

Samobalansująca się deska elektryczna z jednym kołem - zrób to sam!

Raport końcowy z prac zespołowego projektu studenckiego

Kuba Rogoża, Melania Ostaszewska, Katarzyna Ludwiczak, Urszula Kurdziel,
opiekun: Kamil Boryczko, pod kierownictwem prof. Andrzeja Wyszomłka

Wrzesień 2019

1 Wprowadzenie

Celem projektu było zaprojektowanie i budowa samobalansującej deski „one-wheel”. Zadanie wymagało aktywności w różnych gałęziach nauki i techniki takich jak: programowanie, elektronika, konstrukcja, a nawet praca w metalu i drewnie. Nie udało się spełnić wszystkich – z początku bardzo ambitnych – założeń co do funkcji jakie deska miała spełniać, jednak projekt ten był bardzo rozwijający. Udało się, wychodząc od jedynie pomysłu, poprzez projekt, skompletowanie części, montaż, zaprogramowanie, stworzyć samobalansującą deskę. Nie jest ona w stanie jeszcze w pełni komfortowo i płynnie przewozić człowieka, jednak jej działanie jest poprawne i zgodne z fizycznymi założeniami jakie stoją za działaniem urządzeń tego typu. W końcowym etapie prac zabrakło jednak czasu jak i możliwości na dobór odpowiednich parametrów w oprogramowaniu. Problem sprawiły części które zostały zakupione po jak najniższych kosztach, często się psuły, a przez to utrudnione było testowanie urządzenia.

2 Użyte części

nazwa	liczba sztuk
Silnik elektryczny (z kołem 10,5 cala)	2
Sterownik silnika BLDC 5V-36V 350W	2
Ogniwa Panasonic NCR18650B 3400mAh	40
BMS 10s 16A do pakietu ogniw	1
SparkFun 9 Degrees of Freedom IMU Breakout - LSM9DS0 – 3-osiowy akcelerometr żyroskop i magnetometr	1
UNO PLUS	1
Moduł D1 R2 WI-FI ESP8266	1
Czujnik siły nacisku RA9P	4
Moduł GPS GY-GPS6MV2	1
Profile aluminiowe	-
Drewniany blat do deski	1
Diody wraz z zasilaniem	-

