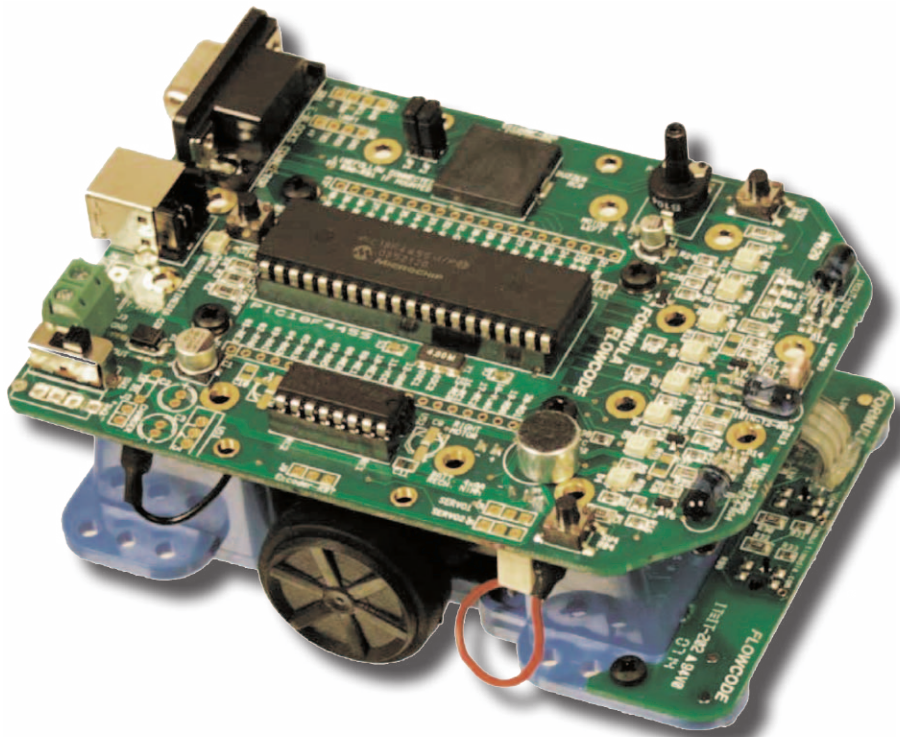


Flowcode Formula

Rysujesz i jedziesz

Robotyka to dziedzina łącząca wiedzę z zakresu mechaniki, elektroniki i automatyki. Zaawansowane roboty przemysłowe mogą wykonywać skomplikowane czynności bardzo szybko i z dużą dokładnością. Ich działaniem steruje algorytm zapisany w programie sterowniczym. Przykładem takich robotów mogą być roboty zgrzewające lub lakierujące karoserie w fabrykach produkujących samochody. Istnieje też inna grupa robotów. W ich przypadku program sterujący nie składa się tylko ze ściśle określonych sekwencji wykonywanych jedna po drugiej.



Algorytm sterujący dopuszcza różne warianty zachowania się robota zależnie od napływających informacji z wbudowanych sensorów. Są to na przykład wszelkiego rodzaju „inteligentne” pojazdy potrafiące omijać przeszkody, podążać za światłem lub dźwiękiem. W bardzo zaawansowanych konstrukcjach na pokładzie umieszczone są kamery, a sterownik ma wbudowane procedury potrafiące analizować odbierany obraz i odpowiednio reagować.

Robotyka jest bardzo fascynującą dziedziną wiedzy. Wyższe stopnie wtajemniczenia wymagają przyswojenia sporej wiedzy teoretycznej i praktycznej. Jednak żeby rozpocząć przygodę z robotami i robotyką, wcale nie trzeba być wysoko kwalifikowanym inżynierem. Potrzebne do opanowania podstawy są zaskakująco proste i może je samodzielnie opanować z powodzeniem uczeń szkoły średniej.

