



SKOLTECH

АЛГОРИТМ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ

Задание для отбора на Hack Race
в Сколтехе

В рамках кейса участникам предстоит разработать алгоритм, формирующий рисунок дорожек на печатной плате для соединения микросхем памяти и микропроцессора. Участникам даются исходные координаты в декартовой системе координат с расположением контактов двух схем. Электрические линии могут располагаться на 10 слоях. Качество решения оценивается по таким параметрам как: минимальная толщина электрической линии; минимальное расстояние между двумя электрическими линиями; минимальное количество использованных слоев; минимальная длина электрических линий.

ОГЛАВЛЕНИЕ



Команда Changellenge >> подготовила данный кейс исключительно для использования в образовательных целях. Авторы не намереваются иллюстрировать как эффективное, так и неэффективное решение управленческой проблемы. Некоторые имена в данном кейсе, а также другая идентификационная информация могли быть изменены с целью соблюдения конфиденциальности. Данные, представленные в кейсе, не обязательно являются верными или актуальными и также могли быть изменены с целью соблюдения коммерческой тайны. Changellenge >> Capital ограничивает любую неправомерную форму воспроизведения, хранения или передачи кейса без письменного разрешения. Для того чтобы заказать копию, получить разрешение на распространение или если вы заметили, что данный кейс используется в целях, не указанных в данном пояснении, пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу: info@changellenge.com.

ВВЕДЕНИЕ

Артем допивал первую чашку чая в антикафе, ожидая своих коллег-однокурсников, чтобы обсудить с ними дальнейшие шаги по реализации проекта. Артем учился в магистратуре Сколтеха чуть меньше полугода, однако уже успел участвовать в трех интересных проектах. Все началось с первого же занятия по курсу «Мастерская инноваций», первым элементом которого был так называемый quick success.

Артем вспомнил, как каждое утро к ним приходили разные профессора, читали небольшую лекцию, а потом давали задание командам по три человека. У команды было всего 4–5 часов на то, чтобы выполнить задание и зачастую на месте собрать работающую конструкцию или прототип программы. Задания были самыми разными. Собирали роботическую руку и программировали ее таким образом, чтобы она доставала что-то из стакана. Создавали автоматическую систему, чтобы она управляла машинкой, объезжающей вокруг здания. Было множество и других интересных заданий. Как отмечали профессора, не важно, достала или нет наша роботизированная рука что-то из стакана, важно, что мы работали в ко-

манде. Причем в такой, в которой все видели друг друга первый раз в жизни, все были из разных университетов. На тех же курсах сформировалась команда Артема, целью которой стало создание действительно новых и интересных решений для людей и бизнеса.

На занятиях quick success у Артема впервые возникло понимание проектного менеджмента — навыка, который нельзя недооценивать, если хочешь стать успешным стартапером или сотрудником. На жестком отборе в Сколтех у него проверяли только навыки программирования и знание математики. Теперь Артем понимал, почему на вступительных экзаменах не обращали внимания на бизнес-навыки. Уже за первые полгода он приобрел много навыков по организации команды, презентации решений, умение работать в сжатые сроки и четко планировать ход проекта. От своих старших коллег он узнал, что за два года в Сколтехе хорошие программисты превращаются в крутых предпринимателей и специалистов отрасли.

Инновации рождаются не из-за большого количества инвесторов и людей

с фантастическими идеями будущего, а из-за внимательного отношения к деталям и желания сделать мир лучше. Идея должна не только приносить прибыль, но и быть полезной, тогда люди ее примут. Например, студенты первого набора Сколтеха на стажировке в МИТ обратили внимание на то, как неэффективно убирают мусор на территории кампуса. Из этого наблюдения родилась студенческая работа: ребята придумали, как этот процесс можно автоматизировать.

Пока команда Артема не нашла свою нишу. Ребята использовали все возможности, предлагаемые Сколтехом для расширения области знаний и развития мышления программиста-инноватора. И сейчас им досталась сложная, но интересная задача, которую в рамках курса по выбору решали и другие студенческие проектные группы. Как и в других проектах, команде Артема на решение столь сложной задачи отведено мало времени — всего неделя. При этом необходимо было не просто решить задачу, а разработать лучшее решение, чтобы опередить другие команды. Пока Артем допивал свой чай и ждал друзей, он решил освежить постановку задачи.



