

SPRAWOZDANIE Elektroniczny Manager Lekarstw (EML)

1. Sposób realizacji projektu

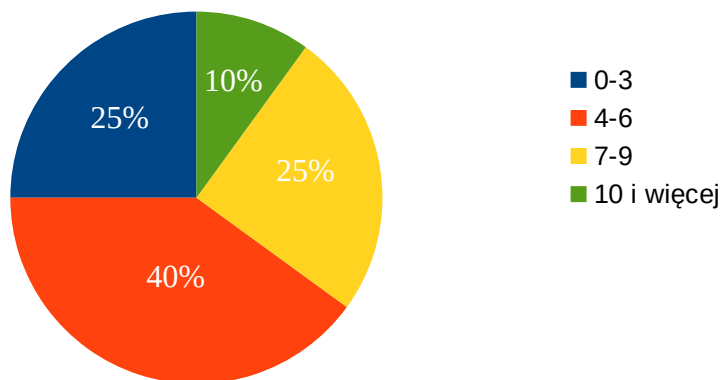
1a. Inspiracja oraz identyfikacja problemu do rozwiązania

Terapia wielu osób przewlekle chorych wymaga od nich zażywania wielu typów lekarstw każdego dnia. Poniższe zdjęcie przedstawia wszystkie tabletki używane w terapii mojego dziadka:



Z tego powodu, organizacja lekarstw każdego dnia oraz poprawne stosowanie się do godzin i dawek stanowią duże wyzwanie dla pacjentów, zwłaszcza tych w podeszłym wieku lub posiadających problemy z pamięcią. W konsekwencji wiele osób nie przestrzega swoich terapii, co prowadzi do poważnych skutków zdrowotnych. Zgodnie z informacjami WHO aż 50% lekarstw nie jest zażywana w odpowiednich porach i dawkach, co jest przyczyną 25% wszystkich wizyt w szpitalach oraz 125000 śmierci rocznie w USA. Kiedy obserwowałem jak moi dziadek i babcia organizują swoje tabletki, zacząłem się zastanawiać czy istnieje sposób automatyzacji tego procesu, tak aby odciążyć ich w tym obowiązku. Zrozumiałem wtedy, że stosunkowo prosty mechanizm oparty na Arduino byłby w stanie zautomatyzować proces przyjmowania lekarstw w dużym stopniu. Aby sprawdzić jak takie urządzenie odpowiadałoby na sytuację na rynku polskim, przeprowadziłem ankietę wśród seniorów w mojej miejscowości.

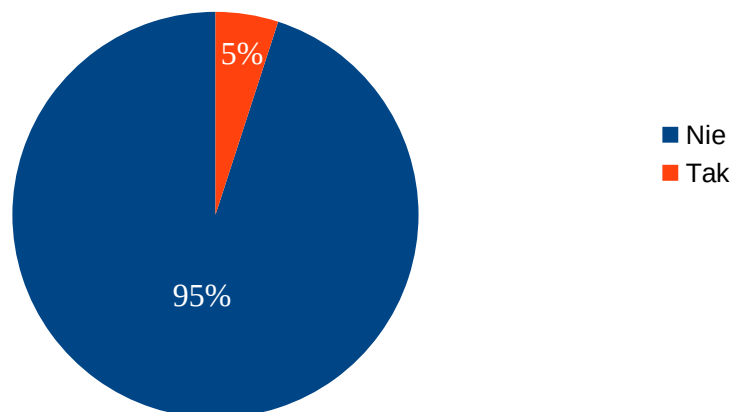
Jak wiele różnych lekarstw przyjmujesz w swojej terapii?



Jak widać, wynika z niej że większość osób w podeszłym wieku musi przyjmować wiele lekarstw jednocześnie, co pokazuje że mój pomysł mógłby poprawić ich sytuację.

Aby urządzenie było proste w obsłudze, może one pracować tylko z lekarami przyjmowanymi codziennie. Z tego powodu, drugie pytanie ankiety dotyczyło tego jak wielu seniorów stosuje leki przyjmowane rzadziej niż raz dziennie:

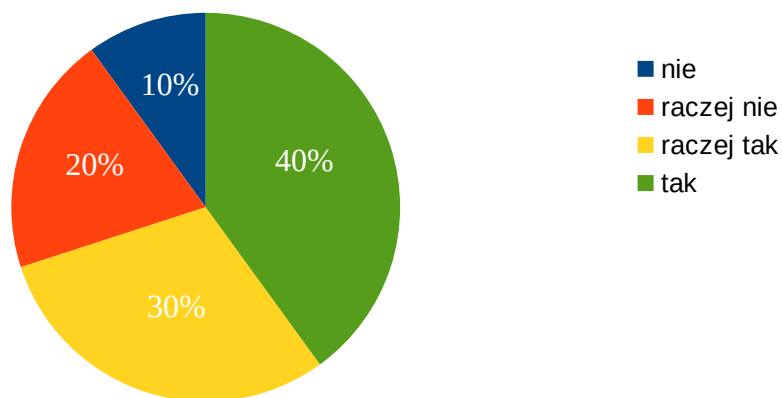
Czy w twojej terapii stosowane są lekarstwa przyjmowane rzadziej niż raz dziennie?