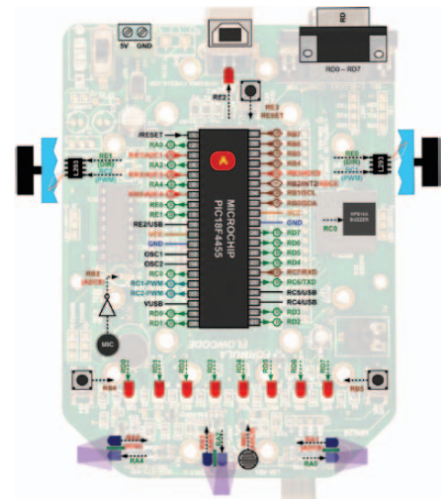
Współczesne roboty są w zasadzie wyłącznie sterowane mikrokontrolerami. Nauka podstaw programowania jest szeroko opisana w wielu książkach i w Internecie. Jednak każdy potencjalny entuzjasta robotyki musi się zmierzyć z połączeniem programowanego sterownika i sterowanego nim układu mechanicznego. I tutaj najczęściej okazuje się, że mechanika jest o wiele trudniejsza niż

programowanie. Jeżeli chcemy zbudować na przykład pojazd – robota (chyba najczęściej spotykany przypadek robota dla początkujących), to musimy wykonać kompletny układ napędowy z korpusem, na którym jest umieszczona płytką sterownika. Na korpusie muszą być umieszczone w odpowiednich miejscach czujniki (sensory) i układ zasilania bateryjnego. Konieczność wykonania tych mechanicznych prac zniechęca wielu potencjalnych entuzjastów robotyki. Jednym ze sposobów poradzenia sobie z tym problemem jest zakup napędzanych silnikami elektrycznymi zabawek dla dzieci. Jest tam rozwiązany problem napędu i zasilania. Można na bazie zabawki po zamontowaniu sterownika budować całkiem tanio swoje pojazdy – roboty.

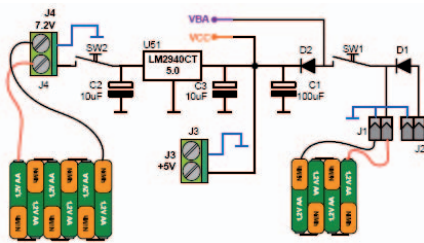
Problem zauważyli też producenci zestawów dla elektroników hobbystów. Oferują specjalnie do tego celu zaprojektowane zestawy do samodzielnego montażu, najczęściej ze sterownikiem. Trochę nietypowym zestawem „startowym” dla entuzjastów robotyki jest zestaw Formula Flowcode produkowany przez firmę Matrix Multimedia. Producent dostarcza gotowy pojazd napędzany dwoma silnikami elektrycznymi sterowany kompletnym sterownikiem zbudowanym na bazie mikrokontrolera PIC18F4455 firmy Mi-

crochip. Wyjątkowość zestawu nie polega na jakichś specjalnych rozwiązaniach mechanicznych, ale na możliwości łatwego i szybkiego programowania sterownika za pomocą pakietu Flowcode.

Na rys. 1 pokazana została płytką sterownika z mikrokontrolerem i rozmieszczeniem najważniejszych układów: sterowania silnikami, sensorami odległości, sensorem natężenia światła, układem generowania dźwięku i mikrofonem, złączem do dodat-



Rys. 1. Płytką sterownika



Rys. 2. Układ zasilania robota

kowych płytek systemu E-BLOCK, diodami sygnalizacyjnymi LED i złączem USB do programowania mikrokontrolera.

Zastosowany w sterowniku mikrokontroler PIC18F4455 jest umieszczony w 40-wyprowadzeniowej obudowie do montażu przewlekane. Jest to 8-bitowa szybka jednostka o architekturze RISC z 24 kilobajtami pamięci programu, 2 kilobajtami pamięci RAM i wieloma peryferiami, w tym z interfejsem USB. Interfejs USB jest wykorzystywany do programowania pamięci programu mikrokontrolera z poziomu programu Flowcode. Żeby programowanie było możliwe, w pamięci PIC18F4455 jest zapisany program bootloadera.

