

Współpracownik Elektroniki Praktycznej laureatem konkursu EBV STM32 Design Contest



Pod koniec listopada 2011 ogłoszono wyniki konkursu „STM32 Design Contest” na aplikację wykorzystującą mikrokontroler STMicroelectronics STM32 z rdzeniem ARM Cortex-M3. Spośród wszystkich prac nadesłanych do konkursu wyłonione zostały trzy, najwyżej ocenione przez jury. Miło nam ogłosić, że drugie miejsce w konkursie zajął Szymon Panecki, absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, współpracownik miesięcznika Elektronika Praktyczna.

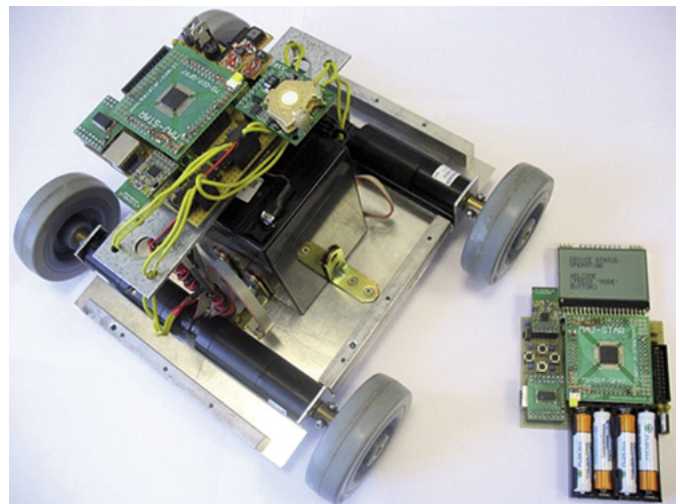
Konkurs został ogłoszony rok temu przez europejskiego dystrybutora produktów STMicroelectronics – firmę EBV Elektronik. Po zarejestrowaniu się w konkursie uczestnicy mogli otrzymać nieodpłatnie zestaw rozwojowy STM32VLDISCOVERY, który mógł zostać użyty do stworzenia aplikacji konkursowej. Reguły konkursu dawały konstruktorom duże pole do popisu, bowiem jedynym ograniczeniem prac konkursowych była konieczność zastosowania mikrokontrolera z rodziny STM32F. O reszcie decydowały umiejętności i wyobraźnia uczestników. Konkurs cieszył się dużą popularnością, czego dowodzi duża liczba zarejestrowanych zgłoszeń oraz ponad 300 aplikacji, które zostały finalnie zgłoszone do oceny jury. Projekt, który zajął drugie miejsce w konkursie nosi tytuł „Mobile platform for remote weather measurements”. Celem projektu było wykonanie mobilnej platformy (zdalnie sterowanego pojazdu) umożliwiającej dokonywanie na odległość pomiarów meteorologicznych.

Zdalnie sterowana mobilna platforma wykonująca pomiary środowiskowe (1)

Robotyka, według prostej definicji, to dziedzina nauki i techniki zajmująca się projektowaniem i budowaniem urządzeń mechaniczno-elektronicznych będących w stanie zastąpić lub wspomóc człowieka w jego działalności. To ogólne sformułowanie wystarcza, aby uświadomić sobie, jak ważna to dyscyplina. Roboty często zastępują człowieka przy monotonna, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi.

Domeną ich zastosowań są też te zadania, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związane z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjnym środowisku. Te oraz inne zalety sprawiają, że roboty znajdują wiele zastosowań np. w nauce, szeroko rozumianej technice (w tym technice wojskowej), medycynie i innych sferach działalności człowieka.

Ze względu na wspomniane różnorodne zastosowania robotów, konstruktor pragnący podjąć się zaprojektowania i zbudowania takiego urządzenia, w pierwszej kolejności musi odpowiedzieć sobie na pytanie, jakie ma być jego zastosowanie, a więc do czego ma ono służyć. To kluczowe pytanie, gdyż odpowiedź na nie determinuje całą konstrukcję robota. Znając przeznaczenie robota można przystąpić do



etapu opracowania koncepcji jego budowy – zarówno mechanicznej (np. rodzaj napędu i podwozia i ich elementów składowych w przypadku robota mobilnego), jak i elektronicznej (rodzaje wymaganych układów - mikrokontrolery, elementy zasilania, układy odpowiedzialne za funkcje robota). Następnie wyselekcjonować należy konkretne układy (ich producentów i symbole), które wykorzystane zostaną do wykonania robota. Mając wybrane układy można zaprojektować schemat elektryczny i w oparciu o ten schemat zbudować urządzenie, po czym je oprogramować.

