a îmbunătăți monitorizarea sănătății pacienților.

Implementarea sistemului bazat pe placa Arduino UNO este un pas inovator în facilitarea accesului la îngrijiri medicale la distanță. Arduino UNO, inima sistemului, servește drept controler central, gestionând eficient datele de la diferiți senzori și facilitând interacțiunea cu utilizatorul.

Primul pas în configurarea hardware-ului implică conectarea și configurarea senzorilor care pot include termometre, senzori de puls, sau chiar senzori de monitorizare a calității aerului, în funcție de parametrii specifici pe care sistemul trebuie să îi monitorizeze. Acești senzori colectează date vitale care sunt esențiale pentru monitorizarea sănătății pacientului la distanță.

Datele colectate de senzori sunt transmise plăcii Arduino UNO, care le procesează în timp real. Programarea plăcii Arduino este esențială pentru a asigura că datele sunt citite corect și că răspunsurile sistemului sunt prompte și precise. Acest lucru se realizează prin scrierea unui cod adecvat în IDE-ul Arduino, care permite configurarea comportamentului plăcii în funcție de semnalele primite de la senzori.

Interacțiunea cu utilizatorul este un alt aspect crucial al sistemului de telemedicină. Arduino UNO poate fi conectat la un keypad, permițând utilizatorilor să introducă comenzi sau să primească feedback. Keypad-ul poate fi utilizat pentru a seta preferințe, pentru a iniția apeluri de urgență sau pentru a naviga prin meniuri simple care afișează informații de sănătate.

Implementarea unui astfel de sistem necesită nu doar competențe tehnice în domeniul hardware și programare, dar și o înțelegere profundă a necesităților medicale ale pacienților. Testarea extensivă a sistemului este esențială pentru a asigura fiabilitatea și acuratețea acestuia în utilizarea reală. De asemenea, considerentele de securitate și confidențialitate sunt vitale, deoarece datele medicale sunt sensibile.

În final, implementarea sistemului de telemedicină bazat pe Arduino UNO presupune o colaborare strânsă între dezvoltatorii de software, inginerii hardware și profesioniștii din

domeniul sănătății pentru a crea un sistem eficient care să extindă accesul la îngrijirea medicală și să îmbunătățească calitatea vieții pacienților.

3.1. Testarea funcționalităților individuale

Proiectul are la bază componentele:

1. Placă Arduino UNO R3
2. Ecran LCD cu modul I2C
3. Senzor de temperatură
4. Senzor de vibrații
5. Keypad 3x4
6. Buzzer
7. Senzor de mișcare (PIR)

1. Arduino UNO este o alegere excelentă pentru proiectul de telemedicină datorită flexibilității, ușurinței de utilizare și a vastului suport comunitar. Cu ajutorul său, putem crea un sistem eficient și personalizat care să monitorizeze parametri vitali și să îmbunătățească accesul la îngrijiri medicale la distanță (pentru mai multe informații consultați *capitolul 2.1 Prezentarea plăcuței Arduino UNO*)

2. Ecranul LCD cu modul I2C este o componentă esențială în proiectele de telemedicină și alte aplicații de monitorizare, datorită capacității sale de a afișa informații în timp real și ușurinței de integrare cu microcontrolere precum Arduino UNO. Un ecran LCD (Liquid Crystal Display) cu modul I2C utilizează tehnologia de afișare cu cristale lichide pentru a prezenta informații sub formă de text, în timp ce modulul I2C (Inter-Integrated Circuit) permite comunicarea între ecranul LCD și microcontroler prin intermediul unui protocol serial simplificat. Acest modul reduce semnificativ numărul de pini necesari pentru conectarea LCD-ului la microcontroler, simplificând designul hardware-ului.

Unul dintre principalele avantaje ale utilizării unui modul I2C este reducerea numărului de pini utilizați. Fără modul I2C, un ecran LCD tipic (de exemplu, un LCD 16x2) necesită până la 10 pini pentru funcționare completă. Modulul I2C reduce această necesitate la doar 2 pini (SDA

și SCL), lăsând mai multe pini liberi pe microcontroler pentru alte funcții. De asemenea, cablajul devine mult mai simplu și mai ușor de gestionat, reducând riscul de erori de conexiune. În plus, ecranele LCD cu modul I2C sunt compatibile cu o gamă largă de microcontrolere, inclusiv Arduino, Raspberry Pi și alte platforme similare, datorită standardizării protocolului I2C.

Un ecran LCD cu modul I2C include, pe lângă ecranul propriu-zis, un adaptor montat pe partea din spate a acestuia, care include un cip ce gestionează comunicarea I2C, de obicei un PCF8574. Pentru a conecta un astfel de ecran la Arduino UNO, sunt necesare doar patru conexiuni fizice: VCC la pinul 5V al Arduino, GND la pinul GND al Arduino, SDA la pinul A4 al Arduino și SCL la pinul A5 al Arduino. După realizarea acestor conexiuni, este necesară instalarea unei biblioteci software compatibile în Arduino IDE, cum ar fi LiquidCrystal_I2C. (Fig. 3.1)

Pentru probarea ecranului LCD am folosit următorul cod:

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup()
{
    lcd.init();

    lcd.backlight();
}

void loop()
{
    lcd.setCursor(1, 0);

    lcd.print("Buna ziua");

    delay(3000);

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(2, 0);

    lcd.print("Aceasta este ");

    lcd.setCursor(2, 1);
```

```

lcd.print("licenta mea");

delay(3000);

lcd.clear();

