

ZASTOSOWANIE LABVIEW W STEROWANIU ROBOTEM LEGO

Beata Pniewska^{1*}, Emilian Gieranowski²

¹Uniwersytet Radomski, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Polska, b.pniewska@urad.edu.pl

²Uniwersytet Radomski, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, 84116@student.urad.edu.pl

* Corresponding author

Streszczenie – W artykule przedstawiono wykorzystanie oprogramowania LABVIEW do rozszerzenia możliwości robota LEGO, które w przyszłości może zostać wykorzystane przez studentów na zajęciach. Zakres przeprowadzonych prac dotyczył możliwości wykorzystania oprogramowania LABVIEW do programowania i symulowania robota LEGO, a także wykorzystania go do celów szkoleniowych.

Słowa kluczowe – LabView, LEGO, programowanie, robotyka

WSTĘP

LEGO Mindstorms to bardzo popularne narzędzie do nauki programowania oraz robotyki. Jest to znany instrument dydaktyczny. Na rynku programistycznym można znaleźć dwie wersje trzeciej generacji tego sprzętu. Są to m. in. wersja Home, wykorzystywana głównie przez użytkowników indywidualnych oraz wersja Education dedykowana przede wszystkim szkołom oraz placówkom edukacyjnym. Obydwa wydania tych technologii mają na celu nauczyć użytkowników robotyki. Najstarszym zestawem był RCX. Został udostępniony ponad dwadzieścia lat temu, ponieważ było to w 1998 roku. Nad jego prototypem zaczęto pracować o wiele wcześniej. Jak można wywnioskować, dzięki długoletniej pracy nad tym sprzętem jest to bardzo inteligentne oraz zaawansowane technologicznie urządzenie. Prace związane z tematyką MIT Media Lab były prowadzone przez Seymoura Paperta. To właśnie on jako pierwszy był twórcą pierwszego języka programowania LEGO. Dzięki jego kilkunastoletnim badaniom widać jak bardzo to narzędzie zostało dokładnie rozwinięte oraz opracowane. Bardzo ciekawą kwestią jest to, że seria jest niezmienna od wielu lat. Klocki LEGO Technic są świetnym budulcem różnych mechanizmów. Łączone są z różnymi częściami elektronicznymi np. z czujnikami czy silnikami. Dzięki takim połączeniom można budować różne roboty i je programować. Zestaw LEGO Mindstorms EV3 Education Cor Set składa się z 541 części. Do zestawu dołączono również instrukcję oraz kartonowy schemat klocków. W wersji przeznaczonej do domowego użytku znajduje się 601 klocków. Jest to kilkadziesiąt klocków więcej niż w wersji edukacyjnej. W tym zestawie większość klocków jest w kolorze czarnym, szarym i czerwonym. Taka kolorystyka elementów wpływa negatywnie na budowę różnych konstrukcji, czy nawet segregację klocków, ponieważ części w tym samym kolorze są mniej czytelne. W obydwu zestawach dużym

plusem jest to, że klocki są bardzo trwałe. Firma LEGO bardzo dba o jakość i wybiera najlepsze materiały do budowy klocków. Dzięki temu można śmiało stwierdzić, że przedmioty tej firmy są jedne z najlepszych klocków na świecie. Do wersji edukacyjnej firma przygotowała części zapasowe. Pozwala to na budowę większych i bardziej skomplikowanych konstrukcji.

Zestaw Home i edukacyjny jest bardzo zbliżony. Jednak różnią się unikalnymi częściami konstrukcyjnymi zawartymi w wersji LEGO Education

I. ELEKTRONIKA LEGO MINDSTROMS EV3

W elektronice zawartej w obydwu wersjach LEGO zastosowano dwa serwomotory oraz mikrokontroler. Ma on postać kostki EV3, w którym różnią się jedynie czujniki, które tam zastosowano. W dalszej części artykułu zostanie opisana i przedstawiona budowa oraz zastosowanie ww. elementów. W obydwu wersjach są widoczne różnice w ilości, technologii oraz rodzaju zastosowanej elektroniki. Można to zauważyć m. in. w tym, że czujniki oraz silniki zostały połączone przy użyciu kabli z wtyczkami. Jedynym minusem tej konstrukcji jest to, że zastosowane kable bardzo szybko się zużywają. Kostka EV3 służy do sterowania robotami. Inaczej nazywa się go mikrokontrolerem. Jego zasada działania została oparta na systemie operacyjnym Linux na procesorze ARM9. Kostka została obudowana klockiem LEGO. W skład jej budowy wchodzi m. in.:

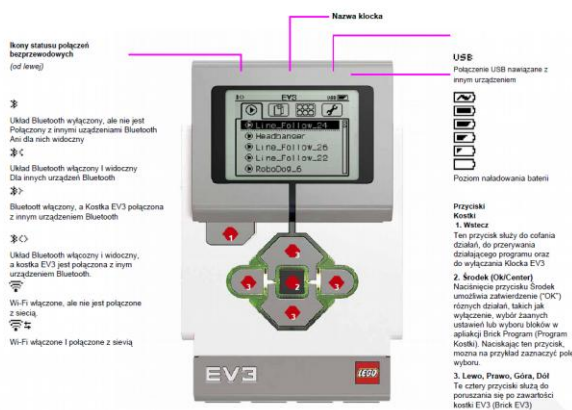
- głośnik;
- wyświetlacz;
- 4 porty wejścia;
- 4 porty wyjścia;
- 6 przycisków;
- port mini USB;
- port USB;
- wejście na Kartę Micro SD (nawet 32 GB);
- gniazdo na baterię.

Dane techniczne Kostki EV3 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne Kostki EV3

System operacyjny	LINUX
Karta pamięci	16 MB
RAM	64MB
ARM 9 Controller	300 MHz
Rozdzielczość ekranu	178x128/Black&White
USB 2.0	Up to 480 Mbit/sec
Communication to Host PC	
USB 1.1 Host Communication	Up to 12 Mbit/sec
Karta Micro SD	Support SDHC
Version 2.0	Max 32 GB
Connectors	RJ 12
Zasilanie	6 AA bateria/akumulator

Kostka EV3 działa w sposób poprawny. Główną jej wadą jest mało intuicyjne menu oraz długi czas uruchamiania się. Czasami potrafi samoistnie się wyłączyć bądź zawiesić, co może utrudnić pracę użytkownikowi w trakcie korzystania z niej. Warto na bieżąco aktualizować oprogramowanie, aby przyspieszyć i usprawnić funkcjonalność tego urządzenia. Na rysunku 1 przedstawiono kostkę EV3 oraz jej budowę.



Rys. 1. Budowa kostki EV3 [5]

Każdą Kostkę EV3 zasilają baterie typu AA. Aby móc w pełni korzystać z tego urządzenia należy użyć aż 6 baterii tego typu. Na rynku można znaleźć także akumulator. W zestawie edukacyjnym dołączony on jest gratis natomiast, aby korzystać z niego trzeba zakupić zasilacz. Kolejną wadą jest czas ładowania, który jest bardzo długi, a co za tym idzie, kiedy akumulator się ładuje nie można korzystać z Kostki.

Czujniki są to tzw. „zmysły” robota. Posiada on czujniki, aby mógł bez problemu odbierać sygnały z otaczającego go świata. W zestawie znajdują się różne czujniki.

Są to m. in.:

- czujnik dotyku;
- czujnik koloru;
- żyroskop;
- czujnik odległości.

Różnią się one pomiędzy sobą budową, funkcjonalnością oraz sposobem wykorzystania go w zestawach.

Czujnik dotyku- czujnik tego typu można znaleźć w wersji Home oraz edukacyjnej. Charakteryzuje go prostota. Jest

to czujnik analogowy. Główne zastosowanie tego czujnika to sterowanie funkcjami robota oraz możliwość zaprogramowania go w taki sposób, aby omijał przeszkody.

Czujnik koloru umieszczono w jednej i drugiej wersji zestawu. Jego głównym zadaniem jest zbieranie danych dotyczących koloru bądź natężenia światła. Urządzenie to rozróżnia 8 kolorów. Czujnik ten jest urządzeniem cyfrowym. Dzięki tej funkcji robota można zaprogramować w ten sposób, żeby poruszał się po białym polu do momentu kiedy nie zostanie wykryta biała linia. Rozpoznanie i rozróżnianie kolorów umożliwia robotowi segregację kolorowych klocków.

Żyroskop- urządzenie to znajduje się wyłącznie w wersji edukacyjnej zestawu EV3. Składa się on z grupy akcelerometrów. Jego głównym zadaniem jest pomiar położenia kątownego. „Ma on również na celu wykrycie zmian w położeniu obiektu z dokładnością do 3 stopni we wszystkich osiach obrotu. Jest to czujnik analogowy. Wykrywa on ruch obrotowy na jednej osi.

