



# Разработка смарт-контрактов в Ethereum

Тимур Машнин

18+

Тимур Машнин

**Разработка смарт-  
контрактов в Ethereum**

«Автор»

2022

**Машнин Т.**

Разработка смарт-контрактов в Ethereum / Т. Машнин —  
«Автор», 2022

Эта книга рассказывает о принципах работы Ethereum, отличии Ethereum от Bitcoin. Вы узнаете что такое децентрализованные приложения Dapp и смарт-контракты, познакомитесь с инструментами разработки Dapp. Изучите высокоуровневый язык Solidity создания смарт-контрактов для виртуальной машины Ethereum. Познакомитесь со средой разработки Remix. Узнаете о практическом применении смарт-контрактов, стандартах ERC20, ERC-721, ERC-1155 и EIP-3156.

© Машнин Т., 2022

© Автор, 2022

# Содержание

Ethereum. Причины возникновения Ethereum	5
Децентрализованные приложения	17
Инструменты разработки	19
Введение в Ethereum	21
Solidity Remix	31
Remix File Explorer	35
Remix Solidity Editor	36
Remix Compile	37
Remix Swarm	38
Remix Run	41
Remix Settings	48
Remix Analysis	49
Remix Debugger	51
Отладка контракта в среде Remix – Mist – Geth	52
Резюме	62
Сети Ethereum. Приватный блокчейн	66
Сети тестирования Ethereum. Ropsten	75
Rinkeby	77
Truffle, TestRPC или Ganache	79
Solidity	84
Ethereum Oracle	118
Создание своей криптовалюты с Ethereum	121
Применение смарт-контрактов	132
Смарт-контракт для идентификации	134
Смарт-контракт для платежей	150
Кредитный смарт-контракт	156
NFT смарт-контракты	164
Флэш-кредиты	177

# Тимур Машнин

## Разработка смарт-контрактов в Ethereum

### Ethereum. Причины возникновения Ethereum

Когда в 2008 году появился Биткойн, он был полностью революционным.

Количество концепций, которые собрались при этом вместе, информатика, криптография и экономические стимулы, было удивительным.

Когда в 2009 году была запущена реальная сеть Bitcoin, многие думали, что этот проект потерпит неудачу.

Чтобы гарантировать работу сети, язык скриптов биткойна был преднамеренно предельно ограничительным.

На самом деле у Биткойна не совсем язык скриптов, он использует стек с операторами скриптов.

Язык скриптов в биткойне важен, потому что это то, что делает биткойн «программируемыми деньгами».

В рамках каждой транзакции биткойн есть возможность написать небольшую программу.

В результате вы можете автоматически переводить деньги с помощью компьютерного кода, и каждый может видеть правила, по которым эти деньги перемещаются, и знать, что эти правила будут соблюдаться.

До сих пор сеть Биткойна успешно развивается, и ее капитализация растет.

Однако все приложения, которые создаются в Биткойне – это инфраструктурные приложения, такие как кошельки и биржи.

Причина этого в ограниченности языка скриптов Биткойна.

Проект Ethereum взял этот ограниченный набор операторов и развил его в полноценный язык программирования.

Эфириум никогда бы не существовал без Биткойна в качестве предтечи.

При этом Ethereum во многом опережает Биткойн.



	bitcoin	ethereum
concept	digital money	smart contracts
transaction	send from alice to bob	send from alice to bob if.. <ul style="list-style-type: none"><li>• date = jan 1, 2018</li><li>• bob's balance &lt; 10 eth</li></ul>
market cap (as of feb 2017)	~\$18 billion	~\$1 billion
founder	satoshi nakamoto (unknown)	vitalik buterin and team
release date	jan 2009	july 2015
release method	early mining	presale raised \$18M in bitcoin

Язык программирования Ethereum позволяет делать гораздо больше, чем биткойн.

Язык скриптов Bitcoin намеренно ограничивает. В результате, в биткойн вы можете делать только основные вещи.

Этот язык также трудно понять и использовать.

Вместо большинства современных языков программирования, где код легко читается, скрипты биткойна выглядят как непонятный машинный код.

Напротив, языки программирования Ethereum (Solidity для тех, кто любит Javascript, и Serpent для тех, кто любит Python), позволяют делать практически все, что позволяет вам продвинутой язык программирования.

При этом, эти языки простые в использовании.

Эта комбинация полной функциональности программирования и простоты использования очень важна.

Люди делают вещи в Эфириуме, которые сейчас невозможны в Биткойне.

Эфириум создал новое поколение разработчиков, которые никогда не работали с Bitcoin, но заинтересованы в Ethereum.

Биткойн мог бы иметь эту расширенную функциональность, но через создание многочисленных надстроек, которые бы работали с протоколом биткойнов, в то время как Ethereum предоставляет эту функциональность из коробки.

Помимо радикального различия в языках скриптов, в Ethereum намного лучше инструменты разработчика.

У Биткойна никогда не было полноценного набора инструментов для разработчиков, хотя он очень нужен, потому что работать с Bitcoin намного сложнее.

Эфириум сделал жизнь разработчика намного проще.

Он имеет домашнюю страницу для разработчиков и собственную среду разработки (Mix IDE) среди прочих других.

Есть и другие преимущества Эфириума, о которых достаточно написано.

Являются ли Bitcoin и Ethereum конкурентами или дополняют друг друга?

Это еще предстоит выяснить.

Возможно, биткойн останется протоколом, с помощью которого люди будут хранить свои деньги, потому что он более стабилен и надежен.

Это позволило бы Ethereum продолжать рисковать, позволяя разворачивать приложения в своей сети.

В этом случае Bitcoin будет являться скорее сетью денежных расчетов, в то время как Ethereum будет использоваться для запуска децентрализованных приложений.

Так что Bitcoin и Ethereum могут дополнять друг друга.

Что такое Эфириум?

Ethereum - это децентрализованная платформа, на которой работают смарт контракты

Согласно веб-сайту Ethereum, «Ethereum – это децентрализованная платформа, на которой работают умные контракты».

Биткойн же можно охарактеризовать как цифровые деньги.

Биткойн используется для перевода денег от одного человека другому.

И он обычно используется в качестве хранилища денег и является основой для понимания обществом концепции децентрализованной цифровой валюты.

Ethereum отличается от Bitcoin тем, что он позволяет использовать смарт-контракты, которые можно охарактеризовать как высоко программируемые цифровые деньги.

Представьте, что вы автоматически отправляете деньги от одного человека другому, но только тогда, когда выполняется определенный набор условий.

Например, человек хочет купить дом у другого человека.

Традиционно в обмене участвуют несколько третьих сторон, в том числе юристы и агенты условного депонирования, что делает процесс излишне медленным и дорогостоящим.

С помощью Ethereum код может автоматически передать покупателю собственность и средства продавцу после того, как сделка будет одобрена без необходимости участия третьей стороны.

Потенциал для этого невероятный.

Подумайте о многочисленных приложениях, которые выступают в качестве третьей стороны, чтобы связать вас с другими на основе определенной логики (например, Uber и eBay).

Многие из централизованных систем, которые мы используем сегодня, можно было бы децентрализовать на Эфириуме.

Децентрализация важна, так как устраняет точки отказа или контроля.

Децентрализованные платформы удаляют посредников, что в конечном итоге приводит к снижению затрат для пользователя.

### **Bitcoin vs Ethereum**

Давайте еще раз обсудим, чем отличается Эфириум от Биткойна.



	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>
Launched	2009	2015
Creator	"Satoshi Nakamoto"	Vitalik Buterin
Consensus algorithm (current)	Proof of Work	Proof of Work
Average block time	10 minutes	17.5 seconds
Function	Digital currency	Smart contract platform
Flexibility	Constrained (deliberately)	More
Transactions (example)	Simple value transfer	Conditional value transfer
Turing completeness (beyond the scope of this post)	No	Yes

Если кратко, Биткойн – это первый известный блокчейн.

A Ethereum – это блокчейн следующего поколения.

Биткойн был первоначально создан как одноранговая электронная платежная система, где валюта торгуется между адресами.

Ethereum был создан с идеей быть не только одноранговой денежной системой, а представлять одноранговую базу данных и распределенный виртуальный компьютер, компьютер, который манипулирует тем, что называется состоянием.

Вы можете думать о состоянии как о текущих значениях всех переменных в системе, согласованных всеми узлами посредством консенсуса.

Состояние в Ethereum изменяется в результате транзакций и работы виртуальной машины Ethereum.

В то время как у Биткойна есть упрощенный язык скриптов, одной из наиболее примечательных особенностей Ethereum является виртуальная машина, которая способна выполнять полноценный код.

Весь код, который запускается виртуальной машиной, может быть сохранен как часть цепочки блоков.

И вы можете программировать довольно сложные приложения, чья логика будет работать на цепочке блоков.

Из-за этого существует огромное сообщество разработчиков, растущее вокруг Ethereum, которые создают множество приложений и развивают экосистему Ethereum.

У системы Ethereum, как и у Биткойна, есть проблемы с масштабированием.

Например, вся система в настоящее время может обрабатывать только 17 транзакций в секунду.

Потому что вся сеть должна запускать каждое вычисление на каждом компьютере, а это значит, что вся система может работать настолько быстро, насколько быстро в ней работают самые медленные компьютеры.

Доказательство работы неэффективно, и сам блокчейн продолжает расти.

Сообщество пытается решить эти проблемы масштабирования с помощью нескольких подходов: доказательстве ставки, каналов состояний, Sharding и Plasma.

Переход на доказательство ставки вместо доказательства работы уменьшит значительную вычислительную нагрузку на сеть.



Вместо того, чтобы добывать блоки, ища допустимо низкое значение хэша, сеть будет создавать блоки путем распределения разрешения на их создание пропорционально доле валюты, предоставленной узлом в качестве ставки, а не исходя из количества вычислительной мощности, которое узел может иметь.

Эфериум предлагает свой вариант доказательства ставки по названию Casper.

Casper реализует процесс, с помощью которого можно наказывать вредоносные узлы в сети.

## Casper

Валидаторы ставят часть своих Эфиров как долю.

После этого они начинают проверку блоков. Когда они обнаруживают блок, который, по их мнению, может быть добавлен в цепочку, они подтверждают его, сделав на него ставку.

Если блок добавляется, тогда валидаторы получают вознаграждение, пропорциональное сделанным ставкам.

Однако, если валидатор действует вредоносным образом и пытается сделать «Nothing at Stake», он попадает в бан, и его доля будет аннулирована.

Последняя версия протокола представляет собой гибрид алгоритмов доказательства работы и доказательства ставки.

Для создания блоков по-прежнему используется работа майнеров, а для фиксации контрольных точек блокчейна применяется «доказательство ставки».

Доказательство ставки создаёт дополнительную прослойку безопасности поверх результатов доказательства работы.

Для этого участники доказательства ставки или валидаторы отправляют личные монеты в пул валидаторов.

И блок будет считаться найденным только в том случае, если предложение поддержат две трети участников.

Если голоса не набираются, цепь продолжает работу на усилиях майнеров.

Каналы состояний обеспечивают своего рода кластеризацию транзакций в сети.

Это уменьшит количество отдельных транзакций, которые сеть должна будет обрабатывать сама.

Следующий подход для решения проблемы масштабирования, это Sharding – это идея разделения сети на более мелкие части, которые работают независимо.

И наконец, Plasma – это серия смарт контрактов, запущенная на вершине основного блокчейна.

В Plasma все данные обрабатываются в дочерних блокчейнах, и только результаты отправляются в основной блокчейн.

Если сравнивать Биткойн и Эфериум,

В то время как биткойн создавался как альтернатива традиционным деньгам и, таким образом, является средством оплаты и сохранения стоимости, Ethereum разрабатывался как платформа для выполнения одноранговых контрактов и приложений.

Bitcoin и Ethereum - это разные реализации технологии blockchain с разными целями.

Биткойн был открытием, окном в технологию blockchain, за что мы должны поблагодарить и Сатоши Накамото, псевдонима, который создал протокол биткойна.

Примерно через девять лет академических исследований консенсусных алгоритмов, одноранговой сети, криптографических токенов и, что наиболее важно, виртуальной машины, Ethereum захотел взять тот же принцип одноранговой связи и применить его к любому типу программного приложения.

Таким образом, в основе как Ethereum, так и Bitcoin, лежат одни и те же принципы блокчейна, одноранговой сетевой инфраструктуры и архитектуры, криптографии и консенсуса.

Основное различие между Bitcoin и Ethereum заключается в наличии виртуальной машины Эфириума, которая по сути является мировым компьютером и для которой мы можем программировать приложения.

Таким образом, хотя Биткойн и Эфириум работают на принципе распределенного реестра и криптографии, у них есть множество технологических отличий.

Например, язык программирования, используемый Ethereum, является полным, в то время как у биткойна язык программирования стековый.

Другие отличия состоят во времени создания блока и подтверждения транзакции, транзакция Ethereum подтверждается в течении секунд по сравнению с минутами биткойна.

Кроме того, Ethereum использует алгоритм хэширования Ethash, в то время как Bitcoin использует алгоритм хэширования, SHA-256.

Также Ethereum использует доказательство работы, устойчивое к ASIC.

В алгоритме майнинга Эфириума, майнеры должны извлекать случайные данные из состояния, вычислять некоторые случайно выбранные транзакции из последних N блоков в цепочке блоков и возвращать хэш результата.

Это имеет два важных преимущества.

Во-первых, контракты Ethereum могут включать в себя любые вычисления, поэтому ASIC для Ethereum должен быть, по существу, ASIC для общих вычислений, т. е. процессором.

Во-вторых, для добычи требуется доступ ко всей цепочке блоков, заставляя майнеров хранить весь блок-цепочку.

Таким образом, применение ASIC для Эфириума, по сути, бесполезно, потому что это просто общие вычисления.

И, в довершение всего, в блокчейн могут быть записаны контракты, которые специально предназначены для усложнения работы ASIC.

Еще одна интересная вещь, заключается в том, что так как майнеры работают с состоянием, память должна быть быстрой.

И стандартная DRAM на самом деле не справляется с этой задачей, поэтому для майнинга используются RAM графических процессоров.

Подытоживая, с общей точки зрения, у Биткойн и Эфириум разные предназначения.

В то время как биткойн создавался как альтернатива традиционным деньгам и, таким образом, является средством оплаты и сохранения стоимости, Ethereum разрабатывался как платформа для выполнения одноранговых контрактов и приложений.

И основная цель эфира – не быть альтернативой традиционным деньгам, в отличие от биткойнов, а облегчать и монетизировать работу сети Ethereum.

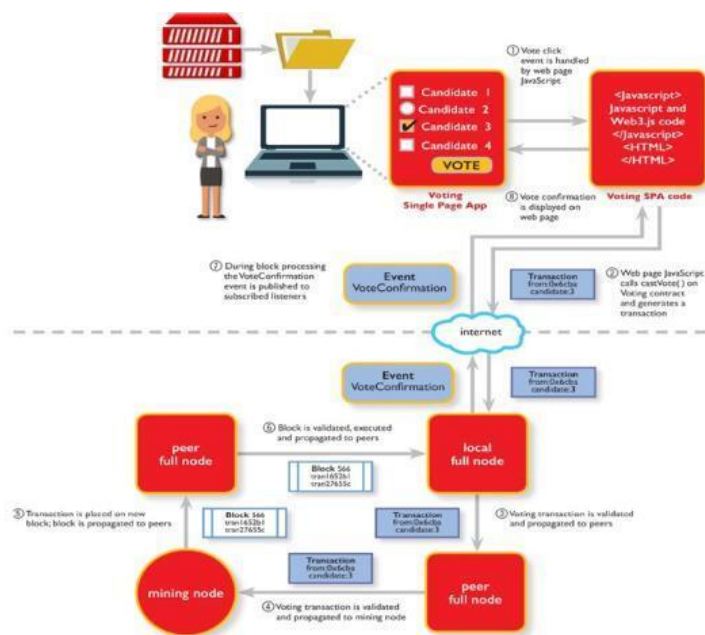
В целом, Bitcoin и Ethereum – это разные реализации технологии blockchain с разными целями.

### Масштабирование

Давайте сравним децентрализованные системы блокчейна с централизованными системами.

Блокчейн взял на себя роль посредника в виде проверки, подтверждения и регистрации транзакций и, конечно же, выполнения консенсусного процесса для обеспечения целостности цепочки.

Все эти функции требуют времени и приводят к значительным накладным расходам по сравнению с централизованной системой.



Транзакции в Ethereum, например, обрабатываются на всех узлах и обрабатываются последовательно, а не параллельно.

В соответствии с порядком, определенным майнером.

Майнеры предпочитают сначала обрабатывать транзакции с более высокой комиссией.

После того, как блок добыт, этот порядок закреплён навечно. Этот порядок называется индексом транзакции.

И каждый полный узел хранит всю цепочку блоков.

Все это препятствует масштабируемости приложений blockchain.

Скорость обработки транзакций в блокчейне не является удовлетворительной по сравнению с централизованной обработкой.

Что такое масштабируемость?

Масштабируемость – это способность системы удовлетворительно работать на практических всех уровнях нагрузки.

Нагрузка в контексте блокчейна может быть транзакциями, количеством узлов, количеством участников и количеством аккаунтов и других атрибутов blockchain.

В случае блокчейна наиболее важной характеристикой является скорость транзакций или количество транзакций в секунду.

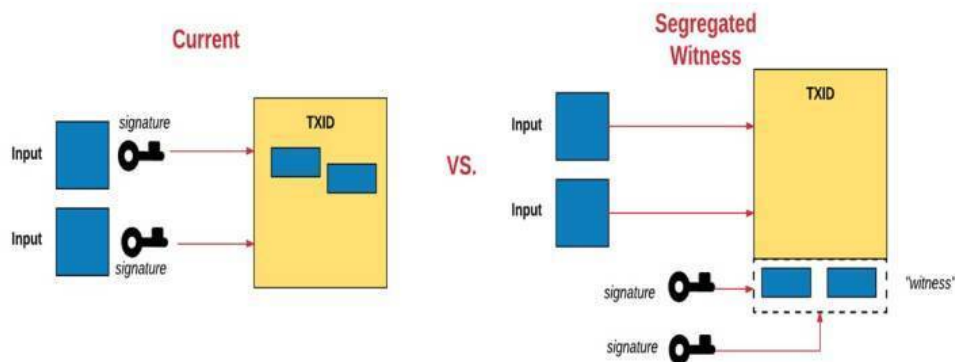
Это критическая характеристика для многих приложений, начиная от платежной системы и до управления цепочками поставок, чтобы система могла хорошо работать.

Например, для биткойна, в 2017 году, средняя комиссия сети достигла 15–20 долларов США, а скорость подтверждения транзакции стала доходить до нескольких дней.

Таким образом, можно сказать, что количество транзакций в секунду является показателем масштабируемости блокчейна.

Наиболее очевидным способом увеличения скорости транзакций является увеличение количества транзакций на блок.

Биткойн пытался сделать это двумя способами: с помощью вилки Segregated Witness и с помощью увеличения максимально разрешенного размера блока.



В Segregated Witness транзакции и подписи разделяются для обеспечения большего количества транзакций на блок.

Цифровая подпись занимает до 60 % пространства в транзакции.

И SegWit – это процесс, с помощью которого размер блока увеличивается путем удаления данных подписи из транзакций. Когда определенные части транзакции удаляются, это освобождает пространство для добавления дополнительных транзакций в блок.

Таким образом, подписи и скрипты выделяются в обособленную структуру, именуемую отдельным свидетелем.

И теперь, чтобы проверить все транзакции, узлу нужно загружать расширенный блок – это основной блок + отдельный свидетель.

Это была мягкая вилка, которая была реализована в 2017 году.

Она работает в текущей версии блокчейна биткойна.

Однако ограничение размера блока все равно фиксируется на одном мегабайте.

Второе предложение по увеличению масштабируемости состояло в том, чтобы помимо отдельного свидетеля, еще увеличить предел размера блока до большего размера в два мегабайта.

И это улучшение называется Segregated Witness 2X.

Это была запланированная жесткая вилка, которая должна была состояться в ноябре 2017 года, но не прошла из-за отсутствия поддержки сообщества.

Однако при этом часть сообщества, не приняв SegWit2x, произвела жесткий форк сети биткойна, увеличив размер блока биткойна до 8 Мб.

И свою ветку они назвали Bitcoin Cash.

15 мая 2018 года был обновлён протокол сети Bitcoin Cash с целью увеличения размера блока до 32 МБ.

Block 5370426 > 47 secs ago	Mined By <a href="#">Ethermine</a> 30 txns in 14 secs Block Reward 3.03268 Ether
Block 5370425 > 1 min ago	Mined By <a href="#">f2pool_2</a> 294 txns in 3 secs Block Reward 3.03042 Ether
Block 5370424 > 1 min ago	Mined By <a href="#">Ethermine</a> 55 txns in 17 secs Block Reward 3.0503 Ether
Block 5370423 > 1 min ago	Mined By <a href="#">f2pool_2</a> 185 txns in 2 secs Block Reward 3.08083 Ether

Теперь давайте рассмотрим, как Ethereum относится к размеру блока.

В Ethereum размер блока может меняться и ограничен лимитом газа, указанным в заголовке блока.

Лимит газа на блок – это максимально допустимое количество газа в блоке для определения того, как много транзакций может поместиться в блок.

Например, у нас есть 5 транзакций, и каждая транзакция имеет лимит газа в 10, 20, 30, 40 и 50. Если лимит газа на блок – 100, тогда первые 4 транзакции могут поместиться в блок.

И майнеры решают какие транзакции поместить в блок.

Если попытаться включить транзакцию, которая использует больше газа, чем текущий лимит газа на блок – она будет отвергнута сетью и ваш Эфириум клиент выдаст вам сообщение “Транзакция превышает лимит газа на блок”.

Протокол позволяет майнеру блока регулировать лимит газа на блок на 0.0976 % в любом направлении.

Кто в Ethereum решает какой будет лимит газа на блок? – Майнеры. Отдельно от регулируемого протокола, стратегия с лимитом газа около 5,000,000 стоит по умолчанию в большинстве клиентов.

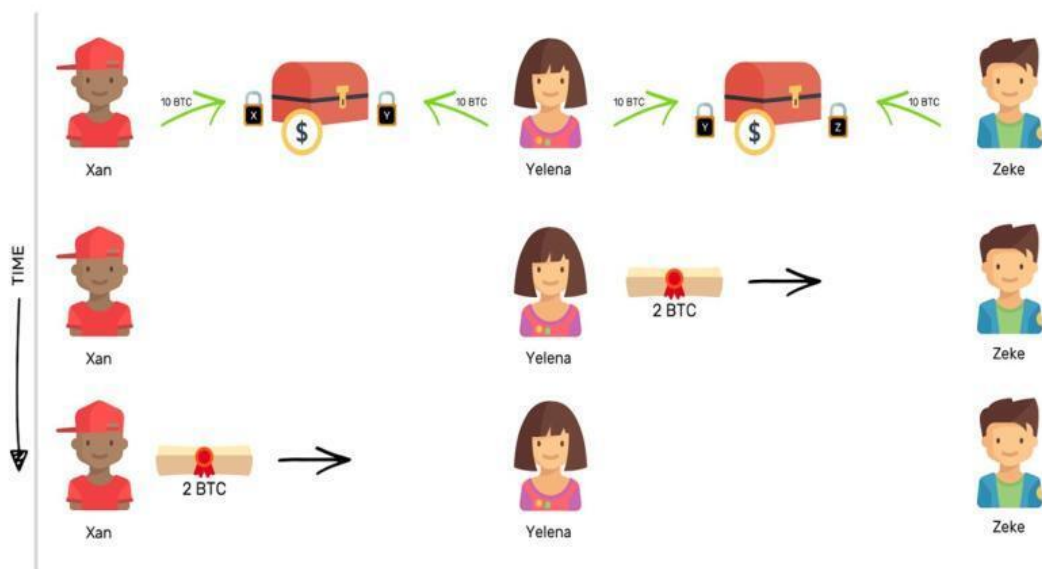
Майнеры могут изменить это, но многие этого не делают и оставляют настройки по умолчанию.

Этот размер переменного блока улучшил транзакционную скорость.

Ожидается, что он еще больше улучшится, когда Ethereum перейдет к доказательству ставки.

Мы только что обсудили сетевое решение для повышения скорости транзакций.

Теперь давайте обсудим механизм проведения транзакций вне сети.



Одним из решений для увеличения скорости транзакций является выгрузка некоторых транзакций из сети.

Это осуществляется между доверенными сторонами.

И эта функция в биткойне называется платежным каналом.

Платежные операции могут осуществляться с минимальными комиссиями со значительно более высокой скоростью между доверенными лицами.

В типичном платежном канале в цепочку блоков добавляются только две транзакции, но между участниками может быть сделано неограниченное или почти неограниченное количество платежей.

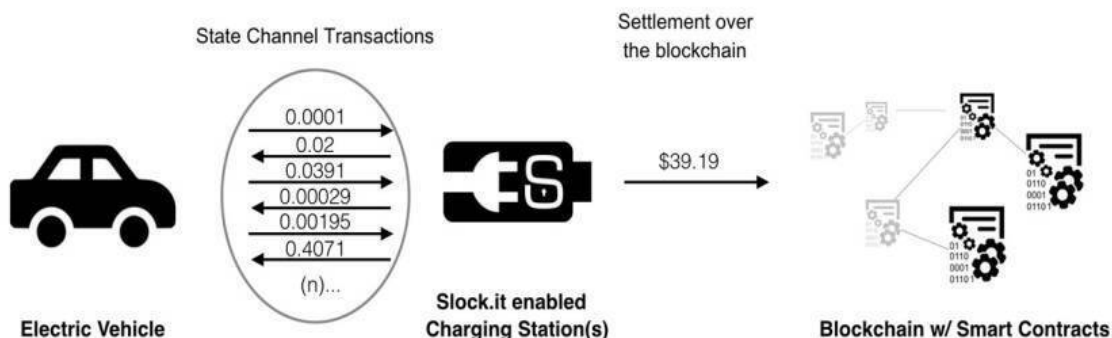
И примером такого решения служит сеть Lightning Network.

Сеть Lightning Network состоит из узлов и двунаправленных платежных каналов.

Платежный канал устанавливается между двумя узлами сети.

Каждый из двух узлов платежного канала блокирует в блокчейне Биткойна некоторую сумму средств для канала.

В дальнейшем пропускная способность канала будет определяться суммой заблокированных узлами средств.



Решение Ethereum расширяет эту концепцию платежного канала до смарт-контрактов.

Каналы состояния – это расширение концепции платежного канала для любой транзакции на уровне приложения.

Механизм называется State Channel, поскольку состояние узла в основной цепочке блокируется при транзакции вне сети и периодически синхронизируется с соответствующими обновлениями с основной цепочкой.

Каналы состояния работают путем «блокировки» некоторой части состояния блокчейна в многосегментный контракт, контролируемый определенным набором участников.

Состояние, которое «блокировано», называется депозитом состояния.

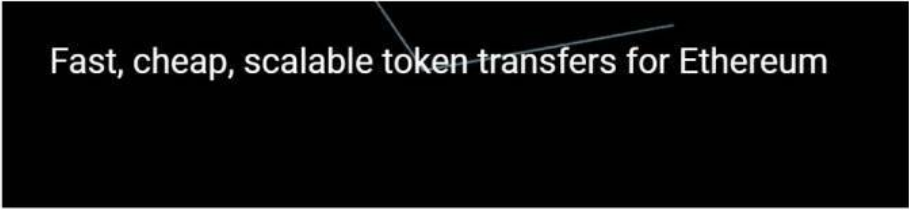
Это может быть определенное количество эфира или токенов.

После того, как депозит заблокирован, участники канала используют обмен сообщениями вне сети, чтобы обменивать и подписывать действительные транзакции ethereum, не развешивая их в цепочку. Это транзакции, которые могут быть добавлены в цепочку в любое время.

Обновление состояния канала всегда осуществляется единогласным решением сторон.

Все стороны подписывают и сохраняют свои собственные копии каждой транзакции вне сети.

Поскольку эти транзакции происходят полностью вне блокчейна, они имеют нулевые транзакционные сборы, и их скорость ограничена только их базовым протоколом связи.



Fast, cheap, scalable token transfers for Ethereum

## The Raiden Network

The Raiden Network is an off-chain scaling solution, enabling near-instant, low-fee and scalable payments. It's complementary to the Ethereum blockchain and works with any ERC20 compatible token. The Raiden project is work in progress. Its goal is to research state channel technology, define protocols and develop reference implementations.

Примером реализации такого протокола служит сеть Raiden Network, работающая поверх Эфериума.

Еще один подход к увеличению скорости обработки транзакций называется Sharding.

В настоящее время каждый отдельный узел, работающий в сети Ethereum, должен обрабатывать каждую транзакцию, проходящую через сеть.

Это дает блокчейну высокую степень безопасности из-за тотальной валидации, но в то же время это означает, что весь блокчейн так же быстр, как его отдельные узлы, но не сумма этих узлов.

То есть скорость блокчейна ограничивается скоростью отдельного узла сети.

В настоящее время транзакции Эфериума обрабатываются не параллельно, и каждая транзакция выполняется последовательно в глобальном масштабе.

Поэтому подход заключается в blockchain sharding, где мы разбиваем все состояние сети на кучу разделов, называемых shards, которые содержат свою собственную независимую часть состояния и историю транзакций.

В этой системе определенные узлы обрабатывают транзакции только для определенных shards, тем самым в целом увеличивая пропускную способность транзакций.

Sharding является перспективным механизмом для масштабирования блокчейна.

Однако при таком подходе требуется решить такие сложные задачи, как меж shards коммуникация и общая безопасность такого разделенного блокчейна.



## Децентрализованные приложения

Для понятия децентрализованного приложения может быть не одно определение.

Децентрализованные приложения:

Открытый исходный код. В идеале код должен быть самоподдерживаемым и все изменения в коде должны определяться консенсусом или большинством его пользователей. И код должен быть доступен для проверки.

Децентрализация. Все записи о работе приложения должны храниться в общедоступной и децентрализованной цепочке блока.

Валидаторы цепочки блоков должны поощряться.

Протокол. Сообщество приложения должно согласовать криптографический алгоритм, чтобы показать доказательство ценности.

Тем не менее, у децентрализованных приложений есть общие черты:

Это открытый исходный код. В идеале код должен быть самоподдерживаемым и все изменения в коде должны определяться консенсусом или большинством его пользователей. И код должен быть доступен для проверки.

Децентрализация. Все записи о работе приложения должны храниться в общедоступной и децентрализованной цепочке блока.

Валидаторы цепочки блоков должны поощряться.

Протокол. Сообщество приложения должно согласовать криптографический алгоритм, чтобы показать доказательство ценности.

Например, Bitcoin использует Proof of Work (PoW), и Ethereum в настоящее время использует Proof of Work с планами гибридного Proof of Work/Proof of Stake (PoS) в будущем.

Если мы придерживаемся вышеприведенного определения, первым децентрализованным приложением был фактически сам биткойн.

Биткойн – это самоподдерживающийся публичный журнал, который позволяет эффективные транзакции без посредников и централизованных органов.

Чтобы запустить проект децентрализованного приложения необходимо:

Создать технический документ белые страницы или белую книгу.

Ваш технический документ должен обозначить задачу, которую вы хотите решить.

Он должен четко указать намерения и цели приложения.

Опишите план распределения токенов и как вы собираетесь это делать.

Определите механизм достижения консенсуса и наймите свою команду менеджеров и разработчиков.

Будьте честны с любыми техническими трудностями, которые вы предвидите, и четко изложите свои технические требования.

Откройте дискуссию по своему плану и сформируйте сообщество.

Получите обратную связь и соответствующим образом переработайте свой план.

После того, как приложение наберет достаточный импульс, определите дату продажи токенов.

Веб-сайт продажи токенов должен иметь всю информацию, которая может понадобиться инвесторам.

Начните разработку и приветствуйте новых разработчиков.

Децентрализованное приложение нуждается в первоначальном предложении монет или Initial Coin Offering (ICO).

Появление нового приложения в сообществе blockchain называется ICO.

ICO является мероприятием по сбору средств, которое основано на продаже токенов, которые потенциально могут принести в будущем прибыль для хорошо осведомленных и смелых инвесторов.

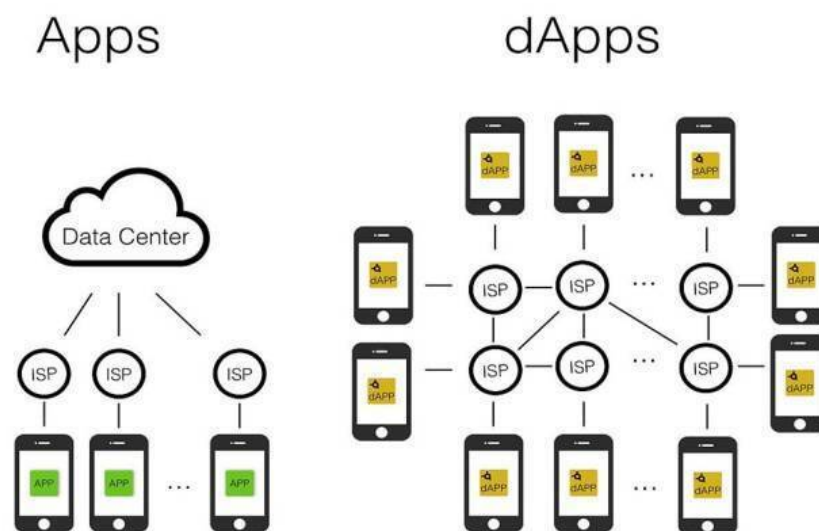
В ICO цена токена произвольно определяется командой, запускающей приложение.

После того, как токен регистрируется на бирже, его цена затем корректируется торгами.

Конечная стоимость токена будет определяться участниками сети.

Независимо от точности оценки токена ICO, остается фактом, что сам ICO является движущим силой блокчейна.

ICO – необходимый катализатор для открытия возможностей и расширения стоимости, которую предлагает блокчейн.



Итак, что такое Dapp?

Дарр или децентрализованное приложение решает задачу, которая требует использования функций blockchain и инфраструктуры blockchain для реализации своей цели.

Как правило, у Дарр есть веб-интерфейс, а также блокчейн и код, их соединяющий.

В такой архитектуре веб-интерфейс Дарр передает внешние действия от пользователей в инфраструктуру blockchain и возвращает ответ на них.

В Эфериуме Дарр инициирует транзакции для вызова функций в смарт-контракте.

Это, в свою очередь, записывает транзакции и изменение состояния в цепочке блоков.

И внешний интерфейс Дарр может быть таким же простым, как интерфейс командной строки.

Или это может быть сложное веб-приложение или мобильное приложение.

## Инструменты разработки

### Инструменты разработки

<https://github.com/embark-framework/embark>

Embark - это платформа, которая позволяет вам легко разрабатывать и развертывать децентрализованные приложения (DApps)

<https://etherscripter.com/>

EtherScripter – инструмент визуального создания смарт контрактов для Ethereum

<https://github.com/trufflesuite/truffle>

Truffle - это среда разработки и платформа тестирования для Ethereum

<https://populus.readthedocs.io/en/latest/>

Populus – это фреймворк разработки смарт контрактов для Ethereum

<https://github.com/ethereum/mist>

Mist - браузер для децентрализованных веб-приложений

<https://github.com/paritytech/parity>

Parity - быстрый и легкий клиент Ethereum, который можно использовать для доступа к децентрализованным приложениям

Embark – это платформа, которая позволяет вам легко разрабатывать и развертывать децентрализованные приложения (DApps).

С Embark вы можете автоматически развертывать смарт контракты и использовать их в вашем JS-коде.

Embark позволяет следить за изменениями в смарт контракте, и, если вы обновите контракт, Embark автоматически заново развернет смарт контракт и приложение.

EtherScripter – инструмент визуального создания смарт контрактов для Ethereum.

Truffle – это среда разработки и платформа тестирования для Ethereum.

Populus – это фреймворк разработки смарт контрактов для Ethereum.

Mist – браузер для децентрализованных веб-приложений.

Parity – быстрый и легкий клиент Ethereum, который можно использовать для доступа к децентрализованным приложениям.

<https://github.com/ethereum/go-ethereum/wiki/geth>

Geth – клиент Ethereum, работающий из командной строки.

<https://github.com/trufflesuite/ganache-cli>

TestRPC – инструмент, который позволяет одной командой развернуть приватный блокчейн с включенным RPC протоколом, десятком заранее созданных аккаунтов, работающим майнером и так далее.

<https://github.com/ethereum/remix-ide>

Remix – самая популярная браузерная среда разработки для создания смарт контрактов.

Geth – клиент Ethereum, работающий из командной строки.

TestRPC – это инструмент Truffle, который позволяет одной командой развернуть приватный блокчейн с включенным RPC протоколом, десятком заранее созданных аккаунтов, работающим майнером и так далее.

Remix – самая популярная браузерная среда разработки для создания смарт контрактов.

## Введение в Ethereum

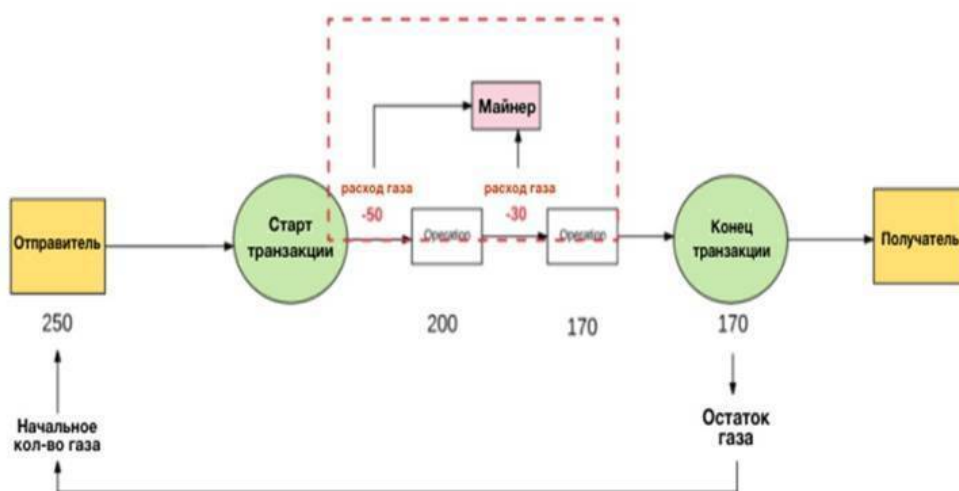
В Ethereum смарт контракты – это скрипты, которые могут обрабатывать деньги.

Эти контракты соблюдаются и заверяются сторонами, которых мы называем майнерами.

Майнеры добавляют транзакцию (выполнение смарт-контракта, оплату криптовалютой и т. д.) в публичную книгу, которая называется блоком. Блоки образуют блокчейн.

За добавление транзакции майнерам нужно оплатить что-то вроде «газа», стоимость которого определяется в контракте.

Когда вы публикуете смарт-контракт или выполняете смарт-контракт, или переводите деньги на другой аккаунт, вы платите некоторый эфир, который преобразуется в газ.



«Газ» – это название специальной единицы, используемой в Эфириуме.

Эта единица измеряет, сколько работы требуется для выполнения действия или набора действий.

Например, для запуска вычисления криптографического хеша требуется 30 газов плюс 6 газов для хэширования каждых 256 бит данных.

Каждая операция, которая может быть выполнена транзакцией или контрактом на платформе Ethereum, требует определенного количества газа, при этом операции, требующие большего количества вычислительных ресурсов, потребляют больше газа, чем операции, требующие небольшого количества вычислительных ресурсов.

Газ обеспечивает оплату соответствующей комиссии за транзакции, переданные в сеть.

Этим мы гарантируем, что сеть не увязнет в работе, выполняя много вычислительной работы, которая никому не нужна.

Это другая стратегия оплаты, по сравнению с оплатой за транзакцию в Bitcoin, которая основана только на размере транзакции в килобайтах.

Так как Ethereum позволяет выполнять произвольно сложный компьютерный код, короткая длина кода может привести к большому количеству вычислительной работы.

Поэтому важно измерять эту работу, а не просто определять оплату в зависимости от размера транзакции или контракта.

Хотя газ – это единица измерения, нет никакого токена для газа.

То есть вы не можете владеть 1000 газами.

Вместо этого газ существует только внутри виртуальной машины Ethereum, как расчет того, сколько работы выполняется.

Когда дело доходит до фактической оплаты газа, комиссия за транзакцию взимается как определенное количество эфира – токена сети Ethereum.

Этим токеном майнеры вознаграждаются за создание блоков.

Сначала это может показаться странным.

Почему работа не измеряется сразу в эфире?

Ответ заключается в том, что эфир, как и биткойны, имеет рыночную цену, которая может быстро измениться.

Поэтому полезно разделить цену вычислительной работы от цены токена или эфира, так что стоимость работы не должна меняться каждый раз, когда движется рынок.

Операция имеет стоимость газа, но сам газ также имеет стоимость, измеряемую в эфире.

Для перевода токенов с одного кошелька на другой требуется 21000 газа.

Для создания смарт-контракта может потребоваться разное количество газа.

Для выполнения смарт-контракта также может потребоваться разное количество газа.

Выполнение вычислительных действий в виртуальной машине Эфириума стоит очень дорого.

Поэтому смарт-контракты Эфириума больше подходят для решения простых задач, таких, как реализация простой бизнес-логики или проверки цифровой подписи и других криптографических объектов, чем для реализации более сложных сценариев, как вычислительных, так и хранения данных, которые могут послужить источником высокой нагрузки на сеть.

И комиссионные платежи помогают предотвратить чрезмерную нагрузку на сеть.

Если бы в сети не было комиссионных платежей, злоумышленник легко мог бы нарушить работу сети, без каких-либо последствий, инициировав посредством транзакции выполнение бесконечного цикла вычислительных действий.

Таким образом, комиссии защищают сеть от преднамеренных атак.

Эфириум представляет собой машину состояний, функционирующую посредством транзакций.

Разные счета иницируют переход Эфириума из одного глобального состояния в другое.

В самом базовом смысле, транзакция является частью команды с криптографической подписью, которая генерируется счётом владельца, сериализуется и затем передаётся в блокчейн.

И есть два типа транзакций: сообщения и транзакции создания контрактов.

Можно сказать, что транзакции являются своего рода мостами между внешним миром и внутренним состоянием Эфириума.

При этом смарт контракты могут взаимодействовать друг с другом.

Контракты, существующие в глобальной области действия состояния Эфириума, могут взаимодействовать с контрактами внутри этой же области действия.

Они делают это посредством «сообщений» или «внутренних транзакций» в адрес других контрактов.

Можно сказать, что сообщения или внутренние транзакции схожи с обычными транзакциями, но отличаются тем, что они НЕ генерируются счетами владельцев.

Их генерируют сами контракты.

Это виртуальные объекты, которые, в отличие от транзакций, никогда не сериализуются и существуют только в среде выполнения Эфириума.

Когда один контракт отправляет внутреннюю транзакцию на адрес счёта другого контракта, выполняется соответствующий код, прописанный в контракте-получателе.

При этом лимит газа, устанавливаемый счётом владельца, должен быть достаточным для выполнения транзакции, включая любые подзадачи – как, например, сообщения между счётами контрактов.

Если в цепочке транзакций и сообщений при выполнении отдельного сообщения был исчерпан лимит газа, то передача этого и всех следующих за ним сообщений, связанных с этой транзакцией, будет отменена.

Таким образом, газ – это единица, используемая для обозначения размера комиссии за определённое вычислительное действие.

Цена газа представляет собой то количество эфиров, которое вы готовы потратить на каждую единицу газа.

Лимит газа <b>50,000</b>	×	Цена газа <b>20 gwei</b>	=	Максимальная комиссия за транзакцию <b>0.001 Ether</b>
-----------------------------	---	-----------------------------	---	---

Она измеряется в «Gwei».

«Wei» – это наименьшая единица эфира, 1 эфир =  $10^{18}$  Wei.

Один Gwei равен 1 000 000 000 Wei.

Для каждой транзакции отправитель устанавливает лимит газа и цену газа.

Произведение цены газа и лимита газа даёт максимальное количество Wei, которое отправитель готов заплатить за выполнение транзакции.

Предположим, что отправитель устанавливает лимит газа 50 000, а цену газа 20 Gwei.

Это означает, что отправитель готов потратить на выполнение этой транзакции не более чем  $50\,000 \times 20\text{ Gwei} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\text{ Wei} = 0,001$  эфира.

Таким образом, лимит газа представляет собой максимальное количество газа, которое готов оплатить отправитель.

При этом, на счету отправителя должно находиться достаточное количество эфиров для оплаты максимального количества газа.

После выполнения транзакции эквивалент любого количества неиспользованного газа возвращается на счёт отправителя в эфирах, будучи обменным по первоначальной ставке.

Если отправитель не предоставляет необходимого для выполнения транзакции количества газа, и оно исчерпывается в процессе её выполнения, то такая транзакция признаётся недействительной.

В этом случае выполнение транзакции прерывается, любые произведённые ею изменения в состоянии сети отменяются и Эфириум возвращается в состояние, в котором он находился перед началом транзакции – как если бы её вовсе не было.

Так как к тому моменту, как отпущенное на транзакцию количество газа было исчерпано, машина уже затратила ресурсы на выполнение вычислений, логично, что в этом случае плата за газ отправителю транзакции не возвращается.

Все средства, уплачиваемые за газ отправителем транзакции, отправляются на адрес выгодоприобретателя, обычно это адрес майнера.

Как правило, чем выше цена газа, которую отправитель готов заплатить, тем большее вознаграждение получит майнер за выполнение транзакции, и, следовательно, тем выше вероятность того, что майнер выберет именно эту транзакцию.

Таким образом, майнеры могут выбирать, какие транзакции они хотят подтвердить либо проигнорировать.

Для того чтобы помочь отправителю понять, какую стоимость газа ему следует установить, у майнеров есть возможность сообщить публично о минимальной цене газа, при которой они будут выполнять транзакции.

Газ используется для оплаты не только вычислительных действий, но и хранения данных.

Общая плата за хранение пропорциональна наименьшему использованному объёму, кратному 32 байтам числу.

В комиссии за хранение данных есть свои нюансы.

Например, так как увеличение размера хранилища увеличивает размер базы данных состояний для всех узлов, то для пользователей сети предусмотрен стимул к сокращению количества хранимых данных до необходимого минимума.

Поэтому, если транзакция инициирует выполнение действия, в результате которого объём занимаемого хранилища сокращается, то комиссия за выполнение этой операции не взимается, ПЛЮС производится возврат средств за освобождённый объём.

Таким образом, есть разница между транзакцией, в которой газ закончился и транзакцией, которая не имеет достаточно высокого уровня цены за газ.

Если цена на газ, которая установлена в транзакции, слишком низкая, никто даже не потрудится выполнить транзакцию.

Она просто не будет включена в блокчейн майнерами.

Но если предоставлена приемлемая цена на газ, а затем транзакция приводит к такой вычислительной работе, что лимит газа будет исчерпан, то этот газ считается «потраченным», и он не вернется обратно.

Майнер просто прекратит обработку транзакции, вернет любые сделанные изменения, но все равно включит ее в блок-цепочку в качестве «неудачной транзакции», удержав за нее плату.

Предоставление слишком большой цены за газ также отличается от предоставления слишком большого количества газа.

Если вы установили очень высокую цену на газ, вы в конечном итоге заплатите много эфира всего за несколько операций точно так же, как установление сверхвысокой комиссии за транзакцию в биткойне.

Однако, если вы указали нормальную цену на газ, и просто подключили больше газа, чем нужно, избыточная сумма будет вам возвращена.

Шахтеры взимают плату только за ту работу, которую они на самом деле делают.

Эфириум построен таким образом, что интервал между блоками в нём значительно меньше (~15 секунд), чем в других блокчейнах и, например, в Биткойне (~10 минут).

Это позволяет ускорить процесс обработки транзакций.



Однако один из недостатков короткого интервала между блоками заключается в том, что майнеры находят больше конкурирующих блоков.

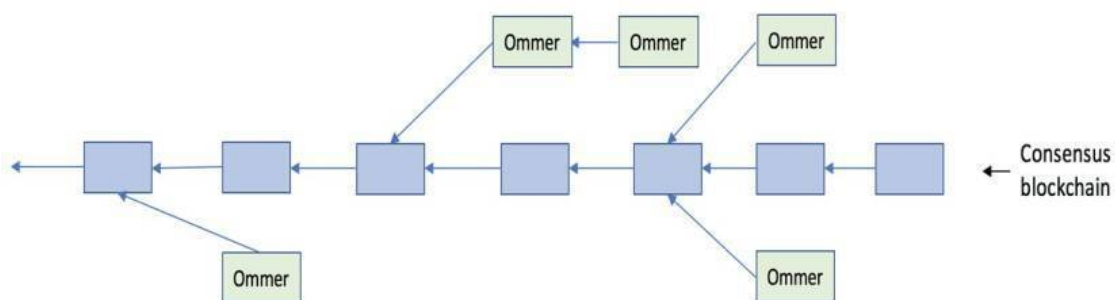
Эти конкурирующие блоки называют ещё потерянными, то есть намайненными блоками, но не включёнными в основную цепочку.

Оммеры, блоки, чей родительский блок тождественен родительскому блоку текущего блока, нужны для того, чтобы майнеры могли получить вознаграждение за включение в блокчейн таких потерянных блоков.

Оммеры, включаемые майнерами в блокчейн, должны быть «действительными», то есть быть сформированными не более чем в шестом поколении от настоящего блока.

После шести дочерних блоков, ссылаться на устаревшие потерянные блоки больше нельзя (так как запись в блокчейн более старых транзакций заметно усложнит процессы сети).

За подтверждение оммеров майнеры получают меньшее вознаграждение, чем за полный блок.



Виртуальная машина Ethereum является сердцем Ethereum.

Эта виртуальная машина предназначена для запуска всеми участниками одноранговой сети.

Она может читать и записывать в блокчейн как исполняемый код, так и данные, проверять цифровые подписи и запускать код, когда виртуальная машина получит сообщение, подтвержденное цифровой подписью, и информация, хранящаяся в блокчейне, говорит, что это целесообразно.

Ethereum представляет собой одноранговую сеть, где каждый одноранговый узел хранит одну и ту же копию базы данных blockchain и запускает виртуальную машину Ethereum для поддержания и изменения ее состояния, которое хранится в блокчейне.

Теперь разберемся со всем этим поподробнее.

Блокчейн Ethereum хранит блоки, которые в свою очередь хранят транзакции и состояние.

И блокчейн Ethereum во многом похож на блокчейн биткойнов, хотя он имеет некоторые отличия.

Основное различие между Ethereum и Bitcoin в отношении архитектуры blockchain заключается в том, что, в отличие от биткойнов, блоки Ethereum содержат копию как списка транзакций, так и самого последнего состояния.

Состояние хранится в специальной структуре данных, называемой деревом Merkle.

Таким образом, блокчейн Ethereum включает в себя корень состояния (по одному на блок), который хранит корневой хэш дерева, представляющего состояние системы во время создания блока.

И эта структура данных хранит специальные объекты, называемые аккаунтами или счетами, причем каждый аккаунт имеет 20-байтовый адрес и содержит четыре поля:

Счетчик поппсе, используемый для проверки, что каждая транзакция может обрабатываться только один раз;

Текущий баланс эфира;

Код смарт-контракта аккаунта, если присутствует;

И хранилище аккаунта (пустое по умолчанию);

И данные состояния (вместе с балансами, контрактами) хранятся каждым клиентом Ethereum (или узлом Ethereum).

Есть два типа аккаунтов:

Счет внешнего владельца, который контролируется закрытым ключами и не имеет никакого кода, связанного с ним.

И счет контракта, который контролируются его кодом контракта, и имеет связанный с ним код.

Счет внешнего владельца может отправлять сообщения другим счетам внешних владельцев или другим счетам контрактов, создавая и подписывая транзакцию с использованием своего закрытого ключа.

Сообщение между двумя счетами внешних владельцев – это просто передача денег.

Но сообщение от счета внешнего владельца на счет контракта активирует код счета контракта, позволяя ему выполнять различные действия (например, передавать токены, записывать данные во внутреннее хранилище, майнить новые токены, выполнять вычисления, создавать новые контракты и т. д.).

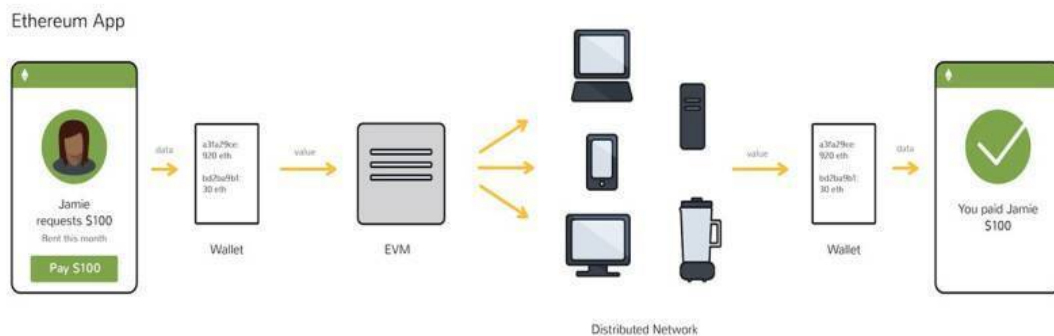
В отличие от счетов внешних владельцев, счета контрактов не могут инициировать новые транзакции самостоятельно.