Zgodnie z zaproponowanym postępowaniem, w ramach realizacji opisanego w niniejszym artykule projektu robota, w pierwszej

układ EA DOGM128 firmy Electronic Assembly. Jest to graficzny wyświetlacz o rozdzielczości 128×64 piksele. Do jego zalet należy niski pobór prądu (ok. 150 µA bez podświetlenia), małe gabaryty (55 mm×43 mm), łatwość montażu (wynikająca z wyprowadzenia styków w formie przewlekanej) oraz ergonomiczność przejawiająca się poprzez fakt dużego stosunku powierzchni użytkowej do całkowitej powierzchni wyświetlacza. Sterowanie wyświetlaczem odbywa się za pomocą interfejsu SPI. Wyświetlacz wymaga zasilania napięciem z zakresu 2,4...3,3 V.

Drugim po wyświetlaczu kluczowym dla urządzenia elementem jest układ transmisji bezprzewodowej, który umożliwi wymianę danych między modułem sterującym i modułem pojazdu. Układem radiowym zastosowanym w zrealizowanym urządzeniu jest układ nadawczo-odbiorczy NRF2401A, którego producentem jest firma Nordic Semiconductor. Jest to wielokanałowy transceiver służący do radiowej transmisji danych w ogólnodostępnym paśmie 2,4 GHz z prędkością do 1 Mbit/s. Układ pracuje w zakresie częstotliwości 2400...2524 MHz, który jest podzielony na 125 kanałów, a więc łatwo zauważyć, że sąsiadujące ze sobą kanały występują co 1 MHz. Nadajnik wysyła dane w jednym z kanałów, natomiast w trybie odbiornika możliwa jest praca na dwóch kanałach częstotliwościowych jednocześnie, co umożliwia odbiór z dwóch źródeł bez ryzyka kolizji. W układzie zastosowana została modulacja typu GFSK, która jest odmianą typowej modulacji częstotliwościowej stosowanej w wielu układach transmisji bezprzewodowej. Komunikacja między układem NRF2401A i mikrokontrolerem odbywa się przy wykorzystaniu sześcioprzewodowego interfejsu, który składa się z czterech linii sterujących, dwukierunkowej linii danych oraz linii zegarowej. Układ dostępny jest tylko w obudowie QFN24, co utrudnia samodzielny montaż. Ponadto do poprawnego działania transceivera wymagane jest połączenie go z pewną ilością dodatkowych elementów, spośród których najważniejsza jest antena. Z tego właśnie powodu interesującym rozwiązaniem realizacji sprzętowej toru radiowego opartego na układach nRF2401 są gotowe moduły firmy eMOD. Moduły TLX2401 dostępne są w postaci płytki drukowanej z układem nRF2401, elementami niezbędnymi do prawidłowej pracy układu oraz anteną. Wyprowadzenia do zasilania oraz komunikacji z mikrokontrolerem zrealizowano w postaci złącza szpilkowego dwurzędowego. Moduł zasilany jest napięciem z zakresu 1,9...3,6 V.

Mikrokontroler, który został użyty w module sterującym robota, to 32-bitowy układ STM32F103RBT6 firmy STMicroelectronics. Model ten należy do rodziny układów STM32 (rdzeń ARM Cortex-M3), konkretnie do podgrupy Performance Line. Mikrokontroler został bogato wyposażony w zasoby wewnętrzne, do których należy duża ilość pamięci (128 kB Flash, 20 kB SRAM) oraz liczne peryferia: moduł zegarowy (4 źródła taktujące oraz PLL do 72 MHz), układy licznikowe (16- i 32-bitowe liczniki, Watchdog, RTC), przetwornik A/C (dwa 12-bitowe, 16 kanałów), interfejsy komunikacyjne (1×USB, 1×CAN, 3×USART, 2×I²C, 2×SPI), linie ogólnego przeznaczenia (51). Mikrokontroler może być zasilany napięciem z przedziału 2,0...3,6 V. Układ jest oferowany w 64-pinowej budowie LQFP.

