

Трекай меня полностью. Как
построить удобный инструмент
для измерения
энергопотребления.

Владислав Кожушко



Про меня



Про меня



- С 2013 интересуюсь разработкой

Про меня



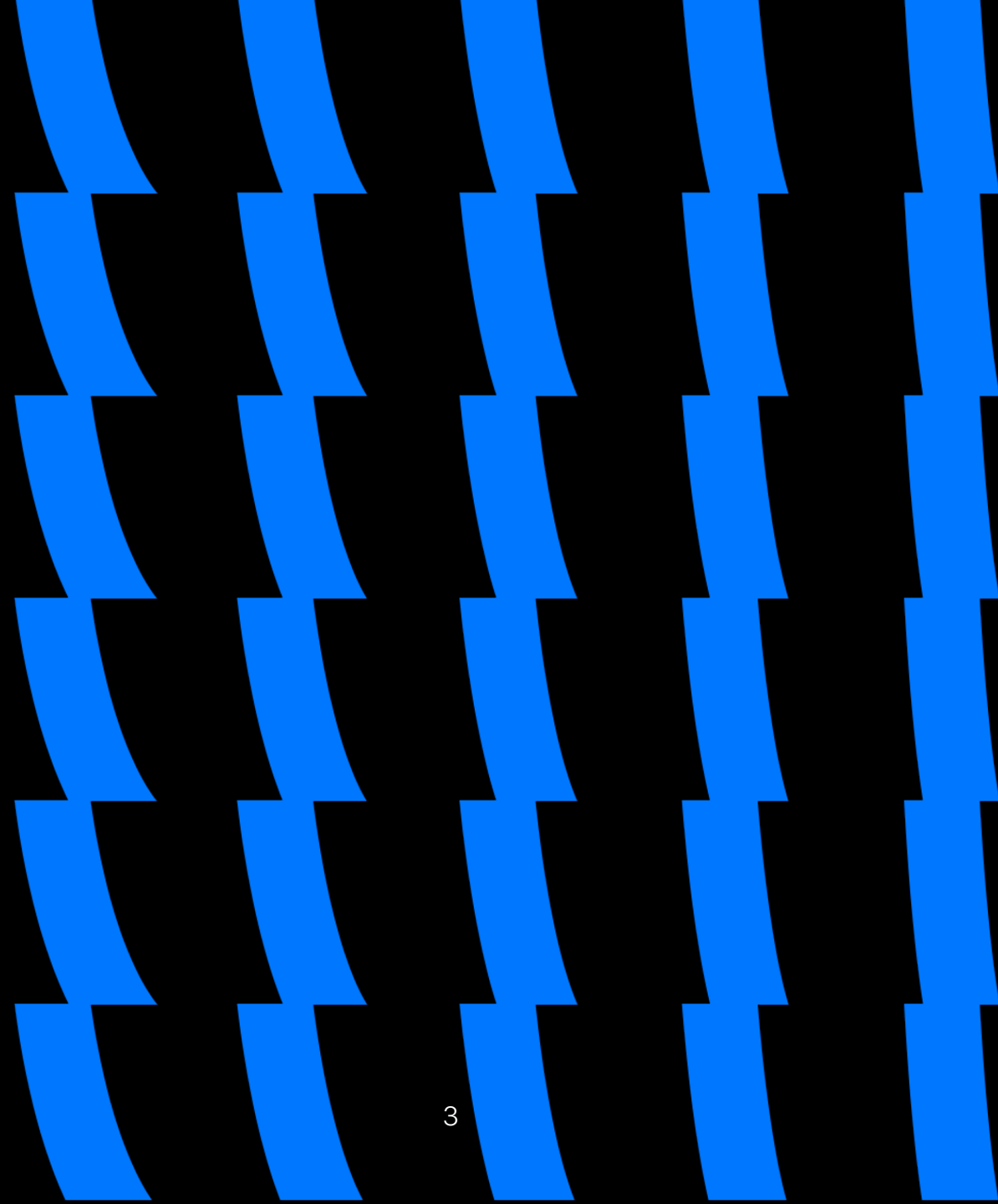
- С 2013 интересуюсь разработкой
- С 2016 интересуюсь аккумуляторами

Про меня



- С 2013 интересуюсь разработкой
- С 2016 интересуюсь аккумуляторами
- Несу радость в мир 🙌

Для кого



Для кого

▸ HW-инженеры

Для кого

- ▶ HW-инженеры
- ▶ SW-инженеры

Для кого

- ▶ HW-инженеры
- ▶ SW-инженеры
- ▶ QA-инженеры

Для кого

- ▶ HW-инженеры
- ▶ SW-инженеры
- ▶ QA-инженеры
- ▶ Повышение качества сервисов

Сегодня узнаем

Сегодня узнаем

- Как оценивать источник питания и нагрузку

Сегодня узнаем

- ▶ Как оценивать источник питания и нагрузку
- ▶ Как мерять ток, напряжение, энергопотребление

Сегодня узнаем

- ▶ Как оценивать источник питания и нагрузку
- ▶ Как мерять ток, напряжение, энергопотребление
- ▶ Как автоматизировать измерения

Сегодня узнаем

- ▶ Как оценивать источник питания и нагрузку
- ▶ Как мерять ток, напряжение, энергопотребление
- ▶ Как автоматизировать измерения
- ▶ Подробную инструкцию

Предыстория



ХАКАТОН





Измерение энергопотребления мобильных приложений - Алексей

AvitoTech

Измерение энергопотребления мобильных



Алексей Лавренюк
Тимур Торубаров
Yandex



Смотреть на  YouTube

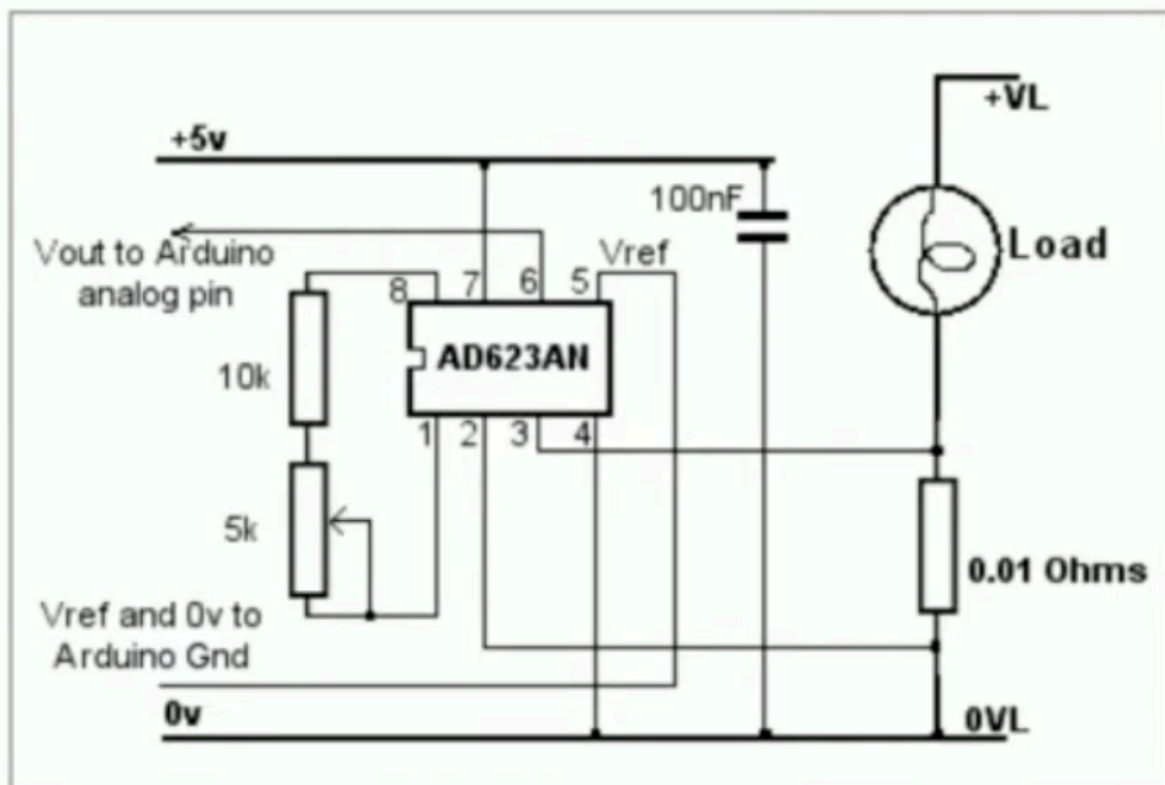


Что предложено

Что предложено

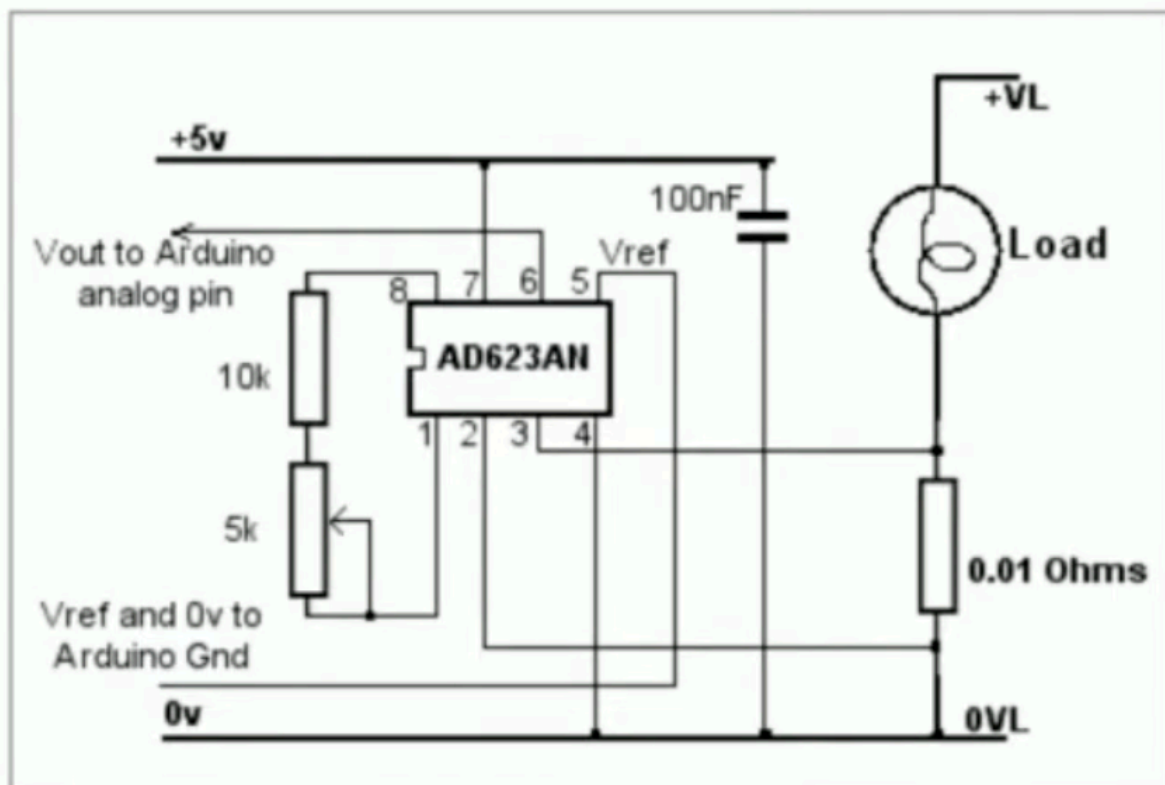
- МК Arduino (ATmega328P)

Что предложено



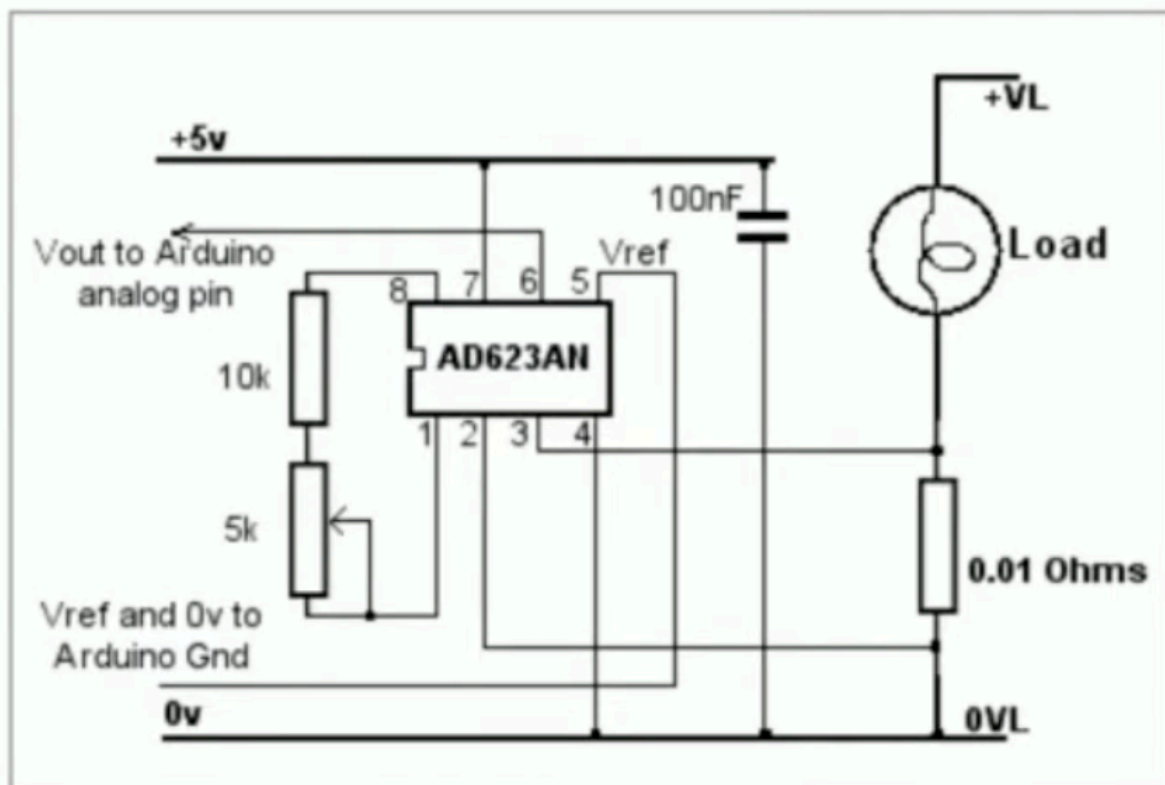
- МК Arduino (АТмега328Р)
- Ручная сборка модуля

Что предложено



- МК Arduino (АТmega328Р)
- Ручная сборка модуля
- Проводное подключение

Что предложено



- МК Arduino (АТmega328Р)
- Ручная сборка модуля
- Проводное подключение
- 1 телефон - 1 набор (МК + датчик)

План

План

План

- ▶ Основы

План

- ▶ Основы
- ▶ Выбор компонентов

План

- ▶ Основы
- ▶ Выбор компонентов
- ▶ Разработка и интеграция

План

- ▶ Основы
- ▶ Выбор компонентов
- ▶ Разработка и интеграция
- ▶ Эксплуатация

План

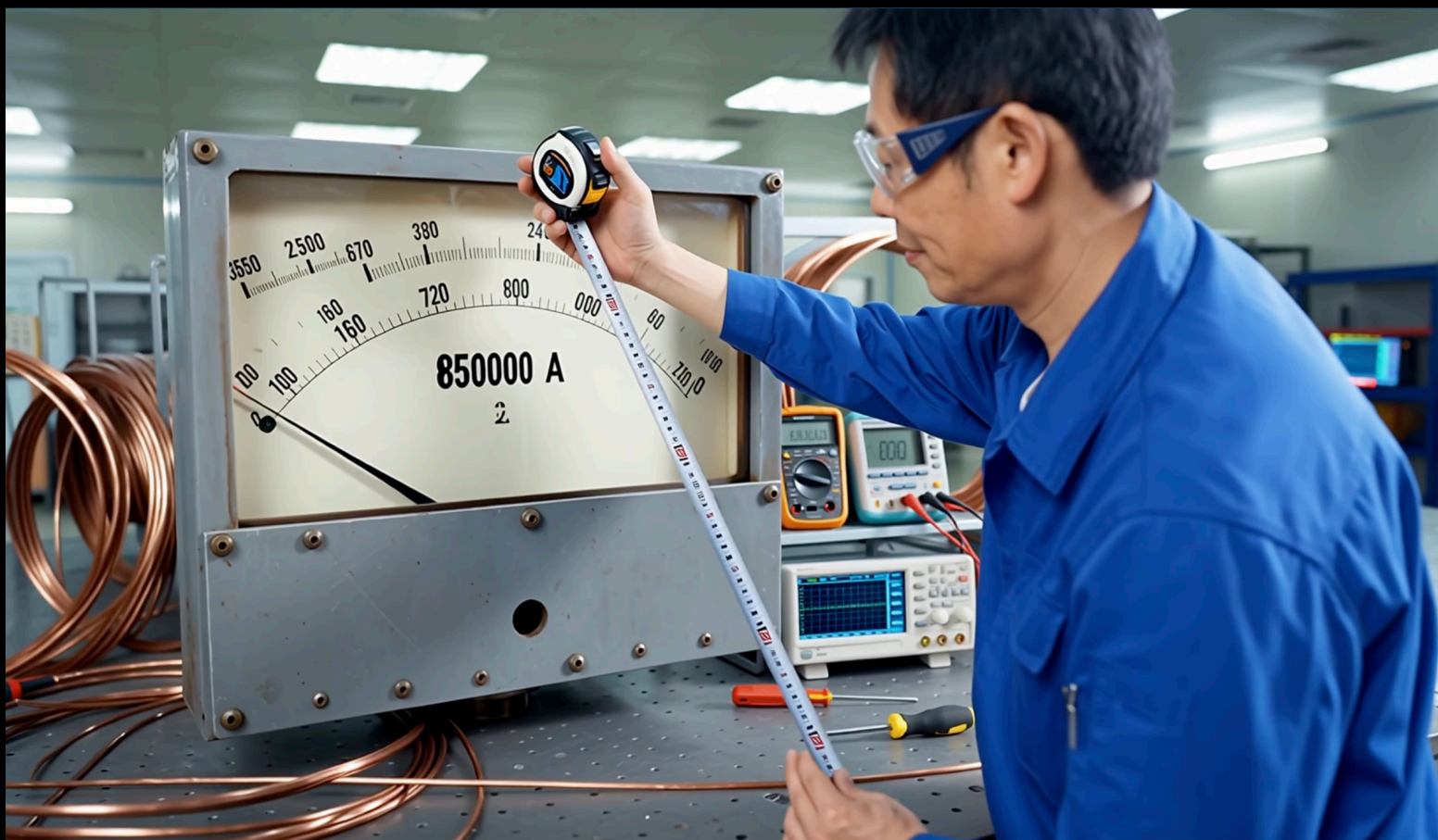
- ▶ Основы
- ▶ Выбор компонентов
- ▶ Разработка и интеграция
- ▶ Эксплуатация
- ▶ Бонус

ОСНОВЫ

ОСНОВЫ



Как измерять силу тока?



Способы измерения силы тока

Способы измерения силы тока



Способы измерения силы тока

- Эффект Холла



Способы измерения силы тока

- Эффект Холла
- Токовый шунт



Эффект Холла

Эффект Холла



Эффект Холла

- Гальваническая развязка



Эффект Холла

- Гальваническая развязка
- AC/DC



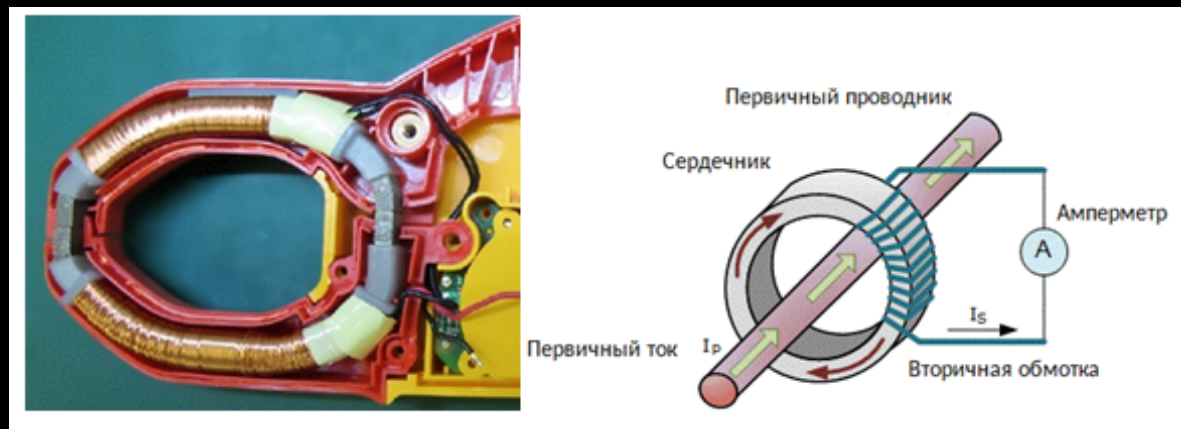
Эффект Холла

- Гальваническая развязка
- AC/DC



Эффект Холла

- Гальваническая развязка
- AC/DC
- Помехи



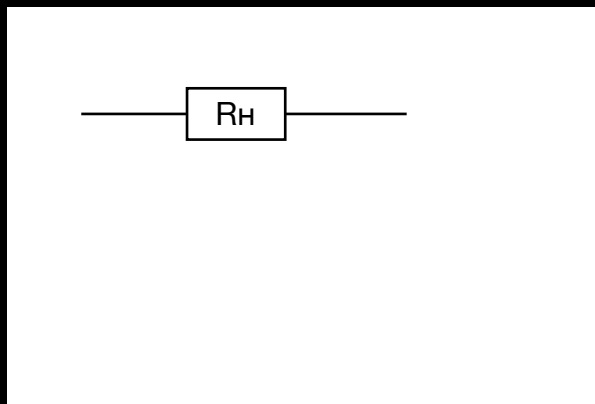


Токовый шунт

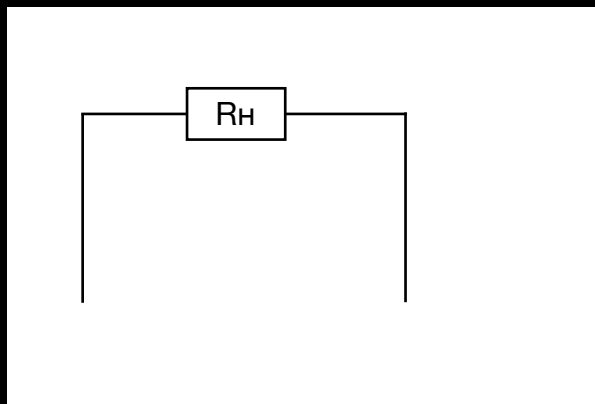
Токовый шунт



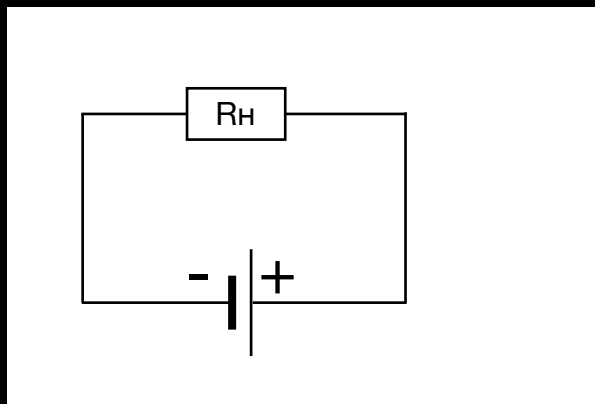
Токовый шунт



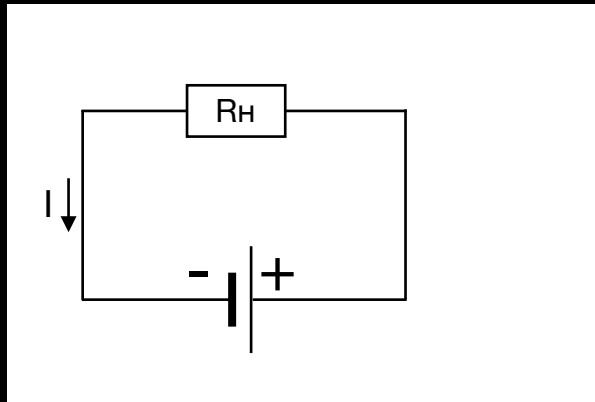
Токовый шунт



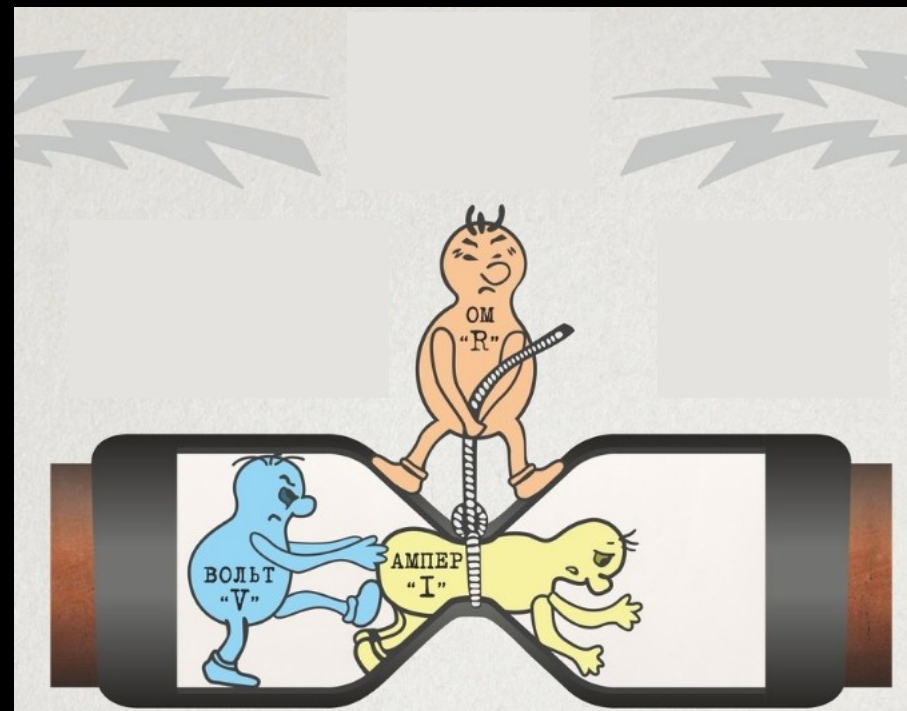
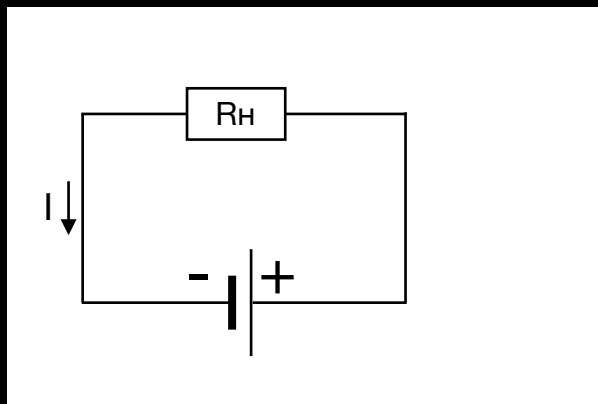
Токовый шунт



Токовый шунт

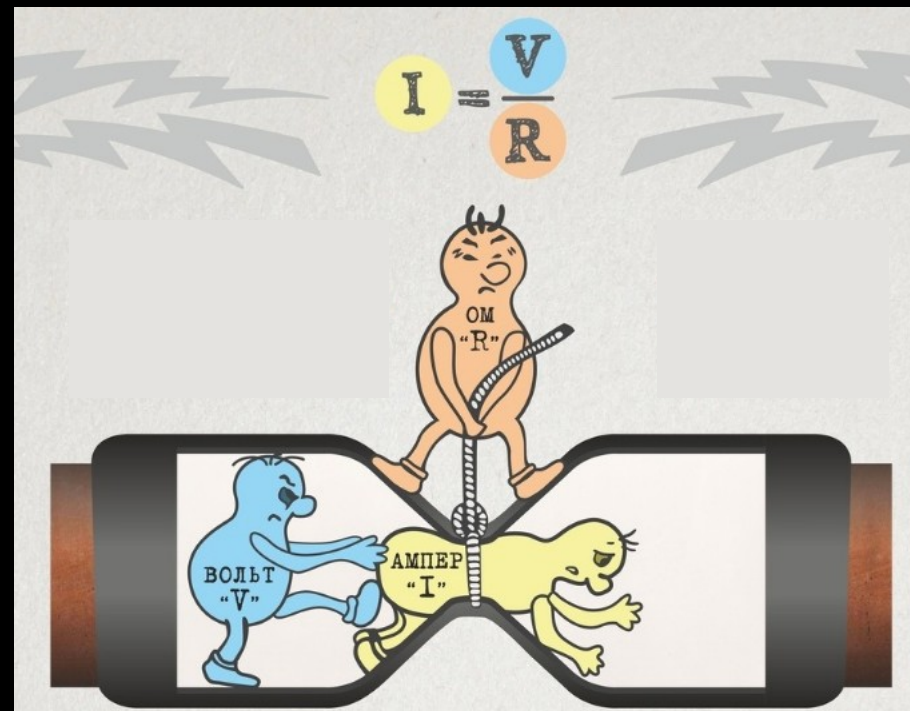
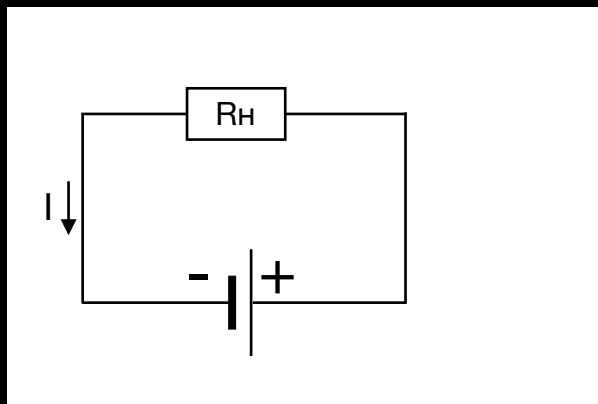


Токовый шунт



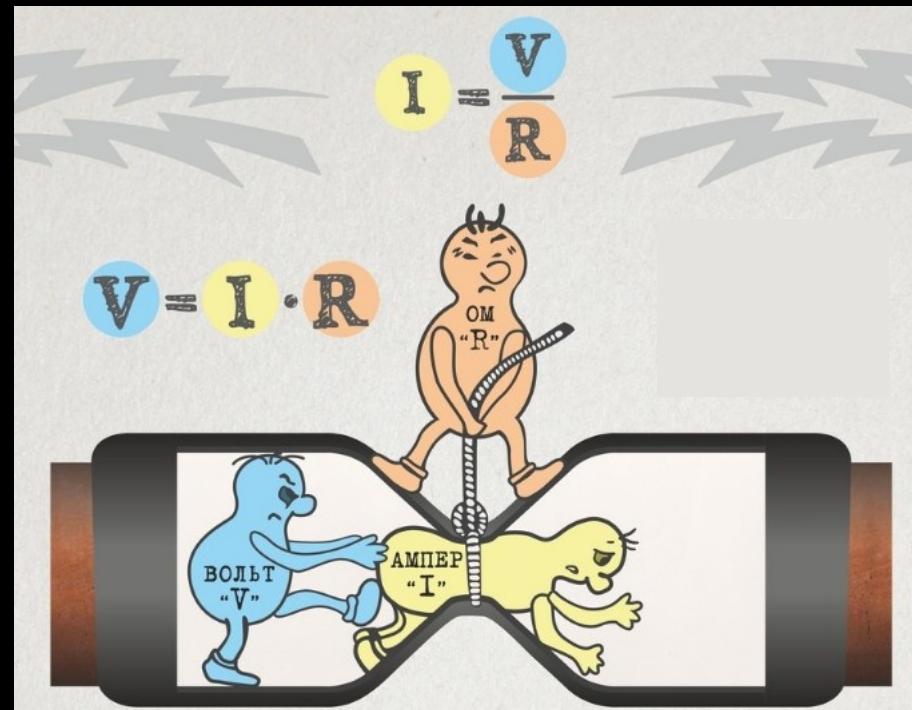
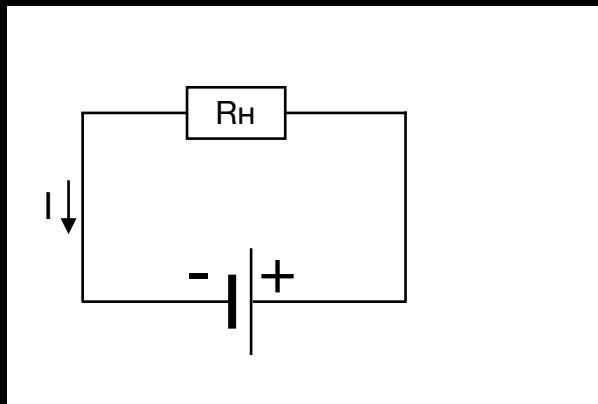
Источник: google.com

Токовый шунт



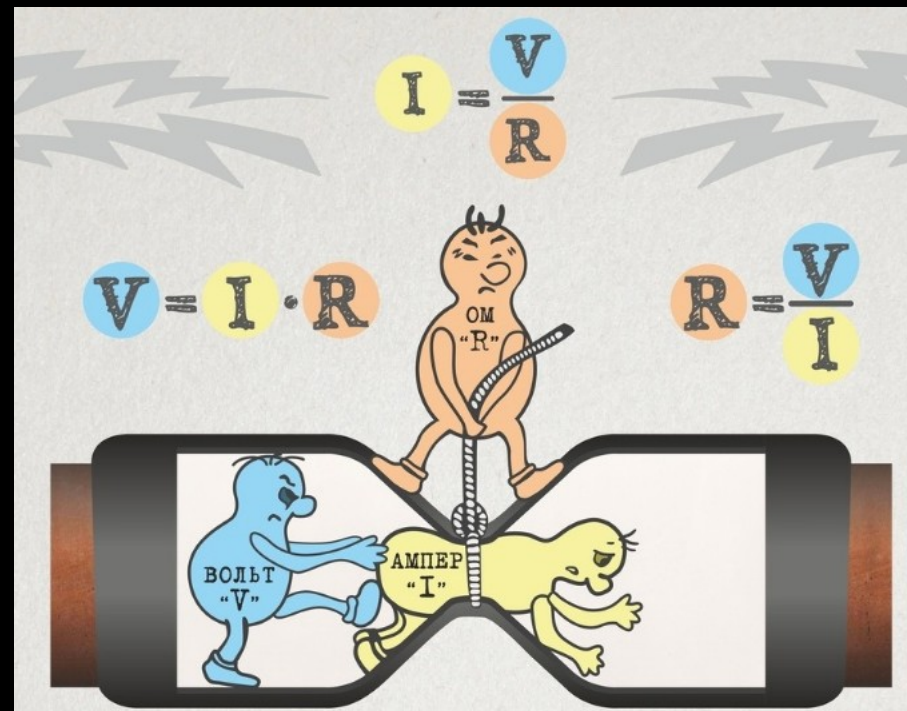
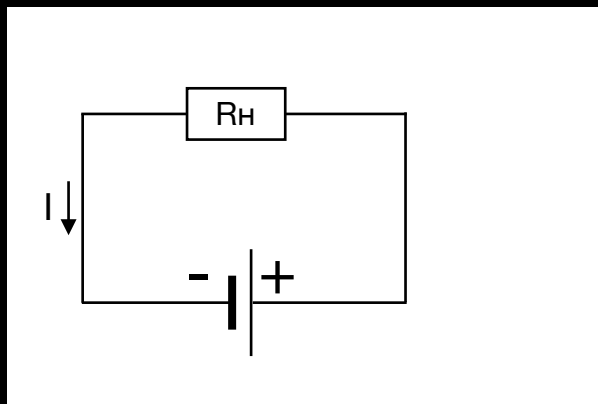
Источник: google.com

Токовый шунт



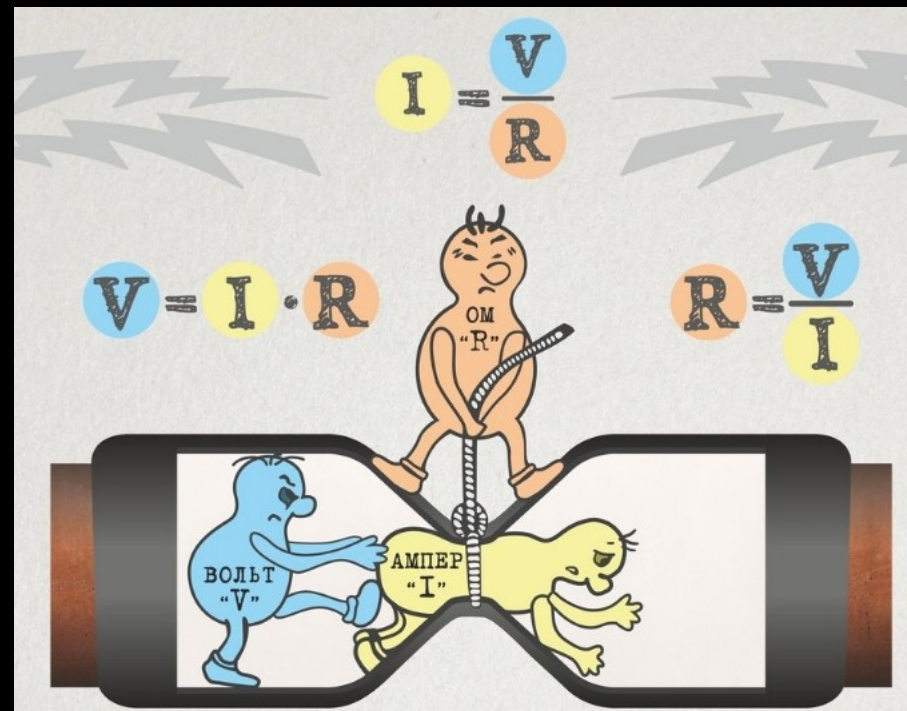
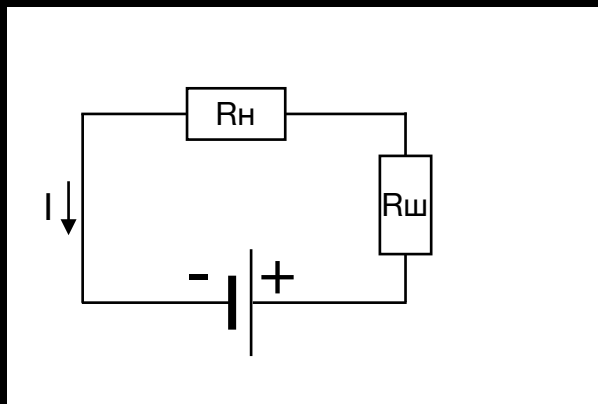
Источник: google.com

Токовый шунт



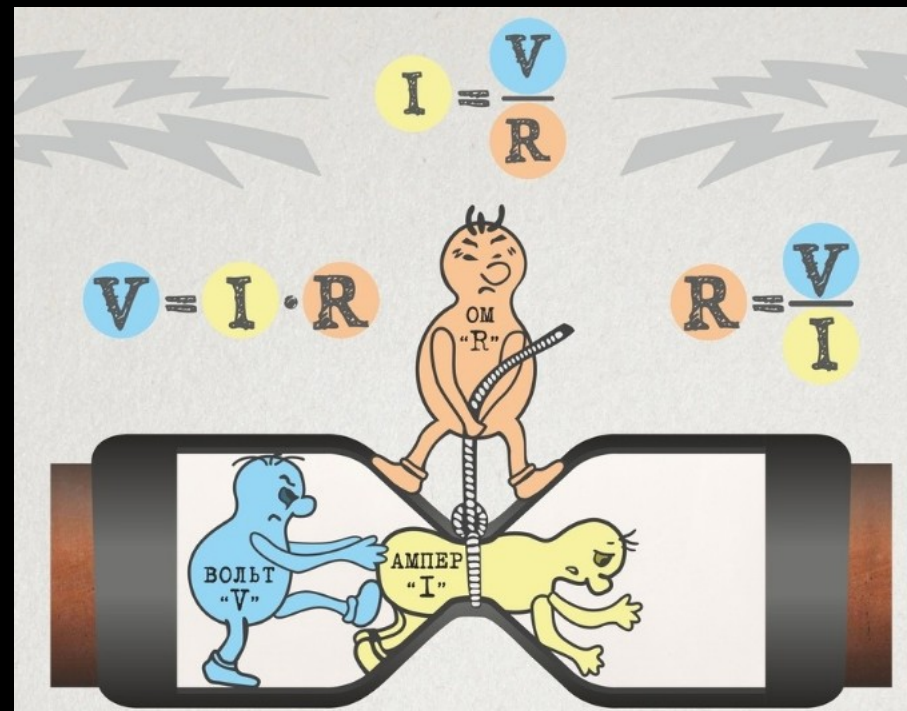
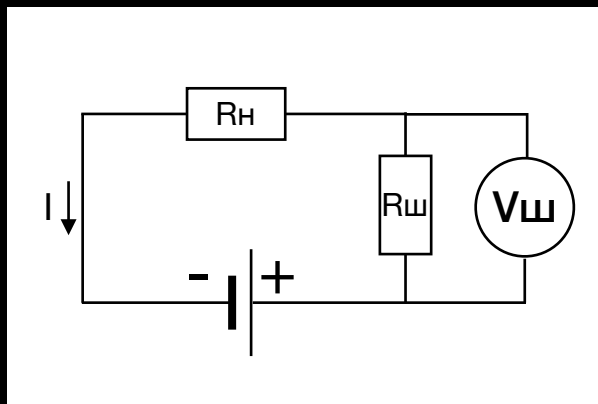
Источник: google.com

