Под капотом Git

По материалам workshop
«A Plumber's Guide to Git»
https://alexwlchan.net/a-plumbers-guide-to-git/

Git commands: Porcelain & Plumbing

~ **110** команд (плюс опции):

- **Porcelain** – высокоуровневые команды, которые мы в основном и используем:
  `add, commit, merge, push, pull, rebase,…`
- **Plumbing** – низкоуровневые команды:
  `hash-object, commit-tree, write-tree,…`

Git под капотом

Папка **.git**

Name	Ext	Size
..		<DIR>
hooks		18,848
info		701,778
logs		107,096
objects		373,640,482
refs		8,929
COMMIT_EDITMSG		541
COMMITMESSAGE		0
config		1,405
description		73
FETCH_HEAD		165,648
HEAD		53
index		1,618,298
ORIG_HEAD		41
packed-refs		615,112

Git под капотом. Объекты.

В Git единицей хранения данных является **объект**.

По содержанию объекта однозначно вычисляется соответствующий 40-символьный хеш **sha1.** Например, такой:

```
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

Хеш, полученный из объекта, является именем файла в папке .git/objects, содержащего этот объект:

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

(точнее, первые два символа хэша используются как имя папки в .git/objects, а остальные 38 – как имя файла в этой папке).

Git под капотом. Объекты.

В Git единицей хранения данных является **объект**.

По содержанию объекта однозначно вычисляется соответствующий 40-символьный хеш **sha1.** Например, такой:

```
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

Хеш, полученный из объекта, является именем файла в папке .git/objects, содержащего этот объект:

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

Поэтому структуру .git часто называют «контентно-адресуемой файловой системой»

Git под капотом. Объекты.

Объекты могут быть нескольких типов.

В объектах Git хранит почти всё:

- содержимое файлов пользователя
- их иерархию и имена (дерево)
- коммиты

Для экономии дискового пространства содержимое всех объектов дополнительно сжимается с помощью zlib.

Сначала объекты всех типов сохраняются как обычные файлы в папке `.git/objects`, а после **git gc** упаковывает их (если будет нужно) в **.pack**-файлы.

Git под капотом. Объекты.

Папка **.git/objects**

..	<DIR>
0c	<DIR>
0e	<DIR>
11	<DIR>
13	<DIR>
1a	<DIR>
22	<DIR>
24	<DIR>
2b	<DIR>

Папка **.git/objects/0e**

..	<DIR>
32a760dd6266ddc3117e4d7bfd5f65f18e22cf	1,410
924207c1eb3e1de666a4a69e34d258a451e302	171
a89b1db7e8efc48de32830ef4dda9f06cb7f72	93,502

Git под капотом


```
mkdir plumbing-repo
cd plumbing-repo

git init

echo "An awesome aardvark admires the Alps" > animals.txt

git hash-object -w animals.txt
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

В папке `.git/objects` появился файл!

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```


CQG

Git под капотом


```
git hash-object -w animals.txt
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
git cat-file -p a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
An awesome aardvark admires the Alps
```

Мы говорили, что объекты бывают разных типов.
Какого типа этот объект?

```
git cat-file -t a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
blob
```


CQG

Git под капотом


```
git hash-object -w animals.txt
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
git cat-file -p a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
An awesome aardvark admires the Alps
```

Сотрем файл `plumbing_repo/animals.txt` и выполним команду

```
git cat-file -p a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d > animals.txt
```


CQG

Git под капотом. Blobs.

```
git hash-object -w animals.txt
a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
```

```
git cat-file -p a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
An awesome aardvark admires the Alps
```

Сотрем файл `plumbing_repo/animals.txt` и выполним команду

```
git cat-file -p a37f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d > animals.txt
```

Снова появился `animals.txt`, с тем же содержимым:

```
An awesome aardvark admires the Alps
```

Git под капотом. Blobs.