Вместо этого счета контрактов могут только запускать транзакции в ответ на другие транзакции, которые они получили.

Таким образом, Ethereum имеет набор аккаунтов.

У каждого аккаунта есть владелец и баланс в эфирах.

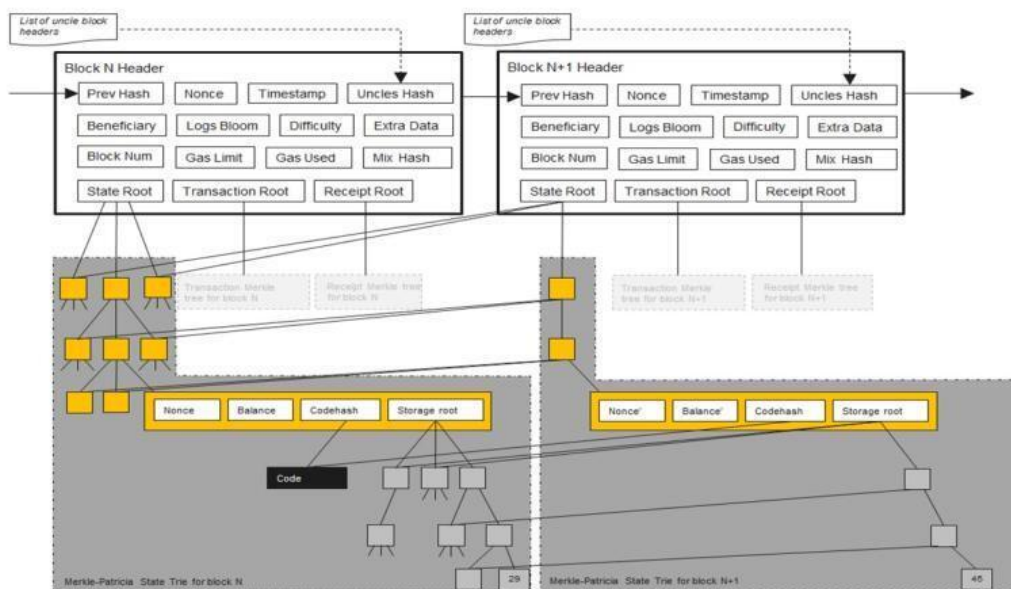
И если владелец аккаунта может доказать свою идентичность, он может перенести эфир с его аккаунта на другой. Эта операция называется транзакцией.



Виртуальная машина Ethereum представляет собой систему обработки транзакций. То есть у нас есть состояние – это совокупность всех аккаунтов и их балансов.

Далее мы применяем одну или несколько транзакций, и мы получаем новое состояние – это обновленный набор аккаунтов и их балансов.

Аккаунт выполняет некоторый код, когда он получает транзакции, с помощью смарт-контракта аккаунта.



Когда смарт-контракт создается или, когда его пробуждает транзакция, код контракта может читать и записывать данные в хранилище аккаунта.

Если ваша транзакция удаляет данные из хранилища контрактов, то есть после того, как ваша транзакция будет выполнена, общее хранилище контрактов станет меньше, вы получите премию в виде газа.

Полный узел Ethereum синхронизирует блокчейн, загружая всю цепочку, от блока генозиса до текущего блока, выполняя все транзакции, содержащиеся внутри.

Также полный узел может быть без выполнения каждой транзакции.

Но независимо от этого, любой полный узел содержит всю цепочку блоков.

Но если узлу не нужно выполнять каждую транзакцию или быстро запрашивать исторические данные, нет необходимости хранить всю цепочку блоков.

Такие узлы называются легкими узлами.

Вместо того, чтобы загружать и хранить всю цепочку и выполнять все транзакции, легкие узлы загружают только цепочку заголовков блоков.

Что дает возможность легкому узлу при необходимости выбрать заголовок и загрузить данные этого блока.

Термин «транзакция» используется в Ethereum для ссылки на подписанный пакет данных, который хранит сообщение, отправляемое из внешнего аккаунта.

Транзакции содержат информацию о получателе сообщения, подпись, идентифицирующую отправителя, количество эфира для передачи от отправителя получателю, дополнительное поле данных, значение газа для транзакции и значение цены газа.

Контракт может получить доступ к данным, содержащимся в поле данных.

Как пример использования, если контракт функционирует как служба регистрации домена, тогда данные транзакции будут содержать домен и IP-адрес для его регистрации.

Контракт будет читать эти значения из данных сообщения и соответствующим образом размещать их в хранилище.

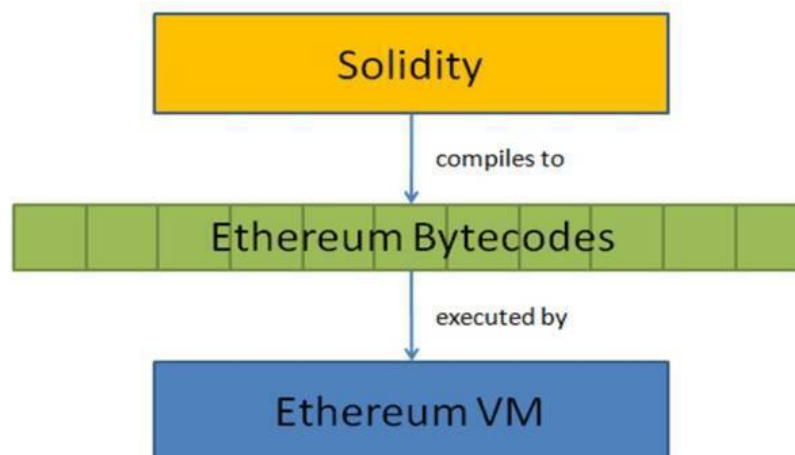
Контракты имеют возможность отправлять «сообщения» другим контрактам.

Эти сообщения – это виртуальные объекты, которые никогда не сериализуются и существуют только в среде исполнения Ethereum. Такое сообщение содержит информацию об отправителе сообщения, получателе сообщения, количество эфира для передачи вместе с сообщением, дополнительное поле данных и значение газа.

По сути, сообщение похоже на транзакцию, за исключением того, что она создается контрактом, а не внешним аккаунтом.

Как и транзакция, сообщение приводит к тому, что аккаунт получателя запускает свой код.

Таким образом, контракты могут иметь отношения с другими контрактами точно так же, как и внешние аккаунты.



Код в контрактах Ethereum пишется на низкоуровневом, основанном на стеке языке байт-кода, называемом кодом виртуальной машины Ethereum.

Код состоит из серии байтов, где каждый байт представляет операцию.

Для написания контрактов рекомендуется высокоуровневый язык Solidity, код которого затем компилируется в язык виртуальной машины Ethereum.

Виртуальная машина Ethereum при своем запуске оперирует глобальным состоянием, содержащим все аккаунты и включающим балансы и хранилища, транзакцией или сообщением, и кодом контракта.

И если транзакция добавляется в блок, выполнение кода, порожденное этой транзакцией, будет выполняться всеми узлами, теперь и в будущем, которые загружают и проверяют этот блок.

Поверх сети Ethereum создаются три типа приложений.

Первая категория – это финансовые приложения, предоставляющие пользователям способы заключения контрактов с использованием их денег.

Это включает в себя суб-валюты, финансовые деривативы, контракты хеджирования, сберегательные кошельки, и т. д.

Вторая категория – это полу-финансовые приложения, в которых задействованы деньги, но есть также не денежная сторона, например, оплата вычислительных задач.

Наконец, существуют такие приложения, как онлайн-голосование, которые не являются финансовыми.

Контракт сам по себе не является децентрализованным приложением.

Децентрализованное приложение состоит из комбинации контракта и графического интерфейса для использования этого контракта.

При этом интерфейс реализован как веб-страница HTML/CSS/JS со специальным Javascript API в виде библиотеки web3.js для работы с блок-цепочкой Ethereum.

Под капотом эта библиотека связывается с локальным узлом через вызовы remote procedure call RPC.

И такое приложение будет работать только в клиенте Ethereum, а не в обычном веб-браузере.

В Ethereum также есть два дополнительных протокола, реализующих поддержку однорангового обмена сообщениями и статическими файлами.

Одноранговый распределенный протокол для обмена сообщениями получил название whisper.

Он предоставляет пользователям возможности для личного защищенного общения с поддержкой отправки сообщений одному или нескольким адресатам и рассылке широковещательных сообщений.

Одноранговый протокол для обмена статическими файлами получил название swarm.

Whisper – это одноранговый протокол для конфиденциального обмена сообщениями с коротким сроком жизни.

Заголовок сообщений (тема) в Whisper хэшируется, а сами сообщения могут быть зашифрованы с помощью ключей в целях защиты данных.

Swarm представляет собой мотивированный файлообмен.

Файлы делятся на части, хранящиеся на узлах сети.

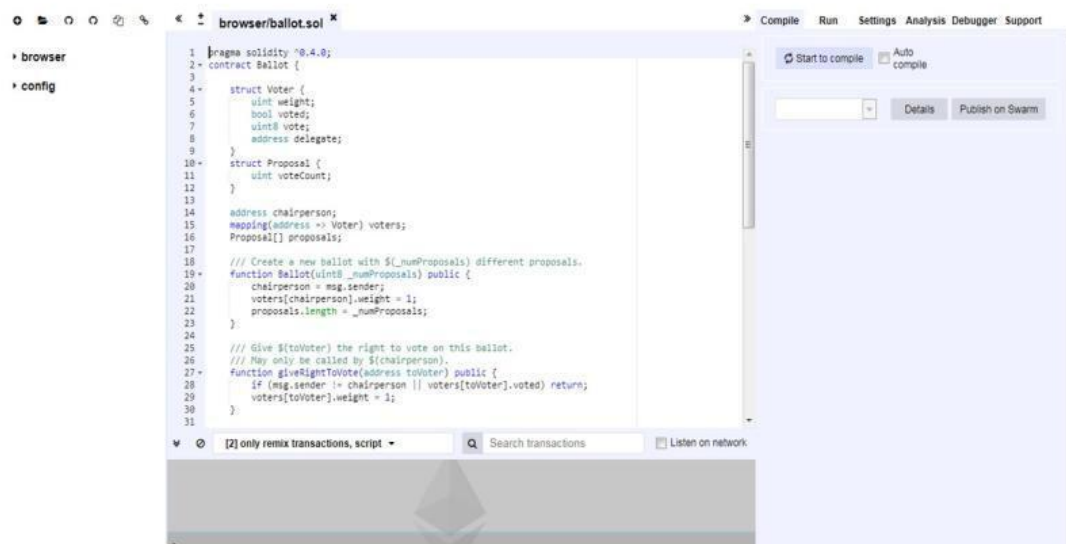
Для ведения учета отправленных и полученных частей файлов узлы используют специальный учетный протокол, а сама деятельность узлов оплачивается микроплатежами – мера, призванная поощрить кооперацию между ними.

## Solidity Remix

Solidity – это высокоуровневый язык для виртуальной машины Ethereum с синтаксисом, похожим на JavaScript.

Программы на языке Solidity транслируются в байткод виртуальной машины Ethereum.

<http://remix.ethereum.org/>



Для разработки смарт контрактов и изучения языка Solidity рекомендуется использовать среду разработки Remix.

Remix – это среда IDE для языка программирования Solidity, которая имеет встроенный отладчик и среду тестирования.

Среда Ремикс позволяет разрабатывать смарт-контракты с помощью редактора Solidity, отлаживать выполнение смарт-контракта, обеспечивает доступ к состоянию и свойствам уже развернутого смарт-контракта, отлаживать уже совершенную транзакцию, анализировать код Solidity, чтобы уменьшить ошибки кодирования и обеспечить соблюдение лучших практик.

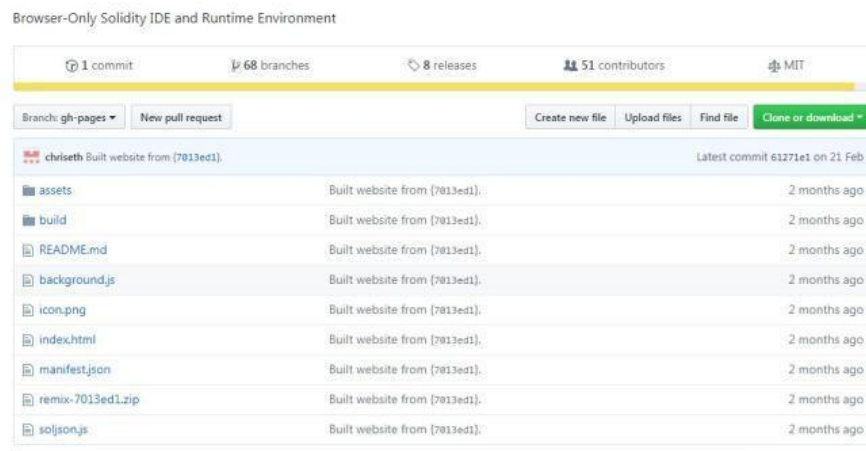
Вместе с Mist или любым инструментом, который использует библиотеку web3, Remix можно использовать для тестирования и отладки децентрализованного приложения.

Доступна онлайн версия среды Remix.

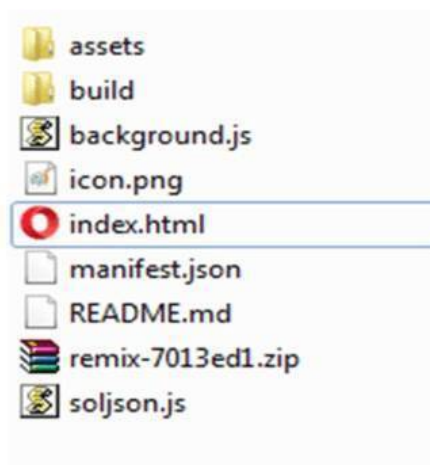
Также можно установить локальную версию среды Remix.

Преимущество запуска локальной версии среды Remix заключается в том, что вы можете связаться с клиентом узла Ethereum, запущенным на вашей локальной машине через API-интерфейс Ethereum JSON-RPC, и локально выполнить смарт контракты.

<https://github.com/ethereum/remix-ide/tree/gh-pages>



Для установки локальной версии среды Remix можно открыть ветку github gh-pages и скачать архив.



Затем распаковать его и открыть страницу index.html.



```
npm install remix-ide -g  
  
remix-ide  
  
http://localhost:8080
```

Также можно установить Remix как npm модуль.

После установки Remix запускается командой `remix-ide` и открывается в браузере по адресу `localhost`.



При такой установке также устанавливается модуль `Remidx` – модуль npm, который предоставляет веб-приложению Ремикса доступ к папке на локальном компьютере.

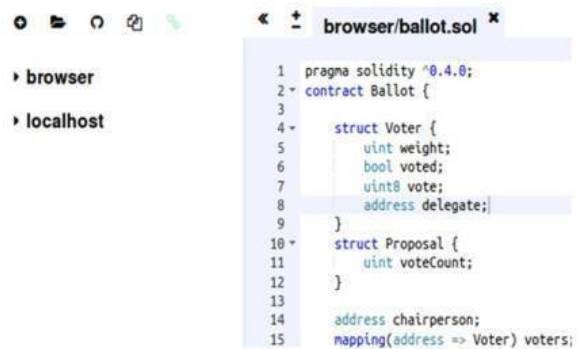
По умолчанию это папка `user`.

Из Remix IDE вам необходимо активировать это соединение с локальным компьютером. Для этого нажмите на значок подключения к локальному хосту.

В результате общая папка будет доступна в проводнике файлов среды Remix.

```
npm install -g remixd
```

```
remixd -s ~/remix
```



При запуске среды Remix из архива с помощью страницы `index.html`, доступа к папке локального компьютера не будет.

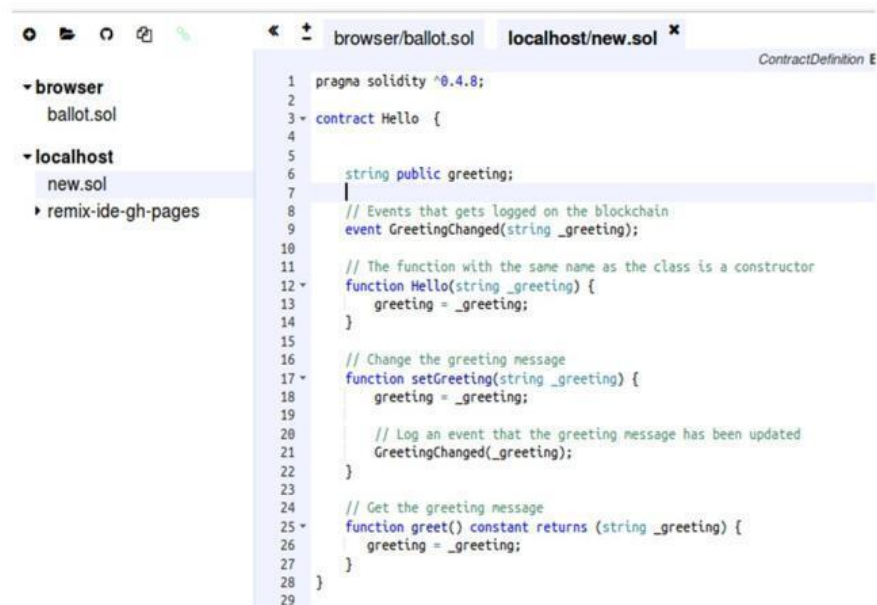
Для доступа нужно установить модуль `Remixd` глобально.

А затем запустить `Remixd` и расшарить какую-нибудь папку.

После этого можно перезапустить `Remix` и нажать кнопку соединения.

В результате общая папка будет доступна в проводнике файлов среды `Remix`.

## Remix File Explorer



В проводнике файлов по умолчанию отображаются все файлы, хранящиеся в вашем браузере.

Вы можете увидеть их в папке браузера.

Вы всегда можете переименовать, удалить или добавить новые файлы в проводник файлов.

Обратите внимание, что очистка хранилища браузера удалит все файлы, которые вы написали.

Чтобы этого избежать, нужно использовать Remidx, который позволяет хранить и синхронизировать файлы в браузере с папкой локального компьютера.

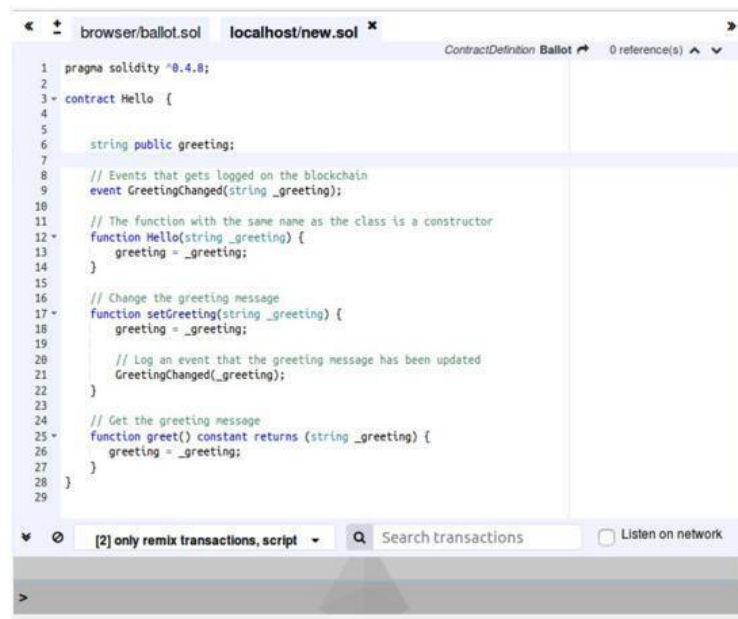
При этом все изменения, сделанные в редакторе Remix будут автоматически сохраняться в файле папки локального компьютера.

Помимо соединения с локальным компьютером, кнопки сверху проводника файлов позволяют создать новый файл в хранилище браузера, импортировать локальный файл в хранилище браузера, скопировать файл из хранилища браузера в другой экземпляр Remix.

Также можно опубликовать файл из хранилища браузера в анонимный публичный gist.

Gist – это сервис Github, который позволяет обмениваться отдельными файлами, частями файлов и полными приложениями с другими людьми.

## Remix Solidity Editor



Редактор Remix позволяет перекомпилировать код при каждом изменении текущего файла или выборе другого файла.

Он также обеспечивает подсветку синтаксиса, сопоставляемую с ключевыми словами языка Solidity.

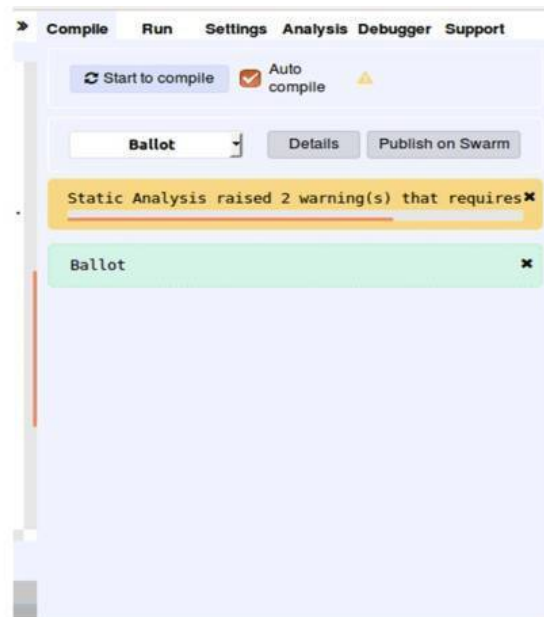
Редактор Remix отображает открытые файлы в виде вкладок, отображает предупреждения компиляции и ошибки.

Кроме того, Remix непрерывно сохраняет текущий файл (в течение 5 секунд после последних изменений).

Кнопка +/- в верхнем левом углу позволяет увеличить/уменьшить размер шрифта редактора.

Внизу редактора расположен терминал, который отображает журнал при отладке контракта.

## Remix Compile



Remix запускает компиляцию каждый раз при изменении текущего файла или выборе другого файла.

Если в контракте много зависимостей и требуется много времени для компиляции, можно отключить автокомпиляцию.

После каждой компиляции обновляется список со всеми скомпилированными контрактами.

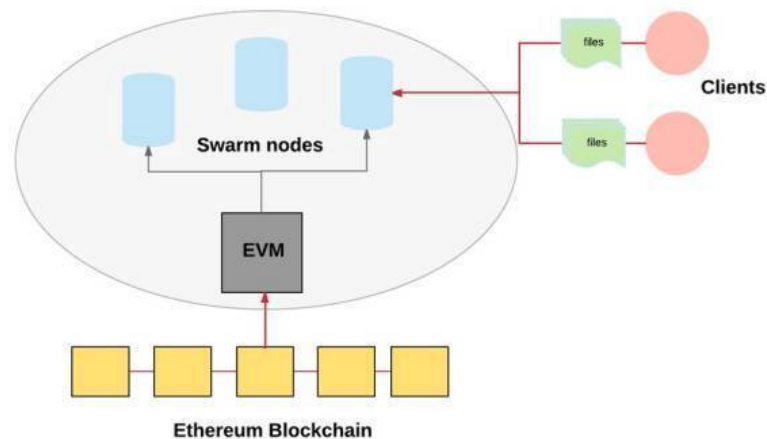
В диалоговом окне Details отображается подробная информация о текущем выбранном контракте.

Ниже отображаются ошибки компиляции и предупреждения.

Здесь вы также можете опубликовать свой контракт на Swarm.

## Remix Swarm

Swarm – это распределенная платформа хранения и служба распространения контента. Хранение данных большого объема в самом блокчейне может стоить немалых денег. Эта проблема решается с помощью децентрализованного хранилища Ethereum Swarm.



Swarm обеспечивает децентрализованное хранение данных в хранилищах узлов, владельцы которых отдают свои ресурсы в общее пользование.

Для работы децентрализованного хранилища Swarm устанавливаются узлы сети Swarm, которая работает поверх сети Ethereum.

При этом владельцы таких узлов получают вознаграждение за предоставление ресурсов, и стоимость размещения данных ниже, чем в традиционных облачных хранилищах.



Если вернуться к среде Remix, то при нажатии кнопки Publish on Swarm, в хранилище браузера будет создано хранилище Swarm, в которое сохранится файл.

При этом опубликованные данные будут содержать исходный код abi и solidity.



Application Binary Interface (ABI) – это механизм кодирования/декодирования данных в и из машинного кода виртуальной машины.

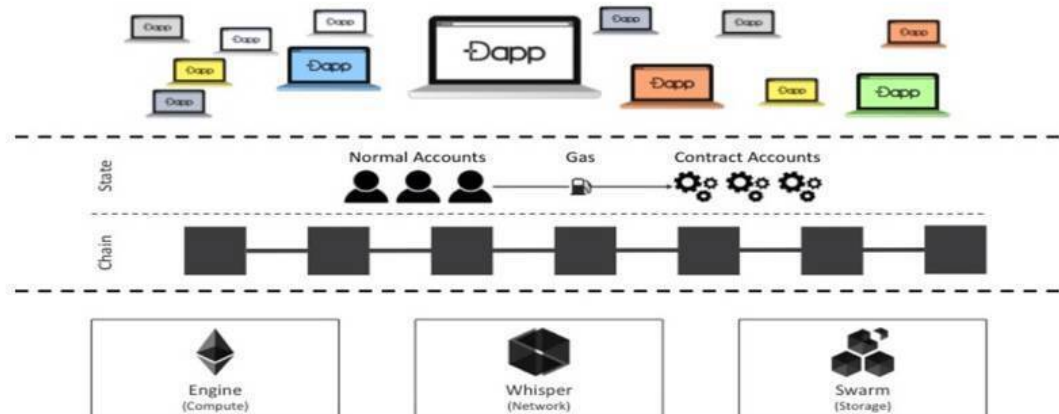
Исходный код ABI – это определение интерфейса контракта для доступа к бинарным данным контракта в блокчейне через интерфейс ABI.

Application Binary Interface (ABI) представляет собой схему кодирования данных, используемую в Ethereum для работы со смарт-контрактами.

Для реальной публикации файла в сеть Swarm требуется установка узла Swarm.

Кнопку Publish on Swarm среды Remix можно использовать для автоматической проверки исходного кода смарт-контракта или для извлечения определения интерфейса ABI.

При реальной публикации файла в сеть Swarm с помощью установленного узла Swarm, доступ к опубликованному файлу можно получить через свой локальный работающий узел Swarm по адресу `http://localhost:8500/` и дальше URL адрес файла.



`http://localhost:8500/bzz:/HASH`

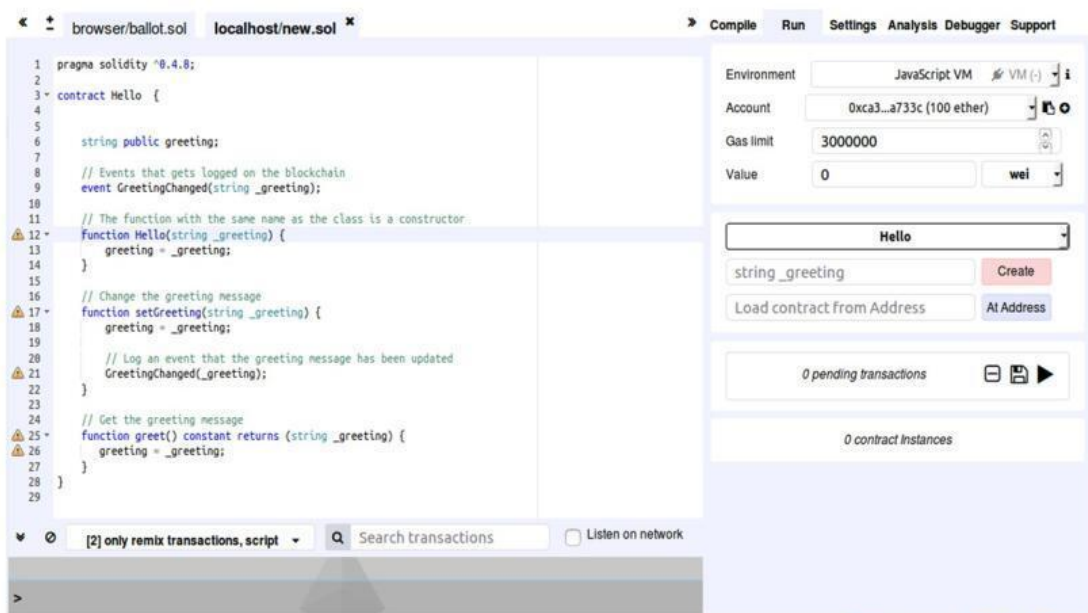
URL адрес файла представляет собой имя протокола `bzz` и дальше хэш файла. Таким образом, Swarm определяет протокол `bzz`, который работает поверх сети `ethereum`. И сеть Swarm представляет собой набор узлов в сети `Ethereum`, каждый из которых запускает протокол `bzz`.

<https://swarm-guide.readthedocs.io/en/latest/installation.html>

Установку узла Swarm и его использование можно посмотреть в документации.



## Remix Run



Вкладка Run среды Remix позволяет отправлять транзакции в текущую среду выполнения.

Здесь есть настройки, которые позволяют напрямую влиять на выполнение транзакции. В списке можно выбрать среду выполнения.

Это JavaScript VM, где все транзакции будут выполняться в блокчейне браузера.

Это означает, что ничего не будет сохранено, и перезагрузка страницы браузера перезапустит новую цепочку с нуля, старая не будет сохранена.

Среда выполнения Injected Provider. Remix будет подключаться к инструменту со встроенным web3. Mist и Metamask являются примерами поставщиков, которые интегрированы с web3.

Среда выполнения Web3 Provider. В этом случае Remix будет подключаться к удаленному узлу.

И вам нужно будет указать URL-адрес выбранному поставщику, такому как geth, parity или любому другому клиенту Ethereum.

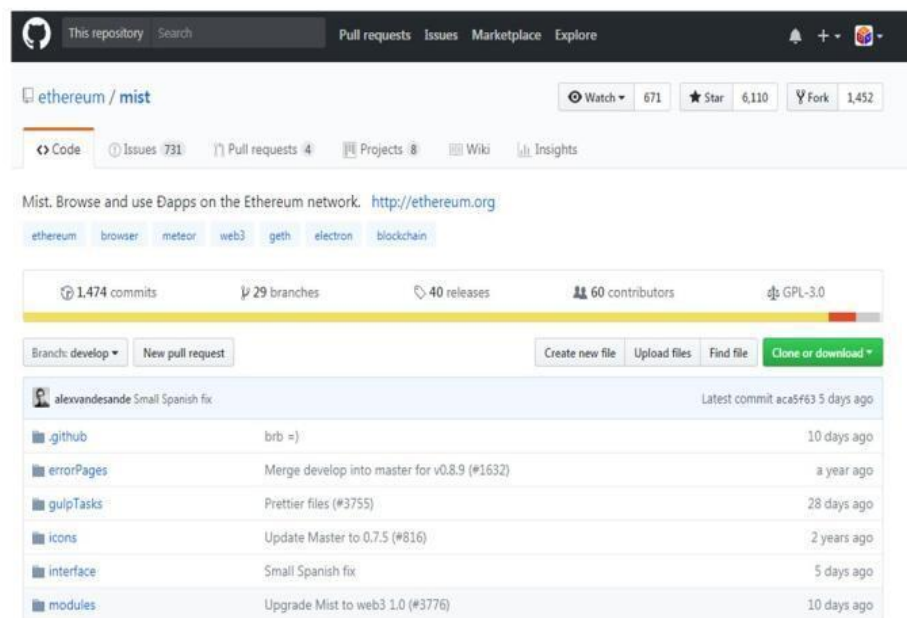
Что такое Web3?



Web3 – это официальная Javascript библиотека Ethereum, которая позволяет работать с Ethereum из кода пользовательского приложения.

web3.js – это библиотека, которая позволяет взаимодействовать с локальным или удаленным узлом ethereum, используя соединение HTTP или IPC.

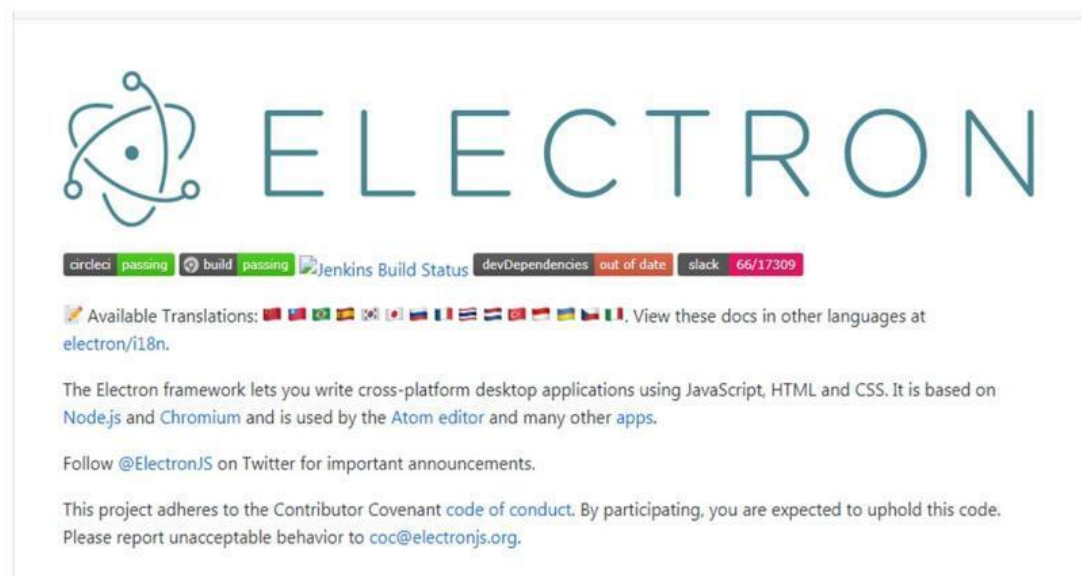
Если же говорить о концепции, то в отличие от Web 2, который обеспечивает интерактивное взаимодействие между веб-пользователями и сайтами, Web 3 обеспечивает работу динамических приложений.



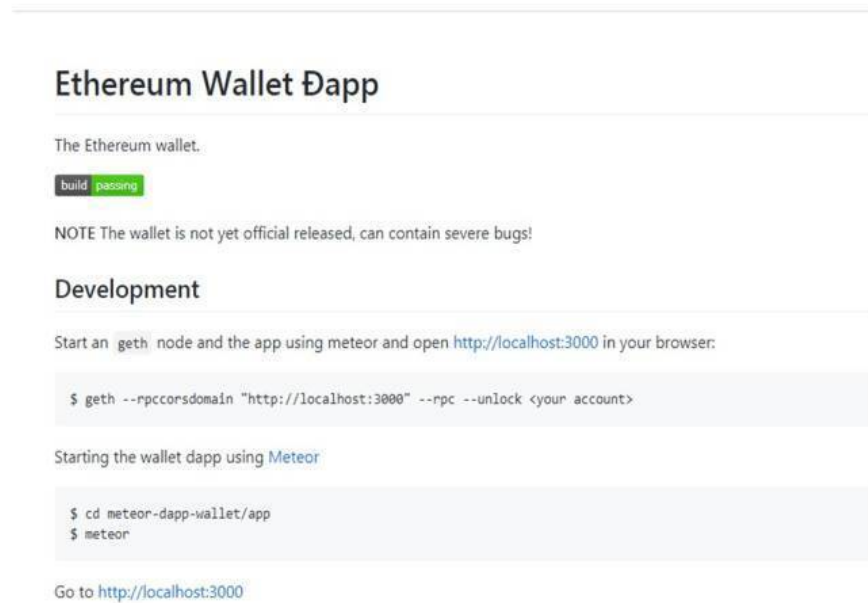
Mist – это настольное гибридное приложение с веб-интерфейсом, созданное на основе фреймворков Meteor и Electron и которое работает оно на основе Ethereum клиента Geth.



Meteor – это платформа JavaScript для разработки одностраничных веб-приложений и мобильных приложений.



Electron – это фреймворк, который позволяет писать кросс-платформенные настольные приложения с использованием JavaScript, HTML и CSS.



The screenshot shows the README for the 'Ethereum Wallet Dapp'. It includes a title 'Ethereum Wallet Dapp', a description 'The Ethereum wallet.', a 'build' button with a 'passing' status, a note about the wallet not being official, a 'Development' section with instructions to start a 'geth' node and use 'meteor' to run the app, and terminal commands for both 'geth' and 'meteor'. It also provides a link to 'http://localhost:3000'.

## Ethereum Wallet Dapp

The Ethereum wallet.

`build` passing

NOTE The wallet is not yet official released, can contain severe bugs!

### Development

Start an `geth` node and the app using `meteor` and open <http://localhost:3000> in your browser:

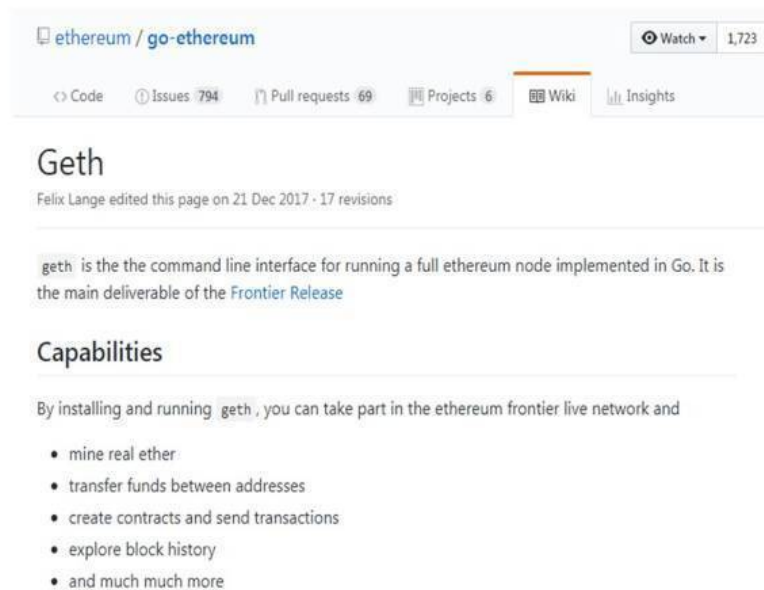
```
$ geth --rpcorsdomain "http://localhost:3000" --rpc --unlock <your account>
```

Starting the wallet dapp using `Meteor`

```
$ cd meteor-dapp-wallet/app
$ meteor
```

Go to <http://localhost:3000>

Кошелек Ethereum Wallet – это реализация кошелька Mist, которая может получить доступ только к одному децентрализованному приложению – кошельку Ethereum.



The screenshot shows the README for 'Geth' on the Ethereum website. It includes a header with 'ethereum / go-ethereum', a 'Watch' button with '1,723' followers, and navigation links for 'Code', 'Issues', 'Pull requests', 'Projects', 'Wiki', and 'Insights'. The main title is 'Geth', followed by a note that 'Felix Lange edited this page on 21 Dec 2017 · 17 revisions'. The text describes 'geth' as the command line interface for running a full Ethereum node. A 'Capabilities' section lists various functions like mining, transferring funds, and exploring block history.

## ethereum / go-ethereum

[Watch](#) 1,723

[Code](#) [Issues](#) 794 [Pull requests](#) 69 [Projects](#) 6 [Wiki](#) [Insights](#)

## Geth

Felix Lange edited this page on 21 Dec 2017 · 17 revisions

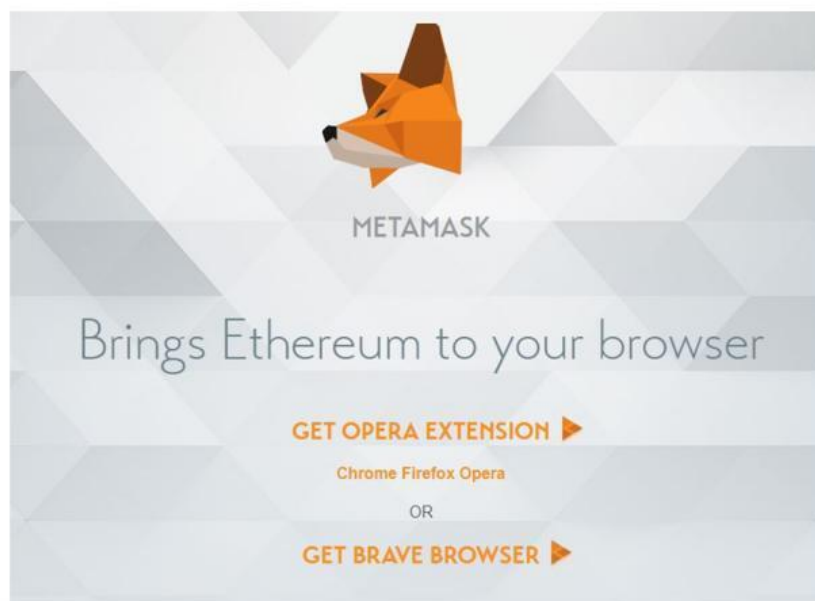
`geth` is the the command line interface for running a full ethereum node implemented in Go. It is the main deliverable of the [Frontier Release](#)

### Capabilities

By installing and running `geth`, you can take part in the ethereum frontier live network and

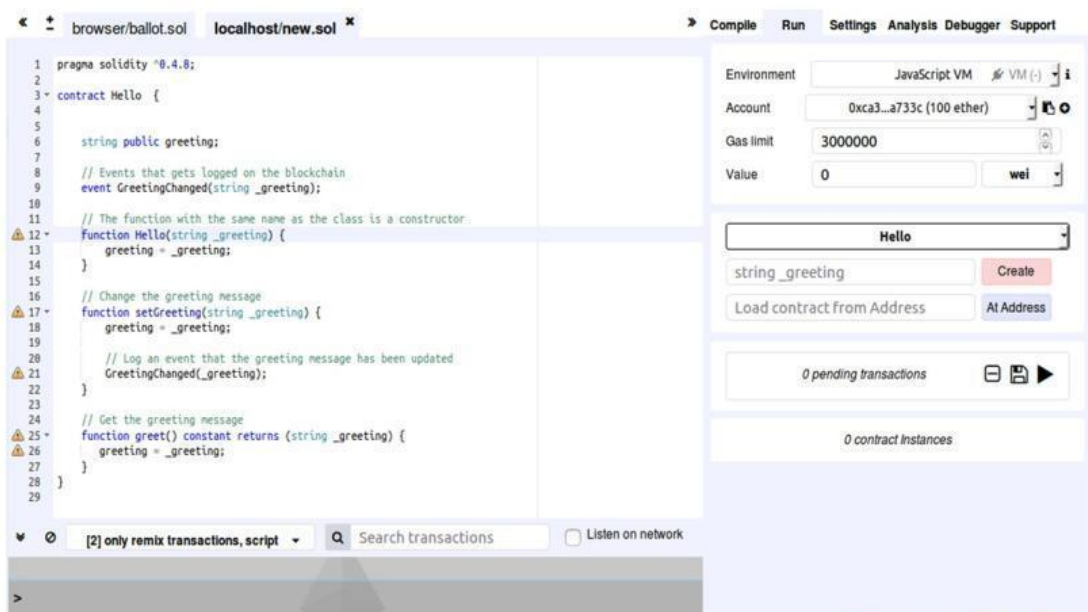
- mine real ether
- transfer funds between addresses
- create contracts and send transactions
- explore block history
- and much much more

Geth – это интерфейс командной строки для запуска полного Ethereum узла, реализованного на языке программирования Go.



MetaMask – это мост, который обеспечивает доступ к распределенной сети в браузере. MetaMask позволяет запускать децентрализованные приложения Ethereum прямо в браузере без запуска полного узла Ethereum.

Фактически, это легкий кошелек, который находится в браузере.



Теперь, когда мы разобрались с определениями и инструментами, вернемся к среде Remix.

Во вкладке Run, мы видим список Account со списком счетов, связанных с текущей средой выполнения.

Поле Gas Limit определяет максимальный объем газа, который может быть установлен для всех транзакций, созданных в Remix.

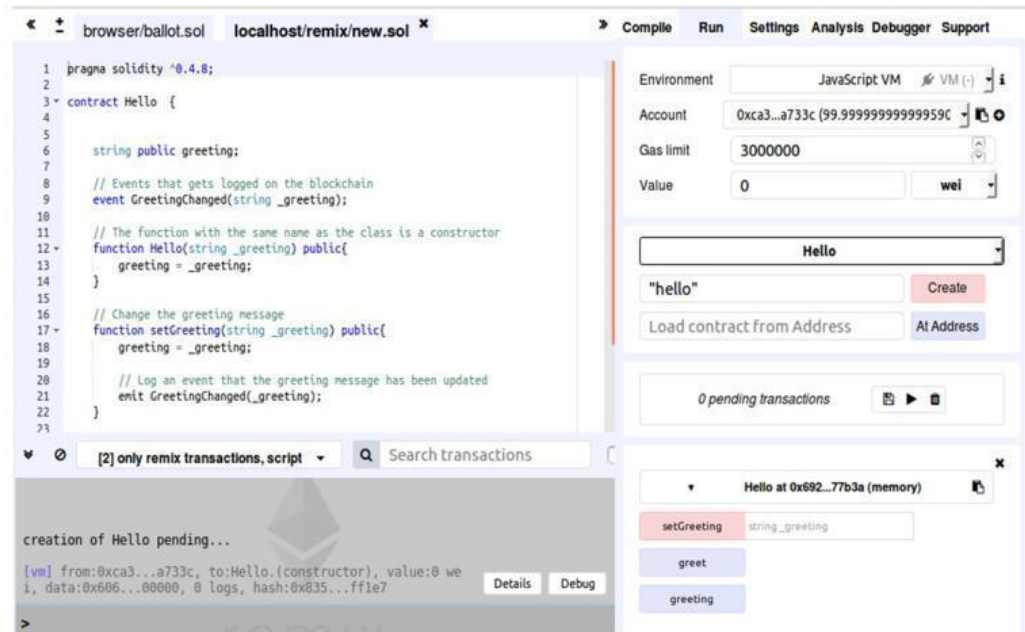
Поле Value определяет сумму денег для следующей транзакции (это значение всегда сбрасывается до 0 после каждого выполнения транзакции).

В поле Address можно указать адрес уже развернутого контракта.

Кнопка Create отправляет транзакцию, которая развертывает выбранный контракт.

Когда транзакция будет обработана майнингом, будет добавлен созданный экземпляр контракта (это может занять несколько секунд).

Если у конструктора контракта есть параметры, их нужно указать в поле кнопки Create.

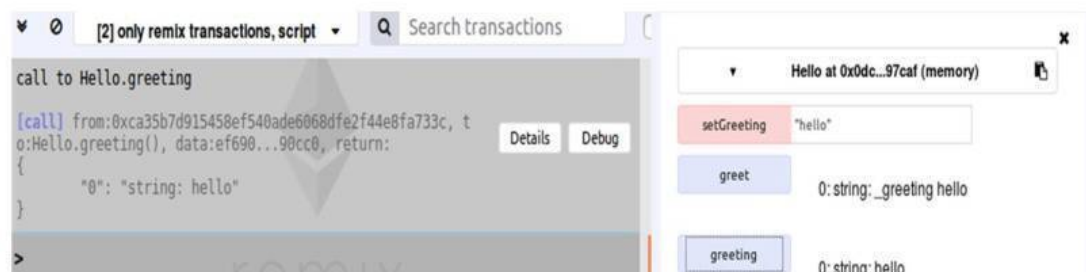


После нажатия кнопки Create проверка транзакции занимает несколько секунд.

В течение этого времени графический интерфейс отображает транзакцию как pending или ожидающую.

Когда транзакция обрабатывается майнингом, количество ожидающих транзакций обновляется, и транзакция добавляется в журнал терминала.

Справа появляется экземпляр контракта для взаимодействия.





Если фон функции контракта синий, эта вызываемая функция называется `constant` или `pure` в Solidity.

Нажатие на такую функцию не создает новую транзакцию и не изменяет состояние, а обновляет возвращаемое значение.

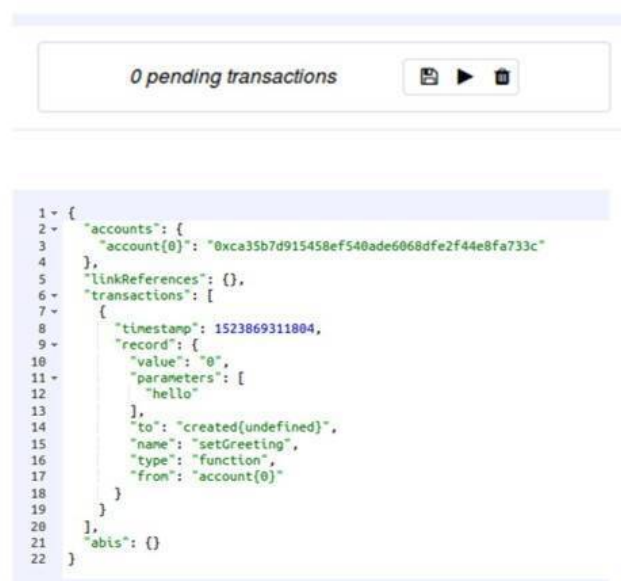
Если фон функции светло-красный, тогда нажатие на такую функцию создается новая транзакция.

Но эта транзакция не может принять какое-либо количество эфира.

И если функция имеет красный фон, вызываемая функция объявляется как подлежащая оплате или `payable` в Solidity.

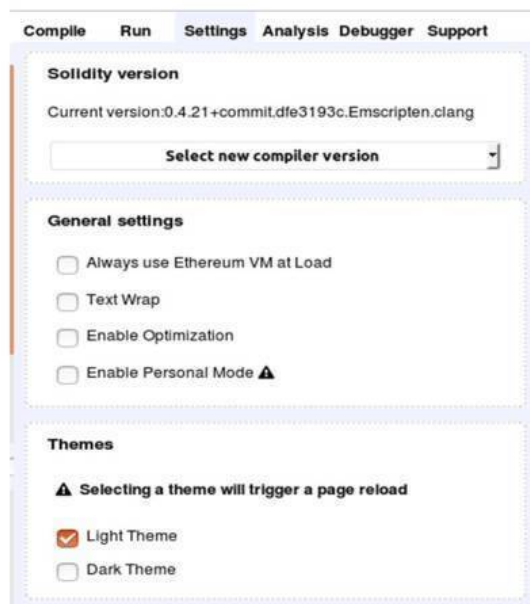
Нажатие на эту функцию создает новую транзакцию, и эта транзакция может принять эфир.

Если для функции требуются входные параметры, необходимо их указать.



Созданные транзакции можно сохранить в файле JSON и повторно запускать их позже в выбранной среде выполнения.

## Remix Settings



В этом разделе отображается текущая версия компилятора Solidity и позволяет перейти на другую версию.

Здесь также есть настройки:

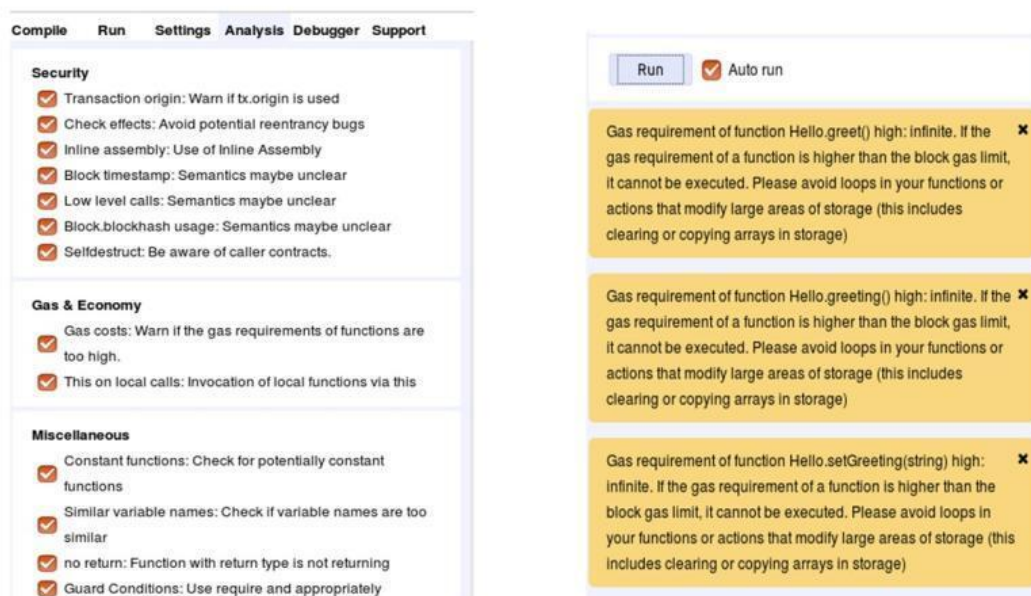
Text wrap – перенос текста в редакторе.

