

# Forum Młodych

## Inspekcyjny robot mobilny WARRIOR I

Rafał Chojecki, Jakub Dębski, Piotr Fryc, Filip Jankun, Tomasz Pietrzak, Michał Wałęcki – Cyborg++

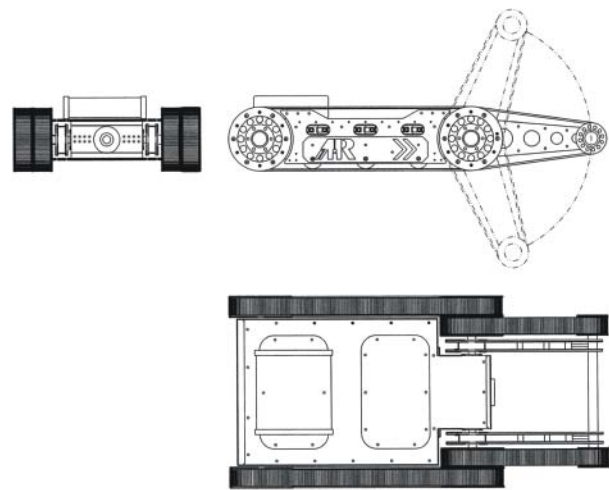
W ostatnich latach obserwowany jest szybki rozwój robotyki mobilnej w zastosowaniach wojskowych i policyjnych. W aplikacjach tych roboty wykorzystywane są do różnorodnych zadań: zwiadowczych, interwencyjnych, ratunkowych, a nawet saperskich. Wyposażenie tego typu maszyn w inteligentne układy sensoryczne oraz systemy sterowania pozwala operatorowi na wykonywanie niebezpiecznych zadań w trudno dostępnych miejscach i niesprzyjających warunkach, a przy tym bez narażania własnego życia. Takie warunki spowodowały powstanie pomysłu budowy inspekcyjnego robota terenowego **Warrior I**. Robot został całkowicie wykonany w Instytucie Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej w ramach prac Studenckiego Koła Naukowego Robotyki Mobilnej Cyborg ++.

Ze względu na rodzaj przewidywanych funkcjonalności robota, wykonywanych zadań oraz środowisko pracy przyjęto następujące założenia projektowe:

- duża mobilność
- mała wysokość platformy
- możliwość pokonywania przeszkód znacznie wyższych od robota
- budowa modułowa
- solidna i wytrzymała konstrukcja nośna
- łatwość montażu i demontażu podzespołów robota.

Efektom przyjętych założeń był projekt i realizacja platformy mobilnej o napędzie elektrycznym. Platforma ma wymiary: długość 576 mm, szerokość 287 mm oraz wysokość 120 mm. Ponieważ jest to konstrukcja modułowa, a pojazd ma ruchome elementy, wymiary całej konstrukcji ulegają zmianie. Robot ma dwie pary gąsienic napędzanych dwoma silnikami prądu stałego – główną parę gąsienic stałą oraz pomocniczą ruchomą. Rozwiązanie to pozwala pojazdowi pokonywać przeszkody wyższe niż średnica kół napędowych oraz stabilizować jazdę podczas zjeżdżania ze stopni lub progów.

Zastosowany układ napędowy jest analogiczny do układów napędowych występujących w czołgach. Lewa i prawa gąsienica są napędzane przez niezależne silniki zasilane napięciem nominalnym 12 V. Robot ma cztery koła jezdne oraz dwie przednie rolki ruchomej gąsienicy. Gąsienice



Rys. 1. Robot Warrior I – widok ogólny robota w trzech rzutach

wykonane są z odpornego na ścieranie poliuretanu zbrojonego stalowymi linkami. Dla optymalizacji możliwości terenowych robota, wykorzystano reduktory planetarne znacznie zwiększające moment napędowy. Napęd przekazywany jest z kół tylnych przez gąsienice na podwójne koła przednie, które napędzają także dodatkowe ruchome gąsienice. W układzie napędowym zastosowano niezależne mechanizmy naciągu gąsienic głównych. Przednie koła główne są podwójne ze względu na stosowanie dwóch par gąsienic. Na zewnętrzne koła są nałożone gąsienice główne, a na wewnętrzne - ruchome gąsienice pomocnicze.

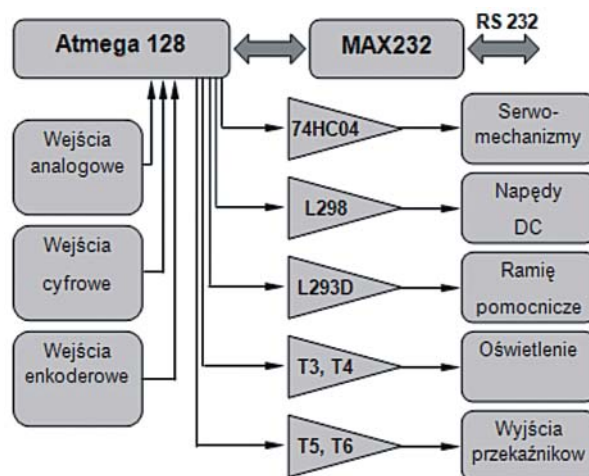


Rys. 2. Konstrukcja robota Warrior I

Przednie gaśienice zamocowane są na dwóch ruchomych ramionach wykonanych z aluminium. Na końcach ramion znajdują się mechanizmy napinające gaśienice dodatkowe. Za ruch ramienia, podobnie jak w przypadku głównego układu napędowego, odpowiedzialny jest silnik prądu stałego 12 V współpracujący z przekładnią planetarną. Ramię robota może obracać się w zakresie kątowym  $\pm 70^\circ$ . Uniwersalna konstrukcja robota pozwalała na opcjonalne dołączenie czterech kół o średnicy większej niż koła napędowe gaśienic. W tym wariantcie robot zachowuje się jak pojazd czterokołowy, co zmniejsza opory ruchu podczas poruszania się po twardych i płaskich powierzchniach.

