

# Experimenty: základný prehľad metód

Maroš Mešter

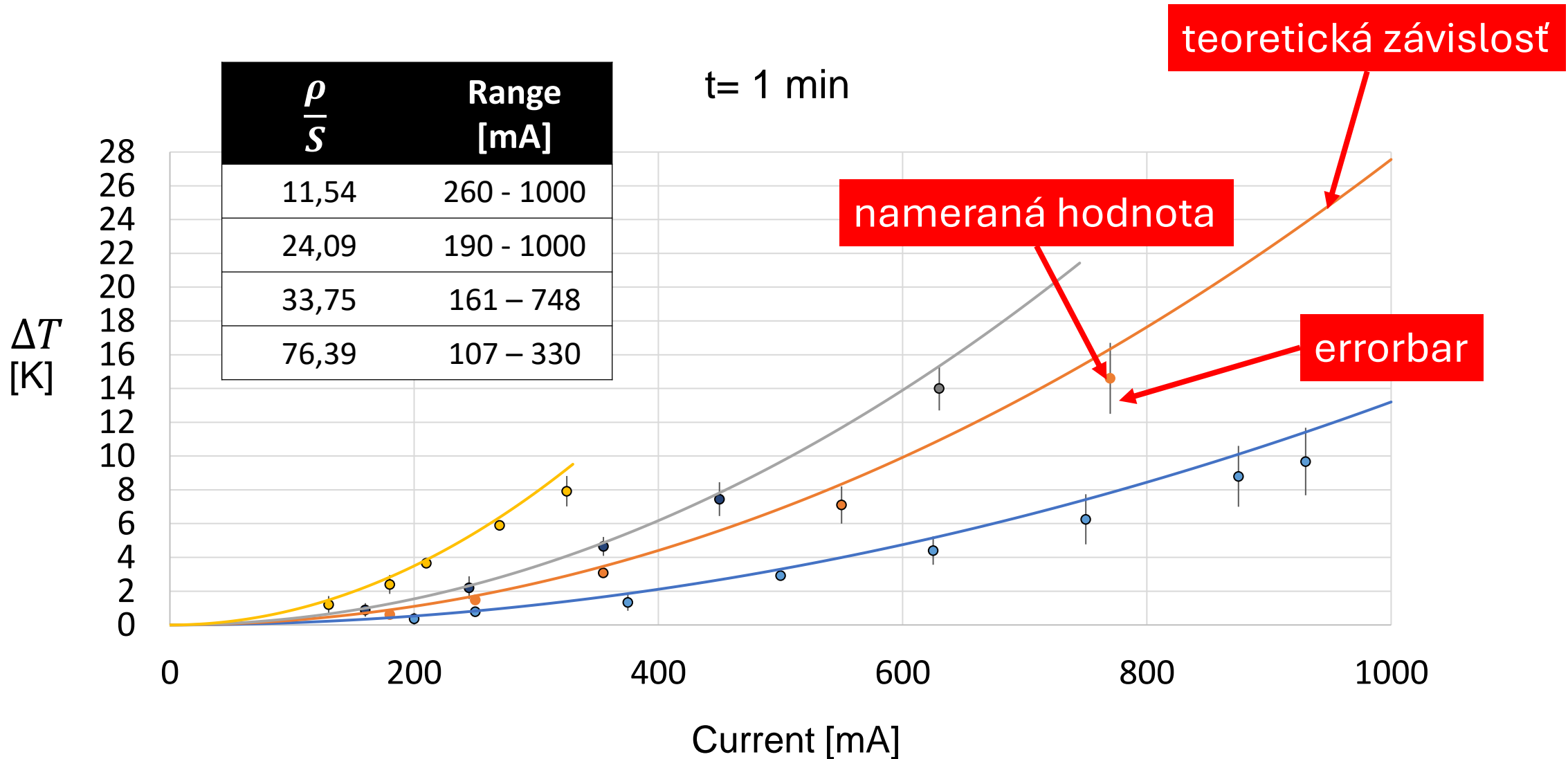
Úvodné sústreďenie Turnaja mladých fyzikov 2024

# Obsah

1. Úvod, prezentácia meraní.
2. Meranie polohy, rýchlosti z nasnímaného videa.
3. Záznam a spracovanie zvuku.
4. Meranie elektrických veličín.
5. Senzory a aktuátory pripojiteľné na mikrokontrolér\*.



# Typický graf – příklad

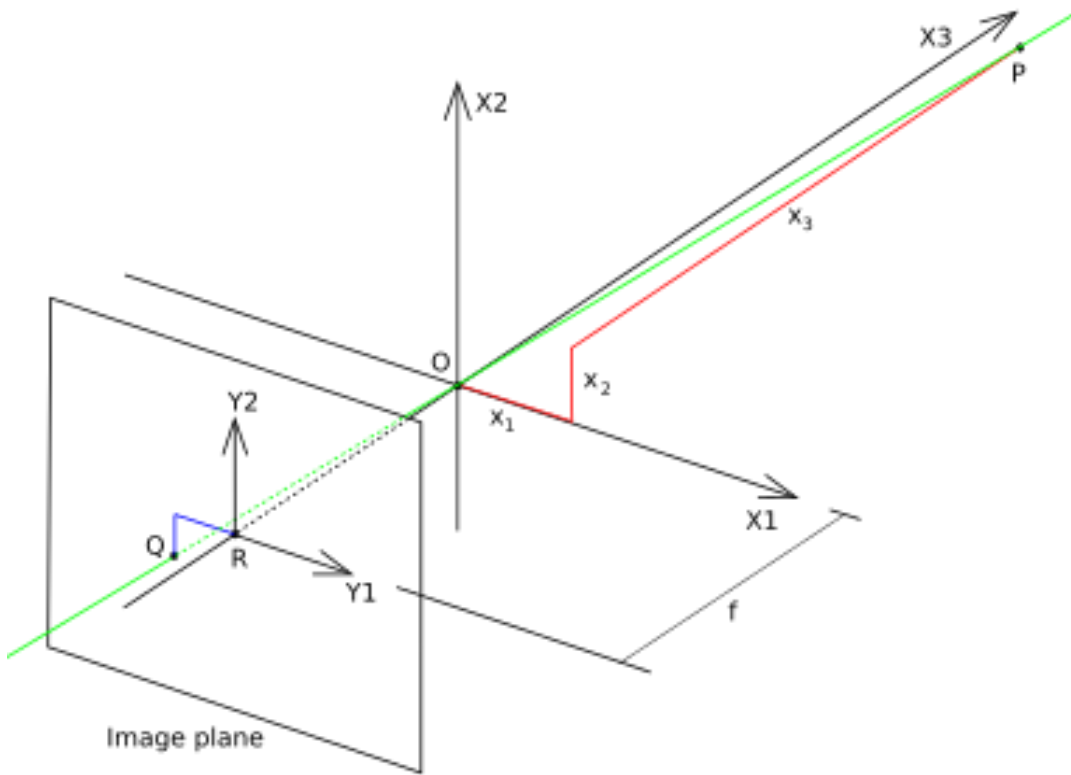


# Meranie rozmerov, polohy, rýchlosti, zrýchlenia...

Spracovanie fotografií a videa

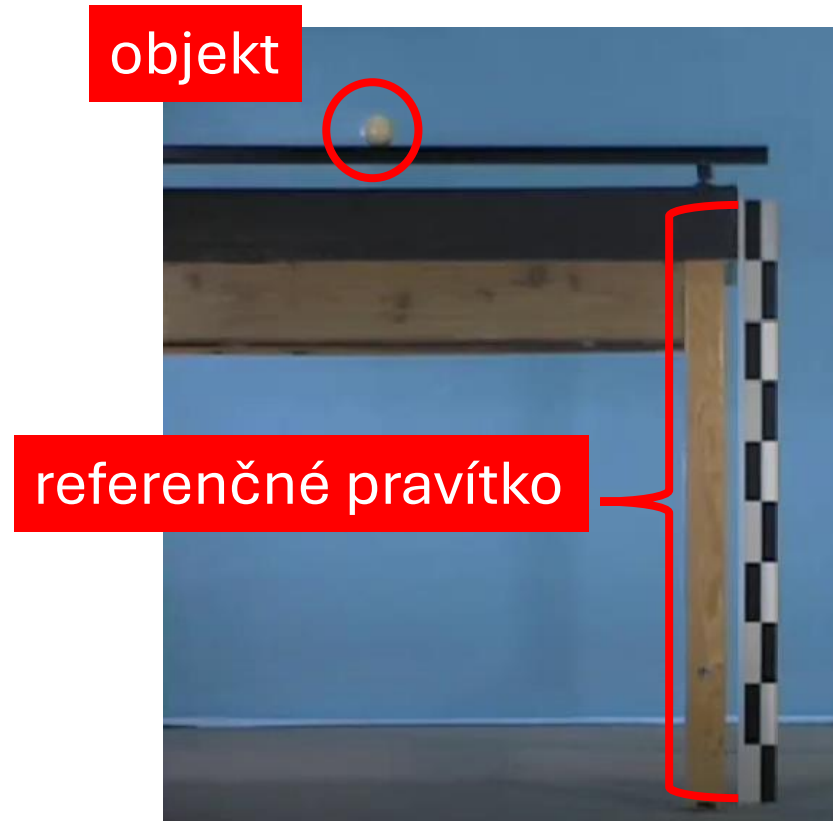
# Základne poznatky

## Projekcia 3D na 2D



pinhole camera model [1]

