

XIX Seminarium

ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2009

Oddział Gdański PTETiS

Referat nr 10

WIELOZADANIOWY POJAZD STEROWANY CYFROWO

Krzysztof GÓRSKI¹, Krystyna Maria NOGA²

1. Student AM w Gdyni, Wydział Elektryczny
tel: (0 55) 2302538, e-mail: krzysztof.gorski@ep.com.pl
2. Akademia Morska, Katedra Automatyki Okrętowej, ul. Morska 81-87
81-225 Gdynia, tel: (058) 6901471, e-mail: jagat@am.gdynia.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono pojazd zdalnie sterowany, który zbudowano w KAO w Gdyni. W pojeździe wykorzystano układ CPLD EMP7128SLC84-15N oraz 2 mikrokontrolery ATmega8-16PV, przy czym CPLD wykorzystano do sterowania silnikami i światłami, natomiast mikrokontroler do obsługi modemów radiowych i dokonywania pomiarów. Pojazd wyposażono w światła, czujnik mierzący temperaturę otoczenia oraz w zbliżeniowy czujnik ultradźwiękowy. Ponadto pojazd zawiera kamerę z nadajnikiem TV.

Słowa kluczowe: pojazd zdalnie sterowany, układy programowalne, mikrokontrolery.

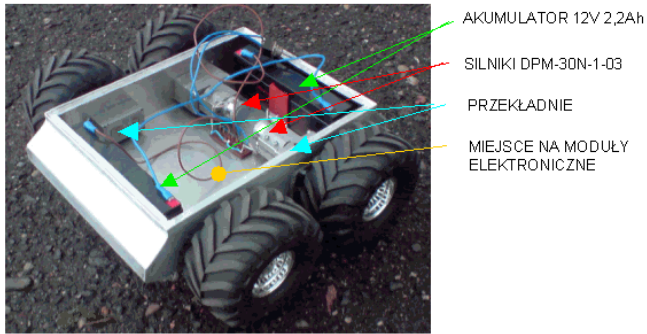
1. WSTĘP

Obecnie w większości urządzeń stosowanych w życiu codziennym występują układy elektroniczne zbudowane w oparciu o mikroprocesory lub układy programowalne. Małe gabaryty tych układów oraz ogromne możliwości spowodowały, że są one często wykorzystywane w wielu dziedzinach życia, np. automatyka, telekomunikacja, motoryzacja. W Katedrze Automatyki Okrętowej Akademii Morskiej w Gdyni został zbudowany pojazd zdalnie sterowany przy pomocy mikrokontrolera AVR oraz układu programowalnego CPLD [1]. Dodatkowo pojazd jest sterowany drogą radiową z pulpitu operatorskiego. Zbudowany pojazd umożliwia poruszanie się po płaskim terenie oraz po terenie o utrudnionej powierzchni. Pojazd ten można z powodzeniem wykorzystać do penetrowania miejsc trudnodostępnych lub niebezpiecznych. Duża nośność konstrukcji (około 5 kg) przy jej niewielkich wymiarach (rozmiary 36 x 23 x 8 cm) sprawia, że pojazd stanowi doskonałą platformę pod dodatkowe przenośne urządzenia kontrolno-pomiarowe. Głównymi elementami pojazdu jest układ programowalny CPLD EMP 7128SLC84-15N firmy ALTERA oraz mikrokontroler ATmega8-16PV firmy Atmel. Układ CPLD steruje pracą, silników, czujników zbliżeniowych i elementów sygnalizacyjnych, natomiast mikrokontroler odpowiada za komunikację poprzez modem radiowy. Do budowy pojazdu wykorzystano silniki i mechanizmy pochodzące ze starych radiostacji wojskowych R123, modem radiowy z interfejsem RS232 typu ATC-863. Pojazd wyposażono również w kamerę z nadajnikiem TV. Oprogramowanie mikrokontrolera przygotowano w środowisku Bascom AVR, natomiast układu CPLD w środowisku Max Plus II

Baseline w edytorze graficznym dla języka programowania sprzętu VHDL. Przy budowie pojazdu szczególną uwagę zwrócono na ergonomiczne rozmieszczenie poszczególnych podzespołów, dokładność i trwałość części mechanicznej oraz jakość użytych podzespołów elektronicznych.