Czujnik odległości - sonar. W zestawie edukacyjnym zamieszczono czujnik ultradźwiękowy. Jego mechanizm działania polega na wysyłaniu przez nadajnik fali ultradźwiękowej, która po odbiciu od przeszkody wraca do odbiornika czujnika. Umożliwia to zaprogramowanie robota w taki sposób, żeby zatrzymał się przed ścianą.



Rys. 2. Silniki napędowe LEGO

W zestawie Home i Education EV3 zostały dołączone silniki. Jeden jest mały, natomiast dwa są większe (rys.2). Te trzy silniki posiadają czujnik obrotu. Dzięki tej wbudowanej funkcji istnieje możliwość współpracy pomiędzy dwoma motorami w napędzie burtowym. Dodatkową zaletą tego czujnika w motorze jest to, że robot może jechać prosto. Bardzo dobrze ten czujnik sprawdzi się np. przy dźwigniach sterujących. Dużą zaletą jest to, że sterowanie w silnikach obrotem jest bardzo dokładne. Jest to możliwe dzięki wbudowanemu tachometrowi.

II. METODY PROGRAMOWANIA ZESTAWU LEGO[4]

NXT-G jest to jeden z kilku dostępnych języków programowania. Jest graficznym środowiskiem dla LEGO Mindstorms. Do każdego zestawu dołączony jest w postaci płyty CD. Jego główną funkcjonalność wykorzystuje się podczas pisania bardzo prostych i nieskomplikowanych programów. Z tego programu śmiało mogą korzystać dzieci oraz osoby z ubogim doświadczeniem w programowaniu. W swojej prostocie użytkowania polega głównie na przeciągnięciu oraz połączeniu bloków kodów w dane sekwencje, równania oraz instrukcje. Wersja NXT-G 2.0 Retail dołączona jest do każdego zestawu, natomiast oprogramowanie NXT-G 2.1 dostępne jest wyłącznie dla użytkowników zestawu LEGO Education. Obydwie wersje tego programu są bardzo podobne pod względem wyglądu jak i zastosowanych w nich funkcji.

Język programowania NXC jest językiem wykorzystywanym dla LEGO Mindstorms NXT. Oparty on jest na Next Byte Codes. Ponadto jest to język asemblera. Jest bardzo podobny do języka C. W swoich możliwościach nie musi posiadać firmware kostki NXT. Główną wadą tego języka jest to, że posiada liczne ograniczenia tak jak NXT-G. To oprogramowanie zostało oparte na licencji Mozilla Public License. Warto dodać, że ten język posiada niektóre cechy obiektowości, wielowątkowości oraz obsługi zdarzeń. Niestety w swoich zasobach nie posiada struktur z takimi danymi jak: rekordy, tablice. Dużą funkcjonalnością tego języka jest to, że można debugować napisany program w czasie rzeczywistym.

Oprogramowanie ROBOTC jest to wielopatformowe środowisko. Wykorzystuje się je w takich systemach jak:

- VEX IQ;
- VEX PIC;
- TETRIX;
- LEGO;
- RCX;
- NXT;
- EV3;
- VEX EDR.

Język ten oparty jest na popularnym języku C. Wykorzystuje także standardowe środowisko firmware kostki NXT. Działa na systemie operacyjnym WINDOWS. Można również uruchomić ten program przy wykorzystaniu maszyny wirtualnej. Program ROBOTC jest o wiele szybszym programem niż NXT-G. W swoich zasobach posiada takie narzędzia np. do edytowania, pisania czy wysyłanie pliku binarnego. Warto nadmienić także, że wszystkie te procedury spełnia jeden program.

W tym programie znajdują się również dodatkowe narzędzia, które umożliwiają pełne wykorzystanie tego programu do programowania robotów. Są to m. in.:

- Eksplorator plików robota;
- Narzędzie aktualizacji jądra systemu robota;
- Debugger;
- Konfigurator komunikacji z robotem;
- Konfigurator czujników oraz napędów.