Токовый шунт



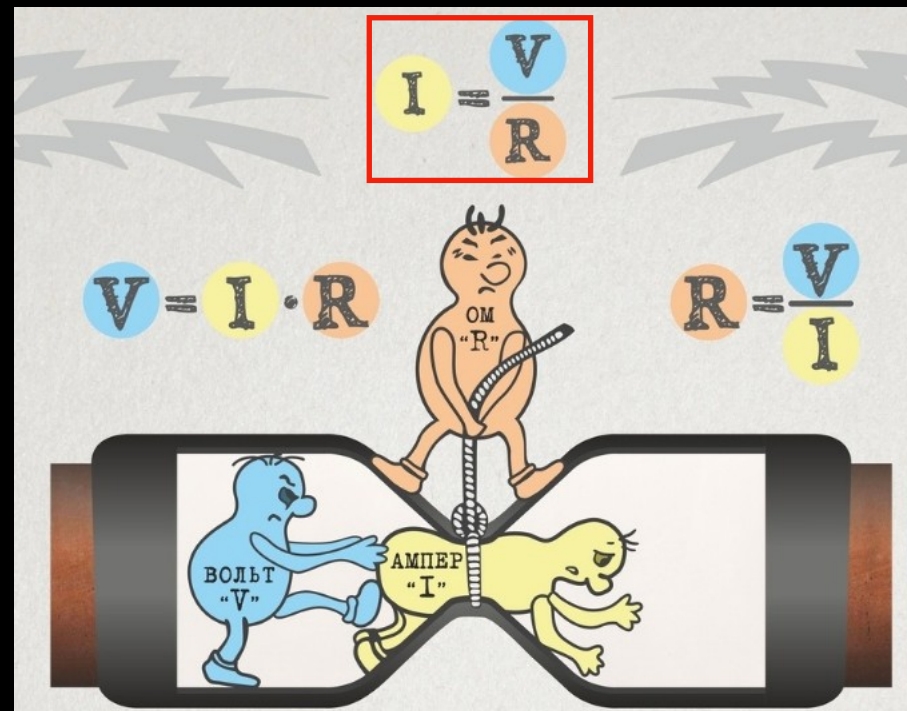
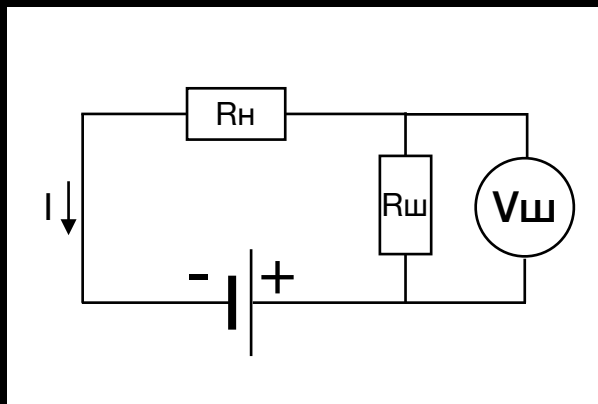
Источник: google.com

Токовый шунт



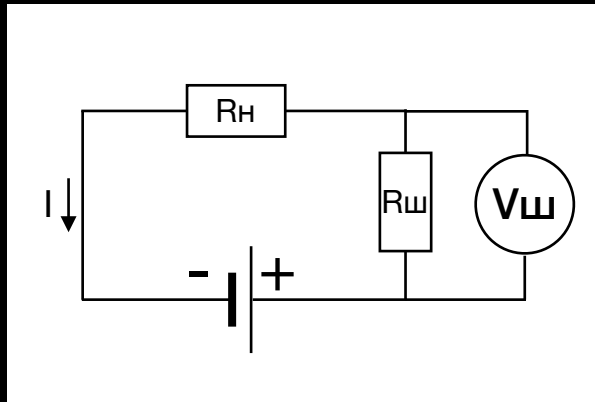
Источник: google.com

Токовый шунт

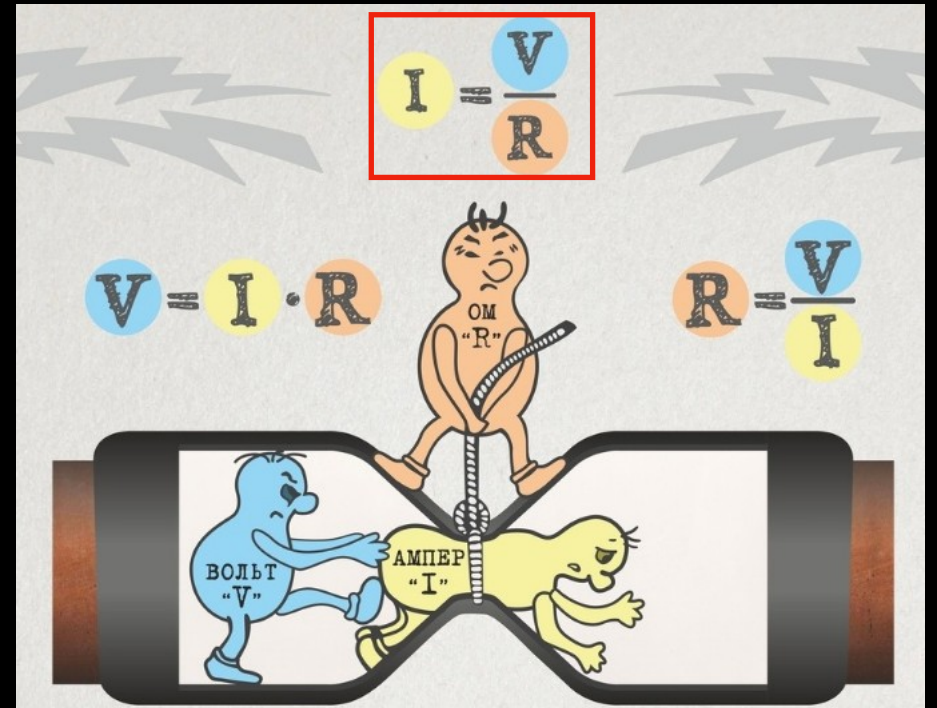


Источник: google.com

Токовый шунт

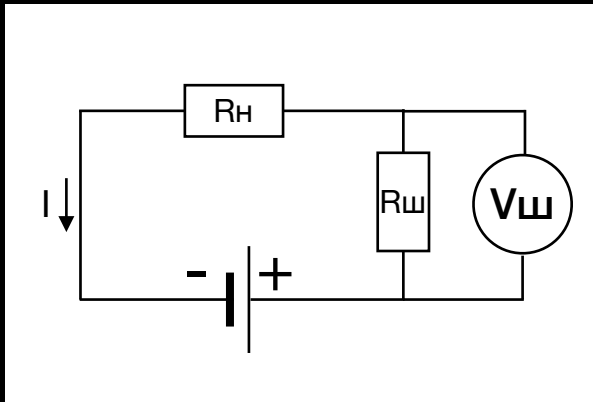


$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$



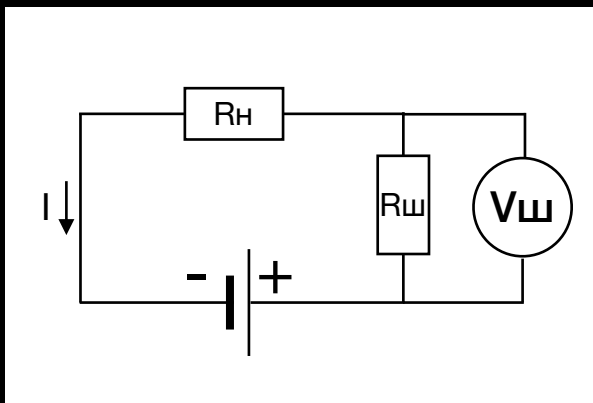
Источник: google.com

Токовый шунт



$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$

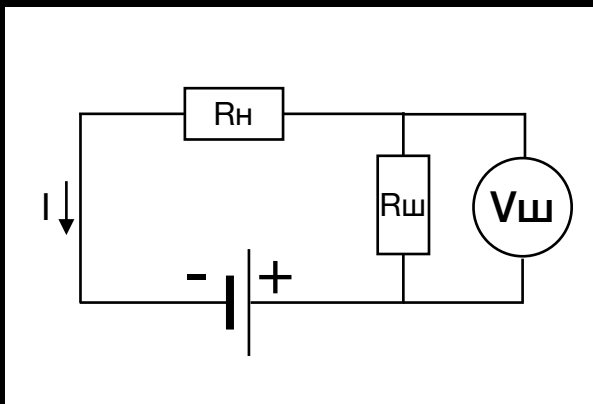
Токовый шунт



$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$

$$Q = I \times t$$

Токовый шунт

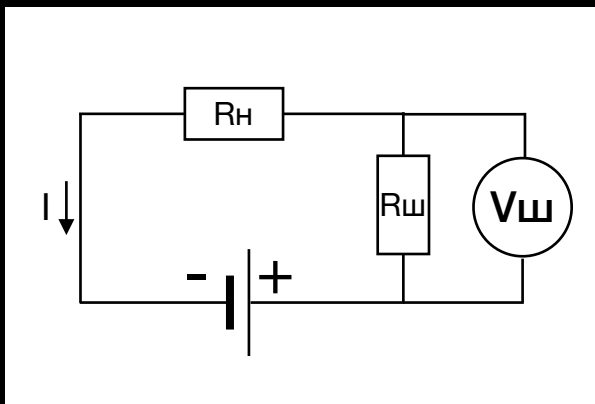


$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$

$$Q = I \times t$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [КЛ]$$

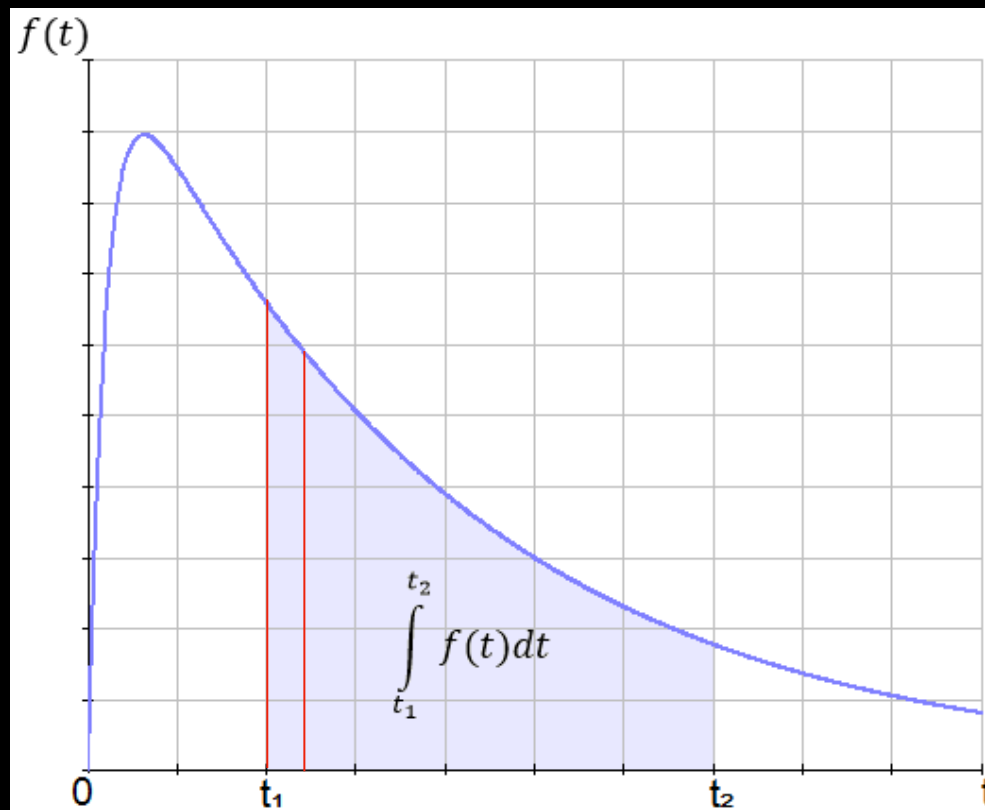
Точовый шунт



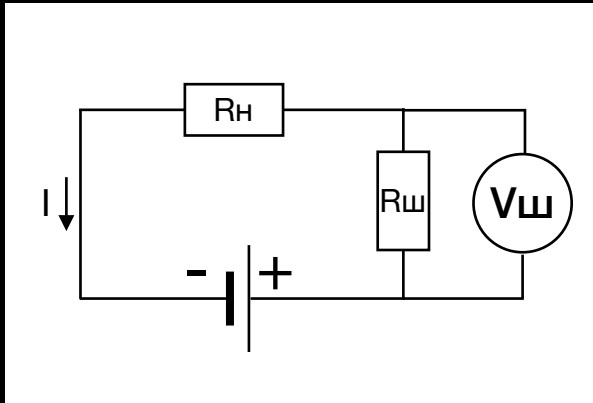
$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$

$$Q = I \times t$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [КЛ]$$



Токовый шунт

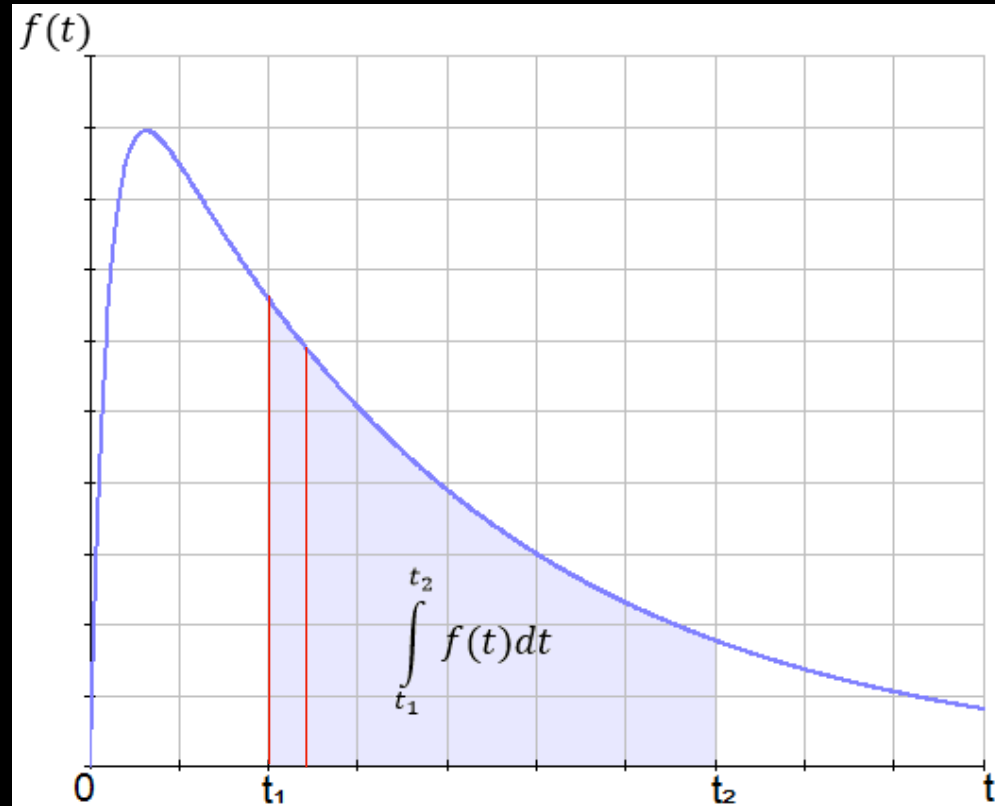


$$I = \frac{U_{shunt}}{R_{shunt}} = \frac{U_{нагр}}{R_{нагр}}$$

$$Q = I \times t$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

$$Q \approx \sum_{i=1}^n I_i \cdot \Delta t_i$$



Какие Кулоны? Какие интегралы?

Какие Кулоны? Какие интегралы?



Источник: [google.com](https://www.google.com)

Какие Кулоны? Какие интегралы?



Источник: [google.com](https://www.google.com)

Основные характеристики Pixel 9

Характеристика	Значение
Дисплей	OLED, 6,3 дюйма, 1080 × 2424, 120 Гц, до 2700 нит
Процессор	Google Tensor G4 (4 нм)
Оперативная память	12 ГБ LPDDR5X
Внутренняя память	128 / 256 ГБ UFS 3.1
Основная камера	50 Мп OIS + ультраширокоугольная 48 Мп
Фронтальная камера	10,5 Мп
Батарея	4700 мА·ч, зарядка 27 Вт, беспроводная 15 Вт
ОС	Android 14, поддержка обновлений до Android 21
Размеры и вес	152,8 × 72 × 8,5 мм, 198 г
Защита	Gorilla Glass Victus 2, водозащита IP68

Какие Кулоны? Какие интегралы?



Источник: [google.com](https://www.google.com)

Основные характеристики Pixel 9

Характеристика	Значение
Дисплей	OLED, 6,3 дюйма, 1080 × 2424, 120 Гц, до 2700 нит
Процессор	Google Tensor G4 (4 нм)
Оперативная память	12 ГБ LPDDR5X
Внутренняя память	128 / 256 ГБ UFS 3.1
Основная камера	50 Мп OIS + ультраширокоугольная 48 Мп
Фронтальная камера	10,5 Мп
Батарея	4700 мА·ч, зарядка 27 Вт, беспроводная 15 Вт
ОС	Android 14, поддержка обновлений до Android 21
Размеры и вес	152,8 × 72 × 8,5 мм, 198 г
Защита	Gorilla Glass Victus 2, водозащита IP68

% заряда

% заряда

- Табличные значения напряжения

% заряда

- Табличные значения напряжения
- Подсчет пройденного тока

% заряда

- Табличные значения напряжения
- Подсчет пройденного тока
- Battery management system (BMS)

% заряда

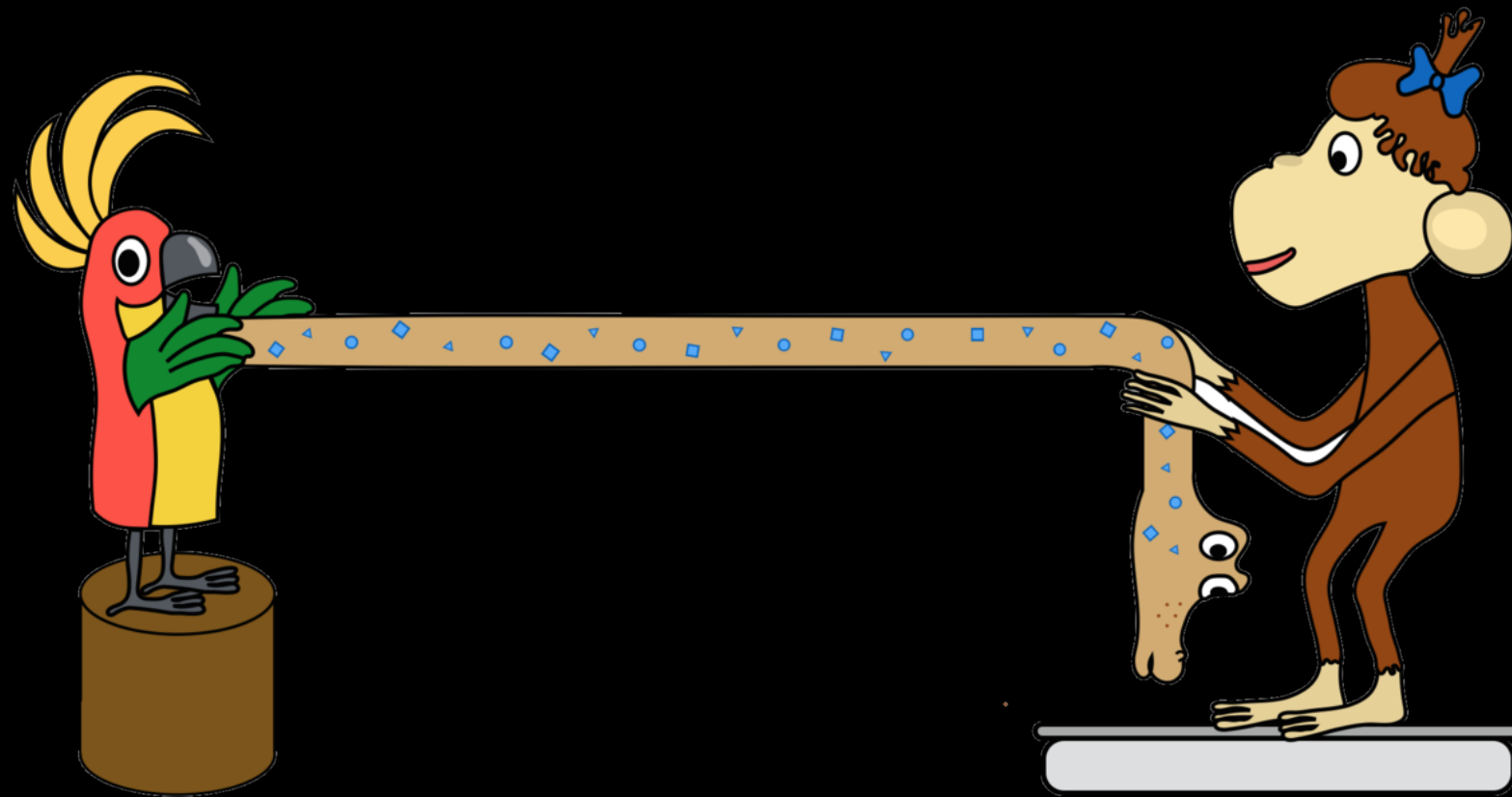
- Табличные значения напряжения
- Подсчет пройденного тока
- Battery management system (BMS)



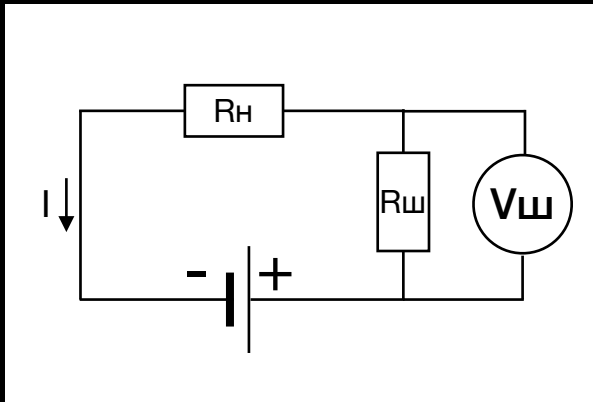
Источник: google.com

% заряда

% заряда

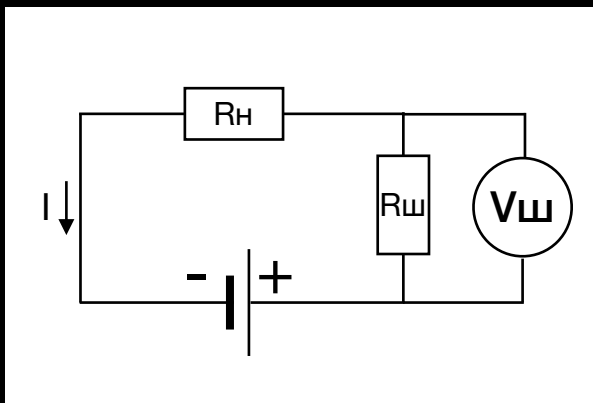


Токовый шунт



$$Q \approx \sum_{i=1}^n I_i \cdot \Delta t_i \quad [\text{A} \cdot \text{c}]$$

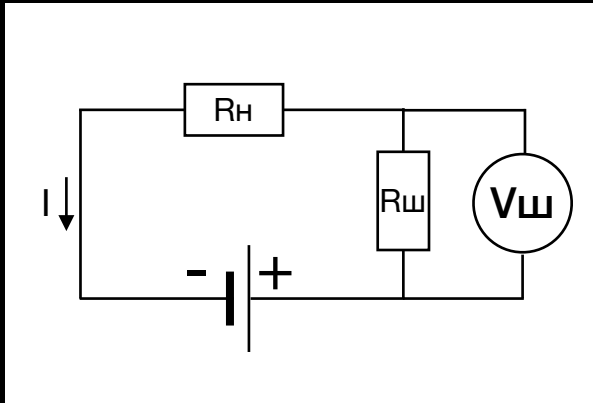
Токовый шунт



$$Q \approx \sum_{i=1}^n I_i \cdot \Delta t_i \quad [\text{A} \cdot \text{C}]$$

$$Q_{mAh} = \frac{1000}{3600} \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{mAh}]$$

Токовый шунт



$$Q \approx \sum_{i=1}^n I_i \cdot \Delta t_i \quad [A \cdot c]$$

$$Q_{mAh} = \frac{1000}{3600} \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [mAh]$$



