

CANduino – sposób na małą sondę kosmiczną

CANduino to niewielki statek przewidziany do lotu do stratosfery za pomocą balonu albo rakiety. Projekt został wykonany przez dr. Marcina Stolarskiego, pracownika Centrum Badań Kosmicznych PAN. Celem projektu jest umożliwienie uczniom ze szkół oraz amatorom zbudowanie małych kapsuł, które następnie będą mogli wystać na wysokość około 35 km. Podczas lotu kapsuły utrzymują kontakt radiowy z Ziemią, przysyłając różne dane jak temperatura czy ciśnienie. W projekcie wykorzystano komponenty drukowane na drukarce 3D oraz minikomputery Arduino, co czyni go tym bardziej ciekawym dla czytelników EP.

CANduino bazuje na projekcie CANsat, czyli satelity w puszcze po napoju 0,33 l, który jest wyrzucany za pomocą rakiet, bądź wynoszony balonami do stratosfery. Europejska Agencja Kosmiczna organizuje konkurs CANsat, gdzie studenci z różnych uniwersytetów budują takie CANsaty. Problem polega jednak na tym, że budowanie CANsatów jest dość skomplikowane. Narzucone są jedynie wymiary zewnętrzne puszek oraz waga 300 g natomiast studenci sami budują strukturę, komputer, czujniki i oprogramowanie. Kapsuła CANduino jest zbudowana z elementów drukowanych na drukarce 3D, oraz popularnych płytek mini komputerów Arduino. W projekcie CANduino starano się całość maksymalnie uprościć, tak by nawet gimnazjaliści byli w stanie uczestniczyć w takich misjach. Dlatego też zaprojektowano specjalną obudowę, do której w łatwy sposób można zamocować komputer pokładowy, czyli popularną płytkę komputera Arduino.

Ogólny opis projektu

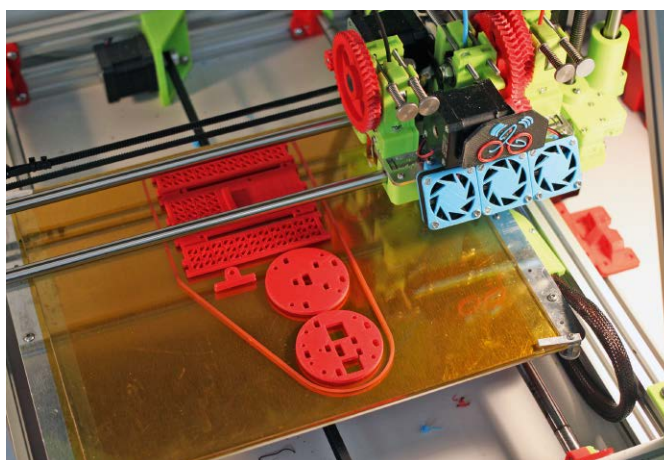
Obudowę można wydrukować na dowolnej drukarce 3D. Składa się z pokryw górnej i dolnej, 4 ścianek bocznych, 3 mostów, na których będą mocowane płytki z elektroniką, uchwytu do przymocowania spadochronu oraz 4 długich śrub wiążących całość. Pasują do niej komputery Arduino Uno, Arduino Mega i Arduino Due, ale skupiono się na tym ostatnim, ponieważ zapewnia najwięcej możliwości, jest najszybszy i ma dużo pamięci RAM, dzięki czemu uczniowie nie muszą martwić się, że zabraknie im jakiś zasobów. Do komputera przyłącza się czujniki zgodne z Arduino. Należy pamiętać, że komputer Arduino Due pracuje zasilany napięciem 3,3 V. Ułatwia to współpracę z nowoczesnymi modułami GPS, GSM lub Wi-Fi. Jeśli jakiś element jest zasilany napięciem 5 V, należy zastosować płytkę konwertera.

Najbardziej popularnym zestawem czujników jest termometr i higrometr DTH22, multi-czujnik GY-80 zawierający ciśnieniomierz, termometr, żyroskop, akcelerometr oraz magnetometr. Kolejnymi elementami są moduł GPS do pozycjonowania kapsuły, moduł do karty micro SD do zapamiętywania danych telemetrycznych oraz moduł radiowy z układem Chipcon CC1000PP, który pozwala na przekazywanie danych z CANduino podczas lotu. Pomimo tego, że moduł dysponuje mocą radiową zaledwie 10 mW, sygnał bez problemu jest odbierany na Ziemi, nawet jeśli sonda znajduje się 35 km nad jej powierzchnią, w stratosferze. Nadajnik transmituje dane z modulacją RTTY. Jako odbiornik jest wykorzystywane radio SDR wykonane w oparciu o kartę telewizyjną do komputera PC – dzięki specjalnemu oprogramowaniu zamienia się ona w specjalny

Dodatkowe informacje

Strona www projektu: <http://www.CANduino.eu>

Polub nas na Facebooku: <http://www.facebook.com/canduinio>



Fotografia 1. Elementy obudowy do satelity w trakcie drukowania na drukarce 3D

odbiornik telemetryczny. Następnie, dane są przekazywane na stronę <https://tracker.habhub.org>, gdzie na bieżąco można obserwować lot balonu oraz dane telemetryczne na tle mapy. Całość jest zasilana baterią litową o napięciu 9 V (odporną na niską temperaturę).

