

Яндекс

Яндекс Вольта

Тестирование телефонов с помощью Arduino

Алексей Лавренюк, Тимур Торубаров

С чего все начиналось

Выбирали между своей и **очень платной** сторонней библиотекой. Допилить или купить?

чтобы понять, кто быстрее сажает батарейку, приходилось полностью разряжать телефон. Три дня на каждый тест

Задача

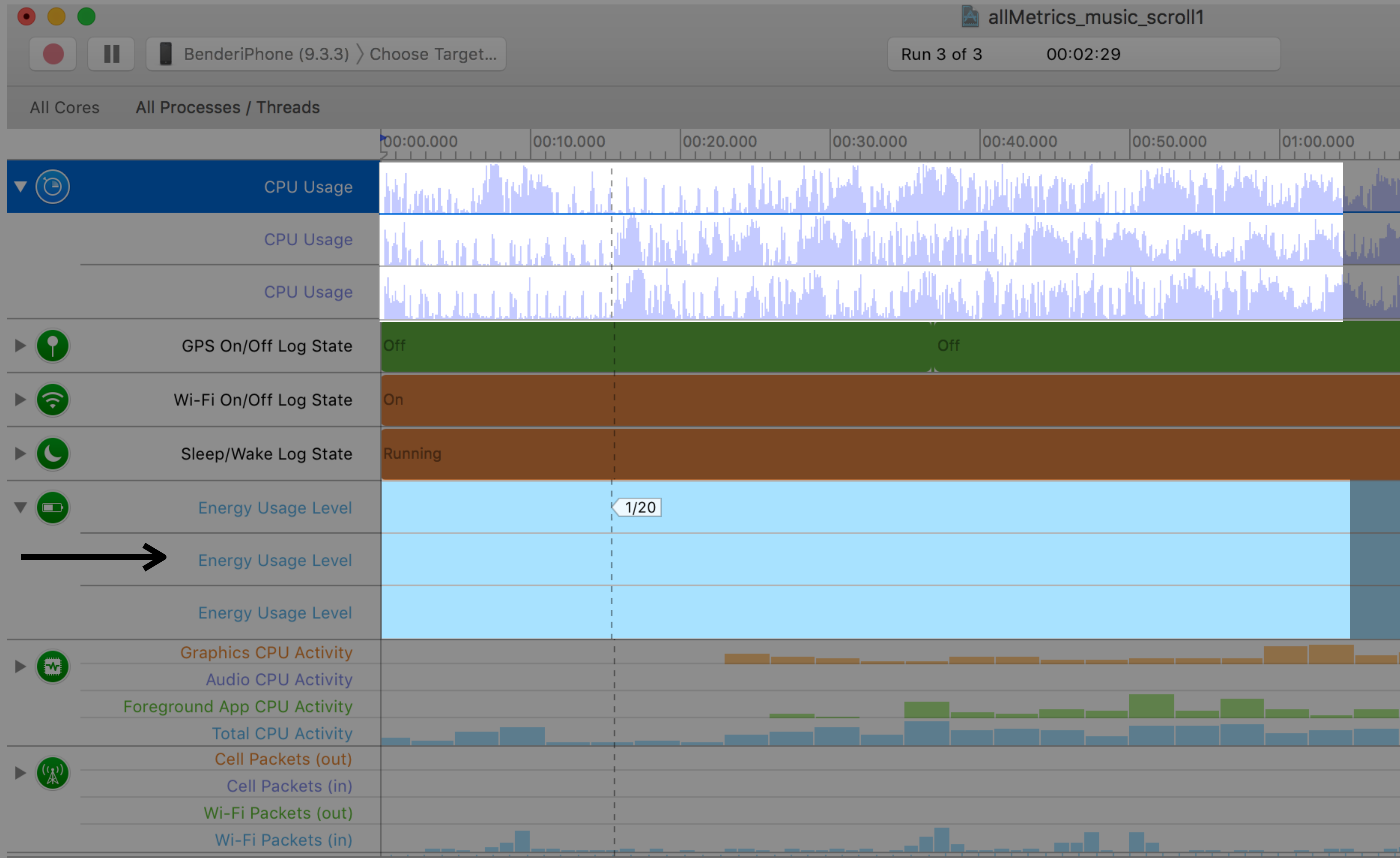
- | Энергопотребление — это интегральная метрика
 - › Мерить потребление тока на любых устройствах (мобильные телефоны, планшеты, может быть даже ноутбуки)
 - › Делать это автоматически
 - › С большой частотой (тысячи раз в секунду)

У нас есть план!

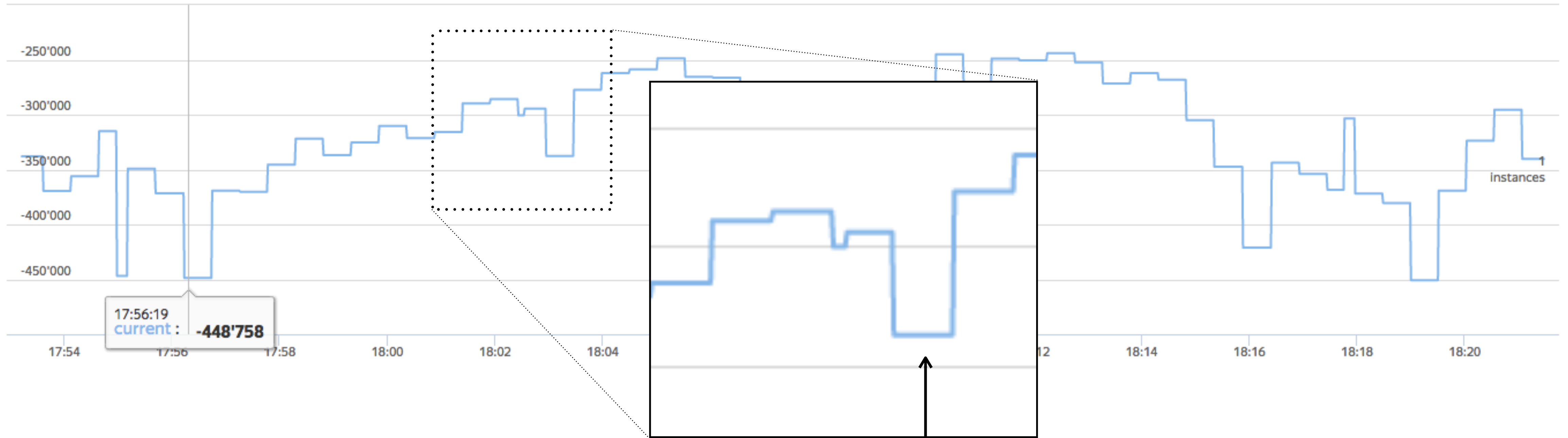
- › почему мы не взяли мультиметр
- › как мы сделали свой мультиметр
- › как мы его совершенствовали
- › как вам его сделать (Тимур)
- › как им пользоваться (Тимур)
- › демо!

Как это делают обычно





current @ localhost



20 секунд



3

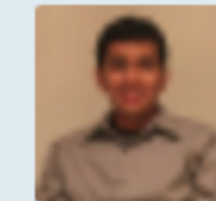


After several experiments and help from various other groups, I found out that there is no way of getting Battery Current value through software only (as its not supported in h/w). Only way I found was to measure current flowing through battery by means of multimeter.

share edit flag



answered May 11 '10 at 6:47



Chintan Parikh

406 ● 1 ● 3 ● 14

Окей.

Строим мультиметр



Что есть ГОТОВОГО

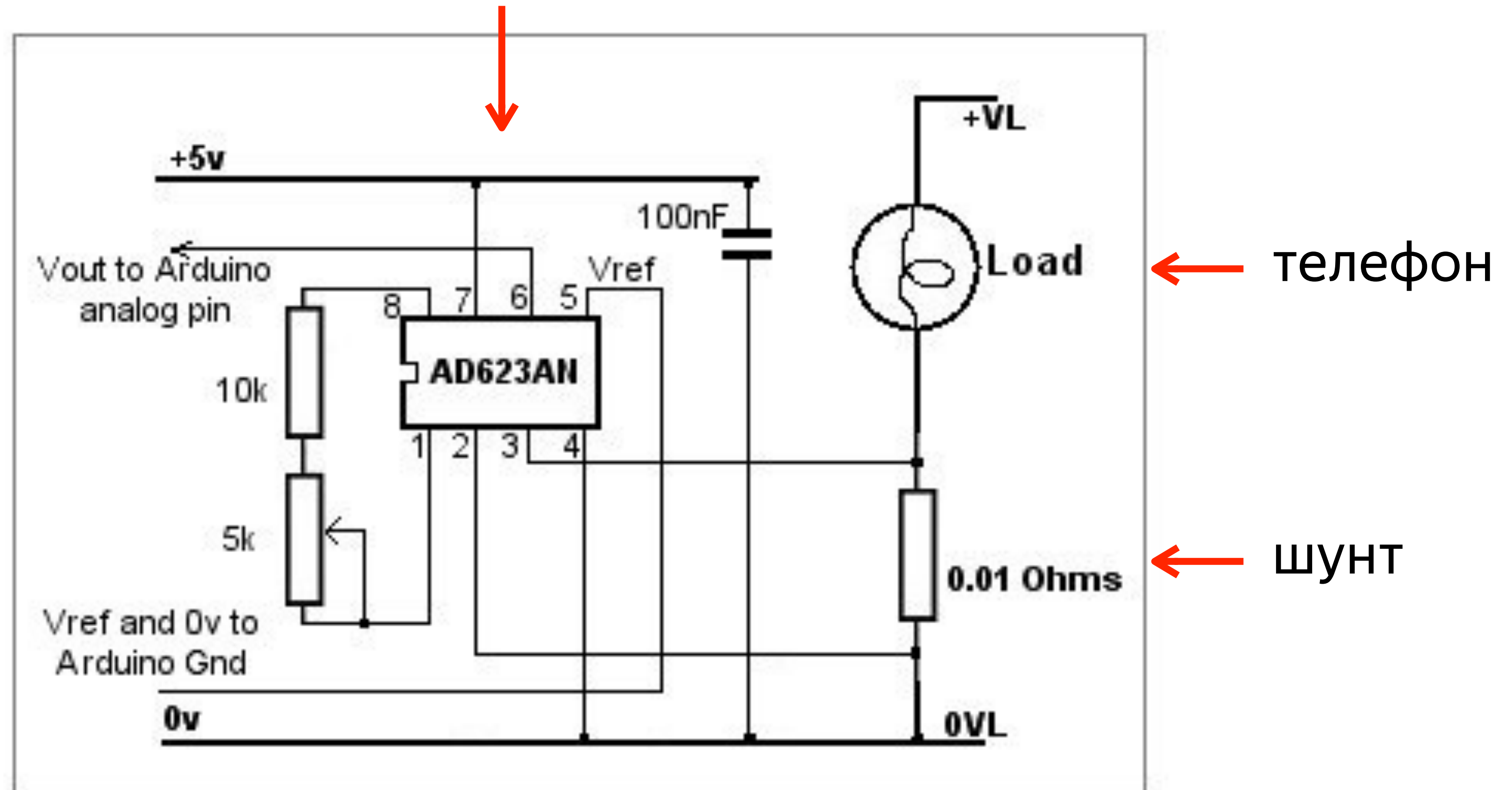
- › цифровые осциллографы
- › Power Monitor
- › battOr

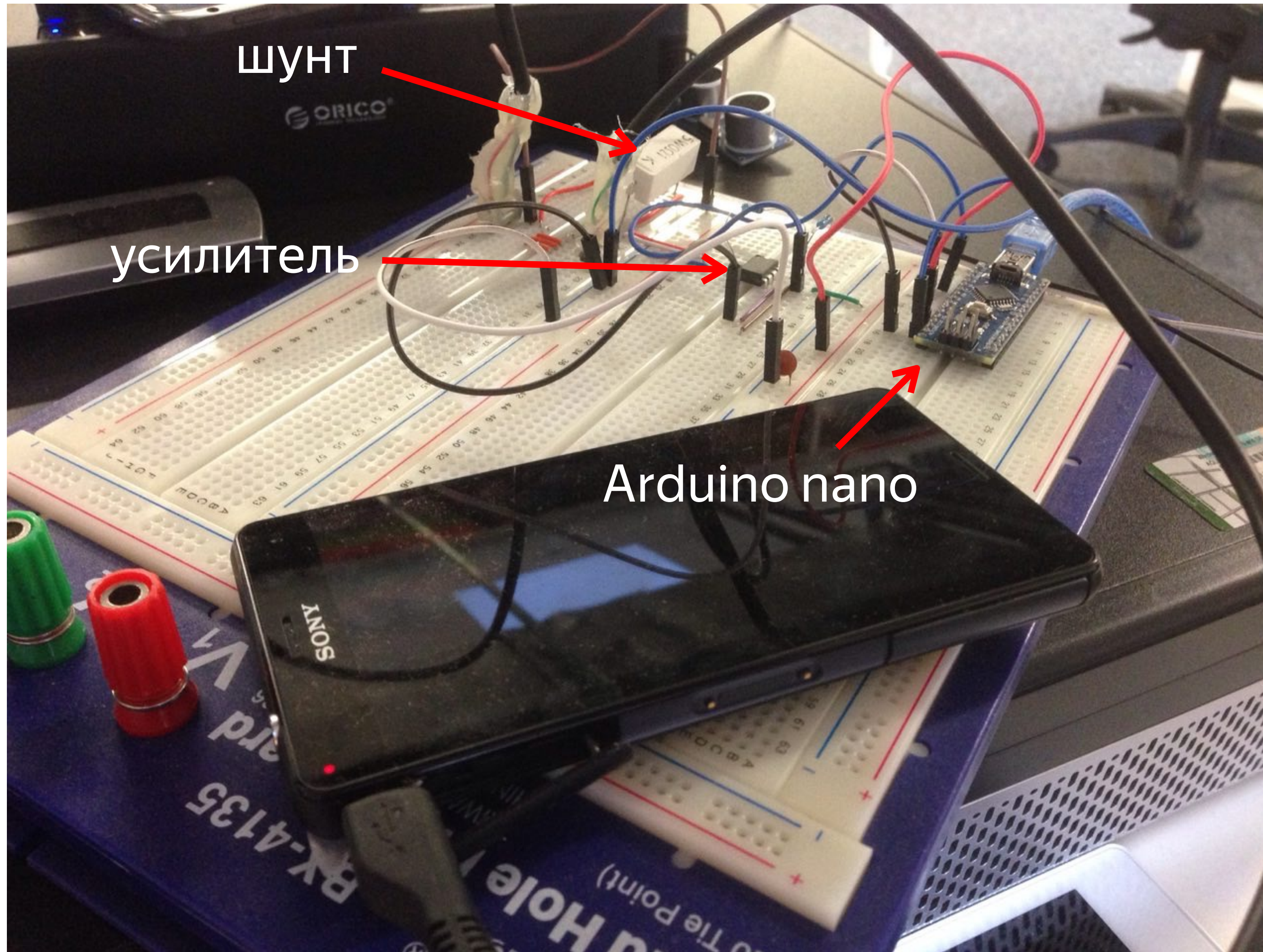
200K/девайс — нецелесообразно

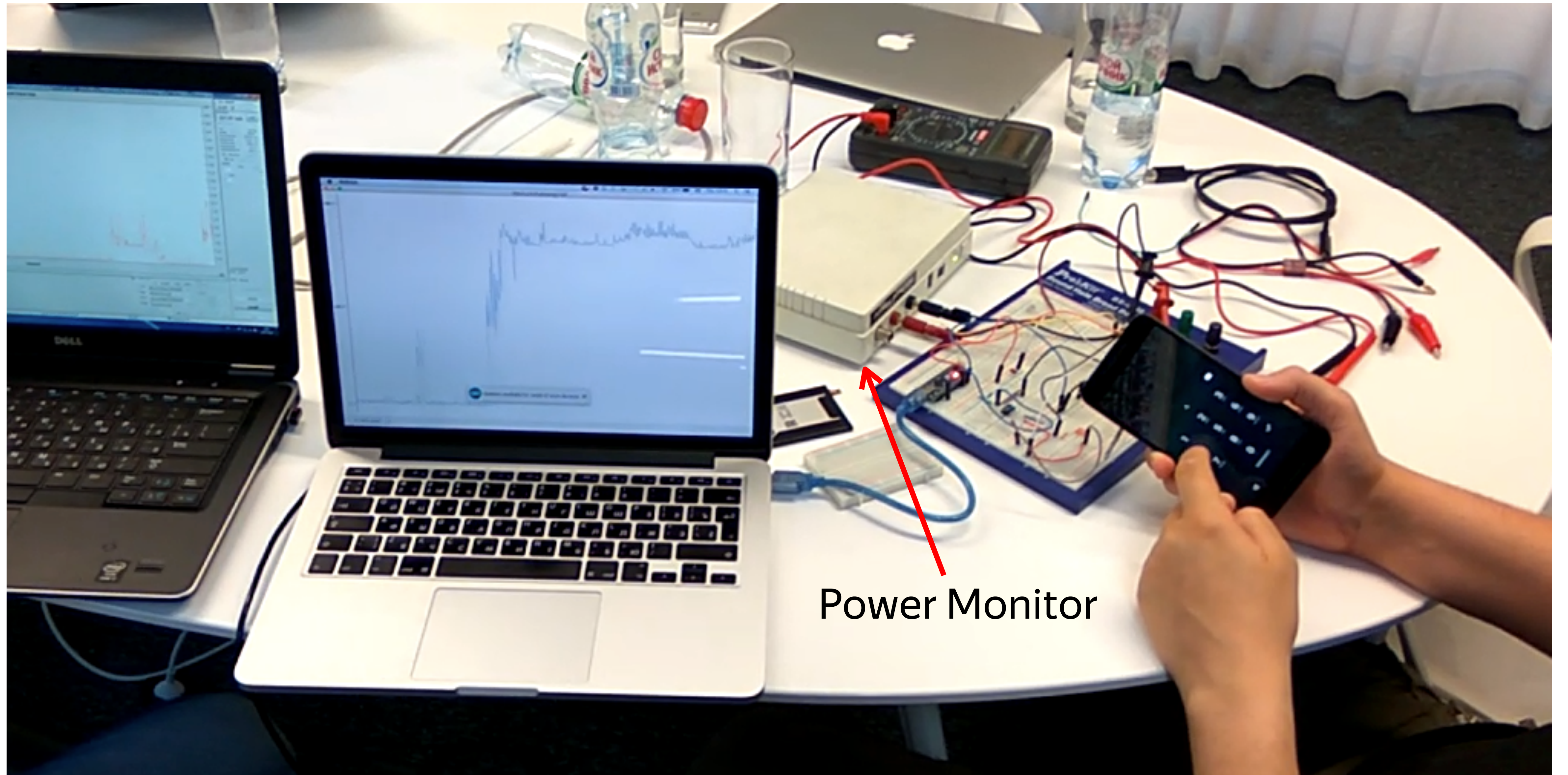
15K/девайс. Не гибко (black box)

OK! Но нельзя купить

усилитель
(микросхема)







