



KoNaR

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

Robot mobilny klasy Line Follower Serdel

Przemysław Jankowski

Koło Naukowe Robotyków KoNaR

www.konar.pwr.wroc.pl

Wrocław 2011

Spis treści

1. Wstęp	- 3 -
2. Założenia projektowe	- 3 -
3. Mechanika	- 4 -
4. Układ napędowy	- 6 -
5. Układ zasilania	- 7 -
6. Elektronika	- 8 -
7. Oprogramowanie	- 10 -
8. Podsumowanie	- 10 -

1. Wstęp

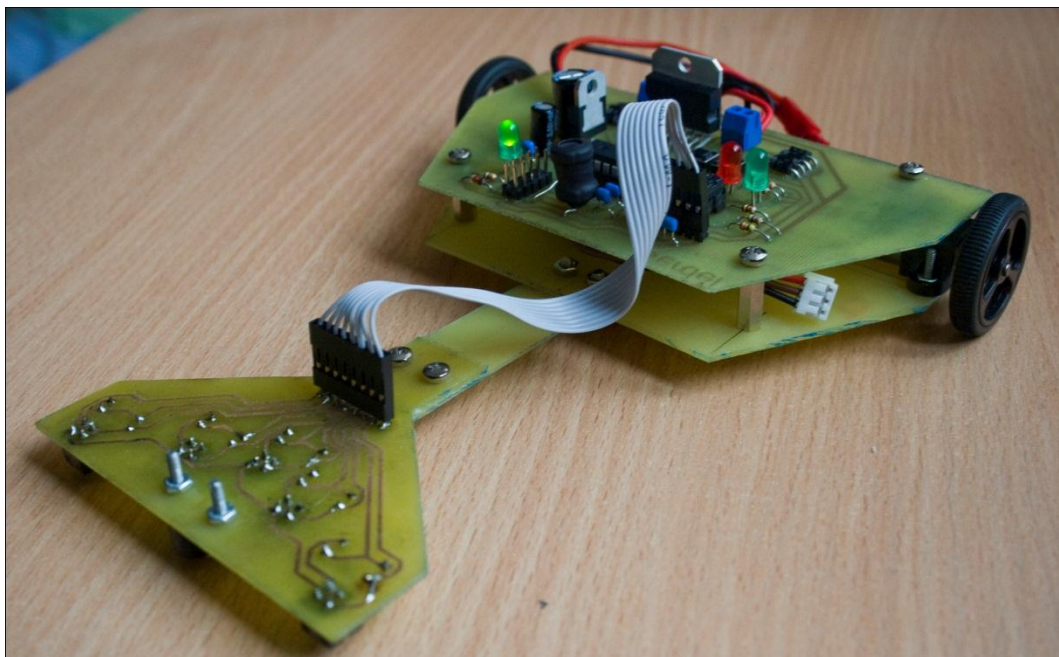
Serdel to robot, który powstał w ramach warsztatów dla studentów 2-go roku organizowanych przez starszych członków Koła Naukowego Robotyków KoNaR, działającego przy Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej.

Czas jego powstawania wliczając fazę projektową oraz wykonanie datuje się na okres od grudnia 2010r. do lutego 2011r. Zwieńczeniem prac nad robotem był jego start w zawodach robotów mobilnych Robomaticon, organizowanych przez Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej.

Dokument ten charakteryzuje rozwiązania wykorzystane przy konstrukcji robota, wraz z ich oceną z punktu widzenia doświadczeń zdobytych podczas zawodów.

2. Założenia projektowe

Z powodu braku doświadczenia początkowo celem projektu było jedynie skonstruowanie robota będącego w stanie pokonać trasę zgodną ze standardami wykorzystywanymi podczas zawodów, jednak wraz z czasem oczekiwania wobec niego rosły. Ostatecznie powstał szybki robot będący w stanie nawiązać walkę z konstrukcjami należącymi do czołówki polskich Line Followerów.