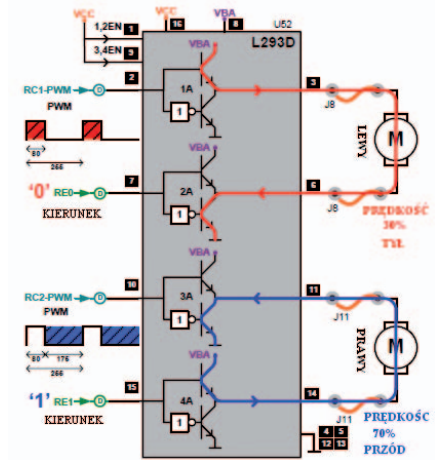
Ważnym elementem pojazdu jest zasilanie. Robot jest standardowo zasilany z 4 akumulatorów o rozmiarze R4 (paluszek). Znamionowe napięcie jednego akumulatora wynosi 1,2 V, czyli napięcie „pokładowe” jest

równe 4,8 V. Można też podłączyć zewnętrzne napięcie +5 V z zasilacza stabilizowanego (złącze J3). Jest to bardzo przydatna opcja w trakcie intensywnych prób z programem. Nie trzeba wtedy często ładować akumulatorów. Do złącza J4 można podłączyć napięcie z 6 akumulatorów lub napięcie niestabilizowane. Napięcie to jest stabilizowane w układzie stabilizatora LM2940 5,0.

Żeby sterownik mikroprocesorowy mógł grać rolę sterownika robota musi, być wyposażony w układ sterowania układem napędowym, czyli silnikami elektrycznymi prądu stałego. Sterowanie silnika sprowadza się do:

- włączania i wyłączania zasilania silnika (start/stop),
- zmiany kierunków obrotu przez zmianę polaryzacji zasilania,
- regulowania prędkości obrotowej silnika.

W pojeździe Flowcode Formula do sterowania silnikami zastosowano popularny scalony mostek L293D produkowany przez firmę STM. Schemat sterowania jest pokazany na rys. 3. Każdy z silników jest sterowany osobnym mostkiem. Jedno z wejść sterujących jest wejściem zmiany kierunku obrotów, a drugie jest wykorzystywane do regulacji prędkości obrotowej. Widać tu ważną zależność pomiędzy kierunkiem obrotów i współczynnikiem wypełnienia.



Rys. 3. Sterowanie silnikami Flowcode Formula

W gałęzi zaznaczonej na niebiesko aktywny jest stan niski przebiegu PWM, bo wejście KIERUNEK ma stan wysoki i na nóżce 14 układu L293 jest plus napięcia zasilania. W gałęzi zaznaczonej na czerwono aktywny jest stan wysoki przebiegu PWM, bo na wejściu KIERUNEK jest stan niski i na nóżce 6 układu L293 jest minus napięcia zasilania.

Zastosowane w sterowniku czujniki odległości pracują w podczerwieni i są zbudowane z diody nadawczej LED na podczerwień i czujnika promieniowania podczer-

R E K L A M M A



DOŁĄCZONE
OPROGRAMOWANIE
POMIAROWE
W JĘZYKU POLSKIM
I ANGIELSKIM!



CYFROWY MIKROSKOP DO SMART

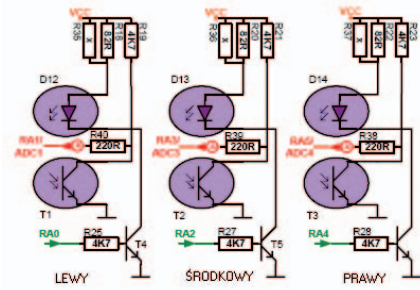
OPROGRAMOWANIE POZWALA M.IN.
ZMIERZYĆ DŁUGOŚĆ, POLE POWIERZCHNI,
ŚREDNICĘ, KĄT OBSERWOWANEGO PRZEDMIOTU.

- powiększenie od 10 do 250x.
 - wysokiej jakości matryca 1/4" CMOS, rozdzielczość 1,3MP
 - zdjęcia (JPG, BMP), video (AVI)
 - przycisk do szybkiej fotografii w mikroskopie
 - liczne akcesoria (np. wziernik uszny, statywy)
- Cena: 279 zł.