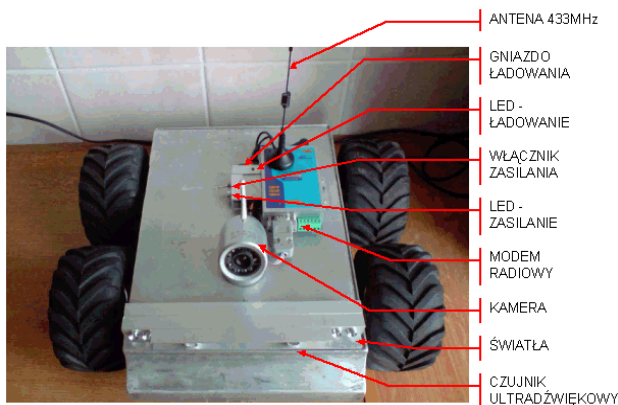
2. KONSTRUKCJA MECHANICZNA

Projektowanie konstrukcji mechanicznej rozpoczęto od wykonania szkiców obudowy, na podstawie których wykonano kartonowy model pojazdu w skali 1:1. Wykonanie tego modelu pozwoliło w fazie projektowania na ergonomiczne rozmieszczenie wszystkich elementów, tj. silników, osi napędowych, przekładni mechanicznych, akumulatorów żelowych, modułów elektronicznych, elementów na zewnątrz pojazdu oraz dobór wielkości kół napędowych. Na podstawie kartonowego prototypu wykonano z blachy aluminiowej o grubości 1mm karoserię. Obudowa pojazdu składa się z pokrywy pojazdu oraz korpusu pojazdu, w skład którego wchodzi 16 elementów aluminiowych. Chromowane koła, o przekroju 13 cm, zostały zamocowane na przedłużonych osiach i połączone mechanicznie z osiami przekładni planetarnych. Ze względu na dużą masę kół (około 0,43 kg) oraz silników i przekładni, w miejscach mocowania wzmocniono konstrukcję dodatkowymi elementami blachy aluminiowej. Jako napęd pojazdu zastosowano silniki prądu stałego typu DPM-30N-1-03 oraz przekładnie planetarne o przełożeniu 1:100, elementy te pochodzą z demobilowych radiostacji wojskowych R123 produkcji radzieckiej [2]. W pojeździe silniki zasilane są napięciem 24 V lub 12 V, są to napięcia niższe od znamionowego, jednak zapewniają one wystarczające parametry jezdne pojazdu. W celu uzyskania jak najlepszych właściwości jezdnych zastosowano fabryczne koła firmy Hpi-racing [3] z bieżnikiem jodełkowym. Koła posiadają wentyle samoregulujące ciśnienie wewnątrz opony. Ponadto pojazd wyposażony jest w dwa kwasowe akumulatory żelowe o pojemności 2,2 Ah i napięciu 12 V. Zostały one rozmieszczone w przedniej i tylnej części pojazdu. Równomierne rozmieszczenie akumulatorów, przekładni oraz silników (rys. 1) sprawia, że pojazd jest stabilny oraz posiada wewnątrz sporo miejsca na moduły elektroniczne.



Rys. 1. Wnętrze pojazdu

Na zewnątrz pojazdu (rys. 2), na pokrywie osłaniającej wnętrze, zostały umieszczone następujące elementy: modem radiowy z anteną, kamera bezprzewodowa, światła pojazdu, czujniki ultradźwiękowe, czujnik temperatury, główny włącznik zasilania, gniazdo ładowania akumulatorów, dioda LED sygnalizująca włączone zasilanie oraz dioda LED sygnalizująca ładowanie.



