

Łódź, dn. 22-01-2013

Projekt kompetencyjny

Temat: Zrobotyzowana platforma mobilna.

Wykonał:

Jarosław Trudnos

Spis treści:

1 Założenia projektu.....	3
2 Schemat i budowa zrobotyzowanej platformy mobilnej.....	3
2.1 Zdjęcia skonstruowanej obudowy.....	4
2.2 Rysunki techniczne obudowy platformy mobilnej.....	13
3 Silniki.....	16
4 Układy elektroniczne.....	21
4.1 Sterowniki silników.....	21
4.2 Jednopłytkowy komputer.....	23
4.3 Łączność Wi-Fi.....	23
4.4 Akcelerometry.....	24
4.5 Żyroskop.....	25
4.6 Kamera.....	26
5 Akumulator.....	26

1 Założenia projektu:

Tematem projektu kompetencyjnego jest opisanie jak zbudować zrobotyzowaną platformę mobilną. Obudowa wraz z kołami jest już zbudowana, w dalszej części będą znajdowały się rysunki techniczne tej obudowy oraz jej zdjęcia. Budowana przeze mnie platforma ma posiadać 4 duże koła, każde z nich będzie napędzane oddzielnym silnikiem. Taka budowa umożliwia poruszanie się na „brzuchu” oraz „plecach”. Platforma mobilna ma także w przyszłości poruszać się na dwóch kołach (na tylnej osi). Takie założenia umożliwiają wykorzystanie platformy mobilnej w trudnych warunkach, np. kiedy będzie musiała pokonać przeszkodę w postaci progu lub krawężnika, obudowa powinna być w miarę stabilna oraz mocna. Skręcanie platformą mobilną miałyby odbywać się poprzez napędzanie kół tylko z jednej strony (lewej lub prawej) w zależności od kierunku skrętu. Mogłaby także wykonać obrót w miejscu poprzez np. napędzanie lewych kół w przód, a prawych kół w tył. Sterowanie platformą mobilną miałyby odbywać się poprzez sieć Wi-Fi, która miałaby większy zasięg niż na sterowaniu radiowym. Na platformie mobilnej chciałbym umieścić także małą kamerkę z przodu, która umożliwiałaby oglądanie co się przed nią dzieje.

2 Schemat i budowa zrobotyzowanej platformy mobilnej:

Platforma składa się z czterech kół średnicy 100 mm i szerokości razem z nakrętką blokującą koło 40mm. Koła są osadzone na śrubie średnicy 12mm, która to jest skręcona z łożyskiem kulowym. W każdej śrubie zostanie wywiercony otwór na oś silnika, a także specjalny otwór na klin, który uniemożliwiałby ślizganie się osi silnika w śrubie. Na łożysko został wytoczony pierścień stalowy z rowkiem na seger wewnętrzny, który utrzymuje łożysko. Obudowa jak i pierścień na łożysko zostały pospawane przeze mnie na stałe co daje bardzo wytrzymałą konstrukcję. Dolna część obudowy z dwoma bocznymi ściankami jest pospawana z blachy nierdzewnej grubości 1,5mm, górna z cienkiej blachy ocynkowanej grubości 0,7mm przykręconej małymi śrubkami średnicy 3mm i długości 7mm. Zbudowana w ten sposób obudowa jest dość ciężka, więc przy dalszych pracach będzie ograniczana jej masa, ale tak aby konstrukcja była nadal jak najbardziej stateczna. Gdyż podczas „opadania” może być narażona na niesprzyjające czynniki takie jak drgania i uginanie.

2.1 Poniżej przedstawiam kilka zdjęć skonstruowanej obudowy.

Widok górnej części platformy:



Widok dolnej części platformy:







Widok środka platformy oraz osłony górnej po odkręceniu 6 śrubek:



Mocowanie kół za pomocą śrub, łożysk i tulei, które to są na stałe przyspawane do bocznych blach:



Łożysko ze strony zewnętrznej zabezpieczone jest częścią obudowy, a od wewnątrz segrem wewnętrznym:



Tak miałyby wyglądać postawienie platformy mobilnej na kołach tylnej osi:





2.2 Rysunki techniczne obudowy platformy mobilnej z umieszczonymi przykładowymi 4 silnikami:

3 Silniki:

Wyliczam parametry silników jakie są potrzebne do poruszenia i postawienia na tylnej osi platformy mobilnej.