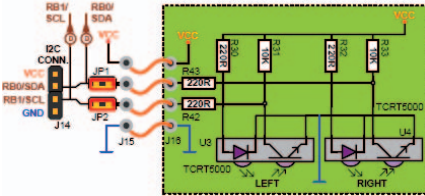
www.deltaoptical.pl

Nowe Osiny, ul. Piękna 1,
Mińsk Mazowiecki 25 786-05-20, 25 759-40-76
Warszawa, Al. Jana Pawła II 19 Deloitte House
(wejście od H. Westin) 25 786-05-24

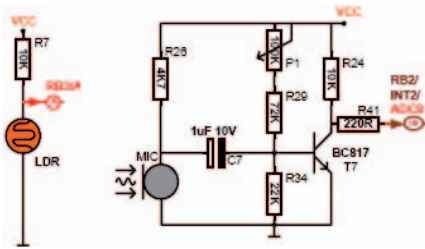
Katowice, Uniwersytecka 13 budynek
ALTUS - Qubus Hotel 32 60-30-150
Gdańsk, Grunwaldzka 40/9
(wejście od ul. Do Studzienki) 25 786-05-27



Rys. 4. Czujniki odległości



Rys. 5. Schemat podłączenia czujników drogi



Rys. 6. Czujniki światła i dźwięku

wonego zbudowanego w oparciu o fototranzystor – rys. 4.

Pomiar odległości jest wykonywany przez 3 czujniki umieszczone z przodu z lewej i prawej strony oraz centralnie. Diody nadawcze są odseparowane od optotranzystorów przez umieszczenie ich na obu warstwach płytki: diody na górnej warstwie, a optotranzystory na dolnej warstwie. Dzięki temu bezpośrednio emitowana wiązka nie jest odbierana przez detektor. Przez diodę nadawczą zaczyna płynąć prąd, kiedy sterujący ją tranzystor wchodzi w stan nasycenia po podaniu stanu wysokiego z portu sterującego jego bazą przez rezystor ograniczający. Wiązka podczerwieni trafia na otaczające przedmioty, zostaje od nich odbita i powraca do czujnika (detektora). Im przedmiot jest bliżej, tym więcej światła się od niego odbija i przez to zwiększa się prąd optotranzystora, powodując zmniejszenie się napięcia na dzielniku. Im przedmiot jest dalej, tym napięcie na wyjściu dzielnika będzie większe, bo optotranzystor mniej przewodzi. Napięcie z dzielnika jest mierzone przez przetwornik analogowo-cyfrowy mikrokontrolera.

Na takiej samej zasadzie działają czujniki drogi. Dzięki nim pojazd może się samodzielnie poruszać po wyznaczonej trasie. Warunkiem prawidłowego działania detekcji trasy jest jej narysowanie w postaci czarnej pasa o określonej szerokości na białym

tle. Producent wraz z pojazdem Flowcode Formula dostarcza wydrukowaną przykładową trasę. Dwa czujniki drogi są umieszczone na dolnej płytce blisko powierzchni, po której porusza się pojazd, a schemat ich podłączenia jest pokazany na rys. 5.

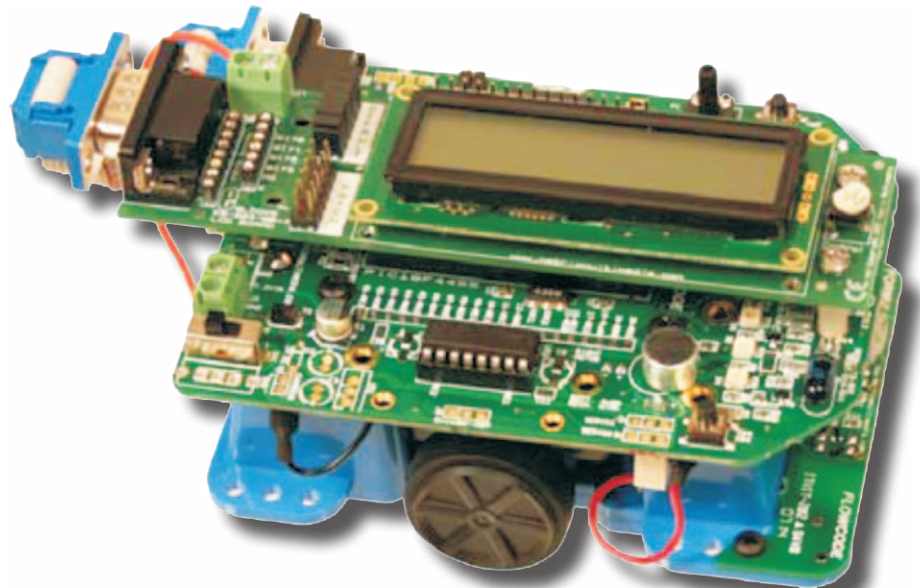
Kiedy oświetlana powierzchnia jest czarna, wtedy ilość odbitego światła jest mała i na wyjściu czujnika jest stan wysoki. Po oświetleniu białej powierzchni odbija się dużo więcej światła i na wyjściu czujnika jest stan niski. Mając do dyspozycji informację z dwu czujników, można tak sterować pojazdem, żeby wracał zawsze na czarny pas.