Aby umożliwić komunikację między modułem sterującym i komputerem PC zastosowano układ FT232 firmy FTDI, który jest kom-

pleksowym rozwiązaniem umożliwiającym w prosty sposób wykorzystanie standardu USB. Dzięki temu nie ma potrzeby własnoręcznej implementacji stosu USB. Informacje z poziomu mikrokontrolera STM32F103RBT6 wysyłane są za pomocą interfejsu UART, a w komputerze widoczne są jako dane z portu szeregowego COM.

Ostatnim aspektem dotyczącym wyboru rozwiązań sprzętowych jest zaplanowanie bloku zasilania. Układy modułu sterującego wymagają napięcia zasilania 3,3 V i aby uzyskać takie napięcie zastosowano regulator napięcia LM1086IT33 firmy National Semiconductor. Charakteryzuje się on szerokim zakresem napięcia wejściowego (4,75...18 V) i dużą wydajnością prądową (1,5 A). Jego dodatkowym atutem jest brak konieczności dołączania dużej ilości potrzebnych do poprawnej pracy elementów zewnętrznych - wystarczą dwa kondensatory ceramiczne. Jako źródło napięcia wejściowego zastosowano 4 akumulatorki AAA (1,2 V) połączone szeregowo.

Na **rysunku 2** przedstawiono schemat elektryczny modułu sterującego. Zawiera on wszystkie wymienione wyżej komponenty elektroniczne, które zostały ze sobą połączone.

W centralnym miejscu schematu znajduje się mikrokontroler STM32F103RBT6 (IC1). Jego schemat aplikacyjny zaczerpnięty został z dokumentacji producenta – *AN2586 Getting started with STM32F10xxx hardware development*. Przewiduje on podłączenie do układu dodatkowych elementów zewnętrznych zapewniających poprawność pracy mikrokontrolera i umożliwiających wykorzystanie jego funkcjonalności w pełnym zakresie. Zgodnie z zaleceniami producenta do każdego wyprowadzenia zasilającego (VBAT, VDDA, VDD1...VDD4) dołączona została pojemność blokująca w postaci kondensatora ceramicznego 100 nF (C1...C6). Zabieg ten służy do filtrowania napięcia zasilającego. W celu wybrania rodzaju pamięci, z której wykonywany jest kod programu, należy do pinów BOOT0 oraz BOOT1 doprowadzić potencjały odpowiadające pożądanej konfiguracji. W tej aplikacji nóżki BOOT0 i BOOT1 (PB2) połączone zostały z masą, co powoduje wybranie wewnętrznej pamięci Flash układu. Kolejnym dołączonym do mikrokontrolera elementem jest kwarc 8.00 MHz (Q1). Służy on jako źródło sygnału zegarowego umożliwiając taktowanie układu z wykorzystaniem pętli PLL. Elementami wspierającymi działanie kwarcu są kondensatory 22 pF (C7, C8) oraz rezystor 1 M (R2). Programowanie i debugowanie mikrokontrolera odbywa się poprzez interfejs JTAG, którego linie (PA14, PA15, PB3, PB4, PB13, RST) wyprowadzono na gnieździe SV1.