Jako prędkość maksymalna z jaką ma się poruszać platforma mobilna przyjmuje $1\text{m/s} = 60\text{m/min}$

Koło ma średnicę $100\text{mm} = 0,1\text{m}$, a więc prędkość obrotowa silnika przy maksymalnej prędkości wynosi:

$$n = \frac{\text{prędkość } [\frac{m}{min}]}{\text{obwód koła} * \text{promień koła}} = \frac{60}{2\pi * 0,05} = 191 \frac{obr}{min} = 191rpm$$

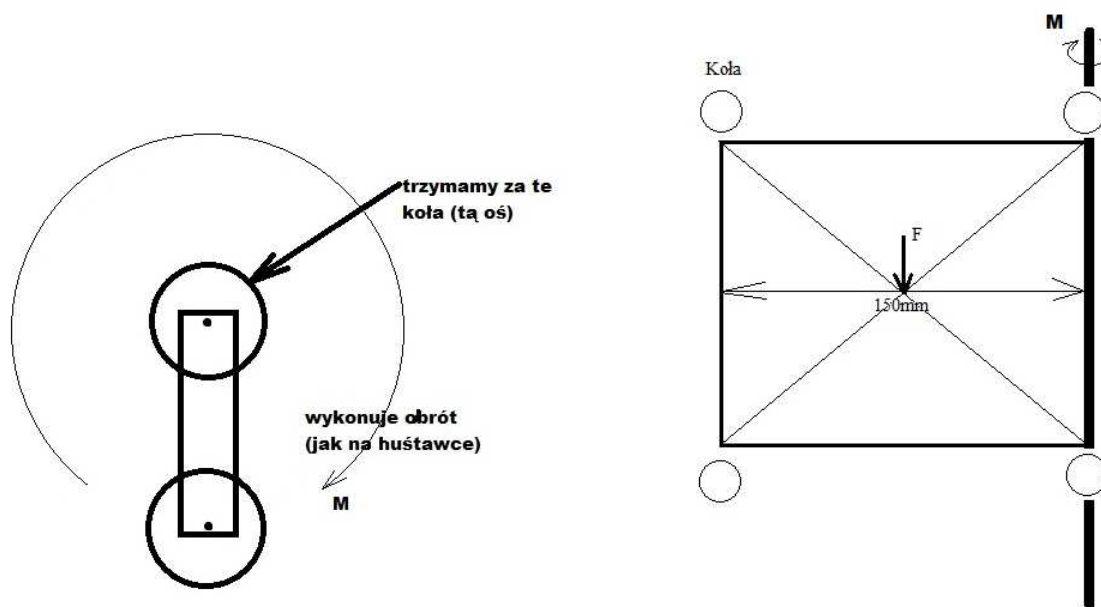
Ponieważ ciężko jest znaleźć silniki generujące ściśle określone przez nas wartości wyliczam również jakie obroty miałby silnik przy prędkości $0,5\text{m/s} = 30\text{m/min}$

$$n = \frac{\text{prędkość } [\frac{m}{min}]}{\text{obwód koła} * \text{promień koła}} = \frac{30}{2\pi * 0,05} = 96 \frac{obr}{min} = 96rpm$$

A więc silnik jaki chciałbym wykorzystać w platformie mobilnej powinien mieć prędkość obrotową w granicach 96-191obr/min.

Moment obrotowy jaki muszą wytworzyć dwa silniki, aby postawić platformę na „dęba”. Przyjmuje dla uproszczenia następujące założenia:

Silniki muszą wytworzyć taki moment obrotowy, aby platforma mobilna obracała się wokół osi gdy trzymamy ją za dwa tylne koła. Moment obliczam dla platformy, w której masa jest rozłożona równomiernie, siłę przykładam w środku masy, jest oddalona od osi obrotu o 75mm.



$$M = \text{odległość masy od osi obrotu} * \text{przyspieszenie ziemskie} \\ * \text{masa platformy}$$

Masa platformy mobilnej – 8kg

Odległość masy od osi obrotu – 75mm

Przyspieszenie ziemskie – $9,81\text{m/s}^2$

$$M = 0,075 * 9,81 * 8 = 5,886 = 6Nm$$

Moment obrotowy 6Nm jest wyliczony dla dwóch silników, a więc jeden silnik powinien wytworzyć moment minimum 3Nm.