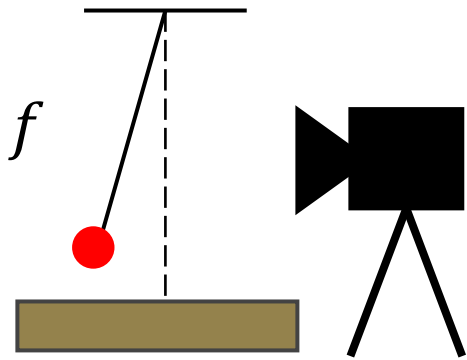
## Kalibrácia rozmerov



$$k = px/m$$

# Základne poznatky

## FPS kamery



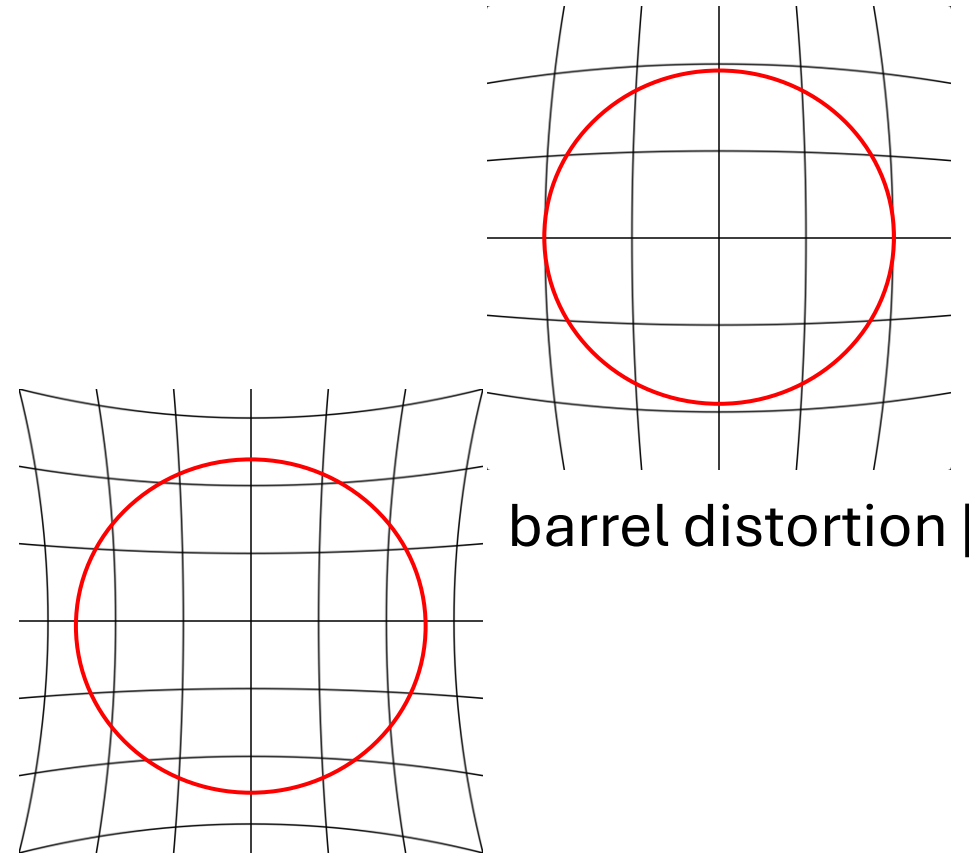
Nyquistov-Shannonov  
vzorkovací teorém:

$$f_{vz} > 2f_{max}$$

aby nevznikol aliasing.

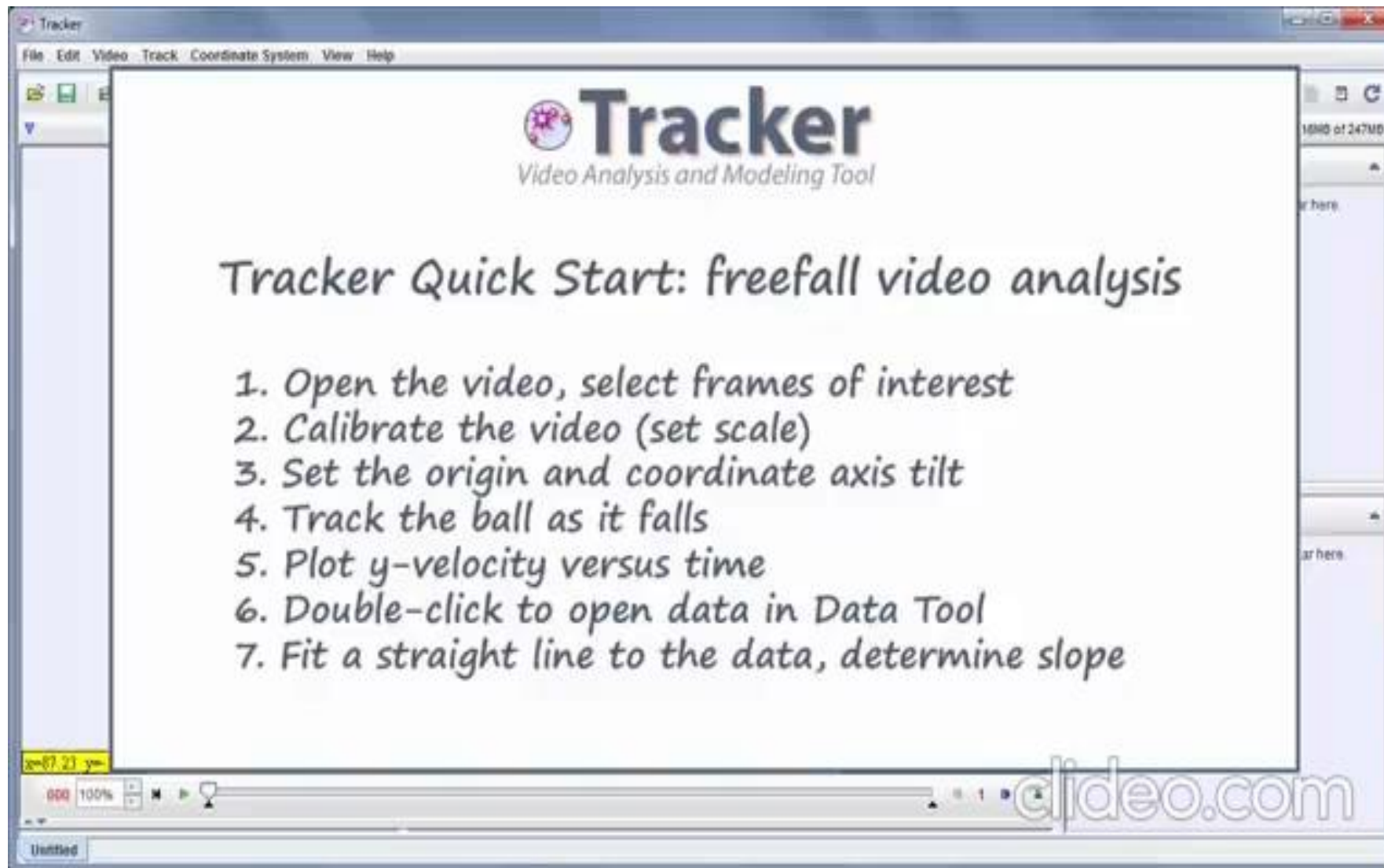
zdroj: [2]

## Chyby spôsobené skreslením

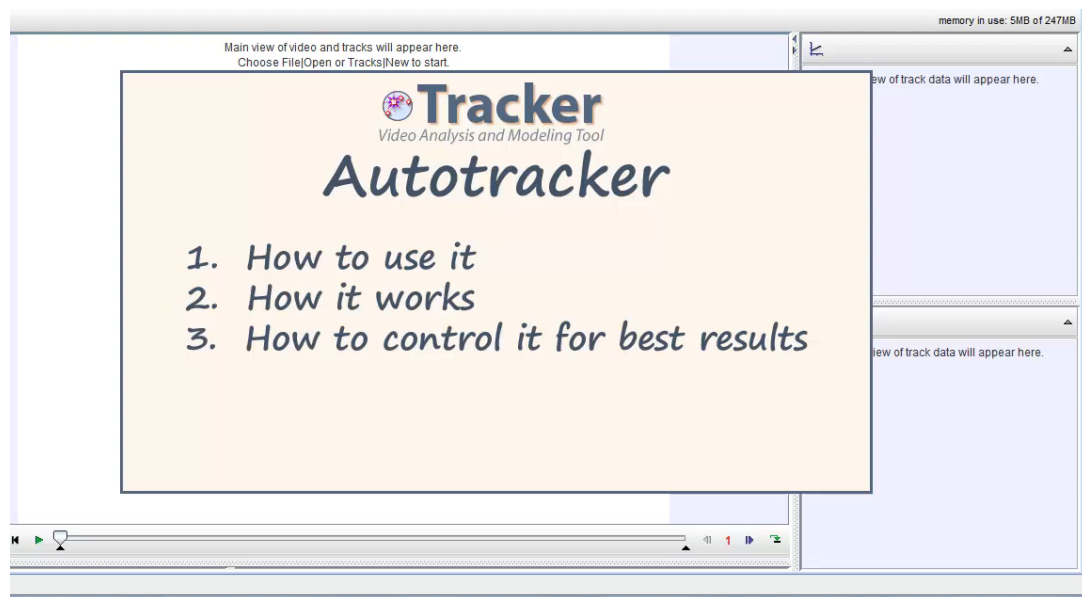


barrel distortion [3]

