

# **Crashdetect**

**Використання польотного контролера FPV у якості плати ініціації**

**Трет'яков Едуард, MAD Drones**

# Intro: MAD Drones

- Займаємось виготовленням коптерів та суміжними розробками, основний профіль - 10" камікадзе на 3+ кг навантаження
- Розробили та підтримуємо окремий проект Crashdetect на безоплатній основі для виробників та ЗСУ
- Працюємо близька 6 місяців, за цей час вийшли на постійний об'єм 100+ одиниць на місяць

# Електрична система ініціації



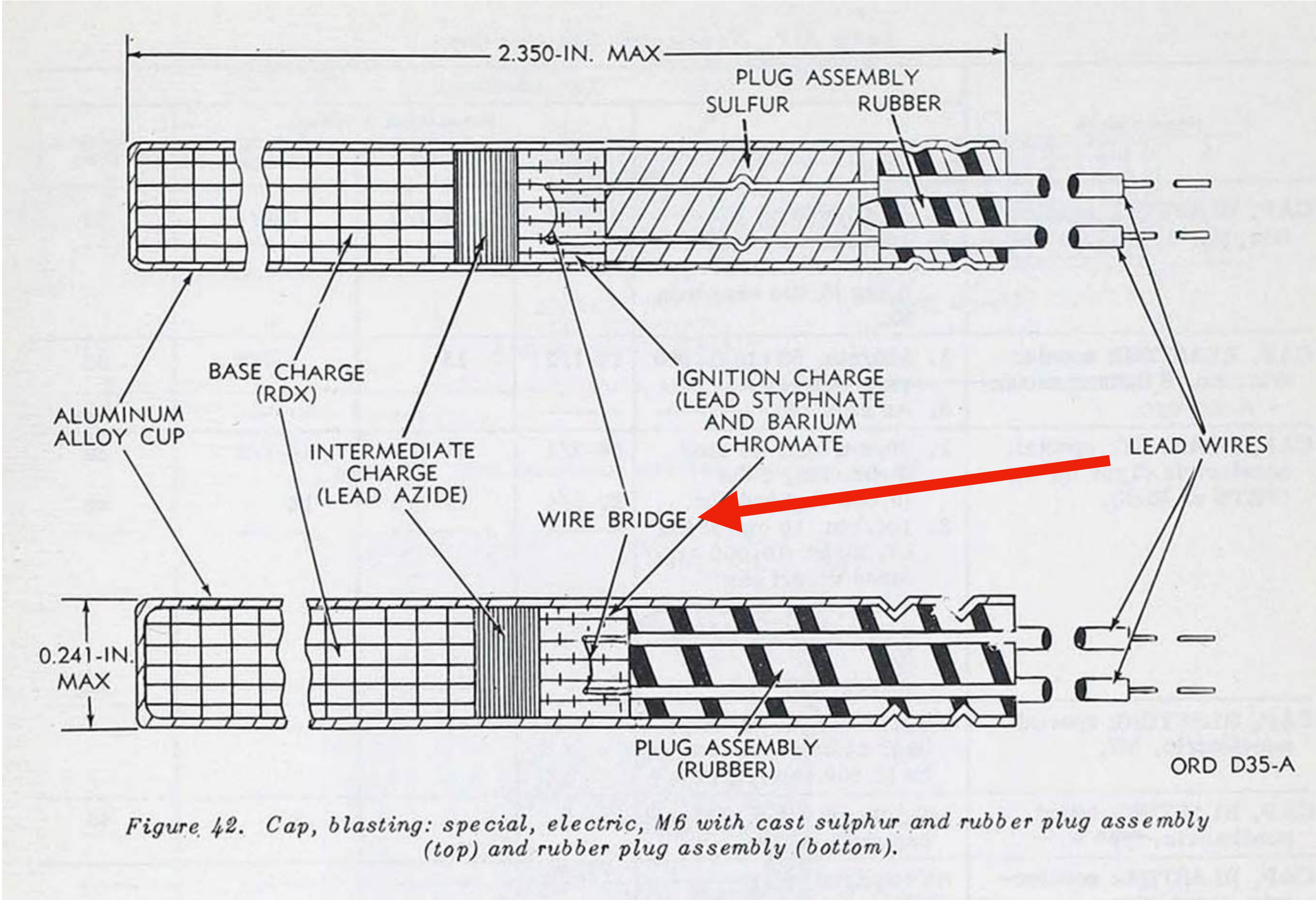
+



Те, що ми будемо обговорювати



# Побудова детонатора



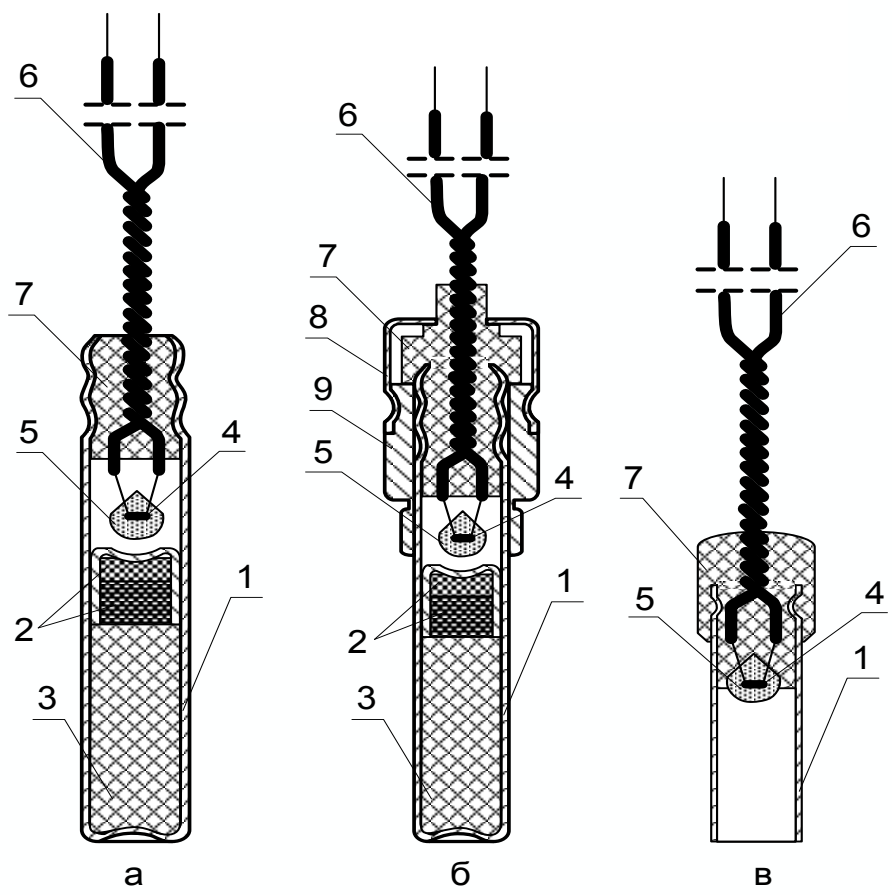
Розрахунковий струм: 1А  
Безпечний струм: 0.18А (для ЕДПр)



