

„RESEARCH REGARDING SMART DEVICES FOR DIABETICS”

PANAITE Andreea Lăcramioara

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotica, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
anul de studii: 2020-2021, e-mail: andreeapanaite98@yahoo.com

Coordonator științific: Prof.dr.ing. Cristina MOHORA, Departamentul RSP

Diabetes is an endocrinological disorder which affects the levels of blood sugar in the human body. The complications of this illness are often severe, the patient may lose parts of the body such as members or fingers because of diabetic gangrene. In this project of scientific research I chose to approach a prophylaxis method which prevents the issues of gangrene. The method I detailed is a product that incorporates a smart device that measures the extremity temperature and humidity and informs the bearer about his condition before it is too late. I analysed some other devices that could and should be integrated in the life of people suffering from diabetes and which, could in turn provide a quality of life improvement in long term usage, furthermore the research paper takes into account economical and social aspects of the disease such as the monthly cost of managing a diabetic patient and the psychological impact the disease has in the life of the individual, I also did a poll on a restricted sample.

CUVINTE CHEIE: diabet, șosete, gangrenă, arduino, senzori

1. Introducere

1.1. Motivația de alegere a temei de cercetare

În zilele noastre diabetul ca și patologie cronică își croiește drum în viața tuturor categoriilor de vârstă, de la copii la tineri adulți, dar în special la vârstnici. Fiecare dintre noi s-a întâlnit măcar o dată cu diabetul de-a lungul vieții, îl regăsim în cunoștințe, prieteni și chiar membrii ai familiei, persoane apropiate nouă care duc o luptă zilnică cu această boală.

Am ales această temă de cercetare științifică deoarece diabetul în progresia să modifice viața persoanei afectate, devenind de-a lungul timpului o dizabilitate, atunci când pacienți nu-și mai pot desfășura activitatea zilnică neîntreruși, ulterior ajungând la incapacitate, moment în care autonomia bolnavului este compromisă.

1.2. Importanța în domeniu

Lucrarea prezentată în cadrul acestor rânduri are scopul de a îmbunătăți calitatea vieții în rândul diabeticilor aflați în stadii avansate ale bolii, astfel ajutând la păstrarea integrității aparatului locomotor, la evitarea amputațiilor, prevenirea depresiei legate de incapacitate și pe termen lung îmbunătățirea prognosticului global al pacientului.

Luând în considerare totalitatea informațiilor prezentate anterior, am decis ca în cadrul lucrării să elaborez un dispozitiv pentru monitorizarea temperaturii la nivelul membrelor inferioare în cazul pacienților diabetici, pentru a putea prevenii astfel gangrena diabetică, patologie discutată ulterior în cadrul acestei lucrări de cercetare. Acest dispozitiv este reprezentat de un ansamblu de tip senzor de măsurare a temperaturii, cu aspect asemănător unor șosete, aspect care are un rol atât de practicalitate cât și de integrare a unui dispozitiv de natură medicală într-un articol cu care beneficiarul este familiarizat. În prezent, acest dispozitiv nu este disponibil în România, însă eu consider că ar fi benefică introducerea acestuia pe piață deoarece utilitatea sa ar justifica decontarea din partea statului, iar prevenirea amputărilor ar reduce costurile spitalizărilor în cazul diabeticilor pe termen lung.

1.3. Generalități privind diabetul zaharat și funcțiile endocrine și exocrine ale pancreasul

Diabetul reprezintă una dintre bolile cu o frecvență covârșitoare în rândul populației din întreaga lume, dacă ar fi să urmărim însă statisticile strict din Uniunea Europeană putem observa că acesta se situează pe o poziție îngrijorătoare în topul cauzelor de deces din anul 2016 cu aproximativ 30 de decese din rândul sexului masculin și aproximativ 20 în rândul femeilor, raport efectuat la 100.000 de locuitori.

Pentru a putea înțelege mecanismele fiziopatologice care determină apariția diabetului trebuie să amintim bazele anatomice și fiziologice.

Pancreasul este un organ abdominal cu localizare retroperitoneală (peritoneul reprezintă o foiță de țesut care căptușește cavitatea abdominală). Acesta este format dintr-un cap, un corp și o coadă pancreatică și are o funcție dublă atât endocrină cât și exocrină.

