

Akustická detekce dronů 2

Ing. Luděk Fedurca

2025 – stav před rokem

základní koncept projektu mikrofonového pole pro detekci dronů

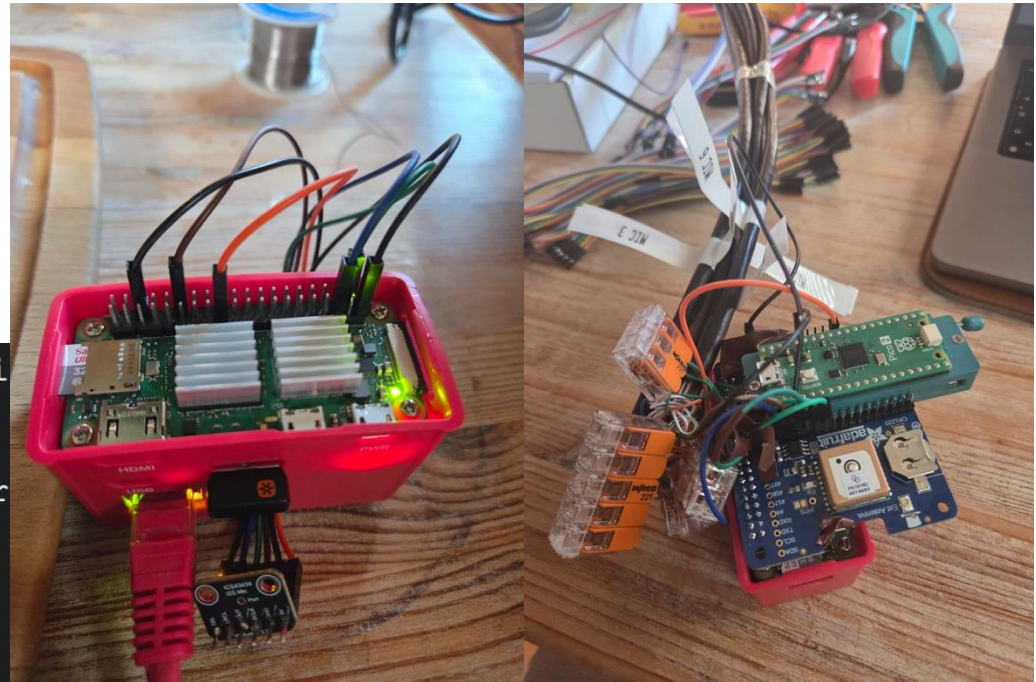
hledání vhodného modelu mikrofону

první detekční pokusy s ReSpeaker USB Mic Array

nefunkční USB zvukovka
(problémy s časováním signálu)

funkční 2ks I2S
mikrofonů ICS-43434 v RPI zero

```
(venv)pi@zw2-32b:~ $ cat /boot/fi  
dtparam=i2c_arm=on  
dtparam=i2s=on  
dtoverlay=googlevoicehat-soundcar  
  
# +GPS PPS  
dtoverlay=pps-gpio,gpiopin=4
```



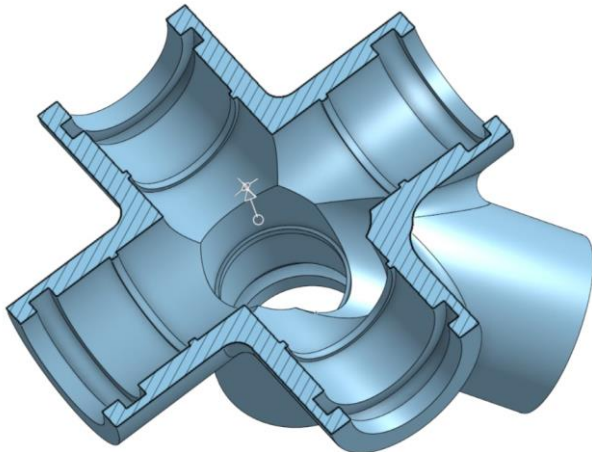
2026 - pokrok za rok vývoje

funkční USB 1.1 zvuková karta s 6 mikrofony a
otestovanou podporovanou vzdáleností
mikrofonů 50 cm

neblokující detekční algoritmus běžící
současně s kódem USB zvukové karty na
druhém jádru CPU

