

## ФАБРИКА ЗА РОБОТИ

гл. ас. д-р Димитър Петров Минчев  
Бургаски свободен университет

### ROBO-FABRIC

Assist. Prof. Dimitar Petrov Minchev, PhD  
Burgas Free University

**Анотация:** В настоящата публикация е представен проекта „Фабрика за роботи“, чрез който могат да се прозвеждат роботизирани програмируеми комплекти предназначени за учебна цел на ученици и студенти. Тя може да бъде използвана от училища и университети при формиране на школи по механика, 3D проектиране, 3D моделиране и 3D печат, асемблиране и програмиране на роботи и др.

**Ключови думи:** NASA, Space, Apps, Challenge, 2015, ROBO-FABRIC, проект, робот, роувър, 3D проектиране, 3D моделиране, 3D печат, електроника, механика, програмиране.

**Abstract:** This paper presents the ROBO-FABRIC project, which can be used for manufacturing and programming robotic kits designed for educational purposes. It can be used by schools and universities in the formation of classes of mechanics, 3D design, 3D modeling and 3D printing, assembling and programming robots, etc.

**Keywords:** NASA, Space, Apps, Challenge, 2015, ROBO-FABRIC, project, robot, rover, 3D prototyping, 3D modelling, 3D, printing, electronics, mechanics, programming.

#### Увод

На 11-12 април 2015 г. се проведе най-голямото интензивно международно съревнование в света, наречено NASA Space Apps Challenge 2015 [1]. Събитието е тип хакатон и е насочено към разработване на технологични решения с отворен код за подобряването на живота на Земята и Космоса. В тазгодишния формат в рамките на 48 часа едновременно в 133 локации от всички континенти по цял свят, общо 13731 участника: ученици, студенти, учени, предприемачи или просто ентузиастни, разработиха 949 проекта. България се включи в мероприятиято с два града: София и Бургас. Бургаски свободен университет бе домакин на състезанието в гр. Бургас. Центърът по информатика и технически науки участва със седем проекта, както следва: ROBO-FABRIC [2], участници: д-р Димитър Минчев, Атанас Димитров, Стоян Узунов, Минко Минков; BFU-CLUSTER [3], участници: Мартин Жеков и Нефисе Реджеб, ръководител: доц. д-р Стоянка Моллова; VEGAST [4], участници: Галина Величкова, Венцислав Вълев и Стефани Николова; KEE [5], участници: Галина Величкова, Стефани Николова, Виолета Вантева и Александра Роганова; MODIFICATION OFF-GRID PV SYSTEM [6], участници: д-р Пламен Ангелов, Катя Уварова, Деница Петрова, Егор Галцев, Манол Великов, Кристофор Милчев и Тони Ганчев; MPPT SYSTEM [7], участници: д-р Пламен Ангелов, Катя Уварова, Кристофор Милчев, Тони

Ганчев и Манол Великов; INTELLIGENT ON-GRID PV CONTROL SYSTEM [8], участници: д-р Пламен Ангелов, Катя Уварова, Кристофор Милчев, Тони Ганчев и Яни Янев.

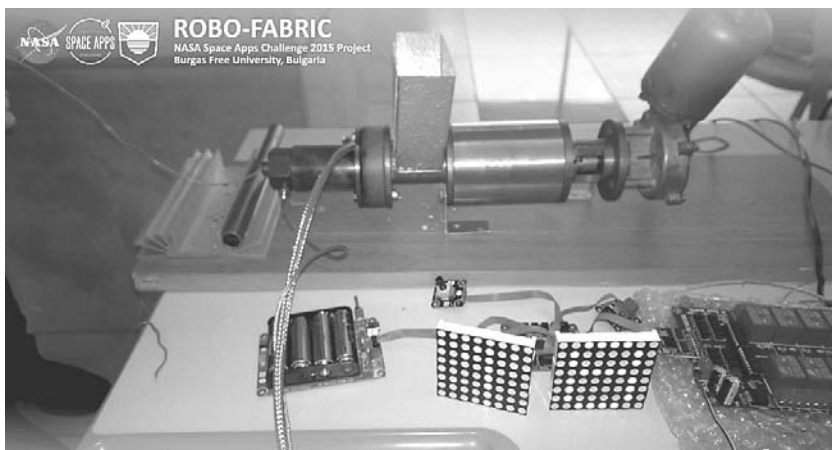
Форматът на състезанието е организиран в няколко етапа. На първия етап във всяка локация по света, компетентно жури избира два най-добри проекта, а публиката (участниците) избират само един най-добър проект, като така номинираните 3 проекта в този етап продължават напред към международните финали. Д-р Димитър Минчев бе ръководител и ментор на проекта ROBO-FABRIC, спечелил гласовете на публиката в гр. Бургас и по този начин бе класиран да продължи борбата за вот в международния конкурс. На втория етап специалистите на NASA номинират 15 от разработените по цял свят проекти, които получават привилегиата да участват в битка за полуфинали, като България бе представена с единствена номинация „Фабрика за роботи“. Тези високо оценени петнадесет проекта се борят за гласовете на публиката, чрез Интернет гласуване в пет социални мрежи. Полуфиналът продължава една седмица и стопява избраните 15 до топ 5 най-високо оценени проекти. На третия и последен финален етап от съревнованието, петте проекта продължават да събират гласовете на Интернет потребителите още една седмица. Настоящата публикация представя проекта ROBO-FABRIC извоювал престижното второ място в света по гласове на публиката в най-голямото интензивно международно съревнование NASA Space Apps Challenge 2015.