}

```

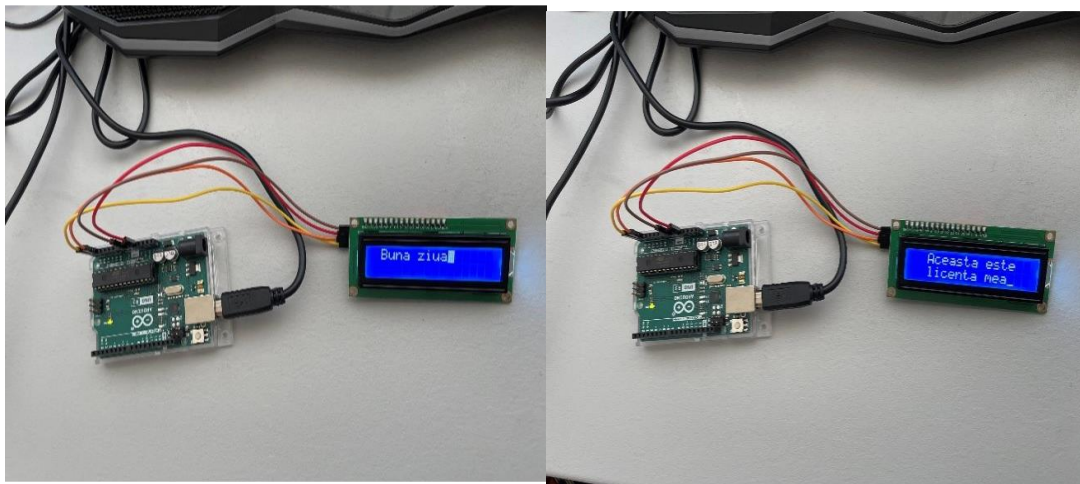


Fig. 3.1 Implementarea LCD-ului

3. Senzoul de temperatură:

Senzorul AHT21 este un dispozitiv avansat utilizat pentru măsurarea temperaturii și umidității relative, proiectat pentru a oferi o precizie ridicată și fiabilitate în diverse aplicații, de la automatizarea clădirilor la dispozitive de consum și sisteme de monitorizare a mediului. Acest senzor digital combină un senzor capacitiv de umiditate și un senzor de temperatură într-un singur cip, utilizând interfața I2C pentru comunicare, ceea ce facilitează integrarea cu microcontrolere și alte dispozitive electronice.

AHT21 funcționează în gama de temperatură de la -40°C la 85°C și în gama de umiditate de la 0% la 100% RH, cu o precizie remarcabilă: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ pentru temperatură și $\pm 2\%$ RH pentru umiditate. Această precizie ridicată îl face ideal pentru aplicații care necesită măsurători exacte și de încredere. Senzorul are, de asemenea, o stabilitate pe termen lung excelentă și un timp de răspuns rapid, caracteristici esențiale pentru aplicațiile dinamice. (Fig. 3.2)

Pentru proba senzorului de temperatura am folosit codul următor:

```

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <AHT20.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

AHT20 aht20;

unsigned long startMillis;

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    if (!aht20.begin()) {

        Serial.println("Fără senzor!");

        while (1);

    }

    startMillis = millis();

}

void loop() {

    // Citirea temperaturii și umidității de la senzor

    float temperature = aht20.getTemperature();

    float humidity = aht20.getHumidity();

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Temp: ");

    lcd.print(temperature, 1);

    lcd.print(" C");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Umid: ");

    lcd.print(humidity, 1);

```



```
lcd.print(" ");  
  
delay(2000);  
  
}
```

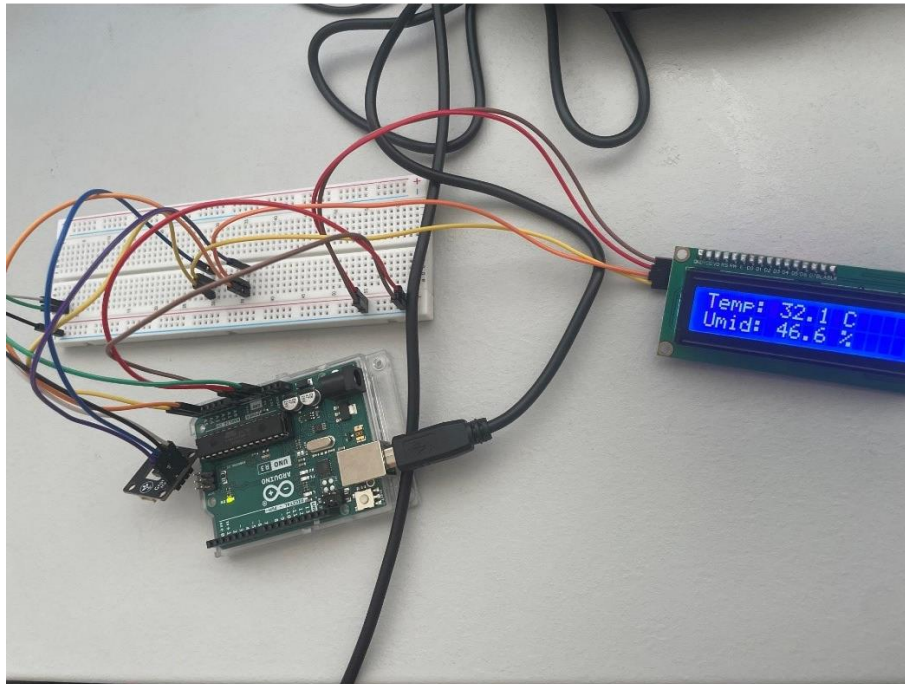


Fig. 3.2 Implementarea senzorului de temperatura

4. Senzorul de vibrații:

Senzorii de vibrații sunt esențiali pentru detectarea și măsurarea mișcărilor sau oscilațiilor într-o gamă largă de aplicații, de la sisteme industriale de monitorizare la dispozitive de siguranță și securitate. Acești senzori convertesc mișcările mecanice în semnale electrice care pot fi analizate și interpretate de microcontrolere sau alte dispozitive electronice.

Senzorul de vibrații funcționează pe baza principiului că mișcările mecanice generează variații în anumite proprietăți electrice, cum ar fi rezistența sau capacitatea. Un exemplu comun de senzor de vibrații este modulul piezoelectric, care utilizează un material piezoelectric ce generează un semnal electric atunci când este supus la stres mecanic, precum vibrațiile sau loviturile. Alte tipuri de senzori de vibrații includ accelerometrele și senzorii de vibrații basculanți. (Fig. 3.3)

Pentru testarea acestui senzor am folosit următorul cod:

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int vs = 2;

void setup() {

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    pinMode(vs, INPUT);

    Serial.begin(9600);

}

void loop() {

    int sensorValue = digitalRead(vs);

    Serial.println(sensorValue);

    if (sensorValue == HIGH) {

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print("Vibratii detectate");

    } else {

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);

        lcd.print("Nu sunt vibratii");

    }

    delay(1000); }
```