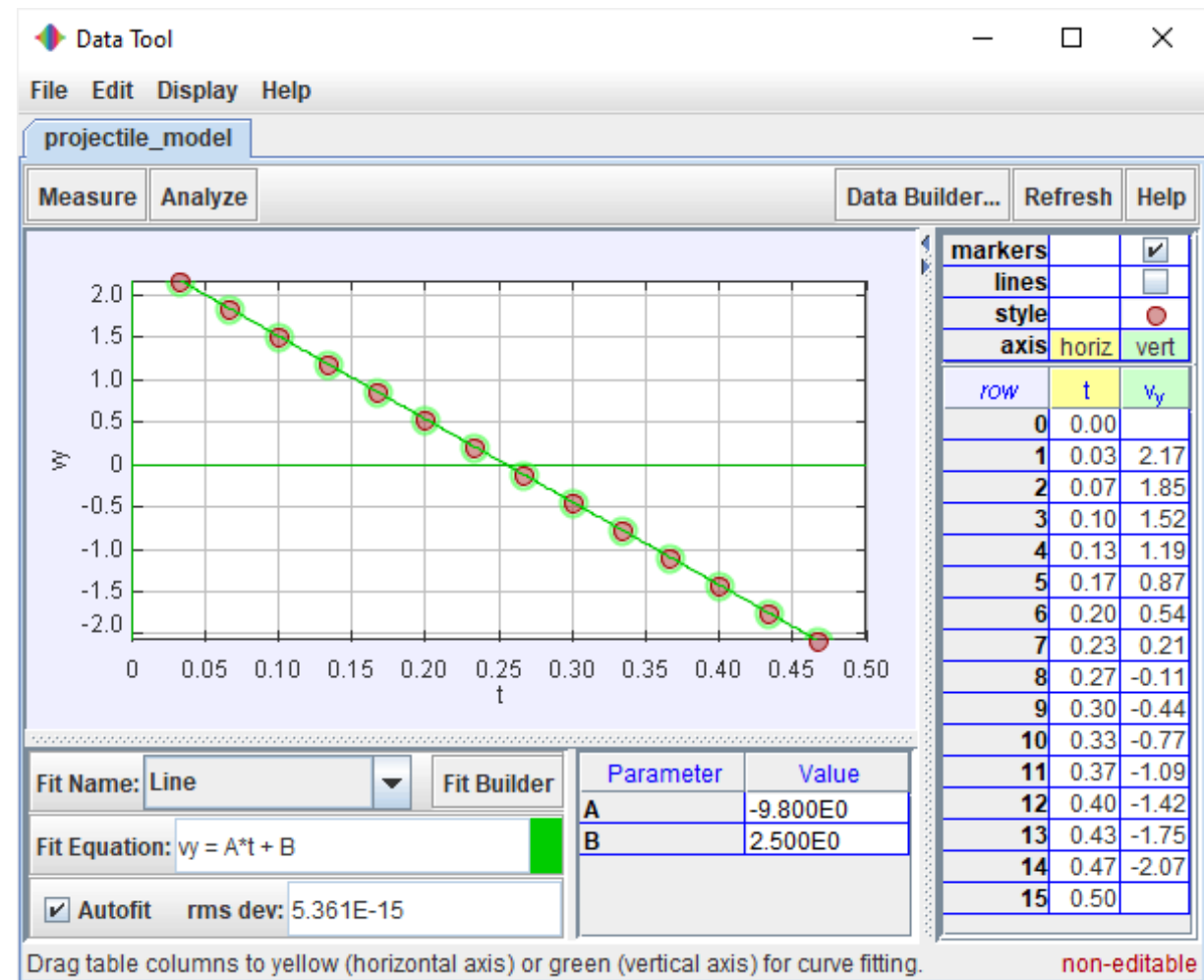
pincushion distortion [3]



- vykresľovanie grafu
- fitovanie krivky
- autotracking



zdroj: [5]



zdroj: [6]