Montaż obudowy

Aby urządzenie było kompletne, należy je umieścić w odpowiedniej obudowie. Drukarki 3D pozwalają na drukowanie niemal dowolnych kształtów, ale mają swoje ograniczenia (**fotografia 1**). Obudowa CANduino wymaga precyzyjnego dopasowania, dlatego elementy drukowane są z dodatkowymi różnymi elementami, jak wspomnieliśmy, które ułatwiają proces drukowania i przed montażem należy wszystkie te naddatki usunąć. Dobrze jest końcowe elementy dopasować ręcznie z użyciem takich narzędzi, jak pilnik i drobnoziarnisty papier ścierny, aby dopasowanie było idealne. Ważne jest też sprawdzenie drożności otworów, przez które przechodzą 4 główne śruby mocujące i ewentualnie rozwiertić je wiertłem 3 mm. Na koniec warto przykleić ucho do mocowania spadochronu do górnej pokrywy i całość złożyć w celu sprawdzenia (**fotografia 2**).

Motywacją stojącą za opracowaniem CANduino było coś więcej, niż tylko zbudowanie samego statku. Autor chciał, aby szkoła nie był nudnym miejscem, gdzie uczniowie uczą się przedmiotów ścisłych jak matematyka czy fizyka, tylko po to aby znać matematykę czy fizykę. Istotne jest by uczniowie myśleli o tym, jak to jest być w stratosferze, jaka tam jest temperatura, od czego zależy powstawanie chmur, czy da się tam przeżyć. By nauka przedmiotów ścisłych nie była celem sama w sobie, ale by przedmioty ścisłe były narzędziem do poznawania otaczającego nas świata. „Nie budujemy satelitów kosmicznych, aby je budować. Budujemy je, aby coś zbadać.”



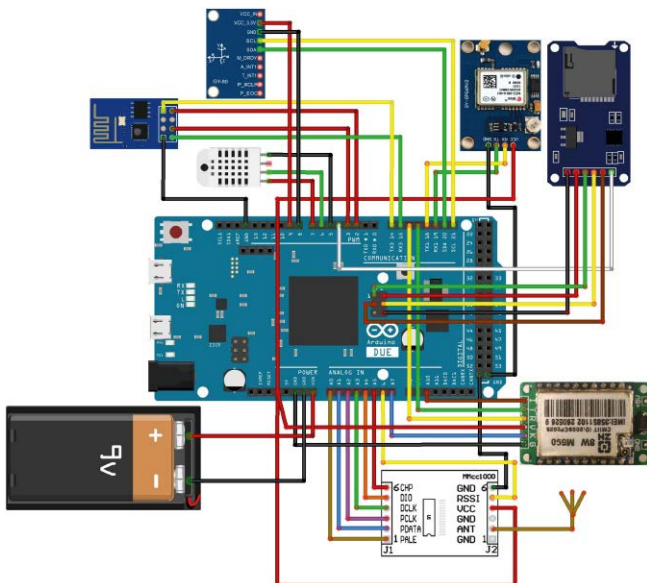
Fotografia 2. Kompletna obudowa CANduino

Przygotowanie elektroniki

Kolejnym elementem jest przygotowanie komputera. Należy do niego przylutować złącze zasilające do baterii oraz wyłącznik zasilania. Jeśli korzystamy z komputera Arduino Due, warto sprawdzić czy nie ma problemów z uruchamianiem. Część płytek Arduino Due zasilanych z 9 V nie uruchamia się prawidłowo. Jest to związane z nieprawidłową regulacją układu generowania sygnału zerowania po załączeniu napięcia zasilania. Jeśli płytka nie startuje prawidłowo, wystarczy w jednym miejscu dolutować rezystor 10 k Ω , który to naprawia (szczegóły na stronie projektu).



Fotografia 3. Płytkę Arduino Due zamontowano w obudowie



Rysunek 4. Schemat połączeń komponentów satelity CANduino

Należy również przylutować goldpiny do płytek czujników, jeśli ich nie mają oryginalnie oraz około 17 cm przewodu jednożyłowego do płytki CC1000PP, który będzie pełnił rolę anteny nadawczej na pasmo 433 MHz.