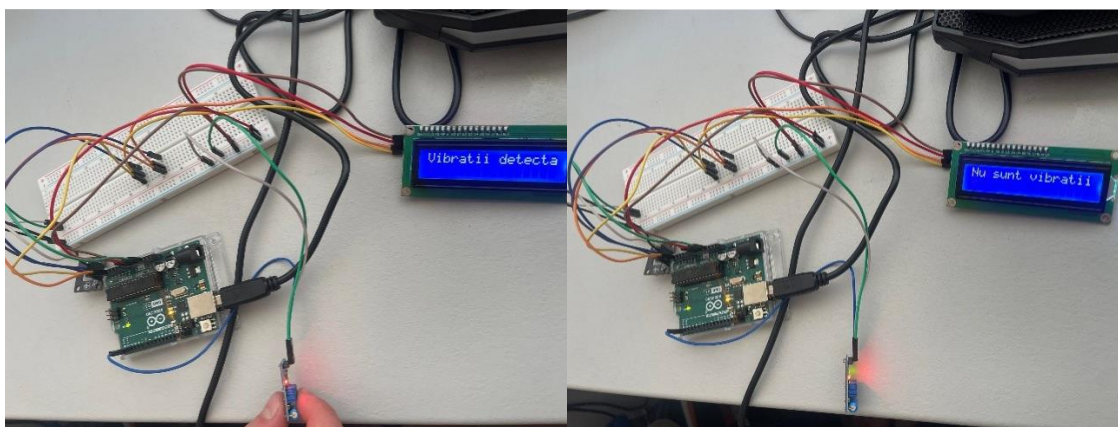


Fig. 3.3 Implementarea senzorului de vibrații

5. Keypad-ul 3x4:

Keypad-ul 3x4 este un dispozitiv de intrare frecvent utilizat în diverse aplicații electronice, oferind utilizatorilor o modalitate simplă și eficientă de a introduce date numerice sau alfanumerice. Acesta constă din 12 butoane dispuse într-o matrice de 3 coloane și 4 rânduri, fiecare buton fiind etichetat de obicei cu cifre de la 0 la 9 și simbolurile '*' și '#'. Acest aranjament permite detectarea exactă a butonului apăsător prin scanarea matricii de rânduri și coloane. (Fig. 3.4)

Un keypad 3x4 este format din 7 pini de conectare – 3 pini pentru coloane și 4 pini pentru rânduri. Fiecare buton al keypad-ului este conectat la una dintre liniile de rând și una dintre liniile de coloană, ceea ce permite microcontrolerului să determine ce buton a fost apăsător prin scanarea matricii. Când un buton este apăsător, acesta stabilește o conexiune între linia de rând și linia de coloană corespunzătoare. Microcontrolerul, cum ar fi Arduino, poate detecta butonul apăsător prin activarea succesivă a fiecărei linii și citirea stării fiecărei coloane.

Pentru a testa acest Keypad am folosit următorul cod:

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Keypad.h>

// Definirea adresei LCD pe I2C (verificați adresa LCD-ului dvs. pe I2C)
```

```

#define LCD_ADDR 0x27

#define LCD_COLS 16

#define LCD_ROWS 2

// Definirea pinilor pentru tastier

const byte numRows = 4; // Numărul de rânduri al tastierului

const byte numCols = 3; // Numărul de coloane al tastierului

// Definirea caracterelor tastierului numeric

char keys[numRows][numCols] = {

    {'1','2','3'},

    {'4','5','6'},

    {'7','8','9'},

    {'*','0','#'}

};

// Definirea pinilor pentru rânduri și coloane

byte rowPins[numRows] = {3, 4, 5, 6}; // Conectați aceste pini la pinii de rânduri ai tastierului

byte colPins[numCols] = {7, 8, 9}; // Conectați aceste pini la pinii de coloane ai tastierului

// Crearea obiectului Keypad

Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, numRows, numCols);

// Crearea obiectului LCD I2C

LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDR, LCD_COLS, LCD_ROWS);

void setup(){

    // Inițializarea comunicării cu LCD pe I2C

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    // Inițializarea comunicării seriale pentru debug (opțional)

    Serial.begin(9600);

}

void loop(){

```

```

char key = keypad.getKey(); // Așteaptă apăsarea unei taste

if (key != NO_KEY){ // Dacă o tastă este apăsată

    lcd.clear(); // Curăță ecranul LCD

    lcd.setCursor(0, 0); // Setează cursorul LCD la poziția (0, 0)

    lcd.print("Tasta apasata:"); // Afișează un mesaj

    lcd.setCursor(0, 1); // Setează cursorul LCD la poziția (0, 1)