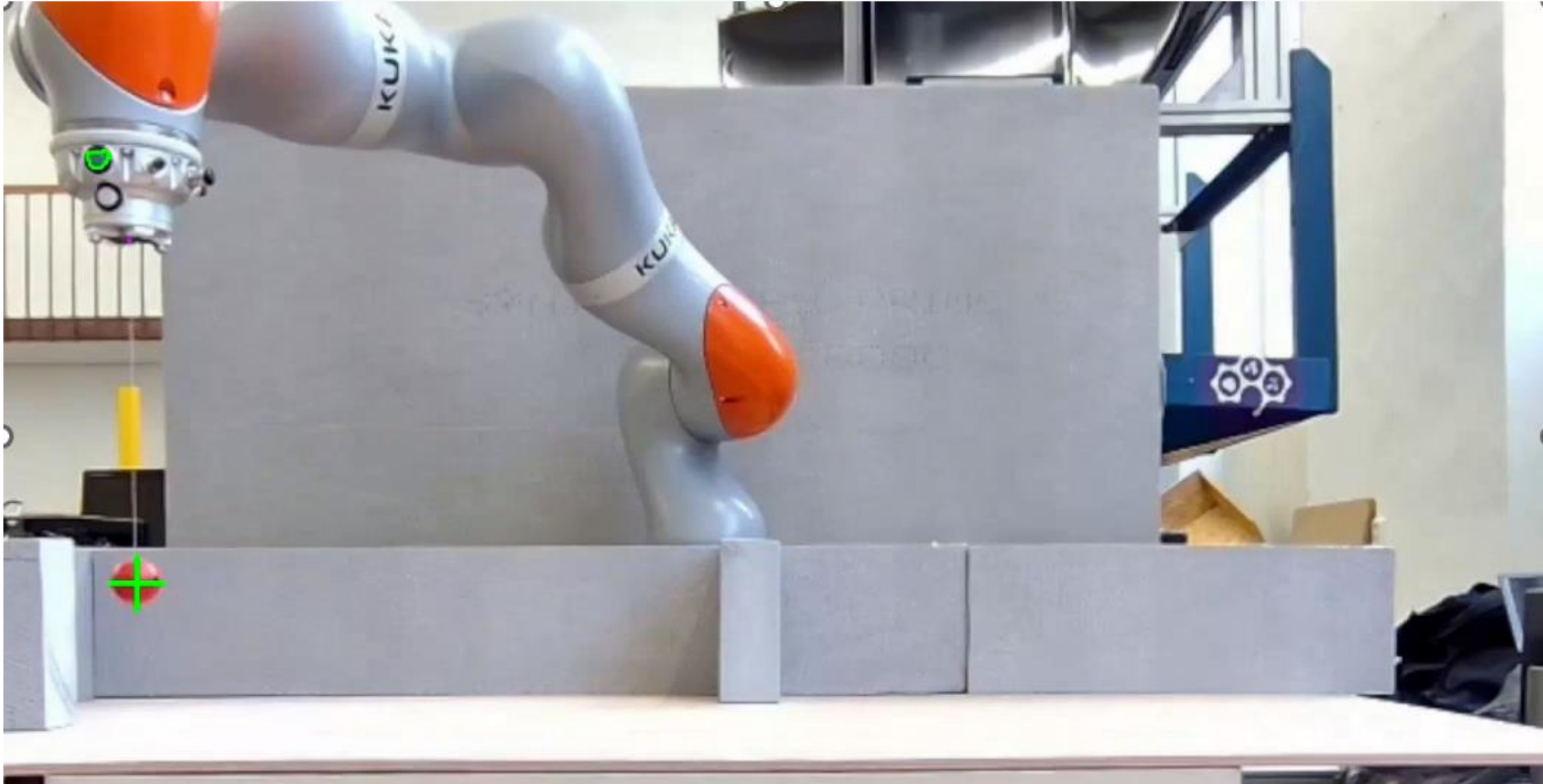


# Pokročilé trackovanie polohy\*

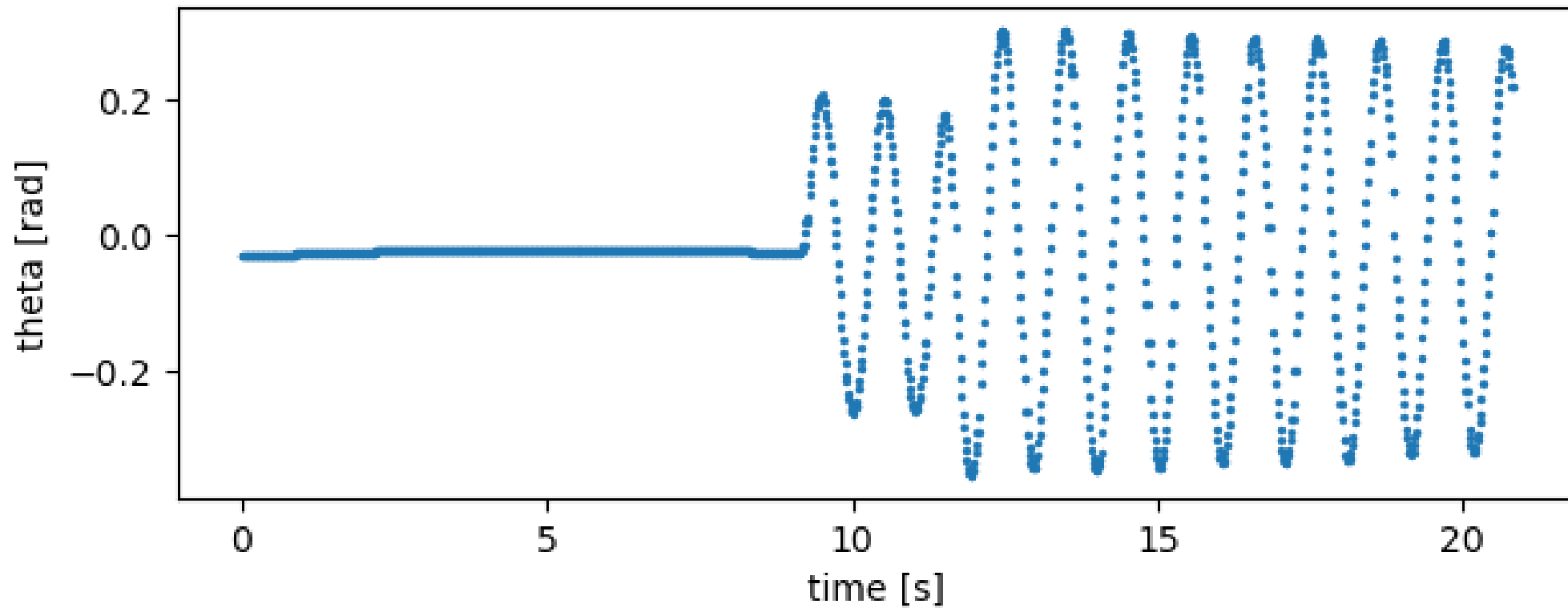
- OpenCV: open source knižnica pre manipuláciu s obrazom
- Python/ C++
- Funkcionality:
  - detekcia objektu (prahovaním farieb): `inRange()` , `findContours()`
  - detekcia objektu (Houghove transformácie): `HoughCircles()` , `HoughLines()`
  - odstránenie statického pozadia: `BackgroundSubtractor`
  - kalibrácia kamery, korekcie skreslenia: `calibrateCamera()` , `undistort()`



# Pokročilé trackovanie polohy\*



# Pokročilé trackovanie polohy\*



# Záznam a spracovanie zvuku

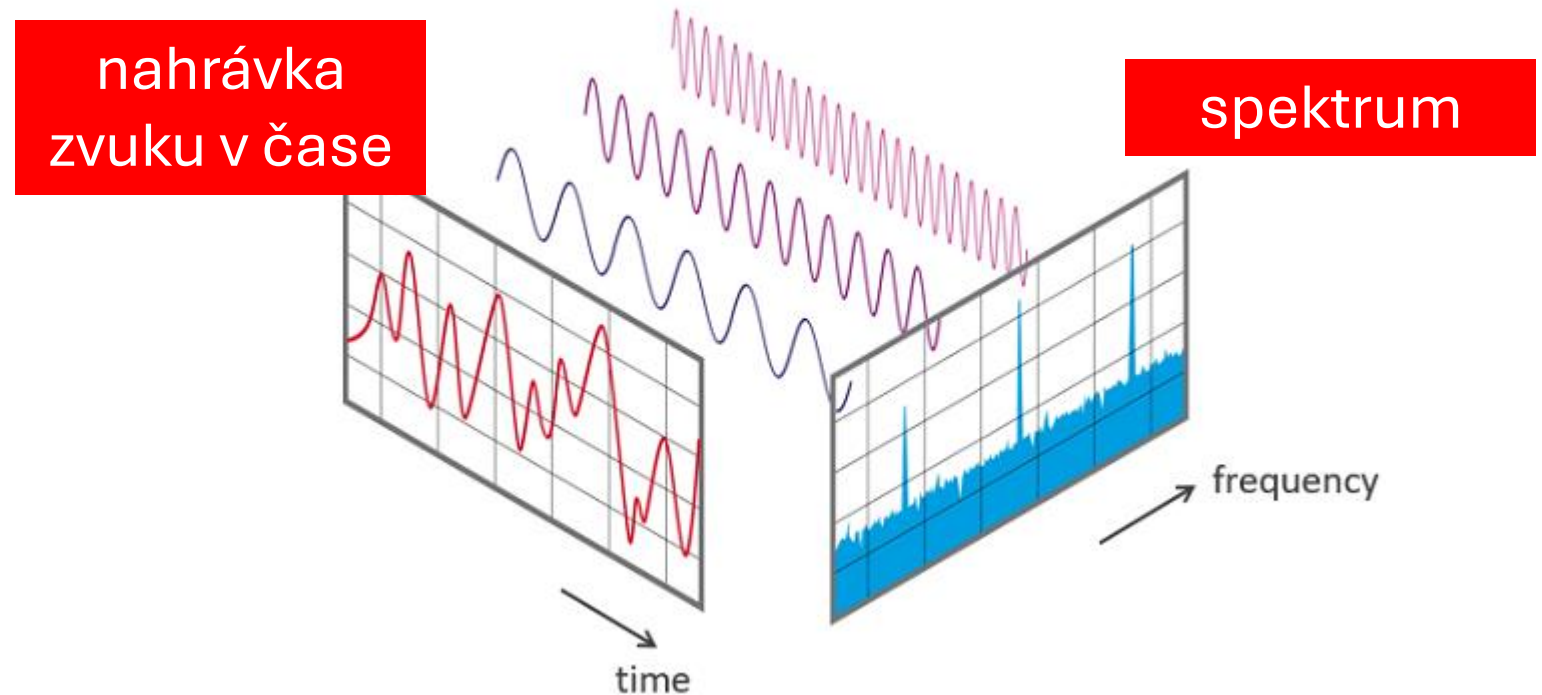
Meranie frekvencie, hlasitosti...

# Zvuk

- Vlastnosti zvuku:
  1. frekvencia  
(„výška“)
  2. prítomnosť  
vyšších  
harmonických  
frekvencií  
(„farba“)
  3. amplitúda resp.  
intenzita  
(„hlasitosť“)
  4. rýchlosť zvuku
  5. dĺžka trvania

# Zvuk

- Vlastnosti zvuku:
  1. frekvencia („výška“)
  2. prítomnosť vyšších harmonických frekvencií („farba“)
  3. amplitúda resp. intenzita („hlasitosť“)
  4. rýchlosť zvuku
  5. dĺžka trvania



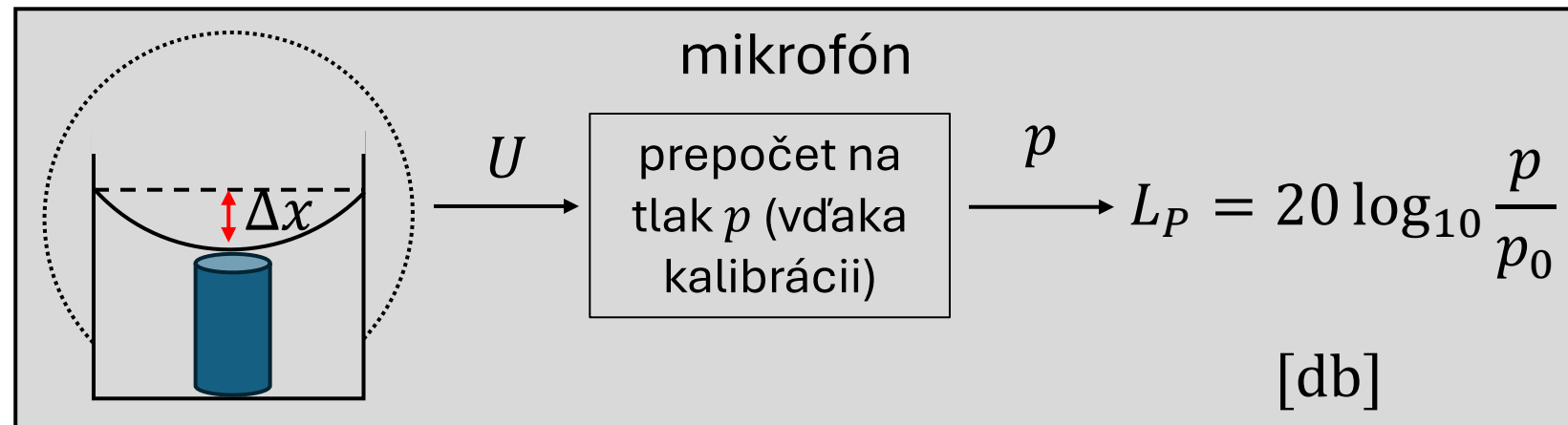
Analýza zvuku (Fourierova transformácia) [7]