```
echo "Big blue basilisks bawl in the basement" > animals.txt

git hash-object -w animals.txt
b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
```

Папка **.git/objects** содержит уже два объекта типа blob – старое содержание **animals.txt** и новое содержание **animals.txt:**

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
.git/objects/b1/3311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
```


CQG

Git под капотом. Blobs.


```
echo "Big blue basilisks bawl in the basement" > animals.txt

git hash-object -w animals.txt
b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570

.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
.git/objects/b1/3311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
```

Мы можем снова удалить файл **animals.txt** и выполнить

```
git cat-file -p b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 > animals.txt
```

А можно сохранить объект в файл с другим именем:

```
git cat-file -p b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 > alliteration.txt
```


CQG

Git под капотом. Blobs.


```
echo "Clueless cuttlefish crowd the curious crab" >
c_creatures.txt

copy c_creatures.txt sea_creatures.txt

git hash-object -w c_creatures.txt
ce289881a996b911f167be82c87cbfa5c6560653

git hash-object -w sea_creatures.txt
ce289881a996b911f167be82c87cbfa5c6560653
```

Мы видим, что sha1-хеш одинаков у содержания обоих файлов – а это значит, что в `.git/objects` будет только один blob-объект для обоих файлов!

CQG

Git под капотом. Blobs.

a37f ... 5d1d ⟶ "An awesome aardvark admires the Alps"

b133 ... e570 ⟶ "Big blue basilisks bawl in the basement"

ce28 ... 0653 ⟶ "Clueless cuttlefish crowd the curious crab"

Только содержимое. Ничего об именах файлов.

Если мы хотим сохранять несколько файлов, а то и папок, нам надо их **имена** и в целом знать **структуру дерева файлов**.

Займемся этим.

Git под капотом. Blobs and …

Stage (или Index) – промежуточная область («чистилище»), куда из рабочей папки помещаются файлы для будущей фиксации в репозитории.

В porcelain git это делается командой **git add**. После этого вторая porcelain команда **git commit** переносит текущее состояние stage (index) в локальный репозиторий.

Что при этом происходит «под умывальником»?

CQG

Git под капотом. Blobs and …

Что при этом происходит «под умывальником»?

Во-первых, файл добавляется в индекс низкоуровневой командой

```
git update-index --add animals.txt
```

После этого другой plumbing-командой **`ls-files`** можно убедиться, что этот файл добавлен в индекс:

```
git ls-files
animals.txt
```

Но это все в stage (index) области, ее можно модифицировать, и предыдущее состояние stage будет перетерто. Как навсегда сохранить содержание stage в репозитории?

CQG

Git под капотом. Blobs and …

Но это все в stage (index) области, ее можно модифицировать, и предыдущее состояние stage будет перетерто. Как навсегда сохранить содержание stage в репозитории?

Выполним еще одну plumbing-команду:

```
git write-tree
dc6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
```

Она вернула хеш! Это намекает на то, что у нас появился еще один git-объект. Посмотрим в `.git/objects`:

```
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
.git/objects/b1/3311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
.git/objects/ce/289881a996b911f167be82c87cbfa5c6560653
.git/objects/dc/6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
```

Git под капотом. Blobs and …

Что это за объект? Помните, для объектов, которые сохраняли содержание файла (но не имя!), мы инспектировали объект plumbing-командой **`cat-file`**?

```
git cat-file -p b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
Big blue basilisks bawl in the basement
```

Сделаем то же самое для нового объекта с хешем `dc6b8ea`, который мы создали, когда выполнили **`write-tree`**:

```
git cat-file -p dc6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
100644 blob b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 animals.txt
```

Объект `dc6b8ea`, как оказалось, содержит **описание дерева файлов в виде списка**. В нашем случае файл один, поэтому строка одна.

Точнее говоря, такой объект содержит список ссылок на другие git-объекты, плюс некая мета-информация об этих объектах.

Git под капотом. Blobs and …


```
git cat-file -p dc6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
100644 blob b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 animals.txt
```

Здесь

`100644`	права доступа для файла (Git различает 100644 (non-executable) и 100755 (executable))
`blob`	тип объекта (поговорим ниже)
`b13...570`	хэш объекта, хранящего содержимое файла
`animals.txt`	имя файла

Этого достаточно, чтобы восстановить файл:

- ✓ мы знаем его имя
- ✓ мы знаем, где взять его содержимое (в каком объекте)
- ✓ мы знаем, какие права доступа у него должны быть

CQG

Git под капотом. Blobs and trees.

```
git cat-file -p dc6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
100644 blob b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 animals.txt
```

Каков тип этого объекта? Снова воспользуемся plumbing-командой:

```
git cat-file -t dc6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
tree
```

```
git cat-file -t b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
blob
```

Стало быть, объект **`tree`** содержит ссылку на объект типа blob, где хранится содержание файла.

Git под капотом. Blobs and trees.