Wyniki wskazują że brak możliwości zaprogramowania urządzenia pod kątem dozowania lekarstw tylko w określone dni tygodnia nie byłby problemem dla zdecydowanej większości seniorów.

Jednakże, jestem świadomy faktu że wiele osób w podeszłym wieku nie posiada doświadczenia w obsłudze technologii przez co nie są skłonni polegać na rozwiązaniach elektronicznych. Aby zbadać nastroje potencjalnych użytkowników, zadałem seniorom trzecie pytanie:

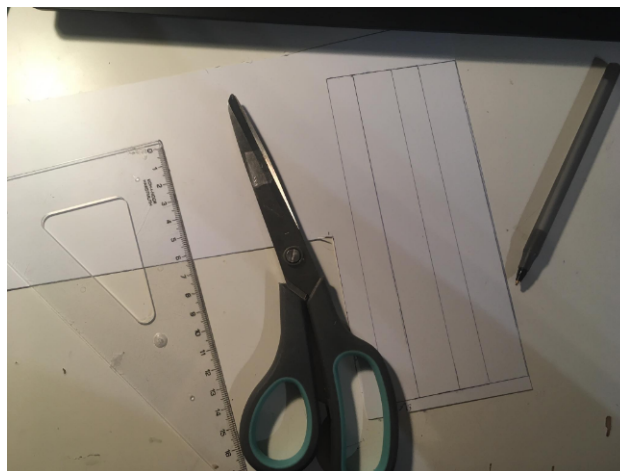
Czy był(a)byś skłonny/a zakupić urządzenie elektroniczne pomagające w przestrzeganiu planu przyjmowania lekarstw?



Pomimo tego, odpowiedzi na pytanie pokazują że większość seniorów jest nastawiona optymistycznie do takich rozwiązań. Wyniki ankiety zainspiowały mnie do rozpoczęcia pracy nad prototypem urządzenia. Został on wykonany w całości samodzielnie w domowych warunkach, używając arkuszy tworzywa zakupionych w sklepie modelarskim, gotowych zębatek do modeli oraz sensorów i płytek Arduino.



Praca nad prototypem- lutowanie elementów elektronicznych.



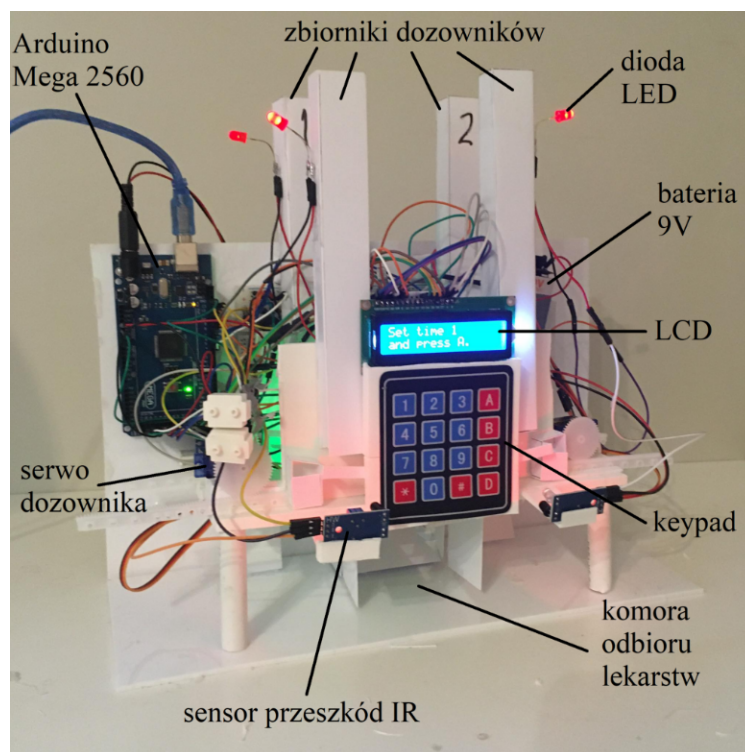
Wycinanie drobnych elementów z arkuszy tworzywa.



Wycinanie obudowy z grubszego tworzywa.