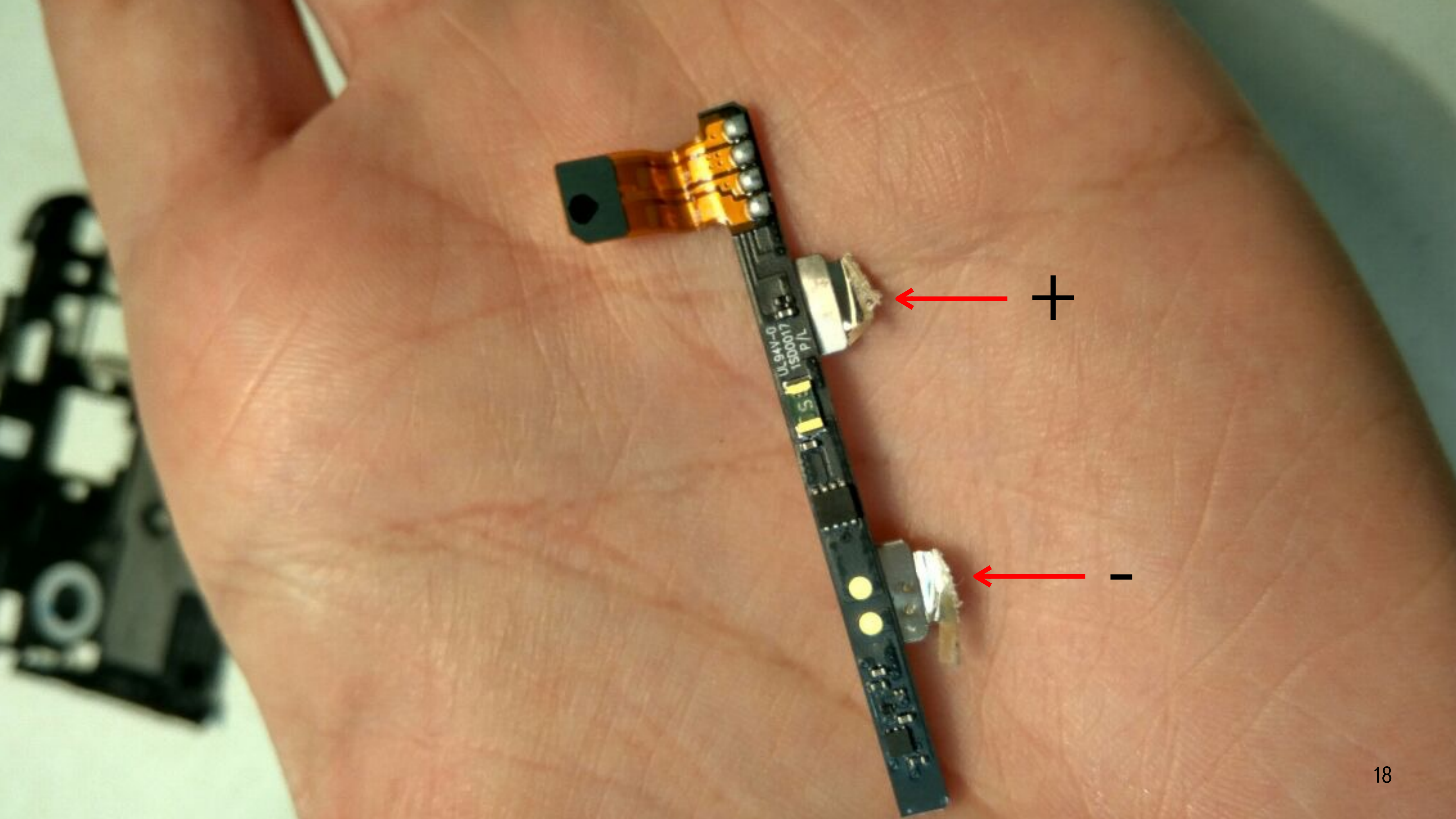
Power Monitor

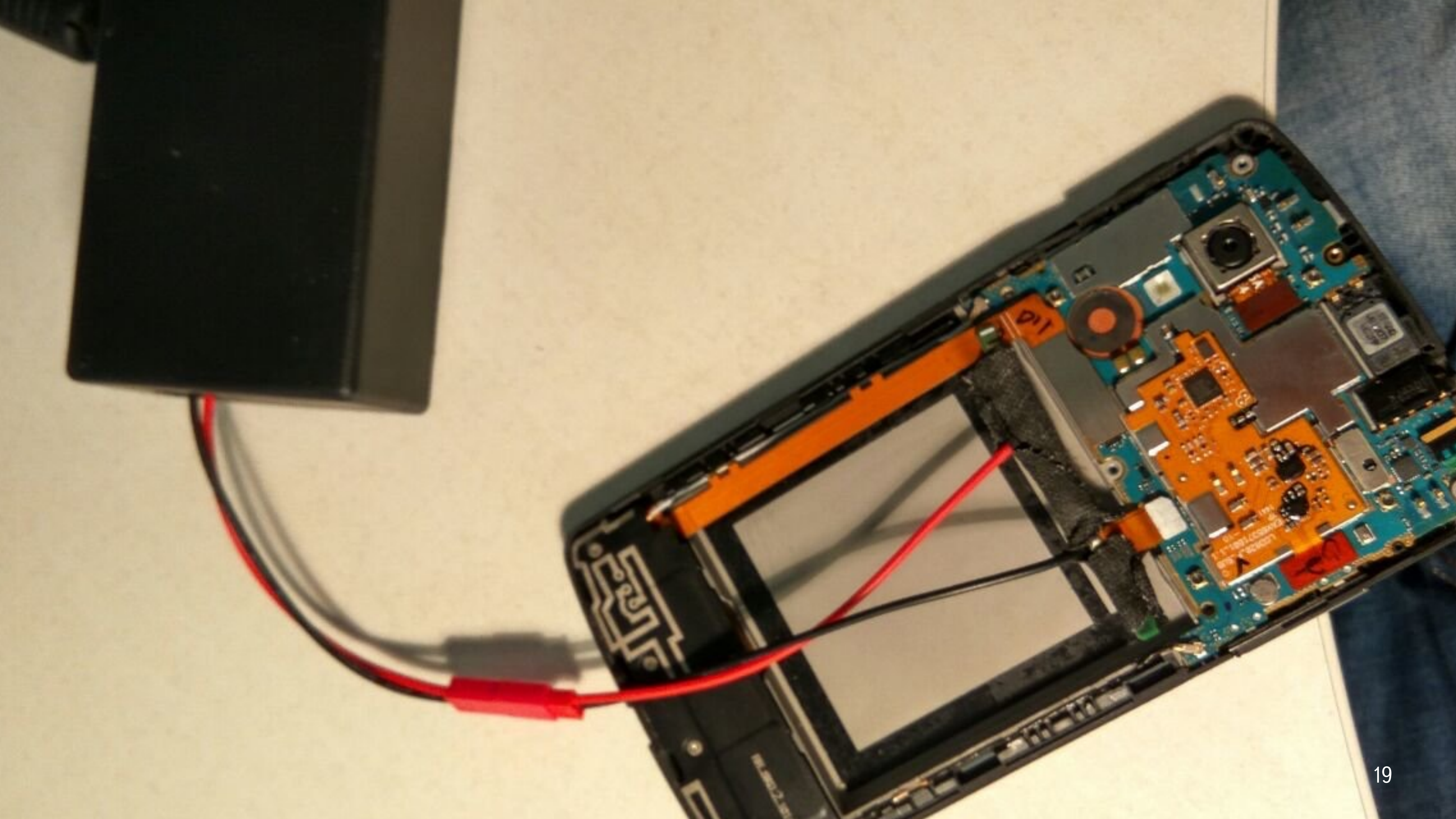
Почему нельзя мерить ток в разрыве USB

Измерение в разрыве USB — это proof of concept

Так мерим ток заряда батарейки, а не потребление телефона

вытащим батарейку и используем внешнее питание.





Как вывести провода из закрытого корпуса?

Гибкие печатные платы (battOr).
Приблизительно \$42 за один провод.

Или... Наше решение...







Теофилу
Орбан
egorche@



Теофилу
Орбан
egorche@



Теофилу
Орбан
egorche@





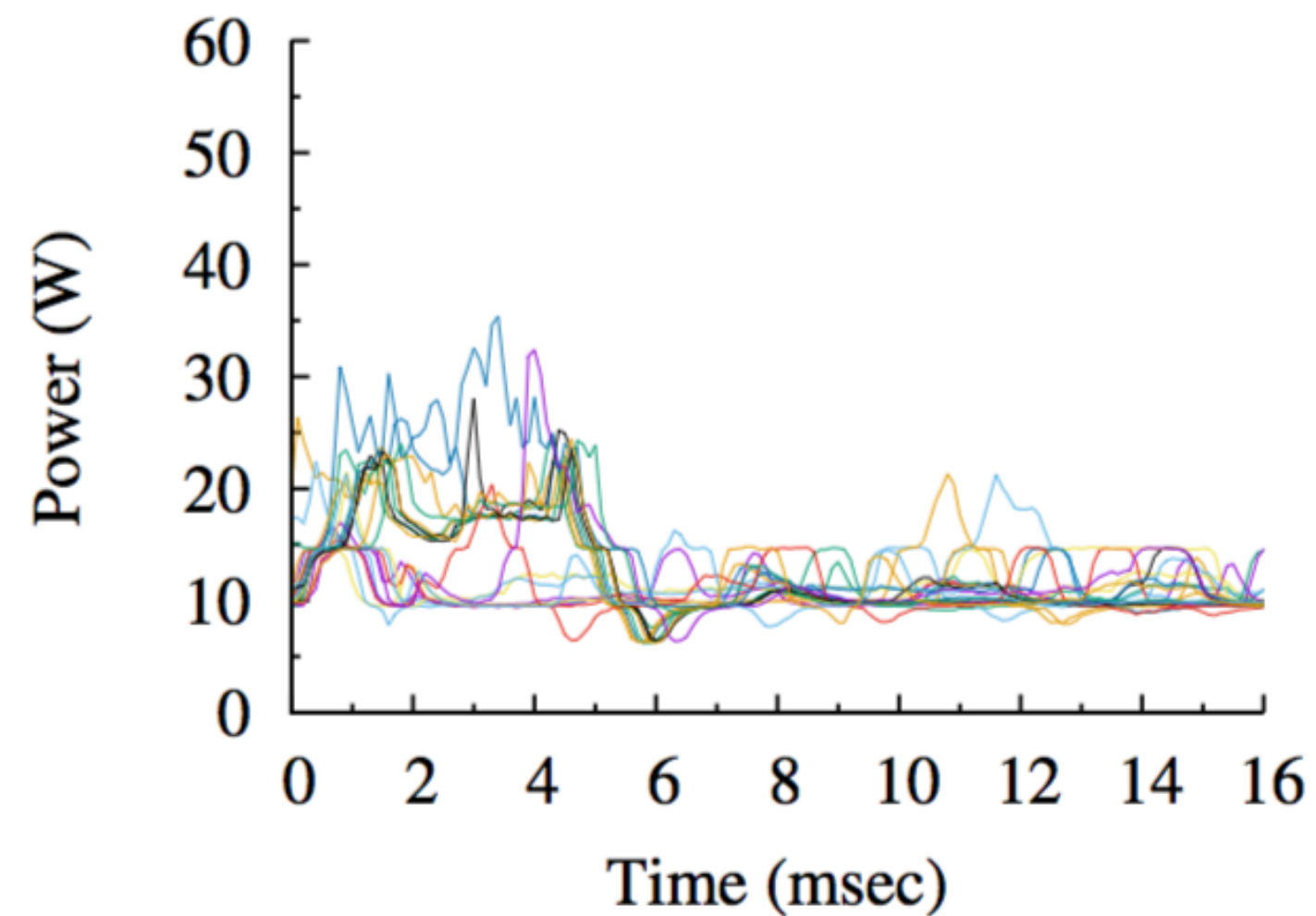
Что получилось

- › максимальный ток 3А
 - › разрядность 10 bit
 - › частота замеров 500 SPS (samples per second)
- потом к нам пришли из команды мобильного браузера...