Американський М6 - 500mA



Германський DM42 - 1А



Радянський ЕДП/ЕДПр - 400mA

# Наявні системи для FRV

- “Вуса”, або електромеханічні замикачі
  - + прості в побудові та використанні
  - + зрозумілі непідготованному персоналу
  - дуже небезпечні
  - реалізують тільки функціонал ініціації при зіткненні
  - обов’язково потребують додаткових запобіжників
- “Плати підриву”, або електронні ініціатори
  - + Реалізують багатий функціонал - ініціація за таймером, при зіткненні, по сигналу з пульта
  - + Мають додаткові вбудовані електронні запобіжники
  - + Мають можливість комплектуватись автономним живленням
  - + Можуть пройти державні випробування та кодифікацію
  - Інтелектуальна річ без можливості аудіту
  - Відсутність документації
  - Відсутність зворотнього зв’язку або його незрозумілість
  - Несанкціоновані спрацювання



# Загальні проблеми

- Різноманітна реалізація та відмінності
- Відсутність швидкого доступу до документації з альтернативних джерел

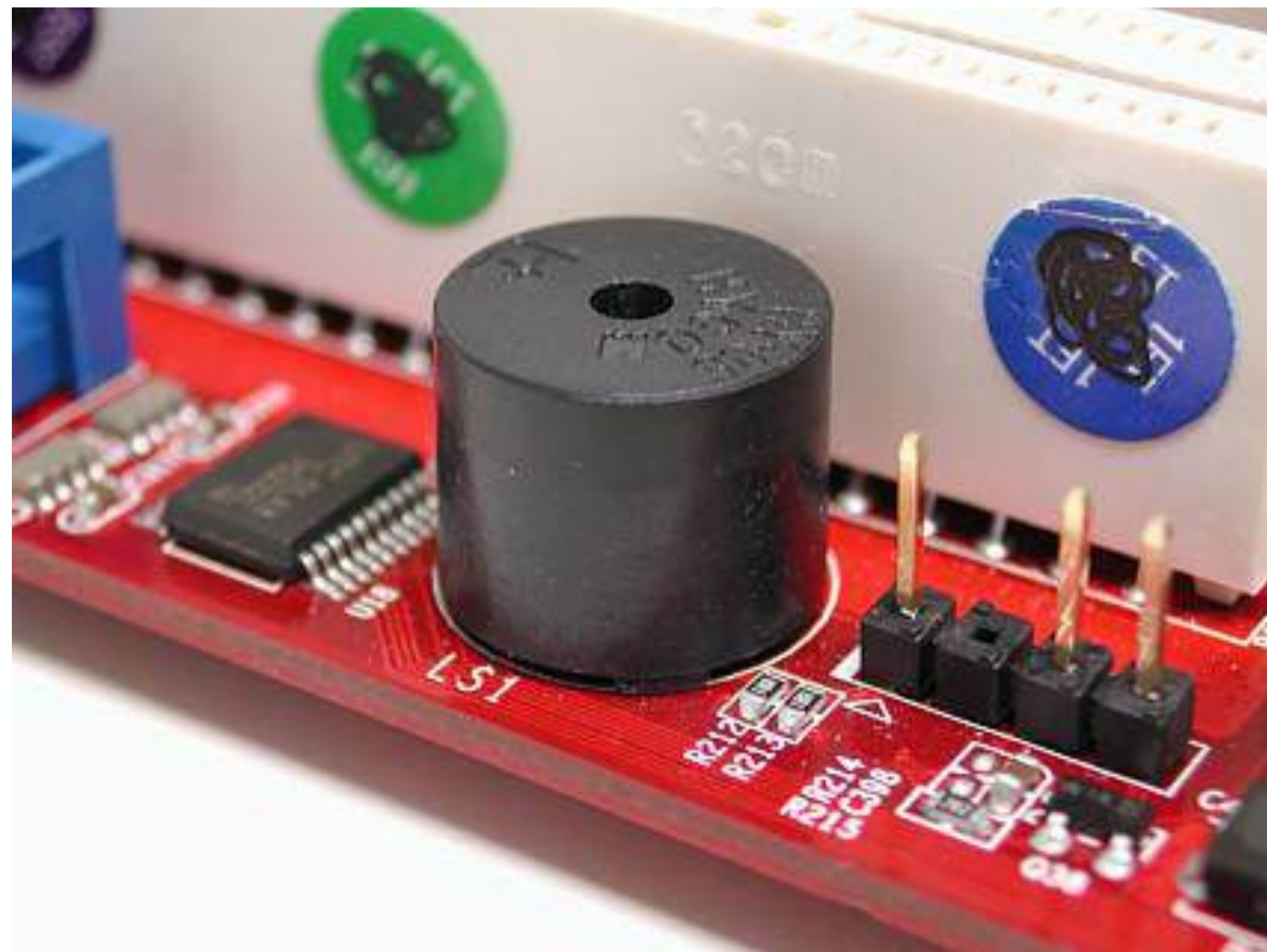
## ЯК РОЗМНОЖУЮТЬСЯ ПЛАТИ ІНІЦІАЦІЇ



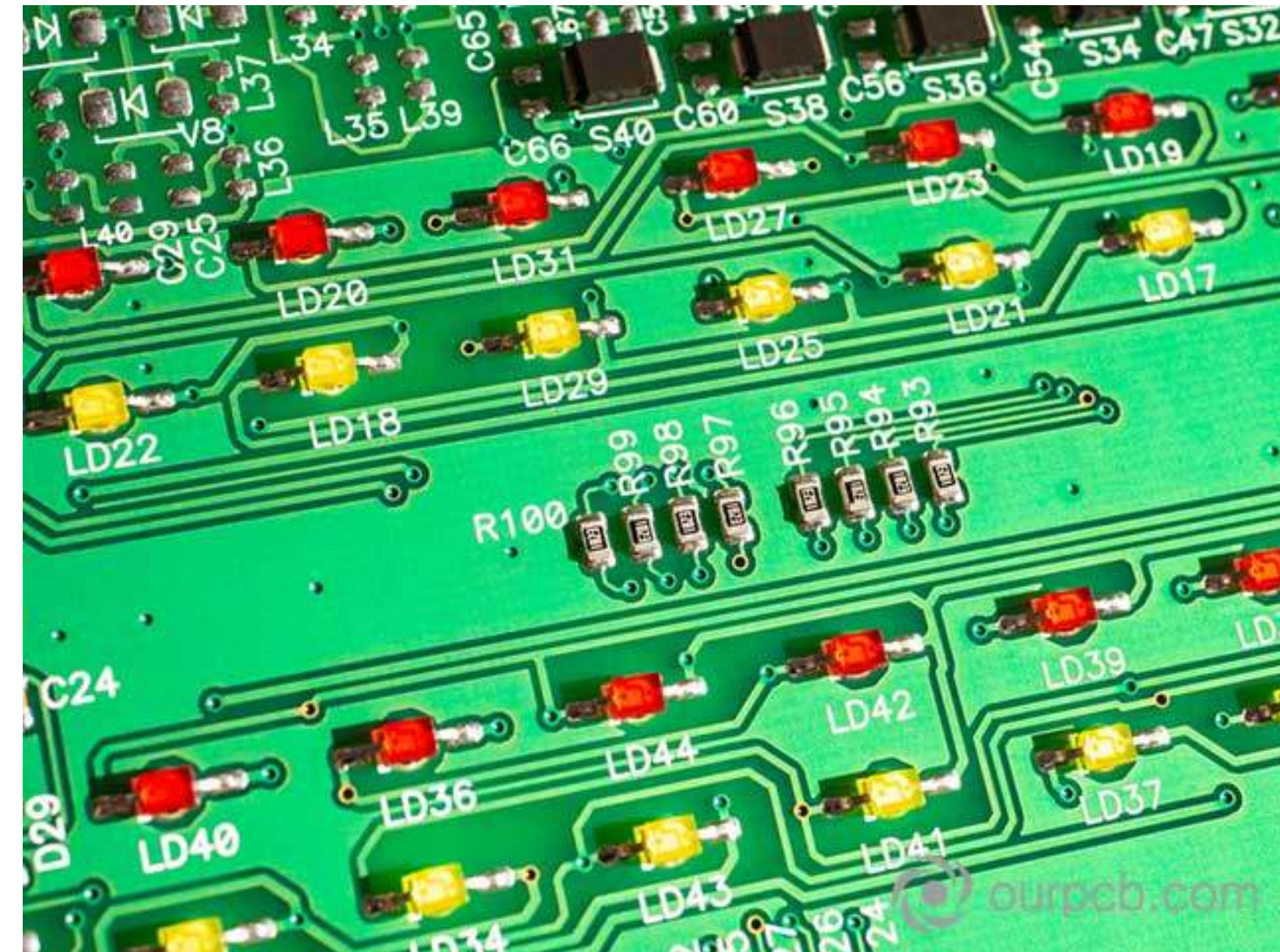


# Загальні проблеми

- Відсутність або неадекватність систем сповіщення



- 2 РАЗИ ПІКНУЛО ЧИ 3?
- БУЛИ КОРОТКІ ЗВУКИ ЧИ ДОВГІ?
- ЧОГО ВОНО МОВЧИТЬ?!



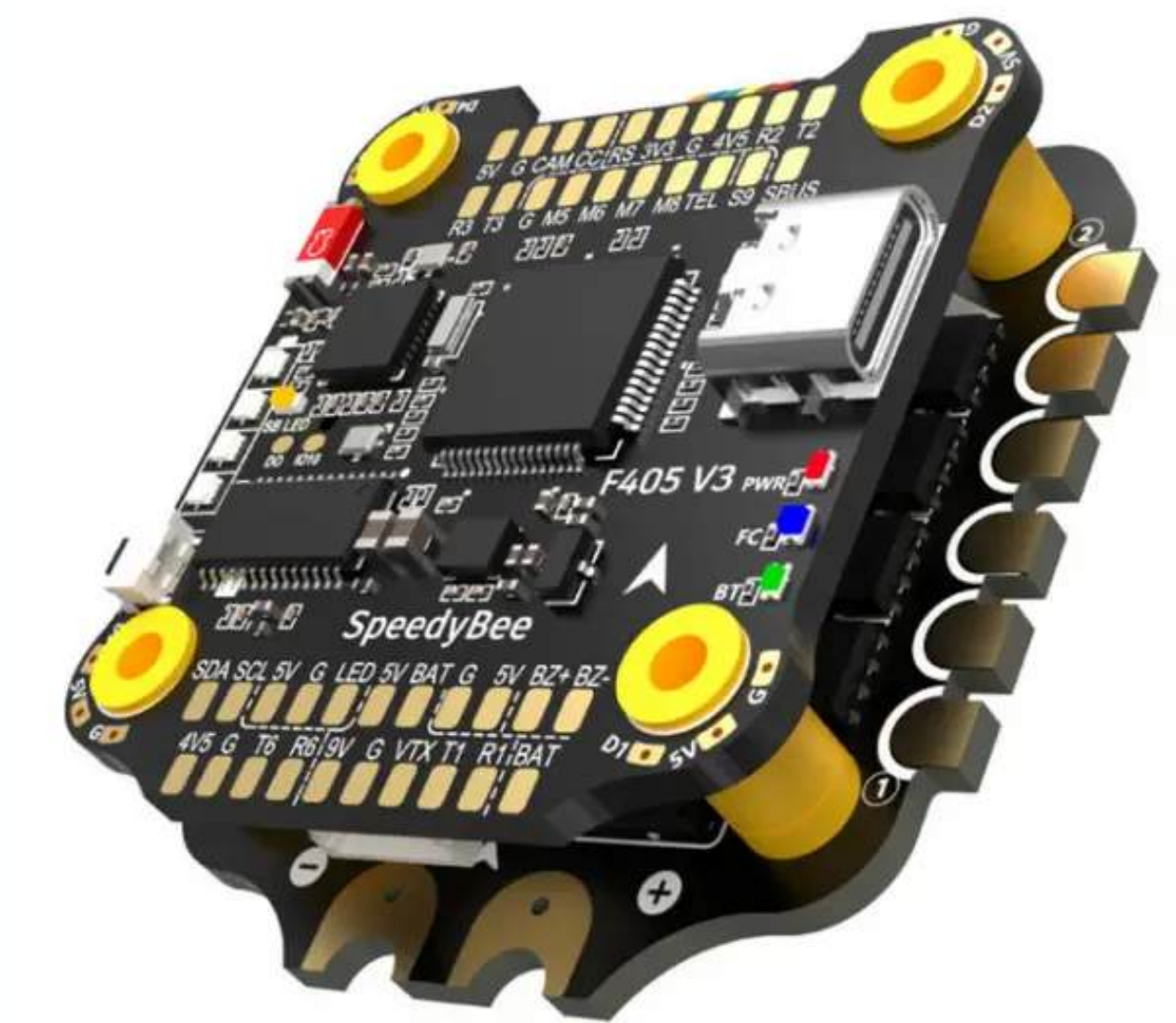
- СКІЛЬКИ РАЗ ВОНО БЛИМНУЛО?
- ЧЕРВОНИЙ СВІТИТЬ ЧИ ЗЕЛЕНИЙ?