Kadłub robota wykonany jest z profili i blach duralowych. Zapewnia to całkowitą ochronę układów wewnętrznych robota, a dodatkowo osłony boczne chronią przed dostawaniem się między koła a gaśienice zanieczyszczeń i drobnych elementów napotkanych podczas pracy w terenie.

Robot Warrior I wyposażony jest w cztery czujniki podczerwieni umieszczone w bocznych osłonach. Odpowia-



Rys. 3. Uproszczony schemat blokowy układu sterowania

Obecnie studenci pracują nad projektem bezzałogowego pojazdu terenowego typu UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). Etap pierwszy polegający na zbudowaniu mobilnej platformy został zakończony sukcesem. Drugi etap obejmuje prace nad wyposażeniem robota w system sensoryczny oraz wizyjny. Zaplanowano również zamontowanie nadrzędnego komputera sterującego realizującego algorytmy pracy autonomicznej. Obecnie pozyskiwane są fundusze umożliwiające rozpoczęcie drugiego etapu projektu. Jesteśmy otwarci na współpracę z firmami oraz ośrodkami badawczymi. Szczegółowych informacji udzielają:

**Filip Jankun, tel.: 600 285 766**

**@: f.jankun@mchtr.pw.edu.pl**

**Jakub Dębski, tel.: 609 114 608**

**@: j.debski@mchtr.pw.edu.pl**

Projekt zostanie szerzej opisany w następnych wydaniach Forum Młodych.

dają one za pomiar odległości od przeszkód po bokach pojazdu. W przedniej części robota zamontowana została kolorowa kamera CCD o wysokiej rozdzielczości. Robot przystosowany jest także do pracy w warunkach niedostatecznego oświetlenia. Zapewnia to zespół szesnastu diód LED, poziomem intensywności świecenia steruje operator. Obraz z kamery przekazywany jest do odbiornika bezprzewodowo przy wykorzystaniu nadajników pracujących w paśmie 2,5 GHz.

Komunikacja między operatorem a robotem odbywa się na zasadzie topologii typu Master-Slave. Slave - pokładowy sterownik robota zbudowany – na mikrokontrolerze ATmega128 firmy Atmel – podporządkowany jest urządzeniu Master, z którego otrzymuje polecenia i do którego przesyła dane z sensorów. Komunikacja realizowana jest przez interfejs RS-232. Jednostką nadrzędną może być panel operatorski wyposażony w mikrokontroler z możliwością komunikacji RS-232 lub komputer klasy PC, z którego wydawane są polecenia.



**Studenckie Koło Naukowe Cyborg++** działa przy Instytucie Automatyki i Robotyki na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Koło zostało założone w 2005 r. W kręgu głównych zainteresowań członków SKN Cyborg++ znajduje się robotyka mobilna. Jest to prężnie rozwijana dziedzina wiedzy, z dużym potencjałem praktycznego wykorzystania opracowywanych rozwiązań. W szczególności obszary działalności koła to: projektowanie oraz budowa robotów mobilnych, opracowywanie zaawansowanych układów sterowania, badania nad sztuczną inteligencją robotów, badania nad systemami sensorycznymi oraz wizyjnymi, projektowanie urządzeń elektronicznych oraz mechanicznych, opracowywanie indywidualnych rozwiązań z zakresu robotyki mobilnej.

Koło naukowe realizowało liczne ciekawe projekty. Studenci mają do dyspozycji kilkanaście robotów mobilnych przystosowanych do różnorodnych zastosowań. Obecnie skupiają się na rozwoju robotów mogących pracować w trudnych warunkach środowiskowych. Cały czas powstają nowe koncepcje, te najciekawsze wcielane są w życie. Studenci SKN Cyborg++ realizują projekty od etapu koncepcji aż do etapu wyko-

nia, skupiając się na przyswajaniu praktycznej wiedzy oraz wdrażaniu własnych pomysłów.

Opiekunem koła jest absolwent Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej mgr inż. Rafał Chojecki (r.chojecki@mchtr.pw.edu.pl). Obecnie pracuje jako asystent w Zakładzie Urządzeń Wykonawczych Automatyki i Robotyki Instytutu Automatyki i Robotyki. Jego główne zainteresowania skoncentrowane są na zagadnieniach budowy systemów nawigacyjnych robotów mobilnych, sensoryki robotów oraz urządzeń wykonawczych automatyki i robotyki. Jest autorem kilkunastu prototypowych robotów mobilnych.

Więcej informacji na temat koła naukowego, realizowanych projektów oraz możliwości współpracy można uzyskać na stronie internetowej <http://www.robotyka.info.pl/cyborg>, e-mail: [cyborgpp@gmail.com](mailto:cyborgpp@gmail.com)

Dane kontaktowe: SKN CYBORG++ Politechnika Warszawska Wydział Mechatroniki, Instytut Automatyki i Robotyki, ul. św. Andrzeja Boboli 8, 02-525 Warszawa  
[www.robotyka.info.pl/cyborg/](http://www.robotyka.info.pl/cyborg/)  
 Prezes – Filip Jankun, tel.: 0048 600 285 766  
 f.jankun@mchtr.pw.edu.pl  
 V-ce prezes – Jakub Dębski, tel.: 609 114 608  
 j.debski@mchtr.pw.edu.pl

# Zastosowanie wspomagającego napędu tunelowego w robocie mobilnym klasy minisumo

Artur Grzela – prezes SKN MOS

Cora popularniejszą rozrywką ambitnych studentów uczelni technicznych staje się budowanie robotów i udział w zawodach. Istnieje wiele kategorii zmagani robotycznych, jednak najpopularniejsza jest kategoria *minisumo*. Zadaniem robotów jest wypchnięcie przeciwnika z okrągłego ringu (*dohyo*) o średnicy 77 cm. *Dohyo* jest koloru czarnego, ograniczone białą linią o szerokości 2,5 cm. Kontrastowa kolorystyka umożliwia robotom kontrolowanie położenia w obszarze walki – jego opuszczenie oznacza wykluczenie. Na konstrukcję robotów zostały nałożone ograniczenia: mają to być w pełni autonomiczne jednostki o wymiarach podstawy nieprzekraczających 10×10 cm (wysokość jest dowolna) i masie do 500 g.