Если бы мы добавили в индекс из рабочей папки **`plumbing-repo`** рядом с файлом **`animals.txt`** вложенную папку **`plumbing-repo/underwater`** с двумя файлами **`d.txt`** и **`e.txt`** внутри и сохранили бы такое дерево из индекса в репозиторий

```
git write-tree
11e2f923d36175b185cfa9dcc34ea068dc2a363c
```

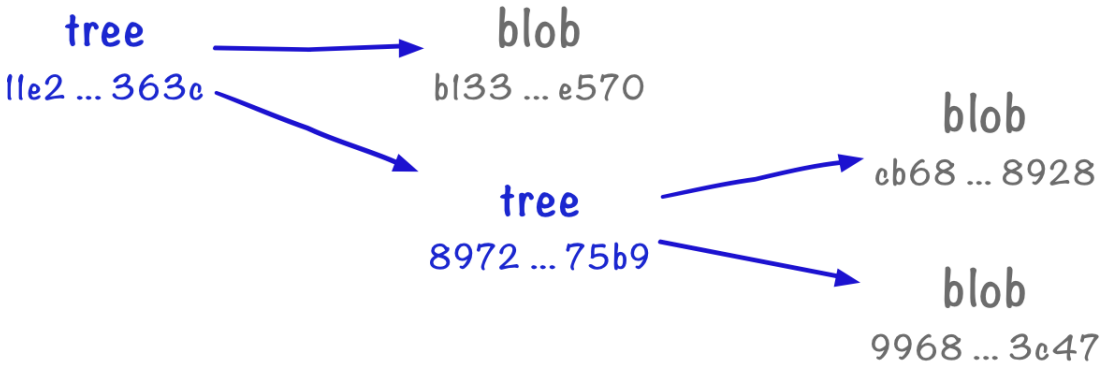
мы бы увидели такую картину:

```
git cat-file -p 11e2f923d36175b185cfa9dcc34ea068dc2a363c
100644 blob b13311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570 animals.txt
040000 tree 8972388aa2e995eb4fa0247ccc4e69144f7175b9 underwater

git cat-file -p 8972388aa2e995eb4fa0247ccc4e69144f7175b9
100644 blob cb68066907dd99eb75642bdbd449e1647cc78928 d.txt
100644 blob 9968b7362a7c97e237c74276d65b68ca20e03c47 e.txt
```


CQG

Git под капотом. Blobs and trees.

Это похоже на обычную файловую систему, правда?



Имея такой корневой объект типа `tree`, мы можем восстановить из репозитория всю структуру рабочей папки: объекты `tree` содержат информацию:

- об именах файлов (и ссылки на объекты типа `blob` с содержанием каждого файла)
- об именах вложенных папок (и ссылки на объекты типа `tree` для каждой такой папки)

Git под капотом. Blobs and trees.

Мы научились сохранять информацию о некотором состоянии дерева файлов проекта в репозиторий.

Один корневой объект типа `tree` хранит информацию о состоянии всех файлов, за которыми следит `git`, - «слепок», или «snapshot» - в один момент времени.

Другой корневой объект типа `tree` хранит такой «слепок» в другой момент времени.

Обратите внимание – объект `tree` хранит НЕ разницу между «слепками», а полное самодостаточное описание всех файлов вашего проекта в тот момент, когда дерево было записано в репозиторий.

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

Но как нам понять, какой объект `tree` нам нужен в данный момент?

Как понять, какой объект `tree` соответствует самому последнему состоянию системы, а какой соответствует, например, моменту, когда в прошлом июле был пофикшен некий конкретный баг?

Нам нужно снабдить каждый объект `tree` дополнительной мета-информацией о том, что это за дерево, к какому моменту оно относится.

Эта мета-информация для конкретного `tree` сохраняется отдельно от `tree`, в маленьком объекте третьего типа: `commit`.