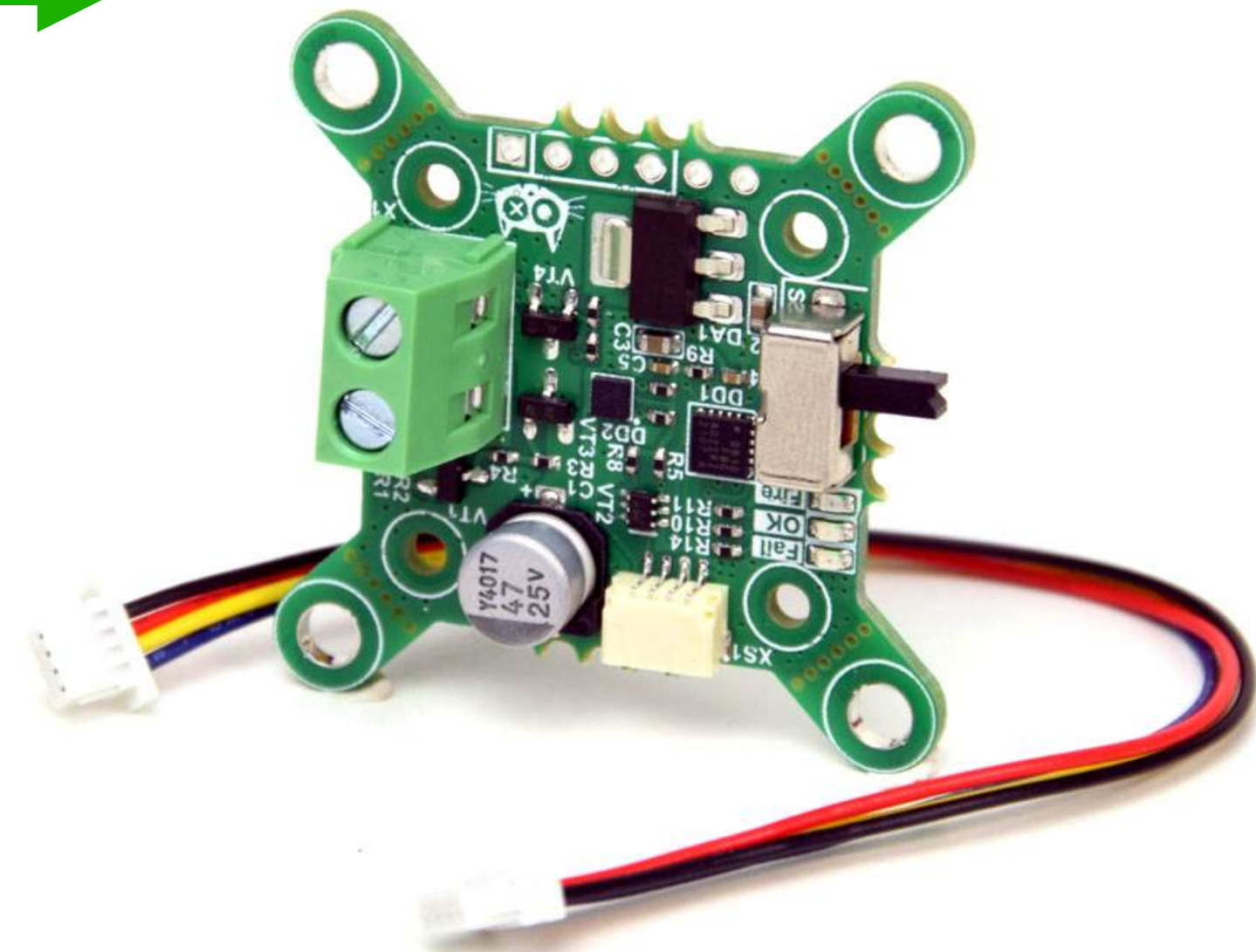
# Загальні проблеми

- Відсутність зворотного зв'язку або його обмеженість

Я ТЕБЕ ПЕРЕВОЖУ В БОЙОВЕ!



ОК!



НУ ТИ ТАМ ВЗВЕЛАСЯ?

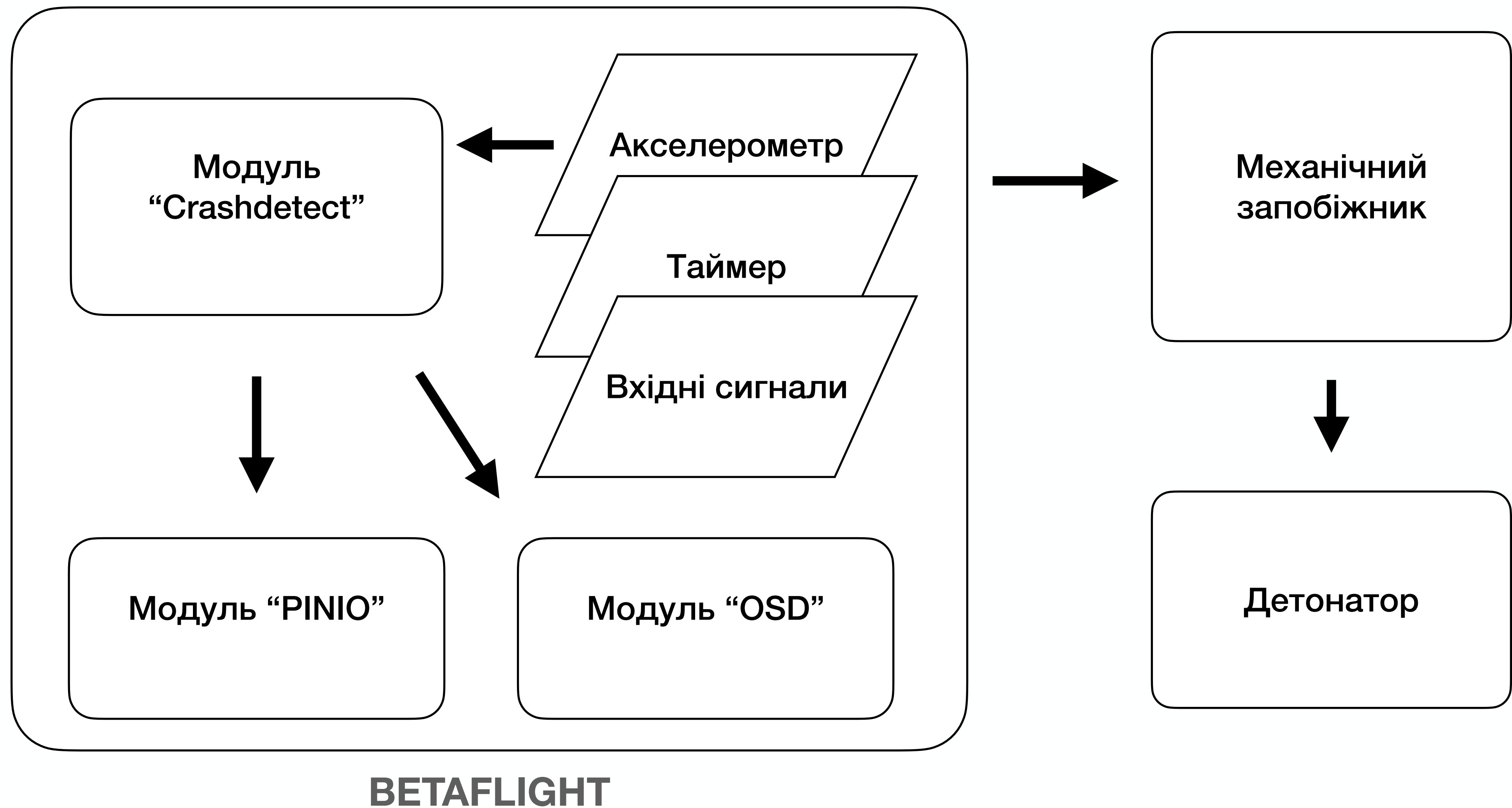
...