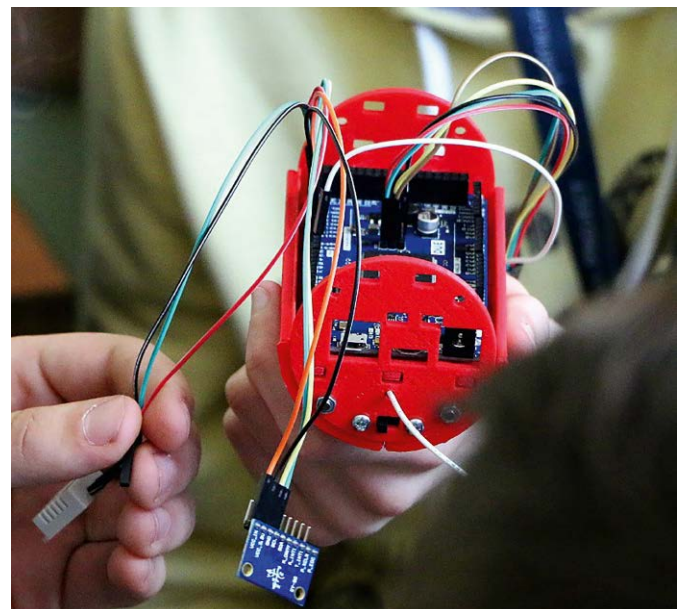
Montaż elektroniki w obudowie

Kiedy lutowanie jest skończone, możemy rozpocząć montaż. Pierwszą czynnością powinno być przykręcenie włącznika zasilania do obudowy oraz przymocowanie modułu CC1000PP do głównego „mostu” w obudowie za pomocą opaski zaciskowej oraz wypuszczenia przewodu tworzącego antenę przez otwór obok wyłącznika. Moduł CC1000PP montujemy przed komputerem, ponieważ później dostęp do otworów na pasek zaciskowy będzie utrudniony. Kolejnym etapem jest przygotowanie plastikowych słupków dystansowych do mocowania płyty komputera. Należy usunąć dwa boczne listki kołka, aby zatrzask prawidłowo mógł zatrzasknąć się w głównym moście obudowy. Przygotowane 4 kołki wkładamy w otwory na moście głównym i na nich zatrzaskujemy komputer pokładowy. Teraz możemy na próbę dołączyć baterię i zamknąć obudowę, aby sprawdzić czy wszystko pasuje. Taki zestaw możemy również podłączyć już do komputera. Warto sprawdzić czy kabel micro USB daje się podłączyć do płytki Arduino. Jeśli jest zbyt szeroki, za pomocą noża, należy nieco usunąć plastikowej izolacji złącza micro USB na kablu. Prawidłowo dopasowany kabel podłączony do CANduino (w Due do złącza środkowego) i do komputera powinien spowodować wykrycie przez komputer nowego urządzenia. Kompletnego, zmontowanego satelity CANduino pokazano na **fotografii 3**, a schemat połączeniowy jego komponentów na **rysunku 4**.

Oprogramowanie satelity

Na komputerze PC instalujemy środowisko Arduino IDE, a po jego instalacji, w menu *Tools* → *Board* → *Board Manager* należy dodać płytkę Due. W menu *Tools* → *Port* powinniśmy wybrać numer portu COM, do którego jest przyłączony komputer Due. Jeśli żaden z portów nie jest oznaczony nazwą komputera, to znaczy, że albo kabel jest nieprawidłowo podłączony, albo komputer sam nie znalazł odpowiednich sterowników i trzeba je zainstalować ręcznie (dostępne są w katalogu Arduino IDE).

Gdy już wszystko działa, możemy kliknąć w menu *File* → *Examples* → *01Basic* → *Blink*, a następnie nacisnąć kombinację klawiszy Ctrl+U, aby przykładowy program *Blink* skompilować i wgrać do komputera. Przez otwór w obudowie powinniśmy zobaczyć dwie świecące diody. Jedna powinna się świecić ciągle (zasilanie komputera), a jedna migać. Do tego testu nie musimy przełączać przełącznika zasilania, ponieważ płytka Due pobiera zasilanie z komputera przez kabel USB. Jeśli odłączymy kabel, to przełączając przełącznik zasilania program *Blink* powinien się



Fotografia 5. Przykładowy czujnik dołączony do płytki Arduino



Fotografia 6. Przygotowywanie balonu meteorologicznego do startu

uruchomić. Jeśli dioda nie miga przy zasilaniu baterijnym oznacza to, że mikrokomputer ma problem z system startu/resetu i musimy dolutować wcześniej wspomniany przeze mnie rezystor 10 kΩ. Alternatywą jest uruchomienie komputera poprzez podłączenie do komputera PC, ponowne zaprogramowanie płytki, które kończy się restartem, włączenie zasilania baterijnego i odłączenie kabla USB. Tak uruchomiony komputer powinien działać z zasilaniem baterijnym aż nie wyłączymy zasilania lub nie wyczerpią się baterie.