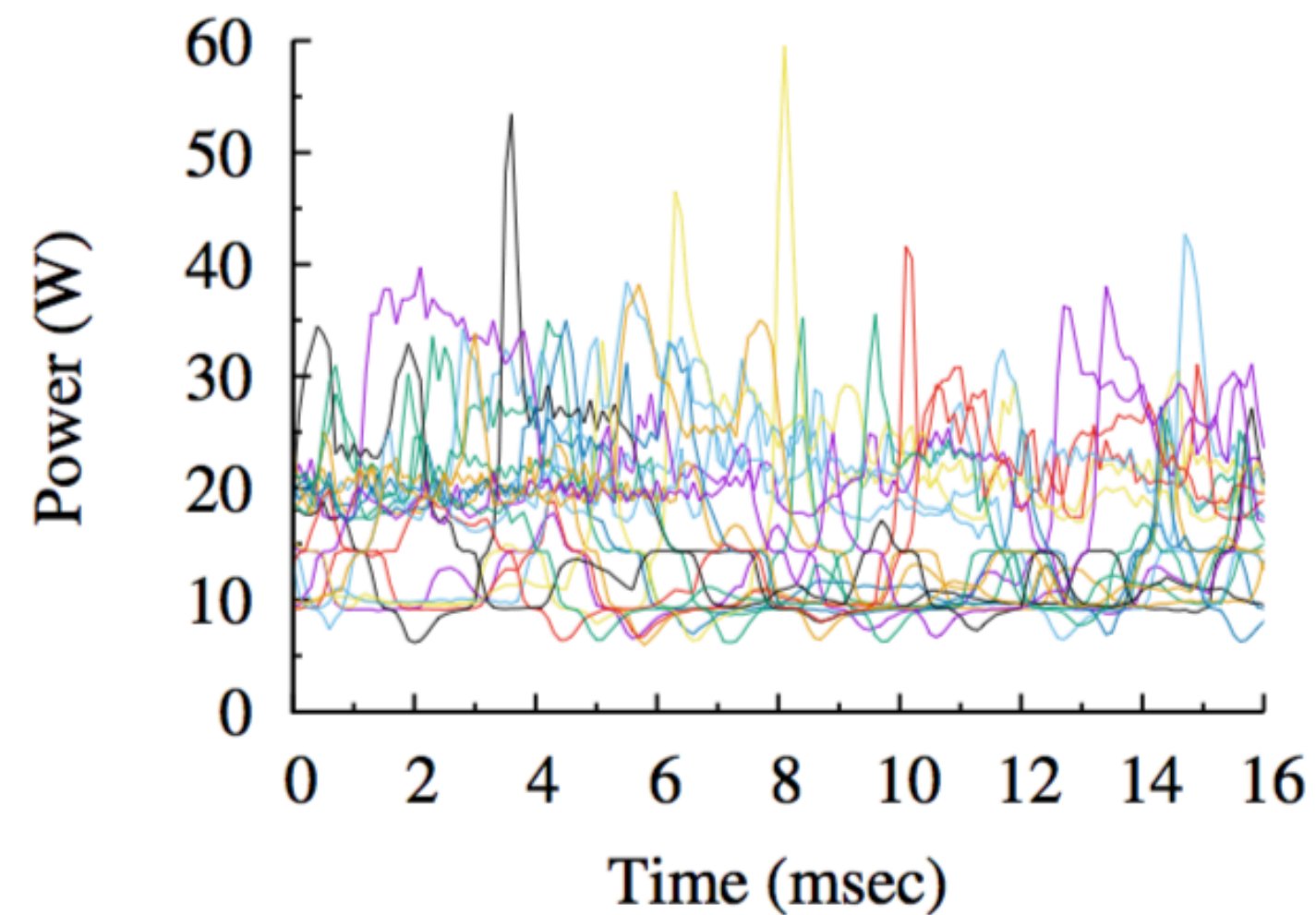
I WANT MOAR



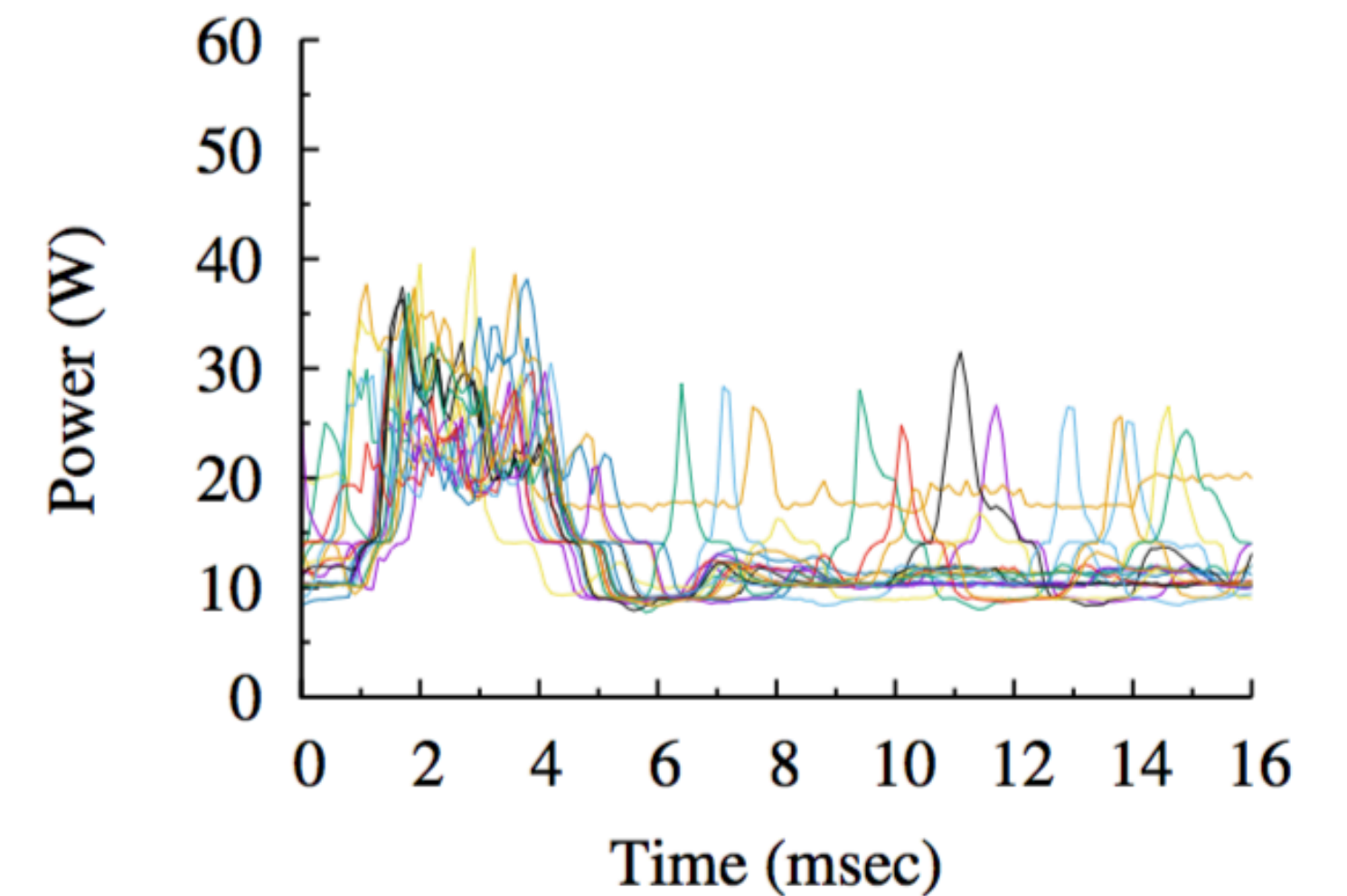
Один фрейм видео — 16 мс



Safari

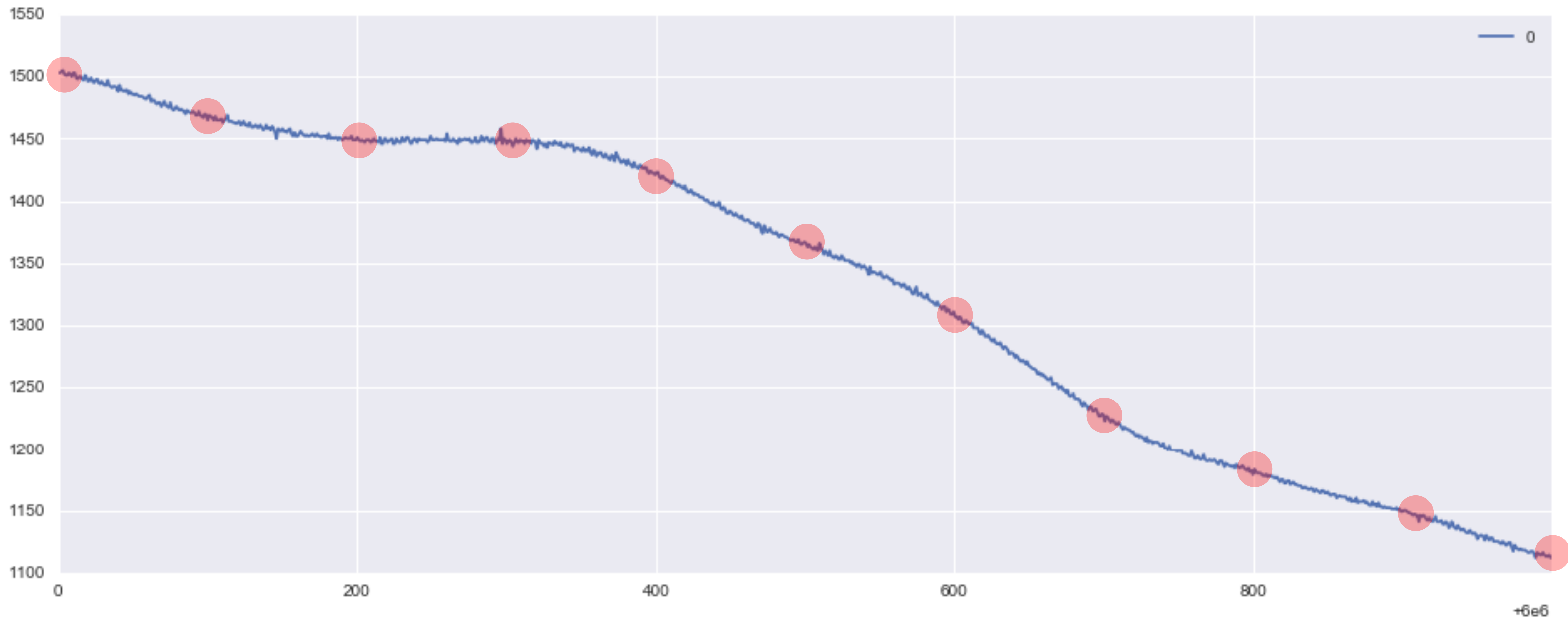


Chrome #300000



Chrome #349904

1 миллисекунда с разрешением 1 MSPS

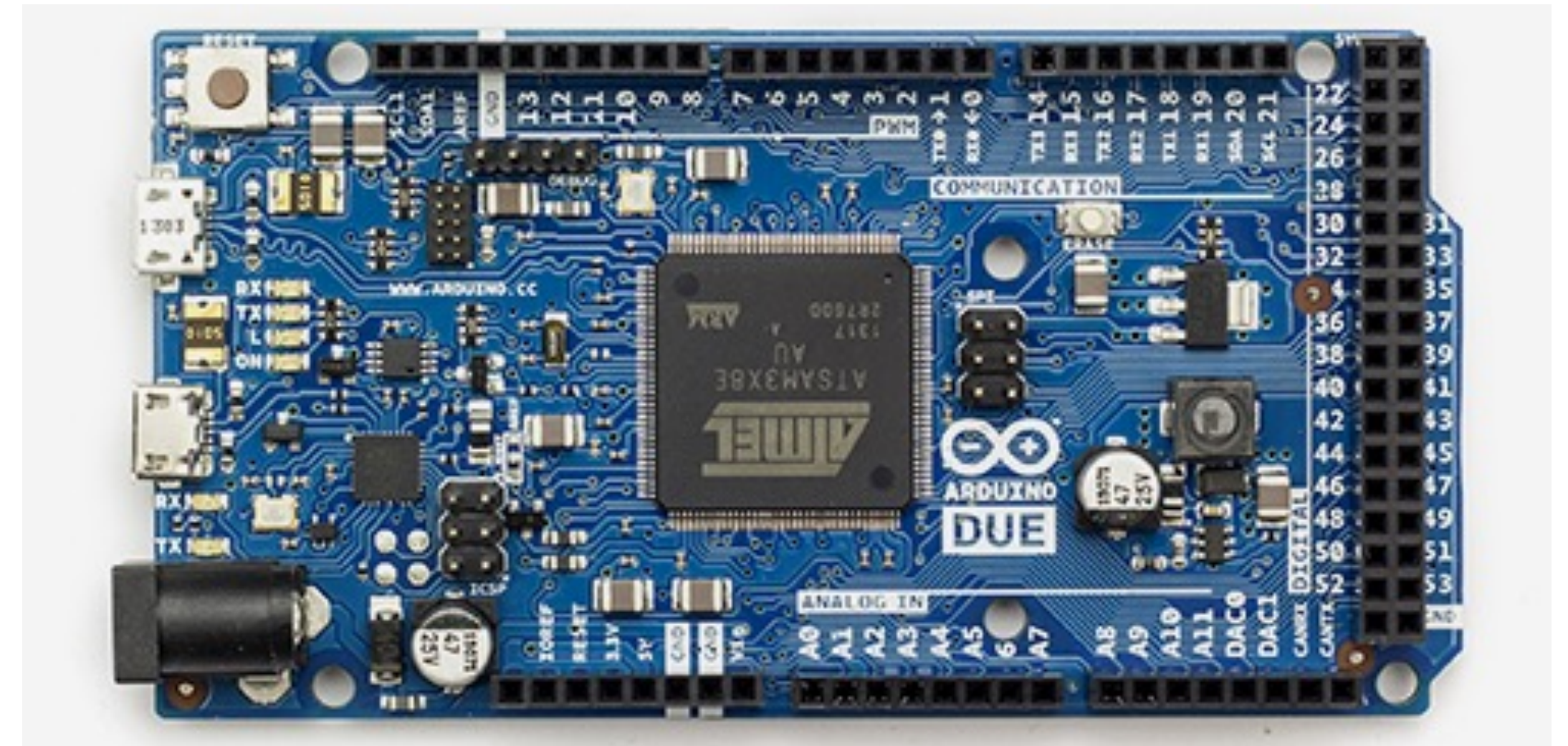
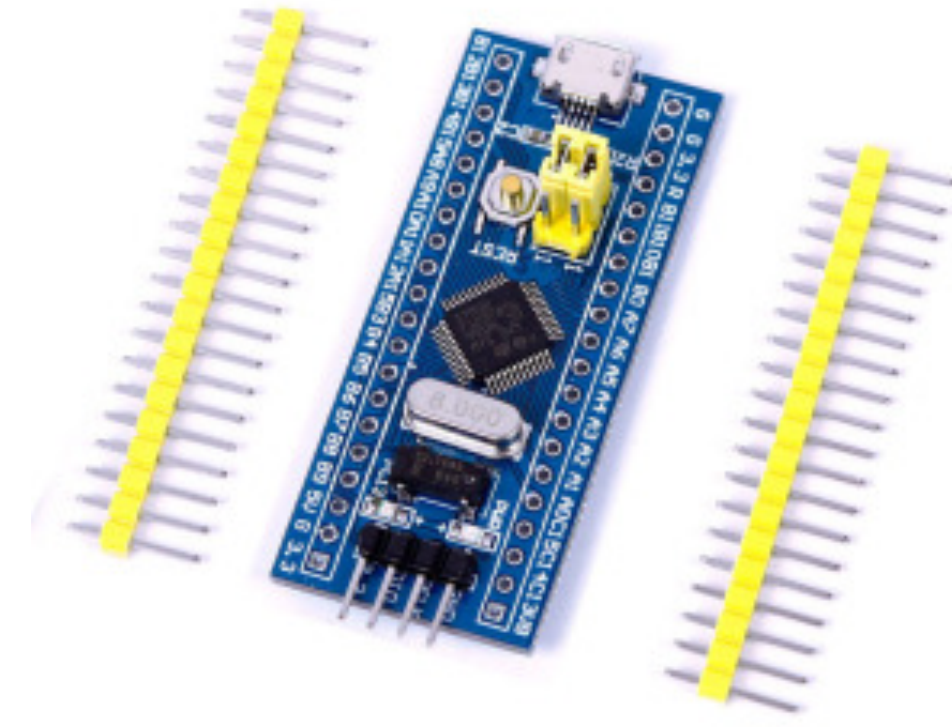


Разные ядра, разные АЦП

Arduino Nano разогнали до 10KSPS

Arduino Due (1MSPS): ARM

STM32 (1MSPS): native USB
(stm32f103c8t6 blue pill)





Синхронизируй это!

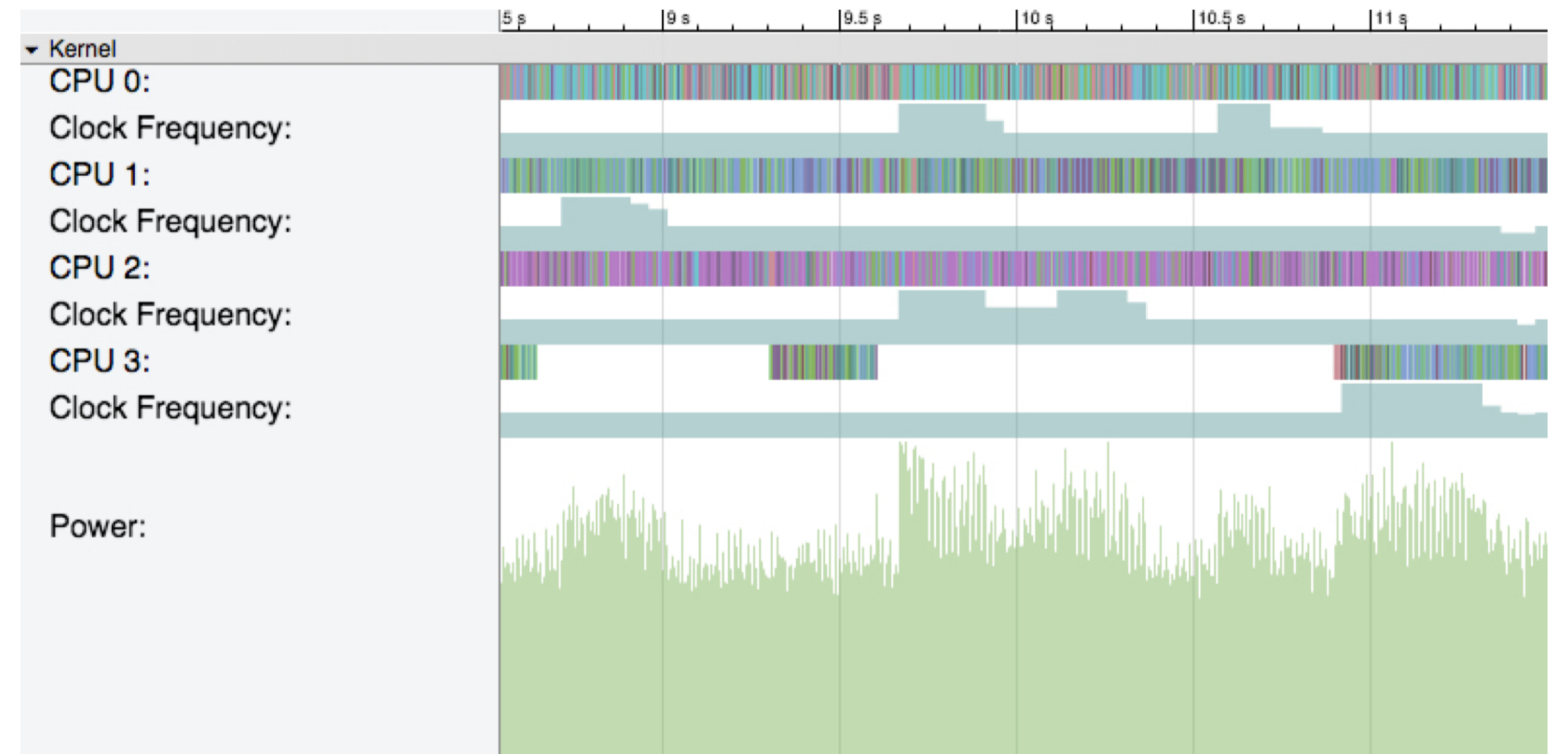


Что и зачем нужно синхронизировать

Хотим видеть корреляцию между событиями в логах телефона и графиком энергопотребления

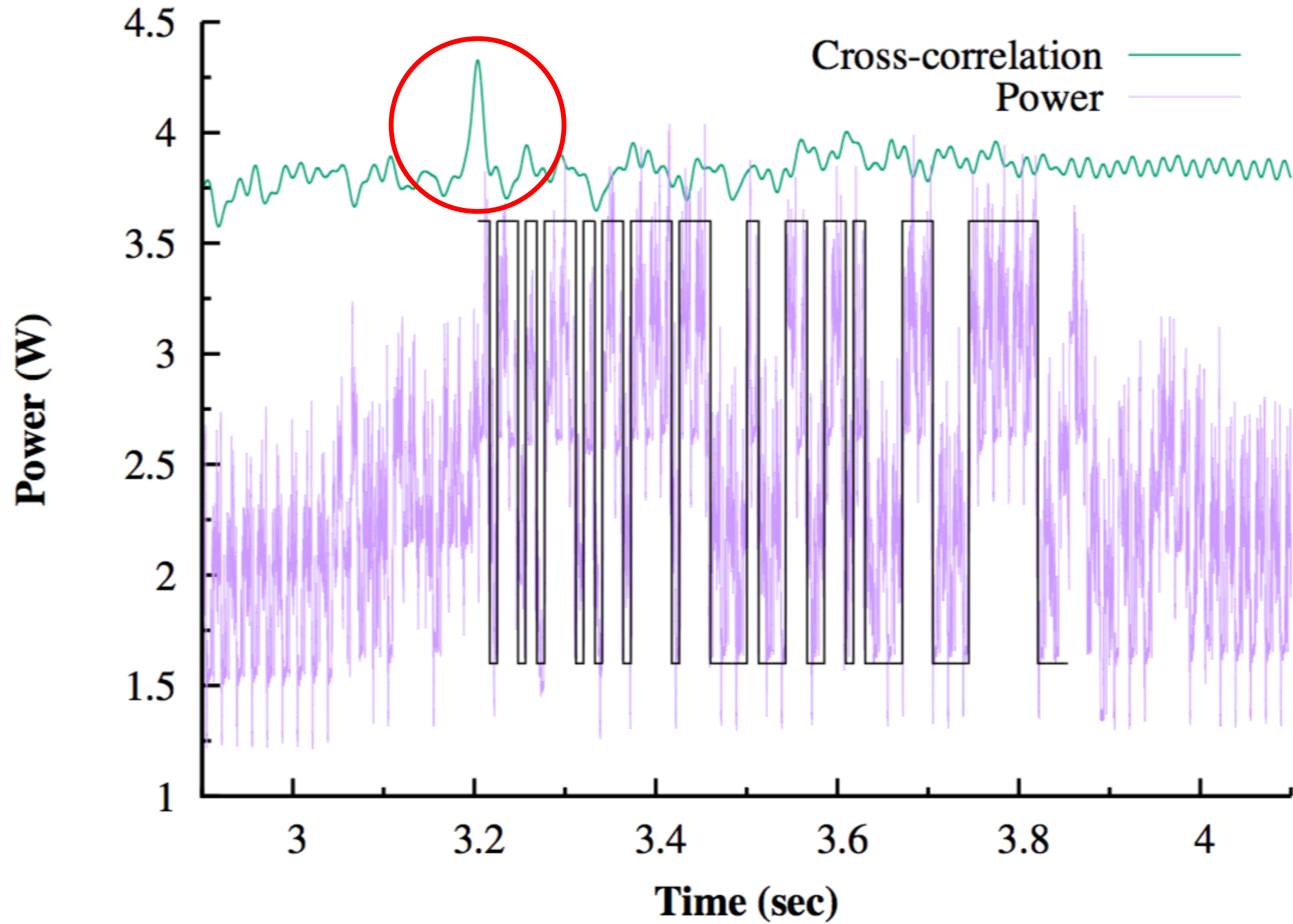
разные часы на телефоне
компьютере и контроллере

- › где начинается тест
- › где заканчивается
- › какая функция выполняется



Как синхронизировать

- › генерируем всплески энергопотребления (мигаем фонариком)
 - › генерируем прямоугольный сигнал: 1 — там, где фонарик горел, 0 — там, где он не горел
 - › сопоставляем прямоугольный сигнал с измерениями энергопотребления
- | точка синхронизации там, где они наиболее похожи**



Проблемы

- › если считать "в лоб", получается очень долго, несколько минут на один тест
 - › решение неустойчивое, не всегда находится именно "тот" пик
- disclaimer: я не настоящий сварщик, но попробую объяснить**

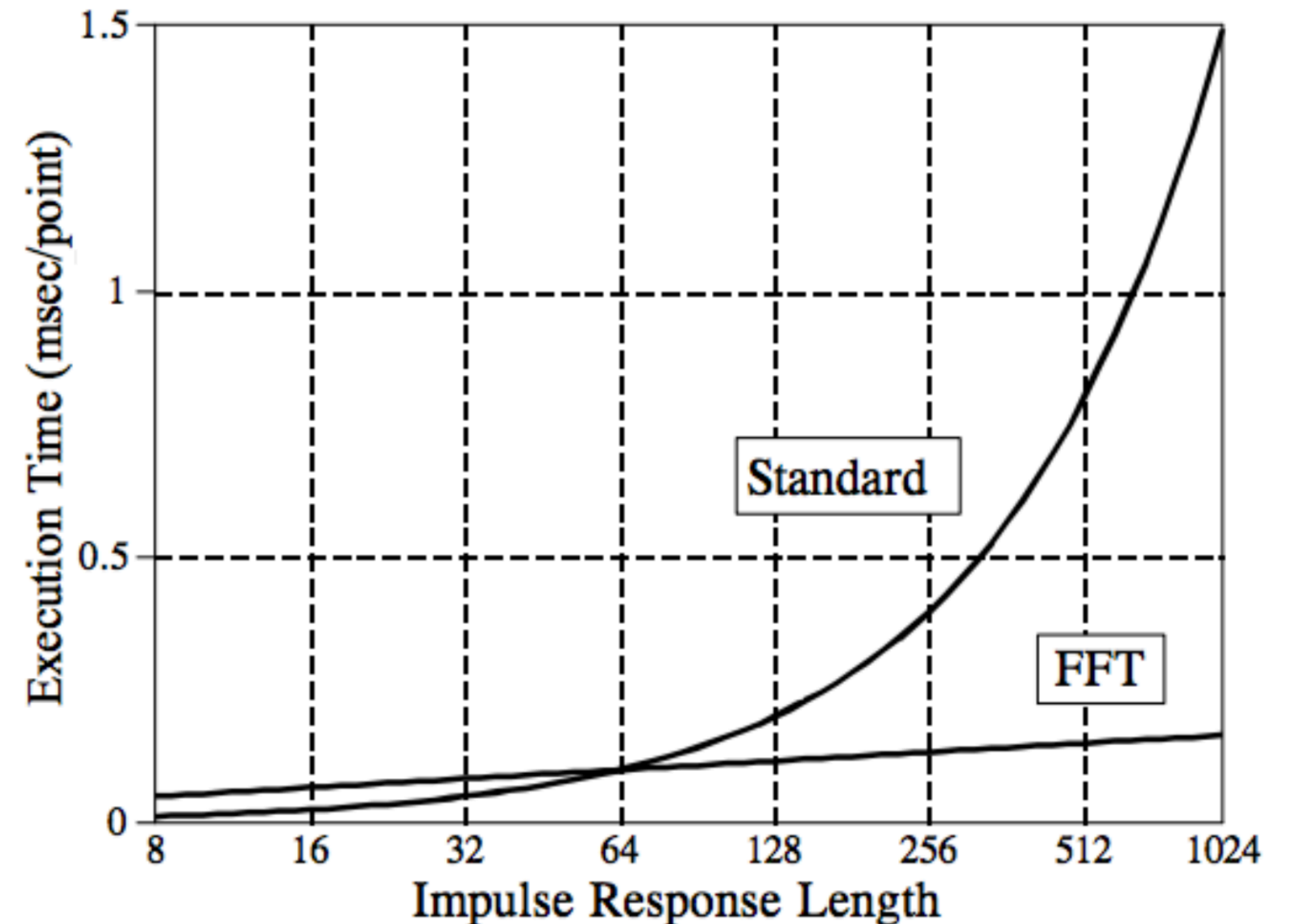
Как посчитать быстрее

Кросс-корреляция эквивалентна свертке (convolution) с отраженным по оси времени референсом или сигналом:

$$f(t) \star g(t) = f^*(-t) * g(t)$$

FFT свертка намного быстрее, чем если считать в лоб. Менее секунды на тест.