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

Продолжаем использовать низкоуровневые команды:

```
echo Initial commit | git commit-tree 11e2f92…
65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
```

Мы снова получили от гита какой-то новый хэш, стало быть, создался новый объект в папке .git/objects. Вот он:

```
.git/objects/11/e2f923d36175b185cfa9dcc34ea068dc2a363c
.git/objects/65/b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
.git/objects/89/72388aa2e995eb4fa0247ccc4e69144f7175b9
.git/objects/99/68b7362a7c97e237c74276d65b68ca20e03c47
.git/objects/a3/7f3f668f09c61b7c12e857328f587c311e5d1d
.git/objects/b1/3311e04762c322493e8562e6ce145a899ce570
.git/objects/cb/68066907dd99eb75642bdbd449e1647cc78928
.git/objects/ce/289881a996b911f167be82c87cbfa5c6560653
.git/objects/dc/6b8ea09fb7573a335c5fb953b49b85bb6ca985
```


CQG

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

Спросим его тип:

```
git cat-file -t 65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
commit
```

Выведем его содержимое на экран:

```
git cat-file -p 65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
tree 11e2f923d36175b185cfa9dcc34ea068dc2a363c
author Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806168 +0000
committer Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806168 +0000

Initial commit
```

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

Нам осталось только научиться создавать цепочки коммитов, и мы научимся управлять историей проекта!

Давайте сделаем кое-какие изменения в рабочей папке и сохраним новое состояние в репозитории с помощью нового коммита:

```
git update-index --add c_creatures.txt

git write-tree
f999222f82d1ffe7233a8d86d72f27d5b92478ac

echo Adding c_creatures.txt | git commit-tree f999222 -p 65b080
fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
```

Параметр `-p 65b080` указывает, что прямым предком создаваемого коммита будет считаться коммит с хешем `65b080`…,
то есть наш первый «Initial commit».

CQG

Git под капотом. Blobs, trees, commits.


```
echo Adding c_creatures.txt | git commit-tree f999222 -p 65b080
fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
```

Посмотрим на вновь созданный коммит:

```
git cat-file -p fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
tree f999222f82d1ffe7233a8d86d72f27d5b92478ac
parent 65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
author Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806875 +0000
committer Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806875 +0000

Adding c_creatures.txt
```

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

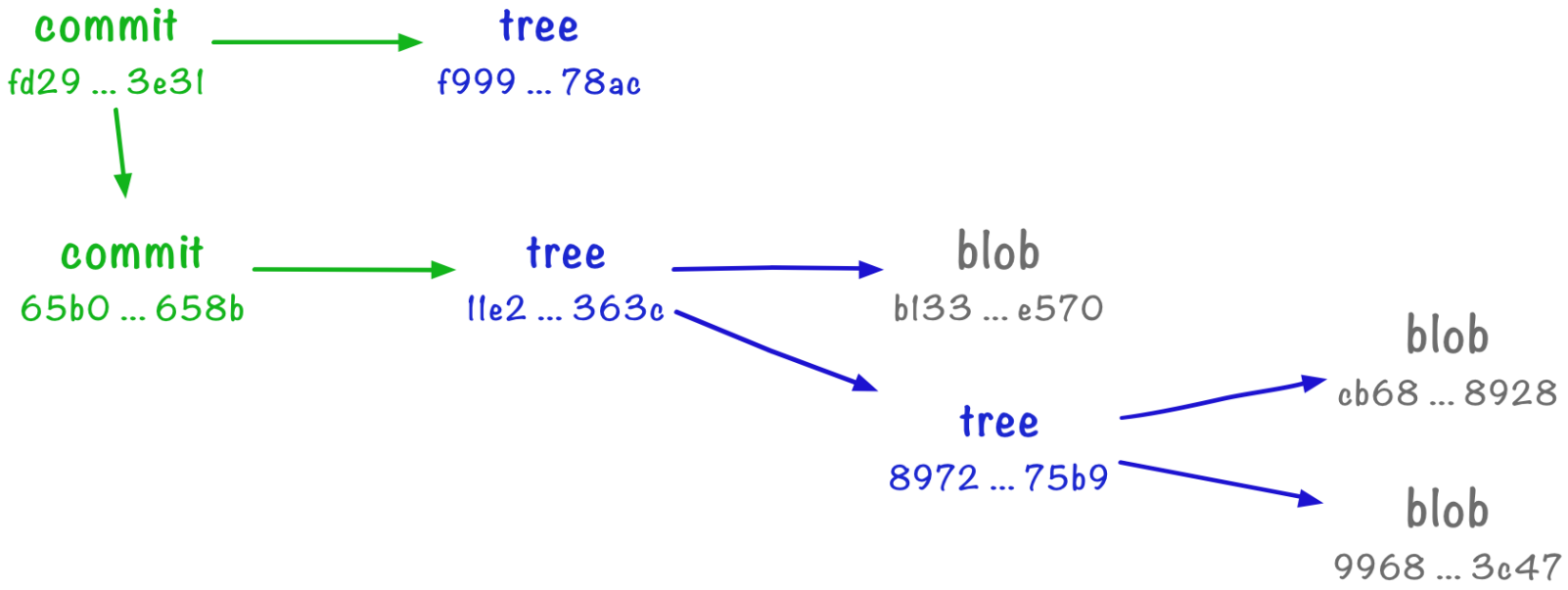
Итак, у нас есть два коммита – начальный и последующий, для которого начальный является «родительским».