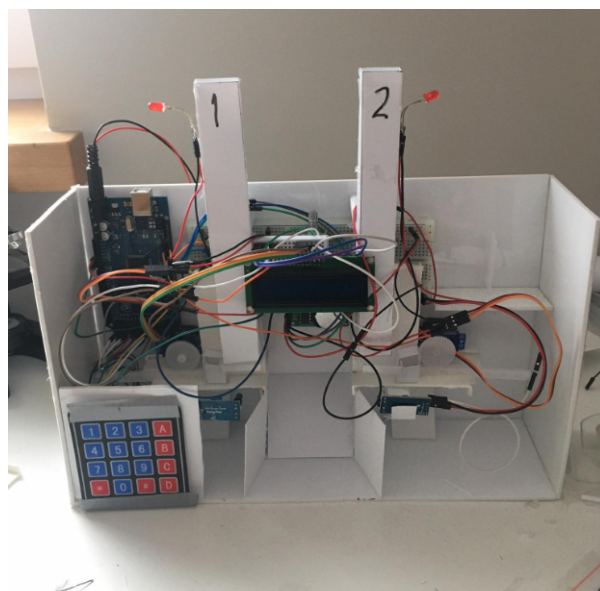
1b. Zastosowane rozwiązania techniczne

Elektroniczny Manager Lekarstw jest urządzeniem opartym na dozownikach, które przechowują leki oraz dozują je o odpowiednich porach i w odpowiednich ilościach, po czym urządzenie upewnia się że pacjent przyjął leki. W ten sposób zostaje osiągnięty wyższy stopień stosowania się do terapii przez pacjenta.



Elektroniczny Manager Lekarstw- prototyp wersji z czterema dozownikami

Prototyp, który przygotowałem posiada 4 dozowniki, czyli pozwala na dostosowanie 4 różnych grup lekarstw przyjmowanych o różnych porach. W hipotetycznej sytuacji wprowadzenia urządzenia do produkcji, możliwe jest opracowanie wariantów o innych liczbach dozowników dostosowanych do różnych stopni złożoności terapii oraz odpowiednio różniących się ceną.



EML- wersja z dwoma dozownikami.

Głównym wyzwaniem konstrukcyjnym w projektowaniu urządzenia było opracowanie mechanizmu dozownika, który będzie działać z wszystkimi typami tabletek dostępnymi na rynku. Różnią się one kształtem w znaczącym stopniu, co stanowi problem dla mechanizmu wyrzucającego je do komory z

której mają być one zabierane, ponieważ musi on wyrzucać stałą liczbę tabletek za każdym razem. Moim pierwszym pomysłem było wykonanie tunelu dozownika z materiału dostosowującego się do kształtu obiektów znajdujących się w nim. Funkcję tę miały spełniać słomki do napojów przecięte wzdłuż. Niestety, taki mechanizm pracował tylko z kilkoma typami leków, był zawodny, oraz wymagał dużej ilości elementów elektronicznych do działania, co podniosłoby znacznie koszty produkcji urządzenia.

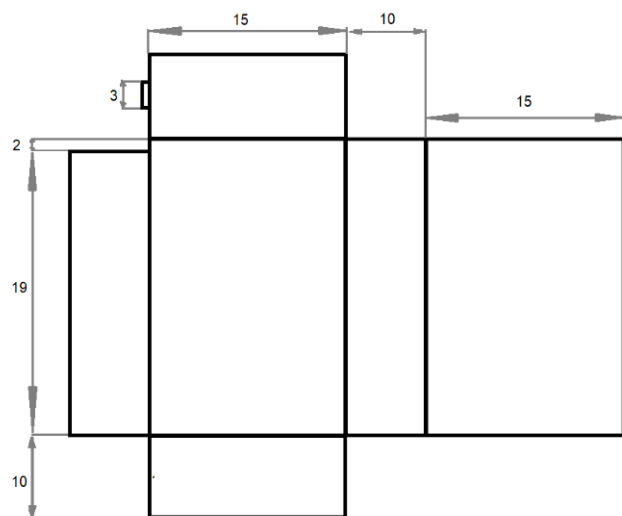


Tunel z przeciętej pionowo słomki do napojów. Dostosowuje się on średnicą do tabletek znajdujących się w nim.

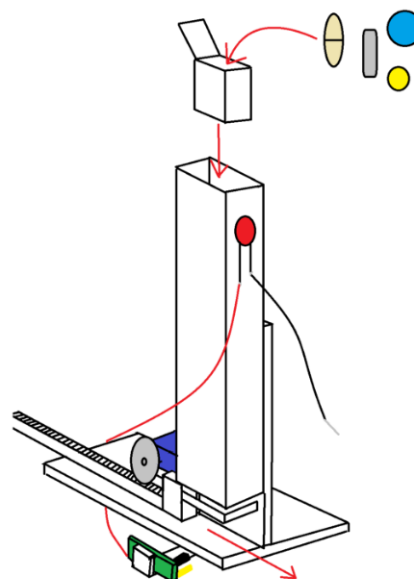


Prototyp pierwszej wersji mechanizmu dozownika opartego na przeciętych pionowo słomkach do napojów.

Po nieudanych eksperymentach ze zbiornikami na tabletki dostosowującymi się do nich kształtem postanowiłem oprzeć dozowniki o dedykowane kapsułki na tabletki. W ten sposób wszystkie obiekty, które będą przemieszczać się wewnątrz mechanizmu będą miały ten sam kształt, idealnie dostosowany do niego.



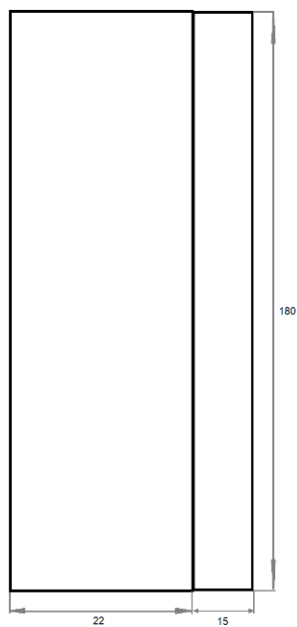
Wymiary dedykowanych kapsułek na tabletki.