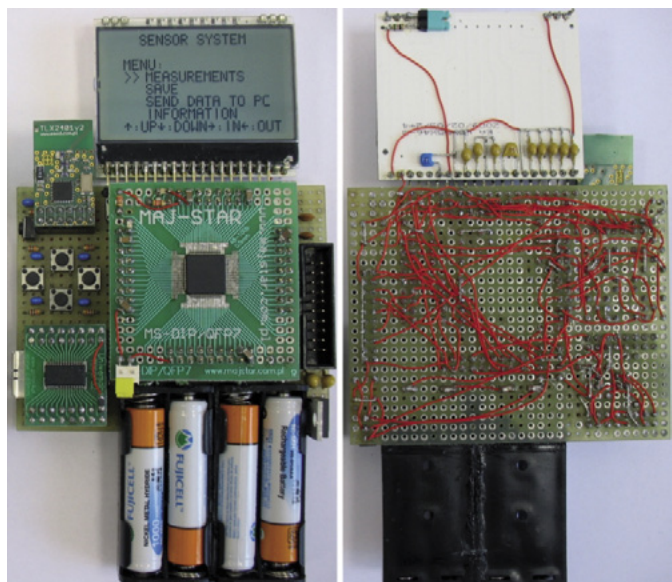
Pierwszym z dołączonych do mikrokontrolera podzespołów jest wyświetlacz LCD EA DOGM128 (IC2). Jest on połączony z mikrokontrolerem za pomocą czterech linii sygnałowych: SCL i SI (interfejs SPI) dołączonych do wyprowadzeń PB13 i PB15, RST (służącej do zresetowania wyświetlacza) dołączonej do wyprowadzenia PC6 oraz A0 (za pomocą której wybiera się rodzaj wysyłanych do wyświetlacza danych: instrukcje lub kody znaków do wyświetlenia) dołączonej do PB14. Do wyświetlacza podłączonych zostało dziewięć kondensatorów 1 µF (C9...C17). Ich obecność jest niezbędna dla umożliwienia wytworzenia przez wyświetlacz napięcia wyższego niż napięcie zasilania w celu uzyskania odpowiedniego kontrastu wyświetlanych znaków. Ostatnim dołączonym do wyświetlacza elementem jest opornik o wartości 100 R (R10). Służy on do ograniczenia prądu płynącego przez diody LED podświetlające wyświetlacz.

REKLAMA

Moduł komputera z procesorem MSP430F1232 AVTMSP430

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11, tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

