

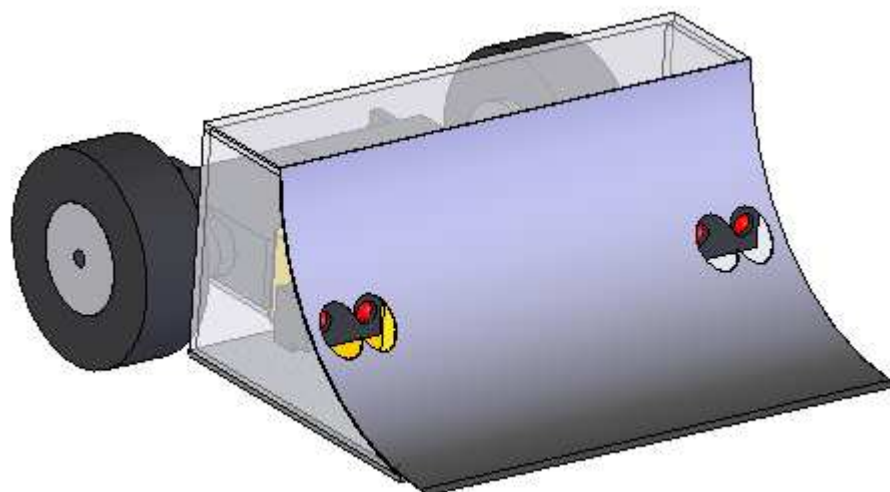


KoNaR

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

KISS **Robot klasy Minisumo**

Wrocław, 15.12.2008r.



Autor:

Filip Romanowski (140401@student.pwr.wroc.pl)

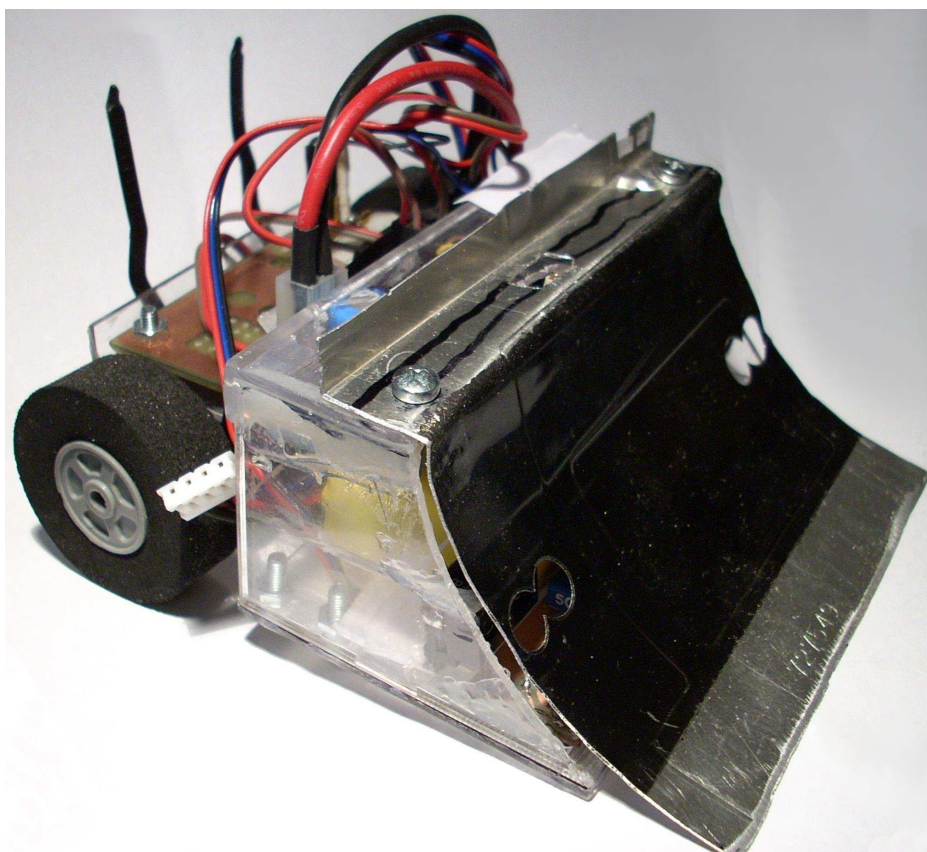
1.	Wstęp.....	3
2.	Konstrukcja mechaniczna	3
3.	Napędy i koła.....	4
4.	Elektronika	5
4.1.	Mikrokontroler.....	5
4.2.	Schemat układu elektronicznego.....	6
4.3.	Czujniki białej linii	7
4.4.	Wykrywanie przeciwnika	8
4.5.	Sterowanie napędami	8
5.	Zasilanie	9
5.1.	Użyty akumulator.....	9
5.2.	Kilka słów o pakietach Li-Pol.....	9
6.	Oprogramowanie	12
7.	Wnioski	13

1. Wstęp.

Robot „KISS” (Keep It Simple, Stupid) powstał na krótko przed wrocławskimi zawodami Robotic Arena 2008, które odbyły się 13.12.2008r. Udział w zawodach pozwolił odkryć wiele słabych stron zarówno konstrukcji mechanicznej jak i elektroniki.

