

# УПРАВЛЕНИЕ НА УЧЕБЕН МАНИПУЛАЦИОНЕН РОБОТ - “РОБКО 01” СЪС СЪВРЕМЕННА КОМПЮТЪРНА АРХИТЕКТУРА

Валентин Николов

Технически Университет – София, факултет „Автоматика“, катедра АЕЗ, секция „Роботика“  
[val\\_niko@yahoo.com](mailto:val_niko@yahoo.com)

**Резюме:** В доклада се разглеждат възможностите за управление на разработвания в далечното минало учебен, антропоморфен робот “РОБКО 01”, със съвременни хардуерни и софтуерни средства. Разгледани са някои конструктивни особености на манипулационния робот, които имат отношение към разработването на подходящ интерфейс за връзка между съвременен компютър и робота. Представя се реализиран USB контролер и интерактивен софтуер за управлението на отделните стави и допълнителни компоненти посредством мишка, клавиатура и/или джойстик.

**Ключови думи:** учебни роботи, микроконтролери, програмиране, Labview.

## CONTROL OF EDUCATIONAL MANIPULATOR - “ROBKO 01” WITH MODERN COMPUTER ARCHITECTURE

Valentin Nikolov

Technical University – Sofia, faculty of Automation, department “Automation of electric drives”, section “Robotics”  
[val\\_niko@yahoo.com](mailto:val_niko@yahoo.com)

**Abstract:** This report examines opportunities for control of developed in the past academic, anthropomorphic robot – “Robko 01” with modern hardware and software tools. Discussed are some technical features of the robot which have relations to develop a suitable interface for connection between modern computer and Robko. Introduced USB controller and developed interactive software for control of individual joints and external connected components via mouse, keyboard and/or joystick.

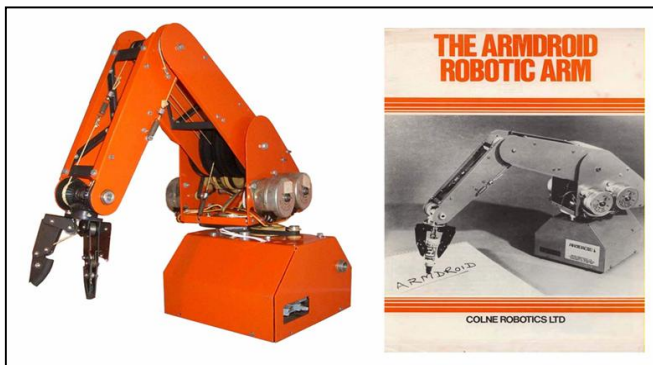
**Keywords:** education robots, microcontrollers, programming, Labview.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Робко остава в българската история като първия и единствен учебен, антропоморфен робот. Предпоставки за появата му са положените в България основи в развитието на изчислителната техника, през осемдесетте години на миналия век. Разработката на първия български експериментален микрокомпютър започва през 1979 в “Институт по техническа кибернетика и роботика” (ИТКР) към БАН, София. Името му *ИМКО-1* е съкращение от **И**ндивидуален **М**икро **К**омпютър. Първите бройки са произведени в София през 1980 г., като са произведени около 50 броя. ИМКО-1 е почти пълен аналог на *Apple II Plus*, като липсва флопидисково устройство, тъй като по това време в България подобни устройства не се произвеждат. ИМКО-1 се приема изключително добре за времето си поради сравнително ниската цена, както и заради универсалните си възможности [3]/[5].

Представянето на ИМКО-1 пред международна общественост се състои в Англия през 1981 г., на Международния симпозиум по роботика. Там е представена и система за управление на робот-ръка на основата на ИМКО-1, наречена *РОБКО 01*. По това време роботите в Япония и САЩ са управлявани от миникомпютри, а не микрокомпютри, така че българската разработка предизвиква истинско възхищение заради лекотата на работа със системата, както и заради цената на цялостното оборудване, което било десетки пъти по-евтино от западните си аналози [3]/[4]/[5].

*Робко 01* е близко копие на придобилия популярност *Armroid 1* (фиг.1). Първият произведен модел на *Armroid 01* е през 1980 г., от компания *Colne Robotics* (Twickenham, England) [2]. Мини манипулационните роботи от тази серия са представени като роботи за обучение и за кратко време стават изключително популярни в училищата и академичните среди, поради ниската цена и лесна експлоатация. Българският аналог на *Armroid 01* е разработен в ИТКР, с цел обучение по роботика и кибернетика. Проектиран е за работа единствено с *ИМКО-1* и последващите го *ИМКО-2* и *Правец-8х*. *Робко 01* се произвежда в Завода за медицинска техника, София до 1989 г. Реализирани са около 4 000 броя.