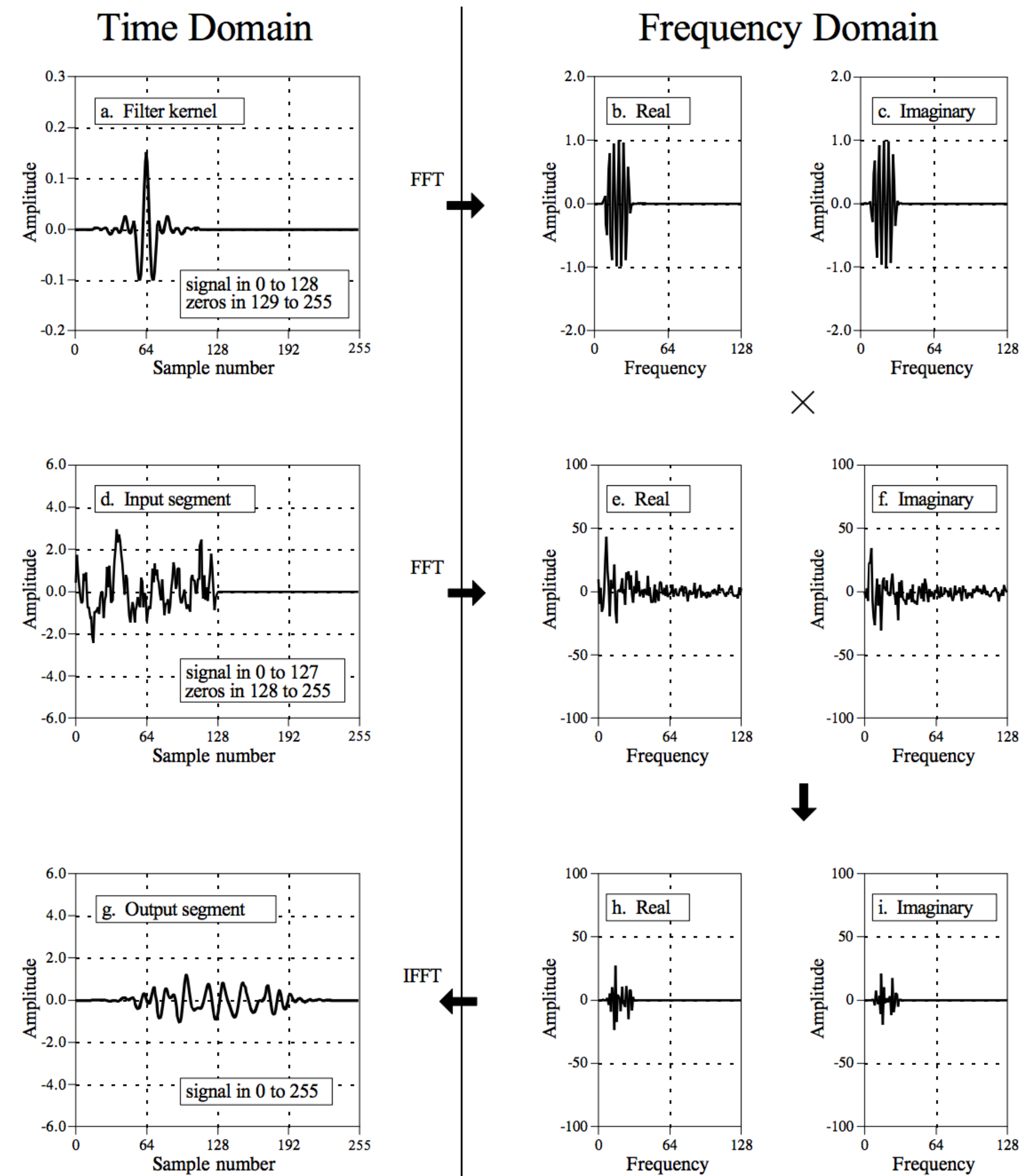
$$O(n^2) \longrightarrow O(n \log n)$$



Как работает свертка?

$$x * y = \text{DTFT}^{-1} [\text{DTFT}\{x\} \cdot \text{DTFT}\{y\}]$$

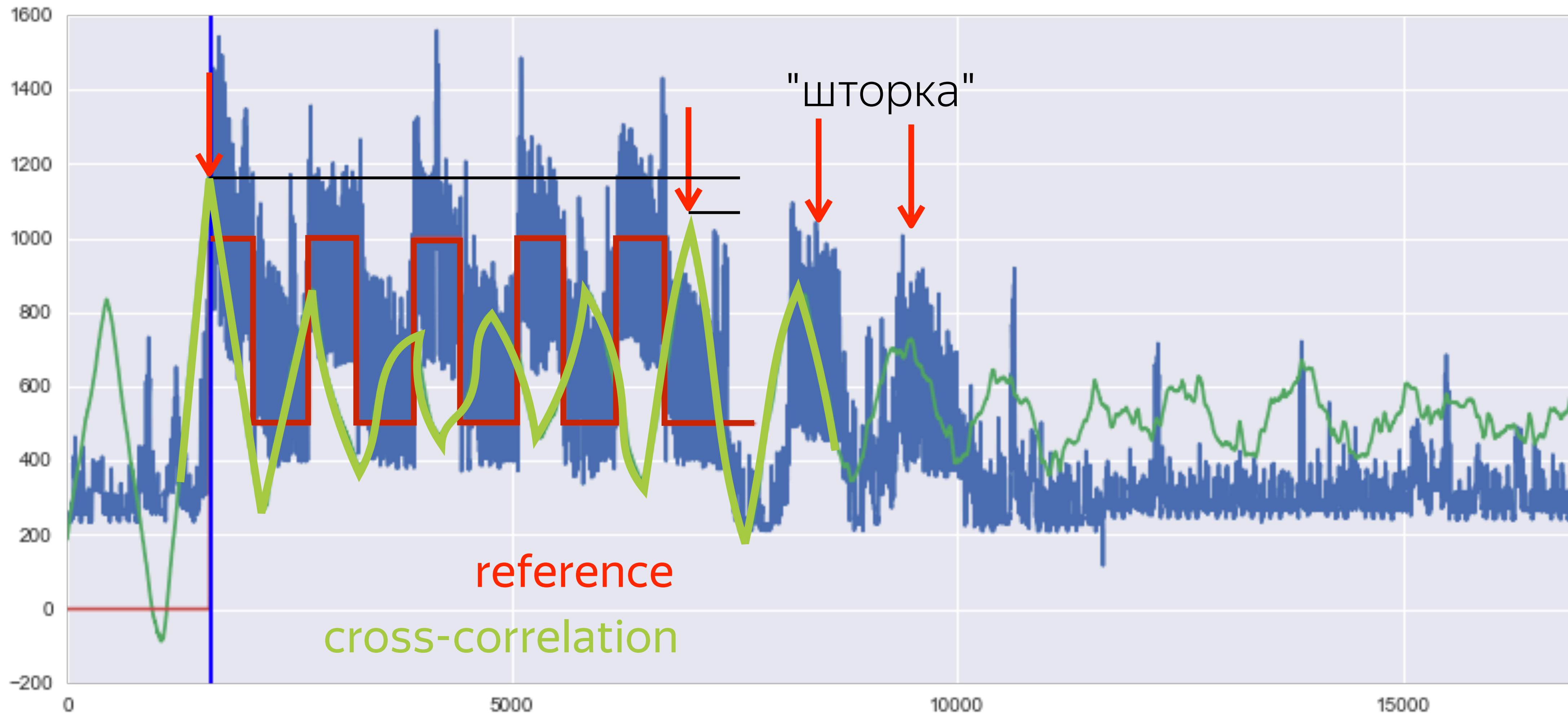
- › применяем быстрое преобразование Фурье к обеим функциям
- › перемножаем попарно элементы получившихся векторов
- › применяем обратное быстрое преобразование Фурье



Много слов, на Python одна строка

```
signal.fftconvolve(signal, reference[::-1], mode="valid")
```

Откуда неустойчивость и что делать

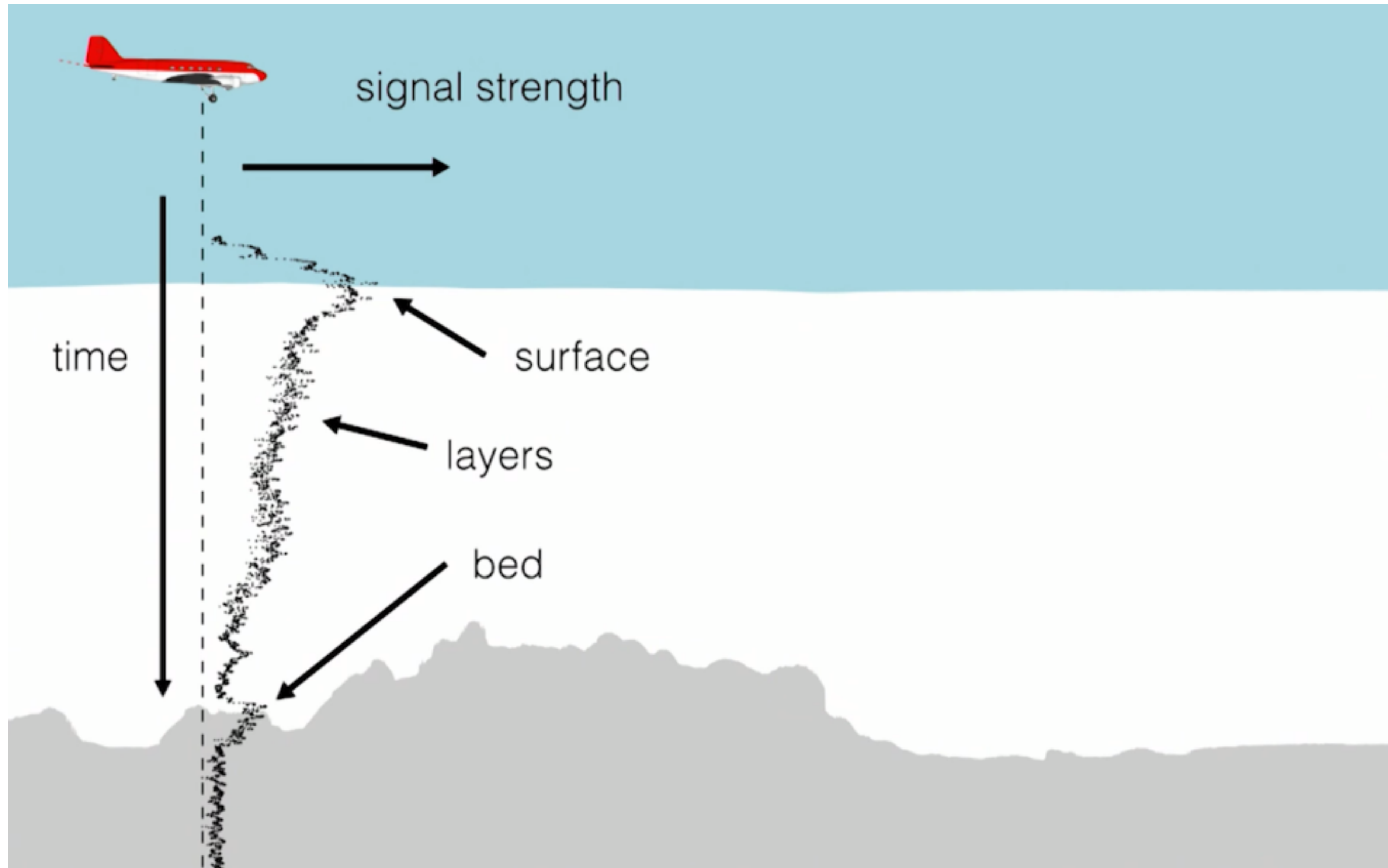


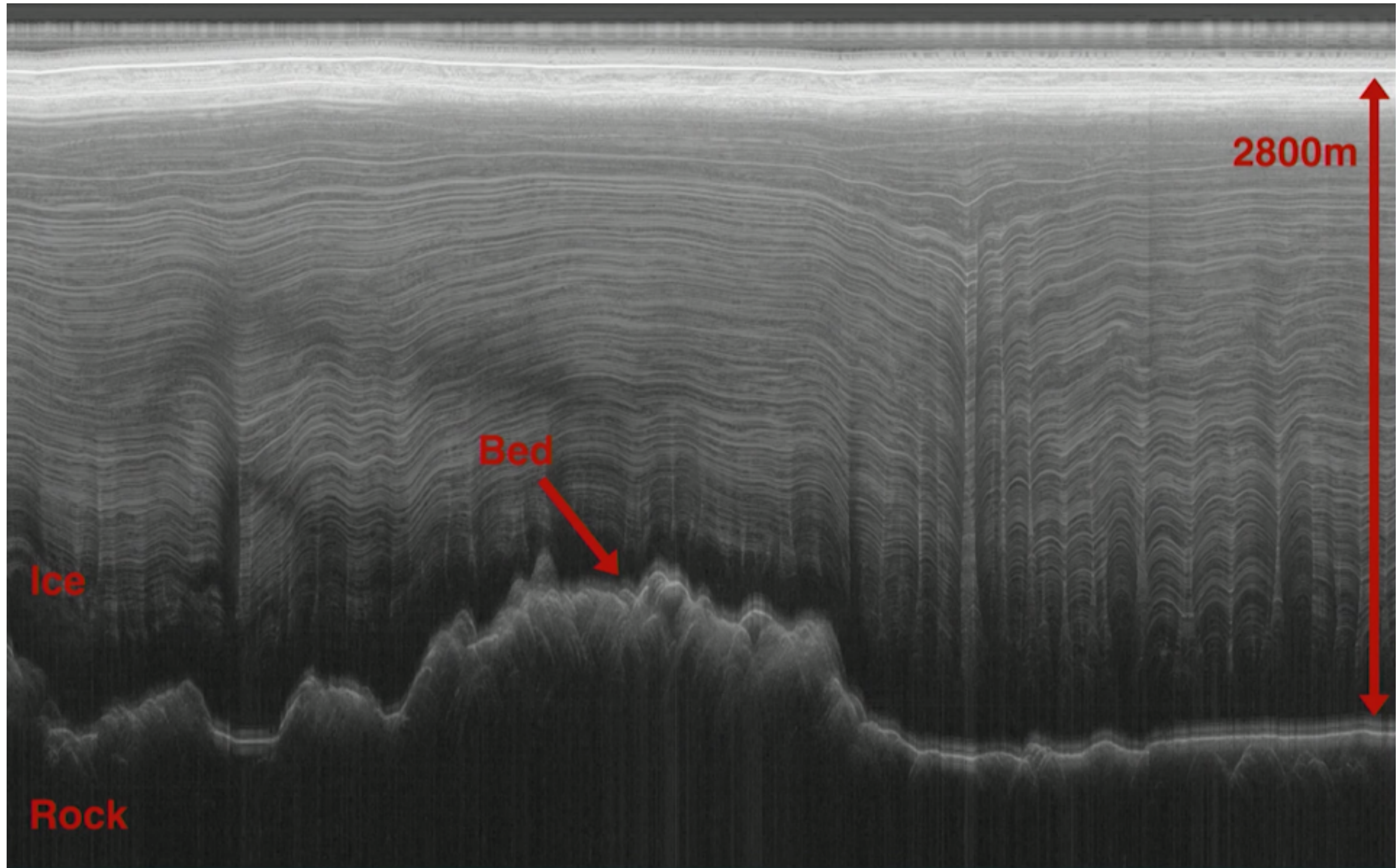
Периодичность миганий

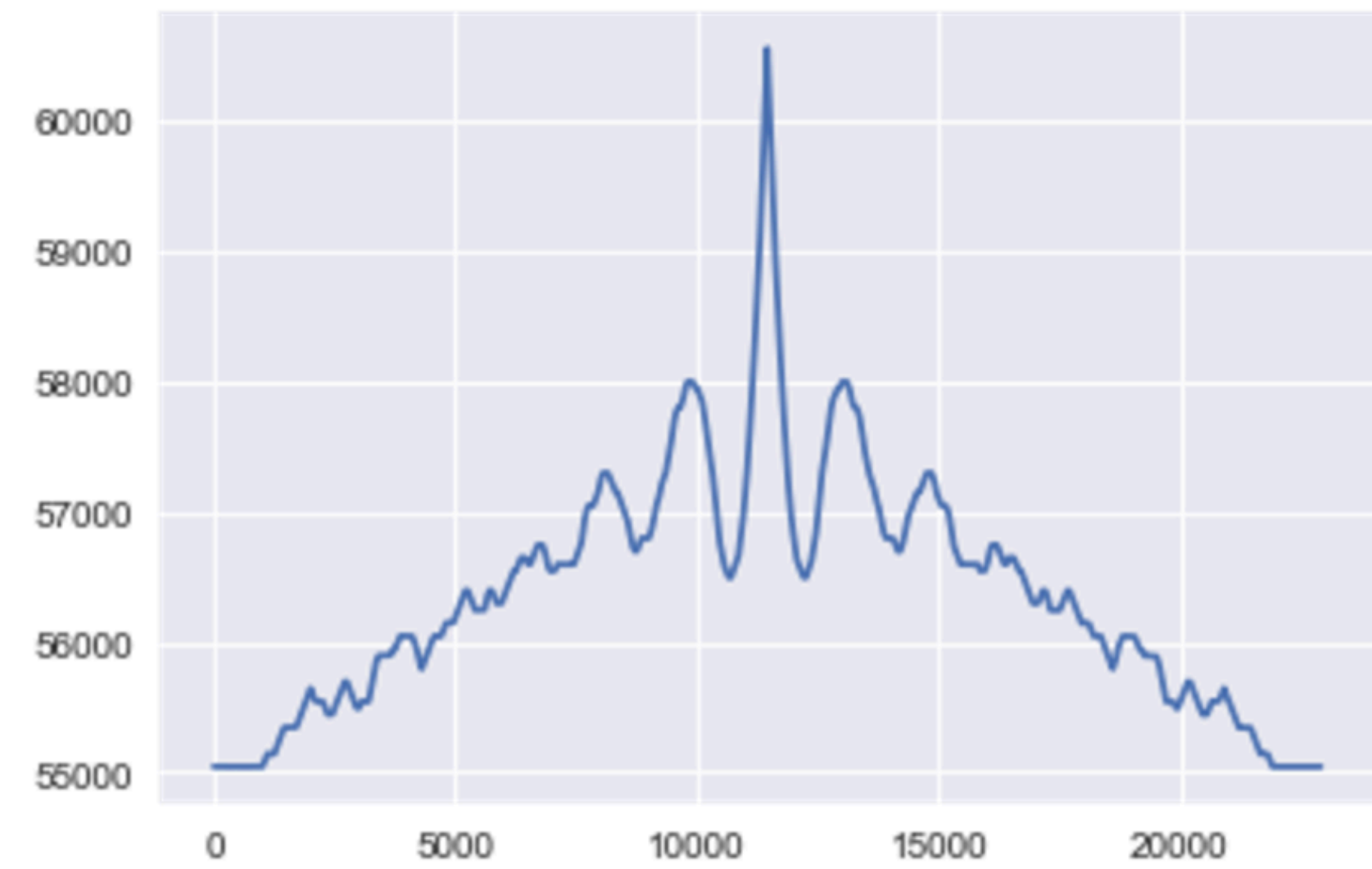
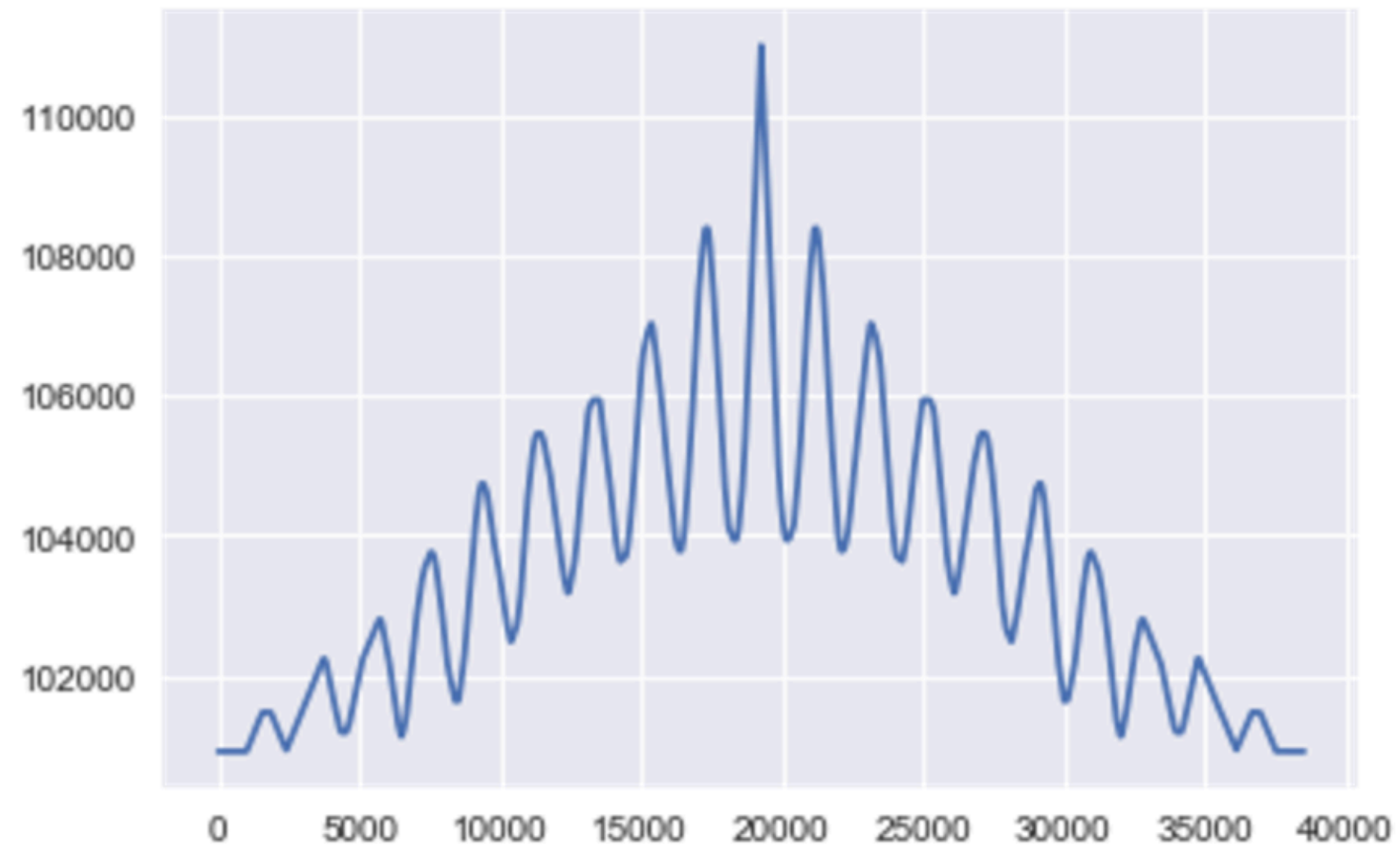
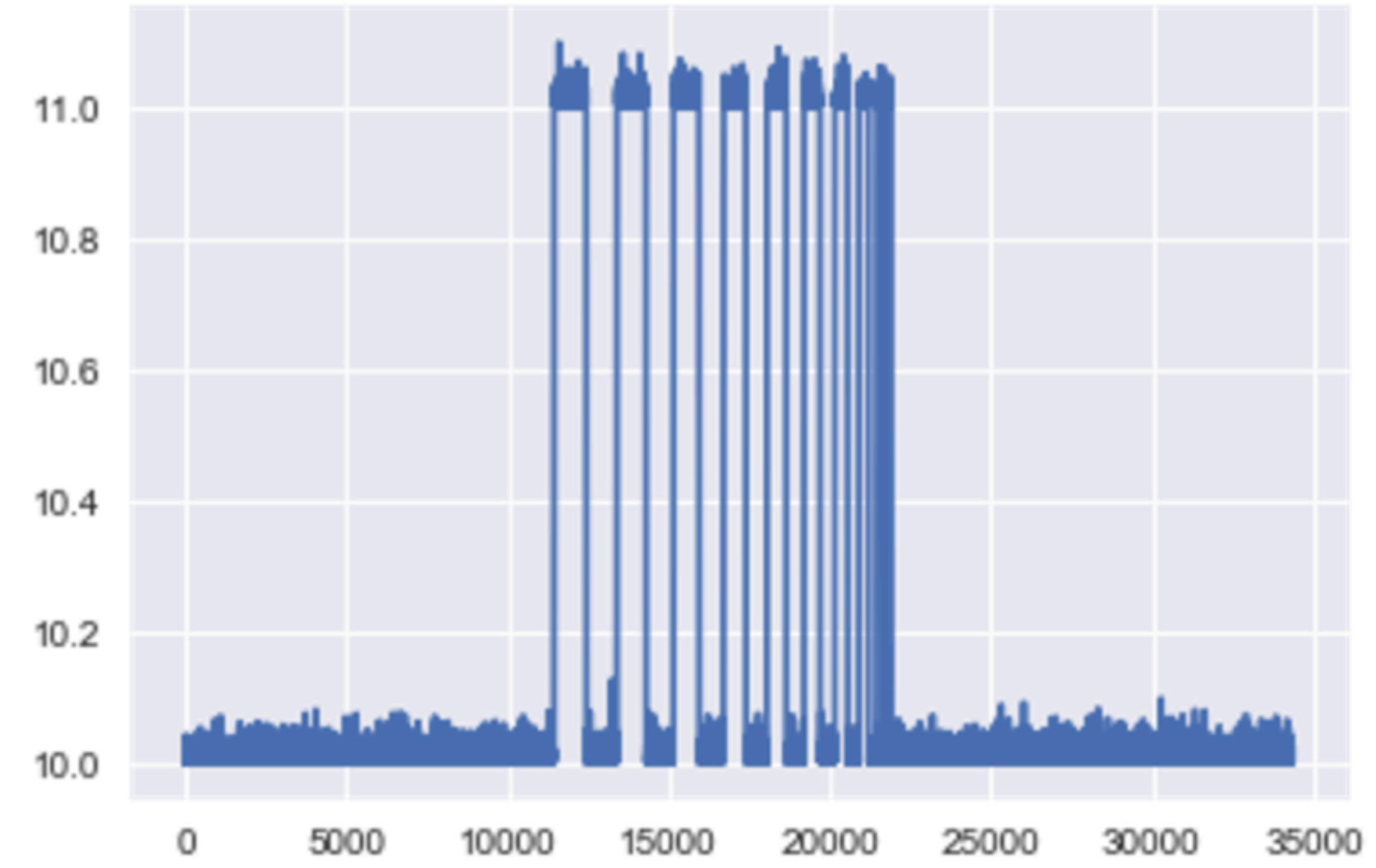
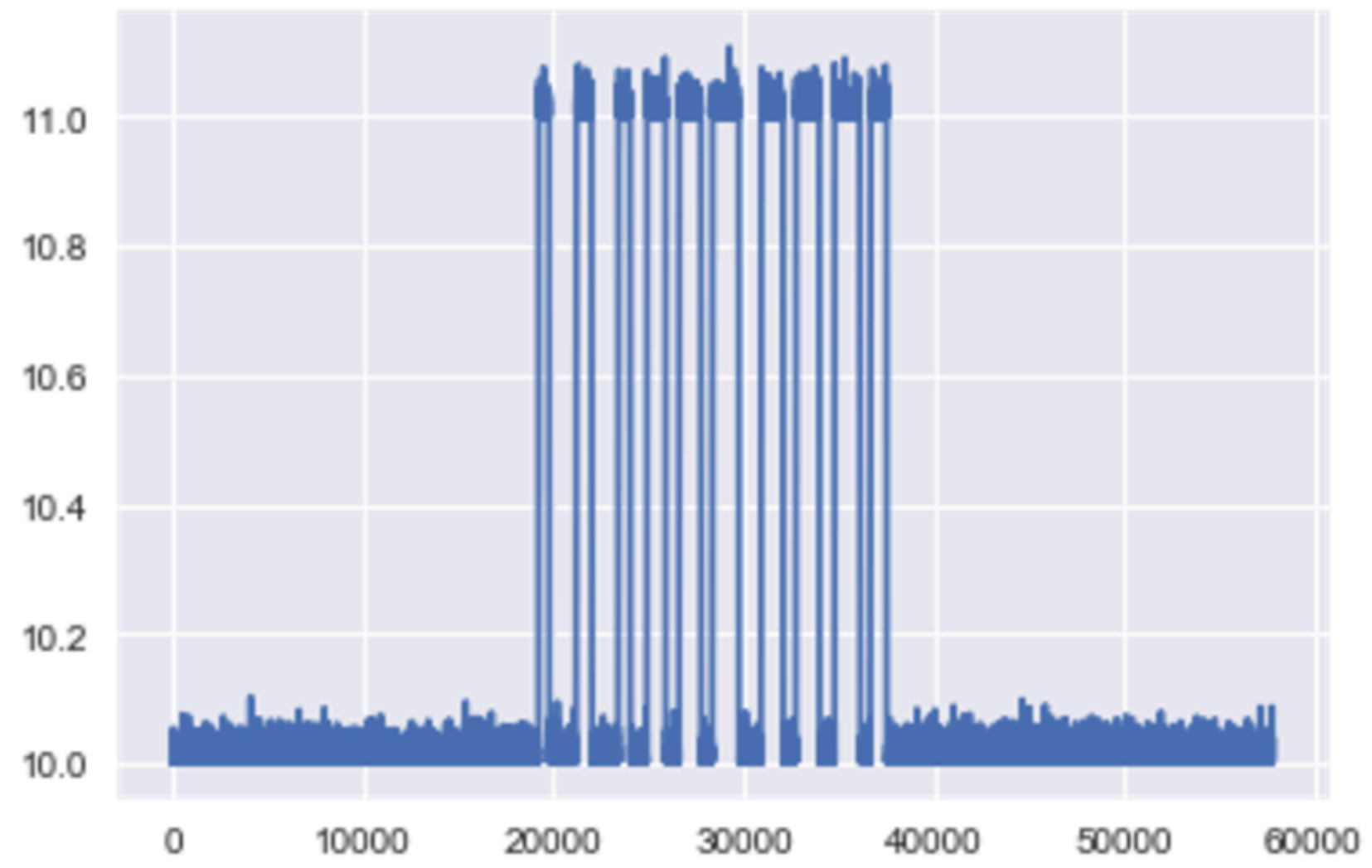
Мигали вручную — неустойчиво