# Основні концепції Crashdetect

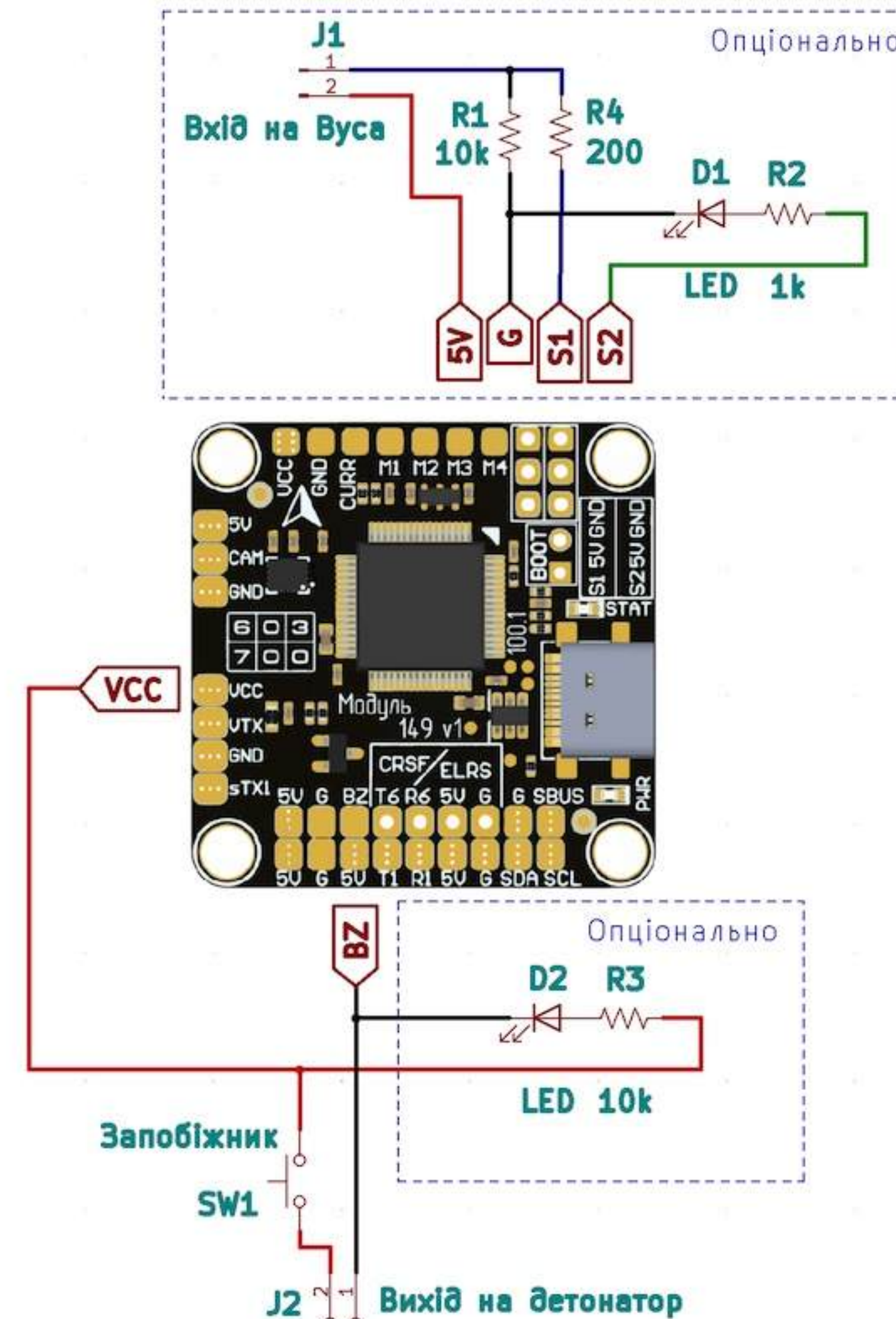
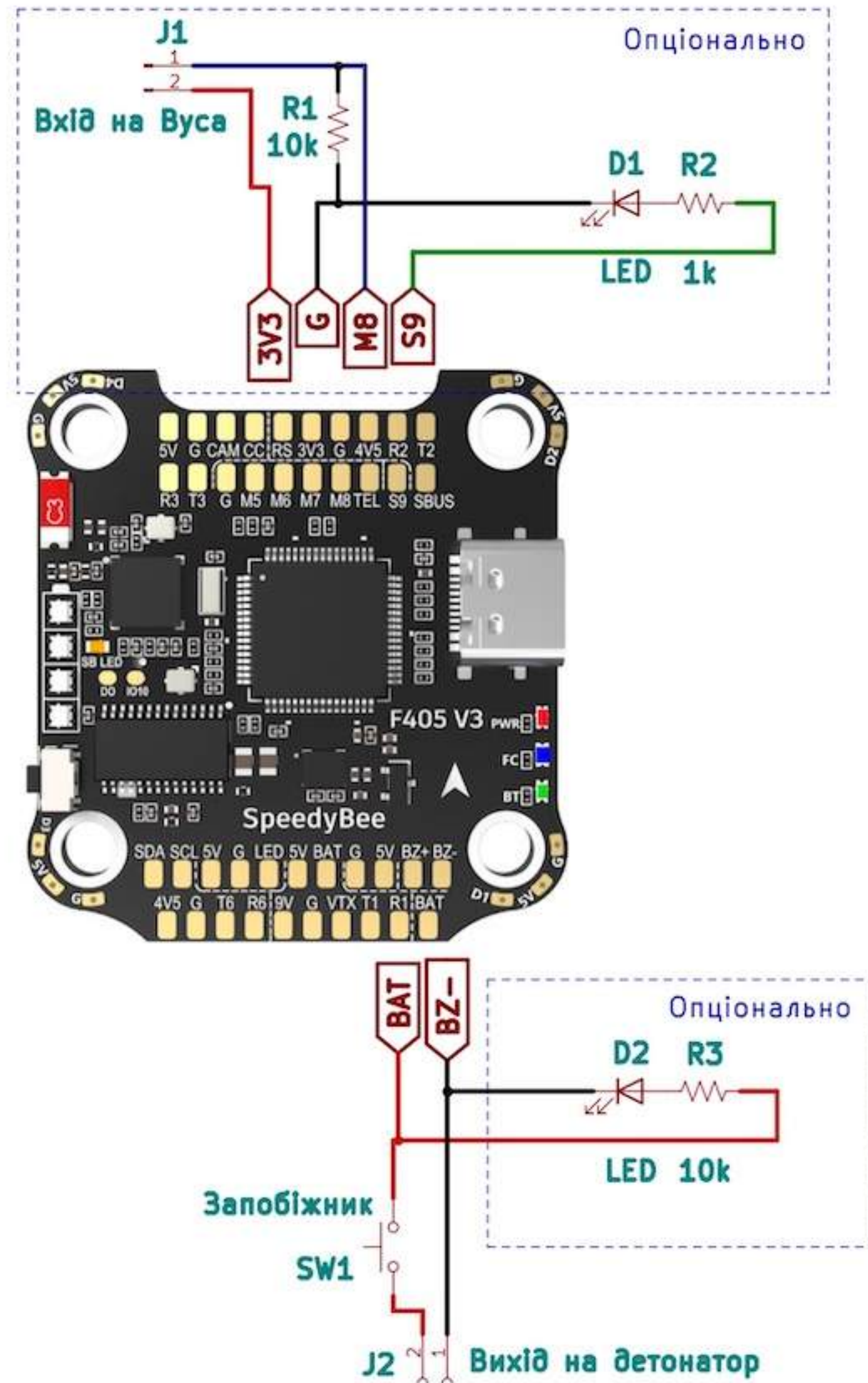
- Екстенсивне використання тексту на OSD
- Мінімальна залежність від сторонніх апаратних компонентів
- Відкрита документація
- Максимальна кількість електроних запобіжників та перевірок
- Гнучкі налаштування стандартними засобами Betaflight