prototyp akustické synchronizace detekčních
nodů

mikrofony na HT32 odpadní trubce



zapojení do systému

takhle to vypadá po zapojení do PC Ubuntu 24.04 LTS

```
root@tpd:/home/fedurca# dmesg -T
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: new full-speed USB device number 10 using xhci_hcd
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: New USB device found, idVendor=cafe, idProduct=4066, bcdDevice= 1.00
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: Product: Pico 6ch Microphone 48k/24
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: Manufacturer: het68
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] usb 1-1: SerialNumber: 123654
```

```
[Fri Oct 2 08:17:10 2026] cdc_acm 1-1:1.2: ttyACM0: USB ACM device
```

```
root@tpd:/home/fedurca# arecord -l
```

```
** List of CAPTURE Hardware Devices **
```

```
card 0: PCH [HDA Intel PCH], device 0: CX20753/4 Analog [CX20753/4 Analog]
```

```
Subdevices: 1/1
```

```
Subdevice #0: subdevice #0
```

```
root@tpd:/home/fedurca# cat /proc/asound/card1/stream0
```

```
het68 Pico 6ch Microphone 48k/24 at usb-0000:00:14.0-1, full speed : USB Audio
```

```
Capture:
```

```
Status: Stop
```

```
Interface 1
```

```
Altset 1
```

```
Format: S24_3LE
```

```
Channels: 6
```

```
Endpoint: 0x81 (1 IN) (ASYNC)
```

```
Rates: 48000
```

```
Bits: 24
```

```
Channel map: TFC TRR TSL BC RLC RRC
```



jak to NE/funguje v browseru – downmix na dva kanály/Electron app..?

jak to funguje na MacOS 27 (OK, občas downmix na 1ch – asi při spuštění browseru, pocitově pomalejší zpracování v browseru)

Windows nevím... (pokud to zde někoho zajímá.. :)

další možnosti využití

mikrofon pro VR aplikace – jediný single node usecase

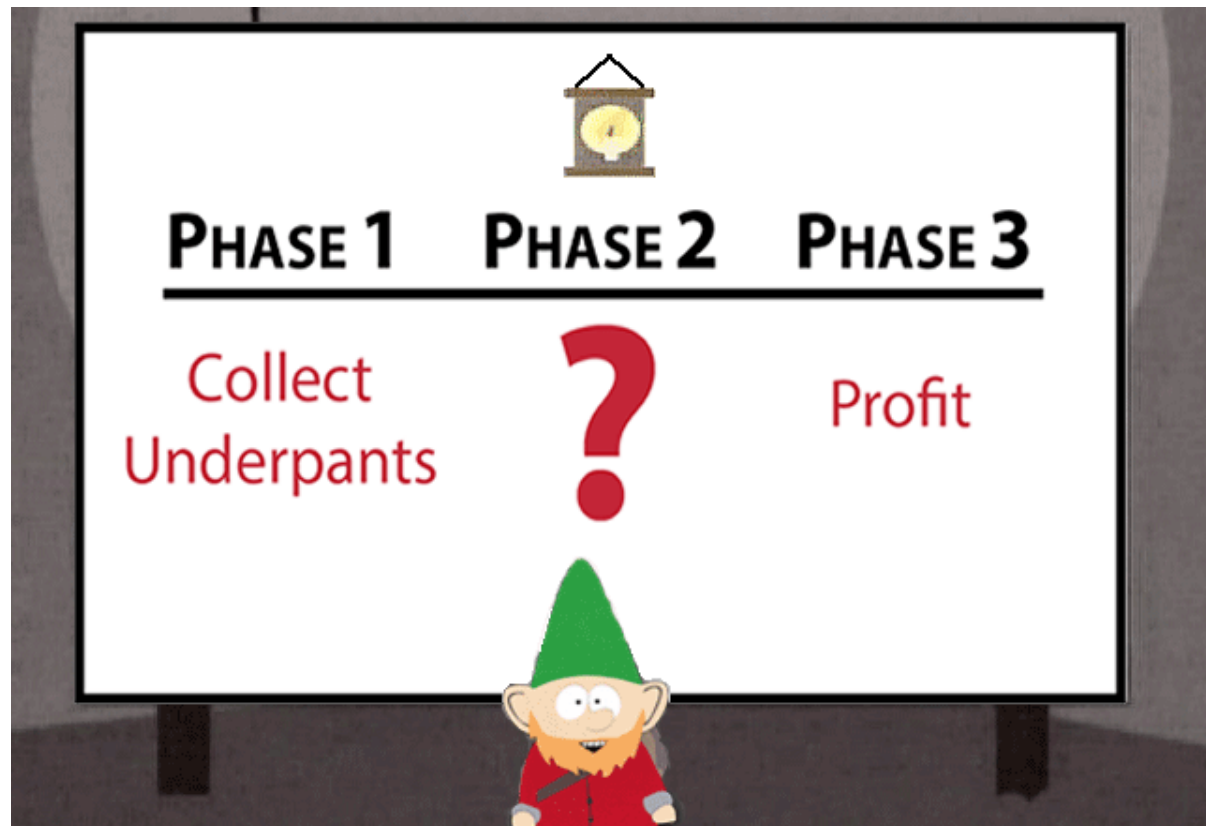
FlightAware – sledování letadel

železniční doprava
placatá/zadřená kola,
nefunkční signalizace

silniční doprava
(přetížení, decať, nehoda,
drift)

monitoring prostředí
střelba, křik, pláč, siréna

cokoliv co je hodně nahlas
a ve slyšitelném pásmu
mikrofonů..