Отступим на секунду от plumbing, и воспользуемся porcelain-командой **`log`**, чтобы посмотреть историю, предшествующую нашему последнему коммиту:

```
git log fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
commit fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
Author: Alex Chan <alex@alexwlchan.net>
Date:   Sun Mar 11 22:21:15 2018 +0000

    Adding c_creatures.txt

commit 65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
Author: Alex Chan <alex@alexwlchan.net>
Date:   Sun Mar 11 22:09:28 2018 +0000

    initial commit
```

Git под капотом. Blobs, trees, commits.

Что мы получили в итоге?



Git под капотом. Refs and branches

Рядом с папкой `.git/objects` лежит папка `.git/refs`.

До сих пор мы ее не замечали. Ее создал `git init`, в ней нет файлов пока, только две вложенные папки,

`.git/refs/heads` и
`.git/refs/tags`,

тоже пока пустые.

Git под капотом. Refs and branches

Что такое «ссылка» («reference») в git?

Это обычный именованный текстовый файл, внутри которого записана одна строка – хэш какого-то коммита.

Это позволяет ссылаться на коммиты не по их хэшу, а по «человеческому» имени.

Хэш и именованная ссылка абсолютно взаимозаменяемы при использовании в командах git.

Git под капотом. Refs and branches

Давайте создадим именованную ссылку на последний (второй) коммит в нашей «истории».

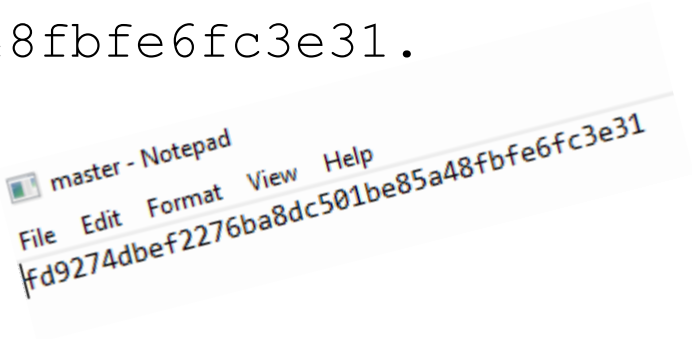
```
git update-ref refs/heads/master fd9274dbef227…
```

В папке **.git/refs/head** появился файлик **master**

```
.git/refs/heads/master
```

и вот его содержимое:

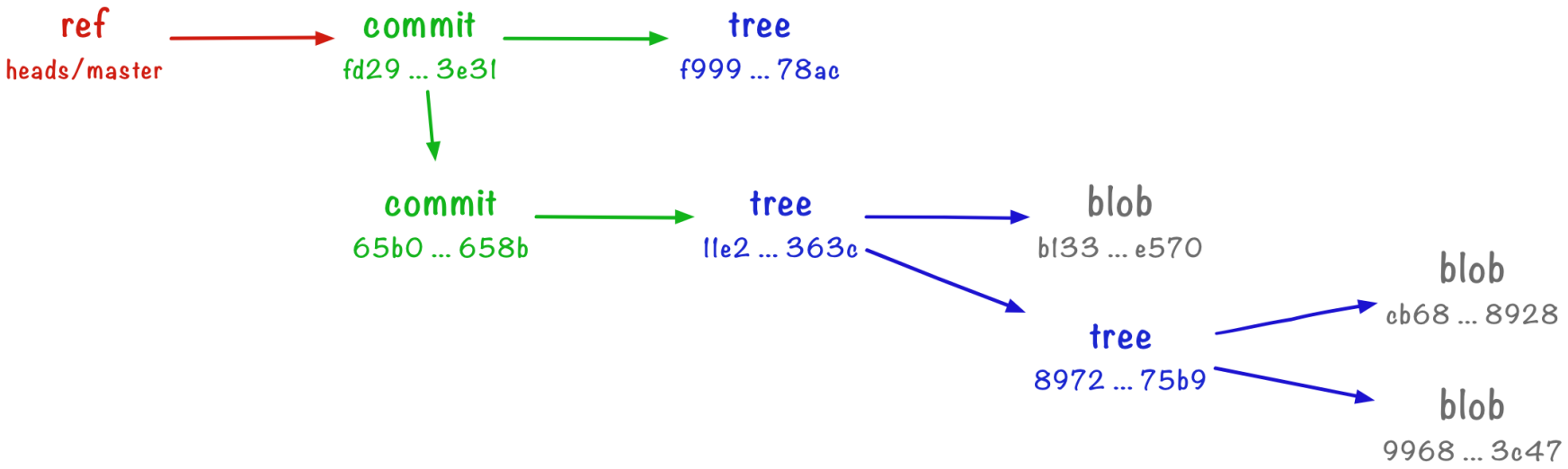
```
fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31.
```