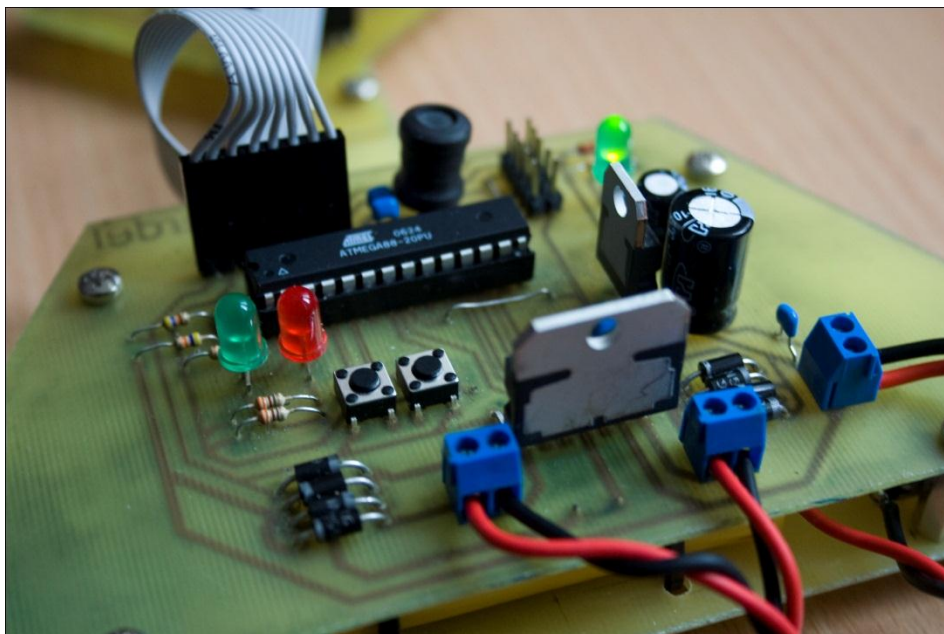


Fotografia 1: Robot mobilny Serdel

3. Mechanika

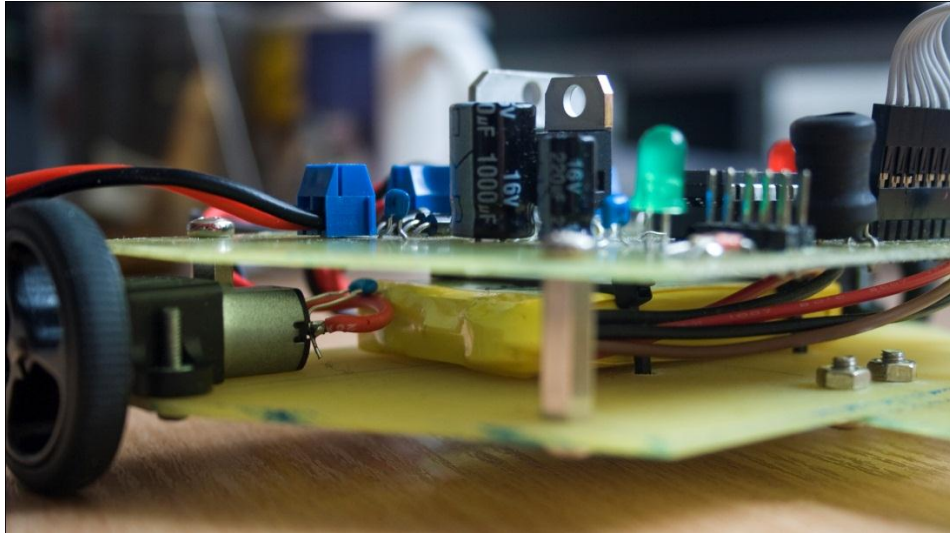
Praktycznie cała konstrukcja robota oparta została o odpowiednio wycięte kawałki laminatu. Jest on zarówno łatwy w obróbce, co jest istotne w warunkach domowych, jak i lekki, co z kolei pozytywnie wpływa na osiągi robota klasy Line Follower na torze.

Podstawowym elementem robota jest nadwozie w kształcie ściętego trapezu, na którym umieszczone zostały podzespoły elektroniczne (fot. 2).

