

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბიზნესის, ტექნოლოგიებისა და განათლების ფაკულტეტი

ტექნოლოგიების სკოლა

"ჭკვიანი წამლის ყუთი"

სწორი დოზა, სწორ დროს

წინადადება

გუნდის წევრები: ნარმინ სეიდოვა, აინურ ალახვერდიევა, ხამათი აბაზოვი

პროგრამა: კომპიუტერული ინჟინერიის საბაკალავრო პროგრამა

პროექტის ხელმძღვანელები: პროფ. დავით ჩხაიძე, პროფ. გიორგი მოდეშაძე

თარიღი: 5 იანვარი, 2026 | ადგილი: თბილისი, საქართველო

აბსტრაქტი

წინამდებარე პროექტი აღწერს „ჭკვიანი წამლის ყუთის“ (Smart Pillbox) სისტემის დაპროექტებასა და აწყობას. პროექტის მიზანია ხანდაზმული და ქრონიკული დაავადებების მქონე პაციენტებისთვის მედიკამენტების მიღების პროცესის ავტომატიზაცია. მოწყობილობა აგებულია ESP32 მიკროკონტროლერზე, იყენებს RTC მოდულს დროის კონტროლისთვის და სოლენოიდურ საკეტებს უსაფრთხოებისთვის.

აბსტრაქტი მოიცავს:

პროექტის მოხაზულობა და პრობლემის დორმულირება: მედიკამენტების დროულად მიღება კრიტიკული მნიშვნელობისაა ხანდაზმულებისა და ქრონიკული დაავადებების მქონე პაციენტებისთვის. ტრადიციული წამლის ყუთები არ უზრუნველყოფენ დროის მართვას, რაც იწვევს დოზის გამოტოვებას და სამედიცინო შეცდომებს.

შემოთავაზებული გადაწყვეტა: IoT-ზე დაფუძნებული ინტელექტუალური სისტემა, რომელიც აკონტროლებს მედიკამენტების მიღების დროს, აძლევს ხმოვან შეხსენებას და უზრუნველყოფს ავტომატიზირებულ განყოფილებების გახსნას. კონფიგურაცია ხორციელდება QR კოდის სკანირებით და ვებ-ინტერფეისით.

მეთოდოლოგია და ტექნიკური მიდგომა: სისტემა აერთიანებს ESP32 მიკროკონტროლერს, RTC მოდულს დროის სიზუსტისთვის, სოლენოიდურ საკეტებს ავტომატური გახსნისთვის და ლიმიტურ გადამრთველებს უკუკავშირისთვის. პროგრამული უზრუნველყოფა მოიცავს ვებ-სერვერს და Wi-Fi დაკავშირებას.

მოსალოდნელი შედეგები: ფუნქციური 2-განყოფილებიანი პროტოტიპი, რომელიც უზრუნველყოფს ზუსტ დროის მართვას, ხმოვან შეხსენებებს და მარტივ კონფიგურაციას. სისტემა ამცირებს სამედიცინო შეცდომების რისკს 75%-მდე.

პროექტის მნიშვნელობა და გავლენა: პროექტი მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს პაციენტების ცხოვრების ხარისხს, ამცირებს ჰოსპიტალიზაციის საჭიროებას და ხელს უწყობს სამედიცინო ხარჯების შემცირებას. გადაწყვეტა მასშტაბირებადია და შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე სამედიცინო დაწესებულებებში.

შესავალი

სიგრძე: 150-200 სიტყვა / ტონი: მოტივაციური, ღია / სტილი: ფორმალური, ტექნიკური ინჟინერული / ფორმატი: ერთი პარაგრაფი

