

Praca konkursowa

Lokalizator GPS sterowany przez aplikację na smartfon

Autorzy: Bartłomiej Dudek, Dominik Gołąb
Kontakt: bartlomiej.dudek.3@gmail.com

Koło Naukowe Elektroniki i Informatyki w Knurowie
ul. Batorego 4, 44-194 Knurów
Opiekun: tech. elektronik Donat Dubiel
Kontakt: celinzynier@op.pl

11 stycznia 2020

Spis treści

1	Przeznaczenie projektu	1
2	Opis rozwiązania	2
2.1	Działanie urządzenia i aplikacji	2
2.2	Budowa urządzenia	2
2.3	Mikrokontroler, PCB, oprogramowanie urządzenia	3
2.4	Łączność GSM	3
2.5	Namierzanie GPS	3
2.6	Aplikacja	3
2.7	Dioda LED	4
2.8	Zasilanie	4
2.9	Obudowa, ładowanie	4
2.10	Bezpieczny przełącznik i dwuetapowy system wyłączania	4
3	Wyniki	5
3.1	Potencjalne zastosowanie, dalsze plany	5
3.2	Dalszy rozwój	5
3.3	Ważne parametry	5
3.4	Problemy, wady, wyjątki w prototypie	5
3.4.1	Problem: Zasięg GPS	5
3.4.2	Wada prototypu: Sposób ładowania	5
3.4.3	Wada prototypu: Rozmiar	6
3.4.4	Problemy i wady dotyczące łączności GSM.	6
4	Źródła	6
5	Załączniki	6

1 Przeznaczenie projektu

Przedmiotem pracy konkursowej jest uniwersalny lokalizator GPS sterowany przez aplikację na smartfon z systemem Android. Lokalizator pierwotnie miał być przeznaczony do wpięcia w obrozę dla psa, co miało ułatwić odnalezienie go, gdyby uciekł podczas spaceru. Oryginalną cechą jest wbudowana dioda LED, której intensywne impulsy światła pomagają odnaleźć obiekt, w szczególności w ciemności.

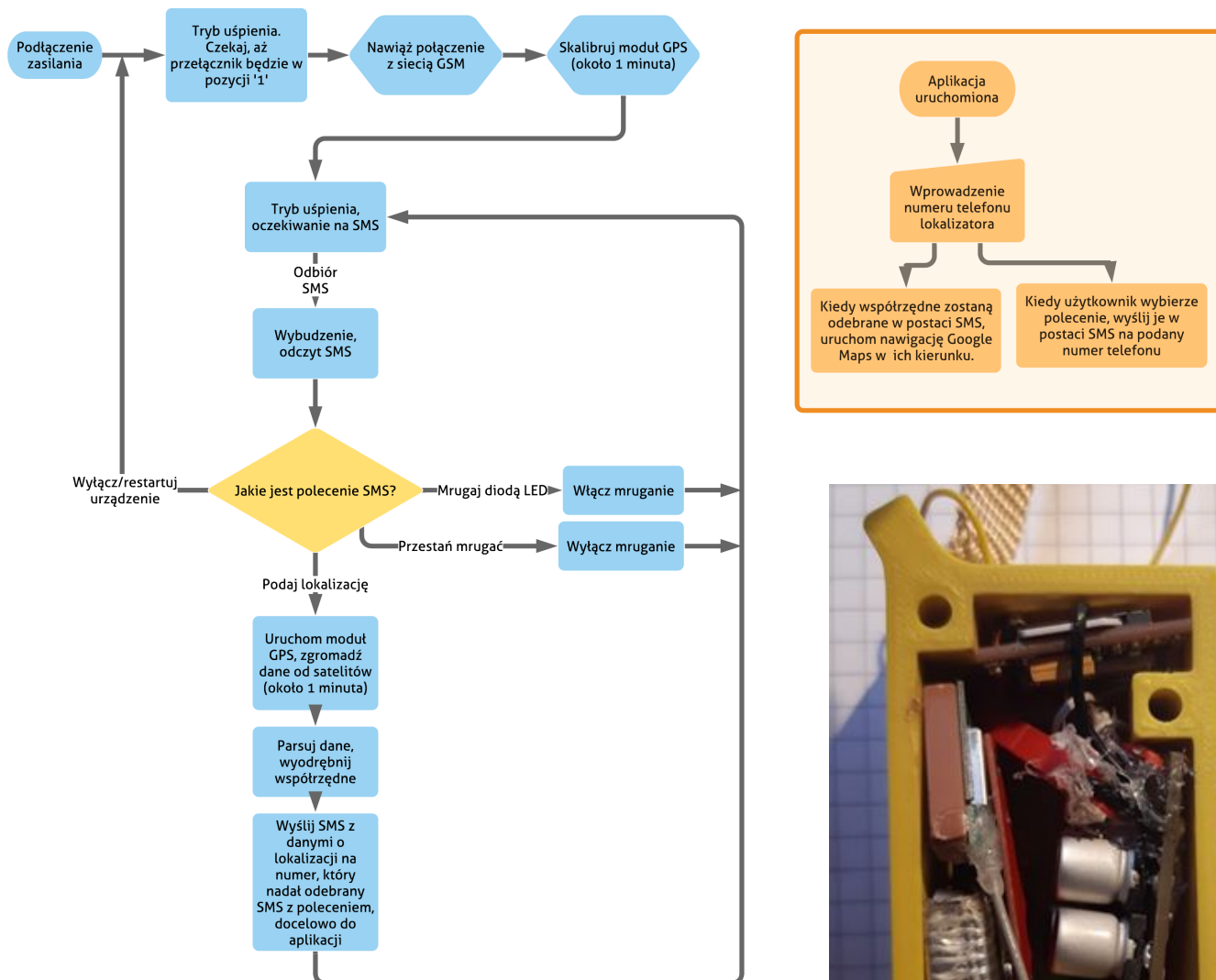
LINK DO FILMU Z DZIAŁANIA <https://youtu.be/4Pa-LMKI8dU>