    lcd.print(key); // Afișează tasta apăsată pe LCD

    Serial.println(key); } }

```

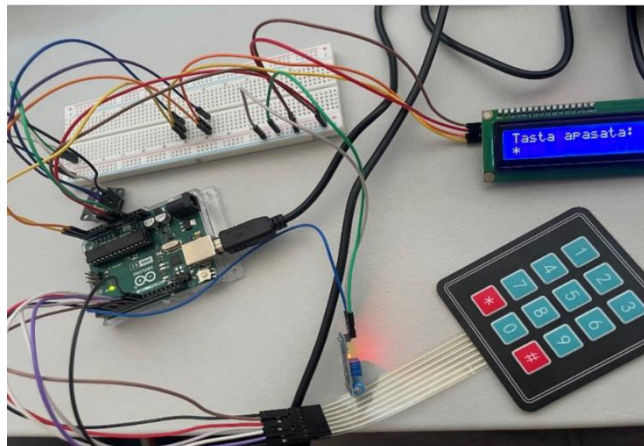


Fig. 3.4 Implementarea keypad-ului

6. Buzzer:

Buzzer-ul cu 3 pini are trei pini de conectare: VCC, care se conectează la o sursă de tensiune pozitivă (de obicei 5V sau 3.3V, în funcție de specificațiile buzzer-ului), GND, care se conectează la pinul de masă al circuitului, și I/O, care se conectează la un pin digital al microcontrolerului pentru a controla funcționarea buzzer-ului. Există două tipuri principale de buzzere: buzzer activ și buzzer pasiv. Buzzer-ul activ are un oscilator intern și poate genera un sunet constant atunci când este alimentat, controlul sunetului realizându-se prin simpla aplicare a unei tensiuni la pinul I/O. Buzzer-ul pasiv necesită un semnal de comandă variabil pentru a produce sunete, semnalul fiind generat de microcontroler prin modulare PWM (Pulse Width Modulation) sau prin generarea unei frecvențe audio specifice. (Fig. 3.5)

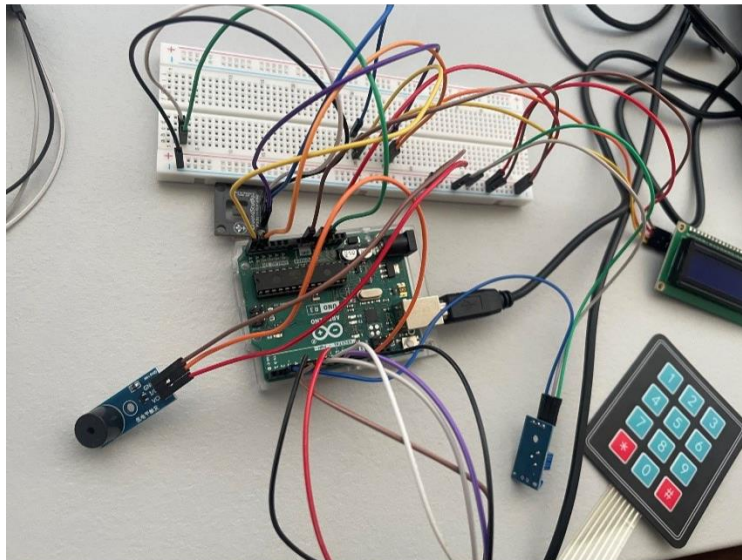


Fig 3.5 Implementarea buzzer-ului

7.Senzorul PIR (Passive Infrared):

Este un dispozitiv electronic utilizat pe scară largă pentru a detecta mișcarea prin măsurarea radiației infraroșii emise de obiectele din mediul său. (Fig. 3.6) PIR-urile sunt esențiale în multe aplicații de securitate și automatizare, fiind folosite pentru a declanșa alarme, a aprinde lumini sau a activa alte dispozitive atunci când detectează prezența unei persoane sau a unui animal. Acest senzor este denumit "pasiv" deoarece nu emite energie sub formă de unde infraroșii; în schimb, detectează energia infraroșie emisă de obiectele din mediul său.

Un senzor PIR este alcătuit dintr-un element piroelectric care generează o sarcină electrică atunci când este expus la radiația infraroșie. Acesta este acoperit cu o lentilă Fresnel care concentrează radiația infraroșie pe elementul piroelectric, sporind sensibilitatea senzorului. Când un obiect cald, cum ar fi o persoană, se mișcă în fața senzorului, cantitatea de radiație infraroșie detectată se modifică. Această schimbare este procesată de circuitele interne ale senzorului pentru a genera un semnal digital de ieșire care indică detectarea mișcării.

Pentru testarea sa am folosit codul:

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Biblioteca pentru senzorul PIR
```

```

#include <Adafruit_Sensor.h>

// Definirea adresei I2C pentru LCD și dimensiunile acestuia
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Pinul digital la care este conectat senzorul PIR

const int pirPin = 13; //este conectat la pinul 7 al plăcii

void setup() {

    // Inițializarea seriei pentru debug

    Serial.begin(9600);

    // Inițializarea LCD-ului

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    // Inițializarea pinului pentru senzorul PIR ca INPUT

    pinMode(pirPin, INPUT);

    // Afișare mesaj de pornire pe LCD

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print(" Senzor PIR");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(" Activitate");

    delay(2000); // Așteptare 2 secunde pentru a citi mesajul

    // Clear screen

    lcd.clear();

}

void loop() {

    // Citirea stării digitale de la senzorul PIR

    int pirState = digitalRead(pirPin);

    // Afișarea stării pe LCD

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Detectie PIR:");

```



```

lcd.setCursor(0, 1);

if (pirState == HIGH) {

    lcd.print("Detectat");

} else {

    lcd.print("Nedetectat");

}

delay(1000);

}

```

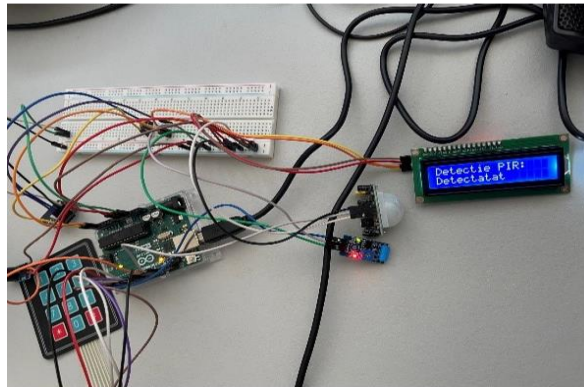


Fig. 3.6 Implementarea senzorului de miscare (PIR)

3.2. Implementarea schemei bloc

Am început conectarea plăcii Arduino UNO la alimentare prin USB la laptop.

LCD-ul I2C este conectat la placa Arduino pentru a afișa diverse informații. LCD-ul I2C are adresa 0x27 și este conectat prin intermediul pinilor SDA și SCL. Pinul SDA al LCD-ului este conectat la pinul A4 al plăcii Arduino, iar pinul SCL al LCD-ului este conectat la pinul A5 al plăcii Arduino. Acesta are 16 coloane și 2 rânduri, și pentru a funcționa corect, trebuie inițializat în cod folosind funcția `lcd.init()` și activarea iluminării de fundal cu `lcd.backlight()`.

Senzorul de temperatură AHT21 este conectat la placa Arduino utilizând patru pini: VCC, GND, SCL și SDA. Pinul VCC al senzorului este conectat la 5V pe breadboard, pinul GND este conectat la GND, pinul SDA este conectat pe breadboard în același loc cu SDA-ul de la ecranul LCD, asemenea și pentru pinul SCL.

Buzzerul are trei pini: pozitiv (+), negativ (-) și D0. Pinul pozitiv al buzzerului este conectat la 5V, pinul negativ este conectat la GND pe placă, iar pinul D0 este conectat la pinul digital 12 al plăcii Arduino.

Tastatura numerică este legată folosind pini pentru rânduri și coloane. Rândurile sunt conectate la pinii digitali 3, 4, 5 și 6, iar coloanele sunt conectate la pinii digitali 7, 8 și 9 ai plăcii Arduino.

Senzorul de vibrație are trei pini: VCC, GND și SIG. Pinul VCC al senzorului de vibrație este conectat la 5V pe breadboard, pinul GND este conectat la GND pe placă, iar pinul SIG este conectat la pinul digital 2 al plăcii Arduino.

Senzorul PIR are trei pini: VCC, OUT și GND. Pinul VCC al senzorului PIR este conectat la 5V pe breadboard, pinul GND este conectat la GND pe placă, iar pinul OUT este conectat la pinul digital 7 al plăcii Arduino.

Astfel, fiecare senzor și dispozitiv este conectat la placa Arduino conform descrierilor de mai sus, asigurând alimentarea corespunzătoare și comunicarea corectă cu pinii specificați.

