



Koło naukowe KoNaR

Systemy rozproszone

Piotr Piwko

Wrocław, 2 kwietnia 2006 r.

1. Założenia projektu

Głównym założeniem projektu jest skonstruowanie dwóch modułów nadawczo-odbiorczych. Takie moduły idealnie będzie można wykorzystać w sterowaniu oraz komunikacji jednostek np.: robotów mobilnych i wszelkiego rodzaju sterowników. Głównym zamierzeniem konstrukcyjnym jest stworzenie platformy na której będzie można implementować rozproszone systemy.

W trakcie prac ujawniła się konieczność zaprojektowania układu umożliwiającego sterowanie robotem mobilnym przygotowywanym na zawody robotów sumo w Poznaniu. W konsekwencji czego projekt został podzielony na dwie niezależne od siebie części: układ sterujący robotem oraz moduły nadawczo-odbiorcze.

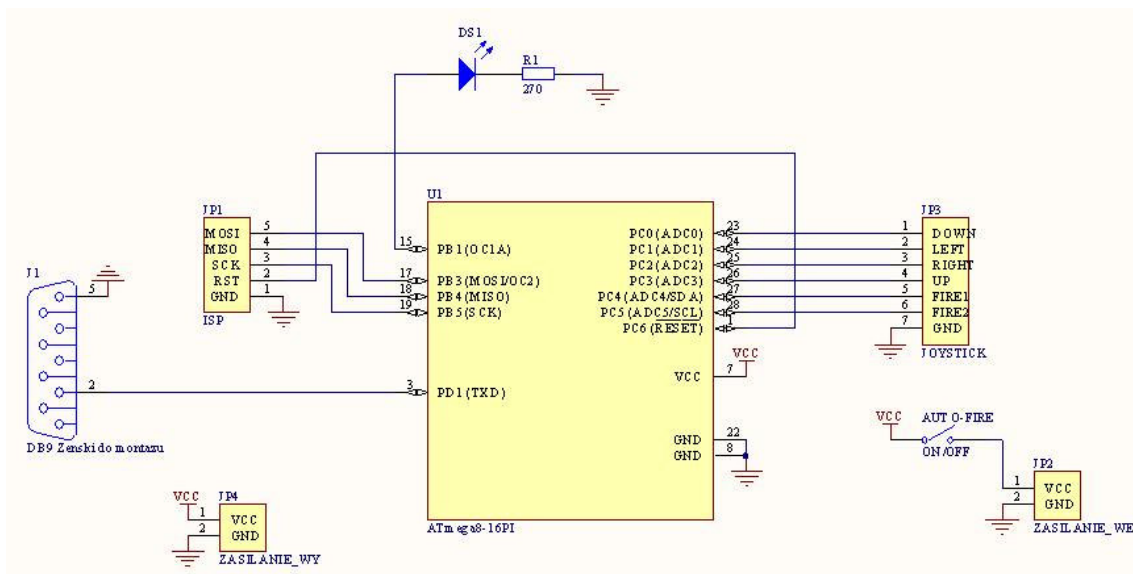
2. Układ sterujący robotem

Projektowany układ musiał spełnić podstawowe dwa założenia jakimi są: modułowość oraz uniwersalność. Aby zrealizować owe postulaty zdecydowałem się na następujące elementy układu:

- W celu umożliwienia wygodnego zadawania sygnałów sterujących zdecydowałem się na wykorzystanie joystick'a do komputera.
- Mikrokontrolerem sterującym całą transmisją jest ATmega8, z racji tego, iż jest łatwo dostępna, jak i z mojej znajomości tej architektury.
- Złączem umożliwiającym modułowość jak i uniwersalność jest DB-9.
- Modułowość została zrealizowana poprzez zaprojektowanie trzech układów: modułu nadawczego, modułu odbiorczego, konwertera napięć RS-232, które odpowiednio podłącza się do joystick'a jak i do robota.