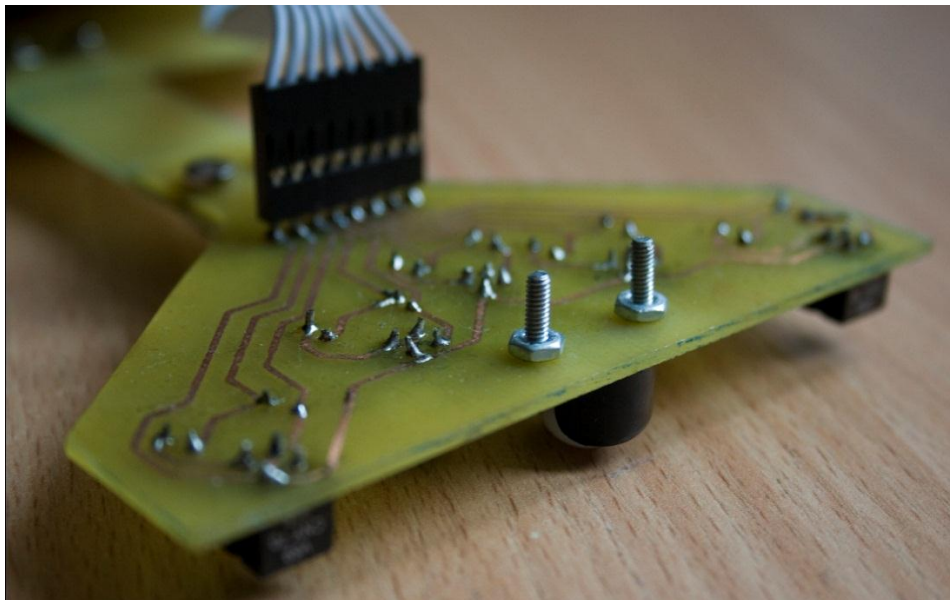


Fotografia 2: Płytką z elektroniką

Podwozie, będące przystającym trapezem, przymocowano do płytki z elektroniką za pomocą śrub oraz aluminiowych dystansów. Do niego przytwierdzone zostały przy pomocy plastikowych obejm silniki oraz akumulator (fot. 3). Z przodu robota znajduje się płytką z czujnikami (fot. 4), połączona z podwoziem przy pomocy wspornika wykonanego z laminatu. Jest ona wysunięta ok. 14cm przed oś silników.

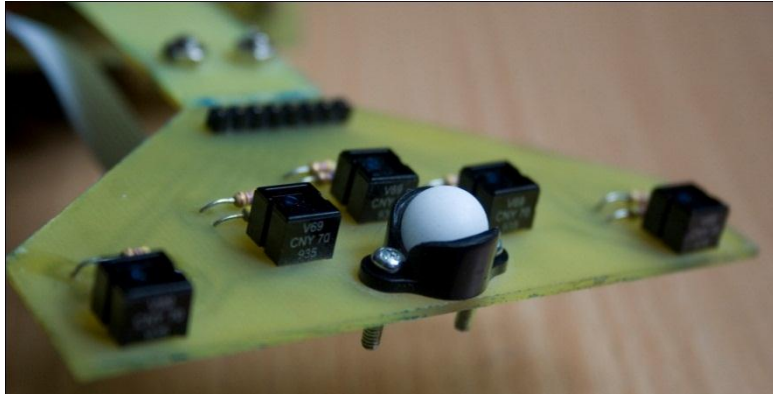


Fotografia 3: Podwozie robota



Fotografia 4: Płytką z czujnikami

Robot posiada trzy punkty podparcia – dwa koła usytuowane z tyłu oraz plastikową kulkę o średnicy 3/8 cala znajdującą się w przedniej części płytki z czujnikami (fot. 5), które utrzymują go na wysokości około ośmiu milimetrów nad ziemią.