Czujniki natężenia światła i poziomu dźwięku pozwalają na implementację algorytmów podążania za źródłem światła lub dźwięku. Czujnikiem natężenia światła jest fotorezystor włączony w układ dzielnika napięcia od strony masy. Im silniejsze światło padające na światłoczułą warstwę fotorezystora, tym jego rezystancja jest mniejsza i napięcie na wyjściu dzielnika jest mniejsze. Napięcie dzielnika jest mierzone przez wejście przetwornika analogowo-cyfrowego mikrokontrolera. Jako czujnik natężenia dźwięku wykorzystano mikrofon elektretowy z tranzystorowym wzmacniaczem – rys. 6. Wzmocnienie wzmacniacza można regulować potencjometrem P1. Napięcia wyjściowe z czujników są mierzone przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

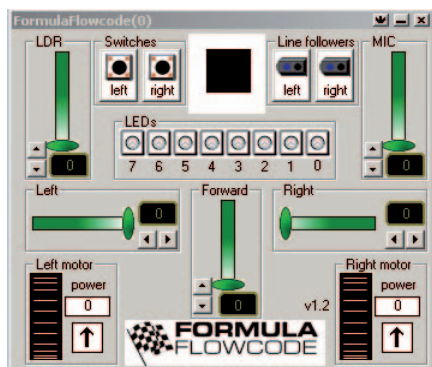
Układ elektryczny robota został uzupełniony o interfejsy sygnalizacyjne w postaci linijki 8 czerwonych diod LED i miniaturowego głośnika/buzzera. Dodatkowo na płytce zostały umieszczone 2 przyciski, których stan można odczytywać, oraz żeńskie złącze DSUB9 do podłączenia modułów peryferyjnych zestawu E-Block produkowanych przez firmę Matrix Multimedia. Można na przykład w celach testowych dołączyć przez to złącze wyświetlacz alfanumeryczny – rys. 7.

Działanie robota jest sterowanie przez program zapisany w pamięci mikrokontrolera. Dla wprawnego programisty obsługa interfejsu PWM, przetwornika analogowo-cyfrowego czy linii portów nie będzie stanowiła żadnego problemu. Jednak dla tych, którzy zaczynają przygodę ze sterownikami mikroprocesorowymi, przebrnięcie przez prawidłowe skonfigurowanie wszystkich rejestrów układów peryferyjnych nie jest zadaniem łatwym, a na pewno czasochłonnym. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że producent przewidział użycie zabawki do nauki robotyki w szkołach średnich, to klasyczne programowanie w assemblerze lub w języku C może jednak być problemem przynajmniej dla części uczniów. I tutaj z pomocą przychodzi znany już nam pakiet Flowcode. Flowcode – narzędzie do szybkiego graficznego tworzenia programów idealnie się do tego celu nadaje. Żeby jeszcze lepiej wykorzystać jego zalety i ułatwić życie tym, dla których programowanie to konieczność, producent przygotował specjalne sprzętowe makro z gotowymi funkcjami obsługi układu napędu i czujników.