# Побудова Crashdetect

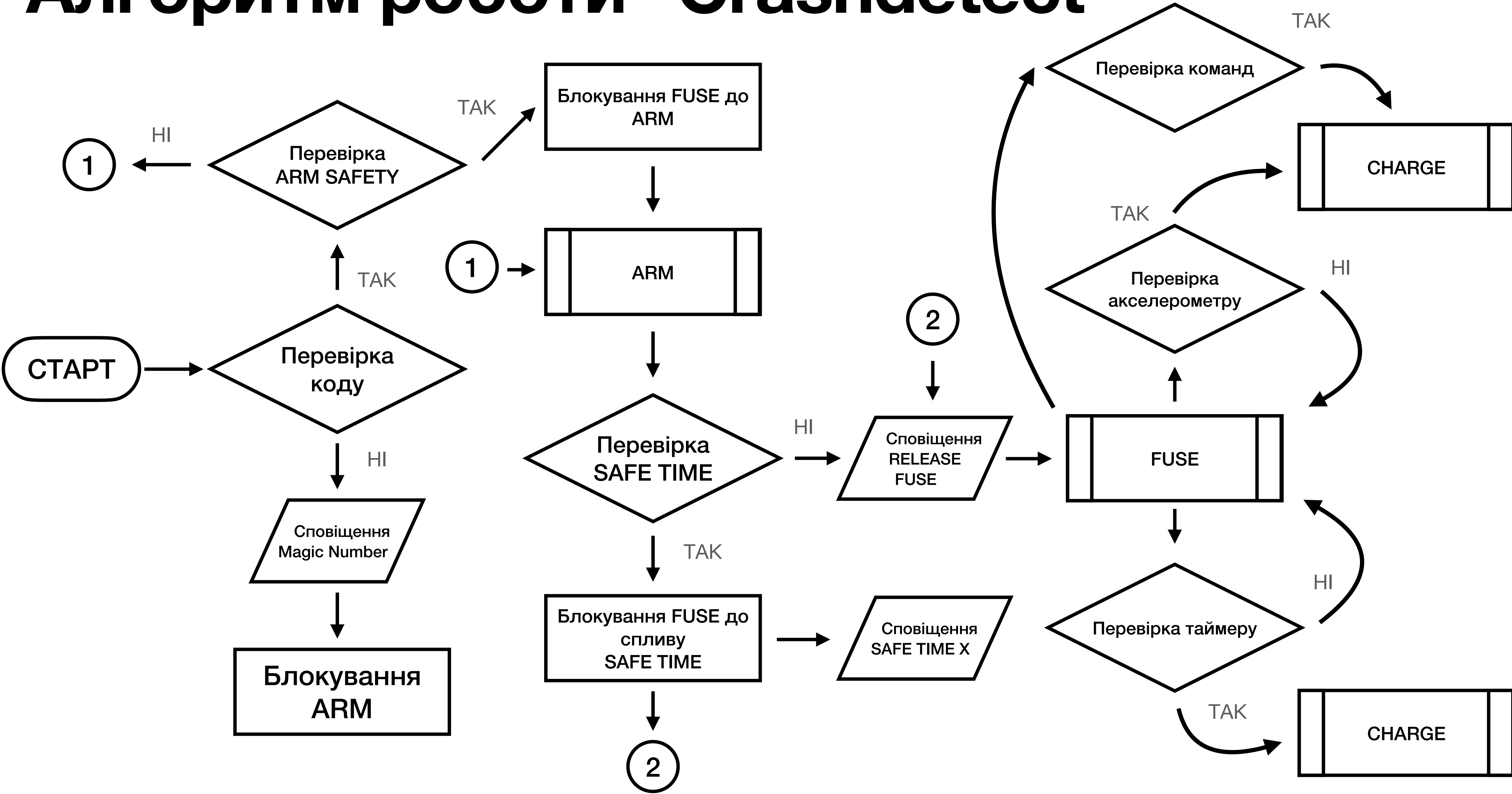




# Типова схема підключення



# Алгоритм роботи “Crashdetect”





# OSD

- Система інформує пілота через додаткові Warning-повідомлення
- Інформування здійснюється про:
  - заборону зльоту
  - заборону зняття запобіжника
  - період до спливу “безпечного часу”
  - стан запобіжника / готовність системи до роботи
  - успішну ініціацію

# Захист від копіювання

- Генероване 32-разрядне число на основі серійного коду польотного контролера
- Коптер повністю функціонален за виключенням **ARM**
- Додаткова команда в CLI, яка дозволяє перевірити, чи буде блокований зльот, чи ні
- Можна захистити інструментами STM, але щось змінити чи доналаштувати буде неможливо
- Код генерується тільки в одному місці



# Детект удару

- Алгоритм зчитує дані акселерометру протягом періодів в **N** мілісекунд ( конфігурується, зазвичай 10 ) для накопичення даних по максимумам прискорень
- Якщо декартова сума максимумів прискорень по трьох напрямках перевищує ліміт - алгоритм подає команду на ініціацію
- Така система дозволяє реєструвати як глухі удари по одному з напрямків, так і жорсткі зачепи з перевертаннями, але менш реагує на траву, гілки та ін.
- При жорстких ударах зазвичай основний напрямок по прискоренням набагато перевищує ліміт

# Додаткові варіанти ініціації

- Ініціація з пульта
- Таймер самознищення
- Ініціація по вхідному сигналу з “вус”



# Безпекові параметри

- **Електронний запобіжник** - спеціальна субпрограма, яка блокує весь процес роботи модуля допоки не надійде сигнал про зняття запобіжника з пульта
- **ARM SAFETY** - електронний запобіжник неможливо зняти допоки дрон не заармлений. Також дрон відмовиться армитись, якщо запобіжник знято, він може сигналізувати про це на OSD та писком моторів.
- **SAFETY TIME** - можливо задати “безпечний час” після арму, під час якого буде неможливо зняти електронний запобіжник.
- **NEEDLES LOCK** - при роботі з вусами дрон буде перевіряти, чи замкнені вони до арму і повідомить про це на OSD та відмовиться армитись

**МЕХАНІЧНИЙ ЗАПОБІЖНИК ПОВИНЕН ВИКОРИСТОВУВАТИСЬ ЗАВЖДИ!**

# Документація

- Окремий веб-портал для доступу до документації та білдів прошивок
- Доступний та швидкий спосіб розповсюдження
- Дозволяє розповсюджувати не тільки прошивки та генератор, але й додаткові проекти (механічний запобіжник, хардварний додаток тощо)
- Доступ до порталу надається після базової верифікації

# Конфігурація

- Всі параметри можна налаштувати під себе або відключити
- Налаштування відбувається через інтерфейс CLI
- Всі параметри, пов'язані з ініціацією, починаються з префіксу crashdetect