## Jak wygrać?

### Stosowane taktyki walki

Zawody robotów *minisumo*, ze względu na swoją popularność, przyczyniły się do rozwoju nowoczesnych technologii i technik walki. Dzisiaj niezwykle trudno jest zbudować robota, który dojdzie do finału. Stosuje się wiele taktyk ułatwiających pokonanie przeciwnika. Jedną z nich polega na przymocowaniu do robotów bardzo gładkich pługów, za pomocą których można wywieźć przeciwnika z ringu. Pługi takie muszą pracować pod dużym kątem nachylenia do podłoża, co trudno zrealizować przy tak ograniczonych wymiarach robota. Sprytni konstruktorzy wpadli na pomysł, że pługi te powinny być automatycznie rozkładane zaraz po rozpoczęciu walki. Obecnie niemal wszystkie najlepsze roboty wykorzystują tę technikę.

Materiał, z którego wykonane są koła robota, również dobierany jest z największą starannością. Powinien charakteryzować się bardzo wysokim współczynnikiem tarcia, ale zgodnie z regulaminem robot nie może być przytwierdzony do podłoża. Maksymalny współczynnik tarcia kół o podłożu może wynosić 1, czyli największa siła, z jaką robot będzie przepychał przeciwnika, to 5 N.

### W poszukiwaniu metody pokonania przeciwnika

Sposobem na łatwe pokonanie przeciwnika wydaje się zwiększanie siły oddziaływania robota na przeciwnika. Istnieje kilka rozwiązań tego problemu, jednak najciekawszym i zarazem najprostszym pomysłem okazało się zastosowanie napędu tunelowego. Działa on jak wentylator bardzo dużej mocy, którego ciąg jest dodatkową siłą napędzającą, niezależną od przyczepności kół.

Siła ciągu stosowanego napędu osiąga wartość 6,8 N, co wystarcza, aby przepchnąć robota nawet z zablokowanymi kołami. Wypadkowa siła, z jaką robot oddziałuje na przeciwnika, jest równa sumie sił ciągu otrzymanych z na-

pędu tunelowego kołowego. W warunkach rzeczywistych powinna osiągać wartość 10 N. Nie trzeba być zaawansowanym robotykiem, żeby stwierdzić, że taka konstrukcja diametralnie zwiększa prawdopodobieństwo zwycięstwa.

### Trudności i komplikacje

Każdy nowy pomysł napotyka na swej drodze wiele komplikacji. W tym przypadku nie było inaczej. Problemem, z którym trzeba było się zmagać już na samym początku, było ograniczenie masy robota do 500 g. Zastosowany napęd, podczas pracy z pełną mocą, pobiera 57 A prądu. Ponieważ w czasie walk napęd byłby w niewielkim stopniu używany (tylko podczas bezpośredniego kontaktu z przeciwnikiem), wystarczający czas pracy bez konieczności ładowania akumulatora wynosi 1 min, co odpowiada pojemności akumulatora ok. 1 Ah.

To z pozoru niewykonalne zadanie dobrania odpowiedniego akumulatora znalazło proste rozwiązanie - zastosowano baterię litowo-polimerową o pojemności 1,5 Ah, maksymalnej wydajności prądowej 75 A i napięciu 11,1 V. Jak na ogniwo o tak dobrych parametrach, bateria nie jest ciężka (niewiele ponad 200 g), ale i tak stanowi główną część masy robota.

Kolejną trudnością było odpowiednie usytuowanie turbiny. Obliczenia, symulacje oraz doświadczenia wykazały, że nie można jej umieścić na robocie, ponieważ powodowałyby odciążanie kół. Jedynym rozwiązaniem było opracowanie takiego systemu mocowania napędu, który umożliwi przemieszczenie turbiny z pozycji oczekiwania (na robocie) do pozycji roboczej (za robotem) w trakcie walki.

### Konstrukcja mechaniczna



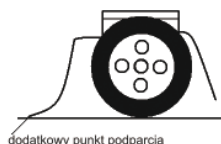
Ze względu na to, że bardzo duża część dopuszczalnej masy została wykorzystana przez system napędu tunelowego, masę konstrukcji mechanicznej robota należało ograniczyć do minimum. W tym celu szkielet konstrukcji został wykonany z aluminium. Układ napędowy stanowią prze-

robione serwomechanizmy (wymontowane ograniczenia i sterowanie), które napędzają dwa koła, każde o szerokości 2 cm i średnicy 4 cm. Zastosowanie dwóch kół ma niestety poważną wadę, konieczne jest stworzenie dodatkowego punktu podparcia.

Elementy robota zostały rozmieszczone tak, by podczas walki docisk kół był jak największy. Ze względu na małe wymiary robota, rozmieszczanie masy nie było zadaniem

łatwym i wymagało ingerencji w takie elementy, jak bateria, serwa, sterownik napędu tunelowego. Prace komplikował fakt, że turbina musiała być umieszczona na ruchomych ramionach, które miały przenosić ją na tył robota w momencie rozpoczęcia walki. Powstało wiele pomysłów, jak zmieniać wymiary robota.