Radio

Gdy komputer działa prawidłowo, czas na uruchomienie nadajnika radiowego. W tym celu odłączamy CANduino od komputera, otwieramy obudowę i odłączamy baterię. Za pomocą kabli do łączenia goldpinów łączymy moduł CC1000PP z płytką DUE zgodnie ze schematem. Piny na module CC1000PP będzie trzeba „delikatnie” pozaginać, aby możliwe było potem zamknięcie obudowy. Podobnie można dołączyć inne moduły czujników, które potem mocujemy do dodatkowych mostów obudowy. Całość jest tak pomyślana, aby łatwa była zmiana konfiguracji, a jednocześnie, aby można było mocować dowolne czujniki/płytki (fotografia 5). Dlatego też, zamiast otworów montażowych na płytce czujników, stosuje się opaski zaciskowe, taśmę klejącą oraz przewody połączeniowe. Bardziej zaawansowani użytkownicy powinni rozważyć lutowanie kabelków bezpośrednio do płytek zamiast korzystać z goldpinów. Ograniczy to zajmowane miejsce w obudowie, a także wpłynie na pewność połączeń.

Oprogramowanie do transmisji danych

Aby uruchomić czujniki oraz moduł radiowy na stronie projektu przygotowane są szczegółowe tutoriale, biblioteki oraz przykładowe programy. Zainstalowane biblioteki CANduino w środowisku IDE dokładają do menu przykładowe gotowe programy, które pokazują działanie poszczególnych czujników. Na przykład, aby uruchomić moduł radiowy wgraliśmy `cc1000_rtty_data_send`.

Do odbioru sygnału radiowego przyłączamy do komputera kartę telewizyjną USB opartą o układ RTL. Dzięki specjalnym sterownikom i programowi `SDR#` sygnał radiowy jest zamieniany na słyszalne „piski”.

Fotografia 8. Uczestnicy konferencji PSIK



Fotografia 7. Balon pękający na dużej wysokości

Następnie, te dźwięki przesyłamy do kolejnego programu `DL-FLdygi`, który dekoduje transmisję RTTY na dane tekstowe oraz przesyła zdekodowane dane do serwisu <https://tracker.habhub.org>, aby każdy mógł śledzić lot balonu w Internecie.

Dotychczasowe osiągnięcia

CANduino zostało przetestowane na przez 50 uczniów z różnych szkół w Polsce. W roku 2016 dzięki wsparciu finansowemu Fundacji na rzecz Nauki w Polsce, w ramach projektu Polska Szkoła Inżynierii Kosmicznej (PSIK), 5 zespołów zbudowało swoje kapsuły. Inżynierowie z Centrum Badań Kosmicznych PAN i Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Warszawie przygotowali specjalne warsztaty, na których przekazano uczniom wiedzę jak zbudować kapsuły. Miesiąc później dzięki zespołowi Copernicus-Project na terenie CBK PAN w Borówcu podjęto próbę wyniesienia kapsuł do stratosfery. Niestety, podczas startu zerwał się balon i kapsuły zostały na Ziemi. Zorganizowano eksperyment zastępczy, podczas którego kapsuły zostały umocowane na dachu samochodu, który jeździł w okolicy miejsca startu, a uczniowie zbierali dane telemetryczne drogą radiową.

Tydzień później, dzięki pomocy Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Legionowie (IMGW) jedna z kapsuł została wysłana balonem do stratosfery, a uczniowie śledzili lot odbierając dane przez Internet (fotografie 7 i 8). Kilka dni później przedstawili wyniki przeprowadzonych eksperymentów na konferencji PSIK w Łęborku. Wyniki z eksperymentów, zdjęcia i filmy można znaleźć na stronie projektu. Znajdują się tam też pliki do wydruków na drukarkach 3D, tutoriale, biblioteki Arduino i przykładowe kody działające na CANduino. Projekt ma status otwarty i wszystkie materiały są dostępne nieodpłatnie. Osoby korzystające z serwisu zachęcanie są do dzielenia się doświadczeniami i napisanym kodem z innymi. CANduino ma być prostym narzędziem pozwalającym pobudzanie wyobraźni przyszłych inżynierów. Sonda ma się łatwo budować, korzystać z tanich elementów dostępnych w sklepach hobbystycznych i w Internecie i gromadzić wokół siebie młodszych i tych trochę starszych fascynatów inżynierii kosmicznej.

Marcin Stolarski