Funcția exocrină a pancreasului este determinată de secreția enzimelor pancreatice, cu un rol foarte important în procesul digestiv al alimentelor. Dintre cele mai importante, amintim amilaza (cu rol în digestia glucidelor), lipaza (cu rol în emulsionarea lipidelor) și proteaza (cu rol în digestia proteinelor și a aminoacizilor). Acest rol de glandă exocrină a pancreasului este deosebit de important deoarece o funcționare deficitară poate determina afectarea funcției endocrine.

Funcția endocrină a pancreasului este determinată de secreția de insulină și glucagon; cele două fiind secretate la nivelul unor formațiuni celulare denumite celule pancreatice Langherhans α 20%(glucagon) și β 80%(insulina).

Glucagonul este un hormon hiperglicemiant, a cărui principală funcție este de a contrabalansa secreția de insulină și de a crește glicemia.

Insulina este principalul hormon hipoglicemiant al organismului, acesta având roluri semnificative atât în metabolismul glucidic cât și în cel lipidic și proteic. Demn de menționat este faptul că insulina este un puternic hormon anabolizant (stimulează creșterea și dezvoltarea unor multitudini de structuri celulare și tisulare).

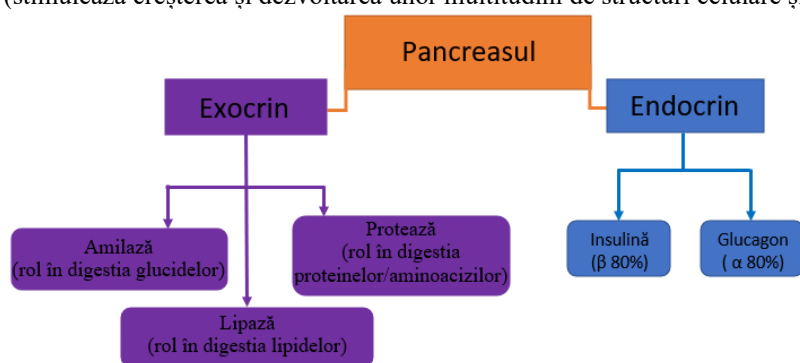


Fig 1.1. Exemplificarea vizuală a funcției endocrine și exocrine a pancreasului

Aspectele fiziologice și anatomice prezentate anterior reprezintă piatra de temelie în înțelegerea patologiei pancreasului endocrin, mai exact diabetul zaharat, patologie foarte complicată de natură cronică cu o evoluție de ordinul deceniilor, a cărei răsunet organic se poate evidenția la nivelul principalelor aparate și sisteme.

Astfel, diabetul zaharat poate fi clasificat în următoarele categorii:

- diabet zaharat de tip 1 (insulinodependent)- afectează 5-10% din pacienți, are ca trăsătură caracteristică deficitul absolut de insulină, datorat prezenței de autoanticorpi (anticelule beta și antiinsulină) care determină distrugerea celulelor beta, deci, prin urmare, acestea nu mai pot produce insulină, apare în primele decade de viață, un procent de 10% dintre acești pacienți nu prezintă markeri de imunitate și astfel diabetul în cazul acestora este clasificat sub denumirea de diabet zaharat tip 1-idiopatic;
- diabet zaharat de tip 2 (neinsulinodependent)- afectează 90% din pacienți, apare datorită alterării secreției de insulină, astfel determinând apariția insulinorezistenței, poate apărea la orice vârstă, mai frecvent după 40 de ani și cu o incidență mai mare în cazul persoanelor supraponderale;
- diabetul gestational -este diabetul care apare pe parcursul perioadei de gestație și are ca și cauză modificarea secreției de insulină ce se datorează nivelurilor hormonale fluctuante.