# Zvuk

- Vlastnosti zvuku:

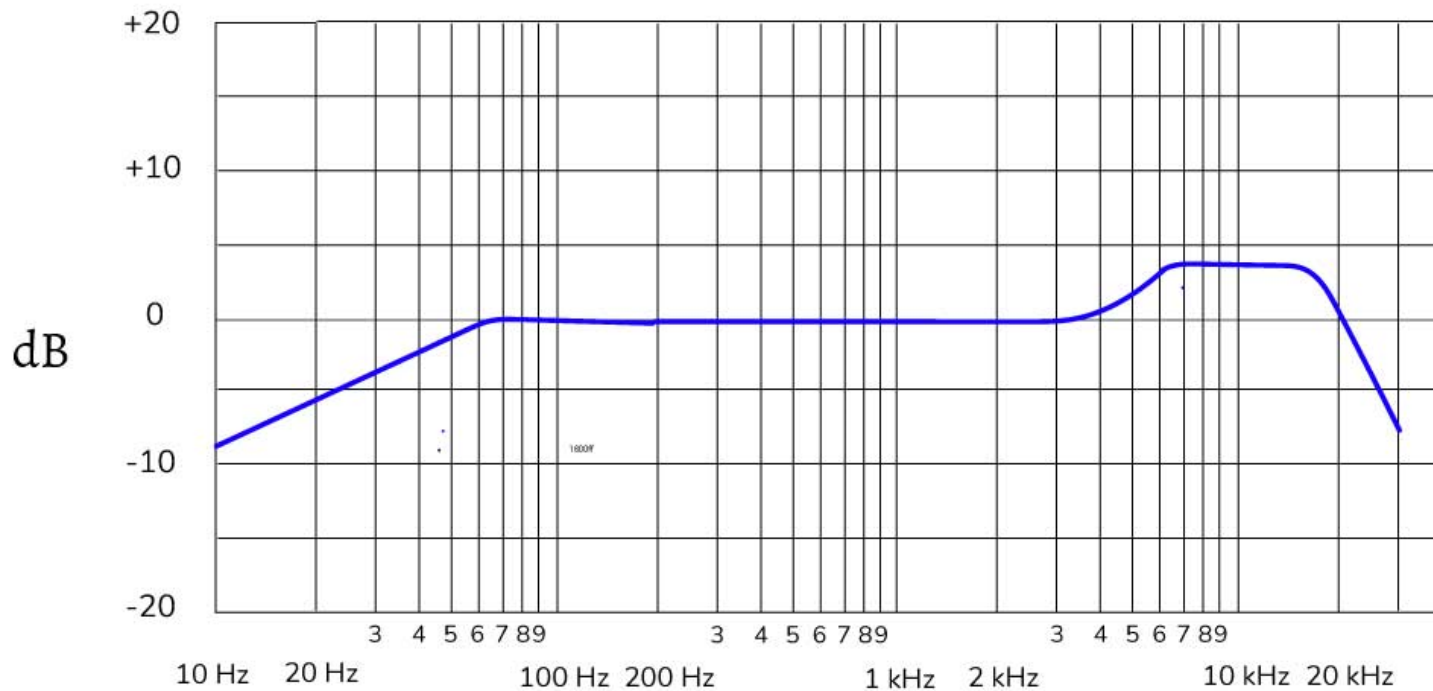
1. frekvencia („výška“)
2. prítomnosť vyšších harmonických frekvencií („farba“)
3. amplitúda resp. intenzita („hlasitosť“)
4. rýchlosť zvuku
5. dĺžka trvania

Sound pressure	$p$	[Pa]
Sound intensity	$I$	[W.m <sup>2</sup> ]
Sound intensity level	$L_I$	[db]
Sound pressure level	$L_p$	[db]



# Datasheet mikrofónu

## frekvenčná charakteristika

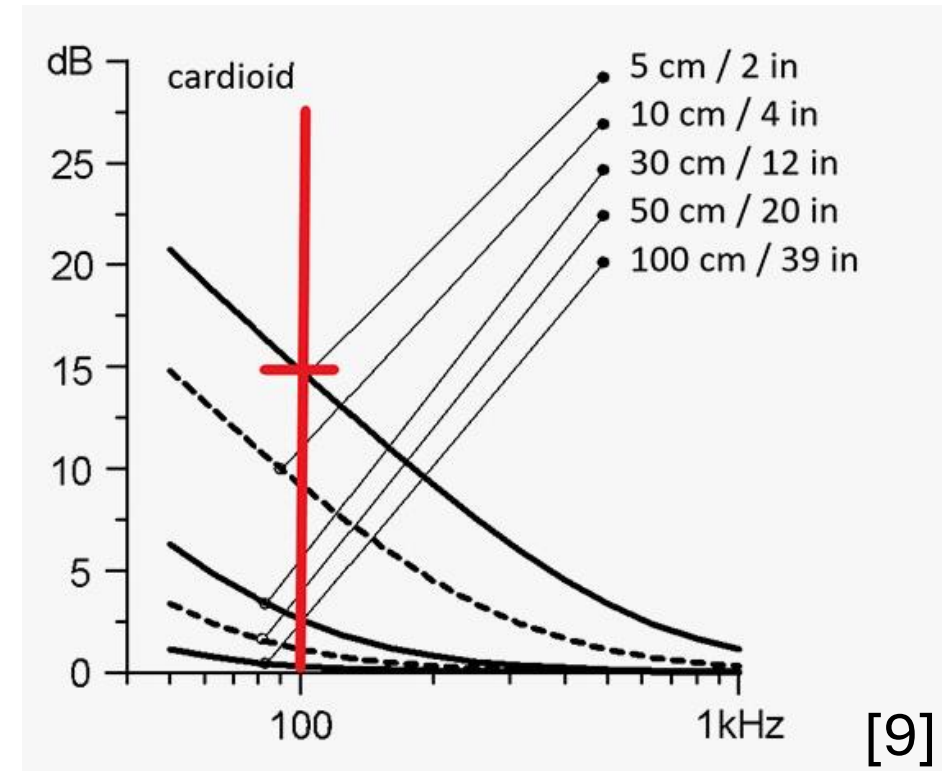


Neumann TLM 103

Hz

thegreatestsong.com [8]