Мигали случайно — иногда устойчиво, иногда нет

| наверное, есть оптимальная форма сигнала





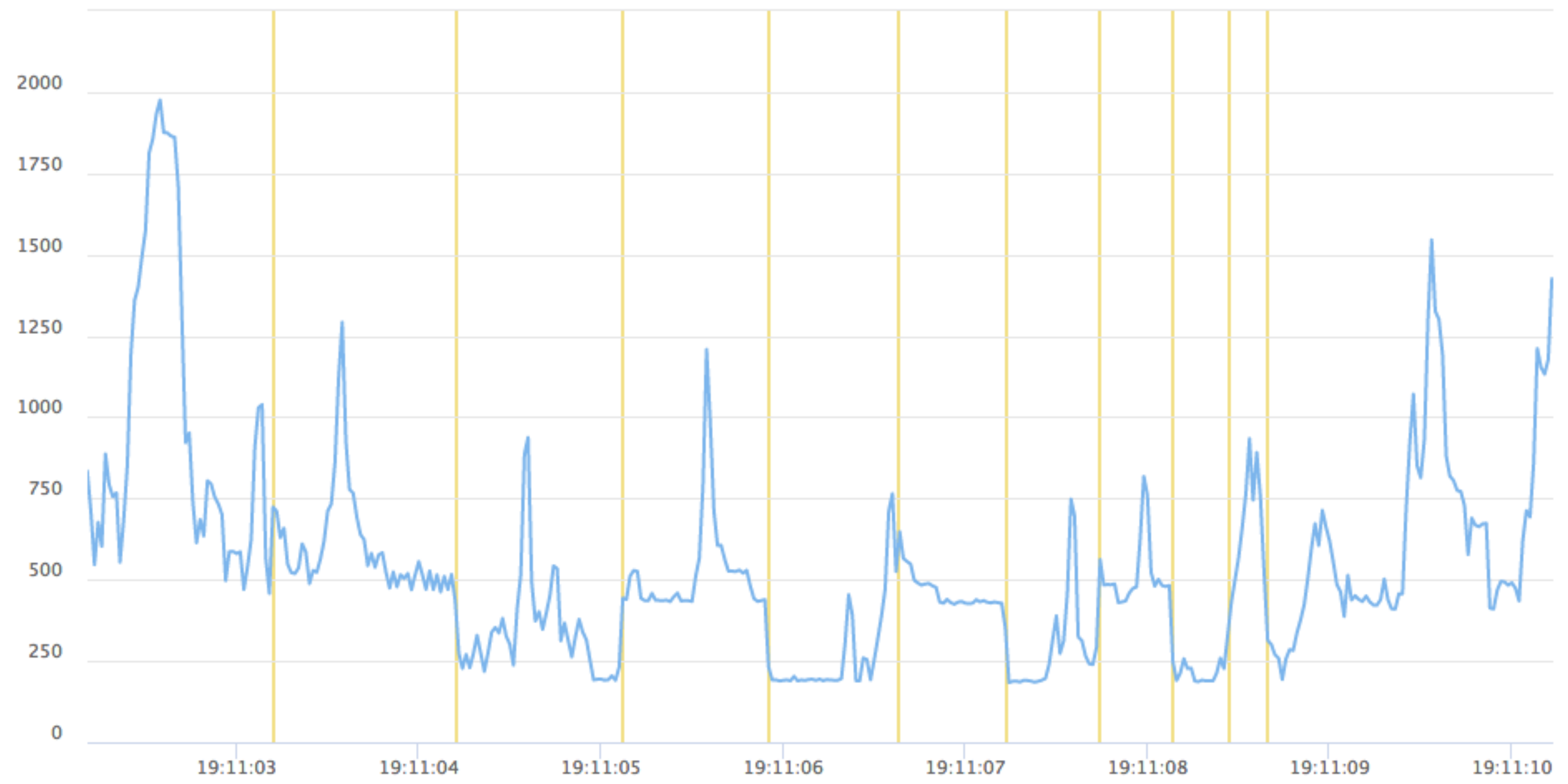


Random

Chirp

Zoom All

From 19:11:02.182 To 19:11:10.228

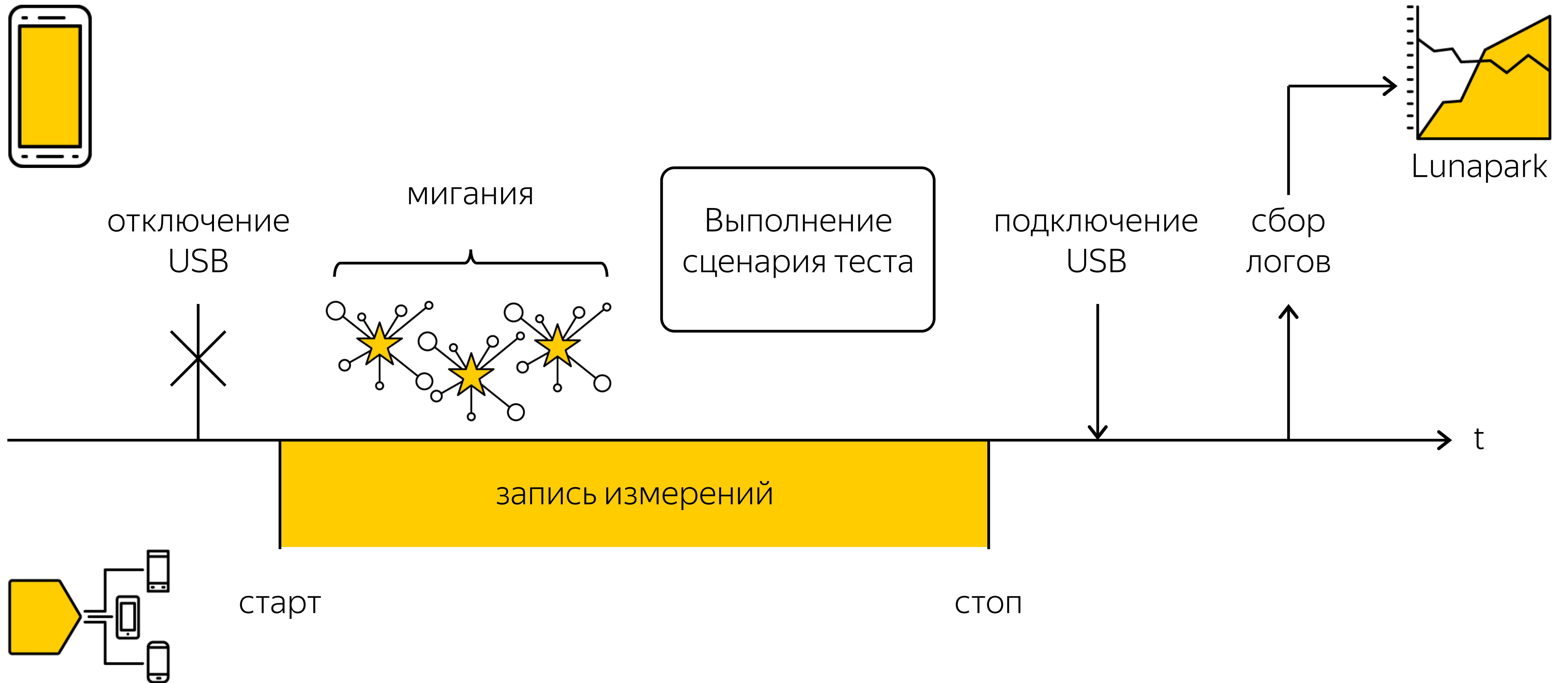


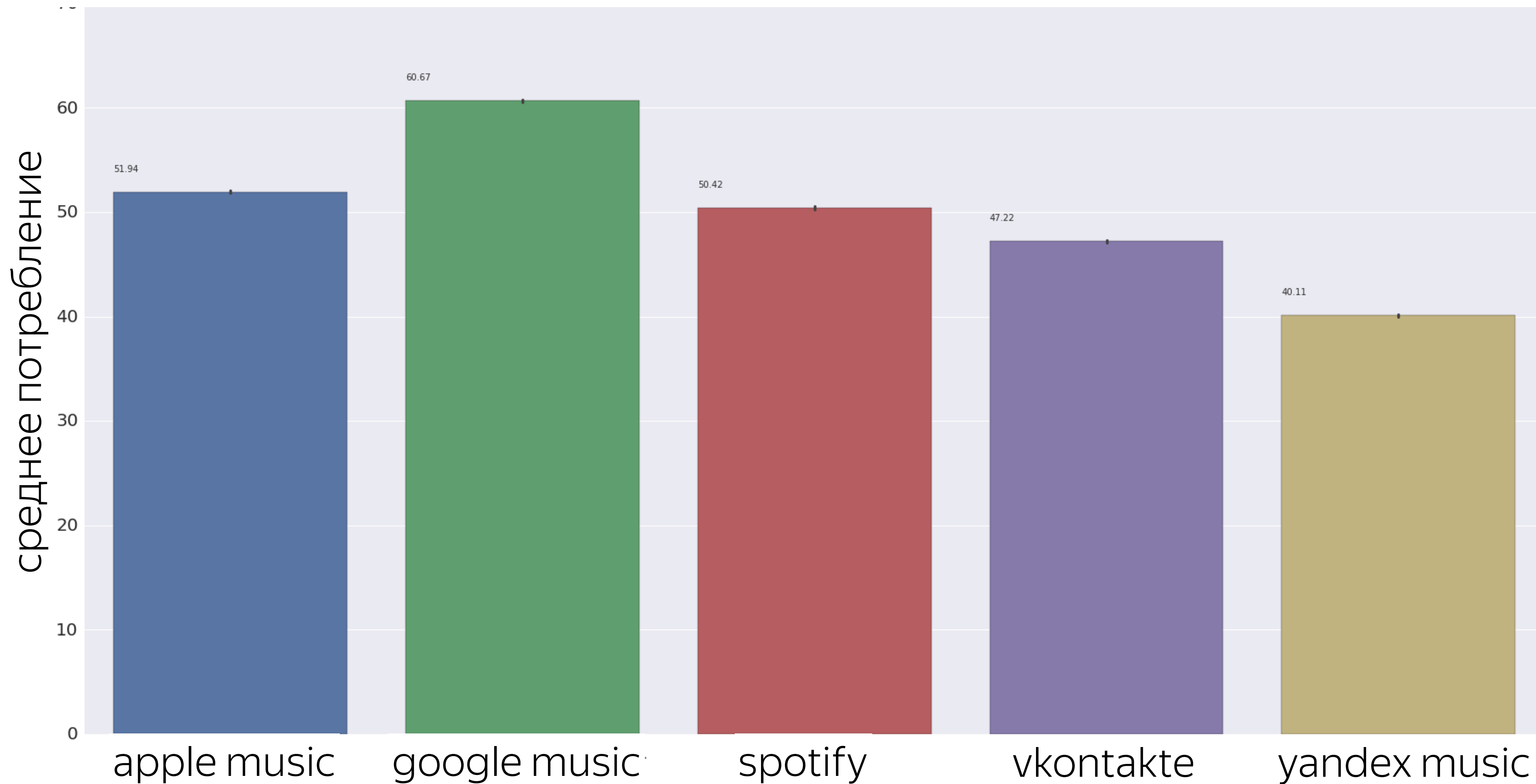
Filter	Torch
19:11:03.200	3724 3724 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:04.206	3724 6270 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:05.115	3724 16246 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:05.920	3724 3724 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:06.629	3724 6270 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:07.232	3724 16246 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:07.741	3724 3724 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:08.142	3724 6270 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:08.453	3724 16246 CameraService onTorchStatusChangedL
19:11:08.657	3724 3724 CameraService onTorchStatusChangedL