2.1 Joystick

W celu wykorzystania joystick'a jako interfejsu zadającego sygnały sterujące należało rozdzielić dwa przyciski fire, dzięki czemu otrzymałem dodatkowe sygnały. Do włączenia oraz wyłączenia układu użyłem przełącznika przesuwnego auto-fire. Cały układ zasilający jest z czterech baterii 1.5 V R6, umieszczonych w koszyczku, zamontowanym pod joystick'iem. Dodatkowymi modyfikacjami, jakimi poddany został joystick to zielona dioda LED w lewym górnym rogu obudowy, sygnalizująca włączenie układu oraz złącze DB9 do którego podłączane są pożądane moduły. Należy jeszcze wspomnieć o wyprowadzeniu zasilania na dodatkowe moduły. Schemat elektryczny układu sterującego znajduje się na *rysunku 1*.



rysunek 1

Dokładny opis elementów użytych w sterowniku został zaprezentowany w tabeli 1.

tabela 1

Element	Opis
J1	Złącze DB9 żeńskie służące do podłączania nadajnika, przewodu bądź konwertera napięć. W celu sterowania drogą radiową, należy w to miejsce podłączyć nadajnik, a odbiornik należy odpowiednio podłączyć do sterowanego robota. Jeżeli natomiast pożądanym jest sterowanie przy pomocy przewodu wystarczy odpowiednią wtyczkę podłączyć do tego złącza.
JP1	Złącze służące do programowania układu U1.
JP2	Są to zaciski zasilania poprowadzone z koszyczka z czterema bateriami 1.5V R6.
JP3	Złącze do którego podłączone są wszystkie styczniki joystick'a. W momencie naciśnięcia stycznika, odpowiedni pin układu U1 zwierany jest do masy.
JP4	Wyprowadzone zasilanie, służące do zasilania podłączanych modułów.
U1	Mikrokontroler ATmega8 odpowiadający za prawidłową transmisję sygnałów sterujących.
DS1	Zielona dioda LED sygnalizująca prawidłową pracę układu U1.
AUTO-FIRE	Włącznik / wyłącznik zasilania.

Komunikacja z robotem odbywa się za pośrednictwem modułu UART układu U1. Pełna specyfikacja protokołu komunikacji znajduje się na str. 130 noty aplikacyjnej układu U1 (*1).

Sterowanie robotem wykorzystując połączenie przewodem polega na podłączeniu linii TX dzięki złączu J1 do linii RX robota. W tabeli 2 zawarte są wartości przesyłane z układu U1 do robota, w zależności od naciśniętego stycznika.

tabela 2

Stycznik	Przesyłana wartość (char)	Przesyłana wartość (hex)	Przesyłana wartość (bin)
DOWN	s	0x73	0111 0011
LEFT	a	0x61	0110 0001
RIGHT	d	0x64	0110 0100
UP	w	0x77	0111 0111
FIRE1	q	0x71	0111 0001
FIRE2	e	0x65	0110 0101

Sterowania robotem na drodze radiowej wymaga odpowiedniego zakodowania sygnału sterującego. Zdecydowałem się na użycie kodu Manchester, który polega na wysyłaniu jednakowej liczby bitów 1 jak i 0. Osiągnięte zostało to poprzez zastąpienie bitu 1 na bity 10, a bitu 0 na 01. Niestety przesyłane wartości zwiększają swój rozmiar z 8 bitów do 16. Zatem zmuszony zostałem do wysłania najpierw 8 bitów bardziej znaczących, a następnie 8 bitów mniej znaczących. W celu rozróżnienia przez robota przesyłanych wartości sterujących, pomiędzy 8 bitami wysyłany jest przerwa w postaci 0xAA (1010 1010). Wartości przesyłane na drodze radiowej zaprezentowane są w tabeli 3.