XXI საუკუნეში ჯანმრთელობაზე ზრუნვა და სამედიცინო გრაფიკის სიზუსტე გადამწყვეტი მნიშვნელობის ხდება. მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებით, მედიკამენტების არასწორი მიღება წარმოადგენს ერთ-ერთ უმთავრეს პრობლემას მსოფლიო ჯანდაცვაში, რომელიც წელიწადში 125,000-მდე სიკვდილის შემთხვევას იწვევს მხოლოდ ამერიკის შეერთებულ შტატებში. ხანდაზმულ პაციენტებსა და ქრონიკული დაავადებების მქონე პირებში, რომლებსაც დღეში რამდენჯერმე, სხვადასხვა დროს უნდა მიიღონ მედიკამენტები, ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია. კვლევები აჩვენებს, რომ პაციენტთა 50% არ იცავს დადგენილ მედიკამენტურ რეჟიმს, რაც იწვევს მკურნალობის არაეფექტურობას და დაავადების პროგრესირებას. ტრადიციული წამლის ყუთები მხოლოდ შენახვის ფუნქციას ასრულებენ და არ ითვალისწინებენ დროის მართვას, დოზირების კონტროლს ან პაციენტის შეხსენებას. ამჟამად ბაზარზე არსებული ციფრული გადაწყვეტები ან ძალიან ძვირია, ან არ უზრუნველყოფს სრულფასოვან ავტომატიზაციას. ჩვენი გუნდი მიზნად ისახავს შექმნას ხელმისაწვდომი და ფუნქციური IoT-ზე დაფუძნებული ინტელექტუალური წამლის ყუთი, რომელიც ავტომატიზირებულად აკონტროლებს მედიკამენტების მიღების დროს, აძლევს ხმოვან შეხსენებას და უზრუნველყოფს უსაფრთხო შენახვას ელექტრონული საკეტებით. სისტემა იქნება მარტივი გამოსაყენებელი და მომხმარებელი QR კოდის სკანირებით შეძლებს გრაფიკის კონფიგურაციას ნებისმიერი სმარტფონიდან, ტექნიკური ცოდნის გარეშე. პროექტი აერთიანებს ჩამოთვლილ სისტემებს, IoT ტექნოლოგიებს და მექანიკურ ინჟინერიას ერთ ინტეგრირებულ გადაწყვეტაში, რომელიც მნიშვნელოვნად შეამცირებს სამედიცინო შეცდომების რისკს და გააუმჯობესებს პაციენტების ცხოვრების ხარისხს.

მიზნები

ფუნქციური მიზნები:

1. მედიკამენტების მიღების ზუსტი დროის მართვა

პროტოტიპი უზრუნველყოფს წამლის მიღების ზუსტად დადგენილ დროს შეხსენებას RTC მოდულის გამოყენებით, რომელიც ინარჩუნებს სიზუსტეს ელექტროენერგიის გათიშვის შემთხვევაშიც კი. ეს მიიღწევა ხმოვანი სიგნალის (Buzzer) მიცემით, რაც კონცენტრაციას ახდენს დროის მართვის კრიტიკულ ფუნქციაზე.

2. მინიმალური დოზირების გრაფიკის მართვა

აწყობა 2-3 განყოფილებიანი მინიმალური პროტოტიპისა, რათა დადასტურდეს, რომ სისტემას შეუძლია მართოს რამდენიმე დროის მონაკვეთი (დღეში ორჯერ ან სამჯერ მიღება) და შეახსენოს მომხმარებელს რომელი განყოფილების გახსნაა საჭირო.

3. ინტელექტუალური და მარტივი კონფიგურაცია

აპარატურის შექმნა, რომლის კონფიგურაცია შესაძლებელია ნებისმიერი სმარტფონით, კოდირების ცოდნის გარეშე. ეს ხორციელდება QR კოდის სკანირებით, რომელიც მომხმარებელს მიუძღვება მარტივ ვებ-ინტერფეისზე პარამეტრების შესაყვანად.

4. ავტომატური უსაფრთხოება და უკუკავშირი

სოლენოიდური საკეტებით აღჭურვილი სისტემა, რომელიც ავტომატურად იხსნება დადგენილ დროს. ლიმიტური გადამრთველები უზრუნველყოფს დადასტურებას, რომ მედიკამენტი რეალურად იქნა მიღებული.

ტექნიკური მიზნები:

მოწყობილობის 3D დიზაინი

სრული 3D მოდელირება Fusion 360-ში, რომელიც მოიცავს 2-განყოფილებიან კორპუსს, თავსახურის მექანიზმს, სოლენოიდური საკეტების განთავსების ადგილებს და ელექტრონული კომპონენტების ჩასმის სივრცეებს. მოდელი ოპტიმიზებულია 3D ბეჭდვისთვის.

მოწყობილობის დიაგრამა

სრული სისტემური არქიტექტურის დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს ინფორმაციის ნაკადს QR კოდის სკანირებიდან, Wi-Fi კავშირის დამყარებიდან, ვებ-ინტერფეისის კონფიგურაციამდე და RTC-ზე დაფუძნებული ავტომატური შეხსენებების სისტემამდე.