După mențiunile anterioare diabetul zaharat este o boală cronică cu o evoluție îndelungată, dar și un număr important de complicații, dintre care amintim:

- Microangiopatia diabetică- reprezintă afectarea în timp a membranelor bazale capilare (vase de sânge de calibru microscopic), mai exact a capilarelor, arteriolelor și venulelor; aceste perturbări având manifestări clinice la nivel renal, ocular și nervos; acest ansamblu fiind regăsit în patologii de mai jos.
- Nefropatia diabetică- reprezintă totalitatea manifestărilor apărute la nivel renal în cazul pacienților cu diabet zaharat și este principala cauză de boală cronică de rinichi la pacienții diabetici.
- Retinopatia diabetică- este o complicație a diabetului care apare după 20-30 de ani de evoluție a acestuia și poate determina leziuni la nivel ocular de grade de extindere diferite, printre cele mai grave amintim dezlipirea de retină, glaucomul și ischemia.
- Neuropatia diabetică- reprezintă patologia asociată diabetului zaharat, în cadrul căreia apar tulburările neurologice. Afectarea neurologică poate fi datorată fie ischemiei, fie modificărilor de natură diabetică.

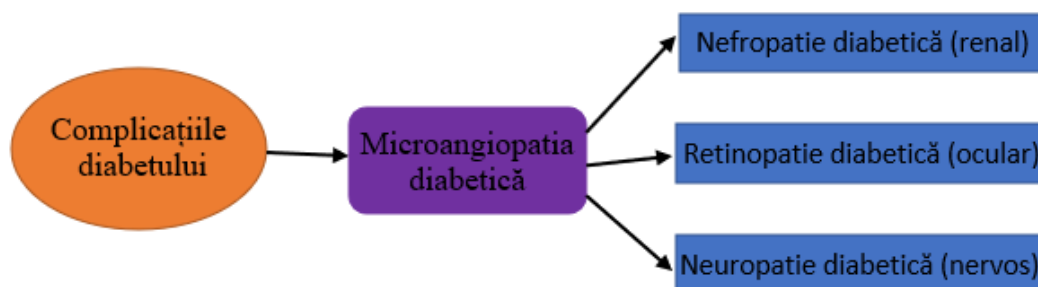


Fig 1.2. Exemplificarea vizuală a complicațiilor diabetului

Neuropatia diabetică poate fi clasificată la rândul său în polineuropatie și în neuropatie focală și multifocală. În cadrul acestei lucrări de cercetare științifică un interes deosebit îl reprezintă polineuropatia diabetică. Acest tip de neuropatie afectează în stadiile incipiente nervii lungi, astfel apar manifestări în regiune distala a membrului inferior (în șosetă), și mai rar la nivelul membrului superior (în mână).

Clinic, pacienții acuză amorțeli, paretezii, senzația de rece a extremităților, dureri de intensitate crescută și modificări de percepție a sensibilității tactile, dureroase, termice și vibratorii, apariția de tulburări trofice (ulcerul plantar). În evoluție poate apărea piciorul Charcot, o patologie de interes în cadrul acestei lucrări.

PICIORUL NORMAL



PICIORUL CHARCOT



Fig 1.3. Diferența între piciorul normal și piciorul Charcot
<https://www.myfebo.com/charcot-foot>

O bună parte dintre pacienții diabetici suferă la un moment dat în progresia bolii de gangrenă diabetică, complicație care duce deseori la amputații. O recomandare generală a medicilor curanți este verificarea zilnică a membrilor inferioare pentru a identifica eventuala apariție precoce a gangrenei. Specific gangrenei neuropate sunt apariția de edeme, tegumente cianotice (violet), cu temperatura normală și deseori crescută, leziune dureroasă, deformări ale piciorului și degetelor, reflexe diminuate sau abolite.

În cadrul acestei lucrări am ales să abordez factorul termic (modificările de temperatură) care poate preceda modificările trofice, astfel oferind posibilitatea de a îndrepta atenția către posibila apariție a acestei patologii silențioase.

2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniu

2.1. Dispozitive smart pentru persoane cu diabet

2.1.1. Dispozitiv utilizat în monitorizarea continuă a glicemiei

Dispozitivul de tip plasture se atașează pe pielea pacientului, iar prin intermediul unei aplicații pentru smartphone, înregistrează glicemia purtătorului o dată la 5 minute, timp de 90 de zile.

Acest sistem prezintă pe lângă transmiterea în timp real a glicemiei și funcția de vibrație în momentul în care glicemia pacientului nu este în limite normale, gradul de acuratețe al monitorizării fiind unul mai ridicat decât în cazul altor dispozitive de măsurare a glicemiei.