Источник: meme-arsenal.com

Значит, mAh

Значит, тАh



Источник: YouTube.com

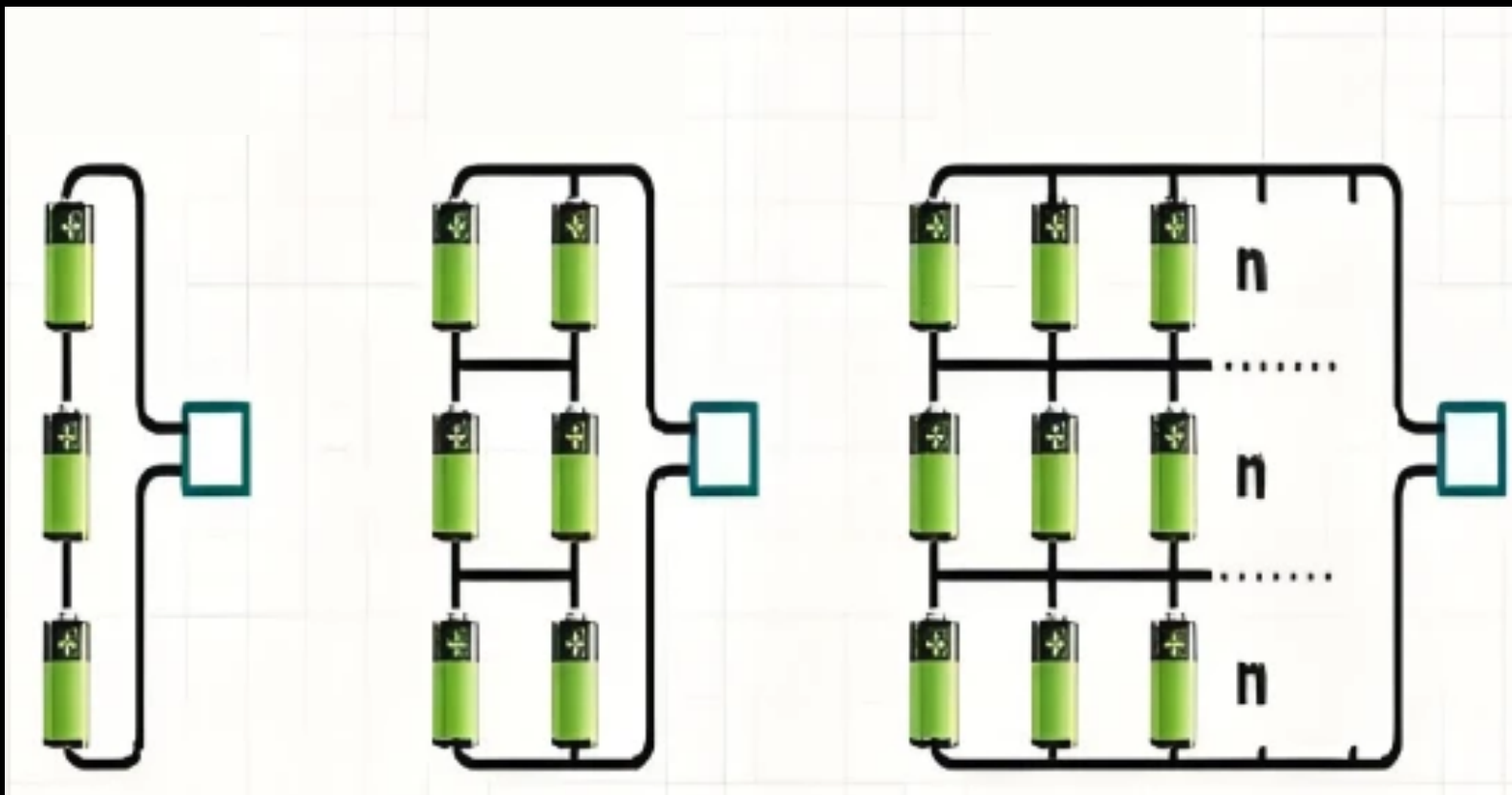
Значит, тАh



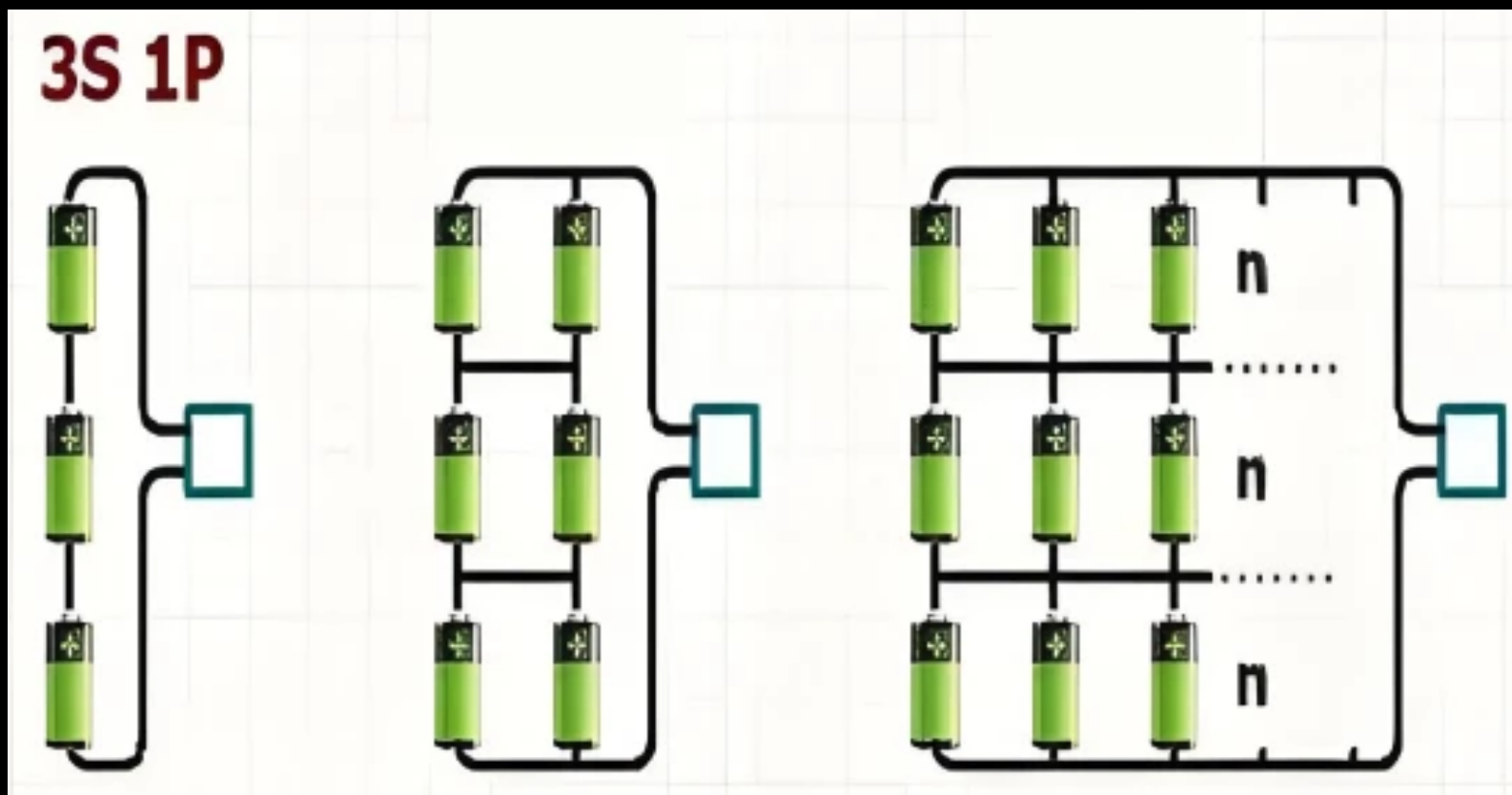
Источник: YouTube.com

Структура аккумулятора

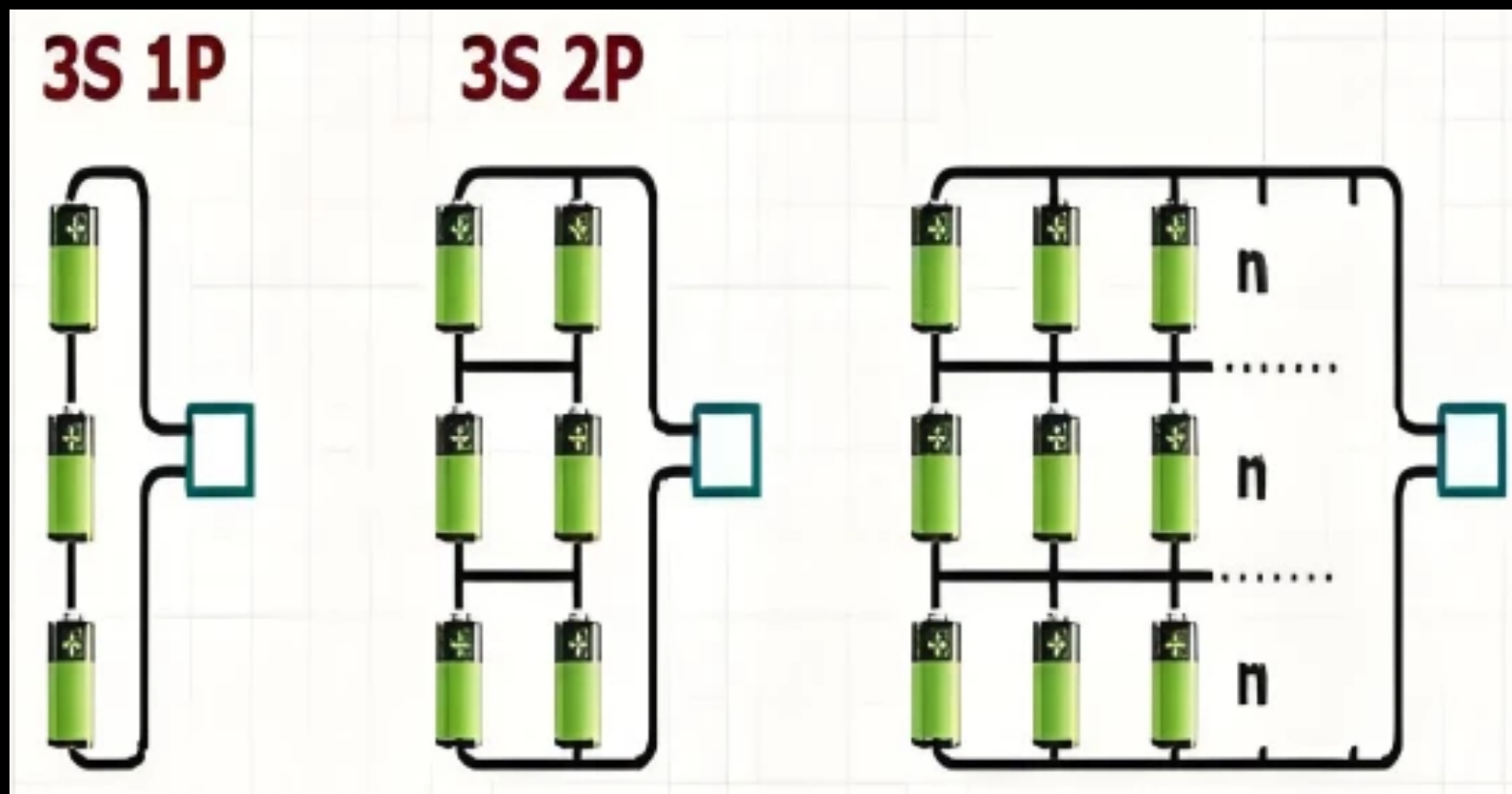
Структура аккумулятора



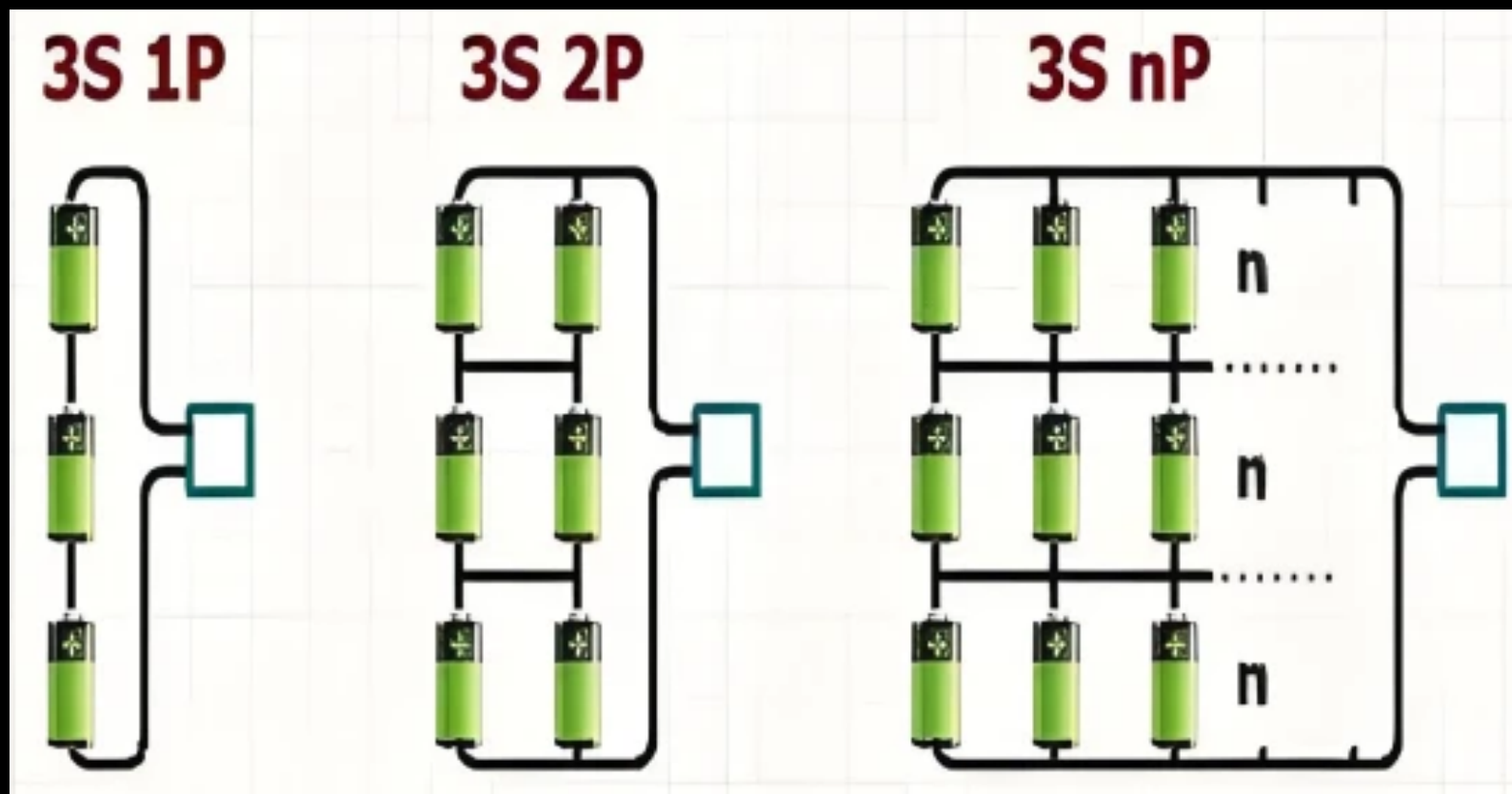
Структура аккумулятора



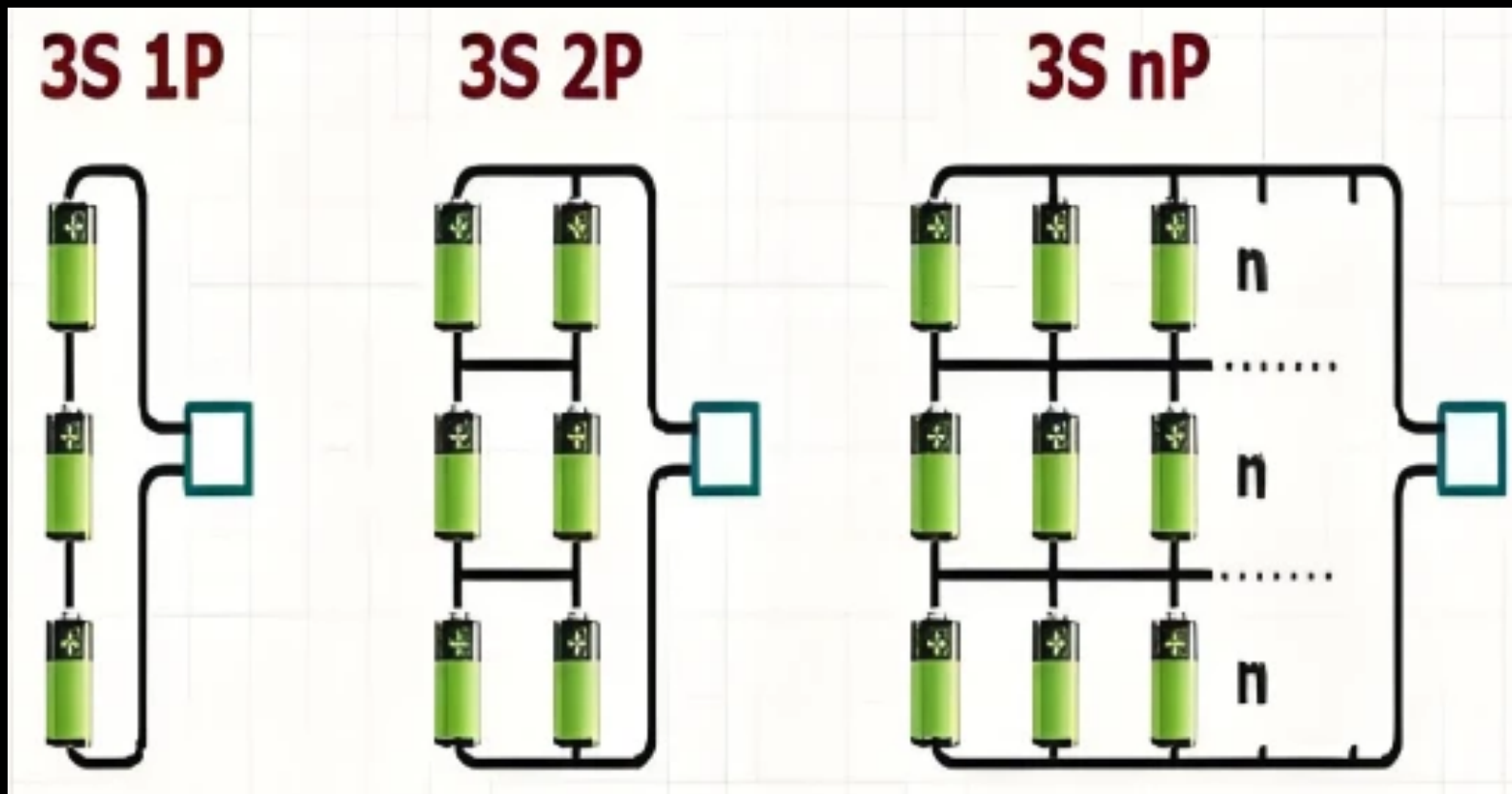
Структура аккумулятора



Структура аккумулятора

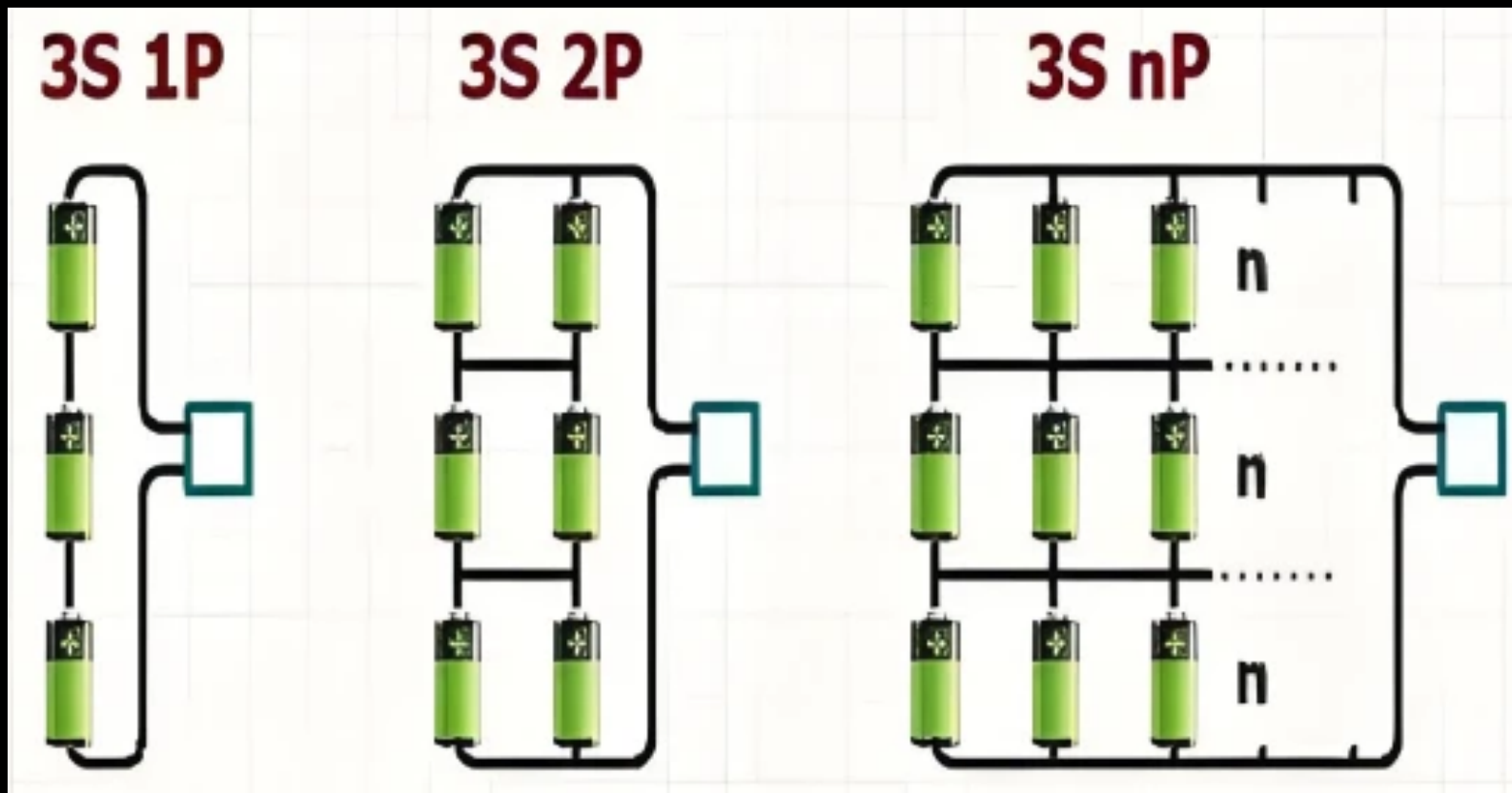


Структура аккумулятора



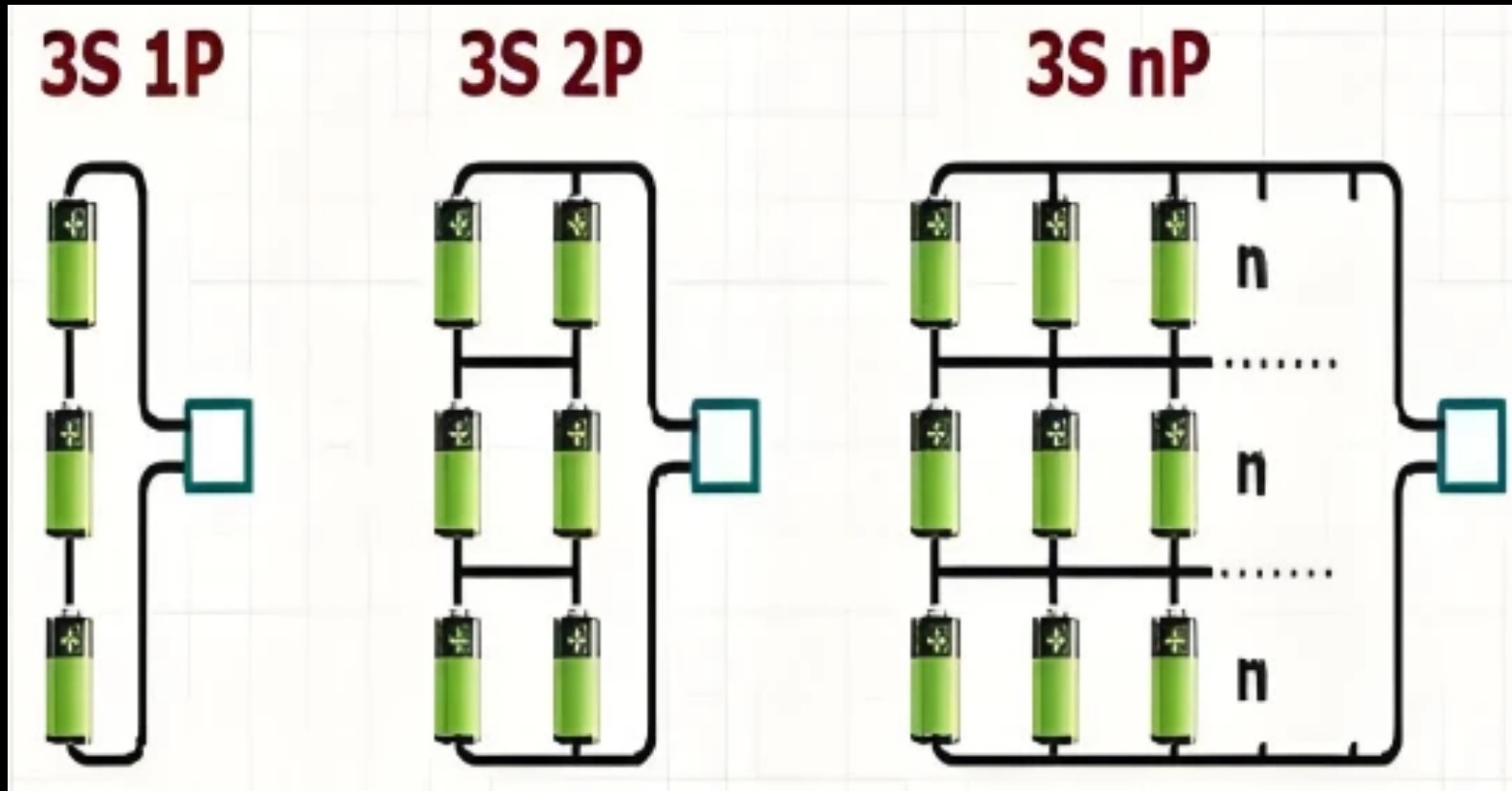
- S и P параметры

Структура аккумулятора



- S и P параметры
- S - последовательно

Структура аккумулятора



- S и P параметры
- S - последовательно
- P - параллельно

Энергия и Wh

Энергия и Wh

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

$$E = \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{Дж}]$$

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

$$E = \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{Дж}]$$

$$E_{mWh} = \frac{1000}{3600} \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{mWh}]$$

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

$$E = \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{Дж}]$$

$$E_{mWh} = \frac{1000}{3600} \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{mWh}]$$

Энергия и Wh

$$P = U_{\text{нагр}} \times I$$

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt \quad [\text{Кл}]$$

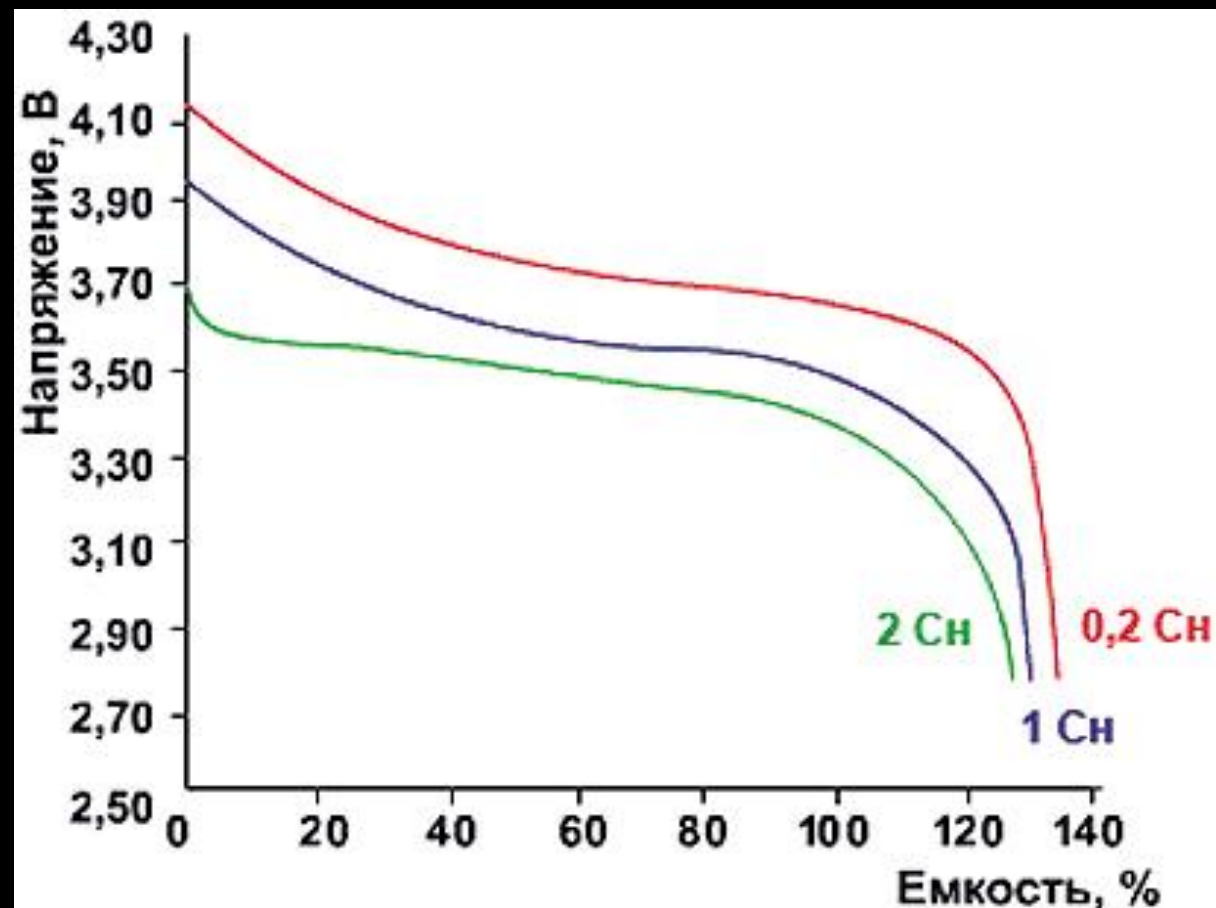
$$E = \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{Дж}]$$

$$E_{\text{mWh}} = \frac{1000}{3600} \int_{t_0}^{t_1} U_{\text{нагр}}(t) \cdot I(t) dt \quad [\text{mWh}]$$



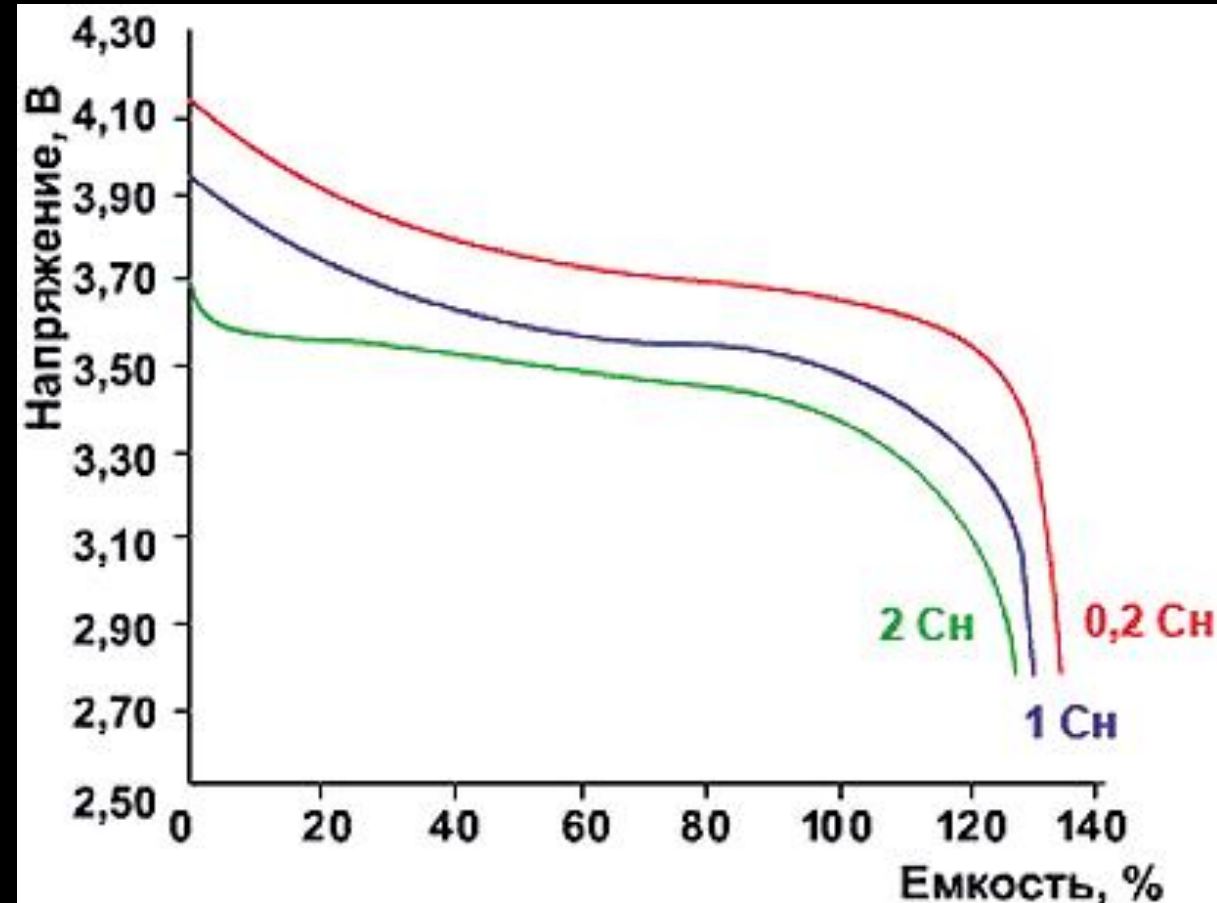
Источники питания

Источники питания



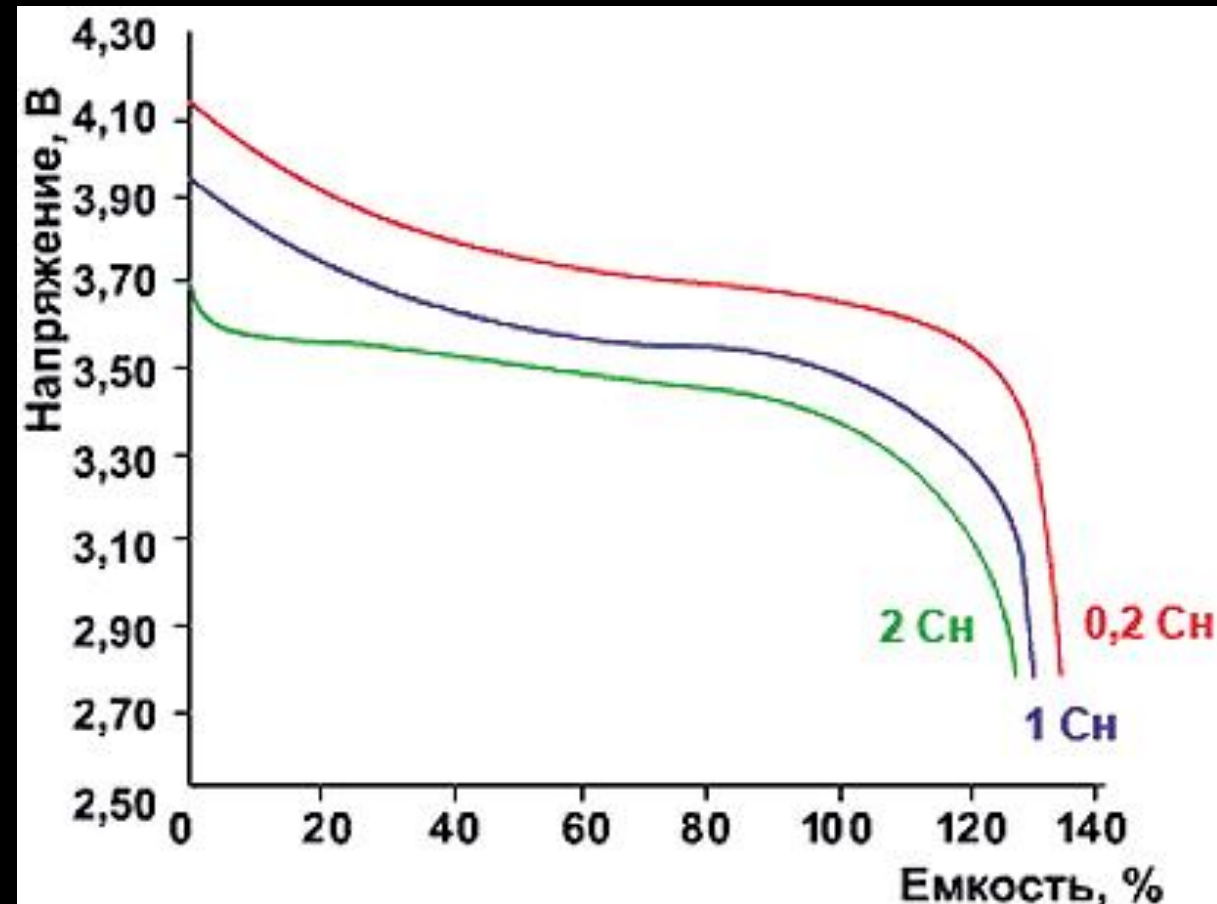
Источники питания

- Li-ion, Li-Po, Li-Hv, Ni-Mh, Li-Fe, Li-Ti...



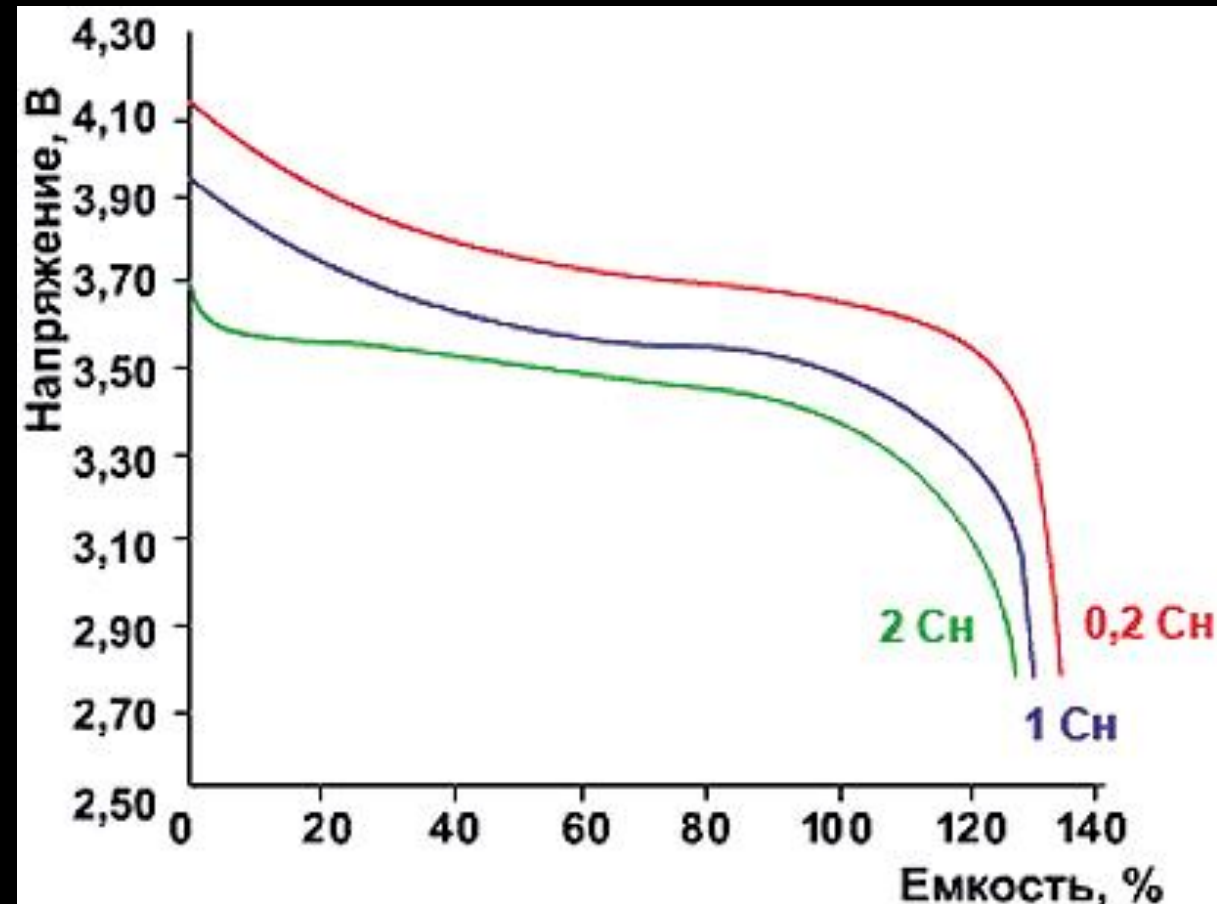
Источники питания

- Li-ion, Li-Po, Li-Hv, Ni-Mh, Li-Fe, Li-Ti...
- Диапазон напряжений (номинальное напряжение)



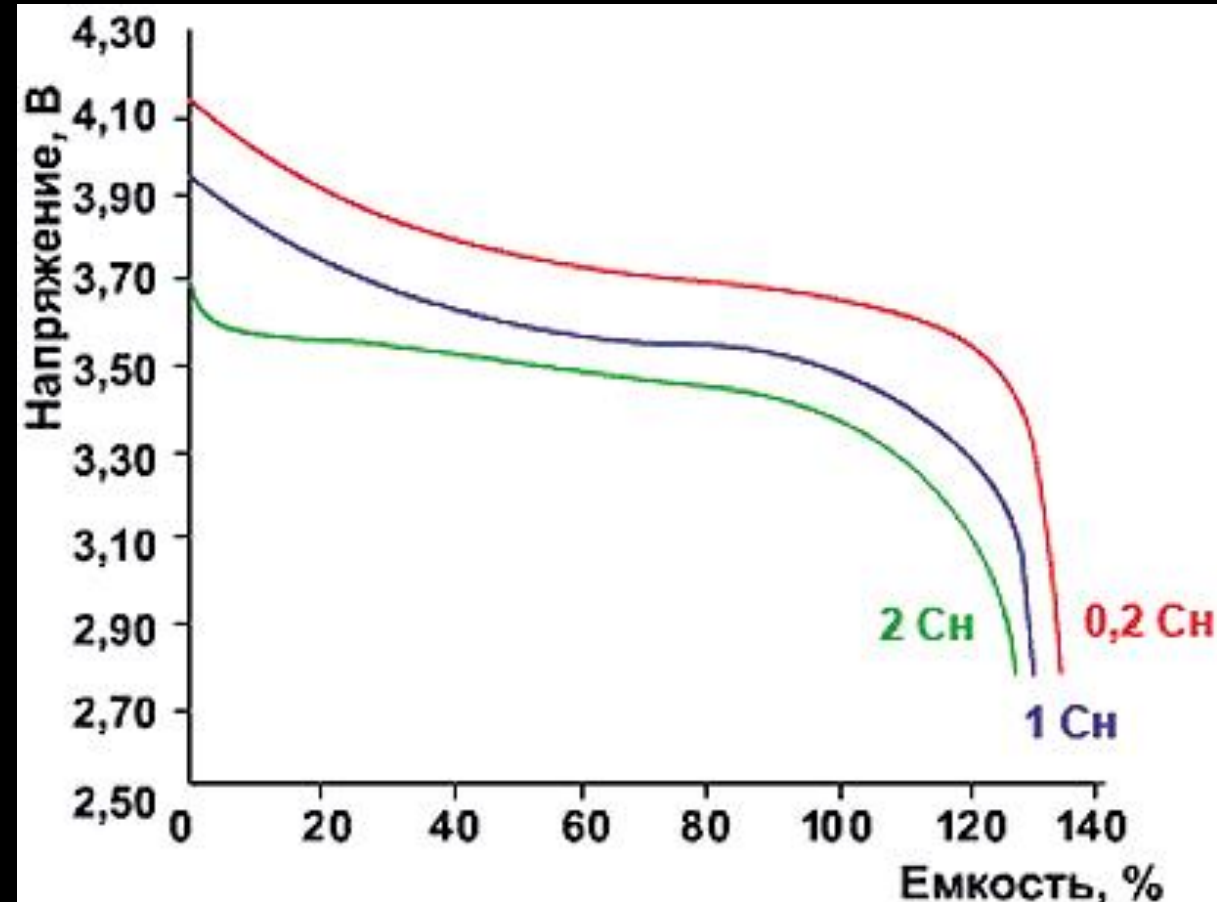
Источники питания

- Li-ion, Li-Po, Li-Hv, Ni-Mh, Li-Fe, Li-Ti...
- Диапазон напряжений (номинальное напряжение)
- Ёмкость (mAh, Wh)



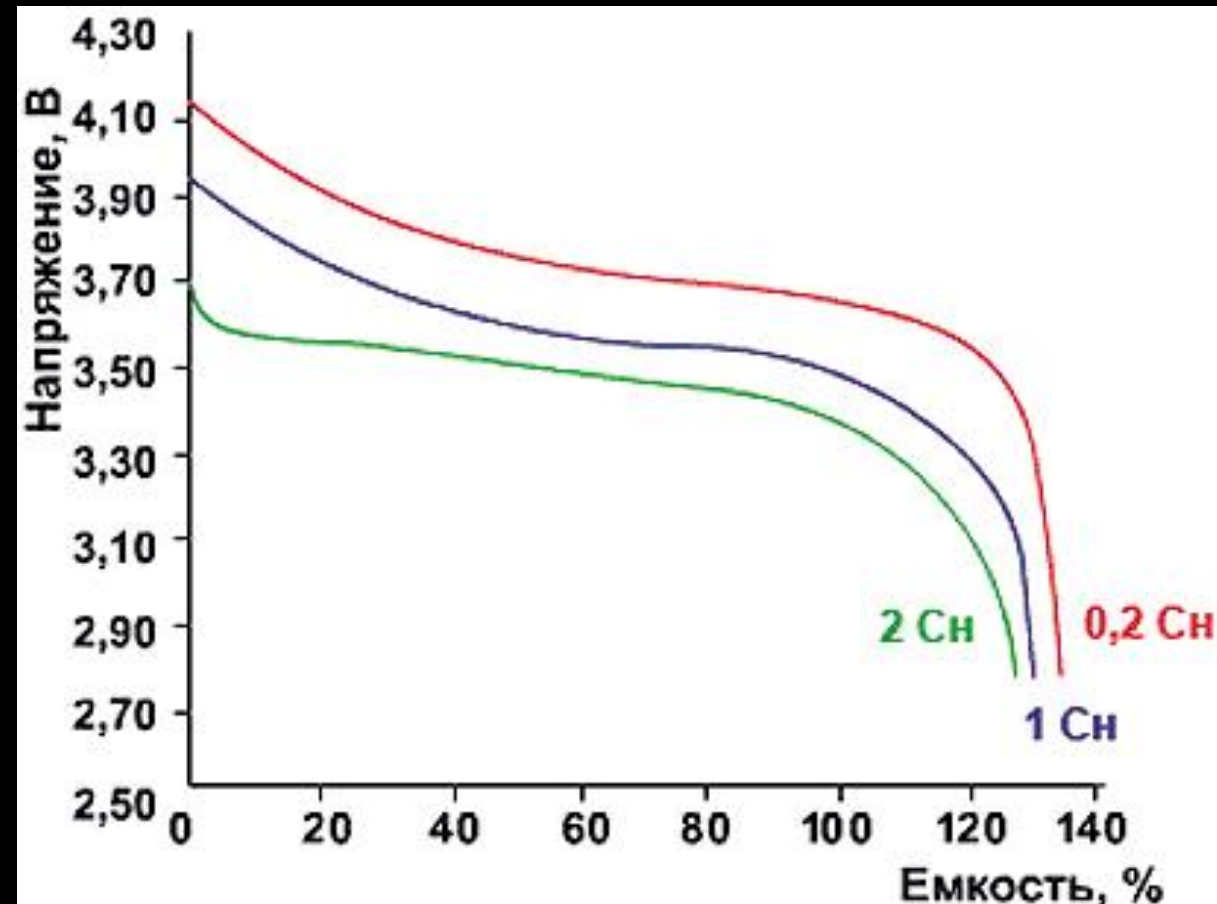
Источники питания

- Li-ion, Li-Po, Li-Hv, Ni-Mh, Li-Fe, Li-Ti...
- Диапазон напряжений (номинальное напряжение)
- Ёмкость (mAh, Wh)
- Температура заряда и эксплуатации



Источники питания

- Li-ion, Li-Po, Li-Hv, Ni-Mh, Li-Fe, Li-Ti...
- Диапазон напряжений (номинальное напряжение)
- Ёмкость (mAh, Wh)
- Температура заряда и эксплуатации
- Внутреннее сопротивление



Напряжение

Напряжение

- Li-ion

Напряжение

- Li-ion
- Номинальное 3,6 В

Напряжение

- Li-ion
- Номинальное 3,6 В
- Диапазон [4,2..3,0] В

Напряжение

- Li-ion
- Номинальное 3,6 В
- Диапазон [4,2..3,0] В
- Нельзя выходить за границы

Battery management system (BMS)

Battery management system (BMS)

- Отключает нагрузку

Battery management system (BMS)

- Отключает нагрузку
- Отключает зарядку

Battery management system (BMS)

- Отключает нагрузку
- Отключает зарядку
- Следит за температурой *

Battery management system (BMS)

- Отключает нагрузку
- Отключает зарядку
- Следит за температурой *
- Балансирует ячейки *

ОСНОВЫ - ИТОГИ

ОСНОВЫ - ИТОГИ

- Параметры аккумуляторов

ОСНОВЫ - ИТОГИ

- Параметры аккумуляторов
- Способы измерения тока и напряжения

ОСНОВЫ - ИТОГИ

- Параметры аккумуляторов
- Способы измерения тока и напряжения
- Q [mAh], E [Wh]

ОСНОВЫ - ИТОГИ

- Параметры аккумуляторов
- Способы измерения тока и напряжения
- Q [mAh], E [Wh]
- % - не значит ничего

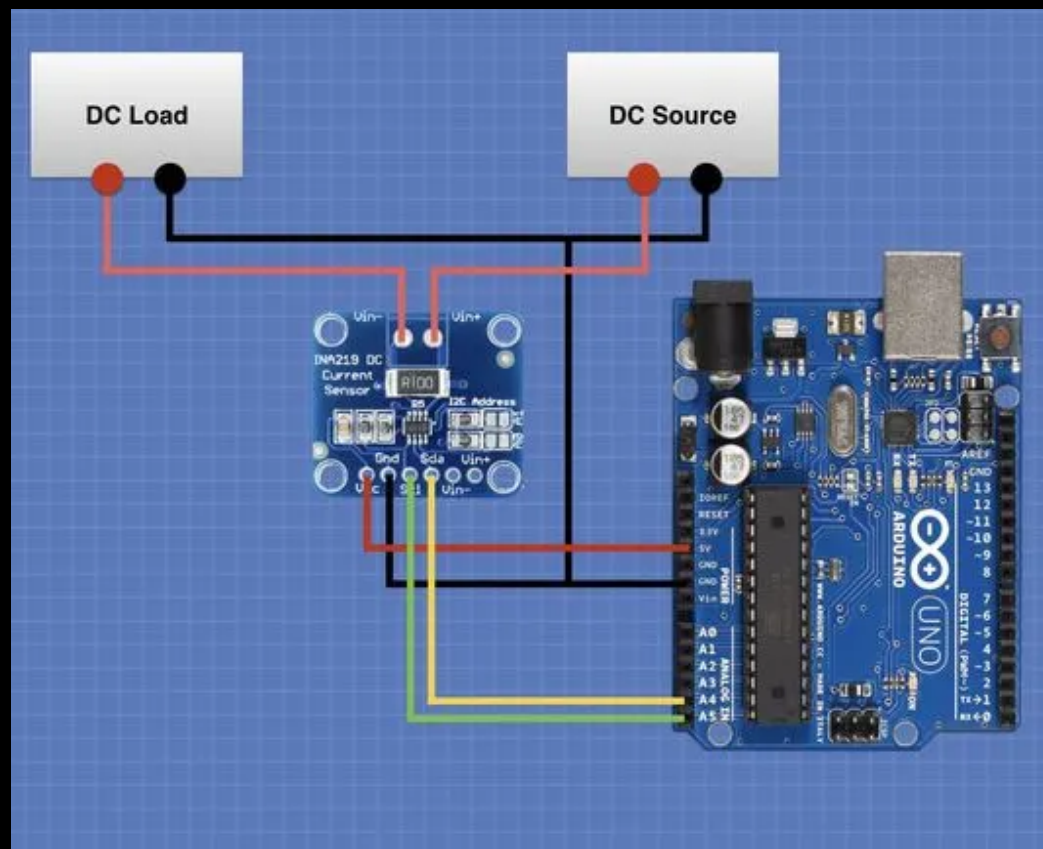
ОСНОВЫ - ИТОГИ

- Параметры аккумуляторов
- Способы измерения тока и напряжения
- Q [mAh], E [Wh]
- % - не значит ничего
- BMS - наше всё!

