



Leszek Gomółka

Małgorzata Kuchta

Sylwester Radziszewski

Akademia Nauk Stosowanych w Raciborzu, Instytut Techniki

UKŁAD POMIAROWY MONITORUJĄCY PARAMETRY PODCZAS LOTU PARALOTNIĄ

Streszczenie (abstrakt): W artykule przedstawiono budowę przyrządu pomiarowego monitorującego parametry podczas lotu paralotnią. Na podstawie analizy literaturowej dokonano wyboru niezbędnych parametrów, które miały być wyświetlane na ekranie wyświetlacza przyrządu pomiarowego. Opisano dobór czujników i innych podzespołów układu pomiarowego. Zaprezentowano opracowany interfejs do komunikacji z potencjalnym użytkownikiem. Podzespoły elektryczne zostały umieszczone w obudowie. Po przetestowaniu układu sformułowano wnioski oraz sprecyzowano cele projektowe na przyszłość.

Słowa kluczowe: lot paralotnią, Arduino

MEASURING SYSTEM MONITORING PARAMETERS DURING PARAGLIDE FLIGHT

Abstract: The article presents the construction of a measuring device that monitors parameters during a paraglider flight. Based on the literature analysis, the necessary parameters were selected to be displayed on the screen of the measuring instrument. A selection of measuring sensors and other components of the measuring system is presented. The developed interface for communication with a potential user was presented. The electrical components have been placed in the housing. After testing the system, conclusions were presented and design goals for the future were specified.

Keywords: paragliding flight, Arduino

1. Wstęp

Pomiary to obszerna dziedzina wiedzy, z którą spotykamy się w wielu gałęziach przemysłu, ale też w wielu urządzeniach powszechnego użytku. Na co dzień wykorzystujemy wiele narzędzi pomiarowych, nie zawsze to sobie uświadamiając. Rozwój techniki wymusza ciągłą ich modernizację i wprowadzanie nowych metod pomiarowych, dzięki czemu powstają lepsze, skomputeryzowane, zminiaturyzowane, wykonane z trwalszych materiałów i według nowoczesnych technologii. Współcześnie mamy do czynienia z czwartą rewolucją przemysłową, którą charakteryzują ucyfrowienie i usieciowienie produkcji oraz transformacja modeli i strategii biznesowych. Coraz częściej pojawia się zwrot „inteligentne czujniki”, który informuje, że mamy do czynienia z czujnikami potrafiącymi samodzielnie

przetwarzać zgromadzone dane pomiarowe i przekazywać je dalej. Można to zauważyć w ofertach firm, które proponują tego typu rozwiązania dla przemysłu.

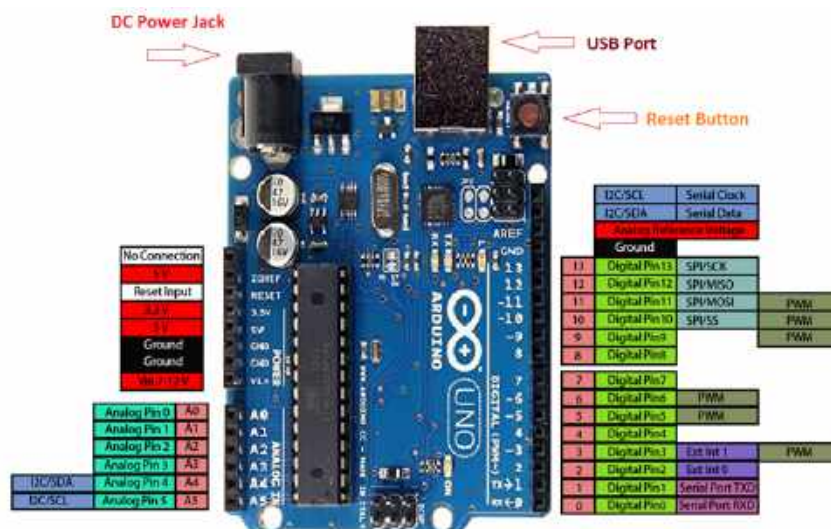
Dzięki coraz doskonalszym urządzeniom i przyrządom pomiarowym sporty ekstremalne stają się bardziej bezpieczne i osiągalne dla coraz większej grupy ludzi. Jednym z takich sportów jest paralotniarstwo, które zalicza się do kategorii lotnictwa, czyli dziedziny transportu, w której czujniki pomiarowe, odgrywają jedną z ważniejszych ról w bezpieczeństwie i nawigacji podczas lotu. Chociaż na początku historii paralotniarstwa nie używano żadnych czujników (z wyjątkiem busoli czy kompasu), to aktualnie stosuje się przyrządy pomiarowe pomagające w nawigacji i orientacji w terenie. Należy pamiętać, że same przyrządy nie zastąpią funkcji człowieka, bo to on podejmuje decyzje pod wpływem własnego doświadczenia, wiedzy zdobytej na kursie, obserwacji otoczenia, analizy wyników pomiarów przyrządów pomiarowych i odczuć własnych zmysłów.