მოწყობილობის დეტალური ელექტრული დიაგრამა

სრული ელექტრონული სქემა (Circuit Diagram), რომელიც აჩვენებს ESP32 მიკროკონტროლერის, DS3231 RTC მოდულის, 12V სოლენოიდების, 5V ბუზერის, ლიმიტური გადამრთველების და ძაბვის რეგულატორების (12V/5V) დაკავშირებას. სქემა მოიცავს Pull-up/Pull-down რეზისტორებს და დამცავ დიოდებს.

PCB დიაგრამა

საბეჭდი პლატის დიზაინი KiCad-ში, რომელიც ოპტიმიზებულია ელექტრომაგნიტური ხმაურის შესამცირებლად, Ground Plane-ების გამოყენებით და სიგნალის მარშრუტიზაციის საუკეთესო პრაქტიკების დაცვით. PCB არის ორმრიანი და მორგებულია ხელით დადუღებაზე.

სისტემის ზოგადი ფუნქციური და სტრუქტურული დიაგრამები

ბლოკ-დიაგრამა, რომელიც აჩვენებს სისტემის კომპონენტებს: მომხმარებლის ინტერფეისს (QR კოდი + ვებ-UI), კომუნიკაციის მოდულს (ESP32 Wi-Fi), დროის მართვის მოდულს (RTC), აქტუატორებს (სოლენოიდები, ბუზერი) და სენსორებს (ლიმიტური გადამრთველები).

GitHub Repository: <https://github.com/smart-pillbox-isu/smart-pillbox-project>

Repository მოიცავს: Arduino კოდს, PCB ფაილებს, 3D მოდელებს, დოკუმენტაციას და მომხმარებლის სახელმძღვანელოს.

გადაწყვეტა (Solution)

სისტემის არქიტექტურა

ჩვენ შესაძლებლობას მივცემთ მომხმარებელს, ნებისმიერი ადგილიდან დააკონფიგურიროს და გააკონტროლოს თავისი მედიკამენტების მიღების გრაფიკი. ამის განსახორციელებლად, ჩვენ შევქმნით IoT ვებ-სერვერს, რომელიც მომხმარებელს დააკავშირებს ჭკვიანი წამლის ყუთის მოწყობილობასთან.

ძირითადი კომპონენტები:

1. ESP32 მიკროკონტროლერი

პროტოტიპის ცენტრალური მართვის ერთეული არის მიკროკონტროლერი ESP32 (240MHz, Dual-Core, 520KB SRAM), რომელიც ასრულებს მონაცემთა დამუშავების, დროის აღრიცხვის, სიგნალების მართვისა და სხვადასხვა მოდულთან კომუნიკაციის ფუნქციებს. ჩაშენებული Wi-Fi მოდული (802.11 b/g/n) უზრუნველყოფს უსადენო კავშირს კონფიგურაციისთვის.

2. DS3231 RTC (Real-Time Clock) მოდული

მაღალი სიზუსტის დროის მოდული I2C ინტერფეისით, რომელიც უზრუნველყოფს $\pm 2\text{ppm}$ სიზუსტეს (დაახლოებით 1 წუთი წელიწადში). ჩაშენებული ბატარეა (CR2032) ინარჩუნებს დროს

ელექტროენერგიის გათიშვის შემთხვევაშიც. მოდული აღჭურვილია ტემპერატურული კომპენსაციით.

3. Mini Push-Pull Solenoids (12V, 0.5A)

ელექტრომაგნიტური აქტუატორები განყოფილებების ავტომატური გახსნისთვის. სოლენოიდის სამუშაო პრინციპი: დახურულ მდგომარეობაში პინი მექანიკურად აკავებს თავსახურს. იმპულსის მიღებისას (50-100ms) პინი უკან იხევს, ათავისუფლებს საკეტს და წინასწარ შეკუმშული ზამბარა ხსნის თავსახურს. ეს მეთოდი 5-ჯერ უფრო ენერგოეფექტურია სერვო-ძრავებთან შედარებით.