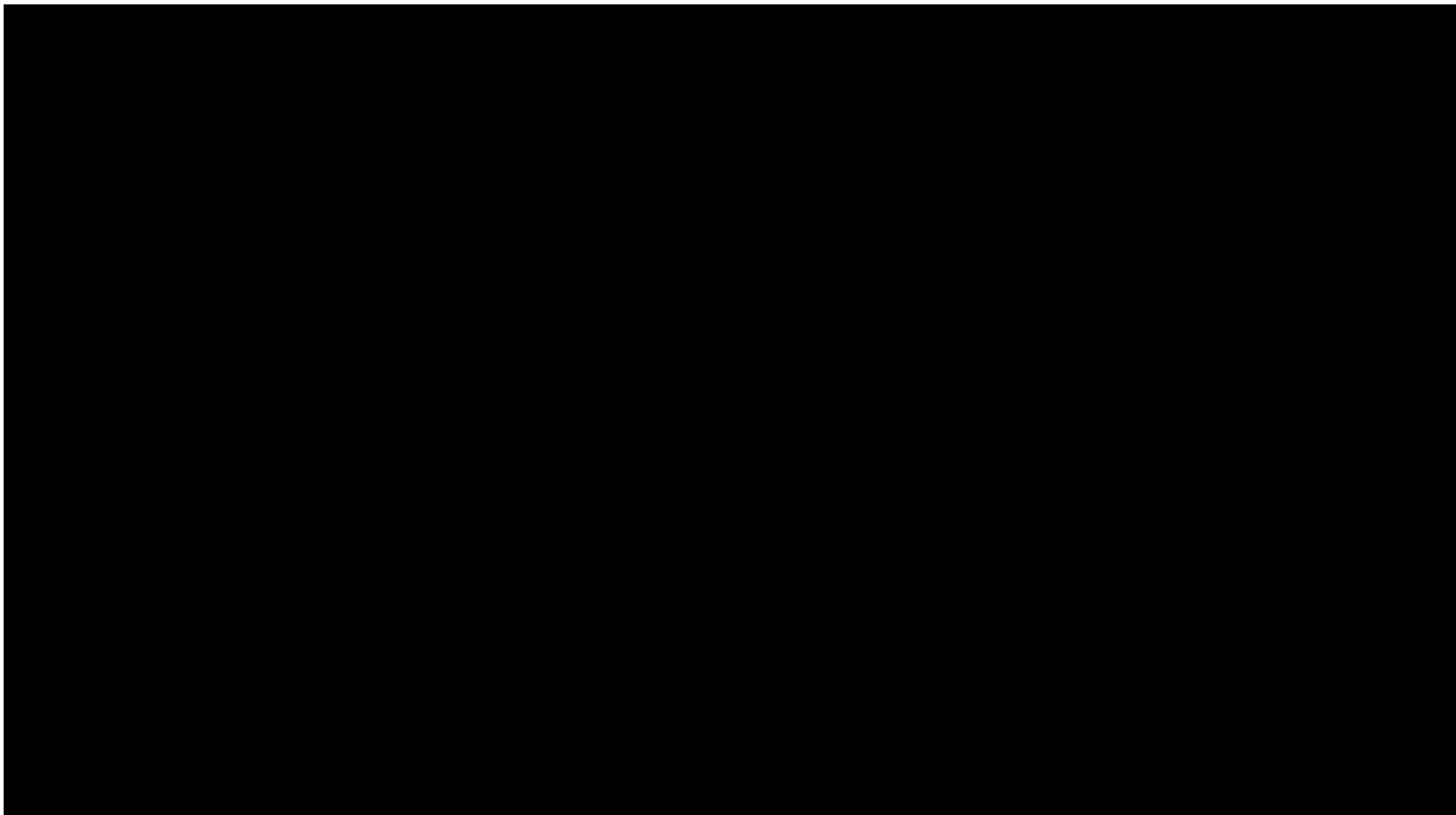
## proximity effect



[9]