tabela 3

Stycznik	Przesyłane wartości (hex)	Przesyłane wartości (bin)
DOWN	0x6A 0xAA 0x5A	0110 1010 1010 1010 0101 1010
LEFT	0x69 0xAA 0x56	0110 1001 1010 1010 0101 0110
RIGHT	0x69 0xAA 0x65	0110 1001 1010 1010 0110 0101
UP	0x6A 0xAA 0x6A	0110 1010 1010 1010 0110 1010
FIRE1	0x6A 0xAA 0x56	0110 1010 1010 1010 0101 0110
FIRE2	0x69 0xAA 0x66	0110 1001 1010 1010 0110 0110

Program sterujący pracą układu U1 został napisany w języku C i skompilowany za pomocą kompilatora avr-gcc. Poprawna interpretacja sygnałów sterujących należy do jednostki obliczeniowej robota.

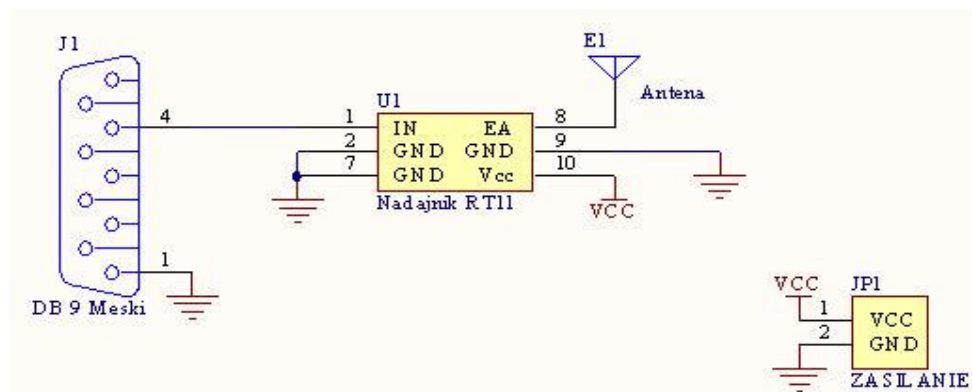
2.2 Moduł nadawczy

Moduł nadawczy służy do nadawania sygnału drogą radiową dla odbiornika, który z kolei podłączony jest bezpośrednio do sterowanego robota. Jako moduł nadawczy wybrałem produkt firmy Telecontrolli RT11, ze względu na jego przystępną cenę jak i prostą obsługę. Tabela 3 zawiera parametry techniczne owego nadajnika.

tabela 3

Numer katalogowy:	RT11 433 MHz
Producent:	Telecontrolli
Charakterystyka:	<ul style="list-style-type: none"> - Napięcie : 2-6 V - Pobór prądu: 4,4 mA - Częstotliwość pracy: 433.92 MHz - Prędkość przesyłania danych: 9.6 Kbit/s - Antena zewnętrzna - Zasięg nadajnika: ~35 m - Rezonator SAW - Rozmiar 25.4 x 11.43 mm

Rysunek 2 zawiera schemat elektryczny modułu:



rysunek 2

Ów schemat został zaprojektowany zgodnie ze specyfikacją modułu zawartą w dokumencie (*2). Dokładny opis elementów użytych w module został zaprezentowany w tabeli 4.

tabela 4

Element	Opis
J1	Złącze DB9 męskie dzięki któremu nadajnika jest podłączany do joystick'a.
JP1	Złącze do którego należy doprowadzić zasilanie z joystick'a.
U1	Nadajnik RT11
E1	Antena w postaci izolowanego drutu miedzianego o długości 80 mm.