2 Opis rozwiązania

2.1 Działanie urządzenia i aplikacji

Urządzenie i aplikacja działają według przedstawionego poniżej diagramu (Rys. 1)

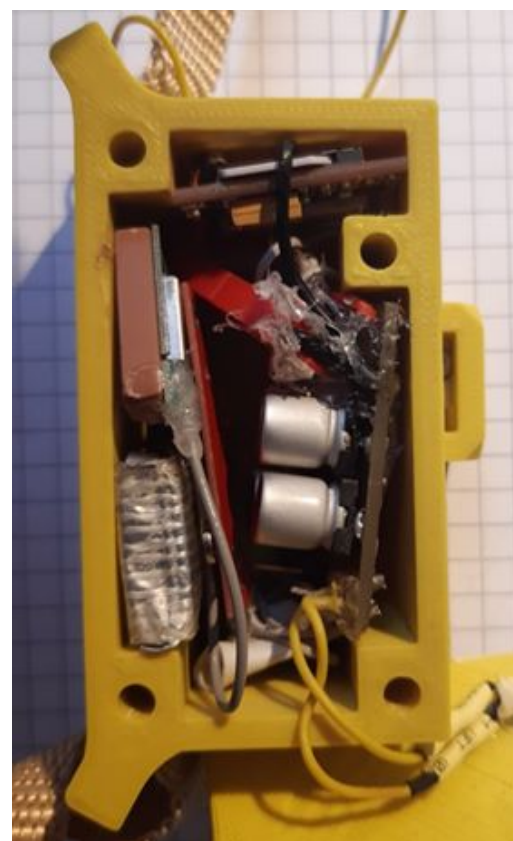
Rysunek 1: Schemat działania urządzenia i uproszczony schemat działania aplikacji na smartfon. Opracowano samodzielnie w programie [Lucidchart](#).