Bez znaczenia jest też możliwość bezpośredniego programowania poziomu Flowcode mikrokontrolera sterownika przez interfejs USB. Żeby programowanie było możliwe trzeba zasilony pojazd połączyć kablem USB z komputerem i zainstalować sterownik w systemie Windows. Potem w czasie tworzenia nowego projektu trzeba wybrać w oknie Choose Target urządzenie Formula Flowcode Buggy. W pasku urządzeń peryferyjnym znajdujemy ikonę Formula Flowcode i klikając, na nią dodajemy ten element do projektu. Na rys. 8 jest pokazany element symulacji działania sterownika. Można tu, przesuając myszką suwaki, symulować działanie czujników odległości (Left, Right, Forward), czujników drogi (Line Followers), poziom sygnału z mikrofonu (MIC) i sygnału



Fot. 7. Robot z dołączonym wyświetlaczem z zestawu E-Block



Rys. 8. Element symulacji sterownika pojazdu

z czujnika światła (LDR). W ikonach Left Motor i Right Motor można obserwować ustawiony współczynnik wypełnienia i kierunek obrotów w układzie sterowania silnikami napędu.

Po dodaniu elementu symulacji sterownika mamy do dyspozycji sprzętowe makro z funkcjami sterowania. Można je podzielić na grupę funkcji sterowania napędem, odczytywania sensorów i sterowania wyjściami układami peryferyjnymi.

Do sterowania napędem są przeznaczone funkcje:

- Forward: jazda do przodu z ustaloną prędkością,
- Reverse: jazda do tyłu z ustaloną prędkością,
- Stop: zatrzymaj się,
- SpinLeft: skręcanie w lewo z ustaloną prędkością,
- SpinRight: skręcanie w prawo z ustaloną prędkością,
- Set Motors: indywidualne sterowanie każdym z silników.

Do odczytywania sensorów są przeznaczone funkcje:

- ReadLineSensor: odczytanie czujnika drogi,
- ReadIRSensor: odczytanie czujnika odległości,
- ReadLDR: odczytanie czujnika natężenia światła,
- ReadMic: odczytanie czujnika natężenia dźwięku.

Do sterowania układami peryferyjnymi są przeznaczone funkcje:

- WriteLEDs: zapisanie portu sterującego diodami LED,
- LEDOn: zaświecenie jednej diody,
- LEDOff: zgaszenie jednej diody,
- ReadSwitch: odczytanie stanu przycisków,
- WaitForSwitch: oczekiwanie na przytoczenie przycisku,
- PlayNote: sterowanie głośniczkami.

Mając do dyspozycji ten zestaw funkcji, można budować proste i bardziej skomplikowane algorytmy sterowania pojazdem. Dla początkujących producent przygotował kurs programowania robota zapisany w do-

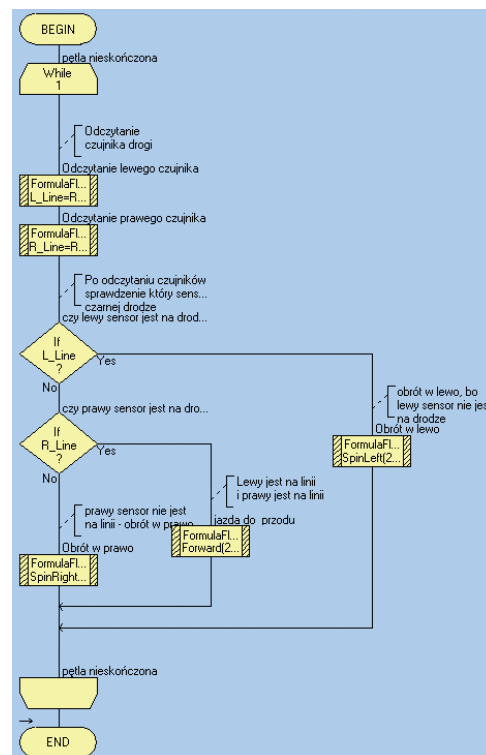
kumencie „Formula Flowcode – An Introductory course.pdf. Dokument jest umieszczony na płycie CD dołączonej do pojazdu. Można go też pobrać ze strony internetowej firmy Matrix Multimedia. Kurs jest przeznaczony dla młodych ludzi od 14 lat wwyż. Do przerobienia jest 5 poziomów od najprostszego po bardziej rozbudowane. Ja, chociaż 14 lat już jakiś czas temu skończyłem, postanowiłem również poeksperymentować i przerobić jedną z końcowych lekcji. Wybór padł na algorytm jechania pojazdu po wytyczonej czarnej drodze (Follow Line).