Enable optimization – определяет, должен ли компилятор включать оптимизацию во время компиляции. Оптимизация помогает сэкономить газ.

Оптимизацию рекомендуется включить для уже отлаженного контракта перед его развертыванием.



## Remix Analysis



В этом разделе представлена информация о последней компиляции контракта.

По умолчанию, при каждой компиляции выполняется новый анализ.

Этот анализ кода контракта может помочь избежать ошибок кода и обеспечить соблюдение лучших практик.

Тут же приводится список опций анализа.

Раздел безопасность:

Transaction origin – происхождение транзакции – предупреждает, если используется tx.origin.

tx.origin дает адрес отправителя транзакции – внешнего аккаунта. Использование tx.origin создает уязвимость безопасности.

Check effects – эффекты проверки – предупреждает о возможности атаки рекурсивного вызова контракта другим контрактом.

Inline assembly – предупреждает об использовании кода ассемблера – кода виртуальной машины внутри исходного кода Solidity.

Block timestamp – предупреждает об использовании block.timestamp. Так как майнеры могут манипулировать временной меткой блока, и поэтому ее не следует использовать для критических компонентов контракта.

Low level calls – низкоуровневые вызовы. Низкоуровневые методы не выбрасывают исключения, поэтому нужно правильно обработать возможность отказа вызова.

Использование Block.blockhash – на хэш блока также могут влиять майнеры, и поэтому его не следует использовать для критических компонентов контракта.

Раздел газ и экономика:

Gas costs – стоимость газа – предупреждает, что требования к газу слишком высоки.

This on local calls – предупреждает, что о вызове локальных функций из текущей функции.

Раздел разное:

Constant functions – константные функции – предупреждает о потенциально постоянных функциях.

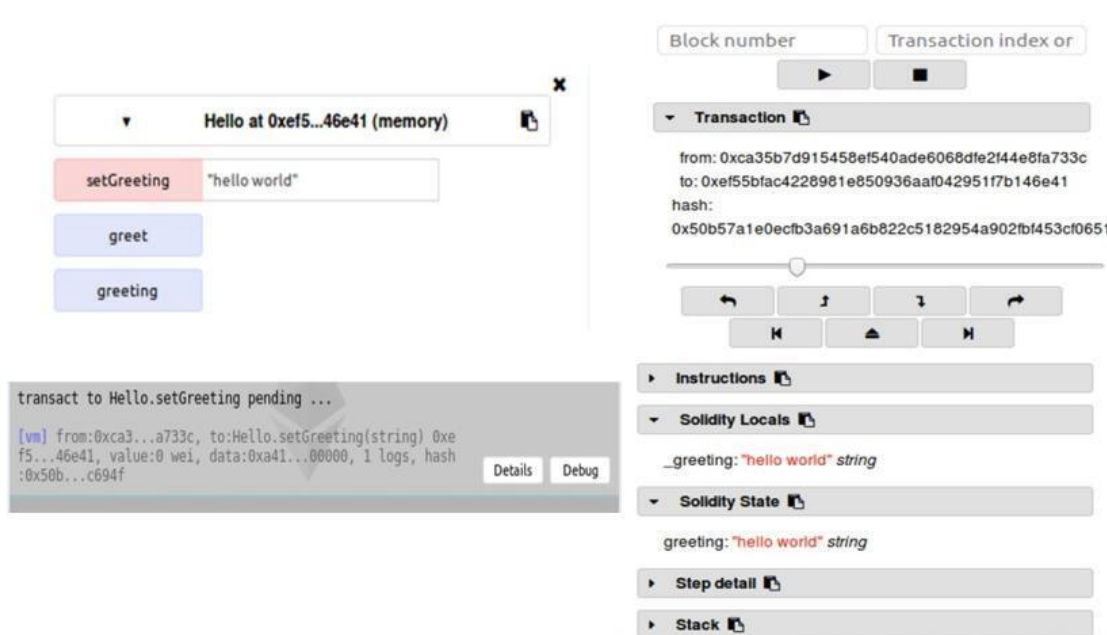
Ключевое слово «constant» означает, что функция не будет изменять состояние контракта.

Такая функция не потребляет газ, когда выполняется сама по себе в вашем узле, но она может добавить потребление газа, если она работает внутри функции, которая изменяет состояние контракта, так как такой вызов такой функции должен выполняться майнерами и включаться в блок.

Similar variable names – предупреждает о сильно похожих именах переменных.

Конкретно для данного контракта анализ предупреждает, что вызов функций может потребить много газа, так как длина строки `greeting` никак не ограничена.

## Remix Debugger



Эта вкладка позволяет отлаживать транзакцию.

После создания экземпляра контракта и транзакции во вкладке Run, нажмите кнопку Debug транзакции, и вы попадете во вкладку Debugger.

Отладчик позволяет просмотреть подробную информацию об исполнении транзакции.

Он использует редактор (левая панель) для отображения местоположения в исходном коде, где выполняется текущее исполнение транзакции.

В редакторе можно добавить точки останова выполнения транзакции при отладке с помощью нажатия на номер строки.

На панели транзакции отображается основная информация о текущей транзакции.

Ниже информации о транзакции расположена панель навигации, которая содержит ползунок и кнопки, которые можно использовать для выполнения транзакции.

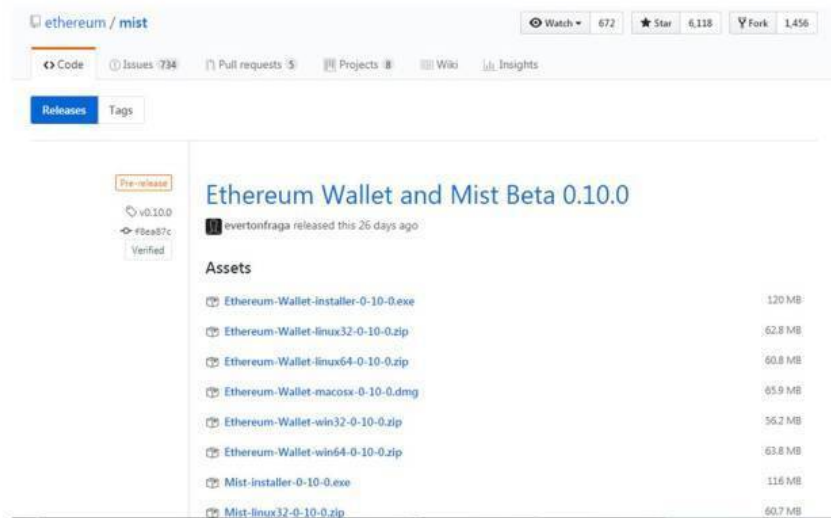
Нажимая на эти кнопки, можно выполнять транзакцию пошагово, при этом наблюдать изменение состояния и расход газа в разделах Solidity State и Step detail.

Раздел Instructions отображает байт-код текущего исполняемого контракта – с выделенным текущим шагом.

Раздел Solidity Locals отображает локальные переменные, связанные с текущим контекстом.

Раздел Solidity State отображает переменные состояния текущего исполняемого контракта.

## Отладка контракта в среде Remix – Mist – Geth



```
sudo apt-get install libgconf2-4
```

Установим клиент Mist, который является браузером Ethereum и точкой входа в децентрализованное приложение.

Скачаем и распакуем zip архив.

Установим пакет libgconf.

```
sudo apt-get install software-properties-common
```

```
sudo add-apt-repository -y ppa:ethereum/ethereum
```

```
sudo apt-get update
```

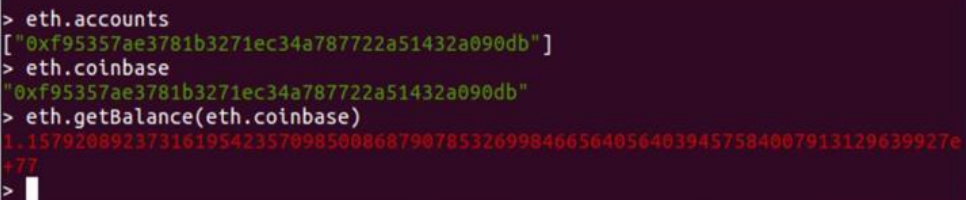
```
sudo apt-get clean
```

```
sudo apt-get install ethereum
```

Установим официального Ethereum клиента Geth.

```
geth --ipcpath ~/Ethereum/test-chain/geth.ipc --datadir ~/Ethereum/test-chain  
--dev console
```

```
eth.accounts  
eth.coinbase  
eth.getBalance(eth.coinbase)  
miner.setEtherbase(eth.accounts[0])
```



```
> eth.accounts  
["0xf95357ae3781b3271ec34a787722a51432a090db"]  
> eth.coinbase  
"0xf95357ae3781b3271ec34a787722a51432a090db"  
> eth.getBalance(eth.coinbase)  
1.15792089237316195423570985008687907853269984665640564039457584007913129639927e  
+77  
> 
```

Запустим среду.

Сначала запустим Geth.

Мы запустим тестовый узел.

Этот узел будет иметь новое пустое состояние и не будет синхронизироваться с основной или тестовой сетью Ethereum.

Здесь test-chain – это папка, в которой будут храниться ключи и данные цепочек.

ipcpath определяет конечную точку, которую используют другие приложения (например, Mist) для общения с geth.

datadir указывает каталог данных.

dev устанавливает узел в режим приватной сети.

console открывает Javascript консоль инструмента geth.

После выполнения этой команды будет создан аккаунт по умолчанию узла или первичный аккаунт или coinbase адрес, который используется для майнинга.

Командой accounts консоли geth можно посмотреть какие счета есть на узле.

Команда coinbase показывает первичный аккаунт узла.

Командой getBalance можно посмотреть баланс счета.

И командой setEtherbase можно определить в принципе любой счет как coinbase.

```
miner.start()

miner.stop()

personal.listAccounts

personal.unlockAccount(eth.coinbase, "")
```

Запустить майнинг на счете coinbase можно командой `miner.start` консоли `geth`.

А остановить майнинг, то есть запись транзакций в блокчейн, можно командой `miner.stop`.

Посмотреть счета на узле также можно командой `personal.listAccounts`.

Из команды `unlockAccount` видно, что пароль для счета coinbase пустой.

```
personal.newAccount()

eth.getBalance(eth.accounts[1])

eth.sendTransaction({from: eth.accounts[0], to: eth.accounts[1], value:
web3.toWei(100, "ether")})

eth.blockNumber

miner.start()

miner.stop()
```

Создадим новый аккаунт командой `newAccount`.

При этом мы введем пароль для счета.

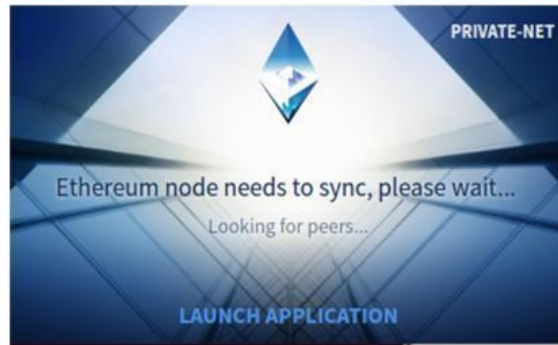
С помощью команды `getBalance` мы можем увидеть, что счет пустой.

С помощью команды `sendTransaction` перешлем деньги с одного счета на другой.

Проверить количество блоков в блокчейне можно командой `blockNumber`.

Для завершения транзакции перевода денег нужно запустить майнинг.

```
geth --datadir ~/Ethereum/test-chain --dev console  
  
cd ~/Ethereum/Mist  
  
./mist --rpc ~/Ethereum/test-chain/geth.ipc
```



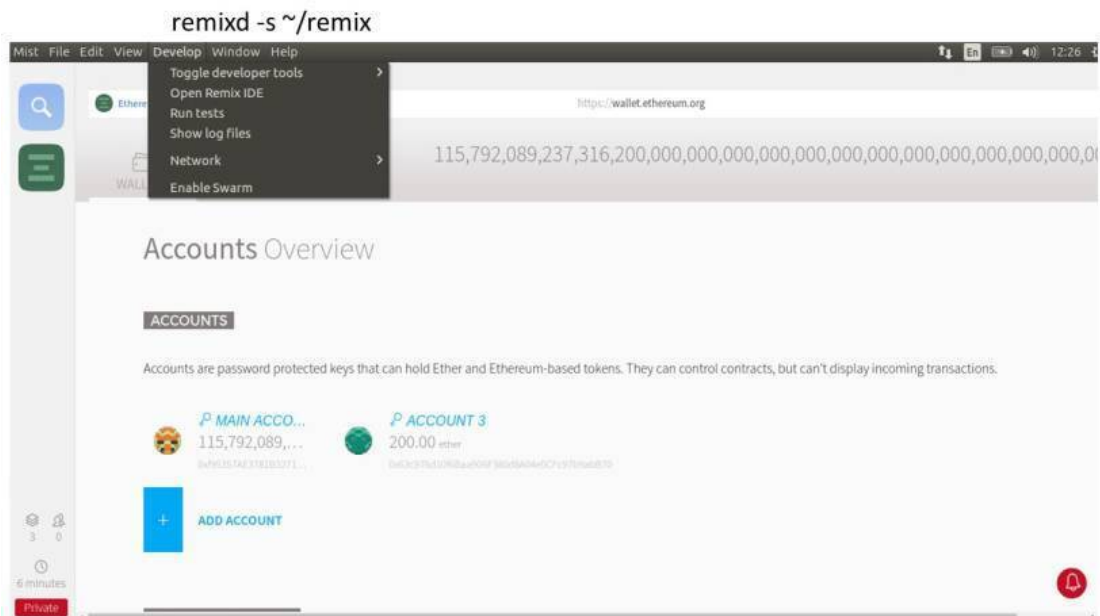
В следующий раз, мы можем запустить Geth уже без необходимости воссоздавать учетную запись.

При запущенном узле Geth, далее запустим Mist, открыв новый терминал.

Если мы запустим Mist без каких-либо аргументов, будет запущен его внутренний узел Geth.

Так как у нас есть свой собственный созданный узел, нам нужно указать путь ipс узла точки подключения.

Нажмем Launch Application приложения mist.

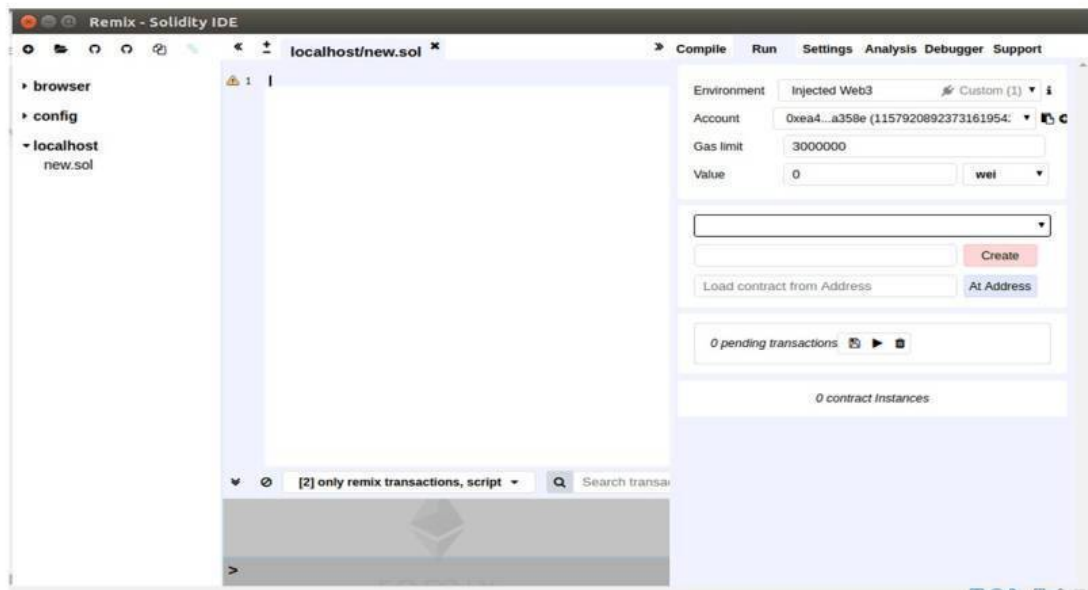


Нажав на Wallets, мы сможем отправлять транзакции и проверять остатки на счетах. Запустим среду Remix.

Для этого в меню Mist нажмем Develop / Open Remix IDE.

Среда Remix откроется в новом окне.

Не забудем при этом запустить `remixd` в отдельном терминале, чтобы получить доступ к локальному компьютеру.



Чтобы убедиться, подключен ли Remix к Mist, откроем вкладку `Run` и увидим указанную среду выполнения `Injected Web3`.

```
pragma solidity ^0.4.22;

contract Donation {
    address owner;
    event fundMoved(address_to, uint_amount);
    modifier onlyowner { if (msg.sender == owner) _; }
    address[] _giver;
    uint[] _values;

    constructor () public {
        owner = msg.sender;
    }

    function donate() payable public {
        addGiver(msg.value);
    }

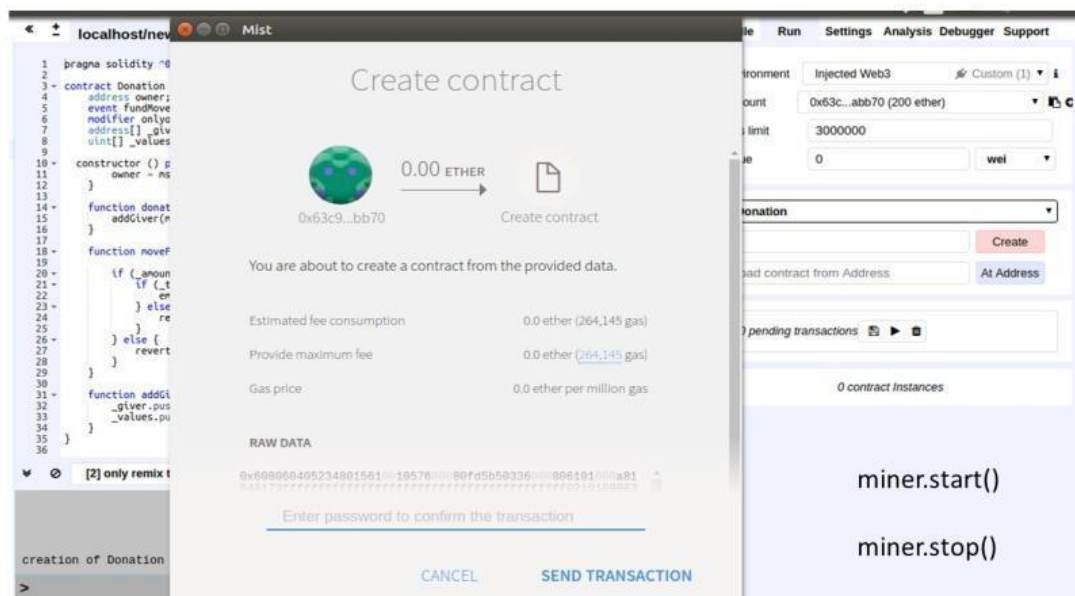
    function moveFund(address_to, uint_amount) onlyowner
    public {
        if (_amount <= address(this).balance) {
            if (_to.send(address(this).balance)) {
                emit fundMoved(_to, _amount);
            } else {
                revert();
            }
        } else {
            revert();
        }
    }

    function addGiver(uint_amount) internal {
        _giver.push(msg.sender);
        _values.push(_amount);
    }
}
```

В общей папке `remixd` локального компьютера создадим файл контракта и откроем его в среде `Remix`.

В этом контракте мы просто пересылаем деньги со счета на счет.





В поле Account вкладки Run выберем созданный счет и нажмем кнопку Create. Введем пароль и отправим транзакцию, которая разворачивает наш контракт. Транзакция будет ожидать майнинга. Чтобы ее завершить запустим майнинг.



В результате будет создан экземпляр контракта, который мы можем тестировать.

И там же будет указан адрес контракта в блокчейне, который мы можем сохранить и использовать позже.

```
npm install web3
./node_modules/web3/dist/web3.min.js
```

```
<script src="script/web3.min.js"></script>
</head>
<body>
</body>
<div>
<span id='title'>Donation Contract</span>
<br/><br/>
<a href="https://remix.readthedocs.io/en/latest/tutorial_mist.html" target="_new">Mist Tutorial Instructions</a>
<br/><br/>
<input id='contractaddress' class='inputField' placeholder='contract address'></input>
<br/>
<div>
<br/>
<input id='fromGive' class='inputField' placeholder='from' ></input>
<input placeholder='amount' id='valueGive' class='inputField'></input>
<button id='fallbackbtn' class='button' onclick='donate()'>give</button>
<br/><br/>
<input id='fromMoveFund' class='inputField' placeholder='from' ></input>
<input id='moveFundTo' class='inputField' placeholder='move to' ></input>
<input id='amountToMove' class='inputField' placeholder='amount' ></input>
<button id='movefundbtn' class='button' onclick='movefund()'>moveFund</button>
<br/><br/>
<div id='wait' ></div>
</div>
<br/><br/>
<div id='log'></div>
</div>
```

Теперь создадим внешнего клиента, который будет взаимодействовать с нашей приватной сетью.

Для этого создадим HTML страничку с кодом, использующим библиотеку web3.js.

Установим библиотеку web3.js с помощью инструмента npm.

Найти библиотеку можно в папке dist.

Укажем путь к библиотеке web3 в коде HTML.

И определим форму ввода для пользователя на веб странице.

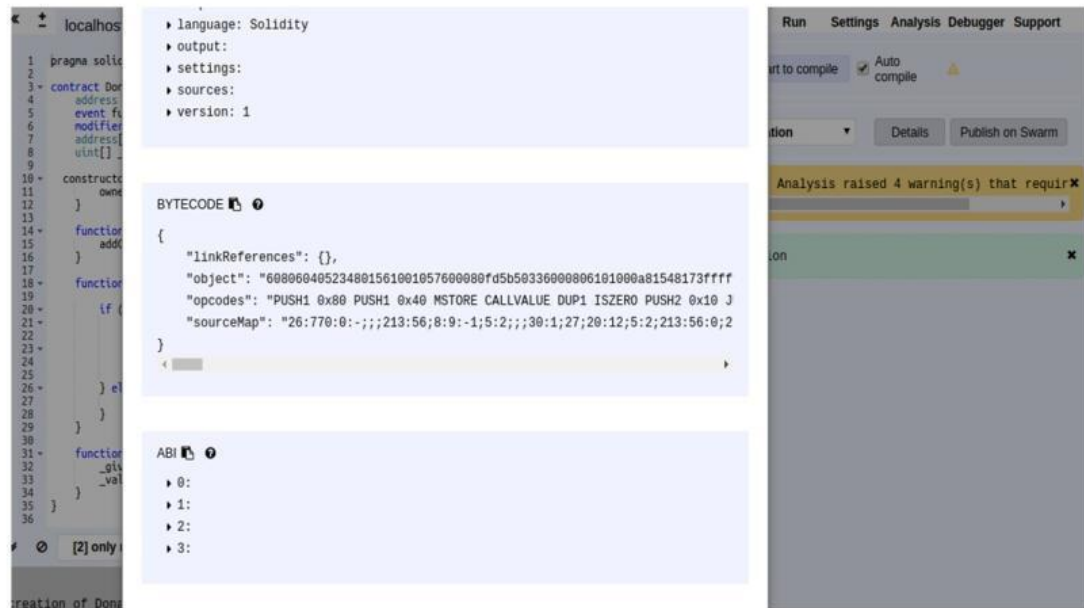
```
<script type="text/javascript">
if (typeof web3 !== 'undefined') {
  web3 = new Web3(web3.currentProvider);
} else {
  // set the provider you want from Web3.providers
  web3 = new Web3(new Web3.providers.HttpProvider("http://localhost:8545"));
}

console.log("Connected to Web3 Status: " + web3.isConnected());
if (web3.eth !== undefined) {
  console.log("Connected to Geth (Go Ethereum) HTTP-RPC server");
}

var contractspec = web3.eth.contract([
{
  "constant": false,
  "inputs": [],
  "name": "donate",
  "outputs": [],
  "payable": true,
  "stateMutability": "payable",
  "type": "function"
},
{
  "anonymous": false,
  "inputs": [
    {
      "indexed": false,
      "name": "_to",
      "type": "address"
    }
  ]
}
], {
  gas: 1000000
});
```

Далее мы подключаемся к Ethereum клиенту Geth, который слушает на RPC (Remote Procedure Call) порте 8545.

И далее мы определяем интерфейс abi контракта.



Который мы можем скопировать в среде Remix, в деталях компиляции контракта.

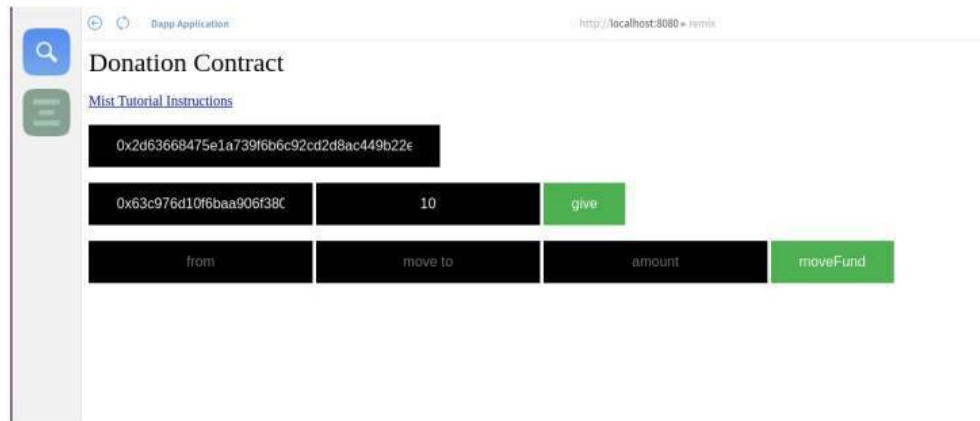
```
function donate () {
    var donation = contractspec.at(document.getElementById('contractaddress').value);
    donation.donate(
        {
            from: document.getElementById('fromGive').value,
            value: document.getElementById('valueGive').value
        }, function (error, txHash) {
            tryTillResponse(txHash, function (error, receipt) {
                alert('Completed donation. Transaction Receipt: ' + txHash);
            })
        })
}

function movefund () {
    var donation = contractspec.at(document.getElementById('contractaddress').value);
    donation.moveFund(
        document.getElementById('moveFundTo').value,
        document.getElementById('amountToMove').value,
        function (error, txHash) {
            tryTillResponse(txHash, function (error, receipt) {
                alert('Completed moving fund. Transaction Receipt: ' + txHash);
            })
        })
}
};
```

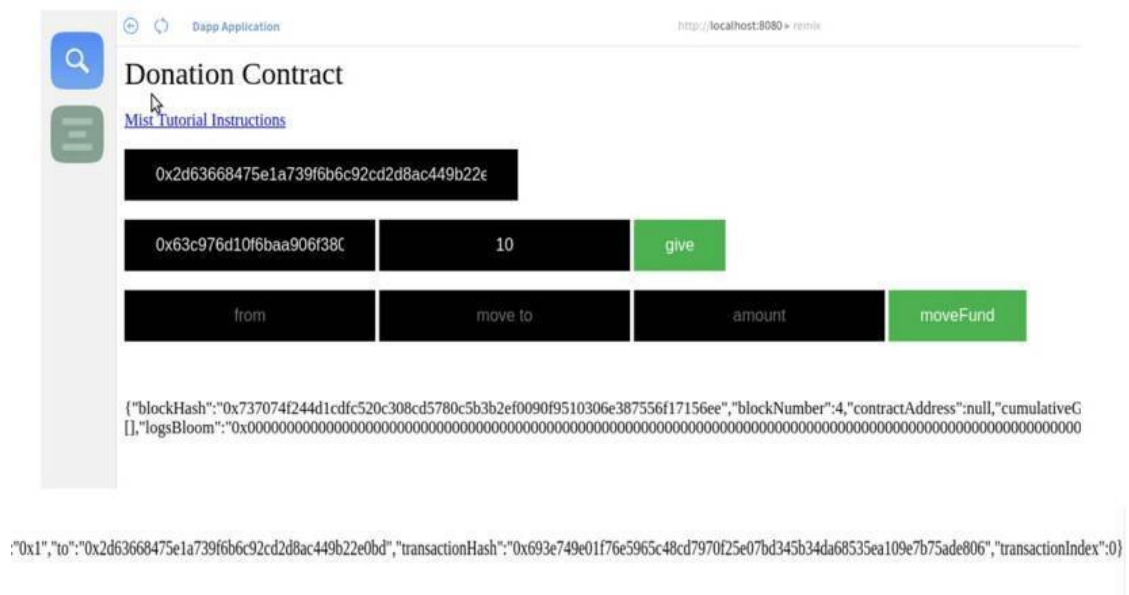
Далее в HTML коде идут функции, которые вызываются при нажатии пользователем кнопок формы, и которые взаимодействуют с контрактом, создавая транзакции.

Давайте запустим этот веб интерфейс пользователя.

```
npm install http-server -g
http-server
http://localhost:8080
miner.start()
```

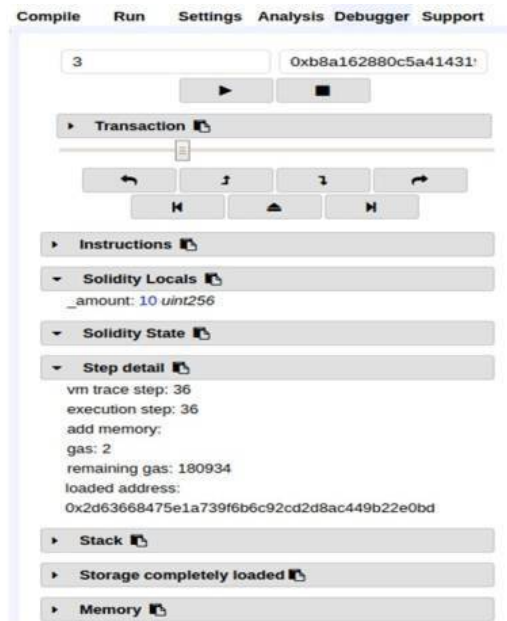


Для этого установим `http-server` с помощью инструмента `npm`.  
Запустим сервер и откроем в Mist страницу по адресу `http://localhost:8080`.  
Найдем и откроем нашу созданную HTML страничку.  
Запустим майнинг транзакций.  
И в первое поле введем адрес экземпляра контракта, который возьмем из среды `Remix`.  
Далее введем адрес аккаунта, который можно скопировать в Mist.  
Далее введем сумму передаваемых денег и нажмем кнопку `give`.



В результате будет создана транзакция, информация о которой будет выведена на страницу.

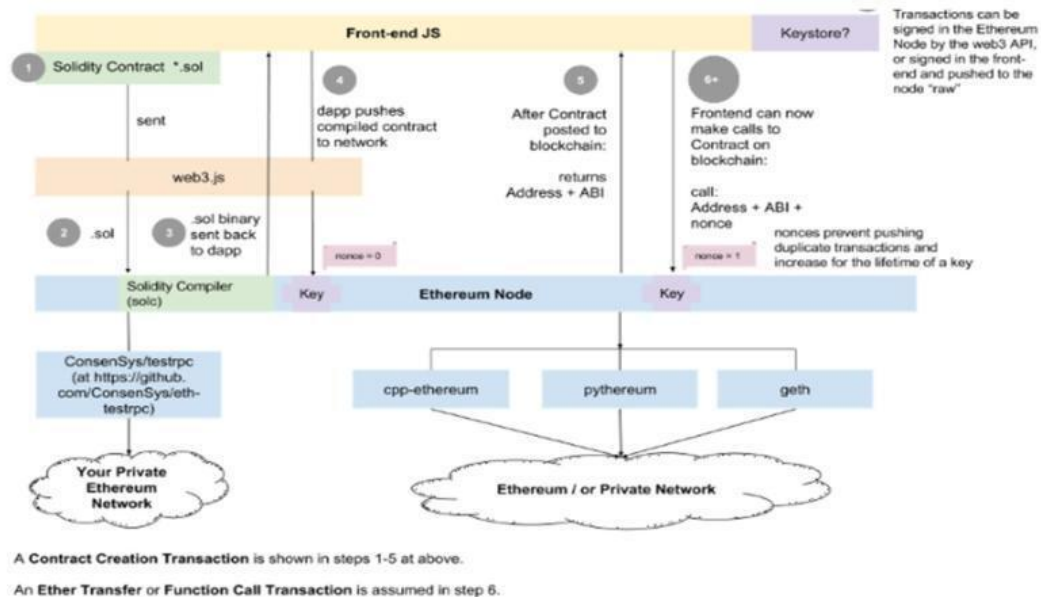
Здесь нам нужно только поле `transactionHash` и поле номер блока. Скопируйте их и переключимся на среду `Remix`.



Во вкладке Debugger введем номер блока и адрес транзакции.

И теперь с помощью панели управления мы можем пошагово отлаживать эту транзакцию в среде Remix.

## Резюме



Блокчейн представляет собой распределенную вычислительную архитектуру, где каждый узел работает в одноранговой топологии, и где каждый узел выполняет и регистрирует одни и те же транзакции.

Эти транзакции группируются в блоки.

И каждый блок содержит хеш-ссылку на предыдущий блок.

Каждый новый блок проверяется независимо одноранговыми узлами и добавляется к цепочке при достижении консенсуса.

Отдельные пользовательские взаимодействия (транзакции) с реестром являются добавленными, неизменяемыми и защищёнными сильной криптографией.

Узлы майнинга в сети, которые поддерживают и проверяют транзакции, экономически стимулируются протоколом.

Ethereum – это блокчейн платформа с открытым исходным кодом, которая позволяет любому создавать и использовать децентрализованные приложения, работающие по технологии blockchain.

Ethereum – это программируемый блокчейн, который позволяет пользователям создавать свои собственные операции.

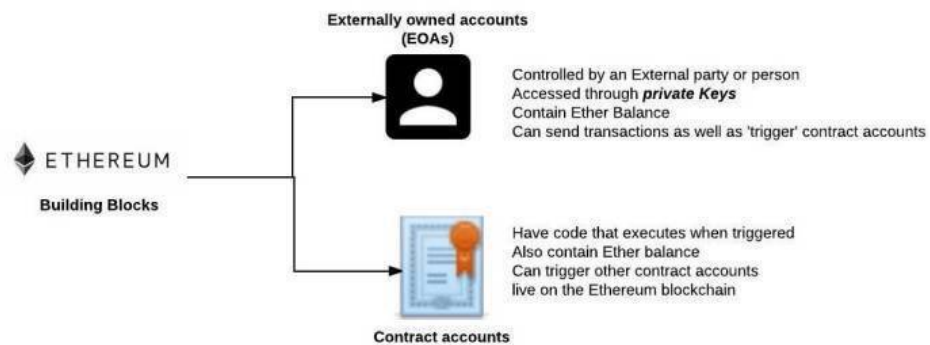
Эти операции, закодированные как смарт контракты, развертываются и выполняются виртуальной машиной Ethereum, работающей внутри каждого узла.

Публичный блокчейн открыт для всех, кто хочет развернуть смарт-контракты.

И в публичном блокчейне Ethereum, коды смарт контрактов являются открытыми.

В противоположность публичному блокчейну, приватный блокчейн может быть настроен в пределах приватной сети внутри организации.

Следовательно, узлы, участвующие в транзакциях, будут аутентифицированными и авторизованными машинами в сети организации.



В Ethereum есть 2 типа счетов.

Внешний счет, который хранит баланс эфира.

Он содержит адрес пользователя, который был создан с использованием API Web3.js, методом `personal.newAccount`.

Эти внешние счета используются для выполнения транзакций смарт-контрактов.

Эфир платится за майнинг этих транзакций.

Адрес внешнего счета – это публичный ключ, а пароль счета – это приватный ключ.

```
function deposit(uint256 amount) payable public {
    require(msg.value == amount);
    // nothing else to do!
}

function getBalance() public view returns (uint256) {
    return address(this).balance;
}
```

Другой тип счетов – это счет контракта, который хранит баланс эфира.

Баланс контракта в Solidity получается как `address(this).balance`.

Также счет контракта содержит адрес экземпляра кода смарт контракта.



Переслать деньги на счет контракта можно с помощью вызова функции, которая содержит модификатор payable, обеспечивающий возможность этой функции принимать эфир, который отправитель сообщения прикрепил к сообщению транзакции.

Функция не требует каких-либо явных действий для принятия присоединенного эфира, который неявно передается в смарт-контракт.

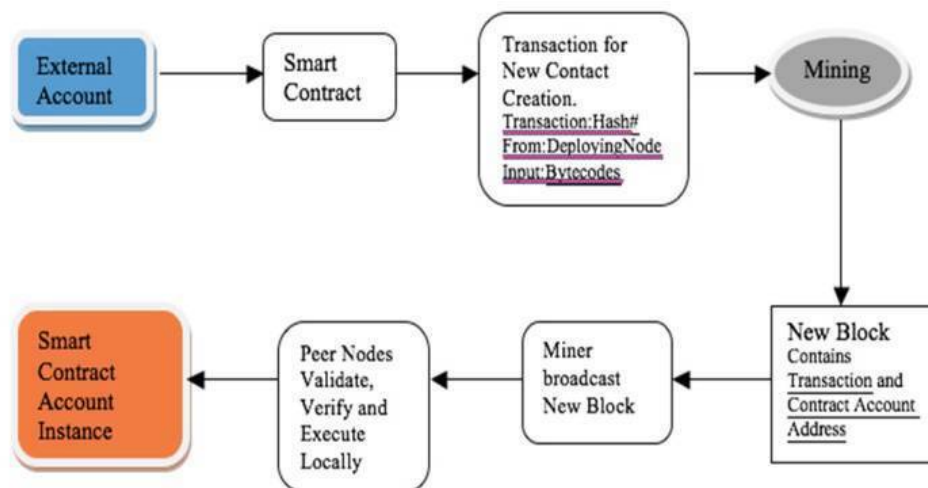
msg.value представляет эфир, который отправитель сообщения прикрепил к сообщению транзакции.

require (msg.value == amount) тестирует, что сумма, приложенная к сообщению (msg.value), является суммой, переданной отправителем в качестве аргумента.

Если это не так, вся транзакция завершается с ошибкой.

Экземпляры смарт контрактов могут быть созданы программно или с помощью Solidity браузера с использованием интерфейса API Web3.

Смарт-контракты содержат исполняемый программный код, содержащий переменные состояния, функции и события.



Смарт-контракты компилируются в байт-код.

Этот байт-код развертывается как экземпляры смарт-контрактов в виртуальной машине Ethereum (EVM).

Экземпляр смарт-контракта создается внешним счетом.

Процесс создания инициирует транзакцию.

Эта транзакция должна быть обработана майнингом.

Вы можете проверять незавершенные транзакции с помощью вызова метода eth.pendingTransactions.

Майнинг запускается методом miner.start.

При успешной добыче узлом создается новый блок, который содержит адрес транзакции и адрес контракта.

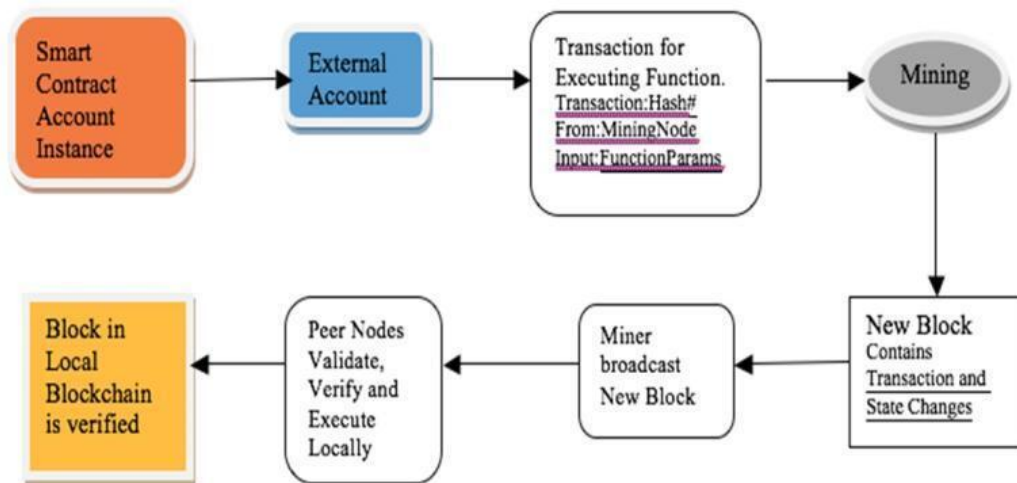
И узел майнинга будет транслировать новые блоки остальным узлам.

Новый блок будет проверен одноранговыми узлами, чтобы стать официальным блоком в их локальных блок-цепочках.

Новый экземпляр смарт контракта содержит уникальный адрес.

Этот адрес должен быть сохранен для последующего «исполнения контракта».





Смарт контракт содержит функции, которые могут выполняться внешним счетом или децентрализованным приложением. В случае приложения исполняющий узел должен иметь внешний счет.

Чтобы выполнить функцию, определенную в смарт контракте, приложение получает уникальный экземпляр смарт контракта по его адресу.

Функции, которые изменяют состояние контракта, будут инициировать транзакцию.

И эта транзакция должна быть обработана майнингом.

При успешной добыче, узлом создается новый блок, содержащий транзакцию.

И этот узел передает новый блок другим узлам.

Новый блок будет проверен, и его транзакция будет выполнена локально узлами-пирами, после чего этот блок станет официальным блоком в их локальных блок-цепочках.

## Сети Ethereum. Приватный блокчейн

Мы уже работали с приватной сетью, состоящей из одного узла.  
Создадим приватную сеть, состоящую из двух узлов.



Создадим три папки.

Первая папка будет содержать данные блока Genesis.

Вторая папка будет для первого узла geth.

И третья папка будет для второго узла geth.

Блок Genesis является корневым блоком, то есть первым блоком в блокчейне.

```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/02 account new
```

```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/03 account new
```

```
user@user:~$ geth --datadir ./Ethereum/private-network/02 account new
INFO [04-21|07:01:38] Maximum peer count          ETH=25 LES=0 total=25
Your new account is locked with a password. Please give a password. Do not forget this password.
Passphrase:
Repeat passphrase:
Address: {57e96842ce60becdb9d02873fd19c04338e756c0}
user@user:~$
```



Для первого и второго узла создадим внешние счета.

При этом в папках узлов будут созданы хранилища ключей счетов.

Команды вернут адреса счетов, которые мы сохраним в файлах.

```
What would you like to do? (default = stats)
1. Show network stats
2. Configure new genesis
3. Track new remote server
4. Deploy network components
> 2

Which consensus engine to use? (default = clique)
1. Ethash - proof-of-work
2. Clique - proof-of-authority
> 2

How many seconds should blocks take? (default = 15)
> 5

Which accounts are allowed to seal? (mandatory at least one)
> 0x57e96842ce60becdb9d02873fd19c04338e756c0
> 0xf33ae23be6c7dbfb161e0ae025b7c87992441a5d
> 0x

Which accounts should be pre-funded? (advisable at least one)
> 0x57e96842ce60becdb9d02873fd19c04338e756c0
> 0xf33ae23be6c7dbfb161e0ae025b7c87992441a5d
> 0x

Specify your chain/network ID if you want an explicit one (default = random)
> 1234
INFO [04-21|07:31:39] Configured new genesis block
```

Далее создадим файл Genesis.

Файл генезиса – это файл, используемый для инициализации блок-цепи.

Самый первый блок, называемый блоком генезиса, создается на основе параметров в файле генезиса.

Для создания файла генезиса используем команду `rippeth` – менеджер приватной сети.

Введем имя нашей сети.

Затем укажем, что мы хотим создать блок генезиса.

Далее предлагается выбрать механизм консенсуса – доказательство работы или доказательство полномочий.

В случае `proof-of-authority`, приватный блокчейн не зависит от узлов майнинга, которые решают сложные математически задачи, вместо этого используются узлы, которым разрешено создавать новые блоки и записывать их в блокчейн.

Этот механизм позволяет легче поддерживать цепь и делать выпуск блоков более управляемым.

Далее мы введем время генерации блоков.

И введем адреса счетов, которым разрешено создавать новые блоки.

Их число должно быть равно  $n/2 + 1$ .

Скопируем сохраненные в файлах адреса созданных нами счетов.

Далее зачислим деньги на наши счета.

`proof-of-authority` не дает вознаграждений за майнинг.

Поэтому нужно зачислить эфир на адреса в файле генезиса, иначе вы не сможете оплатить транзакции.

Далее введем идентификатор нашей создаваемой сети.

```

What would you like to do? (default = stats)
1. Show network stats
2. Manage existing genesis
3. Track new remote server
4. Deploy network components
> 2

1. Modify existing fork rules
2. Export genesis configuration
3. Remove genesis configuration
> 2

Which file to save the genesis into? (default = privnet.json)
> genesis.json
INFO [04-21|07:34:13] Exported existing genesis block

What would you like to do? (default = stats)
1. Show network stats
2. Manage existing genesis
3. Track new remote server
4. Deploy network components
> ^C
user@user:~/Ethereum/private-network/01$

```

И наконец экспортируем настройки в файл генезиса.  
Выйти из консоли можно нажав ctrl+C.

```

{
  "config": {
    "chainId": 1234,
    "homesteadBlock": 1,
    "eip150Block": 2,
    "eip150Hash": "0x0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000",
    "eip155Block": 3,
    "eip158Block": 3,
    "byzantiumBlock": 4,
    "clique": {
      "period": 5,
      "epoch": 30000
    }
  },
  "nonce": "0x0",
  "timestamp": "0x5ada81e2",
  "extraData": "0x000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000057e96842ce60becdb9d0287:",
  "gasLimit": "0x47b760",
  "difficulty": "0x1",
  "mixHash": "0x0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000",
  "coinbase": "0x0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000",
  "alloc": {
    "57e96842ce60becdb9d02873fd19c04338e756c0": {
      "balance": "0x2000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000"
    },
    "f33ae23be6c7dbfb161e0ae025b7c87992441a5d": {
      "balance": "0x2000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000"
    }
  },
  "number": "0x0",
  "gasUsed": "0x0",
  "parentHash": "0x0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000"
}

```

В результате в первой папке будет создан файл генезиса.

Здесь chainId – идентификатор сети, должен быть отличным от 1, который является идентификатором основной сети Ethereum.

homesteadBlock – 0 – означает, что используется релиз платформы Ethereum – Homestead.

Homestead является второй основной версией платформы Ethereum и является первым production выпуском платформы Ethereum.

eip150Block/eip155Block/eip158Block – версия Homestead была выпущена с несколькими несовместимыми изменениями протокола, которые требуют жесткой вилки.

Эти изменения протокола предлагаются в рамках процесса предложений по улучшению Ethereum (EIP).

Поэтому здесь для всех этих полей указываются значения, отличные от нуля, так как принимается жесткая вилка.

Поле `byzantiumBlock` также указывает жесткую вилку изменения протокола, разработанную для улучшения характеристик конфиденциальности, масштабируемости и безопасности `ethereum`.

Поле `clique` определяет характеристики доказательства `proof-of-authority`.

Изменим здесь время создания блока на 1 секунду в поле `period`.

Поле `epoch` указывает количество блоков, после которых происходит перезагрузка механизма майнинга.

Поля `mixhash` и `nonce` используются вместе, чтобы определить, правильно ли был проведен майнинг блока.

Значение `mixhash` – это промежуточный расчет для поиска `nonce`.

Если другие узлы в сети обнаруживают ошибочный `mixhash` при проверке блока, они могут отбросить блок, не выполняя дополнительную работу для проверки `nonce`.

Эти поля не имеют смысла в блоке генезиса.

Поле `timestamp` указывает Unix время создания блока.

Поле `extraData` в механизме `proof-of-authority` указывает адреса, которым позволен майнинг.

Поле `gasLimit` указывает ограничение расхода газа на блок цепочки. Газ – это топливо `Ethereum`, которое расходуется во время транзакций. Это значение должно быть достаточно большим, чтобы выполнить все вычисления транзакций.

`gasLimit`, определенный в файле генезиса, относится только к блоку генезиса.

Значение `gasLimit` для новых блоков меняется со временем в зависимости от того, сколько газа было использовано в родительском (предыдущем) блоке.

Если вы хотите, чтобы `gasLimit` был постоянным, используйте параметр – `targetgaslimit` при запуске `geth`.

Поле `difficulty` – сложность майнинга.

Поле `coinbase` – эфир, полученный от майнинга блока генезиса, переходит на адрес `coinbase`.

Это не имеет смысла в блоке генезиса, но цель заключается в том, чтобы сделать блок генезиса похожим на любой другой блок блокчейна, поэтому это поле указывается.

Поле `alloc` – здесь вы можете создать кошельки и предварительно заполнить их фейковым эфиром.

Здесь мы удалили пустые адреса, которые записал инструмент `ripeth` при создании файла генезиса.

Поле `number` указывает номер блока.

Поле `gasUsed` указывает использованный газ.

Поле `parentHash` указывает хэш предыдущего блока, 0 для блока генезиса.

Таким образом, блок генезиса является началом блокчейна, и `json` файл его определяет. Он является настройками для вашей блок-цепи.

Вместо создания этого файла, вы можете использовать флаг – `dev` инструмента `geth`, чтобы использовать параметры по умолчанию, предоставляемые инструментом `geth`.

Но если вы создаете такой файл генезиса, вы должны обязательно указать 4 поля `config`, `difficulty`, `gasLimit`, `alloc`.

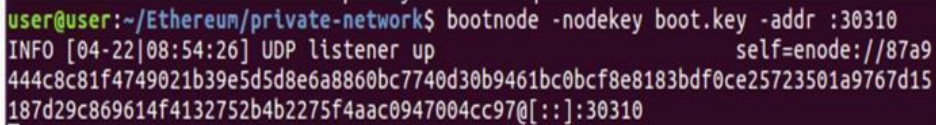
```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/02 init ./Ethereum/private-network/01/genesis.json
```

```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/03 init ./Ethereum/private-network/01/genesis.json
```

```
cd ./Ethereum/private-network
```

```
bootnode -genkey boot.key
```

```
bootnode -nodekey boot.key -addr :30310
```



```
user@user:~/Ethereum/private-network$ bootnode -nodekey boot.key -addr :30310
INFO [04-22|08:54:26] UDP listener up self=enode://87a9444c8c81f4749021b39e5d5d8e6a8860bc7740d30b9461bc0bcf8e8183bdf0ce25723501a9767d15187d29c869614f4132752b4b2275f4aac0947004cc97@[::]:30310
```

Теперь, у нас есть папка с файлом генезиса и две папки для двух узлов сети.

Каждая папка узла будет хранить данные блокчейна отдельного узла.

Сейчас эти папки уже хранят данные внешних аккаунтов, которые мы создали перед созданием файла генезиса.

Перед запуском узлов geth их каталоги данных должны быть инициализированы с данными блока генезиса.

Так как мы создаем приватную сеть с несколькими узлами, они должны как-то узнать друг о друге.

Для этого можно запустить каждый узел по отдельности, а затем командой `admin.addPeer` в Javascript консоли присоединить один узел к другому, используя адрес узла в сети.

Но узлы могут иметь динамический IP-адрес, быть выключенными и снова включенными.

Поэтому для устойчивой работы сети используется узел `bootnode`, имеющий статический IP и, таким образом, этот узел действует как паб, где узлы находят своих пиров.

Поэтому инициализируем узел `bootnode`.

При этом будет создано значение, называемое `enode`, адрес, который уникально идентифицирует узел `bootnode` в сети, и этот `enode` будет сохранен в файле `boot.key`.

Далее запустим узел `bootnode`, который будет слушать на порту прослушивания TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL) – 30310.

Вы можете использовать любой порт, который вам нравится, но, пожалуйста, избегайте обычных (например, 80 для HTTP). Порт 30303 используется для публичной ethereum сети.

В результате в терминале отобразится `enode` адрес узла `bootnode` в сети.

```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/02 --bootnodes  
'enode://87a9444c8c81f4749021b39e5d5d8e6a8860bc7740d30b9461bc0bcf8e8183bdf  
0ce25723501a9767d15187d29c869614f4132752b4b2275f4aac0947004cc97@127.0.0.1  
:30310' --ipcpath ./Ethereum/private-network/02/geth01.ipc --syncmode 'full' --port  
30311 --rpc --rpcport 8501 --networkid 1234 --rpcapi  
'personal,db,eth,net,web3,txpool,miner'
```

```
geth --datadir ./Ethereum/private-network/03 --bootnodes  
'enode://87a9444c8c81f4749021b39e5d5d8e6a8860bc7740d30b9461bc0bcf8e8183bdf  
0ce25723501a9767d15187d29c869614f4132752b4b2275f4aac0947004cc97@127.0.0.1  
:30310' --ipcpath ./Ethereum/private-network/03/geth02.ipc --syncmode 'full' --port  
30312 --rpc --rpcport 8502 --networkid 1234 --rpcapi  
'personal,db,eth,net,web3,txpool,miner'
```

Далее запустим узлы в разных терминалах.