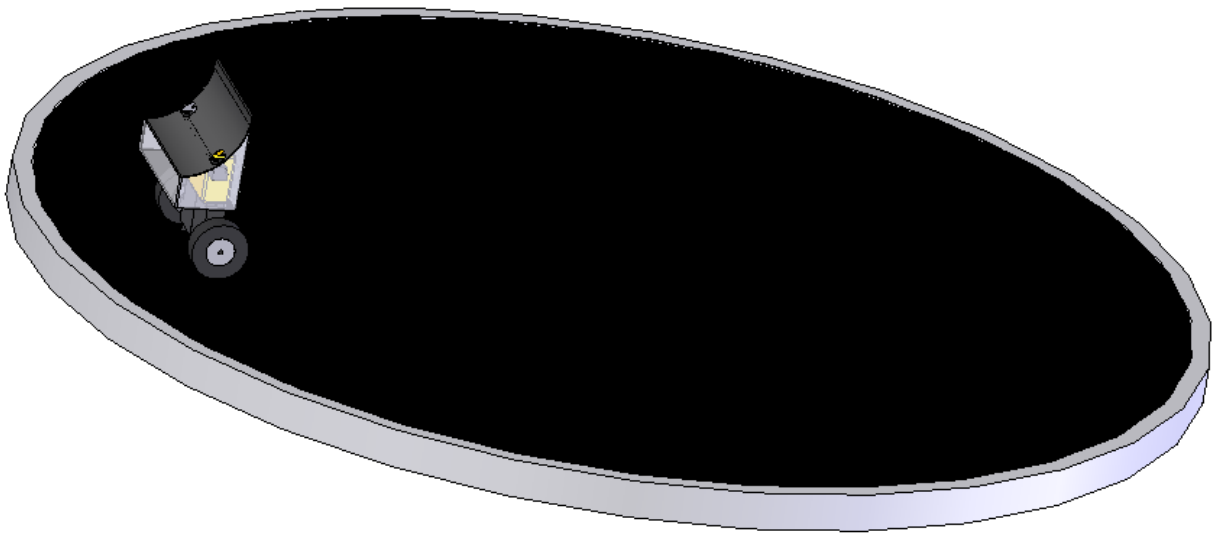
2. Konstrukcja mechaniczna.

Przy konstrukcji robota położono szczególny nacisk na małą wysokość robota, nisko położony środek ciężkości oraz duży pług. Były to ograniczenia które w głównej mierze narzuciły kształt konstrukcji. Mała wysokość oraz nisko położony środek ciężkości osiągnięto przez umieszczenie pakietu zasilającego bezpośrednio na podłodze robota, tuż nad podłożem. Także napędy (przerobione serwa modelarskie Tower Pro MG-16R, które cechują się bardzo małymi rozmiarami oraz sporym momentem), pozwoliły zmniejszyć rozmiary robota. Obudowa całości została wykonana z przezroczystych pudełek na płyty CD, które choć kruche, są lekkie, łatwo dostępne i dają się bardzo łatwo obrabiać (poszczególne płytki wyciąłem wiertarką modelarską i połączyłem klejem dwuskładnikowym „Poxipol” oraz śrubkami). Ścianki obudowy mają około 1.5 mm grubości. Pług został wykonany z bardzo cienkiej blaszki wyjętej z napędu FDD. Został on odpowiednio wygięty oraz naostrzony tak, aby jak najdokładniej przylegał do podłoża. Front robota został pomalowany czarną farbą aby uczynić robota choć trochę niewidocznym (nie zdążyłem zmatowić pługu papierem ściernym co znacznie polepszyło by ten efekt). W pługu wycięto dwa podwójne otwory umożliwiające pomiar czujnikom SHARP.



Rysunek 1. KISS robot klasy Minisumo

Robot posiada tylko dwa koła zamontowane z tyłu. Przód robota ślizga się na pługu który dodatkowo sprężynuje, amortyzując zderzenia z przeciwnikiem. Ślizganie się na przedniej, naostrzonej krawędzi pługu miało zapewnić dużą skuteczność pługu. Faktycznie, większość przeciwników z którymi walczyłem bez problemów dawała się na pług nadziać. Problemem okazało się jednak widoczne na zdjęciach krzywe naostrzenie oraz to, że robot waży zaledwie około 250g, a więc połowę tego co powinien. Autor nie był jednak świadomy tego faktu, co dość boleśnie odbiło się na rezultacie zawodów ☺. Kolejnym błędem była nadmieniona powyżej sprężystość pługu. Powodowało to zmienną odległość czujników białej linii od dohya co skutkowało ich niestabilnością. Dlatego też robot czasem gubił białą linię i bez pomocy przeciwnika wyjeżdżał za krawędź planszy. Aby pług miał łagodny wznios przy podłożu (co zapewniało łatwe podcinanie oponenta), musiał być on dość długi – w sumie robot mieści się w prostopadłościanie 12.2 x 9.9 x 6.5 cm. W związku z tym, aby spełnić ograniczenia co do wymiarów klasy Minisumo, musiał startować w pionie.



Rysunek 2. Sposób ustawienia przed walką

Start pionowy, złe umieszczenie przycisku rozpoczynającego pięciosekundowe odliczanie oraz trzęsące się ręce podczas emocjonujących eliminacji spowodowały podczas jednej z walk niemożliwość uruchomienia robota.

3. Napędy i koła

Ze względu na prostotę sterowania użyto serw modelarskich, oczywiście po odpowiedniej przeróbce. Wybrane serwa, Tower Pro MG-16R, są jednymi z najmniejszych i najszybszych z dostępnych na rynku.



Rysunek 3. Tower Pro MG-16R

Koła kupione zostały także w sklepie modelarskim („Lite Flite Wheels”).



Rysunek 4. "Lite Flite Wheels"

Są to bardzo solidnie wykonane (made in USA) koła piankowe o średnicy 1 ½ cala i grubości około 12mm. Mają one świetną przyczepność oraz są bardzo lekkie. Koła zostały zamontowane na wale serwa przy pomocy jednego z orczyków z zestawu.

4. Elektronika

4.1. Mikrokontroler

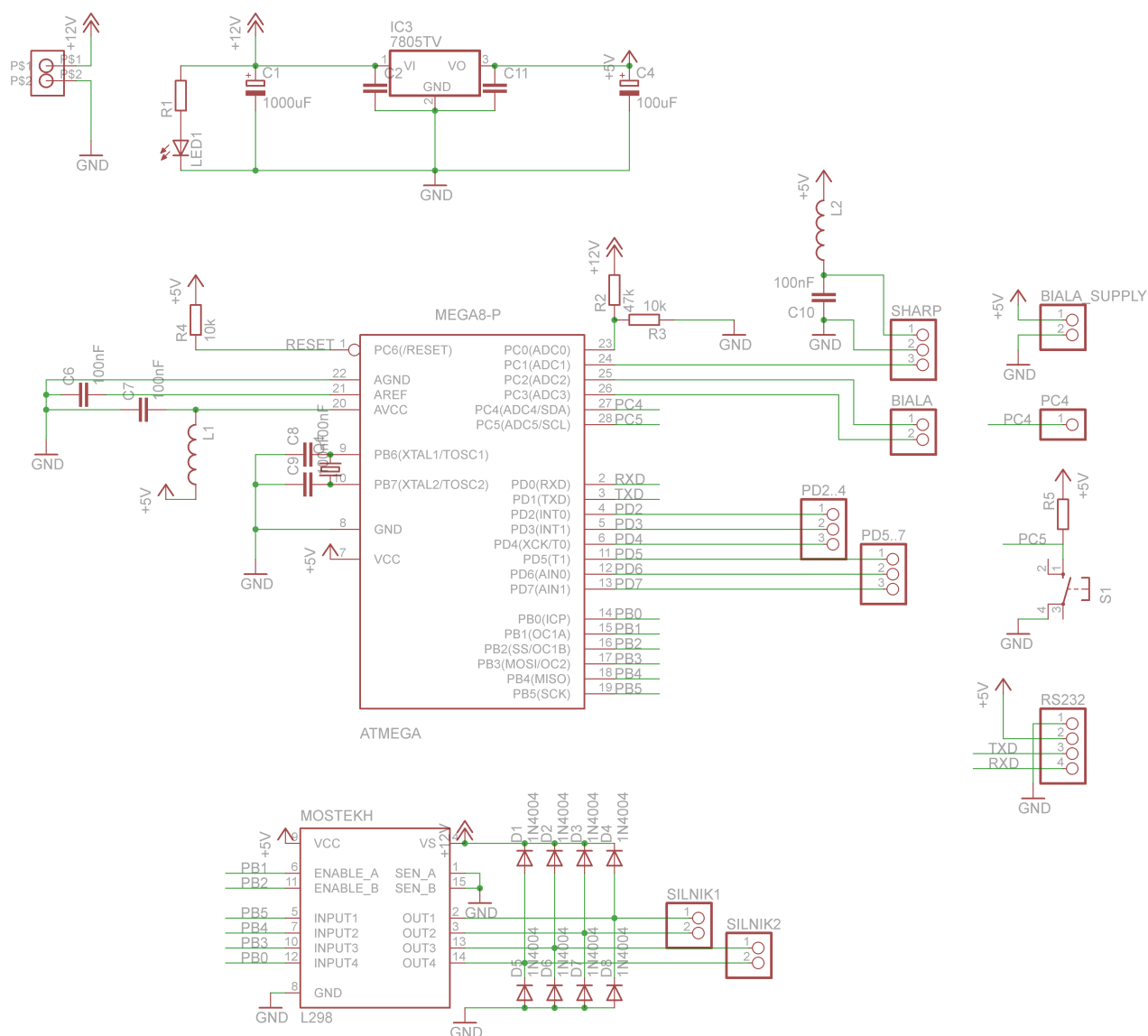
W robocie użyto mikrokontrolera Atmega8. Główne bloki z jakich skorzystano to:

- ADC (czujniki białej linii oraz pomiar napięcia akumulatora),
- UART (debugowanie programu – wysyłanie danych z czujników do komputera PC)
- 16-bit Timer/Counter1 (odmierzanie czasu, generowanie fali prostokątnej - Fast PWM).

Aby zachować jak największą prostotę robota nie użyłem nawet zewnętrznego kwarcu – mikrokontroler działa na wewnętrznym, wbudowanym rezonatorze RC (1 MHz).

4.2. Schemat układu elektronicznego

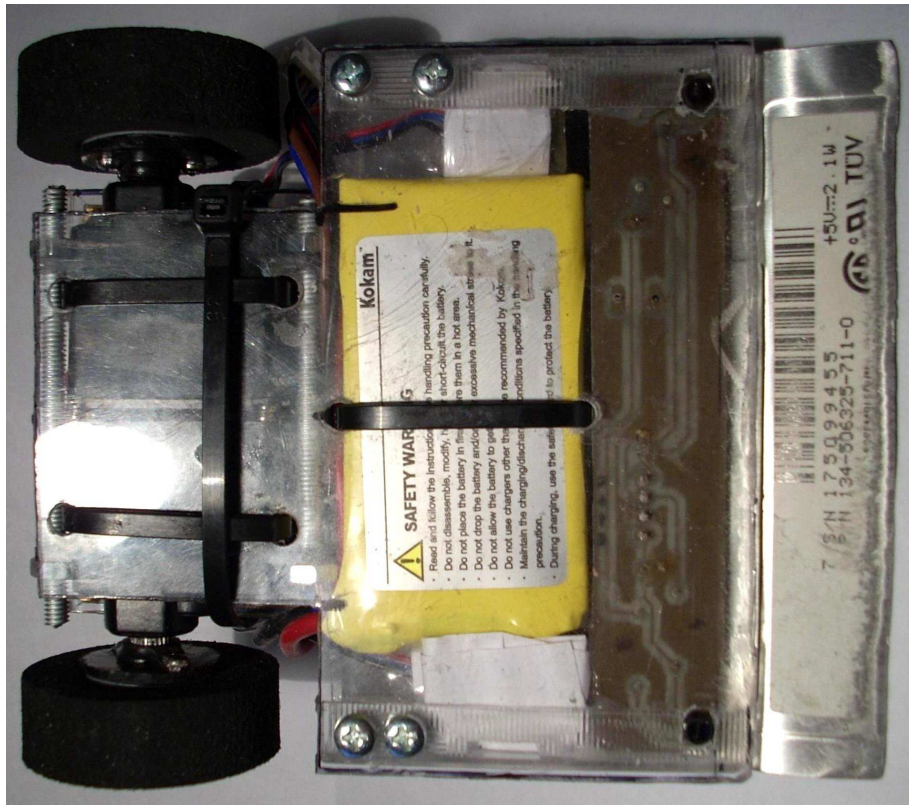
Przy projektowaniu schematu oraz płytki należało wziąć pod uwagę dość ograniczone miejsce wewnątrz robota. Starano się też do maksimum wykorzystać powierzchnię płytki i ograniczyć połączenia kabelkami na rzecz połączeń „na stałe” na płytce – dzięki temu jest mniejsza szansa na pomyłkę przy podłączaniu. Płytką została zaprojektowana w darmowej wersji programu Eagle (schemat w załączniku). Jest ona jednostronna, chociaż na stronie wierzchniej (Top) znajduje się pole masy (coś w stylu radiatora dla układu L298HN).



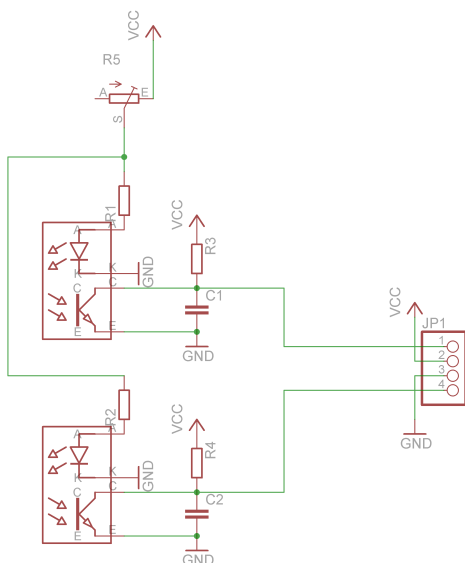
Rysunek 5. Schemat obwodu elektronicznego robota

4.3. Czujniki białej linii

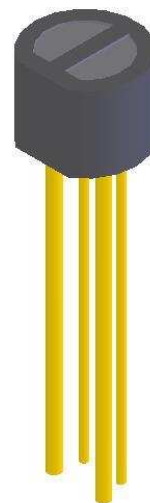
Czujniki białej linii to TCRT7000, dość dziwne (brak o nich informacji w internecie) i rzadko spotykane. Ich zaletą jest to, że są bardzo małe. W robocie znajdują się tylko dwa czujniki białej linii – z przodu.



Często podczas zawodów, gdzie panują zmienne warunki oświetleniowe, czujniki przestają działać, dlatego ważnym jest aby wbudować w robota zabezpieczenie. Jednym ze sposobów jest potencjometr, którym można regulować prąd diody nadawczej IR. Innym rozwiązaniem jest odpowiednie oprogramowanie, które redukuje wpływ oświetlenia z otoczenia. W robocie KISS zastosowana wersję z potencjometrem, która dość dobrze się sprawdziła. Schemat podłączenia transoptorów TCRT7000 znajduje się poniżej.



Rysunek 6. Sposób podłączenia TCRT7000

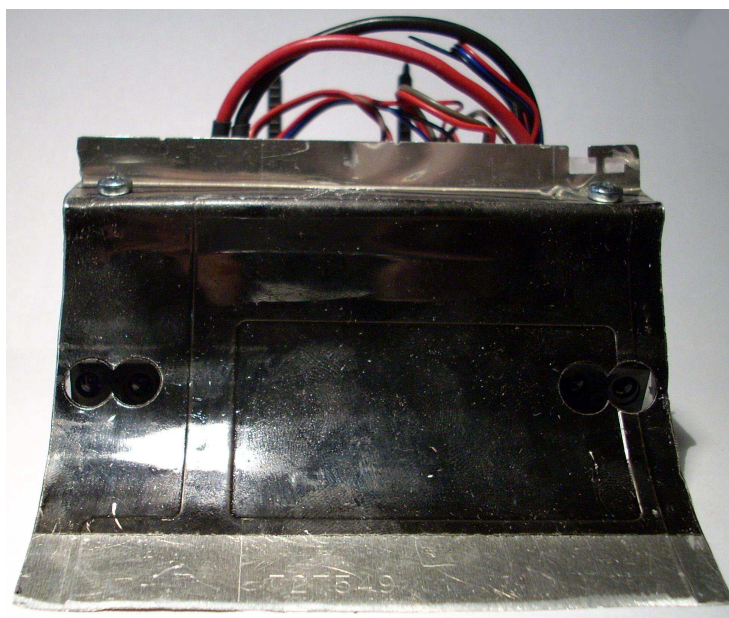


Rysunek 7. TCRT7000

4.4. Wykrywanie przeciwnika

W początkowej wersji robota używany był czujnik SHARP GP2D120. Jego największą wadą jest jednak silna nieliniowość sygnału wyjściowego oraz strefa martwa. Można oczywiście rozwiązać oba te problemy, np. przez odpowiednie stabilizowanie pomiarów czy zamontowanie czujników tak, aby nie było możliwości pojawienia się przeciwnika w strefie martwej (wymaga to specjalnej konstrukcji robota ściśle dopasowanej do ułożenia czujników).

Na zawodach robotów wystąpił wyposażony w dwa czujniki SHARP GP2Y0D310K. Okazały się one o wiele prostsze w użyciu, szybsze oraz mniejsze (prawie o połowę). Zostały one podłączone zgodnie z dokumentacją (mowa tu o wartościach rezystora i kondensatora które są niezbędne do działania). Czujnik działa bez zarzutów. Udało się go umieścić z przodu robota, bardzo nisko nad podłożem, co pozwala „widzieć” nawet niskie roboty (kto był na tegorocznych zawodach wie, że większość robotów była niska).



4.5. Sterowanie napędami

Jako sterownik napędów został użyty scalony podwójny mostek H - L298HN. Sposób podłączenia widać na schemacie w punkcie 4.3. Wejścia Enable są sterowane falą prostokątną (PWM) co umożliwia kontrolę prędkości robota. Silniki nie mają problemów nawet przy wypełnieniu PWM'a sięgającego 100 %.

5. Zasilanie

5.1. Użyty akumulator

Źródłem zasilania dla układu jest pakiet Li-Pol firmy Kokam. Charakterystyka :

- pojemność : 910 mAh,
- napięcie znamionowe: 11,1 V,
- stały prąd rozładowywania : 13,6 A (15 C),
- wymiary : 18 x 33 x 63 mm,
- waga : 67 g.

5.2. Kilka słów o pakietach Li-Pol

(tłumaczenie z <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=209187>)

Ogniwa Li-Pol powinny być ładowane w całkowicie odmienny sposób niż ogniwa NiCad czy NiMH. Wymagają one więc zupełnie innych narzędzi do ładowania. Nie wolno ładować ogniwa Li-Pol przy użyciu ładowarki przeznaczonej do ogniwa NiCad czy NiMH. Przy ładowaniu pakietu ważnym jest aby ustawić ładowarkę na odpowiednie napięcie oraz liczbę ogniwa w pakiecie. Nie zastosowanie się do tych wskazówek może spowodować zapłon pakietu.

Pakiety Li-Pol używane są w wielu urządzeniach elektronicznych, np. telefony komórkowe, PDA, aparaty słuchowe. Większość z nich nie jest zaprojektowana do użytku amatorskiego, dlatego należy używać jedynie tych specjalnie dobranych (kupując w sklepach modelarskich). Są one podobne do ogniwa Li-Ion z tego powodu, że mają napięcie nominalne 3.6-3.7 V na ogniwo, ale różnią się tym, że nie mają sztywnych, metalowych obudów, tylko giętkie opakowania. Przeciętne ogniwo Li-Pol ma kształt cienkiego prostokąta. Na jednej z krawędzi tego prostokąta znajdują się dwie elektrody, dodatnia i ujemna. Powodem używania ogniwa Li-Pol jest to, że są znacząco lżejsze niż porównywalne parametrami baterie NiCad / NiMH, co ma duże znaczenie gdyż waga jest często ważnym parametrem konstrukcji.

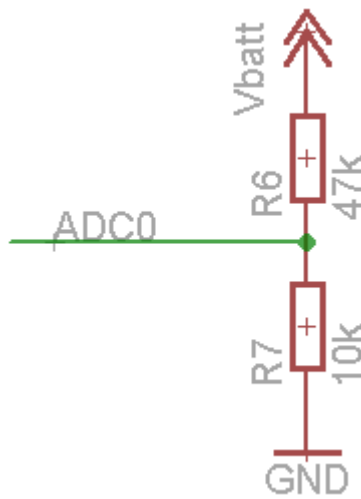
Pakiety Li-Pol zachowują się inaczej niż baterie NiCad / NiMH. Pakiety Li-Pol są całkowicie naładowane kiedy każde z ogniwa ma napięcie 4.2 V. Całkowite rozładowanie następuje w momencie, gdy ogniwo ma napięcie mniejsze niż 3V. Bardzo ważna jest więc zasada, żeby nie rozładowywać pakietu bardziej niż 3V na ogniwo, np. przy pakiecie składającym się z 3 ogniwa, nie należy rozładowywać pakietu bardziej niż $3 \times 3 \text{ V} = 9 \text{ V}$. Tak samo ważne jest aby nie ładować pakietu bardziej niż 4.2 V na ogniwo. Niezastosowanie się do tych zaleceń spowoduje zniszczenie ogniwa, a w najlepszym przypadku znaczny spadek jego pojemności. Sposobem na przestrzeganie tych zaleceń podczas pracy układu jest ciągle mierzenie napięcia na pakiecie i natychmiastowe reagowanie na spadek napięcia poniżej krytycznego poziomu. Należy wtedy najlepiej wyłączyć urządzenie (lub przynajmniej przejść w tryb zmniejszonego poboru energii – uśpienia) i podłączyć pakiet do ładowarki. Proponowane progi odciążenia to 3.3 V dla normalnego odciążenia oraz 3 V dla odciążenia obowiązkowego.

Stały prąd rozładowywania jest to parametr mówiący o tym jak szybko można pakiet rozładować. Prąd dla pakietów wyrażany jest w jednostkach zwanych „C”. Przykładowo, prąd 1C rozładowuje baterię w czasie 1/1 godzin. Prąd 2C rozładowuje baterię w czasie 1/2 godziny. Wszystkie baterie są oznaczane parametrem wyrażanym w mAh (mili Amp hours – mili Ampero godziny). Przykładowo, jeśli bateria ma oznaczenie 2000 mAh, można ją całkowicie rozładować prądem 2000 mA (czyli 2 A) w czasie 1 godziny. Można powiedzieć, że bateria oznaczona 2000 mAh rozładowywana prądem 2 A, jest rozładowywana prądem 1C (2000 mA x 1). Analogicznie przy rozładowywaniu prądem 6A, czyli 3C (2000 mA x 3). Wszystkie baterie mają ograniczenia jak dużym prądem można je rozładować. Z tego powodu często łączy się baterie równolegle po to, aby zwiększyć maksymalny prąd rozładowania. Przykładowo, mając dwie baterie po 2000 mAh każda, po połączeniu równoległym otrzymujemy baterię 4000 mAh. Owa połączona bateria ma ten sam współczynnik C co baterie wyjściowe. Łączenie równoległe pozwala na tworzenie bardzo wysoko wydajnych prądowo baterii. Konwencja nazywania pakietów XSPX pozwoli na odszyfrowanie ile ogniw w środku połączonych jest równoległe a ile szeregowo. Cyfra stojąca przed literą S odpowiada liczbie ogniw połączonych szeregowo (Series). Cyfra stojąca przed literą P odpowiada liczbie ogniw połączonych równoległe (Parallel). Przykładowo 3S4P oznacza pakiet złożony z 12 ogniw. Będzie miał on napięcie znamionowe równe każdemu innemu pakietowi oznaczonemu 3S. Wynika to z tego, że liczba ogniw umieszczonych szeregowo determinuje owo napięcie. Jednak wydajność prądowa będzie 4 razy większa niż wydajność pojedynczego ogniwa. Przykładowo, jeśli nasz pakiet 3S4P ma prąd rozładowania 6C, pojemność 2100 mAh oraz napięcie nominalne 11.1 V (3 x 3.7 V), to prąd rozładowania wyrażony w Amperach wynosi 50.4 A (2100 mA x 6C x 4P).

Użyty pakiet składa się z trzech szeregowo połączonych ogniw, każde o napięciu nominalnym 3.7V. Przy maksymalnym naładowaniu każde ogniwo powinno dawać napięcie 4.2V. Jako próg wyłączenia robota (w celu zapobiegnięcia rozładowania ogniw poniżej poziomu w którym dojdzie do ich uszkodzenia) przyjęto 3V na ogniwo. Podsumowując:

- napięcie znamionowe pakietu $3 \times 3.7V = 11.1V$,
- napięcie akumulatora całkowicie naładowanego $3 \times 4.2V = 12.6V$,
- napięcie przy którym robot powinien się wyłączyć $3 \times 3V = 9V$.

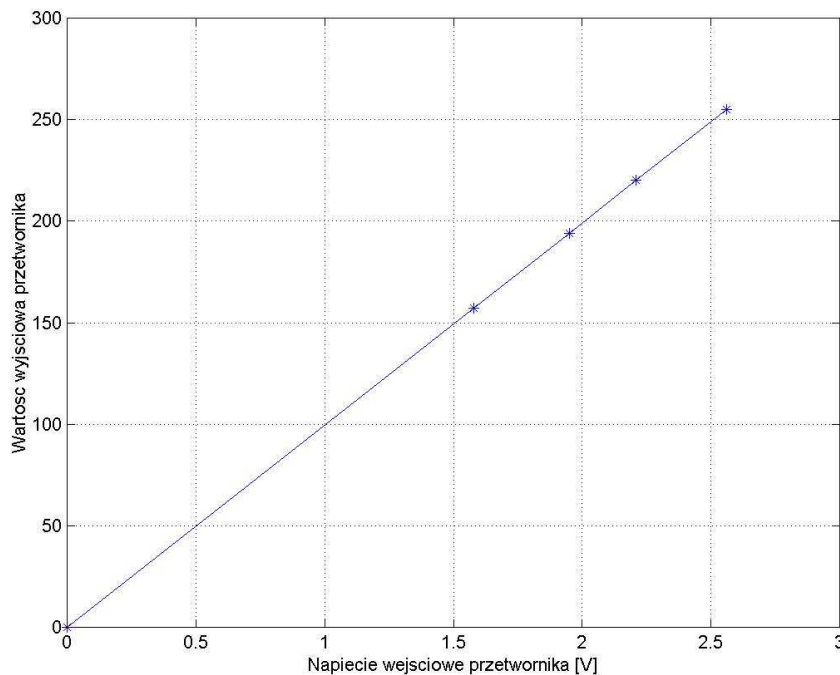
Do mierzenia napięcia użyto przetwornika wbudowanego w mikrokontroler (kanał 0, pin PC0). Jako napięcie odniesienia ustawione zostało napięcie odniesienia 2.56V. Napięcie jakie daje pakiet jest mierzone na bieżąco, na początku pętli głównej programu (oczywiście jest to pomiar napięcia pakiety pod obciążeniem, gdyż w przeciwnym wypadku pomiar nie byłby wiarygodny). Aby przetwornik mógł mierzyć napięcie jakie dostarcza pakiet, potrzebne jest użycie dzielnika jak na rysunku poniżej.



Rysunek 8. Dzielnik napięcia z akumulatora

Rezystory R6 i R7 zapewniają odpowiedni podział napięcia tak aby dopasować je do zakresu przetwornika (0 – 2.56V). Wartości odpowiednio 10k oraz 47k dają w punkcie ADC0 napięcia:

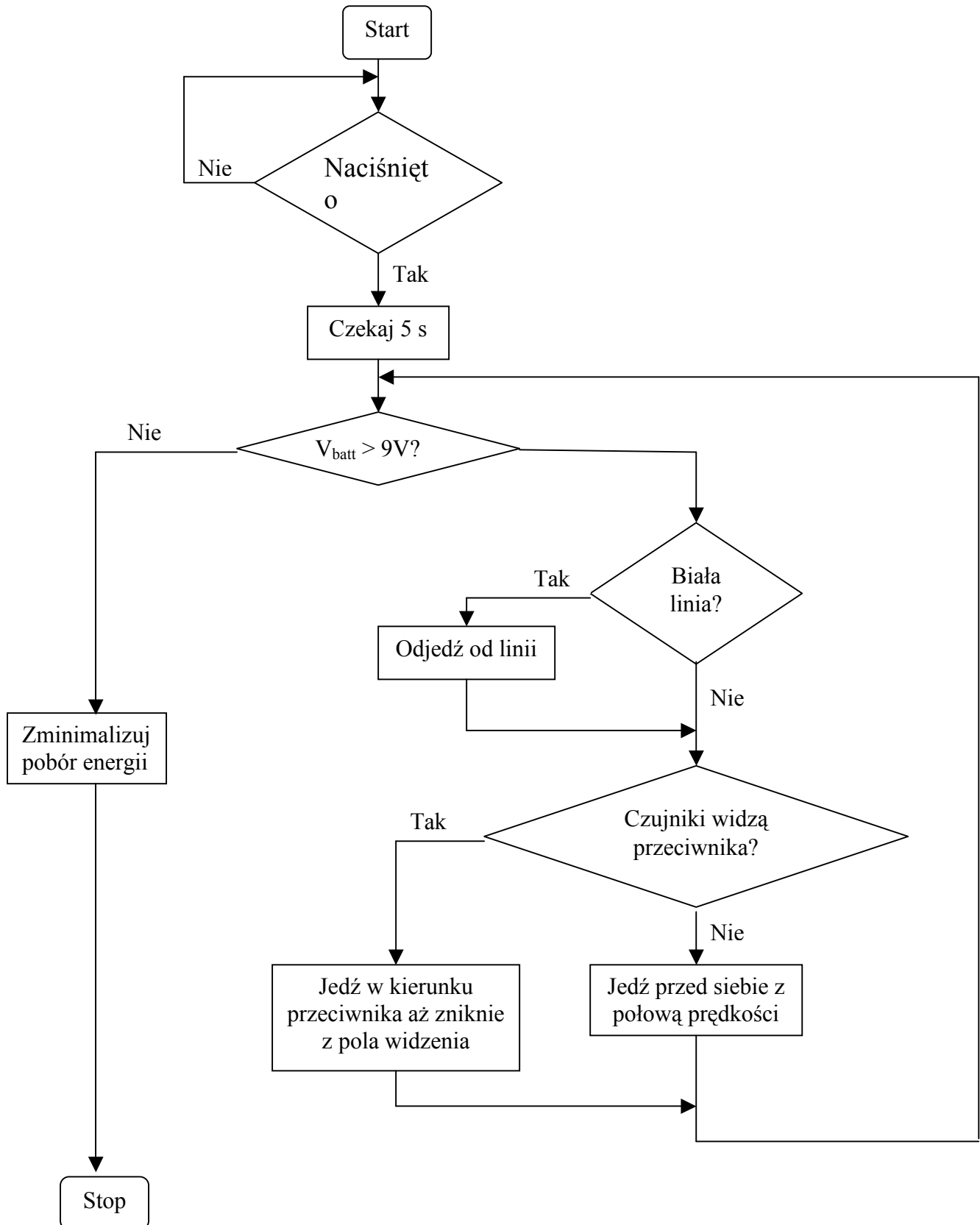
Napięcie pakietu (Vbatt) [V]	Napięcie w punkcie ADC0 [V]	Odczyt z przetwornika (1 bajt, czyli zakres 0 – 255)
12.6	2.21	220
11.1	1.95	194
9	1.58	157



Dokonywane jest 5 pomiarów napięcia a następnie liczona jest średnia (redukcja zakłóceń – zmniejsza wrażliwość na pojedyncze pomiary różniące się od pozostałych). Podczas zawodów okazało się, że próg odcięcia wynoszący 9 V jest za niski gdyż pakiet jest już wtedy prawie całkowicie rozładowany. W najbliższym czasie próg zostanie podniesiony do 10.2 V (czyli 3.4 V na ogniwo).

6. Oprogramowanie

Program dla mikrokontrolera został napisany w języku C w środowisku AVR Studio 4. Jest on bardzo prosty, gdyż z braku czasu został napisany dzień przed zawodami. Z tego też powodu nie udostępniam kodu. Schemat blokowy najprostszego algorytmu przedstawiony jest poniżej.



7. Wnioski

Robot powstał na krótko przed zawodami i nie było możliwości przetestować jego działania w walce z innymi robotami. Już w fazie projektowania oraz w czasie zawodów dały o sobie znać wady które wkrótce zostaną wyeliminowane. Oto niektóre z nich:

- brak przełącznika odcinającego napięcie zasilające – obecnie napięcie dołącza się przez wpięcie wtyczki pakietu do gniazdka – oczywistym jest że prędzej czy później wtyczka ulegnie uszkodzeniu, dlatego przełącznik jest lepszym rozwiązaniem,
- podczas zawodów, a właściwie tuż przed startem spaliła się dioda sygnalizująca obecność napięcia zasilającego; o mały włos robot nie wystąpiłby w ogóle,
- brak obudowy z tyłu robota – kable na wierzchu łatwo mogą ulec uszkodzeniu czy wypięciu,
- źle umiejscowiony przycisk startu robota – powinien on być duży i łatwo dostępny,
- zmienna odległość czujników białej linii od podłoża – powoduje to ich niestabilność,
- pług oraz płytkę z elektroniką przymocowane na stałe do robota – uniemożliwia to swobodny dostęp do wnętrza robota i szybkie modyfikacje,
- zbyt mała liczba czujników – brakowało czujników widzących w bok,
- robot miał zbyt małą stabilność stojąc w pionie co uniemożliwia sprawne jego wystartowanie,
- brak sygnalizacji (choćby diodami LED) aktualnego stanu robota (np. czy widzi przeciwnika itp.).