3 Przebieg prac, schemat urządzenia i zaistniałe problemy

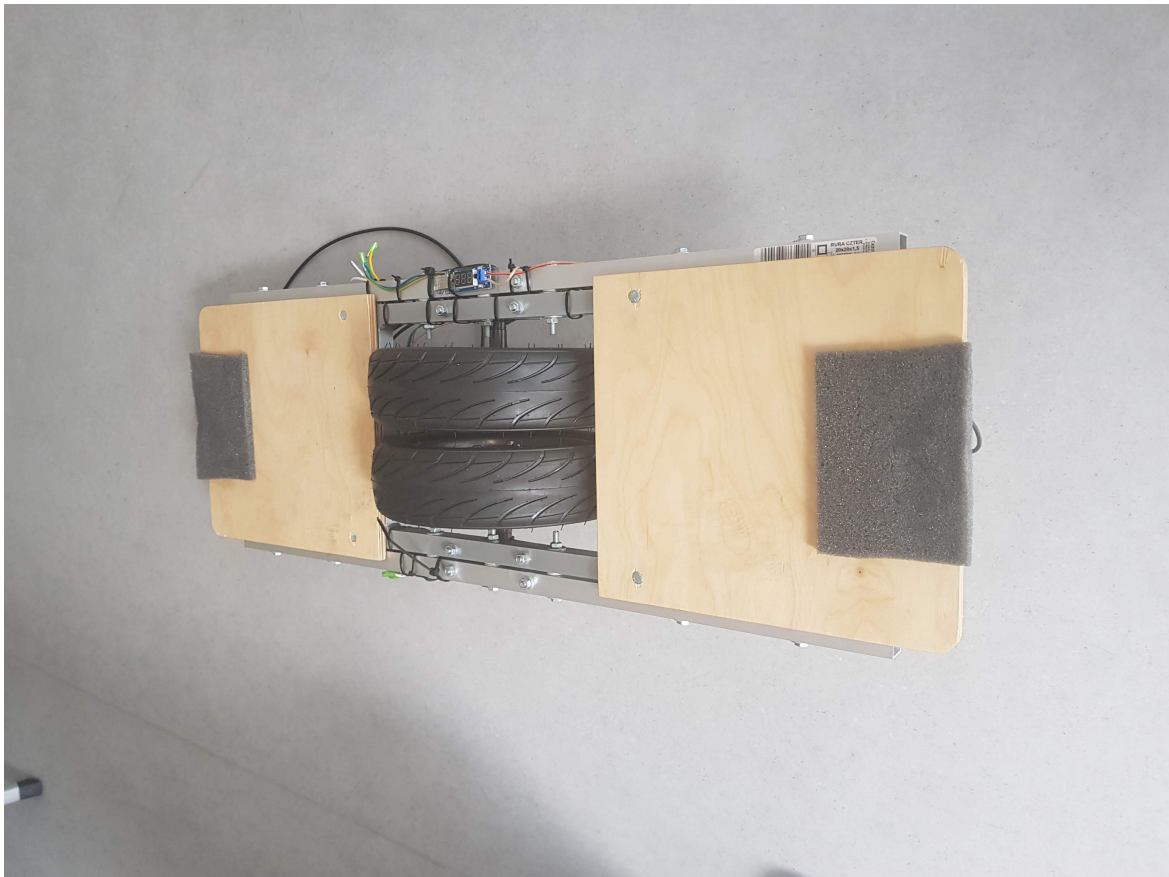
Podczas prac koncepcyjnych rozważaliśmy problemy dotyczące:

- wykorzystanych materiałów,
- ogólnego wyglądu deski,
- dodatkowych funkcji

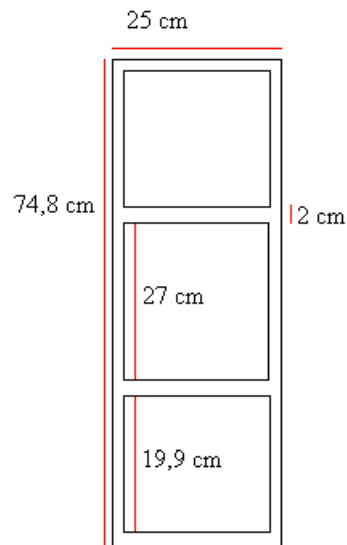
Uznaliśmy, że najlepszym rozwiązaniem będzie budowa deski na planie prostokąta, z kołem w środku i drewnianymi płytami z przodu i z tyłu deski, na których można stanąć (zdjęcie 1). Taki projekt umożliwia wykorzystanie spodu urządzenia do montażu elektroniki. Ważne jest odpowiednie zabezpieczenie przed czynnikami środowiskowymi, co umożliwiłaby obudowa z pleksi lub sklejki. Już na samym początku zmieniliśmy koncepcję z wykorzystania jednego koła na wykorzystanie dwóch, co zwiększa skrętność. Zastosowanie silników w kołach pozwala zaoszczędzić przestrzeń i zmniejszyć ogólną masę urządzenia.

Zdecydowaliśmy się na wykorzystanie profili aluminiowych zapewniających wytrzymałość, a jednocześnie stosunkowo niewielką wagę. Elementy ramy zespawaliśmy, co było najwytrzymalszym i najlepszym rozwiązaniem. Schemat i rozmiary szkieletu deski przedstawia rysunek 2. Aby konstrukcja mogła utrzymać większe obciążenia na dłuższych krawędziach ramy zamocowano dodatkowe listwy usztywniające. Listwy zostały przymocowane śrubami. Koła zostały przymocowane przy pomocy obejm tak jak jest to widoczne na Rysunku 3. Obejmy zostały wykonane z kątowników stalowych.