Fotografia 5: Kulka podpierająca robota

Jednym z wymogów stawianych przed robotem klasy Line Follower przez konstruktorów jest niewielka masa, bezpośrednio przekładająca się często na maksymalną prędkość robota na torze. Opisywana konstrukcja waży dokładnie 181g (wraz z akumulatorem), co jest akceptowalnym wynikiem. Istotniejszym elementem niż sama masa, jest jej rozłożenie. Środek ciężkości robota znajduje się 1,5cm nad ziemią i jest wysunięty przed oś silników o ok. 1cm. Wraz z oponami Pololu zapewnia to robotowi odpowiedni docisk oraz przyczepność. Podczas testów praktycznie nie stwierdzono poślizgów.

4. Układ napędowy

Do napędu robota wykorzystano silniki Pololu HP z przekładnią 30:1. Na ich wałach zamontowane zostały koła tej samej firmy o średnicy 32mm (fot 4.).



Fotografia 6: Koło robota

Wysokie obroty silnika dochodzące do 1000obr/min zapewniły zadowalającą prędkość nawet przy tak niewielkich kołach.

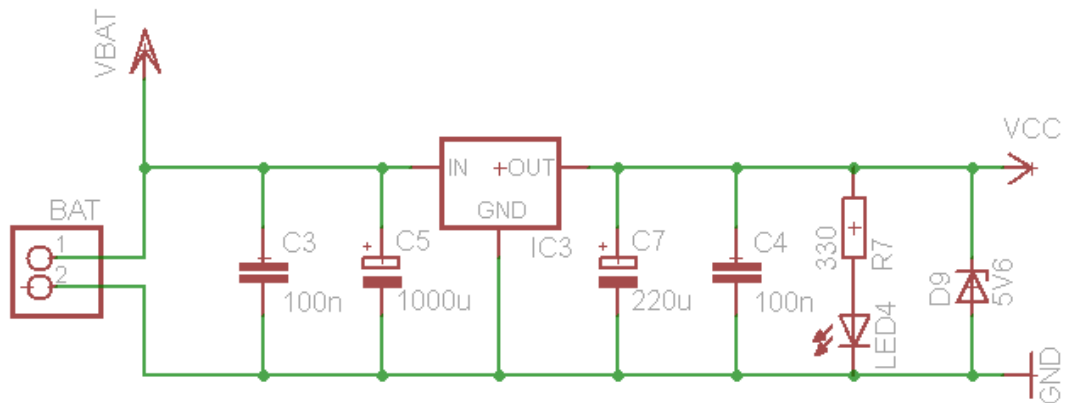
Z powodu braku jakichkolwiek poślizgów w fazie testów pozostawione zostało fabryczne ogumienie.

Bezpośrednio do silników dolutowane zostały równolegle kondensatory 100nF, ponieważ silniki generowały zakłócenia.

5. Układ zasilania

Do zasilania robota wykorzystano pakiet dwóch ogniw litowo-polimerowych firmy Kokam o pojemności 640mAh ważący 36g. Jest to pojemność zdecydowanie wystarczająca, pozwalająca na kilka minut ciągłej jazdy.

Elektronika robota zasilana jest napięciem stabilizowanym 5V, natomiast silniki bezpośrednio z baterii (rys. 1).



Rysunek 1: Układ zasilający

Jak się okazało nie jest to dobre rozwiązanie, ponieważ optymalne nastawy algorytmu PD, którym sterowany jest robot zmieniają się wraz ze spadkiem napięcia zasilającego, przez co aby robot jeździł na maksimum swoich możliwości, jego akumulator musi być doładowywany praktycznie po każdym przejeździe. O wiele lepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie pakietu trzech

ogniw oraz przetwornicy impulsowej, dzięki czemu napięcie dostarczane do silników byłoby stałe, niezależnie od stopnia rozładowania akumulatora.

Brakuje także przełącznika hebelkowego załączającego układ. Ciągłe rozłączanie złącza akumulatora może łatwo doprowadzić do zniszczenia przewodu bądź wtyczki. Zdarza się również, że zastosowane złącze ciężko rozłączyć, co może być zdradliwe przy nagłej potrzebie awaryjnego odcięcia zasilania.