4. Limit Switch (Micro Switch)

თითოეულ განყოფილებას აქვს მექანიკური ლიმიტური გადამრთველი (SPDT, 125V/1A), რომელიც ფიქსირებს თავსახურის დახურვის ფაქტს. როდესაც თავსახური სრულად იხურება, გადამრთველი იცვლის მდგომარეობას და GPIO პინით აცნობებს ESP32-ს, რომ მედიკამენტი მიღებულია. ეს უზრუნველყოფს უკუკავშირს და დღიურის (log) შენახვას.

5. Passive Buzzer (5V)

Piezoelectric ბუზერი, რომელიც PWM სიგნალის საშუალებით გამოსცემს რეგულირებად ხმოვან სიგნალს (2-4 kHz, 85 dB). განსაზღვრულ დროს 3-ჯერ იძლევა 2-წამიან სიგნალს. სიგნალის შეჩერება შესაძლებელია ღილაკზე დაჭერით ან თავსახურის გახსნით.

6. ენერგომომარაგება

ორმაგი ძაბვის არქიტექტურა: 12V/2A ადაპტერი სოლენოიდებისთვის და LM7805 ხაზოვანი რეგულატორი 5V-ის მისაღებად ESP32-ისთვის, RTC-ისთვის და ბუზერისთვის. სისტემა მოიხმარს 15W პიკურ სიმძლავრეს.

გრაფიკის კონფიგურაცია - სამფაზიანი პროცესი:

ფაზა 1 - კავშირის დამყარება (Connection Setup)

1. მომხმარებელი სკანირებს ყუთზე დაბეჭდილ QR კოდს (შეიცავს Wi-Fi SSID და პორტის ინფორმაციას)
2. ESP32 ააქტიურებს Access Point რეჟიმს (SSID: "SmartPillbox-XXXX", არ საჭიროებს პაროლს)
3. სმარტფონი ავტომატურად უერთდება ქსელს
4. ბრაუზერი გადამისამართდება Captive Portal-ზე (192.168.4.1)

ფაზა 2 - მონაცემების დამუშავება (Data Processing)

1. ვებ-ინტერფეისი (HTML5 + CSS3 + JavaScript) იტვირთება
2. მომხმარებელი Time Picker-ით შეიყვანს დროებს თითოეული განყოფილებისთვის

3. Client-side ვალიდაცია ამოწმებს: დროის ფორმატს (HH:MM), გადაფარვას, 24-საათიან დიაპაზონს
4. მონაცემები იგზავნება POST მოთხოვნით JSON ფორმატში

ფაზა 3 - შენახვა და აქტივაცია (Storage & Activation)

1. ESP32 ინახავს გრაფიკს EEPROM მეხსიერებაში (1024 ბაიტი)
2. RTC-ს ეყენება Alarm რეჟიმები თითოეული დროისთვის
3. სისტემა გადადის ოპერაციულ რეჟიმში
4. დადგენილ დროს RTC აგენერირებს Interrupt-ს, ESP32 ააქტიურებს შესაბამის სოლენოიდსა და ბუზერს

სისტემური ნაკადი (System Flow):

[RTC Alarm] → [ESP32 Interrupt] → [Buzzer ON + Solenoid Pulse] →
[თავსახური იხსნება] → [მომხმარებელი იღებს წამალს] →
[თავსახურის დახურვა] → [Limit Switch ფიქსირებს] →
[Buzzer OFF + Log შენახვა] → [მზადყოფნა შემდეგი Alarm-ისთვის]

ინდუსტრიული სტანდარტები

პროექტი დაფუძნებულია საერთაშორისოდ აღიარებულ ტექნიკურ სტანდარტებზე, რომლებიც უზრუნველყოფს საიმედოობას, თავსებადობას და უსაფრთხოებას.

ელექტრო და ელექტრონიკა:

- **IEEE 802.11 b/g/n** – უსადენო ქსელის კომუნიკაციის სტანდარტი ESP32 Wi-Fi მოდულისთვის
- **IEC 61000-4-2** – ელექტროსტატიკური განმუხტვისგან (ESD) დაცვა, PCB დიზაინში გათვალისწინებული
- **IPC-2221** – ზოგადი PCB დიზაინის სტანდარტი (ბილიკების სიგანე, კლირენსი, Via-ების განთავსება)
- **IPC-A-610** – ელექტრონული აწყობების მიღების კრიტერიუმები (დადუღების ხარისხი)

ჩაშენებული სისტემები და IoT:

- **ISO/IEC 27001** – ინფორმაციული უსაფრთხოება (Wi-Fi კავშირისთვის WPA2 დამოფერა)

- **MQTT v3.1.1** – მსუბუქი კომუნიკაციის პროტოკოლი (შესაძლო სერვერთან დაკავშირებისთვის)
- **REST API** – Representational State Transfer არქიტექტურა ვებ-ინტერფეისისთვის

დრო და სინქრონიზაცია:

- **IEEE 1588 (PTP)** – Precision Time Protocol კონცეფციები RTC სიზუსტისთვის
- **I2C Bus Specification v2.1** – DS3231 RTC მოდულის კომუნიკაციის სტანდარტი (100kHz/400kHz)

მექანიკური და უსაფრთხოება:

- **ISO 13485** – სამედიცინო მოწყობილობების ხარისხის მართვა (რეკომენდაციები)
- **IEC 60601-1** – სამედიცინო ელექტრული აღჭურვილობის უსაფრთხოება (ძირითადი პრინციპები)
- **RoHS Directive** – საშიში ნივთიერებების შეზღუდვა ელექტრონიკაში





პროგრამული უზრუნველყოფა:

- **IEEE 830-1998** – პროგრამული მოთხოვნების სპეციფიკაციის სტანდარტი
- **MISRA C:2012** – C/C++ კოდირების სტანდარტი ჩაშენებული სისტემებისთვის
- **Semantic Versioning 2.0.0** – firmware ვერსიების მართვა








განვითარების გრაფიკი (Gantt Chart)

პროექტის განხორციელება იყოფა სამ ძირითად ფაზად: **დაგეგმვა და დიზაინი**, **განხორციელება** და **ტესტირება/დოკუმენტაცია**. სრული პროექტის ხანგრძლივობა: **18 კვირა** (იანვარი 6 - მაისი 15, 2026).






ფაზა I: დაგეგმვა და დიზაინი (კვირა 1-4)

-  კვირა 1-2: მოთხოვნების ანალიზი და კომპონენტების შერჩევა (დასრულებული)
-  კვირა 2-3: სისტემის არქიტექტურის დიზაინი, ბლოკ-დიაგრამები (დასრულებული)
-  კვირა 3-4: 3D მოდელირება Fusion 360-ში (მიმდინარეობს - 60%)
-  კვირა 4: PCB სქემის დიზაინი KiCad-ში (დაწყებული - 40%)

ფაზა II: განხორციელება (კვირა 5-12)

-  კვირა 5-6: კომპონენტების შეძენა და მიღება (მოლოდინი)
-  კვირა 6-7: PCB დადუღება და ელექტრონიკის ტესტირება (დაგეგმილი)
-  კვირა 7-8: 3D ბეჭდვა და კორპუსის შეკრება (დაგეგმილი)
-  კვირა 8-10: Firmware-ის დაწერა (ESP32 + RTC + Wi-Fi Stack)
-  კვირა 9-10: ვებ-ინტერფეისის დეველოპმენტი (HTML/CSS/JS)
-  კვირა 10-11: მექანიკის ინტეგრაცია (სოლენოიდები + ზამბარები + საკეტები)
-  კვირა 11-12: სრული სისტემის ინტეგრაცია და საწყისი ტესტები




ფაზა III: ტესტირება და დოკუმენტაცია (კვირა 13-18)

-  კვირა 13-14: ფუნქციონალური ტესტირება (100+ ციკლი)
-  კვირა 14-15: მომხმარებლის ტესტირება (Beta Testing 5 მომხმარებელთან)
-  კვირა 15-16: გამოვლენილი ხარვეზების გამოსწორება და ოპტიმიზაცია
-  კვირა 16-17: ტექნიკური დოკუმენტაციის მომზადება
-  კვირა 17-18: საბოლოო პრეზენტაციის მომზადება და პროექტის ჩაბარება

პარალელური დავალებები:

- კვირა 1-18: GitHub Repository-ის განახლება (ყოველკვირეული commits)
- კვირა 8-16: მომხმარებლის სახელმძღვანელოს დაწერა
- კვირა 12-17: Video დემონსტრაციის ჩაწერა და მონტაჟი

ლეგენდა:

-  მწვანე - დასრულებული
-  ყვითელი - მიმდინარეობს
-  ნარინჯისფერი - დაგეგმილი/მოლოდინში

კრიტიკული მილსტოუნები:

1. კვირა 4: დიზაინის ფაზის დასრულება
2. კვირა 7: ყველა კომპონენტის მიღება და ტესტირება
3. კვირა 12: სრულად მომუშავე პროტოტიპი

4. კვირა 15: ბეტა ტესტირების დასრულება

5. კვირა 18: საბოლოო პრეზენტაცია

ბიუჯეტი

პროექტის სრული ბიუჯეტი შედგენილია კომპონენტების, მასალებისა და ხარჯების დეტალური ანალიზის საფუძველზე.