Płytki zostały wykonane ze sklejki przy pomocy wycinarki elektrycznej. Otwory na śruby mają zagłębienia umożliwiające schowanie głowy śruby w desce. Deski posłużyły również do zamocowania elektroniki. Komponenty elektroniczne jak również pakiety baterii zostały zamocowane przy pomocy wkrętów i gorącego kleju wprost do deski. Między ramą a deskami umieszczono paski gumy tak, aby pozostała między nimi pusta przestrzeń. Umożliwiło to instalację czujników nacisku reagujących na zmianę rozkładu masy na desce. Schemat obwodów elektronicznych został przedstawiony na Rysunku



Rysunek 1: Zdjęcie deski.



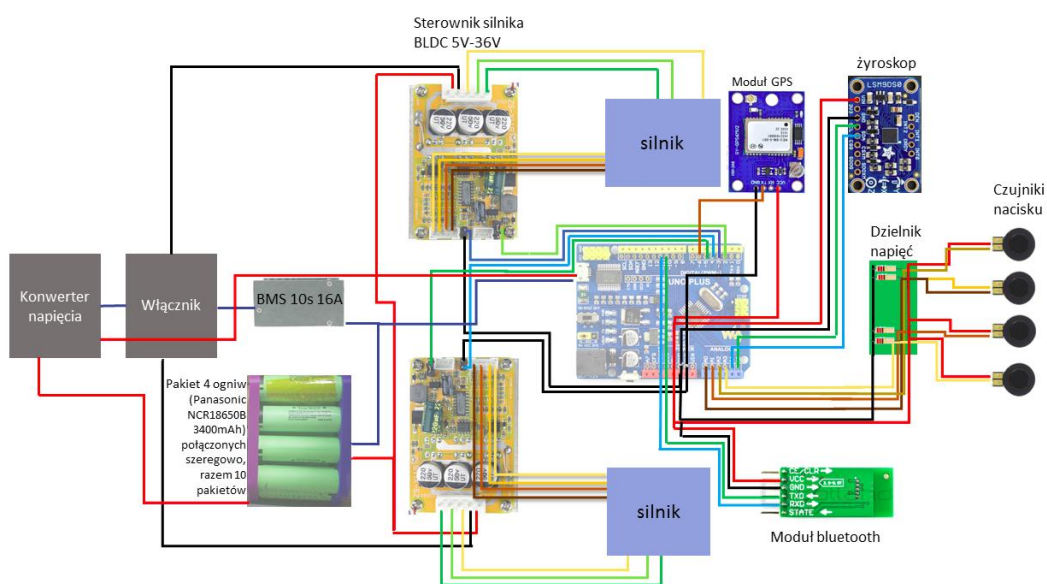
Rysunek 2: Projekt i wymiary ramy.

4. Deska jest zasilana przez 5 pakietów ogniw połączonych szeregowo. Każdy pakiet zawiera 8 ogniw. Do każdego pakietu podłączono system BMS zabezpieczający pakiety przed różnicami w napięciach między poszczególnymi pakietami. BMS był następnie podłączony do zasilania sterowników kół oraz do konwertera napięcie, którego rolą było zmniejszenie napięcia do 5V, czyli napięcia przy jakim standardowo działają logiczne elementy elektroniczne. Do sterowania deski użyto mikrokontrolera UNO plus. Mikrokontroler został również połączony z odbiornikiem sygnału Bluetooth, lokalizatorem GPS oraz systemem zawierającym żyroskop, dynamometr, magnetometr mogący pełnić rolę kompasu oraz termometr. Mikrokontroler przy pomocy sygnałów cyfrowych sterował pracą sterowników silników. Kierunek ruchu silnika był ustawiany za pomocą sygnałów wysokiego lub niskiego podawanego

