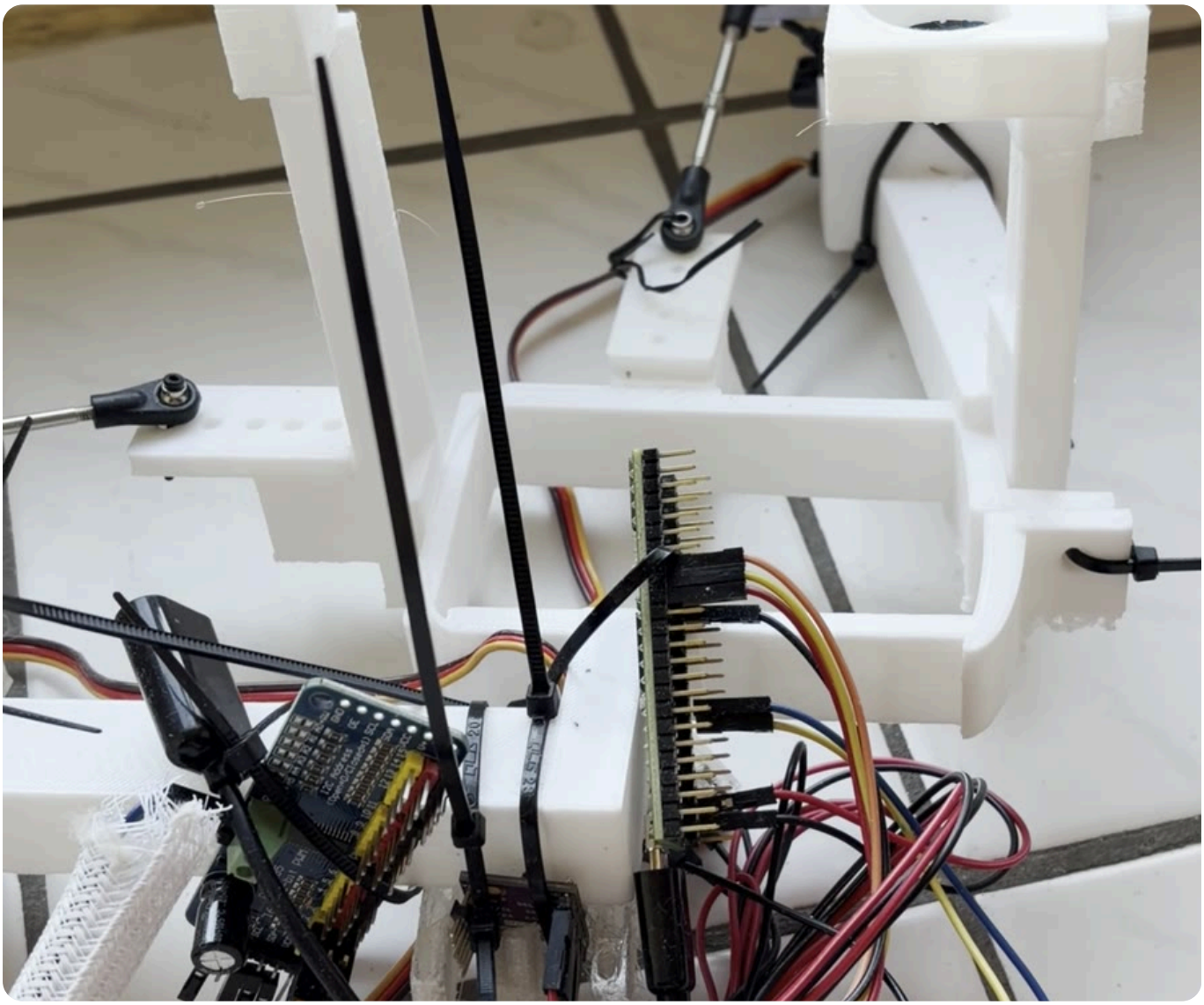
БЕТА 0.1 — ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО

Стабилизатор за тремор направи го сам

Упатство чекор по чекор: делови, поврзување, програма и подесување.



Мирна рака не треба да чини богатство.

1. Што е ова — и што не е

Ова е уред што се носи на зглобот. Мал сензор ја мери шаката. Кога ќе почне тресење, два силни мотори (серва) веднаш ја туркаат шаката во спротивна насока.