3.3. Implementarea codului final

Implementarea codului final pe un circuit Arduino reprezintă etapa crucială în care se trece de la prototipare și testare la funcționarea efectivă a proiectului. Aceasta presupune încărcarea codului scris în mediul Arduino IDE pe placa Arduino, asigurându-se că toate componentele hardware sunt corect conectate și configurate. Acest pas final garantează că proiectul va funcționa conform specificațiilor dorite și permite realizarea practică a conceptelor dezvoltate în faza de proiectare.

Acesta este:

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <AHT20.h>

#include <Keypad.h>

#include <Adafruit_Sensor.h>

// Definirea adresei I2C pentru LCD și dimensiunile acestuia
```

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Senzor de vibrație

const int vs = 2; // Pinul la care este conectat senzorul de vibrație

// Senzor de umiditate și temperatură AHT21 (similar cu AHT20)

AHT20 aht20;

// Buzzer

const int buzzerPin = 12; // Pinul digital al Arduino conectat la pinul D0 al buzzerului

// Senzor PIR

const int pirPin = 13; // Pinul digital la care este conectat senzorul PIR

// Tastier numeric

#define LCD_ADDR 0x27

#define LCD_COLS 16

#define LCD_ROWS 2

const byte numRows = 4; // Numărul de rânduri al tastierului

const byte numCols = 3; // Numărul de coloane al tastierului

char keys[numRows][numCols] = {

    {'1','2','3'},

    {'4','5','6'},

    {'*','0','#'}

};

byte rowPins[numRows] = {3, 4, 5, 6}; // Conectați aceste pini la pinii de rânduri ai tastierului

byte colPins[numCols] = {7, 8, 9}; // Conectați aceste pini la pinii de coloane ai tastierului

Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, numRows, numCols);

unsigned long startMillis;

unsigned long previousMillis = 0;

unsigned long lastKeyPressMillis = 0;

const long interval = 2000; // Interval de actualizare pentru senzorul AHT21

const long keyPressTimeout = 10000; // Timeout pentru afișarea mesajului de navigare

```

```

unsigned long pirDetectedMillis = 0;

bool pirDetected = false;

bool buzzerActive = false;

int currentDisplay = 0; // 0: Default, 4: Temp & Humidity, 5: PIR, 6: Vibration

int lastPirState = -1; // Starea anterioară a senzorului PIR

int lastVibrationState = -1; // Starea anterioară a senzorului de vibrații

void setup() {

    // Inițializare comunicare serială pentru debug

    Serial.begin(9600);

    // Inițializare LCD

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    // Inițializare AHT21

    if (!aht20.begin()) {

        Serial.println("Fără senzor AHT21!");

        while (1);

    }

    // Inițializare pinuri pentru senzori și dispozitive

    pinMode(vs, INPUT);

    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);

    digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Oprește buzzerul

    pinMode(pirPin, INPUT);

    // Mesaj de pornire pe LCD

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("SISTEM");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("INITIALIZAT");

    delay(2000);

```

```

lcd.clear();

startMillis = millis();

lastKeyPressMillis = millis(); // Inițializăm ultima apăsare de tastă cu timpul curent
}

void loop() {

    unsigned long currentMillis = millis();

    // Citire tastă apăsată de la tastatura numerică

    char key = keypad.getKey();

    if (key != NO_KEY) {

        handleKeyPress(key);

        lastKeyPressMillis = currentMillis; // Actualizăm timpul ultimei apăsări de tastă
    }

    // Verificăm dacă a trecut mai mult de 10 secunde de la ultima apăsare de tastă

    if (currentMillis - lastKeyPressMillis >= keyPressTimeout && currentDisplay != 0) {

        displayNavigationMessage();

        currentDisplay = 0; // Resetăm afișajul curent
    }

    // Actualizare și afișare temperatură și umiditate de la AHT21 la intervale regulate

    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {

        previousMillis = currentMillis;

        if (currentDisplay == 4) {

            displayTemperatureHumidity();

        }

    }

    // Citire și afișare valoare senzor de vibrație

    int sensorValue = digitalRead(vs);

    Serial.println(sensorValue);

    if (sensorValue == HIGH && !buzzerActive) {

```

```

    handleVibrationDetected();

}

// Citire și afișare starea senzorului PIR

int pirState = digitalRead(pirPin);

if (pirState == HIGH) {

    if (!pirDetected) {

        pirDetected = true;

        pirDetectedMillis = currentMillis;

    } else if (currentMillis - pirDetectedMillis >= 3000 && !buzzerActive) {

        handlePirDetected();

    }

} else {

    pirDetected = false;

}

// Afișare detectare PIR dacă nu se afișează altceva și dacă starea s-a schimbat

if (currentDisplay == 5) {

    if (lastPirState != pirState) {

        displayPIR();

        lastPirState = pirState;

    }

} else if (currentDisplay == 6) {

    if (lastVibrationState != sensorValue) {

        displayVibration();

        lastVibrationState = sensorValue;

    }

}

}

void handleKeyPress(char key) {

```

```

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

switch (key) {

case '1':

    lcd.print("APEL TRANSMITERE");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("DATELOR");

    triggerBuzzer(5);

    currentDisplay = 0; // Reset display after handling

    break;

case '2':

    lcd.print("SE APEALEAZA 112");

    triggerBuzzer(5);

    currentDisplay = 0; // Reset display after handling

    break;

case '3':

    lcd.print("APELEAZA MEDICUL");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("DE FAM.");

    triggerBuzzer(5);

    currentDisplay = 0; // Reset display after handling

    break;

case '4':

    currentDisplay = 4;

    displayTemperatureHumidity();

    break;

case '5':

    currentDisplay = 5;

```

```

    lastPirState = -1; // Reset state to force update

    displayPIR();

    break;

case '6':

    currentDisplay = 6;

    lastVibrationState = -1; // Reset state to force update

    displayVibration();

    break;

default:

    lcd.print("Tasta apasata:");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(key);

    currentDisplay = 0; // Reset display after handling

    break;

}

Serial.println(key);

}

void displayTemperatureHumidity() {

    float temperature = aht20.getTemperature();

    float humidity = aht20.getHumidity();

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Temp: ");

    lcd.print(temperature, 1);

    lcd.print(" C");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Umid: ");

    lcd.print(humidity, 1);

```

```

    lcd.print(" %");
}

void displayPIR() {
    int pirState = digitalRead(pirPin);

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Detectie PIR:");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(pirState == HIGH ? "Detectat" : "Nedetectat");
}

void displayVibration() {
    int sensorValue = digitalRead(vs);

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Vibratie: ");

    lcd.setCursor(0, 1); // Mutăm pe a doua linie

    lcd.print(sensorValue == HIGH ? "Detectat" : "Nedetectat");
}

void displayNavigationMessage() {
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("APASATI O TASTA");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("PENTRU MENIU");
}

void handleVibrationDetected() {
    buzzerActive = true;

    lcd.clear();
}