Moc silnika powinna wynieść:

$$P = \frac{\text{moment obrotowy [Nm]} * \text{prędkość obrotowa } [\frac{\text{obr}}{\text{min}}]}{\text{stała wartość wynikająca ze zmiany jednostek}}$$

Moment obrotowy dla jednego silnika – 3Nm

Prędkość obrotowa – maksymalna 191obr/min, minimalna 96obr/min

Stała wartość wynikająca ze zmiany jednostek – 9,549

$$P = \frac{3 * 191}{9,549} = 60W$$

$$P = \frac{3 * 96}{9,549} = 31W$$

Mamy optymalne parametry jakie powinien posiadać nasz silnik. Podczas szukania odpowiednich silników natrafiłem na silniki Dunkermotoren, które mają najlepiej opisane swoje dane techniczne. Przy wybieraniu z silników tego producenta stosowałem się do tego, aby wybierać parametry większe, a niżeli niewiele mniejsze od potrzebnych. Gdyż w przypadku stosowania przekładni obniża nam się sprawność - parametry wyjściowe silnika i przekładni są mniejsze.

Silniki zamieszczone przeze mnie w sprawozdaniu zapewne będą zmienione z czasem, gdyż te od producenta Dunkermotoren są bardzo, drogie a do tego dochodzi jeszcze koszt przekładni oraz enkoderów. Do czasu rozpoczęcia budowy tej platformy mobilnej postaram się znaleźć jakieś tańsze używane silniki od wycieraczek samochodowych lub elektrycznych szyb, lecz na to potrzeba trochę więcej czasu. Być może parametry będą się na tyle zgadzać, że odpadnie kupowanie przekładni, a także z czasem chciałbym stworzyć własne proste enkodery do silników.

Jak na dzień dzisiejszy wybrałem silniki i przekładnie producenta Dunkermotoren.

Silnik GR51x58 (12VDC)



Znamionowe napięcie zasilania [VDC]	12
Znamionowa prędkość [obr./min.]	3000
Znamionowy moment [Ncm]	15,5
Znamionowy prąd [A]	5,5
Moment startowy [Ncm]	114
Prąd startowy [A]	35,3
Moc silnika [W]	60
Bezwładność rotora [gcm ²]	460
Masa silnika [g]	1000

Przekładnia PLG 52.0 (i = 28,12:1)



Przełożenie	28,12:1
Znamionowy moment wyjściowy [Nm]	8
Sprawności [%]	0,81
Waga [Kg]	0,72
Maksymalne obciążenie osiowe [N]	500
Maksymalne obciążenie promieniowe [N]	350
Ilość stopni	2

Enkodery magnetyczne ME52



Rozdzielczość [imp/obr]	2, kanał A i B
Napięcie operacyjne [VDC]	12 (5...24)
Prąd [A]	max. 12 (U=12V)
Odchyłka szerokości impulsu	max. 15°
Odchyłka przełączenia fazy	max. 15°
Napięcie wyjściowe [VDC]	max. 0.4 (20mA)
Czas narastania sygnału [ns]	85 typ; 400 max. (U=12V, RL=820Ω)
Czas opadania sygnału [ns]	60 typ; 400 max. (CL=20pF)
Temperatura operacyjna [°C]	-40 ... +85

W przypadku wybrania takich podzespołów jednego producenta jest wiele prostsze połączenie ich razem. W celu przymocowania tych silników należałoby dorobić pierścienie z wąsami, które umożliwiłyby przykręcenie silników do obudowy.

W tej części sprawdzę jak się mają moje wcześniejsze wyliczenia co do zastosowania powyższego silnika i przekładni.