audio synchronizace - chirp

mezinodová synchronizace akustickým
signálem – piezzo

současné mikrofony neslyší ultrazvuk

minimalizace rušivého bzučení modemu vs.
kvalita přenosu

fallback možnosti: WiFi, BT LE, LoRa

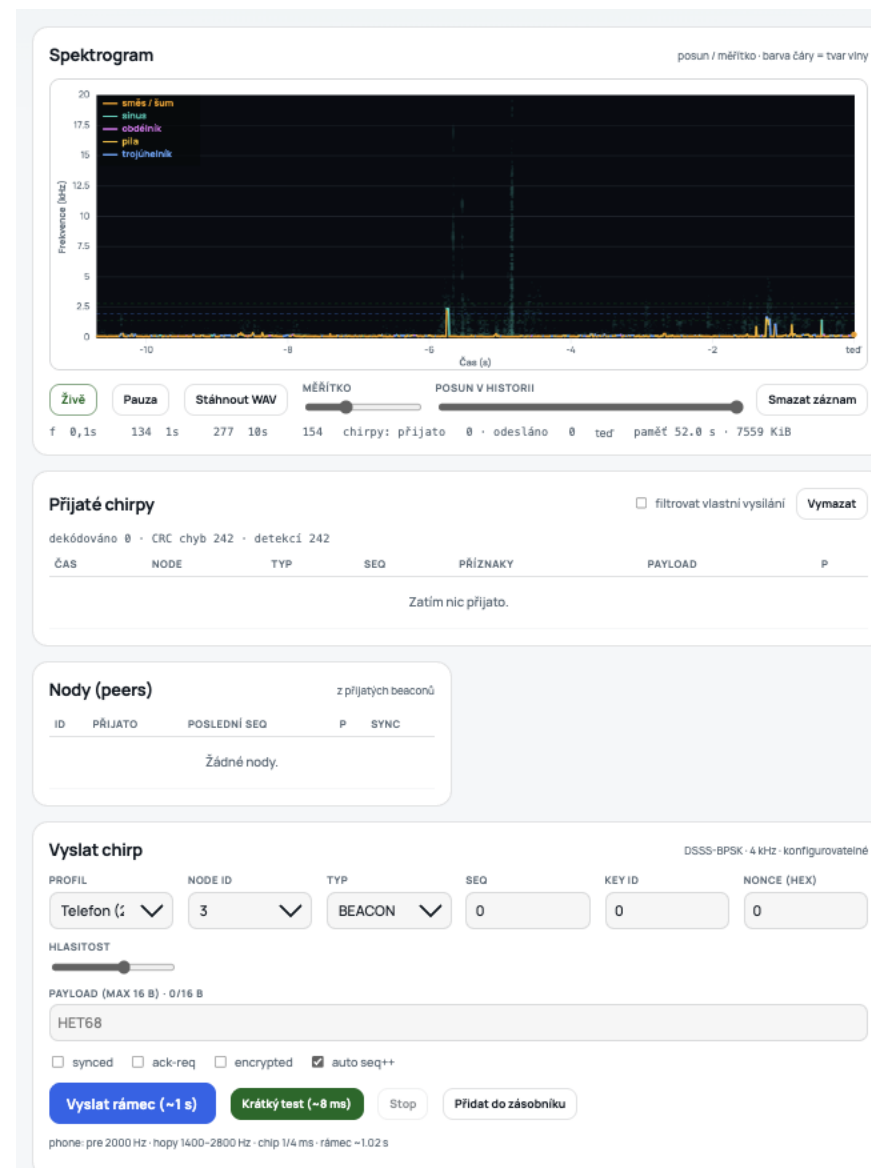
prostorová synchronizace

časová synchronizace PRNG

NTP kostelní zvon

volitelně:

odporná ukázka bzučení modemu..