Najlepszym rozwiązaniem okazało się umieszczenie napędu na ruchomych elementach, przy czym napęd zmienia położenie wykorzystując siłę własnego ciągu. W pierwszych sekundach walki napęd tunelowy włącza się na chwilę tylko po to, by „opaść” i znaleźć się za robotem. W pozycji gotowej do walki, ramiona trzymające silnik napędu są pod takim kątem do punktu ich mocowania, że siła ciągu napędu przeciwdziała jego mechanicznemu powrotowi do pozycji początkowej.

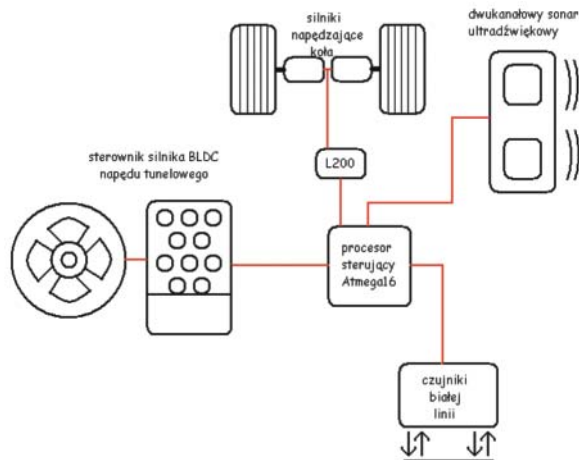
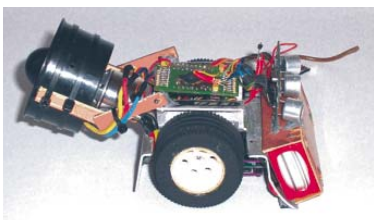
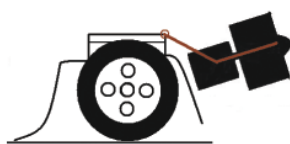
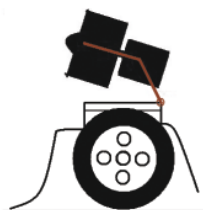
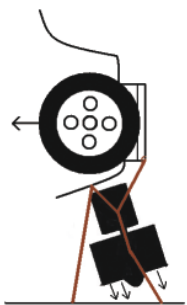


silnik napędu są pod takim kątem do punktu ich mocowania, że siła ciągu napędu przeciwdziała jego mechanicznemu powrotowi do pozycji początkowej.

### Elektronika i sterowanie

Układ elektroniczny w obecnym stadium rozwoju jest wystarczający dla robota klasy minisumo. Biorąc jednak pod uwagę dodatkową siłę napędzającą, często zdarzają się sytuacje, kiedy wyższy stopień zaawansowania byłby wskazany.

Układ sterowania składa się z procesora sterującego ATmega16, dwukanałowego sonaru ultradźwiękowego pozwalającego na wykrywanie przeciwnika, czujników białej linii do określania położenia na dohyo, silników napędowych wraz z mostkiem sterującym i napędem tu-



Schemat blokowy układu sterowania

nelowego wraz ze sterownikiem kontrolującym pracę zastosowanego w nim silnika BLDC.

Zastosowanie napędu wykorzystującego siłę ciągu prowadzi czasem do sytuacji, nad którymi trudno jest zapanować bez dodatkowego układu sensorycznego. Jedną z większych trudności jest kontrola kierunku poruszania się robota. Problemem jest też osiągnięcie zbyt dużych prędkości i wyhamowanie robota przy najechaniu na białą linię. Większość z tych problemów powinno rozwiązać zastosowanie akcelerometrów.

### Podsumowanie

Opisane rozwiązanie jest dobrym sposobem podejścia do problemów technicznych. Czasem rozwiązania sprawdzone trzeba podeprzeć lub zastąpić nieco ryzykownymi, innowacyjnymi. Tylko w ten sposób, patrząc z innej perspektywy, można zwiększyć dynamikę rozwoju techniki.

Opisany robot, choć nie jest jeszcze w pełni dopracowany, czeka na swoje pierwsze zawody, tocząc niewielkie boje na arenie wewnętrzuczelnianej. Dotychczasowe wyniki z pewnością nie zwiastują wielkiej porażki...



Koło naukowe MOS, działające przy Katedrze Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej Politechniki Wrocławskiej, zrzesza studentów Wydziału Elektroniki chcących pogłębić swoją wiedzę na temat techniki mikroprocesorowej. Prowadzimy kursy dla innych studentów, rozwijamy własne projekty, a także organizujemy większe przedsięwzięcia związane zarówno z dużymi imprezami (m.in. juwenaliami), ale też ze zwykłym życiem studenckim. Wśród naszych szeregów spotkać można pasjonatów i hobbystów skupionych wokół wspólnego celu: rozwój własny w kierunku praktycznego poznania elektroniki. Potrzeba jest matką wynalazku, tak było też z nami. Na studiach obszernie poznajemy teorię akwizycji sygnałów, ich przetwarzania czy budowy mikroprocesorów. Zajmujemy się również wieloma projektami

praktycznymi. Niektórym jednak to nie wystarcza. Chcą pogłębiać swoją wiedzę, mieć dostęp do dobrego sprzętu i fachowych porad również poza uczelnią i wspólnie z innymi opracowywać wielkie projekty. Takimi zasadami kierowali się nasi poprzednicy. Koło zostało bowiem założone w 2003 r. Dr inż. Andrzej Stępień, specjalista do spraw programowania systemów mikroprocesorowych, współautor wielu powszechnie stosowanych podręczników podjął się merytorycznej opieki nad kołem a nazwą został skrót M.O.S, czyli *Microsystems Oriented Society*. W tym czasie nabieraliśmy rozpędu, powstał i osiągnął pełną formę projekt P.I.W.O ([www.projekt-piwo.pl](http://www.projekt-piwo.pl)) – system sterowania oświetleniem akademika, B.B.C. ([bbc.pwr.wroc.pl/](http://bbc.pwr.wroc.pl/)) – wielki zegar binarny wykorzystujący okna futurystycznego budynku Politechniki Wrocławskiej. Jednocześnie realizowane są projekty mniejsze, indywidualne, takie jak roboty minisumo, matryce LED, układy transmisji bezprzewodowej, komputer na bazie procesora ARM9 i wiele innych, do których obejrzenia zapraszamy na stronę [www.mos.pwr.wroc.pl](http://www.mos.pwr.wroc.pl).