Schemat działania dozownika.



Dedykowana kapsułka- prototyp.

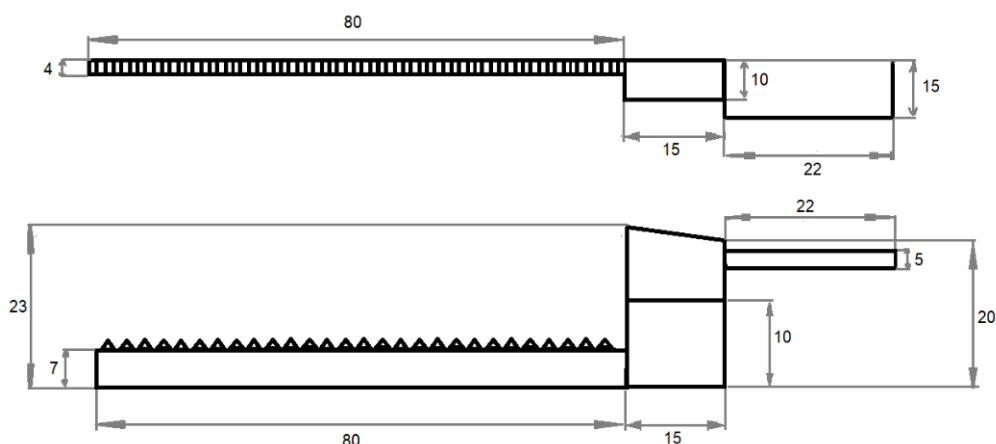


Wymiary tunelu przechowującego kapsułki- zostały one dostosowane do wymiarów dedykowanych kapsułek.

Działanie urządzenia wygląda następująco:

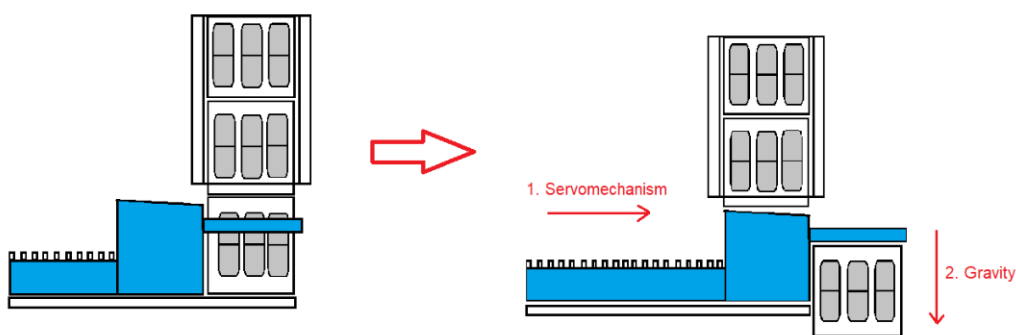
1. Urządzenie posiada 4 dozowniki. Każdy z nich odpowiada jednej grupie lekarstw przyjmowanej o tej samej porze.
2. Użytkownik umieszcza odpowiednie ilości i kombinacje tabletek w kapsułkach, po czym umieszcza je w pojemnikach dozowników.
3. Godziny o których dozowniki mają wyrzucać kapsułki zostają wybrane za pomocą klawiatury urządzenia np. dozownik 1 (2x lek A, 3x lek B): 16.00, dozownik 2 (1x lek C, 2x lek D): 9.00
4. Kiedy nadchodzi wybrana godzina dla danego dozownika, wyrzuca on jedną kapsułkę do otwartej komory, tak aby pacjent mógł ją zabrać. Urządzenie uruchamia alarm dźwiękowy, który będzie aktywny dopóki pacjent nie potwierdzi zabrania kapsułki.
5. Jeśli kapsułki w danym dozowniku skończą się, dioda LED obok jego pojemnika zapali się, sygnalizując konieczność uzupełnienia lekarstw.

Podczas testów prototypu odkryłem że element przesuwający kapsułki do komory, z której zabiera je pacjent musi być zmodyfikowany, ponieważ urządzenie zacięło się raz na kilka ruchów mechanizmu. Okazało się, że konieczne jest pochycenie górnej ściany głowicy popychacza, tak aby oddzielał on dozowaną kapsułkę od kapsułki znajdującej się nad nią w zbiorniku dozownika bez zacięć.