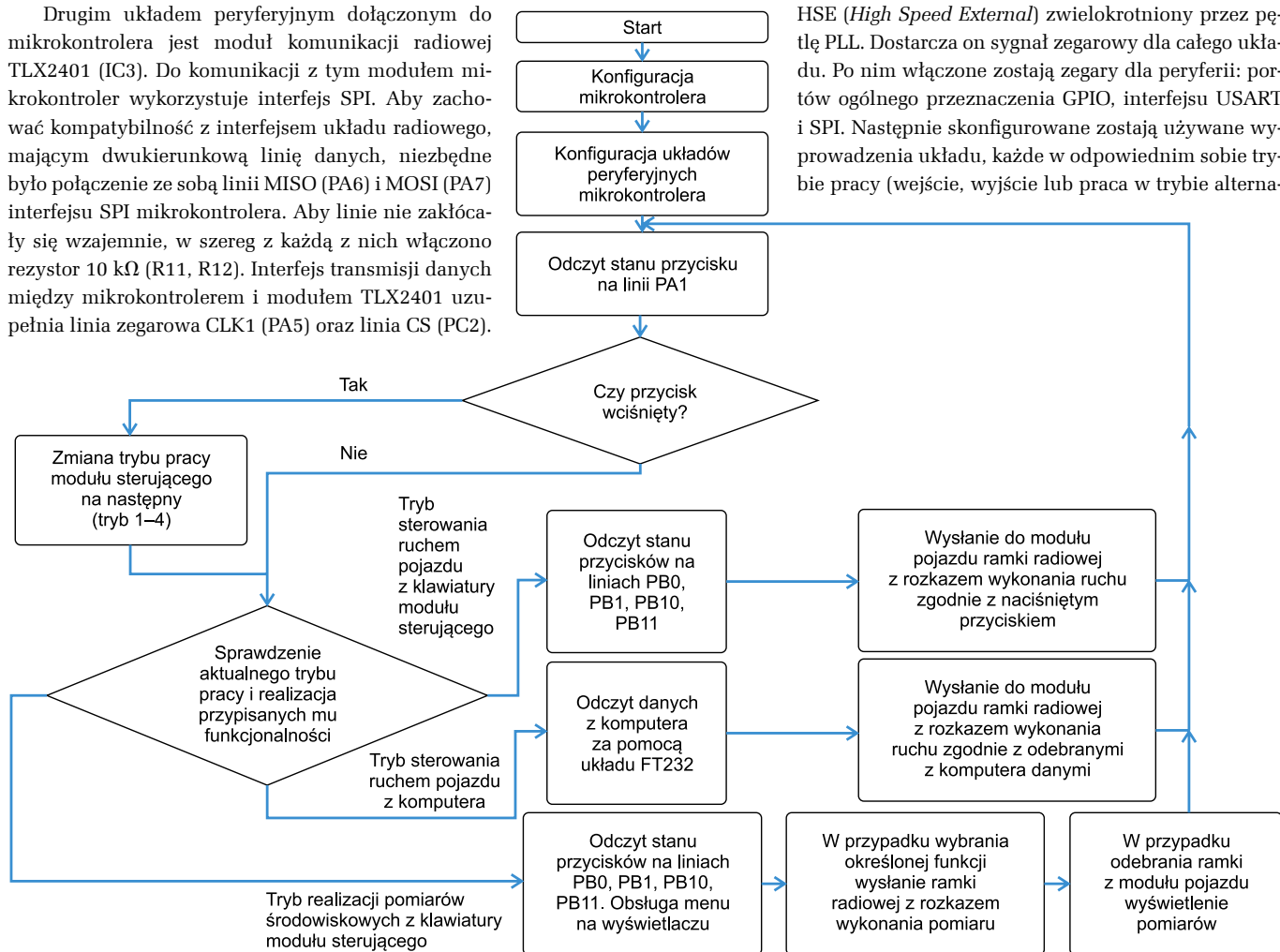
www.sklep.avt.pl



Fotografia 3. Zdjęcie modułu sterującego

Oprócz wyświetlacza LCD, interfejs użytkownika tworzą jeszcze przyciski. W urządzeniu przewidziano pięć przycisków (S1...S5). Każdy z nich dołączony jest do jednej linii mikrokontrolera – odpowiednio są to PB0, PB1, PB10, PB11 i PA1. Obwód każdego przycisku składa się z rezystora 10 k Ω (R15...R19) dołączonego do napięcia 3,3 V i ustalającego tym samym stan wysoki na linii przycisku oraz kondensatora 100 nF (C20...C24) niwelującego efekt drgania styków przycisku w momencie jego wciśnięcia.

Drugim układem peryferyjnym dołączonym do mikrokontrolera jest moduł komunikacji radiowej TLX2401 (IC3). Do komunikacji z tym modułem mikrokontroler wykorzystuje interfejs SPI. Aby zachować kompatybilność z interfejsem układu radiowego, mającym dwukierunkową linię danych, niezbędne było połączenie ze sobą linii MISO (PA6) i MOSI (PA7) interfejsu SPI mikrokontrolera. Aby linie nie zakłócały się wzajemnie, w szereg z każdą z nich włączono rezystor 10 k Ω (R11, R12). Interfejs transmisji danych między mikrokontrolerem i modułem TLX2401 uzupełnia linia zegarowa CLK1 (PA5) oraz linia CS (PC2).



Rysunek 4. Schemat blokowy programu modułu pojazdu

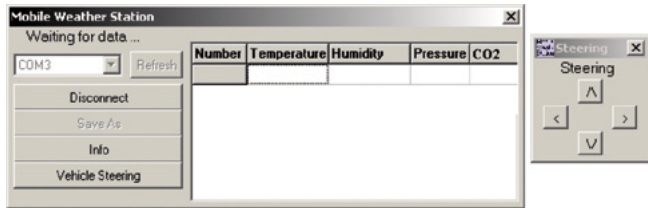
Pełna obsługa transceivera modułu radiowego wymaga kontroli kilku dodatkowych wyprowadzeń sterujących, do których należy linia PWR UP (PC0) umożliwiająca przejście układu w stan uśpienia, linia DR1 (PC3) sygnalizująca nadejście nowych danych do odbioru, linia CE (PC1) pozwalająca na wybór trybu działania (praca normalna lub tryb konfiguracji).