Note: Leaving CLI tab or pressing Disconnect will automatically send "exit" to the board. With the latest firmware this will make the controller restart and unsaved changes will be lost.  
**Warning:** Some commands in CLI can result in arbitrary signals being sent on the motor output pins. This can cause motors to spin up if a battery is connected. Therefore it is highly recommended to make sure that no battery is connected before entering commands in CLI.

```
# id
Chip Unique ID:
0x37 0x00 0x21 0x00 0x09 0x47 0x33 0x30 0x33 0x34 0x30 0x31
ARMING:
BLOCKED!

# get crashdetect
crashdetect_g_force_limit = 3500
Allowed range: 0 - 10000

crashdetect_selfdestruct_timeout = 900
Allowed range: 0 - 3600

crashdetect_g_force_calc_delta = 10000
Allowed range: 0 - 100000

crashdetect_fuse_release_message_timeout = 30
Allowed range: 0 - 3600

crashdetect_button_use = OFF
Allowed values: OFF, ON

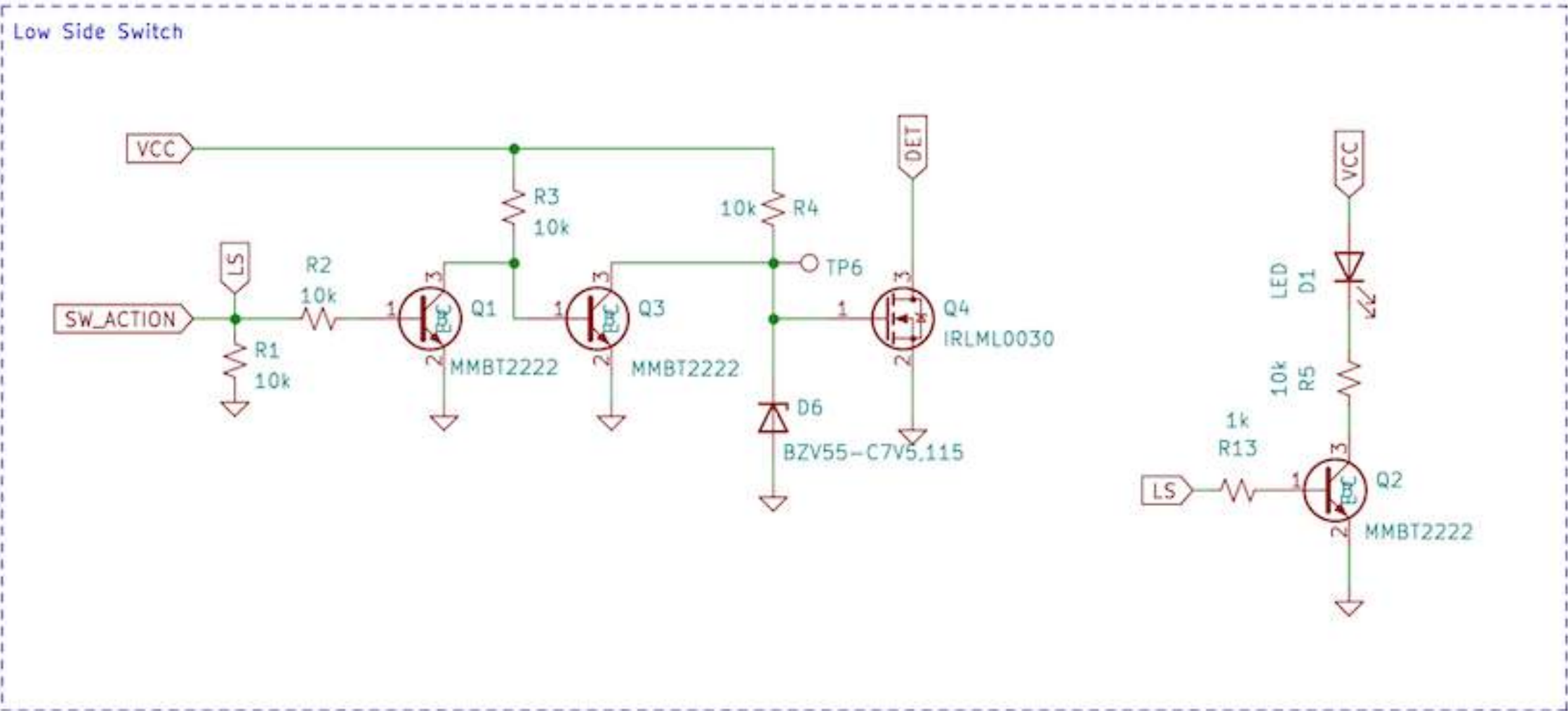
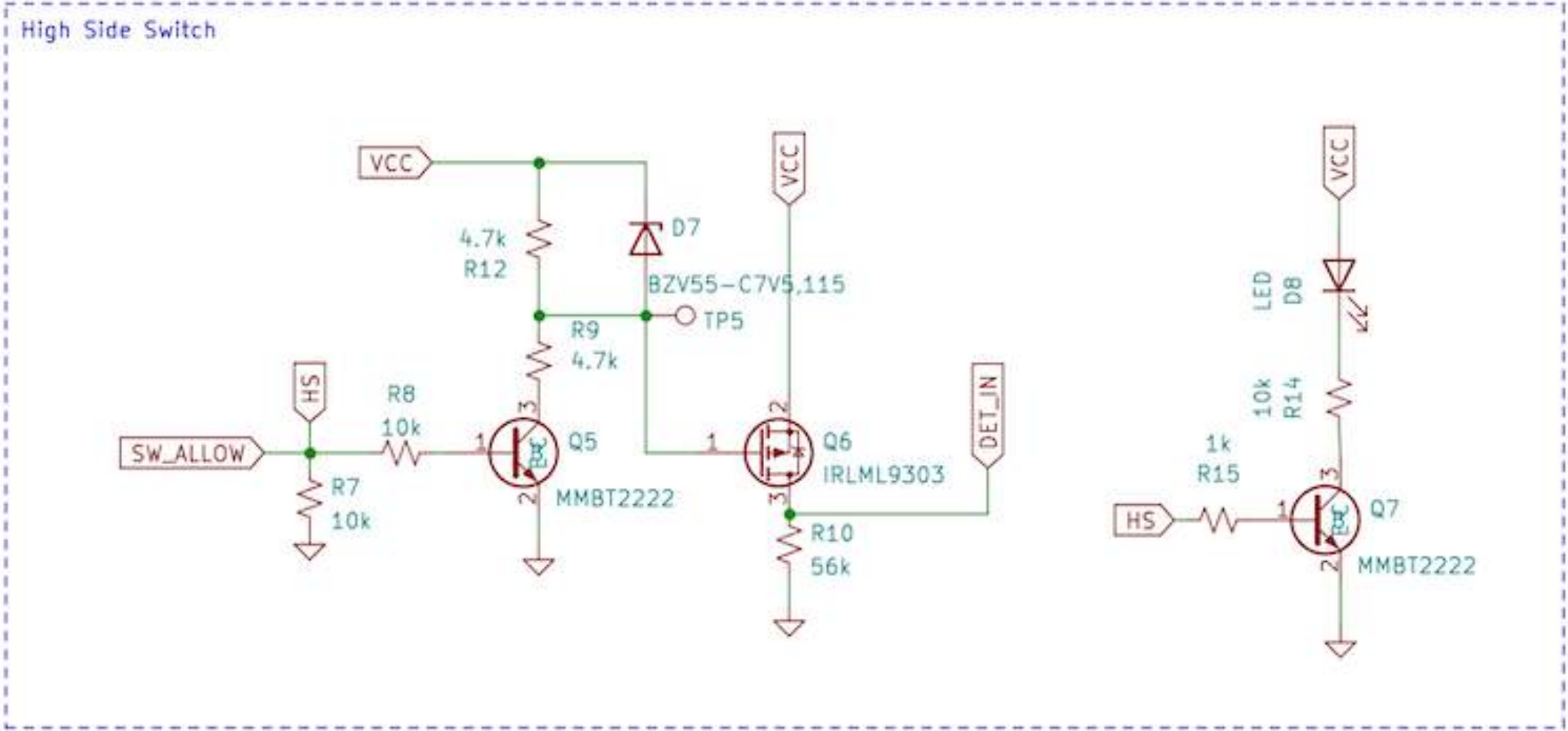
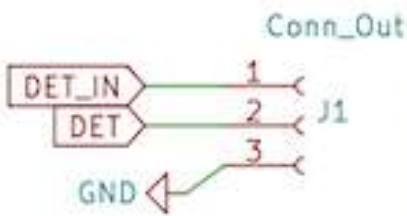
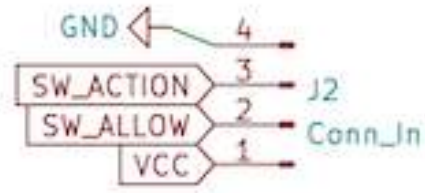
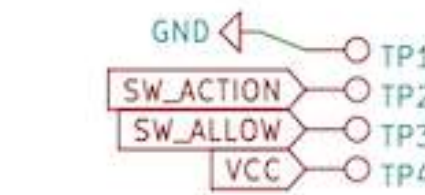
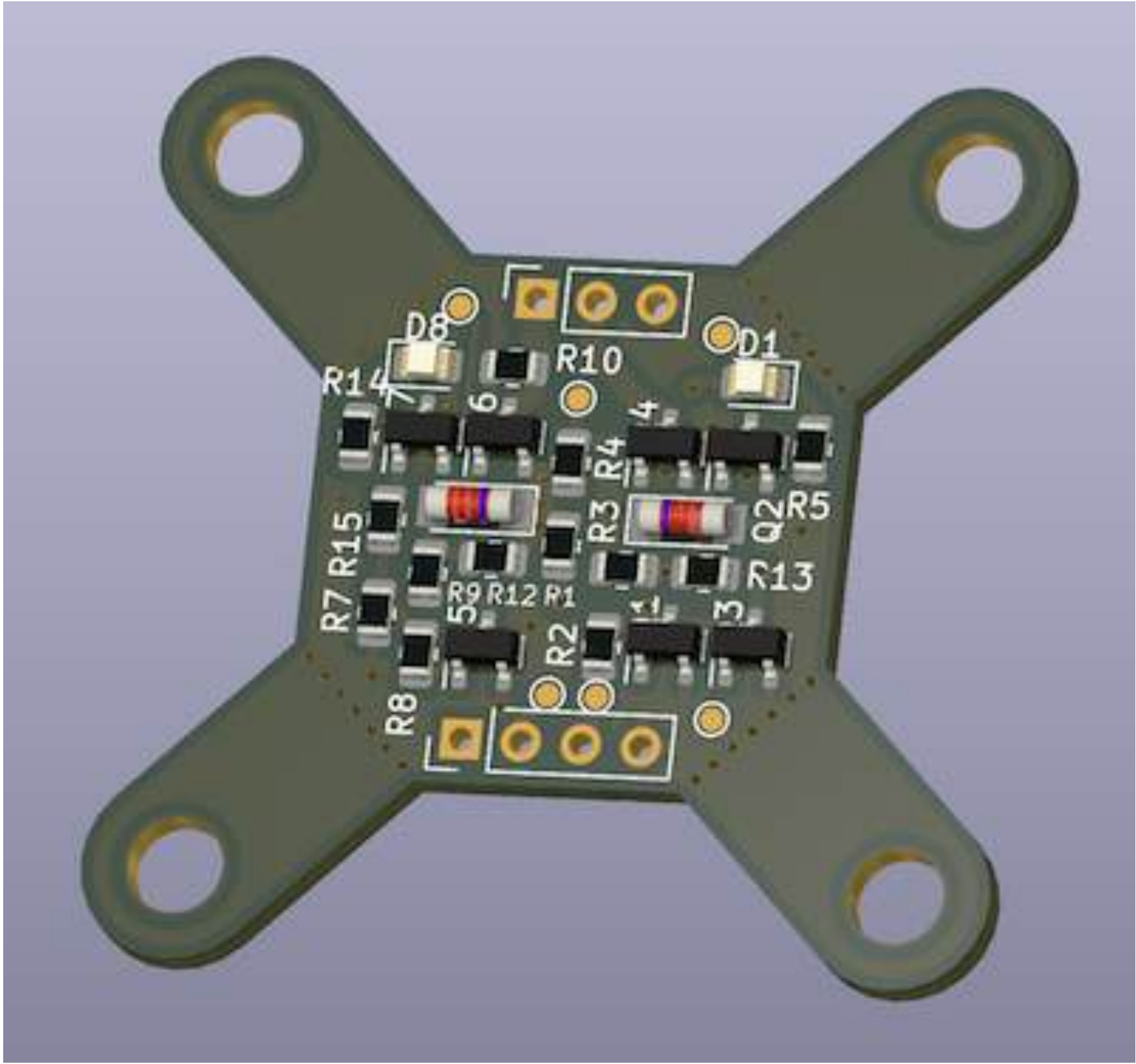
crashdetect_magic_number = 4039578595
Allowed range: 0 - 4294967294
Default value: 0
```

