

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Инженерно-конструкторский профиль.
Командный кейс №8 «Сквозь лабиринт»

1. Формулировка задачи (условия)

Перемещение техники и товаров, построение маршрутов и навигация, - одни из важнейших задач в логистике. Найти и переместить товары по складу или построить путь для машины, через лабиринт городских улиц – задача не из легких. С ней справляются люди, но и им иногда требуется помощь различных программ и алгоритмов, помогающих построить оптимальный маршрут. Построение оптимальных маршрутов весьма сложный процесс, особенно когда обстановка меняется. Уже существуют готовые решения по автоматизации процесса поиска размещения и перемещения товаров на складе, работают программы навигации, строящие самые короткие быстрые маршруты по городу и целые комплексы – автопилоты, способные привести автомобиль к цели. Вам предлагается решить более простую задачу, - разработать робота, способного найти и переместить объекты по лабиринту.

2. Требования к продукту (регламент, ТЗ)

Спроектируйте и реализуйте конструкцию и алгоритм работы роботизированного мобильного устройства, способного перемещаться по модульному лабиринту и перемещать объекты, - разноцветные кубы.

Для задачи необходимо подготовить грузы – разноцветные кубики. Размер, вес и материал на усмотрение участников, рекомендуемый диапазон размеров для кубиков от 3 до 10 см. При необходимости на кубы может быть нанесен штрих-код или QR-код для работы с системой распознавания образов, однако, при этом отметку цвета следует оставить для жюри.

В процессе демонстрации задания оцениваются следующие функции робота:

- Возможность робота автономно перемещаться по лабиринту.
- Реализация и работоспособность устройства для перемещения грузов.
- Способность робота найти, взять и доставить груз на нужную площадку.

Условия задачи не накладывают ограничение на кинематическую схему подвижной части и приспособления для перемещения кубов.

2.1 Рекомендации по подготовке лабиринта

Для обеспечения процесса, симулирующего логистическую задачу, необходим стенд. Стенд представляет собой лабиринт из 25 секций, где обязательными для использования будут секции для погрузки (3 шт.) и разгрузки (3 шт.), старта (1 шт.). Остальные секции набираются произвольно для составления замкнутого лабиринта в соответствии с правилами. Стенд состоит из:

1) Секций лабиринта. Секции изображены и нанесены на поверхность модулей-«плиток» 300х300 мм и могут быть размещены на стенде в различных комбинациях (Пример - Рис.1). Макет

лабиринта может быть ограничен зафиксированными стенками или бортиками. Размеры секций-модулей могут быть изменены участниками, однако, при этом, они должны соответствовать схеме стенда и быть согласованными с размерами робота для перемещения по ним.

2) Место для старта робота. Участники могут оборудовать площадку старта любым образом, обеспечивающим ориентацию робота – ИК излучатели, RFID метки, QR коды, дополнительная контрастная разметка и т.д.

3) Места погрузки – области для размещения «груза» участниками или жюри. Специальных обозначений для площадки погрузки не требуется, грузы могут быть размещены на площадках погрузки произвольно. Участники могут дополнительно оборудовать площадку любым образом, обеспечивающим ориентацию робота – ИК излучатели, RFID метки, QR коды, дополнительная контрастная разметка и т.д.

4) Места разгрузки – области для доставки «груза». Площадка должна иметь обозначение, что бы можно было определить к грузу какого цвета она относится. Участники могут дополнительно оборудовать площадку любым образом, обеспечивающим ориентацию робота – ИК излучатели, RFID метки, QR коды, дополнительная контрастная разметка и т.д.

5) Основание полигона (не рекомендуется делать больше 1.5x1.5 метра), на котором крепятся все компоненты лабиринта. Однако, при обеспечении надежного соединения секций лабиринта с возможностью изменения конфигурации – можно собрать лабиринт из модулей на полу или на столе.

б) Груз – кубы произвольных цветов, предназначенные для сбора роботом. Размер, вес и материал на усмотрение участников. Для размещения на стенде нужно от 1 до 3 кубов.

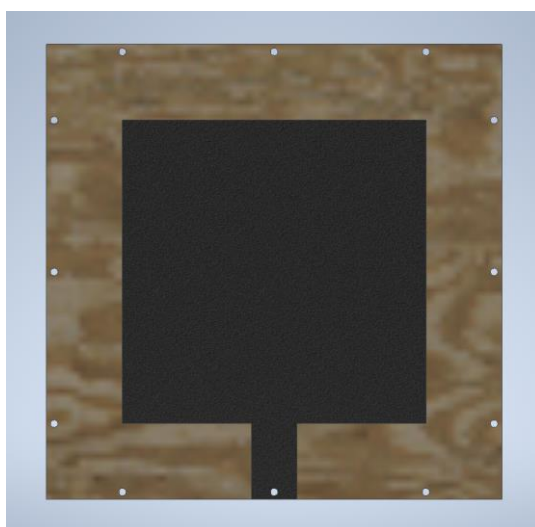


Рис. 1. Пример секции-модуля «Площадка».