Порт прослушивания TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL) по умолчанию – 30303, а RPC (REMOTE PROCEDURE CALL) порт по умолчанию – 8545.

Здесь мы назначаем свои порты, свои для каждого из узлов.

Протокол RPC – Remote Procedure Call представляет собой форму взаимодействия между процессами, которая позволяет одной программе напрямую вызывать процедуры в другой программе либо на том же компьютере, либо на другом компьютере в сети.

Протокол RPC работает поверх протокола TCP.

Протокол TCP позволяет компьютерам отправлять данные произвольной длины друг другу с гарантированной доставкой.

Имя ipcpath должно быть уникальным именем точки подключения к узлу.

Обратите внимание, что необходимо указать флаг – rpc.

Это означает, что узел geth примет протокол HTTP RPC.

Флаг syncmode 'full' предотвращает ошибку – отброшенный поврежденный блок для механизма консенсуса proof-of-authority.

Флаг bootnodes сообщает вашему узлу, на каком адресе вы найдете узел bootnode.

Этот адрес можно взять из предыдущего шага запуска узла bootnode.

При этом нужно заменить [::] IP-адресом bootnode.

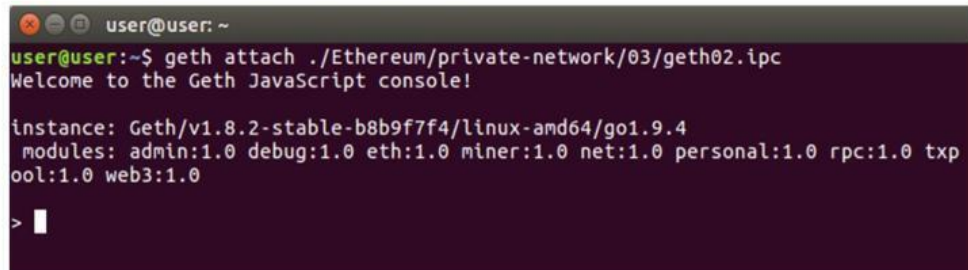
Значение флага networkId нужно указывать, как определено в файле генезиса в поле chainId.

Флаг rpcapi необязателен и позволяет использовать перечисленные модули с помощью вызовов RPC.



```
geth attach ./Ethereum/private-network/02/geth01.ipc
```

```
geth attach ./Ethereum/private-network/03/geth02.ipc
```



```

user@user: ~
user@user:~$ geth attach ./Ethereum/private-network/03/geth02.ipc
Welcome to the Geth JavaScript console!

instance: Geth/v1.8.2-stable-b8b9f7f4/linux-amd64/go1.9.4
modules: admin:1.0 debug:1.0 eth:1.0 miner:1.0 net:1.0 personal:1.0 rpc:1.0 txp
ool:1.0 web3:1.0
>

```

При запуске узлов, они запускаются как серверный процесс, ожидая выполнения событий и команд.

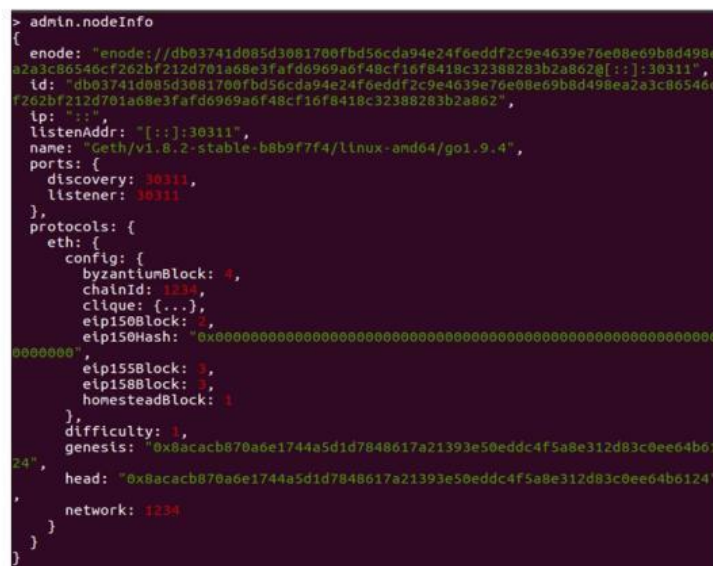
Не рекомендуется прерывать эти процессы, отправляя команды в этом же терминале.

Вместо этого рекомендуется отправлять команды из другого клиентского процесса.

Это достигается путем запуска другого процесса geth как клиента с подключением его к работающему узлу командой attach.

В результате будет доступна Javascript консоль geth, с помощью которой вы сможете взаимодействовать с работающим узлом.

admin.nodeInfo



```

> admin.nodeInfo
{
  enode: "enode://db03741d085d3081700fbd56cda94e24f6eddf2c9e4639e76e08e69b8d498e
a2a3c86546cf262bf212d701a68e3fard6969a6f48cf16f8418c32388283b2a8628[:]:30311",
  id: "db03741d085d3081700fbd56cda94e24f6eddf2c9e4639e76e08e69b8d498ea2a3c86546c
f262bf212d701a68e3fard6969a6f48cf16f8418c32388283b2a862",
  ip: ":",
  listenAddr: "[:]:30311",
  name: "Geth/v1.8.2-stable-b8b9f7f4/linux-amd64/go1.9.4",
  ports: {
    discovery: 30311,
    listener: 30311
  },
  protocols: {
    eth: {
      config: {
        byzantiumBlock: 4,
        chainId: 1234,
        clique: {...},
        etp150Block: 2,
        etp150Hash: "0x0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000",
        etp155Block: 3,
        etp158Block: 3,
        homesteadBlock: 1
      },
      difficulty: 1,
      genesis: "0x8acac8b870a6e1744a5d1d7848617a21393e50eddc4f5a8e312d83c0ee64b61
24",
      head: "0x8acac8b870a6e1744a5d1d7848617a21393e50eddc4f5a8e312d83c0ee64b6124",
      network: 1234
    }
  }
}

```

Теперь проверим, знают ли эти два работающих узла друг о друге.

Соединились ли они с помощью узла bootnode.

Чтобы получить информацию об узле 1, введем функцию admin.nodeInfo в клиентской консоли узла 1.



Нам понадобится здесь только одно поле `enode`.  
`Enode` – это URL адрес узла в сети.

`admin.peers`

```
> admin.peers
[[{"caps": ["eth/62", "eth/63"],
  id: "db03741d085d3081700fbd56cda94e24f6eddf2c9e4639e76e08e69b8d498ea2a3c86546cf262bf212d701a68e3fafd6969a6f48cf16f8418c32388283b2a862",
  name: "Geth/v1.8.2-stable-b8b9f7f4/linux-amd64/go1.9.4",
  network: {
    inbound: false,
    localAddress: "127.0.0.1:34218",
    remoteAddress: "127.0.0.1:30311",
    static: false,
    trusted: false
  },
  protocols: {
    eth: {
      difficulty: 1,
      head: "0x8acacb870a6e1744a5d1d7848617a21393e50eddc4f5a8e312d83c0ee64b6124",
      version: 63
    }
  }
}]
>
```

В консоли второго узла наберем команду `admin.peers` и увидим, что этот узел имеет в качестве пира первый узел.

`eth.getBalance(eth.accounts[0])`

```
> eth.getBalance(eth.accounts[0])
9.04625697166532776746648320380374280103671755200316906558262375061821325312e+74
>
```

Методом `getBalance` проверим, что на счетах узлов есть деньги.

```
cd ~/Ethereum/Mist

./mist --rpc ~/Ethereum/private-network/02/geth01.ipc

remixd -s ~/remix

npm install http-server -g
http-server
http://localhost:8080

personal.unlockAccount(eth.coinbase, "123")
miner.start()
```

Далее мы можем запустить клиента Mist и реализовать на узле контракт. Как мы это уже делали в приватной сети с одним узлом. При этом нужно разблокировать счет командой `unlockAccount` и запустить майнинг.

```
> miner.start()
null
> eth.blockNumber
24
> eth.blockNumber
44
> miner.stop()
true
> eth.blockNumber
66
> █
```

```
> miner.start()
null
> eth.blockNumber
30
> eth.blockNumber
48
> miner.stop()
true
> eth.blockNumber
66
> █
```

Так как оба узла слышат друг друга, то после остановки майнинга, они будут иметь блокчейн одинаковой длины.

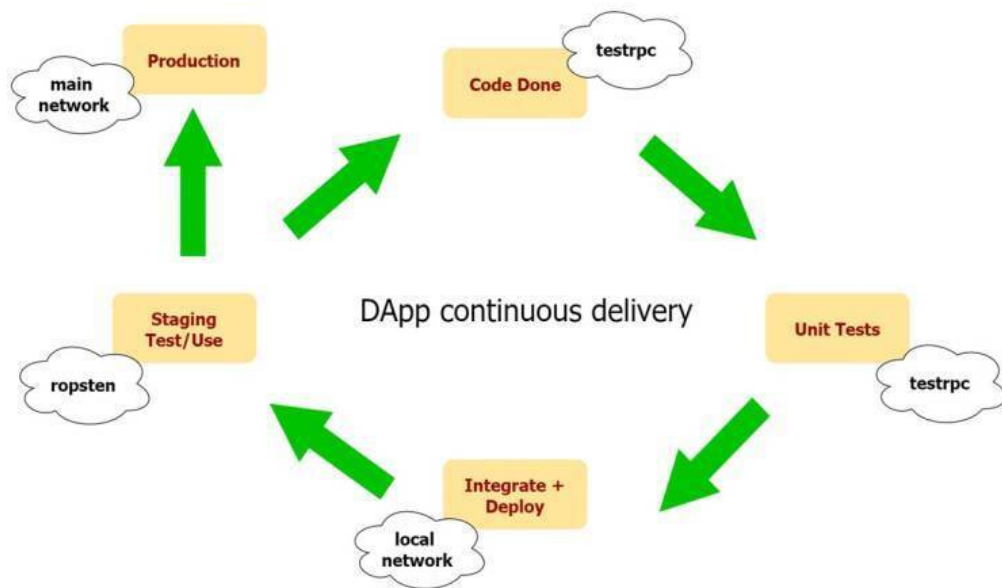
## Сети тестирования Ethereum. Ropsten

Сети тестирования моделируют основную сеть Ethereum и работу виртуальной машины Ethereum.

Тестовая сеть Ropsten используется в качестве тестовой среды, прежде чем разворачивать смарт контракты в основную сеть Ethereum.

Сеть Ropsten использует доказательство работы в качестве майнинга.

Эта сеть была запущена в ноябре 2016 года и была названа в честь станции метро в Стокгольме.



В этой сети эфир можно майнить или запросить у крана, который, однако еще нужно найти.

Идентификатор этой сети 3.

Время появления блока 30 секунд.

Размер блокчейна несколько десятков гигабайт.

## geth --testnet console

```
INFO [04-22|12:02:48] Starting P2P networking  
INFO [04-22|12:02:48] UDP listener up                self=enode://c9f9a5105bd63560c44ae18a09e85dee5d2  
117529c9ec91863d68f18bbe6697c1d110c4e5881ddd1ca7923831741168300738edf63d527e812e1821f58f0cf18@[:]:30303  
INFO [04-22|12:02:48] RLPx listener up              self=enode://c9f9a5105bd63560c44ae18a09e85dee5d2  
117529c9ec91863d68f18bbe6697c1d110c4e5881ddd1ca7923831741168300738edf63d527e812e1821f58f0cf18@[:]:30303  
INFO [04-22|12:02:48] IPC endpoint opened           url=/home/user/.ethereum/testnet/geth.ipc  
Welcome to the Geth JavaScript console!
```

Запускается эта сеть с помощью клиента `geth` командой `testnet` или `networkid 3`.

При этом точка доступа к узлу тестовой сети создается в папке `testnet` и узел слушает на порту 30303.

```
geth attach /home/user/.ethereum/testnet/geth.ipc
```

```
personal.newAccount()
```

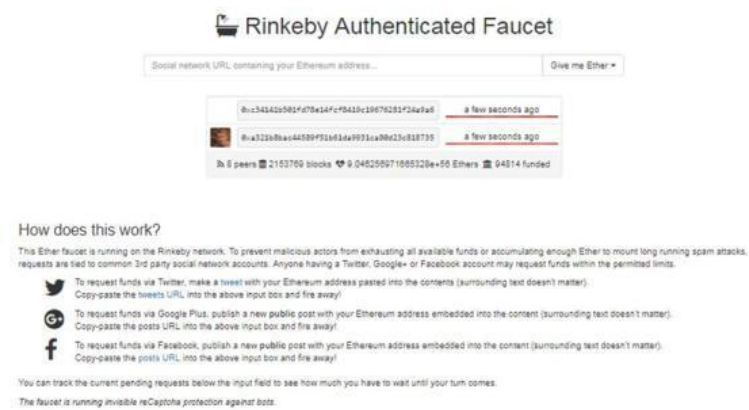
```
personal.listAccounts
```

```
eth.getBalance(eth.accounts[0])
```

После запуска узла этой сети, на узле создается аккаунт, на него добывается эфир и дальше можно запускать клиент `Mist` и реализовать на узле контракт.

## Rinkeby

<https://www.rinkeby.io/#faucet>



Сеть Rinkeby была также создана командой Ethereum, и эта сеть использует в качестве майнинга доказательство Proof-of-Authority, а не доказательство работы.

Сеть была запущена в апреле 2017 года и была названа в честь станции метро в Стокгольме.

Эфир в этой сети нельзя добывать. Он должен быть запрошен у крана.

Идентификатор этой сети 4.

Время появления блока 15 секунд.

```
geth -rinkeby
```

или

```
geth -networkid 4
```

Узел сети запускается командой `rinkeby` или `networkid 4`.

Блокчейн сети также весит порядка 10 гигабайт.

Точка доступа к узлу тестовой сети Rinkeby создается в папке rinkeby.

После запуска узла этой сети, на узле создается аккаунт, на него добывается эфир и дальше также можно запускать клиент Mist и реализовать на узле контракт.

## Truffle, TestRPC или Ganache

Truffle – это набор инструментов для разработки и тестирования контрактов Ethereum, включая локальный блокчейн для разработки и тестирования контрактов и децентрализованных приложений.

```
npm install -g truffle
```

```
Ganache-*.ApplImage
```

```
truffle develop
```

```
npm install -g ganache-cli
```

Установим набор инструментов Truffle.

И установим клиента, поддерживающего вызов удаленных процедур JSON RPC API.

Это может быть клиент Ganache (TestRPC) с графическим интерфейсом пользователя, который предоставляет локальный блокчейн для разработки Ethereum.

Ganache при запуске работает по адресу <http://127.0.0.1:7545>.

И в нем сразу создаются 10 учетных записей.

Также можно использовать Truffle Develop – блок-цепочку для разработки, встроенную непосредственно в Truffle.

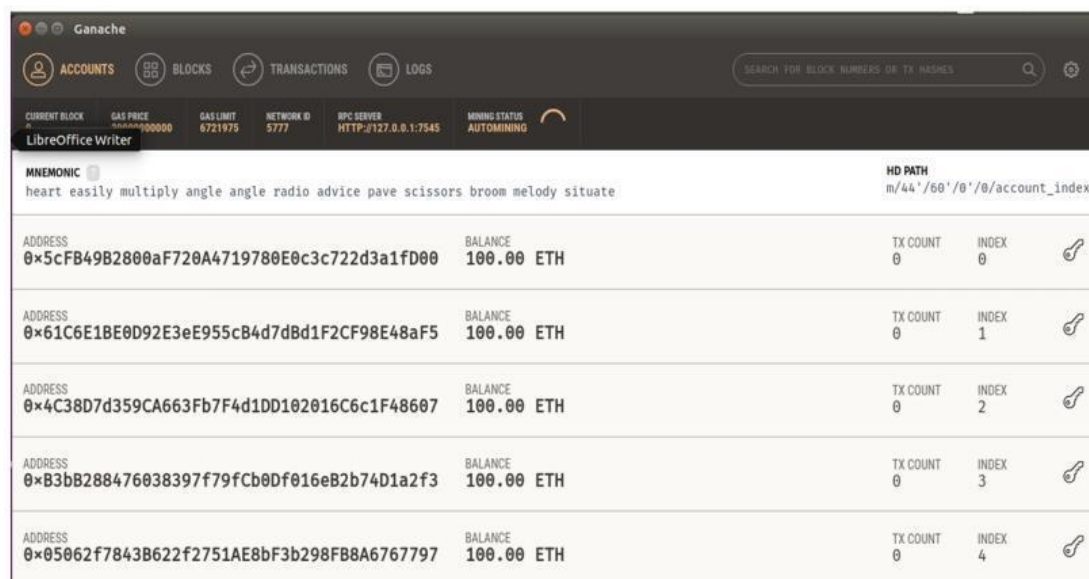
С Truffle Develop вы можете настроить локальный блокчейн с помощью одной команды, без необходимости установки.

Эта команда запустит клиент по адресу <http://127.0.0.1:9545>.

В узле будут созданы 10 учетных записей.

После запуска, Truffle Develop предоставит консоль, которую можно использовать для запуска команд Truffle.

И наконец, Ganache также имеет интерфейс командной строки для тех, кто не хочет работать из графического интерфейса пользователя.



Мы будем использовать Ganache с графическим интерфейсом пользователя.

```
cd ~/Truffle/project
truffle init
```

```
user@user:~$ cd ~/Truffle/project
user@user:~/Truffle/project$ truffle init
Downloading...
Unpacking...
Setting up...
Unbox successful. Sweet!

Commands:
  Compile:      truffle compile
  Migrate:      truffle migrate
  Test contracts: truffle test
user@user:~/Truffle/project$
```



Чтобы использовать большинство команд Truffle, вам нужно запустить их в существующем проекте Truffle.

Поэтому создадим пустую папку проекта и в ней инициализируем пустой проект Truffle. В результате в папке проекта будет создана основа проекта.

Папка contracts – содержит смарт-контракты.

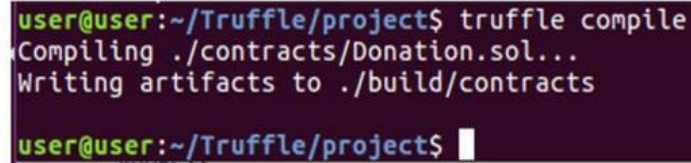
Папка migrations – содержит скрипты для развертывания контрактов.

Папка test для тестирования приложения и контрактов

Файл truffle.js – файл конфигурации Truffle.



truffle compile



```
user@user:~/Truffle/project$ truffle compile
Compiling ./contracts/Donation.sol...
Writing artifacts to ./build/contracts
user@user:~/Truffle/project$
```

Скопируем в папку contracts созданный нами ранее контракт Donation. И скомпилируем контракт командой `truffle compile`. В результате будет создана папка `build` с `abi` интерфейсом контрактов.

```
var ContractObject = artifacts.require("./Donation.sol");

module.exports = function(deployer) {
  deployer.deploy(ContractObject);
};
```

Папка `migrations` проекта содержит файлы JavaScript, которые помогают развернуть контракты в сети Ethereum.

В начале файла миграции мы говорим Трюфелю, с каким контрактом мы хотим взаимодействовать, используя метод `artefacts.require`.

Указанное имя должно соответствовать имени определения контракта в исходном файле.

Скрипт должен экспортировать функцию через синтаксис `module.exports`.

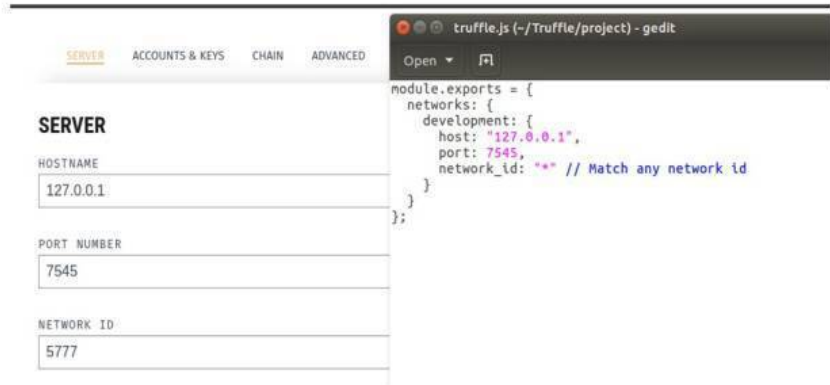
Экспортированная функция должна принять объект `deployer` в качестве своего первого параметра.

Этот объект является основным интерфейсом для развертывания контракта.

```

module.exports = {
  networks: {
    development: {
      host: "127.0.0.1",
      port: 7545,
      network_id: "*" // Match any network id
    }
  }
};

```

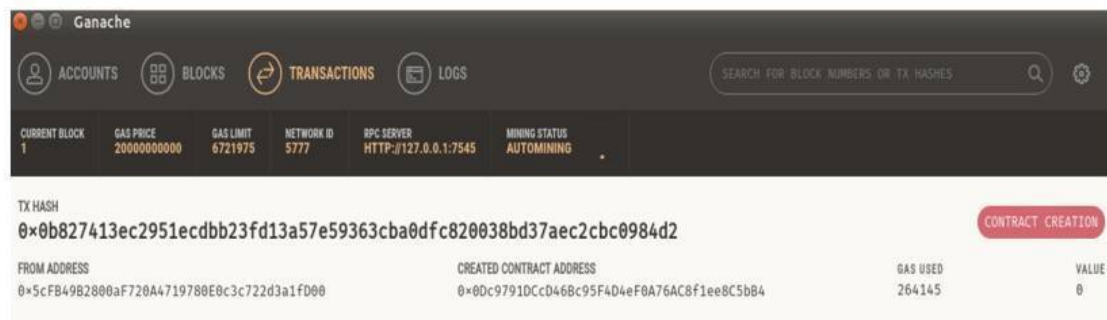


Файл конфигурации называется `truffle.js` и находится в корне каталога проекта.

Этот файл является Javascript-файлом и содержит такие параметры для развертывания контрактов, как адрес, порт и идентификатор сети.

Укажем правильный порт узла Ganache.

```
truffle migrate --reset
```



Запустим развертывание контракта.

В результате в Ganache состояние блокчейна изменится.

Теперь блокчейн показывает, что текущий блок, ранее 0, теперь 1.

Кроме того, первая учетная запись первоначально имела 100 эфиров, теперь баланс этого счета меньше из-за издержек развертывания контракта.

http-server  
http://localhost:8080

```
<script type="text/javascript">
if (typeof web3 !== 'undefined') {
  web3 = new Web3(web3.currentProvider);
} else {
  // set the provider you want from Web3.providers
  web3 = new Web3(new Web3.providers.HttpProvider("http://localhost:8545"));
}

console.log("Connected to Web3 Status: " + web3.isConnected());
if (web3.eth !== undefined) {
  console.log("Connected to Geth (Go Ethereum) HTTP-RPC server");
}

var contractspec = web3.eth.contract([
  {
    "constant": false,
    "inputs": [],
    "name": "donate",
    "outputs": [],
    "payable": true,
    "stateMutability": "payable",
    "type": "function"
  },
  {

```

Дальше вы можете развернуть HTML страницу своего децентрализованного приложения, правильно указав адрес и порт узла Ganache, и взаимодействовать с локальным блокчейном с помощью интерфейса приложения.

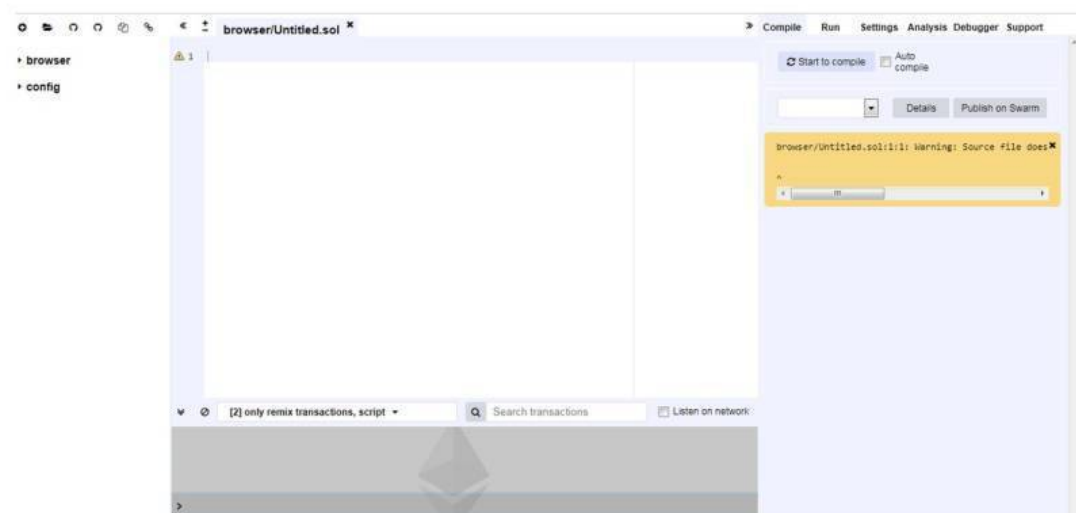
## Solidity

Ethereum – это децентрализованная платформа, на которой работают интеллектуальные контракты – приложения, которые работают как они были запрограммированы, без какой-либо возможности простоев, цензуры, мошенничества или вмешательства третьих сторон.

В Ethereum, Smart Contract – это скрипты, которые могут обрабатывать деньги.

Solidity – это высокоуровневый язык программирования для написания смарт контрактов Ethereum с синтаксисом, похожим на JavaScript.

<http://remix.ethereum.org>



Можно начать использовать Solidity в браузере с помощью приложения Remix, которое поддерживает только компиляцию – если вы захотите развернуть смарт контракт, вам необходимо использовать клиента, такого как Geth.

```
pragma solidity ^0.4.18;

contract MyContract {

    // our code will go here

}
```

Основой сценария Solidity является директива `pragma`, которая сообщает компилятору, какую версию Solidity мы используем, и имя нашего контракта, аналогично структуре класса в Javascript.

Директива `pragma` – это встроенная препроцессорная директива, которая позволяет передавать компилятору различные инструкции.

Исходные файлы должны быть аннотированы этой директивой, чтобы отказаться от будущих версий компилятора, которые могут привести к несовместимым изменениям.

Сам контракт обозначается ключевым словом `contract`, далее идет имя контракта и код контракта, заключенный в фигурные скобки.

Контракт в смысле Solidity представляет собой набор кода – это функции контракта и его данные, его состояние, и этот набор кода находится в конкретном адресе блок-цепочки Ethereum.



```
1 pragma solidity ^0.4.9;
2 {
3   import "someOtherContracts.sol";
4   contract donation {
5
6   }
7 }
```

```
1 pragma solidity ^0.4.9;
2
3 import "http://github.com/ethereum/dapp-bin/standardized_contract_apis/datafeed.sol";
4
5 contract donation {
6
7 }
```

<https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript/Reference/Statements/import>

Solidity поддерживает операцию импорта, как в JavaScript, за исключением импорта по умолчанию.

Другие файлы можно импортировать, указав их путь.

При этом можно использовать относительные пути, чтобы улучшить переносимость.

Можно импортировать файлы непосредственно из github, используя URL-адрес.

Более подробно про импорт можно почитать по указанной ссылке.

```
// This is a single-line comment.
```

```
/*  
This is a  
multi-line comment.  
*/
```

В исходном коде возможны однострочные и многострочные комментарии.

```
pragma solidity ^0.4.0;  
  
contract SimpleStorage {  
  
    uint storedData; // State variable  
    // ...  
  
}
```

public uint storedData - может быть вызвана из другого контракта.

internal uint storedData - может быть доступна только из текущего контракта или контрактов, наследующих его.

private uint storedData - может быть доступна только из контракта, в котором определена.

Внутри контракта используются переменные состояния.

Переменные состояния – это значения, которые постоянно хранятся в хранилище контрактов в блокчейне.

Каждый контракт имеет собственное хранилище, которое существует между вызовами функций контракта и довольно дорогое в использовании.

Это хранилище типа ключ-значение, которое отображает 256-битные слова в 256-битные слова.

Установить не нулевое значение в этом хранилище стоит порядка 20000 газа, а изменить значение в этом хранилище стоит порядка 5000 газа.

И вам вернется некоторое количество газа при установке значения в этом хранилище в нуль.

Вы должны использовать хранилище контракта только для значений, которые должны сохраняться между различными вызовами контракта.

Переменные состояния могут быть объявлены с ключевым словом `public`, `internal` или `private`.

По умолчанию переменные состояния являются `internal`.

`public` переменные состояния могут быть вызваны из другого контракта.

Для публичных переменных компилятор автоматически создает функции `getter`.

`internal` переменные состояния могут быть доступны только из текущего контракта или контрактов, наследующих его.

`private` переменные состояния могут быть доступны только из контракта, в котором они определены.

```
contract A {
```

```
}
```

```
contract B is A {
```

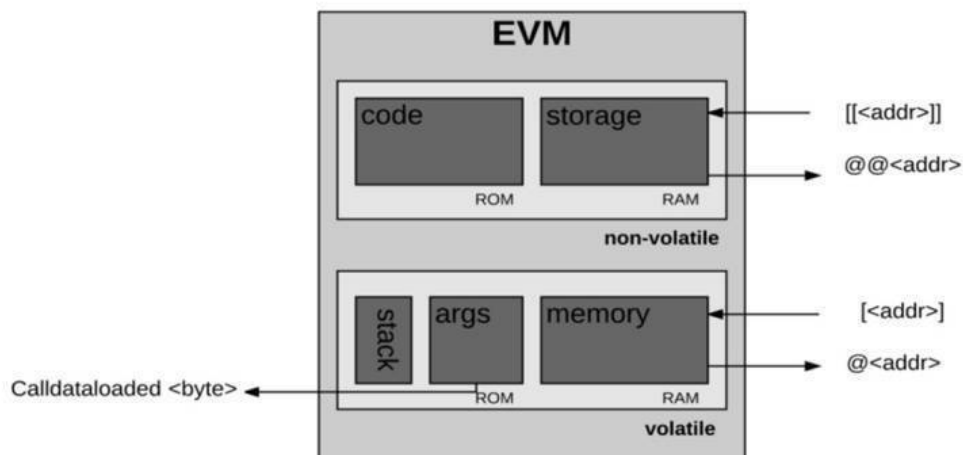
```
}
```

Один контракт наследует другой контракт с помощью ключевого слова `is`.

При этом он получает доступ к функциональности контракта родителя.

Вы можете использовать наследование для лучшей организации и разделения кода.

Конечно, всегда можно расположить весь код в одном файле и контракте.



Помимо хранилища контрактов есть хранилище мемогу, которое используется для хранения временных значений.

Это хранилище виртуальной машины очищается между внешними вызовами функций и дешевле в использовании.

Контракт получает только что очищенный экземпляр хранилища при каждом своем вызове.

Это хранилище является линейным и расширяется на слово в 256 бит при доступе – считывании или записи ранее нетронутого слова памяти.

Во время расширения, оплачивается стоимость газа.

Хранилище мемогу дешевле, чем хранилище контракта.

Прочитать или записать слово стоит порядка 3 газа, чтобы, плюс некоторый газ, если чтобы расширить память.

Но стоимость использования этого хранилища растет квадратично, и мегабайт этого хранилища обойдется в пару миллионов газа.

Еще одно хранилище – это стек, который используется для хранения небольших локальных переменных.

Виртуальная машина Ethereum – это стековая машина, в которой все вычисления выполняются в области, называемой стеком.

Стек имеет максимальный размер 1024 элемента и содержит слова из 256 бит.

Это хранилище также дешевле хранилища контракта в использовании, но может содержать только ограниченное количество значений.

Стоимость хранения данных в стеке аналогична стоимости хранения данных в мемогу.

Стек имеет максимальную емкость 1024 элемента, но только первые 16 элементов легко доступны.

Если у вас закончится стек, выполнение контракта завершится неудачно.

Стек также не сохраняется после завершения выполнения контракта.

Теперь, что хранится в мемогу и в стеке.



```
function setNumber(uint _num) public returns (uint) {
    uint i = 10;
    return i+_num;
}
```

В отличие от переменных состояния есть локальные переменные, которые объявляются внутри функции и не доступны извне функции.

Обычно это переменные, которые временно создаются для хранения значений при вычислении или обработки.

Мы уже выяснили, что переменные состояния всегда хранятся в хранилище контракта.

А аргументы функции, включая возвращаемые параметры, являются локальными переменными и хранятся в хранилище метогу по умолчанию.

```
pragma solidity ^0.4.2;
contract ExampleReference {

    struct Instructor {
        uint age;
        string fname;
        string lname;
    }
    // Reference variables - forced to storage since they are
    // state variables
    Instructor ins;
    uint[] x ;

    // default data location function parameters is memory
    function myf(uint[] memoryArray) {
        //var d = ins;

        // copies the array to storage, when doing an assignment
        // from storage and memory and to a state variable
        // will always create an independent copy.
        x = memoryArray;
        // assigns a pointer, all local variables declared are stored as
        // storage. Assignment of x to y is reference
        var y = x;
        // modifies x through y, reference
        y.length = 2;
        delete x; // clears the array, and modifies y
    }
}
```

В Solidity есть две разновидности типов переменных – это ссылочные типы и типы значений.

В переменных ссылочного типа хранятся только ссылки на их данные, а переменные типа значений содержат свои данные непосредственно.

Две переменные ссылочного типа могут ссылаться на один и тот же объект, поэтому операции над одной переменной могут затрагивать объект, на который ссылается другая переменная.

Каждая переменная типа значения имеет собственную копию данных, и операции над одной переменной не могут затрагивать другую.

В Solidity типы значений – это элементарные типы – целые числа со знаком и без знака, логические значения true и false, адрес Ethereum, массивы байтов фиксированного размера.

В Solidity ссылочные типы – это динамические массивы, структуры и хэш таблицы.

Так вот, локальные переменные ссылочного типа struct, array или mapping по умолчанию хранятся в хранилище контракта.

А локальные переменные типа значения хранятся в стеке.

В этом примере контракта, у нас есть переменные состояния структура и динамический массив, которые хранятся в хранилище контракта.

И у нас есть функция, аргументом которой служит динамический массив, который хранится в memory.

Присваиванием `x=memoryArray` мы копируем массив из памяти в хранилище.

Далее мы создаем новый указатель на массив в хранилище и модифицируем его через этот указатель.

```
// This does not work. You can't reassign a storage pointer
// to a memory array. Incompatible
//y = memoryArray;
// This won't work, you'd reset the pointer, but no location
// where it could point to.
//delete y;
```

После того как мы назначили указатель `y` как указатель на массив в хранилище, нельзя переназначить `y` как указатель на массив в памяти.

```
function g(uint[] storage storageArray) internal {}  
function h(uint[] memoryArray) public {}
```

Для переменных ссылочного типа в Solidity есть аннотации data location – это ключевые слова `storage` и `memory`, с помощью которых можно явно указать, где должны храниться значения.

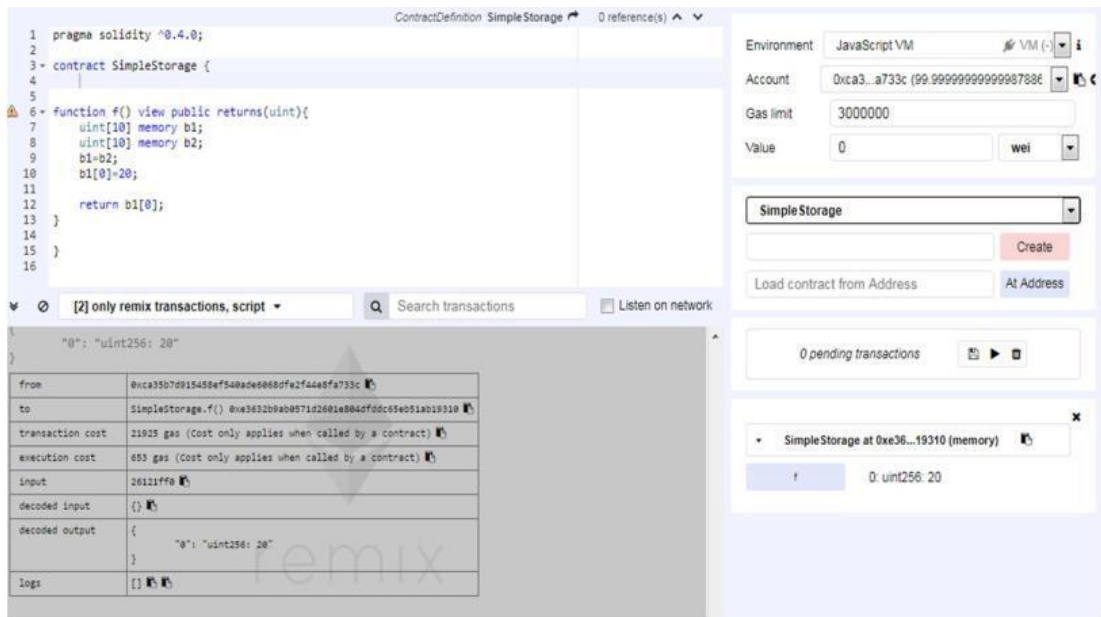
Эти аннотации изменяют поведение присвоений между переменными.

Присвоение между памятью и хранилищем, а также присвоение переменной состояния из другой переменной состояния, всегда создают независимую копию данных.

```
//Assignments from a memory stored reference type to  
//another memory stored reference type does not create  
// a copy  
function f2() view public returns(uint){  
    uint[10] memory b1;  
    uint[10] memory b2;  
    b1 = b2;  
    b2[0] = 20;  
    return b1[0];  
}
```

А присвоения переменным ссылочного типа, хранящимся в памяти, другим переменным ссылочного типа, хранящимся в памяти, не будут создавать копию данных.

В этом примере, мы создаем два массива в памяти и присвоение не будет создавать копию данных, поэтому стоимость вызова данной функции будет гораздо дешевле, как если бы мы не использовали ключевое слово `memory`.



Посмотреть, как код контракта влияет на потребление газа при вызове функций контракта, можно в среде Remix.

Для этого введите код контракта, откомпилируйте контракт.

Затем нажмите кнопку Create, создав экземпляр контракта и вызовите функцию контракта, создав транзакцию.

В терминале нажмите кнопку Details, чтобы посмотреть детали транзакции.

Поле transaction cost покажет расходы на отправку данных в блок-цепочку ethereum.

Поле execution cost покажет расходы на вычислительные операции, которые выполняются в результате транзакции.

```
bool b = true;
```

Операторы:  
! (отрицание)  
&& (и)  
|| (или)  
== (равно)  
!= (не равно)

```
int256 constant a = 8;
```

```
int x = int(b);  
bool b = true;
```

```
uint8 b;  
int64 c;
```

Операторы:  
Сравнение: <=, <, ==, !=, >=, > (оценивается как bool)  
Побитовые операторы: &, |, ^, ~  
Арифметические операторы: +, -, unary -, unary +, \*, /, %, \*\*, <<, >>

Solidity – это статически типизированный язык, что означает, что тип каждой переменной должен быть указан во время компиляции.

Solidity поддерживает следующие типы переменных.

Это элементарные типы – `bool` со значениями `true` или `false` и соответствующими операторами.

Это целые значения со знаком `int`, или без знака `uint`.

Число после `int` / `uint` означает размер переменной от 8 до 256 бит.

Тип переменной `uint` используется для представления количества валюты.

Ключевое слово `constant` используется для фиксации значения переменной, которая не может быть изменена после присвоения ей значения.

При использовании слова `constant`, компилятор заменяет каждое вхождение переменной ее фактическим значением.

Можно явно привести значение `bool` к `int256`, получив вместо `true` или `false` значение 1 или 0.

Однако обратное преобразование невозможно, нельзя из 1 получить `true`.

```
address owner;
owner = msg.sender;
owner = address(this);
owner = this;
```

Операторы:  
`<=, <, ==, !=, >=, >`

```
<address>.balance - баланс адреса в вэй.
owner.balance;
address(this).balance;
```

```
<address>.transfer(uint256 amount) - отправляет заданное количество вэй на адрес.
```

```
<address>.send(uint256 amount) returns (bool) - отправляет заданное количество вэй на адрес.
```

```
<address>.call(...) returns (bool), <address>.callcode(...) returns (bool), <address>.delegatecall(...) returns (bool) – низкоуровневый интерфейс для выполнения кода другого контракта.
```

Специальный тип переменной `address` предназначен для хранения 20 байтового / 160 битового адреса Ethereum.

Поле `sender` глобальной переменной сообщения `msg` позволяет получить адрес, который в настоящий момент взаимодействует с контрактом.

Адрес самого контракта можно получить с помощью ключевого слова `this` или специальной функции `address(this)`.

Поле `balance` адреса позволяет получить баланс криптовалюты адреса.

С помощью функции адреса `transfer` или `send` можно отправить деньги на указанный адрес.

Использование функций `send` или `transfer` предотвращает атаку повторного вызова функции отправки денег, до того, как будет завершен первый вызов.

Это делается за счет того, что `send` или `transfer` обеспечивают лимит в 2300 газа для выполнения функции контракта, получающего эфир.

Таким образом, если будет попытка рекурсивной отправки денег из функции контракта, получающего эфир, будет превышен лимит в 2300 газа, и транзакция потерпит неудачу.

Функция `send` отличается от функции `transfer` тем, что функция `send` является низкоуровневым вариантом функции `transfer`.

```
address public owner;  
  
owner.transfer(SOME_BALANCE);  
  
if (owner.send) {}  
  
owner.balance;
```

Если выполнение функции `send` завершается неудачей, текущий контракт не прекращается выбросом исключения, но при этом `send` вернет `false`.

Если выполнение функции `transfer` завершается неудачей, текущий контракт прекращается выбросом исключения.

Поэтому при использовании `send` нужно проверять, что эта функция возвращает.

Функции `call`, `callcode` и `delegatecall` адреса являются очень низкоуровневыми функциями и должны использоваться только в качестве последнего средства, так как они нарушают безопасность типов Solidity.

```
if(msg.sender != owner) {  
    revert('Something bad happened');  
}  
  
require(msg.sender == owner);  
require(msg.sender == owner,  
    'Something bad happened');  
  
assert(msg.sender == owner);  
  
require(input<20);  
require(external.send(amount));  
require(balance[msg.sender]>=amount)  
  
c = a+b; assert(c > b)  
assert(this.balance >= totalSupply);
```

В Solidity, с помощью функций `revert`, `require` и `assert` возможно организовать проверку условий для переменных с выбросом исключения, если указанное условие не выполняется.

Здесь все три выражения делают одно и то же, если адрес вызывающего контракт не соответствует адресу владельца контракта, выбрасывается исключение и выполнение контракта прерывается.

Функция `revert` отменяет все изменения состояния, и при этом позволяет вам вернуть значение и вернуть весь оставшийся газ вызывающему.

Функция `require` работает аналогично функции `revert`, отменяя все изменения состояния и возвращая весь оставшийся газ вызывающему, а также может вернуть значение.

Функция `assert` отменяет все изменения состояния и использует весь оставшийся газ.

Как правило, функция `require` используется для проверки условий, а функция `assert` используется чтобы предотвратить что-либо плохое, что не должно быть возможным.

Функция `require` как правило используется в начале функции для проверки ввода пользователя, проверки ответа от внешнего контракта, проверки состояния перед выполнением.

Функция `assert` как правило используется в конце функции для проверки переполнения переменной, проверки баланса, проверки состояния после внесения изменений, одним словом, для предотвращения условий, которые никогда не должны быть.

```
byte a; // byte is same as bytes1
bytes2 b;
bytes32 c;
```

Операторы:

Сравнения: `<=`, `<`, `==`, `!=`, `>`, `>=`

Побитовые операторы: `&`, `|`, `^`, `~`, `<<`, `>>`

Доступ к индексу: `x[k]` возвращает `k`-й байт (только для чтения).

```
bytes1 a = 0x65;
bytes1 a = 10;
bytes1 a = - 100;
bytes1 a = 'b';
```

```
bytes2 a = 256;
```

Solidity обеспечивает хранение информации в бинарном формате 0 или 1 с возможностью доступа к каждому байту с помощью `bytes` – это массивы байтов с фиксированным размером от 1 – это просто `byte` и до размера 32.

`bytes1` – это 1 байт или 8 бит.

Соответственно `bytes1` может хранить целое число от 0 до 255 или от -128 до 127.

Переменной типа `bytes` можно присвоить значение в 16-тиричном формате, в 10-тичном формате, или символьном формате.

Соответственно с увеличением значения, его можно присваивать массиву байтов с увеличенным размером от 1 до 32 байтов.

```

bytes32[5] nicknames; // static array

bytes32[] names; // dynamic array

bytes _bytes; // is similar to byte[], but it is packed tightly
string _str = "abc";

uint newLength = names.push("John"); // adding returns new length of the array
// Length
names.length; // get length
names.length = 1; // lengths can be set (for dynamic arrays in storage only)

// multidimensional array
uint x[][5];

int[2] a=[1,2];
function setArr() public {
    // a=[1,2];
    a[0]=1;
    a[1]=2;
}

int[] a = [1,2];
int[] b = new int[](2);
string str = new string(3);
bytes b = new bytes(3);

```

Следующий тип данных в Solidity – это массивы.

Массивы – это структуры данных, основанные на других типах данных.

Массивы хранят группы значений одного типа данных.

Массивы в Solidity могут быть фиксированными или динамическими.

Фиксированный массив – это массив, размер которого указывается при объявлении массива.

Значения фиксированного массива могут быть указаны все сразу с помощью скобок, либо для каждого элемента массива.

Размер динамического массива не указывается при его объявлении, а определяется во время выполнения.

Существует специальный тип динамического массива `bytes` и `string`.

Массив `bytes` аналогичен массиву байтов `byte[]`, который выделяет 32 байта для каждого элемента, но массив `bytes` упакован более плотно и поэтому дешевле в использовании.

Массив `string` аналогичен массиву `bytes`, но содержит данные в кодировке UTF-8.

Динамические массивы, кроме строк, имеют функцию `push`, которая может использоваться для добавления элемента в конец массива.

Эта функция возвращает новую длину массива.

Также массивы, в том числе фиксированные, но не строки, имеют свойство `length` количества элементов массива.

Размер динамического массива может быть изменен в хранилище (но не в памяти) путем изменения свойства `length`.

Таким образом, строки – это динамические массивы `bytes`, которые не поддерживают `push` и `length` и хранят данные в кодировке UTF-8.

Строки в Solidity не поддерживают такие традиционные операции как `equal`, `substring` и объединение строк.

Динамические массивы могут быть инициализированы сразу при объявлении, инлайн или с помощью оператора `new`.



```
struct Bank {  
    address owner;  
    uint balance;  
}  
  
Bank b = Bank({  
    owner: msg.sender,  
    balance: 5  
});  
// or  
Bank c = Bank(msg.sender, 5);  
  
c.balance = 5; // set to new value
```

Solidity предоставляет способ определения новых типов данных в виде структур.

Структура – это пользовательский тип данных, который похож на объект JavaScript, потому что с помощью структуры вы можете определить набор свойств.

Структура объявляется с помощью ключевого слова `struct` и содержит набор свойств различного типа.

Инициализируется структура с помощью указания свойств и их значений или просто с помощью указания значений свойств по порядку.

Доступ к отдельному свойству структуры можно получить, указав экземпляр структуры и свойство структуры.

```
mapping (string => uint) public balances;  
  
function set() public {  
    mapping (string => uint) temp = balances;  
    temp["charles"] = 1;  
}  
  
console.log(balances["ada"]); // is 0, all non-set key values return zero  
  
// Nested mappings  
mapping (address => mapping (address => uint)) public custodians;
```

В Solidity есть такой тип данных как отображение, который можно отнести к хеш-таблице ключей и значений.

Ключом не может быть отображение, динамический массив, контракт, перечисление или структура.

Значением может быть любой тип, включая структуру.

Отображение может быть объявлено только как переменная состояния или ссылка на переменную состояния.

Отображение объявляется с помощью ключевого слова `mapping`, далее идет указание типа ключа, который отображается в тип значения, и далее указывается имя переменной.

Отображение инициализируется с помощью квадратных скобок, в которых указывается ключ и после знака равенства указывается значение ключа.

По умолчанию ключ инициализируется со значением ноль.

```
enum ActionChoices {
    GoLeft, GoRight, GoStraight, SitStill
}

ActionChoices choice = ActionChoices.GoStraight;

function getChoice() public returns (uint) {
    // return uint(ActionChoices.GoLeft);
    return uint(choice);
}
```

В Solidity есть также перечисления – один из способов создания пользовательского типа в Solidity.

Перечисления явно конвертируются в и из целых типов, и неявное преобразование не допускается.

И для перечислений требуется хотя бы один член.

В данном примере у нас есть перечисление, и мы можем объявить переменную типа этого перечисления, инициализировав ее одним из членов перечисления.

Каждый из членов перечисления мы можем привести к целому числу и у нас первый член будет нулем, второй член будет единицей и так далее.

Здесь у нас функция вернет в случае `ActionChoices.GoLeft` – ноль.

А в случае переменной `choice` функция вернет 2.

Мы уже несколько раз сталкивались с преобразованием типов.

Теперь, что такое явное или неявное преобразование типов.

Неявные преобразования типов – это когда в выражении оператор применяется к различным типам, и компилятор пытается неявно преобразовать один из операндов выражения в тип другого операнда, то же самое верно для выражений присваивания.

В общем случае неявное преобразование между типами значений возможно, если оно возможно семантически и никакая информация не теряется: `uint8` конвертируется в `uint16` и `int128` в `int256`, но `int8` не конвертируется в `uint256`, так как при этом теряется знак.

Кроме того, целые числа без знака могут быть преобразованы в байты того же или большего размера, но не наоборот.

Любой тип, который можно преобразовать в `uint160`, также можно преобразовать в адрес.

```
uint8 u = 200;
bytes1 b = bytes1(u);

int8 y = -3;
uint x = uint(y);

uint32 a = 0x12345678;
uint16 b = uint16(a); // b will be 0x5678 now
```

Явное преобразование – это когда компилятор не разрешает неявное преобразование, но вы можете сделать явное преобразование типов.

Явное преобразование делается с помощью указания типа, к которому вы хотите привести и в скобках указываете значение, которое хотите преобразовать.

Если один тип явно преобразовывается в тип меньшего размера, биты более высокого порядка обрезаются.

```
uint24 x = 0x123;
var y = x;

var a = true;
```

В Solidity есть также переменная типа `var`, которая делает предполагаемое типирование на основе первого присвоения.

С переменной `var` не нужно явно указывать тип переменной, компилятор автоматически передает его из типа присваивания.

Здесь тип «`u`» становится `uint24`, а тип «`a`» становится `bool`.

`var` не может использоваться в параметрах функций, в том числе возвращаемых параметрах.

`var` может использоваться для присвоения функции переменной.

С версии 0.4.20 Solidity ключевое слово `var` помечено как `deprecated`, т. е. нужно всегда явно указывать тип переменной.

```
(x, y) = (2, 7);
```

```
(x, b, y) = f();
```

```
function f() public pure returns (uint, bool, uint) {  
    return (7, true, 2);  
}
```

Solidity допускает использование кортежей, т. е. список объектов потенциально разных типов, размер которых является константой во время компиляции.

Инициализируется такой кортеж также списком значений.

Теперь надо отметить, что для всех переменных в Solidity, по умолчанию все значения переменных равны 0 при создании переменной.

И надо отметить, что в Solidity нет типов `double` и `float`.

```
uint data;  
delete data; // sets data to 0  
  
uint x = data;  
delete x; // sets x to 0, does not affect data  
  
uint[] dataArray;  
uint[] storage y = dataArray;  
delete dataArray;  
// this sets dataArray.length to zero, but as uint[] is a complex object,  
also y is affected which is an alias to the storage object
```

Кроме того, в Solidity для переменных есть оператор `delete`.

Оператор `delete` присваивает начальное значение для типа переменной.

То есть для целых чисел присваивается значение 0.

Для динамических массивов, длина массива становится нулевой.

Для статического массива длина остается такой же, а элементы массива обнуляются.

Для структуры все члены обнуляются, за исключением отображений.

Также оператор `delete` не применим к указателю на ссылочный тип в хранилище контракта.

В данном случае нельзя применить оператор `delete` к переменной `y`.

А вот если объявить `y` с ключевым словом `memory`, тогда можно объявить `delete y`.

Важно отметить, что `delete` действительно ведет себя как присвоение, т. е. сохраняет объект.

```
struct Bank {  
    address owner;  
    uint balance;  
    mapping (string => uint) balances;  
}  
  
Bank c = Bank(msg.sender, 5);  
  
function getChoice() public returns(uint){  
    c.balances["charles"] = 1;  
    delete c;  
    // return c.balance;  
    delete c.balances["charles"];  
    return c.balances["charles"];  
}
```

В показанном примере у нас есть структура с отображением.

В функции мы сбрасываем структуру оператором delete.

Но оператор return вернет нам не нулевое значение отображения.