Важно — прочитај пред сè:

- Ова е **експериментален проект за самоградба (БЕТА)**. Не е медицински уред и не е одобрен од ниедна здравствена институција.
- Уредот **сè уште не е тестиран на луѓе со тремор**. Не ветуваме колку ќе помогне. Нашата цел е над 90% помалку тресење — тоа е цел, не измерен резултат.
- Не е замена за лекар или лекови. Не прекинувај терапија. Ако имаш Паркинсонова болест или друг тремор, зборувај со твојот лекар пред да пробаш.

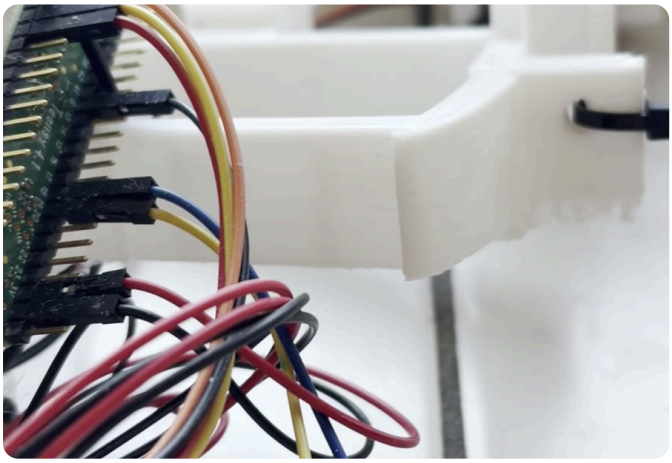
2. Безбедност

- **Склопувањето и носењето ги прави возрасен.** Деца можат да помагаат при склопување само со возрасен покрај нив. Уредот не е за деца да го носат.
- Сервата се многу силни (45 kg). Првите проби секогаш **без рака** во уредот.
- Напојување за сервата: **6V** (најмногу 8.4V). **Никогаш 12V** — сервата горат, а плочката може да пукне.
- Секогаш постави **копче за стоп** (поглавје 5). Кога ќе се притисне, сервата веднаш се исклучуваат.
- Ако боли, стега или почне да трепери само од себе — **притисни стоп и извади ја раката**.
- Не го носи додека спиеш, возиш или си во вода.

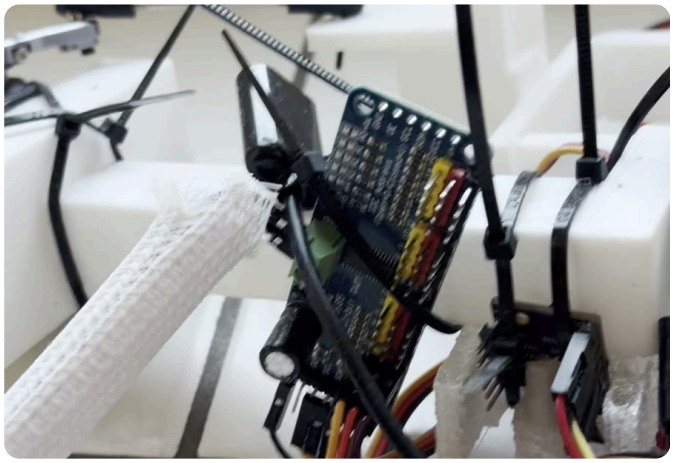
3. Делови

Цените се приближни (онлајн продавници, 2026). Вкупно околу **100–200 €**, зависно каде купуваш.