Stosując przekładnię 28,12:1 zwiększa się moment obrotowy, a zmniejsza prędkość obrotowa:

$$M = 0,15Nm * 28,12 = 4,218Nm$$

$$n = \frac{3000 \frac{obr}{min}}{28,12} = 106 \frac{obr}{min}$$

Dla sprawności przekładni wynoszącej 81%

$$M=3,37Nm$$

$$n=84,8obr/min$$

Więc moment obrotowy generowany przez te silniki byłby wystarczający, lecz prędkość obrotowa jest mniejsza od minimalnej wyznaczonej powyżej.

Uważam, że silnik GR51x58 (12VDC) i przekładnia PLG 52.0 ($i = 28,12:1$) mogłyby znaleźć swe zastosowanie w mojej platformie mobilnej, lecz z powodu minimalizacji kosztów będą szukane inne.

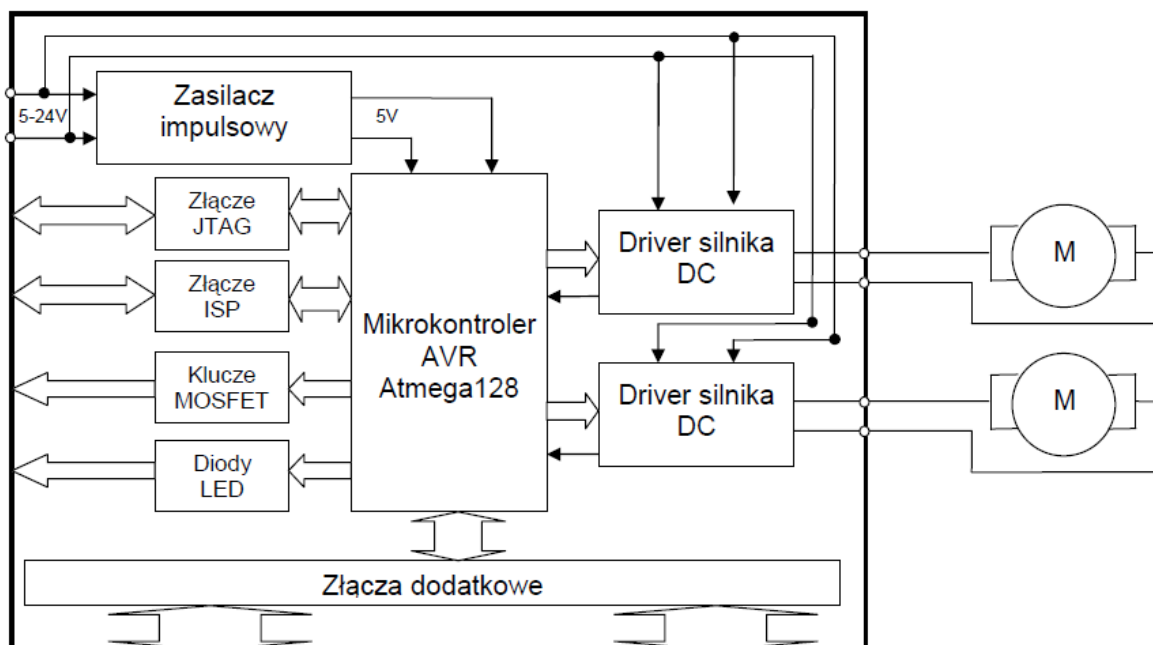
4 Układy elektroniczne

4.1 Sterowniki silników:

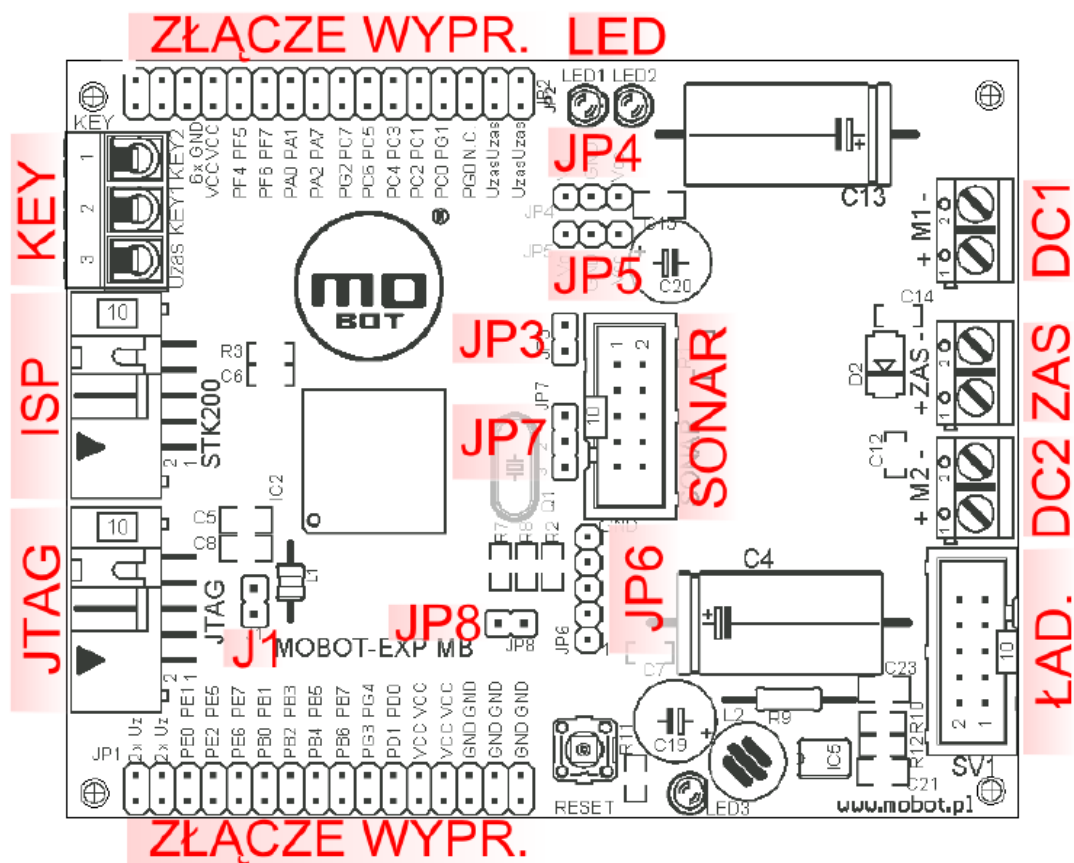
Do sterowania silnikami można użyć gotowych modułów takich jak np.:

MOBOT-MBv2-AVR, który zawiera niezbędne do funkcjonowania platformy mobilnej bloki funkcyjne i posiada możliwość rozszerzania o bloki dodatkowe.

Mikrokontroler ATmega128 z rodziny AVR daje spore możliwości dzięki dużej liczbie układów peryferyjnych.



Schemat blokowy płyty głównej MOBOT-MBv2-AVR



Rozmieszczenie złączy na płycie głównej