Write your command here. Press Tab for AutoComplete.

Submit Support DataCopy to clipboardClear output historyLoad from fileSave to File



# Плата-компаніон



# Плата-компаніон

- Дозволяє додати “другий” рівень захисту по “верхньому плечу” живлення
- Гарантує надійний, але обмежений струм без перезавантаження мікроконтролера польотного контролера
- Надається у вигляді повністю готового проекту KiCAD з додатковими файлами для замовлення на виробництві (Україна чи Китай)
- Коштує 72 гривні при замовленні 100 штук в Україні

# Недоліки

- Для використання системи в повному обсязі необхідно мати навички роботи з конфігураторами ( **Betaflight** ), розуміти як працювати з інтерфейсом CLI
- Система залежить від польотного контролеру, то ж кожен новий польотний контролер потребує під себе окрему версію програмного забезпечення (окремий білд під таргет ПК)
- Система не має "енергонезалежності", тобто якщо відпала основна батарея - нічого не спрацює. Це можна вирішити окремим бекапним живленням польотнику, але це додатковий момент, який треба вирішувати на рівні апаратних модулів
- Обмеженість та недоліки апаратної частини польотних контролерів робить процес тестування та використання системи дуже важливим етапом, який не можна ігнорувати або спростити



# Кодифікація та відповідність вимогам



# Питання?

# Використана документація

- Demolition Materials (1964)  
<https://www.bulletpicker.com/pdf/TM-9-1375-200.pdf>
- Інженерне забезпечення загальновійськового бою  
<https://ppt-online.org/173259>
- A Circuit for Firing 50 M6 Blasting Caps in Series  
<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD1057588.pdf>
- [https://www.oricaminingervices.com/Download.ashx?File=%2F1%2FTDS+Electric+Seismic+Detonator Chile V1+English+Version.pdf](https://www.oricaminingervices.com/Download.ashx?File=%2F1%2FTDS+Electric+Seismic+Detonator%20Chile%20V1+English+Version.pdf)
- [https://www.nps.gov/parkhistory/online\\_books/npsq/explosives/Chapter10.pdf](https://www.nps.gov/parkhistory/online_books/npsq/explosives/Chapter10.pdf)