2.2 Budowa urządzenia

Do zbudowania prototypu urządzenia wykorzystano:

1. Moduł GPS [Neo-6M](#) z anteną firmy U-Blox
2. Moduł GSM [SIM800L](#) firmy SIMCom do komunikacji ze smartfonem
 - (a) gotowa płytki z wyprowadzeniami
 - (b) antena samodzielnie wykonana
3. Akumulator litowo-polimerowy 3,7V o pojemności 370mAh
4. Dioda LED (intensywnie mruga, pomaga odnaleźć obiekt w ciemności)
5. Dwa tranzystory MOSFET: do sterowania zasilaniem modułu GPS i do sterowania diodą LED
6. Samodzielnie zaprojektowana i wykonana dwustronna płytki drukowana sterująca urządzeniem zawierająca:
 - (a) Mikrokontroler AVR [ATmega328PB](#) firmy Microchip
 - (b) kontaktron do bezpiecznego przełącznika
 - (c) elementy pasywne, rezonator kwarcowy
7. Wodoszczelna obudowa z bezpiecznym przełącznikiem wydrukowana w drukarce 3D



Rysunek 2: Rozmieszczenie elementów wewnątrz obudowy

2.3 Mikrokontroler, PCB, oprogramowanie urządzenia

Mikrokontroler w urządzeniu wydaje polecenia modułom SIM i GPS, odbiera od nich dane, steruje diodą LED i zasilaniem modułu GPS. W prototypie użyty został mikrokontroler AVR Microchip [ATmega328PB](#) ze względu na konieczność użycia dwóch interfejsów USART, jednego do kontroli modułu GSM, a drugiego do komunikacji z modułem GPS.

Program na mikrokontroler został napisany w całości w języku C (kompilator [GCC](#)) w środowisku [Atmel Studio 7](#). Nie użyto żadnych gotowych bibliotek za wyjątkiem standardowych bibliotek języka C dla mikrokontrolerów AVR. Program powstał w oparciu o dokumentacje techniczne użytych elementów i dokumentacje bibliotek. Wszystkie są załączone w [bibliografii](#).

Dwustronna płytką drukowaną (Zob. rys. 3) została w całości zaprojektowana w programie [EAGLE](#) z użyciem wbudowanych bibliotek i biblioteki [Sparkfun](#). Szablon mikrokontrolera w schemacie został stworzony samodzielnie w oparciu o jego dokumentację techniczną. Tranzystor MOSFET do sterowania zasilaniem modułu GPS znajduje na osobnej płytce z wyprowadzeniami zabezpieczonej koszulką termokurczliwą (Zob. Rys. 3), gdyż nie przewidziano jego zastosowania przed wykonaniem PCB.

Schemat i projekt płytki znajdują się w [załącznikach](#).

2.4 Łączność GSM

Za komunikację ze smartfonem odpowiada moduł GSM SIM800L firmy SIM-Com z płytką z wyprowadzeniami (Zob. rys. 4) i slotem na kartę SIM. Antena została samodzielnie wykonana. Moduł łączy się z siecią 2G¹

Moduł przez cały czas działania urządzenia może odbierać wiadomości SMS. Każda odebrana wiadomość wybudza mikrokontroler. Po odebraniu wiadomości, mikrokontroler porównuje jej treść do określonych komend (Zob. rys. 1). Po wykonaniu polecenia (oraz w przypadku namierzania: odesłania informacji zwrotnej na numer, z którego nadeszła komenda), moduł usuwa wszystkie wiadomości z pamięci, co zapobiega jej przepełnieniu.

2.5 Namierzanie GPS

Za lokalizowanie urządzenia odpowiada moduł GPS [Neo-6M](#) firmy U-Blox z anteną i płytką z wyprowadzeniami (Zob. rys. 5). Mikrokontroler steruje jego zasilaniem przez tranzystor MOSFET. Moduł GPS pracuje tylko w czasie kalibracji i lokalizowania urządzenia. Kalibracja i namierzanie trwają około minutę.

Moduł GPS wysyła dane GPS do mikrokontrolera w protokole NMEA², po czym mikrokontroler parsuje je, by wydobyć te niezbędne do określenia lokalizacji. Po zakończeniu namierzania, sporządzana jest paczka danych, która jest wysyłana przez sieć komórkową do aplikacji na smartfon.

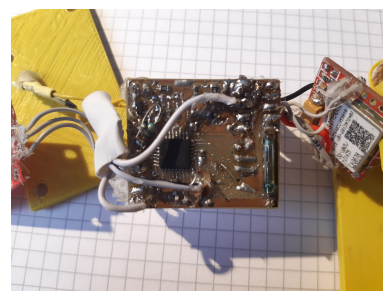
2.6 Aplikacja

Aplikacja na smartfon z systemem Android została stworzona w środowisku [MIT App Inventor 2](#). Na ekranie widoczne są trzy przyciski i jedno pole tekstowe (Zob. rys. 6) Do pola tekstowego należy wprowadzić numer telefonu lokalizatora. Po wciśnięciu dowolnego z trzech przycisków, do urządzenia zostanie wysłana odpowiednia komenda w postaci wiadomości SMS.

Aplikacja czeka na SMS z wiadomością o lokalizacji urządzenia. Po otrzymaniu SMS, dane przekształcane są w format możliwy do odczytania przez Google Maps. Następnie, wyzwalana jest nawigacja Google Maps do punktu, w którym znajduje się lokalizator. (Zob. rys. 7)

¹Promlem dotyczący wygaszania sieci 2G: zob. [3.4.4](#)

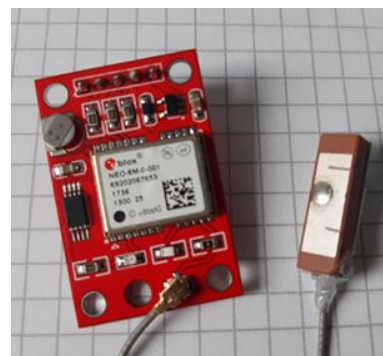
²Zob. https://pl.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183



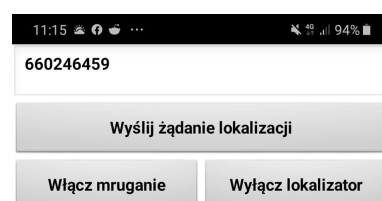
Rysunek 3: PCB, strona z mikrokontrolerem, widoczny MOSFET w koszulce termokurczliwej, przewody łączące moduły, kontaktron



Rysunek 4: Moduł SIM800L, fotografia własna



Rysunek 5: Moduł Neo-6M, fotografia własna



Rysunek 6: Przycięty zrzut ekranu z aplikacji

2.7 Dioda LED

Dioda LED (widoczna na rys. 10) ma pomóc odnaleźć obiekt w ciemności. Użytkownik aplikacji może wydać polecenie rozpoczęcia bądź zakończenia mrugania diody. Mruganie polega na wykonywaniu krótkich, jasnych impulsów, które są łatwe do zauważenia w ciemnym otoczeniu.

Obecnie wykorzystana jest niebieska dioda LED 3mm. W kolejnej wersji zostanie użyta dioda szerokokątna o dużej mocy, której światło będzie jeszcze łatwiejsze do zauważenia, nawet w półmroku.

2.8 Zasilanie

Prototyp jest zasilany przez akumulator litowo-polimerowy o pojemności 270mAh. (Czas pracy: zob. 3.3)

2.9 Obudowa, ładowanie

Materiał Obudowa prototypu została wykonana w technologii druku 3D z tworzywa ABS³. W przyszłości zostanie natomiast użyte tworzywo Zortrax Z-ASA Pro ze względu na jego odporność na warunki pogodowe i promieniowanie UV.

Konstrukcja Obudowa została zaprojektowana w programie SketchUP Make 2017 (Zob. rys. 8). Rogi obudowy zostały przycięte, ramiona z otworami na przełożenie paska zaokrąglone, by rogi ani zgięcia nie przeszkadzały zwierzęciu. Wymiary obudowy za wyjątkiem odstających części wynoszą około $7 \times 4 \times 3,5$ cm. Pokrywka z diodą LED jest mocowana do pozostałej części obudowy za pomocą czterech śrub M4 \varnothing 40 ze stali nierdzewnej.

Wodoszczelność Obudowa obroży jest wodoszczelna. Wodoszczelność musi być gwarantowana, ponieważ nie można pod żadnym pozorem dopuścić do uszkodzenia akumulatora przez wodę, gdyż może to spowodować gwałtowny wzrost temperatury urządzenia, czego konsekwencją może być poparzenie zwierzęcia niosącego obrożę z lokalizatorem, a nawet pożar. Ze względu na wodoszczelność obudowa nie posiada żadnych gniazd, w tym gniazda ładowania. Pomiędzy pokrywką a pozostałą częścią obudowy znajduje się uszczelka.

Ładowanie Aby naładować akumulator prototypu, trzeba rozmontować obudowę, odłączyć akumulator od reszty urządzenia i podłączyć go do ładowarki akumulatorów Li-Po. Zob. W przyszłości zostanie wprowadzone inne rozwiązanie (Zob. 3.4.2).

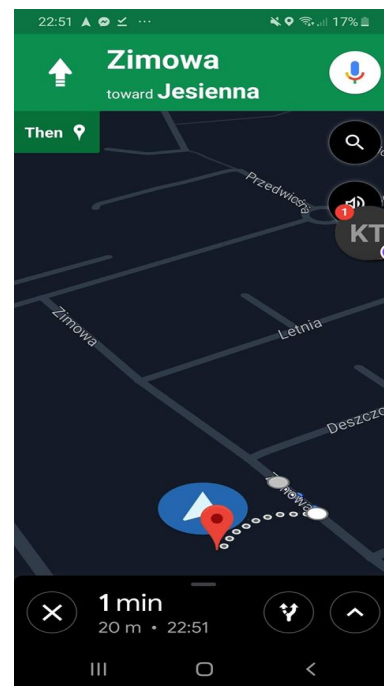
2.10 Bezpieczny przełącznik i dwuetapowy system wyłączania

Konstrukcja Wodoodporna obudowa nie pozwoliła zainstalować zwykłego przełącznika w urządzeniu. Stworzono więc przełącznik, który nie wymaga umieszczania żadnych otworów w obudowie. Wewnątrz obudowy znajduje się kontaktron połączony z mikrokontrolerem, a po zewnętrznej - mechaniczna część z magnesem. Magnes znajduje się w kapsule umieszczonej w podłużnej klatce. Przełącznik zbudowany jest tak, by zwierzę nie mogło samodzielnie przesunąć kapsuły. (Zob. rys. 9)

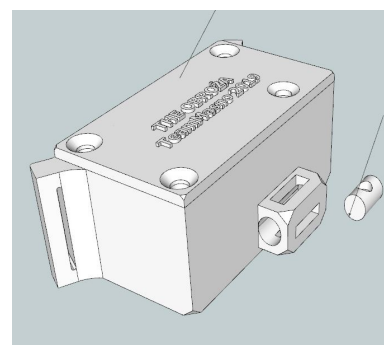
Działanie Aby uruchomić urządzenie, należy przesunąć kapsułę wewnątrz klatki z pomocą drobnego przedmiotu (np. zapalka, wykałaczka, śrubokręt) w kierunku po mrugnieniu i uruchomi się.

Aby wyłączyć (głęboko uśpić) urządzenie, należy przesunąć kapsułę w kierunku pozycji '0' oraz wysłać polecenie "Wyłącz urządzenie" z aplikacji. Dzięki temu nawet, gdyby zwierzę lub nieuprawniona osoba zmieniła stan przełącznika na '0', nie będzie w stanie wyłączyć lokalizatora bez smartfona właściciela.

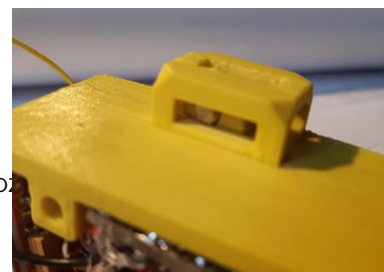
Jeżeli lokalizator odbierze polecenie "wyłącz urządzenie", a przełącznik będzie w pozycji '1', urządzenie natychmiast uruchomi się ponownie. (Zob. rys. 1)



Rysunek 7: Nawigacja automatycznie otwarta po odebraniu SMS od urządzenia



Rysunek 8: Projekt obudowy w programie SketchUP Make



Rysunek 9: Autorski bezpieczny przełącznik

³Zob. [https://pl.wikipedia.org/wiki/ABS_\(tworzywo\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/ABS_(tworzywo))

3 Wyniki

Osiągnięto stabilne działanie aplikacji i urządzenia. Napotkano jednak znaczące problemy, a z budowy prototypu wyciągnięto wnioski, które doprowadzą do zmian w kolejnych wersjach. W tej sekcji przedstawione są ważne parametry, plany dalszego rozwoju projektu, napotkane problemy, wady prototypu, a także wyjątki w działaniu zastosowane wyłącznie w prototypie.