```



```

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("PACIENT CAZUT");

    triggerBuzzer(9);

    buzzerActive = false;
}

void handlePirDetected() {

    buzzerActive = true;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("CRIZA PACIENT");

    triggerBuzzer(10);

    pirDetected = false; // Reset PIR detected state after handling

    buzzerActive = false;
}

void triggerBuzzer(int times) {

    for (int i = 0; i < times; i++) {

        digitalWrite(buzzerPin, HIGH);

        delay(500);

        digitalWrite(buzzerPin, LOW);

        delay(500);

    }
}

```

3.4. Analiza rezultatelor și interpretarea datelor

Acest cod reprezintă o soluție completă pentru monitorizarea și alertarea în timp real a stării unui pacient, folosind diverse senzori și un afișaj LCD. Prin integrarea unui senzor de vibrații, a unui senzor de umiditate și temperatură (AHT20), a unui senzor de mișcare (PIR) și a unui tastier numeric, sistemul poate detecta și reacționa la diverse evenimente critice.

Descrierea funcționalităților:

- Monitorizarea Vibrațiilor

Senzorul de vibrații detectează căderile sau mișcările bruște ale pacientului. În cazul unei căderi, sistemul afișează mesajul "PACIENT CAZUT" pe LCD și activează buzzerul pentru a alerta personalul medical. (Fig. 3.7)



Fig. 3.7 Mesajul apărut pe LCD în urma detectării vibrațiilor

- Monitorizarea Umidității și Temperaturii:

Senzorul AHT20 monitorizează constant temperatura și umiditatea. Datele sunt afișate pe LCD, iar dacă temperatura depășește un prag critic (de exemplu, 35°C), buzzerul se activează pentru a avertiza despre posibile probleme de sănătate, cum ar fi incomfortul ridicat al pacientului.

- Monitorizarea Mișcărilor:

Senzorul PIR detectează mișcările pacientului. Dacă detectează mișcare timp de peste 60 secunde, sistemul presupune că pacientul este în criză și afișează mesajul "CRIZA PACIENT" pe LCD, activând buzzerul pentru a solicita intervenția rapidă. (Fig. 3.8)

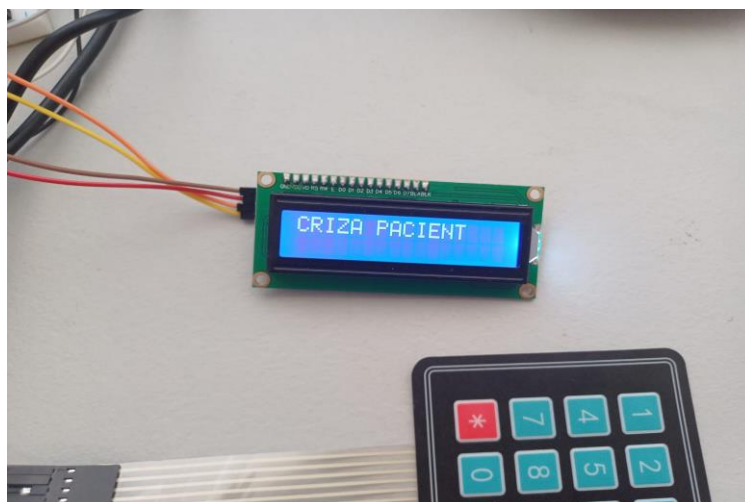


Fig. 3.8 Mesajul apărut pe LCD in urma detectării senzorului PIR

- Interfață de Utilizator:

Tastiera numerică permite interacțiunea directă cu sistemul. Apăsarea tastelor poate declanșa diverse acțiuni, cum ar fi transmiterea datelor la distanță, apelarea serviciilor de urgență sau a medicului de familie.

După apăsarea tastei 1 se va îndeplini următoarea acțiune:



Fig. 3.9 Acțiunea in urma apăsării tastei 1

După apăsarea tastei 2 se va îndeplini următoarea acțiune:



Fig. 3.9 Acțiunea in urma apăsării tastei 2

După apăsarea tastei 3 se va îndeplini următoarea acțiune:



Fig. 3.10 Acțiunea in urma apăsării tastei 3

În urma apăsării tastelor 4, 5 și 6 se vor afișa datele receptate de senzori, cum ar fi:(Fig. 3.11, Fig. 3.12, Fig. 3.13)