Marcin Pleskacz, Wiceprezes SKN MOS

# Program sterujący wiertarko-frezarką na podstawie danych z plików DXF

Maciej Stramski, Krzysztof Tomczewski – Spektrum

Urządzenia sterowane numerycznie zapewniają szybkość i powtarzalną produkcję oraz wygodę użytkownika. Gwarantuje to komputerowe wspomaganie procesu projektowania, zautomatyzowany proces generowania danych w formatach rozpoznawanych przez urządzenia CNC oraz możliwość przesyłania zamówień w postaci dokumentacji w formie elektronicznej. Oprogramowanie przeznaczone do sterowania oraz programowania maszyn typu CNC bazuje na formatach danych dedykowanych wyspecjalizowanym narzędziom projektowym. Ogólnie przyjętym formatem zapisu projektów, konwertowanym na języki wewnętrzne większości urządzeń CNC, są pliki wymiany danych programu AutoCAD.

W przypadku programu **DXFPlot**, opracowanego częściowo w ramach działalności Koła Naukowego *Spektrum* i kontynuowanego w ramach pracy dyplomowej, sterowanie pracą wiertarko-frezarki za pomocą komputera odbywa się w czasie rzeczywistym. Dane potrzebne do sterowania urządzeniem odczytywane są z plików wymiany danych programu AutoCAD<sup>®</sup> firmy Autodesk. Dane zapisane w pamięci komputera są analizowane w celu wyznaczenia kolejności wykonywania operacji i przetwarzane na sygnały sterujące napędami. W odróżnieniu od większości rozwiązań stosowanych w urządzeniach przemysłowych, program **DXFPlot** generuje sygnały sterujące bezpośrednio pracą silników krokowych, napędzających mechanizmy przesuwne urządzenia. Sygnały te przesyłane są do urządzenia wykonawczego magistralą szeregową, utworzoną na wydzielonych do tego celu bitach interfejsu LPT. Do komunikacji między komputerem i urządzeniem wykonawczym wykorzystano transmisję I<sup>2</sup>C [1]. Dzięki przyjętemu rozwiązaniu program jest w pełni funkcjonalnym narzędziem sterowania pracą wiertarko-frezarki. Stanowi on też materiał uzupełniający do zajęć laboratoryjnych. Umożliwia wykonanie pokazu działania urządzenia wykonawczego, połączonego z omówieniem budowy i zasady działania.

## Model laboratoryjny urządzenia CNC

Wszystkie elementy wchodzące w skład stanowiska - model fizyczny wiertarko-frezarki (rys. 1), układ sterowania (rys. 2) i oprogramowanie [4] – zostały opracowane i wykonane w ramach prac dyplomowych w Instytucie Układów Elektromechanicznych i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Opolskiej.

Urządzenie wykonawcze ma strukturę kartezjańską o trzech stopniach swobody mechanicznej. Mechanizmy przesuwne wykonano ze szlifowanych prętów, ze stali chromowej. Współpracują z łożyskami ślizgowymi. Do napędu mechanizmów przesuwnych zastosowano śruby metryczne napędzane hybrydowymi silnikami skokowymi. Silniki zasilane są z układów scalonych zawierających wyjściowe



Rys. 1. Urządzenie wykonawcze [2]



Rys. 2. Układ sterowania [3]

mostki tranzystorowe. W odróżnieniu od większości urządzeń tego typu, układ elektroniczny nie zawiera procesora interpretującego makrokomendy przesyłane z komputera. Wykonanie każdego kroku wymaga wysłania z komputera sygnału taktującego. Sygnał ten generowany jest przez dwukrotne wysłanie bajta informacji, początkowo z ustawionymi, a następnie wyzerowanymi odpowiednimi bitami. Informację o kierunkach przesuwów w poszczególnych złączach oraz polecenie załączenia bądź wyłączenia napędów zawierają pozostałe bity. Kolejne bajty wysyłane są w zadanych odstępach czasu, generując sygnały prostokątne, taktujące ruchy silników krokowych. Zbocze narastające każdego impulsu powoduje krok silnika w zadanym kierunku. Jako układ *slave* zastosowano procesor firmy Cypress. Zaimplementowany w procesorze interfejs I<sup>2</sup>C ma dwa rejestry: wejściowy, do którego wysyłane są dane z komputera i wyjściowy, z którego odczytywane są informacje o stanie czujników. Dane wysyłane są w postaci trzybajtowej, z czego bajt pierwszy zawiera adres procesora, bajt drugi – adres wewnętrzny rejestru, a trzeci – właściwe dane.

## Opis programu

Program sterujący wiertarko-frezarką **DXFPlot** pracuje pod kontrolą systemów operacyjnych Windows 98, XP oraz Vista i wymaga, by komputer był wyposażony w interfejs równoległy LPT.

Program **DXFPlot** wykorzystuje opracowaną klasę *Drawing* z zaimplementowanymi algorytmami odczytu danych z plików DXF (*Data eXchange File*), algorytmami generowania encji zawartych w projektach CAD oraz algorytmami sterowania napędami wiertarko-frezarki.