W artykule przedstawiono budowę przyrządu pomiarowego monitorującego ważniejsze parametry podczas lotu paralotnią, bazującego na mikrokontrolerze Arduino Uno. Na etapie projektu urządzenia przeprowadzono analizę parametrów, które mają być monitorowane, następnie zaprojektowano interfejs do komunikacji z człowiekiem oraz dobrano odpowiednie podzespoły i połączono je w działający układ.

2. Platforma ARDUINO

Podstawą układu Arduino jest mikrokontroler, czyli zintegrowany układ scalony, który zawiera procesor, pamięć do odczytu, pamięć o dostępie swobodnym, magistrale wejścia i wyjścia. Najczęściej wykorzystuje się 8-bitowy mikrokontroler AVR Atmel. Sprzęt oraz oprogramowanie, które tworzy platforma Arduino, jest dystrybuowane jako open source i licencjonowane na zasadach licencji GNU LGPL (Lesser General Public License) lub GNU GPL (General Public License).

Płytkę Arduino Uno R3 zawiera 31 pinów. Większość z nich może być skonfigurowana do wykonywania różnych funkcji. Rozmieszczenie poszczególnych pinów na płytce przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie pinów Arduino UNO [2]

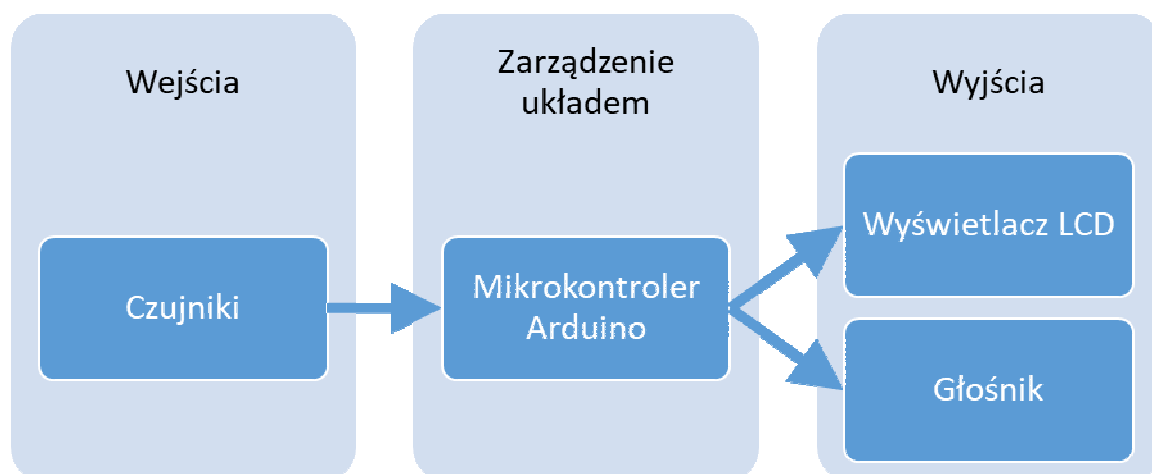
Bardziej rozbudowane urządzenia, podłączane do układu Arduino UNO, wymagają przesyłania danych za pomocą różnorodnych interfejsów komunikacyjnych, takich jak np. Serial RS-232 TTL (podstawowy interfejs szeregowy), I2C – zwany też "TWI" oraz SPI, szybka synchroniczna magistrala szeregową.

3. Realizacja projektu

Koncepcja układu pomiarowego opiera się na rejestrowaniu najważniejszych parametrów, którymi są:

- prędkość wznoszenia i opadania,
- wysokość lotu,
- aktualna temperatura,
- wilgotność powietrza,
- ciśnienie atmosferyczne,
- czas lotu,
- bieżący wykres zmian wysokości.

Na Rys. 2 przedstawiono schemat funkcjonalny układu pomiarowego.