3.1 Potencjalne zastosowanie, dalsze plany

Sam prototyp pomimo niżej wymienionych wad, a w szczególności rozmiaru, może być przymocowany np. do obroży dla dużego psa, do pojazdów silnikowych, rowerów, hulajnóg elektrycznych. Odbiorcą urządzenia mógłby stać się dowolny posiadacz dużego psa, lub tych właśnie przedmiotów.



Rysunek 10: Zdjęcie złożonego prototypu

3.2 Dalszy rozwój

Projekt będzie rozwijany. Obecnie priorytetem jest neutralizacja niżej wymienionych problemów i wad. Jednym z celów jest pomniejszenie urządzenia (Zob. 3.4.3). System ładowania zostanie zmieniony (Zob. 3.4.2). System komend SMS będzie zastąpiony bezpieczną bazą danych, z którą urządzenie będzie łączyło się przez dane komórkowe (Zob. 3.4.4). Lokalizator ma stać się bardziej uniwersalny i łatwiejszy w użyciu. Zmiany pozwolą np. na zastosowanie w namierzaniu kotów, które są wypuszczane na zewnątrz.

W przyszłości projekt może zostać rozwinięty do postaci systemu namierzania floty pojazdów obecnych np. w firmach logistycznych.

3.3 Ważne parametry

Dokładność Testy urządzenia potwierdziły, że w terenie gęsto zabudowanym występują większe problemy z namierzaniem niż na przedmieściach. Na przedmieściach lokalizator wskazywał lokalizację z dokładnością nawet do kilku/kilkunastu metrów, co jest bardzo zadowalającym wynikiem, gdyż lokalizacja szacowana z taką dokładnością zdecydowanie wystarczy do odnalezienia zwierzęcia poza domem. W kolejnych wersjach zastosowany zostanie inny moduł GPS co oprócz zysku w postaci znacząco mniejszych wymiarów pozwoli także, na zwiększenie dokładności pomiaru do około 1,5m.

Czas pracy Urządzenie powinno odbierać komendy SMS przez co najmniej 20 godzin.

3.4 Problemy, wady, wyjątki w prototypie

3.4.1 Problem: Zasięg GPS

Problem Znaczący problem stanowi fakt, że odbiornik GPS nie jest w stanie połączyć się z satelitami w każdych warunkach. Problemy z zasięgiem mogą występować np. w lasach (woda zawarta w drzewach tłumi sygnał), w terenach gęsto zabudowanych, a w szczególności w budynkach. Jest to poważna wada lokalizatora, gdyż np. zwierzę ukrywające się w piwnicy bloku, może być niemożliwe do zlokalizowania.

Rozwiązanie Rozwiązaniem tego problemu będą zmiany w oprogramowaniu i użycie akcelerometru. Obecnie, urządzenie namierza siebie tylko po odebraniu polecenia wysłanego z aplikacji. W kolejnych wersjach będzie zastosowane cykliczne namierzanie. Aby uniknąć strat energii w wyniku bezcelowego namierzania nieruchomego obiektu, za pomocą akcelerometru będzie ustalane, czy urządzenie jest w ruchu. Dopóki urządzenie będzie w ruchu, będzie ponawiane namierzanie. W razie utraty zasięgu GPS urządzenie będzie wysyłało do aplikacji współrzędne ostatniej znanej lokalizacji wraz z czasem jej ustalenia.

3.4.2 Wada prototypu: Sposób ładowania

Wada Rozwiązanie, gdzie trzeba każdorazowo rozmontować urządzenie, by je naładować, nie może być stosowane w późniejszych wersjach projektu. Wielokrotne odpinanie i wpinanie akumulatora wywiera siły na innych elementach urządzenia, co doprowadzi do uszkodzenia wielu elementów, w szczególności przewodów.