Dodatkowo ważną informacją jest to, że jest to jeden z najpopularniejszych języków na świecie

III. LABVIEW TOOLKIT FOR LEGO® MINDSTORMS®

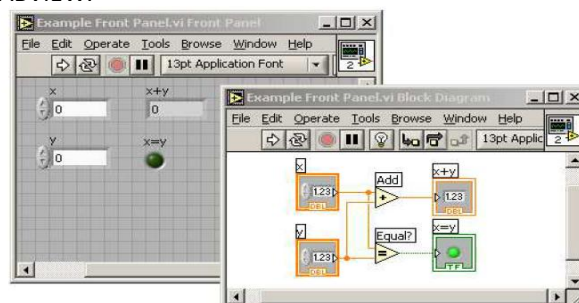
NXT

Wykorzystanie tego języka programowania umożliwia przedstawienie w sposób graficzny oprogramowania robota LEGO.[1][3] Tabela 2 przedstawia wszystkie podstawowe parametry, przy użyciu wszystkich wyżej opisanych metod programowania LEGO.

Tabela 2. Parametry kompilatorów dla LEGO

	NXT-G	NXC	ROBOTC	LABVIEW
PRĘDKOŚĆ PĘTLA/MIN	720	4285	93900	5350
PAMIĘĆ [B]	10704	1428	561	1890
CZAS PISANIA TYPOWEGO PROGRAMU [MIN.]	10	30	30	40

LABVIEW to graficzny język programowania. Korzystając z tego oprogramowania można napisać różne instrumenty wirtualne. LABVIEW w swoim działaniu korzysta z przepływu danych na diagramie. Dzięki temu powstają różne aplikacje. W projekcie LABVIEW zawarto dwa okna. Są to Front Panel, który jest interfejsem użytkownika oraz Block Diagram, w którym zawarto graficzny kod programu. Ważną kwestią jest to, że panel frontowy jest interfejsem pomiędzy użytkownikiem, a programem VI. Można sterować tym oprogramowaniem przy użyciu różnych przycisków. Należy dodać, że każdy program VI wyświetla dedykowaną mu ikonę. Jest to graficzne odzwierciedlenie tego programu. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy program w środowisku LABVIEW.



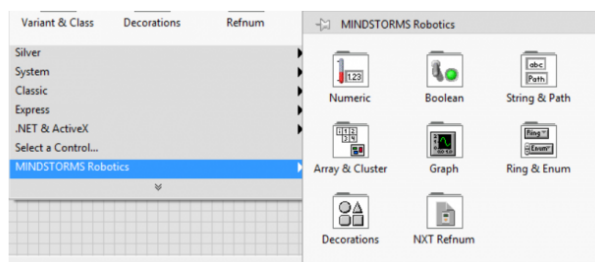
Rys. 3. Przykład programu w środowisku LABVIEW

Ważną kwestią jest to, że diagram blokowy jest złożony z funkcji, struktur, terminali, a także przewodów. Warto pamiętać, że terminale to wejściowe oraz wyjściowe porty, które mają za zadanie wymianę informacji między diagramem blokowym, a panelem frontowym. Spełniają też bardzo ważną funkcję, ponieważ wskazują na dany wskaźnik bądź tylko konkretnej kontrolki. W programie można przeprowadzać różne modyfikacje. Polega to na zmianie terminali na diagramie w taki sposób, aby dane były jako ikony kontrolerek, albo jako ikony typu danych. Program LABVIEW jest językiem programowania, w którym wykorzystuje się i obrabia dane pomiarowe. Jest to również świetny program do wizualizacji oraz do sterowania procesami technologicznymi.

IV. OBSŁUGA INTERFEJSU EV3 W OPROGRAMOWANIU LABVIEW

Moduł LABVIEW dla LEGO MINDSTORMS dodaje całkowicie oddzielne zestawy palet sterowania i funkcji do LABVIEW. Oryginalne zestawy palet z LABVIEW nie będą działać z klockiem NXT.[2] Należy użyć palet z działu MINDSTORMS Robotics. Aby wykorzystać tą funkcję należy kliknąć prawym przyciskiem myszy panel przedni i przejść do sekcji MINDSTORMS Robotics.

Należy używać tych palet do pracy z klockiem NXT tak jak przedstawiono to na rysunku 4.