Rys. 2. Pojazd z zamontowanymi elementami zewnętrznymi

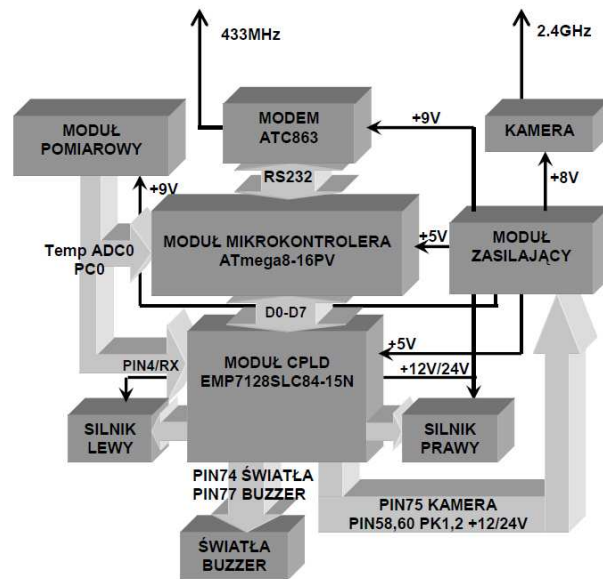
3. KONSTRUKCJA ELEKTRONICZNA

Głównymi elementami konstrukcji elektronicznej są układ programowalny CPLD oraz 2 mikrokontrolery ATmega8-16PV. Głównym zadaniem mikrokontrolerów jest zapewnienie komunikacji poprzez modem radiowy oraz dokonywanie pomiarów. Natomiast układ CPLD odpowiada za sterowanie silnikami, czujnikami i światłami. Część elektroniczną pojazdu podzielono na kilka funkcjonalnych modułów (rys. 3), tj. moduły mikrokontrolera, CPLD, zasilania, wizji, radiowy, układ pomiarowy, sygnalizator akustyczny oraz pulpit sterujący. Zostały one zmontowane na prototypowych płytkach uniwersalnych.

3.1. Moduł mikrokontrolera

Moduł mikrokontrolera komunikuje się poprzez port RS232 z modemem radiowym ATC-863 oraz wysyła dane w postaci równoległej na wejścia D0-D9 modułu CPLD. Na wejście przetwornika PC0 A/C mikrokontrolera podawane jest napięcie z układu pomiarowego. Moduł CPLD, poprzez porty D0-D7, otrzymuje polecenia z mikrokontrolera i na ich podstawie steruje pracą silników, światel i sygnalizatora akustycznego (buzzera). Do modułu zasilania dołączone są dwa akumulatory +12 V/2,2 Ah. Moduł zasilania dostarcza następujących

napięć: +12 V, +24 V - wykorzystywane do zasilania silników DC, +5 V - dla modułu CPLD oraz mikro-kontrolera, +8 V - dla bezprzewodowego układu wizyjnego, +9 V - dla modułu pomiarowego oraz modemu radiowego. Sygnalizator akustyczny wykorzystuje timer NE555 [4] sterowany poprzez moduł CPLD. Natomiast moduł wizji wykorzystuje fabryczny zestaw kamery bezprzewodowej, której nadajnik pracuje w paśmie 2,4 GHz. Modemy radiowe ATC-863 służą do zapewnienia komunikacji między modułem mikrokontrolera i pulpitem sterującym. Ponadto moduł pomiarowy składa się z dwu części, tj. scalonego przetwornika LM335, który został wykorzystany do pomiaru temperatury oraz ultradźwiękowego czujnika zbliżeniowego. Sterowanie pojazdem jest możliwe dzięki pulpitemu operatora z klawiaturą, którego konstrukcja zawiera mikrokontroler oraz modem radiowy. Opcjonalnie pojazd może się także poruszać bez sterowania zewnętrznego, dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu układu CPLD. Moduł mikrokontrolera zawiera także układ scalony MAX232, który został wykorzystany do konwersji napięć portu RS-232 na standard TTL. Mikrokontroler jest programowany poprzez szeregowy interfejs ISP, przy czym złącze ISP zostało również umieszczone na płytce prototypowej. Oprogramowanie mikrokontrolera zostało przygotowane w środowisku Bascom AVR. Moduł mikrokontrolera został zmontowany na jednostronnej uniwersalnej płytce montażowej o wymiarach 12 x 12 cm, która dodatkowo jeszcze zawiera moduł pomiarowy. Zmontowanie modułu na płytce uniwersalnej pozwoliło na łatwe wprowadzanie zmian w fazie projektowania i testowania. W przyszłości przewiduje się umieszczenie całej konstrukcji elektronicznej na profesjonalnych płytkach drukowanych.