Ручное тестирование



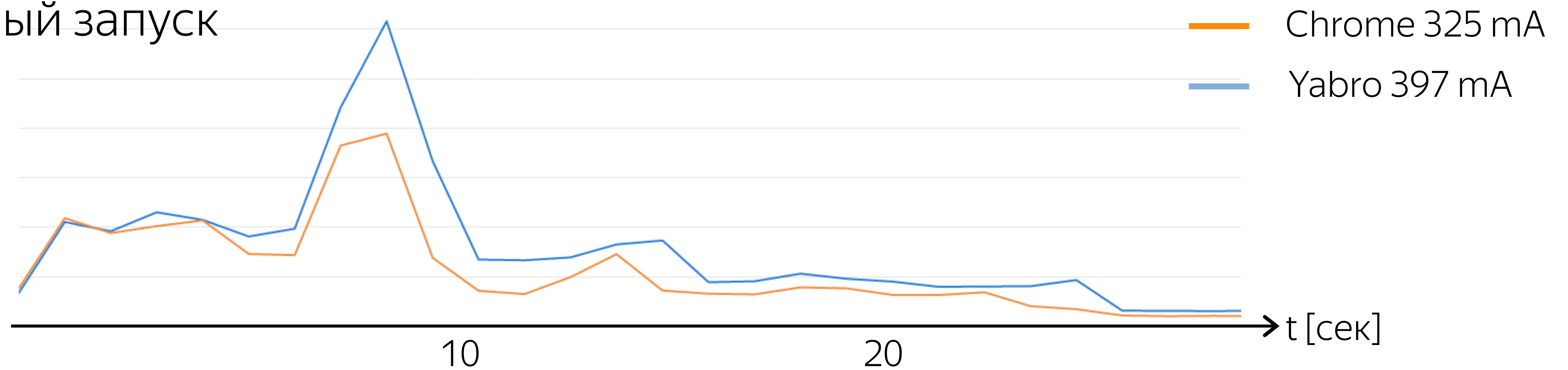
Ручной тест



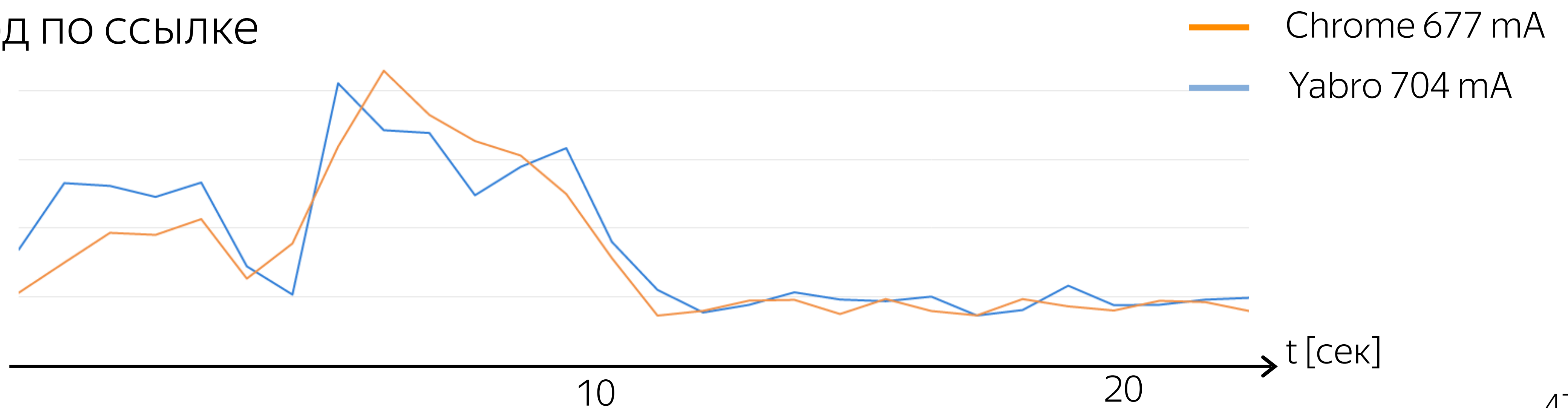


Потребление браузера

Холодный запуск



Переход по ссылке



Автоматизация

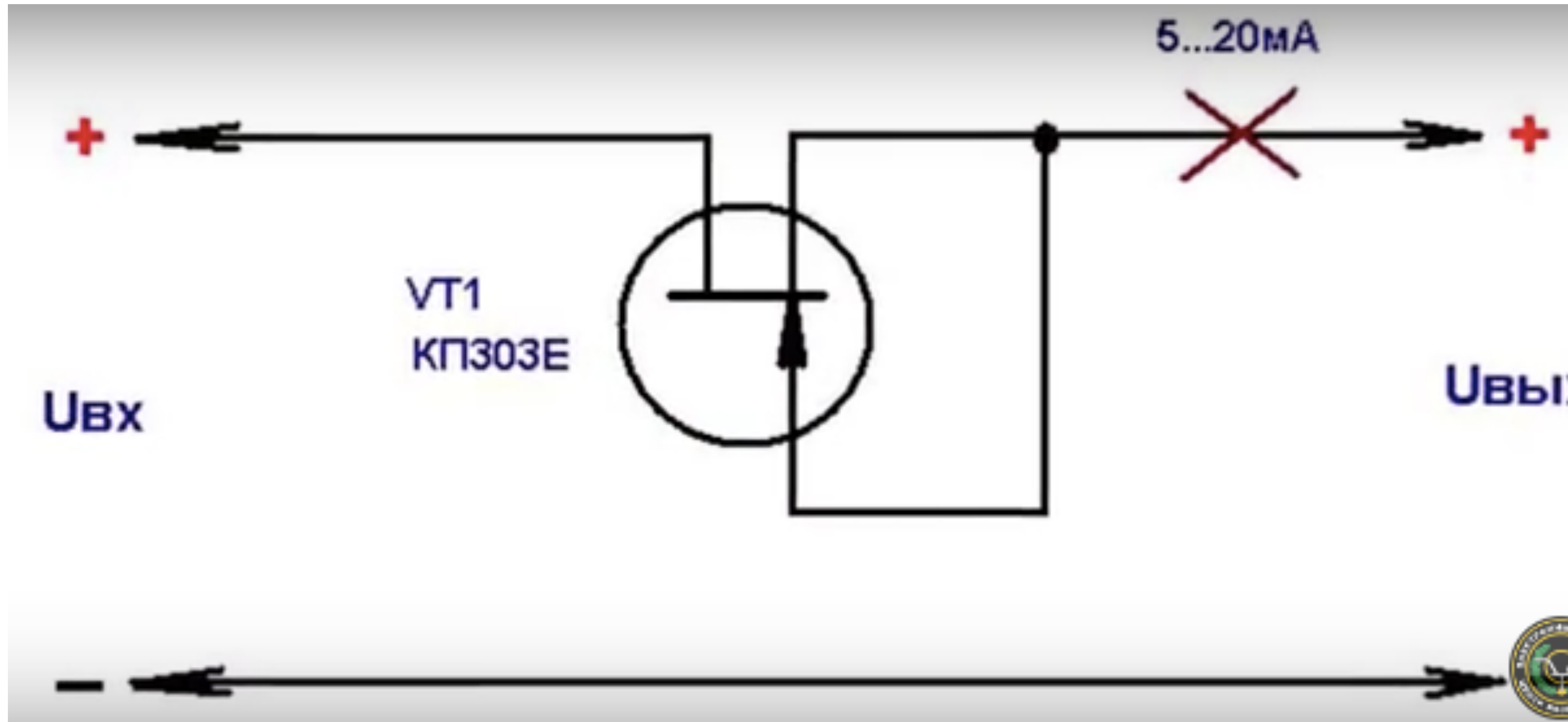


Провод-ограничитель

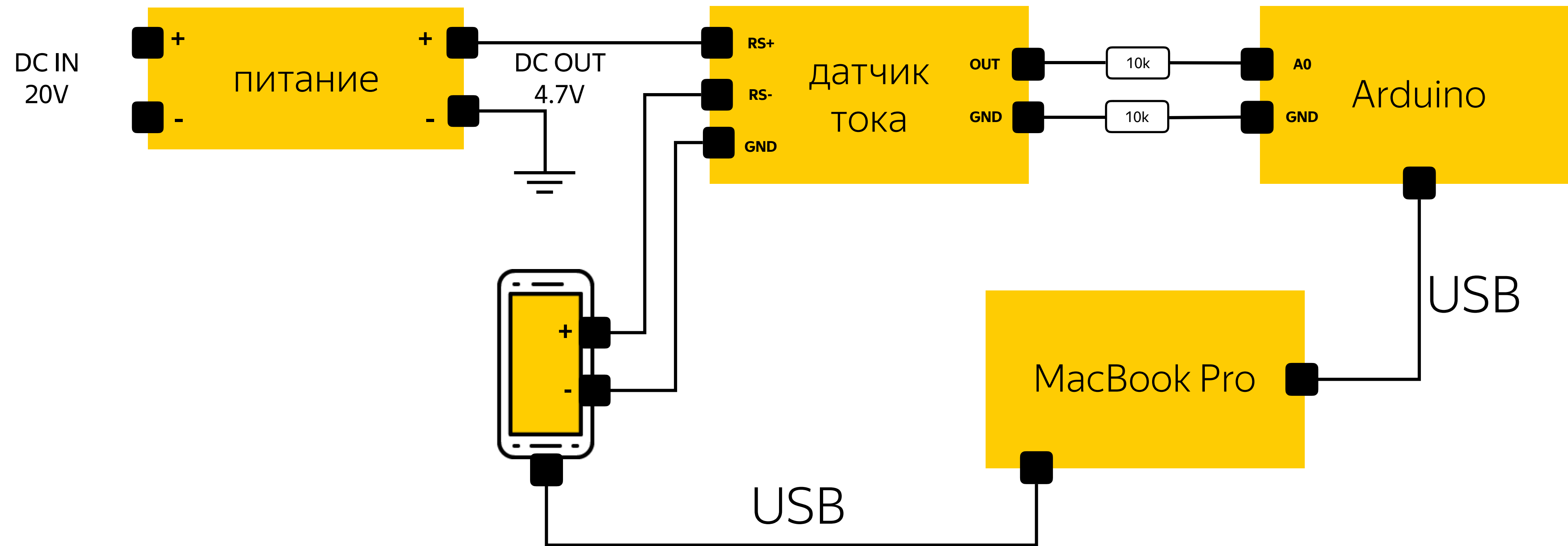
- › для автоматизации нужно USB
- › USB нельзя, потому что телефон с нее заряжается
- ▮ не даем телефону больше 20 mA



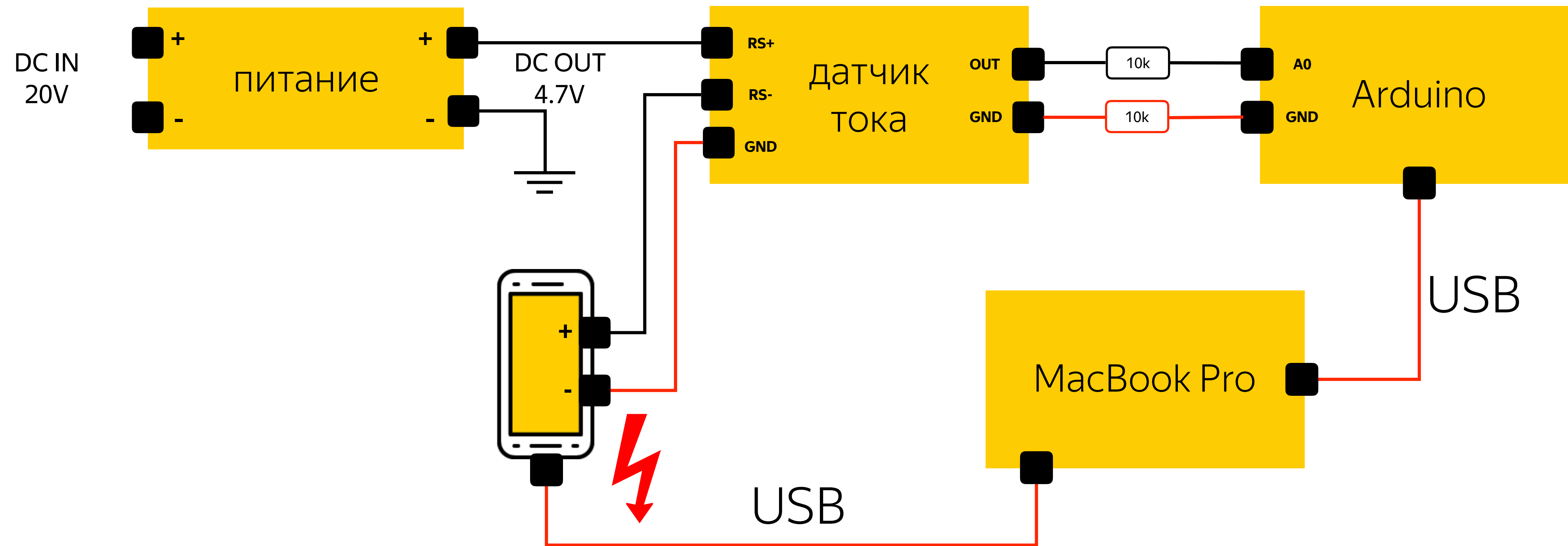
Ограничитель тока на полевом транзисторе