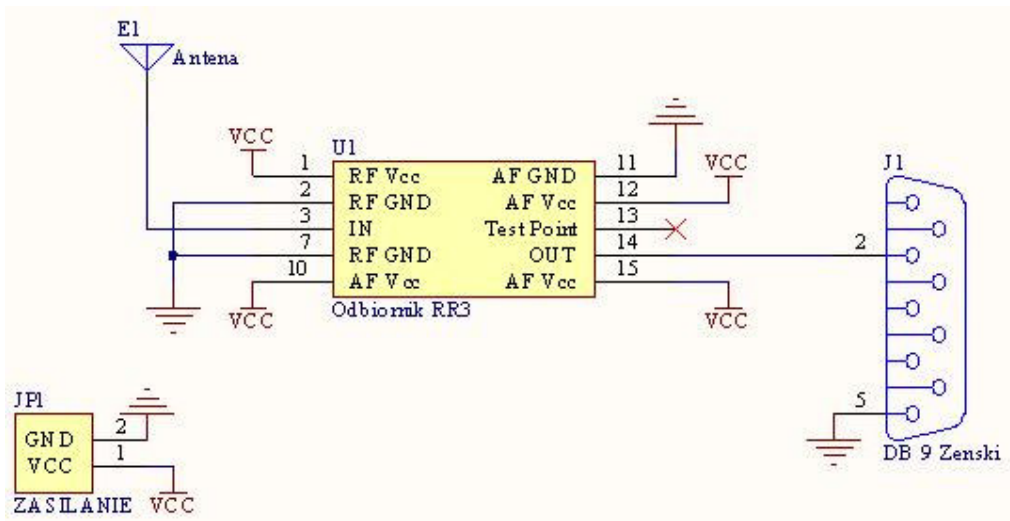
2.3 Moduł odbiorczy

Moduł odbiorczy służy do odbierania sygnału drogą radiową z nadajnika. Ów moduł należy bezpośrednio podłączyć do pinu RX jednostki obliczeniowej robota. Jako moduł odbiorczy wybrałem produkt firmy Telecontrolli RR3, ze względu na jego przystępną cenę jak i prostą obsługę. Tabela 5 zawiera parametry techniczne owego nadajnika.

tabela 5

Numer katalogowy:	RR3 433 MHz
Producent:	Telecontrolli
Charakterystyka:	<ul style="list-style-type: none"> - Napięcie: 4.5 – 5.5 V - Pobór prądu: 3 mA - Częstotliwość pracy: 200 – 450 MHz - Tolerancja tuningu: +-0.3 MHz - Prędkość odbierania danych: 2 KHz - Rozmiar 38.1 x 12.7 mm - Wykazuje dużą stabilność częstotliwości przy mechanicznych wibracjach oraz dużym przedziale temperatur.

Rysunek 3 zawiera schemat elektryczny modułu.



rysunek 3

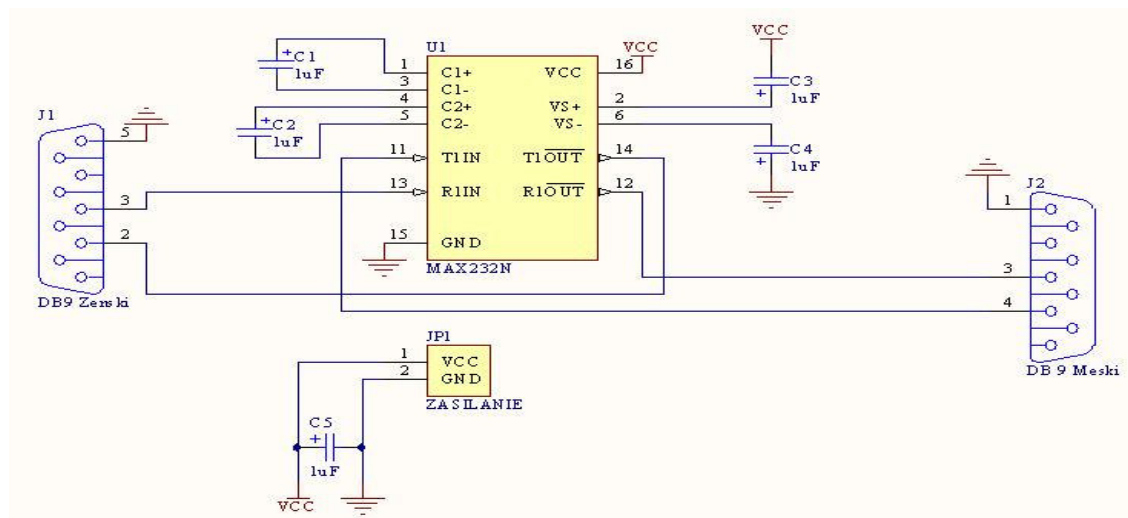
Ów schemat został zaprojektowany zgodnie ze specyfikacją modułu zawartą w dokumencie (*3). Dokładny opis elementów użytych w module został zaprezentowany w tabeli 6.