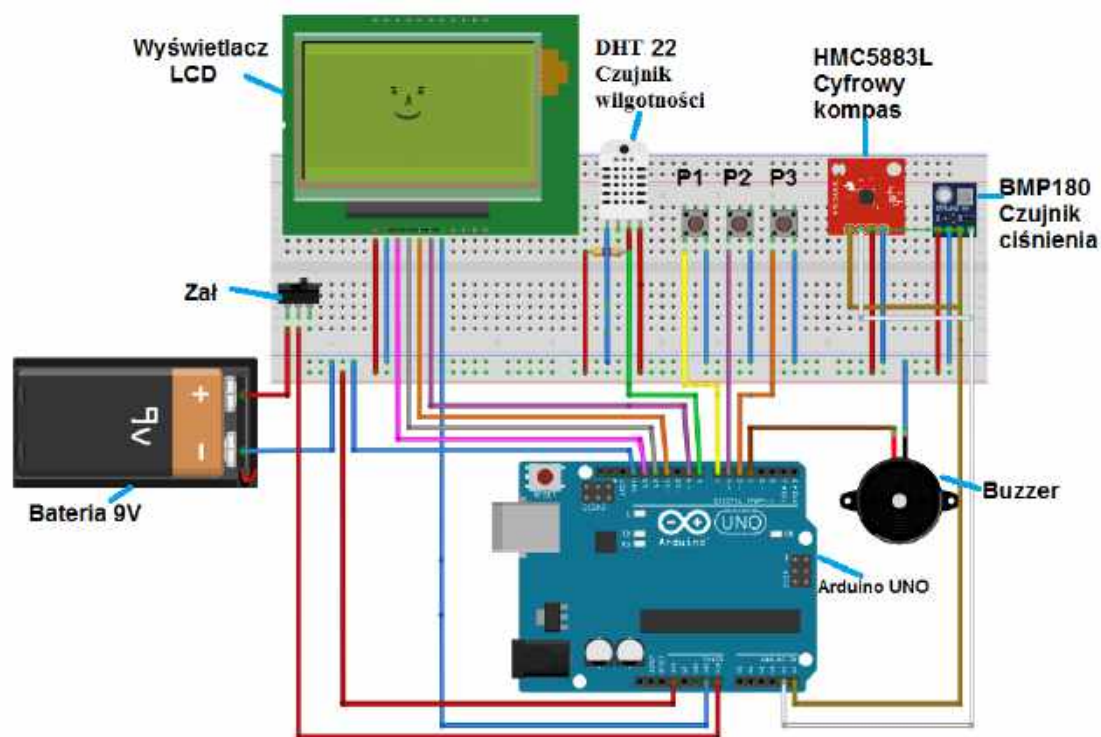
Rys. 2. Schemat funkcjonalny układu

Układ pomiarowy składa się z trzech głównych elementów:

- bloku wejść, utworzonych przez czujniki mierzące wybrane parametry,
- mikrokontrolera Arduino, którego celem jest obróbka pozyskiwanych informacji z czujników i ich konwersja na postać graficzną,
- bloku wyjść utworzonego z wyświetlacza LCD, który służy do bieżącego wyświetlania parametrów odczytywanych przez paralotniarza podczas lotu oraz z głośnika, który służy do sygnalizacji wznoszenia.

W celu realizacji projektu zbudowano układ połączeń, tak jak na Rys. 3, z następującymi elementami:

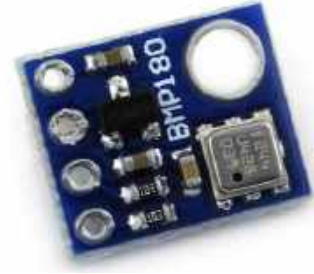
- mikrokontroler Arduino Uno,
- wyświetlacz LCD,
- czujniki ciśnienia BMP 180,
- czujnik wilgotności i temperatury powietrza DHT 22,
- cyfrowy kompas HMC5883L,
- buzzer,
- przyciski monostabilne,
- wyłącznik zasilania,
- bateria 9V.



Rys. 3. Model układu pomiarowego

Wyświetlacz LCD Arduino-Dem to graficzny moduł wyświetlacza LCD (Rys. 4) o przekątnej 2" i rozdzielczości 128 x 64 pikseli, kompatybilny z układem Arduino. Komunikuje się z mikrokontrolerem przez interfejs SPI. Działa z napięciem zasilania 3,3V. Wyświetlaczem steruje się komendami dostępnymi w bibliotece U8G2. Biblioteka ta jest zintegrowana z edytorem Arduino.

W zaprojektowanym układzie czujnik ciśnienia BMP180 (Rys. 5) odgrywa ważną rolę. To z jego pomiarów obliczana jest wysokość lotu oraz prędkość wznoszenia lub opadania. Jest to czujnik piezorezystancyjny. Wykorzystany czujnik komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu I2C.