В этой схеме есть проблема



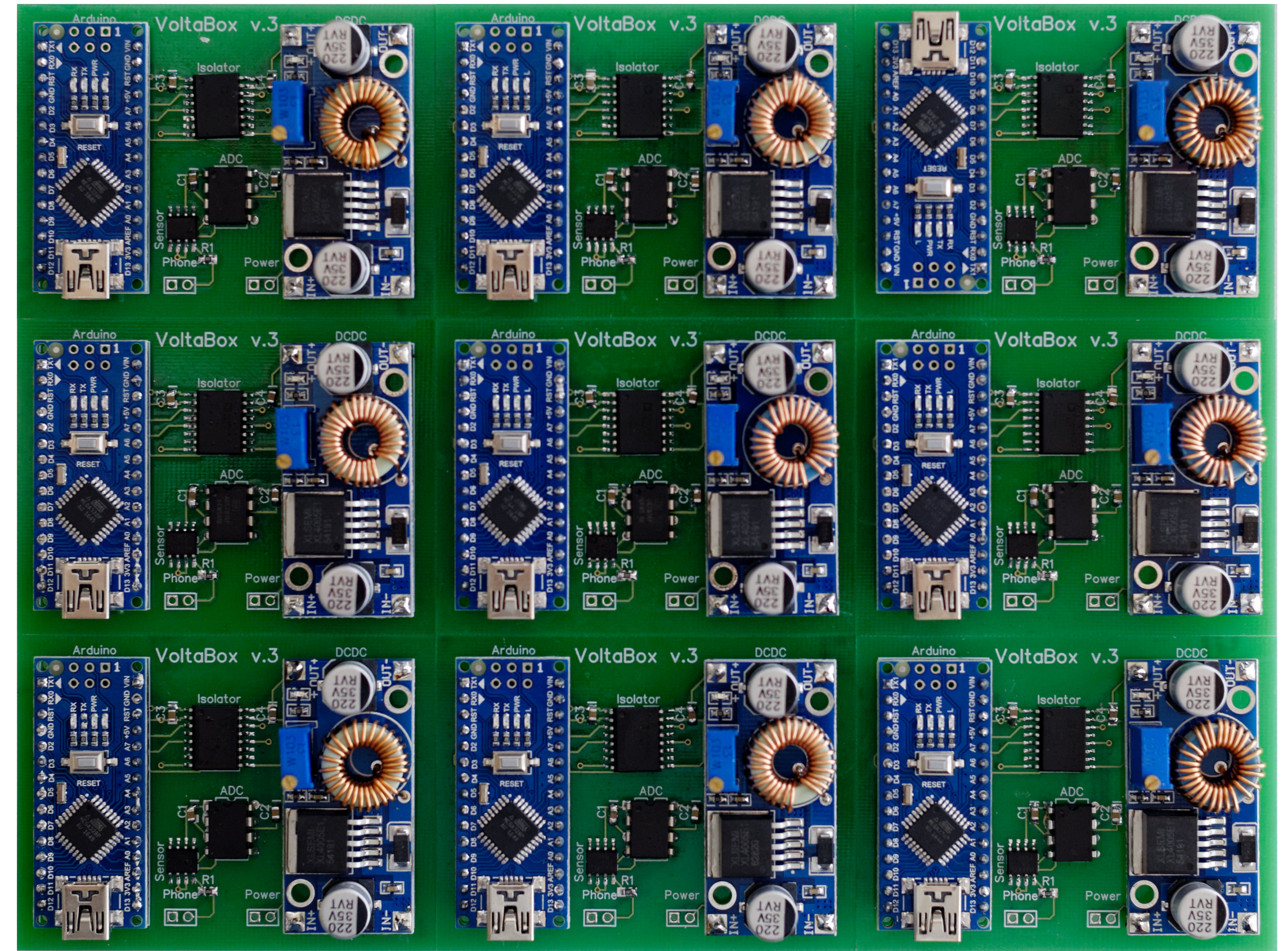
Проблема: нельзя подключить USB



Гальваническая развязка

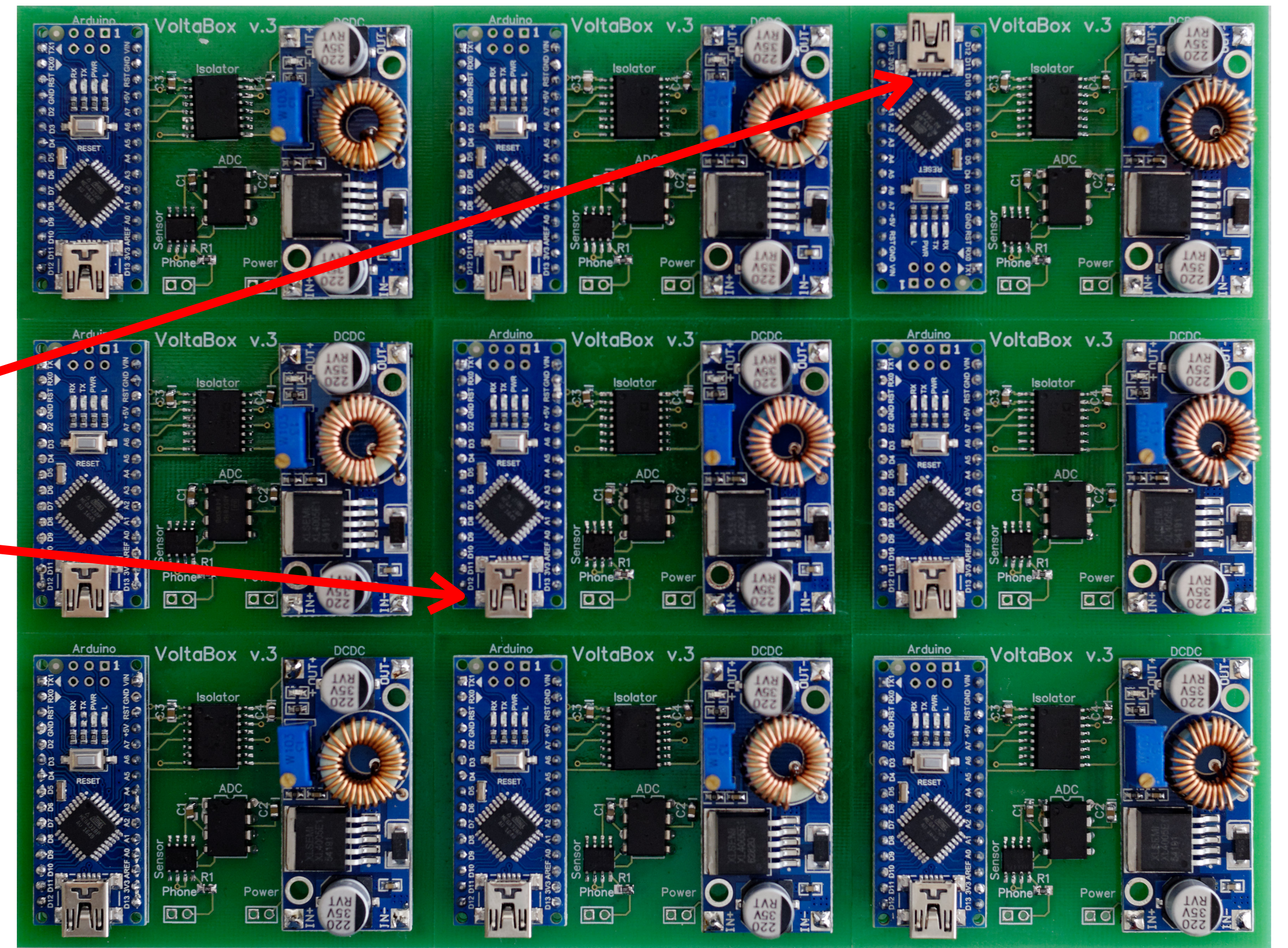
ADUM1402 + ADS7816P

внешний 12-битный АЦП
гальванически развязан с
контроллером

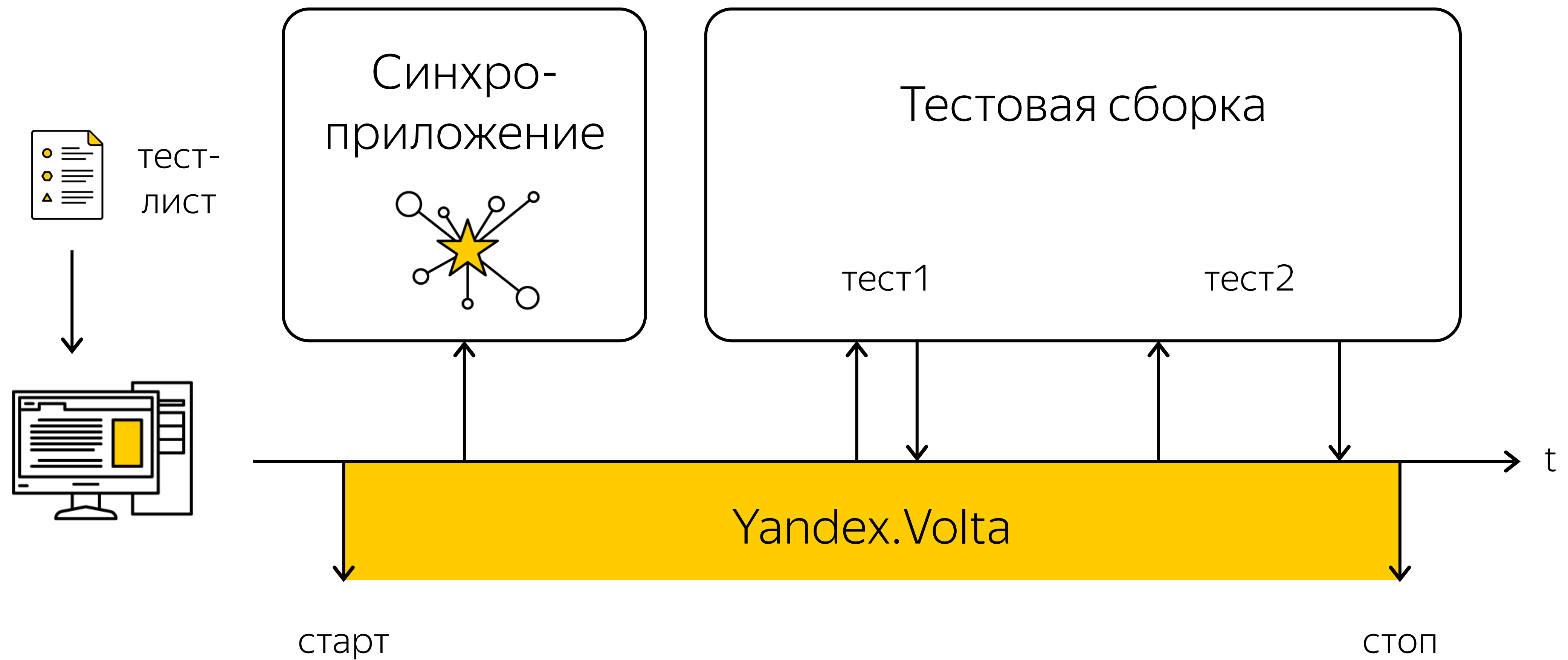


Гальваническая развязка

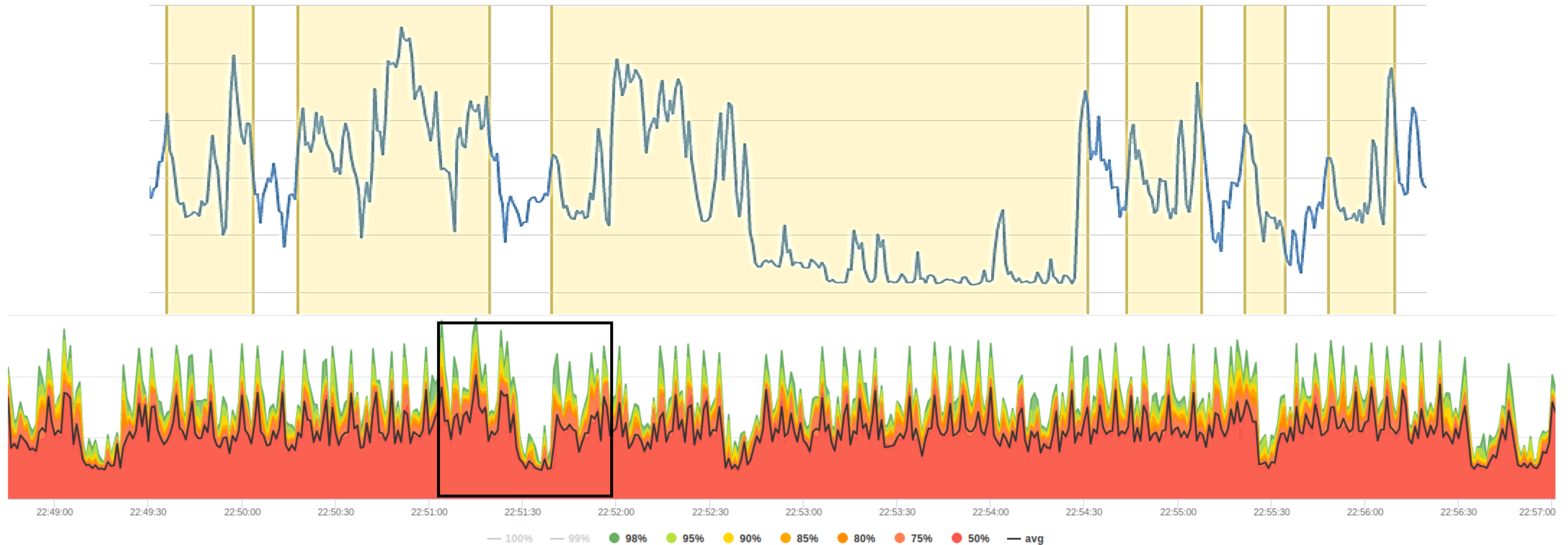
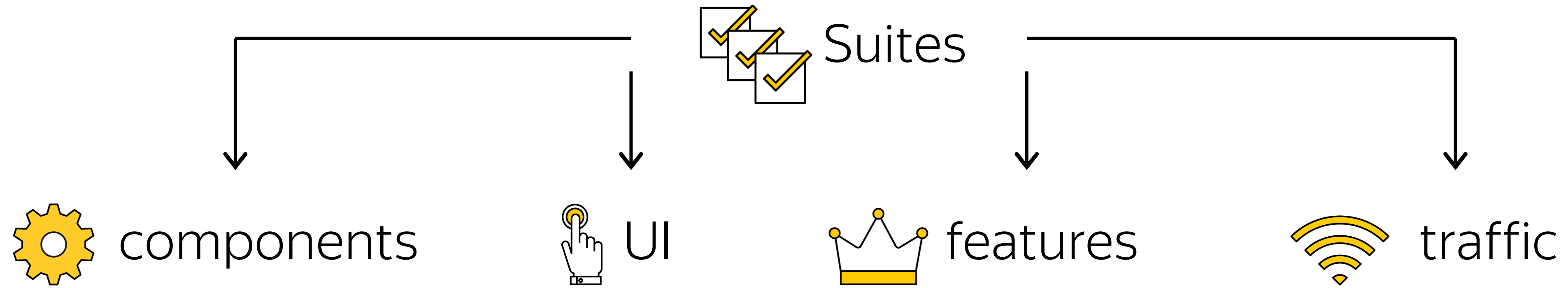
найдите ошибку



Автоматический тест

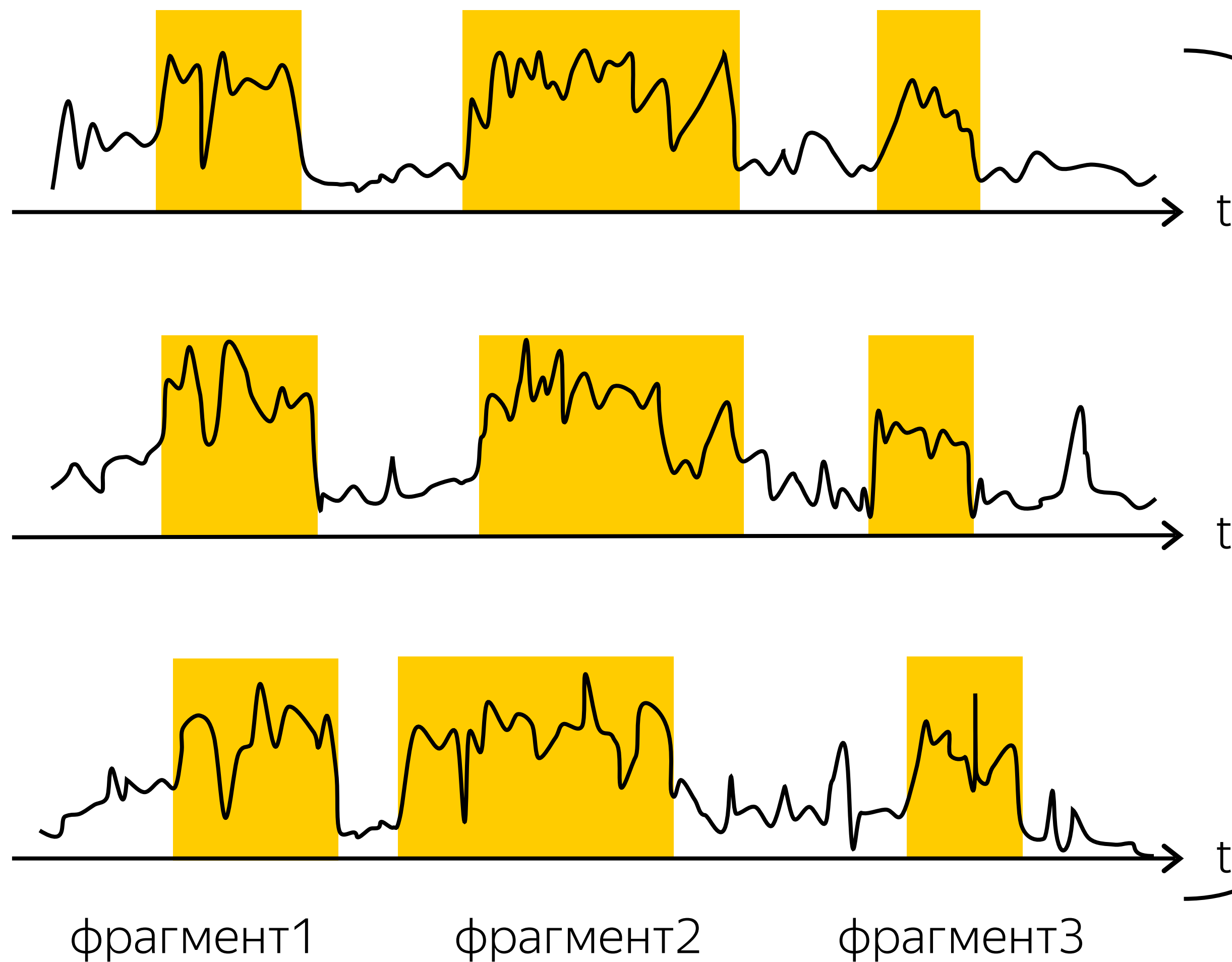


Юнит-тесты

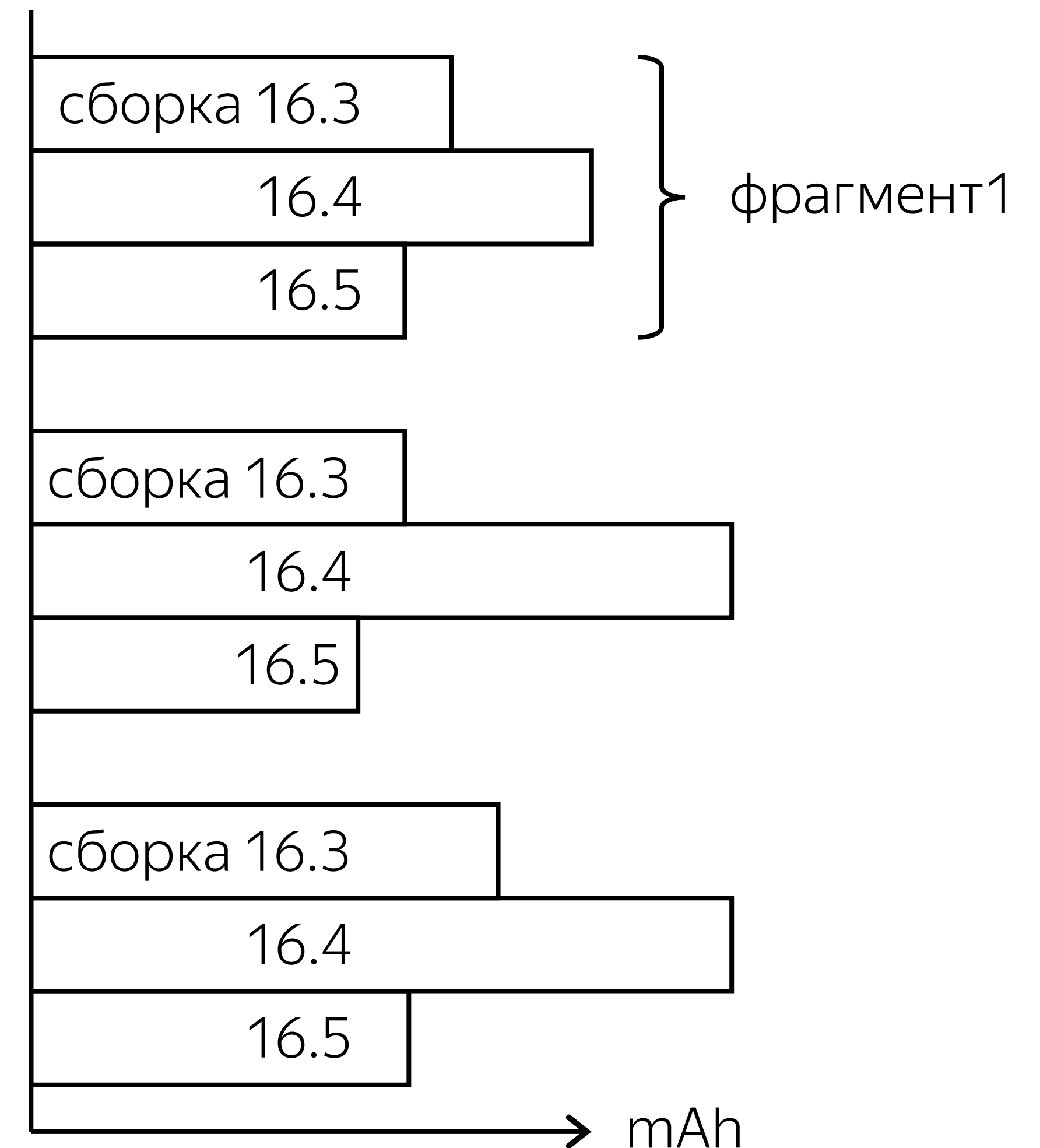


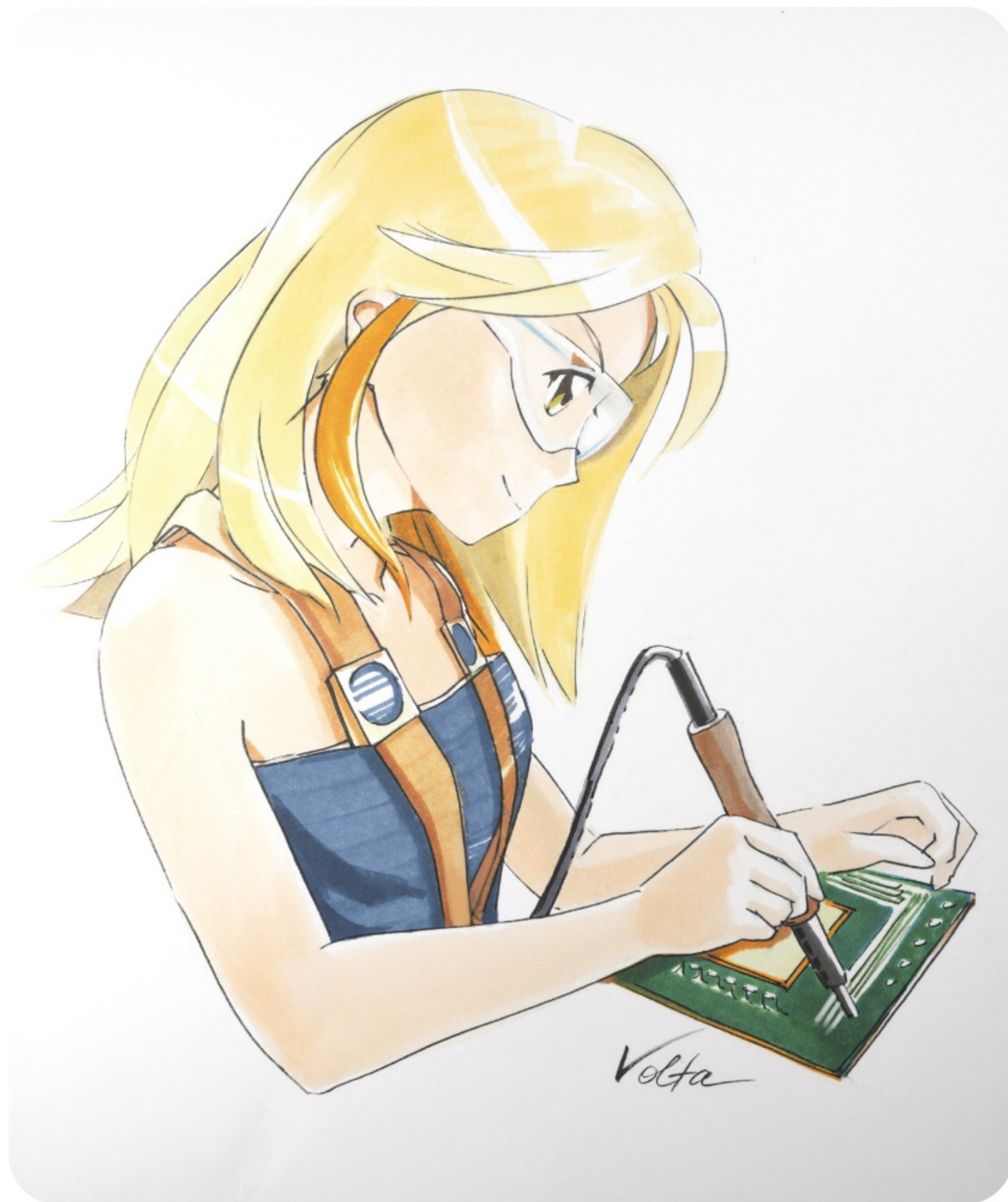
Регрессии энергопотребления

каждая сборка тестируется N раз




Потребленная ёмкость





Yandex Volta

github.com/yandex-load/volta



НЕ ПОВТОРЯЙТЕ ЭТО
ДОМА*

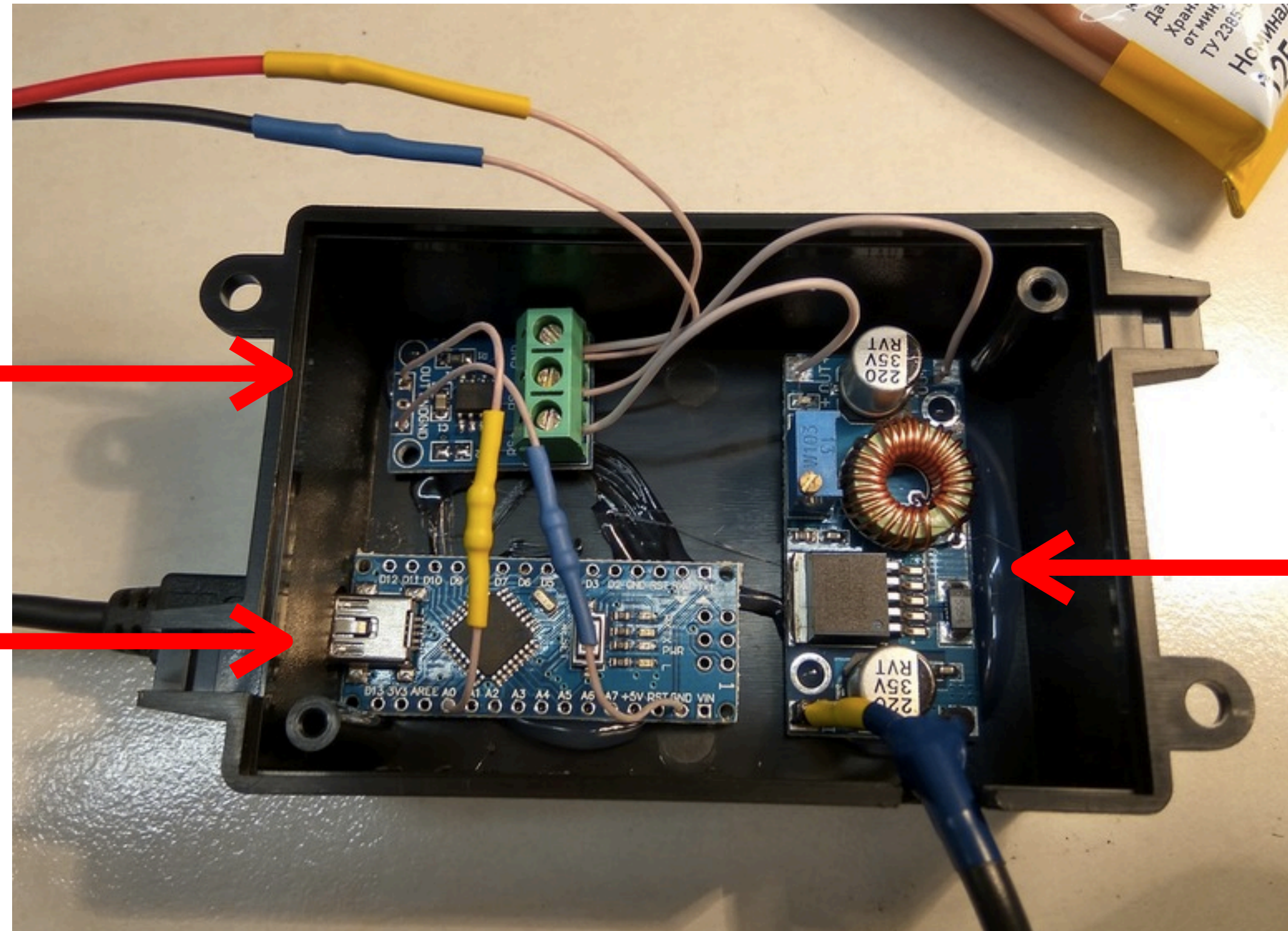
* приготовьте заранее 10 айфонов

Если решитесь, наденьте шапочку из фольги



Компоненты VoltaBox

датчик
тока
arduino



блок
питания

Питание: модуль XL4005

- › DC-DC step down
- › нужен внешний блок питания: ноутбучный, блок аккумуляторов или прикуриватель

внимание: подходят не все
(замерить разность потенциалов
перед подключением USB)