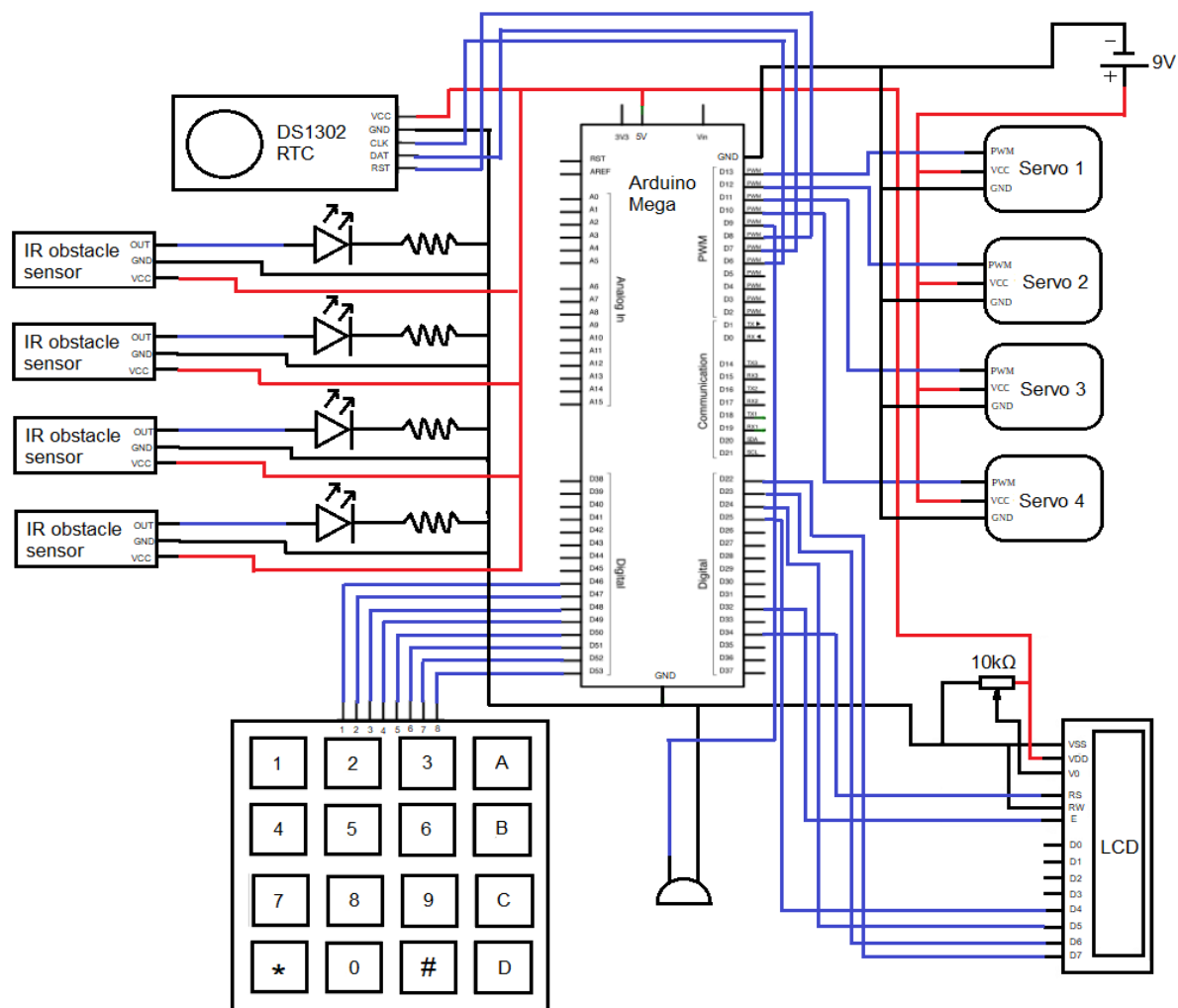
Schemat elementu przesuwającego kapsułki.

Dodałem do niego także element „otaczający” dozowaną kapsułkę, który powstrzymuje ją przed przewróceniem się pod wpływem upadku nowych kapsułek lub przesunięciem się i pozwoleniem, aby w komorze dozującej znalazły się dwie kapsułki. Rozwiązanie to zapewnia że jeden ruch mechanizmu zawsze dozuje dokładnie jedną kapsułkę, co jest konieczne aby urządzenie wykonywało swoje zadanie w niezawodny sposób.



Działanie elementu przesuwającego kapsułki (kolor niebieski).

Siła grawitacji umieszcza kolejne kapsułki w miejscu, z którego zostają one pojedynczo dozowane. W każdym dozowniku element przesuwający kapsułki jest połączony z zębatką, która jest przesuwana przez serwomechanizm SG90. Serwomechanizmy wymagają dodatkowego zasilania w postaci baterii 9V. Są one kontrolowane przez płytkę Arduino Mega 2560. Użytkownik wprowadza godziny przyjęcia lekarstw dla każdego poszczególnego dozownika za pomocą klawiatury keypad 4x4, zaś urządzenie komunikuje się z nim za pomocą ekranu LCD 16x2. Moduł zegara czasu rzeczywistego DS1302 monitoruje czas, zaś program porównuje go z zapisanymi czasami przyjmowania lekarstw. Czujniki przeszkód IR sprawdzają, czy kapsułki są obecne w dozownikach, oraz podłączone są do diod LED, które zapalają się kiedy wykryty zostanie brak kapsułki.