Секция «Площадка» имеет одинаковый базовый контрастный рисунок и может быть адаптирована участниками для выполнения функций «Старта», «Зоны погрузки» и «Зоны разгрузки» любым образом. При этом визуально, площадки должны быть промаркированы таким образом, чтобы было заранее понятно, к какому грузу относится площадка.

Задача робота в автономном режиме, перемещаясь по лабиринту, найти грузы, размещенные на «Площадках» обозначенных и оборудованных как «Зоны погрузки». После обнаружения груза робот должен доставить их на «Площадки» обозначенные и оборудованные как «Зоны разгрузки» в соответствии с цветами грузов. Например, зеленый груз, должен быть доставлен на площадку разгрузки для зеленого груза.

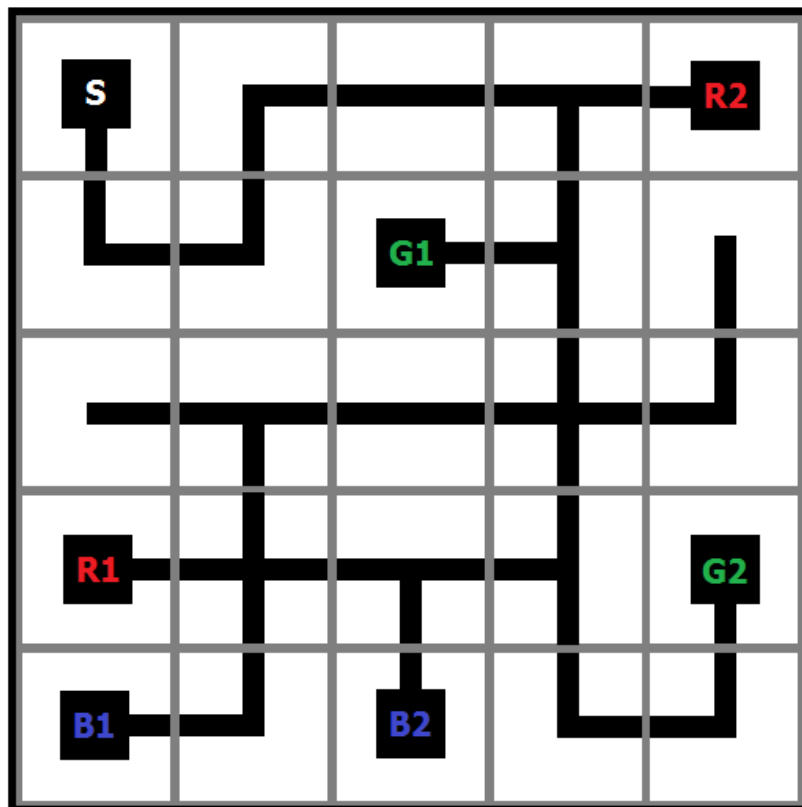


Рис. 2. Пример сборки модульного лабиринта. На схеме обозначены «R1, B1, G1» - секции типа «Площадка», оборудованные для размещения грузов, «R2, B2, G3» - секции типа «Площадка» для доставки грузов, «S» - секция типа «Площадка», оборудованная как зона старта.



Рис. 3. Виды секций лабиринта и их количество для формирования произвольных лабиринтов. «Площадка» - 5 шт, «Поворот» -8шт, «Прямая» -4шт, «Перекресток - X» -3шт, «Перекресток - Т» - 6шт, «Тупик» - 2шт.

Модули лабиринта, в требуемом количестве, можно изготовить из бумаги, картона, фанеры и даже из керамических плиток. Рекомендуется выбирать наиболее доступные материалы с учетом возможной настройки робота. Для демонстрации работы автономных роботов лабиринт выполнен в виде темных линий на светлом фоне. Для движения и навигации робота в лабиринте используется контрастная темная линия и любые дополнительные обозначения, предусмотренные участниками. Для выездной демонстрации может потребоваться доработка робота под полигон принимающей стороны или вы можете взять свой полигон с собой.

