

## SISTEM DE MONITORIZARE IoT PENTRU PACIENȚI CU DEFICIENȚE RESPIRATORII ÎN SOMN

Emanuela BUZENCHE\*, Denisa DEACONU, Andra CRISTIANA BĂEȘU

Departamentul Științe Biomedicale, Facultatea de Bioinginerie Medicală,  
Universitatea de Medicină și Farmacie "Grigore T. Popa" Iași, România

\*Autorul corespondent: Emanuela Buzenche, [emabuzenche@gmail.com](mailto:emabuzenche@gmail.com)

### Îndrumătorul/coordonatorul științific

**Călin CORCIOVĂ**, Conf. Univ. Dr. Bioing., Departament Științe Biomedicale, Facultatea de Bioinginerie Medicală, Universitatea de Medicină și Farmacie "Grigore T. Popa" Iași, România  
**Robert FUIOR**, Asist. Univ. Dr. Bioing., Departament Științe Biomedicale, Facultatea de Bioinginerie Medicală, Universitatea de Medicină și Farmacie "Grigore T. Popa" Iași, România

**Rezumat.** Apneea în somn este o tulburare respiratorie caracterizată prin întreruperi recurente ale respirației în timpul somnului. Această afecțiune se manifestă prin episoade de oprire sau reducere a fluxului de aer către plămâni, ce produc o scădere a nivelului concentrației de oxigen din sânge și o intensificare a activității nervoase simpatice, rezultând în consecințe fiziologice negative, precum creșterea frecvenței cardiace și a tensiunii arteriale. Scopul acestei lucrări constă în elaborarea și implementarea unui dispozitiv destinat monitorizării tulburărilor respiratorii în timpul somnului. Dispozitivul își propune să detecteze fluxul de aer nazal și să înregistreze sunetele generate de vibrația structurilor nazo-orale în cazul apariției episoadelor de apnee, cu ajutorul unor senzori specifici (CO<sub>2</sub> și a unui microfon), asistați de o canulă nazală. Suplimentar, are loc o înregistrare a activității cardiace prin intermediul unui senzor de puls și colectarea datelor pe un SD card, cu scopul de a facilita interconectarea cu serviciile medicale. Datele procesate sunt afișate utilizatorului printr-un display, permițând monitorizarea și analiza propriei stări. Tot acest proces are ca obiectiv final diminuarea și chiar eliminarea manifestărilor apneei în somn: hipertensiunea arterială cu incidență cardiovasculară, somnolența diurnă excesivă, accidente vasculare cerebrale.

**Cuvinte cheie:** apnee, Arduino, ritm cardiac, senzor de CO<sub>2</sub>, disfuncții respiratorii

### Introducere

Este esențial să fie recunoscute, diagnosticate și tratate tulburările de somn pentru a preveni efectele negative asupra sănătății cardiovasculare, metabolice și psiho-comportamentale, influențând atât performanțele intelectuale, cât și relațiile sociale.

Apneea în somn se caracterizează prin simptome care provin de la opririle (apnee) sau diminuările (hipopnee) fluxului respirator în timpul somnului, atipice ca durată și frecvență, ce duc hipoxemie și/sau hipercapnie [1].

Apneea obstructivă în somn (SASO) se produce din cauza îngustării sau colapsului căilor respiratorii superioare, definindu-se prin intervale repetate de obstrucție parțială sau completă a acestora. Durata pe care o are un repaus respirator se află în intervalul 10 secunde - 2 minute și depinde de fiziologia patologică a pacientului. Aceste episoade, care durează cel puțin 10 secunde, conduc la scăderea nivelului de oxigen în sânge și la o creștere a activității nervoase simpatice, determinând creșterea ritmului cardiac și a tensiunii arteriale [2,3,4].

Evaluând gradul de severitate și numărul de episoade ce apar într-o oră, apneea în somn poate fi clasificată astfel : apnee ușoară (5-15 episoade pe oră), moderată (15-30 episoade pe oră) și severă (mai mult de 30 episoade pe oră) [5].

Apneea obstructivă în somn devine tot mai prevalentă la nivel mondial, afectând aproximativ 34% dintre bărbați și 17% dintre femei, cu o mărire a acestor valori în cazul celor care

suferă de afecțiuni precum obezitatea sau atopia. Riscul de apnee în somn crește odată cu înaintarea în vârstă, mai ales în rândul bărbaților și la femeile aflate în etapa postmenopauzei [6].

Dintre persoanele afectate de apneea în somn, majoritatea prezintă o stare de oboseală persistentă, lipsă de energie și un somn de calitate scăzută, definit de întreruperi. Există și cazuri de apnee obstructivă severă asimptomatică, în care simptomele pot fi observate doar de persoanele care îi însoțesc în timpul somnului, deoarece schimbările determinate de această afecțiune pot avea loc fără a fi resimțite [2,3].