tabela 6

Element	Opis
J1	Złącze DB9 żeńskie służące do podłączenia modułu do robota.
JP1	Złącze do którego należy doprowadzić zasilanie z joystick'a.
U1	Odbiornik RR3
E1	Antena w postaci izolowanego drutu miedzianego o długości 80 mm.

2.4 Konwerter napięć RS-232

Konwerter napięć służy do bezpośredniego podłączenia joystick'a bądź odbiornika do komputera. Dzięki konwerterowi możliwe jest podglądanie transmisji między układem sterującym a robotem. Głównym przeznaczeniem konwertera było testowanie układu sterującego, aczkolwiek sądzę, iż będzie on również przydatny podczas użytkowania układu sterującego. Schemat elektryczny konwertera napięć przedstawiony jest na rysunku 4.



rysunek 4

Dokładny opis elementów użytych w konwerterze został zaprezentowany w *tabeli 7*.

tabela 7

Element	Opis
J1	Złącze DB9 żeńskie służące do podłączenia konwertera do komputera.
J2	Złącze DB9 męskie służące do podłączenia konwertera do odbiornika bądź do joystick'a.
U1	Konwerter napięć RS-232, MAX232N
JP1	Złącze do którego należy doprowadzić zasilanie np. z joystick'a

Konwerter został zaprojektowany zgodnie z notą katalogową układu U1 (*4).

3. Moduły nadawczo-odbiorcze

Drugim etapem projektu jest zaprojektowanie dwóch modułów nadawczo-odbiorczych, które będzie można wykorzystać do komunikacji pomiędzy dwoma urządzeniami elektronicznymi (roboty, sterowniki, itp.).

Do realizacji tego zadania zdecydowałem się użyć transceiver'ów TLX2401 firmy eMod, ze względu na ich dość spore możliwości jak i przystępną cenę. Dokładny opis owych modułów przedstawiony jest w *tabeli 8*.

tabela 8

Parametr	Wartość
Częstotliwość robocza	2400-2524 MHz
Modulacja	GFSK
Dewiacja	± 156 kHz (typowo)
Moc wyjściowa	0 dBm (regulowana programowo)
Czułość	BR=250kbit/s, BER<0,1% -90 dBm
Maksymalna szybkość transmisji	1000 kbit/s
Napięcie zasilania	1,9 - 3,6 V
Pobór prądu przy odbiorze	20 mA
Pobór prądu przy nadawaniu @ 0dBm	13 mA
Pobór prądu przy nadawaniu @-20dBm	8,8 mA
Pobór prądu przy nadawaniu w trybie ShockBurst @-5dBm i efektywnej prędkości 10kbit/s	0,8 mA
Pobór prądu w stanie spoczynku	12 μ A
Pobór prądu w stanie uśpienia	1 μ A
Wymiary	29,0 mm * 16,5 mm
Masa	3 g

Szczególnie obiecującym parametrem jest szybkość transmisji sięgająca do 1 Mbit/s. Nie ukrywam, iż zadawalającą właściwością jest automatyczne obliczanie sumy kontrolnej CRC8 i CRC16. Przydatną własnością jest również możliwość komunikacji za pomocą dwóch niezależnych kanałów transmisyjnych. Nie należy również zapomnieć o zintegrowanej antenie. Dokładne informacje na temat owych modułów można znaleźć w notce katalogowej (*5).