6. Elektronika

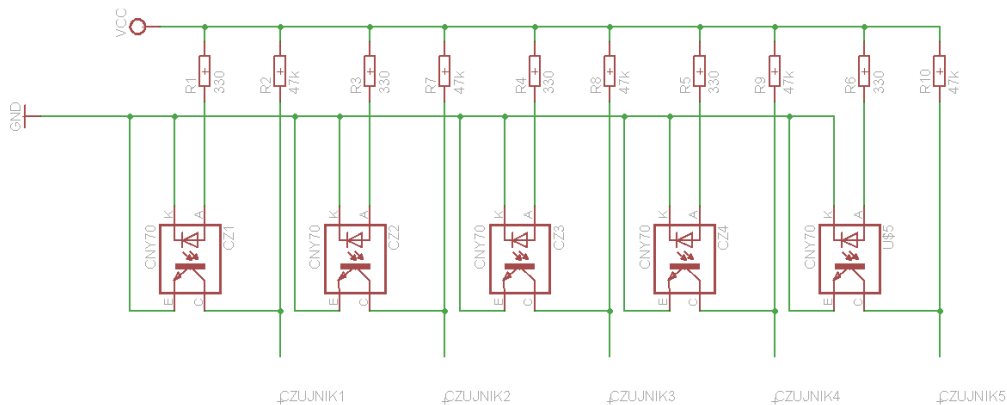
Część elektroniczna oparta została na autorskim projekcie zarówno płytki głównej, jak i płytki z czujnikami. Został on wykonany w programie EAGLE.

Robotem steruje mikrokontroler Atmega88 taktowany wewnętrznym zegarem 8MHz. Port C zajęty jest przez czujniki koloru. Do odczytu ich pomiaru wykorzystywany jest przetwornik analogowo-cyfrowy mikrokontrolera. Na płycie znalazły się też dwie diody świecące oraz dwa przyciski umożliwiające przełączanie trybu pracy robota. Sześć wyprowadzeń mikrokontrolera zajmuje popularny mostek L298 sterujący silnikami. Zaimplementowane zostało również gniazdo ISP w standardzie KANDA, co umożliwia programowanie robota bez konieczności usuwania z niego mikrokontrolera.

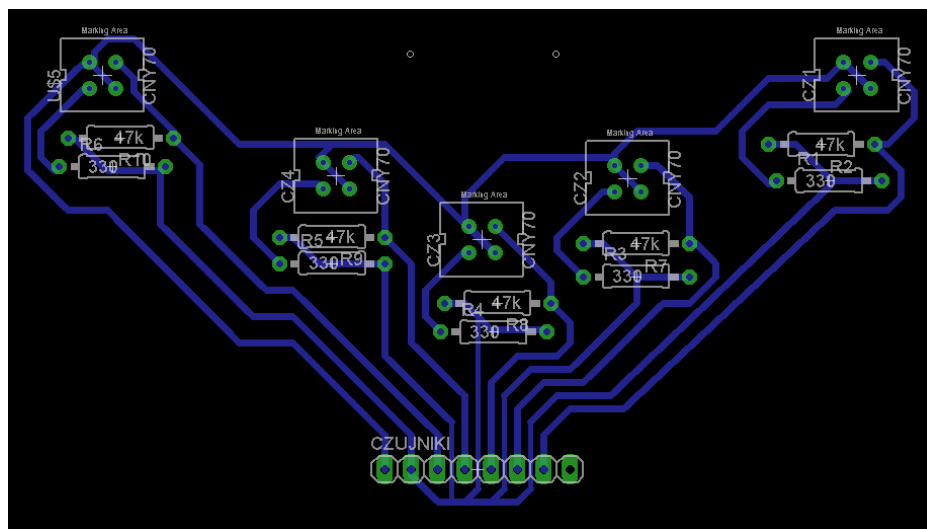
Jedno z wyprowadzeń przetwornika analogowo-cyfrowego zostało podłączone do rezystorowego dzielnika napięcia 1:2. Ma to na celu pomiar poziomu naładowania akumulatora i zatrzymanie robota, gdy osiągnie on poziom krytyczny. Układ ten nie spełnia jednak swojego zadania w pełni poprawnie. Mianowicie odczyt pomniejszony jest o ok. 1,2V w stosunku do rzeczywistego napięcia na wyjściu akumulatora. Prawdopodobnie spowodowane jest to spadkami napięć na mostku L298. Robot staje w miejscu sygnalizując, iż akumulator powinien zostać naładowany, mimo że napięcie na celę wynosi 3,6V, gdzie za poziom krytyczny przyjęto 3,0V. O wiele lepszym rozwiązaniem jest układ zabezpieczający autotstwa Adama Pyki (do odnalezienia w dziale download na stronie internetowej KoNaRu).