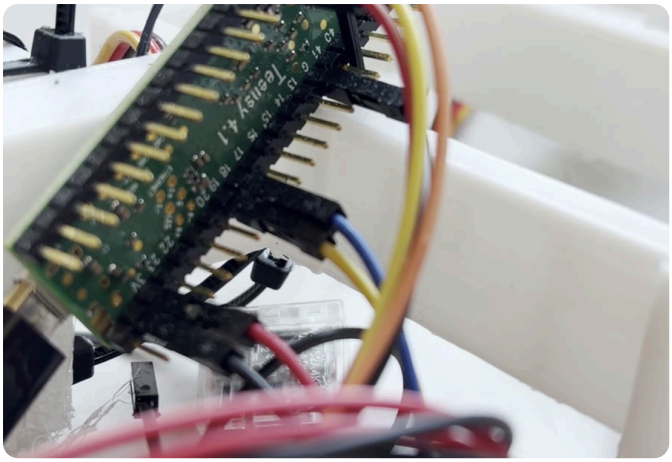
#	Дел	Колку	Цена (прибл.)	Забелешка
1	**Teensy 4.1** (мозок)	1	35–45 €	Многу брз микроконтролер (600 MHz)
2	**Сензор BMI323** (жироскоп + акцелерометар)	1	10–40 €	Често се продава под погрешно име „ICM42688 601N1“ — тоа е во ред, кодот е за BMI323
3	**PCA9685** плочка за серва (16 канали)	1	6–8 €	Сина плочка, I2C
4	**Серво DS3235 PRO** (45 kg, coreless)	2	2 × 25–35 €	Едно за горе/долу, едно за лево/десно
5	**Адаптер 6V 10A**	1	15–25 €	Може и 7.5V 8–10A. **Не 12V!**
6	Копче (тастер)	1	1 €	За стоп
7	Жици (dupont), Wago стеги, кабелски врски	—	5–10 €	Дебели жици (1 mm²) за напојувањето
8	Рамка за рака (3D печатена) + шипки за туркање	1	10–30 €	Види ги сликите — серво со шипка ја турка шаката под зглобот
9	USB кабел (micro-USB)	1	—	За програмата



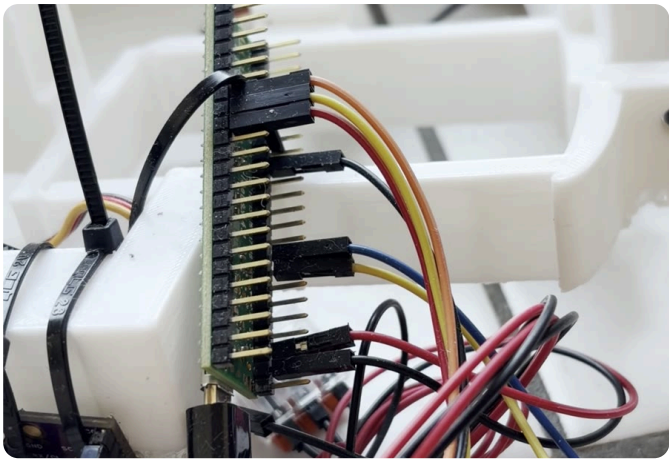
PCA9685 (сина плочка) и сензорот на рамката