ЗАДАНИЕ

При разработке электронных схем любых изделий, начиная с мультivarки и заканчивая флагманским смартфоном, первоначально разрабатывается так называемая электрическая принципиальная схема, содержащая условно-графические изображения электронных компонент (микросхем, транзисторов, пассивных компонент и так далее), на которой изображаются также межсоединения¹ между электронными компонентами. Электрическая принципиальная схема однозначно определяет состав компонент и все межсоединения.

Вторым этапом является разработка топологии печатной платы: создается рисунок проводников на виртуальной печатной плате, которая затем будет произведена и на которую будут монтированы электронные компоненты.

Разработка топологии называется трассировкой печатной платы. Трассировка условно делится на два этапа: расположение компонент на печатной плате и рисование электрических линий на печатной плате. Оба этапа могут выпол-

няться как вручную, так и автоматически. При трассировке важно учитывать требования производства, которые накладывают определенные ограничения на параметры электрических линий, например минимальную ширину линии, минимальный зазор между линиями и т. д. Задача трассировки — одна из наиболее трудоемких в общей проблеме автоматизации проектирования электронных устройств. Это связано с несколькими факторами, в частности с многообразием способов конструктивно-технологической реализации соединений, для каждого из которых при алгоритмическом решении задачи применяются специфические критерии оптимизации и ограничения. С математической точки зрения трассировка — наисложнейшая задача выбора оптимального решения из огромного числа вариантов.

Электрические линии на печатной плате могут быть расположены более чем на одном слое. Такие платы называются многослойными. Практически все современные электронные приборы содержат в себе многослойную печатную плату,

поскольку задача по трассировке электрических линий по заданному графу межсоединений, как правило, неразрешима в рамках одного слоя.

Несмотря на то, что существует множество программ, предлагающих автоматическую трассировку плат, ни одна из них не дает идеального результата. В большинстве случаев требуется ручная корректировка результатов работы программы. Предлагаемая задача заключается в создании алгоритма автоматического рисования электрических линий по заданному графу межсоединений.

Входные данные

Дан файл `coordinates.csv`, содержащий координаты в декартовой системе координат контактов двух микросхем (микропроцессора и памяти) на печатной плате. Контакты обеих микросхем представляют собой полусферы, расположенные под корпусом микросхемы, диаметром 0,2 мм. Расстояние между центрами соседних шариков составляет 0,5 мм.

Файл состоит из строк вида:

```
<pinnumber>, <icnumber>, <x>, <y>
```

где:

*<pinnumber> — номер пина микросхемы, натуральное число;
<icnumber> — номер микросхемы, 1 — микропроцессор, 2 — память;
<x>, <y> — координаты центра пина на печатной плате, заданные в мм, разделитель дробной части — запятая.*

Дан файл `connect.csv`, содержащий информацию о межсоединении контактов микросхем.

Файл состоит из строк вида:

```
<ic_1_pinnumber>, <ic_2_pinnumber>
```

где:

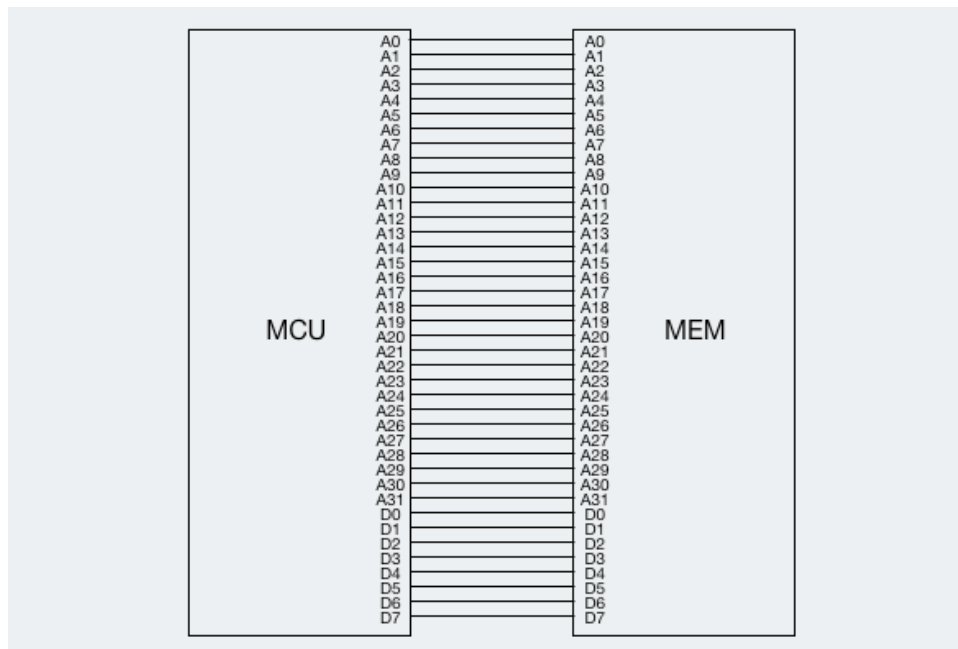
*<ic_1_pinnumber> — номер пина микропроцессора;
<ic_2_pinnumber> — номер пина памяти.*

¹ Межсоединением называется линия, показывающая наличие электрического контакта между компонентами

² Пин — это один контакт микросхемы.

ЗАДАНИЕ

Электрическая принципиальная схема, лежащая в основе задачи, приведена на рисунке:



Задача

Необходимо разработать алгоритм, формирующий электрические линии межсоединения в соответствии с координатами пинов микросхем и информацией о межсоединениях.

Все электрические линии должны быть представлены выпуклыми многоугольниками, состоящими из произвольного количества углов – будем называть их полигонами. На одну электрическую линию может быть один или несколько полигонов, они могут идти внахлест. Электрической линией будет считаться зона, непрерывно покрытая полигонами (или

Взаимное расположение пинов микросхем в соответствии с их координатами видно из рисунка:



несколько полигонов, соединенные переходными отверстиями, см. формат выходного файла).

Полигон образует электрический контакт с пином, если существует пересечение между окружностью диаметром 0.2 мм и полигоном, а сам полигон находится на 1 слое печатной платы.

Считается, что технологические ограничения производства печатной платы следующие:

1. Минимальная ширина проводящей линии (в любом месте) и минимальный зазор между проводящими линиями — 0,1 мм.
2. Максимальное количество слоев — 10.

ЗАДАНИЕ

Формат выходного файла

Выходной файл содержит описание полигонов в виде блоков:

```
POLY <points_count>, <layer>
<point_1_x>, <point_1_y>
...
<point_points_count_x>, <point_
points_count_y>
```

POLY — ключевое слово, означающее начало нового полигона.

<points_count> — количество углов полигона.

<layer> — номер слоя, на котором расположен полигон. Слои нумеруются от 1 (верхний слой) до 10 (нижний слой).

<point_points_count_x>, *<point_points_count_y>* — координаты углов полигона, данные последовательно в произвольном направлении обхода (по или против часовой стрелки), заданные в мм, разделитель дробной части — запятая.

Также в выходном файле содержится информация о переходе между слоями:

JUMP <x> <y>

<x>, *<y>* — координаты центра перехода (так называемого переходного отверстия).

Переходное отверстие проходит через все 10 слоев и обеспечивает электрическое соединение всех полигонов, в которые входит точка с координатами (x, y).

Критерии проверки

Корректность решения задачи: все полигоны и переходные отверстия должны формировать электрическое соединение в соответствии с файлом межсоединений, не допуская разрывов и пересечений.

Качество решения:

- 1) Минимальное количество использованных слоев;
- 2) Минимальная длина электрических линий (оценивается как $\frac{1}{2}$ периметров всех полигонов в решении);
- 3) Минимальное количество переходных отверстий.