Najważniejszymi elementami są mikrokontroler ATmega128 oraz dwa scalone mostki H MC33887 firmy Freescale do sterowania silnikami DC. Mostki te mogą być obciążone prądem ciągłym do 6 A, co jest wystarczające dla zastosowanych silników. Dodatkowo, płyta sterująca MOBOTMBv2-AVR jest wyposażona w układ ULN2003 mający w swojej strukturze 7 driverów mocy, które mogą być wykorzystane do załączania zewnętrznych elementów o obciążeniu do 1 A. Takich jak kamera i moduł Wi-Fi. W celu sterowania każdym z czterech silników osobno należy zastosować dwa takie moduły sterujące silnikami, można je połączyć na tzw. kanpkę. Do tego modułu można także podłączyć ładowarkę lecz z powodu ograniczonego miejsca ładowanie baterii będzie odbywało się poza platformą.

4.2 Jednopłytkowy komputer:

Istnieje możliwość wyposażenia zrobotyzowanej platformy mobilnej w jednopłytkowy komputer przemysłowy. Niewielkie wymiary płyty oraz stosunkowo mały pobór prądu umożliwiają bezpośredni montaż komputera na podwoziu robota, zwiększając tym samym jego inteligencję. Zastosowanie jako nośnika danych popularnej karty CF o dużej pojemności zapewnia całkowitą eliminację części mechanicznych z płyty komputera, gwarantując tym samym niezawodność pracy podczas jazdy w nierównym terenie. Komputery takie standardowo są wyposażone w dwa złącza USB, co umożliwia podłączenie na przykład kamery, która może być wykorzystywana podczas sterowania robotem.