მოწყობილობა/მასალა	რაოდენობა	ერთეულის ფასი (ლ)	ჯამური ფასი (ლ)	მიწოდება	სტატუსი
ელექტრონული კომპონენტები					
ESP32 DevKit V1	2 ცალი	25.00	50.00	AliExpress	შემენილი ✓
DS3231 RTC მოდული	2 ცალი	8.50	17.00	AliExpress	შემენილი ✓
Mini Push-Pull Solenoid 12V	6 ცალი	12.00	72.00	AliExpress	შეკვეთილი <div></div>
Limit Switch (Micro)	6 ცალი	2.50	15.00	AliExpress	შეკვეთილი <div></div>
Passive Buzzer 5V	3 ცალი	3.00	9.00	ადგილობრივი	შეკვეთილი <div></div>
12V/2A ადაპტერი	2 ცალი	18.00	36.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
LM7805 რეგულატორი	4 ცალი	1.50	6.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
რეზისტორების ნაკრები	1 ნაკრები	12.00	12.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
კონდენსატორების ნაკრები	1 ნაკრები	15.00	15.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
Diode 1N4007	10 ცალი	0.50	5.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
Jumper Wires ნაკრები	1 ნაკრები	10.00	10.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
Breadboard 830 Point	2 ცალი	8.00	16.00	ადგილობრივი	შემენილი ✓
მექანიკური კომპონენტები					
ზამბარები (Compression)	6 ცალი	3.00	18.00	ადგილობრივი	დასაკვეთი
M3 ბრაზნები/ჭანჭიკები	1 ნაკრები	15.00	15.00	ადგილობრივი	დასაკვეთი
Hinges (პატარა საკიდები)	6 ცალი	2.50	15.00	ადგილობრივი	დასაკვეთი
3D ბეჭდვის მასალა					
PLA Filament (1kg)	0.5 kg	45.00	22.50	ISU FabLab	თანხმობაა

მოწყობილობა/მასალა	რაოდენობა	ერთეულის ფასი (ლ)	ჯამური ფასი (ლ)	მიწოდება	სტატუსი
PETG Filament (1kg)	0.3 kg	55.00	16.50	ISU FabLab	თანხმობაა
PCB და დადულება					
PCB Prototype Board	2 ცალი	12.00	24.00	ადგილობრივი	დასაკვეთი
დადულების პასტა	1 ცალი	18.00	18.00	ადგილობრივი	შეძენილი ✓
დადულების ლითონი	1 მილი	25.00	25.00	ადგილობრივი	შეძენილი ✓
ხელსაწყოები და სხვა					
უნივერსალური მრიცხველი	1 ცალი	45.00	45.00	გუნდის	არსებული
დადულების სადგური	1 ცალი	0.00	0.00	ISU Lab	უფასო
3D პრინტერის გამოყენება	15 საათი	0.00	0.00	ISU FabLab	უფასო
დოკუმენტაცია					
ბეჭდვა/ზოჭვა	50 გვერდი	0.30	15.00	ადგილობრივი	დასაბეჭდი
პოსტერი A0	1 ცალი	35.00	35.00	ადგილობრივი	დასაბეჭდი
სულ:			511.00 ლ		
+ მარაგი (10%):			51.10 ლ		
საბოლოო ჯამი:			562.10 ლ		

დაფინანსების წყაროები:

- გუნდის წვლილი: 300.00 ლ (100 ლ თითო სტუდენტი)
- ISU FabLab სპონსორობა: 100.00 ლ (მასალები)
- ფაკულტეტის დახმარება: 162.10 ლ (მოთხოვნა გაგზავნილია)

შენიშვნა: დეტალური Excel ბიუჯეტი თან ერთვის დანართში (დანართი #1).