Формула расчета качества решения задачи апостериорная (то есть финальные оценки зависят от качества решения задачи другими участниками):

$$K = L_{min}/L + 2 \cdot V_{min}/V + 3 \cdot S_{min}/S$$

где:

L, *V*, *S* — соответственно, количество использованных слоев, количество переходных отверстий и суммарная длина электрических линий в анализируемом решении

L_{min} — минимальное количество слоев среди всех решений

V_{min} — минимальное количество переходных отверстий среди всех решений

S_{min} — минимальная дистанция среди всех решений

Рейтинг участника определяется по оценке *K*.

Рейтинг участника определяется по оценке *K*.

Программа для проверки

Для проверки корректности решения задачи, а также для получения значений критериев оценки предоставляется скрипт `check.py`. Единственным параметром скрипта является имя входного файла решения.

Для корректного функционирования скрипта необходимо установить пакет `Shapely` (<https://pypi.python.org/pypi/Shapely>).

Скрипт предназначен для интерпретатора `python` версии 2.6/2.7. Для использования скрипта передайте его интерпретатору `python` и в качестве аргумента укажите имя файла с решением, например, если файл решения называется `solution` и находится в одной директории со скриптом:

```
> python check.py solution
```

СКОЛТЕХ: НА СТЫКЕ НАУКИ И БИЗНЕСА

СКОЛТЕХ: НА СТЫКЕ НАУКИ И БИЗНЕСА

Артем вспомнил, как год назад еще только выбирал университет, где хотел бы получить полезные, а не только теоретические навыки. Именно тогда он заинтересовался молодым институтом и начал собирать о нем информацию из разных источников.

Сколтех (Сколковский институт науки и технологий) основан в 2011 году при участии Массачусетского технологического института. Институт готовит новые поколения исследователей и предпринимателей, продвигает научные знания и содействует технологическим инновациям с целью решения важнейших проблем, стоящих перед Россией и миром. Институт строит свою работу, опираясь на лучшие традиции российских и международных образовательных и исследовательских практик, делая особый акцент на предпринимательскую и инновационную деятельность. Позднее Артем понял, что именно здесь инновации — это не просто модное слово, а действительно ключевой аспект всего процесса обучения. Особый акцент на инновации позволяет студентам понимать потребности общества и особенности управления процессом создания инноваций на основе исследований и их вывода на рынок.

Сколтех — это не просто университет, а международное сообщество студентов и преподавателей, где обучение ведется полностью на английском языке. Также студенты могут увеличить свой международный опыт через всемирную сеть партнерских университетов Сколтеха.

Учебная деятельность, основанная на проектах, дает студентам возможность приобрести знания, навыки и уверенность в своих силах, необходимые для того, чтобы осуществлять и возглавлять исследовательскую и инновационную деятельность. В институте студенты на практике отрабатывают коммуникативные навыки и возможности сотрудничества в международной среде для того, чтобы стать реальными проводниками перемен. В этом Артем убедился с первого же дня пребывания в Сколтехе.

Взяв за основу модель исследовательских центров, Сколтех при помощи МИТ создал Центр предпринимательства и инноваций, который включает в себя три компонента: образовательный, исследовательский и компонент коммерциализации.

Образовательная деятельность дает знания в предметной научной и инженерной области, которые являются фундаментом экономики знаний, знакомство с междисциплинарными инициатива-

ми, фоновые знания, необходимые для понимания общественного контекста в сфере науки и технологий, развивают системное мышление для решения комплексных и динамических задач, позволяют связать науку, технологии и бизнес, давая образование в сфере инноваций и предпринимательства. Кроме того, культура инновации в университете прививается за счет создания студенческих клубов, конкурсов на лучший бизнес-план, предприятия и наставничества предпринимателей.

Исследовательский компонент имеет нескольких элементов. Первый из них — это фундаментальные исследования в науке и инженерии, являющиеся базой для возникновения идей, приводящих к возникновению инноваций. Второй — наличие возможностей для стратегических междисциплинарных исследований, как это предложено и включено по образовательным программам, связанных в пяти научных и технологических направлениях. Третий — такие фундаментальные исследования должны применяться для конкретных рыночных возможностей, чтобы в случае успеха иметь коммерческий эффект.