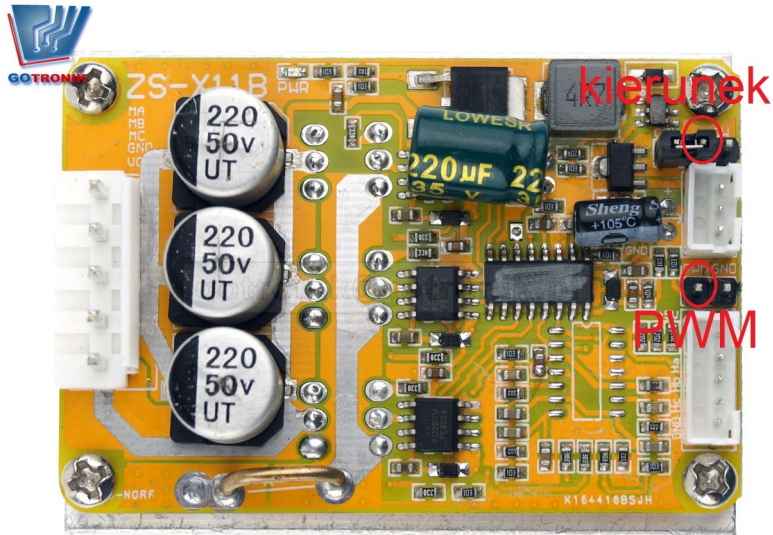


Rysunek 3: Przymocowanie za pomocą obejmy.

na pin zaznaczony na Rysunku 5. Prędkość koła była ustalana na bazie sygnału PWM podawanego na pin oznaczony na Rysunku 5.

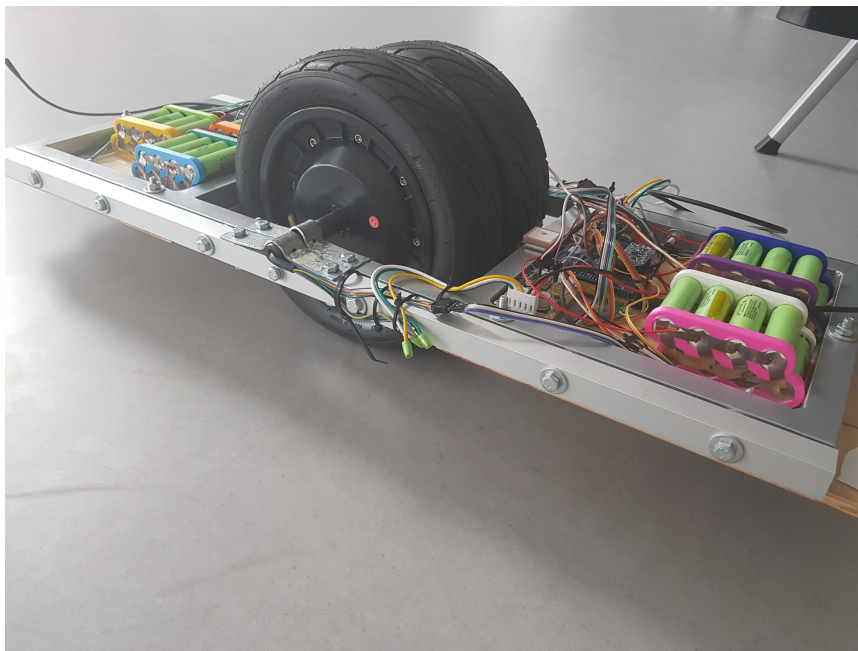


Rysunek 4: Schemat obwodów elektrycznych.