Тестирование геосервисов

- › ноутбук
- › UPS
- › VoltaBox



VoltaBox с SD-картой и аккумулятором

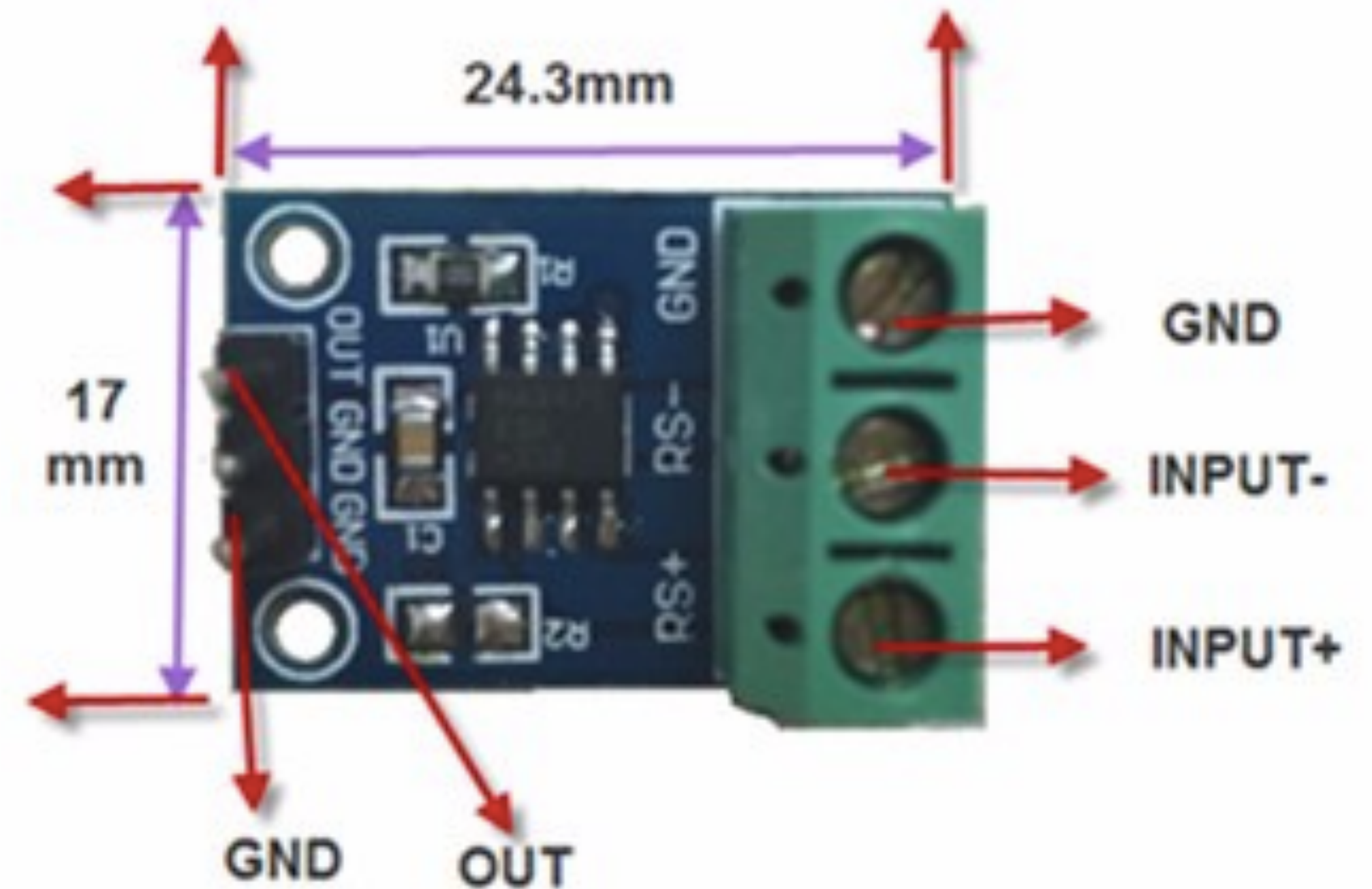
- › работает от аккумулятора для радиоуправляемых моделей
 - › работает от прикуривателя
 - › пишет данные на SD-карту
- удобно ездить в командировки**



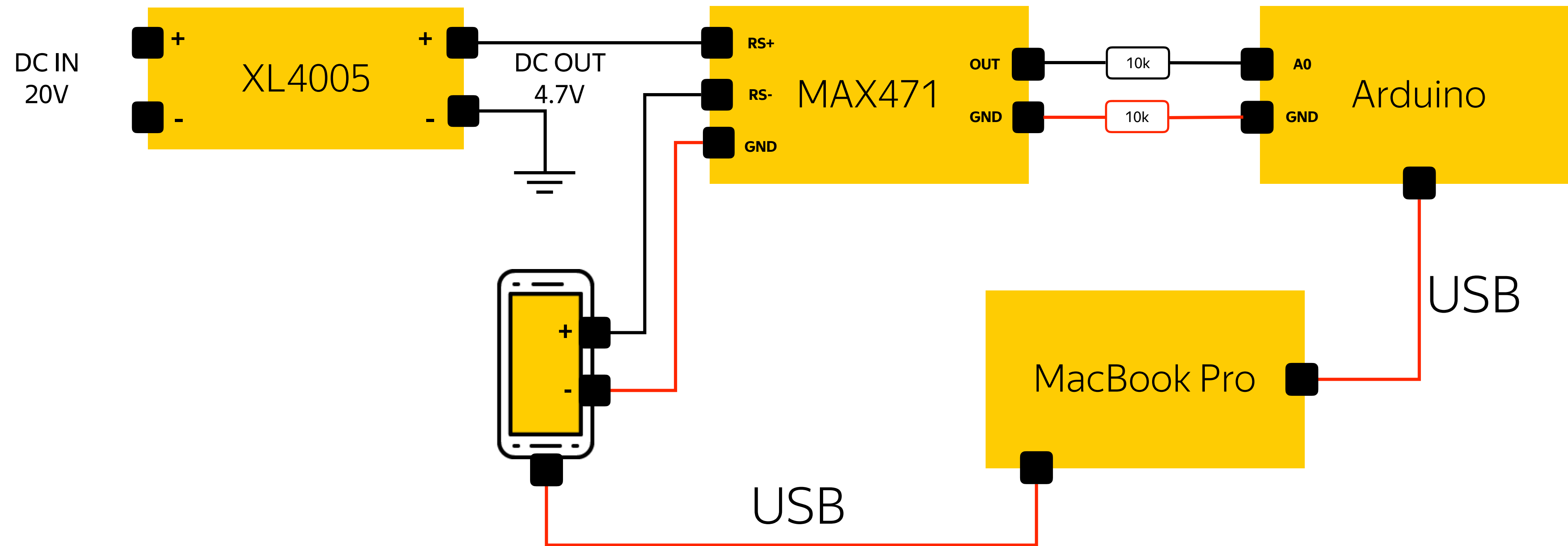
Датчик тока: модуль МАХ471

- › преобразует ток в напряжение
- › 1А => 1В
- › диапазон от 0 до 3А

нет гальванической развязки: не подключайте телефон к USB



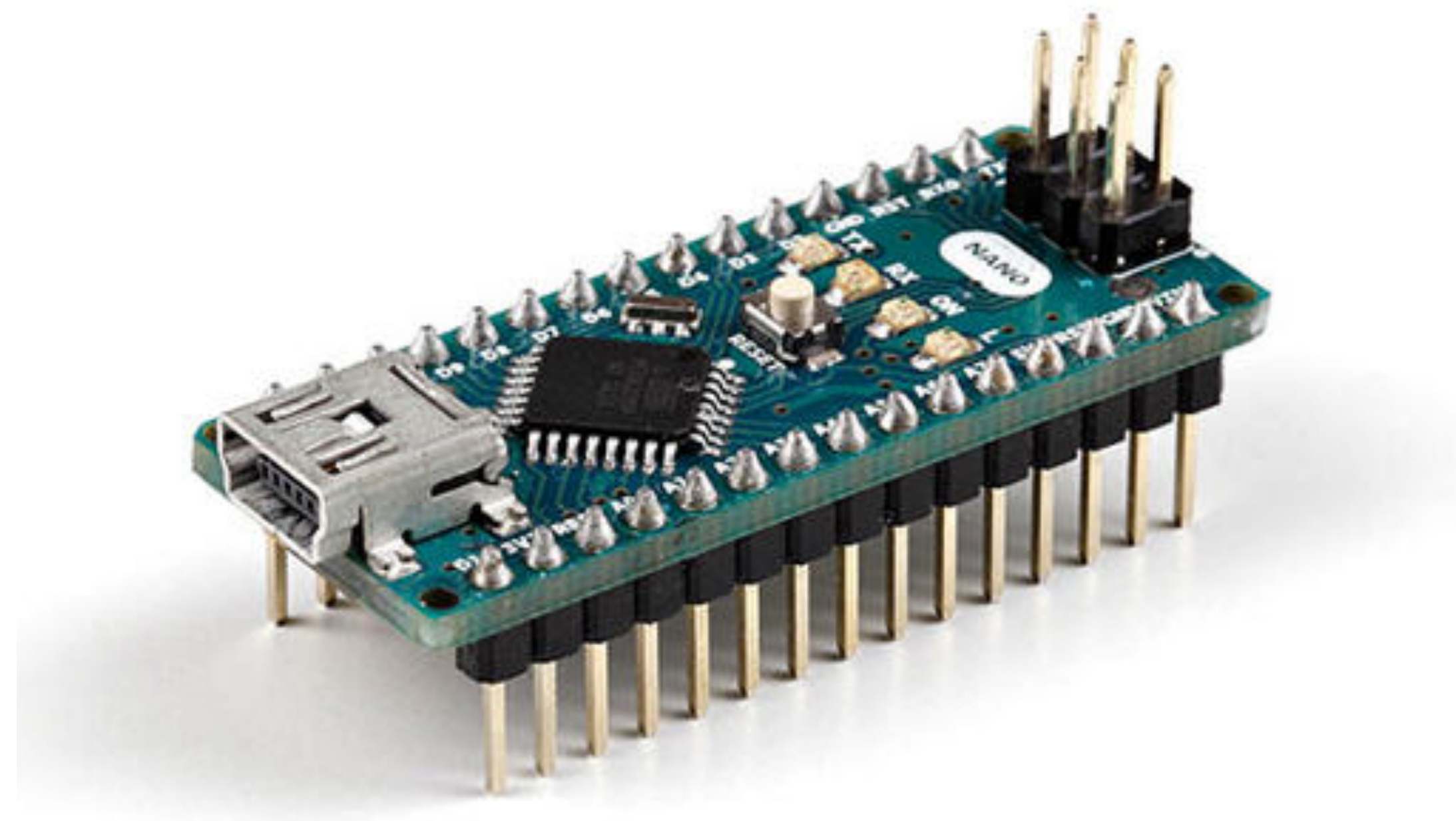
Не делай так



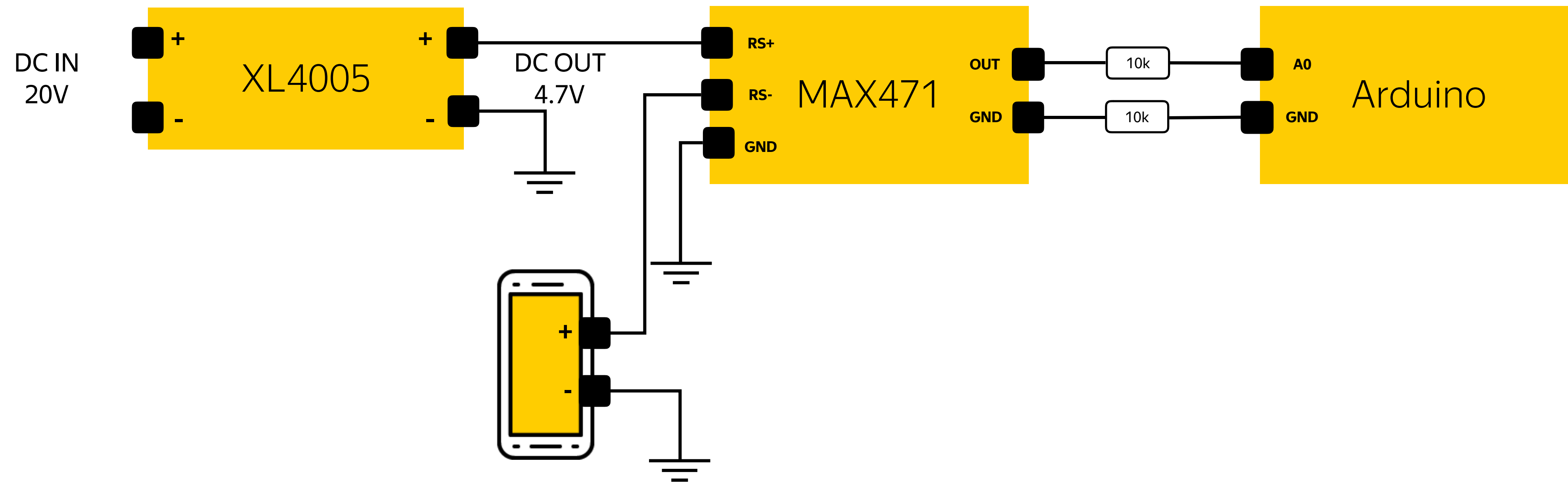
Микроконтроллер: Arduino Nano

- › встроенный АЦП
- › писать прошивку удобно в Platformio IDE

! pip install platformio



Собираем VoltaBox

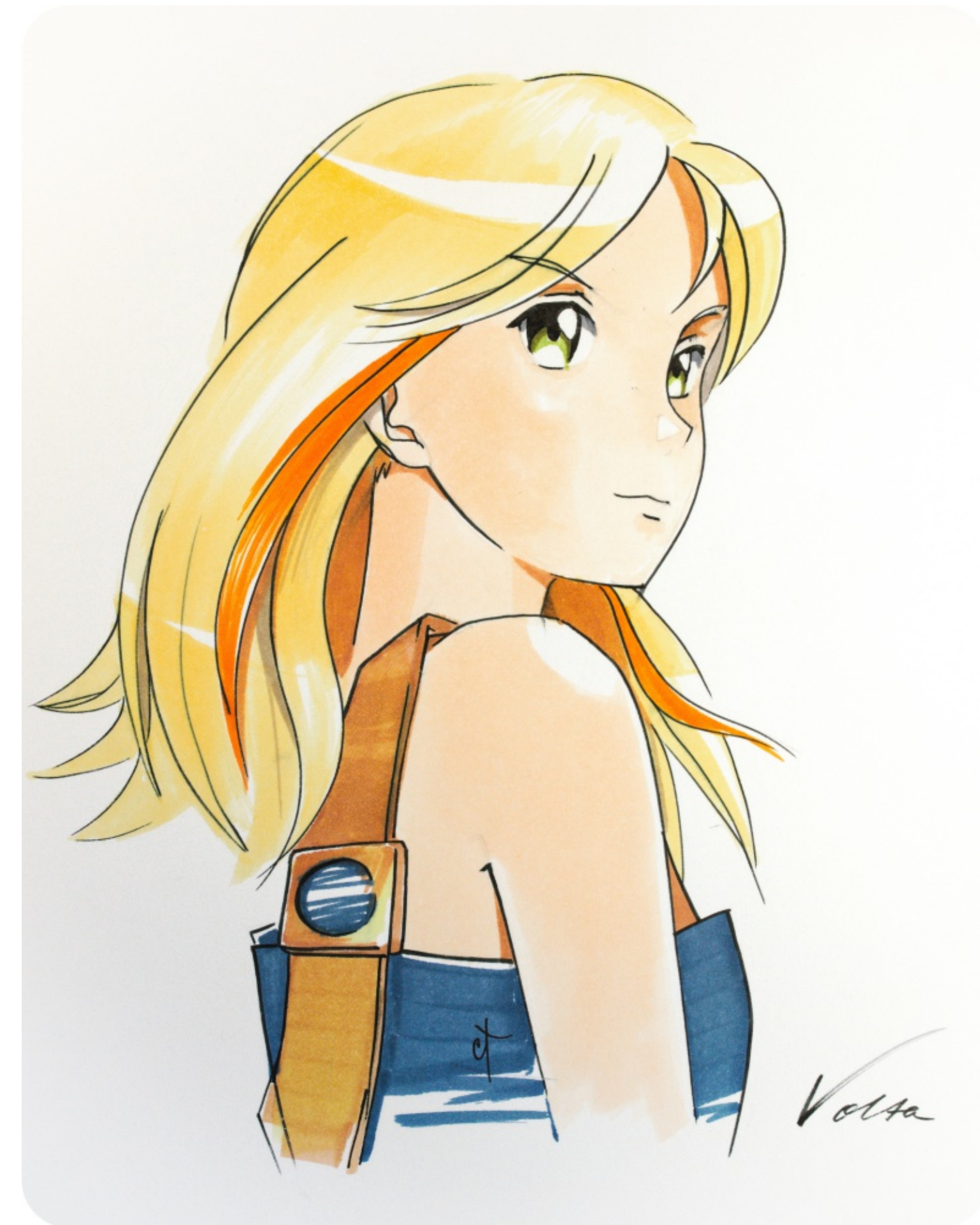


Прошивка

github.com/yandex-load/volta

- › папка firmware
- › arduino_0_5k – 500 SPS
- › arduino_10k – 10 KSPS

pio run -t upload



Готовим телефон

- › разобрать
- › вытащить батарейку
- › отрезать контроллер
- › припаять к нему провода
- › собрать

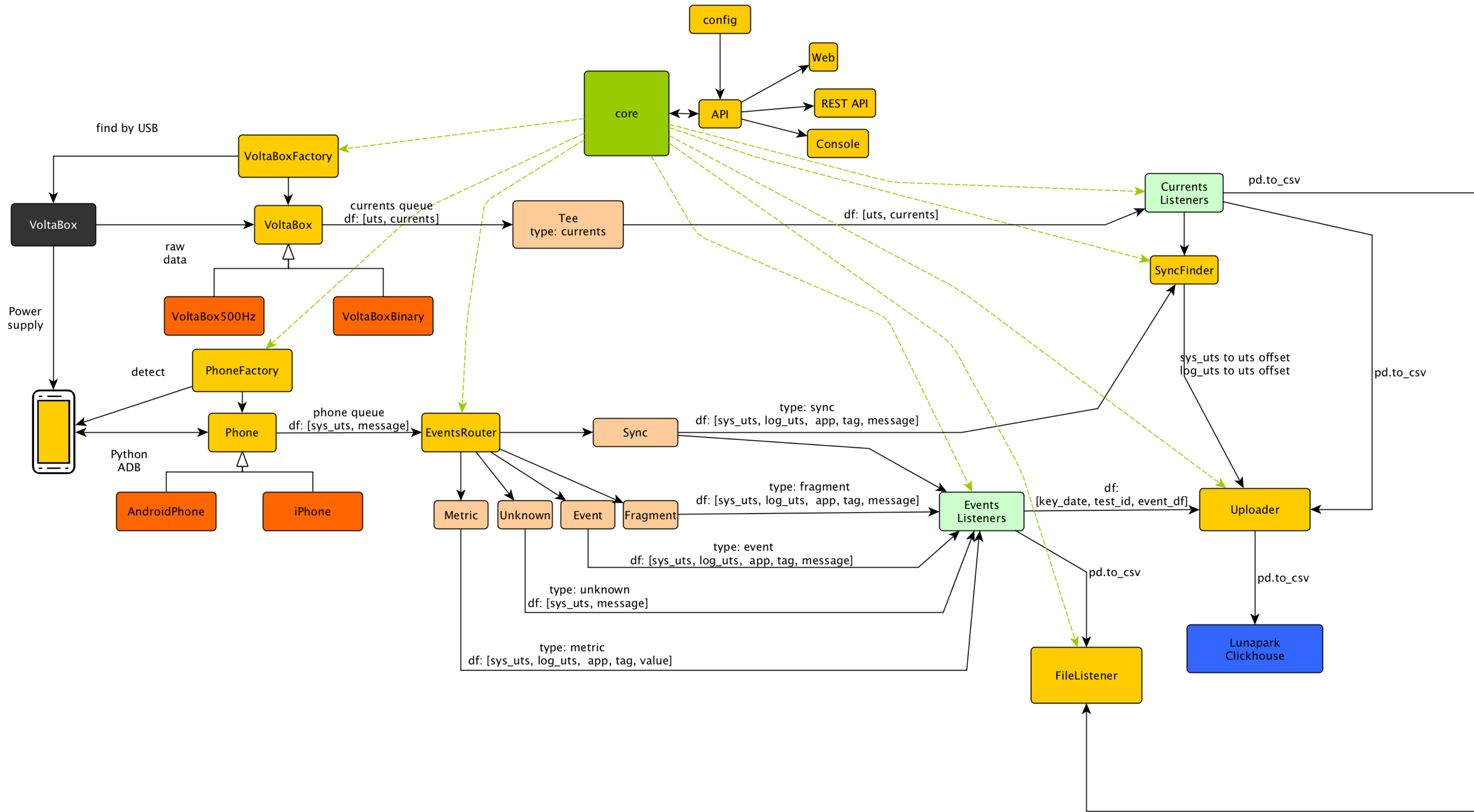


Проблемы при разборке

- › хрупкие элементы
- › ненадежные шлейфы
- › болты, упирающиеся в материнскую плату
- › стеклянный корпус
- › клей. Клей! Везде клей!




| pip install volta



Контакты:

Алексей Лавренюк

 direvius@yandex-team.ru

 [@direvius](#), [#yandextank](#)

Тимур Торубаров

 netort@yandex-team.ru

Take away

| 2 часа с паяльником + Volta + Jupyter Notebook = анализ энергопотребления

Volta чат: t.me/joinchat/Bvb4RgvBER4pdC0F2v1jbw

исходный код Volta: github.com/yandex-load/volta

печать плат: rezonit.ru

пайка SMD и не только: solderpoint.ru

проектирование плат: diptrace.com

Спасибо
за внимание!