Фиг.1. Учебен манипулатор *Armroid 01* (1980 г.).



Фиг.2. Учебен антропоморфен робот “РОБКО 01” (1981-1989 г.).

След 1989 г., с преустановяване на производството на 8-битови компютри от серията “Правец-8х” и ограниченията във възможностите за управление, роботите *Робко 01* стават неизползваеми. Тъй като по-голяма част от произведените модели са за българския пазар, след тридесет години тези манипулационни роботи са често срещан, бездействащ експонат сред училищната и университетската база. Тъй като не са ползвани, въпреки годините, голяма част от тях са напълно запазени и функциониращи. Не само заради предизвикателството от възможността да се задвижи отново подобен модел от

миналото, но и от практическа гледна точка, "съживяването" на учебния манипуляционен робот успешно би могло да подпомогне обучението по роботика. Не бива да се забравя и фактът, че цената на предлаганите днес учебни, манипуляционни роботи с подобни на *Робко 01* характеристики, възлизат на няколко хиляди евро. Именно тези съображения мотивираха проучването на възможностите *Робко 01* да бъде управляван чрез съвременни хардуерни и софтуерни средства.

### ТЕХНИЧЕСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА "РОБКО 01"

*Робко 01* е антропоморфен робот с шест степени на свобода, реализирани от ротационни кинематични връзки. Задвижването се осъществява от шест четирифазни, стъпкови електродвигателя разположени в първото звено на робота. Движението към звената се предава посредством система от въжета и ролки. Конфигурацията на манипуляционния робот осигурява работна зона с обем  $350 \text{ mm}^3$ . Захранването е 12 V, а консумацията достига до 2 A. Товароносимостта на робота е 1500 g. [1]/[3]

Въпреки ограничените ресурси на "*Правец 8x*", са осигурени богати възможности за програмно осигуряване. Компютърът формира управляващи сигнали, като комуникира с електронния модул на *Робко*, чрез специализиран интерфейс. Данните се предават паралелно по лентов кабел, който се подвързва към *ПОРТ В* на робота (единият от двата информационни порта, разположени в задната част на основата). Електронната платка е изцяло базирана на твърда, TTL логика. Всеки от двигателите се идентифицира със специфичен адрес, като изборът им става от адресен селектор. Управлението на селектора става с три бита ( $A0, A1, A2$ ), което позволява координатата на осем звена. Селекторът допуска най-много един активен изход, което налага ограничението към определен момент да бъде възможно управлението само на една става. От друга страна, подобна организация позволява на електродвигателите да споделят обща, четири-битова информационна шина. При необходимост от едновременно задвижване на повече звена, управлението трябва да осигури последователно обхождане на адресите на съответните двигатели. Четири-битовите входни данни представляват логическа комбинация за управлението на четирите фази на стъпковите двигатели. Тази специфична информация формира последователност от стъпки до ориентиране на отделните стави в желана конфигурация.



Фиг.3. Робко 01 обслужващ въртяща маса и линеен конвейер.

Освен шестте управлявани степени на свобода, електронният модул на робота позволява подвързване на допълнителни устройства към външен входно/изходен порт – *ПОРТ А*. Входно/изходната шина условно е разделена на две тетради, като управлението на всяка от тях става от свободните два изходни адреса на селектора. Единият от входните битове се използва вътрешно, като индикатор за отворен/затворен хващач. По този начин се осигуряват общо 7 входа и 8 изхода за връзка с външно оборудване. Стандартно към *Робко* се предлагат [3]/[4]:

- Учебна въртяща маса, предназначена за кръгово преместване на детайли (фиг.3. долу, в ляво).
- Учебен конвейер за линейно преместване на детайли (фиг.3. долу, в дясно).
- Сензорен фотооптичен хващач. Реагира при наличието на обекти между пръстите на хващача.
- Магнитен хващач. Дава възможност за манипулиране на магнитно чувствителни материали с маса до 50 g.

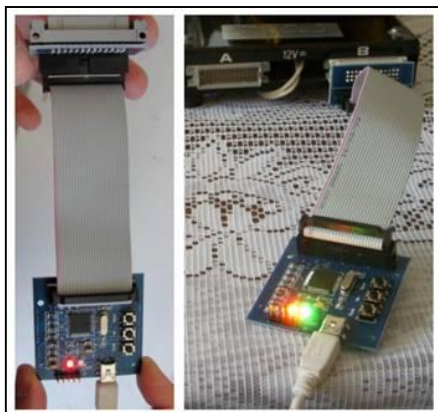
За разрешаване работата с *Робко* е необходимо да се подsigури определена логическа комбинация на допълнителни пет адресни входа –  $\{A3=1, A4=1, A5=0, A6=0, A7=1\}$ . Освен това процесът на запис и четене в/от електронния модул се контролира с битове *Y/OW* и *Y/OR*, като активното ниво е лог. 0.