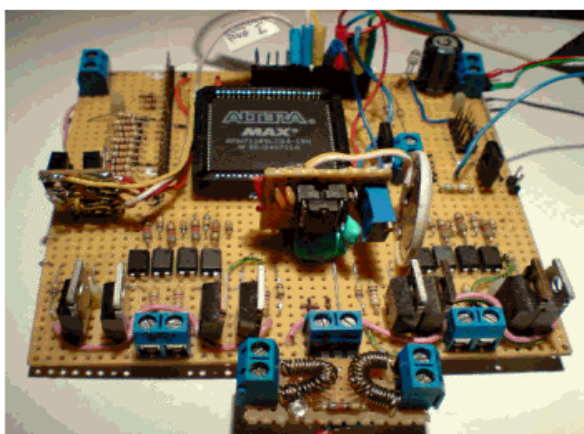
Rys. 3. Schemat blokowy części elektronicznej

3.2. Moduł CPLD

Konstrukcję modułu CPLD oparto o układ programowalny EMP7128SLC84-15N, który zawiera oprogramowanie sterujące, napisane w edytorze graficznym w środowisku Max+Plus II Baseline. Układ CPLD został zaprogramowany przy użyciu programatora ISP Byte Blaster. Moduł CPLD współpracuje z modułem mikrokontrolera oraz modułem pomiarowym. Moduł ten został zmontowany na jednostronnej uniwersalnej płytce montażowej o wymiarach 12 x 12 cm. Na rysunku 4 przedstawiono zmontowany moduł CPLD. Moduł ten zawiera układ programowalny, napęd koła lewego i prawego

go oraz dodatkowo moduł sygnalizatora akustycznego. Na płytce układu na stałe zamontowano również gniazdo do podłączenia programatora ISP typu Byte Blaster.

Silniki zastosowane w napędach kół sterowane są z układu programowalnego poprzez transoptory, które zapewniają separację galwaniczną między układem CPLD a tranzystorami sterującymi pracą silników. Tranzystory te (typu IFRZ44) pracują w układzie mostka, co umożliwia pracę nawrotną silników prądu stałego. Separację galwaniczną zastosowano ze względu na obecność w obwodzie zasilania silników napięć wyższych niż 5 V. Silniki napędzające pojazd są zasilane napięciem 12 V lub 24 V. Ze względu na możliwość wystąpienia dużych prądów w obwodzie zasilania silników, które mogą doprowadzić do uszkodzenia tranzystorów, w szereg obwodu zasilania mostków tranzystorowych włączone zostały rezystory, które ograniczają prąd.



Rys. 4. Moduł CPLD

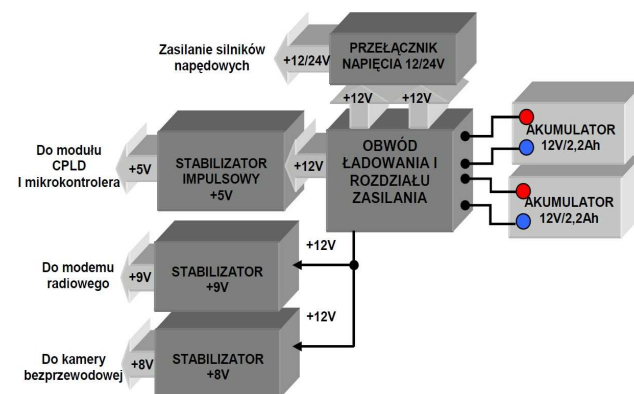
3.3. Moduł zasilania

Moduł zasilania (rys. 5), obok modułu mikrokontrolera i modułu CPLD, należy do ważniejszych elementów pojazdu. Głównym przeznaczeniem modułu jest dostarczenie niezbędnych napięć do funkcjonowania pojazdu. Moduł zasilania zawiera następujące obwody: rozdziału zasilania i ładowania akumulatorów, przełącznik napięcia 12/24 V, stabilizator impulsowy +5 V, stabilizator +8 V, stabilizator +9 V. Moduł zasilania został zamontowany na jednostronnym laminacie. Projekt płytki wykonano przy pomocy programu Protel 99. Płytkę wykonano ręcznie metodą tzw. folii transferowej.