Поэтому, чтобы полностью сбросить структуру, нужно отдельно применить оператор delete к членам структуры – отображениям.

```
pragma solidity ^0.4.0;

contract SimpleAuction {

    function taker(uint _a, uint _b) public {
        // do something with _a and _b.
    }

    function arithmetics(uint _a, uint _b) public pure returns (uint o_sum, uint o_product) {
        o_sum = _a + _b;
        o_product = _a * _b;
    }

    function arithmetics(uint _a, uint _b) public pure returns (uint, uint) {
        uint o_sum = _a + _b;
        uint o_product = _a * _b;
        return(o_sum, o_product);
    }
}
```

Внутри контракта используются функции, которые являются исполняемыми единицами кода в рамках контракта.

Функция объявляется с помощью ключевого слова function, затем идет имя функции, затем перечень входных параметров функции, затем дополнительные ключевые слова, затем, если функция что-то возвращает, идет ключевое слово returns и перечень выходных параметров функции.

И наконец, в фигурных скобках, тело функции.

Входные параметры объявляются так же, как и переменные.

Как уже говорилось, входные параметры функции хранятся в памяти по умолчанию.

Но для переменных ссылочного типа в Solidity есть аннотация storage, с помощью которой можно хранить входные параметры функции – массивы и структуры в хранилище контракта.

И входным параметром функции не может быть отображение.

В Solidity контракт может иметь несколько функций с одним и тем же именем, но с разными входными параметрами.

Далее, функции могут быть указаны как external, public, internal или private, где значение по умолчанию является public.

```

contract Test {

    function test(uint[3] a) public returns (uint) {
        // a is copied to memory
        return a[2]*2;
    }
    function test2(uint[3] a) external returns (uint) {
        // a is located in calldata
        return a[2]*2;
    }
    function test3(uint[3] a) internal returns (uint) {
        return a[2]*2;
    }
    function test4(uint[3] a) private returns (uint) {
        return a[2]*2;
    }
    function call(){
        uint[3] memory a = [uint(1),2,3];
        test(a);
        this.test2(a);
        test3(a);
        test4(a);
    }
}

```

Внешние `external` функции являются частью интерфейса контракта, что означает, что они могут быть вызваны из других контрактов и с помощью транзакций.

Внешняя `external` функция `f` не может быть вызвана внутренне, т. е. вызов просто `f()` не работает, а работает вызов `this.f()`.

Внешние функции иногда более эффективны, когда они получают большие массивы данных.

Рассмотрим почему.

Параметры внешних функций, не возвращаемые параметры, сохраняются в специальном хранилище `calldata` виртуальной машины.

Хранилище `calldata` является не модифицируемой, не сохраняемой между вызовами контракта областью, где хранятся аргументы внешней функции.

Выполнение `public` функции потребляет больше газа, чем вызов `external` функции, в случае передачи массива в качестве аргумента.

Происходит это потому, что в `public` функции происходит копирование массива в `memory`, тогда как в `external` функции чтение идет напрямую из `calldata`.

И выделение памяти, дороже, чем просто чтение из хранилища `calldata`.

Публичные `public` функции также являются частью интерфейса контракта и могут быть вызваны как изнутри, так и через сообщения.

Внутренние `internal` функции могут быть доступны только изнутри, т. е. из текущего контракта или контрактов, наследующих его, без использования ключевого слова `this`.

Вызовы внутренних функций преобразуются в простые прыжки внутри виртуальной машины.

Это приводит к тому, что текущая память не очищается, и передача ссылок на объекты в памяти внутренним функциям очень эффективна.

Таким образом, `public` функциям нужно копировать все аргументы в `memory`, потому что они могут быть вызваны еще и изнутри контракта, что представляет из себя абсолютно другой процесс – внутренние вызовы работают посредством прыжков в коде, а массивы передаются через указатели на `memory`.

Таким образом, когда компилятор генерирует код для `internal` функции, он ожидает увидеть аргументы в `memory`.

Для external функций, компилятору не нужно предоставлять внутренний доступ, поэтому он предоставляет доступ к чтению данных прямо из хранилища calldata, минуя шаг копирования в память.

И наконец, есть еще приватные функции, которые видны только для контракта, в котором они определены, а не в наследующих контрактах.

Приватные функции также вызываются изнутри контракта.

```
function arithmetics(uint _a, uint _b) public pure returns (uint o_sum, uint o_product) {
    o_sum = _a + _b;
    o_product = _a * _b;
}

function arithmetics_1(uint _a, uint _b) public pure returns (uint, uint) {
    uint o_sum = _a + _b;
    uint o_product = _a * _b;
    return(o_sum, o_product);
}

function call(){
    uint a;
    uint b;
    (a,b) = arithmetics(2,2);
    (a,b) = arithmetics_1(2,2);
}
```

Разберем теперь возвращаемые параметры функции.

Выходные параметры могут быть объявлены с тем же синтаксисом, как и переменные, после ключевого слова returns.

Также, имена выходных параметров могут быть опущены.

При этом выходные значения указываются с помощью оператора return, который может возвращать несколько значений.

Эти возвращаемые значения присваиваются переменным с помощью кортежа.

Изначально при вызове функции, возвращаемые параметры инициализируются нулем.

И если они явно не устанавливаются, они остаются равными нулю.

Возвращаемые параметры функции не могут быть отображениями и структурами.



```

function call(uint a, function (uint) returns (uint) f) internal returns(uint){

    uint x = f(a);
    return (x);

}

function call(uint a, function (uint) external returns (uint) f) private returns(uint){

    uint x = f(a);
    return (x);

}

```

Внутренние или внешние функции могут использоваться в качестве параметра внутренней или приватной функции, так как они будут частью одного и того же контекста.

В этом примере у нас есть внутренняя функция с двумя входными параметрами, один из которых – это переменная, которая является внутренней функцией по умолчанию.

И в коде функции мы используем входной параметр в качестве аргумента параметра – внутренней функции.

Переменная как функция объявляется немного по-другому, чем просто функция.

Имя функции указывается в конце, а не после ключевого слова function.

```

pragma solidity ^0.4.22;

contract Purchase {
    address public seller;

    modifier onlySeller() { // Modifier
        require(
            msg.sender == seller,
            "Only seller can call this."
        );
    }

    function abort() public onlySeller { // Modifier usage
        // ...
    }
}

```

Одной из интересных возможностей Solidity являются модификаторы функций.

Модификаторы функций могут использоваться для изменения поведения функций.

Например, они могут автоматически проверять состояние до выполнения функции.

Модификаторы являются наследуемыми свойствами контрактов и могут быть переопределены наследуемыми контрактами.

Таким образом, модификаторы позволяют абстрагировать части кода и писать функции с меньшим количеством проверок условий, переплетающихся с изменениями состояния.

Модификатор функции объявляется с помощью ключевого слова `modifier`, затем идет имя модификатора и входные параметры модификатора.

И затем код модификатора в фигурных скобках.

Код модификатора заканчивается чертой с точкой и запятой.

Что сигнализирует место, с которого начинается выполнение самой функции.

В самой функции имя модификатора указывается перед телом функции.

У функции может быть несколько модификаторов, которые последовательно указываются перед телом функции.

```
address owner;

constructor() public {
    owner = msg.sender;
}

modifier onlyOwner {
    require(msg.sender == owner);
    _;
}

function transferOwnership(address newOwner) onlyOwner public {
    require(newOwner != address(0));
    owner = newOwner;
}
```

Распространенный модификатор – это `onlyOwner`, который позволяет вызывать определенную функцию только собственнику контракта.

Конструктор контракта вызывается один раз при создании экземпляра контракта.

И в конструкторе, переменной состояния присваивается адрес собственника контракта, который создает транзакцию развертывания контракта.

Далее модификатор проверяет адрес вызывающего контракт.

И если адрес вызывающего контракт не совпадает с адресом собственника контракта, выбрасывается исключение.

Таким образом, указывая этот модификатор для функции, мы позволяем вызывать данную функцию только собственнику контракта.

```
pragma solidity ^0.4.11;

contract A {
    uint public a;
    constructor (uint _a) internal {
        a = _a;
    }
}

contract B is A{
    constructor(uint _y) A(_y) public {}

    function get() returns(uint){
        return a;
    }
}

contract C is A(1){
    constructor() public {}

    function get() returns(uint) {
        return a;
    }
}
```

Конструктор является необязательной функцией контракта, которая выполняется при создании контракта.

Конструктор может быть как публичным, так и внутренним – `public` или `internal`.

Если конструктор содержит входные параметры, наследующий контракт должен указать все аргументы, необходимые для базового конструктора.

Это можно сделать двумя способами.

Первый способ – это непосредственное наследование с указанием аргумента конструктора.

Другой способ – это указать наследование с помощью ключевого слова `is`, и в конструкторе указать модификатор, определяющий аргумент базового конструктора.

Первый способ используется, когда аргумент конструктора является константой.

Второй способ используется, если аргументы базового конструктора зависят от аргументов производного контракта.

Теперь, если конструктор контракта объявляется как `internal` – контракт становится абстрактным и не будет компилироваться, а компилироваться будут только его производные контракты с публичными конструкторами.

```

pragma solidity ^0.4.0;

contract Feline {
    function utterance() public returns (bytes32);
}

contract Cat is Feline {
    function utterance() public returns (bytes32) { return
    "miaow"; }
}

pragma solidity ^0.4.11;

interface Token {
    function transfer(address recipient, uint amount) public;
}

```

Также контракт становится абстрактным, если он объявляет функцию без тела.

И также не будет компилироваться, а будут компилироваться его производные контракты, реализующие эту функцию.

В solidity также можно использовать интерфейсы, которые объявляют некую функциональность с помощью объявления функций без тела.

И контракты могут наследовать интерфейсы, также как они наследуют другие контракты.

Интерфейсы объявляются с помощью ключевого слова `interface` и они также не компилируются как и абстрактные контракты.

```

library C {
    function a() returns (address) {
        return address(this);
    }
}

contract A {
    function a() constant returns (address) {
        return C.a();
    }
}

```

```

Binary:
606060405260018054600160a060020a031916331790557f9447fa17000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
606090815260006064819052
600260845273__TestLib_____91639447fa179160
a4916044818660325a03f41560025750505060c0806100846000396000f360606040
5260e060020a600035046376b8e528811460245780638da5cb5b14608f575b005b60
ad7ffc22471a0000000000000000000000000000000000000000000000000000
6060908152600060648190529073__TestLib_____
9063fc22471a906084906020906024818660325a03f4156002575050604051519150
5090565b60b660015473fffffffffffffffffffffffffffffffffffffffff1681565b
50604051602090f35b6060908152602090f3

```

В solidity есть также контракты – библиотеки.

Библиотеки аналогичны контрактам, но библиотека развертывается только один раз по конкретному адресу, и затем код библиотеки может использоваться повторно другими контрактами.

В Solidity библиотека – это другой тип контракта, который не может иметь никакого хранилища и соответственно переменных состояния и не может получать эфир.

Также библиотеки не могут наследовать и наследоваться.

О библиотеке можно думать, как о фрагменте кода, который можно вызывать из любого контракта без необходимости развертывания этого кода.

Это дает очевидную экономию газа и, следовательно, не загрязняет блок-цепочку повторяющимся кодом, так как один и тот же код не нужно развертывать снова и снова, а разные контракты могут просто использовать одну и ту же уже развернутую библиотеку.

Библиотека определяется с помощью ключевого слова `library` и ее функции вызываются в контракте с помощью имени библиотеки точка функция библиотеки.

При вызове функций библиотеки их код выполняется в контексте вызывающего контракта.

Поэтому в данном примере функция будет возвращать адрес контракта, а не библиотеки.

Теперь вопрос, как соединить контракт и уже развернутую библиотеку.

Так как компилятор не знает, где развернута библиотека, скомпилированный шестнадцатеричный код контракта будет содержать указатели с именем библиотеки.

И эти указатели нужно заполнить адресом библиотеки вручную, заменив все эти 40 символов шестнадцатеричной кодировкой адреса библиотечного контракта.

Только после этого скомпилированный контракт можно будет развернуть.

```
library SomeLibrary {
    function add(uint self, uint b) returns (uint) {
        return self+b;
    }
}

contract SomeContract {

    using SomeLibrary for uint;

    function add3(uint number) returns (uint) {
        return number.add(3);
    }
}

contract SomeContract {

    function add3(uint number) returns (uint) {
        return SomeLibrary.add(number, 3);
    }
}
```

Директива `using A for B` может использоваться для присоединения функций библиотеки А к любому типу В.

Эти функции библиотеки получают объект этого типа, для которого они вызываются, в качестве своего первого параметра.

Если объявить `using A for *`, тогда функции из библиотеки А будут прикреплены к любому типу.

Таким образом, если объявить `using SomeLibrary for uint`, тогда мы можем вызвать функцию `add` библиотеки как тип `uint`, в нашем случае `number`, точка и вызов функции с оставшимися аргументами.

С учетом того, что `number` будет передан функции `add` как первый параметр.

```

contract A{

uint public a;

constructor (uint _a) {
    a = _a;
}

function get() returns(uint){
    return a;
}
}

contract B{

    A con = A(0xe90f4f8aeba3ade774cac94245792085a451bc8e);

    function get() returns(uint) {
        return con.get();
    }
}

```

Теперь давайте разберем, как использовать один контракт внутри другого контракта без наследования и библиотек.

Если у нас есть контракт А, который уже развернут, и мы знаем адрес, по которому контракт А развернут, тогда в контракте В мы можем сделать явное преобразование из типа `address` в тип контракт.

Делается это с помощью объявления переменной типа контракт, а дальше делается явное преобразование из адреса этого контракта.

После этого мы можем вызывать функции контракта с помощью переменной контракта.

```

contract A{

uint public a;

constructor (uint _a) {
    a = _a;
}

function get() returns(uint){
    return a;
}
}

contract B{

    A con;
    address adr;

    constructor () {
        con = new A(10);
        adr = con;
    }

    function get() returns(uint) {
        return con.get();
    }

    function getAdr() returns(address) {
        return adr;
    }
}

```

Также контракт может сам создать новый контракт с использованием ключевого слова `new`.

При этом должен быть известен полный код создаваемого контракта.

Созданный контракт будет размещен по своему отдельному адресу, который также можно использовать для доступа к функциям контракта.

После создания контракта с использованием ключевого слова `new`, его переменную или адрес можно использовать для вызова контракта.

```
contract A{

uint public a;

    constructor (uint _a) public{
        a = _a;
    }

    function get() public view returns(uint){
        return a;
    }

    function get_() public constant returns(uint){
        return a;
    }

    function f(uint _a, uint _b) public pure returns (uint) {
        return _a * (_b + 42);
    }

}
```

Вернемся теперь к функциям контракта и обсудим объявление функции как `pure`, `constant`, `view`, `payable`, которое идет сразу после объявления функции как `internal`, `external`, `public`, `private`.

Самым первым модификатором было ключевое слово `constant`, которое объявляло функцию как не изменяющую никаких переменных состояния контракта.

Таким образом, компилятор мог знать, что данные не будут записаны в хранилище в результате вызова этой функции, и, следовательно, для этого не нужно тратить никакого газа.

После этого появились два модификатора `pure` и `view`, которые уточняли это определение функции.

Функции могут быть объявлены как `view`, если они не изменяют состояние контракта, но они могут считывать это состояние из блокчейна.

Функции, изменяющие состояние – это функции, которые записывают переменные состояния, генерируют события, создают другие контракты, используют оператор `selfdestruct`, который удаляет код контракта из блокчейна, функции, которые отправляют эфир, вызывают любую функцию, не отмеченную как `pure` или `view`, используют низкоуровневые вызовы, используют ассемблер инлайн, содержащий определенные коды операций.

Функции могут быть объявлены как `pure`, если они не изменяют состояние и не считывают его.

Такие функции используются как утилитные и выполняют внутренние вычисления контракта.

Функция считывает состояние, если она считывает переменные состояния, использует `this.balance` или `<address>.balance`, использует встроенные переменные `block`, `tx`, `msg` за исключением `msg.sig` и `msg.data`, вызывают любую функцию, не маркированную как `pure`, используют ассемблер инлайн, содержащий определенные коды операций.

```

contract Sender {

    constructor () public payable{}

    function sendFromCaller(address _receiver) public payable{
        require(msg.sender.balance>msg.value); // tx.origin.balance>msg.value
        _receiver.transfer(msg.value);
    }

    function sendFromContract(address _receiver, uint amount) public{
        require(address(this).balance>amount);
        _receiver.transfer(amount);
    }

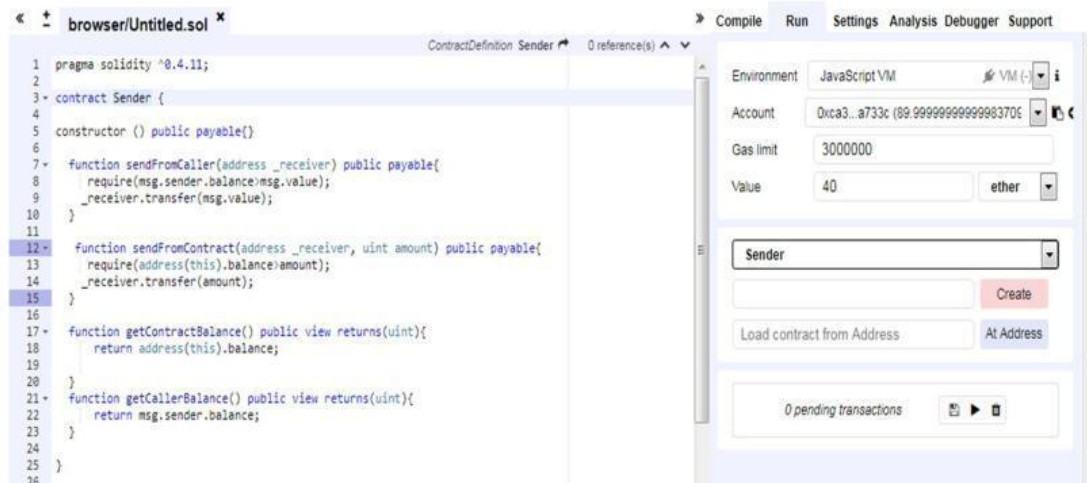
    function getContractBalance() public view returns(uint){
        return address(this).balance;
    }

    function getCallerBalance() public view returns(uint){
        return msg.sender.balance;
    }
}

```

Теперь разберем функцию payable.

Предположим, мы написали контракт Sender и хотим при его развертывании в блокчейн сразу пополнить баланс контракта эфиром.



В Remix контракт развертывается кнопкой Create.

И при этом в транзакции развертывания можно отправить эфир, заполнив поле Value.



```

contract Sender {

    constructor () public payable{}

    function sendFromCaller(address _receiver) public payable{
        require(msg.sender.balance>msg.value);
        _receiver.transfer(msg.value);
    }

    function sendFromContract(address _receiver, uint amount) public{
        require(address(this).balance>amount);
        _receiver.transfer(amount);
    }

    function getContractBalance() public view returns(uint){
        return address(this).balance;
    }

    function getCallerBalance() public view returns(uint){
        return msg.sender.balance;
    }

}

```

Значение эфира, отправляемого с транзакцией, можно получить с помощью поля `value` глобальной переменной `msg`.

Мы знаем, что при развертывании контракта вызывается его конструктор.

Теперь, чтобы контракт получил эфир, посылаемый с транзакцией создания контракта, нужно объявить его конструктор как `payable`.

После того, как мы объявим конструктор `payable` и отправим эфир с транзакцией создания контракта, отправленный эфир будет зачислен на баланс контракта.

Соответственно метод `getContractBalance` вернет нам баланс контракта, так как мы используем здесь адрес контракта `address(this)`.

А метод `getCallerBalance` вернет нам баланс внешнего счета, с которого мы вызываем этот контракт, так как мы используем адрес вызывающего `msg.sender`.

Вместо `msg.sender` здесь можно использовать адрес `tx.origin` – адрес отправителя транзакции.

Разница между `msg.sender` и `tx.origin` в том, что `tx.origin` дает адрес самого первого отправителя транзакции в цепочке транзакций, если в этой цепочке участвуют ряд контрактов, которые вызывают друг друга.

Например, если цепочка состоит из адресов `A->B->C->D`, то для `D` `msg.sender` будет `C`, а `tx.origin` будет `A`.

Теперь мы хотим отправить эфир другому контракту с помощью этого развернутого контракта.

Мы можем сделать это двумя способами.

Первый способ – мы можем отправить деньги с внешнего счета, отправив эфир с транзакцией вызова метода контракта.

И второй способ – мы можем отправить эфир с баланса самого контракта.

Если мы отправляем эфир с внешнего счета, который вызывает контракт, мы отправляем эфир с транзакцией, и количество этого эфира доступно с помощью поля `value` глобальной переменной `msg`.

В этом случае мы используем функцию `sendFromCaller` контракта.

Эту функцию мы маркируем как `payable`, и `msg.value` автоматически устанавливается как количество эфира, отправленного с этой функцией `payable`.

Во втором случае, мы используем функцию `sendFromContract`, которая просто отправляет некое количество указанного эфира с баланса контракта.

И мы проверяем, чтобы отправляемое количество эфира не превысило баланс контракта.

```
contract Receiver {  
  
    function () private payable{}  
  
    function getBalance() public view returns(uint){  
        return address(this).balance;  
    }  
    function deposit() public payable returns(bool success) {  
        return true;  
    }  
}
```

Теперь, чтобы контракт, которому посылается эфир, смог его принять, он должен иметь функцию, маркированную как `payable`.

Когда мы посылали эфир с помощью развернутого контракта, мы отправляли эфир с сообщением без явного вызова какой-либо функции получающего контракта.

В этом случае, чтобы получающий контракт принял этот эфир, мы должны использовать так называемую `fallback` функцию.

Вспомогательная функция `fallback` вызывается, когда контракту отправляется сообщение без вызова функции контракта.

Функция `fallback` является неименованной функцией и контракт может иметь только одну неименованную функцию.

Эта функция не может иметь аргументы и ничего не может вернуть.

Эта функция выполняется при вызове контракта, если ни одна из функций контракта не соответствует указанному идентификатору функции, или если данные вообще не были предоставлены.

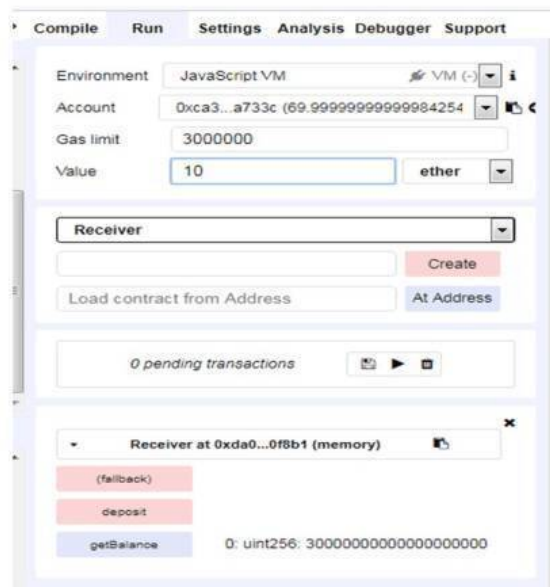
Кроме того, эта функция выполняется всякий раз, когда контракт получает эфир без данных.

И для приема эфира `fallback` функция должна быть отмечена как `payable`.

Как и любая другая функция, `fallback` функция может выполнять сложные операции, если для нее поступает достаточно газа.

Таким образом, для приема эфира от вызова функций `sendFromCaller` и `sendFromContract`, мы используем `fallback` функцию принимающего контракта.

Также мы можем послать эфир контракту, просто вызвав его `payable` функцию, здесь это функция `deposit`, и отправив с сообщением эфир `msg.value`.



В Remix мы можем это сделать, развернув контракт, и вызвав payable функцию, предварительно заполнив поле Value.

```
// if-else can be used like this
if(input1 == 2)
    a = 1;
else
    a = 0;

// while can be used like this
while(input1 >= 0){
    if(input1 == 5)
        continue;
    input1 = input1 - 1;
    a++;
}

// for loop can be used like this
for(uint i=0; i<=50; i++)
{
    a++;
    if(a == 4) break;
}
```

В Solidity доступны большинство операторов управления из JavaScript, за исключением switch и goto.

Можно использовать операторы if, else, while, do, for, break, continue, return,?:.

Здесь у нас показано использование управляющих структур.

```

event Deposit(
    address indexed _from,
    bytes32 indexed _id,
    uint _value
);
function deposit(bytes32 _id) public payable {
    emit Deposit(msg.sender, _id, msg.value);
}

var abi = /* abi as generated by the compiler */;
var ClientReceipt = web3.eth.contract(abi);
var clientReceipt = ClientReceipt.at("0x1234...ab67" /* address */);

var event = clientReceipt.Deposit();

// watch for changes
event.watch(function(error, result){
    // result will contain various information
    // including the arguments given to the `Deposit` call.
    if (!error)
        console.log(result);
});

result.args._from

```

Теперь рассмотрим еще один компонент контракта в Solidity – это события.

Блокчейн представляет собой список блоков, каждый из которых является списком транзакций.

И каждая транзакция имеет прикрепленный журнал, содержащий записи журнала, которые представляют собой результат событий, сгенерированных из смарт-контракта.

В исходном коде Solidity для определения события используется ключевое слово `event` (аналогично использованию ключевого слова `function`).

Затем вы вызываете или запускаете событие в теле любой функции.

Вы можете запускать события из любой функции.

Когда события запускаются, их аргументы сохраняются в журнале транзакций.

И этот журнал недоступен из контрактов, даже из контракта, который создал события.

Эти события доступны и могут прослушиваться и запускать код веб приложения, которое подключено к API-интерфейсу Ethereum JSON-RPC с помощью JavaScript библиотеки web3.

Журналы были спроектированы таким образом, чтобы быть формой хранения, которая требует значительно меньше газа, чем хранилище контрактов.

Журналирование стоит около 8 газа за байт, тогда как хранилище контракта стоит 20 000 газа за 32 байта.

Здесь у нас есть код контракта, в котором мы объявляем событие `Deposit` с тремя полями.

И в функции контракта мы генерируем это событие с тремя аргументами, которые записываются в журнал транзакции.

Далее в веб приложении, мы присоединяемся к этому контракту по его адресу и создаем переменную этого события.

Далее с помощью функции `watch` мы слушаем это событие и при его изменении, мы получаем результат, содержащий аргументы события.

Аргументы события можно получить из поля `args` результата.

```
var event = clientReceipt.Deposit({_from: senderAddress});  
  
var depositEventAll = clientReceipt.Deposit({_from: senderAddress}, {fromBlock: 0, toBlock: 'latest'});
```

До трех параметров события можно промаркировать как `indexed`, что приведет к тому, что соответствующие аргументы будут обрабатываться как темы журнала, а не как его данные.

И в пользовательском интерфейсе можно фильтровать определенные значения индексированных аргументов, указав фильтр в качестве параметра события.

Только события, соответствующие фильтру, будут вызывать функцию обратного вызова.

Все неиндексированные аргументы будут храниться как данные журнала.

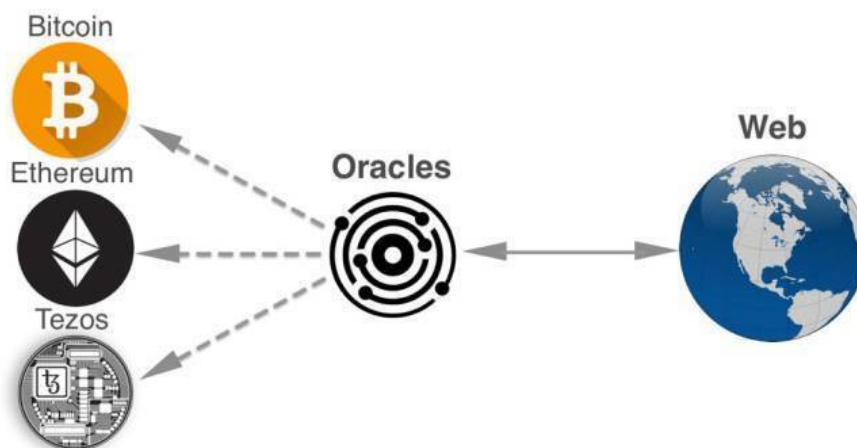
Надо заметить, что комбинация `string` и `indexed` не работает.

Потому что индексированные аргументы добавляются в темы журнала и должны иметь фиксированный размер, а строки – это динамические массивы.

Прослушивание события начинается после загрузки веб приложения и присоединения события.

Поэтому, если мы хотим получить события с нулевого блока, это делается путем добавления параметра ``fromBlock`` к событию.

## Ethereum Oracle



Выполнение смарт-контракта может зависеть от внешних данных, которые нужно получать из Интернета, смарт-контракт должен отправлять некие данные в Интернет.

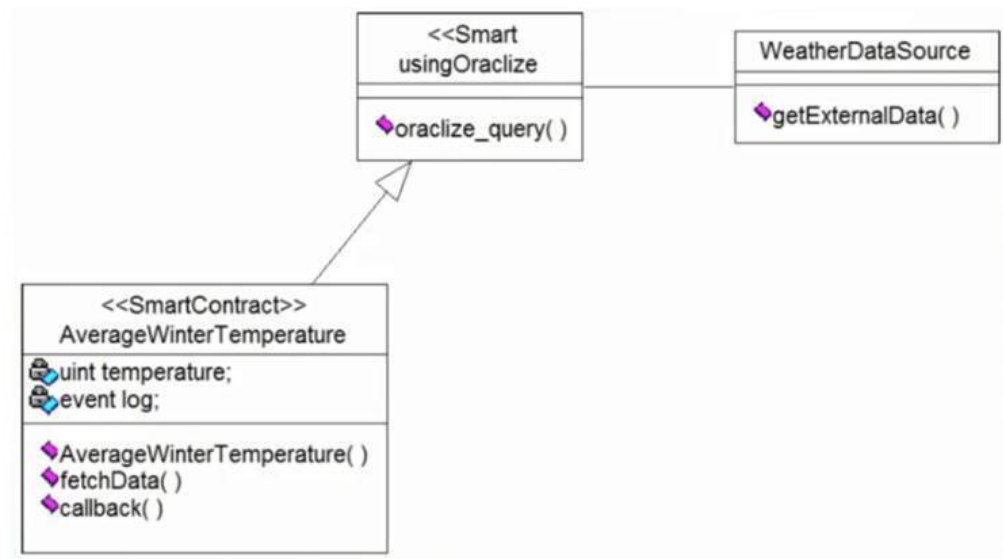
Но у блокчейна нет собственного способа связи с внешним миром.

Поэтому в контексте блокчейна эту проблему решает паттерн oracle, который связывает данные реального мира, которые находятся за пределами блокчейна, с объектами, находящимися внутри блокчейна.

Oracle является агентом, который находит и проверяет события реального мира и передает эту информацию в блокчейн, и эта переданная информация уже используется смарт-контрактами.

Основная задача Oracle состоит в том, чтобы обеспечить внешние данные для смарт-контрактов безопасным и надежным способом.

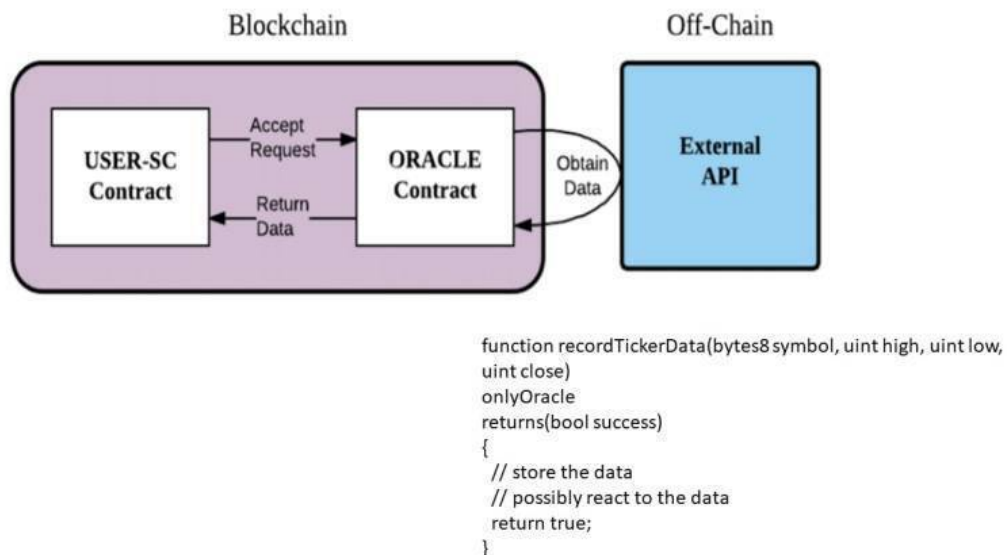
Таковыми данными могут быть температура погоды, оплата денег, колебания цен и т. д.



Oracle может обеспечивать безопасность данных либо путем подписания данных, чтобы ваш контракт мог проверить подпись, либо путем отправки данных из своего контракта в ваш контракт.

Проблема сервиса Oracle заключается в том, что пользователи должны доверять этой службе и ее данным.

Доверие к Oracle может обеспечиваться либо за счет репутации, либо, например, с помощью системы голосования участников за результат и стимулов, которые заставляют участников голосовать честно.



Таким образом, Oracle может быть доверенным сервисом, состоящим и веб приложения и контракта.

Веб приложение получает внешние данные и вызывает функцию контракта, которая записывает данные в блокчейн.

Мы можем представить себе упрощенную функцию контракта Oracle, которая имеет модификатор `onlyOracle`, обеспечивающий что только Oracle может вводить данные таким образом.

И как только данные будут введены, мы можем начать с ними делать то, что мы хотим.

Так как ввод данных в блокчейн потребляет газ, услуги такого сервиса будут платными.

То есть вызов функции контракта Oracle, которая возвращает данные в наш контракт, должен сопровождаться пересылкой эфира на баланс контракта Oracle.

```
oracleInstance.CallbackGetData()
  .watch((err, event) => {
    // Fetch data
    // and update it into the contract
    fetch(url)
      .then((resp) => resp.json())
      .then(function(data) {
        // Send data back contract on-chain
        oracleInstance.setData(data.result);
      })
  })
  .catch(function(error) {
    console.log(error);
  });
});
```

Контракт Oracle может иметь событие, которое будет генерироваться при запросе обновления данных пользовательским контрактом.

Веб приложение Oracle будет слушать это событие, и как только оно появится, веб приложение запросит внешние данные по URL адресу, получит эти данные и вызовет функцию контракта, которая запишет данные в блокчейн.

Таким образом будет произведено обновление данных.

Далее пользовательский контракт может вызвать функцию контракта Oracle на получение обновленных данных.



## Создание своей криптовалюты с Ethereum



Своя криптовалюта на платформе Ethereum может быть выпущена в виде цифровых токенов.

Цифровые токены в экосистеме Эфириума могут представлять собой любую ценность, которой можно торговать – это монеты, сертификаты, долговые расписки, внутри-игровые предметы и т. д.

Токены Ethereum тесно связаны с другим понятием, ICO или Initial Coin Offering.

Первоначальное предложение монет ICO можно рассматривать как альтернативную форму crowdfunding.

Это один из самых простых и эффективных методов для компаний и частных лиц, чтобы профинансировать свои проекты, и способ инвестирования в проекты для инвесторов.

Предположим, у группы людей появилась идея, но на ее реализацию нужны деньги.

Тогда они рекламируют свою идею и призывают в нее вложиться.

Взамен они дают токены – валюту своего проекта.

И как правило владельцам этих токенов что-то обещают.

Например, разделить между владельцами токенов какую-то часть прибыли проекта или платить этими токенами за какие-то услуги проекта.

ICO – это событие, которое обычно длится в течение одной или нескольких недель, когда всем желающим разрешено приобретать выпущенные токены в обмен на уже существующие криптовалюты, такие как эфир (ETH).

### Типы токенов:

Фиксированная сумма собираемых денег через ICO. Каждый токен имеет заранее определенную цену, которая не меняется в течение ICO. Фиксированное количество токенов.

Фиксированное количество токенов с динамической целью финансирования. Цена токена изменяется в зависимости от суммы полученных средств.

Количество токенов определяется количеством полученных средств. Цена для каждого токена является фиксированной, но каждый раз, когда принимается один эфир, создается новый токен. Предел финансирования может быть задан с точки зрения цели финансирования или временных рамок.

В ICO может быть определен предел для финансирования проекта.

И это означает, что каждый токен будет иметь заранее определенную цену, которая не будет меняться в течение ICO.

Также это означает, что количество токенов является статическим.

Также можно определить фиксированное количество токенов с динамической целью финансирования, когда цена токена будет устанавливаться в соответствии с полученными средствами, и это означает, что чем больше средств получит проект, тем выше будет цена на токен.

И наконец, можно определить динамический токен.

При этом количество токенов будет определяться количеством полученных средств, что означает, что цена для каждого токена является фиксированной, например, 1 токен = 1 ETH, но каждый раз, когда отправляется один эфир, создается новый токен.

И предел может быть задан с точки зрения цели финансирования или временных рамок.

Таким образом, жизненный цикл ICO может состоять из следующих стадий.

### Жизненный цикл ICO:

Предпродажи - продажа токенов узкому кругу людей

Открытая продажа токенов

Продажа токенов на биржах

Первая стадия, это предпродажи, когда команда проекта пробует продать токены узкому кругу людей.

Этот этап используется, чтобы оценить интерес к проекту и проверить готовность к основной продаже.

Следующая стадия, это непосредственная открытая продажа токенов.

В этом случае назначается дата, когда будет дан старт продажам.

Далее начинается продажа, и по наступлению какого-либо условия распродажа токенов заканчивается.

Например, по достижению необходимой суммы или наступлению даты окончания продажи.

На этом этапе для ICO создаются два контракта.

Это контракт распродажи и контракт самого токена.

И наконец последняя стадия ICO, это выпуск токенов на биржи.

ICO подходит не для каждого бизнеса.

Это не инструмент для быстрого сбора денег и обхода длительного и дорогостоящего процесса регистрации публичной оферты у регулирующих органов.

Хотя это имело место в начале формирования механизма ICO, сейчас это уже не так.

Как и все остальное в криптографическом мире, процедура ICO постепенно формируется, и для нее принимаются неформальные стандарты.

#### Подготовка ICO:

Решить, подходит ли ICO для вашего проекта

Создать продукт

Создать токен

Получить юридическое заключение

Написать технический документ

Создать сообщество – Bitcointalk, Coinschedule, CoinGecko, Cyber Fund, ICOCrowd, ICOCountdown, ICO-List, Coinlist, Reddit, Quora, Slack, Telegram, LinkedIn, Facebook

Провести ICO

Главный вопрос, который должен спросить себя каждый стартап, который собирается провести ICO, будет ли цифровой токен интегрироваться в его бизнес-модель должным образом.

Если единственное использование вашей монеты – это обмен на бирже, это гарантирует, что цена токена катастрофически упадет сразу после того, как состоится ICO.

Любой токен, выпущенный во время кампании, подвергнется спекуляциям, как только он выйдет на рынок.

Единственное, что может защитить его цену, – это реальный спрос на токен, который может быть создан его реальной полезностью.

Если децентрализованный токен может увеличить ценность продукта стартапа, имеет смысл заняться ICO.

Для того чтобы токен имел надежное обоснование, нужно создать надежный, безопасный и масштабируемый продукт на основе блокчейна.

И этот продукт должен использовать ваш токен.

Только после этого можно создавать сам токен.

Это может быть самая простая часть процесса ICO.

Создание токена означает создание актива, который должен помочь выжить вашему бизнесу.

В этом смысле токены похожи на акции компании, которые продаются инвесторам при IPO.

Прежде чем создавать токены, нужно решить, какую сумму вы хотите собрать, сколько токенов вы выпустите, сколько токенов вы оставите себе, сколько токенов продадите в рамках предварительного ICO, и заранее решите, в каком случае вы будете выпускать дополнительные токены.

Также необходимо получить юридическое заключение на ваше ICO.

Всякий раз, когда вы имеете дело с деньгами других людей, вы должны быть юридически защищены.

Необходимо убедиться, что ваш токен не рассматривается как ценная бумага, и вы избежите проблем с Комиссией по ценным бумагам и биржам правительства США.

Также, для успешного проведения ICO, необходимо написать whitepaper или технический документ.

Технический документ – это проспект, в котором четко излагаются технические аспекты продукта, проблемы, которые он намеревается решить, как он будет заниматься этими проблемами, содержится описание команды и описание стратегии генерации и распределения токенов.

Это одновременно презентация, бизнес-план, маркетинговый план и техническое руководство.

Помимо whitepaper необходимо сформировать свое сообщество.

Это очень важный шаг в процессе ICO.

Ваш токен не будет продаваться, если об этом не узнают инвесторы.

Большинство успешных продаж токенов обусловлено первоначальной рекламой.

Этот ажиотаж должен подкрепляться реальным сообществом инвесторов, которое поддерживает вас и ваш токен, и не будет продавать токен при первой же возможности.

Для этого существует несколько каналов маркетинга ICO.

Это форумы, самым известным из которых является Bitcointalk, где присутствуют практически все проекты ICO.

Это календари ICO. Блоггеры и журналисты часто создают списки «лучших ICO» на основе специальных сайтов ICO, таких как, Coinschedule, CoinGecko, Cyber Fund, ICOCrowd, ICOCountdown, ICO-List, Coinlist, Reddit, Quora, Slack, Telegram, LinkedIn, Facebook

Существует много дискуссий в Quora о разных ICO и криптовалютах, в которых вы можете активно участвовать и ссылаться на свою страницу ICO.

Вы можете создать собственный канал на Slack и Telegram.

Потенциальные инвесторы смогут общаться с учредителями проекта, членами команды и между собой. Эти каналы должны постоянно контролироваться, и на все вопросы и ложные обвинения, предъявляемые пользователями, должны сразу же даваться ответы.

Существуют профессиональные группы LinkedIn, в которых обсуждают ICO.

Существуют группы Facebook, где обсуждаются ICO.

Также качественный PR в средствах массовой информации поможет создать репутацию и позиционировать вашу компанию как инновационную и убедить людей в вашей бизнес-модели.

Самым большим препятствием для ICO является создание доверия к проекту.

Одним из лучших способов установления доверия является поиск подходящих крипто-защитников для своего бизнеса. Стимулируйте их должным образом и постепенно увеличивайте аудиторию.

Также контекстная реклама на Facebook, Twitter, Reddit, Google и Yandex – это хороший способ привлечь инвесторов и конечных пользователей, которые фактически заинтересованы в использовании вашего продукта.

Теперь более подробно рассмотрим, как организовать собственно саму открытую продажу токенов с помощью двух контрактов – контракта продажи и контракта самого токена.

Начнем с контракта токена.

Для того чтобы ваш токен был совместим с кошельком Ethereum и любым другим клиентом, он должен реализовывать набор основных функций стандартным образом.

<https://github.com/ethereum/EIPs/blob/master/EIPS/eip-20.md>

eip	title	author	type	category	status	created
20	ERC-20 Token Standard	Fabian Vogelsteller <fabian@ethereum.org>, Vitalik Buterin <vitalik.buterin@ethereum.org>	Standards Track	ERC	Final	2015-11-19

### Simple Summary

A standard interface for tokens.

### Abstract

The following standard allows for the implementation of a standard API for tokens within smart contracts. This standard provides basic functionality to transfer tokens, as well as allow tokens to be approved so they can be spent by another on-chain third party.

### Motivation

A standard interface allows any tokens on Ethereum to be re-used by other applications: from wallets to decentralized exchanges.

Для этого существует стандарт ERC20, который описан в репозитории Ethereum Improvement Proposal.

И этот стандарт реализован в виде интерфейса.

```

pragma solidity ^0.4.21;

contract EIP20Interface {

    function name() view returns (string name);
    function symbol() view returns (string symbol);
    function decimals() view returns (uint8 decimals);

    function totalSupply() constant returns (uint256 totalSupply);

    function balanceOf(address _owner) public view returns (uint256 balance);

    function transfer(address _to, uint256 _value) public returns (bool success);

    function transferFrom(address _from, address _to, uint256 _value) public returns (bool success);

    function approve(address _spender, uint256 _value) public returns (bool success);

    function allowance(address _owner, address _spender) public view returns (uint256 remaining);

    event Transfer(address indexed _from, address indexed _to, uint256 _value);
    event Approval(address indexed _owner, address indexed _spender, uint256 _value);
}

```

Таким образом, чтобы создать контракт стандартного токена, нам нужно, чтобы он реализовывал этот интерфейс.

Здесь `name` – хранит полное название вашей монеты.

`Symbol` – хранит короткое название вашей монеты или ее символ. С этим символом ваша валюта будет отображаться на биржах и в кошельках.

`Decimals` – количество знаков после запятой. 18 – это наиболее распространенное значение.

Так как 1 вэй – это 1 в минус 18 эфира. Вэй – это наименьшая единица эфира.

Здесь функция `totalSupply` возвращает общее количество выпущенных токенов. Эту функцию может вызвать любой.

Функция `balanceOf` возвращает количество монет, принадлежащих указанному адресу. Эту функцию может вызвать любой.

И кошельки для отображения вашей монеты вызывают именно эту функцию.

Функция `transfer` передает указанное количество монет на указанный адрес.

Когда пользователь будет перемещать свои монеты на другой адрес будет вызываться именно эта функция.

Соответственно монеты должны браться с баланса пользователя, который вызвал эту функцию.

Функция должна создавать событие `Transfer` в случае успешного перемещения монет.

Функция `transferFrom` позволяет вашему доверенному лицу распоряжаться определенным количеством монет на вашем счету.

Дать разрешение на управление средствами можно функцией `approve`.

Функция `transferFrom` должна создавать событие `Transfer` в случае успешного перемещения монет.

Функция `approve` разрешает пользователю с указанным адресом снимать с вашего счета, точнее со счета вызвавшего функцию пользователя, средства не более чем указанная сумма.

На основе этого разрешения должна работать функция `transferFrom`.

Функция `approve` должна создавать событие `Approval`.

Функция `allowance` возвращает, сколько монет со своего счета разрешил снимать пользователь `owner` пользователю `spender`.

```

pragma solidity ^0.4.21;
import "./EIP20Interface.sol";
contract EIP20 is EIP20Interface {

    uint256 constant private MAX_UINT256 = 2**256 - 1;
    mapping (address => uint256) public balances;
    mapping (address => mapping (address => uint256)) public allowed;
    string public name;           //fancy name: eg Simon Bucks
    uint8 public decimals;        //How many decimals to show.
    string public symbol;         //An identifier: eg SBX
    uint256 public totalSupply;

    function EIP20(
        uint256 _initialAmount,
        string _tokenName,
        uint8 _decimalUnits,
        string _tokenSymbol
    ) public {
        balances[msg.sender] = _initialAmount;    // Give the creator all initial tokens
        totalSupply = _initialAmount;             // Update total supply
        name = _tokenName;                         // Set the name for display purposes
        decimals = _decimalUnits;                  // Amount of decimals for display purposes
        symbol = _tokenSymbol;                     // Set the symbol for display purposes
    }
}

```

Теперь реализуем этот интерфейс в контракте токена.

Конструктор этого контракта будет вызываться при создании контракта, создателем токена.

После создания контракта и соответственно токена, никто другой не сможет заново вызвать конструктор контракта.

Поэтому в конструктор контракта мы передаем количество создаваемых токенов, имя токена, разрядность токена и его символ.

В конструкторе мы связываем количество создаваемых токенов с адресом собственника контракта, и это отображение будет балансом создателя токенов.

И мы заполняем переменные состояния контракта totalSupply, name, decimals и symbol.

```

function totalSupply()
    public
    view
    returns (uint256) {
    return _totalSupply;
}
function name()
    public
    view
    returns (string) {
    return _name;
}
function symbol()
    public
    view
    returns (string) {
    return _symbol;
}
function decimals()
    public
    view
    returns (uint8) {
    return _decimals;
}

```

Далее мы реализуем функции, возвращающие переменные состояния и маркируем их как view – функции, только читающие из блокчейна.

```
function transfer(address _to, uint256 _value) public returns (bool success) {
    require(balances[msg.sender] >= _value);
    balances[msg.sender] -= _value;
    balances[_to] += _value;
    emit Transfer(msg.sender, _to, _value); //solhint-disable-line indent, no-unused-vars
    return true;
}

function transferFrom(address _from, address _to, uint256 _value) public returns (bool success) {
    uint256 allowance = allowed[_from][msg.sender];
    require(balances[_from] >= _value && allowance >= _value);
    balances[_to] += _value;
    balances[_from] -= _value;
    if (allowance < MAX_UINT256) {
        allowed[_from][msg.sender] -= _value;
    }
    emit Transfer(_from, _to, _value); //solhint-disable-line indent, no-unused-vars
    return true;
}
```

В реализации функции `transfer`, мы проверяем, чтобы баланс пользователя, вызывающего эту функцию, был не меньше монет, которые отправляются на другой адрес.

Далее мы вычитаем из баланса этого пользователя отправляемые монеты и прибавляем эти монеты к балансу получателя монет.

Также мы генерируем событие `Transfer`, которое может слушать веб приложение, для отображения транзакции на веб странице.

В функции `transferFrom`, мы получаем количество монет, которыми разрешено распоряжаться с помощью отображения `allowed`.

И проверяем, чтобы количество отправляемых монет было не больше баланса счета, с которого монеты снимаются, и было не больше монет, которыми разрешено распоряжаться.

Далее мы снимаем монеты с одного баланса и прибавляем их к другому балансу.

И вычитаем эти монеты из количества монет, которыми разрешено распоряжаться.

Также мы генерируем событие `Transfer`, которое может слушать веб приложение.



```
function balanceOf(address _owner) public view returns (uint256 balance) {
    return balances[_owner];
}

function approve(address _spender, uint256 _value) public returns (bool success) {
    allowed[msg.sender][_spender] = _value;
    emit Approval(msg.sender, _spender, _value); //solhint-disable-line indent, no-unused-vars
    return true;
}

function allowance(address _owner, address _spender) public view returns (uint256 remaining) {
    return allowed[_owner][_spender];
}
```

В реализации функции `approve` мы создаем отображение `allowed`, которое связывает адрес разрешающего пользователя с адресом пользователя, которому разрешают снимать деньги, с количеством монет, которыми разрешено распоряжаться.

Функции `balanceOf` и `allowance` возвращают баланс и количество монет, которыми разрешено распоряжаться.

```
contract Ownable {

    address public owner;

    function Ownable() public {
        owner = msg.sender;
    }

    modifier onlyOwner() {
        require(msg.sender == owner);
        _;
    }

    function transferOwnership(address newOwner) public onlyOwner {
        owner = newOwner;
    }

}
```

Теперь, предположим, мы хотим проводить дополнительную эмиссию токенов.

Для этого нам нужно добавить функцию, добавляющую сумму к `totalSupply` и к балансу собственника контракта.

И эту функцию может вызвать только собственник контракта.

Поэтому мы определим контракт `Ownable`, в котором определен модификатор `onlyOwner`.

```

contract EIP20 is EIP20Interface, Ownable{

    event Mint(address indexed to, uint256 amount);
    event MintFinished();
    bool public mintingFinished = false;

    ...

    function mint(address _to, uint _value) public onlyOwner{
        assert(totalSupply + _value >= totalSupply && balances[_to] + _value >= balances[_to]);
        require(!mintingFinished);
        balances[_to] += _value;
        totalSupply += _value;
        Mint(_to, _amount);
    }

    function finishMinting() public onlyOwner{
        require(!mintingFinished);
        mintingFinished = true;
        MintFinished();
        return true;
    }

}

```

Далее наш контракт будет наследовать контракт Ownable.

И в нашем контракте мы определим функцию `mint`, которая будет иметь модификатор `onlyOwner` и будет добавлять передаваемое значение к `totalSupply` и к балансу собственника контракта.

Также мы добавим функцию `finishMinting` окончания дополнительной эмиссии токенов, которая сделает вызов функции `mint` невозможным.

Эта функция вызывается в ICO правило после окончания распродажи монет.

Возобновить выпуск монет больше будет нельзя.

В случае доп. эмиссии после ICO, стоимость монеты будет уменьшаться.

А это плохо для покупателей монеты.

Поэтому если покупатель увидит, что после окончания ICO не будет физической возможности выпустить новые монеты, то доверие к проекту повысится.

Здесь мы это сделали с помощью установки флага `mintingFinished` в значение `true`.

Также здесь мы добавили генерацию соответствующих событий.

Все контракт токена готов.

```

contract Crowdsale {
    address owner;

    EIP20 public token = new EIP20 (0, "Verify Token", 18, "VTX");

    uint start = 1500379200;

    uint period = 28;

    function Crowdsale() {
        owner = msg.sender;
    }

    function() payable {
        require(now > start && now < start + period*24*60*60);
        owner.transfer(msg.value);
        token.mint(msg.sender, msg.value);
    }
}

```

Теперь нам нужно написать контракт распродажи нашего токена.

Этот контракт будет работать следующим образом.

Инвестор будет отправлять эфир на этот контракт.

А контракт в ответ будет выпускать токены и зачислять их на баланс инвестора.