Przykładowo: KTA55/pITX - wbudowany komputer jednopłytkowy Kontron Pico-ITX™ w formacie 2,5 cala z platformą AMD Embedded G-Series



4.3 Łączność Wi-Fi

Karta Wi-Fi

Do takiego komputera jednopłytkowego można również zainstalować bezprzewodową kartę sieciową Wi-Fi, co umożliwi zdalny nadzór. Rozwiązanie takie gwarantuje większą przepustowość danych, niż w przypadku popularnych modułów radiowych. Ma to duże znaczenie przy przesyłaniu obrazów z kamery w czasie rzeczywistym.

Moduł Wi-Fi

Inną metodą dzięki, której można uzyskać sterowanie platformą mobilną za pomocą sieci bezprzewodowej jest możliwość zainstalowania specjalnego modułu Wi-Fi.

Przykładowo: Digi Connect® Wi-ME Integrated secure 802.11b Wi-Fi WLAN



Router Wi-Fi

Najprostszym i najtańszym sposobem jest zamontowanie na pokładzie platformy mobilnej zwykłego routera Wi-Fi. Lecz ten router musi mieć możliwość wgrania prostego systemu operacyjnego lub musi zawierać w sobie system Linuks (takie routery z systemem Linuks były produkowane), mała zmiana w oprogramowaniu oraz elektronice i powinno zadziałać. Z powodu dużych wymiarów routera ta możliwość odpada.

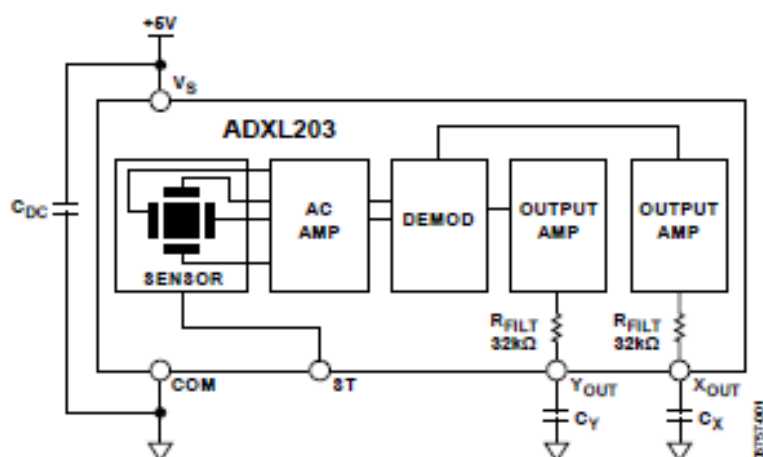
Przykładowo router zamieszczony w zmodyfikowanej zabawce.



4.4 Akcelerometry:

Bardzo ważnymi modułami są także czujniki przyspieszenia i żyroskopy prędkości. Do pomiaru przyspieszenia można wykorzystać dwuosiowy czujnik ADXL203 firmy Analog Devices. Mierzy on przyspieszenie w zakresie $\pm 1,7g$. Jest to mechaniczny, pojemnościowy czujnik przyspieszenia w dwóch prostopadłych osiach.