Шипка од сервото до шаката



Teensy 4.1 и жиците



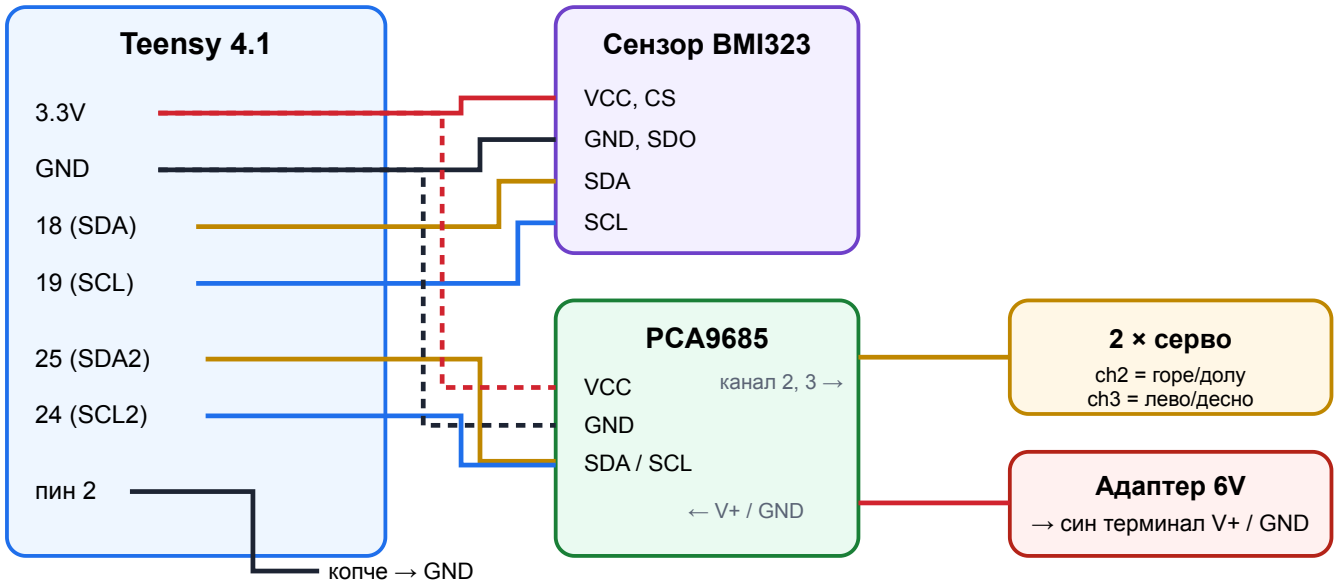
Целата рамка со сервата

4. Алати и програми

- Компјутер (Windows, Mac или Linux)
- **Arduino IDE 2** — бесплатно: arduino.cc/en/software
- Одвртувач, клешти. Мултиметар е корисен, но не е задолжителен.

5. Поврзување

Прво **сè исклучено** (без USB и без адаптер). Поврзувај жица по жица и штиклирај.



Од	До	Зошто
Teensy **3.3V**	Сензор **VCC** и **CS**, PCA9685 **VCC**	Напојување за чиповите. **CS мора на 3.3V**, инаку сензорот не работи!
Teensy **GND**	Сензор **GND** и **SDO**, PCA9685 **GND**	Заедничка маса (SDO на GND = адреса 0x68)
Teensy **18**	Сензор **SDA**	Податоци од сензорот
Teensy **19**	Сензор **SCL**	Такт за сензорот
Teensy **25**	PCA9685 **SDA**	Посебна линија за сервата (Wire2)
Teensy **24**	PCA9685 **SCL**	Такт за сервата
Teensy **пин 2**	Копче → **GND**	Стоп: притиснато = сервата исклучени
Серво горе/долу	PCA9685 **канал 2**	Кафена/црна жица кон GND страната
Серво лево/десно	PCA9685 **канал 3**	Исто
Адаптер 6V **+**	PCA9685 син терминал **V+**	Струја само за сервата
Адаптер 6V **–**	PCA9685 син терминал **GND**	

Двапати провери: адаптерот оди во **синиот терминал**, никогаш на пинот VCC до SDA/SCL. Плус и минус да не се заменети.

Сензорот на шаката: залепи го рамно на горната страна на шаката (не на подлактицата) — цврсто, да не се клати. Жиците остави ги малку лабави за да не се влечат кога мрдаш.

6. Ставање на програмата

1. Инсталирај **Arduino IDE 2**.
2. Отвори **File** → **Preferences**. Во „Additional boards manager URLs“ стави: `https://www.pjrc.com/teensy/package_teensy_index.json`
3. Отвори **Tools** → **Board** → **Boards Manager**, пребарај **Teensy** и кликни **Install**.
4. Отпакувај го архивот со кодот. Отвори `firmware/tremor_stabilizer/tremor_stabilizer.ino`.
5. Приклучи Teensy со USB. Избери **Tools** → **Board** → **Teensy 4.1** и **Tools** → **Port** (Teensy).
6. Кликни **Upload** (стрелката →). Се појавува мал прозорец „Teensy“ и програмата се качува.
7. Отвори **Tools** → **Serial Monitor**, брзина **115200**. Треба да пишува: `BMI323 CHIP_ID = 0x1143` и `TREMOR STABILIZATOR BETA 0.1`

> Во Serial Monitor пишуваш една буква и Enter — тоа се командите (поглавје 9).

7. Прва проба — без рака

1. Приклучи го адаптерот 6V. Рамката нека стои на маса, **без рака**.
2. Напиши `r`. Мрдај го сензорот со прсти — бројките `gY` и `gZ` треба да се менуваат.
3. Напиши `2` — серво на канал 2 оди на својот центар. Со `a` / `d` (±10 µs) и `q` / `e` (±2 µs) намести го да стои право. Напиши `k` за да го зачуваш.
4. Истото за канал 3: `3`, па `a` / `d`, па `k`.
5. Напиши `o` — сервата се исклучуваат.
6. Броевите што ги покажа `k` запиши ги во кодот: `CENTER_FB_US` и `CENTER_LR_US`, и пак Upload. Така остануваат засекогаш.