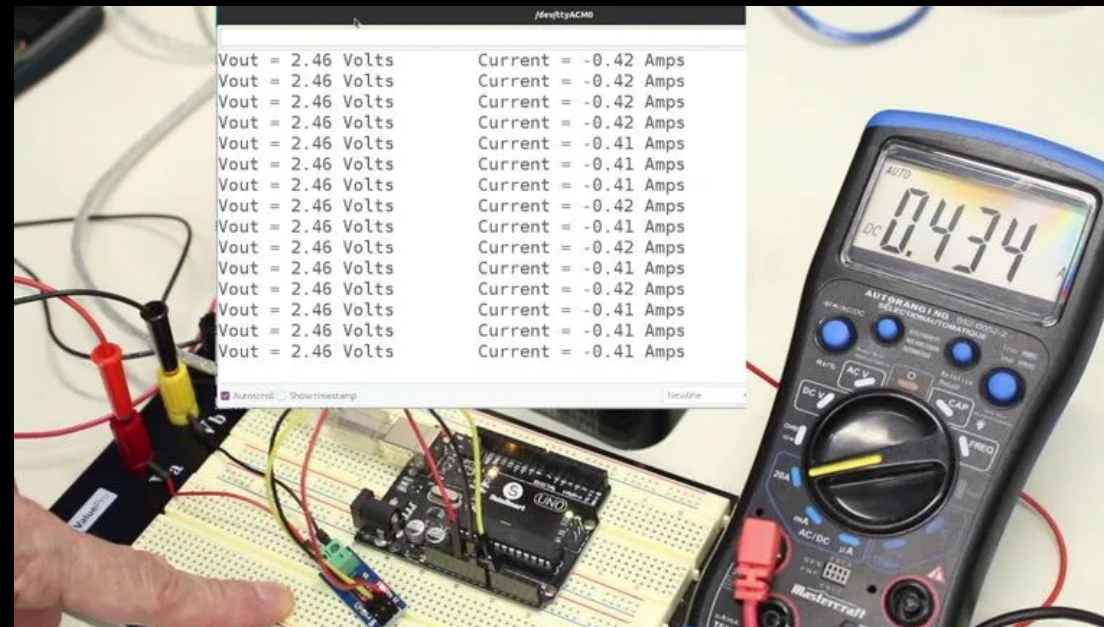
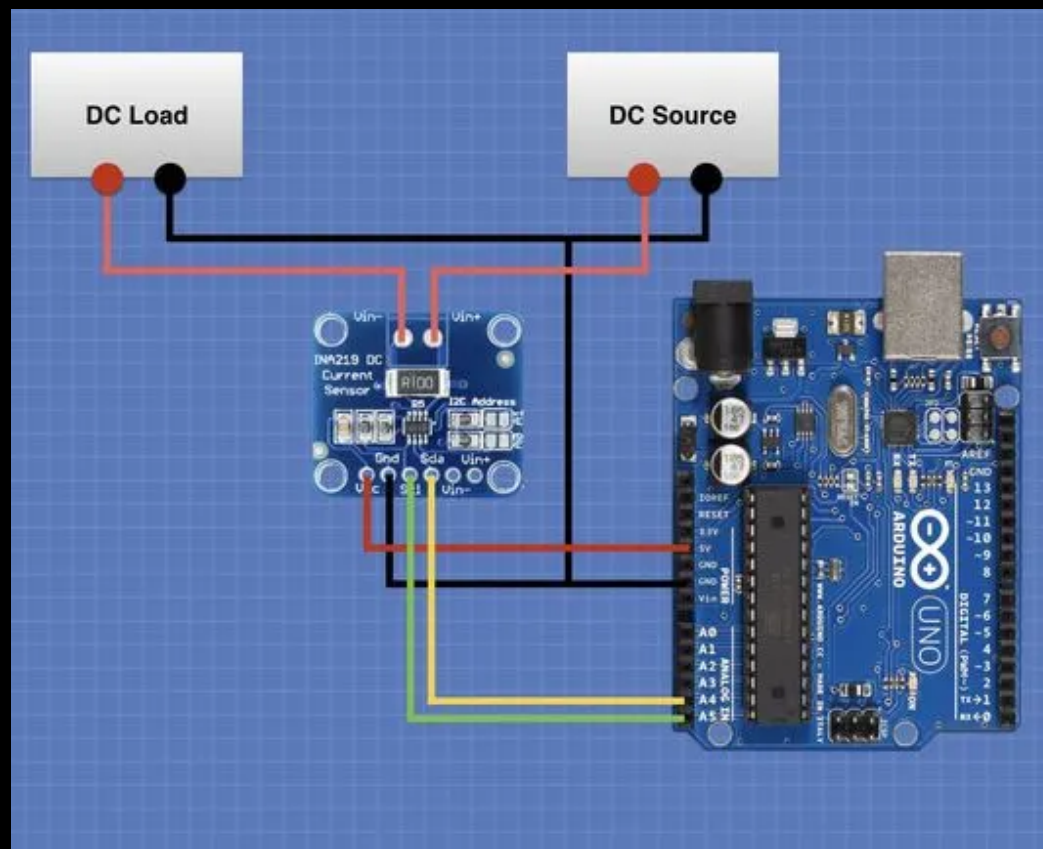
Выбор КОМПОНЕНТОВ

Выбор компонентов

Выбор компонентов



Выбор компонентов



Источник: Youtube - @arduinoLab

Выбор компонентов

Выбор компонентов

- INA219, INA226, INA231

Выбор компонентов

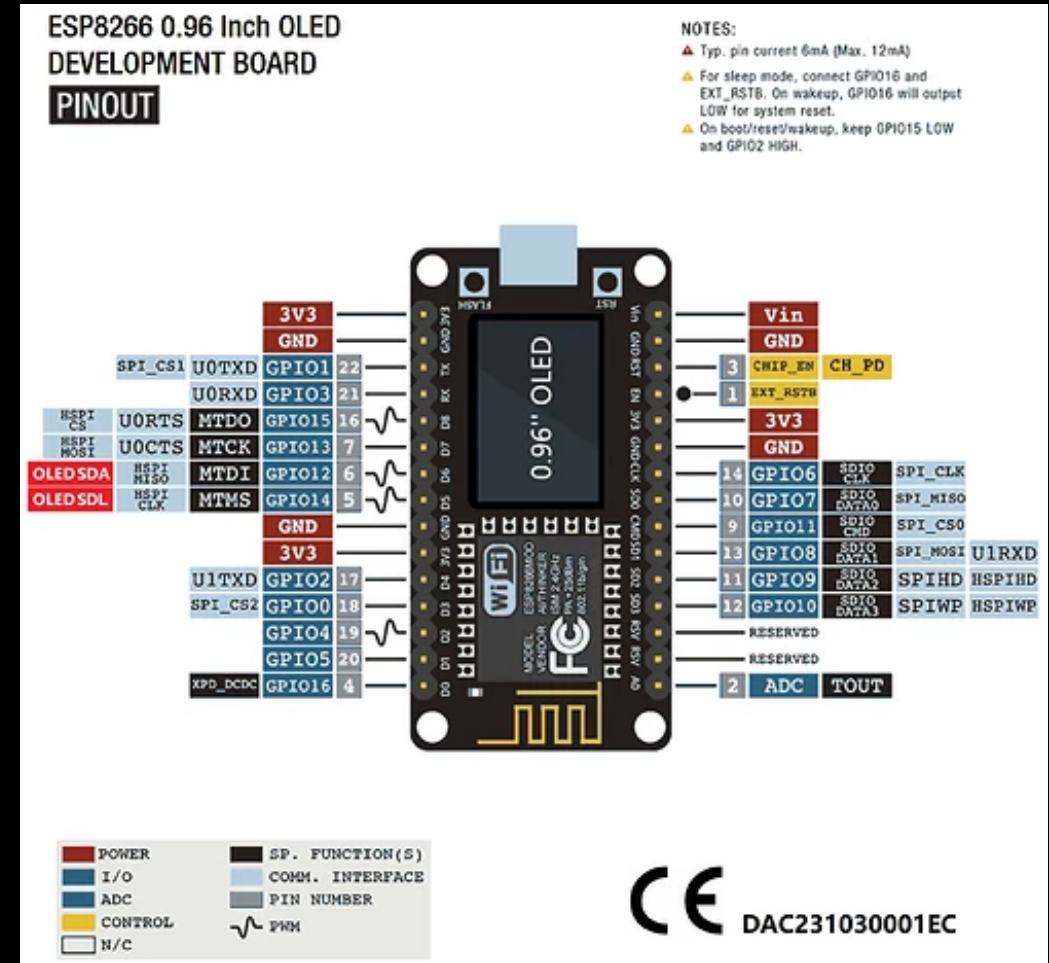
- INA219, INA226, INA231
- SSD1306

Выбор компонентов

- INA219, INA226, INA231
- SSD1306
- ESP8266

Выбор компонентов

- INA219, INA226, INA231
- SSD1306
- ESP8266



Выбор компонентов

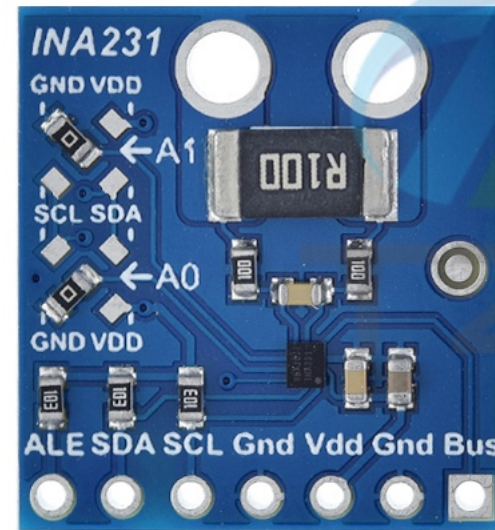
Выбор компонентов

Характеристика	INA219	INA226	INA228	INA231
Основное назначение	Монитор тока/ мощности	Монитор тока/ мощности	Монитор тока/ мощности/ энергии	Монитор тока/ мощности
Разрешение АЦП	12-бит	16-бит	20-бит	16-бит
Диапазон напряжений (Common Mode)	0 ... +26 В	0 ... +36 В	-0.3 ... +85 В	0 ... +28 В
Диапазон измерения шунта ($\pm V_{sense}$)	$\pm 40 / \pm 80 / \pm 160 / \pm 320$ мВ (программируется)	± 81.92 мВ	± 163.84 мВ / ± 40.96 мВ	± 81.92 мВ
Интерфейс связи	I2C / SMBus	I2C / SMBus	I2C / SMBus (High Speed)	I2C / SMBus (1.8V совместимый)
Макс. ток потребления	1 мА	330 мкА	640 мкА	330 мкА (тип.)
Ток в режиме сна	100 мкА	2.5 мкА	5 мкА	100 мкА

Выбор компонентов

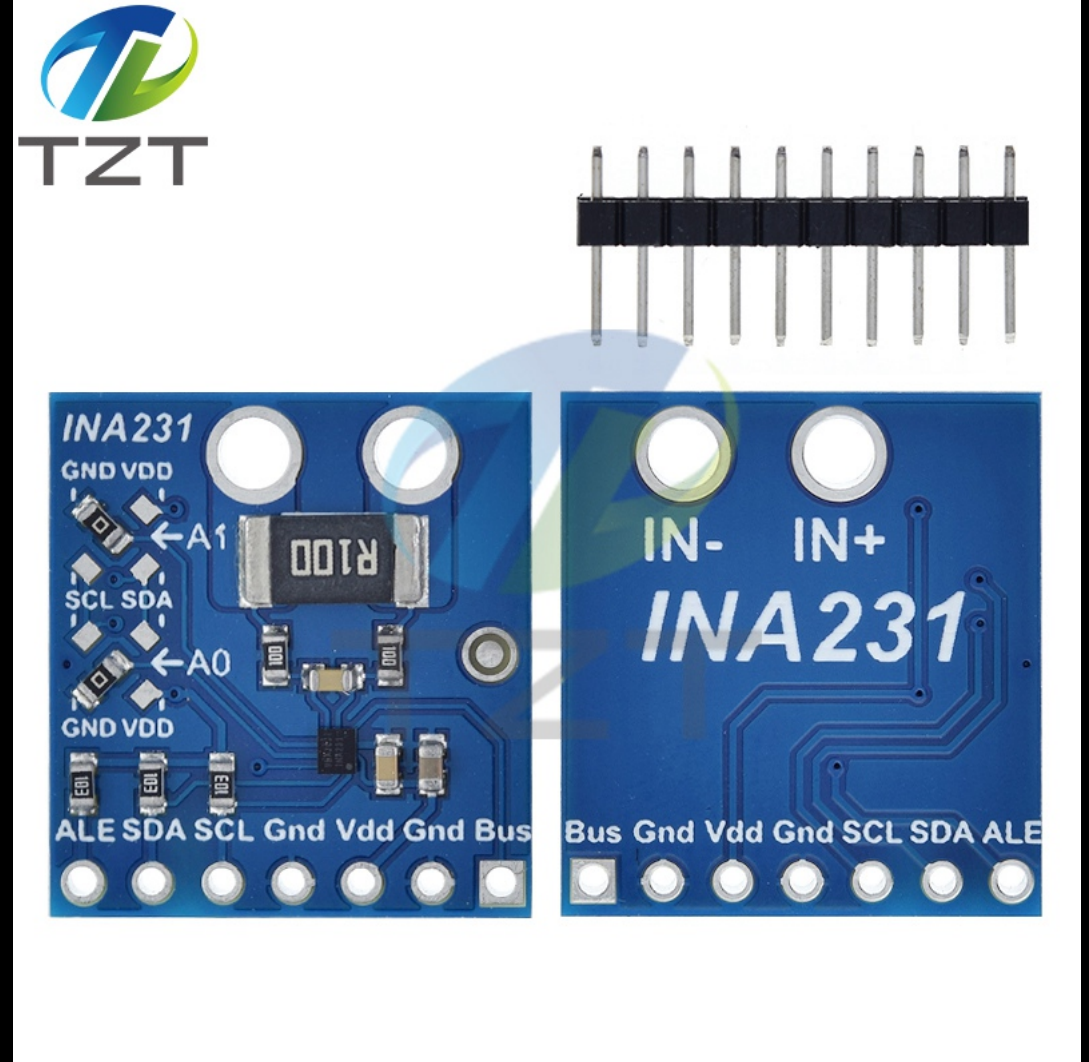
Характеристика	INA219	INA226	INA228	INA231
Основное назначение	Монитор тока/ мощности	Монитор тока/ мощности	Монитор тока/ мощности/ энергии	Монитор тока/ мощности
Разрешение АЦП	12-бит	16-бит	20-бит	16-бит
Диапазон напряжений (Common Mode)	0 ... +26 В	0 ... +36 В	-0.3 ... +85 В	0 ... +28 В
Диапазон измерения шунта ($\pm V_{sense}$)	$\pm 40 / \pm 80 / \pm 160 / \pm 320$ мВ (программируется)	± 81.92 мВ	± 163.84 мВ / ± 40.96 мВ	± 81.92 мВ
Интерфейс связи	I2C / SMBus	I2C / SMBus	I2C / SMBus (High Speed)	I2C / SMBus (1.8V совместимый)
Макс. ток потребления	1 мА	330 мкА	640 мкА	330 мкА (тип.)
Ток в режиме сна	100 мкА	2.5 мкА	5 мкА	100 мкА

INA231



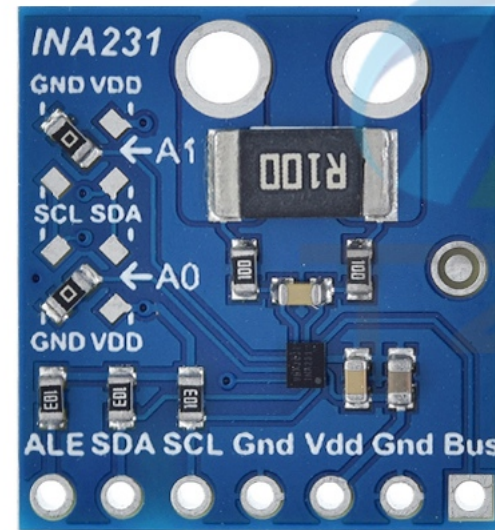
INA231

- 16 бит АЦП



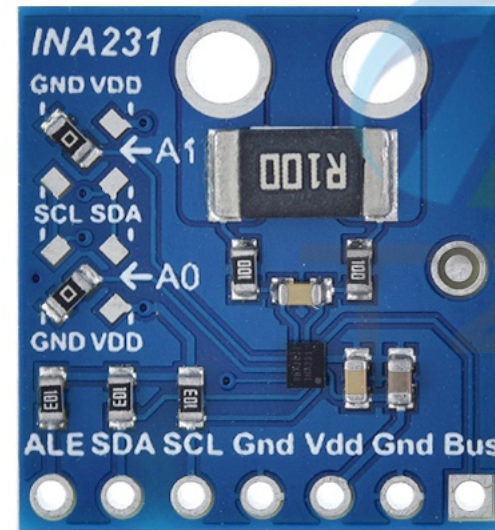
INA231

- 16 бит АЦП
- Пин alert



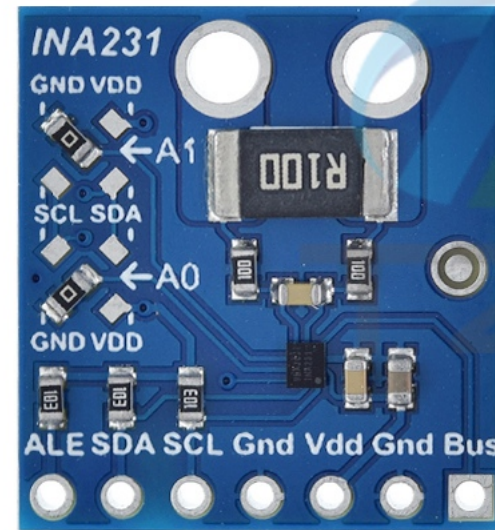
INA231

- 16 бит АЦП
- Пин alert
- 1.8V I2C



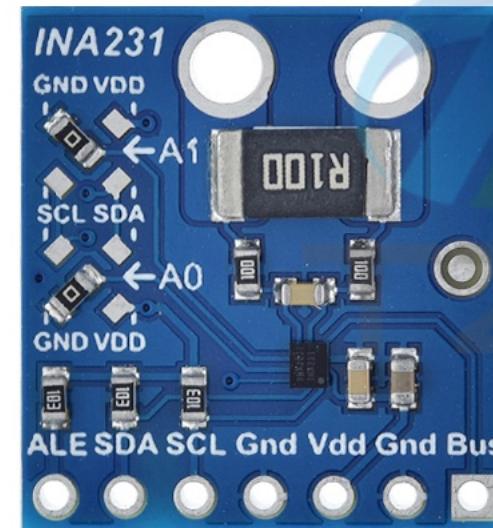
INA231

- 16 бит АЦП
- Пин alert
- 1.8V I2C
- 0..28 В



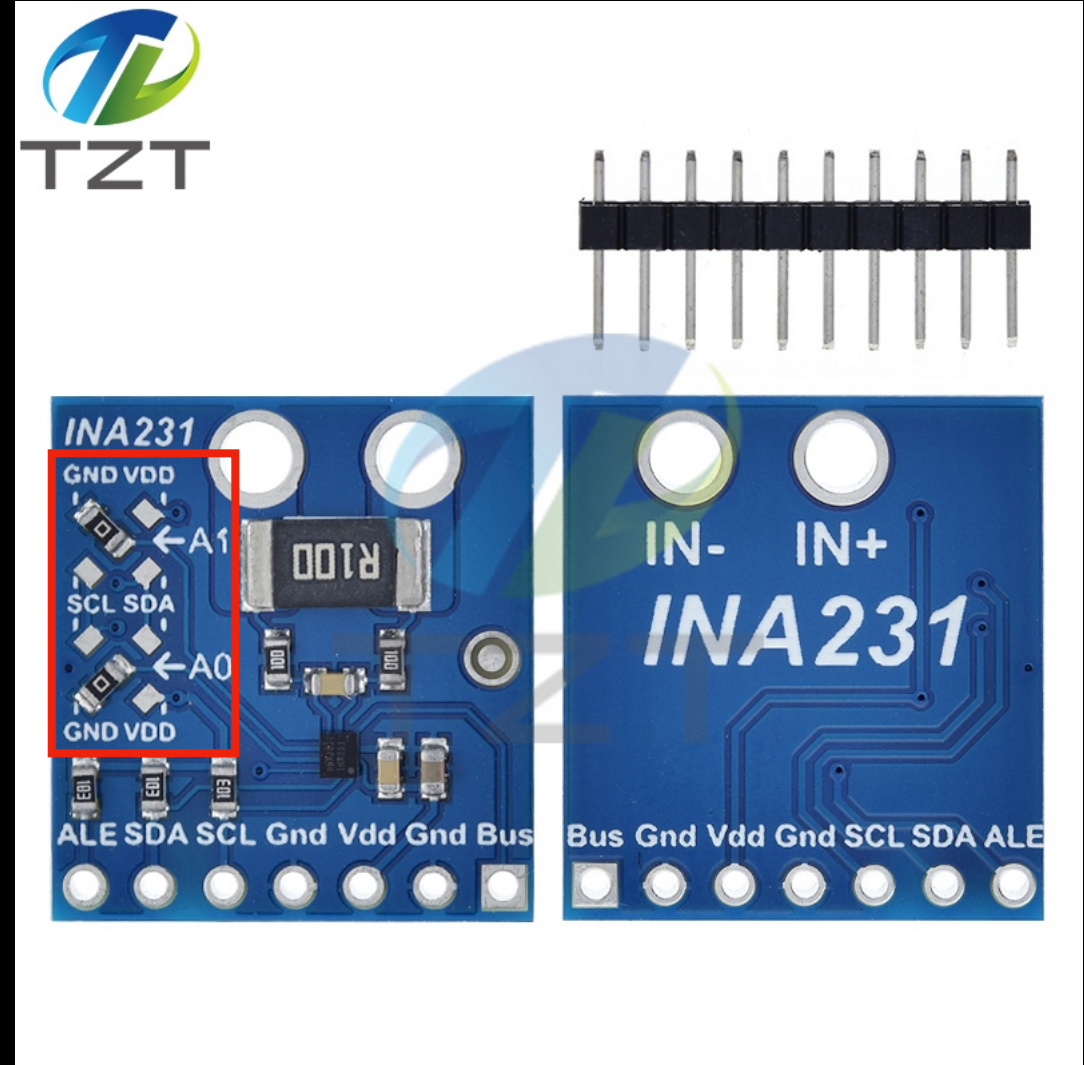
INA231

- 16 бит АЦП
- Пин alert
- 1.8V I2C
- 0..28 В
- 0,5% погрешность

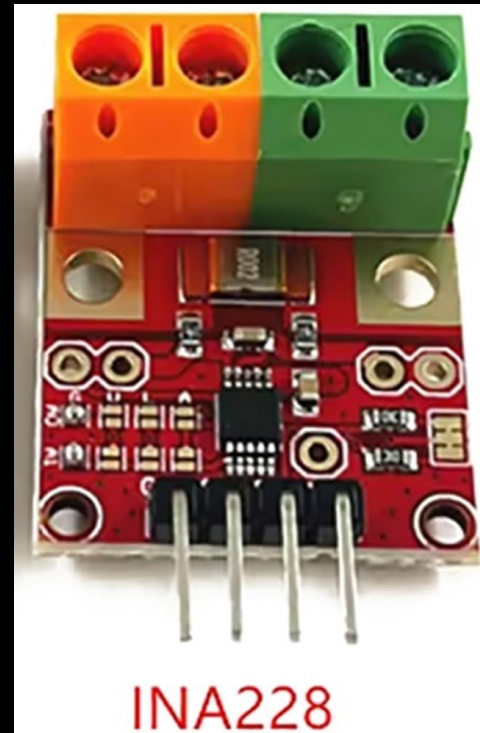


INA231

- 16 бит АЦП
- Пин alert
- 1.8V I2C
- 0..28 В
- 0,5% погрешность
- Перемычки

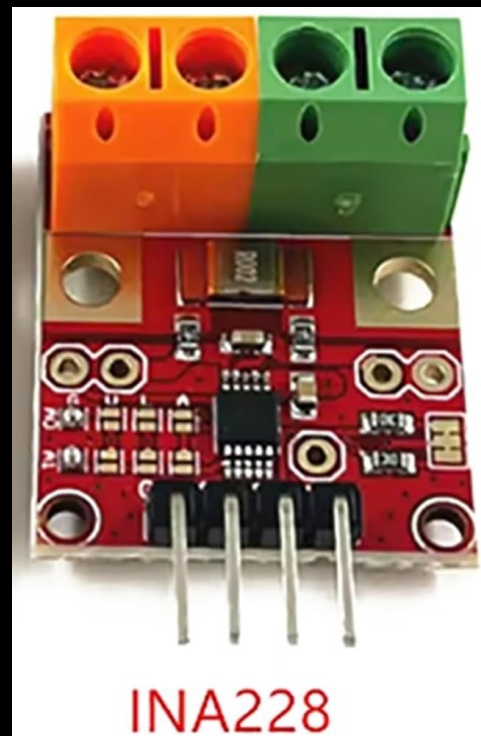


INA228



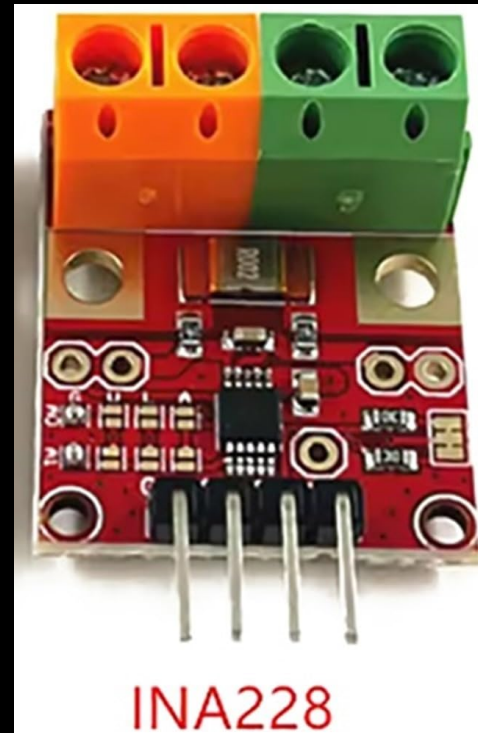
INA228

- АЦП 20-бит



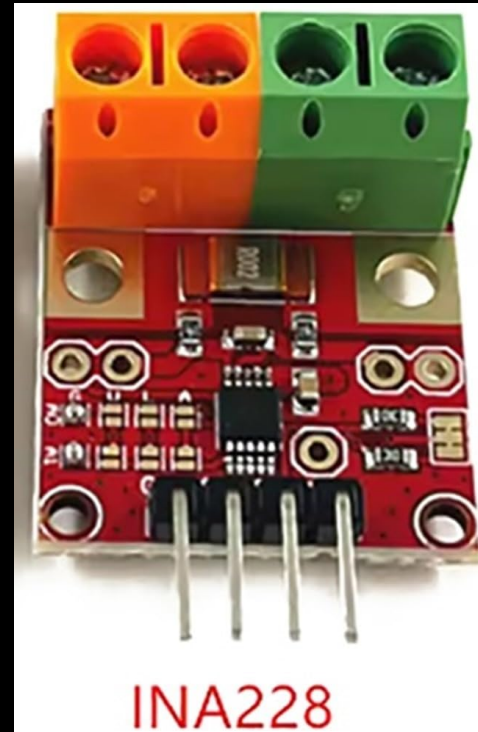
INA228

- АЦП 20-бит
- -0.3 ... +85 В



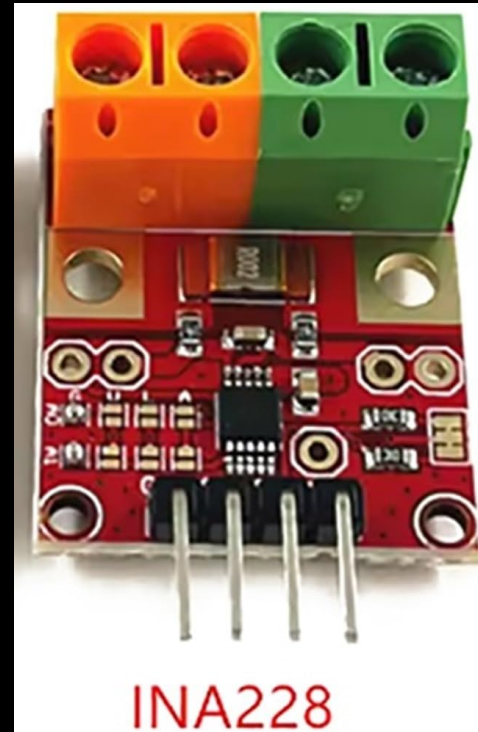
INA228

- АЦП 20-бит
- -0.3 ... +85 В
- Датчик температуры



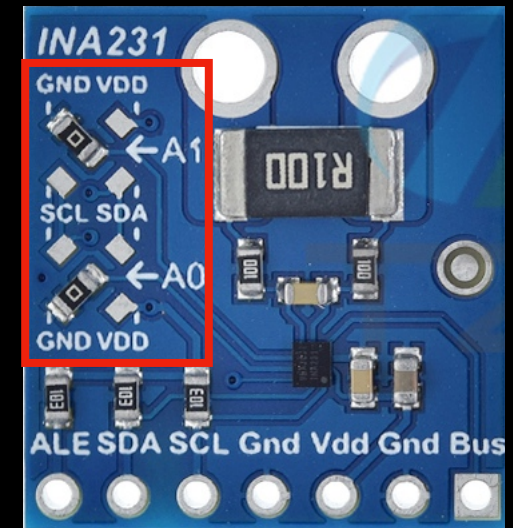
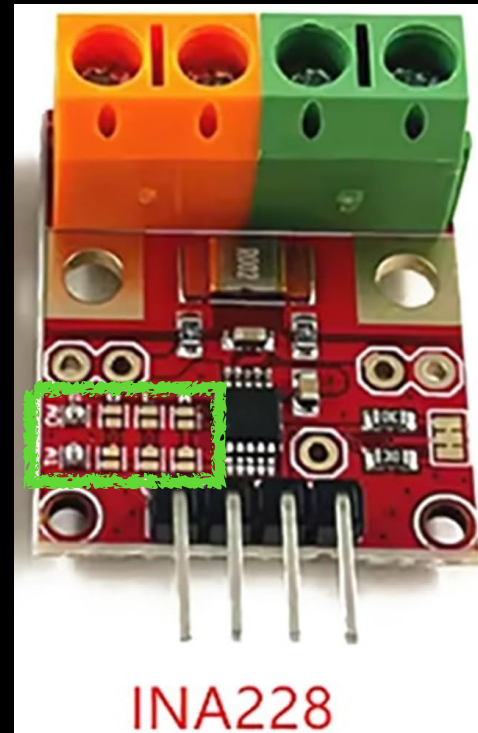
INA228

- АЦП 20-бит
- $-0.3 \dots +85 \text{ В}$
- Датчик температуры
- Continuous mode



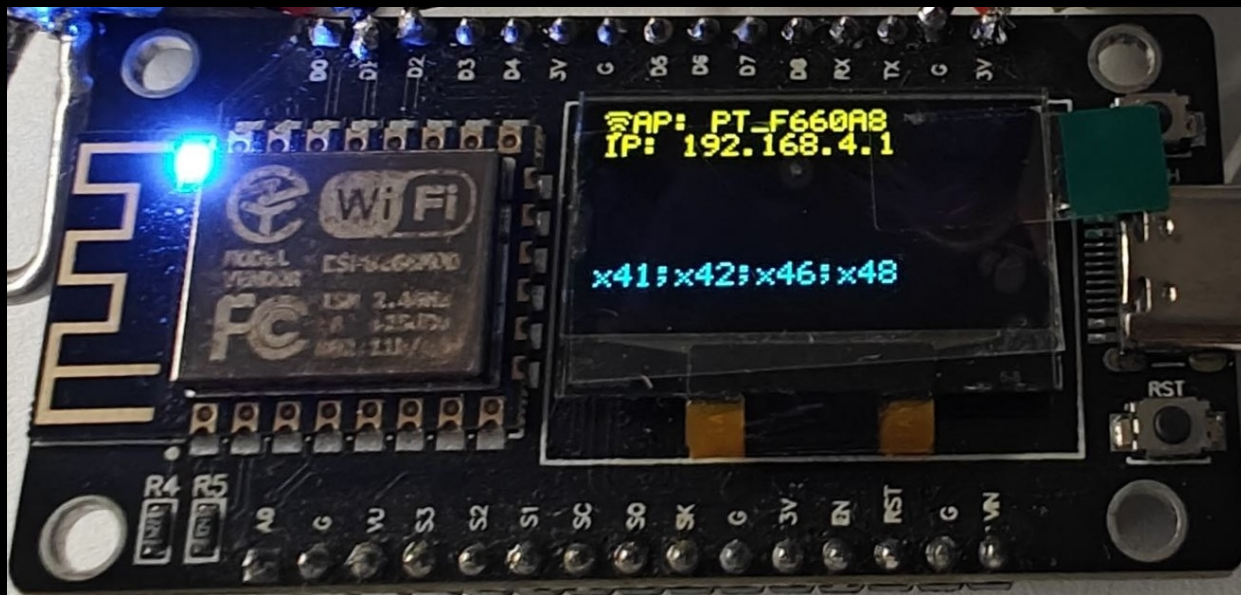
INA228

- АЦП 20-бит
- -0.3 ... +85 В
- Датчик температуры
- Continuous mode



Разработка

Разработка



Разработка



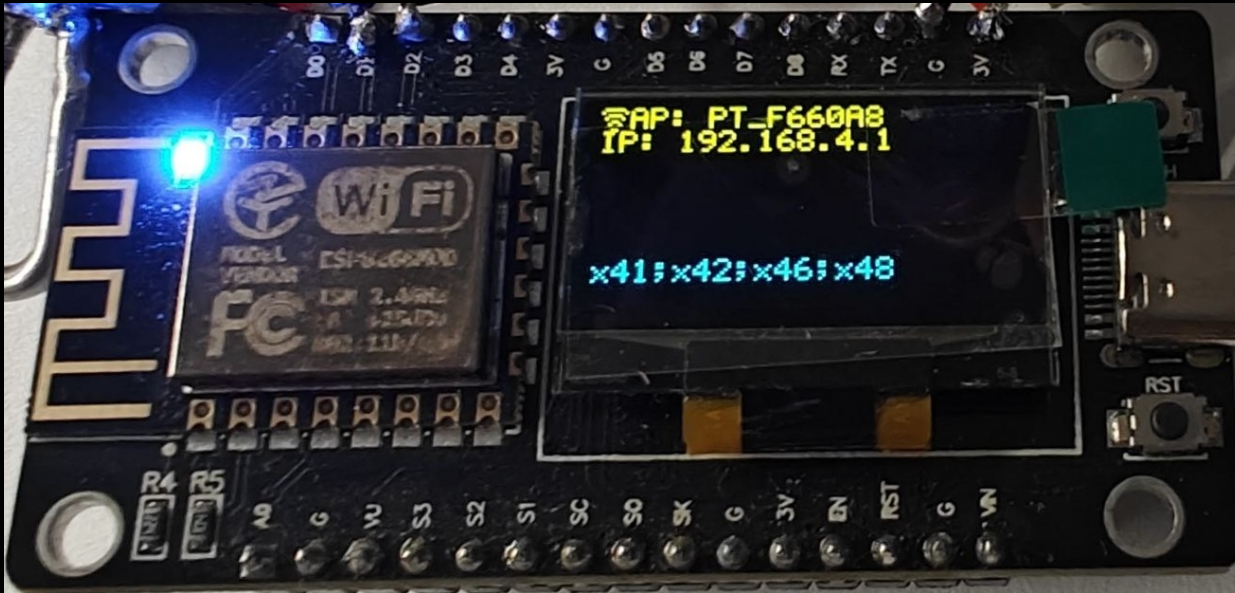
- VS Code + platformio

Разработка



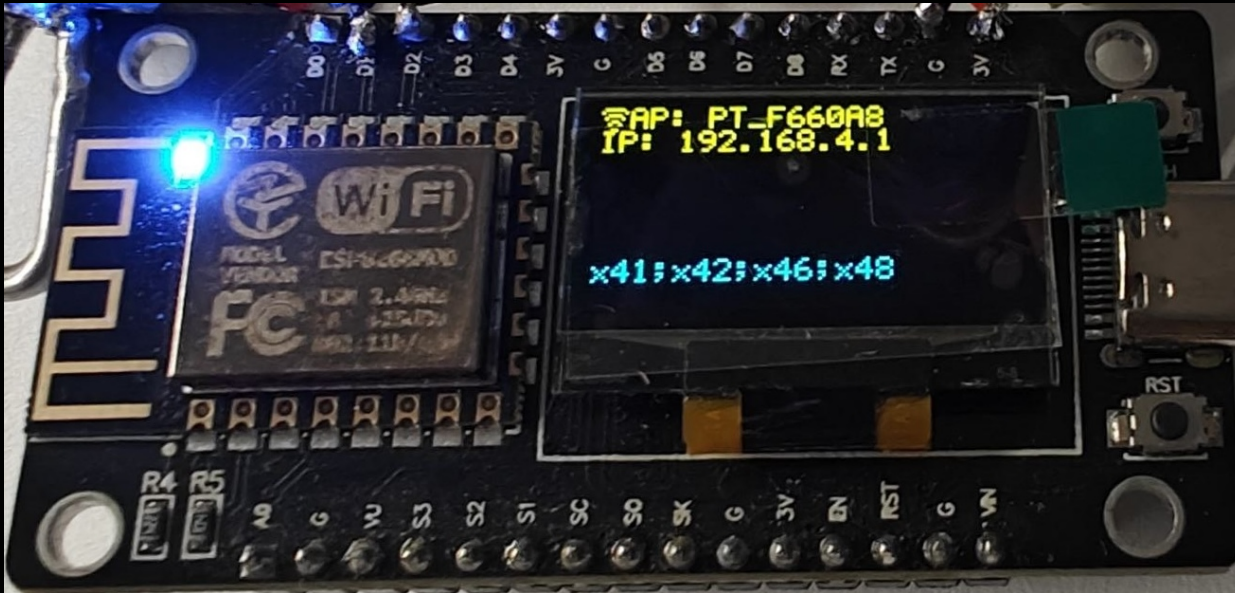
- VS Code + platformio
- C++ и Gyver libs

Разработка

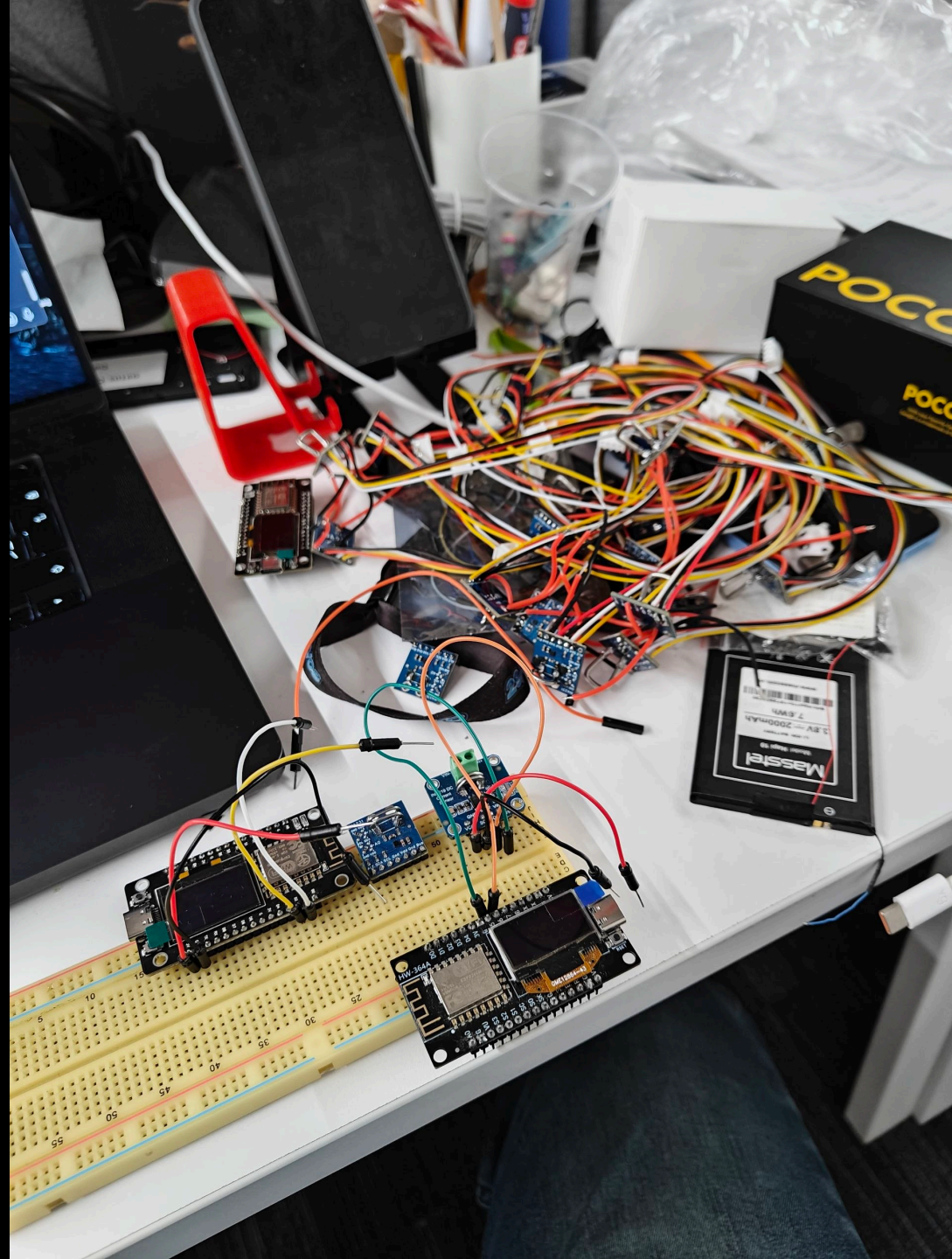


- VS Code + platformio
- C++ и Gyver libs
- Аппаратная часть

Разработка



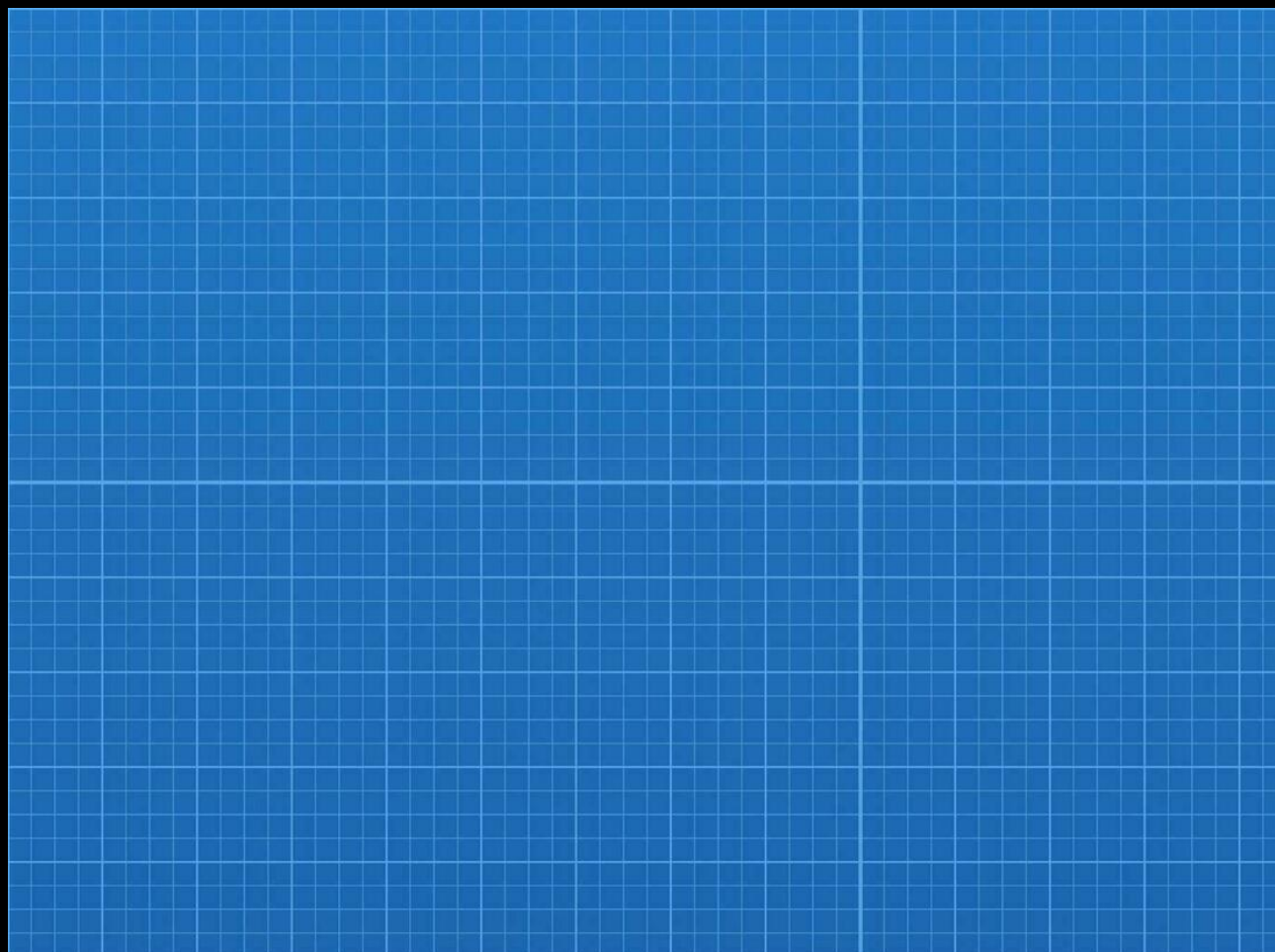
- VS Code + platformio
- C++ и Gyver libs
- Аппаратная часть
- 3д-печать