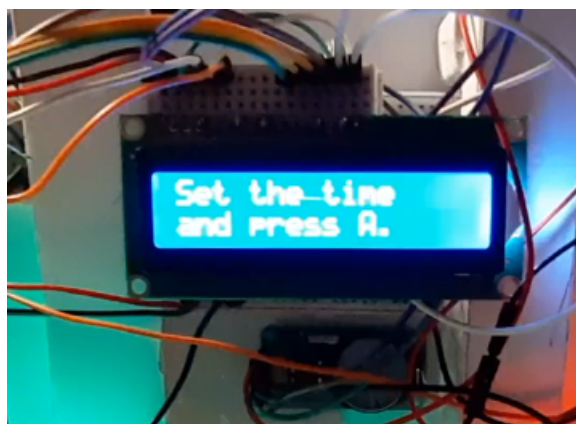


Schemat elektroniczny urządzenia.

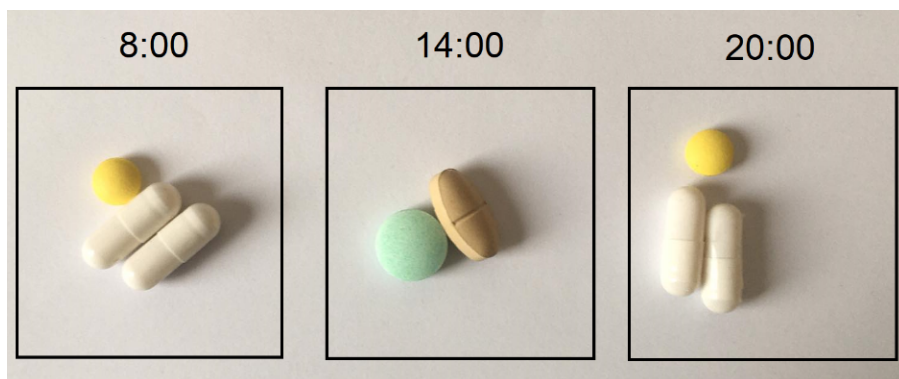
1c. Instrukcja obsługi dla użytkownika

Obecna wersja urządzenia pracuję w jęz. angielskim, lecz naturalnie przeprogramowanie jej na j. polski nie stanowi problemu.

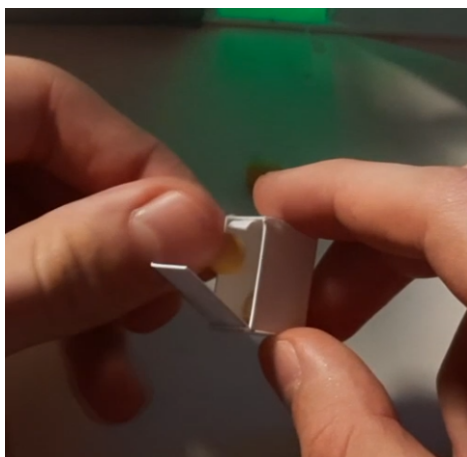
1. Podłącz zasilanie do urządzenia. Na ekranie powinien pojawić się następujący komunikat:



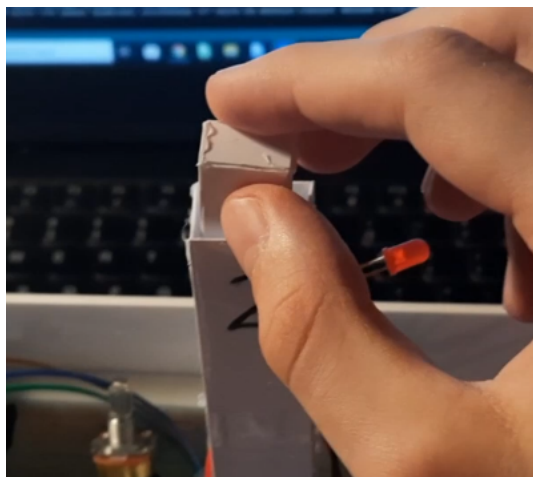
2. Każda kapsułka to jedna dawka tabletek przyjmowana o tym samym czasie. Podziel lekarstwa na godziny o których je przyjmujesz, po czym podziel je na ilości w których je zażywasz o tych godzinach.



3. Umieść poszczególne grupy w kapsułkach.



4. Umieść kapsułki odpowiadające tej samej godzinie w tym samym dozowniku. Powtórz procedurę dla każdej grupy kapsułek.



5. Wprowadź godzinę dozowania dla każdego poszczególnego dozownika za pomocą klawiatury i zatwierdź klawiszem A. Kiedy program dla każdego dozownika został pomyślnie ustawiony, ekran będzie wyświetlać poniższy komunikat:

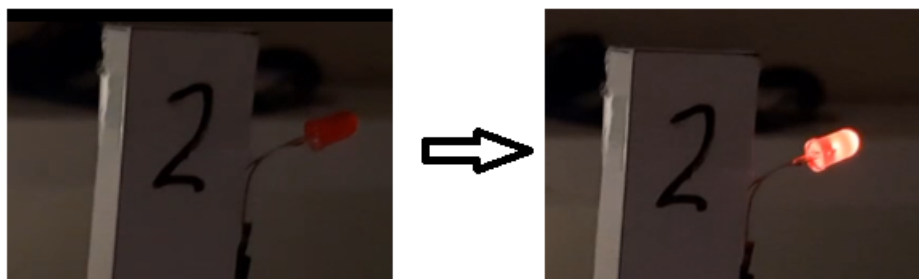


6. Kiedy nadejdzie czas przyjęcia lekarstw, urządzenie wyrzuci kapsułkę do komory, z której należy ją zabrać. Wzięcie lekarstw potwierdza się przyciskiem A.