Rozwiązanie W przyszłości do naładowania wodoodpornego urządzenia posłużą nierdzewne styki (nie gniazda) zamontowane na powierzchni obudowy oraz dedykowana ładowarka. Urządzenie będzie musiało być otwierane tylko przy wyjmowaniu bądź umieszczaniu karty SIM. Wodoszczelność zostanie zachowana.

3.4.3 Wada prototypu: Rozmiar

Problem Zbyt duży rozmiar urządzenia (ponad $7 \times 4 \times 3,5$ cm) spowodowany jest przede wszystkim wielkością gotowych płytek z wyprowadzeniami modułów GSM i GPS oraz obecność czterech dużej objętości kondensatorów elektrolitycznych. Kondensatory są wymagane do pracy modułu GSM, który pobiera prąd o natężeniu nawet do 2A.

Rozwiązanie Planowane jest użycie kondensatorów tantalowych zamiast elektrolitycznych oraz zainstalowanie modułu GSM ze zintegrowanym odbiornikiem GPS. Możliwe jest, że nie będzie wymagane użycie mikrokontrolera, a całość uda się zrealizować na tylko jednej płytce drukowanej. .

3.4.4 Problemy i wady dotyczące łączności GSM.

Problem: Wygaszanie sieci 2G Urządzenie łączy się z siecią 2G, która jest obecnie wygaszana w wielu państwach. Oznacza to, że prawdopodobnie w przyszłości konieczne będzie użycie modułu GSM z dostępem do sieci nowszych generacji (prawdopodobnie ze zintegrowanym odbiornikiem GPS).

Problem: Kod PIN dla karty SIM urządzenia nierozwiązanym problemem pozostaje zapisanie do pamięci urządzenia kodu PIN, za pomocą którego karta SIM jest odblokowywana do urządzenia. Trudno znaleźć metodę, dzięki której użytkownik mógłby go samodzielnie zmienić. W przypadku prototypu stały kod PIN jest ustalony w programie wgrany na mikrokontroler i można go zmienić jedynie przez przeprogramowanie mikrokontrolera. Najbezpieczniejszym spośród dotychczasowo zaproponowanych rozwiązań jest przypisywanie losowego kodu PIN dla każdego urządzenia, przekazanie go użytkownikowi wraz z poleceniem i instrukcją zmiany kodu PIN karty SIM na dany kod.

Wyjątek. Wyłączone zabezpieczenie w prototypie. Komendy SMS, biała lista numerów Zarówno komendy SMS wysyłane przez aplikację, jak i informacja zwrotna nie są w żaden sposób szyfrowane. Na potrzeby testów wyłączono tzw. "białą listę" numerów, które mogą kontrolować urządzenie. Oznacza to, że prototyp może być sterowany przez dowolny telefon, w tym taki z numerem zagranicznym.

4 Źródła

Projekt powstał w oparciu o następujące źródła:

1. ATmega328PB - Complete Datasheet <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001906C.pdf>
2. ATmega328P - Complete Datasheet <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P>
3. NEO-6 Data Sheet [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)
4. SIM800 Hardware Design v1.0 https://simcom.ee/documents/SIM800/SIM800_Hardware%20Design_V1.09.pdf
5. SIM800 series AT Command Manual https://www.elecrow.com/wiki/images/2/20/SIM800_Series_AT_Command_Manual_V1.09.pdf
6. AVR Libc Library Reference <https://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/modules.html>
7. MIT App Inventor Component Reference <http://ai2.appinventor.mit.edu/reference/components/>
8. Biblioteka EAGLE Sparkfun https://www.sparkfun.com/pages/eagle_lib_lightbox
9. <http://www.microchip.com/>
10. <http://ai2.appinventor.mit.edu>
11. <http://mikrokontrolery.blogspot.com/>
12. <https://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
13. https://pl.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183
14. <https://273k.net/gsm/designing-and-building-a-gsm-antenna/>
15. <https://www.google.com/maps/>

5 Załączniki

Wszystkie załączniki: eksport schematu PCB, eksport projektu PCB, aplikacja mobilna, kod źródłowy programu na mikrokontroler, kod źródłowy aplikacji, znajdują się w folderze Google Drive pod linkiem: https://drive.google.com/drive/folders/17vQeo90e_qroIHHkc8BSUXQfRmv5zIyR?usp=sharing