“Если суммировать капитализацию компаний, созданных выпускниками МИТ, включая те четыре, что основал я сам, получится 1,5 триллиона долларов. Это сумма сопоставима с объемом экономики России. Вот что такое инновации, которые были коммерциализированы. И вот то, чем вам предстоит заниматься в Сколтехе». Профессор Массачусетского технологического института Эдварда Кроули, который стал первым президентом Сколтеха в 2011 году.

СКОЛТЕХ: НА СТЫКЕ НАУКИ И БИЗНЕСА

Компонент, связанный с коммерциализацией, обеспечивает все необходимые условия для вывода разработки на рынок на протяжении всей цепочки создания ценности — от идеи до нахождения необходимых контактов и привлечения инвесторов.



Massachusetts Institute of Technology

Артема также привлекло и то, что МИТ активно участвует в становлении Сколтеха как центра инноваций в России. Многие курсы и лекции Сколтеха были разработаны при участии МТИ. Профессора Массачусетского технологического института являются постоянными гостями института, выступают с семинарами и лекциями. А студенты первого набора Сколтеха провели пилотный год обучения в Бостоне. Так, институты разработали и запустили международную образовательную программу для студентов Skoltech MIT Flex Program. Отбор участников программы проводится на конкурсной основе. В рамках реализации программы студенты проводят один учебный семестр в МТИ, имея возможность посещать курсы по своему направлению обучения и проводить научные исследования под руководством профессоров МТИ.

МАГИСТЕРСКИЕ ПРОГРАММЫ

Хотя Артем был выпускником IT-направления, он все же обратил внимание на все пять магистерских программ Сколтеха. Возможно, на стыке двух дисциплин как раз и появится новый проект. Магистерские программы Сколтеха сочетают в себе фундаментальную науку с практическими исследованиями, работой прикладного характера и предпринимательской деятельностью. Сколтех предлагает программы магистратуры и аспирантуры в пяти областях подготовки:

1. Информационные и вычислительные технологии.
2. Энергетические науки и технологии.
3. Биомедицинские науки и технологии.
4. Космические науки и технологии.
5. Новые производственные технологии.

Также в каждой программе определены приоритетные области исследования. Например, в IT-программе это работа с большими объемами данных, распределенные вычисления, технические вычисления, биоинформатика и искусственный интеллект. Результаты исследований преимущественно используются для решения проблем интеллектуальных

выстраиваемых систем, робототехнике, цифровом производстве и прикладном моделировании.

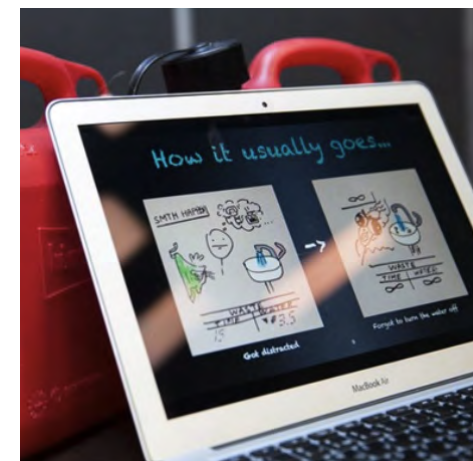
Ключевое отличие всех учебных планов в том, что на последней неделе образовательных курсов реализуются уникальные финальные проекты, направленные на то, чтобы подстегнуть творческую изобретательность, предоставляя студентам возможность решать проблемы и разрабатывать новые подходы к инженерным и IT-задачам.

УСПЕШНЫЕ ПРОЕКТЫ СТУДЕНТОВ И ВЫПУСКНИКОВ СКОЛТЕХА

Артем был наслышан об успехах студенческих стартапов на конференциях. Ему даже довелось лично пообщаться с некоторыми из их основателей. Некоторые из них презентовали свои проекты на крупнейшей стартап-конференции Европы SLUSH³, проводимой в Хельсинки. Конференция SLUSH ежегодно собирает огромное количество предпринимателей и инвесторов не только со всей Европы, но и мира. Двухдневное мероприятие состоит из конкурса стартап-проектов, выступлений приглашенных гостей, а также неформального общения между пред-

принимателями и инвесторами. В ходе конференции можно получить огромное количество полезных контактов.