Robot wykrywa linię na podstawie odczytu z pięciu czujników CNY70. Każdy z nich składa się z diody podczerwonej i fototranzystora (rys. 2). Kolor czarny odbija o wiele mniej światła emitowanego przez diodę niż kolor biały, co owocuje mniejszym prądem płynącym przez tranzystor. Na podstawie odczytu napięcia na nim robot określa swoją pozycję.

Czujniki ułożone zostały w literę V (rys. 3), co pomaga we wcześniejszym wykrywaniu zakrętów i przyspiesza reakcję robota. Szerokość rozstawienia czujników podyktowana jest standardową szerokością linii na zawodach. Płytkę z czujnikami połączona jest z płytką główną za pomocą taśmy ośmiożyłowej.



Rysunek 2: Schemat ideowy płytki z czujnikami



Rysunek 3: Schemat konstrukcyjny płytki z czujnikami

7. Oprogramowanie

Program napisany został w języku C przy użyciu kompilatora avr-gcc. Robot posiada dwa tryby pracy – postojowy, oraz tryb jazdy. W celu przełączania się między nimi wykorzystane zostało przerwanie zewnętrzne inicjowane przyciskiem na płycie z elektroniką.

Algorytm pozwalający robotowi podążać za linią oparty jest o regulator PD (proporcjonalno-różniczkujący), który można dostrajać zmieniając wartości współczynników K_p oraz K_d . Jego działanie polega na tym, że robot reaguje tym gwałtowniej im dalej od środka linii się znajdzie (człon P) oraz warunkuje swoje zachowanie w zależności od tendencji – porównuje ostatni zapamiętany stan czujników z obecnym (człon D). Algorytm próbowano wzbogacić o człon całkujący, jednak po kilku testach okazało się, że działa lepiej przy wykorzystaniu jedynie członów P oraz D. Robot posiada także algorytm pozwalający mu wrócić na trasę po wypadnięciu z niej na zakręcie.

Jak się okazało, ułożenie czujników w kształt litery V niesło ze sobą pewną niedogodność. Zdarzało się mianowicie, że podczas próby pokonania kąta prostego robot wjeżdżał w zakręt z prędkością niepozwalającą mu na natychmiastowe zareagowanie, przestrzeliwał go, a ostatnie co „pamiętał” to fakt, że czarna linia była pod środkowym czujnikiem, dlatego, że jest on najbardziej cofnięty. W takiej sytuacji robot jechał prosto przed siebie wypadając z trasy. Ten wyjątek musiał zostać dodatkowo oprogramowany.

8. Podsumowanie

Tydzień po zakończeniu prac nad robotem wystartował on na turnieju robotów mobilnych Robomaticon organizowanym przez Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. W kategorii Line Follower zarejestrowanych zostało przeszło 50 robotów, ostatecznie jednak nie wszyscy stawili się na zawodach. Po zakończeniu przejazdów eliminacyjnych, na dość wymagającej trasie (przejechało ją tylko ok. 25 robotów) omawiany robot zajmował całkowicie niespodziewanie 4 pozycję. Trasa finałowa okazała się dla niego niezwykle trudna. Z powodu zbyt małej ilości czujników, niedoskonałości konstrukcji oraz braku doświadczenia

konstruktora robota należało zwolnić, aby był w stanie ukończyć wyścig. To jednak nie przeszkodziło mu w zajęciu wysokiego ósmego miejsca.

Robot dostarczył konstruktorowi wiele satysfakcji z powodu swoich osiągnięć. Pozwolił też nabrać doświadczenia, które wykorzystane zostanie przy kolejnych projektach.