В контракте распродажи мы сначала создаем контракт самого токена, определяя его переменные состояния – количество выпущенных токенов, имя токена, его разрядность и его символ.

В этом ICO мы стартуем с нулевого количества токенов и выпускаем их по фиксированной цене по мере их покупки инвесторами.

Переменная контракта `start` – это дата начала распродажи наших токенов в UNIX формате.

Это количество секунд с 1 января 1970 года.

Переменная контракта `period` – это сколько дней будет длиться распродажа.

Чтобы перевести период в секунды, мы умножаем его на `*24*60*60`.

Далее мы определяем `fallback` функцию контракта, которая автоматически будет вызываться в ответ на перечисление эфира контракту.

В этой функции мы сначала проверяем, чтобы текущая дата была между стартом продаж и их завершением.

Здесь `now` – это глобальная переменная Solidity, которая возвращает текущую дату.

Далее мы перечисляем на адрес собственника контракта пришедший контракту эфир и выпускаем новые токены на счет инвестора с помощью функции `mint` контракта токена.

### Задание

Добавьте в контракт распродажи ограничение на сумму собираемых эфиров в ICO.

В функции `finishMinting` добавьте выпуск токенов для собственника контракта в процентном соотношении от общего количества выпущенных в ICO токенов.

## Применение смарт-контрактов

Одним из вариантов использования смарт-контрактов является цифровая идентификация.

Например, смарт-контракт может содержать атрибуты, которые могут быть добавлены владельцем идентичности и которые хранятся в хэш-форме.

Атрибуты, подтверждающие идентичность владельца, например номер паспорта, могут быть одобрены третьей стороной, это делается путем сохранения соответствующего хэша подтверждения напротив хэша атрибута. Подтверждения могут быть отозваны и считаются текущими, если не отозваны.

Чтобы проверить базовые атрибуты и данные подтверждения, необходимо вычислить соответствующие хэши и проверить их присутствие в соответствующем контракте идентификации.

Таким образом, владелец идентичности может подтвердить, что атрибут является правильным представлением части своей идентичности, путем сохранения соответствующего хэш-значения, после чего третьи стороны могут подтвердить действительность каждого атрибута, сохраняя соответствующее значение хеш-функции для атрибута.

Цифровая идентификация на основе смарт-контракта позволяет автоматизировать сложные процессы проверки личности и перейти от разрозненных и дублированных информационных записей о личности к широкой интеграции с распределенной основной идентификационной записью. Пользователи могут создавать профиль идентификации и разрешать доверенным пользователям, включая учреждения, проверять его подлинность. Затем пользователи могут напрямую взаимодействовать друг с другом, зная, что их контрагент является тем, кем он себя называет.

Другое применение смарт-контрактов – это получение и отправка платежей между сторонами. При этом поставщик услуг излагает условия оплаты в счете-фактуре, которая затем отправляется потребителю услуги. Ожидается, что потребитель услуги оплатит сумму, указанную в счете, в срок, указанный в счете. Помимо разовых платежей, смарт-контракты могут обеспечивать подписку на услуги.

Пользователи могут участвовать в этом виде финансовых услуг без необходимости централизованного хранения или комиссионных сборов посредников.

Смарт-контракты также могут предоставлять такие финансовые услуги, как ипотека и кредиты. Например, смарт-контракт, созданный для обработки ипотеки или кредита, может отслеживать платежи и освобождать заложенную собственность после выплаты всего кредита.

Для ведения бухгалтерии или другой отчетности организаций, смарт-контракты могут обеспечивать сбор и запись данных, управляя единообразной записью данных во всей организации и упрощая анализ и отчетность.

Смарт-контракты могут управлять цепочками поставок сырья и готовой продукции. Например, смарт-контракты можно использовать для отслеживания товаров и их оплаты в цепочке поставок с полной наглядностью и прозрачностью.

Смарт-контракты можно использовать в страховании. Например, в автостраховании смарт-контракты могут собирать данные датчиков автомобиля и записи о вождении для скорейшего урегулирования страховки, исключая мошенничество в процессе.

В медицине смарт-контракты могут собирать и хранить медицинские данные, упрощая обмен данными между учреждениями с сохранением конфиденциальности.

Смарт-контракты могут обеспечивать депонирование средств. Например, для фриланса смарт-контракты могут автоматизировать процесс отправки работы заказчику и освобождения суммы условного депонирования для оплаты фрилансеру за выполненную работу.

Еще один вариант использования смарт-контрактов в трейдинге. В этом случае брокер становится не нужным, а его работа автоматизируется с помощью смарт-контракта.

Смарт-контракты также могут использоваться в сфере недвижимости, обеспечивая транзакции с недвижимостью и храня записи о передаче прав собственности, сокращая комиссии за закрытие сделки за счет автоматического выполнения смарт-контрактов, которые функционируют без посредников.

Смарт-контракты могут использоваться в качестве юридически обязательных контрактов, потенциально снижая затраты, связанные с использованием юристов и других посредников.

Например, в Аризоне разрешается заключать юридические соглашения, подлежащие исполнению, с помощью смарт-контрактов, а в Калифорнии разрешается выдавать брачные лицензии с помощью технологии блокчейн.

Также есть потенциал для создания смарт-контрактов на основе ИИ. По мере того, как приложения смарт-контрактов внедряются в различных отраслях, они должны будут становиться все более сложными, чтобы соответствовать их новым ролям. Хотя примитивные варианты использования смарт-контрактов можно разрабатывать вручную, смарт-контракты с поддержкой ИИ могут позволить создавать очень сложные, более гибкие смарт-контракты корпоративного уровня. Реализации ИИ могут использовать технологию смарт-контрактов для автономного выполнения наборов правил и обеспечения безопасной среды для существования конфиденциальных и ценных данных машинного обучения.

Это далеко не полный перечень возможных применений смарт-контрактов, которые могут предоставить уникальный способ решения задач с помощью блокчейна и децентрализации.

## Смарт-контракт для идентификации

В качестве примера рассмотрим создание смарт-контракта для цифровой идентификации личности.

И первый смарт-контракт в этом проекте будет поддерживать реестр действующих контрактов, так чтобы другие стороны могли проверять наличие действительного контракта в этом списке и, следовательно, подтверждение личности.

И каждый смарт-контракт начинается с директивы `pragma`.

`pragma solidity ^0.4.0;`


Исходные файлы должны быть аннотированы так называемой прагмой версии, чтобы отказаться от компиляции с будущими версиями компилятора, которые могут внести несовместимые изменения.


Такой исходный файл не будет компилироваться компилятором более ранней, чем версия 0.4.0, и он также не будет работать на компиляторе, начиная с версии 0.5.0, это второе условие добавляется с помощью `^`.

Идея заключается в том, что критических изменений не будет до версии 0.5.0, поэтому мы всегда можем быть уверены, что наш код будет компилироваться так, как мы планировали.

Посмотреть версию компилятора можно в среде Remix.


## SOLIDITY COMPILER

COMPILER 


0.4.0+commit.acd334c9 

☐ Include nightly builds

LANGUAGE


Solidity 

EVM VERSION

compiler default 

COMPILER CONFIGURATION

☐ Auto compile

☐ Enable optimization 200 

☐ Hide warnings

Далее мы объявляем имя контракта с помощью ключевого слова `contract`.

```
contract IdentityRegistryContract {
    address payable private owner;
    uint constant PENDING = 0;
    uint constant ACTIVE = 1;
    uint constant REJECTED = 2;
}
```

Здесь мы объявляем переменную типа адрес.

В Solidity существует два типа адреса, которые во многом идентичны, это адрес Ethereum, который содержит 20-байтовое значение, и это адрес к оплате, такой же, что и просто адрес, но с дополнительными членами для передачи и отправки эфира.

Идея этого различия заключается в том, что оплачиваемый адрес – это адрес, на который вы можете отправить эфир, в то время как на простой адрес не может быть отправлен эфир.

Неявные преобразования из оплачиваемого адреса в адрес разрешены, тогда как преобразования из простого адреса в оплачиваемый адрес должны быть явными через функцию payable (<address>).

Здесь мы объявляем адрес регистратора, который может одобрять контракты в реестре.

И этот адрес будет приватным, т. е. доступным только из этого контракта.

Далее мы объявляем переменные состояния, значения которых постоянно хранятся в хранилище контрактов, типа целые числа без знака – константы.

Переменные состояния могут быть объявлены как постоянные или неизменяемые, constant или immutable. В обоих случаях переменные не могут быть изменены после создания контракта. Для постоянных переменных значение должно быть зафиксировано во время компиляции, а для неизменяемых оно все еще может быть присвоено во время выполнения конструктора.

По сравнению с обычными переменными состояния, затраты на газ для постоянных и неизменяемых переменных намного ниже.

Для постоянных переменных значение должно быть константой во время компиляции и должно быть присвоено там, где объявлена переменная.

Неизменяемым переменным может быть присвоено произвольное значение в конструкторе контракта или в момент их объявления.

Здесь PENDING – это контракт ожидающий принятие в реестр, ACTIVE – это контракт одобренный реестром, REJECTED – это контракт не одобренный реестром.

Эти переменные не имеют модификатора видимости. Solidity по умолчанию назначает переменным состояния видимость internal – внутренняя, это означает, что к таким переменным можно получить доступ только из текущего смарт-контракта или любых смарт-контрактов, производных от него.

```
constructor() {
    owner = payable(msg.sender);
}
```

В конструкторе контракта мы с помощью встроенной функции Solidity – msg.sender получаем адрес текущего аккаунта, взаимодействующего со смарт-контрактом или адрес регистратора, так как код конструктора выполняется один раз при создании контракта и используется для инициализации состояния контракта.



После выполнения кода конструктора окончательный код развертывается в блокчейне. Этот код включает в себя общедоступные функции. Но код конструктора не включается в этот окончательный код.

Этот адрес мы конвертируем в оплачиваемый адрес и сохраняем его в переменной состояния.

```
struct IContract {
    bytes32 hash;
    address submitter;
    uint status;
}
```

Далее мы объявляем структуру, которая будет представлять контракты в реестре.

Реестр содержит список действующих контрактов, которые регистратор утвердил как действительные.

Каждый контракт представлен хэшем байт-кода контракта, адресом аккаунта, отправившего контракт в реестр, и статусом контракта – 0 ожидание, 1 активен, 2 отклонен.

```
mapping(bytes32 => SIContract) public sicontracts;
```

Здесь мы связываем байтовый ключ со структурой контракта. В нашем случае ключом будет служить хэш байт-кода контракта.

Сопоставления действуют как хэш-таблицы, которые состоят из ключей и соответствующих значений. И сопоставления определяются как любой другой тип переменных в Solidity.

```
function submitContract(bytes32 _contractHash) public returns(bool) {
    IContract storage icontract = sicontracts[_contractHash];
    icontract.hash = _contractHash;
    icontract.submitter = msg.sender;
    icontract.status = PENDING;
    return true;
}
```

Здесь мы определяем публичную функцию, с помощью которой можно послать контракт идентификации в реестр. Эта функция записывает в структуру контракта хэш байт-кода контракта, адрес владельца контракта и статус контракта, как ожидающий. При этом мы связываем хэш байт-кода контракта идентификации с экземпляром структуры контракта.

```
modifier onlyBy(address _account) {
    if (msg.sender != _account) {
        revert();
    }
    _;
}
```

Модификаторы функций используются для изменения поведения функции. Например, чтобы добавить предварительное условие к модифицируемой функции.

Тело функции вставляется там, где указывается специальный символ "\_;".

Таким образом, здесь если при вызове этой функции адрес, указанный в качестве аргумента, совпадает с адресом текущего аккаунта, выполняется тело модифицируемой функции, иначе выполняется функция `revert`, которая отменяет все изменения состояния и возвращает оставшийся газ.

```
function approveContract(bytes32 _contractHash) onlyBy(owner) public
returns(bool) {
    IContract storage icontract = icontracts[_contractHash];
    icontract.status = ACTIVE;
    return true;
}
```

Здесь мы модифицируем функцию `approveContract` модификатором `onlyBy`, так что эту функцию может вызывать только регистратор чтобы одобрить контракт и перевести его в статус активный.

```
function rejectContract(bytes32 _contractHash) onlyBy(owner) public returns(bool)
{
    IContract storage icontract = icontracts[_contractHash];
    icontract.status = REJECTED;
    return true;
}
```

Также есть функция `rejectContract`, которую также может вызывать только регистратор чтобы отклонить контракт.

```
function deleteContract(bytes32 _contractHash) public returns(bool) {
    IContract storage icontract = icontracts[_contractHash];
    if (icontract.status != REJECTED) {
        if (icontract.submitter == msg.sender || msg.sender == owner)
        {
            delete icontracts[_contractHash];
            return true;
        }
    } else {
        revert();
    }
}
```

Функцию `deleteContract` может вызвать как регистратор, так и владелец контракта чтобы удалить контракт из реестра с помощью удаления значения из хэш таблицы отображения `sicontracts` функцией `delete`. При этом забаненные контракты удалить нельзя (`if (sicontract.status != REJECTED)`).

```
function isValidContract(bytes32 _contractHash) public view returns(bool) {
    if (icontracts[_contractHash].status == ACTIVE) {
        return true;
    }
    if (icontracts[_contractHash].status == REJECTED) {
        revert();
    } else {
        return false;
    }
}
```

Публичная функция `isValidContract` предназначена для проверки третьей стороной контракта идентификации. В случае, если контракт одобрен, эта функция возвращает `true`.

```
modifier checkIdentity(address identity, address registry) return (bool) {
    if ( registry.isValidContract(identity) != 1 ) {
        revert();
    }
}
```

Для использования реестра третьей стороной можно применять модификатор `checkIdentity`, который по адресу контракта идентификации и адресу реестра сможет добавить условие проверки контракта к любой функции работы с личностью.

```
function kill() onlyBy(owner) public returns(uint) {
    selfdestruct (owner);
}
```

Также есть функция `kill` для удаления реестра регистратором.

Итак, мы рассмотрели контракт реестра. Теперь давайте рассмотрим смарт-контракт идентификации.

Смарт-контракт идентификации использует модель подтверждения атрибутов.

Владелец идентичности говорит, что атрибут является верным представлением части идентичности, путем сохранения соответствующего хэш-значения, после чего третьи стороны могут подтвердить действительность каждого атрибута, сохраняя соответствующее хэш-значение.

Смарт-контракт идентичности имеет конструктор, который определяет владельца и основные элементы идентичности.

```

contract IdentityContract {

    address payable private owner;
    address payable private overrideOwner;

    uint private blocklock;
    string public encryptionPublicKey;
    string public signingPublicKey;

    uint constant BLOCK_HEIGHT = 20;
    uint constant ERROR_EVENT = 1;
    uint constant WARNING_EVENT = 2;
    uint constant SIG_CHANGE_EVENT = 3;
    uint constant INFO_EVENT = 4;
    uint constant DEBUG_EVENT = 5;

    mapping(bytes32 => Attribute) public attributes;

    constructor() {
        owner = payable(msg.sender);
        overrideOwner = owner;
        blocklock = block.number - BLOCK_HEIGHT;
    }
}

```

Здесь адрес контракта `owner` – это 32-байтовый хэш адрес, на котором развернут контракт.

Ключ шифрования `encryptionPublicKey` – это изменяемый ключ шифрования (публичный), который позволяет другим субъектам отправлять данные для зашифрованного получения и дешифрования владельцем контракта.

Ключ подписи `signingPublicKey` – это изменяемый ключ шифрования (публичный), который позволяет другим участникам проверять подтверждения, подписанные владельцем контракта.

Отображение атрибутов `attributes` – отображение, в котором хранятся атрибуты и связанные с ними подтверждения, относящиеся к контракту / личности.

Адрес `overrideOwner` – это еще один адрес, который может представлять владельца контракта. На практике это может быть либо другая учетная запись с несколькими подписями, либо другой смарт-контракт, которому можно делегировать управление.

Переменная `blocklock` предназначена для предотвращения изменения адреса владельца (`overrideOwner`), если высота блока слишком мала. Первоначально установлено значение 20 (`BLOCK_HEIGHT`), и его можно увеличить, чтобы лучше защитить контракт от быстрой смены владельца.

Первоначально в конструкторе у нас `overrideOwner = owner`, однако есть также публичные функции, с помощью которых это можно изменить.

```
function setOverride(address _override) onlyBy(owner) checkBlockLock()
blockLock() public returns(bool) {
    overrideOwner = _override;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Override has been changed");
    return true;
}
```

Здесь делегировать управление другому аккаунту может только владелец контракта (модификатор `onlyBy(owner)`).

```
modifier onlyBy(address _account) {
    if (msg.sender != _account) {
        revert();
    }
    _;
}
```

Также здесь мы посылаем событие, которое сохраняет переданные аргументы в журналах транзакций. Эти журналы хранятся в блокчейне и доступны по адресу контракта до тех пор, пока контракт присутствует в блокчейне.

Журнал и данные о его событиях недоступны из контрактов, однако пользовательские интерфейсы с помощью JavaScript API могут прослушивать эти события в блокчейне, получая переданные аргументы.

```
event ChangeNotification(address indexed sender, uint status, bytes32
notificationMsg);

function sendEvent(uint _status, bytes32 _notification) internal returns(bool) {
    emit ChangeNotification(owner, _status, _notification);
    return true;
}
```

В нашем случае мы определяем событие `ChangeNotification`, а также функцию `sendEvent` для генерации этого события.

```
function setOwner(address payable _newowner) onlyBy(overrideOwner)
checkBlockLock() blockLock() public returns(bool) {
    owner = _newowner;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Owner has been changed");
    return true;
}
```

Также у нас есть функция `setOwner` для смены владельца контракта. Причем эту функцию может вызвать аккаунт, которому уже передано управление контрактом.



```
function removeOverride() onlyBy(owner) checkBlockLock() blockLock() public
returns(bool) {
    overrideOwner = owner;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Override has been removed");
    return true;
}
```

И наконец есть функция `removeOverride`, с помощью которой владелец контракта может сбросить делегирование управления контрактом.

```
modifier checkBlockLock() {
    if (blocklock + BLOCK_HEIGHT > block.number) {
        revert();
    }
    _;
}

modifier blockLock() {
    blocklock = block.number;
    _;
}
```

Модификатор `blockLock` присваивает переменной `blocklock` текущий номер блока в цепочке блокчейна, а модификатор `checkBlockLock` предотвращает изменение адреса, если высота блока слишком мала. Причем сначала выполняется модификатор `checkBlockLock`, а затем модификатор `blockLock` обновляет значение переменной.

```
function getOwner() onlyBy(overrideOwner) public view returns(address) {
    return owner;
}
```

Также есть функция `getOwner`, с помощью которой управляющий аккаунт может проверить адрес владельца.

С владельцами контракта мы разобрались, теперь давайте рассмотрим атрибуты идентичности.

```

struct Attribute {
    bytes32 hash;
    mapping(bytes32 => Endorsement) endorsements;
}

struct Endorsement {
    address endorser;
    bytes32 hash;
    bool accepted;
}

```

Здесь мы определяем две структуры – атрибуты и одобрения атрибутов. Причем структура атрибутов содержит хэш-таблицу одобрений.

```

function addAttribute(bytes32 _hash) onlyBy(owner) checkBlockLock() public
returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_hash];
    if (attribute.hash == _hash) {
        sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "A hash exists for the attribute");
        revert();
    }
    attribute.hash = _hash;
    sendEvent(INFO_EVENT, "Attribute has been added");
    return true;
}

```

Функцию addAttribute может вызывать только владелец контракта чтобы добавить атрибуты идентичности. И эта функция добавляет хэш атрибута в отображение attributes.

```

function updateAttribute(bytes32 _oldhash, bytes32 _newhash) onlyBy(owner)
checkBlockLock() public returns(bool) {
    sendEvent(DEBUG_EVENT, "Attempting to update attribute");
    removeAttribute(_oldhash);
    addAttribute(_newhash);
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Attribute has been updated");
    return true;
}

```

Функция updateAttribute позволяет владельцу контракта обновить хэш атрибута в отображении attributes. Это делается с помощью функций removeAttribute и addAttribute.

```
function removeAttribute(bytes32 _hash) onlyBy(owner) checkBlockLock() public
returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_hash];
    if (attribute.hash != _hash) {
        sendEvent(WARNING_EVENT, "Hash not found for attribute");
        revert();
    }
    delete attributes[_hash];
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Attribute has been removed");
    return true;
}
```

Функция `removeAttribute` удаляет атрибут из отображения `attributes` по его ключу – хэшу с помощью функции `delete`.

```
function addEndorsement(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash) public
returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_attributeHash];
    if (attribute.hash != _attributeHash) {
        sendEvent(ERROR_EVENT, "Attribute doesn't exist");
        revert();
    }
    Endorsement storage endorsement =
attribute.endorsements[_endorsementHash];
    if (endorsement.hash == _endorsementHash) {
        sendEvent(ERROR_EVENT, "Endorsement already exists");
        revert();
    }
    endorsement.hash = _endorsementHash;
    endorsement.endorser = msg.sender;
    endorsement.accepted = false;
    sendEvent(INFO_EVENT, "Endorsement has been added");
    return true;
}
```

Функция `addEndorsement` позволяет третьей стороне добавить хэш одобрения атрибута в отображение `attributes`. Причем таких одобрений может быть несколько, так как в структуре атрибута есть отображение `endorsements`.

В отображение `endorsements` также записывается адрес третьей стороны.

```
function acceptEndorsement(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash)
onlyBy(owner) public returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_attributeHash];
    Endorsement storage endorsement =
attribute.endorsements[_endorsementHash];
    endorsement.accepted = true;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement has been accepted");
}
```



Функция `acceptEndorsement` позволяет владельцу контракта принять одобрение атрибута путем установки его статуса `accepted` как `true`.

```
function checkEndorsementExists(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash)
public returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_attributeHash];
    if (attribute.hash != _attributeHash) {
        sendEvent(ERROR_EVENT, "Attribute doesn't exist");
        return false;
    }
    Endorsement storage endorsement =
attribute.endorsements[_endorsementHash];
    if (endorsement.hash != _endorsementHash) {
        sendEvent(ERROR_EVENT, "Endorsement doesn't exist");
        return false;
    }
    if (endorsement.accepted == true) {
        sendEvent(INFO_EVENT, "Endorsement exists for attribute");
        return true;
    } else {
        sendEvent(ERROR_EVENT, "Endorsement hasn't been accepted");
        return false;
    }
}
```

Функция `checkEndorsementExists` позволяет любому субъекту проверить наличие принятого одобрения для атрибута.

```
function removeEndorsement(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash)
public returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_attributeHash];
    Endorsement storage endorsement =
attribute.endorsements[_endorsementHash];
    if (msg.sender == endorsement.endorser) {
        delete attribute.endorsements[_endorsementHash];
        sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement removed");
        return true;
    }
    if (msg.sender == owner && endorsement.accepted == false) {
        delete attribute.endorsements[_endorsementHash];
        sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement denied");
        return true;
    }
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement removal failed");
    revert();
}
```

С помощью функции `removeEndorsement` третья сторона может удалить свое одобрение атрибута.

Также владелец контракта, если он не принял одобрение и не установил его статус как `true`, он может удалить это одобрение.

```

function setEncryptionPublicKey(string memory _myEncryptionPublicKey)
onlyBy(owner) checkBlockLock() public returns(bool) {
    encryptionPublicKey = _myEncryptionPublicKey;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Encryption key added");
    return true;
}

function setSigningPublicKey(string memory _mySigningPublicKey) onlyBy(owner)
checkBlockLock() public returns(bool) {
    signingPublicKey = _mySigningPublicKey;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Signing key added");
    return true;
}

function kill() onlyBy(owner) public returns(uint) {
    selfdestruct (owner);
    sendEvent(WARNING_EVENT, "Contract killed");
}

```

И наконец функции `setEncryptionPublicKey` и `setSigningPublicKey` позволяют владельцу контракта установить ключ шифрования для получения, например, данных одобрений от третьих сторон, а также ключ подписи, чтобы другие стороны могли проверить подтверждения, подписанные владельцем контракта.

Функция `kill` позволяет владельцу отозвать контракт идентичности.

Теперь давайте посмотрим, как мы можем модернизировать эту систему.

Например, мы можем сделать так, чтобы контракт мог автоматически одобряться в реестре, вместо его одобрения регистратором.

```

/**
 * Checks all endorsements for all attributes.
 */
function checkAllEndorsementExists() public view returns(bool) {
    bool check=true;
    for(uint8 i=0; i < attributeIndices.length; i++){
        Attribute storage attribute = attributes[attributeIndices[i]];
        if(attribute.countEndorsements==0){
            check=false;
            break;
        }
    }
    return check;
}

```

Для этого мы добавим функцию `checkAllEndorsementExists` в контракт идентификации.

Эта функция проверяет, записаны ли одобрения третьих сторон для всех атрибутов.

Здесь мы вводим массив `attributeIndices`, который хранит все ключи отображения `attributes`, чтобы мы могли произвести итерацию через отображение.

На первый взгляд отображение в Solidity выглядит как ассоциативный массив, но это не так. У отображения нет индексов, что затрудняет перебор всех значений. Это все еще возможно, но с созданием дополнительного массива индексов.

Также здесь мы вводим счетчик принятых одобрений для структуры атрибута `countEndorsements`.

И функция возвращает истину, если для каждого атрибута в контракте существует хотя бы одно принятое одобрение третьей стороны.

```
bytes32[] private attributeIndices;

struct Attribute {
    bytes32 hash;
    mapping(bytes32 => Endorsement) endorsements;
    uint countEndorsements;
}

function addAttribute(bytes32 _hash) onlyBy(owner) checkBlockLock() public
returns(bool) {
    . . .
    attributeIndices.push(_hash);
    return true;
}
```

Мы добавим массив `attributeIndices` хэшей атрибутов, и в структуру атрибута добавим счетчик `countEndorsements` принятых одобрений атрибута.

В функции `addAttribute` мы будем заносить хэш атрибута в массив `attributeIndices` методом `push`.

```
function removeAttribute(bytes32 _hash) onlyBy(owner) checkBlockLock() public
returns(bool) {
    . . .
    uint indexToBeDeleted;
    for (uint i=0; i<attributeIndices.length; i++) {
        if (attributeIndices[i] == _hash) {
            indexToBeDeleted = i;
            break;
        }
    }
    if (indexToBeDeleted < attributeIndices.length-1) {
        attributeIndices[indexToBeDeleted] = attributeIndices[attributeIndices.length-1];
    }
    // we can now reduce the array length by 1
    attributeIndices.pop();
    . . .
}
```

В функции `removeAttribute` сначала мы найдем индекс в массиве `attributeIndices` хэша атрибута, который нужно удалить, а затем если этот индекс не является последним в массиве, мы его сделаем последним путем переноса элементов в массиве `attributeIndices[indexToBeDeleted] = attributeIndices[attributeIndices.length-1]`.

И теперь методом `pop` мы удалим последний элемент в массиве.

```
function acceptEndorsement(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash)
onlyBy(owner) public returns(bool) {
    . . .
    attribute.countEndorsements++;
    sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement has been accepted");
}
```

В функции `acceptEndorsement` мы будем увеличивать счетчик принятых одобрений `countEndorsements`.

```
function removeEndorsement(bytes32 _attributeHash, bytes32 _endorsementHash)
public returns(bool) {
    Attribute storage attribute = attributes[_attributeHash];
    Endorsement storage endorsement =
attribute.endorsements[_endorsementHash];
    if (msg.sender == endorsement.endorser) {

        if (endorsement.accepted == true) {
            attribute.countEndorsements--;
        }

        delete attribute.endorsements[_endorsementHash];

        sendEvent(SIG_CHANGE_EVENT, "Endorsement removed");
        return true;
    }
    . . .
}
```

В функции `removeEndorsement` мы будем уменьшать счетчик `countEndorsements` принятых одобрений атрибута.

Теперь, в контракте реестра мы импортируем код контракта идентичности, чтобы мы могли вызвать его функцию `checkAllEndorsementExists`.

```
import "./IdentityContract.sol";

function approveContractAuto(bytes32 _contractHash) public returns(bool)
{
    IContract storage icontract = icontracts[_contractHash];
    if (msg.sender == owner || msg.sender == icontract.submitter) {
        IdentityContract ic = IdentityContract(icontract.submitter);
        if (ic.checkAllEndorsementExists()){
            icontract.status = ACTIVE;
            return true;
        }
    } else {
        revert();
    }
}
```

И мы добавим функцию `approveContractAuto`, которая проверит наличие принятых одобрений для записанных атрибутов с помощью функции `checkAllEndorsementExists`.

И если для каждого атрибута есть принятое одобрение, контракт получит статус `ACTIVE`.



## Смарт-контракт для платежей

Давайте рассмотрим контракт, позволяющий бизнесу, который предоставляет товар или услугу, получить оплату за нее от клиента, который эту услугу использует.

Сегодня общепринятая деловая практика заключается в том, что поставщик услуг излагает условия оплаты в счете-фактуре, которая затем отправляется потребителю услуги или товар.

И ожидается, что потребитель услуги оплатит сумму, указанную в счете, в срок, указанный в счете.

```
// SPDX-License-Identifier: UNLICENSED

pragma solidity ^0.8.10;

contract SmartInvoice {
    uint public dueDate;
    uint public invoiceAmount;
    address serviceProvider;
```

И в нашем смарт-контракте мы сначала создаем переменные состояния.

Здесь переменная `dueDate` указывает дату оплаты счета, а переменная `invoiceAmount` указывает сумму оплаты. И эти переменные имеют видимость `public`, так как мы хотим, чтобы обе стороны могли видеть дату оплаты счета и сумму, которая должна быть к оплате.

Также мы определяем переменную состояния, `serviceProvider`, которая будет хранить адрес поставщика услуги в цепочке блоков. И эта переменная будет иметь видимость `internal` (по умолчанию), это означает, что к ней можно получить доступ только из текущего смарт-контракта или любых смарт-контрактов, производных от него, но не извне.

```
constructor(uint _invoiceAmount) public {
    dueDate = block.timestamp + 86400;
    invoiceAmount = _invoiceAmount;
    serviceProvider = msg.sender;
}
```

В конструкторе смарт-контракта, который выполняется только один раз при развертывании смарт-контракта в блокчейне, мы инициализируем переменные состояния.

И так как сумма счета для каждого клиента будет своя, у конструктора есть параметр `_invoiceAmount`.

Преимущество блокчейна заключается в том, что платежи могут храниться в самом контракте, а не на счете любой из сторон, т. е. смарт-контракт может служить счетом условного депонирования.

Поэтому здесь мы определяем переменную `dueDate` как временную метку текущего блока `block.timestamp` в секундах с эпохи Unix, то есть время, прошедшее с 00:00:00 UTC 1 января 1970 года, и прибавляем один день.

Затем мы можем сравнить эту переменную с временной меткой блока транзакции, которая попытается вывести деньги из смарт-контракта на счет поставщика услуги или товара.

И в течении этого срока задержки платежа в смарт-контракте, клиент, например, может вернуть товар поставщику.

```
fallback () payable external {
    require(
        msg.value == invoiceAmount,
        'Payment should be the invoiced amount.'
    );
}
```

Далее мы можем определить функцию `fallback`, с помощью которой клиент может послать деньги в смарт-контракт.

Функции `fallback` в Solidity выполняются, когда идентификатор функции не соответствует ни одной из доступных функций в смарт-контракте или если данные не были предоставлены вообще. У них нет имени, они не могут принимать аргументы, они не могут ничего возвращать, и в смарт-контракте может быть только одна функция `fallback`.

Функция `fallback` выполняется всякий раз, когда контракт получает просто эфир без каких-либо других данных. И для этого функция `fallback` должна иметь модификатор `payable`.

Если нет оплачиваемой функции `fallback` и контракт получает простой эфир без каких-либо других данных, контракт выдаст исключение и вернет эфир отправителю.

Кроме того, мы предоставляем этой функции видимость `external`, чтобы ее можно было вызывать из других смарт-контрактов или через транзакции из интерфейса.

Функции с видимостью `public` и `external` различаются по потреблению газа.

Функции `public` используют больше газа, чем `external`, когда используются с большими массивами данных. Это связано с тем, что Solidity копирует аргументы публичной функции в память, в то время как `external` функция читает аргументы из памяти `calldata`, что дешевле.

`calldata` – специальное место для данных, содержащее аргументы функции, доступное только для внешних `external` функций.

В рамках определения этой функции `fallback` мы также можем выполнять операции.

Операция, которую мы выполняем, представляет собой проверку того, что платеж, произведенный клиентом, совпадает с выставленной суммой. Для этого мы используем функцию `require`, которая проверяет наличие условий и выдает исключение, если условие не выполняется.

В нашем случае мы проверяем, что значение, отправленное в транзакции, эквивалентно значению `invoiceAmount`, установленному при создании экземпляра контракта.

Если это условие возвращает значение «истина», наша функция выполняется, но, если оно возвращает значение «ложь», транзакция отменяется, и в ответе отправляется сообщение об ошибке. В этом случае в смарт-контракт не отправляется эфир, а с исполняющей учетной записи взимается плата только за обработку транзакции, поскольку транзакция по-прежнему добавляет новый блок в цепочку блоков с пометкой о том, что транзакция была отменена.

Теперь, в Solidity есть еще одна безымянная функция, которая определяется с помощью ключевого слова `receive`.

```
receive() payable external {
    require(
        msg.value == invoiceAmount,
        'Payment should be the invoiced amount.'
    );
}
```

Когда контракту отправляются деньги, вызывается функция `receive`, если она определена. В противном случае делается попытка вызвать функцию `fallback`, но, если она также не определена или не отмечена как подлежащая оплате (ключевое слово `payable`, используемое в Solidity для явного указания, что функция может получать эфир), транзакция будет отменена.

Функция `receive` предназначена только для денежного перевода.

Функция `fallback` вызывается, если никакая другая функция не соответствует данным вызова (`msg.data`).

Например, клиент может отправить деньги в смарт-контракт, зная только его адрес.

```
function sendTo(address payable _to) public payable {
    // Send returns a boolean value indicating success or failure.
    bool sent = _to.send(msg.value);
    require(sent, "Failed to send Ether");
}
```

В целом, вы можете отправить эфир в другие контракты с помощью метода `transfer` (лимит 2300 газа, `throws error`), `send` (лимит 2300 газа, `returns bool`) и `call` (устанавливает `gas`, `returns bool`).

Использование функций `transfer` и `send` следует избегать, так как они жестко зависят от затрат на газ, пересылая фиксированное количество газа – 2300.

Это количество газа, которое получает функция `receive` или `fallback` контракта, если она вызывается с помощью методов `transfer` или `send`.

И функция `receive` может полагаться только на доступность 2300 единиц газа, что оставляет мало места для выполнения операций.

Также следует избегать кода, зависящего от фиксированного количества газа, потому что стоимость газа может измениться.

Проблема здесь в том, что даже если контракт, принимающий эфир, тщательно разработан, чтобы не превышать лимит газа, будущие изменения в стоимости газа могут нарушить эту схему.

```
(bool sent, bytes memory data) = _to.call{value: msg.value}("");
```

Поэтому рекомендуется использовать метод `call`.

Здесь значение указывает, сколько `wei` передается на адрес получателя. В круглых скобках мы можем добавить дополнительные данные, например сигнатуру вызываемой функции и параметры.



Если там ничего не указано, вызывается функция fallback или функция receive принимающего контракта.

С функцией call EVM передает весь газ принимающему контракту, если не указано иное. Это позволяет контракту выполнять сложные операции за счет вызывающей функции.

```
modifier onlyBy(address _account) {
    if (msg.sender != _account) {
        revert();
    }
    _;
}

function sendTo(address payable _to) onlyBy(serviceProvider) public payable {
    // Send returns a boolean value indicating success or failure.
    (bool sent, bytes memory data) = _to.call{value: msg.value}("");
    require(sent, "Failed to send Ether");
}
```

Например, мы можем определить в нашем контракте функцию, которая позволит поставщику вернуть деньги клиенту, в случае возврата товара.

```
function getContractBalance() public view returns(uint) {
    return address(this).balance;
}
```

В нашем контракте мы также определяем функцию getContractBalance, которая позволяет всем сторонам видеть текущий баланс, хранящийся в контракте.

Мы определяем эту функцию с использованием ключевого слова view, которое не позволяет функции изменять состояние контракта, т. е. мы можем вызывать эту функцию, не платя за газ, потребляемый для ее выполнения.

Мы также определяем, что функция getContractBalance будет возвращать данные типа uint.

В теле функции мы определяем простой оператор возврата, используя адрес (this), чтобы получить ссылку на адрес этого экземпляра контракта, который дает нам доступ к балансу контракта.

```
function withdraw() public {
    require(
        msg.sender == serviceProvider,
        'Only the service provider can withdraw the payment.'
    );
    require(
        block.timestamp > dueDate,
        'Due date has not been reached.'
    );
    (bool sent, bytes memory data) = payable(msg.sender).call{value:
address(this).balance}("");
    require(sent, "Failed to send Ether");
}
```

Как только клиент оплатит выставленную сумму, поставщик может снять платеж со смарт-контракта.

Преимущество смарт-контракта заключается в том, что мы можем записать в него логику, чтобы гарантировать выполнение определенных требований для проведения транзакции.

Например, мы можем определить, что платеж может быть снят только с определенных учетных записей. Кроме того, наш смарт-контракт может позволить вывод средств только по истечении определенного времени.

Здесь мы определяем функцию `withdraw`.

В теле этой функции мы используем функцию `require`, чтобы установить условия, необходимые для выполнения этой транзакции.

Первое условие требует, чтобы сторона, пытающаяся вывести платеж из контракта, была поставщиком.

Мы можем определить это с помощью переменной `msg` Solidity, которая представляет собой специальную глобальную переменную, которая содержит свойства, разрешающие доступ к блокчейну.

Одним из этих свойств является адрес, с которого была вызвана эта функция.

Если это первое условие выполнено, мы переходим к следующему условию.

Это условие требует, чтобы сторона, пытающаяся вывести платеж, имела возможность сделать это только после согласованного срока платежа.

При выполнении этой функции будет предпринята попытка изменить состояние контракта, то есть перевести средства из смарт-контракта в принимающую учетную запись, и, следовательно, будет создана транзакция, которая будет включена в новый блок в цепочке блоков.

Этот блок имеет временную метку, к которой мы можем получить доступ через `block.timestamp`.

Затем мы можем сравнить эту временную метку со сроком выполнения, который мы установили в переменной `dueDate`.

Если временная метка блока, содержащего транзакцию, меньше установленного срока, транзакция отменяется, и EVM выдаст сообщение об ошибке.

Если все вышеперечисленные условия соблюдены, мы можем использовать `msg.sender` для получения адреса, с которого была вызвана функция.

Затем мы используем метод `call` для отправки эфира в единицах `wei` на этот адрес.

Отправленная сумма в этом случае – это баланс смарт-контракта, доступного по адресу (`this`). `balance`.

Таким образом, поставщик услуги или товара может установить сумму счета-фактуры и дату платежа в рамках смарт-контракта, а клиент может безопасно оплатить выставленную

в счет-фактуру сумму контракту, и обе стороны могут наблюдать за балансом контракта, и поставщик может вывести платеж в указанный срок.

## Кредитный смарт-контракт

Давайте рассмотрим создание смарт-контракта, который будет управлять ссудой эфира, сохраняя при этом токены ERC20 в качестве залога.

Заимствование эфира с использованием токенов ERC20 в качестве залога – это пример транзакции, которую легко может выполнить смарт-контракт.

Например, один токен REP (криптовалюта Augur) стоит около 0,005 ETH, поэтому кредитор может с радостью одолжить 0,003 ETH на пару недель заемщику, желающему передать 1,0 REP в качестве обеспечения.

Кредитор делает это, потому что залог стоит значительно больше, чем сумма ссуды, поэтому кредитор будет ожидать, что все будет в порядке, если он будет вынужден забрать себе залог в случае невыполнения обязательств.

И мы создадим два разных контракта для организации этой финансовой операции.

Это смарт-контракт заемщика с запросом на ссуду, который будет обрабатывать обмен токенов на эфир, что представляет собой начало ссуды. То есть этот контракт представляет собой просьбу заемщика о заимствовании эфира на определенных условиях.

Когда кредитор принимает условия, создается кредитный договор – это второй смарт-контракт.

В этом кредитном договоре содержатся токены обеспечения и обеспечивается соблюдение условий кредита до тех пор, пока заемщик либо не выплатит кредит, либо не выполнит свои обязательства, пропустив крайний срок платежа.

Почему два контракта?

Этот план сложнее, чем это необходимо – с этой ссудой можно справиться с помощью одного контракта, который одновременно инициирует ссуду и регулирует ее окончательное распоряжение.

Мы разобьем эту задачу на две более простых задачи, чтобы сделать решение менее сложным в целом.

Чтобы обработать создание ссуды, заемщик развернет смарт-контракт, который может создать ссуду между заемщиком и кредитором.

В этом контракте фигурируют – токен ERC20, который кредитор принимает в качестве обеспечения, сумма залога, которая представляет собой единицу залога токена, сумма кредита, которая представляет собой сумму  $w_{ei}$ , которую заемщик берет в долг, сумма выплаты, которая представляет собой сумму  $w_{ei}$ , которую заемщик должен заплатить, чтобы вернуть свои токены, и срок ссуды – это период времени, в течение которого заемщик выплачивает ссуду после получения ссуды.

Но сначала, давайте обсудим токены ERC20.

Система Ethereum основана на использовании токенов, которые можно покупать, продавать или обменивать. В системе Ethereum токены представляют собой цифровые активы, такие как ваучеры, долговые расписки или даже реальные материальные объекты.

Стандарт токенов ERC-20 используется всеми смарт-контрактами в блокчейне Ethereum для реализации токенов и предоставляет список правил, которым должны следовать все токены на основе Ethereum.

Токены ERC-20 – это активы на основе блокчейна, которые имеют ценность и могут быть отправлены и получены. Основное отличие от других криптовалют состоит в том, что вместо работы на собственном блокчейне токены ERC-20 выпускаются в сети Ethereum.

По состоянию на август 2021 года в основной сети Ethereum существует около 442 647 токенов, совместимых с ERC-20.

```
// SPDX-License-Identifier: UNLICENSED

pragma solidity ^0.8.10;

contract ERC20Token {
    string public name = "ERC20 Token";
    string public symbol = "LOAN";
```

Контракты токенов ERC20 могут давать своим токенам строковое имя и строковый символ. Обычно имя представляет собой краткое описание токена, а символ представляет собой идентификатор из одного слова, как USD для доллара.

Чтобы соответствовать требованиям, имя и символ должны быть доступны через соответствующие функции.

Поэтому здесь мы определяем публичные переменные name и symbol, и Solidity автоматически сгенерирует соответствующий геттер для них.

```
uint8 public decimals = 18;
uint256 public totalSupply = 1000000 * (uint256(10) ** decimals);
```

Контракты ERC20 должны обеспечивать функцию, которая возвращает текущее количество токенов, находящихся в обращении.

И опять же, здесь мы используем публичную переменную, чтобы Solidity создал соответствующий публичный геттер.

Solidity не поддерживает числа с запятой – он поддерживает только различные виды целых чисел. Это представляет собой проблему, когда контракт хочет представить дробную единицу. Для этого необходимо моделировать числа с запятой.

Подобное моделирование уже выполнено с эфиром.

Когда в контрактах передаются огромные 256-битные целые числа, представляющие передачу эфира, эти числа на самом деле не представляют эфир напрямую – они представляют wei.

Напомним, что 1 эфир равен  $10^{18}$  вэй. Это означает, что когда контракту передается значение uint256, представляющее один эфир, ему не передается целое число 1, ему передается целое число 1 в 18 степени.

Многие контракты токенов поддерживают дробные токены, и они делают это точно так же, с помощью коэффициента масштабирования.

В токенах ERC20 этот коэффициент масштабирования обозначается значением десятичных знаков, которое указывает, сколько нулей находится справа от десятичной точки.

Например, контракт, который поддерживает токены с двумя знаками после запятой, например 3,14, будет иметь коэффициент, равный 2. И сохраненное значение, представляющее 3,14, будет 314.

Контракты ERC20 поддерживают это с помощью необязательной публичной функции decimals. И опять же, здесь достаточно публичной переменной decimals.

И для этого контракта значение decimals используется, когда контракт вычисляет totalSupply токенов.

Следует отметить, что принятой нормой является использование 18 десятичных знаков после запятой.

```
event Transfer(address indexed from, address indexed to, uint256 value);
```

В контрактах ERC20 события необходимы для публикации успешной попытки передачи токена.

И событие Transfer публикует данные учетных записей сторон передачи токена, а также переданное значение токена.

И обратите внимание, что адреса отправителя и получателя индексируются с помощью ключевого слова `indexed`, чтобы потребители событий могли эффективно отслеживать эти события.

Индексированные параметры для зарегистрированных событий позволяют искать эти события, используя индексированные параметры в качестве фильтров. Ключевое слово `indexed` помогает фильтровать журналы, чтобы найти нужные данные.

```
// Track how many tokens are owned by each address.
mapping (address => uint256) public balanceOf;

constructor() public {
    // Initially assign all tokens to the contract's creator.
    balanceOf[msg.sender] = totalSupply;
    emit Transfer(address(0), msg.sender, totalSupply);
}
```

Контракты ERC20 поддерживают баланс токенов для каждой учетной записи, который должен быть доступен через публичную функцию. И снова для этого мы используем публичную переменную `balanceOf`.

В этом примере у нас контракт на создание 1 000 000 токенов (`totalSupply`) и в конструкторе мы переводим все эти токены в учетную запись создателя контракта (`balanceOf`).

```
function transfer(address to, uint256 value) public returns (bool success) {
    require(balanceOf[msg.sender] >= value);

    balanceOf[msg.sender] -= value; // deduct from sender's balance
    balanceOf[to] += value;         // add to recipient's balance
    emit Transfer(msg.sender, to, value);
    return true;
}
```

Токены ERC20 могут быть переведены из учетной записи их владельца в любую другую учетную запись с помощью публичной функции `transfer`.

Эта обязательная функция `transfer` включает в себя некоторые требования стандарта.

Во-первых, для перевода требуется, чтобы у отправителя – владельца было достаточно токенов для выполнения перевода.

Это условие соблюдается с помощью выражения `require(balanceOf[msg.sender] >= value)`.



Далее успешные передачи должны регистрировать соответствующее событие передачи.

И функция `transfer` должна возвращать логическое значение, представляющее успешную передачу.

И стандарт токенов ERC20 фактически ничего не говорит о том, следует ли отменять передачу, когда `msg.sender` не имеет достаточного количества токенов, или функция должна просто возвращать `false`. Должно быть выполнено одно из двух.

Здесь мы отменяем передачу с помощью `require`, что является более безопасным выбором.

```
event Approval(address indexed owner, address indexed spender, uint256 value);

mapping(address => mapping(address => uint256)) public allowance;

function approve(address spender, uint256 value)
    public
    returns (bool success)
{
    allowance[msg.sender][spender] = value;
    emit Approval(msg.sender, spender, value);
    return true;
}

function transferFrom(address from, address to, uint256 value)
    public
    returns (bool success)
{
    require(value <= balanceOf[from]);
    require(value <= allowance[from][msg.sender]);

    balanceOf[from] -= value;
    balanceOf[to] += value;
    allowance[from][msg.sender] -= value;
    emit Transfer(from, to, value);
    return true;
}
```

Теперь, стандарт требует поддержки делегированной передачи. В этой модели учетная запись владельца токенов может делегировать полномочия по передаче своих токенов другой учетной записи.

И здесь владелец не передает токены в другую учетную запись, а позволяет этой другой учетной записи передавать токены кому угодно. Например, это полезно при привлечении биржи для передачи токенов.

И делегированные передачи в ERC20 должны использовать функцию делегирования (`approve`), функцию последующей передачи (`transferFrom`), кому было делегировано (`approve`), и событие, которое регистрируется при успешном делегировании (`Approval`).

Стандарт ERC20 требует событие для регистрации успешного утверждения делегированной передачи токена, которое регистрирует владельца, делегата и сумму.

И, как и для события `Transfer`, здесь адреса учетных записей являются индексированными параметрами для возможности фильтрации потребителями событий.

Для обязательного отслеживания адресов делегатов и количества делегированных токенов мы определяем отображение `allowance`.

И здесь определение включает отображение в отображении, что означает, что каждый адрес во внешнем отображении (адрес владельца) будет отображаться в отдельное отображение, которое затем будет отображать адреса (делегатов) в целые числа (токенов).

Проще всего представить это двумерным отображением, которое преобразует пары адресов в целые числа.

Функция делегирования ERC20 approve достаточно короткая.

Здесь учетная запись msg.sender делегирует перевод, и отправитель может утвердить делегированный перевод, превышающий его фактический баланс токенов. И так как перевод не произойдет до тех пор, пока не будет вызван transferFrom, проверка адекватного баланса откладывается до этого момента. Следовательно, все согласования могут быть успешными.

Функция ERC20 transferFrom – самая сложная функция в ERC20. Эта функция вызывается делегированной учетной записью для передачи токенов в другую учетную запись.

Здесь условие require (value <= balanceOf [from]) гарантирует, что владельцу действительно принадлежит достаточно токенов для удовлетворения запроса на передачу.

Условие require (value <= allowance [from] [msg.sender]) гарантирует, что делегат действительно авторизован на перевод такого количества токенов с баланса владельца.

Выражение allowance[from][msg.sender] – = value уменьшает количество токенов, которое делегат может передать от имени владельца.

И как и в случае с функцией transfer, успешная передача должна регистрировать событие передачи.

Таким образом, контракты токенов ERC20 должны поддерживать прямую и косвенную передачу токенов.

Разобравшись с залогом – токенами, теперь давайте вернемся к контракту займа.

```
// SPDX-License-Identifier: UNLICENSED

pragma solidity ^0.8.10;

import "./ERC20Token.sol";
import "./LoanContract.sol";

contract LoanRequestContract {
    address public borrower = msg.sender;
    ERC20Token public token;
    uint256 public collateralAmount;
    uint256 public loanAmount;
    uint256 public payoffAmount;
    uint256 public loanDuration;
```

И для начала, заемщик сначала развернет смарт-контракт, который может создать ссуду между заемщиком и кредитором.

Этот контракт использует токен ERC20, который кредитор принимает в качестве обеспечения, сумму залога collateralAmount токенов, сумму кредита loanAmount wei, которую заемщик берет в долг, сумму выплаты payoffAmount wei, которую заемщик должен заплатить, чтобы вернуть свои токены, и срок ссуды loanDuration – период времени, в течение которого заемщик выплачивает ссуду после получения ссуды.



```

    constructor(
        ERC20Token _token,
        uint256 _collateralAmount,
        uint256 _loanAmount,
        uint256 _payoffAmount,
        uint256 _loanDuration
    )
    public
    {
        token = _token;
        collateralAmount = _collateralAmount;
        loanAmount = _loanAmount;
        payoffAmount = _payoffAmount;
        loanDuration = _loanDuration;
    }

```

И контракт передает значения всех этих параметров в своем конструкторе.

```

LoanContract public loan;

event LoanRequestAccepted(address loan);

function lendEther() public payable {
    require(msg.value == loanAmount);
    loan = new LoanContract(
        msg.sender,
        borrower,
        token,
        collateralAmount,
        payoffAmount,
        loanDuration
    );
    require(token.transferFrom(borrower, address(loan), collateralAmount));
    payable(borrower).transfer(loanAmount);
    emit LoanRequestAccepted(address(loan));
}

```

И если кто-то желает предоставить эфир в соответствии с условиями контракта, он может вызвать публичную функцию `lendEther`. Эта функция передает эфир заемщику и переводит токены обеспечения в новый контракт займа `LoanContract`, который будет обеспечивать соблюдение условий займа.

Здесь `loan = new LoanContract(...)` разворачивает новый контракт займа для обеспечения соблюдения условий займа.

`token.transferFrom (...)` передает токены залога от заемщика в договор займа.

`payable(borrower).transfer(loanAmount)` – одолженный эфир отправляется заемщику.

`emit LoanRequestAccepted(loan)` – уведомляет заемщика о том, что его запрос был выполнен, и сообщает ему адрес кредитного контракта.

Таким образом, в этой функции заемщик получает эфир, а контракт займа получает токены обеспечения. И обе стороны могут найти договор займа благодаря переменной состояния `loan`.

Теперь, что делать, если заемщик не одобрил перевод токена? Если перевод не был одобрен, тогда команда `transferFrom` завершится неудачно, и вся транзакция будет прервана, что означает, что заемщик не потеряет свой эфир.

Если транзакция завершится неудачно, и заемщик не получит эфир, что произойдет с его токенами? С ними ничего не происходит. Заемщик только одобрил перевод, а передача не состоялась.

