

Folyamatos mozgásmérés

Gyors mozgás
Sok pontban észlelés
Sűrű mintavételezés



Geodézia hagyományos eszközei
nem alkalmazhatók

Például

Hidak dinamikus próbaterhelése (cm/s sebesség)

Acélszerkezet hőmozgása (100+ pontban)

Gépek rezgése (50 Hz)

Jellemzően automatizált mérés, adatgyűjtés és adatfeldolgozás

Mérés időtartamának meghatározása

A mozgás nem lehet olyan gyors, hogy a mérés időtartama alatt a mérési középhibát megközelítő mozgás legyen

Mérés időtartamának korlátja

$$t \cdot v = k \cdot m \quad \longrightarrow \quad t \leq \frac{k \cdot m}{v}$$

Ahol

t – a mérés időszükséglete

v - a mozgás sebessége

m – elvárt középhiba

k – arányossági tényező (0.2 -0.5)

Például:

$v = 1 \text{ mm/óra}$ $m = 0.1 \text{ mm}$ $k = 0.3$ $t \leq 0.03 \text{ óra} \sim 2 \text{ perc}$

$v = 1 \text{ mm/perc}$ $m = 0.5 \text{ mm}$ $k = 0.4$ $t \leq 0.2 \text{ perc} \sim 12 \text{ mp}$

$v = 6 \text{ mm/perc}$ $m = 1.0 \text{ mm}$ $k = 0.5$ $t \leq 0.08 \text{ perc} \sim 5 \text{ mp}$

$V = 1 \text{ mm/mp}$ $m = 0.1 \text{ mm}$ $k = 0.5$ $t \leq 0.05 \text{ mp} \text{ (20 Hz)}$

Eszközök (szenzorok)

Mérőállomás 0.1-1 Hz
GPS 1-20 Hz



egy műszer – egy pont

Induktív adó (proximity sensor)
Helyzetérzékelő dióda
Interferométer, laser tracker



hosszváltozás
mozgásból

Rezgőhúr

Nyúlásmérő bélyeg



nyúlás
deformáció

Elektromos libella

Inklinométer

Dőlésmérő



dőlés

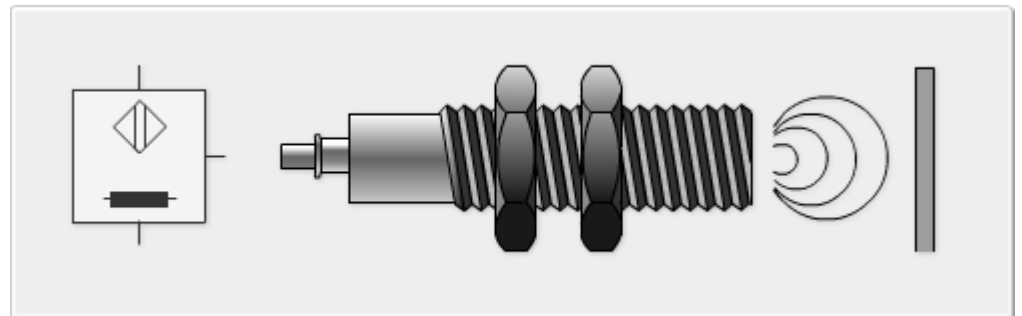
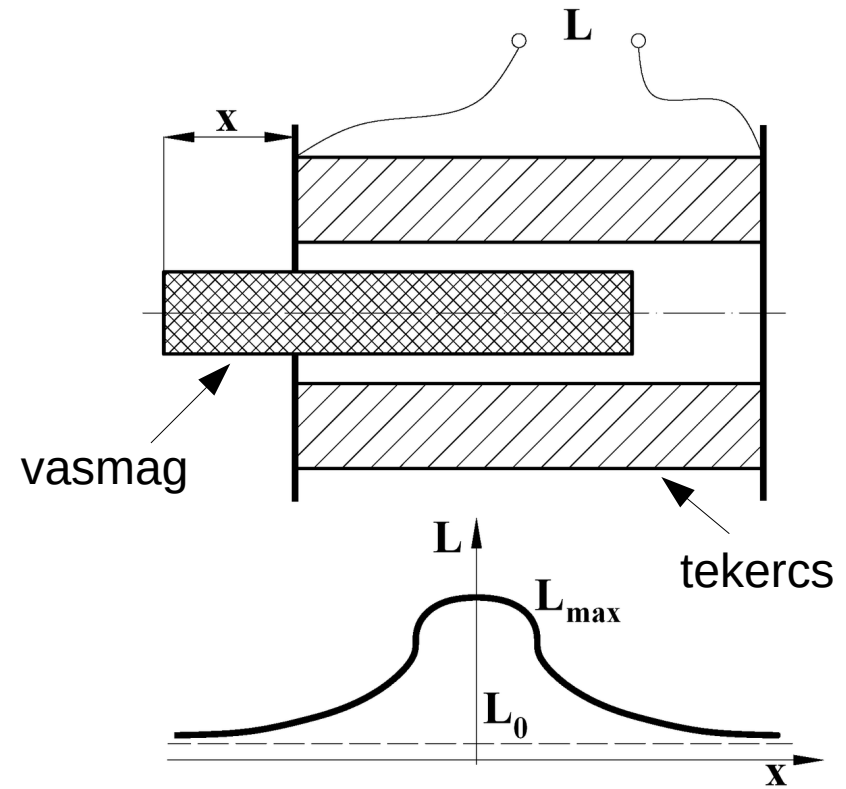
Videó/fotogrammetria