CQG

Git под капотом. Refs and branches

Мы имеем такую картину:



Теперь на коммит `fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31`
мы можем ссылаться, используя не
`fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31`,
и даже не `fd9274`, а слово `master`.

Git под капотом. Refs and branches

Проверим, что слово `master` теперь можно подставить в команду `git` вместо этого хэша:

```
git cat-file -p master
tree f999222f82d1ffe7233a8d86d72f27d5b92478ac
parent 65b080f1fe43e6e39b72dd79bda4953f7213658b
author Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806875 +0000
committer Alex Chan <alex@alexwlchan.net> 1520806875 +0000

Adding c_creatures.txt
```

Ну и конечно, зная имя ссылки (то есть, как мы выяснили, просто имя текстового файла с хэшем), можно попросить у `git` вернуть соответствующий хэш:

```
git rev-parse master
fd9274dbef2276ba8dc501be85a48fbfe6fc3e31
```

Git под капотом. Refs and branches

Ссылку такого вида, как `master` в нашем примере, сохраненную в папке `.git/refs/heads`, мы и называем `branch` («ветка»).

То есть создание «ветки» в git – это создание файлика размером 41 байт (хэш плюс перенос строки).

И все! Почти мгновенно и практически бесплатно.

И мы только что с помощью команды

```
git update-ref refs/heads/master fd9274d
```

создали наш первый бранч!

Git под капотом. Refs and branches

Добавим еще один коммит к нашей истории, и посмотрим, что будет со ссылкой `master` в папке `.git/refs/heads`.

```
echo "Flying foxes feel fantastic but frightening" > foxes.txt

git update-index --add foxes.txt

git write-tree
c08523d153f6415cda07ea27948830407f243a37

echo Add foxes.txt | git commit-tree c08523d -p master
b023d92829d5d076dc31de5cca92cf0bd5ae8f8e
```

Мы получили новый коммит `b023d92`.

CQG

Git под капотом. Refs and branches

Посмотрим на его историю в компактном виде, снова возвращаясь к высокоуровневой команде `log`.

```
git log --oneline b023d92
b023d92 Add foxes.txt
fd9274d Adding c_creatures.txt
65b080f Initial commit
```

А что у нас с master?

```
git log --oneline master
fd9274d Adding c_creatures.txt
65b080f Initial commit
```

Вопреки ожиданиям, в мире низкоуровневых команд `master` сам собой не сдвинется на новый коммит. Его придется проапдейтить самим:

Git под капотом. Refs and branches


```
git log --oneline master
fd9274d Adding c_creatures.txt
65b080f Initial commit
```

Вопреки ожиданиям в мире низкоуровневых команд `master` сам собой не сдвинется на новый коммит.
Его придется проапдейтить самим:

```
git update-ref refs/heads/master b023d92
```

```
git log --oneline master
b023d92 Add foxes.txt
fd9274d Adding c_creatures.txt
65b080f Initial commit
```

Git под капотом. Refs and branches

Создадим еще один бранч в нашем репозитории. Помним, что создание бранча – это просто создание именованного файлика, содержащего хэш какого-то коммита. Пусть это будет самый первый коммит.

```
git update-ref refs/heads/dev 65b080f
```

Теперь в папке `.git/refs/heads` у нас два файлика:

```
.git/refs/heads/dev
.git/refs/heads/master
```

Git под капотом. Refs and branches


```
.git/refs/heads/dev
.git/refs/heads/master
```

У `Git` можно спросить список всех бранчей porcelain-командой

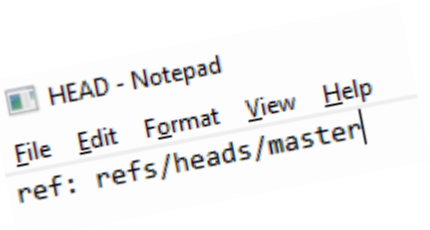
```
git branch
  dev
* master
```

Звездочка * обозначает «текущий бранч». Это означает, что высокоуровневые команды будут добавлять коммиты, и вообще работать по умолчанию именно с ним.