### Резултат

Проектът „Фабрика за роботи“ надгражда предишен проект BFU-ROVER [9], който също грабна наградата на публиката в гр. Бургас на престижното международно състезание NASA Space Apps Challenge през 2014 г. Проектът от миналата година представлява роувър робот управляван от таблет или мобилен телефон, който работи в безжична мрежова среда. Хардуерът му е базиран на GHI Gadgeteer модули. Софтуерът му е програмиран с технологиите на Microsoft: .NET Framework и езика C#. Робота се контролира посредством IP и клиент-сървър комуникационни технологии. Използва се камера за визуализиране на образите на обектите, които робота наблюдава. Екипът разработи програмно обезпечаване, съдържащо: Gadgeteer Robot Project, Windows Store App и Windows Phone 8 App.

Форматът на НАСА конкурса има строги изисквания за публичност на информацията относно проектите участващи в него, а именно: използване на отворен хардуер (*open hardware*) и публикуване на софтуера, като проект с отворен код (*open source*). И за двата проекта е спазено изискването за публичност на информацията, като са създадени персонални уеб сайтове, съответно за BFU-ROVER [10] и за ROBO-FABRIC [11]. За тях е спазено изискването за използване на отворен хардуер, в случая платформата GHI Gadgeteer. И също така е спазено изискването за публикуване сорс кода на програмното осигуряване, разработено по време на събитието, съответно за BFU-ROVER [12] и за ROBO-FABRIC [13], като е избрана платформата за публикуване на проекти с отворен код BitBucket, а кода е публикуван под лиценз: MIT license (MIT).

Проектът ROBO-FABRIC се състои от няколко устройства. Първото хардуерно устройство част от проекта „Фабрика за роботи“ е „Екструдер“, който е показан в сглобен и работещ вид на фиг.1.



Фиг. 1. Екструдер, част от проекта „Фабрика за работи“

Екструдерът е изработен на фреза изцяло от метал. В основата си се състои от стоманен шнек (*винт*) с дължина 13 см. и диаметър 2 см., който е поставен в метален корпус (*цилиндър*). В единия край на цилиндъра е механиката, която задвижваща винта посредством 12V постоянен ток електродвигател. В средата на цилиндъра има метална фуния за подаване на отпадъчен пластмасов материал. По време на своята работа шнека загрява и избутва пластмасата към другия край на цилиндъра. Там нагревателен елемент 1kW, контролиран с термодвойка при температура 180-210 °C разтапя пластмасата. Екструдерът завършва с дюза с диаметър 1.6 мм, от която разтопения пластмасов материал излиза с дебелина 1.75 мм (*подобно на спагетата*).

Електрониката на устройството се състои от GHI Electronics хардуерни модули, които са отворен хардуер (*open hardware*) и са специално избрани за конкурса на НАСА. Използвана е дънна платка FEZ Cerberus с процесор 168 Mhz 32-bit Cortex-M4, към която са закачени следните модули: Thermocouple, Relay ISOx16, Potentiometer, 2 x LED Matrix и Battery Pack. Модулът термодвойка се използва да отчита температурата на нагревателния елемент. Модулът с релета се използва за включване/изключване на 220V захранване на нагревателния елемент. Модулът потенциометър се използва за задаване на температурата, която да бъде достигната и поддържана. Двата модули на LED матриците се използват за визуализиране на двете цифри на температурата (*стотници и десетици*), на фиг.1 например екструдера е достигнал температура 180 °C. Модулът с батерии се използва за захранване на цялата тази електроника. GHI Electronics поддържа Microsoft Micro .NET Framework 4.2 и 4.3. За програмиране е използвана визуалната среда Microsoft Visual Studio 2013 и програмният език C#. Целият програмен код специално написан за управление на посочената по горе електроника е разработен по време на събитието NASA Space Apps Challenge 2015 и е публикуван в платформата за проекти с отворен код BitBucket [13], а кода е публикуван под лиценз: MIT license (MIT).

За да отговорим на въпроса защо ни е устройството екструдер, не може ли просто да си закупиш ролка за печат, ние трябва да направим кратък и бърз сравнителен анализ на материалите, които понастоящем са налични и се използват за 3D печат. 3D

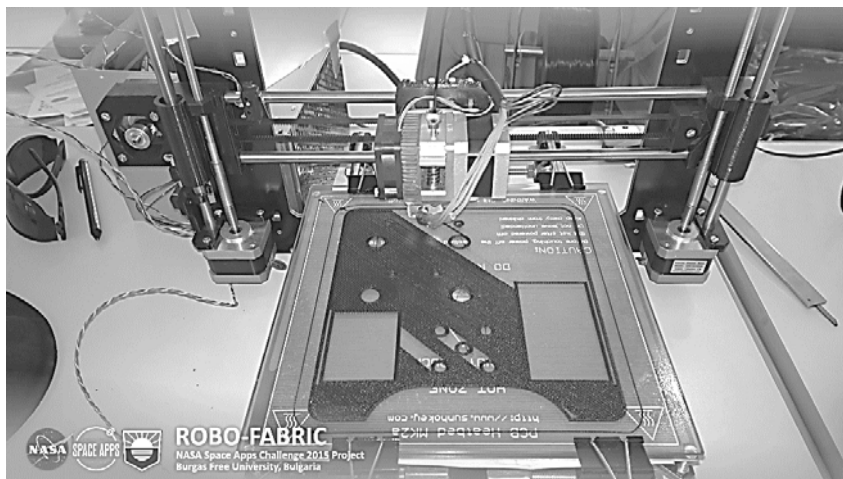
принтерите основно работят с два вида материал: PLA и ABS, по-долу следва запознаване с тях:

PLA (нареchen: полилактид, химическа формула:  $(C_3H_4O_2)_n$ ) са пластмаси, направени от био разградими източници като царевично и картофено нишесте, захарно цвекло и други суровини, които имат високо съдържание на скорбяля. Тези растителни пластмаси се разлагат за около 12 дни при подходящо третиране в специални торища. Недостатъкът им се състои в това, че са направени от храна, която изисква достатъчно свободни пространства докато се отгледа. А допълнителните свободни пространства за отглеждане на суровини за био горива и био пластмаси се осигуряват най-често като се изсичат тропически гори.

ABS (нареchen: Акрилонитрил-бутадиен-стиренът или Акрилонитрил-бутадиен-стирол, химическа формула  $(C_8H_8C_4H_6C_3H_3N)_n$ ) е кополимер, образуван от полимеризацията на стирен и акрилонитрил в присъствието на полибутадиен. Той е широко разпространен термопласт, използван за производството на леки твърди продукти, като: монитори, кутии за телевизори, кафе машини, мобилни телефони, повечето компютърни компоненти, детски конструктори, тръби и кофички за кисело мляко.

Ако трябва да сравним двата материала с PLA се работи и печата по-лесно спрямо ABS, защото има по-ниска температура на разтапяне. Освен това PLA е био продукт и бързо се разгражда като попадне в природата, докато ABS е полимер на нефта и замърсява трайно околната среда за дълъг период от време. Фактите изложени така наклоняват везните в полза на PLA. Но за проекта „Фабрика за роботи“ и за устройството екструдер, ние избрахме материала ABS за 3D печат. Първо за да пазим природата чиста, като рециклираме стара ABS пластмаса и второ като не позволяваме изсичане на тропическите гори за производство на повече PLA. Така достигаме до основната цел на устройството Екструдер, да се рециклира ABS пластмаса, като по този начин произвежда материал за печат с 3D принтер.

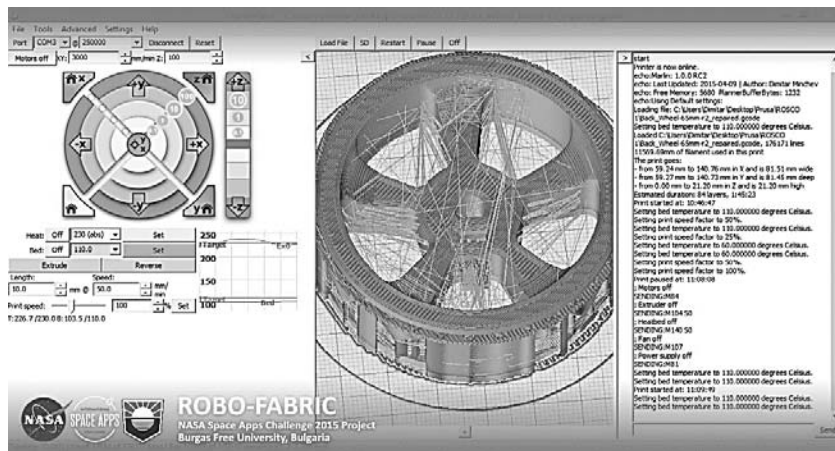
За второто хардуерно устройство, част от проекта „Фабрика за роботи“, екипът на проекта избра RepRap Prusa i3 3D Printer, който е показан в сглобен и работещ (печатащ) вид на фиг. 2.



Фиг. 2. RepRap Prusa i3 3D Printer, част от проекта „Фабрика за роботи“

Принтерът RepRap Prusa i3 3D Printer [14] е отворен проект, за който информацията за асемблиране и програмиране е широко достъпна в Интернет пространството. Той представлява портал, като основната му конструкция се състои от пластмасови части, които се отпечатват от друг 3D принтер, и са свързани с резбовани пръти и болтове. Задвижването по трите дименсии се обслужва от пет стъпкови двигатели NEMA 17. Печатащата глава е Geeetech MK8 Extruder, с изходна печатаща дюза 0.3 мм. и входен отвор за материал с диаметър 1.75 мм. Електрониката включва: Arduino Mega 2560 R3, RepRap RAMPS1.4 и DRV8825 stepper driver. Работния му обем е куб с дименсии: 20 см. x 20 см. x 20 см. Готовият продукт се отпечатва върху гореща подложка Geeetech MK2B Heated bed. Съществуват различни версии на фирмуер и софтуер за обезпечаването на работата на 3D принтера. След редица експерименти: програмиране, репрограмиране, конфигуриране, реконфигуриране, калибриране, отпечатване на тестов модел и повторно калибриране, екипът на проекта избра специализирания софтуер Repetier 3D Printer Firmware and Software [15]. Методът „проба-грешка“ бе използван като средство на избор на оптималните конфигурационни параметри на 3D принтера.

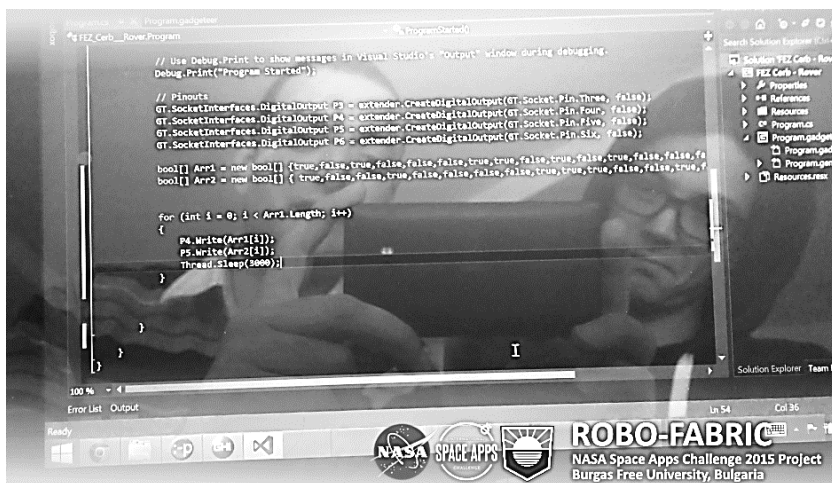
С продукта от екструдера (*3D filament*) и със специално сглобения за конкурса RepRap Prusa i3 3D Printer се отпечатва шаси и колела на робот роувър. За шасито и колелата на робота роувър е използван 3D модела ROSCO Track Rover [16]. На фиг.3. е показана моментна снимка по време на отпечатване на едно от колелата на робота роувър.