4. Temperatura și umiditatea

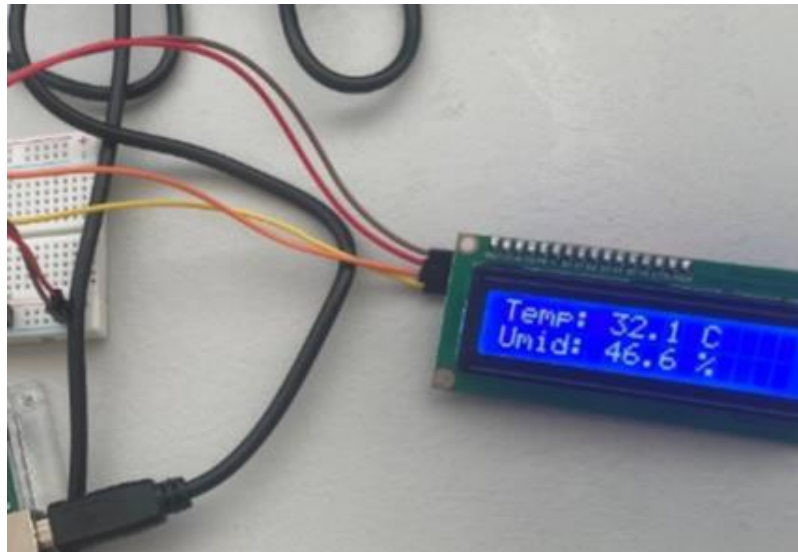


Fig. 3.11 Afișarea temperaturii si umidității

5. Detecția senzorului de mișcare PIR

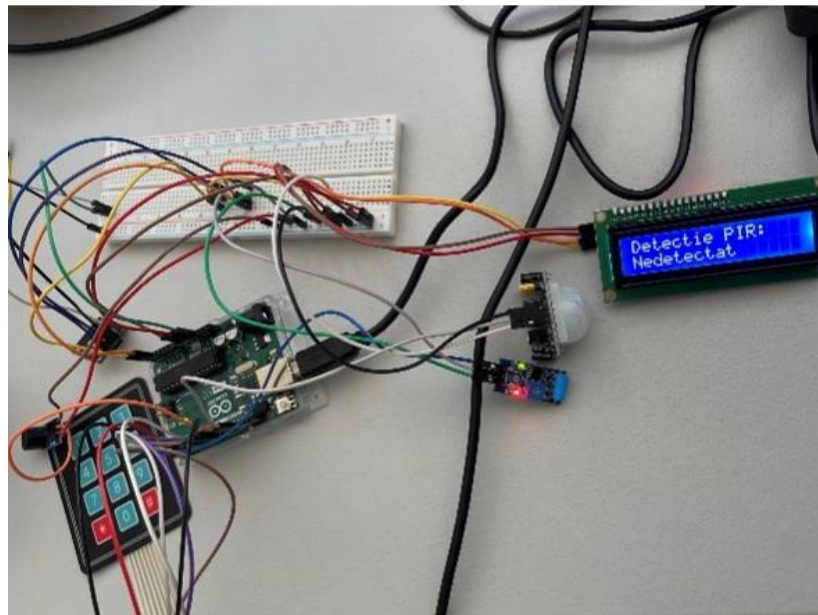


Fig. 3.12 Afișarea detecției senzorului PIR

6. Detecția senzorului de vibrații



Fig. 3.11 Afișarea detecției senzorului de vibrații

Dacă nu se apasă nicio tastă timp de 10 secunde, sistemul afișează un mesaj de navigare pentru a ghida utilizatorul să apese o tastă pentru a accesa meniul.

Aplicații în Telemedicină:

Acest sistem poate fi utilizat eficient în telemedicină pentru monitorizarea la distanță a pacienților, mai ales în cazul persoanelor vârstnice sau cu afecțiuni cronice care necesită supraveghere constantă. Iată câteva moduri în care poate fi aplicat:

Monitorizarea Pacienților la Domiciliu:

Pacienții pot fi monitorizați în timp real în confortul propriilor case. Sistemul detectează și raportează automat căderile, mișcările neobișnuite și valorile critice ale temperaturii și umidității corpului, trimițând alerte către personalul medical sau membrii familiei.

Intervenții Rapide:

În caz de urgență, cum ar fi o cădere sau o criză medicală, sistemul poate declanșa alarme sonore pentru a atrage atenția rapidă a celor din apropiere. De asemenea, poate fi

configurat pentru a trimite notificări instantanee către serviciile de urgență sau către medicul pacientului.

Reducerea Vizitelor la Spital:

Prin monitorizarea constantă și feedback-ul în timp real, pacienții pot evita vizitele frecvente la spital pentru controale de rutină, reducând astfel stresul și costurile asociate.

Îmbunătățirea Calității Vieții:

Pacienții și familiile lor pot avea liniștea că starea de sănătate este monitorizată continuu, iar intervențiile necesare pot fi efectuate rapid, ceea ce contribuie la o calitate a vieții mai bună.

Acest sistem reprezintă un pas important către integrarea tehnologiei în îngrijirea sănătății, oferind soluții eficiente și accesibile pentru monitorizarea pacienților la distanță. Prin combinarea diverselor senzori și a unei interfețe de utilizator simplă și intuitivă, sistemul poate detecta rapid și eficient situațiile de urgență, asigurând intervenția promptă și reducând riscul complicațiilor medicale. În contextul telemedicinii, astfel de soluții devin esențiale pentru îmbunătățirea accesului la îngrijire medicală și pentru optimizarea resurselor medicale.

Cap. 4. Concluzii

Acest proiect de monitorizare a pacienților reprezintă o platformă versatilă și eficientă pentru îmbunătățirea îngrijirii medicale la distanță. Utilizând senzori pentru detectarea vibrațiilor, monitorizarea temperaturii și umidității, precum și detectarea mișcărilor, sistemul oferă o supraveghere continuă și alertă rapidă în caz de urgență.

Sistemul poate fi instalat în casele persoanelor vârstnice pentru a detecta căderile și alte incidente, oferind astfel liniște sufletească atât pentru pacienți, cât și pentru familiile acestora. Alerte rapide pot preveni complicații serioase prin intervenții prompte.

Pacienții cu afecțiuni cronice, cum ar fi diabetul sau hipertensiunea, pot beneficia de monitorizarea constantă a parametrilor vitali. Valorile anormale ale temperaturii și umidității pot semnaliza senzații de stres, permițând ajustări rapide ale tratamentului.

Acesta mai poate fi utilizat în azile, centre de îngrijire sau spitale pentru a monitoriza mai mulți pacienți simultan. Detectarea mișcărilor neobișnuite sau a căderilor poate ajuta personalul medical să reacționeze prompt la incidente.

Sistemul poate fi integrat cu platforme de telemedicină pentru a oferi date în timp real medicilor care supraveghează pacienții de la distanță. Acest lucru reduce necesitatea vizitelor frecvente la spital și permite monitorizarea continuă fără a perturba viața pacientului.

Perspectivă de Dezvoltare:

- Integrarea cu Aplicații Mobile:

Dezvoltarea unei aplicații mobile care să se conecteze la sistemul de monitorizare poate permite pacienților și medicilor să acceseze datele în timp real de oriunde. Notificările push pot alerta imediat despre incidente sau valori anormale.

- Îmbunătățirea Algoritmilor de Analiză a Datelor:

Implementarea algoritmilor avansați de analiză a datelor și învățare automată poate ajuta la predicția incidentelor medicale înainte ca acestea să se întâmple, bazându-se pe modelele de comportament și tendințele istorice ale pacienților.

- Extinderea Gama de Senzori:

Adăugarea de noi senzori, cum ar fi cei pentru monitorizarea ritmului cardiac, a saturației oxigenului în sânge sau a tensiunii arteriale, poate oferi o imagine mai completă a stării de sănătate a pacientului.

- Automatizarea Rapoartelor Medicale:

Generarea automată de rapoarte detaliate pentru medicii curanți poate economisi timp și poate asigura că toată informația relevantă este prezentată într-un mod coerent și ușor de înțeles.

- Compatibilitatea cu Dispozitive de Îngrijire Inteligente:

Integrarea cu alte dispozitive de îngrijire inteligentă, cum ar fi paturile ajustabile sau sistemele de administrare a medicamentelor, poate crea un mediu de îngrijire complet automatizat și eficient.