Dane w plikach DXF zapisane są w postaci tekstowej w formacie ASCII. Struktura formatu podzielona jest na siedem sekcji. Każda sekcja odpowiada za konkretne części projektu CAD i cechuje się indywidualnymi strukturami. Najważniejszą jest sekcja ENTITIES zawierająca wszelkie dane dotyczące obiektów graficznych występujących w projekcie. Każdy obiekt graficzny, zapisany w postaci danych wektorowych, nazwany jest encją, a każda zmienna charakteryzująca encję zapisana jest w dwóch liniach zawierających tzw. kod grupowy oraz wartość zmiennej [5].

Interfejs graficzny (rys. 3) umożliwia podgląd rysunku zawartego w projekcie w pliku DXF oraz rozpoczęcie, wstrzymanie i zakończenie pracy urządzenia. Istnieje możliwość zmiany niektórych parametrów projektu, jak dobór skali, przesunięcie punktu bazowego, zmiana grubości wiertła lub frezu. Po rozpoczęciu pracy urządzenia, interfejs graficzny gwarantuje podgląd postępów pracy oraz aktualne wartości współrzędnych położenia głowicy.

## Podsumowanie

Program **DXFPlot** wraz z urządzeniem wykonawczym stanowi w pełni funkcjonalne stanowisko dydaktyczne umożliwiające wiercenie i frezowanie. Przeprowadzone próby frezowania różnego typu rysunków w poliwęglanie świadczą o dużej dokładności urządzenia (teoretyczna rozdzielczość ruchu wynosi poniżej 50  $\mu\text{m}$ ). Liczne testy wykazały, że program nadaje się do realizacji nawet bardzo skomplikowanych projektów graficznych. Maksymalny rozmiar projektu odpowiada formatowi A4.



Rys. 3. Interfejs graficzny programu **DXFPlot** (linie zielone pokazują część wyfrezowaną)



Rys. 4. Logo Politechniki Opolskiej wyfrezowane w płycie z poliwęglanu – efekt końcowy działania programu **DXFPlot**

Na rys. 3 prezentującym interfejs graficzny programu, widoczny jest projekt logo Politechniki Opolskiej w trakcie działania programu. Na rys. 4 pokazano to samo logo, wyfrezowane w płycie z poliwęglanu, będące efektem pracy urządzenia i programu **DXFPlot**.

Dzięki modułowej budowie klasy *Drawing* program może być wykorzystywany w ramach zajęć dydaktycznych do omawiania struktur programów sterujących maszynami CNC.

Wykorzystanie jako obiektów źródłowych plików wymiany danych programu AutoCAD firmy Autodesk dało możliwość importu projektów graficznych z większości programów do tworzenia grafiki wektorowej. Po ich konwersji do formatu DXF mogą one stanowić dane wejściowe dla programu **DXFPlot**. Dzięki temu proces tworzenia nawet bardzo skomplikowanych projektów graficznych w programie **DXFPlot** jest prosty i szybki.

## Bibliografia

- [www.nxp.com/acrobat\_download/literature/9398/39340011.pdf] - The I<sup>2</sup>C-Bus Specification. 2000.
- Woszek R., Pszczółka A.: Wiertarka pozycyjna sterowana numerycznie. Praca dypl. Politechnika Opolska, Opole 2005.
- Białek R.: Układ sterowania wiertarką pozycyjną na bazie mikroprocesora Cypress. Praca dypl. Politechnika Opolska, Opole 2008.
- Stramski M.: Program sterujący frezarko-grawerką na podstawie danych pochodzących z AutoCAD. Praca dypl. Politechnika Opolska, 2009.
- [http://www.autodesk.com/techpubs/autocad/dxf/] – AutoCAD 2000 DXF Reference. Autodesk, 1999.
- Walczak K.: Przykłady zastosowań. C++ Borland Builder. Wydawnictwo W&W, 2001.
- [http://www.logix4u.net/inpout32.htm/] - inpout32.dll.



Studenckie Koło Naukowe SPEKTRUM powstało w 2007 r. Działa przy Instytucie Układów Elektromechanicznych i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Opolskiej. Zrzesza głównie studentów kierunku *Automatyka i Robotyka* Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki. Główne cele koła to: propagowanie wiedzy z zakresu robotyki i mechatroniki, umożliwienie studentom zdobywanie dodatkowej wiedzy i umiejętności praktycznych, praktyczna realizacja pomysłów-projektów związanych z robotyką.

Opiekunem koła jest dr inż. Krzysztof Tomczewski – Katedra Napędu Elektrycznego, Diagnostyki i Elektroniki Przemysłowej.

Dane kontaktowe: Politechnika Opolska, Instytut Układów Elektromechanicznych i Elektroniki Przemysłowej SKN SPEKTRUM ul. Luboszycka 7, 45-036 Opole, e-mail: spektrum.po@gmail.com k.tomczewski@po.opole.pl

# System akwizycji danych do badań niszczących próbek betonu z wykorzystaniem pakietu LabVIEW

Lukasz Bajda, Wojciech Mysiński – Koło Naukowe Techniki Cyfrowej

Prezentowany system pomiarowy powstał na zamówienie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, gdzie prowadzone są badania niszczące i nieniszczące próbek betonu. Konieczna była automatyzacja tego procesu. Obecnie system jest powszechnie stosowany przez kadrę naukową Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlanych. Głównym zadaniem komputerowo wspomaganego systemu jest pomiar przemieszczenia (w trzech punktach) i siły nacisku na próbkę betonu przy odpowiednio zmieniającej się sile nacisku.

Podczas badań niszczących próbek betonu powstaje duża liczba danych pomiarowych, które należy zapamiętać i przetworzyć. Ze względu na niszczący charakter badań, wyniki pomiarów można otrzymać tylko raz dla pojedynczej próbki betonu. Do tego celu najlepiej nadaje się komputerowy system pomiarowy, który umożliwia zbieranie dużej liczby danych oraz archiwizowanie ich. W prezentowanym systemie zastosowano nowoczesny moduł przetwornika analogowo-cyfrowego z wyjściem USB, dzięki temu można podpiąć taki system do dowolnego komputera klasy PC (w szczególności laptopa).

Zrealizowane w środowisku LabVIEW oprogramowanie pozwala na automatyczne przeprowadzanie pomiaru i wyznaczanie parametrów próbek takich jak charakterystyka naprężenie-odkształcenie i moduł sprężystości oraz ich podgląd na ekranie monitora w postaci cyfrowej i graficznej dla zmiennej siły nacisku. Program umożliwia realizowanie obliczeń matematycznych i projektowanie funkcjonalnych i przyjaznych interfejsów graficznych dla użytkowników systemu.

## Założenia systemu

System składa się z części sprzętowej i oprogramowania. Oprogramowanie to dwie odrębne aplikacje stworzone w środowisku LabVIEW. Każda z aplikacji w określony sposób przetwarza oraz prezentuje otrzymane z karty pomiarowej dane, umożliwia też zapis wszystkich parametrów pomiaru, jak i samych wyników pomiaru w postaci plików MS Excel.

## Część sprzętowa

Podstawowym elementem części sprzętowej systemu jest 14-bitowa karta pomiarowa USB 6009, wyposażona w osiem wejść, zbierająca dane z trzech tensometrycznych czujników przemieszczeń i czujnika siły nacisku 2000 kN (typu CL18, firmy ZEPWN). Do czujnika siły nacisku dołączony jest dedykowany dla niego wzmacniacz pomiarowy CL100P firmy ZEPWN z wyjściem prądowym 20 mA.

Wszystkie czujniki podłączane są do czterokanałowego wzmacniacza pomiarowego za pomocą wygodnych złącz

DB9. Czujniki przemieszczeń pracują w układzie mostka i mają rezystancję własną równą 350  $\Omega$ . W metalowym pudełku umieszczone zostały wzmacniacze pomiarowe do tych czujników, zrealizowane na układach INA125 TI [3].

Wzmocnienie wzmacniaczy czujników przemieszczeń wynosi 500, zaś wzmacniacza czujnika siły nacisku – 50. Zasilanie karty pomiarowej odbywa się przez złącze USB, a wzmacniacze zasilane są z zasilacza wtyczkowego +12 V/0.3 A. Komunikacja pomiędzy kartą a komputerem odbywa się za pośrednictwem łącza USB.



Widok ogólny stanowiska pomiarowego



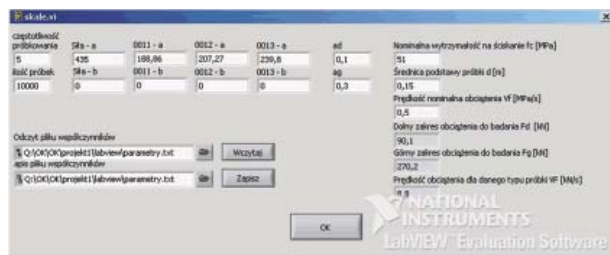
Tensometryczny czujnik przemieszczeń umieszczony na zniszczonej próbce

## Oprogramowanie

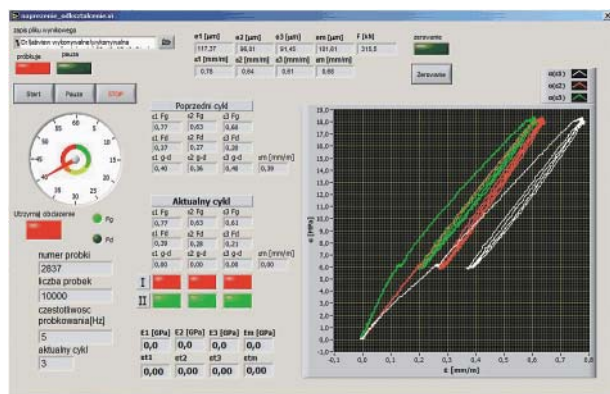
Oprogramowanie systemu pomiarowego stworzono w środowisku LabVIEW [4]. Przy wykorzystaniu gotowych elementów biblioteki, odczyt danych z karty pomiarowej jest bardzo prosty i jej obsługa sprowadza się do zadawania odpowiednich parametrów próbkowania, trybu pracy wejść itp. Dane pobrane z karty są gromadzone w macierzy, dla każdego czujnika pomiarowego tworzona jest osobna macierz.

**naprezenie\_odkształcenie.vi** to pierwsza z dwóch aplikacji do obsługi systemu. Umożliwia pomiar modułu sprężystości próbki, wykreśla charakterystyki naprężenie-odkształcenie, oblicza na podstawie podanych wcześniej danych prędkość, z jaką należy zadawać obciążenie i granice (górną i dolną) obciążenia. Kontroluje również poprawne umieszczenie czujników na próbce i przygotowanie jej do dalszych badań.