AI při vývoji HW

cursor.ai IDE napojený přes SSH do prostředí s připojeným prototypem a HW debuggerem

odladění PIO stavového automatu s DMA a kruhovým bufferem pro I2S mikrofony bez TDMA

obslužné scripty pro výpis dmesg, lsusb a arecord -l a ovládání HW debuggeru – upload FW a restart

analýza RAW WAV záznamu a vyhodnocení spektrogramu

ztráta packetů v USB komunikaci

zamrzání programu při přepínání kontextu mezi core0 (USB) a core1 (vyhodnocení signálu) a odesílání detekce přes UART

optimalizace výpočtů polohy dronu (256kB RAM přestalo stačit)

DevOps part – build FW a webflasher

build FW v Github Actions
lokální sestavení firmwaru vyžaduje
složitě nastavování prostředí a patche
chyb a backport oprav v knihovně
TinyUSB

upload FW z webu

v další fázi 3 USB režimy současně
USB zvukovka
Sériový port pro detekce/konfiguraci
+
MassStorage pro detekční algoritmy

het68 [Web Releases GitHub](#)
CZ EN DE C



Pico 2 W RP2350 · CYW43439 Wi-Fi / BT
UF2 dostupný



Pimoroni Plus 2 W RP2350 · 8 MB PSRAM · 16 MB flash · Wi-Fi / BT
UF2 dostupný

2. 02 Verze firmwaru
Release
1.15.0 · 28. 9. 2026 20:15:19
Asset: het68-1.15.0-pico-plus2-w.uf2 (807 KiB) · het68 board

3. 03 BOOTSEL

1. Odpoj USB kabel.
2. Podrž tlačítko **BOOTSEL** (nebo **BOOT**).
3. Připoj USB a po 1–2 s tlačítko pusť.
4. Deska se objeví jako USB disk (RPI–RP2 / RP2350).

Deska: nepřipojena

4. 04 Nahrát
 ☒ Mazat sektory před zápisem
0%
Načteno 26 release(ů)

► Výstup procesu

Firmware z github.com/fedurca/het68/releases · proxy na flasher.het68.cz. Alternativně UF2 stáhni ručně a nahraj na BOOTSEL disk.

vlastní HW – plán na další iteraci

vodotěsné membrány a deadcat
větrné filtry na mikrofony

mikrofony na Flex kabelu

přepřepcování konstrukce pro
uložení elektroniky uvnitř zařízení

přidání teploměru a tlakoměru pro
kompensaci rychlosti šíření zvuku v
prostředí

přidání podpory LoRa/5G **modemu**

power management – možná
samostatná deska
(LTO/18650 baterie+zdroj) – solar
nebo indukce

verze s/bez **USB**



jak se zapojit – backlog/nevyřešené problémy

modem - odladění protokolu pro akustickou synchronizaci

návrh HW – vývoj PCB – detekční část

návrh HW – vývoj PCB – napájecí část

webapp – onprem/cloudová část pro historii detekcí a správu detekčního pole

XJI FW hack – řízení libovolného levného dronu python kódem bez podpory SDK

později:

příprava trénovacích dat – výroba anotovaných záznamů letu

další plány – co uvidíte za rok

multinode synchronizace pro
přesnou prostorovou lokalizaci
trajektorie letu

autotune – vylepšování detekčního
algoritmu na základě naměřených
záznamů anotovaných o pozici z
droneID

ML detekční algoritmus běžící v
PSRAM

podpora PTZ **videoverifikace**

vlastní HW s lepšími mikrofony na
1.8V
(současný model 3.3V 1/2026 EOL)

indukční napájení senzoru
split-core transformátor na AC
vedení



Praktická ukázka

Výpočet maximální energie

Kinetická energie při letu ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$):

Podle specifikací dosahuje DJI Neo 2 v režimu Sport rychlosti až **12 m/s** (cca 43 km/h). Pokud by létal v plně manuálním režimu (M-mode) jako první generace, mohl by dosáhnout až **16 m/s** (cca 58 km/h).

Při rychlosti 12 m/s: $E_k = 0,5 \cdot 0,14 \cdot (12)^2 = \mathbf{10,1 \text{ joulů}}$

Při rychlosti 16 m/s: $E_k = 0,5 \cdot 0,14 \cdot (16)^2 = \mathbf{17,9 \text{ joulů}}$

Potenciální energie při pádu z 10 m ($E_p = mgh$):

Pokud by dron selhal těsně pod stropem a padal volným pádem na zem: * $E_p = 0,14 \cdot 9,81 \cdot 10 = \mathbf{13,7 \text{ joulů}}$ (dopadl by rychlostí zhruba 14 m/s).

Maximální energie nárazu se tedy pohybuje v rozmezí **10 až 18 joulů**. Pro představu: to odpovídá pádu 1,5 kg těžkého předmětu (např. plné PET lahve) z výšky 1 metru.

Aktuální hlavní limit detekce:

odrazy zvuku od stěn a malá RAM pro výpočet potlačení ozvěny

díky za pozornost..

<https://www.linkedin.com/in/fedurca/>



<https://github.com/fedurca/het68>