Jak już wiemy, do detekcji drogi są przeznaczone dwa odpowiednio umieszczone czujniki na podczerwień. Ich stan jest odczytywany funkcją ReadLineSensor. Wykonywany w nieskończonej pętli program na początku odczytuje stan obu czujników, lewego i prawego. Odczytane wartości są zapisywane do zmiennych L_Line i R_Line. Następnie jest sprawdzany stan lewego czujnika. Jeżeli wartość odczytana z czujnika jest jedynką, oznacza to, że czujnik nie jest na drodze i trzeba pojazd skrócić w lewo. Do skrócenia pojazdu używamy funkcji SpinLeft z argumentem 200. Po skróceniu program przechodzi na początek i ponownie sprawdza stan czujników.

Kiedy jednak stan lewego czujnika jest zerem (jest na czarnej drodze), to sprawdzane jest, czy prawy czujnik jest na drodze. Jeżeli tak, to wykonywana jest funkcja Forward i pojazd jedzie do przodu. Jeżeli nie, to oznacza, że prawy czujnik nie jest na drodze i pojazd musi skrócić w prawo po wykonaniu funkcji SpinRight z argumentem 200.

Cały program dzięki specjalizowanym funkcjom makra Formula jest w sumie dość prosty – rys. 9. Po skompilowaniu i załadowaniu do pamięci robota przyszedł czas na próby działania. Tu warto wspomnieć o pewnej praktycznej właściwości makra. Po załadowaniu programu do pamięci nie jest automatycznie uruchamiany, ale czeka na przytoczenie jednego z przycisków sterownika. Można zabawkę odłączyć od komputera, postawić na torze i po naciśnięciu przycisku rozpocząć próby. Procedura sprawdzania naciśnięcia przycisku jest dodawana automatycznie i nie trzeba jej aplikować w programie.

Do pierwszej próby użyłem toru wydrukowanego na firmowej instrukcji obsługi. Ponieważ instrukcja była złożona, tak by się zmieściła do pudełka, to po rozłożeniu toru wydrukowanego na twardym kredowym papierze okazało się, że nie jest on zbyt równy. Widać było, że procedury działają, pojazd się stara podążać wytyczoną trasą, ale przeszkadzają mu w tym nierówności toru. Sytuację poprawiła próba prostowania toru. Jednak dopiero po narysowaniu na prostym karto-



Rys. 9. Program sterujący jazdą robota po wyznaczonej trasie

nie fragmentu toru okazało się, że program radzi sobie nawet niezłe. Można poeksperymentować z parametrami funkcji Forward, SpinLeft i SpinRight. W pewnych sytuacjach układ lepiej sobie radzi, kiedy jedzie wolniej.

Ten przykład jest jednym z wielu opracowanych na potrzeby edukacyjne. Robot też może poruszać się w labiryncie (projekt Maze). Na potrzeby testów algorytmów poruszania się w labiryncie można kupić w firmie gotowe elementy, z których składa się labirynt.

Edukacyjne przeznaczenie pojazdu Formula Flowcode ma odbicie w ofercie handlowej. Można kupić zestaw w pakiecie Flowcode i pięcioma pojazdami przeznaczony dla jednej (angielskiej) klasy szkolnej. W realiach polskiej szkoły 5 sztuk na klasę to trochę mało.

Można też kupić sam moduł elektroniki (2 płytki) bez układu jezdny i pojemnika na baterie. Ta opcja jest przeznaczona do sterowania innymi pojazdami, na przykład 4-kołowymi.

Po czasie spędzonym na poznawaniu i próbach z pojazdem żałuję, że w moich czasach szkolnych nie było możliwości nauki z wykorzystaniem takich lub podobnych pomocy lekcyjnych. Oczywiście nie można zakwalifikować robota Formula Flowcode tylko jako pomocy szkolnej. Na to ma zbyt duże możliwości. Na pewno kompletną platformę mechaniczno-elektroniczną i rewelacyjny sposób programowania docenią też bardziej zaawansowani entuzjaści robotyki.

Tomasz Jabłoński EP
tomasz.jablonski@ep.com.pl