MEMS (MicroElectronical Mechanical System)

10-100 Hz

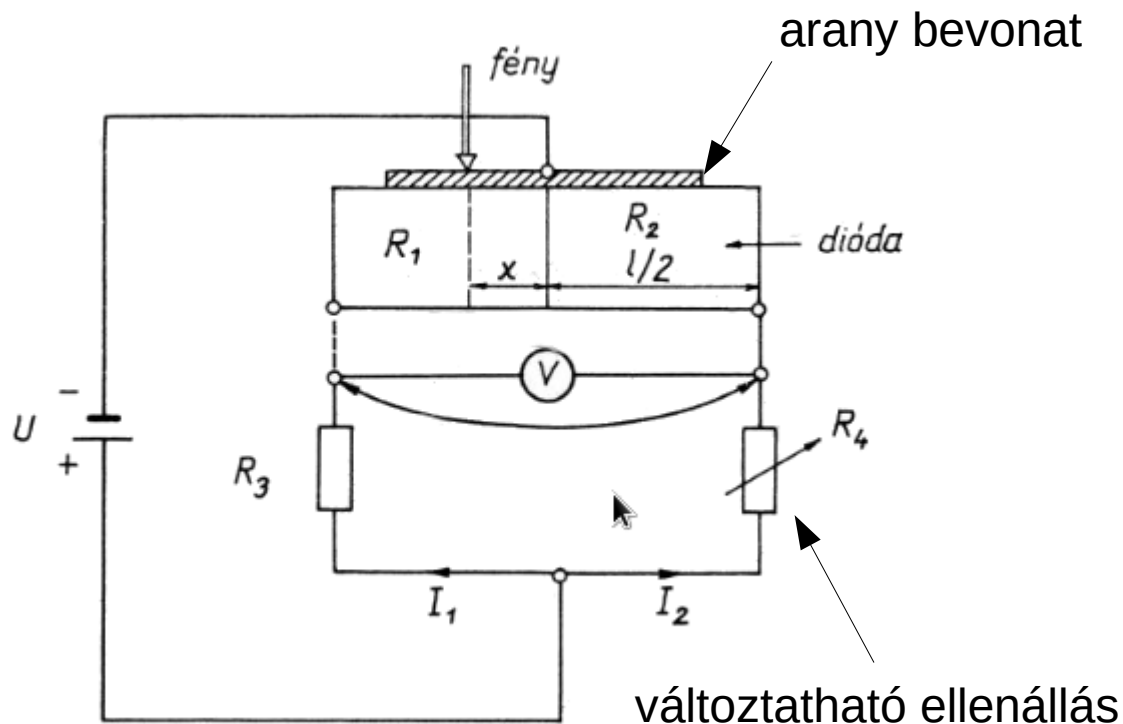
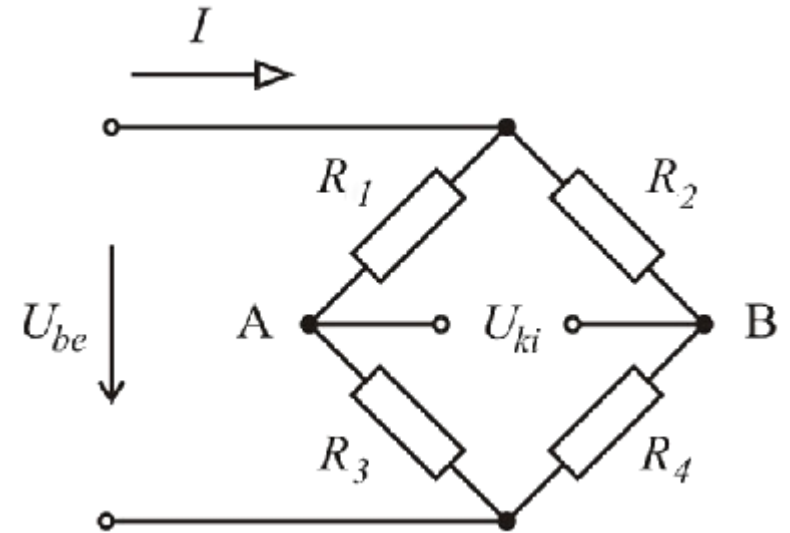
Induktív adó

0.5 – 200 mm méréstartomány
A vasmagot a mozgó részhez
a tekercset a mozdulatlan részhez
rögzítjük.