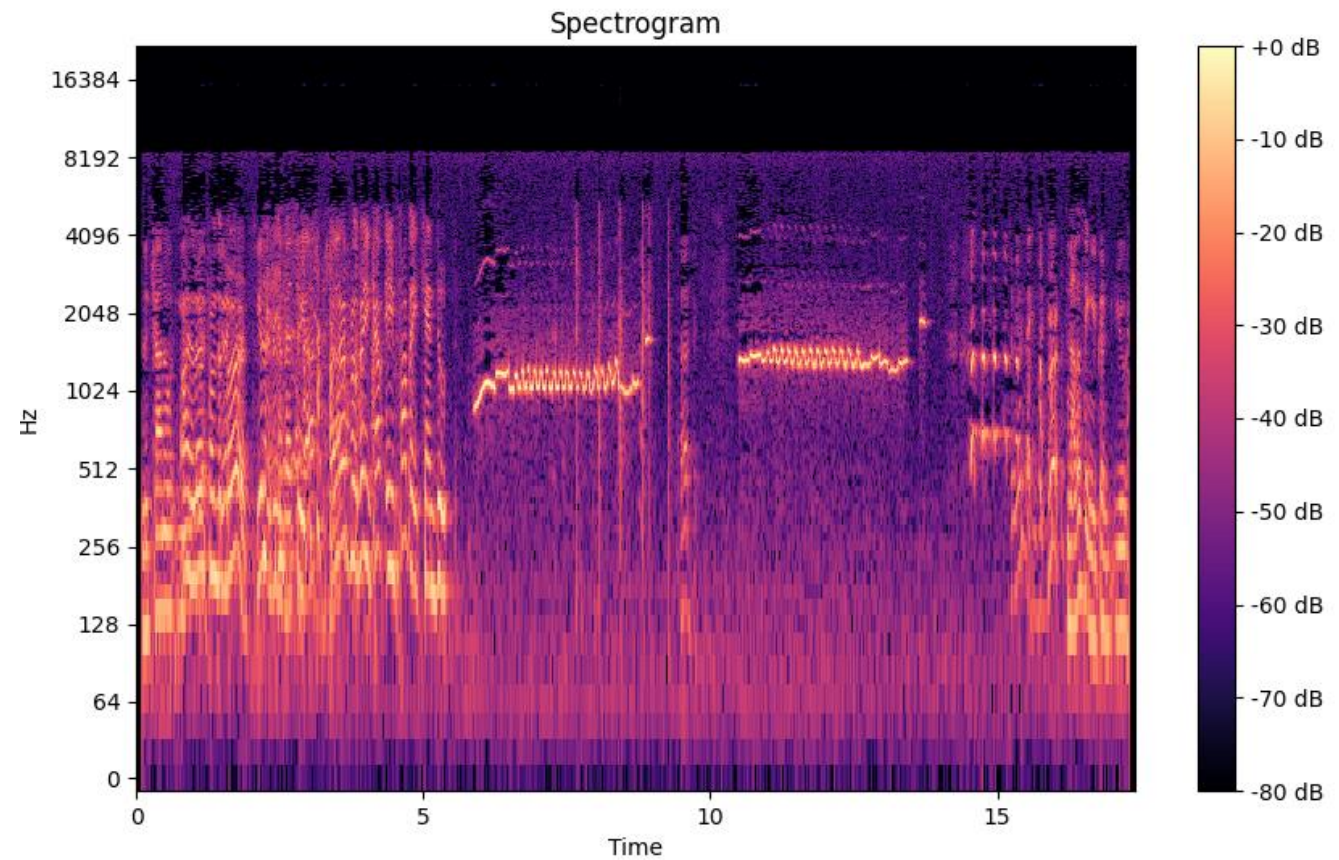


# Audacity



# Evolúcia spektra v čase (Python)\*

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import librosa
4 import librosa.display
5
6 def generate_spectrogram(mp3_file):
7     # Load the audio file
8     y, sr = librosa.load(mp3_file, sr=None)
9
10    # Generate a spectrogram (Short-Time Fourier Transform)
11    D = librosa.amplitude_to_db(np.abs(librosa.stft(y)), ref=np.max)
12
13    # Plot the spectrogram
14    plt.figure(figsize=(10, 6))
15    librosa.display.specshow(D, sr=sr, x_axis='time', y_axis='log')
16    plt.colorbar(format='%+2.0f dB')
17    plt.title('Spectrogram')
18    plt.show()
19
20 # Example usage
21 mp3_file = 'whistling.mp3'
22 generate_spectrogram(mp3_file)
```



*alebo*



**SciPy**  
scipy.fft()

# Meranie elektrických veličín

elektrické napätie, prúd, frekvencia...

# Meracie prístroje

digitálny multimeter



AC/DC napätie, AC/DC prúd, odpor, kapacita...

[11]

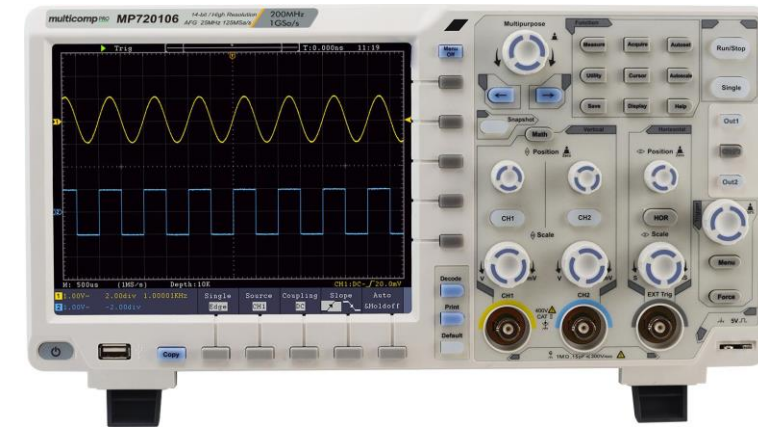
signálový generátor



[12]

ako zdroj striedavého napätia z nastaviteľnou frekvenciou

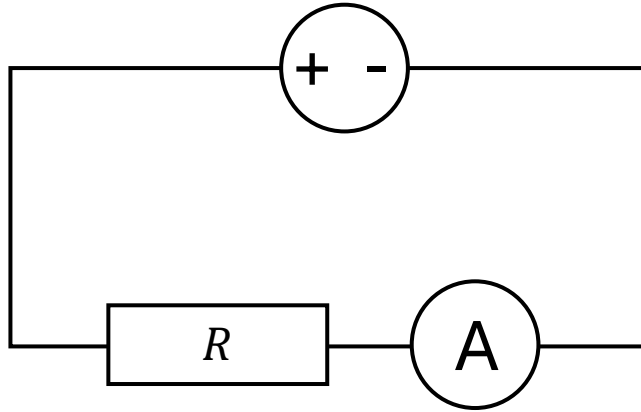
osciloskop



[13]

meranie časových priebehov veličín

## meranie prúdu - sériovo



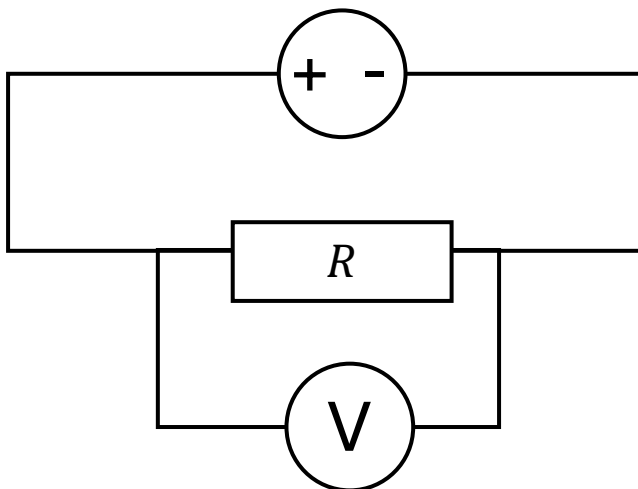
## meranie efektívnej hodnoty (RMS)

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$



[16]

## meranie napätia - paralelne



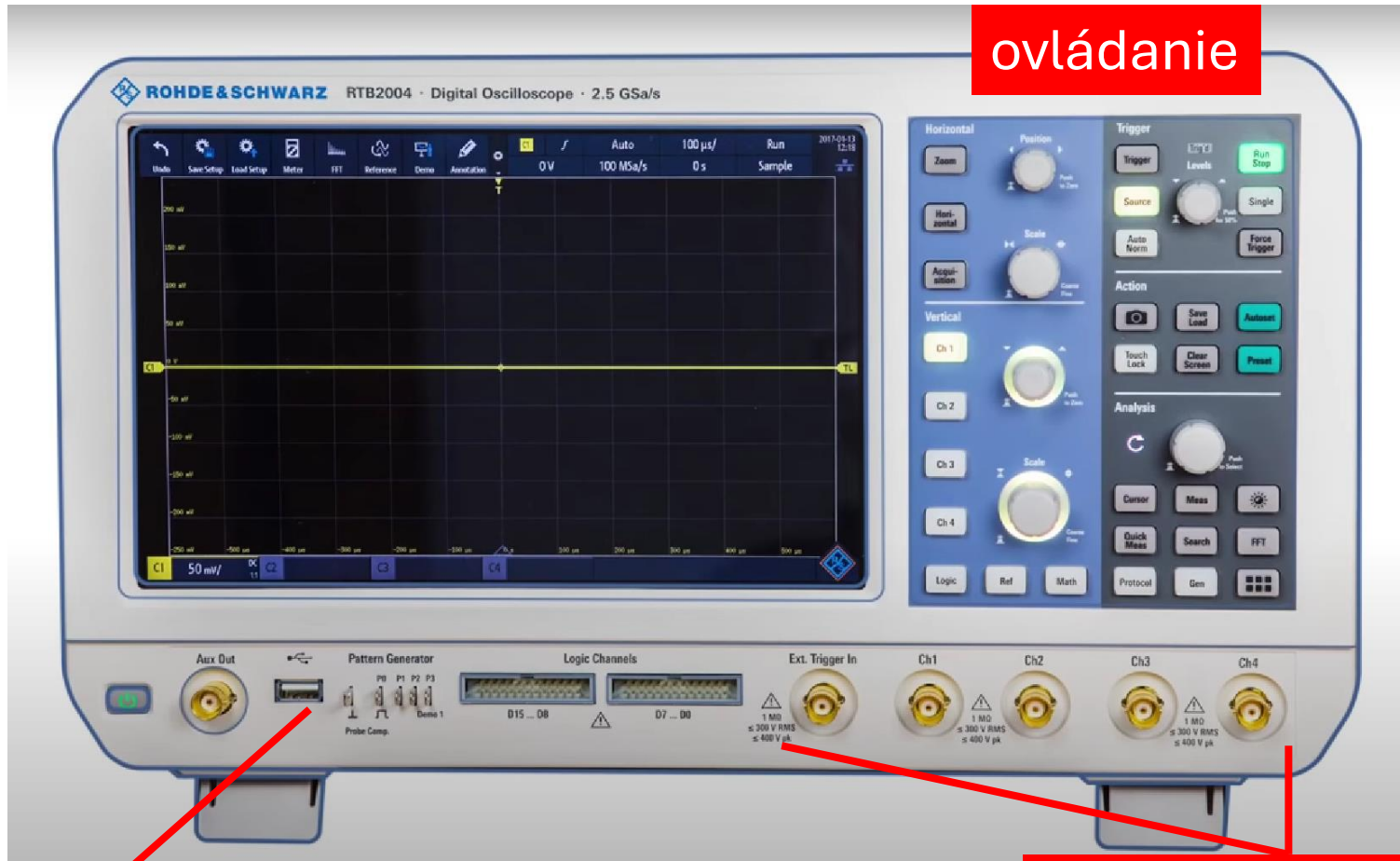
usmernená stredná hodnota

$$U_{sar} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

$$U_{ef} = 1,11U_{sar}$$

len pre harmonický priebeh!

# Osciloskop\*



ovládanie

## Všeobecné rady:

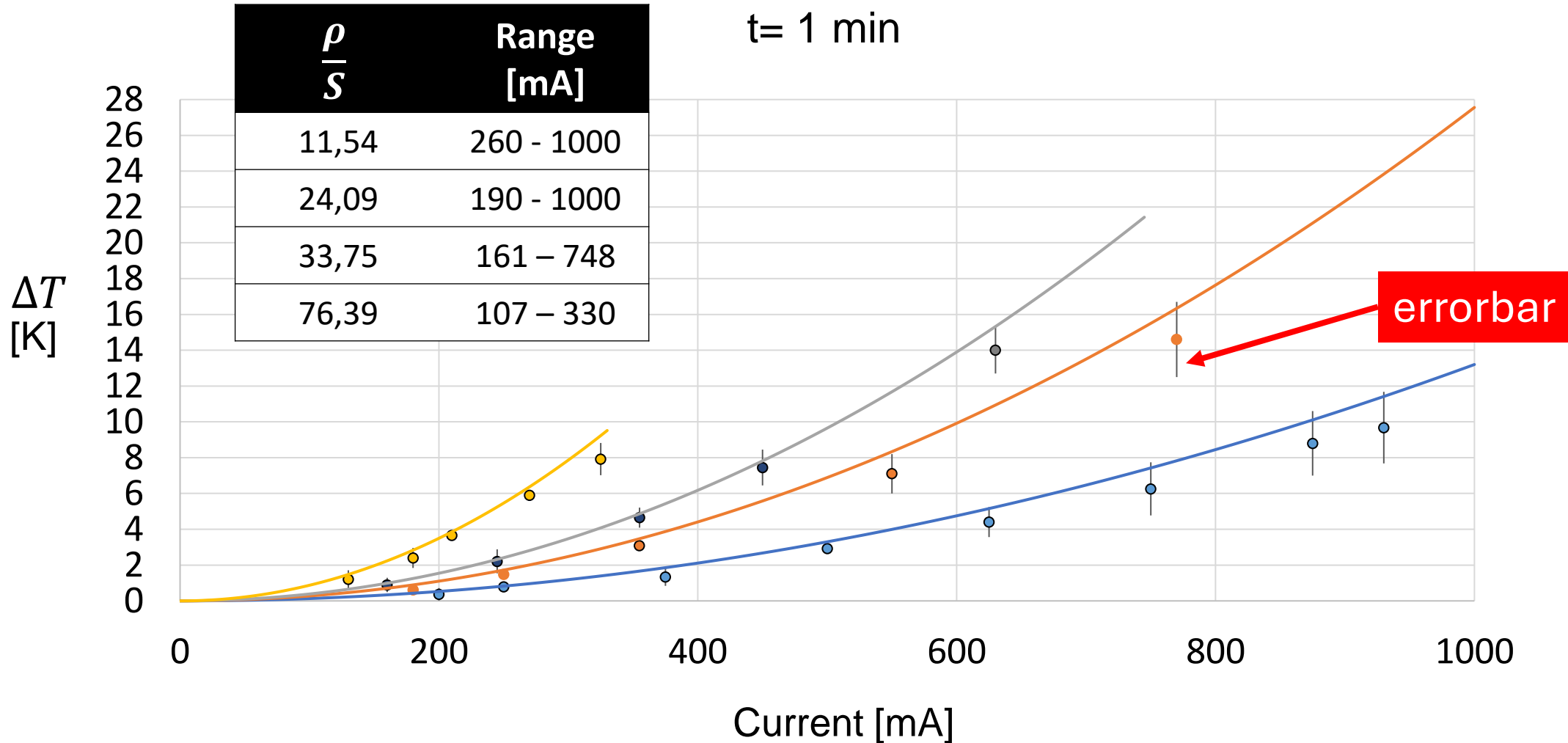
- používať vhodnú sondu
- správne uzemniť sondu
- správne nastaviť škálovanie času a meranej veličiny
- nemerať príliš vysoké napätie (sonda aj osciloskop majú limity)

USB flash port

osciloskop [23]

Kanály (BNC vodič)  
so sondou

# Typický graf – příklad



# Neistota meracieho prístroja

## MASTECH (MY64) multimeter:

### 4.2 DC VOLTAGE

Range	Resolution	Accuracy
200mV	0.1mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 1$ digit
2V	1mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 1$ digit
20V	10mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 1$ digit
200V	0.1V	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 1$ digit
1000V	1V	$\pm 0.8\%$ of rdg $\pm 2$ digits

Input impedance: 10M  $\Omega$

[14]

$$u_B = \frac{p\% \text{ z namer. hodnoty} + n \text{ digitov}}{\sqrt{3}} \quad [15]$$

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

### Príklad:

Prístroj zobrazuje

$$U = 12,96 \text{ V.}$$

Displej prístroja na tomto rozsahu zobrazuje maximálne hodnotu 19,99 V a veľkosť jedného dielika je 0,01 V. Neistota typu B je:

$$u_B = \frac{(12,96 \cdot \frac{0,5}{100} + 1 \cdot 0,01)}{\sqrt{3}}$$

$$u_B \approx 43 \text{ mV.}$$

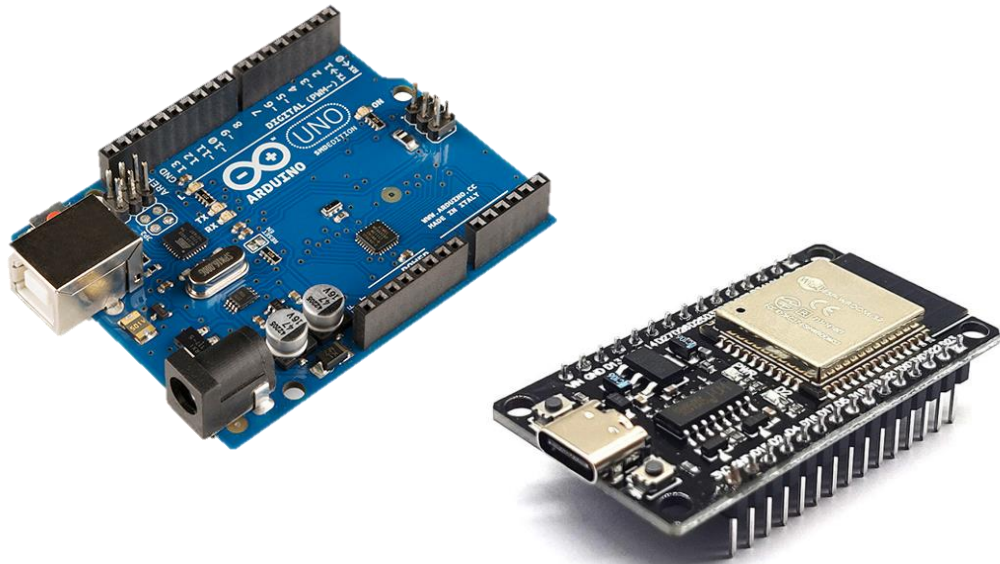


# Senzory a aktuátory pripojiteľné na mikrokontrolér\*

meranie teploty, zrýchlenia, ovládanie motorov