Acest sistem de monitorizare a pacienților nu doar că oferă soluții imediate pentru îmbunătățirea îngrijirii medicale la distanță, dar deschide și uși către inovații viitoare. Cu potențialul de a integra tehnologii avansate și de a se adapta la nevoile în continuă schimbare ale pacienților și medicilor, acest proiect poate deveni o componentă esențială în viitorul telemedicinii. Dezvoltarea continuă și adaptarea acestuia pot transforma modul în care pacienții sunt monitorizați și îngrijiți, aducând beneficii semnificative atât pentru sănătatea individuală cât și pentru sistemul medical global.

4.1. Probleme întâmpinate

Capacitățile limitate de comunicare ale Arduino Uno R3 reprezintă o provocare semnificativă în contextul utilizării acestei platforme în sistemele de telemedicină. Arduino Uno R3, deși extrem de popular și versatil pentru o gamă largă de proiecte de elektronikă și prototipare, nu dispune de capacități integrate pentru conectarea la internet, Bluetooth, GSM sau linie telefonică. Aceasta înseamnă că transmiterea datelor către un sistem de telemedicină la distanță devine dificilă, limitând astfel funcționalitatea dispozitivului în aplicații medicale moderne.

În absența conectivității integrate, datele colectate de la diferite senzori medicali conectați la Arduino Uno R3, cum ar fi tensiunea arterială, nivelul de glucoză sau ritmul cardiac, nu pot fi transmise automat către platformele de monitorizare la distanță. Aceasta impune o problemă majoră, deoarece una dintre cerințele esențiale ale telemedicinii este capacitatea de a transmite date în timp real sau aproape de timp real către profesioniștii din domeniul medical pentru analiză și intervenție promptă.

Pentru a depăși aceste limitări, sunt necesare soluții suplimentare. Una dintre opțiuni este utilizarea unor module externe, cum ar fi modulele Wi-Fi, Bluetooth sau GSM, care pot fi

adăugate la Arduino Uno R3 pentru a conferi capacități de comunicare wireless. De exemplu, modulele ESP8266 sau ESP32 pot fi utilizate pentru a oferi conectivitate Wi-Fi, permițând astfel transmiterea datelor prin internet. Alternativ, modulele Bluetooth, cum ar fi HC-05 sau HC-06, pot fi utilizate pentru a permite comunicarea cu dispozitivele mobile sau alte echipamente compatibile Bluetooth. În plus, modulele GSM, cum ar fi SIM800L sau SIM900, pot fi integrate pentru a permite transmiterea datelor prin rețelele de telefonie mobilă, extinzând astfel capacitatea de comunicare în zonele fără acces Wi-Fi.

Implementarea acestor soluții externe, deși eficientă, adaugă complexitate și necesită cunoștințe suplimentare de integrare hardware și programare. De asemenea, trebuie luate în considerare aspecte legate de consumul de energie, dimensiunea și costul suplimentar al modulelor adăugate, mai ales în cazul aplicațiilor portabile sau de dimensiuni reduse.

Capacitățile limitate de comunicare ale Arduino Uno R3 prezintă un obstacol în dezvoltarea soluțiilor de telemedicină eficiente. Totuși, cu ajutorul modulelor externe pentru conectivitate Wi-Fi, Bluetooth sau GSM, aceste limitări pot fi depășite, permițând transmiterea datelor către sistemele de monitorizare la distanță și contribuind astfel la îmbunătățirea îngrijirii pacienților și a eficienței serviciilor medicale.

Integrarea și gestionarea multiplelor senzori pentru monitorizarea diverselor parametri vitali, cum ar fi tensiunea arterială, ritmul cardiac și nivelul de oxigen, poate fi un proces complex. Această complexitate derivă din necesitatea de a coordona și sincroniza datele de la diferite tipuri de senzori, fiecare având propriile cerințe de conectare și comunicare. În absența unor soluții eficiente, acest proces poate deveni dificil și consumator de timp, afectând precizia și fiabilitatea sistemului de monitorizare.

O soluție eficientă pentru simplificarea integrării senzorilor este utilizarea unor senzori digitali care oferă interfețe standard, cum ar fi Inter-Integrated Circuit (I2C) și Serial Peripheral Interface (SPI). Aceste interfețe standardizate permit conectarea ușoară și rapidă a senzorilor la platforme de dezvoltare precum Arduino, asigurând o comunicare coerentă și fiabilă între dispozitive. I2C, de exemplu, permite conectarea mai multor senzori folosind doar două fire pentru comunicație, simplificând semnificativ cablajul și reducând numărul de pini necesari pe microcontroler. SPI, pe de altă parte, oferă o rată de transfer mai mare și este ideal pentru aplicațiile care necesită transmisii rapide de date.

Pe lângă utilizarea senzorilor cu interfețe standard, documentația și exemplele de cod furnizate de producători sunt extrem de valoroase pentru implementarea corectă a senzorilor. Documentația detaliată oferă informații esențiale despre modul de conectare, configurare și

utilizare a senzorilor, în timp ce exemplele de cod pot servi drept punct de plecare pentru dezvoltatori, economisind timp și efort în faza de dezvoltare. Aceste resurse ajută la asigurarea unei integrări corecte și eficiente, reducând riscul de erori și îmbunătățind performanța generală a sistemului.

Deși integrarea și gestionarea multiplelor senzori pentru monitorizarea parametrilor vitali poate fi complexă, utilizarea senzorilor digitali cu interfețe standard precum I2C și SPI simplifică semnificativ acest proces. Documentația cuprinzătoare și exemplele de cod furnizate de producători sunt instrumente esențiale care facilitează implementarea corectă și eficientă a senzorilor, contribuind astfel la dezvoltarea unor sisteme de monitorizare fiabile și precise.

Bibliografie

<https://www.unicef.org/romania/media/10056/file/Ghid%20de%20telemedicin%C4%83%20%C3%AEn%20asisten%C8%9Ba%20medical%C4%83%20primar%C4%83.pdf>

<https://www.who.int/news/item/10-11-2022-who-issues-new-guide-to-running-effective-telemedicine-services>

<https://ejim.springeropen.com/articles/10.1186/s43162-023-00234-z>

<https://www.cureus.com/articles/232773-a-comprehensive-review-on-exploring-the-impact-of-telemedicine-on-healthcare-accessibility#!/>

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

<https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-uno.html>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1129066/>

<https://simple-circuit.com/arduino-i2c-lcd-pcf8574/>

<https://asairsensors.com/product/aht21b-temperature-and-humidity-sensor/>

<https://instrumentationtools.com/vibration-sensors-work/>

<https://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-a-keypad-on-an-arduino/>

<https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work>

<https://robu.in/pir-sensor-working-principle/>