Simptomele apneei în somn pot fi împărțite în două categorii: nocturne și diurne. Simptomele nocturne includ: sforăit puternic, treziri frecvente, sufocare, insomnie, somn agitat, treziri frecvente, nicturie, refluxul gastroesofagian și transpirațiile nocturne. Simptomele diurne includ: somnolență excesivă, dureri de cap, scăderea libidoului, dureri cornice, dureri de cap, gură și gât uscate la trezire. În plus, performanța intelectuală poate fi afectată de tulburări de memorie și concentrare, confuzie mentală și probleme cognitive. În unele cazuri, pot apărea anxietate, temperament coleric, depresie și simptome asociate ADHD la copii [5].

În prezent, polisomnografia nocturnă reprezintă metoda standard pentru diagnosticul tulburărilor de somn, însă aceasta este asociată cu costuri ridicate și lipsa de confort pentru pacienți, care trebuie să doarmă conectați la senzori sub supraveghere medicală [7].

### Configurarea sistemului și materiale utilizate

Sistemul conceput are la bază o placă de dezvoltare Arduino UNO, ce utilizează un microcontroler Atmega 328. Dispozitivul are în componență un senzor de calitate a aerului, un senzor de puls M1192A, un microfon, un display OLED și un card SD (Fig. 1).

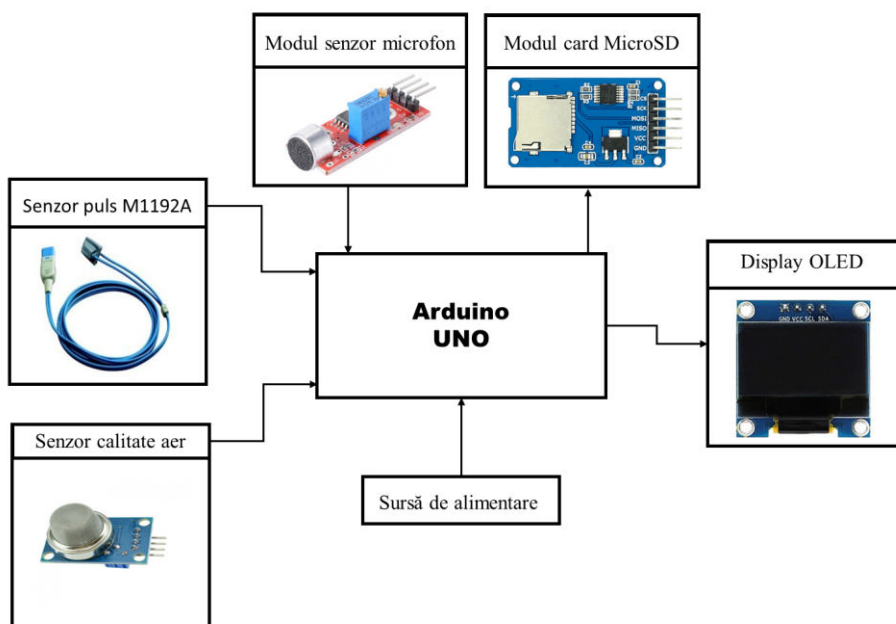


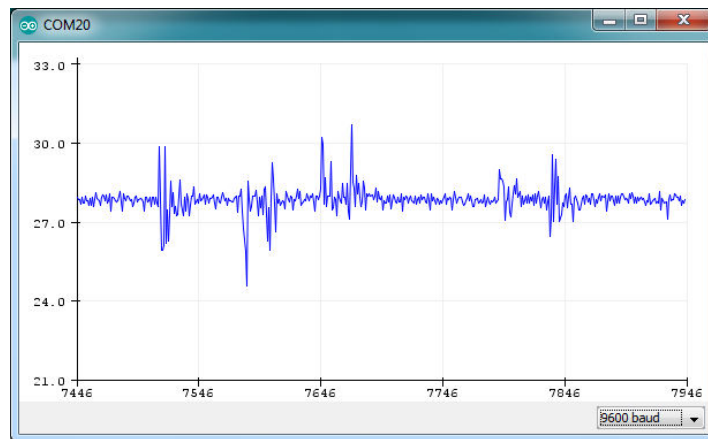
Figura 1. Schema bloc a sistemului

Modulul microfon KY-037, ce are o sensibilitate ridicată, a fost utilizat pentru a detecta sforăitul prin captarea, transformarea și prelucrarea sunetului în semnal electric [8]. Acesta este atașat de canulă pentru a permite detectarea precisă a sforăitului (Fig. 2).