3. Порядок испытаний устройства

1. Перед началом испытаний робота, участники и жюри собирают лабиринт. Секции должны образовать замкнутый лабиринт, все площадки должны быть доступны. Не допускается установка секций так, чтобы контрастная линия, обозначающая трассу, была направлена на стороны площадки (кроме предусмотренной стороны - въезда) и наружу полигона. Пример сборки лабиринта - рис 2. Секции и их варианты обозначены на рис 3.
2. Робот выставляется на площадку «старт». Отправляется команда на запуск, после чего робот начинает автономное выполнение задачи. Робот должен обнаружить грузы в лабиринте и доставить их на соответствующие их цвету площадки для разгрузки. После начала работы нельзя вмешиваться в процесс работы, добавлять грузы, секции лабиринта или перемещать робота. Запрещается производить любые изменения кода после начала испытаний и после сборки лабиринта.
3. После начала работы робот перемещается по лабиринту и ищет грузы используя датчики, камеру на роботе, маркеры или любые другие технические средства, предусмотренные участниками. Задача робота собрать грузы и отвезти их на площадки выгрузки. Число выгрузок, маршрут движения робота по лабиринту не ограничивается условиями задачи. Задача считается полностью выполненной, если «красный», «зеленый» и «синий» груз перемещены на соответствующие им площадки, а робот вернулся на площадку «старт».
4. После завершения работы робот должен вернуться на точку старта и остановиться. После остановки у него в захвате не должно оставаться грузов, они все должны быть выгружены в пунктах выгрузки соответствующего цвета.
5. Робот должен посетить все площадки и доставить как можно больше грузов на площадки разгрузки, соответствующие цвету груза.
6. Груз должен быть выгружен строго пределах площадки для «разгрузки».

7. Оценивание производится контролем робота и грузов, находящихся на «площадках» на момент завершения испытания.
8. На выполнения задачи отводится не более 10 минут. До истечения времени робот должен вернуться в точку старта.
9. Существует два варианта реализации движения робота:

Вариант 1 – робот движется автономно и выполняет задачу по перемещению грузов в автоматическом режиме. Для навигации используется система технического зрения, дополнительные датчики, Оператор запускает его при помощи пульта или кнопки на роботе.

Вариант 2 – робот управляется оператором удаленно при помощи пульта или приложения на телефоне или компьютере. При этом оператор не должен видеть полигон и робота, ориентируясь по видео трансляции с камеры, установленной на роботе. При этом полигон необходимо дополнительно модифицировать, - установив стенки между модулями, повторяющими контур лабиринта. Стенки должны быть выше робота и блокировать обзор камеры.

Примечание - по регламенту оценки проектов, роботы, выполняющие задачу автономно, получают более высокую оценку за реализацию программного кода и функционал.

4. Рекомендованные материалы для выполнения

- Детали для робота (корпус, захвата и др.) могут быть реализованы из любого конструктора или с помощью 3D-печати.
- Допускается использование отдельных узлов устройств. Не допускается использование готовых решений – игрушечных машинок, конструкторов, покупных роботов и т.д.
- Модули лабиринта могут быть реализованы из любых жёстких листовых материалов. Элементы на модулях могут быть реализованы с помощью 3D-печати или нанесены краской.
- Одноплатный компьютер Raspberry Pi, аппаратная платформа Arduino или контроллер ESP на выбор.
- Основание для лабиринта (плоское пространство с ровным покрытием) может быть выполнено из любого жесткого материала. До 1,5x1.5 метра.
- Крепежные элементы (винты, болты, гайки и т.п.)
- Механическая система захвата, щетки, конвейерная лента и т.д.
- Сервоприводы, шаговые двигатели, ремни, актюаторы и т.д.
- Элемент питания - аккумуляторная батарея.
- Макетная плата.

- Провода монтажные.

5. Требования к оформлению результатов решения кейсового задания

Документация в обязательном порядке должна включать в себя:

- a. Титульный лист (школа, авторы, название кейса, название команды, руководитель).
- b. Цель и задачи работы.
- c. Описание команды, распределение ролей, функций и обязанностей каждого участника команды.
- d. Общее описание функций разработанного решения (теоретическое описание функций, которое реализует разработанное устройство).
- e. Описание используемых аппаратных и программных узлов, модулей, фреймворков и других инструментов.
- f. Функциональное описание разработанного решения в виде UML-диаграмм:
 - i. Диаграмма вариантов пользовательского взаимодействия с системой (use case diagram);
 - ii. Диаграмма автомата (state machine diagram);
 - iii. Диаграмма последовательности (sequence diagram);
 - iv. Диаграмма компонентов (component diagram).
- g. Описание кинематической системы разработанного устройства в виде схемы, диаграмм, подробно описывающие все аспекты кинематического движения, реализующегося во время функционирования устройства.
- h. Скриншоты разработанных 3D-моделей (как системы в целом, так и отдельных ее частей), чертежи каждой отдельной части устройства, а также сборочный чертеж всего разработанного устройства. 3D-модели должны находиться в репозитории проекта в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.).
- i. Описание электротехнической схемы разработанного устройства в виде электрической принципиальной схемы, монтажной схемы (при наличии разработанной топологии печатной платы).
- j. Алгоритм работы разработанного программного обеспечения в виде блок-схем.
- k. Код разработанного программного обеспечения должен быть представлен в виде ссылки на репозиторий проекта с кодом в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)
- l. Фотографии разработанного устройства и его составных частей. Также располагаются в репозитории проекта в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)