3.4. Moduł pomiarowy

Moduł pomiarowy składa się z dwóch oddzielnych elementów, tj. czujnika pomiaru temperatury oraz ultradźwiękowego czujnika zbliżeniowego. Konstrukcję czujnika pomiaru temperatury oparto o układ LM335. Natomiast w czujniku ultradźwiękowym zastosowano dwa popularne układy, tj. timer NE555 oraz wzmacniacz operacyjny TL072. Czujnik LM335 umożliwia precyzyjny pomiar temperatury w zakresie od -40°C do 100°C [5]. Wynik pomiaru temperatury wysyłany jest, poprzez modem radiowy, do pulpitu sterowania i wyświetlany jest na LCD. Czujnik zbliżeniowy zbudowany jest z nadajnika i odbiornika. Konstrukcję nadajnika oparto o układ timera NE555. Timer ten generuje ciąg impulsów o częstotliwości

40 kHz, które zasilają przetwornik ultradźwiękowy. Impulsy po odbiciu od przeszkody odbierane są przez odbiornik, a następnie są wzmacniane. Czujnik zbliżeniowy został zamontowany na tej samej uniwersalnej płytce montażowej co moduł mikrokontrolera.



Rys. 5. Moduł zasilania

3.5. Sygnalizator akustyczny i moduł wizyjny

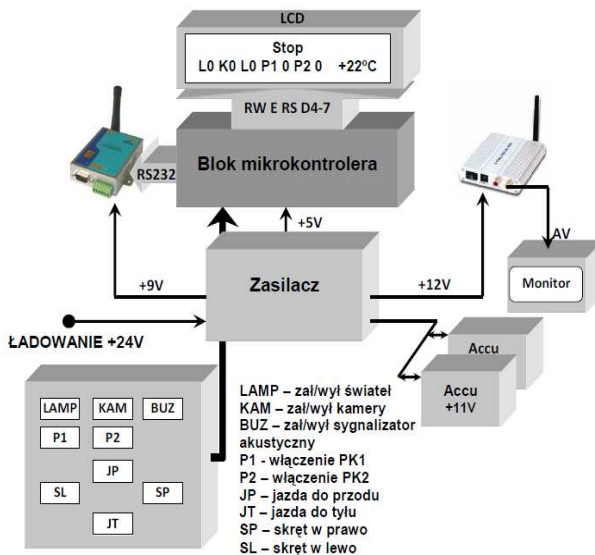
Sygnalizator akustyczny to timer NE555 pracujący jako generator astabilny, który generujący impulsy o częstotliwości akustycznej. Buzzer generuje sygnał dźwiękowy o częstotliwości około 1 kHz. Sygnalizator akustyczny zamontowany jest na uniwersalnej płytce montażowej razem z układem CPLD. Układ wizyjny to fabryczny zestaw CAM 812D firmy Emerson [6] składający się z kamery i odbiornika, które pracują w paśmie 2,4 GHz. Kamera posiada system NIGHT VISION, który umożliwia obserwacje w całkowitej ciemności do 5 metrów, 380 linii TV, mikrofon do monitoringu audio, nadajnik 2,4 GHz.

3.6. Moduł radiowy

Do zapewnienia łączności między pulpitem operatora i pojazdem zastosowano bezprzewodowy modem radiowy ATC-863, który pracuje w paśmie 433 Hz. Modem ten jest wyposażony w interfejs RS-232 oraz RS-485, które umożliwiają bezpośrednie podłączenie do cyfrowych urządzeń elektronicznych wyposażonych w standardowe rozwiązania typu UART (ang. Universal Asynchronous Receiver and Transmitter). Modem ATC-863 obsługuje komunikację w tzw. pół-dupleksie. W przypadku komunikacji typu punkt-punkt możliwe jest podłączenie do modemów dowolnych urządzeń RS232/485. Dzięki parze modemów uzyskuje się wówczas bardzo proste i wygodne zastąpienie kabla szeregowego o długości do 300m.

3.7. Pulpit sterujący

Pulpit sterujący jest przenośnym urządzeniem przeznaczonym do sterowania ruchem pojazdu. W jego konstrukcji zastosowano mikrokontroler ATmega8, który współpracuje z modemem radiowym ATC-863 i wyświetlaczem LCD. Pulpit sterujący pojazdem składa się z mikrokontrolera, wyświetlacza LCD, klawiatury sterującej, modułu radiowego oraz zasilania (rys. 6). Pulpit sterujący został zamontowany na trzech uniwersalnych jednostronnych płytkach montażowych, które zawierają odpowiednio blok mikrokontrolera z wyświetlaczem LCD, blok zasilania i klawiaturę. Całość została umieszczona w aluminiowej skrzynce razem z modemem radiowym.