**Figura 2. Modul microfon atașat la canula nazală**

Dispozitivul monitorizează fluctuațiile în intensitatea sunetelor asociate sforăitului, furnizând date și generând grafice în software-ul Arduino IDE pentru analiza variațiilor și valorilor în decibeli ale sunetelor (Fig. 3).



**Figura 3. Înregistrare grafică a sunetelor cauzate de sforăit**

Un interval considerat normal de nivel de zgomot este definit între 0 și 20 dB, iar pentru această gamă de valori, pe displayul OLED se va afișa cuvântul "ușor" asociat imaginii microfonului. În cazul în care nivelul de zgomot este cuprins între 20 și 40 dB, se va afișa "moderat", iar pentru valori mai mari de 40 dB, se va afișa "sever" [9].

Senzorul de calitate a aerului, prezentat în Fig. 4 poate detecta gaze nocive precum amoniacul, benzenul, sulful sau dioxidul de carbon. Acesta a fost integrat în sistem pentru a înregistra variațiile nivelului de CO<sub>2</sub> întâlnite în apnee, analizând cantitatea ce a fost preluată cu ajutorul canulei. Intervalul considerat normal de CO<sub>2</sub> este între 35.000 și 50.000 ppm (părți per milion), iar pentru această gamă de valori, pe afișajul OLED se va afișa cuvântul "scăzut", iar pentru valori mai mari de 50.000 ppm, se va afișa "ridicat". Senzorul utilizează un material sensibil la gaze, în care conductivitatea crește odată cu creșterea concentrației gazului (Fig. 6) [10,11].



**Figura 4. Senzor de calitate a aerului**

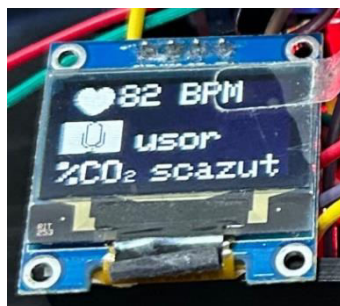
Senzorul de puls M1192A (Fig. 5) este plasat la nivelul degetului subiectului, permițând monitorizarea continuă a ritmului cardiac pe durata întregii perioade de somn [12].



**Figura 5. Senzor de puls M1192A**

Este important de menționat faptul că valorile normale ale pulsului și a nivelului de CO<sub>2</sub> pot varia de la persoană la persoană și pot fi influențate de factori precum vârsta, sexul, greutatea și istoricul medical.

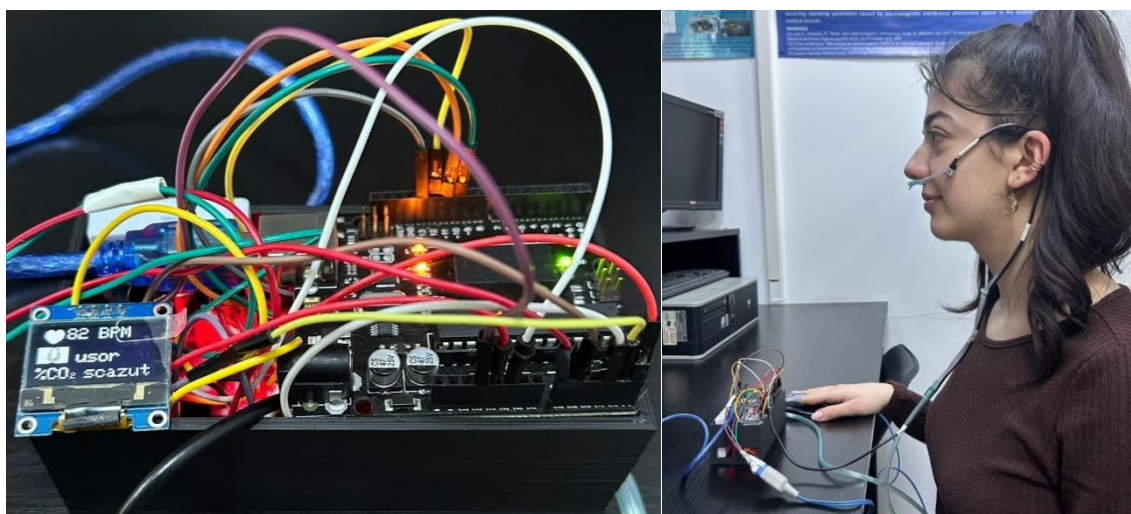
Ecranul OLED de 0.96 inch oferă o afișare clară și luminoasă, cu un consum redus de energie și caracteristici reglabile, precum luminozitatea și contrastul. Are 4 pini de conectare, este ușor de integrat, iar rezoluția sa înaltă și dimensiunile compacte îl fac potrivit pentru acest sistem. Acesta a folosit pentru a afișa valoarea pulsului, severitatea sforăitului și a nivelului de CO<sub>2</sub> (Fig. 6) [13].