Студент Сколтеха Александр Иванов представил свой проект Easy Wallet⁴ на конференции SLUSH в 2014 году. Проект Easy Wallet — это приложение, которое анализирует СМС-оповещения от банков и позволяет удобно следить за балансом на картах. Кроме того, приложение рекомендует наилучшие банковские карты на основе доходов и расходов пользователя, что позволяет пользователям экономить до 20–30 % месячного заработка в год.



³ <http://www.slush.org/>

⁴ <http://projects.skoltech.ru/projects/easywallet>

⁵ <http://projects.skoltech.ru/projects/sharxi>

СКОЛТЕХ: НА СТЫКЕ НАУКИ И БИЗНЕСА

Совсем недавно Артему удалось пообщаться с выпускником Сколтеха Борисом, который также побывал на конференции SLUSH, только в 2015 году, и представлял сервис Sharxi⁵. Идея Sharxi в том, чтобы дать людям возможность совместно пользоваться такси, когда им нужно уехать из одной точки по примерно совпадающему маршруту. Впервые алгоритм sharing для транспорта Борис придумал во время одного из хакатонов Сколтеха. «После физтеха мне очень приятно видеть место, где можно заниматься и технологиями, и предпринимательством. Сколтех сейчас предоставляет поддержку и для того, чтобы заниматься технологиями, и в том числе в Сколтехе работает Центр предпринимательства и инноваций, где могут помочь в развитии твоего проекта, оказать юридическую и менторскую помощь», — поделился своим опытом Борис.

Еще одна выпускница Сколтеха Екатерина Котенко-Ленгольд добилась впечатляющего результата, заняв второе место на конференции SLUSH 2015 с проектом

Astro Digital⁶. Astro Digital — проект, предоставляющий бизнесу любой величины и частным пользователям буквально космические возможности, а именно простой и удобный доступ к спутниковым данным. Платформа Astro Digital делает поиск, обработку и использование спутниковых снимков быстрыми, удобными и, что немаловажно, доступными по цене. Основатели компании рассчитывают, что технология будет востребована как профессиональными участниками рынка (разработчиками специализированных решений для, к примеру, строительной или сельскохозяйственной отраслей), так и частными пользователями (фермерами, владельцами лесных участков, строительных сооружений и пр.).

Недавно Артем прочитал интервью Екатерины, где она рассказала о том, как все началось примерно три года назад, когда она проходила обучение в Массачусетском технологическом институте по программе Сколтеха и решила участвовать в конкурсе бизнес-проектов MIT\$100K. «Именно Сколтех дал толчок

моему желанию заниматься чем-то своим, чем-то, что по-настоящему имеет смысл. Можно ведь, к примеру, устроиться в консалтинговую компанию, зарабатывать неплохие деньги и чувствовать, что жизнь удалась. Но для меня это было бы немного скучно, — рассказала сооснователь Astro Digital. — Сколтех стал катализатором для этого осознания. Ну а Сколково — это прежде всего сообщество, а в бизнесе при построении стартапа нет ничего более ценного, чем иметь возможность связаться с нужным человеком и получить совет, консультацию. С каждой встречей, с каждым новым контактом появляются новые возможности. Их полно, просто нужно уметь их искать». Артем уже не раз убедился в правильности выбора магистратуры. Именно здесь перед ним открылись великолепные возможности и перспективы. Осталось не упустить их и реализовать свой потенциал. Из раздумий Артема вывели подошедшие друзья.

— Что ж, команда в сборе. Давайте сразу приступим к делу!



⁶ <https://astrodigital.com/>



Кейс написан и опубликован
Changellenge >> — ведущей
организацией по кейсам в России.

www.changellenge.com
info@changellenge.com
vk.com/changellengeglobal
facebook.com/changellenge