**Rys. 4. Wyświetlacz Arduino-Dem [3]****Rys. 5. Czujnik BMP180 [4]**

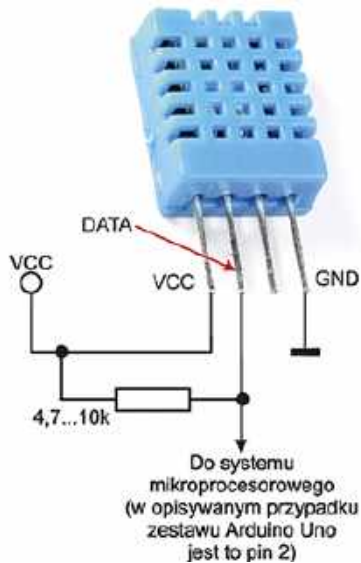
Do podstawowych zalet czujnika można zaliczyć przede wszystkim: sygnał wyjściowy I2C – umożliwia łatwe podłączenie do układów Arduino lub Raspberry Pi, bardzo mały pobór prądu, łatwo można go wykorzystać do pomiaru wysokości, położenia poprzez zmianę ciśnienia atmosferycznego, czujnik można podłączyć z dowolnym zestawem uruchomieniowym układem Arduino lub Raspberry Pi.

Do pomiaru temperatury i wilgotności wykorzystano 8-bitowym czujnik wilgotności DHT22 (Rys. 6), który posiada interfejs cyfrowy. Komunikuje się za pośrednictwem interfejsu 1-Wire, który jest podobny do interfejsu I2C, lecz z uwagi na pojedynczą linię komunikacyjną jest zarówno wolniejszy, jak i tańszy. Układ można obsługiwać za pomocą mikrokontrolera lub dowolnego zestawu uruchomieniowego np. układu Arduino UNO R3. Czujnik znajduje się w obudowie z czterema wyprowadzeniami i do pracy wymaga, oprócz dołączenia napięcia zasilania, podciągnięcia linii sygnałowej do plusa zasilania, przez rezystor. Czujnik umożliwia rezystywny pomiar wilgotności oraz pomiar temperatury za pomocą NTC.

Dzięki współczynnikom zawartym w pamięci programu sensor zapewnia dobrze skalibrowane odczyty. Pomiar wilgotności dokonany jest po przez parametr RH, czyli wilgotność względną wyrażaną w procentach. Jest to stosunek rzeczywistej wilgoci w powietrzu do maksymalnej jej ilości, którą może utrzymać powietrze w danej temperaturze.

Jako cyfrowy kompas wykorzystano czujnik do pomiaru pola magnetycznego HMC5883L w trzech osiach (Rys. 7), który charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami, niskim poborem prądu oraz prostą obsługą. Komunikuje się z mikrokontrolerem poprzez magistralę I2C. Dzięki wbudowanym regulatorom pracuje z napięciami zarówno 3,3V, jak i 5V.

W układzie wykorzystano również głośnik piezo i buzzer typu YMD12065G przedstawiono na Rys. 8.



Rys. 6. Czujnik DHT 22 - podłączenie [5]



Rys. 7. Magnetometr GY-271, HMC5883L [6]



Rys. 8. Buzzer [7]

Zasilanie główne układu pomiarowego stanowi bateria 9V, która zasilą płytke Arduino Uno. Poszczególne czujniki oraz wyświetlacz graficzny LCD zasilane są bezpośrednio z wyjścia za przetwornicą napięciem 3,3V. Buzzer podłączony jest do wyjścia cyfrowego mikrokontrolera o napięciu 5V. Dopuszczalne obciążenie źródła zasilania 3,3 V wynosi 150 mA. Na podstawie analizy pobory prądu poszczególnych podzespołów można dość do wniosku, iż układ pomiarowy nie jest przeciążony i może pracować w trybie ciągłego pomiaru.

4. Interfejs komunikacyjny z parolotniarzem

Wszystkie mierzone wielkości są wyświetlane na panelu graficznym LCD, co zostało zobrazowane na Rys. 9.



Rys. 9. Wyświetlacz przyrządu [1]

Na lewej stronie wyświetlacza pokazywana jest bieżąca prędkość wznoszenia lub opadania w postaci cyfrowej [m/s] oraz za pomocą barografu. Wysokość położenia [m] n.p.m. jest uzależniona od ciśnienia atmosferycznego i może być korygowana za pomocą przycisków funkcyjnych. Mierzone ciśnienie atmosferyczne wyświetlane jest w jednostkach hPa. Wilgotność powietrza pokazywana jest w %, a temperatura w °C. Na wyświetlaczu znajduje się również stoper, który może mierzyć czas lotu w godzinach i minutach. W dużym okienku jest rysowany aktualny wykres zmian wysokości przez ostatnie 10 minut, z rozdzielczością co jedną minutę.