Rys. 4. Moduł LABVIEW dla LEGO MINDSTORMS

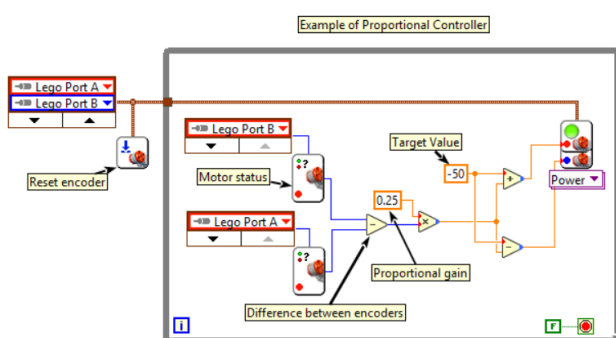
Poniżej pokazano przykład synchronizacji napędów w robocie LEGO.

Nieznaczne różnice w silnikach NXT spowodują, że będą się one obracać z różnymi prędkościami. Ten problem staje się widoczny podczas używania dwóch silników NXT do jazdy w linii prostej. Aby rozwiązać ten problem, można zaimplementować kontrolę sprzężenia zwrotnego. Silniki NXT mają wbudowane enkodery. Jeśli silniki są podłączone do portów A i B, wówczas pobór mocy silników można regulować zgodnie z poniższym zapisem:

Motor A Power = constant - gain * (Motor A Encoder - Motor B Encoder)

Motor B Power = constant + gain * (Motor A Encoder - Motor B Encoder)

Rozwiązanie tego problemu pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Proces implementacji sterownika proporcjonalnego do synchronizacji dwóch silników

V. WNIOSKI

Zastosowanie oprogramowania LABVIEW w sterowaniu robotem LEGO umożliwia użytkownikom poznanie w pełni sposobu jego programowania. Można efektywnie nauczyć się wizualizować oraz kierować w

układach automatyki. Ponadto można także prowadzić obserwacje i kreować różne eksperymenty podczas sterowania robotem przy wykorzystaniu tego oprogramowania. Dzięki tej technologii rozwija się wiele dziedzin nauki.

LABVIEW posiada interfejs graficzny dzięki temu można wykorzystać go do różnych wizualizacji.

USE OF LABVIEW IN LEGO ROBOT CONTROL

This paper presents the use of LABVIEW software to extend the capabilities of the LEGO robot, which can be used by students in future classes. The scope of the work carried out was the possibility of using LABVIEW software to program and simulate a LEGO robot, as well as using it for training purposes.

Key words: LabView, LEGO, programming, robotics

BIBLIOGRAFIA

- [1] Barański G., Sochaczewski R., Wykorzystanie Programu LABVIEW do badań układów napędowych, Lublin 2007.
- [2] Hang He Yu, LABVIEW and LEGO MINDSTORMS NXT, https://www.daslab.org/unlv/wiki/doku.php?id=LABVIEW_nxt_tutorial
- [3] Maj P., Zastosowanie środowiska LABVIEW do sterowania pomiarami z wykorzystaniem dyfraktometru rentgenowskiego, Kraków 2005. Chruściel, LABVIEW w praktyce, Wyd. BTC, Legionowo 2008.
- [4] Matysiak J. Matysiak, Zaawansowane sterowanie robotem LEGO NXT, Politechnika Warszawska, Warszawa 2009.
- [5] www.LEGOeducation.com
- [6] <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-bsw1-0109-0006/c/gieldzinski.pdf>.
- [7] <http://www.robotyka.com/teoria.php/teoria>.
- [8] Safarzyński M., Przegląd środowisk programistycznych dla LEGO Mindstorms EV3, z weryfikacją robotem układającym Kostkę Rubika, Politechnika Warszawska, Warszawa 2016.
- [9] Strona główna dodatku LEGO Mindstorms EV3 Support Package. <http://www.mathworks.com/hardware-support/lego-mindstorms-ev3-matlab.html>. [18.11.2020].
- [10] Strona internetowa produktu LEGO Mindstorms EV3 Education Expansion Set. <https://education.lego.com/en-us/products/> [16.11.2020].
- [11] Syrocka A., Skrzypek D.: Recenzja i porównanie LEGO Mindstorms EV3: Wersja domowa a edukacyjna, <https://www.robocamp.pl/pl/blog/lego-mindstorms-ev3-recenzja/> [15.11.2020].
- [12] Trobaugh J.J., Lowe M., Skuteczne programowanie MINDSTORMS, wyd. APN Promise, Warszawa 2013.
- [13] Wstęp do Robotyki - Wykład 1. http://elka.pw/obieralne/wr/wyk/wr_cz1.pdf.