**Figura 6. Afișarea datelor**

Datele obținute din monitorizarea activității respiratorii, a ritmului cardiac și a calității aerului pe durata somnului sunt colectate și înregistrate pe un card micro SD. Acesta este integrat în dispozitiv și permite salvarea datelor într-un format digital pentru analiză ulterioară, facilitând astfel interconectarea datelor cu serviciile medicale.

În urma testării preliminare, dispozitivul dezvoltat (Fig. 7) îndeplinește cu succes obiectivele propuse, reușind monitorizarea unor parametri fiziologici pe baza cărora poate fi detectată apneea în somn.



**Figura 7. Testarea sistemului**



## Concluzii

Dispozitivul dezvoltat reprezintă o soluție eficientă pentru monitorizarea tulburărilor respiratorii în timpul somnului, având ca scop detectarea apneei în somn și furnizarea de date relevante pentru analiza stării de sănătate a pacientului.

Pe viitor se dorește optimizarea designului, garantarea preciziei măsurătorilor, includerea analizei EEG și dezvoltarea unei aplicații mobile sau a unui software pentru monitorizarea continuă a stării de sănătate a pacientului.

Aceste îmbunătățiri pot contribui semnificativ la îmbunătățirea monitorizării și tratamentului pacienților cu tulburări respiratorii în somn, facilitând obținerea unui diagnostic precis și a unui plan de tratament personalizat

## Surse bibliografice:

- [1] Șef Lucr. Dr. Elena Dantăș, PATOLOGIA SOMNULUI DIN PERSPECTIVĂ PNEUMOLOGICĂ. SINDROMUL DE APNEE ÎN SOMN OBSTRUCTIV, REVISTA MEDICALĂ ROMÂNĂ – VOLUMUL LX, NR. 3, Constanța, pag.168, 2013
- [2] D. J. Gottlieb and N. M. Punjabi, "Diagnosis and management of obstructive sleep apnea a review," *Journal of American Medical Association*, vol. 323, no. 14, pp. 1389–1400, 2020
- [3] Article on Sleep Apnea <http://mayoclinic.org/diseases-conditions/sleep-apnea/symptoms-causes/syc-20377631> , accesat în ianuarie 2024
- [4] Péter Várady, Member, IEEE, Szabolcs Bongár, and Zoltán Benyó, Detection of Airway Obstructions and SleepApnea by Analyzing the Phase Relation of Respiration Movement Signals, *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, VOL. 52, NO. 1, FEBRUARY 2003
- [5] Prezentare generală clinică a apneei în somn, [https://www-clinicalkeycom.dbproxy.umfiasi.ro/#!/content/derived\\_clinical\\_overview/76-s2.0-B9780323755733008489](https://www-clinicalkeycom.dbproxy.umfiasi.ro/#!/content/derived_clinical_overview/76-s2.0-B9780323755733008489), accesat în decembrie 2023
- [6] R. Rosenberg, M. Hirshkowitz, D. M. Rapoport, and M. Kryger, "The role of home sleep testing for evaluation of patients with excessive daytime sleepiness: focus on obstructive sleep apnea and narcolepsy," *Sleep Medicine*, vol. 56, pp. 80–89, 2019
- [7] Corlateanu A, Covantev S, Botnaru V, Sircu V, Nenna R, To sleep, or not to sleep - that is the question, for polysomnography, *Breathe (Sheff)*, Jun 2017
- [8] Modul Microfon KY-037 <https://ardushop.ro/en/home/119-high-sensitivity-sound-detection-microphone-module-ky-037.html>, accesat în februarie 2024
- [9] D. Pevernagie, R. M. Aarts, și M. De Meyer, "The acoustics of snoring," *Sleep Medicine Reviews*, vol. 14, nr. 2, pp. 131-144, apr. 2010.
- [10] Senzor calitate aer, <https://cleste.ro/modul-senzor-calitate-aer-mq-135.html> , accesat în martie 2024
- [11] Valori CO2 în aerul expirat, [https://www.energy.wsu.edu/Portals/0/Documents/Measuring\\_CO2\\_Inside\\_Buildings-Jan2013.pdf](https://www.energy.wsu.edu/Portals/0/Documents/Measuring_CO2_Inside_Buildings-Jan2013.pdf), accesat în februarie 2024
- [12] Senzor M1192A, <https://usocmedical.com/product/m1192a-philips-spo2-3-ft-d-connect-to-soft-shell-pediatric-sensor/>, accesat în martie 2024
- [13] Ecran OLED <https://cleste.ro/ecra-oled-0-96-inch.html>, accesat în martie 2024