Rys. 6. Schemat blokowy pulpitu sterującego

4. OPROGRAMOWANIE

Oprogramowanie tworzą dwa programy dla mikrokontrolera napisane w języku Bascom AVR, tj. program sterujący pulpitem oraz program dla mikrokontrolera pojazdu. Rolą programu, który steruje mikrokontrolerem pulpitu jest wysyłanie komend do pojazdu oraz odbiór danych z pojazdu, poprzez modem radiowy przy użyciu interfejsu szeregowego RS232. Program obsługuje również wyświetlacz LCD, który pokazuje informacje o wysyłanych komendach oraz o temperaturze panującej wokół pojazdu. Program mikrokontrolera pojazdu ma za zadanie odbiór komend i ustawienie na wyjściach mikrokontrolera odpowiednich stanów logicznych. Wyjścia te dołączone są do wejść układu CPLD. Jednocześnie program ten, dzięki 10-bitowemu przetwornikowi analogowo - cyfrowemu, dokonuje pomiaru temperatury i wysyła dane do pulpitu sterującego. Ponadto dla układu CPLD, w środowisku Max+Plus II Baseline z wykorzystaniem edytora graficznego, przygotowano program, który monitoruje

stany na wyjściach mikrokontrolera odbierającego polecenia z pulpitu sterującego. Dzięki prostej logice steruje on urządzeniami dołączonymi do układu, tj. światłami, sygnalizatorem akustycznym i silnikami.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Głównym przeznaczeniem wielozadaniowego pojazdu jest rozpoznanie obiektów będących poza zasięgiem operatora lub znajdujących się w strefach niebezpiecznych. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu sterowania bezprzewodowego, które wykorzystuje cyfrowe modemy radiowe. Zastosowanie kamery bezprzewodowej sprawia, że pojazd może być wykorzystywany do inspekcji podwozi pojazdów ciężarowych, kanałów wentylacyjnych, ciepłowniczych lub też wspomagać pracę policyjnego pirotechnika. Zastosowanie opon gumowych z dużym bieżnikiem zapewniło dobre właściwości jezdne oraz pozwoliło na poruszanie się pojazdu w terenie o trudnej powierzchni.

Zbudowany pojazd zostanie wykorzystany jako nowe stanowisko w laboratorium Techniki Cyfrowej w KAO AM Gdynia do nauki zasad sterowania cyfrowego i nauki zasad programowania w środowisku Bascom AVR oraz Max Plus II Baseline. W zbudowanym pojeździe, poprzez uzupełnienie napędu o dwa silniki na przedniej osi, można poprawić właściwości jezdne. Można również uzupełnić pulpit sterujący o monitor TV, wykorzystać czujniki ultradźwiękowe do określania odległości od przeszkody, wyposażyć pojazd w dodatkowe czujniki, np. zawartości CO lub metanu w powietrzu, wykonać urządzenie obrotowe do kamery bezprzewodowej.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Górski. K., Orzechowski S.: Projekt i budowa wielozadaniowego pojazdu samobieżnego sterowanego mikrokontrolerem i układami programowalnymi, praca dyplomowa inżynierska, AM, Gdynia 2009
2. <http://www.sbit-energia-voronezh.ru/engines/new2/DPM30.htm>
3. <http://www.hpieurope.com>
4. Górski. K. – Timer 555 w przykładach, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2002, ISBN 83-921073-5-7
5. <http://home.elka.pw.edu.pl/~mklos1>
6. www.emmerson.com.pl

MULTI-PURPOSE DIGITALLY CONTROLLED VEHICLE

Key-words: remote-controlled vehicle, programmable logic devices, , microcontroller

The digitally controlled vehicle, which was built in Department of Ship Automation of Gdynia Maritime University, has been presented in this article. The design of the vehicle consists of the integrated circuit type CPLD EMP7128SLC84-15N and two microcontrollers ATmega8-16PV. The CPLD is used for controlling of motors and lights; however, the microcontroller attends the wireless modem and performs measurements. The vehicle is fitted out with lights, a sensor gauging ambient temperature, a camera with a RF transmitter and a proximity ultrasonic detector.