ვალდებულებები (Responsibilities)

პროექტის წარმატებით დასრულებისთვის გუნდის წევრებს შორის მკაფიოდ არის განაწილებული როლები და პასუხისმგებლობები.

ნარმინ სეიდოვა - Hardware Team Lead

პირველადი პასუხისმგებლობები:

- ESP32 და RTC მოდულის ინტეგრაცია და პროგრამირება
- Firmware-ის ძირითადი არქიტექტურის შექმნა
- Wi-Fi Access Point და ვებ-სერვერის განხორციელება
- Interrupt-ზე დაფუძნებული Alarm სისტემის დაწერა
- კომპონენტების შეძენა და ინვენტარის მართვა

მეორადი პასუხისმგებლობები:

- PCB დიზაინში მონაწილეობა
- ელექტრული სქემების გადამოწმება
- Hardware ტესტირების დოკუმენტაცია

კომუნიკაცია: Hardware-Software ინტეგრაციის კოორდინაცია

აინურ ალახვერდიევა - Software Team Lead

პირველადი პასუხისმგებლობები:

- ვებ-ინტერფეისის დიზაინი და დეველოპმენტი (HTML5/CSS3/JavaScript)
- Responsive UI/UX დიზაინი მობილური მოწყობილობებისთვის
- Client-side და Server-side ვალიდაციის დაწერა
- REST API endpoint-ების განხორციელება
- EEPROM მონაცემთა სტრუქტურების დიზაინი

მეორადი პასუხისმგებლობები:

- მომხმარებლის სახელმძღვანელოს დაწერა
- GitHub Repository-ის მართვა და დოკუმენტაცია

- Beta Testing-ის კოორდინაცია

კომუნიკაცია: Software-Hardware ინტეგრაციის კოორდინაცია

ხამათი აბაზოვი - Mechanical Team Lead

პირველადი პასუხისმგებლობები:

- 3D მოდელირება Fusion 360-ში (კორპუსი, თავსახურები, საკეტები)
- მექანიკური კომპონენტების დიზაინი და ოპტიმიზაცია 3D ბეჭდვისთვის
- სოლენოიდის მექანიზმის პროტოტიპირება და ტესტირება
- ზამბარების შერჩევა და კალიბრაცია
- 3D ბეჭდვა და პოსტ-პროცესინგი

მეორადი პასუხისმგებლობები:

- PCB-ის ფიზიკური განთავსება კორპუსში
- კომპონენტების დადუღება და შეკრება
- ელექტრონიკისა და მექანიკის ფინალური ინტეგრაცია

კომუნიკაცია: Mechanical-Electrical ინტერფეისის კოორდინაცია

ერთობლივი პასუხისმგებლობები (ყველა წევრი):

- ყოველკვირეული გუნდის შეხვედრები (ორშაბათი 18:00, ISU Makerspace)
- ტესტირების სესიები და ხარვეზების დოკუმენტირება
- ტექნიკური პრეზენტაციის მომზადება
- GitHub-ზე კოდის რეგულარული commit-ები
- ლიტერატურის მოძიება და ციტირება
- საბოლოო რეპორტის თანაავტორობა

კონფლიქტების გადაწყვეტა:

დავების შემთხვევაში გადაწყვეტა მიიღება ხმების უმრავლესობით (2/3). პროფესორთან კონსულტაცია კრიტიკული საკითხებისთვის.

დასკვნა

"ჭკვიანი წამლის ყუთი" წარმოადგენს ინოვაციურ გადაწყვეტას მედიკამენტების მართვის პრობლემისთვის, რომელიც აერთიანებს ჩაშენებულ სისტემებს, IoT ტექნოლოგიებს და მექანიკურ ინჟინერიას ერთ ინტეგრირებულ პლატფორმაში. პროექტი მიზნად ისახავს სამედიცინო შეცდომების მინიმუმამდე დაყვანას, პაციენტების ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებას და ჯანდაცვის ხარჯების შემცირებას.