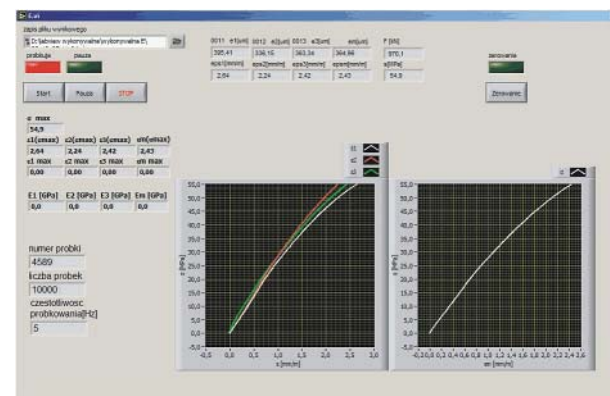
Po uruchomieniu aplikacji **naprezenie\_odkształcenie.vi** użytkownika wita okno, w którym można skonfigurować parametry systemu pomiarowego, jak częstotliwość próbkowania, współczynniki skalowania poszczególnych czujników tensometrycznych oraz dane dotyczące samej próbki, np. jej średnicy. Program sugeruje domyślne wartości tych parametrów, ustalone podczas ostatniego badania. Wszystkie parametry pracy programu można zapisać w pliku tekstowym lub zaimportować z wcześniej utworzonego pliku konfiguracyjnego. Po zakończeniu tej procedury i zaakceptowaniu przyciskiem OK zostaje uruchomiona główna część programu odpowiedzialna za realizację pomiarów. Przed przystąpieniem do badań należy wyzerować czuj-



Okno konfiguracji pracy programu



Okno główne programu **naprezenie\_odkształcenie.vi**



Okno główne programu **E.vi** do określania modułu sprężystości

nik wciskając odpowiedni przycisk na panelu (od tego momentu nie wolno manipulować czujnikami przemieszczeń). Można już przystąpić do badań, obciążając za pomocą prasy próbkę aż do momentu osiągnięcia górnego obciążenia, o którym program informuje sygnałem dźwiękowym. Następnie operator prasy musi utrzymać zadane obciążenie przez odpowiedni okres czasu, którego koniec jest również sygnalizowany przez program. Kolejne działanie operatora

to odciążenie próbki aż do dolnej granicy, której osiągnięcie także jest sygnalizowane przez program. Przejście od jednej wartości granicznej do drugiej jest liczone jako jeden cykl pracy. Po każdym cyklu sprawdzane są odpowiednie warunki informujące o stabilności próbki, błędach w zamocowaniu czujników i innych zjawiskach mogących fałszować wynik późniejszego pomiaru. Gdy program stwierdzi spełnienie wszystkich wymaganych warunków, w kolejnym cyklu obliczany jest moduł sprężystości.

Druga aplikacja **E.vi** służy do dokładnego badania modułu sprężystości. Podobnie jak w pierwszej aplikacji również tutaj, po uruchomieniu programu, można podać nowe parametry pracy aplikacji, zapisać je lub wczytać z pliku.

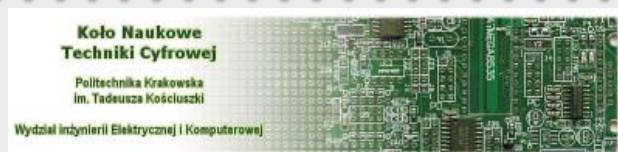
Po zatwierdzeniu klawiszem OK widoczne jest główne okno aplikacji. W przeciwieństwie do pierwszej aplikacji, ta wymaga zniszczenia próbki w celu określenia modułu sprężystości. Moduł sprężystości w tym przypadku jest mierzony dużo dokładniej. Aplikacja samoczynnie kończy pomiar po stwierdzeniu pęknięcia próbki. Podczas pracy zarówno jednej jak i drugiej aplikacji wszystkie zebrane dane są zapisywane po zakończeniu pomiaru do plików MS Excel, do dalszego wykorzystania.

### Podsumowanie

Przedstawiony system pomiarowy sprawdził się przy pomiarach dużej liczby próbek betonu i działa bezawaryjnie od około dwóch lat. Przeprowadzone liczne badania wykazały, że na jakość pomiaru i wyznaczania parametrów betonu bardzo duży wpływ ma sposób mocowania i dokładność tensometrycznych czujników przemieszczenia. Dalszym etapem pracy nad systemem pomiarowym może być podłączenie do systemu układu sterowania prasy w taki sposób, aby z poziomu oprogramowania można było zmieniać siłę nacisku, z jaką działa się na próbkę betonu podczas badania. Dzięki temu możliwe będzie dalsze automatyzowanie pomiaru.

### Bibliografia

1. Horowitz P., Hill W.: Sztuka elektroniki. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
2. Nadachowski M., Kulka Z.: Analogowe układy scalone. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1986.
3. [www.ti.com] – strona internetowa firmy Texas Instruments.
4. [www.ni.com/labview, www.labview.pl] – strony internetowa firmy National Instruments.



Koło Naukowe Techniki Cyfrowej powstało na Wydziale Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej w 2005 r. przy Katedrze Elektrotechniki i Elektroniki. Obecnie w kole pracuje 14 studentów. Ich głównym obszarem zainteresowań jest elektronika i jej praktyczne zastosowania, a w szczególności technika cyfrowa, układy programowalne FPGA, technika mikroprocesorowa, sterowniki przemysłowe i projektowanie układów elektronicznych. Grupa studentów pracuje bardzo aktywnie realizując co roku kilka projektów, także na zlecenie zewnętrznych inwestorów. Wyniki tych prac są zazwyczaj

wdrażane i stanowią najlepszą wizytówkę koła. Corocznie w maju odbywają się Sesje Studenckich Kół Naukowych Politechniki Krakowskiej, których wyniki są publikowane w materiałach uczelnianych, a najlepsze prace są nagradzane.

Opiekunem koła jest dr inż. Wojciech Mysiński zatrudniony na Politechnice Krakowskiej od 1988 r., obecnie na stanowisku adiunkta w Katedrze Elektrotechniki i Elektroniki Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej. Prowadzi zajęcia z techniki mikroprocesorowej, projektowania układów elektronicznych, cyfrowego przetwarzania sygnałów, projektowania elektronicznych urządzeń sterowania.

Dane kontaktowe: Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej, Katedra Elektrotechniki i Elektroniki E-3 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, tel. 012 628 2698 <http://wieih.pk.edu.pl/ktc>, [mysiński@usk.pk.edu.pl](mailto:mysiński@usk.pk.edu.pl)