Kolejnym układem dołączonym do mikrokontrolera jest sterownik USB – FT232. Transmisja danych między tymi układami odbywa się za pomocą interfejsu UART. Wykorzystane do tego celu linie mikrokontrolera to PA9 i PA10. Zostały one doprowadzone do nóżek TXD i RXD układu FT232. Komunikacja między komputerem i układem FT232 odbywa się za pośrednictwem linii USBDP i USBDM, które wyprowadzone zostały na gnieździe USB – SV2. Napięcie zasilania układu FT232 pochodzi bezpośrednio z gniazda USB. W celu odfiltrowania tego napięcia zastosowano kondensator 4,7 μ F (C25).

Ostatnim nieomówionym elementem schematu elektrycznego jest układ IC5 – stabilizator napięcia LM1086IT33. Jest zasilany napięciem wejściowym o wartości około 4,8 V i ma napięcie wyjściowe 3,3 V. Zgodnie z notą aplikacyjną układu blisko wyprowadzeń VIN i VOUT umieszczono kondensatory tantalowe o pojemności 10 μ F (C18, C19). Napięcie wejściowe doprowadzane jest do stabilizatora po zamknięciu zworki JP1, która odpowiada tym samym za włączenie całego urządzenia.

Zbudowane zgodnie ze schematem elektrycznym urządzenie modułu sterującego przedstawiono na **rysunku 3**. Na **rysunku 4** przedstawiono działanie programu modułu sterującego w postaci schematu blokowego.

Po włączeniu urządzenia program mikrokontrolera rozpoczyna swoje działanie. W pierwszej kolejności wykonywana jest konfiguracja zasobów mikrokontrolera. Włączony zostaje zegar HSE (*High Speed External*) zwielokrotniony przez pętlę PLL. Dostarcza on sygnał zegarowy dla całego układu. Po nim włączone zostają zegary dla peryferii: portów ogólnego przeznaczenia GPIO, interfejsu USART i SPI. Następnie skonfigurowane zostają używane wyprowadzenia układu, każde w odpowiednim sobie trybie pracy (wejście, wyjście lub praca w trybie alterna-



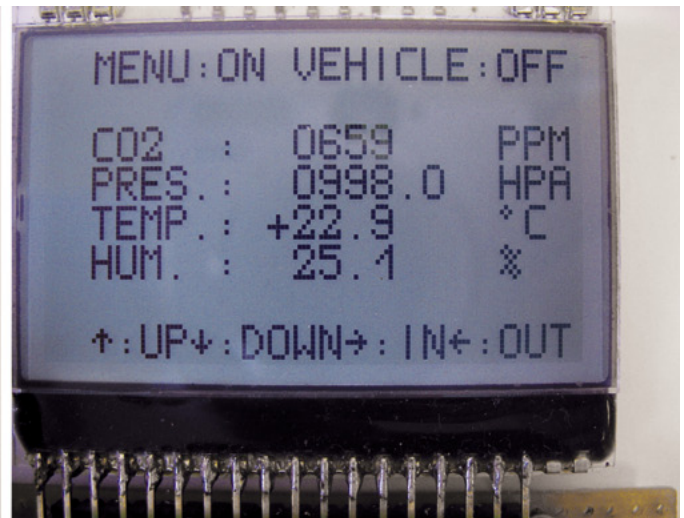
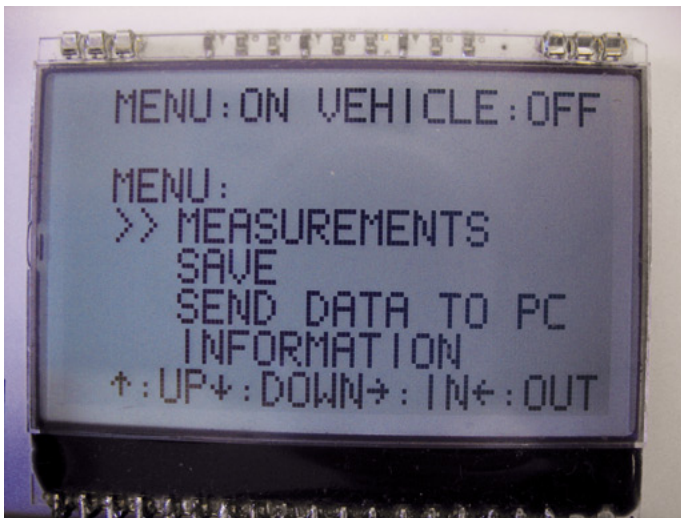
Rysunek 5. Aplikacja komputerowa do sterowania ruchem robota i odbierania z niego danych pomiarowych z czujników