8. Проба на рака

1. Стави ја раката, раката **мирно на маса**.
2. Напиши `c` (калибрација, 2 секунди мирно), па `s` (старт).
3. Мрдни ја шаката нагоре — серво треба да турне **надолу**. Ако турка во иста насока, во кодот смени `SIGN_FB` од `-1.0` на `1.0` (или обратно). Исто за лево/десно со `SIGN_LR`.
4. Стоп: `x` или копчето.

9. Команди

Команда	Што прави
`s` / `x`	Старт / стоп (стоп ги исклучува сервата)
`c`	Калибрација — раката мирно 2 секунди
`r`	Печати ги вредностите од сензорот
`{` / `}`	Скок помал / поголем по 5°
`<` / `>`	Праг во милиметри –/+ 0.5 mm
`(` / `)`	Праг на брзина –/+ 5 °/s
`2`, `3`, `a`, `d`, `q`, `e`, `k`, `o`	Наоѓање центар на сервата (поглавје 7)
`L`	Мери колку се мрда шаката на 1° серво (раката опуштена)
`j`	Вклучи/исклучи режим СКОК (главен во бета)
`h`	Режим ДРЖИ — експериментален, само за напредни

Командите важат веднаш, но по рестарт се враќаат. За трајно — смени го бројот во кодот и пак Upload.

10. Параметри (што да менуваш)

Сите се на почетокот од `tremor_stabilizer.ino`, со објаснување покрај секој.

Параметар	Бета вредност	Што значи	Ако…
`jumpDeg`	20°	Колку силно турка сервото наеднаш	турка премногу → намали; премалку → зголеми
`detectMm`	1.5 mm	Колку мора да мрдне шаката за да реагира	реагира на нормални движења → зголеми
`v0k`	20 °/s	Колку брзо мора да мрдне	реагира на бавни движења → зголеми
`SERVO_DEG_PER_S`	500 °/s	Брзина на сервото (зависи од напон)	5V → 450, 7.4V → 550
`SERVO_DELAY_MS`	5 ms	Доцнење на сервото	измери го со алатката (поглавје 12)
`COOLDOWN_EXTRA_MS`	30 ms	Време за раката да се смири по скок	сервото „игра“ само од себе → зголеми
`MAX_DEG`	40°	Најмногу колку смее да оди сервото	за почеток слободно 20°
`tremorLowHz`, `TREMOR_HIGH_HZ`	2–6 Hz	Опсег на тремор	прилагоди според твојот тремор

Како работи скокот: кога шаката мрдне повеќе од `detectMm` *и* побрзо од `v0k`, сервото веднаш турка `jumpDeg` спротивно. Потоа сензорот е „слеп“ толку колку што на сервото му треба да стигне (доцнење + `jumpDeg` ÷ брзина + смирување ≈ 75 ms на 6V), за да не го фати сопственото движење. Сервото не се враќа во центар, освен ако стигне до `MAX_DEG`.

11. Проблеми и решенија

Проблем	Решение
Сензорот враќа `0x0000` или не се наоѓа	CS на сензорот мора на **3.3V**. Провери VCC и GND. Извади го USB 5 секунди и врати го.
„ГРЕШКА: сензорот не одговара“ кога мрдаш	Олабавена жица. Залеми или зацврсти ги жиците; остави ги малку лабави.
Сервата не мрдаат	Адаптерот во синиот терминал? Пини 24/25 до PCA9685? Сервото на канал 2/3?
Сервата трепераат или „играат“ сами	Зголеми `v0k` и `detectMm`, намали `jumpDeg`, зголеми `COOLDOWN_EXTRA_MS`.
Сервото турка во иста насока	Смени го знакот на `SIGN_FB` или `SIGN_LR`.
Сервото се загрева	Провери го напонот (6V!). Намали `MAX_DEG`.

12. За напредни: мерење на сервото

Во `tools/servo_freq_test` има тест што мери точно колку трае скокот од 20° на твоето серво. Качи го `servo_freq_test.ino`, раката опуштена во уредот, па на компјутерот пушти `python3 measure_servo.py`. Ќе ти каже доцнење, траење и препорачан cooldown — тие бројки стави ги во главниот код.

13. Бесплатно за тие на кои им треба

Ако примаш социјална помош или имаш под 25 години — пиши ни на email и ќе го добиеш бесплатно, по краток преглед.

Верзија БЕТА 0.1. Ги собираме искуствата од сите што ќе го склопат — секоја повратна информација го прави уредот подобар.