- m. Видеоролик, демонстрирующий функционирование разработанного устройства в соответствии с регламентом испытаний. На видео необходимо продемонстрировать прохождение каждого, описанного в регламенте, испытания в соответствии с условиями. При необходимости испытательный полигон подготавливается самостоятельно по предложенной к условию задачи схеме (при его наличии в ТЗ). Видео испытаний готового решения должно однозначно подтверждать авторство участников (во время записи ролика необходимо четко произнести название команды, ФИО участников, номер школы, ФИО руководителя). Видеоролик располагается в репозитории в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)
- n. Заключение, результаты работы, анализ функционирования разработанного устройства, предложения по возможному улучшению устройства.
- o. Список литературных источников.

6. Процедуры (этапы) решения

1. Анализ кейсового задания, формирование требований и ограничений к разрабатываемому устройству.
2. Анализ предметной области и инструментов для решения задачи.
3. Проектирование устройства (эскиз устройства, проектирование кинематической системы, UML-диаграммы).
4. Проектирование 3D-модели устройства, его составных частей и корпуса.
5. Проектирование электротехнической системы устройства.
6. Проектирование алгоритмов работы программного обеспечения.
7. Разработка кинематической, электротехнической систем устройства.
8. Разработка программного обеспечения.
9. Прототипирование, изготовление и сборка устройства.
10. Тестирование и отладка устройства.
11. Подготовка документации.

7. Требуемые знания для решения задачи

1. Предметные (физика, информатика, математика).
2. Знание логики программирования на языках C-диалекта и навык разработки программного обеспечения.
3. Навыки работы с системами автоматизированного проектирования для 3D-моделирования и проектирования радиоэлектронных средств.
4. Навыки работы с микроконтроллерной техникой и периферийными устройствами, а также навыки монтажа электрических схем.

5. Навыки работы с системами контроля версий.
6. Навыки командой работы.
7. Навыки представления результатов работы.

8. Материалы для подготовки

- Tinkercad — это бесплатное веб-приложение для 3D-проектирования, работы с электронными компонентами и написания программного кода. URL: <https://www.tinkercad.com/>
- TinkerCad создание схем и Arduino проектов. URL: <https://arduino-tex.ru/news/1/izuchaem-arduino-bez-arduino-c-pomoshchyu-tinkercad-i-ego-servisov.html>
- Моделирование на UML. URL: <http://book.uml3.ru/>
- Саймон Монк Мейкерство. Arduino и Raspberry Pi. Управление движением, светом и звуком: Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 336 с.: ил.
- Саймон Монк Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами . - СПб.: Питер, 2017.
- Обучающие уроки и проекты для Arduino, ESP, Raspberry Pi. URL: <https://lesson.iarduino.ru>
- Raspberry GPIO. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/raspberry-gpio/all>
- Петин В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 240 с.: ил. - (Электроника)
- OpenCV — библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. URL: <https://opencv.org/>
- Instructables — это веб-сайт, специализирующийся на созданных и загруженных пользователями самостоятельных проектах URL: <https://www.instructables.com>
- Все о прототипировании. URL: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>
- База знаний Амперки: инструкции и подсказки по Arduino и Raspberry Pi, оригинальные проекты, схемы распиновки модулей и datasheet'ы, теория электричества для начинающих и другая полезная информация. URL: <http://wiki.amperka.ru/>
- T-FLEX CAD — российская система автоматизированного проектирования, объединяющая в себе параметрические возможности 2D и 3D моделирования со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и зарубежными стандартами. URL: <https://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/>
- Программное обеспечение для 3D-моделирования и конструирования от Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/education/students>
- КОМПАС-3D – это российская система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей. URL: <https://kompas.ru/solutions/education/>
- Система контроля версия GitHub. URL: <https://github.com/>
- Система контроля версия GitLab. URL: <https://about.gitlab.com/>
- Документация по GitHub. URL: <https://docs.github.com/ru/get-started/quickstart/hello-world>
- Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/>
- Все об Арудино. URL: <https://cloud.arduino.cc/>
- Интернет вещей с ESP8266. URL: <https://radiosvat.ru/mikrokontrollery/108-internet-veschej-s-esp8266-file.html>
- Mesh сеть на ESP8266. URL: <https://voltiq.ru/esp-mesh-esp32-esp8266-painlessmesh/>
- Уроки Autodesk Inventor. URL: <https://autocad-lessons.com/inventor>
- Как работать в Autodesk Inventor. URL: <https://programmydlyacompa.ru/autodesk-inventor-kak-rabotat-v-programme-novichku-poshagovo-sapr/>