Okno statusu zawiera informacje, czy układ pomiarowy jest w stanie jałowym. Sygnalizowane to jest literą „P”, czy aktualna jest funkcja ustawiania wysokości „UW”. Litera „S” oznacza, że można włączyć oraz wyłączyć stoper. Po włączeniu stopera jest również rysowany wykres zmian wysokości.

Na Rys. 10 przedstawiono widok przyrządu pomiarowego umieszczonego w obudowie.

Urządzenie posiada trzy przyciski funkcyjne znajdujące się pod wyświetlaczem i są to kolejno od lewej:

- przycisk „s” służy do przechodzenia po menu urządzenia, zmiany trybu z jałowego na tryb korekcji wysokości oraz przejścia do trybu pracy ciągłej,
- przycisk „+” służy do dodatniej korekcji wysokości oraz do zapoczątkowania trybu ciągłego pomiaru i włączenia stopera,
- przycisk „-” służy do ujemnej korekcji wysokości oraz do zatrzymywania stopera i wyłączenia trybu ciągłego.

Wbudowany buzzer w urządzeniu służy do sygnalizacji akustycznej wznoszenia. Im większa jest wartość prędkości wznoszenia, tym krótszy jest czas przerwy pomiędzy kolejnym włączeniem buzzera. Do przyrządu pomiarowego został zamontowany uchwyt z opaską elastyczną zapinaną na rzepy, która pozwala na założenie przyrządu na nogę podczas lotu paralotnią.



Rys. 10. Widok przyrządu pomiarowego [1]

Po zmontowaniu podzespołów kolejnym etapem było napisanie kodu programu zarządzającego pracą czujników, komunikacją podzespołów z mikrokontrolerem oraz wysyłającym odpowiednie informacje na wyświetlacz. Program zarządzający działaniem przyrządu pomiarowego został napisany w dedykowanym programie Arduino Software (IDE).

5. Wnioski

Zaprojektowany układ spełnia swoje zadanie, to znaczy monitoruje podstawowe wielkości, które są przydatne podczas lotu paralotnią. Zbudowane urządzenie może mieć inne zastosowania, między innymi takie jak:

- kontrola wysokości położenia podczas wędrówek górskich,
- kontrola wysokości położenia podczas podróży samochodem w obszarach górskich,
- rejestracja różnicy poziomów w dowolnych aplikacjach z dokładnością do 1m,
- urządzenie ma charakter aplikacyjny, może znaleźć zastosowanie w przemyśle, ma znaczenie praktyczne.

W przyrządzie pomiarowym nie udało się uruchomić z powodu zakłóceń elektromagnetycznych kompasu cyfrowego.

W celu poprawy efektywności urządzenia można zrealizować następujące dodatkowe cele:

- zaimplementować do układu czujnik położenia GPS, co pozwoli na dokładne określenie bieżącej pozycji,
- rozbudować układ o moduł obsługi karty pamięci, na której można by zapisywać bieżące parametry lotu i później je analizować,
- zminimalizować rozmiar urządzenia.

Bibliografia

- [1] Radziszewski S.: *Układ pomiarowy monitorujący parametry podczas lotu paralotnią*, Racibórz 2020, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Raciborzu.
- [2] <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-uno.html> [dostęp: 10.10.2019].
- [3] https://www.elektronik.micros.pl/bin/images/940438791__5cadfe247ddd1.jpg [dostęp: 10.10.2019].
- [4] <https://nettigo.pl/products/cyfrowy-barometr-czujnik-cisnienia-bmp180> [dostęp: 18.07.2023].
- [5] <https://mikrokontroler.pl/2014/10/06/aplikacja-arduino-czujniki-wilgotnosci-i-temperatury-dht11-i-dht22/> [dostęp: 10.10.2019].
- [6] https://botland.com.pl/img/art/inne/02722_1.jpg [dostęp: 10.10.2019].
- [7] <https://photos05.redcart.pl/templates/images/thumb/995/1500/1500/pl/0/templates/images/products/995/5829f53e6f7d741d203c2fbbb98758c9.jpg> [dostęp: 10.10.2019].

Dane kontaktowe

Małgorzata Kuchta, malgorzata.kuchta@akademiarac.edu.pl

Leszek Gomółka, leszek.gomolka@akademiarac.edu.pl