Фиг. 3. Отпечатване на едно от колелата на робота роувър, част от проекта „Фабрика за роботи“

Електрониката на робота роувър хардуерно се обезпечава от платформата GHI Electronics .NET Gadgeter, а програмно посредством технологиите на Microsoft: Visual Studio 2013, платформата Micro .NET Framework и езика за програмиране C#. Спазено е изискването в конкурса за публикуване на сорс кода, създаден по време на състезанието NASA Space Apps Challenge 2015. Избрана е платформата за публикуване на проекти с отворен код BitBucket, а софтуера е публикуван под лиценз: MIT license (MIT). Целият програмен код на проекта „Фабрика за роботи“ можете да изтеглите от

Интернет на адрес [13]. На фиг. 4 е показан програмен фрагмент от софтуера по време на разработването му в състезанието на НАСА.



Фиг. 4. Програмен фрагмент от софтуера по време на разработването му

Завършен вид на робота роувър, част от проекта „Фабрика за роботи“, който бе представен на журито в гр. Бургас, по време на най-голямото интензивно международно съревнование в света NASA Space Apps Challenge 2015 и който грабна престижното второ място в света по гласове на публиката, е показан на фиг. 5.



Фиг. 5. Завършен вид на робота роувър, част от проекта „Фабрика за роботи“

### Изводи

След редица експерименти бе създаден един уникален затворен кръг на производство, който бе наречен „Фабрика за роботи“. С негова помощ бе направен успешен опит да се изгради една цялостна система за производство на разнообразни модели на роботи. Ползите от създаването на проекта „Фабрика за роботи“ са екологични, технологични, научни и др. Посредством него могат да се произвеждат различни видове роботизирани програмируеми комплекти предназначени за учебна цел на ученици и студенти. Продуктът може да бъде използван от училища и университети при формиране на школи по механика, тримерно проектиране, моделиране и печат, асемблиране, програмиране на роботи и др. Проектът „Фабрика за роботи“ бе оценен високо на най-голямото интензивно международно съревнование в света NASA Space Apps Challenge 2015 и грабна престижното второ място на планетата по гласове на публиката. Това не само донесе престиж на създателите му, но и допренесе името както на БСУ така и на Република България да се нареди на едни космически висини и да докаже пред света, че в държавата ни има потенциал за развитие на високите технологии.

### Литература

1. NASA Space Apps Challenge 2015, <https://2015.spaceappschallenge.org/location/burgas/>
2. ROBO-FABRIC, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/robo-fabric/>
3. BFU-CLUSTER, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/bfuccluster>
4. VEGAST, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/vegast>
5. KEE, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/kee>
6. MODIFICATION OFF-GRID PV SYSTEM, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/modification-off-grid-pv-system>
7. MPPT SYSTEM, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/mppt-system>
8. INTELLIGENT ON-GRID PV CONTROL SYSTEM, <https://2015.spaceappschallenge.org/project/intelligent-on-grid-pv-control-system/>
9. BFU-ROVER, <https://2014.spaceappschallenge.org/project/bfu-rover/>
10. BFU-ROVER Project Internet Website: <http://dev.bfu.bg/bfuover/>
11. ROBO-FABRIC Project Internet Website: <http://dev.bfu.bg/robofabric/>
12. BFU-ROVER BitBucket Source Code Repository: [https://bitbucket.org/interdrift\\_bfu-rover](https://bitbucket.org/interdrift_bfu-rover)
13. ROBO-FABRIC BitBucket Source Code Repository, <https://bitbucket.org/stocomarobo-fabric/src>
14. RepRap Prusa i3 3D Printer, [http://reprap.org/wiki/Prusa\\_i3](http://reprap.org/wiki/Prusa_i3)
15. Repetier 3D Printer Firmware and Software, <http://www.repetier.com/>
16. ROSCO Track Rover, <http://www.thingiverse.com/thing:65280>