tywnym – jako peryferium): PA0...PA10, PB0, PB1, PB10, PB11, PB13, PB14, PB15, PC6, PC0...PC3. W kolejnym punkcie używane peryferia USART i SPI podlegają konfiguracji (ustawienie parametrów pracy) oraz włączeniu. Na tym etapie kończy się faza przygotowania mikrokontrolera do pracy. W następnym kroku mikrokontroler organizuje środowisko swojej pracy poprzez zainicjowanie pozostałych układów modułu sterującego. W ramach tego działania mikrokontroler komunikuje się z układem transmisji radiowej NRF2401 oraz wyświetlaczem LCD przesyłając do nich dane konfiguracyjne. Po tej czynności mikrokontroler przystępuje do pracy w nieskończonej pętli, w której obsługuje interfejs użytkownika i realizuje przewidziane mu funkcjonalności. Każdy cykl pętli rozpoczyna się od odczytania stanu linii podłączonej do przycisku PA1. Jeśli odczytany zostanie stan niski, co oznacza wciśnięcie przycisku, następuje zmiana trybu pracy modułu sterującego. Zaimplementowano trzy różne tryby pracy urządzenia. Pierwszy tryb umożliwia sterowanie ruchem pojazdu z poziomu klawiatury umieszczonej na module sterującym (przyciski klawiatury podłączono do linii PB0, PB1, PB10 i PB11). Mikrokontroler odczytuje stan przycisków i w momencie stwierdzenia wciśnięcia któregoś z nich wybudza ze stanu uśpienia układ komunikacji radiowej i wysy-

ła za jego pomocą ramkę danych do modułu pojazdu. Wysłana ramka zawiera informacje o tym, czy pojazd ma się zacząć przemieszczać do przodu, do tyłu, wykonać obrót w prawo lub w lewo, zgodnie z naciśniętym przez operatora przyciskiem klawiatury. Drugi tryb pracy realizuje tę samą funkcjonalność, a więc wysyłanie ramek radiowych z informacją o zmianie pozycji pojazdu, jednak źródło informacji od operatora nie pochodzi z klawiatury, a z komputera. Przygotowana została specjalna aplikacja (rysunek 5), która na komputerze udostępnia interfejs użytkownika do sterowania pojazdem. Aplikacja przesyła dane portem COM, na którym nasłuchuje układ FT232, który po odbiorze informacji konwertuje je do postaci standardu UART i przekazuje do mikrokontrolera.

Trzeci i ostatni z trybów pracy odpowiedzialny jest za realizację pomiarów środowiskowych. Za pomocą przycisków modułu sterującego oraz informacji na wyświetlaczu LCD operator może poruszać się po menu, które oferuje różne funkcjonalności związane z pomiarami z czujników (rysunek 6). Pierwsza z nich oznaczona jako „MEASUREMENTS” to podgląd w aktualne dane z czujników. Moduł sterujący wysyła ramkę radiową do modułu pojazdu z poleceniem wykonania pojedynczego pomiaru z każdego z czujników i odesłania wyników do modułu sterującego, gdzie dane są wizualizowane na wyświetlaczu. Opcja „SAVE” generuje ramkę radiową do modułu pojazdu z rozkazem wykonania pomiaru z czujników i zapisania rekordu do pamięci. Opcja „SEND DATA TO PC” nakazuje modułowi pojazdu przesłanie wszystkich danych zapisanych w pamięci do komputera. Przedstawiona wcześniej, dedykowana aplikacja ma możliwość odbioru tych informacji i przedstawienia ich w formie tabeli pomiarów z możliwością zapisania na dysku w postaci pliku tekstowego.

Szymon Panecki, EP



Fotografia 6. Zdjęcie wyświetlacza modułu sterującego. Z lewej zdjęcie z dostępnymi opcjami, które może wykonać operator. Z prawej zdjęcie wyświetlacza w trakcie wykonywania opcji „Measurements”

REKLAMA

Wzmacniacz 2x100 W z TDA8920
AVT1492/1

www.sklep.avt.pl