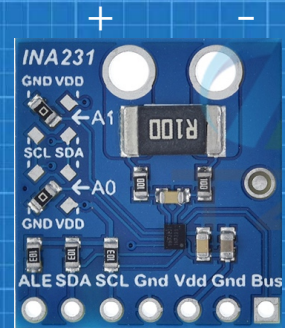


УРАЛЬСКИЕ
ПЕЛЬМЕНИ

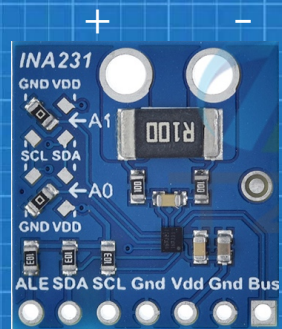
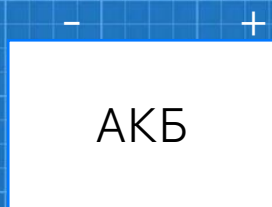
Схема



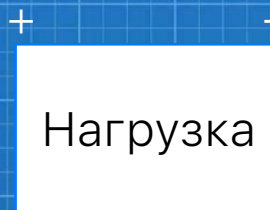
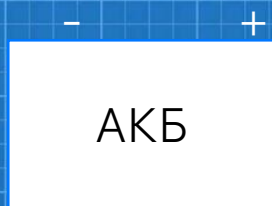
Схема