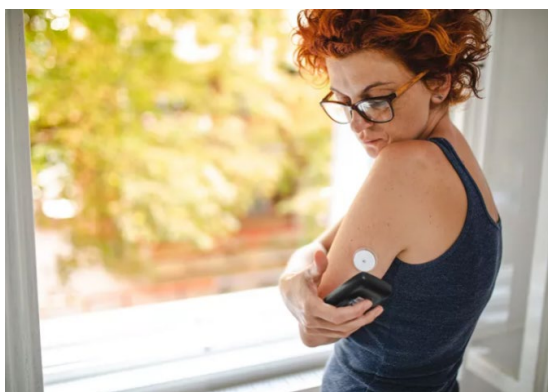


Fig. 2.1. Dispozitivul smart utilizat în monitorizarea continuă a glicemiei
(<https://www.verywellhealth.com/wearable-tech-for-diabetes-4846257>)

2.1.2. Dispozitiv utilizat în administrarea dozajului ideal de insulină

Dispozitivul de dozare al insulinei în funcție de monitorizarea aferentă este un produs îmbunătățit al dispozitivului smart discutat anterior și totodată o variantă mai complexă a acestuia, aducând în plus și dozajul ideal al insulinei astfel încât aceasta să fie mereu în parametrii optimi. Avantajul acestui sistem îmbunătățit este economisirea timpului de dozare al insulinei și menținerea acesteia într-un standard perfect, eliminând posibilitatea de eroare a elementului uman. În ceea ce privește dezavantajele acestui sistem, putem lua în calcul nevoia unui spațiu de depozitare (buzunar, geantă, etc) pentru așezarea aparatului în zona abdomenului și eventual, putem considera ca fiind un dezavantaj și elementul estetic.

Acest dispozitiv are o autonomie de până la 10 zile în funcție de cantitatea de insulină dozată și este recomandat pacienților începând de la vârsta de 2 ani.



Fig 2.2. Dispozitivul smart utilizat în administrarea dozajului ideal de insulină
(<https://www.medtronicdiabetes.com/treatments/insulin-pump-therapy>)

2.1.3. Sositele pentru diabetici cu fibra de argint

Șosetele pentru diabetici, cu fibră de argint sunt special concepute pentru picioare sensibile, în special piciorul diabeticului, nu au cusături și nu sunt compresive, astfel, acestea aduc un plus de confort, iar cu ajutorul fibrei de argint, piciorul este protejat și mereu uscat, astfel scade riscul unor posibile complicații ulterioare.



Fig. 2.3. Sosite cu fibra de argint pentru piciorul diabetic
(<https://www.verywellhealth.com/what-are-diabetic-socks-1087728>)

2.1.4. Șosete pentru diabetici cu funcția de monitorizare a temperaturii

Metoda cea mai ingenioasă, din punctul meu de vedere, rămâne a fi cea structurată sub forma unor simple șosete, metoda implementată de către firma Siren. Aceste șosete realizează o monitorizare permanentă a temperaturii periferice a membrelor inferioare în cazul beneficiarului, iar, prin intermediul aplicației puse la dispoziție de firma amintită anterior, monitorizarea este stocată și transmisă medicului care are în evidență pacientul.



Fig 2.4. Aplicația de monitorizare a șosetelor pentru diabetici Siren

(<https://siren.care/home-page/>)

În ceea ce privește serviciul complet oferit de către firma Siren, acesta include o subscripție lunară care pune la dispoziție beneficiarului, pentru suma de 20\$, 7 perechi de șosete (înlocuite gratuit de producători după fiecare 6 luni), care pot fi spălate în mod normal, simplu, la mașina de spălat rufe; alarma care raportează printr-un semnal sonor posibile nereguli termice; aplicația care realizează monitorizarea și stocarea datelor pentru iPhone și Android și transmiterea gratuită a informațiilor procesate către medicul care supraveghează cazul beneficiarului.