### РОБКО 01 USB КОНТРОЛЕР

На база представените изходящи, технически характеристики бе реализиран *USB контролер* (фиг. 4), чрез който да бъдат формирани необходимите управляващи сигнали за робота. Контролерът представлява посредник между съвременен компютър и робота, като комуникацията се осъществява през популярния USB интерфейс.

Връзката между контролера и електронния модул на *Робко* е чрез лентов кабел, като за улеснение на монтажа, оригиналният конектор е запоеан на малка разширителна платка. Консумацията на контролера е под 20 mA, което позволява захранването му директно от USB шината. Осигурени са два режима на работа – *ръчен* и *управление през компютър*. При първия вариант управлението на робота става директно от контролера, чрез натискане на бутоните разположени върху платката. При еднократно натискане на бутон *Mode* се избира определен двигател, който ще бъде обект на управление. По този начин последователно се обхождат всички стави. С другите два бутона *Up* и *Down* избраната става бива задвижвана съответно нагоре или надолу. При управлението на хващача е въведена опция за контрол над захващането. Когато хващачът е напълно затворен, се активира вграден от производителя индикаторен ключ. Контролерът следи състоянието на ключа и при превключването му се блокира по нататъшната възможност за затваряне. Ако тези мерки не се вземат, електродвигателят прави неуспешни опити да се завърти с прескачане на стъпки, поради повишения момент. В ръчния

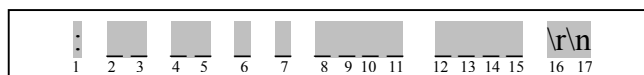
режим на работа преходът между стъпките е фиксиран на  $10\text{ ms}$ , като не се предоставя възможност за регулиране на скоростта на движение.




Фиг.4. РОБКО 01 USB контролер.

Както бе подчертано по-горе, за да бъде възможно управлението, адресни изходи  $\{A3 \div A7\}$  трябва да осигурят определена логическа комбинация. Когато контролерът бива захранен, първоначално се пристъпва към инициализация на тези изходи. При свързване към робота, успешната комуникация се индицира от светещ зелен светодиод върху платката.

Вторият режим на работа осигурява по-богати и интуитивни възможности за управление на Робко. При първоначално свързване към компютъра, контролерът бива разпознат като виртуален сериен порт, благодарение на специализирания чип *FT232R*, интегриран в платката. Чиповете от тази фамилия представляват преобразуватели от USB към сериен интерфейс. По този начин, от гледна точка на управлението, потребителят работи с виртуален сериен (RS-232) порт. Управлението от компютър се осъществява от реализиран за конкретното приложение, стрингово базиран протокол. Форматът на обменните съобщения е следния:



Дължината на съобщенията е фиксиран на седемнадесет байта. Всеки пакет започва със символ , оказващ началото на съобщението. Тъй като в бъдеще се предвижда кооперативно управление на два или повече манипулатора, вторият и третият байт задават адреса на робота, като се допускат стойности от  $1 \div 99$ . Различните функции и начини на управление на контролера са обособени в отделни регистри. Така например, при оказан достъп до регистър *00*, контролерът обхожда последователно всички електродвигатели и нулира фазите. В табл.1 са описани някои от най-често използваните регистри. С байт четири и пет се задава номера на регистъра (функцията), която ще се изпълнява. Байт шест и седем са служебни и обикновено задават знака (0 – минус; 1 – плюс) на последващите байтове. Данните от байт 8 до 15 са информационни. Обикновено съдържат определена информация, необходима за работата на оказания регистър. Съобщението завършва със служебни указатели за край на ред ("*\r\n*").

Робко-01 адрес	Регистър	Пример	Предназначение
01-99	00	: 01 00 0 0 0000 0000 \r\n	Обхожда и последователно нулира фазите на всички стъпкови двигатели
01-99	01	: 01 01 3 1 0001 0010 \r\n	Стартира се движението на става оказана с пореден номер (3), в посока нагоре (1) в режим на управление - пълна стъпка (0001). Пауза между стъпките $10\text{ ms}$ (0010).
01-99	02	: 01 02 0 0 0000 0000 \r\n	Прочита съдържанието на входовете на робота и връща резултата към компютъра.
01-99	03	: 01 03 0 0 0000 1199 \r\n	Променя активното състояние на адрес A5, разрешава/забранява нулирането на външни устройства, задава режим пълна стъпка или полу-стъпка.
01-99	04	: 01 04 0 0 1010 1010 \r\n	Управлява изходите на ПОРТ А, като ги зарежда със стойност 10101010
01-99	05	: 01 05 0 0 0000 0000 \r\n	Прочита зададените стойности за изходите и връща резултата.
01-99	06	: 01 06 3 1 2222 0010 \r\n	Задава на двигател (3) да извърши (2222) стъпки в посока – нагоре (1), при скорост $10\text{ ms}$ (0010).
01-99	07	: 01 07 0 0 0000 0000 \r\n	Нулира координатите на всички става.
01-99	08	: 01 08 3 0 0000 0000 \r\n	Прочита координатите (изразени като брой стъпки) на става (3) и връща резултата.

Табл.1. Описание на основните регистри за управление на Робко 01.

При така реализирания протокол, управлението на робота може да стане директно от произволна терминална програма (например *Hyper Terminal*, вграден в Windows). Тъй като ръчното въвеждане на съобщенията би затруднило нормалната работа, бе създаден интерактивен софтуер за управление на манипулационния робот.

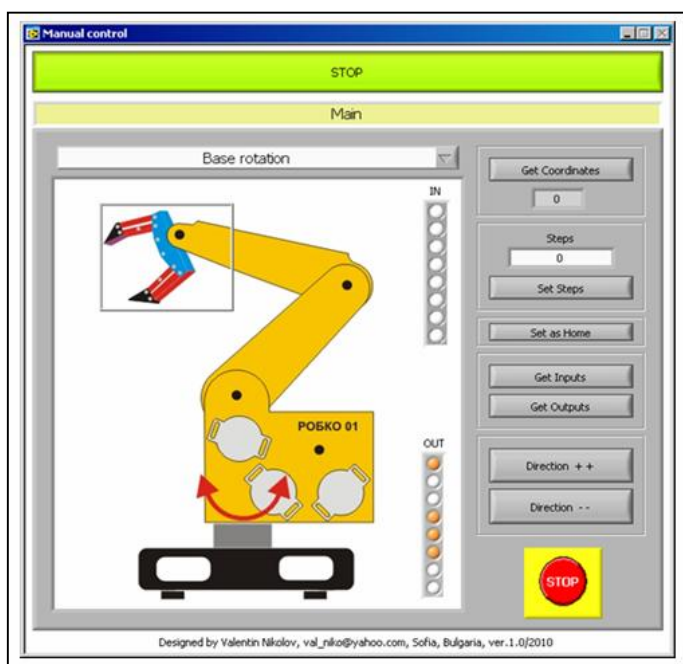
## ПРОГРАМНО ОСИГУРЯВАНЕ

За реализацията на софтуера бе използвана програмната среда на *Labview*. Програмата е разделена на три менюта – *Connection*, *Main* и *Settings*. Първото меню се зарежда автоматично, непосредствено след стартиране на програмата. В *Connection* се задава виртуалния сериен порт за връзка с Робко, адреса на робота, както и начина по който ще се управляват движенията. Възможностите са между мишка, мишка-клавиатура или мишка-джойстик, като съответна икона изобразява текущия избор на потребителя. От това меню се оказва и начинът, по който ще бъдат управлявани изходите. Когато към изходите на ПОРТ А са включени въртяща маса и/или конвейер за линейно премесване, тъй като задвижването им е със стъпкови двигатели, то управлението е аналогично на задвижването на робота. В този случай се изключва опцията *Output Manual Control* и когато бъдат избрани, изходите се управляват като превключват фазите на свързаните стъпкови двигатели. При активиране на *Output Manual Control* операторът задава ръчно логическото ниво на всеки от осемте изхода. По този начин могат да бъдат включвани/изключвани различни устройства, свързани към манипулационния робот. Изходите на Робко са с отворен колектор.

При натискане на бутон *START* се установява връзка с контролера, като индикатор за това е светване на червен светодиод върху платката. Ако комуникацията е успешна, се активират другите две менюта на програмата. *Main* е основно



меню (фиг.5), в което става управлението на отделните звена на робота. За улеснение се приема, че е активиран режим на управление само с мишка. Управлението с клавиатура или джойстик е аналогично, като всяка от опциите може да бъде достъпна с натискане на конкретен бутон.



Фиг. 5. Главен панел на реализираната програма за управление на Робко 01.

Фаза 0	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
1	0	0	0
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	1	0
0	1	0	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	0	0	1

а)

Фаза 0	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
1	0	1	0
0	1	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1

б)

Табл.2. Управление на стъпковите двигатели в режими "пълна стъпка" – а) и "полустъпка" – б).

(табл.2.б). Когато е необходимо по-голяма точност (доколкото това се изисква изобщо) и момент, режимите "пълна стъпка" са за предпочитане. За по-непретенциозни приложения, режим "полустъпка" осигурява по-висока скорост на преместване. Други параметри, които са достъпни от това меню са промяната на адреса на манипулационния робот, активността на бит A5 (0 или 1), както и възможността за автоматичното нулиране на фазите при управление на изходите (ПОРТ А) след всяка манипулация върху тях.

**Начални експерименти около възможностите за управление на Робко 01 с USB контролерът са представени в кратък видео материал в [6] и [7].**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешно бе реализиран USB контролер за управление на Робко 01 със съвременни хардуерни и софтуерни средства. Началните експерименти потвърдиха безпроблемното задвижване на всяка от ставите и допълнителната периферия (въртяща маса и конвейер) към робота. Постигнатите положителни резултати биха позволили интегрирането на манипулационния робот в обучението по роботика. Предстои разширяване на софтуерната среда с добавяне на нови функционални възможности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство на машиностроенето, ДСО "Приборостроене и автоматизация", Завод за медицинска техника, ИТКР – БАН, "Мини робот РОБКО-01: Ръководство за експлоатация", София, 1981.
2. [www.anf.nildram.co.uk/beebcontrol/arms/index.html](http://www.anf.nildram.co.uk/beebcontrol/arms/index.html)
3. [bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9A%D0%9E-1](http://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9A%D0%9E-1)
4. [www.pravetz8.com/Robko\\_TNTM\\_Tech.html](http://www.pravetz8.com/Robko_TNTM_Tech.html)
5. [pc-history.hit.bg/index\\_files/Page518.htm](http://pc-history.hit.bg/index_files/Page518.htm)
6. [vbox7.com/play:915d5129](http://vbox7.com/play:915d5129) или [www.youtube.com/watch?v=irrGD6ebqY](http://www.youtube.com/watch?v=irrGD6ebqY)

От падащо меню операторът избира ставата която ще бъде управлявана. Изборът се визуализира с подходящо изображение, като графично се посочва кой двигател е обект на задвижване. С бутони "Direction +" и "Direction -" ставата бива задвижвана в съответна посока. При управление на захващането, когато хващачът е максимално затворен, това състояние се визуализира с промяна в изображението. Върху изображението е разположен и индикатор "IN" за състоянието на входовете. При активиране на четенето, чрез "Get Inputs" всеки от осемте индикатора светва или загасва в зависимост от приложеното логическо ниво. В отделна колона са поставени осем контроли "OUT" за промяна логическите нива на изходите. При включване/изключване на отделните изходи, логическото ниво на всеки от тях може да се променя индивидуално.

При управлението на двигателите, контролерът автоматично записва всяка отработена стъпка, като това би могло да се използва при обучение и възпроизвеждане на предварително записани точки. Преди този процес роботът се поставя в желана изходна позиция. За да бъде възможно движение в целия работен диапазон на определена става, е необходимо преди стартиране на програмните режими роботът да бъде поставен в изходно (home) положение. Броячите за всеки от двигателите отброява положителни стойности

от 0 до 65535 стъпки. Тези фактори налагат home позицията на всяка от ставите да съответства на максималните или минимални геометрични координати които могат да се достигнат. С натискане на бутон "Set as Home" всички броячи се нулират. Броят на желаните стъпки които трябва да се отработят се задават в поле "Steps" и се изпращат към контролера с натискане на "Set Steps". Текущото състояние на всеки от броячите се визуализира в индикаторното поле на "Get Coordinates". В процес на разработване е модул за автоматично и последователно възпроизвеждане на записани точки.

Последното меню от програмата е служебно и в него се настройват някои от параметрите на управление. Тук се дефинира интервала при прехода между отделните стъпки, а оттам и скоростта на въртене на двигателите. Допустимите времена са в интервал  $6 \div 100$  ms. Поради особеностите на стъпковите двигатели, по големите скорости водят до по-малък максимален момент, който може да се осигури. Това трябва да се има в предвид, особено при повдигане на обекти с по-голяма маса. В противен случай се наблюдава прескачане на стъпки или невъзможност за завъртане. Друг начин по-който могат да се контролират скоростта и точността е чрез промяна на режимите на превключване между фазите. В случая е предвидено управление в режими "пълна стъпка" (табл.2. а) и "полустъпка"