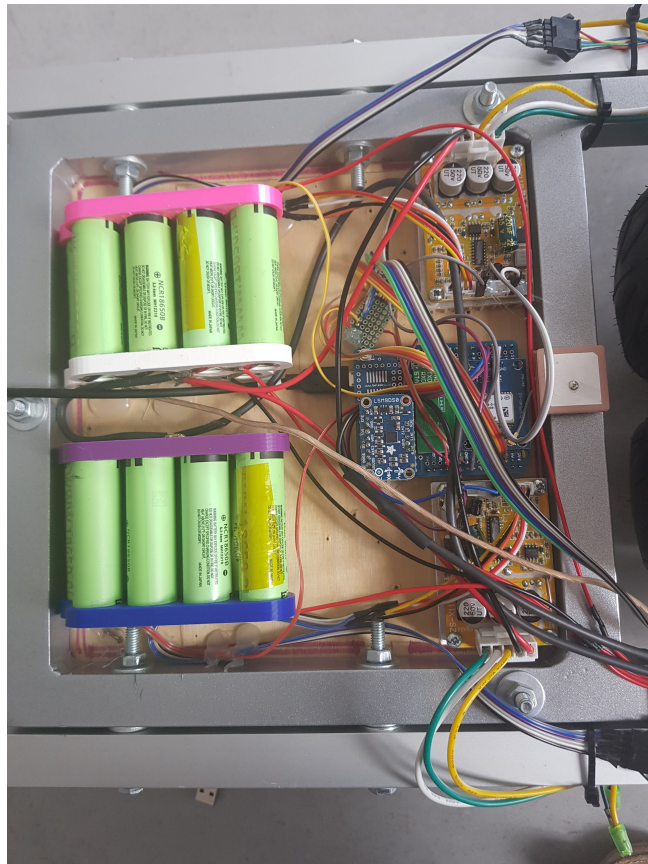


Rysunek 5: Sterownik do silnika z zaznaczonym pinem podającym wysokie lub niskie napięcie oraz pinu na który podawany był sygnał PWM.

Rozważaliśmy również dodatkowe funkcje, w jakie można zaopatrzyć deskę takie jak: diody LED zapewniające widoczność po zmroku i pokazujące kierunek jazdy deski oraz możliwość śledzenia telefonu użytkownika (deska jedzie za użytkownikiem, gdy ten akurat jej nie używa).



Rysunek 6: Zdjęcie samostojącej deski wraz z widoczną elektroniką.



Rysunek 7: Zdjęcie najważniejszych elementów układu.

4 Kod

```
//-----deklaracje pinow-----  
  
int lewy_PWM = 3; //PWM - predkosc ruchu  
int prawy_PWM = 5;  
int lewy_kierunek = 2;  
int prawy_kierunek = 4; // te zmienne odpowiadaja za sygnal PWM na dane koło i za kierunek jazdy  
  
int czujnik_A0 = A0;  
int czujnik_A1 = A1;  
int czujnik_A2 = A2;  
int czujnik_A3 = A3;  
  
double srednia = 0;  
int odliczanie = 0;  
double predkosc, A = 3, B = 30, C = 1/*,6*/;  
// to sa parametry w funkcji kwadratowej, która jest funkcją sygnału PWM od kąta wychylenia żyroskopu  
double predkosc_int = 0;
```

Rysunek 8: Fragment kodu odpowiadający za deklaracje przyjętych przez nas parametrów.

```

//-----fukcja od sterowania kołami-----
void ruch(double odczyt_zyroskopu)
{
    if(odczyt_zyroskopu > 0)
        // „ify” ustalają kierunek (jeśli jest wychylone w jedną stronę to odczyt_zyroskopu jest ujemny i odwrotnie)
        {
            digitalWrite(lewy_kierunek, HIGH);
            digitalWrite(prawy_kierunek, LOW);
        }
    if(odczyt_zyroskopu <= 0)
        {
            digitalWrite(lewy_kierunek, LOW);
            digitalWrite(prawy_kierunek, HIGH);
        }

    predkosc = A*odczyt_zyroskopu*odczyt_zyroskopu + B*odczyt_zyroskopu + C;
    // funkcja określająca zależność między kątem wychylenia, a prędkością (czyli pulsem sygnału PWM)
    predkosc = abs(predkosc);
    if( predkosc > 300)
    {
        predkosc = 300;
    }
    predkosc_int = (int) predkosc;
}

```

Rysunek 9: Fragment kodu odpowiadający za sterowanie kołami.