7. Jeśli chcesz zmienić godziny dozowania, wciśnij B i powtórz procedurę z kroku 5.

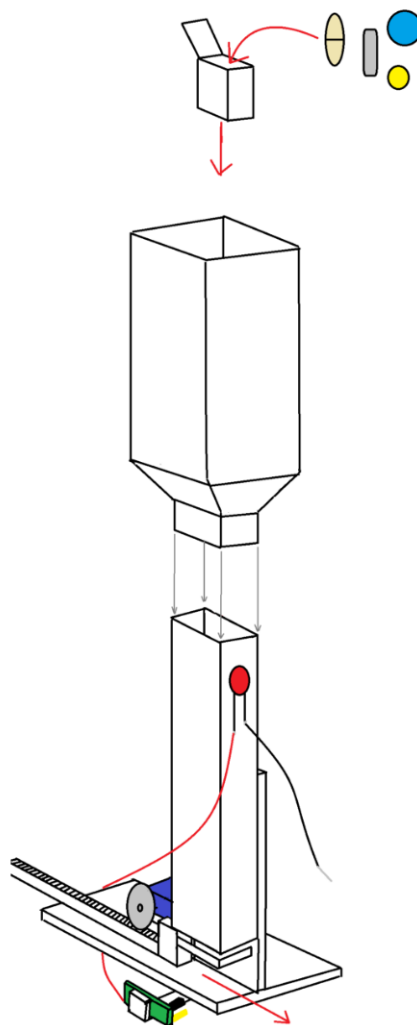
8. Kiedy zbiornik któregoś z dozowników stanie się pusty, lampka LED tego dozownika zapali się, sygnalizując konieczność uzupełnienia lekarstw.



1d. Plany rozwoju projektu

Zadaniem obecnego prototypu jest demonstracja funkcji urządzenia. Jednakże, jego działanie może zostać poprawione.

- Urządzenie powinno zostać wydrukowane za pomocą drukarki 3D, aby zapewnić większą precyzję wykonania elementów.
- Pojemność dozowników powinna zostać zwiększona.
- Obudowa powinna zostać opracowana, tak aby mechanizmy i elektronika urządzenia były osłonięte od warunków zewnętrznych.
- W dłuższej perspektywie urządzenie skorzystałoby na wprowadzeniu aplikacji dla opiekunów, która sprawdza czy pojemniki urządzenia są puste oraz rejestruje wszystkie ewentualne pominięcia lekarstw przez pacjenta. Jednakże, należy rozważyć ewentualny wzrost kosztów produkcyjnych spowodowany dodaniem do urządzenia elektroniki niezbędnej do kontaktu z internetem, opłacenia wykonania aplikacji oraz założeniem serwera przechowującego dane.



*Propozycja zwiększenia pojemności
dozowników.*

2. Wartość pracy na tle dotychczasowego stanu techniki (twórczy charakter, pomysłowość, nowość, samodzielność):

Na polskim rynku automatycznych dozowników leków dominuje aktualnie jedno rozwiązanie techniczne, opracowane przez firmę MedControl Systems. Urządzenia wykonane według tego standardu mają kolisty kształt, w którym każda grupa lekarstw jest przechowywana w pojemniku będącym sektorem tego koła. Dozowanie polega na przesunięciu danego sektora w miejsce, w którym znajduje się otwór w pokrywie urządzenia pozwalający użytkownikowi na wyjęcie danej grupy lekarstw. W porównaniu do EML, urządzenia tego typu charakteryzują się niższą pojemnością, mniejszymi możliwościami dostosowania urządzenia pod potrzeby pacjenta, niższą prostotą obsługi oraz wyższą ceną (300-400 PLN). Przewagą urządzenia MedControl zdecydowanie jest fakt, że mechanizm wymaga tylko jednego silnika krokowego do działania, co sprawia że zacięcia są łatwiejsze do uniknięcia w porównaniu do EML.



*Rozwiązanie oferowane przez MedControl
(<https://www.medcontrol.pl/>)*

Na rynku międzynarodowym dostępne są także bardziej zaawansowane technicznie rozwiązania, oferowane przez producentów takich jak Hero Health oraz MedaCube. W porównaniu do EML, charakteryzują się wyższą pojemnością oraz szerszym zakresem dostosowania urządzenia. Jednakże, zalety te mają drugą stronę- urządzenia tego typu cechują się o wiele wyższą ceną, oraz ich prostota obsługi jest niższa- wymagają one sparowania z aplikacją mobilną w celu zmiany ustawień, oraz posiadają wiele funkcji, które wydają się nie być potrzebne większości seniorów. Według mnie, dużo niższa cena i prostota obsługi rekompensują fakt, że EML posiada niższe możliwości dostosowania ustawień przez użytkownika.