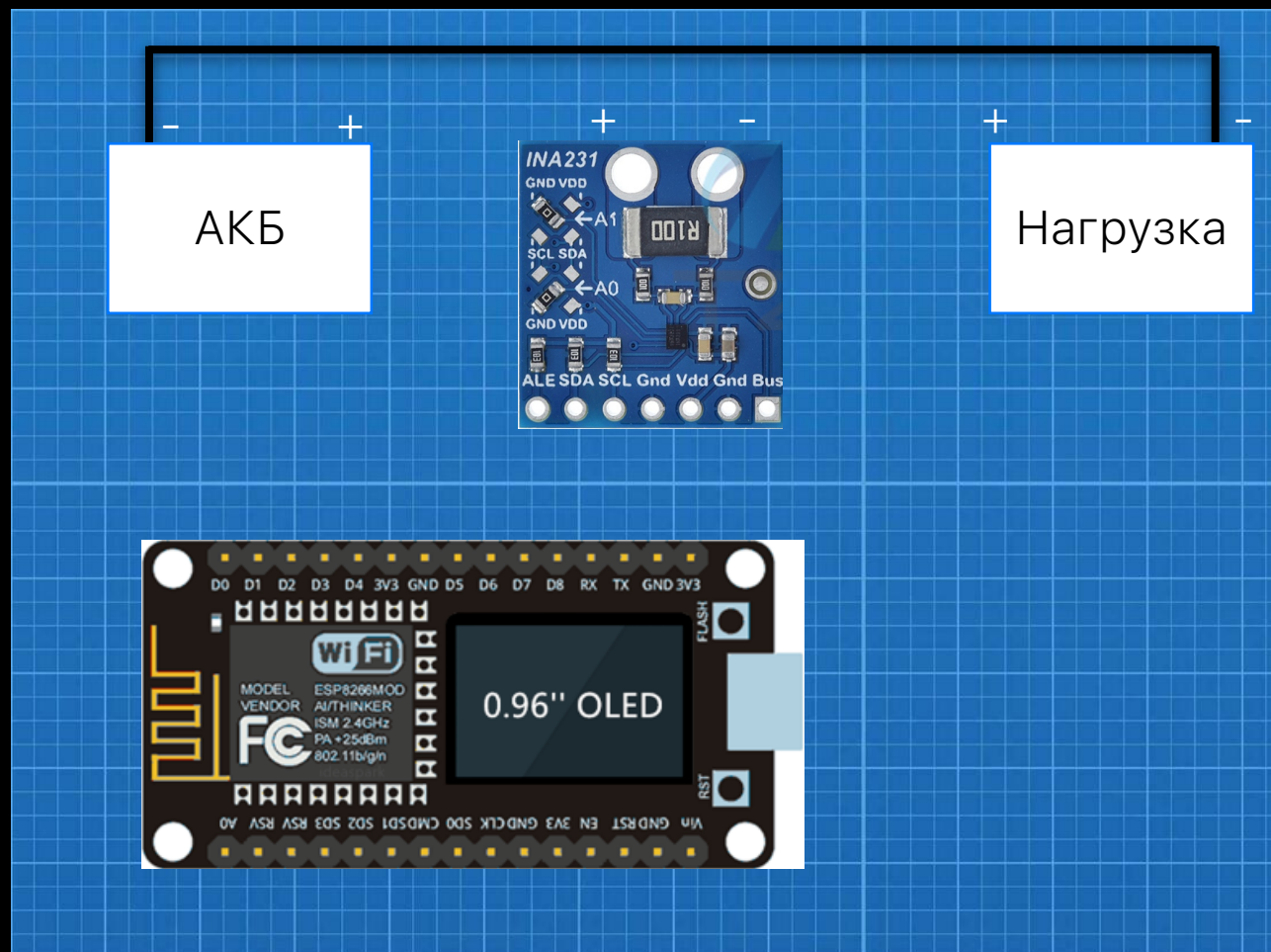
Схема



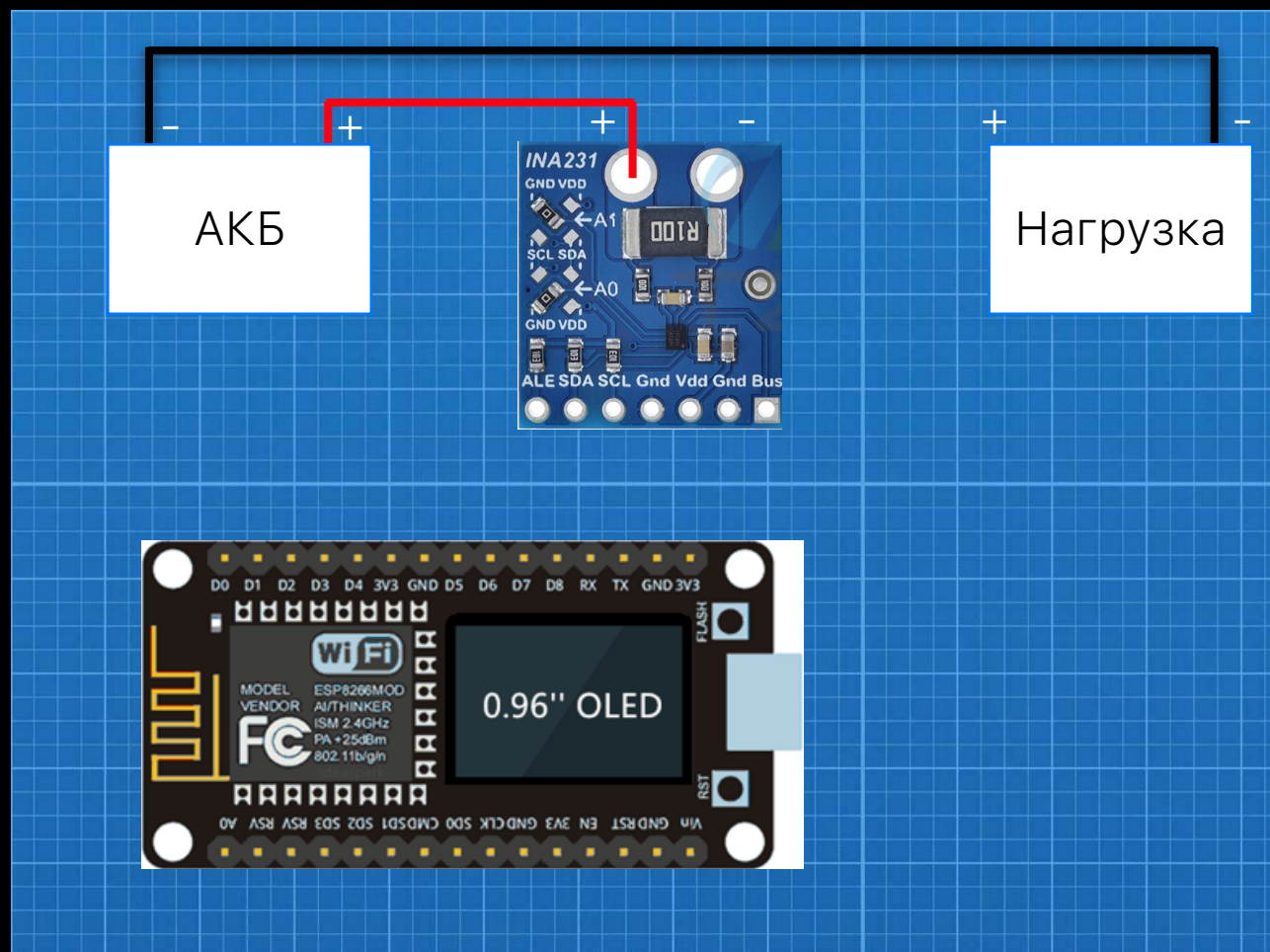
Схема



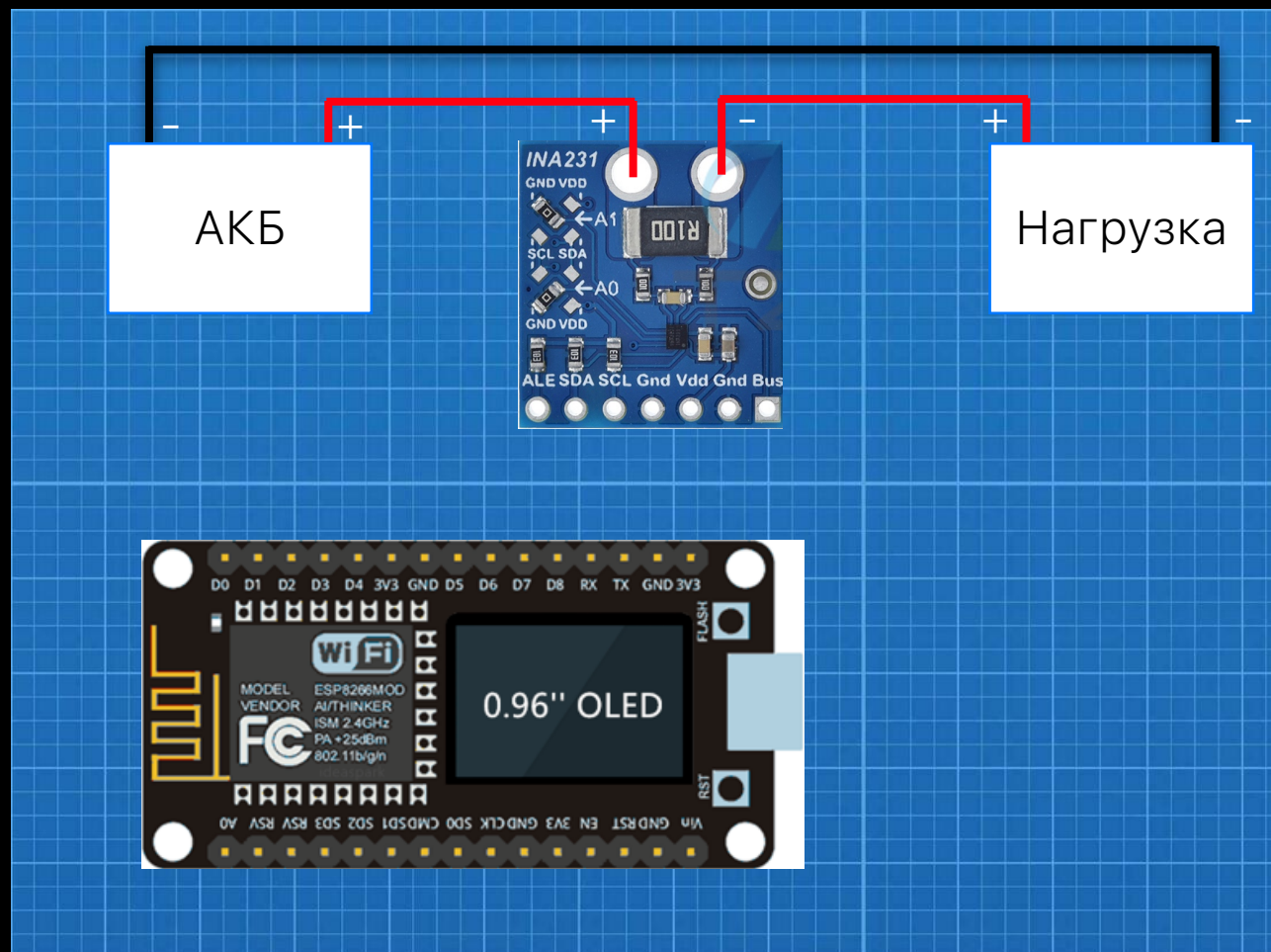
Схема



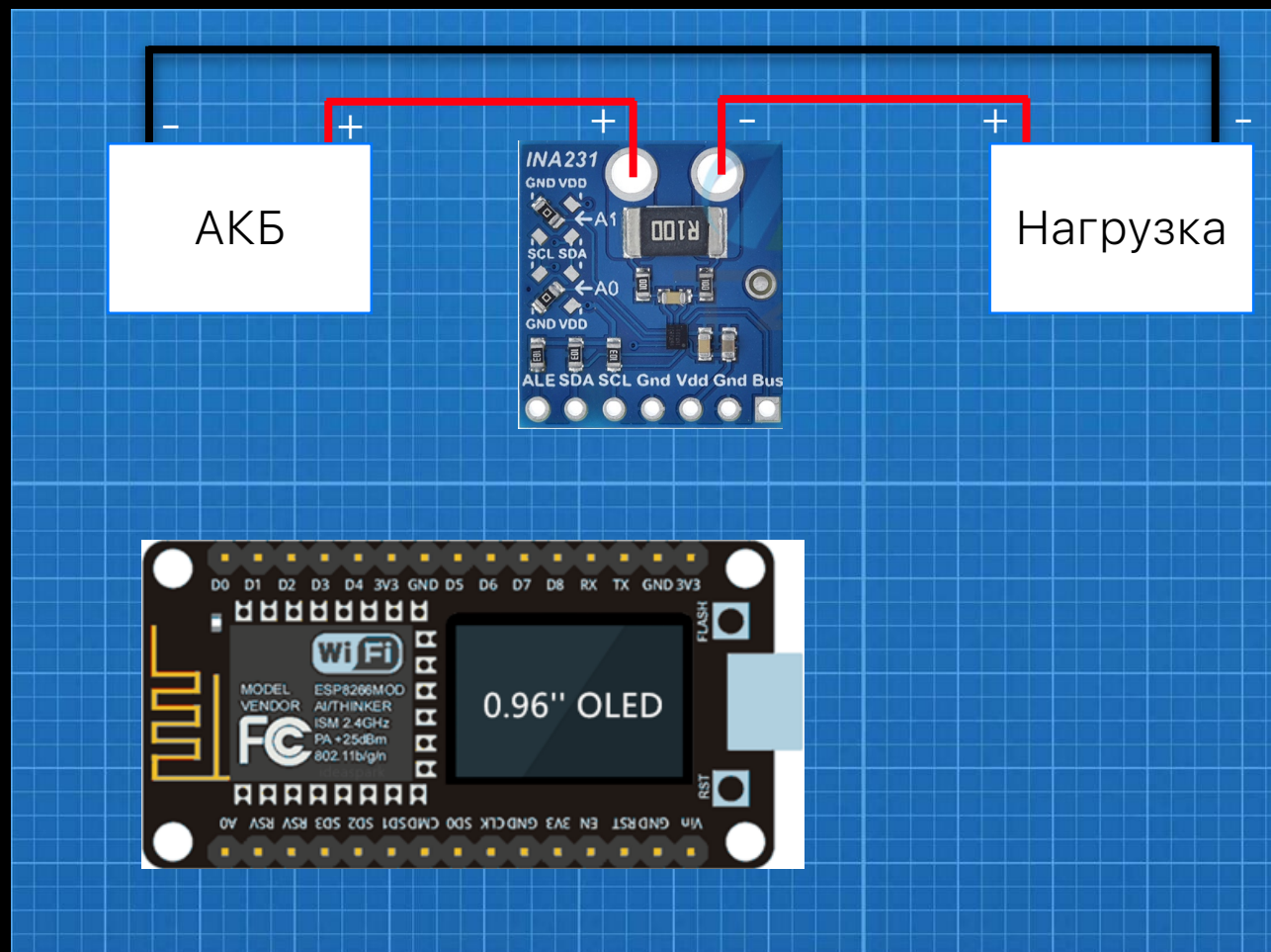
Схема



Схема

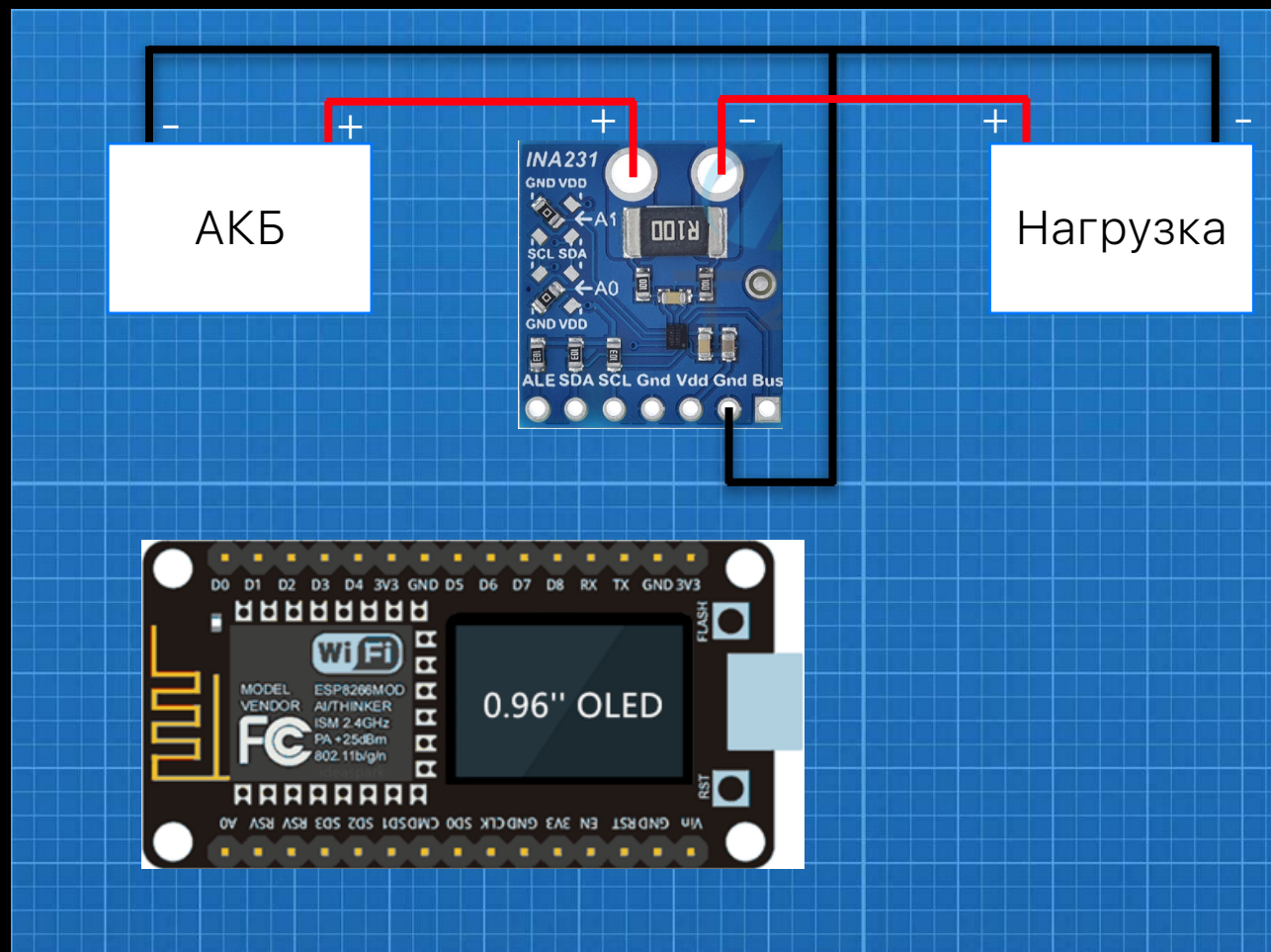


Схема



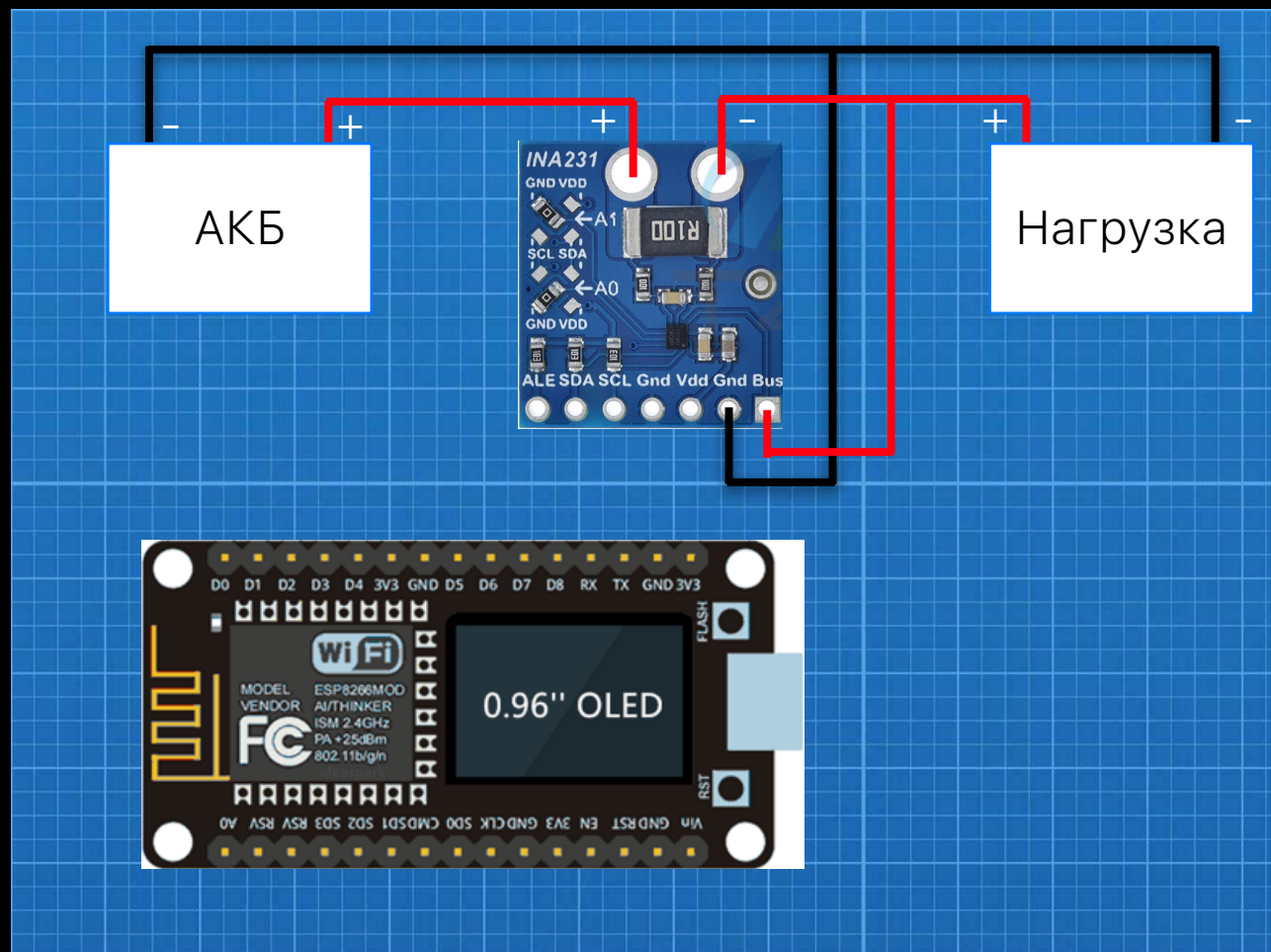
- Сила тока 

Схема



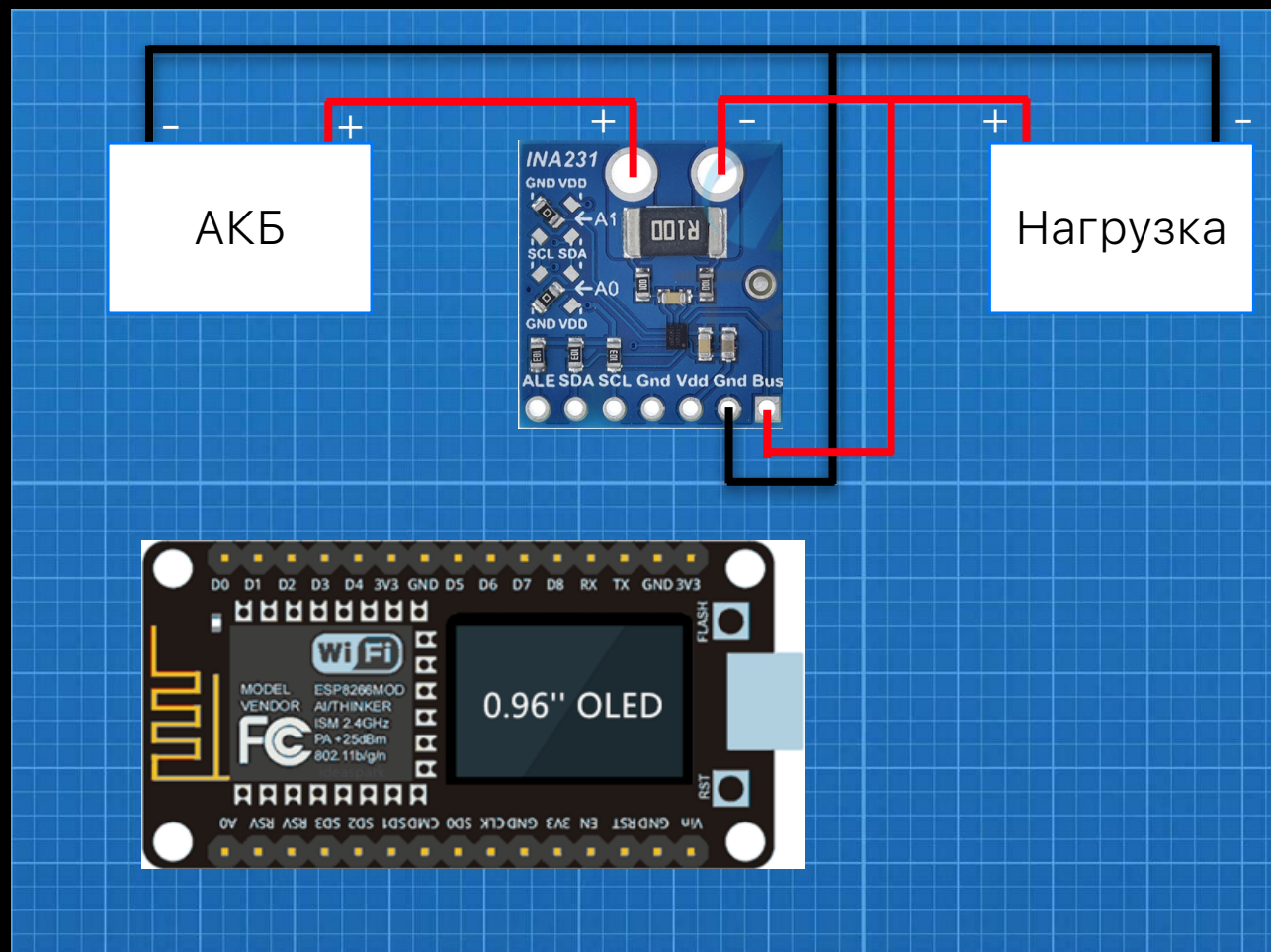
- Сила тока 



Схема



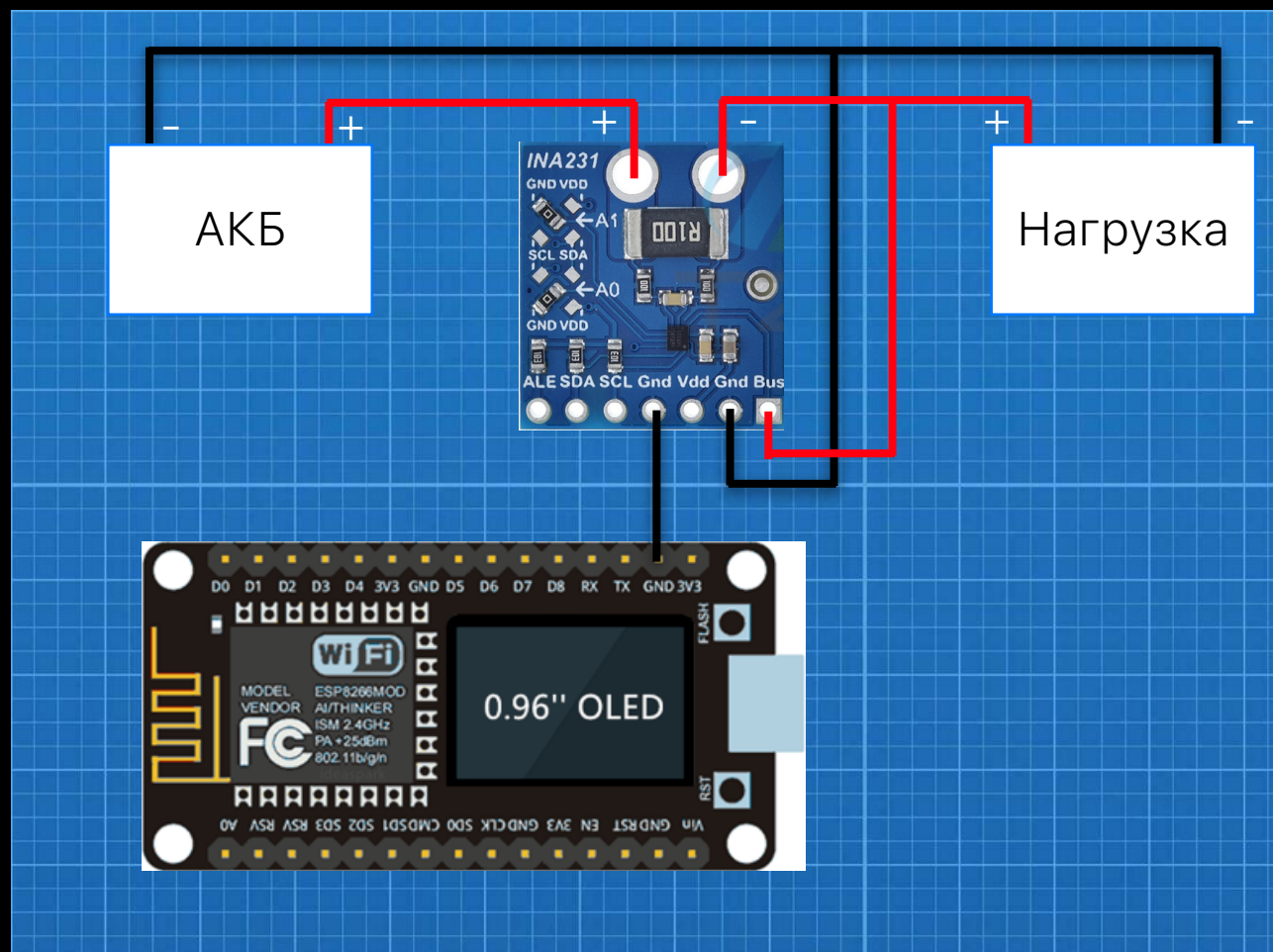
- Сила тока 

Схема



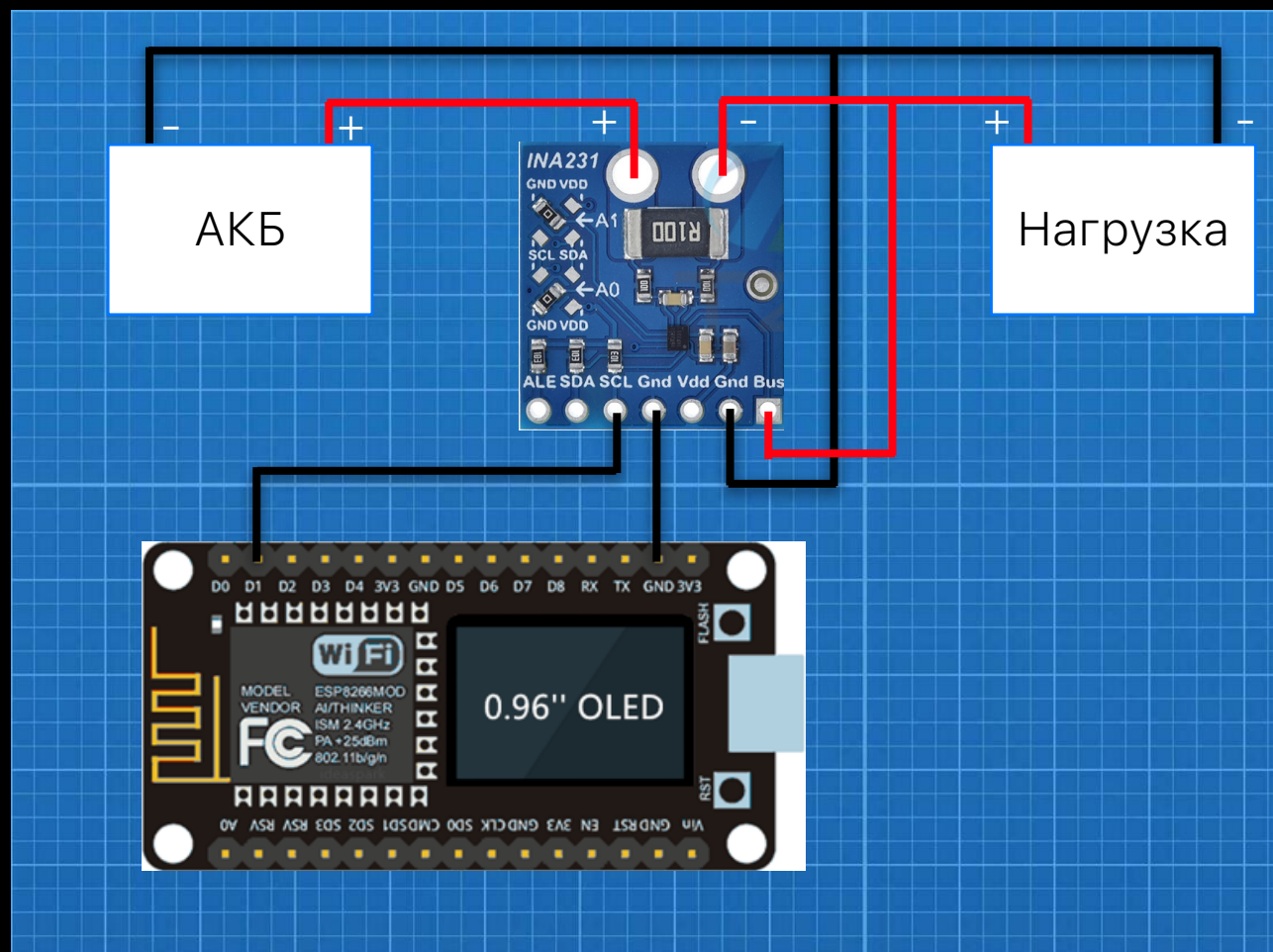
- Сила тока 
- Напряжение 

Схема



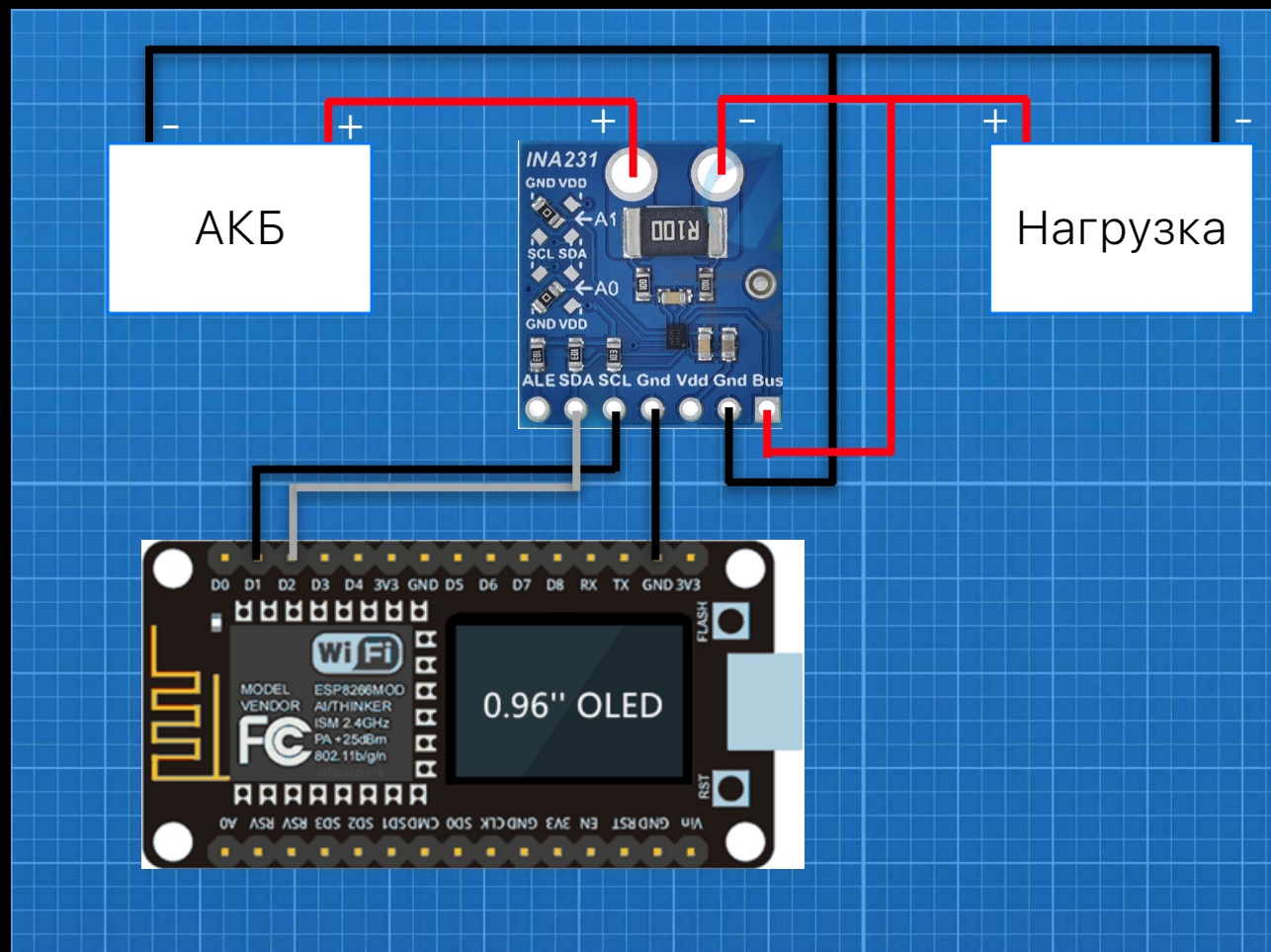
- Сила тока
- Напряжение

Схема



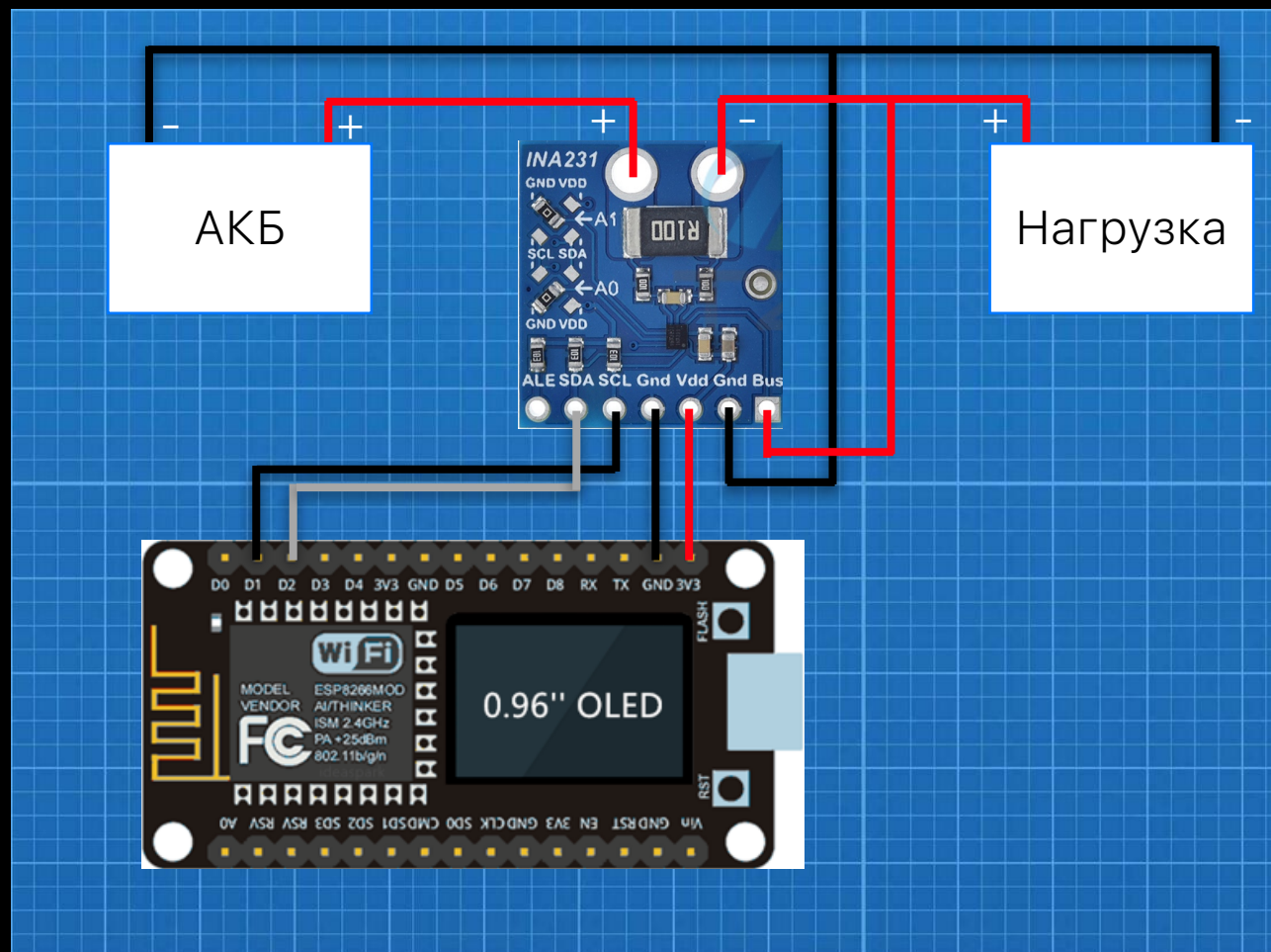
- Сила тока
- Напряжение

Схема



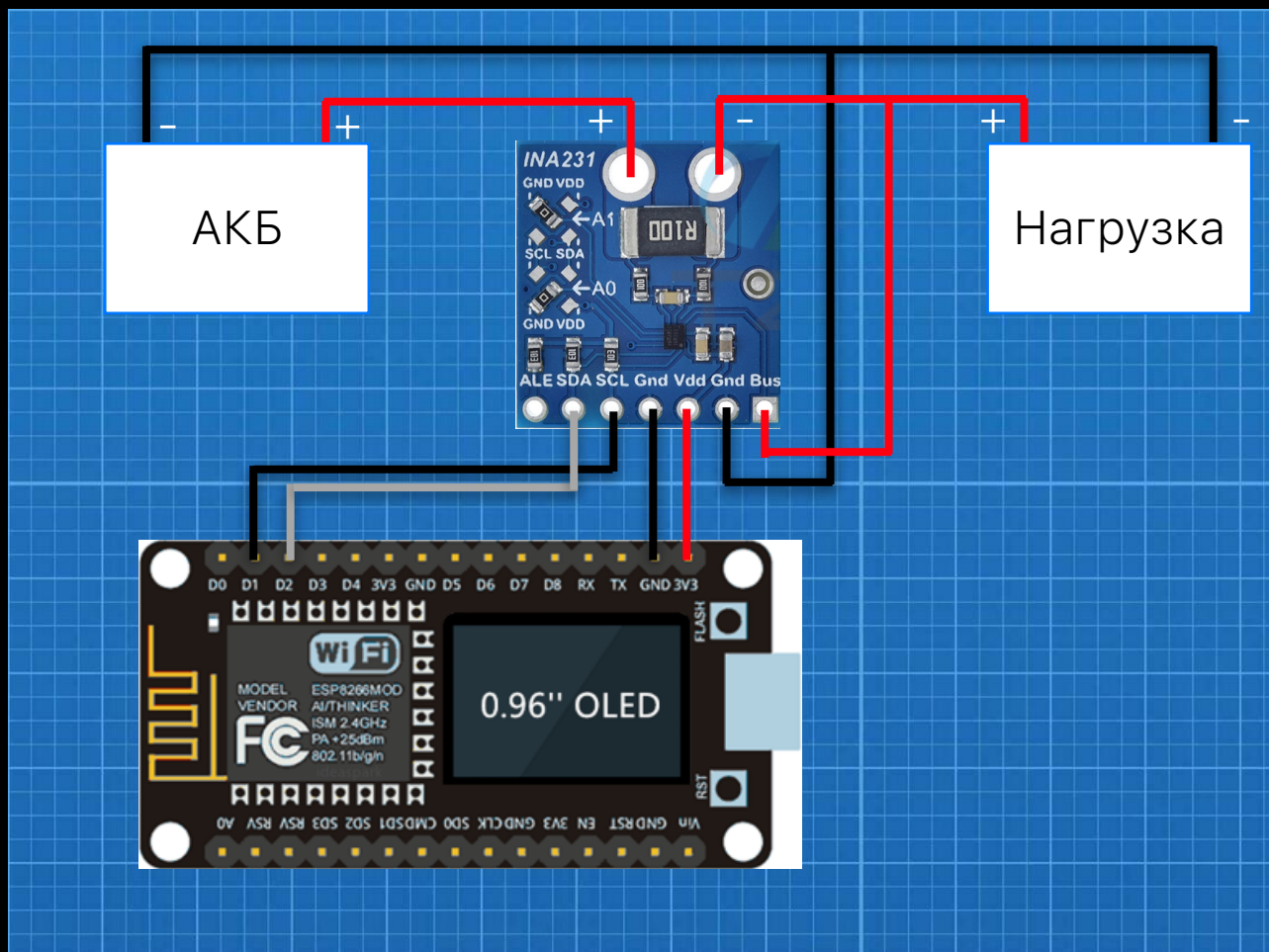
- Сила тока
- Напряжение

Схема



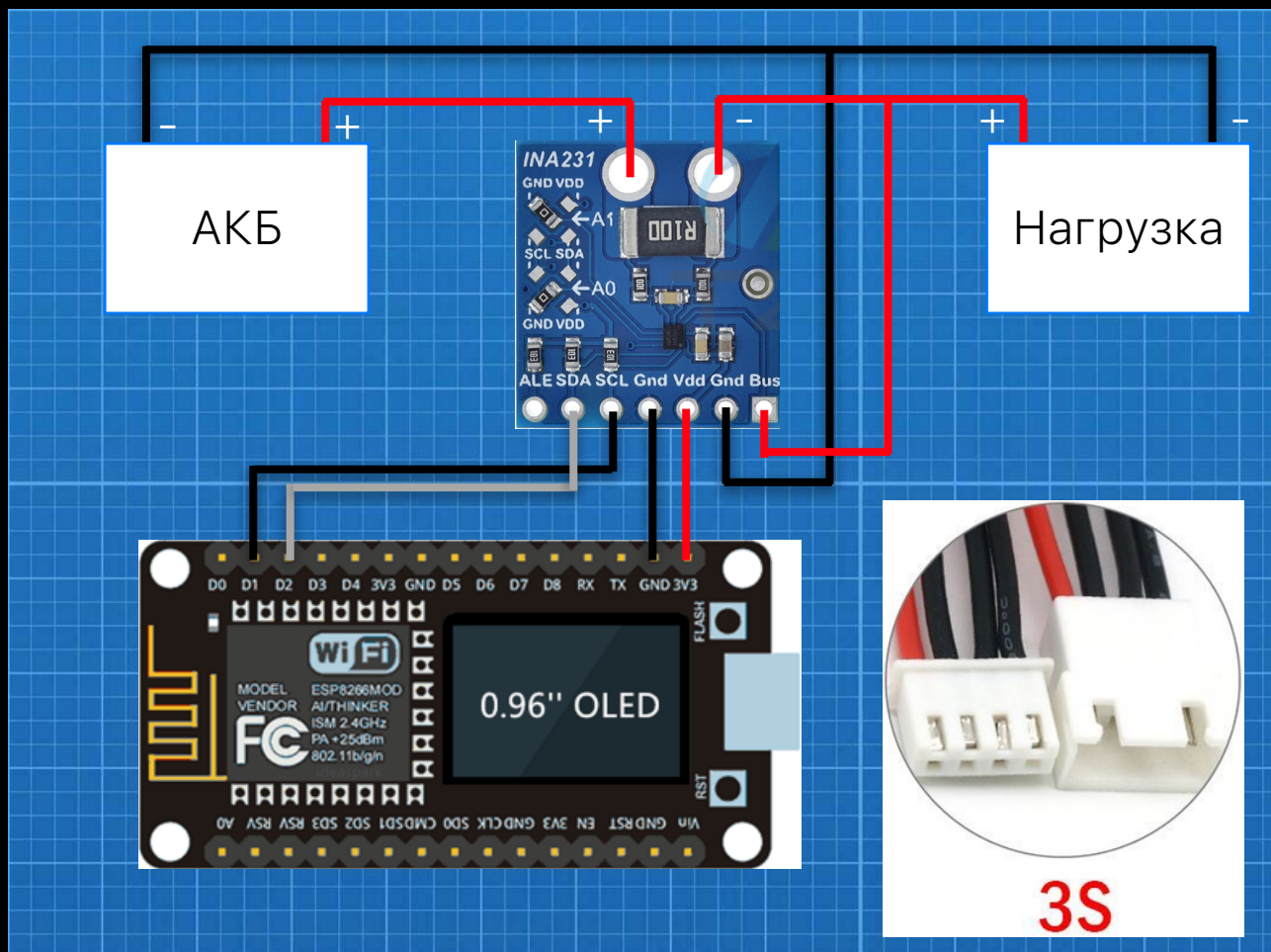
- Сила тока
- Напряжение

Схема

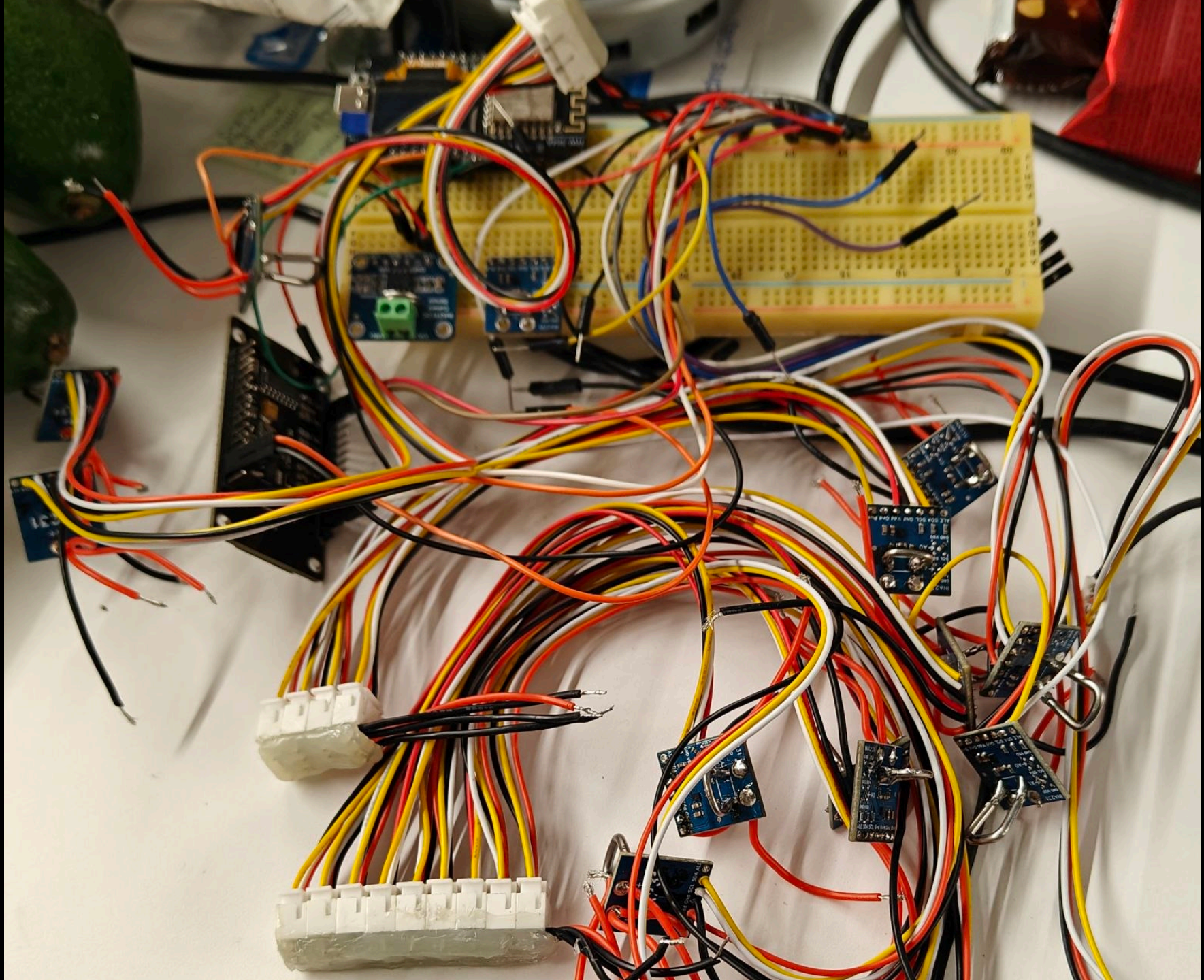


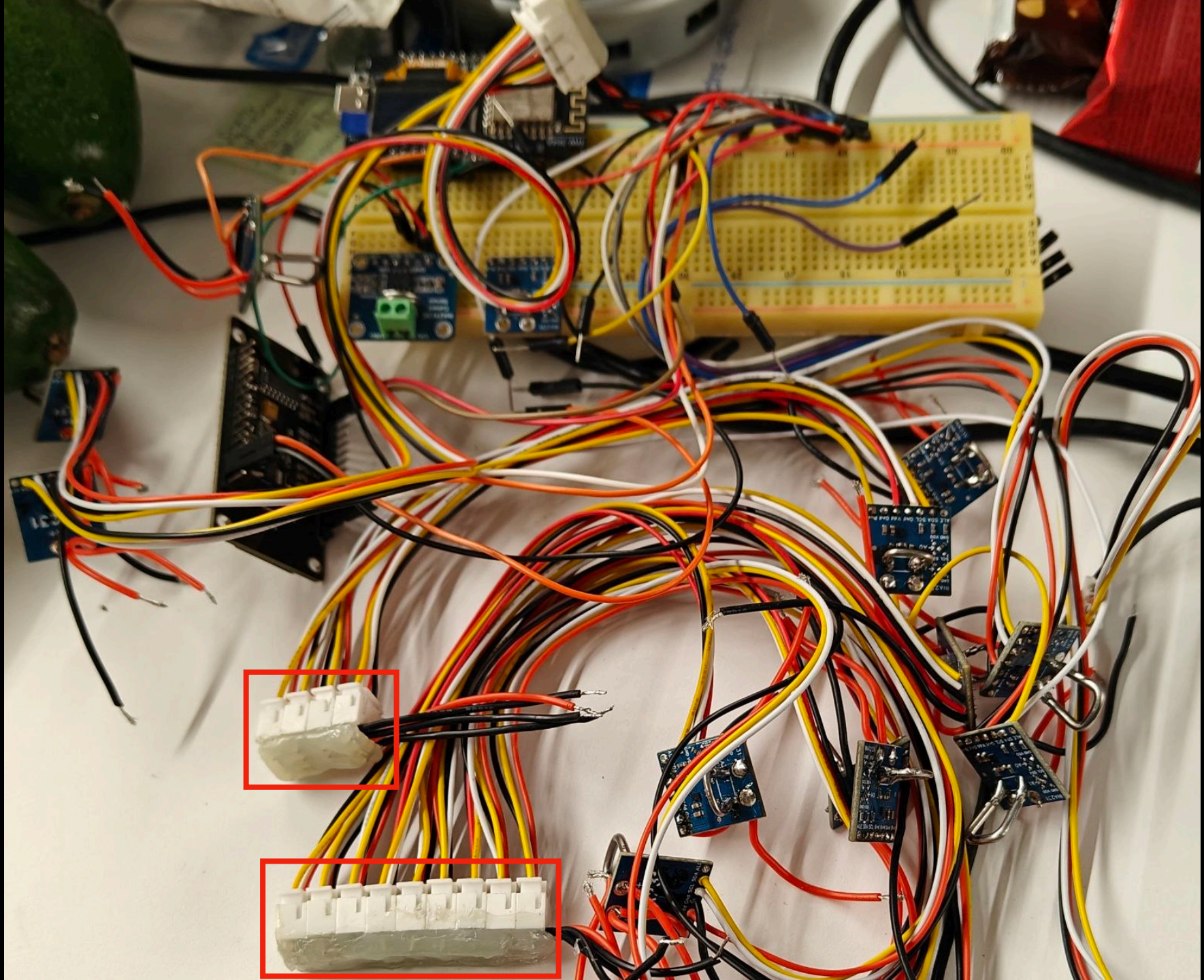
- Сила тока
- Напряжение
- Датчик

Схема

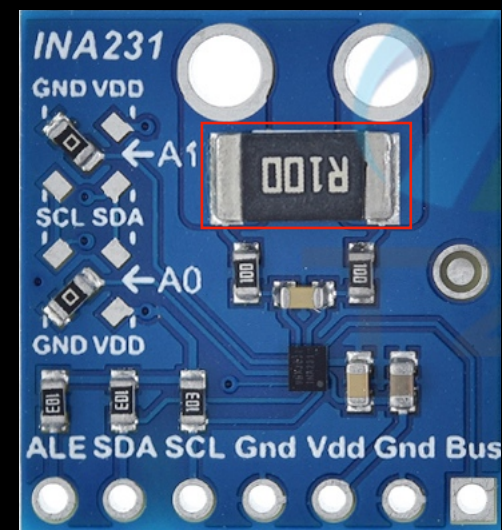


- Сила тока
- Напряжение
- Датчик



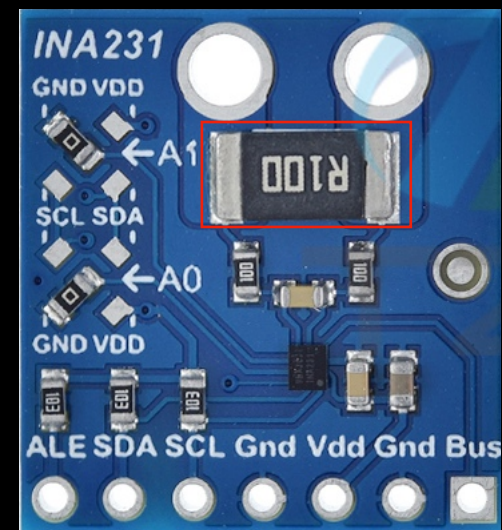


Аппаратная часть



Аппаратная часть

- Замена шунта на 5 мОм (10 А)



Аппаратная часть

- Замена шунта на 5 мОм (10 А)



Аппаратная часть

- Замена шунта на 5 мОм (10 А)
- Пайка перемычек адреса



Аппаратная часть

- Замена шунта на 5 мОм (10 А)
- Пайка перемычек адреса
- Пайка БР (папа) к INAxxx



Аппаратная часть

- Замена шунта на 5 мОм (10 А)
- Пайка перемычек адреса
- Пайка БР (папа) к INAxxx
- Пайка БР (мама) к МК

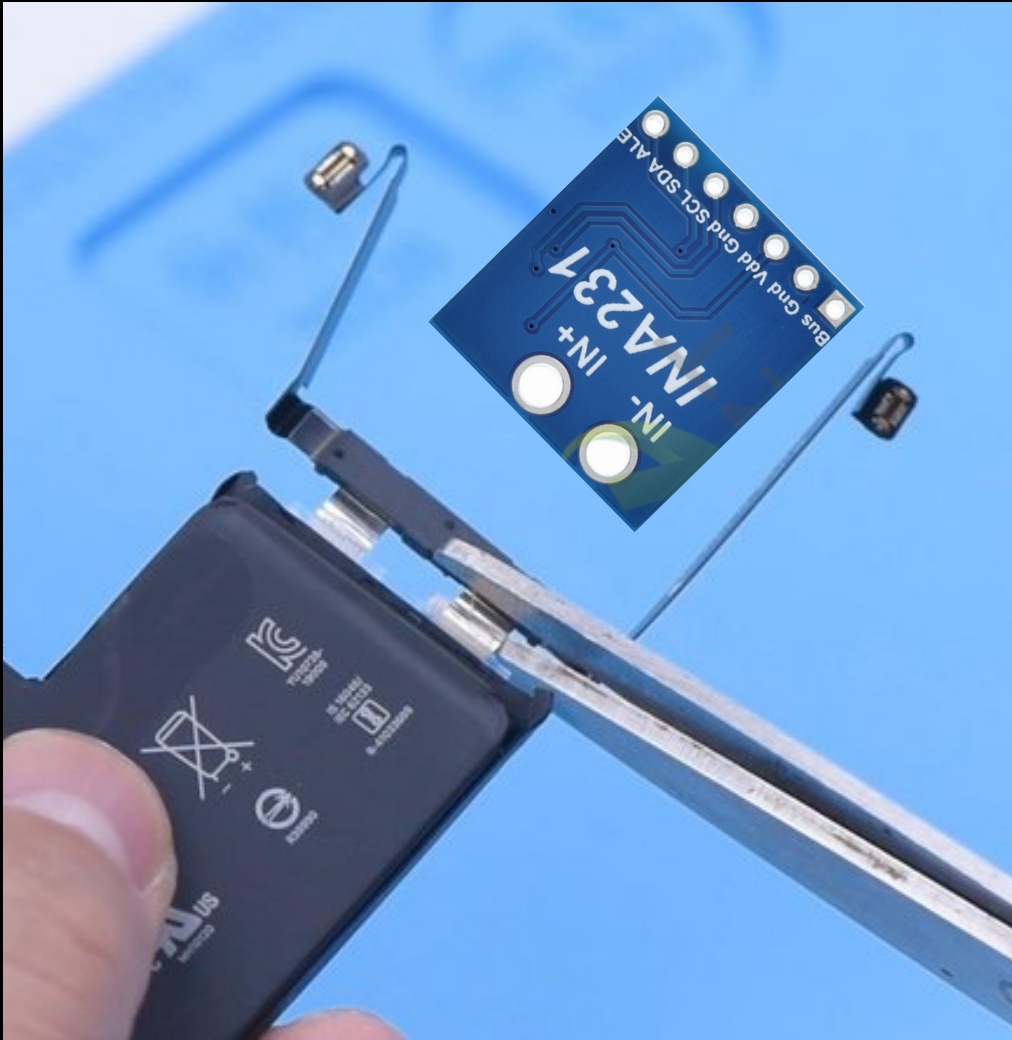


Аппаратная часть

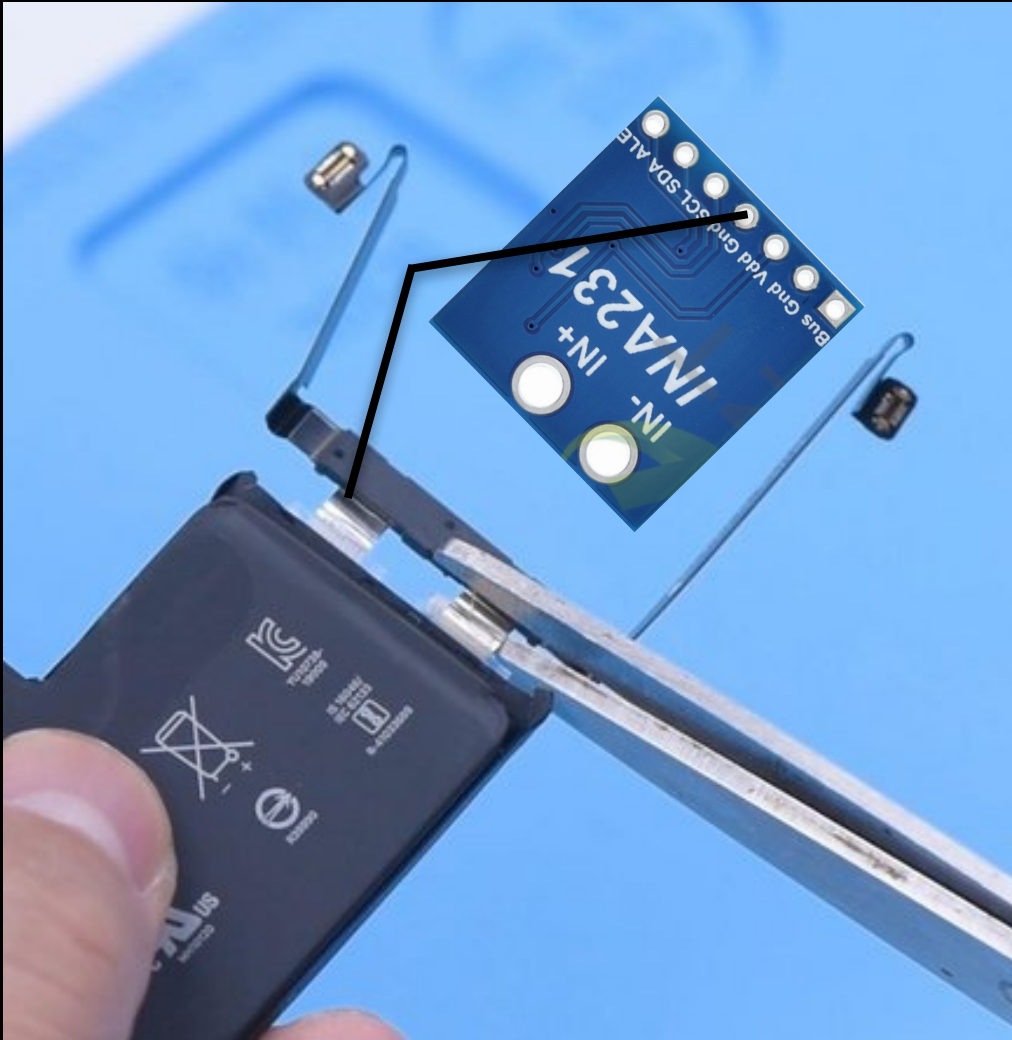
- Замена шунта на 5 мОм (10 А)
- Пайка перемычек адреса
- Пайка БР (папа) к INAxxx
- Пайка БР (мама) к МК
- Пайка INAxxx к нагрузке