2.1.5. Monitorizarea într-un mediu de specialitate

Monitorizarea termică a membrului inferior, în cazul persoanelor diabetice se poate realiza și în cadrul unor clinici de specialitate, sub supravegherea medicului podolog sau diabetolog, însă acest tip de supraveghere necesită experiența unui cadru medical și/sau cu cunoștințele de bază necesare pentru interpretarea rezultatelor în ceea ce privește termografia cu infraroșu.

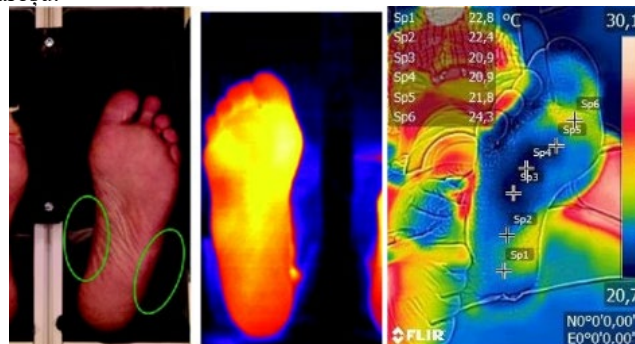


Fig 2.5. Imagistica privind analiza asimetriei cu ajutorul termografiei cu infraroșu și ilustrarea termică a scăderii temperaturii în zona plantară

(https://www.researchgate.net/publication/272190214_Automatic_detection_of_diabetic_foot_complications_with_infrared_thermography_by_asymmetric_analysis)

2.2. Cercetarea în stadiul actual al metodelor profilactice

Neuropatia diabetică a reprezentat un obiect de cercetare de-a lungul timpului, modificările termice fiind luate în considerare ca factor determinant al gangrenei diabetice, deci, îndelung studiat pentru dezvoltarea unor soluții de monitorizare și descoperire într-o etapă incipientă.

Monitorizarea termică a pacientului diabetic poate fi efectuată prin intermediul unor senzori accesibili beneficiarului sub diferite forme, astfel întâlnim senzori termici sub formă de bandă, senzori montați pe cadrul patului pacientului diabetic sau chiar monitorizarea clasică a picioarelor, în regim regulat, folosind un termometru electronic cu cap flexibil sau cu mercur și trecerea în revistă împreună cu observarea activă a progresiei temperaturii.

3. Studiu de caz

3.1. Modelul 3D si programarea Arduino

Luând în considerare tipurile de sisteme prezentate anterior, am ales să aprofundez subiectul șosetelor echipate cu senzori pentru măsurarea temperaturii, astfel, voi încercă în cadrul proiectului realizarea unui model 3D, care să ilustreze functionabilitatea șosetelor, folosind o plăcuță Arduino, senzori și baterii de 9V; de asemenea, voi realiza o simulare de preț a produsului și un exemplu de integrare al ansamblului în cadrul unor șosete, astfel încât, în ciuda dimensiunilor dispozitivelor, șosetele să fie confortabile și facile în ceea ce privește purtarea acestora în viața de zi cu zi.

Elaborând un sistem care să îndeplinească funcțiile de monitorizare termică plantară, utilizând material CAD pus la dispoziție de către bazele 3D deja existente, am realizat un model a cărui design poate suferi modificări ulterioare, în funcție de implementările de natura ergonomica. Am ales să ilustrez dispunerea elementelor direct pe un model de picior, astfel putându-se observa mai bine dispunerea spațială corectă a acestora.