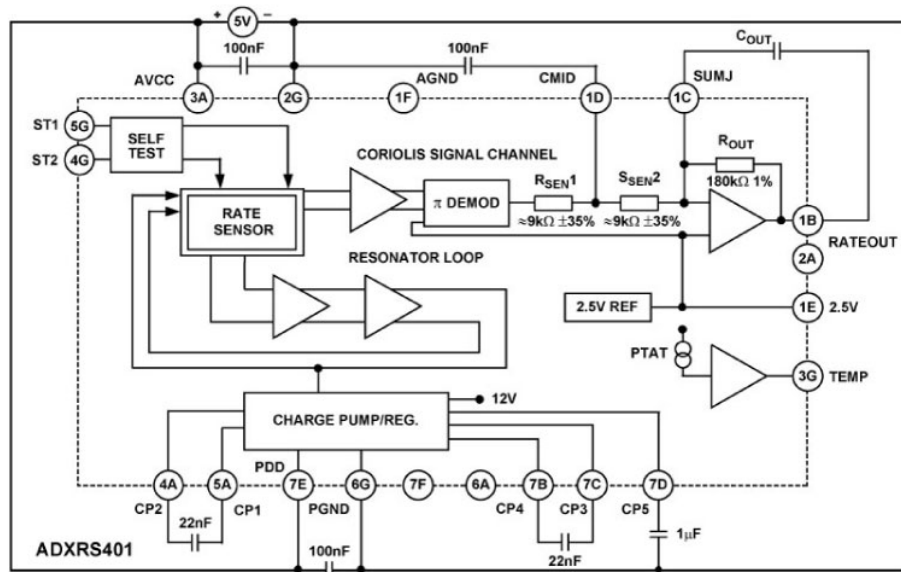
Schemat blokowy modułu akcelirometru:



4.5 Żyroskop:

Pomiary prędkości kątowej można wykonać za pomocą scalonego żyroskopu prędkości ADXRS401 firmy Analog Devices. Układ ten pozwala mierzyć prędkość kątową w zakresie $\pm 75^\circ$, a wyjście czujnika daje napięcie proporcjonalne do tej prędkości. Jest to czujnik pojemnościowy wykorzystujący w swym działaniu efekt Coriolisa. Umożliwia on pomiar prędkości kątowej w jednej osi.

Schemat blokowy modułu żyroskopu:



4.6 Kamera:

W przedniej części platformy mobilnej chciałbym zainstalować małą kamerkę umożliwiającą sprawdzanie co się dzieje przed robotem. Kamera miałaby być umieszczona w obudowie robota, tak aby podczas poruszania się w trudnych warunkach nie została uszkodzona. Odpowiednią kamerką idealnie wpasowującą się w wyznaczone dla niej miejsce jest kamera o budowie takiej jak przedstawiona poniżej:



5 Akumulatory:

Do zasilania platformy mobilnej można użyć akumulatorów litowo - polimerowych, gdyż ich duża wydajność idzie w parze z niedużymi gabarytami. Akumulatory litowo - polimerowe, jak sama nazwa wskazuje, zbudowane są ze stopów litu oraz polimerów przewodzących. Elektrolit w tych akumulatorach może mieć postać stałą lub postać żelu, co znacząco zmniejsza możliwość wycieku. Nie oznacza to, że akumulatory te są przez to mało podatne na uszkodzenia. Przy zastosowaniu akumulatorów litowo – polimerowych, należy uważać, aby nie rozładować pojedynczego ogniwa poniżej 3V. Najbardziej musimy się jednak strzec zwarcień wyprowadzeń i uszkodzeń mechanicznych. Mogą one spowodować zapalenie się akumulatora.

Obliczanie napięcia zasilania platformy mobilnej:

Pojedyncze ogniwo zapewnia napięcie znamionowe 3,7V a więc w celu uzyskania ponad 12V należy:

$$\frac{12}{3,7} = 3,24$$

$$3,7 * 4 = 14,8$$

Stąd wynika, że należy zastosować 4 takie ogniwa. Da nam to 14,8V napięcia znamionowego.

Obliczam jaką wydajność prądową powinien mieć akumulator zasilający platformę mobilną:

Wydajność prądową w najprostszy sposób można obliczyć ze wzoru

$$I_p = C_p * x$$

gdzie I_p to maksymalna wydajność prądowa pakietu, C_p to pojemność pakietu, a x to liczba, która jest określona na pakiecie literą C.

Znamionowy prąd pojedynczego silnika wynosi 5,5A . Dla czterech silników jest to 22A. Można zastosować baterie o pojemności 2,2Ah oraz 30C. Należy pamiętać, aby przyjąć pewien zapas możliwości akumulatorów.

$$I_p = 2,2 * 30 = 66A$$

Przykładowe zdjęcie baterii litowo – polimerowej:

