

KoNaR

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

ROBOT MOBILNY TYPU LINE FOLLOWER JACK

Michał Rybczyński

Koło Naukowe Robotyków KoNaR

www.konar.pwr.wroc.pl

Wrocław 2011

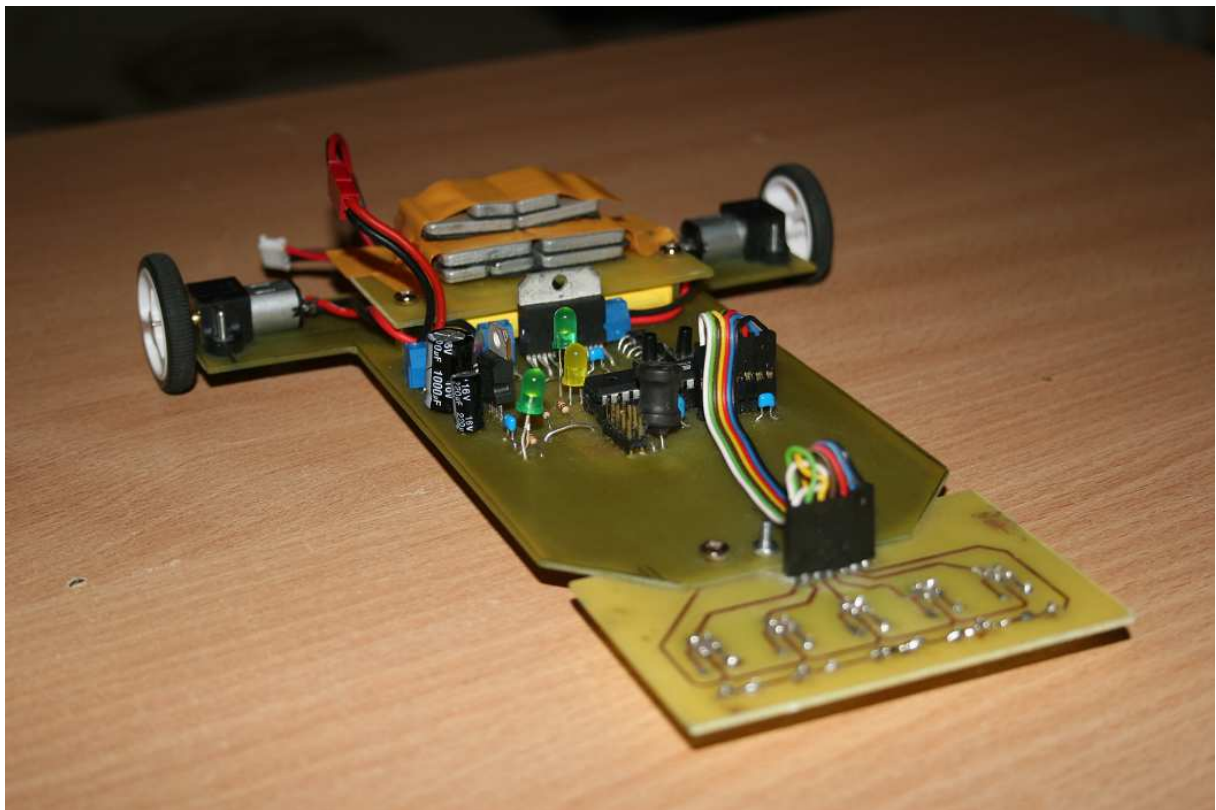
Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Konstrukcja mechaniczna	4
3. Zasilanie	5
4. Napęd	6
5. Elektronika	7
6. Program	9
7. Testy i modyfikacje	10
8. Wnioski	11
9. Podsumowanie	12

1.Wstęp

Niniejsza publikacja ma na celu przedstawienie konstrukcji robota typu Line Follower Jack (fot. 1) stworzonego w ramach rekrutacji do Koła Naukowego Robotyków KoNaR. Zostaną zaprezentowane główne założenia, schematy ideowe, zastosowane rozwiązania oraz problemy napotkane w trakcie budowy. W przypadku jakichkolwiek pytań, komentarzy, wątpliwości – proszę kierować je na adres mailowy losowe.znaki@gmail.com.

Robot wziął udział w zawodach Robomaticon 2011 w Warszawie zajmując 10. miejsce spośród 31 startujących.



Fotografia 1: Robot Jack

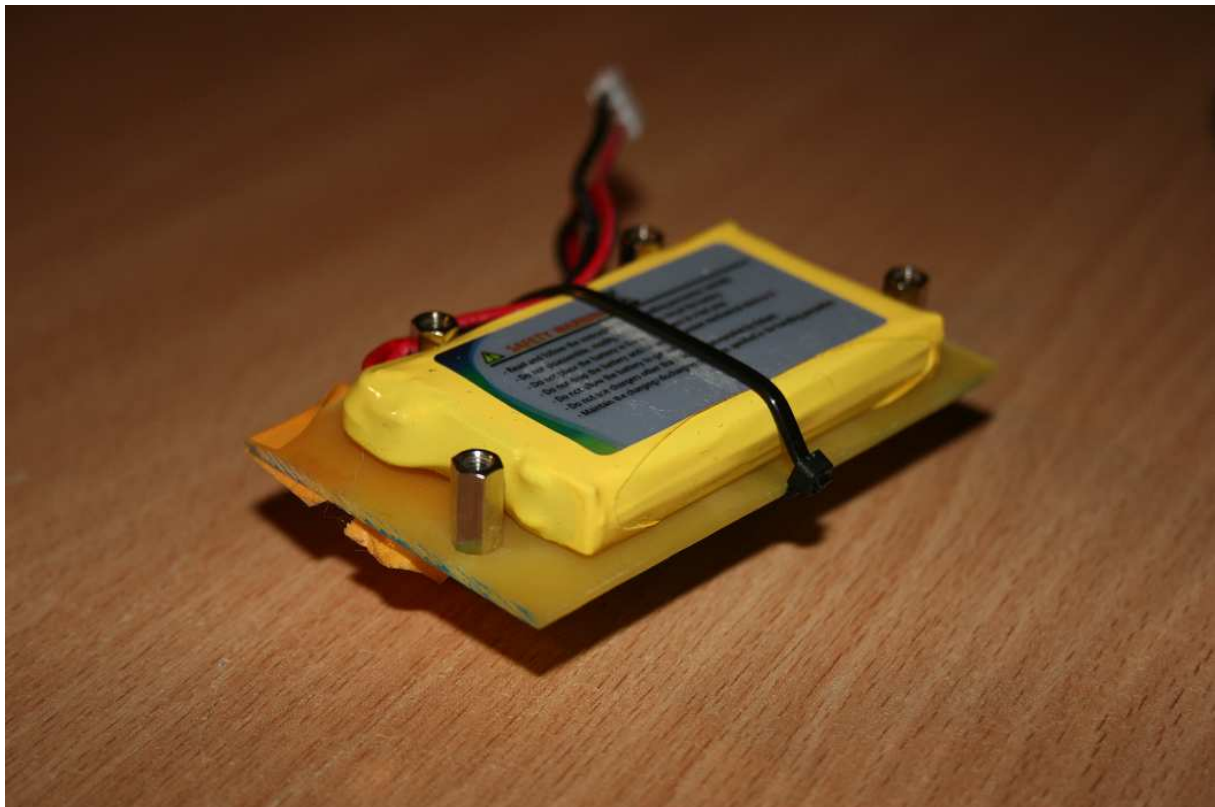
2. Konstrukcja mechaniczna

Podczas projektowania przyjęte zostały następujące założenia:

- możliwie niewielka masa,
- możliwie niskie położenie środka masy,
- zgodność z regulaminem zawodów.

Konstrukcję oparto na dwóch płytach laminatu – płycie głównej oraz płycie z czujnikami, połączonych ze sobą śrubami M3. Wymiary robota to 170x200 mm.

W celu obniżenia środka ciężkości wykonano kieszeń na akumulator, będący najcięższym pojedynczym elementem, umiejscowioną kilka milimetrów przed osią kół w kierunku czujników pod płytą główną. Kieszeń zrealizowano przy użyciu płyty laminatu dociętej na wymiar akumulatora, połączonej z płytą główną słupkami dystansowymi o długości 10 mm (fot 2.)



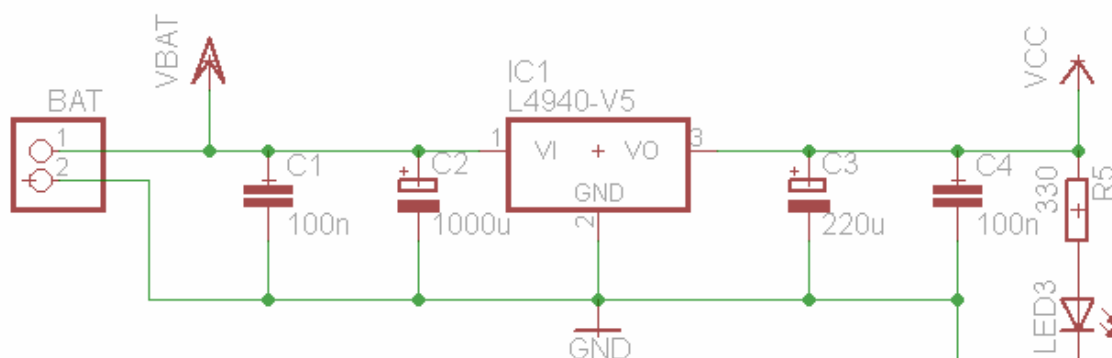
Fotografia 2: Kieszeń z zamontowanym akumulatorem

Tak utworzona kieszeń umożliwia sztywne zamontowanie akumulatora pod płytą główną.

3. Zasilanie

Robot zasilany jest akumulatorem litowo – polimerowym KOKAM o napięciu znamionowym 7,4V, pojemności 620mAh i prądzie rozładowania 15C. Jest on idealny do wymagań i potrzeb robota tej klasy – jego mała waga i wymiary umożliwiają korzystne zamontowanie na płycie głównej, a pojemność jest wystarczająca do przeprowadzenia serii testów, choć mniejsze pojemności również będą odpowiednie. Maksymalna wartość napięcia wynosi 8,4V i jest optymalna dla zastosowanych silników, które są zasilane bezpośrednio z akumulatora (uwzględniając spadek napięcia na użytym mostku H). Bateria posiada wtyczkę BEC, uniemożliwiającą odwrotne podłączenie do układu.

W robocie zastosowano układ stabilizatora napięcia L4940-V5 LDO w typowej aplikacji (rys. 1). Służy on do zasilania układów scalonych, wymagających napięcia zasilającego 5V, a także płyty z czujnikami.



Rysunek 1: Układ stabilizatora

4. Napęd

Układ napędowy z założenia tworzą dwa silniki Pololu HP z przekładnią 30:1 i obrotami biegu jałowego przy napięciu 6V 1000 obr/min, połączone z kołami Pololu 60x8 mm. Jako trzeci punkt podparcia użyto plastikową kulkę podporową Pololu Ball Caster o średnicy 3/8", zamontowaną w miejscu łączenia płyty głównej i płyty z czujnikami (fot.3). Silniki pozwalają na uzyskanie bardzo dużych prędkości (ponad 1m/s), są bardzo popularne w najszybszych konstrukcjach w Polsce i Europie.



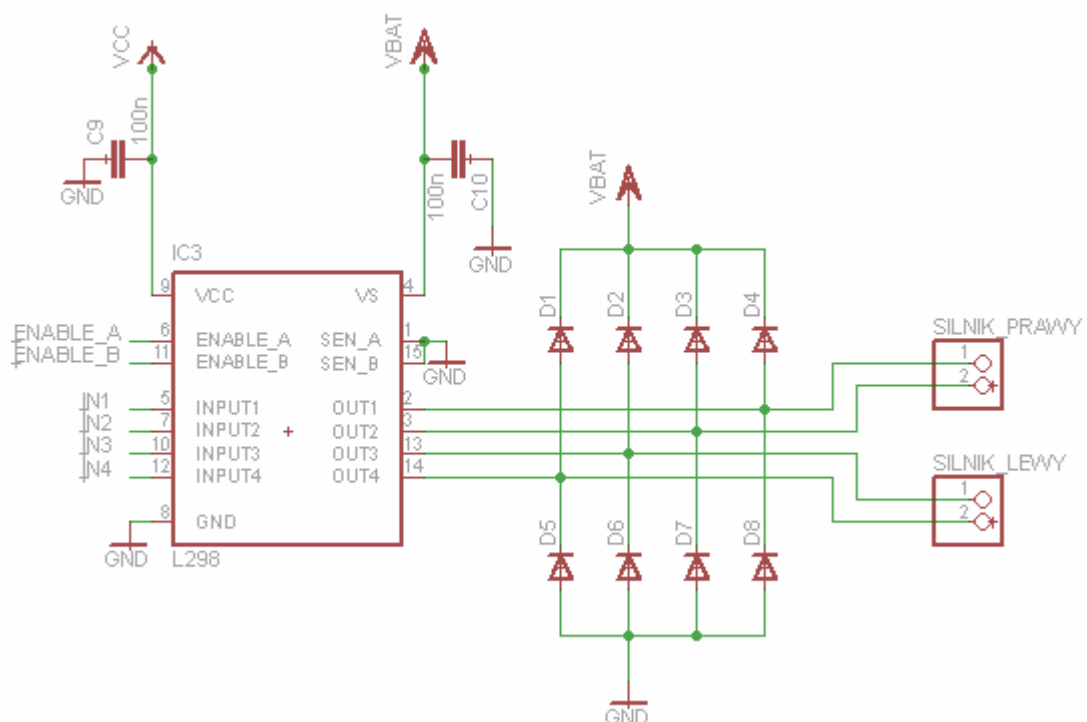
Fotografia 3: Widok od spodu

Obie płyty połączone są taśmą ze złączami typu goldpin. Wyjścia z czujników podpięte są bezpośrednio pod port obsługujący przetwornik analogowo – cyfrowy. Ostatnia linia przetwornika ADC wykorzystywana jest do pomiaru napięcia na akumulatorze. Dzielnik napięciowy zbudowany z dwóch rezystorów 47k powoduje, że maksymalne napięcie podawane na pin mikrokontrolera nie przekracza wartości dozwolonej 5V. Przetwornik jako napięcie referencyjne wykorzystuje AV_{CC} filtrowane zgodnie z notą katalogową (filtr LC dla AV_{CC} oraz pin AREF połączony przez kondensator 100n do masy).

Na płycie głównej znajdują się dwie diody elektroluminescencyjne umożliwiające sygnalizowanie poprawnego działania układu, a także niski poziom baterii. Ponadto występują dwa przyciski, służące do włączania i wyłączania programu głównego.

Płyta z czujnikami posiada 5 czujników koloru CNY70 ułożonych w linii a także rezystory ograniczające prąd diody podczerwonej oraz rezystory podciągające kolektor fototranzystora do V_{CC} o wartości $47k\Omega$, dobranej na podstawie publikacji **Roberta Budzińskiego** o robocie Bizonek. Odległość między czujnikami wynosi 15 mm, co przy standardowej szerokości linii (19 mm) umożliwia dokładniejsze ustalenie położenia robota względem linii.

Do sterowania silnikami wykorzystano popularny mostek H – L298, umożliwiający sterowanie sygnałem PWM. Schemat ideowy wraz z aplikacją zgodną z notą katalogową mostka przedstawia rys. 4:



Rysunek 4: Schemat ideowy mostka H

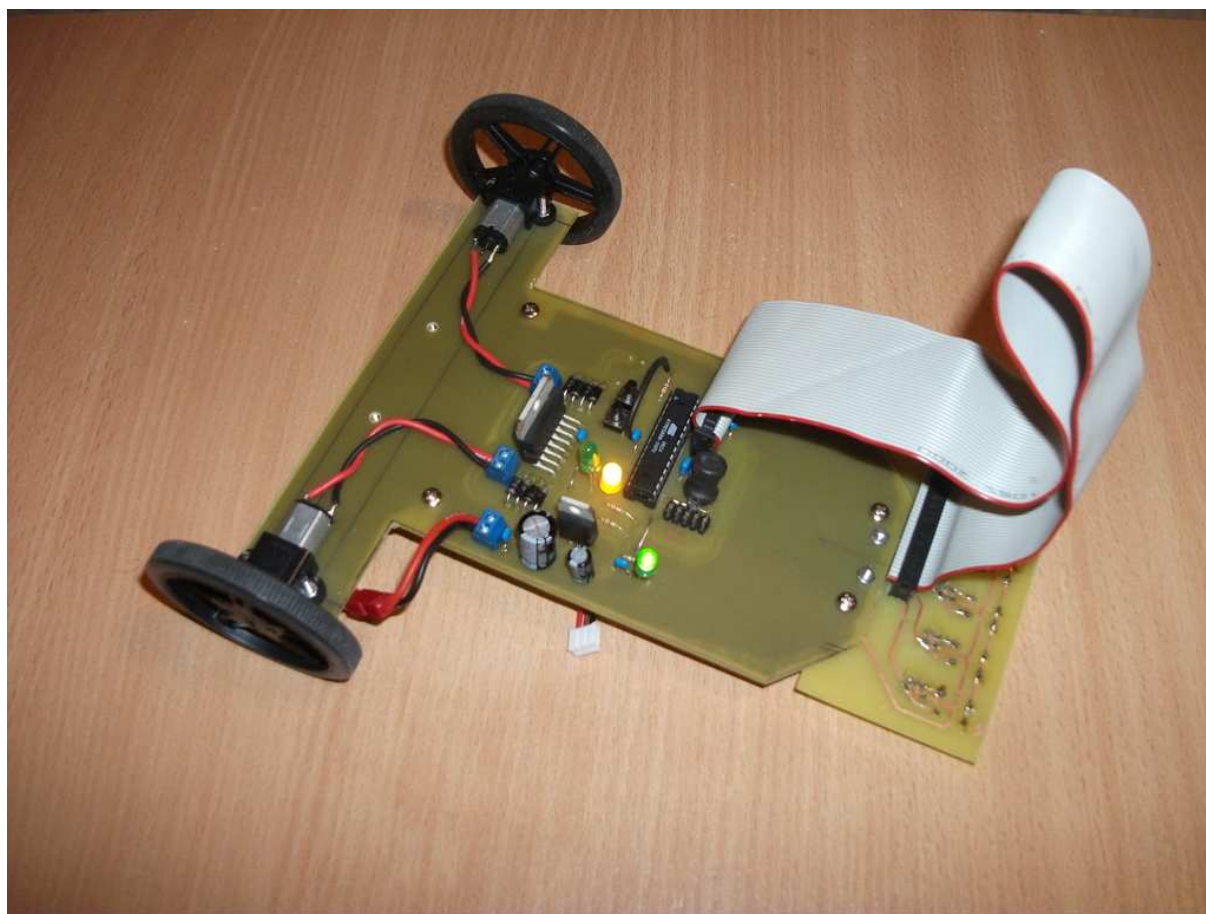
6. Program

Kod programu sterującego robotem został napisany w języku C z wykorzystaniem darmowego środowiska AVR Studio 4, możliwym do ściągnięcia ze strony producenta. Robot po włączeniu zasilania oczekuje na wciśnięcie przycisku uruchamiającego pętlę główną. Po wciśnięciu następuje proces autokalibracji – robot odczytuje napięcie na czujniku środkowym oraz skrajnie lewym a następnie oblicza wartość średnią, która ustala granicę pomiędzy stanem wysokim i niskim, czyli wykryciem linii lub jego brakiem. Po zakończeniu kalibracji robot rozpoczyna przejazd, który trwa do chwili wciśnięcia drugiego przycisku. Oba przyciski zostały zaprogramowane z wykorzystaniem przerw zewnętrznych.

Pętla główna rozpoczyna się odczytem stanu całej linii czujników i przypisaniu konkretnej wartości liczbowej odwzorowującej położenie robota. Na podstawie tej wartości zaimplementowany algorytm regulatora PD oblicza wartość błędu, będącą różnicą pomiędzy aktualnym położeniem robota i położeniem docelowym, a następnie uwzględniając nastawy regulatora oblicza sterowanie zadawane silnikom w sposób różnicowy. Wartości nastaw należy dobierać eksperymentalnie, rozpoczynając od zwiększania wzmocnienia członu P aż do uzyskania nierosnących oscylacji, następnie należy zmniejszyć tę wartość do ok. 70% i stopniowo zwiększać wzmocnienie członu D.

7. Testy i modyfikacje

Próby prototypu (fot. 3) przy małej prędkości na kartonowej trasie wypadły pomyślnie. Problemy pojawiły się przy testach na podłożu konkursowym (płyce meblowej) oraz przy zwiększaniu prędkości – robot wpadał w zbyt duże poślizgi powodujące wypadanie z trasy. Główną przyczyną okazały się koła o słabej przyczepności oraz źle rozłożona masa – konstrukcja była lekko nachylona w kierunku czujników, natomiast środek masy był zbyt oddalony od osi kół.



Fotografia 4: Prototyp robota

Pierwsza modyfikacja polegała na dociążeniu robota tuż przed osią, co znacznie poprawiło osiągi, które niestety wciąż były dalekie od pożądaných. Następnie odwrócono kieszeń z akumulatorem montując ją na płycie głównej, co umożliwiło nieznaczne obniżenie tylnej części i wypoziomowanie konstrukcji. Niestety, nie zauważono większego wpływu tej modyfikacji na czas przejazdu oraz utrzymywanie się na torze. W dalszej kolejności podjęto decyzję o wymianie kół na mniejsze – 32x7mm firmy Pololu, co dało wymierny efekt w połączeniu z poprzednimi modyfikacjami.

8. Wnioski

- Brak włącznika zasilania – załączanie poprzez połączenie wtyczki akumulatora z gniazdem wyprowadzonym z płytki na przewodzie na dłuższą metę jest niewygodne i może prowadzić do uszkodzenia wtyczki lub wyrwania przewodu z gniazda na płycie.
- Prawidłowe rozłożenie masy ma ogromny wpływ na zachowanie robota – większy nacisk na oś umożliwia większą dynamikę skrętów a co za tym idzie – lepsze pokonywanie ostrych zakrętów.
- Układ sygnalizujący rozładowanie akumulatora spełnia swoją funkcję, jednak jest niedokładny – napięcie podawane na wejście przetwornika ADC różni się od napięcia baterii o niewielką wartość. Dużo lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie zewnętrznego układu odcinającego zasilanie.
- Układ L298 jest niezbyt trafnym wyborem – to dość przestarzała konstrukcja w niewygodnej obudowie, która przysparza problemów przy projektowaniu ścieżek na PCB, a także charakteryzująca się wysokim spadkiem napięcia – ok. 2V, co przy zasilaniu w zakresie 6-8V czyni istotną różnicę.
- Zasilanie silników bezpośrednio z akumulatora przy zastosowaniu algorytmu PD wymusza ciągłe ładowanie baterii do określonej wartości, ponieważ nastawy regulatora stają się nieaktualne wraz z rozładowaniem. Lepszym pomysłem jest zastosowanie przetwornicy impulsowej która gwarantuje stałe napięcie zasilające silniki.

9. Podsumowanie

Głównym celem projektu było zdobycie podstawowej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych niezbędnych przy tworzeniu robotów. Wyciągnięte wnioski oraz doświadczenie uzyskane podczas pracy umożliwią zbudowanie doskonalszej konstrukcji.

Chciałbym podziękować wszystkim osobom które przyczyniły się do powstania Jacka, w szczególności **Karolowi Sydorowi** za nieocenioną pomoc w fazie projektu płytki oraz **Adamowi Bąkowskiemu** za wsparcie techniczne.