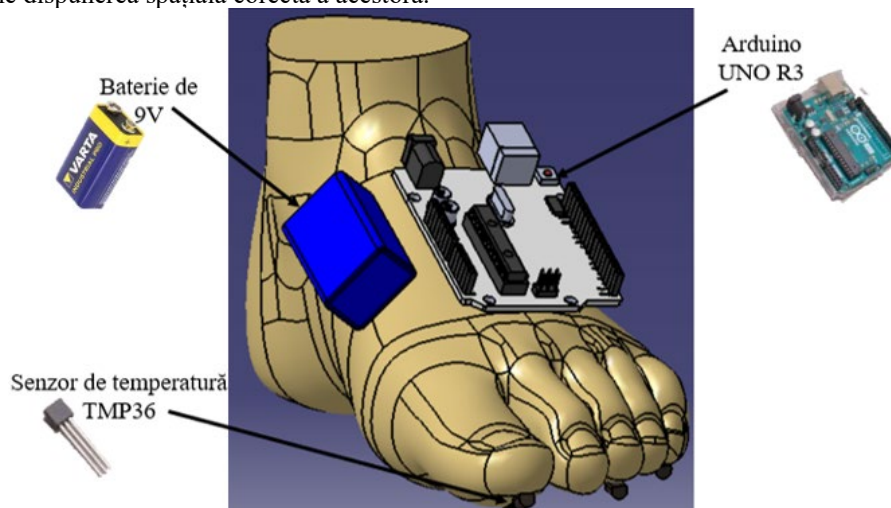


Fig 3.1. Model pentru ilustrarea dispunerii elementelor

În cazul acestui model, luând în considerare dimensiunile destul de inconfortabile pe care ar trebui să le îndeplinească șoseta, astfel încât să includă componentele ilustrate mai sus, vom lua în considerare introducerea unor elemente de tamponare din spumă textilă.

Luând în considerare implementarea monitorizării prin intermediul unei plăcuțe Arduino, am ales să ilustrez mai jos modul de operare, legăturile necesare a fi efectuate între plăcuță și senzori și un exemplu de program pentru conectarea unui senzor.

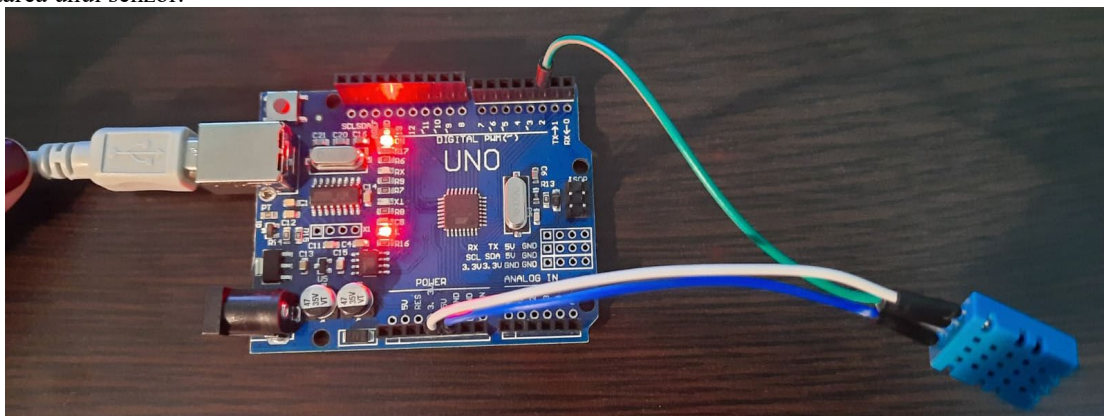


Fig 3.2. Conectarea unui senzor DHT11 la plăcuța Arduino UNO R3
(<https://bc-robotics.com/tutorials/using-a-tmp36-temperature-sensor-with-arduino/>)

Ca element de îmbunătățire ulterioară a ansamblului, iau în considerare implementarea unui traductor, care să convertească temperatura înregistrată în semnal electric, astfel, se poate observa diminuarea amplitudinii impulsului nervos/electric, și implicit putem determina afectarea sistemului nervos în stadiu incipient, crescând șansele de depistare precoce a gangrenei diabetice.

```

CercetareStiintifica_Panaite_Andreea | Arduino 1.8.14 Hourly Build 2021/05/11 03:33
File Edit Sketch Tools Help
CercetareStiintifica_Panaite_Andreea
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin(); // initialize the sensor
}
void loop() {
  // wait a few seconds between measurements.
  delay(2000);
  // read humidity
  float humi = dht.readHumidity();
  // read temperature as Celsius
  float tempC = dht.readTemperature();
  // read temperature as Fahrenheit
  float tempF = dht.readTemperature(true);

  // check if any reads failed
  if (isnan(humi) || isnan(tempC) || isnan(tempF)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
  } else {
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(humi);
    Serial.print("%");

    Serial.print(" | ");

    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(tempC);
    Serial.print("°C ~ ");
    Serial.print(tempF);
    Serial.println("°F");
  }
}
Done compiling.

```

Fig. 3.3. Programul Arduino salvat pe memoria placutei pentru functionalitatea unui sensor

Humidity: 31.00% | Temperature: 28.00°C ~ 82.40°F

Fig. 3.4. Rezultatul unei rulari de program

Luam in considerare eventualitate combinarii sistemului de monitorizare a temperaturii si a umiditatii cu sosetele cu fibra de argint, astfel incat umiditatea la nivelul degetelor sa fie cat se poate de scazuta.

3.2. Analiza economica

Luand ca termen de comparatie exemplul sosetelor Siren, vom analiza costul acestora comparativ cu dispozitivul proiectat de noi.

Pachetul Siren prezintă un număr de 7 perechi de șosete pentru o subscripție de 20\$ pe lună.
20\$ ≈ 80lei/luna

După o perioadă de 6 luni, utilizatorul primește un nou lot de șosete.

Efectuând un simplu calcul, determinăm că pentru o singură pereche de șosete se alocă suma de 68.5 lei în cazul șosetelor Siren.

Făcând un total în cazul ansamblului proiectat în cadrul proiectului, determinăm astfel:

- Placuta ARDUINO UNO R3=25lei
- Senzor DHT11= 7lei
- Set fire JUMPER= 13.28lei
- Baterie Varta 9V=6.4lei

Deci, prototipul realizat în cadrul aplicației are un preț redus față de șosetele Siren, însă trebuie să fie luat în calcul și faptul că pentru mentenanță dispozitivului proiectat de noi este necesară doar schimbarea bateriei de 9V, o suma mică spre deosebire de subscripția lunară în cazul șosetelor Siren.

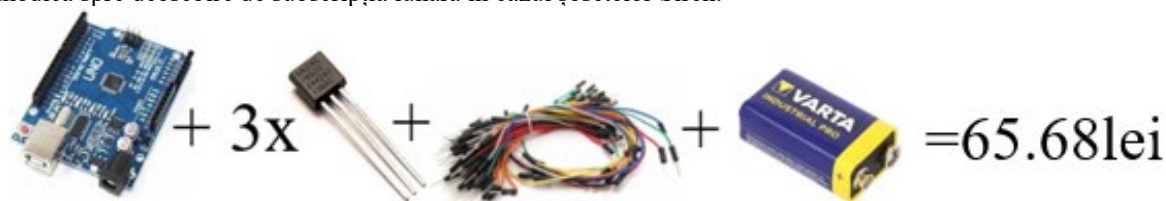


Fig. 3.5. Ilustrarea componentelor si simularea unui pret

Bibliografie

- [1] ADA. Position Statement. Standards of Medical Care in Diabetes – 2013. *Diabetes Care* 2013; S11-S66
- [2] Complicatii si boli asociate diabetului zaharat. *Tratat roman de boli metabolice*, Vol 2, Ed. Brumar, Timisoara, 2010
- [3] American Association of Diabetes Educators. Position Statement- Continuous Subcutaneous Insulin therapy using a pump. *Diabetes pump* 2009
- [4] *Diabetul zaharat: Patologia Nutritionala Metabolica* Universitara Craiova 2010
- [5] *Insulina si analogii de insulina, Farmacoterapia diabetului zaharat*, Editia a II-a, Cluj Napoca 2005
- [6] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Causes_of_death_statistics/ro
- [7] <https://bc-robotics.com/tutorials/using-a-tmp36-temperature-sensor-with-arduino/#:~:text=The%20TMP36%20temperature%20sensor%20is,making%20it%20a%20popular%20choice.>
- [8] <https://siren.care/technology/>
- [9] https://www.researchgate.net/publication/272190214_Automatic_detection_of_diabetic_foot_complications_with_infrared_thermography_by_asymmetric_analysis
- [10] Hile C, Veves A. Diabetic neuropathy and microcirculation. *Curr Diab Rep.* 2003;3(6):446–451.
- [11] Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ. Thermography and thermo-metry in the assessment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques. *Int J Low Extrem Wounds.* 2006;5(4):250–260
- [12] Murray HJ, Boulton AJ. The pathophysiology of diabetic foot ulceration. *Clin Podiatr Med Surg.* 1995;12(1):1–17.