Теперь, давайте рассмотрим контракт займа.

```
// SPDX-License-Identifier: UNLICENSED

pragma solidity ^0.8.10;

import "./ERC20Token.sol";

contract LoanContract {
    address public lender;
    address public borrower;
    ERC20Token public token;
    uint256 public collateralAmount;
    uint256 public payoffAmount;
    uint256 public dueDate;

    constructor(
        address _lender,
        address _borrower,
        ERC20Token _token,
        uint256 _collateralAmount,
        uint256 _payoffAmount,
        uint256 loanDuration
    )
    {
        public
        lender = _lender;
        borrower = _borrower;
        token = _token;
        collateralAmount = _collateralAmount;
        payoffAmount = _payoffAmount;
        dueDate = block.timestamp + loanDuration;
    }
}
```

Кредитный контракт содержит условия кредита. И его конструктор хранит параметры кредита.

`_lender` – адрес кредитора.

`_borrower` – адрес заемщика.

\_token – токены залога.  
\_collateralAmount – количество токенов залога.  
\_payoffAmount – сумма выплаты кредитору.  
loanDuration – срок займа.

```
event LoanPaid();

function payLoan() public payable {
    require(block.timestamp <= dueDate);
    require(msg.value == payoffAmount);

    require(token.transfer(borrower, collateralAmount));
    payable(lender).transfer(payoffAmount);
    emit LoanPaid();
    selfdestruct(payable(lender));
}

function repossess() public {
    require(block.timestamp > dueDate);

    require(token.transfer(lender, collateralAmount));
    selfdestruct(payable(lender));
}
```

Кредитный контракт позволяет заемщику вернуть свои токены, погасив кредит в течение периода кредита с помощью функции payLoan.

Если заемщик не сможет погасить кредит до установленного срока, это позволяет кредитору перевести себе конфискованные токены с помощью функции repossess.

Функция selfdestruct расторгает контракт и передает эфир кредитору.

Событие LoanPaid предназначено для того, чтобы сообщить кредитору о том, что его эфир возвращен.

## NFT смарт-контракты

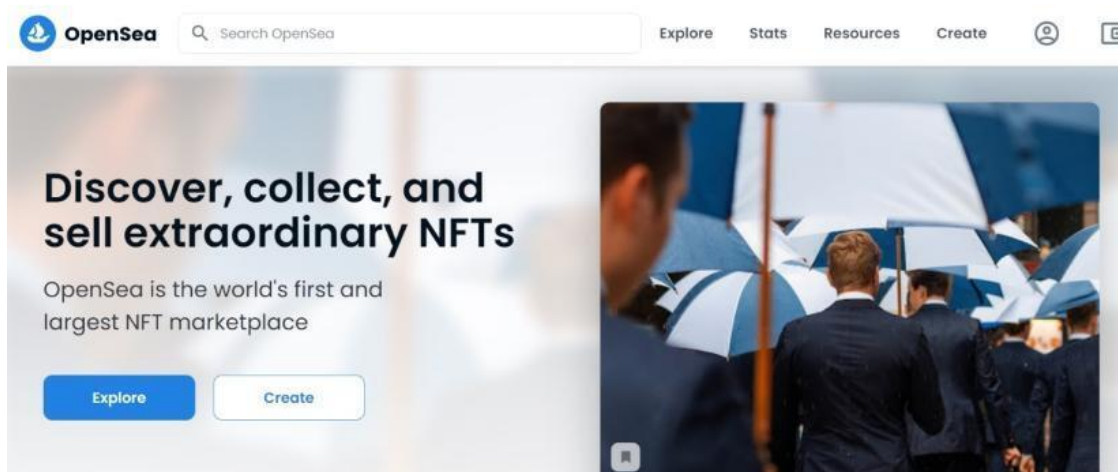
До появления блокчейна предметы искусства продавались на аукционах, попасть на которые продавцу было непросто. Цифровые товары можно было продавать через специализированные площадки, такие как платные стоки, например для фотографий.

С появлением блокчейна и NFT-токеном, которые привязывают уникальную цифровую подпись к конкретному цифровому файлу, стало возможным продавать цифровые товары, в том числе и произведения искусства, за цифровые деньги.

Появились целые NFT маркетплейсы, где продаются цифровые активы – от произведений искусства до музыки и целых виртуальных миров. Существуют десятки торговых площадок NFT, и многие из них имеют определенную направленность или нишу.

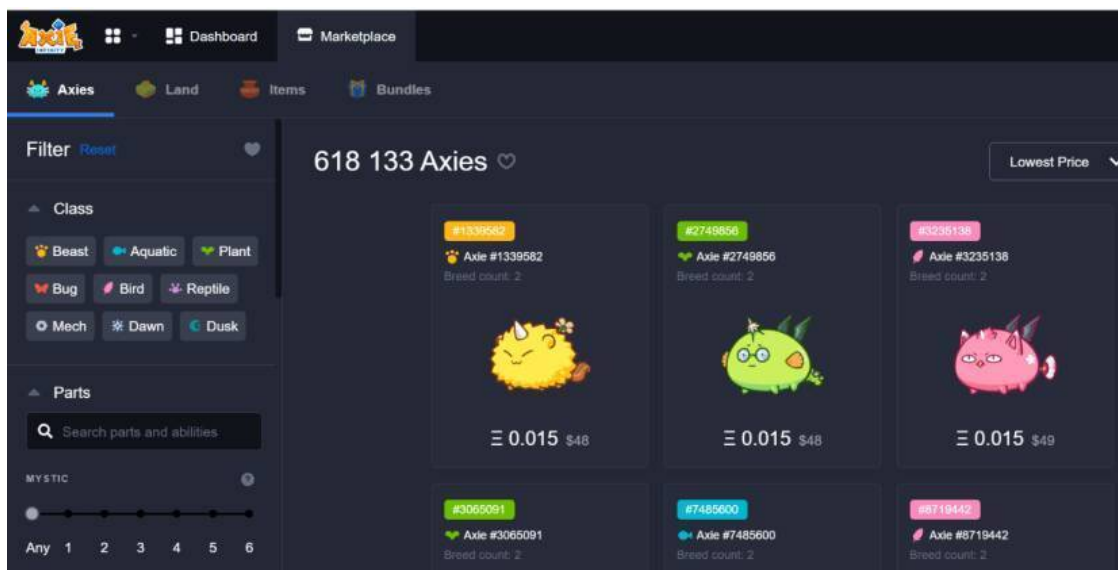
NFT – невзаимозаменяемый токен в блокчейне Ethereum и совместимых блокчейнах, представляет собой право собственности на актив. И почти все цифровое – письменное слово, видео, видеоигры, произведения искусства, предметы коллекционирования и т. д. – могут быть токенизированы в блокчейне.

Маркетплейс OpenSea является лидером по продажам NFT.



На платформе OpenSea доступны все виды цифровых активов, и вы можете бесплатно зарегистрироваться и просматривать предложения. Эта платформа также поддерживает простой в использовании процесс для создания NFT токена. Кроме того, маркетплейс поддерживает более 150 различных платежных токенов.

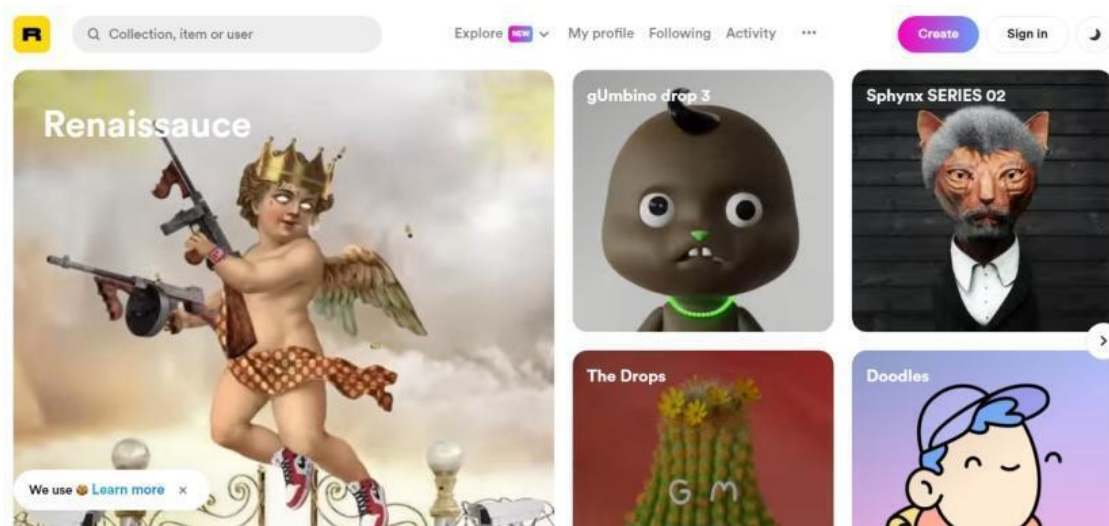
Axie Marketplace – это интернет-магазин видеоигры Axie Infinity.



Axies – это мифические существа, которых можно купить и обучить, а затем натравить на Осей других игроков, чтобы заработать награды. На Axie Marketplace игроки могут покупать новые Axies, а также целые земли и другие предметы в виде NFT токенов для использования в игре.

NFT токены Axie Infinity, называемые Axie Shards, выпущены на блокчейне Ethereum. Таким образом, их можно покупать и продавать на множестве других торговых площадок NFT, а также на некоторых криптовалютных биржах, таких как Coinbase Global.

Rarible – еще одна крупная торговая площадка для всех видов NFT, похожая на OpenSea.



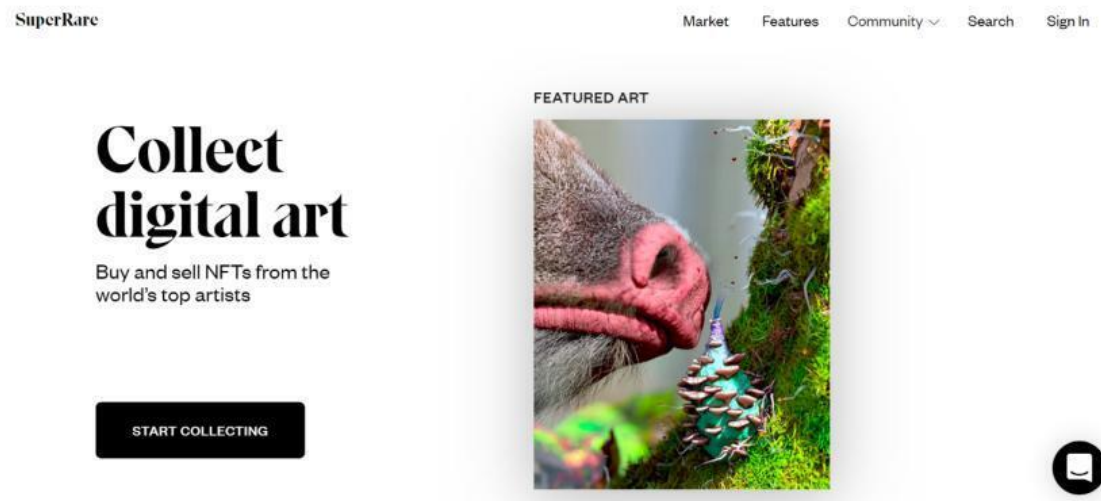
На платформе можно покупать, продавать или создавать все виды произведений искусства, видео, предметов коллекционирования и музыки.

Однако, в отличие от OpenSea, вам нужно будет использовать токен торговой площадки Rarible для покупки и продажи на торговой площадке.

В настоящее время Rarible позволяет продавать и покупать цифровые активы на блокчейнах Ethereum и Flow. Изображениями также можно управлять и в OpenSea, используя токены Rarible.

Маркетплейс SuperRare также создает рынок для цифровых авторов.

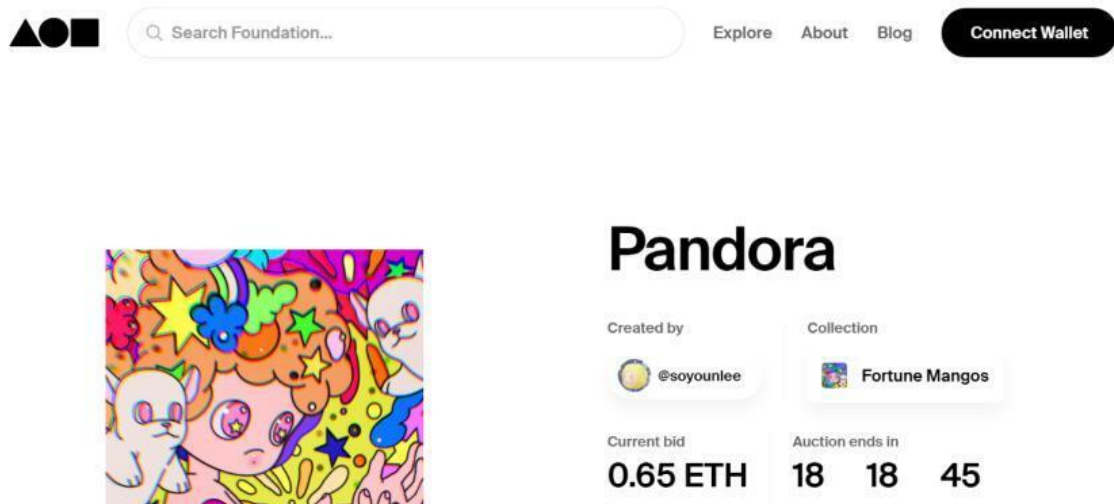




Сайт представляет предметы искусства, видео и 3D-изображения, и коллекционеры могут покупать произведения искусства, используя Ethereum.

У SuperRare есть собственный одноименный NFT токен, основанный на блокчейне Ethereum. И, как и Rarible, SuperRare NFT токены также можно покупать и продавать в OpenSea.

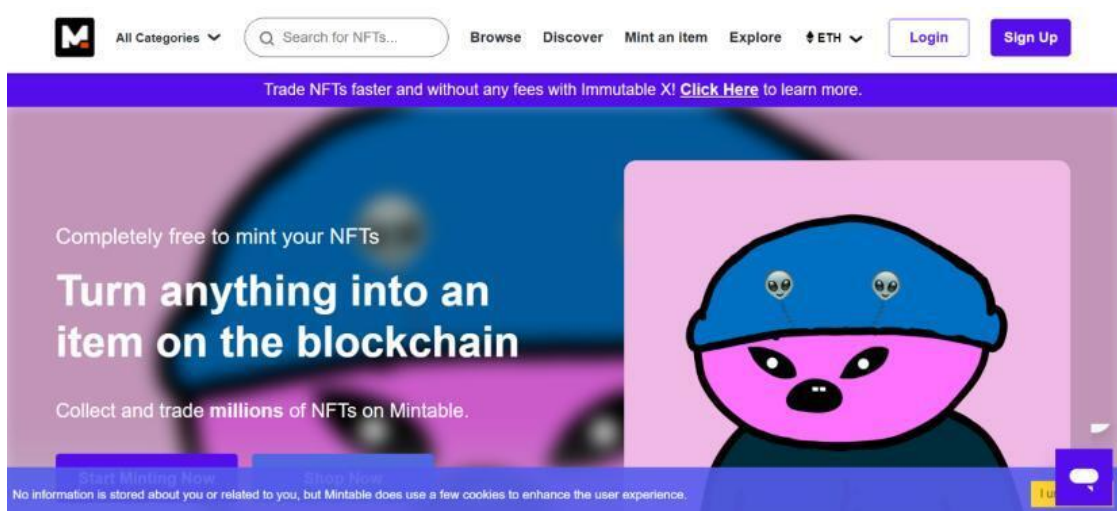
Приложение Foundation.app было разработано как простой способ делать аукционные ставки на цифровое искусство.



Продажи осуществляются с использованием NFT токенов на блокчейне Ethereum. С момента запуска торговой площадки в начале 2021 года было продано NFT токенов на сумму более 100 миллионов долларов.

Попасть на Foundation в качестве продавца не так просто, только сообщество Foundation может приглашать художников на платформу, в то время как покупателям только нужен крипто-кошелек Ethereum, чтобы начать совершать покупки.

Площадка Mintable, поддерживаемая миллиардером Марком Кьюбаном, стремится стать открытым рынком, подобным OpenSea.



Чтобы участвовать в покупке и продаже NFT на Mintable, вам понадобится кошелек Ethereum. Платформа также поддерживает создание NFT токенов для авторов всех типов, от фотографов до музыкантов, которые хотят продавать свои работы как цифровой актив.

Таким образом, NFT – это non-fungible token, невзаимозаменяемый, или уникальный токен.

Биткоины, эфиры, прочие цифровые валюты и даже реальные деньги легко заменяют друг друга и делятся на части. NFT нельзя разделить на части или заменить на аналогичный токен. С этой точки зрения NFT обладает всеми свойствами уникального предмета в физическом мире.

NFT токен представляет собой сертификат уникальности цифрового объекта, идентифицирующую информацию, записанную в смарт-контрактах, – цифровой криптографический сертификат, который подтверждает право на владение цифровым активом.

Именно эта идентифицирующая информация делает каждый NFT токен уникальным, и поэтому его нельзя напрямую заменить другим токеном, так как нет двух одинаковых NFT токенов.

NFT токен не препятствует копированию цифрового артефакта, он только закрепляет право владения оригинальным экземпляром цифрового артефакта.

Уникальная информация о невзаимозаменяемом NFT токене хранится в его смарт-контракте и записывается в блокчейне этого токена.

NFT токены могут быть созданы на других блокчейнах, помимо Ethereum, с поддержкой смарт-контрактов. Хотя Ethereum был первым блокчейном, который начал использовать NFT, экосистема расширяется за счет других блокчейнов, таких как Solana, NEO, Tezos, EOS, Flow, Secret Network и TRON, поддерживающих NFT.

Теперь, NFT – это стандарт токенов, аналогичный ERC20.

На сегодняшний день существует два стандарта NFT – это ERC-721 и ERC-1155.

Ethereum Improvement Proposals	
All Core Networking Interface ERC Meta Informational	
EIP-721: Non-Fungible Token Standard «»	
Author	William Entriken, Dieter Shirley, Jacob Evans, Nastassia Sachs
Discussions-To	<a href="https://github.com/ethereum/eips/issues/721">https://github.com/ethereum/eips/issues/721</a>
Status	Final
Type	Standards Track
Category	ERC
Created	2018-01-24
Requires	165

Стандарт ERC-721 был создан Уильямом Энтрикеном, Дитером Ширли, Джейкобом Эвансом и Натассией Сакс в 2018 году. Примером контракта ERC 721 является контракт OpenZeppelin, который позволяет разработчикам отслеживать элементы в своих играх.

Ethereum Improvement Proposals	
All Core Networking Interface ERC Meta Informational	
EIP-1155: Multi Token Standard «»	
Author	Witek Radomski, Andrew Cooke, Philippe Castonguay, James Therien, Eric Binet, Ronan Sandford
Discussions-To	<a href="https://github.com/ethereum/EIPs/issues/1155">https://github.com/ethereum/EIPs/issues/1155</a>
Status	Final
Type	Standards Track
Category	ERC
Created	2018-06-17
Requires	165

Стандарт ERC-1155 является улучшенным стандартом по сравнению с ERC-721, и он позволяет создание как взаимозаменяемых, так и невзаимозаменяемых типов токенов. Цель этого стандарта состоит в том, чтобы создать интерфейс смарт-контракта, который может представлять оба типа токенов.

Стандарт ERC-721 создает только NFT токены и заставляет разработчиков создавать смарт-контракт для каждого нового токена. С другой стороны, ERC-1155 позволяет разработчикам разрабатывать единый смарт-контракт, который можно использовать как для создания взаимозаменяемых токенов, так и NFT токенов.

Так как стандарт ERC-721 позволяет выполнять одну операцию для каждой транзакции, это дорого и требует много времени. В то время как стандарт ERC-1155 позволяет выполнять несколько операций в одной транзакции, что дешевле и эффективнее. Кроме того, стандарт ERC-1155 использует меньше места для хранения в сети блокчейн.

Сначала мы рассмотрим создание ERC-721 контракта.

Стандарт токенов ERC721 имеет синтаксис, аналогичный синтаксису стандарта ERC20, который мы уже рассматривали, с некоторыми изменениями.



Чтобы ваш контракт считался NFT токеном, все, что ему нужно сделать, это следовать этому стандарту.

```

/// @title ERC-721 Non-Fungible Token Standard
/// @dev See https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721
/// Note: the ERC-165 identifier for this interface is 0x80ac58cd.
interface ERC721 /* is ERC165 */ {
    /// @dev This emits when ownership of any NFT changes by any mechanism.
    /// This event emits when NFTs are created (`from` == 0) and destroyed
    /// (`to` == 0). Exception: during contract creation, any number of NFTs
    /// may be created and assigned without emitting Transfer. At the time of
    /// any transfer, the approved address for that NFT (if any) is reset to none.
    event Transfer(address indexed _from, address indexed _to, uint256 indexed _tokenId);

```

```

/// @title ERC-721 Non-Fungible Token Standard, optional metadata extension
/// @dev See https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721
/// Note: the ERC-165 identifier for this interface is 0x5b5e139f.
interface ERC721Metadata /* is ERC721 */ {
    /// @notice A descriptive name for a collection of NFTs in this contract
    function name() external view returns (string _name);

    /// @notice An abbreviated name for NFTs in this contract
    function symbol() external view returns (string _symbol);

    /// @notice A distinct Uniform Resource Identifier (URI) for a given asset.
    /// @dev Throws if `_tokenId` is not a valid NFT. URIs are defined in RFC
    /// 3986. The URI may point to a JSON file that conforms to the "ERC721
    /// Metadata JSON Schema".
    function tokenURI(uint256 _tokenId) external view returns (string);
}

```

У NFT контракта есть переменная tokenURI, и здесь есть сопоставление tokenId с адресом владельца токена.

Это отличает NFT контракт от ERC20 контракта, в котором есть только сопоставление адреса с балансом. В тоже время контракт ERC721 также позволяет передавать токены, устанавливать разрешения для токенов и многое другое.

```

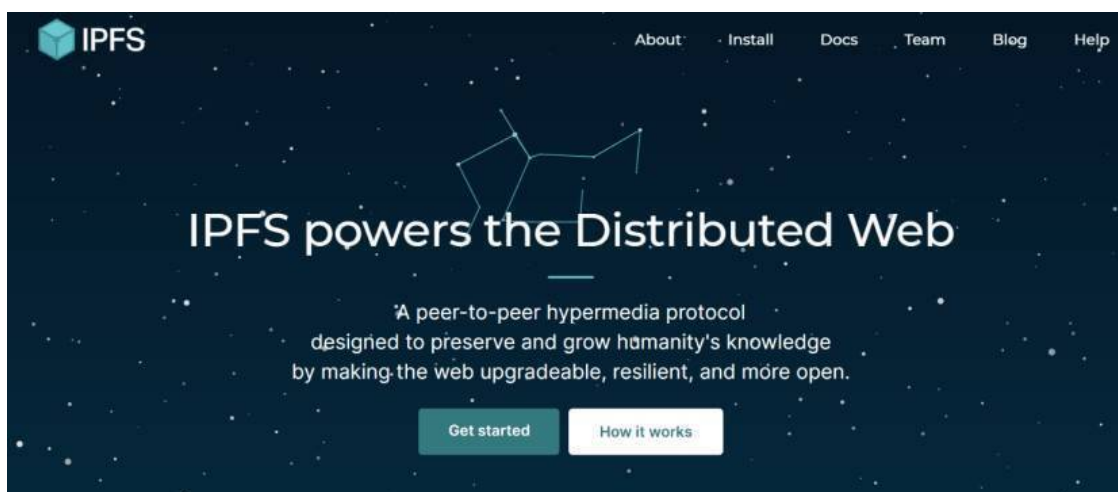
{
    "title": "Asset Metadata",
    "type": "object",
    "properties": {
        "name": {
            "type": "string",
            "description": "Identifies the asset to which this NFT represents"
        },
        "description": {
            "type": "string",
            "description": "Describes the asset to which this NFT represents"
        },
        "image": {
            "type": "string",
            "description": "A URI pointing to a resource with mime type image/* representing the asset to which this NFT represents."
        }
    }
}

```

В контракте NFT есть метаданные, которые описывают детали токена, в том числе и URL-адрес цифрового актива.

Когда вы зайдете на OpenSea, вы можете увидеть множество изображений. Хранение данных в блокчейне может стать очень дорогим, и разработчики смарт-контрактов поняли, что загрузка даже изображения размером 1 МБ может привести к опустошению их банковских счетов, поэтому они захотели придумать способ токенизации искусства без загрузки всего изображения.

В качестве обходного пути был введен так называемый tokenURI – это глобальный уникальный идентификатор изображения NFT. И этот URI – универсальный идентификатор ресурса, который может быть вызовом HTTPS API, IPFS или другим типом уникального идентификатора.



Для создания tokenURI для хранения данных популярным является использование IPFS – децентрализованное распределенное файловое хранилище.

Почему используется децентрализованное хранилище?

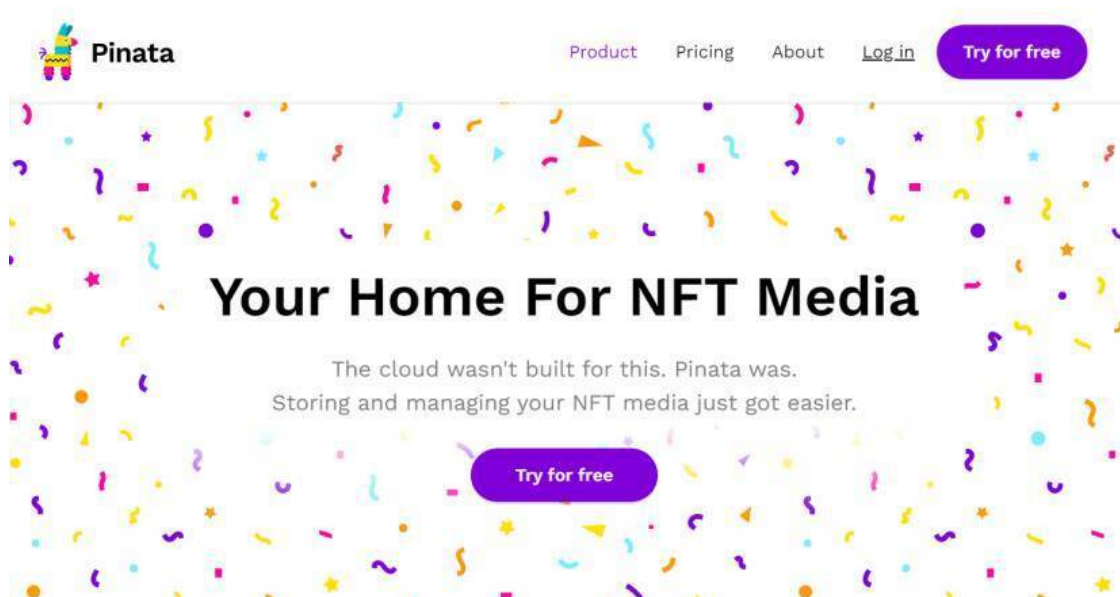
Представьте, что вы загружаете изображение в службу централизованного хранения. Затем изображение будет доступно по URL-адресу, например, <https://mystorage.com/im.jpeg>.

Однако очень легко заменить это изображение на другое. Я могу загрузить другое изображение с тем же именем `im.jpeg`, которое заменит исходное изображение. Это не подходит для создания NFT токена, который должен быть уникальным.

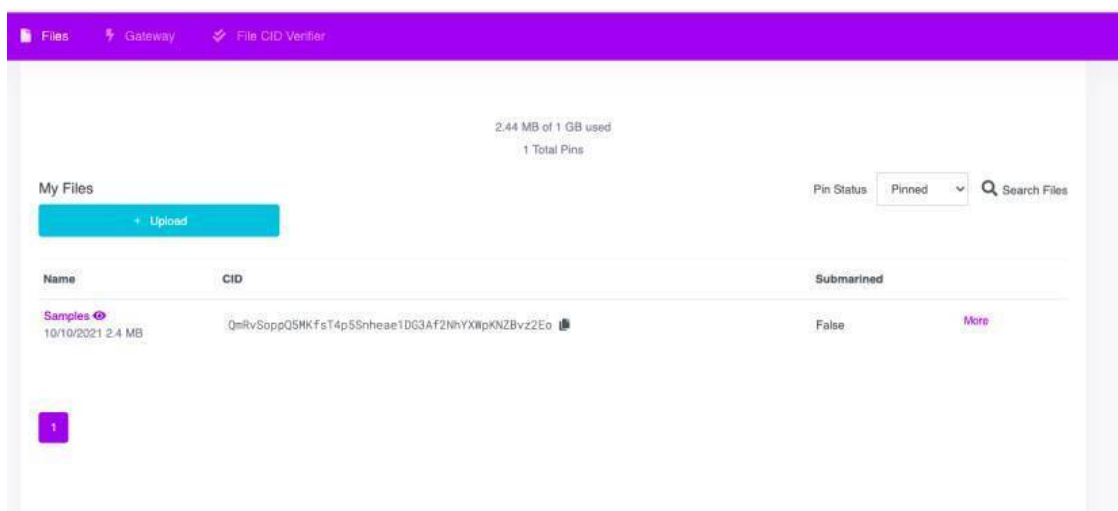
Далее, допустим, вы загружаете изображение на Google Диск или AWS. Если вы удалите изображение из этих служб или сами службы отключатся, URL-адрес, указывающий на изображение, перестанет работать. Это также не подходит для NFT.

В сети IPFS URL-адрес файла будет зависеть от содержимого файла. Если вы измените содержимое файла, адрес файла в IPFS также изменится. Поэтому в сети IPFS невозможно сделать так, чтобы один URL-адрес указывал на два разных изображения. И IPFS никогда не выходит из строя. Это означает, что после того, как вы загрузили файл в IPFS, он всегда будет доступен, пока файл есть хотя бы на одном узле в сети.

Для загрузки файлов в IPFS можно использовать сервис под названием Pinata.



На Pinata можно создать бесплатную учетную запись, если вы загружаете до 1 ГБ данных. После того, как вы загрузите папку с файлом, вы получите связанный с ним CID.



Этот CID был сгенерирован на основе содержимого папки с файлом. При изменении содержимого (удаление изображения, замена изображения другим изображением с таким же именем и т. д.) изменится и CID.

И URL-адрес IPFS для файла также содержит CID – `ipfs://[CID]`.

Этот URL адрес не открывается в браузере. Для этого вы можете использовать URL-адрес HTTP шлюза IPFS – `https://ipfs.io/ipfs/[CID]?filename=im.png`

Это отобразит изображение `im.png`, которое было загружено в Pinata.

Далее мы можем создать JSON файл метаданных и точно также загрузить его в Pinata, получив URL-адрес метаданных, так как хранить метаданные в блокчейне также дорого. Поэтому метаданные можно хранить, как и изображение, в IPFS хранилище.

```
{
  "name": "Name",
  "description": "Description",
  "image": "URI",
  "attributes": []
}
```

В файле метаданных мы указываем имя, описание и URL-адрес изображения. Здесь атрибуты добавляют уникальность изображению, описывая его детали.

```
"attributes": [
  { «trait_type»: "Base", «value»: "Starfish" },
  { «trait_type»: "Eyes", «value»: "Big" },
  { «trait_type»: "Mouth", «value»: "Surprised" },
]
```

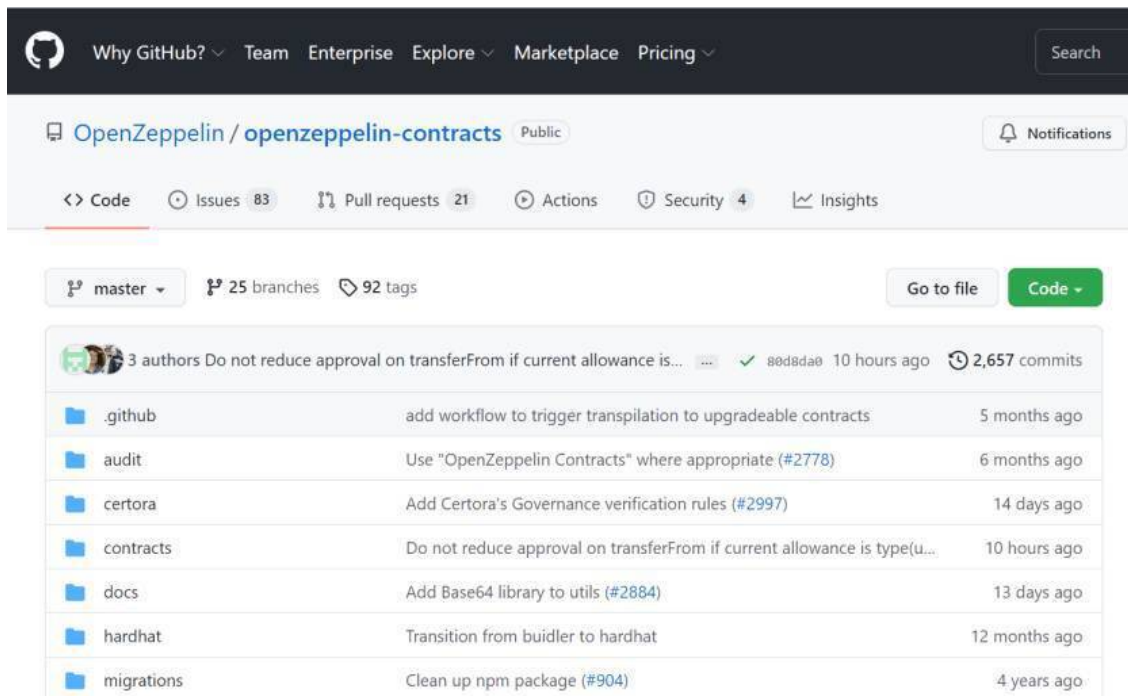
Файл метаданных создается для каждого tokenId, и можно просто назвать файл как tokenId (без расширения). Далее через Pinata мы загружаем папку с метаданными в IPFS и получаем адрес метаданных ipfs://[METADATA-FOLDER-CID]/[TOKEN-ID].

Каждый NFT идентифицируется уникальным идентификатором uint256 tokenId внутри смарт-контракта ERC-721. Этот идентификационный номер НЕ ДОЛЖЕН меняться в течение срока действия контракта. И пара (адрес контракта, uint256 tokenId) будет глобально уникальным и полным идентификатором для конкретного актива в цепочке Ethereum.

Хотя может оказаться удобным начинать с идентификатора 0 и просто увеличивать его на единицу для каждого нового NFT, вызывающие стороны НЕ ДОЛЖНЫ предполагать, что номера идентификаторов имеют какой-либо определенный шаблон, и ДОЛЖНЫ рассматривать идентификатор как «черный ящик».

Теперь мы можем создать NFT смарт-контракт.

Мы будем использовать библиотеку OpenZeppelin для разработки смарт-контракта.



Эта библиотека является реализацией таких стандартов, как ERC20 и ERC721.

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.10;

import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/extensions/ERC721URIStorage.sol";
import "@openzeppelin/contracts/utils/Counters.sol";

contract NFTTokenContract is ERC721URIStorage, Ownable {
    using Counters for Counters.Counter;
    Counters.Counter private _tokenIds;

    constructor() ERC721("NFTToken", "ART") {}

    function mintNft(string memory tokenURI) external onlyOwner returns (uint256) {
        _tokenIds.increment();

        uint256 newNftTokenId = _tokenIds.current();
        _safeMint(msg.sender, newNftTokenId);
        _setTokenURI(newNftTokenId, tokenURI);

        return newNftTokenId;
    }
}
```

При импорте файлов библиотеки OpenZeppelin в настольной версии среды Remix автоматически создается папка. `deps\npm\@openzeppelin\contracts` куда добавляются файлы библиотеки.

Контракт Ownable обеспечивает контроль доступа. Здесь контроль доступа контракта определяет, кто может чеканить токены.



Наиболее распространенной и базовой формой контроля доступа является концепция владения – это учетная запись, которая является владельцем контракта. Поэтому функцию `mintNft` может вызывать только владелец контракта, тот кто его развернул в блокчейне.

Контракт `Counters` предоставляет счетчики, которые можно только увеличивать, уменьшать или сбрасывать. Это можно использовать, например, для выдачи идентификаторов `ERC721`.

Контракт `ERC721URIStorage` – это реализация `ERC721`, которая включает стандартные расширения метаданных (`IERC721Metadata`), а также механизм метаданных для каждого токена.

Здесь мы создаем NFT токен с именем `NTFToken` и символом `ART`.

И здесь есть функция `mintNft`, которая чеканит токены на адрес владельца контракта.

И нам нужно передать в эту функцию `tokenURI`, который представляет собой любой URL/URI адрес, возвращающий метаданные токена в формате JSON. Вот где мы используем адрес `ipfs://[METADATA-FOLDER-CID]/[TOKEN-ID]` полученный в `Pinata`. В свою очередь эти метаданные содержат URL/URI адрес самого цифрового актива.

Контракт `ERC721URIStorage` предоставляет функцию `_safeMint`, которая сохраняет новый `tokenId` каждый раз, когда вызывается функция `mintNft`, а также функцию `_setTokenURI`, которая используется для хранения метаданных токена.

Также обратите внимание, что, в отличие от `ERC20`, в `ERC721` отсутствует поле `decimals`, так как каждый токен индивидуален и не может быть разделен.

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.10;

import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/extensions/ERC721Enumerable.sol";

contract NTFEnumContract is ERC721Enumerable, Ownable {
    string private baseURI;

    constructor() ERC721("NTFToken", "ART") {}

    function mint(string memory baseURI_, uint256 quantity) external onlyOwner {
        {
            setBaseURI(baseURI_);
            // mint the requested quantity
            for (uint256 i = 0; i < quantity; i++) {
                uint256 tokenId = totalSupply();
                _safeMint(msg.sender, tokenId);
            }
        }

        function _baseURI() internal view virtual override returns (string memory) {
            return baseURI;
        }

        function setBaseURI(string memory baseURI_) internal {
            baseURI = baseURI_;
        }
    }
}
```

Контракт ERC721Enumerable библиотеки OpenZeppelin позволяет опубликовать NFT токены сразу списком.

Здесь мы создаем контракт, который расширяет контракты OpenZeppelin ERC721Enumerable и Ownable.

NFT токен имеет имя NFTToken и символ ART.

Функцию mint вызывает владелец контракта, и она создает новые NFT токены с инкрементным идентификатором токена, начиная с 0.

Функция totalSupply() предоставляется контрактом ERC721Enumerable, и она возвращает общее количество уже начеканенных токенов, что и будет инкрементным идентификатором токена.

Адрес baseURI – это IPFS адрес папки метаданных, который оканчивается на «/».

Мы устанавливаем этот адрес внутренней функцией setBaseURI.

Контракт ERC721Enumerable наследует контракт ERC721, который в свою очередь предоставляет два метода \_baseURI() и tokenURI(uint256 tokenId).

Здесь мы переопределяем метод \_baseURI(), который возвращает базовый адрес baseURI.

Базовый URI используется для вычисления tokenURI.

Публичный метод tokenURI(uint256 tokenId) возвращает результирующий URI для каждого токена, который будет конкатенацией baseURI и tokenId.

Таким образом после чеканки токенов мы можем получить ссылку на метаданные каждого токена с помощью метода tokenURI.

Теперь, давайте посмотрим на стандарт ERC1155, который основан на идеях стандартов ERC20, ERC721 и ERC777.

Отличительной особенностью стандарта ERC1155 является то, что он использует один смарт-контракт для одновременного представления нескольких токенов, как заменяемых, так и не заменяемых.

Такой подход приводит к значительной экономии газа для проектов, требующих нескольких токенов. Вместо развертывания нового контракта для каждого типа токена один контракт ERC1155 может содержать все токены, что снижает затраты и сложность развертывания.

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.10;

import "@openzeppelin/contracts/token/ERC1155/ERC1155.sol";

contract TokensERC1155Contract is ERC1155 {
    uint256 public constant FUNGIBLE = 0;
    uint256 public constant NON_FUNGIBLE = 1;

    constructor() ERC1155("JSON_URI") {
        _mint(msg.sender, FUNGIBLE, 100, "");
        _mint(msg.sender, NON_FUNGIBLE, 1, "");
    }
}
```

Здесь контракт создает два токена – 100 взаимозаменяемых токенов, называемых FUNGIBLE, и 1 невзаимозаменяемый токен, называемый NON-FUNGIBLE.

В стандарте ERC1155 чеканка токена в количестве 1 делает его не взаимозаменяемым.

Контракт также имеет адрес `JSON_URI`, который является ссылкой на метаданные токенов, размещенные на внешнем сервере. Например, в IPFS.

В конструкторе контракта есть несколько вызовов функции `_mint` контракта ERC1155, которые создают новые типы токенов.



## Флэш-кредиты

В обычном кредите, в залоговом или беззалоговом, сначала вы подаете заявку на кредит, затем ждете, пока его одобряют или отклоняют. А затем гасите кредит в течение определенного периода времени с определенными процентными ставками.

Во флэш-кредите или экспресс-кредите не нужно подавать заявку на кредит и не нужен залог, так как вы должны погасить кредит в той же транзакции, в которой вы его получили.

При этом для кредитора нет никакого риска невозврата кредита, если вы гасите кредит сразу, в одной транзакции. Если вы не гасите кредит в этой транзакции, она отменяется и средства автоматически возвращаются кредитору.

Таким образом, флэш-кредитование делает кредитование доступным для всех, кто этого хочет.

Чаще всего вы можете использовать флэш-кредит для арбитража.

Арбитражная торговля, это когда у вас есть один и тот же актив с двумя разными ценами на двух разных биржах.

Например, возьмем две биржи А и В. И арбитраж работает следующим образом – на бирже А один эфир стоит 80 Dai и на бирже В один эфир стоит 100 Dai.

Мы покупаем 1 ЕТН на бирже А, а затем сразу же продаем его на бирже В с прибылью в 20 Dai (за вычетом газа и комиссий). Это типичная прибыльная арбитражная сделка. При этом мы с помощью флэш-кредита получаем Dai, например, на сервисе Aave, куда и возвращаем Dai после окончания сделки.

Еще одним примером использования флэш-кредита, является рефинансирование долга. Представьте, что вы заняли Dai, отдав в залог ЕТН, и вы платите 10 % процентов по своему долгу. Теперь, другой сервис предлагает одолжить Dai под залог ЕТН, взимая всего 9 % годовых.

С помощью флэш-кредита, вы получаете Dai, и вы погашаете свой долг под 10 %, получаете залог ЕТН, который вы вкладываете в кредит под 9 %, и возвращаете Dai во флэш-кредите.

Таким образом, флэш-кредит – это транзакция смарт-контракта, в которой смарт-контракт кредитора ссужает активы смарт-контракту заемщика с условием, что активы будут возвращены плюс необязательная комиссия до окончания транзакции.

И флэш-кредиты позволяют смарт-контрактам предоставлять определенное количество токенов без требования залога, при условии, что они должны быть возвращены в рамках одной и той же транзакции.

Многие сервисы имеют существующие реализации флэш-кредитов, такие как dYdX, Aave, Uniswap.

К сожалению, интерфейс у всех разный. Однако есть стандарт EIP-3156, который предоставляет стандартные интерфейсы и процессы для экспресс-кредитов на один актив.

Ethereum Improvement Proposals	
All Core Networking Interface ERC Meta Informational	
EIP-3156: Flash Loans «»	
Author	Alberto Cuesta Cañada, Fiona Kobayashi, fubuloubu, Austin Williams
Discussions-To	<a href="https://ethereum-magicians.org/t/erc-3156-flash-loans-review-discussion/5077">https://ethereum-magicians.org/t/erc-3156-flash-loans-review-discussion/5077</a>
Status	Final
Type	Standards Track
Category	ERC
Created	2020-11-15

В стандарте EIP-3156 кредитор должен реализовать интерфейс IERC3156FlashLender.

```
pragma solidity ^0.7.0 || ^0.8.0;
import "./IERC3156FlashBorrower.sol";

interface IERC3156FlashLender {

    function maxFlashLoan(
        address token
    ) external view returns (uint256);

    function flashFee(
        address token,
        uint256 amount
    ) external view returns (uint256);

    function flashLoan(
        IERC3156FlashBorrower receiver,
        address token,
        uint256 amount,
        bytes calldata data
    ) external returns (bool);
}
```

Как мы видим, интерфейс кредитора состоит из трех основных функций.

Функция `maxFlashLoan` возвращает максимальное количество токенов, которое кто-то может взять в кредит. Кроме того, она используется, чтобы сообщить, когда токен не поддерживается (или не имеет ликвидности), возвращая ноль.

Функция `flashFee` возвращает комиссию, которая будет взиматься за транзакцию, предполагая, что она будет выплачена в токенах, в которых был взят кредит. Если транзакция кре-

дита не имеет смысла либо из-за огромной комиссии, либо из-за попытки одолжить неподдерживаемый токен, функция должна отменить транзакцию.

Функция `flashLoan` оформляет флэш-кредит. Здесь адрес получателя должен быть контрактом, реализующим интерфейс заемщика. В дополнение могут быть переданы любые произвольные данные.

Единственным требованием к деталям реализации этой функции является то, что вы должны вызвать функцию `onFlashLoan` получателя кредита.

```
require(
    receiver.onFlashLoan(msg.sender, token, amount, fee, data) ==
    keccak256("ERC3156FlashBorrower.onFlashLoan"),
    "IERC3156: Callback failed"
);
```

После этого обратного вызова функция `flashLoan` принять токены суммы + комиссии от получателя или вернуться, если это не удалось.

Именно здесь гарантируется возврат кредита в одной транзакции.

В этой точке рабочий процесс транзакции теперь временно останавливается в контракте кредитора и переходит к контракту заемщика, который должен вернуть средства, чтобы успешно завершить транзакцию.

Таким образом, функция `flashLoan` должна передать определенное количество токенов получателю перед обратным вызовом получателя.

После обратного вызова функция `flashLoan` должна взять токены суммы + комиссии от получателя или вернуться, если это не удалось. В случае успеха `flashLoan` должна вернуть `true`.

Получатель флэш-кредитов должен реализовать интерфейс `IERC3156FlashBorrower`.