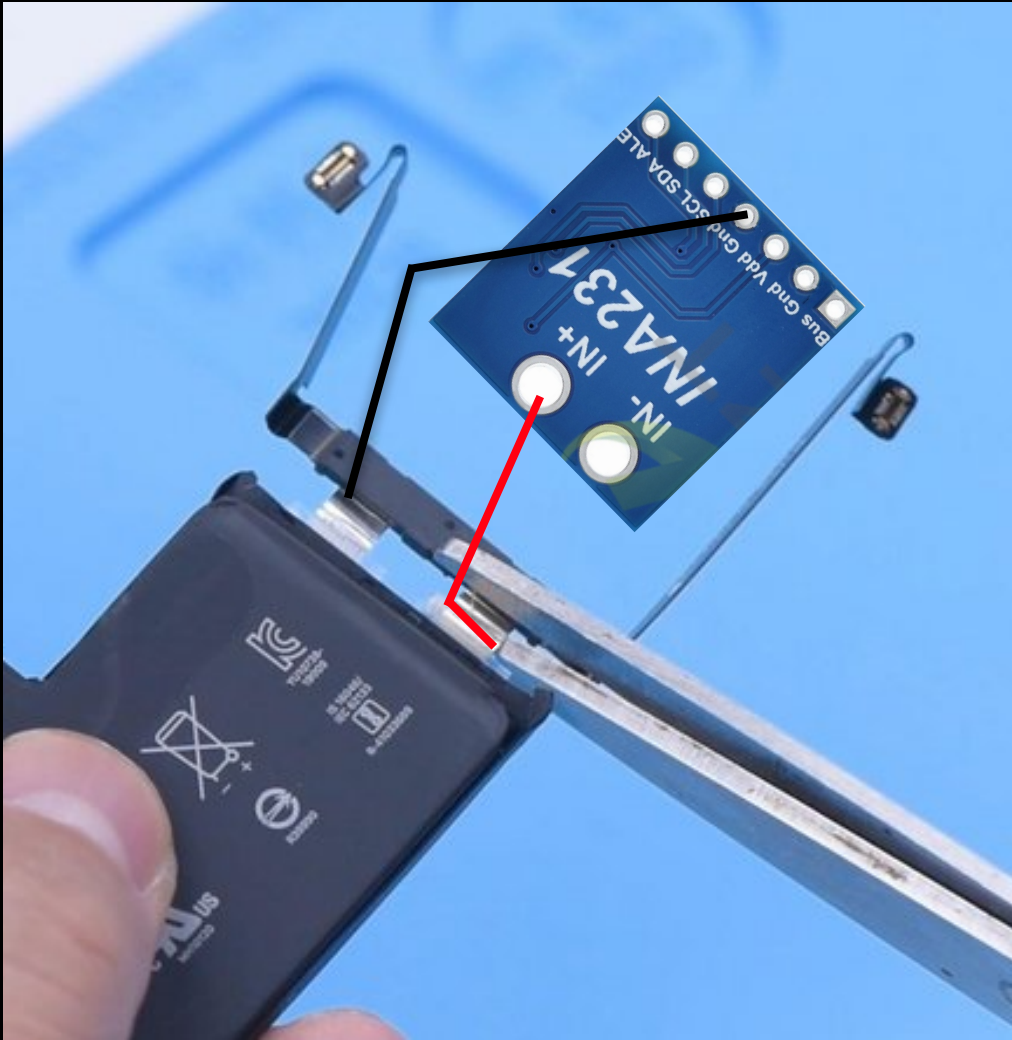
Пайка к нагрузке



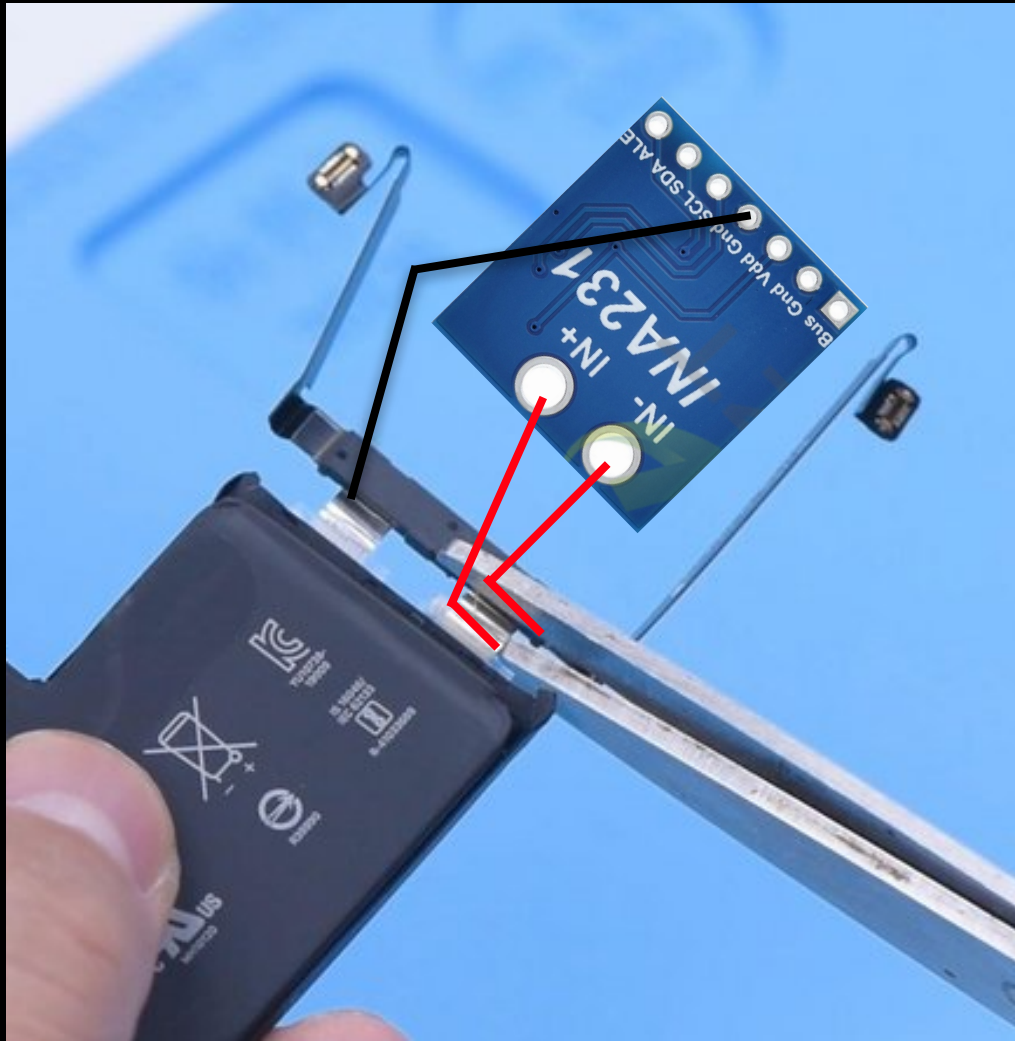
Пайка к нагрузке



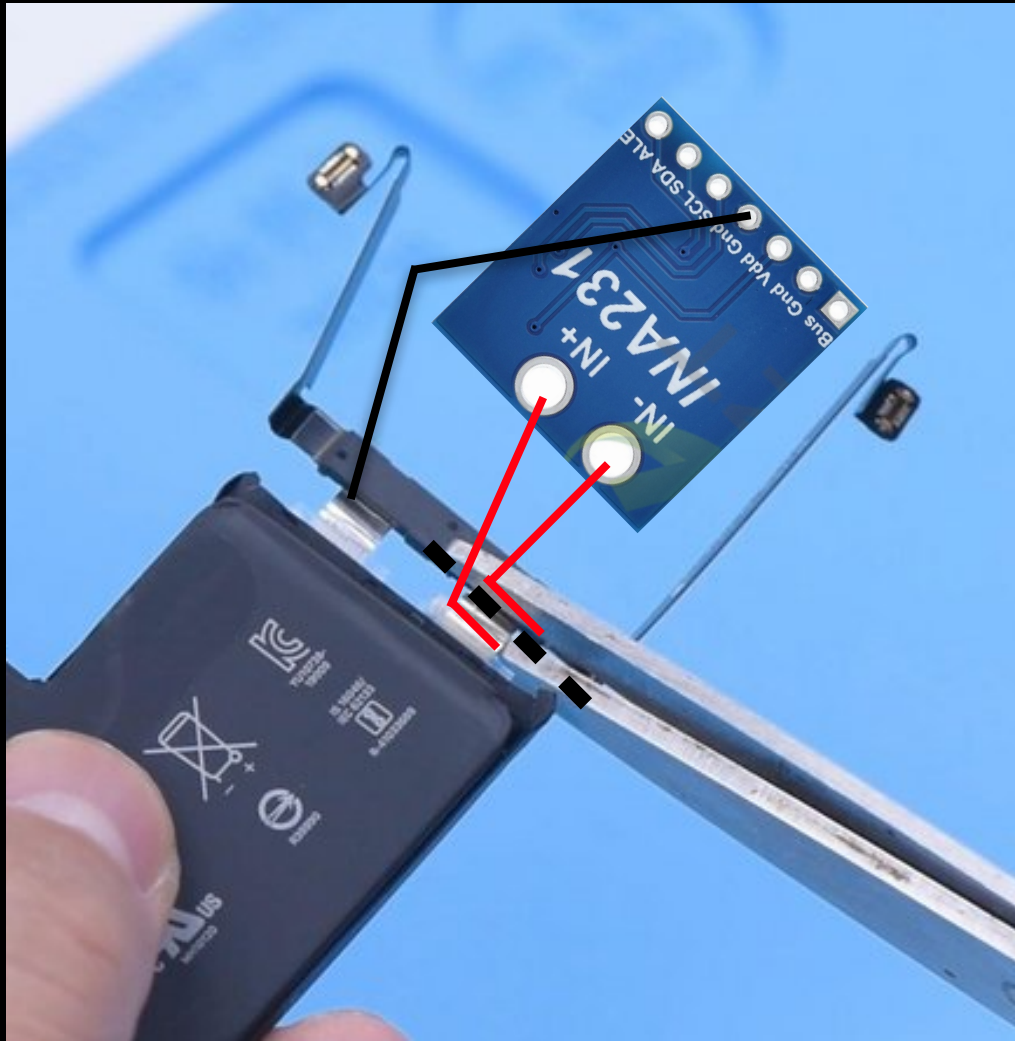
Пайка к нагрузке



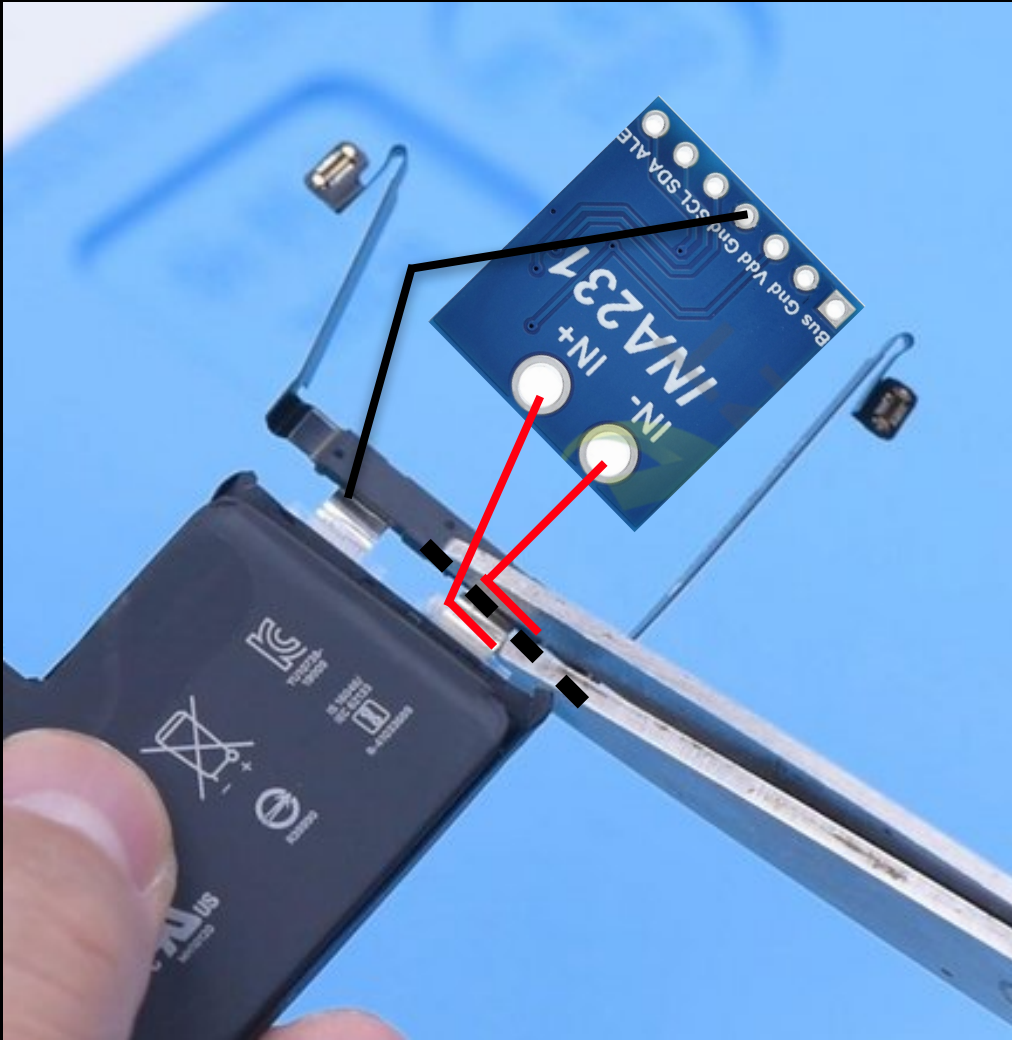
Пайка к нагрузке



Пайка к нагрузке

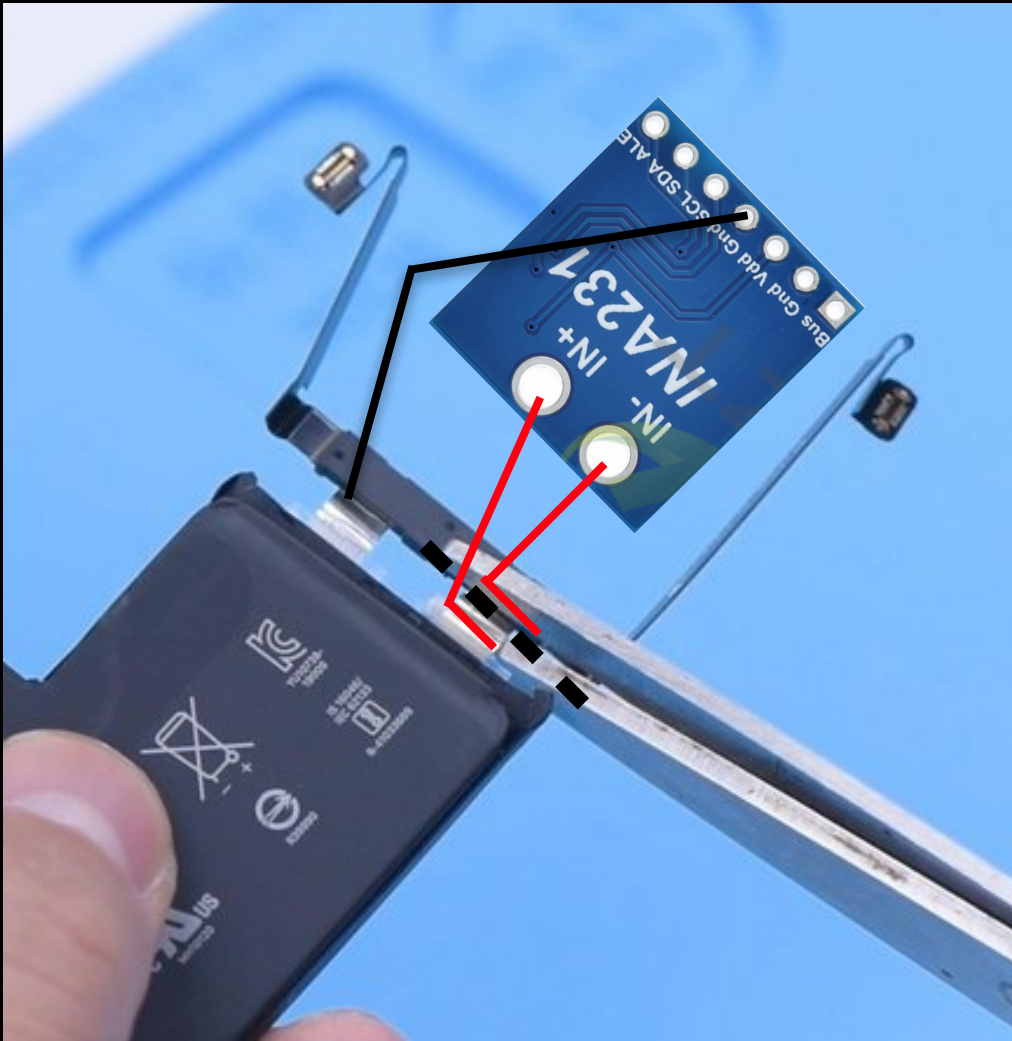


Пайка к нагрузке



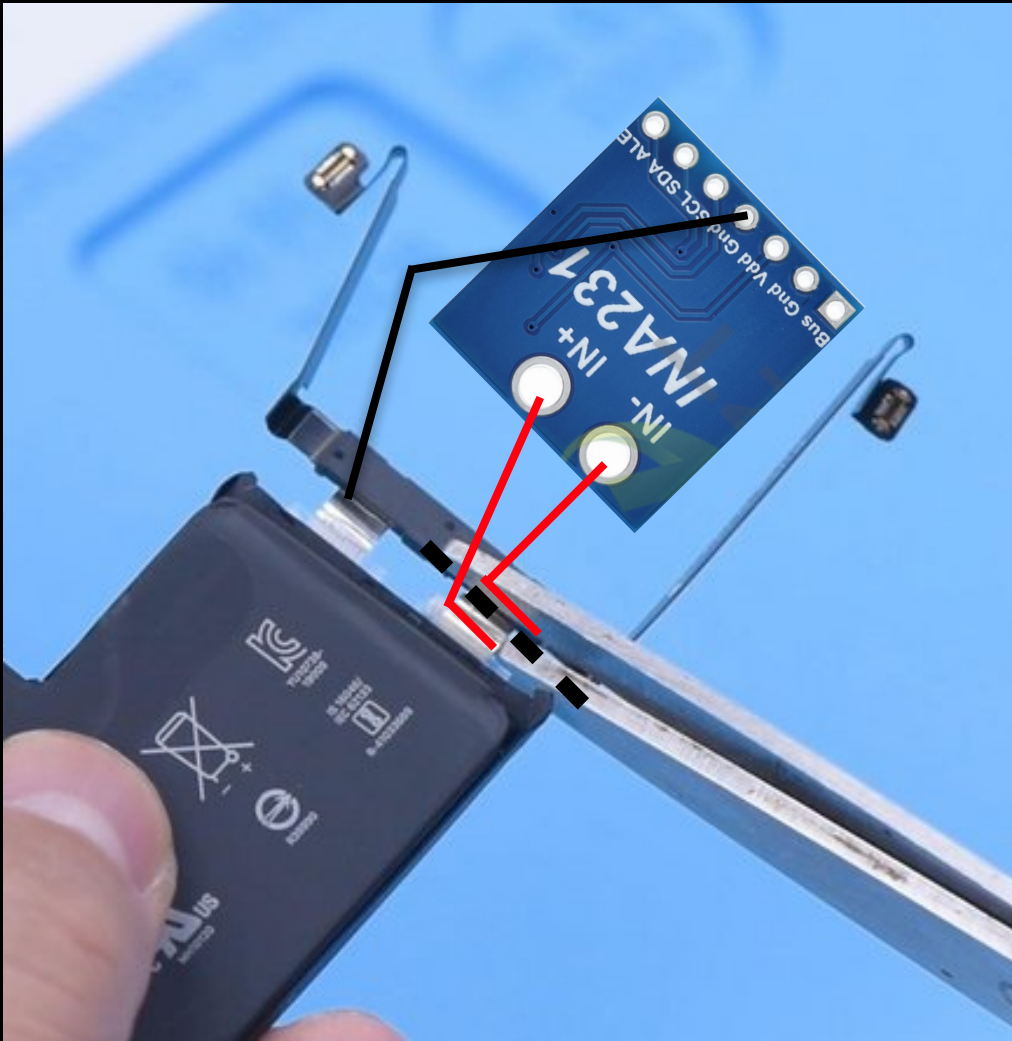
- Ортофосфорная кислота

Пайка к нагрузке



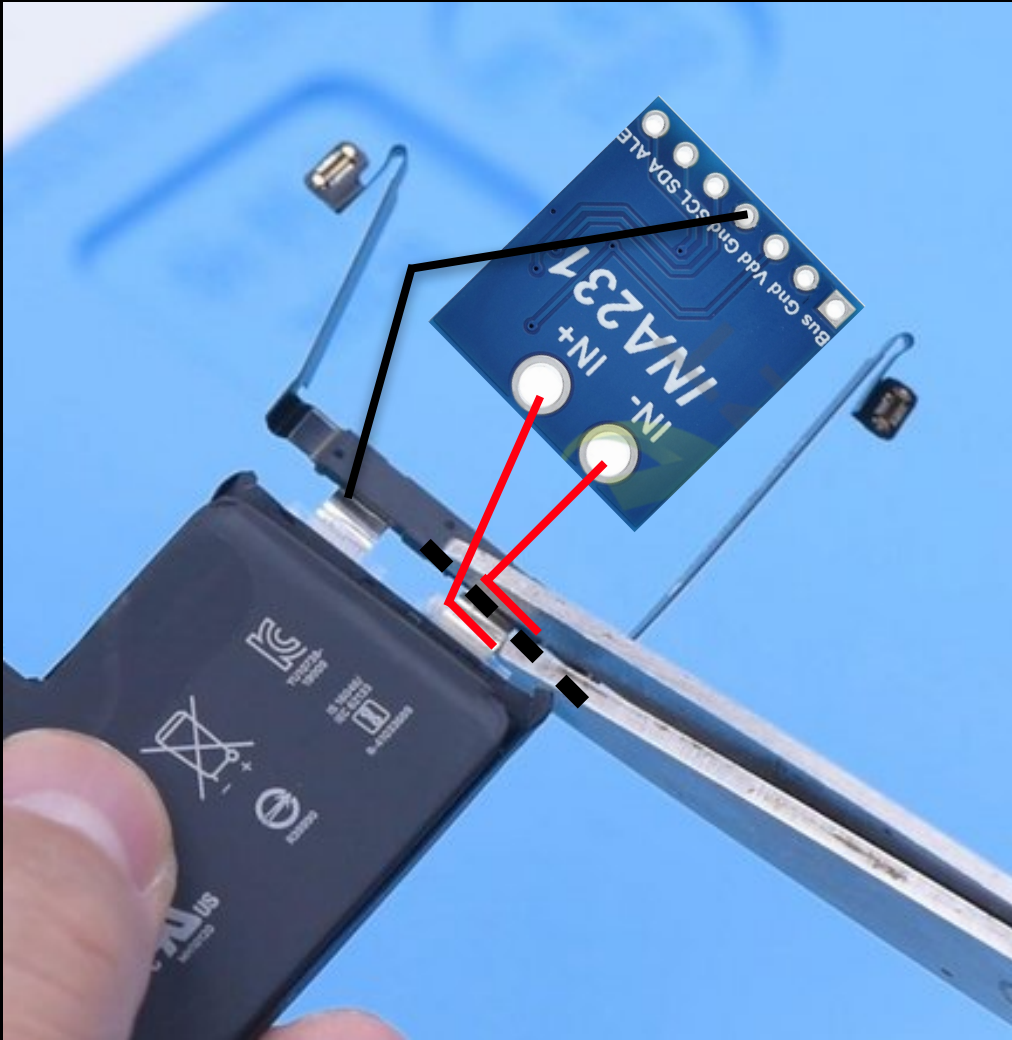
- Ортофосфорная кислота
- Нейтрализатор кислоты (сода)

Пайка к нагрузке



- Ортофосфорная кислота
- Нейтрализатор кислоты (сода)
- Припой ПОС61 (канифоль)

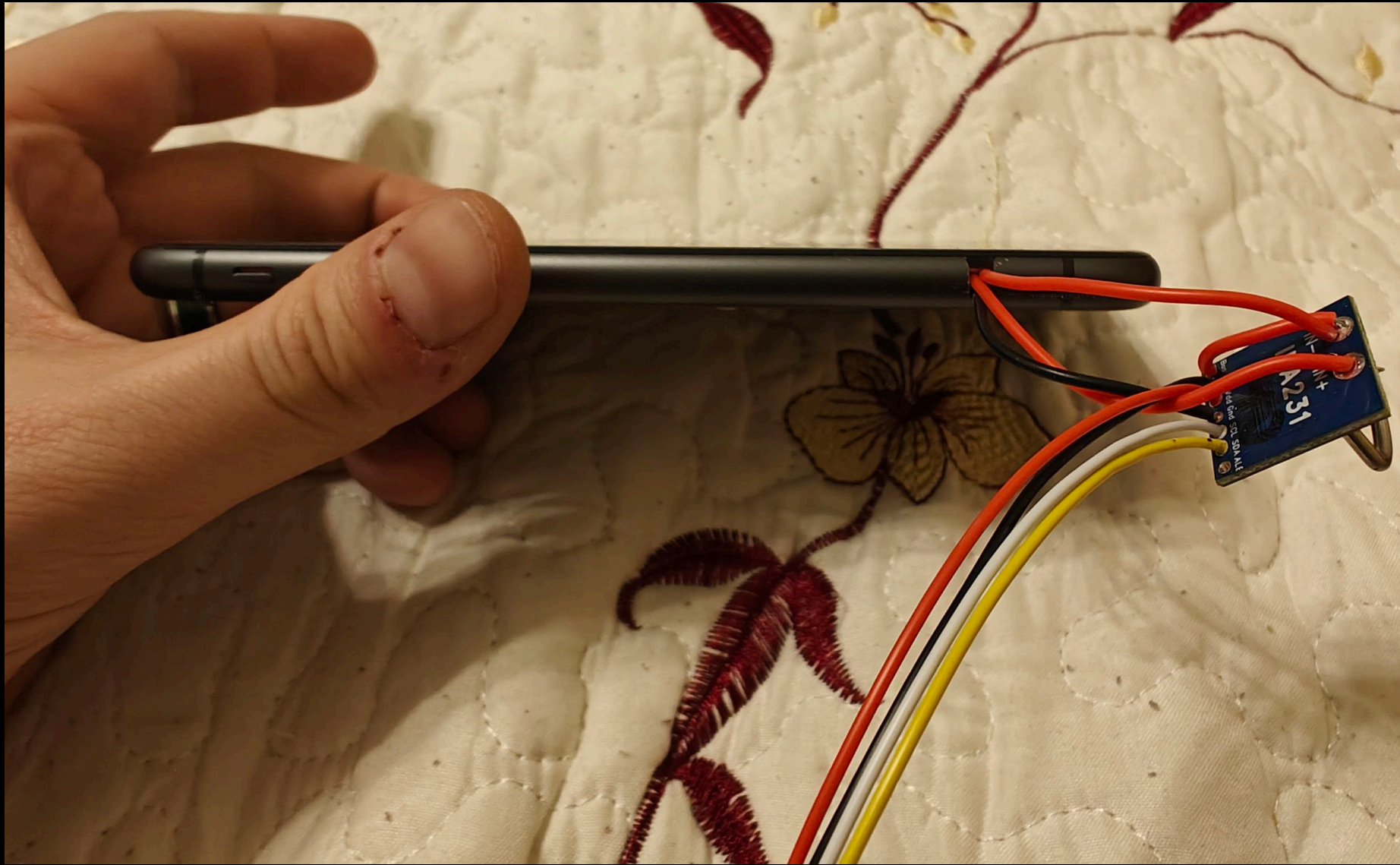
Пайка к нагрузке



- Ортофосфорная кислота
- Нейтрализатор кислоты (сода)
- Припой ПОС61 (канифоль)
- Паять ближе к BMS