Git под капотом. Refs and branches

Откуда `Git` узнает, что текущий бранч сейчас именно `master`?
Он посмотрит в специальный текстовый файлик `.git/HEAD`, и увидит там строку

```
ref: refs/heads/master
```



Итого, как в сказке, в файле `.git/HEAD`
лежит ссылка на файл `.git/refs/heads/master`,
в котором лежит ссылка на файл
`.git/objects/b0/23d92829d5d076dc31de5cca92cf0bd5ae8f8e`,
где лежит метаинформация о последнем коммите в этой ветке и ссылка на другой файл в `.git/objects`, с `tree`-объектом, описывающем последний snapshot дерева файлов проекта путем указания на файлы `.git/objects`, хранящие `tree`-объекты с описанием подкаталогов проекта и `blob`-объекты с содержимым файлов проекта на этот момент.

Easy!

Git под капотом. Refs and branches

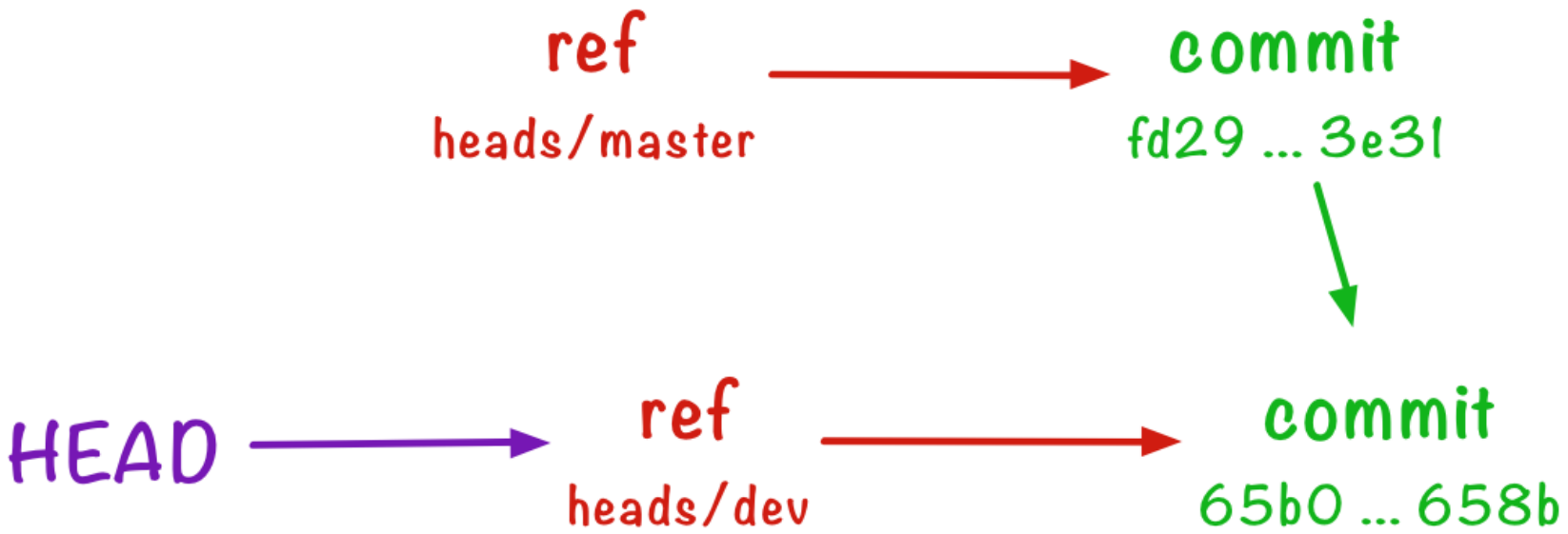
Мы можем сказать гиту, что текущий бранч теперь должен быть dev, изменив файл `HEAD` с помощью plumbing-команды **`symbolic-ref`**:

```
git symbolic-ref HEAD refs/heads/dev

git branch
* dev
  master
```