ჩვენი გუნდის მიერ შემუშავებული პროტოტიპი უზრუნველყოფს რამდენიმე მნიშვნელოვან უპირატესობას:

- **ავტომატიზაცია:** RTC-ზე დაფუძნებული ზუსტი დროის მართვა და ავტომატური შეხსენებები
- **მარტივი გამოყენება:** QR კოდის სკანირება და ინტუიციური ვებ-ინტერფეისი
- **უსაფრთხოება:** სოლენოიდური საკეტები და ლიმიტური გადამრთველების უკუკავშირი
- **ხელმისაწვდომობა:** სრული ბიუჯეტი 562 ლარი, რაც 5-10-ჯერ იაფია კომერციულ ანალოგებთან შედარებით
- **მასშტაბირებადობა:** მოდულური არქიტექტურა საშუალებას იძლევა დაემატოს დამატებითი განყოფილებები და ფუნქციები

პროექტი აკმაყოფილებს ინდუსტრიულ სტანდარტებს (IEEE, IEC, ISO) და დაფუძნებულია best practices-ზე როგორც hardware, ისე software დეველოპმენტში. 18-კვირიანი გრაფიკი რეალისტურად ასახავს დავალებების განაწილებას და კრიტიკულ მილსტოუნებს.

ჩვენი გუნდი სრულად არის მოზილიზებული პროექტის წარმატებით დასასრულებლად და ვართ დარწმუნებული, რომ საბოლოო პროდუქტი არა მხოლოდ აკმაყოფილებს აკადემიურ მოთხოვნებს, არამედ წარმოადგენს რეალურ წვლილს ჯანდაცვის ტექნოლოგიების სფეროში. ეს პროექტი დემონსტრირებს ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტუდენტების შესაძლებლობას შექმნან ინოვაციური, პრაქტიკული და სოციალურად მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური გადაწყვეტები.

ლიტერატურა

[1] World Health Organization, "Medication Errors: Technical Series on Safer Primary Care," WHO, Geneva, Switzerland, 2016. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/medication-errors>

[2] N. Osterberg and B. Blaschke, "Adherence to Medication," *The New England Journal of Medicine*, vol. 353, no. 5, pp. 487-497, Aug. 2005. doi: 10.1056/NEJMra050100

- [3] Espressif Systems, "ESP32 Technical Reference Manual," ver. 4.6, Shanghai, China, 2023. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- [4] Maxim Integrated, "DS3231 Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal," Datasheet, Rev. 10, 2015. [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- [5] IEEE Standards Association, "IEEE 802.11-2020 - IEEE Standard for Information Technology-- Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks-- Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 2021.
- [6] International Electrotechnical Commission, "IEC 61000-4-2:2008 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test," 2008.
- [7] International Organization for Standardization, "ISO 13485:2016 - Medical devices -- Quality management systems -- Requirements for regulatory purposes," 2016.
- [8] J. Yao, R. Schmitz, and S. Warren, "A Wearable Point-of-Care System for Home Use That Incorporates Plug-and-Play and Wireless Standards," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 9, no. 3, pp. 363-371, Sept. 2005. doi: 10.1109/TITB.2005.854515
- [9] M. Patel and J. Wang, "Applications, challenges, and prospective in emerging body area networking technologies," *IEEE Wireless Communications*, vol. 17, no. 1, pp. 80-88, Feb. 2010. doi: 10.1109/MWC.2010.5416354
- [10] R. S. H. Istepanian, E. Jovanov, and Y. T. Zhang, "Guest Editorial Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-Care Connectivity," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 8, no. 4, pp. 405-414, Dec. 2004. doi: 10.1109/TITB.2004.840019
- [11] S. Lee, G. Fang, and L. Hui, "An intelligent pill dispenser for helping AIDS patients take medicines correctly," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 13, no. 5, pp. 723-730, Sept. 2009. doi: 10.1109/TITB.2009.2023204
- [12] IPC Association Connecting Electronics Industries, "IPC-2221B: Generic Standard on Printed Board Design," Bannockburn, IL, USA, 2012.
-

დანართები:

დანართი #1: დეტალური ბიუჯეტის Excel ფაილი (Budget_SmartPillbox_2026.xlsx)

დანართი #2: Gantt Chart სრული ვერსია (Gantt_SmartPillbox_2026.xlsx)

დანართი #3: PCB სქემები და Gerber ფაილები (PCB_Designs.zip)

დანართი #4: 3D მოდელები STL ფორმატში (3D_Models.zip)

დანართი #5: Firmware Source Code (GitHub: /smart-pillbox-isu/firmware)

თბილისი, 2026

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბიზნესის, ტექნოლოგიებისა და განათლების ფაკულტეტი