Зд печать

Зд печать

- Подставка под телефон

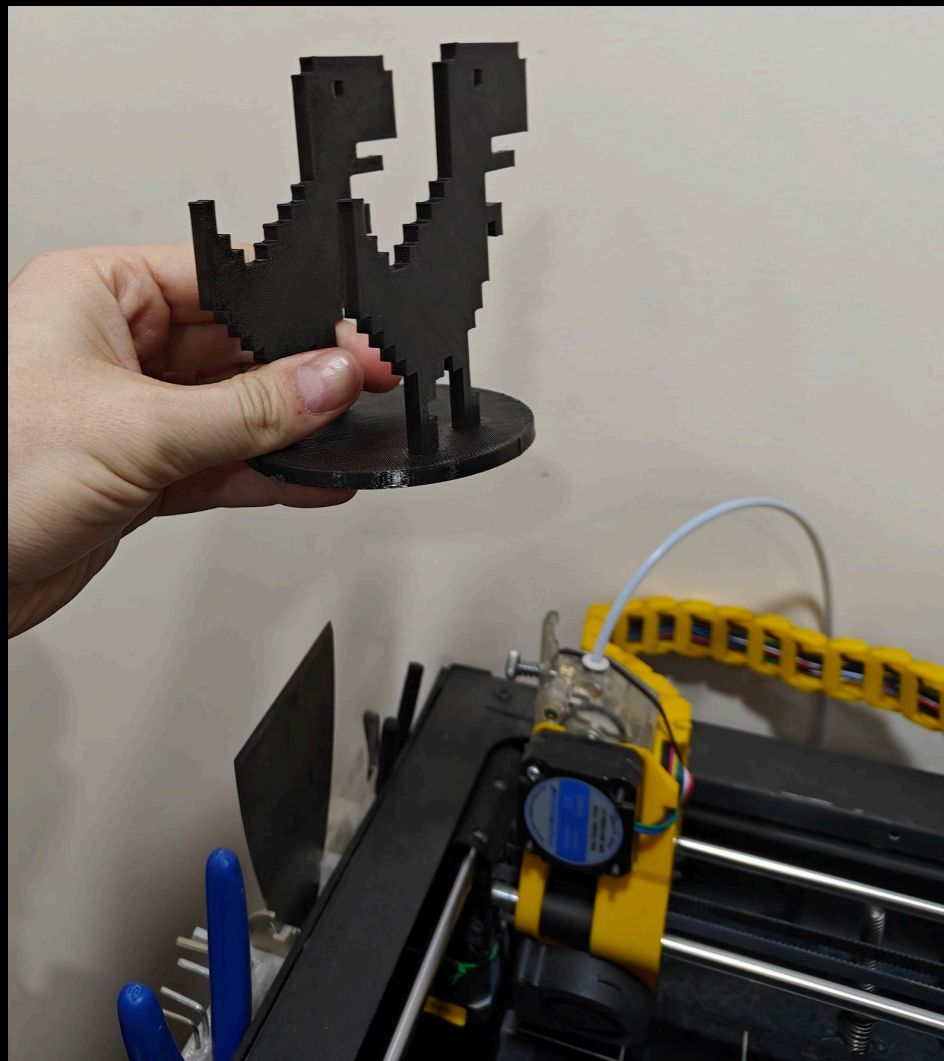
3д печать

- Подставка под телефон
- Корпус МК

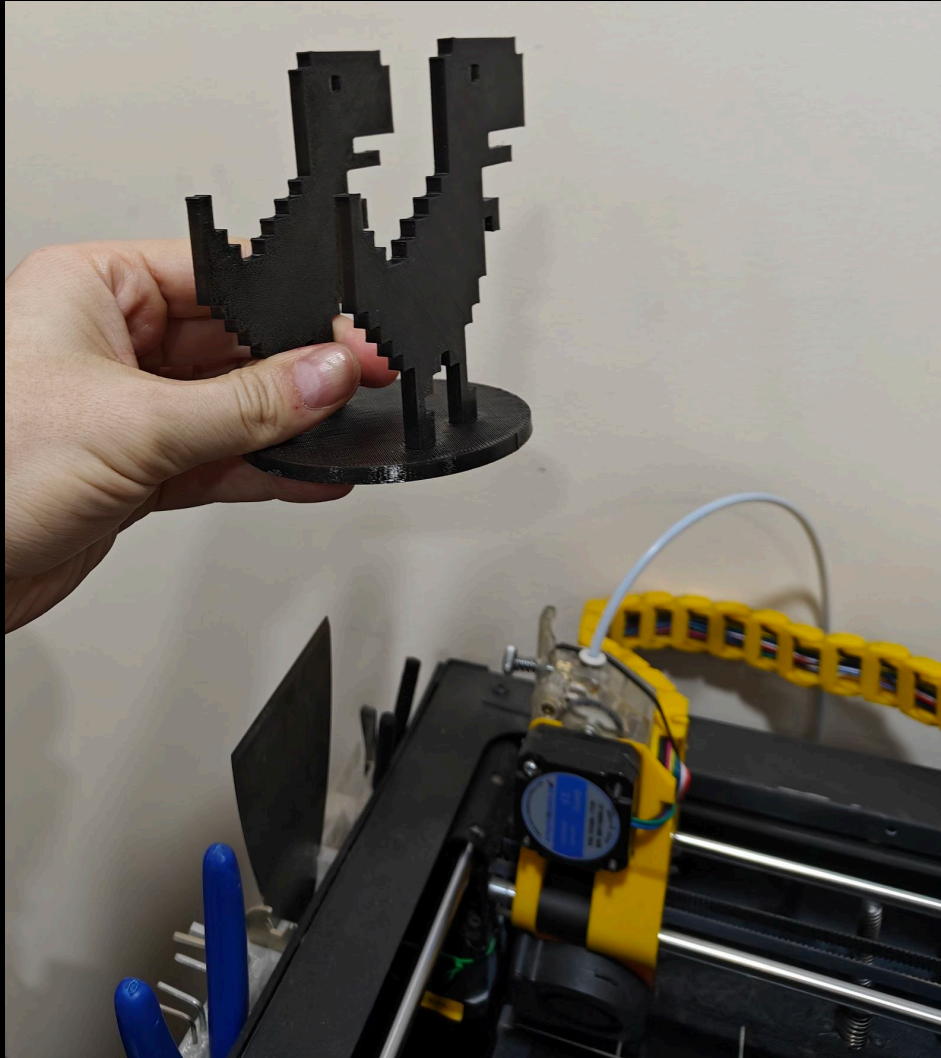
3д печать

- Подставка под телефон
- Корпус МК
- Корпус датчика

Подставка для телефона

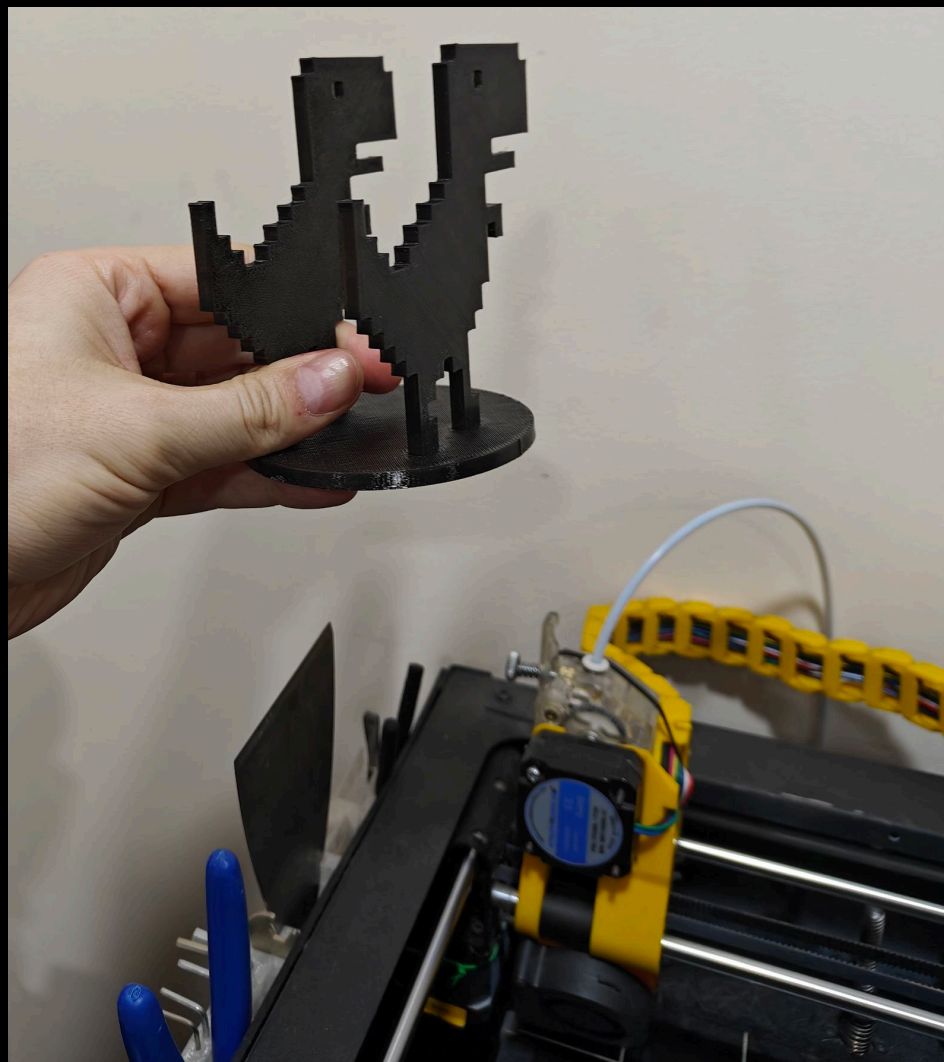


Подставка для телефона



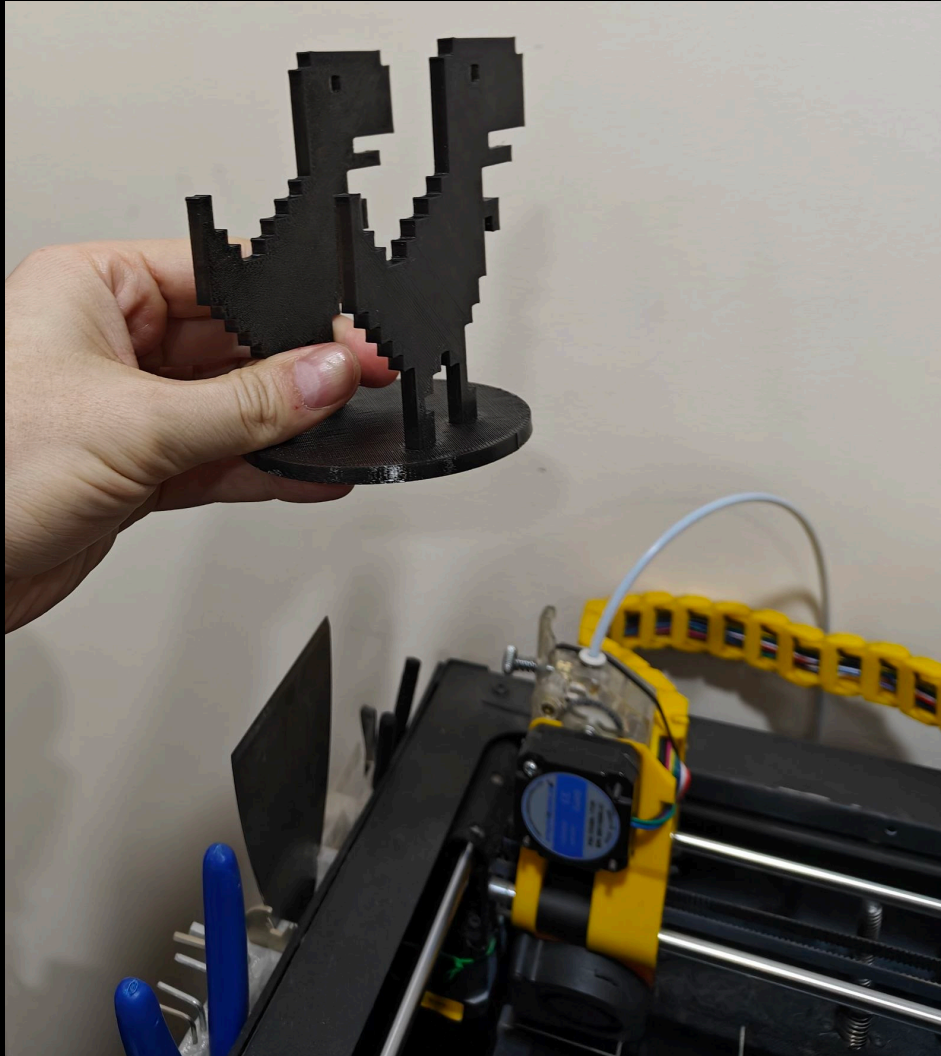
- Удержание телефона

Подставка для телефона



- Удержание телефона
- Кабель в телефон

Подставка для телефона



- Удержание телефона
- Кабель в телефон
- Пространство для датчика

Корпус датчика INA231



Корпус датчика INA231



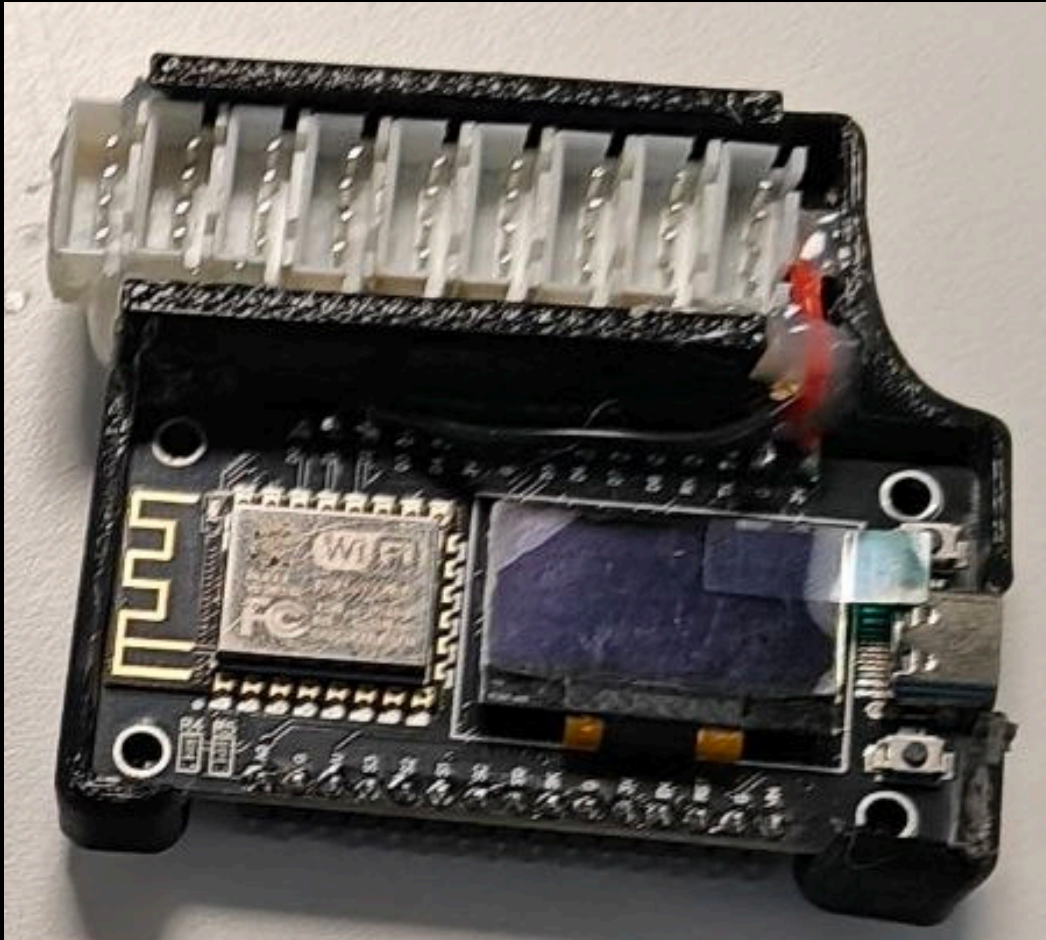
- Крепится на телефон

Корпус датчика INA231

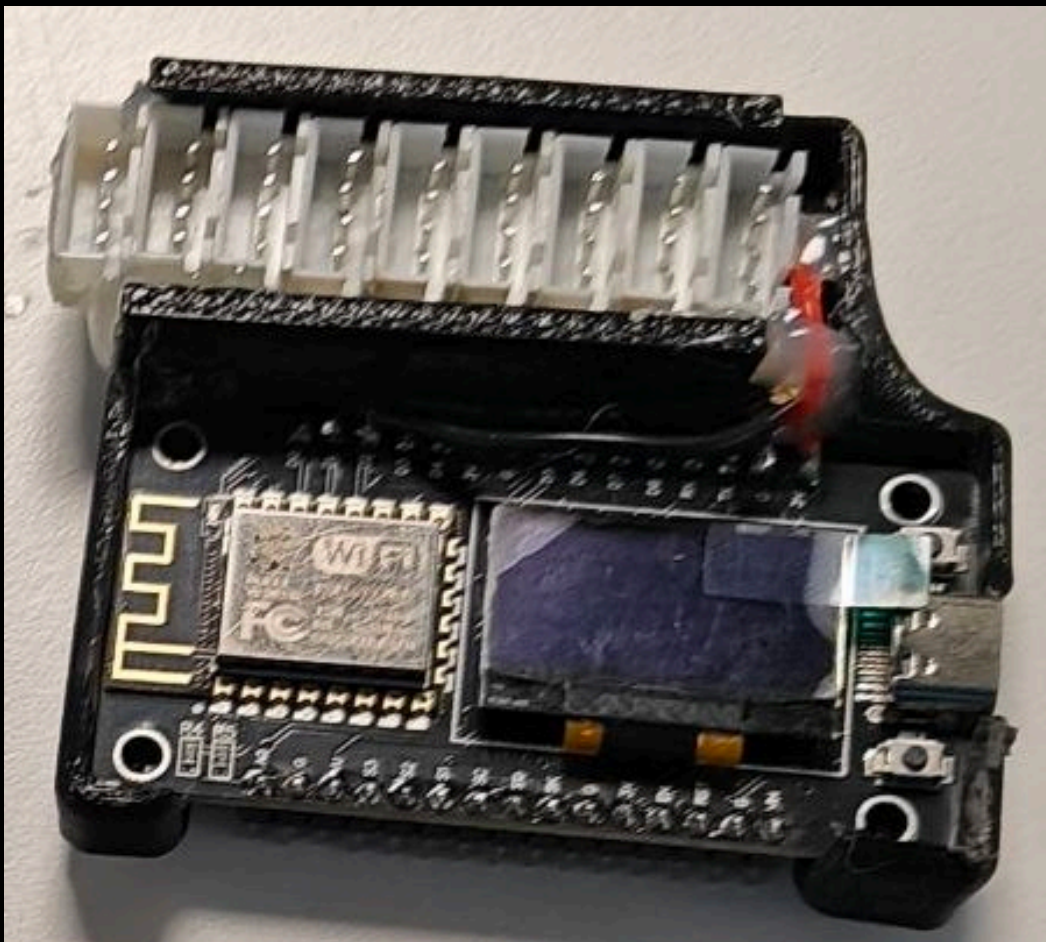


- Крепится на телефон
- Защита датчика

Корпус МК

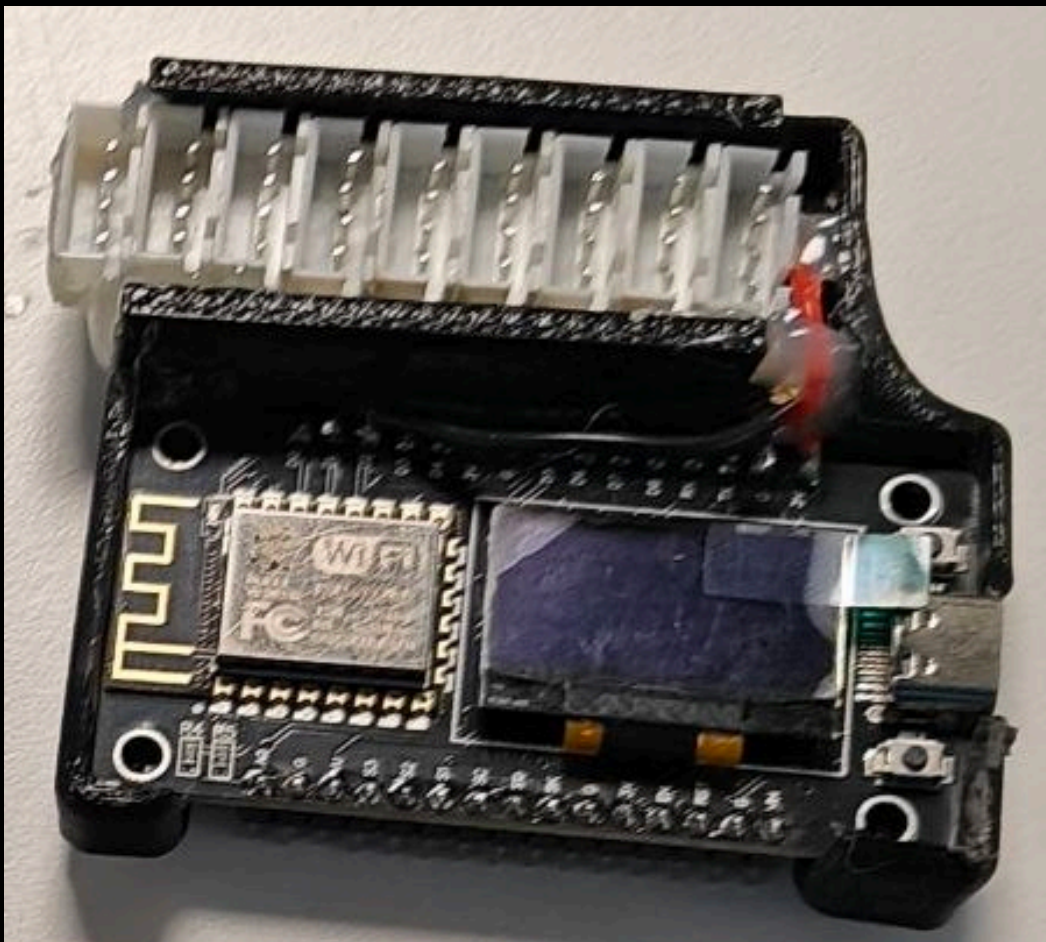


Корпус МК



- Фиксирует МК

Корпус МК



- Фиксирует МК
- Фиксирует шину I2C

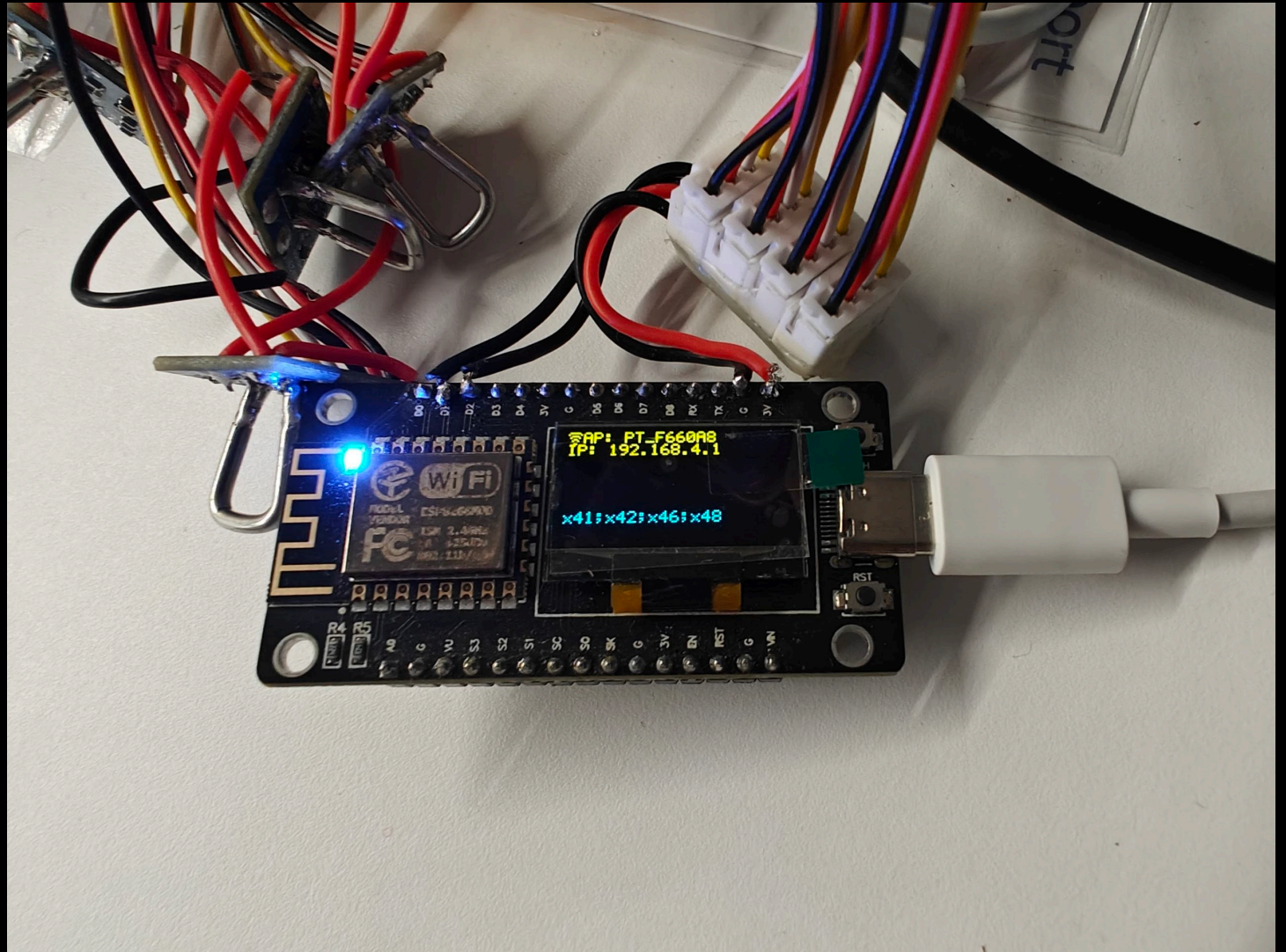
Комплект для измерений



Эксплуатация

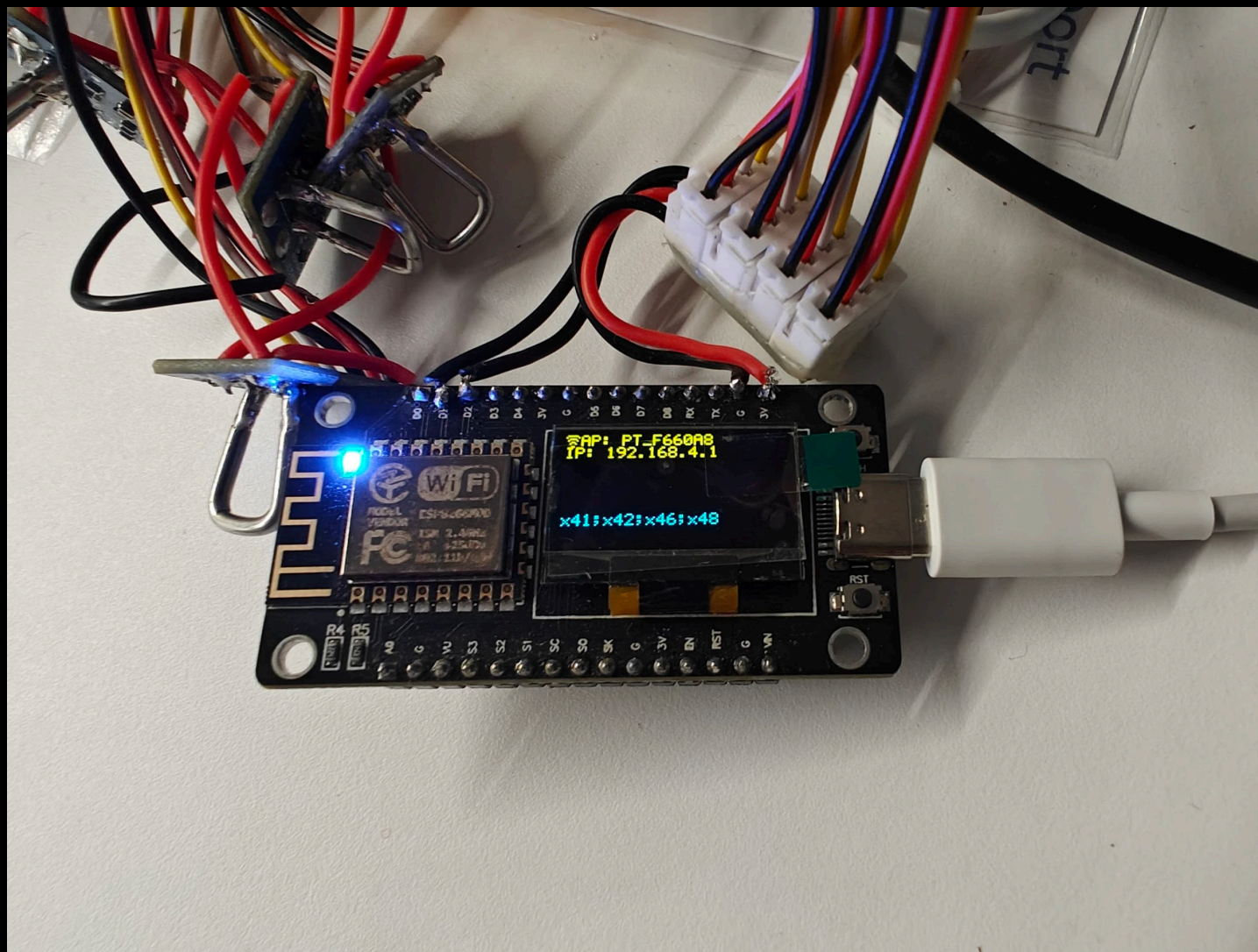
Эксплуатация

Эксплуатация



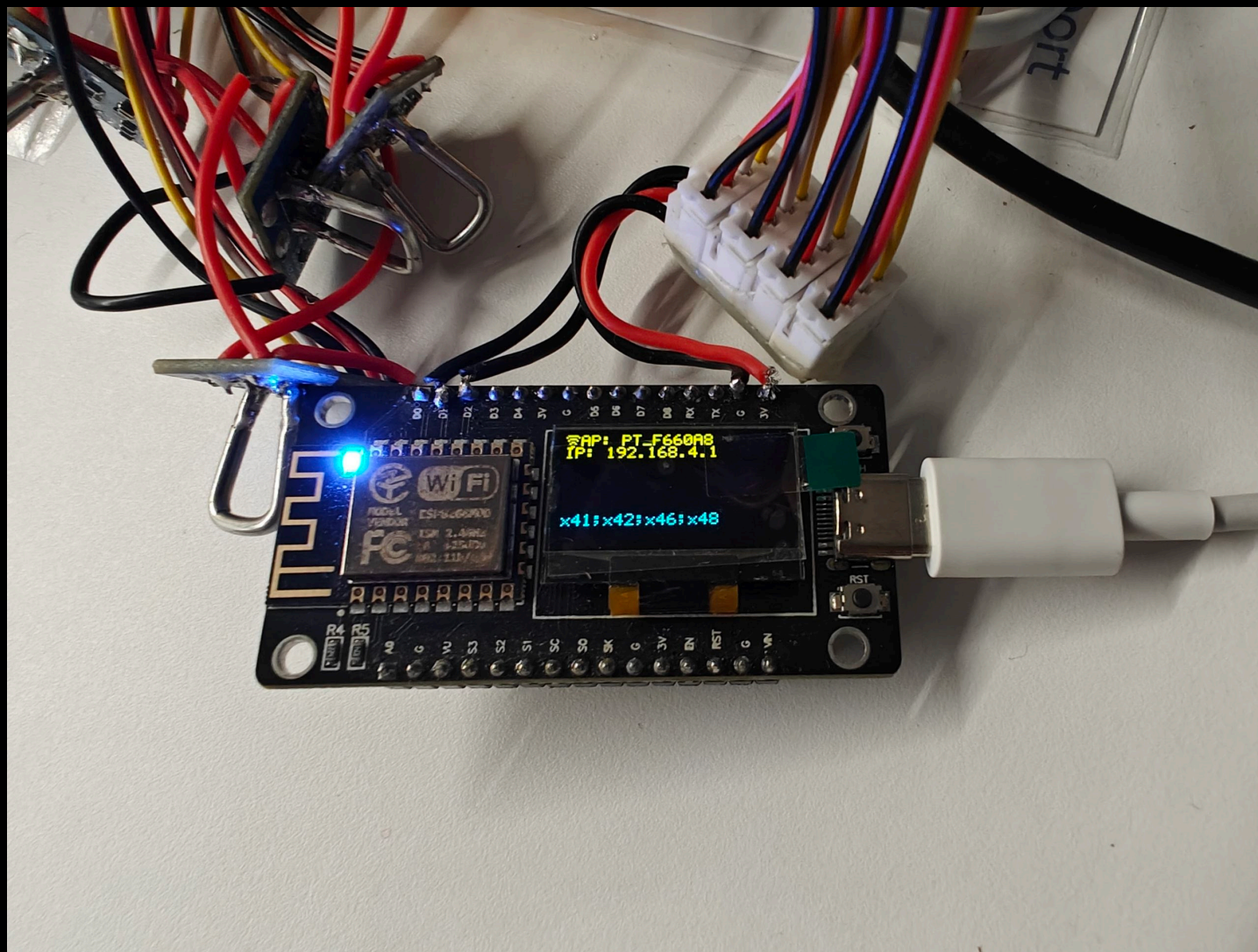
Эксплуатация

- UI-тесты/CI



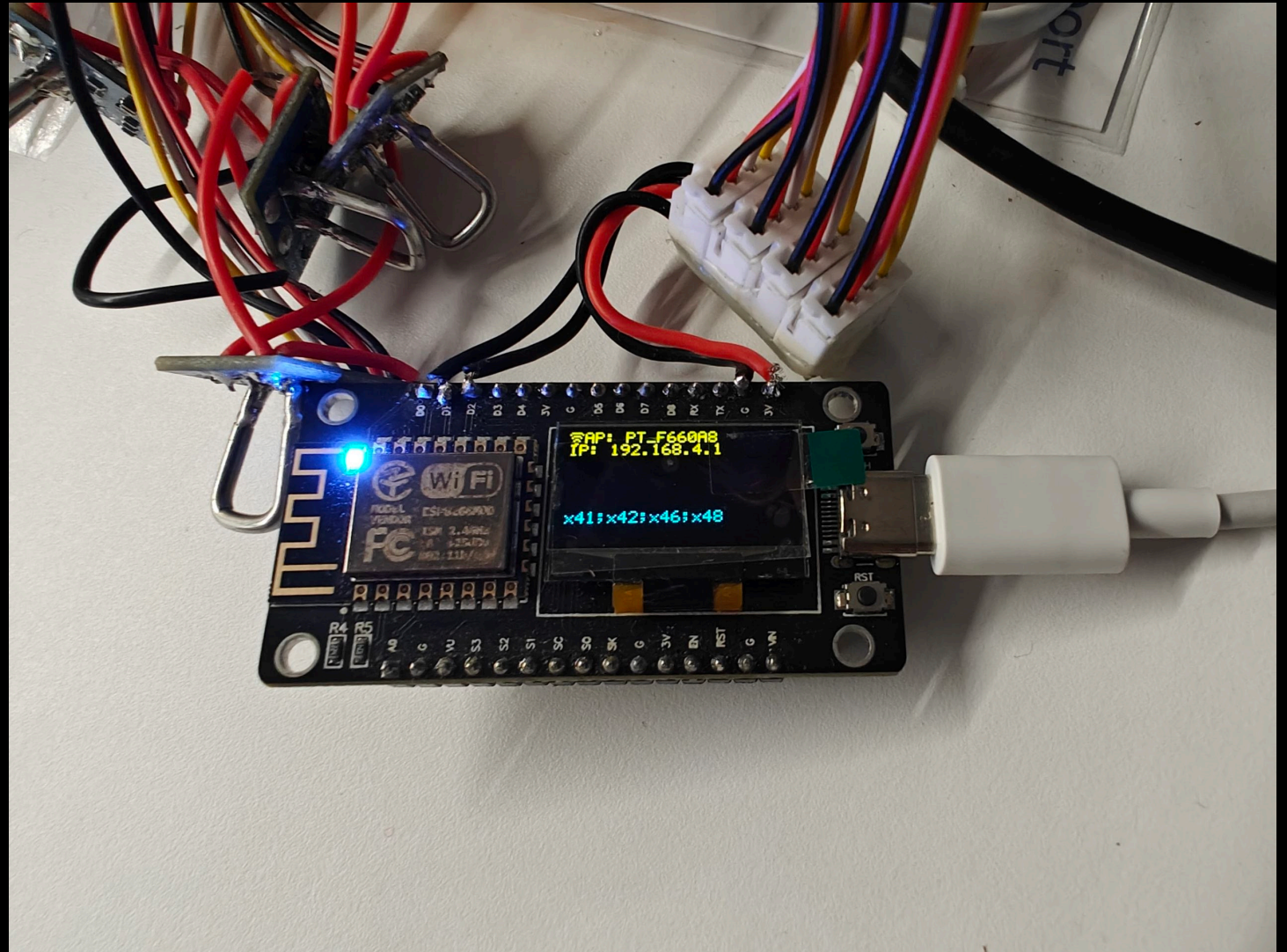
Эксплуатация

- UI-тесты/CI
- Проверка гипотез



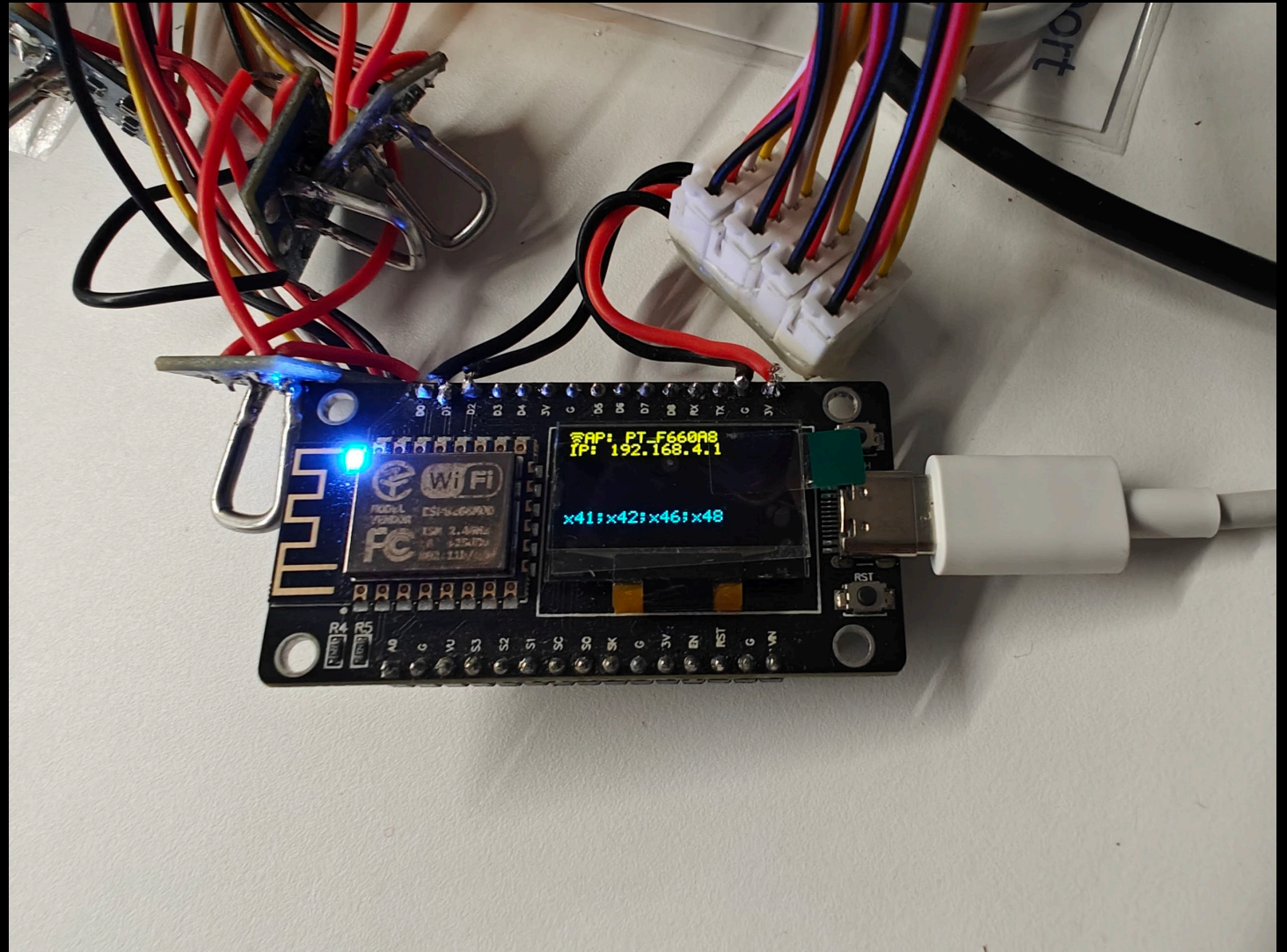
Эксплуатация

- UI-тесты/CI
- Проверка гипотез
- Разработка и отладка:
hardware & software



Эксплуатация

- UI-тесты/CI
- Проверка гипотез
- Разработка и отладка:
hardware & software
- ???



Эксплуатация

The screenshot shows the 'Power tracker' application interface on a mobile device. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, a refresh icon, a lock icon, and the text 'Не защищён 192.168.1.233'. Below this, the app title 'Power tracker' is displayed with a Wi-Fi icon and a hamburger menu icon. Three device identifiers are shown: '0x40', '0x43', and '0x44', with '0x44' highlighted in a green circle. The 'Device info' section contains a table with the following data:

Device info	
Name	122 - Xiaomi Redmi 12
OS	Android 14
Serial Number	WH0200406
INA device	INA231

The 'Sensor Status' section contains a table with the following data:

Sensor Status	
Status	●
Capacity, %	100
Voltage, V	4.38
Shunt, mV	0.00
Current, mA	0.61
Power, mW	0.00

At the bottom, there are two large green buttons labeled 'Track' and 'Settings'.

Эксплуатация

The screenshot displays the 'Power tracker' application interface. At the top, there are three device ID buttons: '0x40', '0x43', and '0x44', with '0x44' being highlighted in green. Below this is the 'Device info' section, which contains a table with the following data:



Field	Value
Name	122 - Xiaomi Redmi 12
OS	Android 14
Serial Number	WH0200406
INA device	INA231

Below the device info is the 'Sensor Status' section, which contains a table with the following data:

Field	Value
Status	●
Capacity, %	100
Voltage, V	4.38
Shunt, mV	0.00
Current, mA	0.61
Power, mW	0.00

At the bottom of the screen, there are two large green buttons labeled 'Track' and 'Settings'.

Эксплуатация

Power tracker  

Wi-Fi settings >

Board Config >

Updates >

0x40 0x43 0x44



Device info

Name	iPhone 11
OS	iOS
Serial Number	WH126246
Full capacity	3120

Curciut params

Power Strategy	Battery ▾
Min Voltage, V	3.3
Max Voltage, V	4.2
Shunt resistance, Ω	0.05
Max current, A	10
Current kFactor	0
Voltage kFactor	0

Эксплуатация

Power tracker  

Wi-Fi settings >

Board Config >

Updates >

0x40 0x43 0x44



Device info






Name	iPhone 11
OS	iOS
Serial Number	WH126246
Full capacity	3120



Curciut params

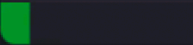
Power Strategy	Battery ▾
Min Voltage, V	3.3
Max Voltage, V	4.2
Shunt resistance, Ω	0.05
Max current, A	10
Current kFactor	0
Voltage kFactor	0

Эксплуатация

Power tracker  



    

/data.db 1.1k  

 Flash: 40.96/1024.00 kB [4%]

Uptime	0:00:05:00
Start	2026-04-28 01:26:27
MAC	44:17:93:39:69:2B
Local IP	192.168.1.233
RSSI	86%
Firmware	-

Проект Power tracker. Работает на библиотеке [Settings](#) v1.3.16

Power tracker  

Wi-Fi settings >

Board Config >

Updates >

0x40 0x43 0x44

Device info

Name	iPhone 11
OS	iOS
Serial Number	WH126246
Full capacity	3120

Curciut params

Power Strategy	Battery ▾
Min Voltage, V	3.3
Max Voltage, V	4.2
Shunt resistance, Ω	0.05
Max current, A	10
Current kFactor	0
Voltage kFactor	0

API

API

- Start

API

- Start
- Stop

API

- Start
- Stop
- Status

API

- Start
- Stop
- Status
- All

API - start

- start - запуск замеров

```
curl -X GET "192.168.241.177/start?serial=WH0147641"
```

```
{  
  "operation": "start",  
  "serial": "WH0147641",  
  "result": 1  
}
```

API - stop

- stop - остановка замеров и получение результата измерений в ответе. При использовании этого метода результаты в файл не сохраняются.

```
curl -X GET "192.168.241.177/stop?serial=WH0147641"
```

```
{  
  "type": "Tracking 0x41",  
  "stateType": 1,  
  "totalTime": 2,  
  "sensorAddress": 65,  
  "totalCurrent": 0.01,  
  "totalPower": 0.00,  
  "maxCurrent": 0.98,  
  "maxPower": 0.00,  
  "minVoltage": 0.00,  
  "result": 1,  
  "operation": "stop",  
  "serial": "SW0123456"  
}
```

API - status

- status — получение текущего статуса. Необходимо обращать внимание на поле `status`. Если значение `Tracking` — в json будут присутствовать поля по измеренным величинам:

1. Израсходованный заряд в **mAh**,
2. Израсходованная энергия в **mWh**,
3. Минимальное (просадка) напряжение в **V**,
4. Пик тока в **mA**,
5. Пик мощности в **mW**,
6. Время измерения в **секундах**

```
curl -X GET "192.168.241.177/status?serial=WH0147641"
```

```
{  
  "operation": "status",  
  "serial": "WH0147641",  
  "status": "Tracking",  
  "totalTime": 6,  
  "totalCurrent": 1.168755,  
  "totalPower": 4.368473,  
  "maxCurrent": 308.2275,  
  "maxPower": 1098.633,  
  "minVoltage": 3.9,  
  "currentCurrent": 100.23,  
  "currentVoltage": 4.01,  
  "currentPower": 1000.79,  
  "interval": 500,  
}
```

API - all

- all - статусы всех датчиков

```
curl -X GET "192.168.241.177/all"

{
  "sensors": [
    {
      "address": 65,
      "serial": "SW0123456",
      "state": "idle"
    },
    {
      "address": 66,
      "serial": "SN_42",
      "state": "idle"
    },
    {
      "address": 70,
      "serial": "SN_46",
      "state": "idle"
    },
    {
      "address": 72,
      "serial": "SN_48",
      "state": "idle"
    }
  ]
}
```

Основные возможности

ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- Wi-Fi AP/Wi-Fi client

Основные возможности

- Wi-Fi AP/Wi-Fi client
- Web интерфейс и HTTP API

Основные возможности

- Wi-Fi AP/Wi-Fi client
- Web интерфейс и HTTP API
- OTA

Основные возможности

- Wi-Fi AP/Wi-Fi client
- Web интерфейс и HTTP API
- OTA
- 16 датчиков INA (219, 226, 231)

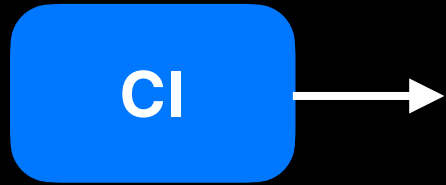
Основные возможности

- Wi-Fi AP/Wi-Fi client
- Web интерфейс и HTTP API
- OTA
- 16 датчиков INA (219, 226, 231)
- Высокая точность

Как мы используем

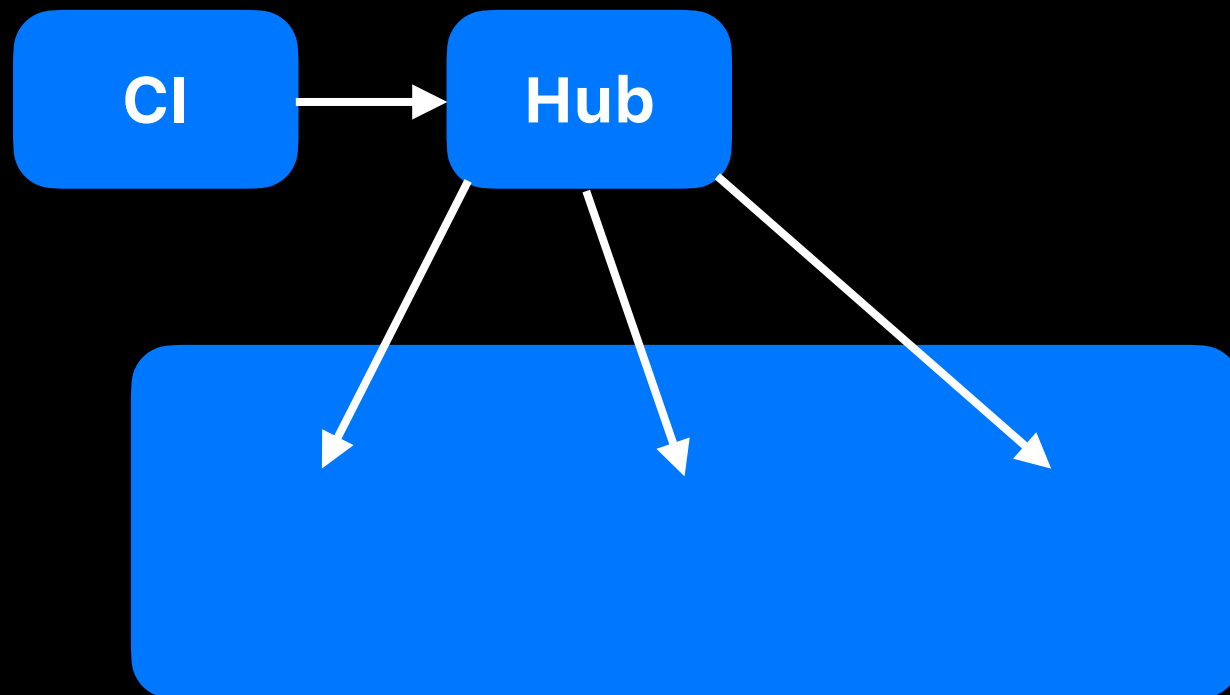
Как мы используем

Как мы используем



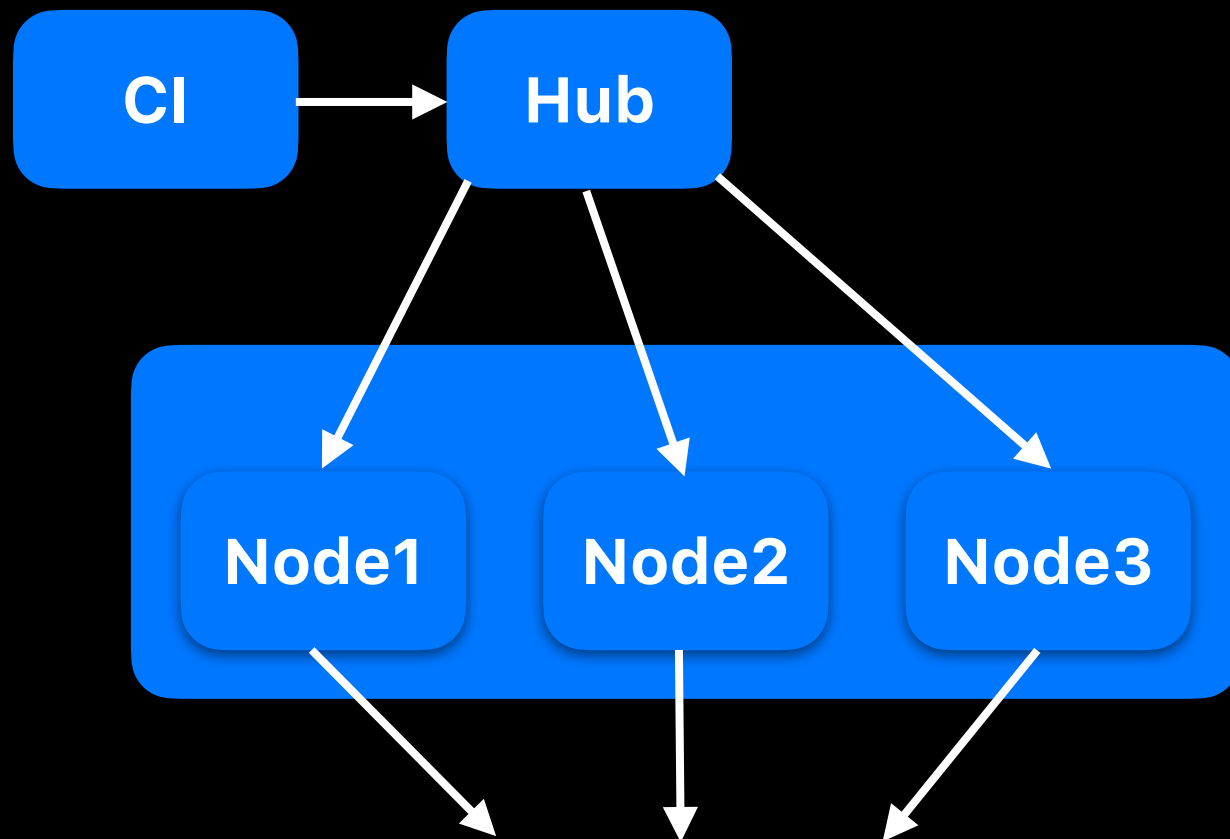
- CI стартует

Как мы используем



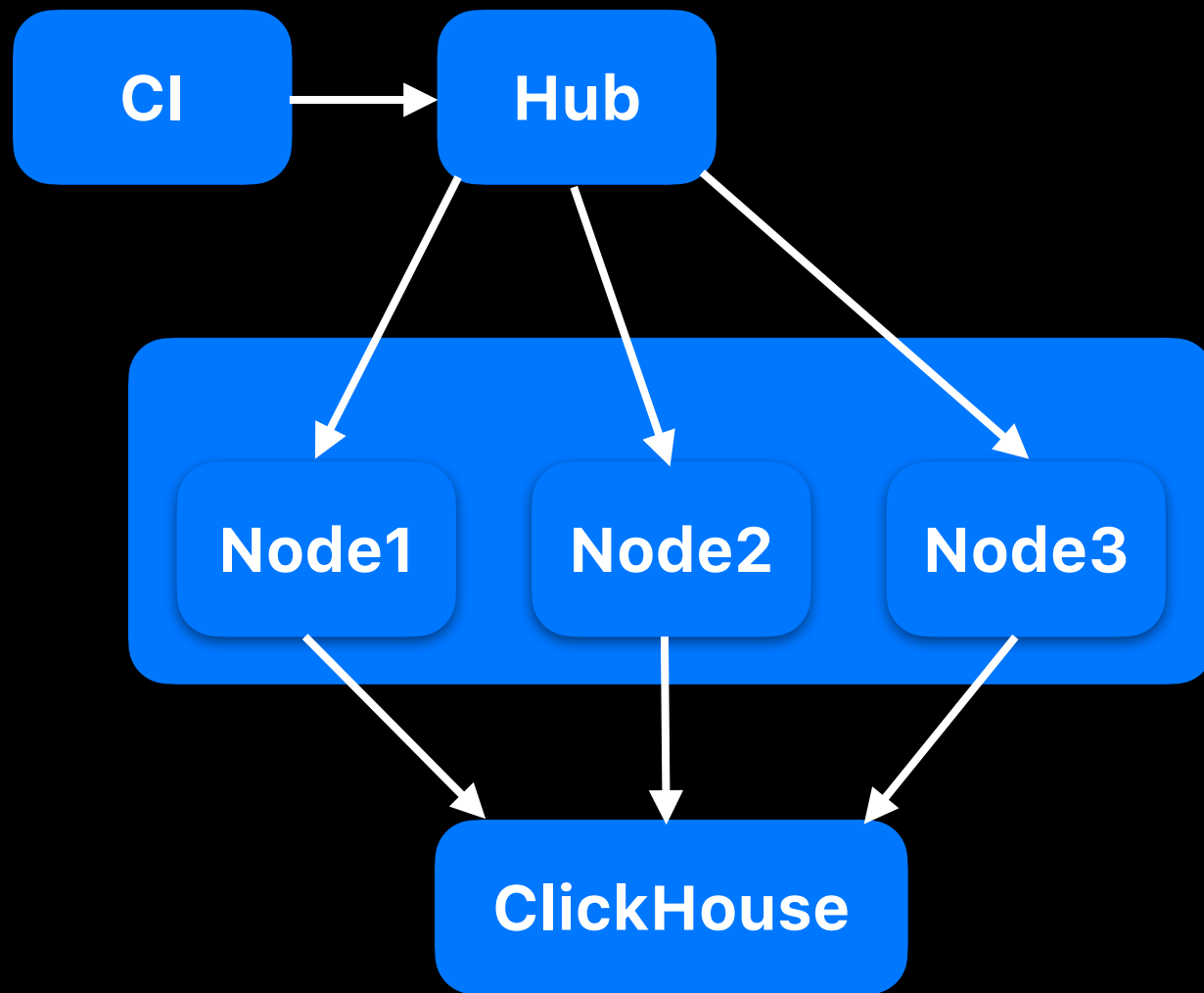
- CI стартует
- Hub распределяет

Как мы используем



- CI стартует
- Hub распределяет
- NodeX прогоняет

Как мы используем



- CI стартует
- Hub распределяет
- NodeX прогоняет
- ClickHouse обрабатывает

СТОИМОСТЬ

СТОИМОСТЬ

Стоимость

- INA231 - 2\$

Стоимость

- INA231 - 2\$
- HW364A (ESP8266 + OLED SSD1306 - 4\$

Стоимость

- INA231 - 2\$
- HW364A (ESP8266 + OLED SSD1306 - 4\$
- Расходники - $0 \dots \infty$ \$

Стоимость

- INA231 - 2\$
- HW364A (ESP8266 + OLED SSD1306 - 4\$
- Расходники - $0 \dots \infty$ \$
- Время сборки комплекта

Сложность и ограничения

Сложность и ограничения

Сложность и ограничения

Сложность и ограничения

- Батареи 2р (iPhone)

Сложность и ограничения

- Батареи 2р (iPhone)
- Необходимость вмешательства в устройство

Доработки

Доработки

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)
- Управление питанием телефонов/планшетов

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)
- Управление питанием телефонов/планшетов
- Платформа для управления (конфиги на сервере и самонастройка)

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)
- Управление питанием телефонов/планшетов
- Платформа для управления (конфиги на сервере и самонастройка)
- ESP32 C6 и INA228

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)
- Управление питанием телефонов/планшетов
- Платформа для управления (конфиги на сервере и самонастройка)
- ESP32 C6 и INA228
- Шлейфы

Доработки

- Плагин для IDE (интеграция с LayoutInspector)
- Управление питанием телефонов/планшетов
- Платформа для управления (конфиги на сервере и самонастройка)
- ESP32 C6 и INA228
- Шлейфы



ИТОГИ

ИТОГИ



ИТОГИ

- Методика измерений



ИТОГИ

- Методика измерений
- Набор элементов



ИТОГИ

- Методика измерений
- Набор элементов
- Инструкция

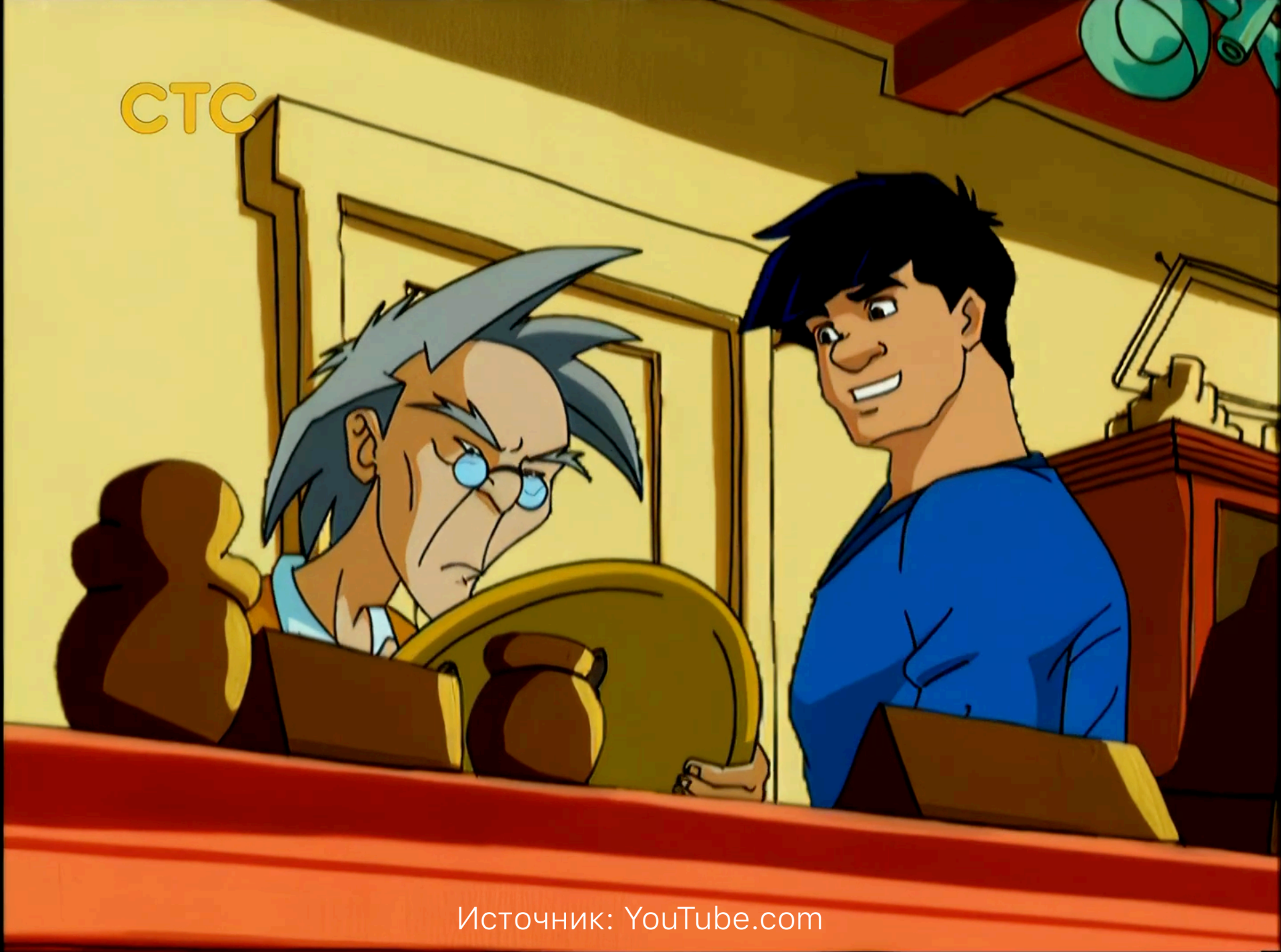


ИТОГИ

- Методика измерений
- Набор элементов
- Инструкция
- 3д модели корпусов

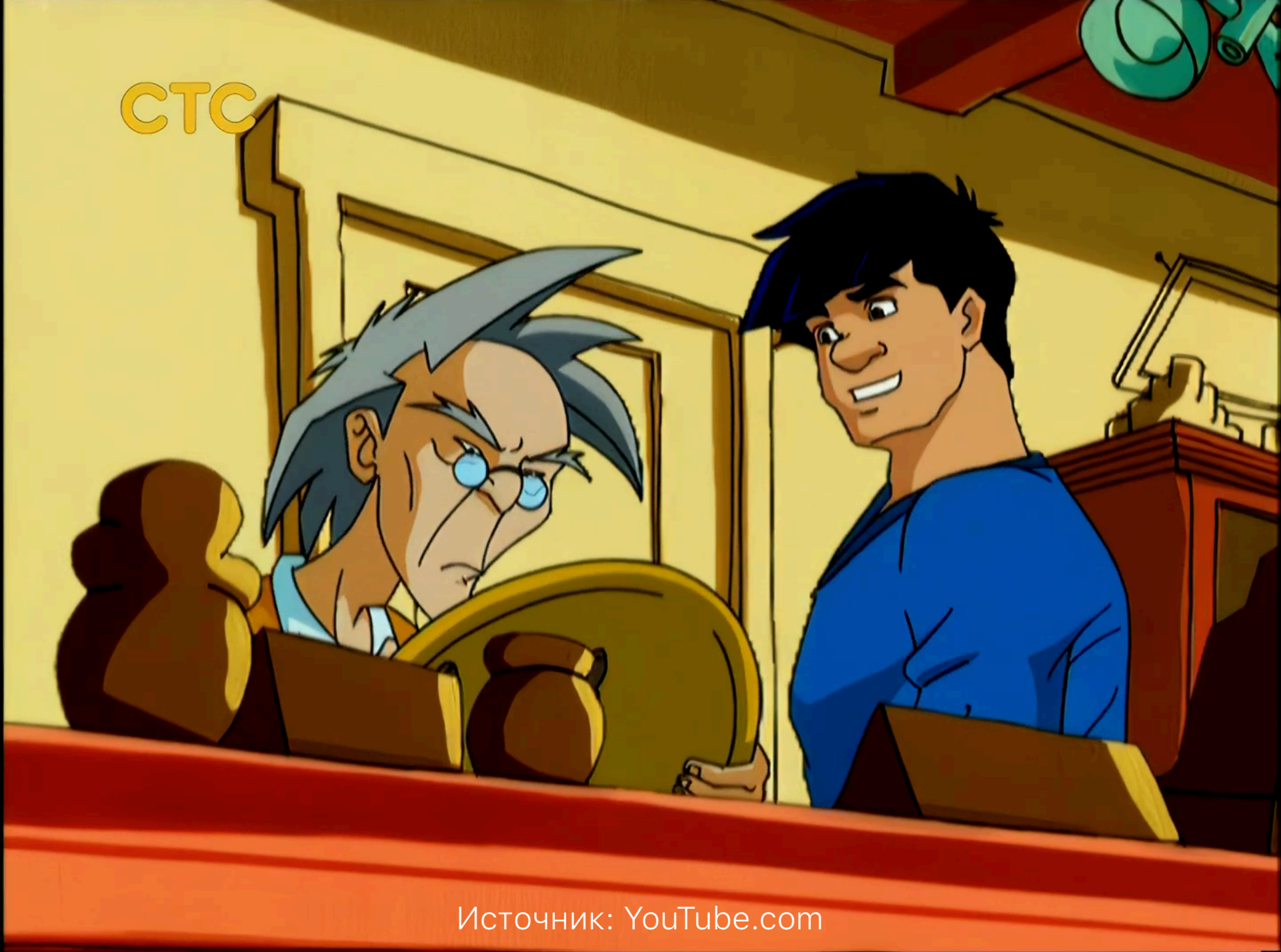


СТС



Источник: YouTube.com

СТС



Источник: YouTube.com

Бонус

Бонус



Благодарствую
за внимание!