CQG

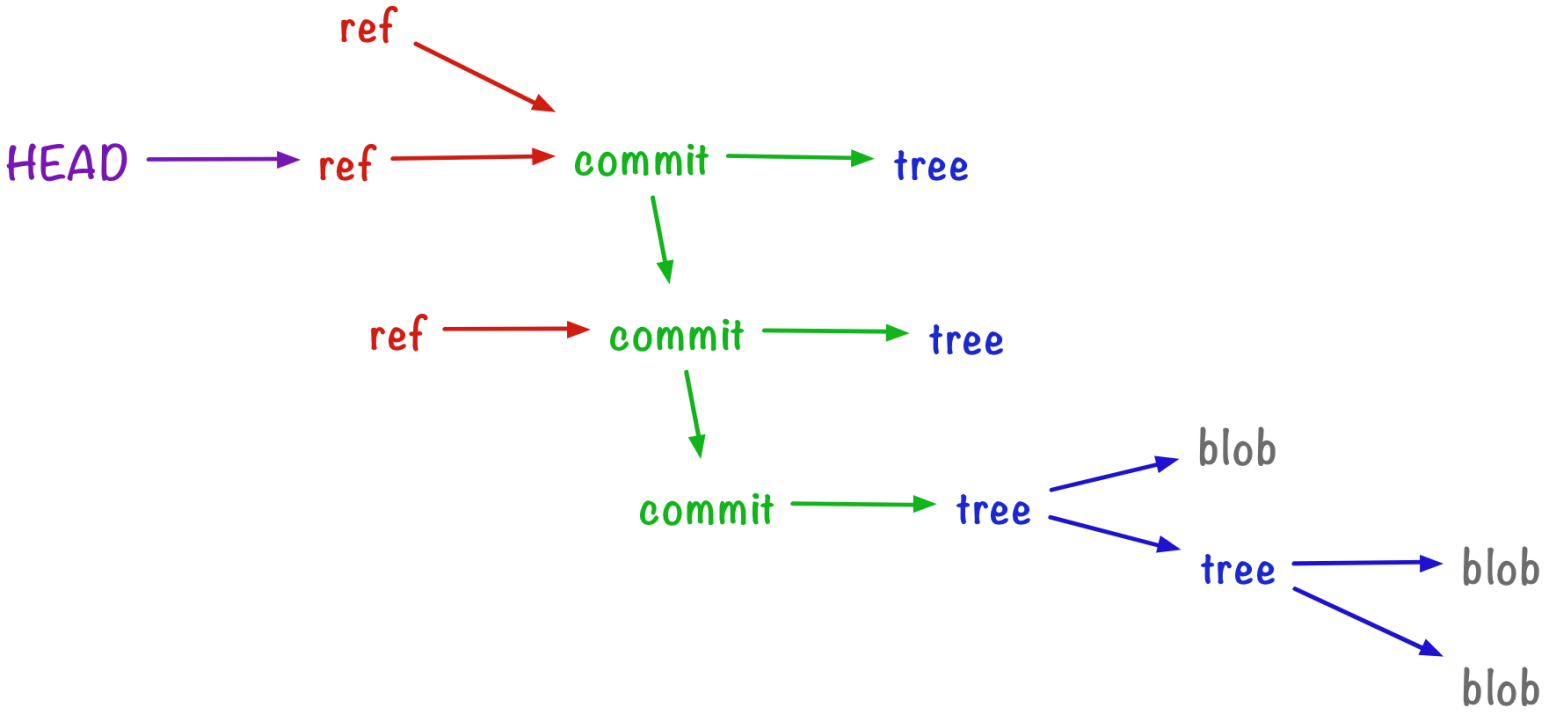
Git под капотом. Refs and branches

На картинке эта структура выглядит вот так:



Git под капотом. Refs and branches

А в целом вся структуру `Git` выглядит вот так:



Reference

A Plumber's Guide to Git *(English)*
https://alexwlchan.net/a-plumbers-guide-to-git/

Alex Chan
@alexwlchan


Buy
100
8119
LMT DAY
Sell 100
8119
STP DAY
Sell 100
8119
LMT DAY
Buy 100@8119 LMT DAY

Q&A