W zależności od wychylenia deski (odczyt żyroskopu powyżej lub poniżej 0) deska jedzie w lewo lub prawo. Po uzyskaniu pewnej wartości prędkości nie wzrasta już ona, a zostaje stała.

```

void loop(void)
{
    sensors_event_t accel, mag, gyro, temp;

    lsm.getEvent(&accel, &mag, &gyro, &temp);

    srednia = srednia + accel.acceleration.y;// myIMU.axisAccel( X ) to odczyt z żyroskopu, jest uśredniony żeby zmniejszyć szumy

    int A_0 = map(czujnik_A0, 0, 1024, 0, 255);
    int A_1 = map(czujnik_A1, 0, 1024, 0, 255);
    int A_2 = map(czujnik_A2, 0, 1024, 0, 255);
    int A_3 = map(czujnik_A3, 0, 1024, 0, 255);

    if(A_0 > 0 && A_1 > 0 && A_2 > 0 && A_3 > 0 )
    {

        if(odliczanie == 50)
        {
            ruch(srednia/50);
            odliczanie = 0;
            srednia = 0;
        }
        odliczanie = odliczanie + 1;
    }
}

```

Rysunek 10: Fragment kodu odpowiadający za ruch deski.

Pierwszy warunek `if()` określa moment gdy kierujący chce by deska jechała i każdy z czujników nacisku odczytuje powyżej pewnej określonej wartości. Drugi warunek `if()` w momencie gdy zostanie zebrana odpowiednia ilość odczytów uśrednia wartości odczytane z żyroskopu. Ma to na celu uzyskanie płynności w ruchu.

5 Podsumowanie i propozycje możliwych dalszych ulepszeń

Skonstruowaną deskę można uznać za wielki sukces konstruktorski, a cały proces jej tworzenia jako wspaniały materiał dydaktyczny. Na każdym etapie projektowania, programowania czy budowy deski pojawiały się problemy, których nie przewidywano wcześniej, a które dały nowe spojrzenie na proces tworzenia urządzeń. Z obecną wiedzą ewentualne konstruowanie w przyszłości sprzętów tego typu jak i planowanie prac pójdzie znacznie sprawniej. Dodatkowo ważnym spostrzeżeniem jakie poczyniliśmy jest szczególne zwrócenie uwagi jakie elementy układów elektronicznych które kupujemy. Element który wydaje się odpowiednie może być stosowane na szerszą skalę w jakimś konkretnym celu np. przy produkcji przemysłowej. Specyfika takiego urządzenia może tworzyć problemy przy projektach takich jak np. nasza samobalansująca deska. Dodatkowo może być nieoptymalnym wyborem jak najtańszych urządzeń, gdyż finalnie może to całkowicie zablokować prace i sprawić, że elementy mogą się np. przepalać, a w konsekwencji urządzenie często i niespodziewanie się psuć. Dla niektórych członków naszej grupy projekt ten był pierwszym zetknięciem z programowaniem w Arduino i z tak skomplikowanymi układami elektronicznymi. Projekt ten pokazał nam, że urządzenia których

działanie wydaje się niezwykle skomplikowane takim nie są i nie jest czymś nieosiągalnym stworzenie, i zaprojektowanie potrzebnego urządzenia użytku codziennego, służącemu rozrywce lub które ułatwi pracę w laboratorium. Podczas ewentualnej kontynuacji prac nad naszą samobalansującą deską chcielibyśmy sprawić, że deska będzie w stanie w pełni komfortowo i płynnie przewozić człowieka jak i będzie posiadała możliwość śledzenia oraz jazdy za telefonem użytkownika. Chcielibyśmy stworzyć aplikację którą to umożliwiła. Dodatkowo chcielibyśmy zamontować obudowę chroniącą przed czynnikami środowiskowymi, górną nakładkę na koła czy panele LED sygnalizujące np. hamowanie czy skręcanie.