```
pragma solidity ^0.7.0 || ^0.8.0;

interface IERC3156FlashBorrower {

    function onFlashLoan(
        address initiator,
        address token,
        uint256 amount,
        uint256 fee,
        bytes calldata data
    ) external returns (bytes32);
}
```

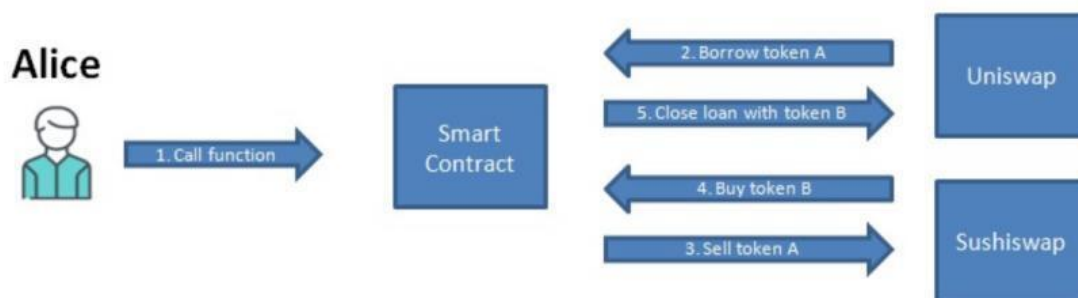
Интерфейс заемщика состоит только из функции обратного вызова `onFlashLoan`.

Чтобы вся транзакция кредита не отменялась, в функции `onFlashLoan` должна быть утверждена сумма + комиссия, которая должна быть получена кредитором.

Теперь, давайте рассмотрим арбитраж с помощью флэш-кредита.

Арбитраж – это процесс покупки и продажи одного и того же актива на разных рынках в одно и то же время. Цель состоит в том, чтобы получить прибыль от небольших различий в цене актива на разных биржах.

При этом мы можем воспользоваться мгновенным кредитом, чтобы занять крупную сумму денег для выполнения арбитражной сделки на двух децентрализованных биржах. И мы можем объединить мгновенный кредит со стратегией арбитражной торговли.



Здесь Алиса создает смарт-контракт и вызывает функцию, которая инициирует флэш-кредит токена A на бирже Uniswap. Токен A продается на бирже Sushiswap и покупается токен B. Токен B используется для гашения флэш-кредита на бирже Uniswap.

Тут нужно отметить, что существует два вида экспресс-кредитования – флэш-кредиты и флэш-свопы.

Флэш-кредитование реализовано сервисом Aave и имеет комиссию 0,09 % от суммы кредита.

Для арбитража с помощью флэш-кредита требуется как минимум три операции: 1) заимствование на Aave, 2) своп на децентрализованной бирже и 3) арбитражный своп на другой децентрализованной бирже для получения прибыли.

И флэш-кредиты должны быть возвращены тем же активом, который вы заимствовали. Если вы берете займы Dai, вам нужно погасить кредит в Dai.

Своп (swap) – это торгово-финансовая обменная операция в виде обмена разнообразными активами, в которой заключение сделки о покупке (продаже) актива сопровождается заключением контрсделки, сделки об обратной продаже (покупке) того же актива через определенный срок на тех же или иных условиях.



Флэш-свопы реализованы на таких биржах, как Uniswap и Sushiswap, и они позволяют трейдерам получать активы и использовать их в другом месте, прежде чем возвращать их позже в транзакции. И в флэш-свопах комиссия за своп вычитается из торгового ордера – здесь не нужно вносить отдельный платеж.

И мы можем погасить флэш-своп в любом активе, который обменивается в пуле. Если мы используем флэш-своп пула Dai/ETH, мы можем вернуть своп либо в Dai, либо в ETH. Это позволяет выполнять более сложные операции.

У таких бирж, как Uniswap и Sushiswap, есть «пулы», куда люди вкладывают свои средства, чтобы получать пассивный доход в виде токенов или процентов. И пул обычно представ-

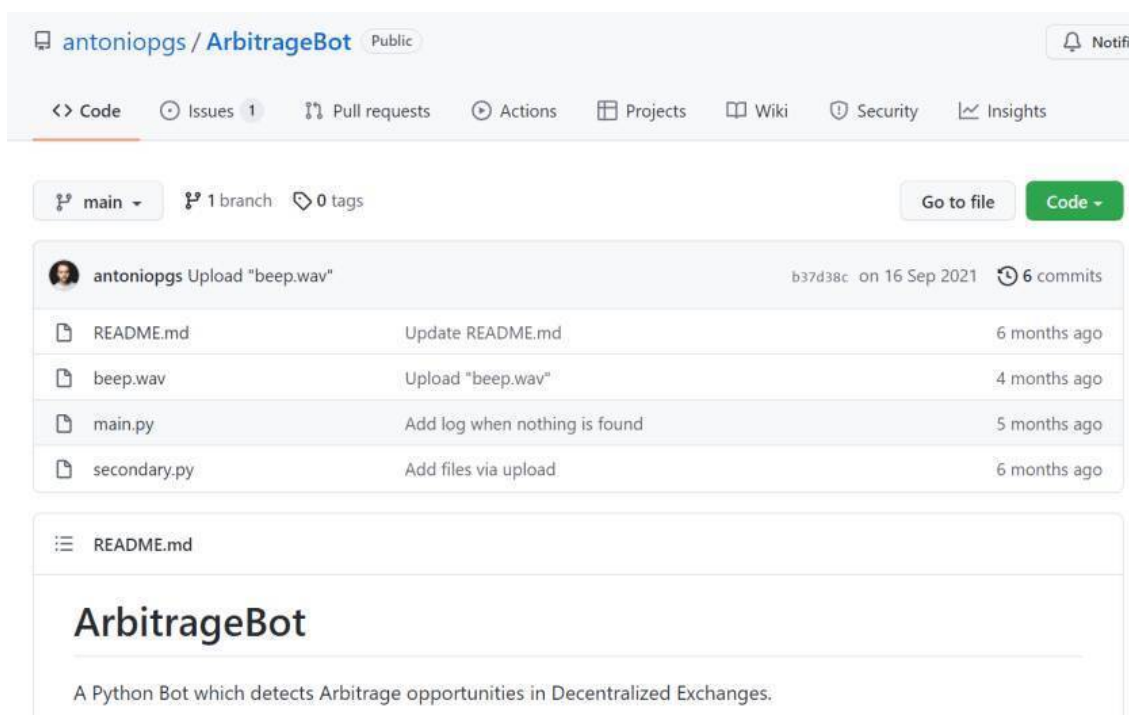
ляет собой смарт-контракт, который используется только для определенной пары криптовалют, например. ETH/DAI.

Другие биржи, такие как Radar Relay, используют протокол Oх, основанный на классической книге ордеров, полагаясь на мейкеров и тейкеров для определения цены актива. Протокол Oх предназначен для того, чтобы токены Ethereum можно было продавать прямо из вашего кошелька.

В протоколе Uniswap токены обмениваются через пулы ликвидности, которые определяются смарт-контрактами.

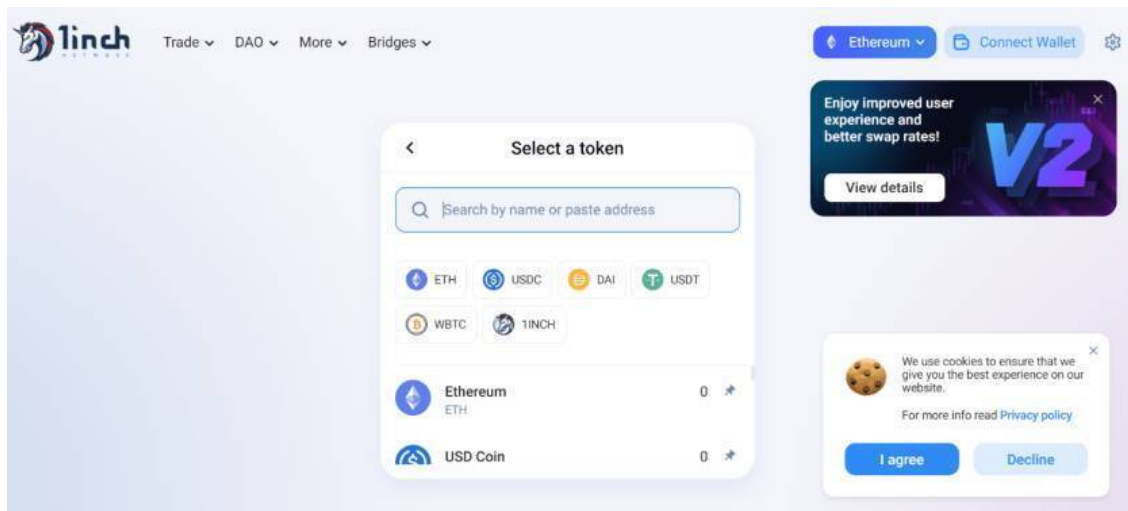
В настоящее время реализовано множество арбитражных ботов, которые автоматически ищут возможности арбитража на децентрализованных биржах.

Давайте рассмотрим некоторые из этих проектов.

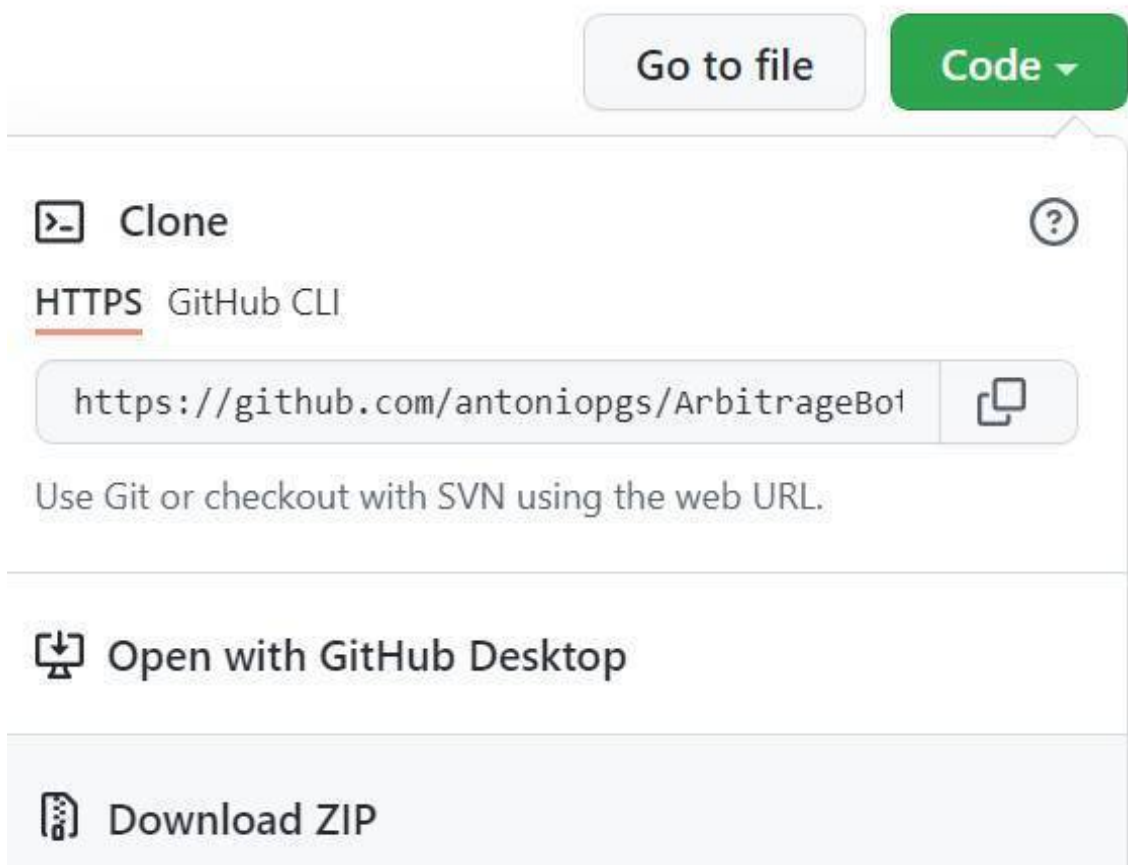


ArbitrageBot (<https://github.com/antoniopgs/ArbitrageBot>) это простой бот, реализованный на языке Python.

Этот бот ищет прибыльные сделки на обменнике 1inch.



Для запуска этого бота установите пакет Anaconda (<https://www.anaconda.com/>), затем скачайте и распакуйте архив проекта.



Код проекта для наглядности можно запускать в Jupyter Notebook – веб-приложении для создания и запуска документов с кодом Python.

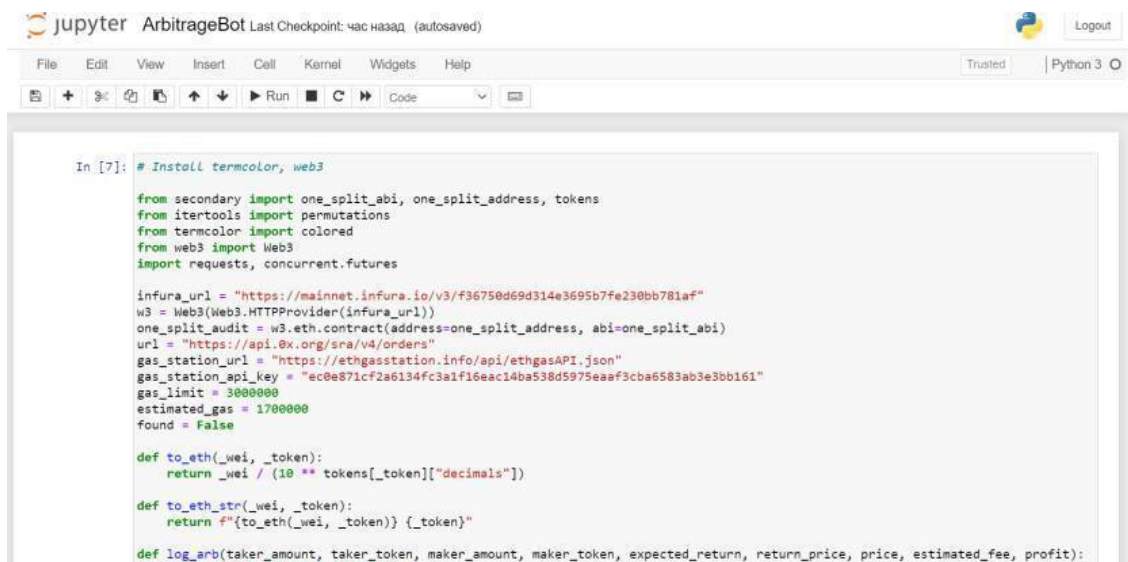
Для этого поместим в папку проекта исполняемый файл с расширением .bat, который будет содержать команду запуска ноутбука.

jupyter notebook

Кликнув на этом файле, мы откроем в веб-браузере ноутбук и создадим новый документ.



В этот новый документ скопируем код файла main.py.



Чтобы запустить код этого файла, нужно установить пакет `termcolor` – вывод в консоль разноцветного текста, и пакет `web3` – библиотека Python для взаимодействия с Ethereum.

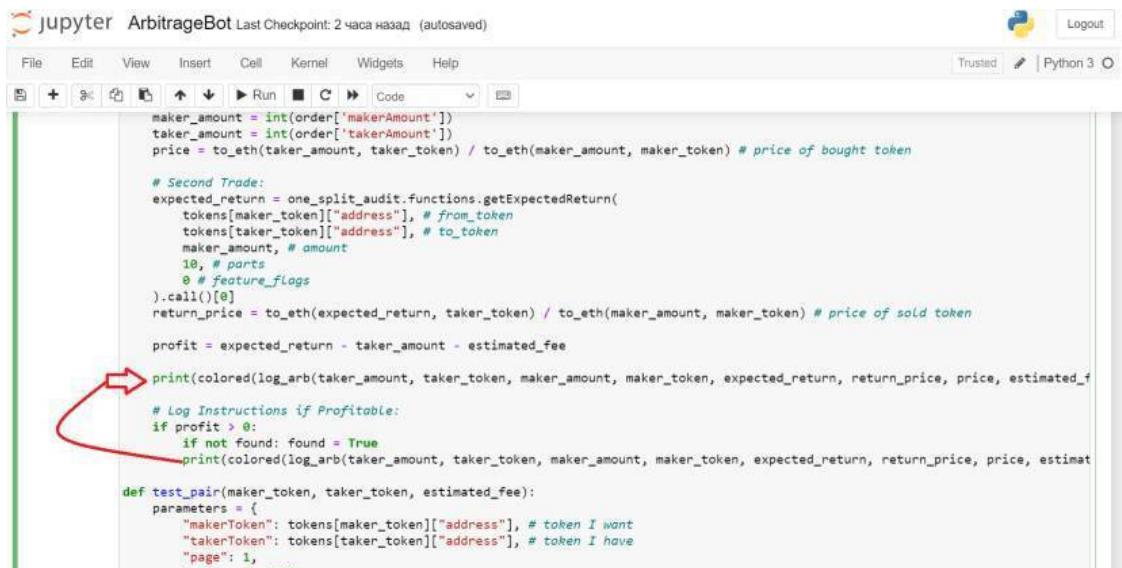
Для этого в консоли командной строки наберем команды:

```
pip install termcolor
```

```
pip install web3
```

Теперь, этот код распечатывает только прибыльные сделки, и для наглядности мы будем распечатывать все результаты поиска сделок.





```

maker_amount = int(order['makerAmount'])
taker_amount = int(order['takerAmount'])
price = to_eth(taker_amount, taker_token) / to_eth(maker_amount, maker_token) # price of bought token

# Second Trade:
expected_return = one_split_audit.functions.getExpectedReturn(
    tokens[maker_token]["address"], # from_token
    tokens[taker_token]["address"], # to_token
    maker_amount, # amount
    10, # parts
    0 # feature_flags
).call()[0]
return_price = to_eth(expected_return, taker_token) / to_eth(maker_amount, maker_token) # price of sold token

profit = expected_return - taker_amount - estimated_fee

print(colored(log_arb(taker_amount, taker_token, maker_amount, maker_token, expected_return, return_price, price, estimated_f

# Log Instructions if Profitable:
if profit > 0:
    if not found: found = True
    print(colored(log_arb(taker_amount, taker_token, maker_amount, maker_token, expected_return, return_price, price, estimat

def test_pair(maker_token, taker_token, estimated_fee):
    parameters = {
        "makerToken": tokens[maker_token]["address"], # token I want
        "takerToken": tokens[taker_token]["address"], # token I have
        "page": 1, .....

```

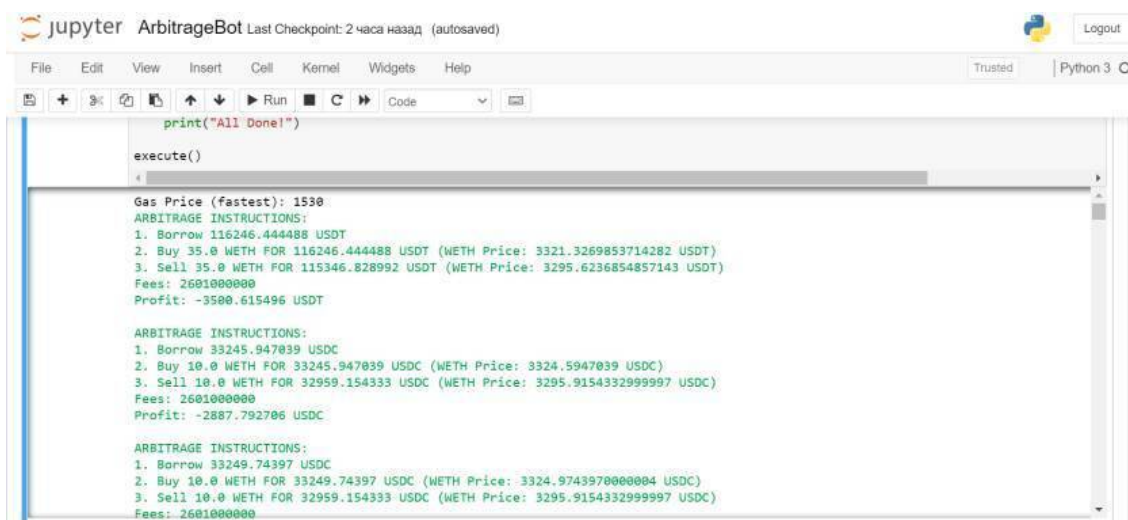
Для этого скопируем строку:

`print(colored(log_arb(taker_amount, taker_token, maker_amount, maker_token, expected_return, return_price, price, estimated_fee, profit), "green"))`

и вставим ее после строки:

`profit = expected_return - taker_amount - estimated_fee`

которая рассчитывает прибыль тестируемой сделки.



```

print("All Done!")

execute()

Gas Price (fastest): 1530
ARBITRAGE INSTRUCTIONS:
1. Borrow 116246.444488 USDT
2. Buy 35.0 WETH FOR 116246.444488 USDT (WETH Price: 3321.3269853714282 USDT)
3. Sell 35.0 WETH FOR 115346.828992 USDT (WETH Price: 3295.6236854857143 USDT)
Fees: 2601000000
Profit: -3500.615496 USDT

ARBITRAGE INSTRUCTIONS:
1. Borrow 33245.947039 USDC
2. Buy 10.0 WETH FOR 33245.947039 USDC (WETH Price: 3324.5947039 USDC)
3. Sell 10.0 WETH FOR 32959.154333 USDC (WETH Price: 3295.9154332999997 USDC)
Fees: 2601000000
Profit: -2887.792706 USDC

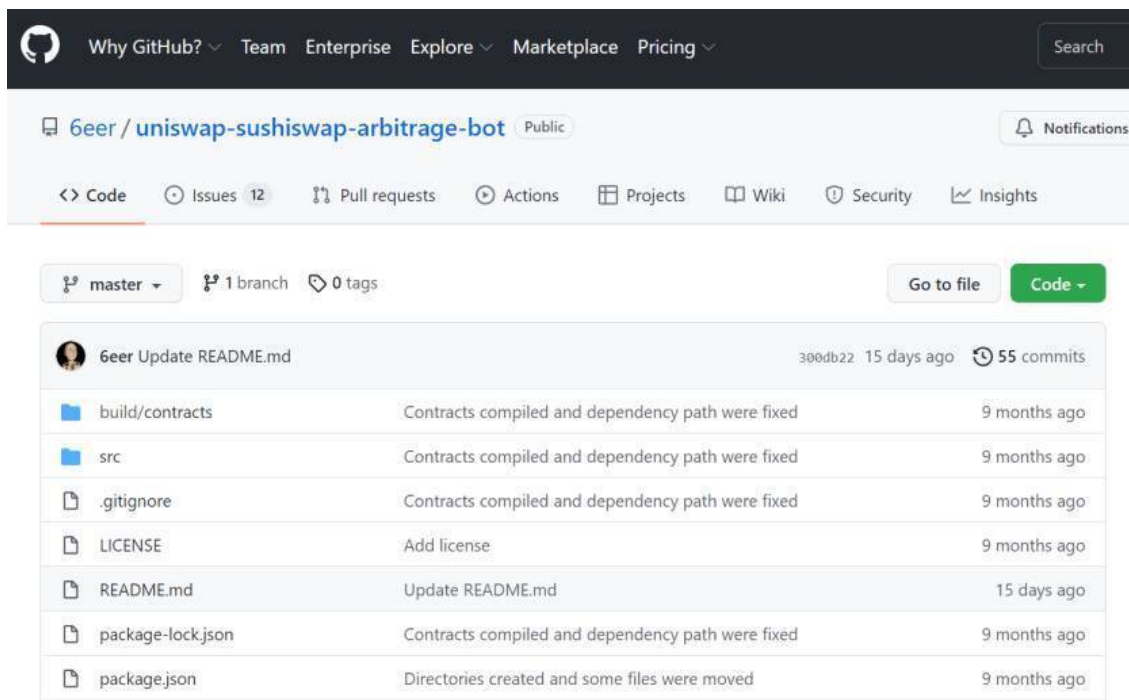
ARBITRAGE INSTRUCTIONS:
1. Borrow 33249.74397 USDC
2. Buy 10.0 WETH FOR 33249.74397 USDC (WETH Price: 3324.9743970000004 USDC)
3. Sell 10.0 WETH FOR 32959.154333 USDC (WETH Price: 3295.9154332999997 USDC)
Fees: 2601000000

```

Теперь, после нажатия на кнопку Run мы увидим все сделки, найденные ботом на обменном агрегаторе 1inch.

Рассмотрим другой проект (<https://github.com/6eer/uniswap-sushiswap-arbitrage-bot>), который представляет два бота, написанных на JS.





Эти боты наблюдают за изменениями цен в пуле ликвидности на биржах Uniswap V2 / Sushiswap и определяют, можно ли получить прибыль, покупая токены дешевле на одной бирже, чтобы продать их позже за большую сумму на другой, получая прибыль в виде разницы.

Отличаются эти боты тем, как получают токены для арбитража. Один бот использует флэш-свопы, другой бот использует обычные свопы, где требуется, чтобы у вас уже были токены, необходимые для совершения сделки, при этом для выполнения арбитража требуется меньше газа.

В обоих случаях Uniswap, как и все другие биржи, взимает с комиссию за обмен токенами, в настоящее время эта комиссия составляет 0,3 %.

Чтобы запустить демонстрацию работы ботов на локальном разветвлении основной сети Эфириума, сначала нужно установить необходимые инструменты.

В операционной системе Ubuntu откройте терминал и установите git, чтобы клонировать репозиторий проекта GitHub.

Наберите в терминале команду:

```
sudo apt install git-all
```

Установите nvm, менеджер версий для node.js.

```
sudo apt install curl
curl https://raw.githubusercontent.com/creationix/nvm/master/install.sh | bash
```

Установите нужную версию node.js.

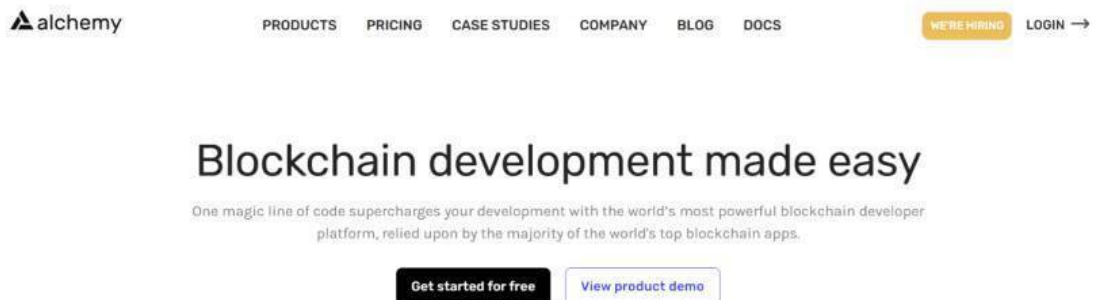
```
nvm install 12.22.1
```

Клонируйте репозиторий и установите его зависимости.

```
cd
git clone https://github.com/6eer/uniswap-sushiswap-arbitrage-bot.git
cd uniswap-sushiswap-arbitrage-bot
npm install
npm install -g ganache-cli
git clone https://github.com/sushiswap/sushiswap.git
```

Для запуска ботов вам необходимо создать учетную запись на провайдере Эфириума, компании, которая поддерживает свои собственные узлы Эфириума, и которые вы можете использовать бесплатно (с ограниченными функциями) для связи с блокчейном Эфириума.

И для запуска демонстрации вам нужен провайдер, который дает доступ к узлу архива – особый вид узла, который имеет данные блокчейна начиная с блока генезиса.



Сайт Alchemy предоставляет такой доступ бесплатно. Здесь, после регистрации, вы должны создать проект, а затем получить ключ, который позволит вам использовать их API с помощью ссылки.

[https://eth-mainnet.alchemyapi.io/v2/\[KEY\]](https://eth-mainnet.alchemyapi.io/v2/[KEY])

Далее для запуска демонстрации создайте файл. env в корневом каталоге проекта с параметрами ботов.

```
printf "ADDR_ARBITRAGE_CONTRACT\n0x3eA3E0816b7Caf6e12D5083D02D4cb5e4330CE18\n\nADDR_DAI\n0x6b175474e89094c44da98b954eedeac495271d0f\n\nADDR_ETH\n0xc02aaa39b223fe8d0a0e5c4f27ead9083c756cc2\n\nADDR_SFACTORY\n0xC0AEe478e3658e2610c5F7A4A2E1777cE9e4f2Ac\n\nADDR_SROUTER\n0xd9e1cE17f2641f24aE83637ab66a2cca9C378B9F\n\nADDR_TOKEN0"
```

```

0x55B7162F06e4Cf5b2e06E5757c1e474dB8E10516      \nADDR_TOKEN1      =
0xedC71FcFD28912ab32b21Efaa906f39F628De110      \nADDR_UFACTORY      =
0x5C69bEe701ef814a2B6a3EDD4B1652CB9cc5aA6f" \nADDR_URouter      =
0x7a250d5630B4cF539739dF2C5dAcB4c659F2488D" \nADDR_UTILS      =
0xE78941610Ffef0eEA391BAe6d842175E389973E9      \nLOCAL_DEPLOYMENT      = true
\nPRICE_TOKEN0      =      190.2\nPRICE_TOKEN1      =      235.7\nPRIVATE_KEY      =
0x4f3edf983ac636a65a842ce7c78d9aa706d3b113bce9c46f30d7d21715b23b1d" \nPROJECT_ID
= 3c40e9b697e547b4ae7e72dceb82ad11 \nVALID_PERIOD = 5\n" >.env

```

Откройте новый терминал в том же месте и выполните команду, используя ссылку Alchemy.

```
ganache-cli --fork https://eth-mainnet.alchemyapi.io/v2/[KEY] --b 2 --d
```

Ganache CLI – это инструмент командной строки Ganache, симулятора блокчейна Ethereum для разработки приложений Ethereum.

Команда – fork разветвляет блокчейн от другого запущенного в данный момент клиента Ethereum в заданном блоке.

Таким образом здесь мы разветвляемся от узла архива Ethereum в клиенте Alchemy локально.

Есть несколько причин, по которым вы можете захотеть разветвить Ethereum Mainnet для использования на вашем локальном компьютере разработчика. Главным из них является возможность протестировать ваши смарт-контракты на соответствие коду и адресам основной сети.

Здесь мы можем создать токены и соответствующие им пулы ликвидности на Uniswap и Sushiswap для симуляции арбитража.

Для этого в терминале запустим демо-скрипт с параметром – a или – b для использования одного из двух возможных направлений свопа.

```

node ./src/demo_environment.js -a
#or
node ./src/demo_environment.js -b

```

Этот скрипт создаст два токена и соответствующие им пулы ликвидности на Uniswap и Sushiswap с определенными суммами, которые сделают возможной возможность арбитража.

И наконец, запустим бот, который выполнит арбитраж.

```

node ./src/bot_flashswap.js
#or
node ./src/bot_normalswap.js

```

Как только произойдет арбитраж, нажмите Ctrl+C, чтобы остановить бот.

Для арбитража в Ethereum, необходимо настроить провайдера, клиента Ethereum, который предоставит доступ к блокчейну.

```
//setting up provider
let web3
if (localDeployment) {

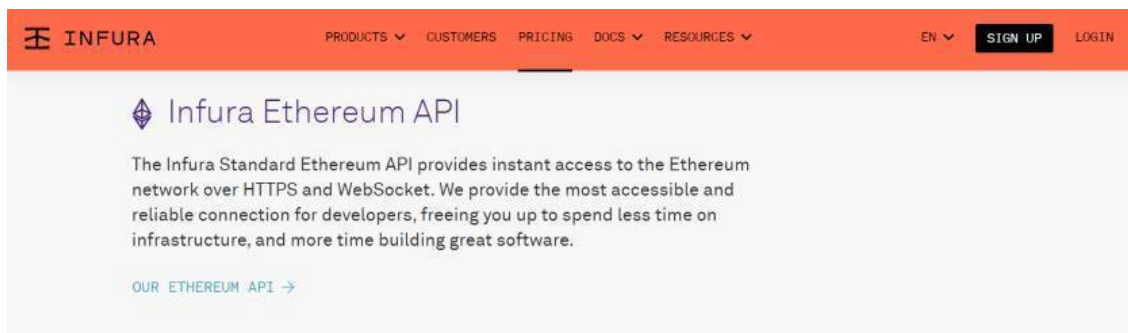
  const localProviderUrl = 'http://localhost:8545'
  const localProvider = new Web3.providers.WebsocketProvider(localProviderUrl)
  web3 = new Web3(localProvider)

} else {

  /* In this case we use an infura provider for mainnet, you could use whatever you want but
  it cant be a http provider because it doesnt support web3 subscriptions (events).*/
  web3 = new Web3(`wss://mainnet.infura.io/ws/v3/${projectId}`)

}
```

Здесь код бота настроен на использование Infura, еще один сервис, который предоставляет доступ к блокчейну Ethereum. Первое условие кода бота использования библиотеки web3 выполняется при использовании инструмента ganache-cli для локальной ветви Ethereum, второе условие выполняется при использовании провайдера Ethereum.



Далее разверните контракт Arbitrager.sol, если вы собираетесь использовать bot\_flashswap.js, и в обоих случаях вам необходимо развернуть контракт Utils.sol.

Создайте файл .env в каталоге проекта со значениями параметров, включая адреса развернутых контрактов. И предполагая, что у вас есть учетная запись Ethereum с достаточным количеством эфира для оплаты газа, вы сможете запускать ботов.

Еще один проект (<https://github.com/pedrobergamini/uni-sushi-flashloaner>, <https://github.com/pedrobergamini/flashloaner-contract>) представляет бот, который отслеживает ценовые пары ETH-Dai как на Uniswap, так и на Sushiswap.

The screenshot shows the GitHub repository page for 'pedrobergamini / uni-sushi-flashloaner'. The repository is public and has 5 issues, 1 pull request, and 0 tags. The commit history shows a commit by 'pedrobergamini' titled 'adds gas calculation' on 25 Sep 2020, with 3 commits. The file list includes 'abis', '.env.example', '.eslintrc.js', '.gitignore', 'index.js', and 'package.json'.

File	Commit Message	Time
abis	the first commit	16 months ago
.env.example	the first commit	16 months ago
.eslintrc.js	the first commit	16 months ago
.gitignore	the first commit	16 months ago
index.js	adds gas calculation	16 months ago
package.json	updates package.json	16 months ago

The screenshot shows the GitHub repository page for 'pedrobergamini / flashloaner-contract'. The repository is public and has 4 issues, 1 pull request, and 0 tags. The commit history shows a commit by 'pedrobergamini' titled 'Merge pull request #1 from cleanunicorn/master' on 12 Nov 2020, with 5 commits. The file list includes 'contracts', 'migrations', 'test', '.gitattributes', '.gitignore', 'package.json', and 'truffle-config.js'.

File	Commit Message	Time
contracts	removes receive function	16 months ago
migrations	the first commit	16 months ago
test	the first commit	16 months ago
.gitattributes	Add Solidity syntax highlight.	14 months ago
.gitignore	the first commit	16 months ago
package.json	updates package.json	16 months ago
truffle-config.js	the first commit	16 months ago

И когда бот обнаруживает выгодную возможность арбитража, он отправляет транзакцию в развернутый контракт. Далее в рамках одной транзакции этот контракт использует флэш-свопы, чтобы заимствовать актив из пула с более низкой ценой, и тут же продает актив в более дорогом пуле, затем погашает ссуду флэш-свопа и получает прибыль в виде разницы.

```
14 // use your own Infura node in production
15 const provider = new ethers.providers.InfuraProvider('mainnet', process.env.INFURA_KEY);
```

Здесь бот использует узел провайдера Infura для наблюдения за ценой ETH и Dai в контрактах бирж Uniswap и Sushiswap, и получает эти цены в каждом новом блоке, созданным в основной сети.

 master ▾ uni-sushi-flashloaner / .env.example

 pedrobergamini the first commit

 1 contributor

3 lines (3 sloc) | 38 Bytes

```
1 PRIVATE_KEY=  
2 FLASH_LOANER=  
3 INFURA_KEY=
```

И здесь также требуется файл. `env` для хранения приватного ключа для подписи транзакций основной сети, а также адреса арбитражного контракта и ключа доступа к узлу Infura, который мы получаем при регистрации на сайте.

Убедитесь, что на счете Ethereum, связанном с `PRIVATE_KEY`, достаточно средств для покрытия расходов на газ, которые могут быть высокими.



```

provider.on('block', async (blockNumber) => {
  try {
    console.log(blockNumber);

    const sushiReserves = await sushiEthDai.getReserves();
    const uniswapReserves = await uniswapEthDai.getReserves();

    const reserve0Sushi = Number(ethers.utils.formatUnits(sushiReserves[0], 18));

    const reserve1Sushi = Number(ethers.utils.formatUnits(sushiReserves[1], 18));

    const reserve0Uni = Number(ethers.utils.formatUnits(uniswapReserves[0], 18));
    const reserve1Uni = Number(ethers.utils.formatUnits(uniswapReserves[1], 18));

    const priceUniswap = reserve0Uni / reserve1Uni;
    const priceSushiswap = reserve0Sushi / reserve1Sushi;

    const shouldStartEth = priceUniswap < priceSushiswap;
    const spread = Math.abs((priceSushiswap / priceUniswap - 1) * 100) - 0.6;

    const shouldTrade = spread > (
      (shouldStartEth ? ETH_TRADE : DAI_TRADE)
      / Number(
        ethers.utils.formatEther(uniswapReserves[shouldStartEth ? 1 : 0]),
      ));
  }
}

```

Здесь в коде бота при появлении блока мы просим Infura проверять цену ETH и Dai в Uniswap и Sushiswap. Затем мы сравниваем эти цифры, чтобы получить «спред» или возможную норму прибыли.

```

const gasPrice = await wallet.getGasPrice();

const gasCost = Number(ethers.utils.formatEther(gasPrice.mul(gasLimit)));

const shouldSendTx = shouldStartEth
  ? (gasCost / ETH_TRADE) < spread
  : (gasCost / (DAI_TRADE / priceUniswap)) < spread;

// don't trade if gasCost is higher than the spread
if (!shouldSendTx) return;

```

Транзакции контракта могут быть очень дорогими, и любая прибыль может быть съедена стоимостью газа. Важной проверкой бота является обеспечение того, чтобы расходы на газ не съедали спред. Здесь это делается с помощью логической переменной `shouldSendTx`.

Для такой распространенной пары токенов, как ETH и Dai, не так много прибыльных возможностей. Это пары с большим объемом, так как их используют многие люди, а Uniswap и Sushiswap – относительно популярные биржи.

С экономической точки зрения, арбитражные возможности являются результатом неэффективности рынка. Если многие люди используют эти пары, мы вряд ли найдем много арбитражных возможностей. Для арбитража нужно искать более новые токены или биржи.

```
contract FlashLoaner {
    address immutable factory;
    uint constant deadline = 10 days;
    IUniswapV2Router02 immutable sushiRouter;

    constructor(address _factory, address _uniRouter, address _sushiRouter) public {
        factory = _factory;
        sushiRouter = IUniswapV2Router02(_sushiRouter);
    }

    function uniswapV2Call(address _sender, uint _amount0, uint _amount1, bytes calldata _data) external {
        address[] memory path = new address[](2);
        uint amountToken = _amount0 == 0 ? _amount1 : _amount0;

        address token0 = IUniswapV2Pair(msg.sender).token0();
        address token1 = IUniswapV2Pair(msg.sender).token1();

        require(msg.sender == UniswapV2Library.pairFor(factory, token0, token1), "Unauthorized");
        require(_amount0 == 0 || _amount1 == 0);

        path[0] = _amount0 == 0 ? token1 : token0;
        path[1] = _amount0 == 0 ? token0 : token1;

        IERC20 token = IERC20(_amount0 == 0 ? token1 : token0);

        token.approve(address(sushiRouter), amountToken);

        // no need for require() check, if amount required is not sent sushiRouter will revert
        uint amountRequired = UniswapV2Library.getAmountsIn(factory, amountToken, path)[0];
        uint amountReceived = sushiRouter.swapExactTokensForTokens(amountToken, amountRequired, path, msg.sender, deadline)[1];

        // YEAAA PROFIT
        token.transfer(_sender, amountReceived - amountRequired);
    }
}
```

Когда бот обнаруживает выгодную возможность, он отправляет инструкции контракту.

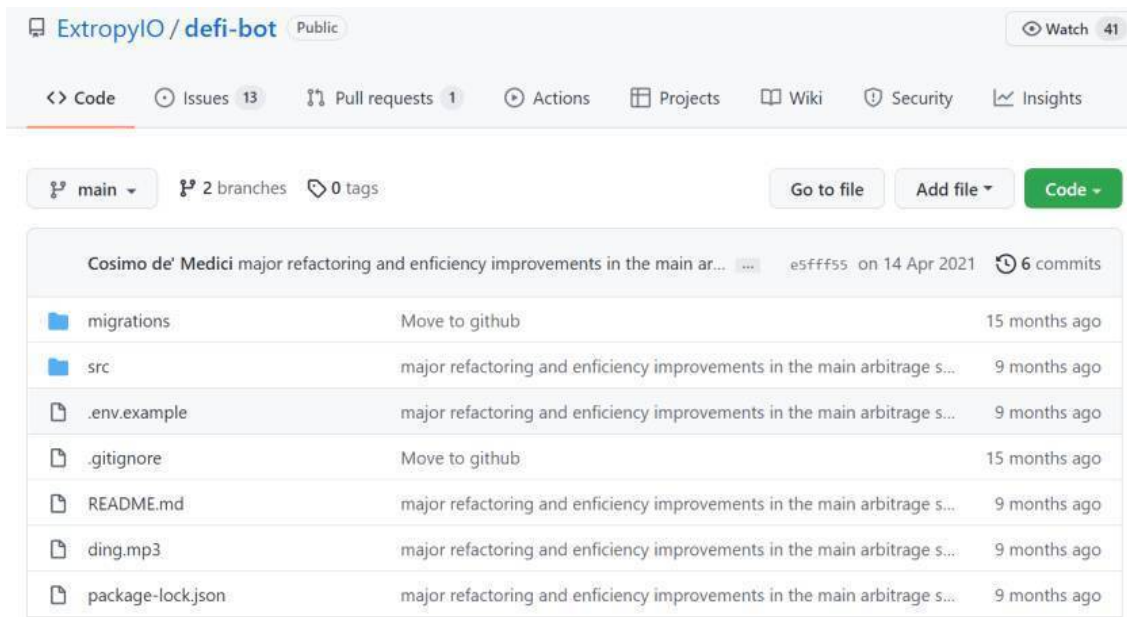
Здесь у нас есть конструктор, в который мы передаем параметры, такие как адреса контрактов Uniswap и Sushiswap.

И у нас также есть единственная функция, `uniswapV2Call`, в которой мы одалживаем токены на одной бирже, выполняем своп на другой и немедленно возвращаем первый своп.

Если есть какая-то прибыль, мы отправляем ее на адрес, который инициировал транзакцию.

Еще один проект (<https://github.com/ExtropyIO/defi-bot>) представляет бота, который использует флэш-кредиты для заимствования активов на бирже dYdX и продает их на бирже 1inch, когда это приносит прибыль.





Здесь бот запрашивает API протокола 0x в поисках парных лимитных ордеров WETH/DAI, а затем бот запрашивает агрегатор 1inch, чтобы определить, можно ли продать один или несколько открытых ордеров из 0x по более высокой цене на любой другой пул ликвидности.

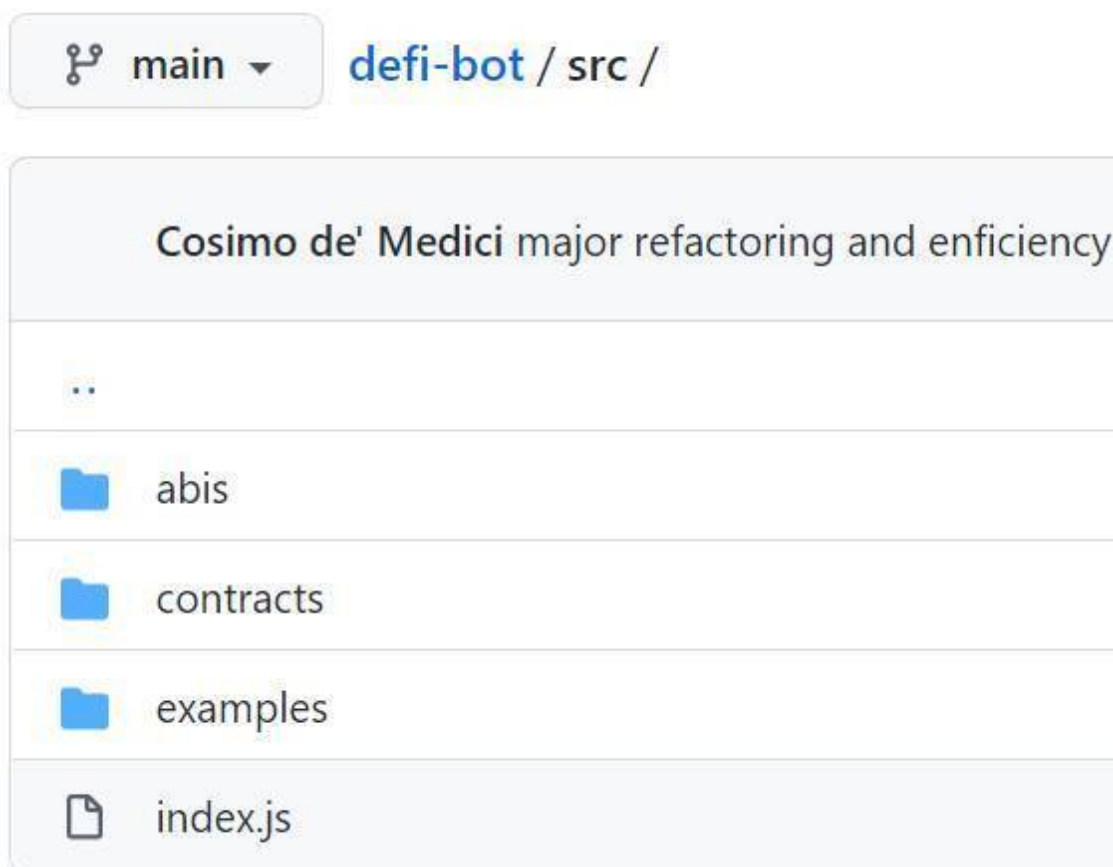
Бот будет использовать активы «тейкера», то есть он будет продавать DAI на 0x и продавать WETH на 1inch.

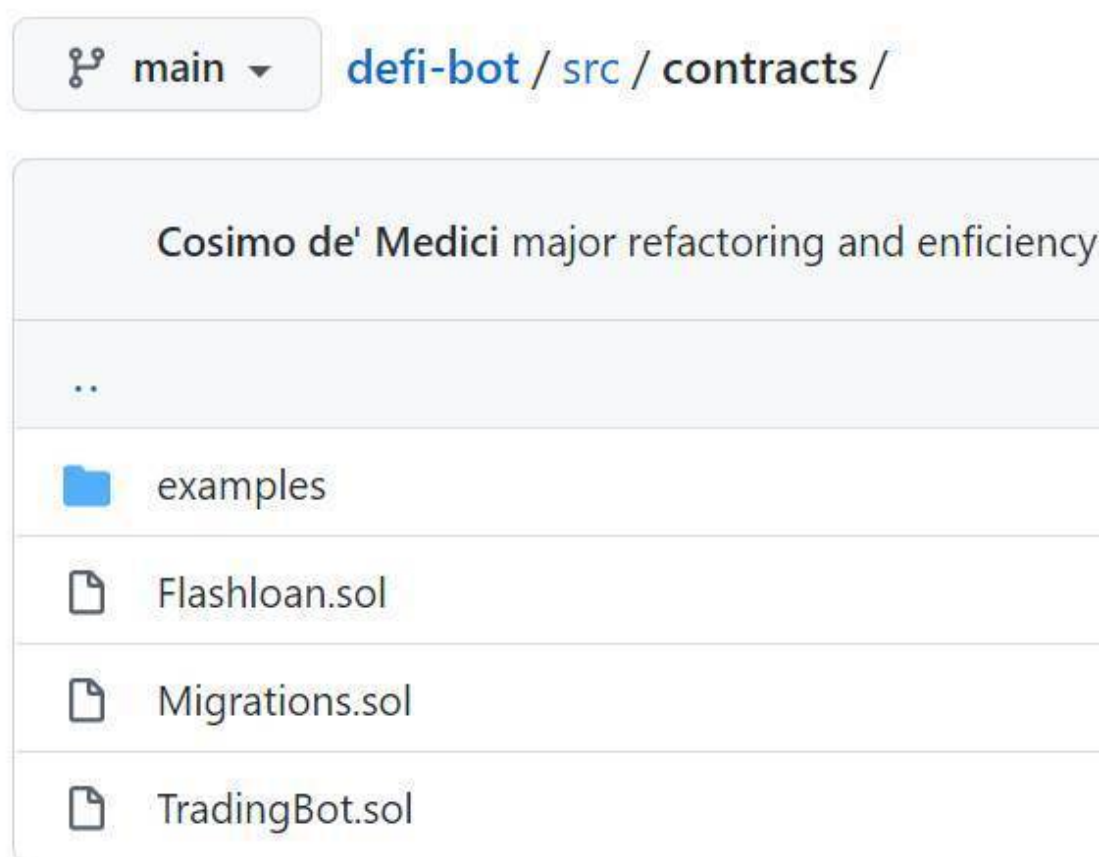
По шагам это выглядит следующим образом – 1) мы получаем флэш-кредит в DAI на бирже DyDx 2) мы покупаем WETH на бирже 0x, используя DAI, заимствованный с помощью флэш-кредита 3) мы используем агрегатор 1inch, чтобы найти лучшую биржу для продажи WETH 4) мы гасим мгновенный кредит в DAI и сохраняем разницу (прибыль).

WETH – это торгуемая версия ETH. И WETH упрощает торговлю ETH с точки зрения смарт-контрактов, это также означает, что пользователи могут отозвать доступ к своему WETH после его отправки на биржу, чего нельзя сказать о ETH.

0x – это протокол для торговли между кошельками с использованием внешнего API или биржи, в которой хранятся ордера для книги ордеров, и это также торговый протокол, реализуемый смарт-контрактами.

В этом проекте весь бот состоит всего из двух основных файлов.





Файл `index.js` – это приложение `node.js`, которое постоянно получает цены на криптовалюту на биржах в поисках возможностей для арбитража, проверяя, что сделка возможна, прежде чем пытаться ее выполнить.

Файл `TradingBot.sol` – это смарт-контракт, который вызывается приложением `index.js` только при обнаружении прибыльного арбитража, контракт занимает средства с помощью флэш-кредита и совершает сделки на децентрализованных биржах.

И для запуска бота необходимо развернуть этот смарт-контракт, который обрабатывает всю логику, от флэш-кредита до торговли.


Можно развернуть смарт-контракт с помощью среды `Remix`. И для начала нужно установить браузерное расширение `Metamask`, создать учетную запись `Ethereum Mainnet` с некоторым количеством эфира для оплаты комиссий за газ.


`MetaMask` – это расширение для доступа к распределенным приложениям блокчейна `Ethereum`.


Затем нужно скомпилировать код контракта в `Remix`, и развернуть контракт с помощью `Metamask`, с начальными 100 вей, которых достаточно для 100 флэш-кредитов на бирже `dYdX`.

Примечание по лимиту газа; при развертывании смарт-контракта в основной сети пользователи

Чтобы развернуть контракт в тестовой сети, такой как `Ropsten` или `Rinkeby`, нужно изменить все адреса, такие как адреса бирж и токенов, как в боте, так и в смарт-контракте.


main ▾
defi-bot / .env.example


Cosimo de' Medici major refactoring and enficiency improvements


0 contributors

7 lines (7 sloc) | 172 Bytes

```

1  RPC_URL="https://mainnet.infura.io/v3/YOUR_API_KEY_HERE"
2  ADDRESS="0x..."
3  PRIVATE_KEY="0x..."
4  CONTRACT_ADDRESS="0x..."
5  GAS_LIMIT=3000000
6  GAS_PRICE=200
7  ESTIMATED_GAS=1700000

```

Проект также содержит файл .env.

Здесь RPC\_URL – это публичный адрес узла Ethereum, такого как провайдер Infura, где необходимо зарегистрироваться, чтобы получить ключ API.

ADDRESS и PRIVATE\_KEY – это публичный Ethereum-адрес учетной записи бота и соответствующий ему приватный ключ.

CONTRACT\_ADDRESS – это адрес смарт-контракта, который можно посмотреть в Remix после развертывания контракта.

GAS\_LIMIT – это сколько газа разрешено использовать по контракту.

GAS\_PRICE – цена за газ регулирует скорость транзакции.

Запустить бот можно с помощью терминала командной строки, после установки среды выполнения Node.js.

```
node src/index.js
```

Фактический контракт для торгового бота начинается со строки 199 файла TradingBot.sol.

```

contract TradingBot is DyDxFloashLoan { // Where the actual contract for the trading bot starts, anything above that are just libraries.
    uint256 public loan;

    // Addresses
    address payable OWNER;

    // Onesplit Config
    address ONE_SPLIT_ADDRESS = 0xC5868eF4a0992C495Cf22e1aeEE4E446CECDDee0E;
    uint256 PARTS = 10;
    uint256 FLAGS = 0;

    // ZRX Config
    address ZRX_EXCHANGE_ADDRESS = 0x61935CbDd02287B51119D0b11Aeb42F1593b7EF;
    address ZRX_ERC20_PROXY_ADDRESS = 0x95E6F48254609A6ee006F7D493c8e5f897094ceF;
    address ZRX_STAKING_PROXY = 0xa26e80e7Dea86279c6d778D702Cc413E6CFFA777; // Fee collector

```

Здесь создается контракт TradingBot, наследующий контракт DyDxFloashLoan. Все, что выше строки 199 является просто библиотеками.

```

constructor() public payable {
    _getWeth(msg.value);
    _approveWeth(msg.value);
    OWNER = msg.sender;
}

```

В конструкторе контракта функция getWeth превращает эфиры контракта в WETH, а функция approveWeth одобряет прокси-сервер протокола 0x, который является сборщиком комиссий, т. е. мы будем использовать WETH для оплаты комиссий за торговлю.

И наконец, конструктор устанавливает владельца контракта.

```

function getFlashloan(address flashToken, uint256 flashAmount, address arbToken,
bytes calldata zrxData, uint256 oneSplitMinReturn, uint256[] calldata
oneSplitDistribution) external payable onlyOwner {
    uint256 balanceBefore = IERC20(flashToken).balanceOf(address(this));
    bytes memory data = abi.encode(flashToken, flashAmount, balanceBefore,
arbToken, zrxData, oneSplitMinReturn, oneSplitDistribution);
    flashloan(flashToken, flashAmount, data); // execution goes to
`callFunction`

    // and this point we have succefully paid the dept
}

```

Точкой входа всего арбитража является функция getFlashloan, которую приложение node.js будет вызывать при обнаружении прибыльного арбитража.

Все необходимые параметры будут переданы этой функции, которая, в свою очередь, вызовет торговые функции после получения мгновенного кредита и так далее.

```

function callFunction(
    address, /* sender */
    Info calldata, /* accountInfo */
    bytes calldata data
) external onlyPool {
    (address flashToken, uint256 flashAmount, uint256 balanceBefore, address
    arbToken, bytes memory zrxData, uint256 oneSplitMinReturn, uint256[] memory
    oneSplitDistribution) = abi
        .decode(data, (address, uint256, uint256, address, bytes, uint256,
    uint256[]));
    uint256 balanceAfter = IERC20(flashToken).balanceOf(address(this));
    require(
        balanceAfter - balanceBefore == flashAmount,
        "contract did not get the loan"
    );
    loan = balanceAfter;

    // do whatever you want with the money
    // the dept will be automatically withdrawn from this contract at the end
    of execution
    _arb(flashToken, arbToken, flashAmount, zrxData, oneSplitMinReturn,
    oneSplitDistribution);
}

```

Функция callFunction вызывается из смарт-контракта dYdX, чтобы получить мгновенный кредит от dYdX.

Переменная balanceAfter – это баланс токена после получения кредита. И если кредит был успешным, далее вызывается функция \_arb.

```

function _arb(address _fromToken, address _toToken, uint256 _fromAmount, bytes
memory _0xData, uint256 _1SplitMinReturn, uint256[] memory _1SplitDistribution)
internal {
    // Track original balance
    uint256 _startBalance = IERC20(_fromToken).balanceOf(address(this));

    // Perform the arb trade
    _trade(_fromToken, _toToken, _fromAmount, _0xData, _1SplitMinReturn,
    _1SplitDistribution);

    // Track result balance
    uint256 _endBalance = IERC20(_fromToken).balanceOf(address(this));

    // Require that arbitrage is profitable
    require(_endBalance > _startBalance, "End balance must exceed start
    balance.");
}

```

Эта функция код отслеживает баланс смарт-контракта до и после функции \_trade, где и происходит весь арбитраж.



```

function _trade(address _fromToken, address _toToken, uint256 _fromAmount, bytes
memory _0xData, uint256 _1SplitMinReturn, uint256[] memory _1SplitDistribution)
internal {
    // Track the balance of the token RECEIVED from the trade
    uint256 _beforeBalance = IERC20(_toToken).balanceOf(address(this));

    // Swap on 0x: give _fromToken, receive _toToken
    _zrxSwap(_fromToken, _fromAmount, _0xData);

    // Calculate the how much of the token we received
    uint256 _afterBalance = IERC20(_toToken).balanceOf(address(this));

    // Read _toToken balance after swap
    uint256 _toAmount = _afterBalance - _beforeBalance;

    // Swap on 1Split: give _toToken, receive _fromToken
    _oneSplitSwap(_toToken, _fromToken, _toAmount, _1SplitMinReturn,
_1SplitDistribution);
}

```

Функция отслеживает `_beforeBalance`, выполняет сделку на бирже 0x с помощью функции `_zrxSwap`, далее проверяет `_afterBalance`, берет этот баланс и выполняет своп на 1inch с помощью функции `_oneSplitSwap`.

```

function _zrxSwap(address _from, uint256 _amount, bytes memory
_calldataHexString) internal {
    // Approve tokens
    IERC20 _fromIERC20 = IERC20(_from);
    _fromIERC20.approve(ZRX_ERC20_PROXY_ADDRESS, _amount);

    // Swap tokens
    address(ZRX_EXCHANGE_ADDRESS).call.value(msg.value)(_calldataHexString);

    // Reset approval
    _fromIERC20.approve(ZRX_ERC20_PROXY_ADDRESS, 0);
}

```

Функция `zrxSwap` сначала одобряет 0x для использования токенов, выполняет заказ, а затем сбрасывает одобрение.

```
function _oneSplitSwap(address _from, address _to, uint256 _amount, uint256
_minReturn, uint256[] memory _distribution) internal {
    // Setup contracts
    IERC20 _fromIERC20 = IERC20(_from);
    IERC20 _toIERC20 = IERC20(_to);
    IOneSplit _oneSplitContract = IOneSplit(ONE_SPLIT_ADDRESS);

    // Approve tokens
    _fromIERC20.approve(ONE_SPLIT_ADDRESS, _amount);

    // Swap tokens: give _from, get _to
    _oneSplitContract.swap(_fromIERC20, _toIERC20, _amount, _minReturn,
_distribution, FLAGS);

    // Reset approval
    _fromIERC20.approve(ONE_SPLIT_ADDRESS, 0);
}
```

Та же логика выполняется в функции `_oneSplitSwap` для 1inch, функция одобряет токены, торгует и сбрасывает одобрение.

После этого выполнение возвращается к функции `_arb`, которая требует, чтобы была получена прибыль, чтобы погасить flashloan, если прибыль не была получена, вся последовательность вызовов вернется.

```
function withdrawToken(address _tokenAddress) public onlyOwner {
    uint256 balance = IERC20(_tokenAddress).balanceOf(address(this));
    IERC20(_tokenAddress).transfer(OWNER, balance);
}
```

И наконец, владелец контракта может вывести токены, передав адрес токена в функцию `withdrawToken`.