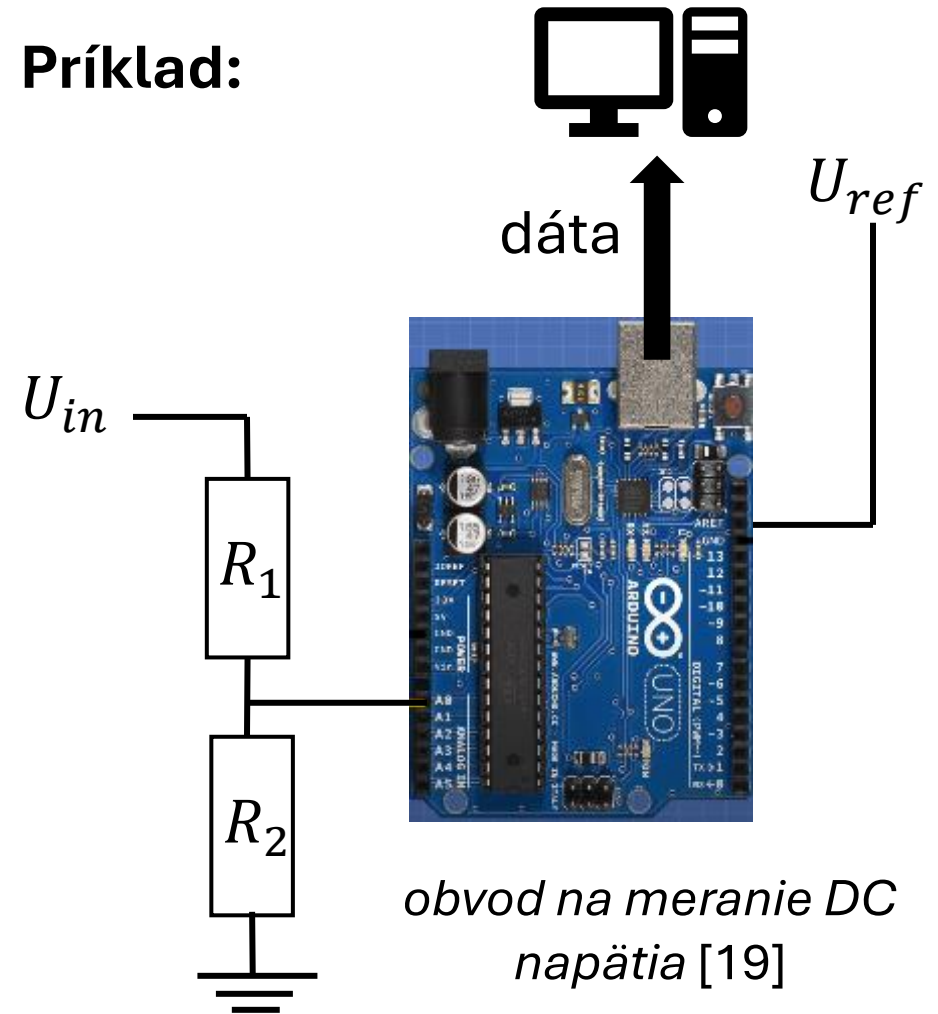
# Arduino (alebo iný mikrokontrolér)\*

integrovaný obvod obsahujúci mikropočítač



Arduino UNO [17], ESP32 [18]

Príklad:





# Arduino: načo si dávať pozor

- **limity na dodaný výkon** – maximálne 40 mA/pin a 200 mA celkovo. Preto, okrem el. zdroja pre Arduino je často potrebný ešte aj externý zdroj pre samotný projekt
- **„pomalé“ pre niektoré aplikácie** – maximálna vzorkovacia frekvencia ADC (u modelu Arduino UNO) je 9615 Hz
- **Ako kvantifikovať neistotu merania?** – netriviálne, začal by som tým, že ADC má 10 bit rozlíšenie, poznáme teda najmenší dielik.
- **C/C++**

# Zdroje

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole\\_camera\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole_camera_model)
2. <https://www.youtube.com/watch?v=4SpSwTvbZl4>
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Distortion\\_\(optics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Distortion_(optics))
4. Tracker quick start by Douglas Brown: <https://www.youtube.com/watch?v=n4Eqy60yYUY>
5. Tracker Autotracker Tutorial by Douglas Brown: <https://www.youtube.com/watch?v=Dn0Zz7rtkZw>
6. <https://physlets.org/tracker/help/plotview.html>
7. <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-fourier-transform-fft>
8. <https://thegreatestsong.com/neumann-tlm-103-review/>
9. <https://www.dpamicrophones.com/mic-university/background-knowledge/proximity-effect-in-microphones-explained/>
10. <https://www.youtube.com/watch?v=q7MotHfrWEE&t=2s>
11. <https://diolut.sk/ihlov-digitlny-multimeter-dt-9208a-p-30023.html>
12. <https://elektronik-lavpris.dk/p148351/jt-psg9080-signalgenerator-programmerbar/>
13. <https://cz.farnell.com/multicomp-pro/mp720106/dso-200mhz-1gsps-1-7ns/dp/3228047>
14. <https://datasheet.octopart.com/MY64-Mastech-datasheet-7276662.pdf>
15. <https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/zpracdat.pdf>

# Zdroje

16. <https://www.amazon.com/Fluke-115-digital-Multi-meter/dp/B00K17CMKS>
17. [https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino#/media/File:Arduino\\_Uno\\_-\\_R3.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino#/media/File:Arduino_Uno_-_R3.jpg)
18. [https://kksb-cases.com/cdn/shop/products/ESP32TypeC3\\_1000x1000.jpg?v=1677857292](https://kksb-cases.com/cdn/shop/products/ESP32TypeC3_1000x1000.jpg?v=1677857292)
19. <https://dronebotworkshop.com/dc-volt-current/>
20. <https://eu.mouser.com/new/sparkfun/sparkfun-pt100-sensor/>
21. <https://akshaim.github.io/IoT/Sensors/LM35.html>
22. <https://randomnerdtutorials.com/arduino-mpu-6050-accelerometer-gyroscope/>
23. [https://www.youtube.com/watch?v=iXvFw6KyAew&ab\\_channel=ElectronicsNotes](https://www.youtube.com/watch?v=iXvFw6KyAew&ab_channel=ElectronicsNotes)

# Ďakujem za pozornosť.

Maroš Mešter

mestemar@fel.cvut.cz

Úvodné sústreďenie Turnaja mladých fyzikov 2024

# Meranie rozmeru – príklad