Wybór jednostki sterującej padł na mikrokontroler MC68HC908JB8 firmy Freescale. Decyzja była pokierowana możliwościami owego kontrolera jak i nie znajomością przez mnie tej architektury. Jeśli chodzi o możliwości to ciekawą rzeczą jest, iż ta jednostka posiada Universal Serial Bus Module (USB) który można wykorzystać np. do sterowania lub

komunikacji z modulem poprzez komputer wyposażony w złącze USB 1.1 umożliwiające przesyłanie danych z prędkością 1.5 Mbps. Ciekawą właściwością jest Low Voltage Inhibit (LVI), dzięki któremu można wykryć spadek, lub całkowity zanik napięcia zasilającego. Jest to o tyle istotne, iż w aplikacjach embedded niezawodność pracy nie jest zaletą lecz koniecznością. Właściwość tą można wykorzystać chociażby do poinformowania innych modułów o chwilowych problemach w zasilaniu.

Nie ukrywam, iż znaczącym powodem dla którego wybrałem właśnie rodzinę mikrokontrolerów firmy Freescale jest to, iż nigdy nie miałem z nią styczności, a jest to rodzinna powszechnie używana w takich dziedzinach jak automatyka przemysłowa, motoryzacja oraz urządzenia embedded. Po więcej informacji odsyłam na stronę firmy Freescale (*6) oraz do noty katalogowej mikrokontrolera (*7).

Aktualnie prace trwają nad testowaniem transmisji, która jak na razie pozostawia wiele do życzenia, z racji tego, iż najpierw należało się zapoznać z architekturą mikrokontrolera MC68HC908JB8.

4. Wnioski

Pierwsza część projektu, czyli układ sterujący robotem, jest ponad planowy. Po prostu zaszła konieczność skonstruowania takiego urządzenia i główny nurt projektu pod hasłem: moduły nadawczo-odbiorcze, został zepchnięty na dalszy plan. Cieszy natomiast to, iż układ sterujący jest skończony i spełnia idealnie swoje zadanie, niestety kosztem wyżej wymienionych modułów.

Nie zaprezentowałem żadnych schematów oraz opisu protokołu do modułów nadawczo-odbiorczych ponieważ, to co powstało do tej pory jest nieustannie zmieniane oraz badane. Brak możliwości prezentacji efektu pracy jest wynikiem tego, iż w pierwszej kolejności zająłem się układem sterującym. Następnie przyszedł okres na zapoznanie się z mikrokontrolerem MC68HC908JB8, skonstruowanie programatora itp., co oceniam za bardzo pozytywny etap ponieważ z samego założenia koła naukowego, priorytetem jest zdobywanie nowych doświadczeń i rozwijanie swoich zainteresowań, co też czynię. Nie ukrywam, iż niedogodnością z jaką się od samego początku borykam to liczba osób zaangażowana w projekt, a konkretnie jedna osoba.

Mimo wszystko mam nadzieję, że w niedługim czasie będę w stanie zaprezentować prototypy modułów wraz z opisem, jak to teraz ma miejsce z układem sterującym do robota sumo.

5. Literatura

- (*1) Karta katalogowa mikrokontrolera ATmega:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
- (*2) Dokumentacja nadajnika RT11:
<http://www.soyter.com.pl/cms/images/products/RT11.pdf>
- (*3) Dokumentacja odbiornika RR3:
<http://www.soyter.com.pl/cms/images/products/rr3.pdf>
- (*4) Karta katalogowa układu MAX232:
http://www.maxim-ic.com/getds.cfm?qv_pk=1798
- (*5) Dokumentacja transceiver'a TLX2401:
<http://www.emod.com.pl/pdf/tlx2401pl.pdf>

(*6) Strona WWW firmy Freescale:

<http://www.freescale.com/>

(*7) Karta katalogowa mikrokontrolera MC68HC908JB8:

http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC68HC908JB8.pdf?srch=1