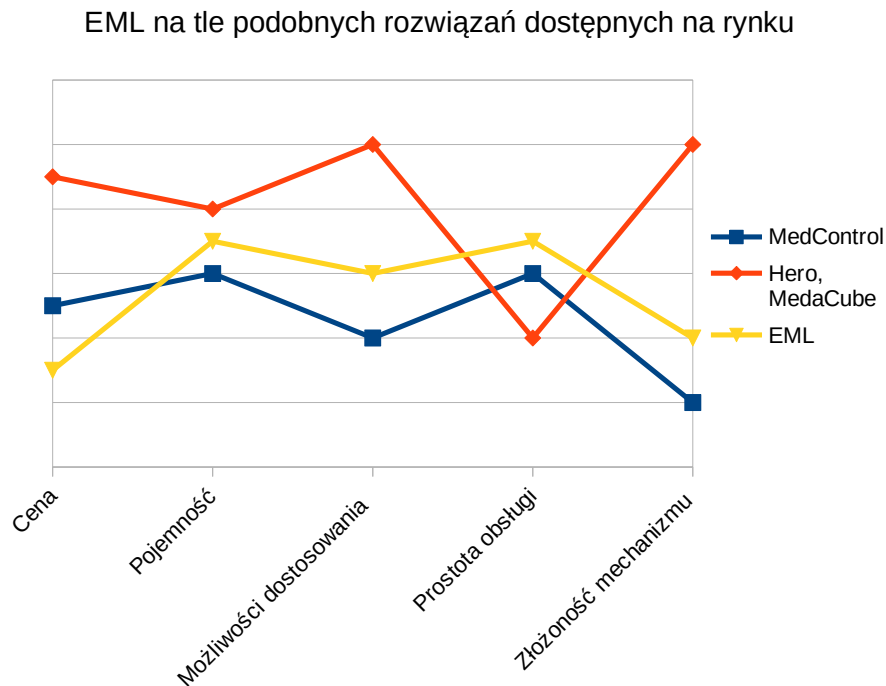


*Rozwiązanie oferowane przez
Hero Health
(<https://herohealth.com/>)*



*Rozwiązanie oferowane przez
MedaCube
(<https://www.medacube.com/>)*

Poniższy wykres przedstawia czynniki konkurencji na rynku automatycznych dozowników leków. Oś y została przedstawiona w arbitralnej skali „mało-dużo”.



Według mnie, moje rozwiązanie stanowi balans pomiędzy pojemnością i możliwością dostosowania urządzeń typu Hero a prostotą i niską ceną urządzeń typu MedControl.

3. Określ zdolność rejestrową rozwiązania w myśl ustawy „Prawo własności przemysłowej”

Z powodu złożoności i czasochłonności procesu patentowania, obecnie nie planuję rejestrować EML jako rozwiązania przemysłowego.

4. Zastosowania oraz efekty ekonomiczne

Dzięki prostocie mechanizmu urządzenia, cena jego produkcji jest niska- koszt elementów elektronicznych to 90-100 PLN przy zakupie detalicznym. Przy produkcji hurtowej cena ta z pewnością znacznie by się obniżyła. Z tego powodu, uważam że cena rynkowa wariantu EML z 4 dozownikami mogłaby być sprzedawana w cenie 149 PLN, co czyni EML dwukrotnie tańszym od najtańszych urządzeń dostępnych obecnie na rynku. Ponadto, wydatek ten jest niski zważając na fakt że korzystanie z urządzenia może zastąpić lub ograniczyć pracę opiekuna, który upewnia się że pacjent przyjmuje leki- EML mógłby być obsługiwany przez członków rodziny raz w tygodniu. Dodatkowo większy stopień przestrzegania terapii przez pacjentów pozwoliłoby im na uniknięcie kosztów ewentualnego dodatkowego leczenia, co przynosiłoby oszczędności zarówno w skali rodziny jak i w skali państwowej służby zdrowia. Podsumowując, urządzenie pozwoliłoby na kontrolę leczenia wielu ludzi przy kosztach niższych niż dotychczas, przynosząc pozytywne efekty ekonomiczne.

Bibliografia:

1. WHO, *Adherence to long-term therapies*, 2003
https://www.who.int/chp/knowledge/publications/adherence_full_report.pdf
2. Plus Medycyny, *Seniorzy: niepożądane działania leków i częste pobyty w szpitalu*, 2016
<https://pulsmedycyny.pl/seniorzy-niepozadane-dzialania-lekow-i-czeste-pobyty-w-szpitalu-892981>
3. Brown, Marie T, and Jennifer K Bussell. *Medication adherence: WHO cares?*, Mayo Clinic proceedings, 2011
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3068890/>

Autor projektu:

Jeremiasz Dados, III LO w Gdyni