Fényérzékelő dióda

Mérési tartomány ~10cm
Wheatstone-híd elvén
a híd kiegyenlített, ha $U_{ki} = 0$
ekkor $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$



Kiegyensúlyozás után

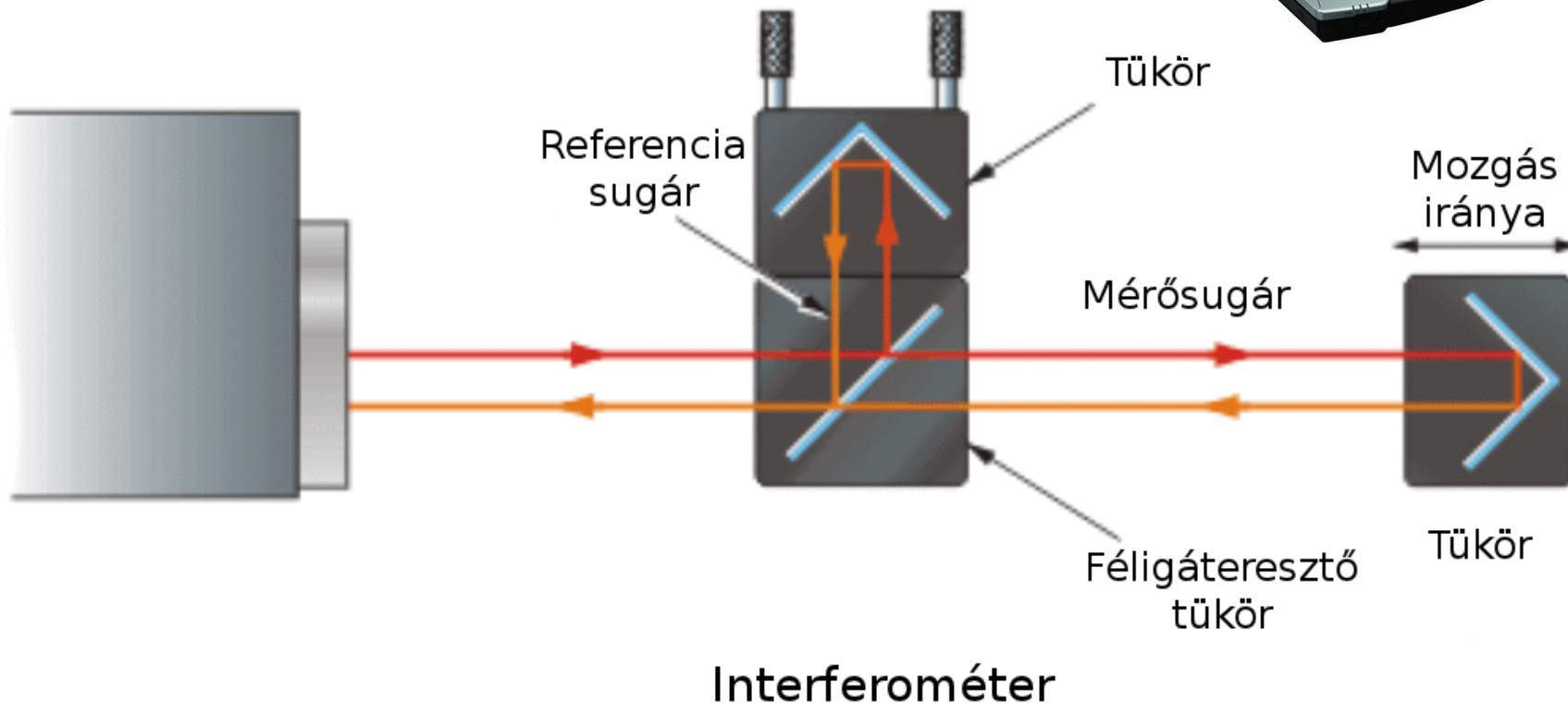
$$x = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_4 - R_3}{R_4 + R_3}$$

Interferométer/laser tracker

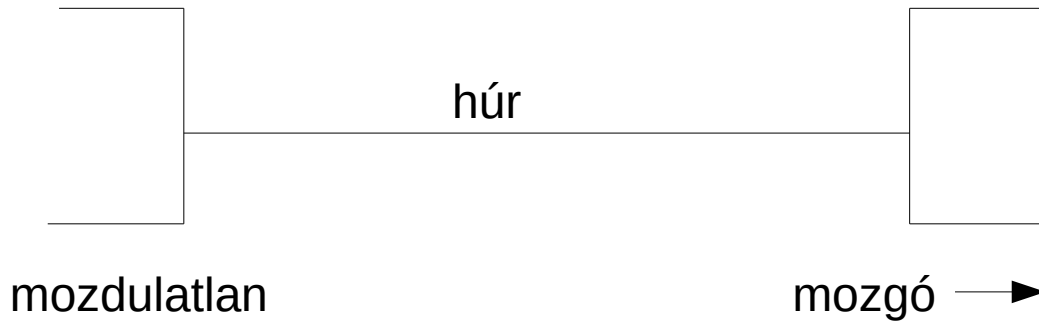
Referencia tükör mozdulatlan
A mozgó tükorről és a referencia tükorről visszaverődő fénysugarak interferenciáit számolja a rendszer.



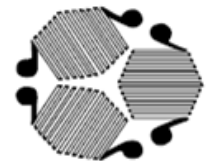
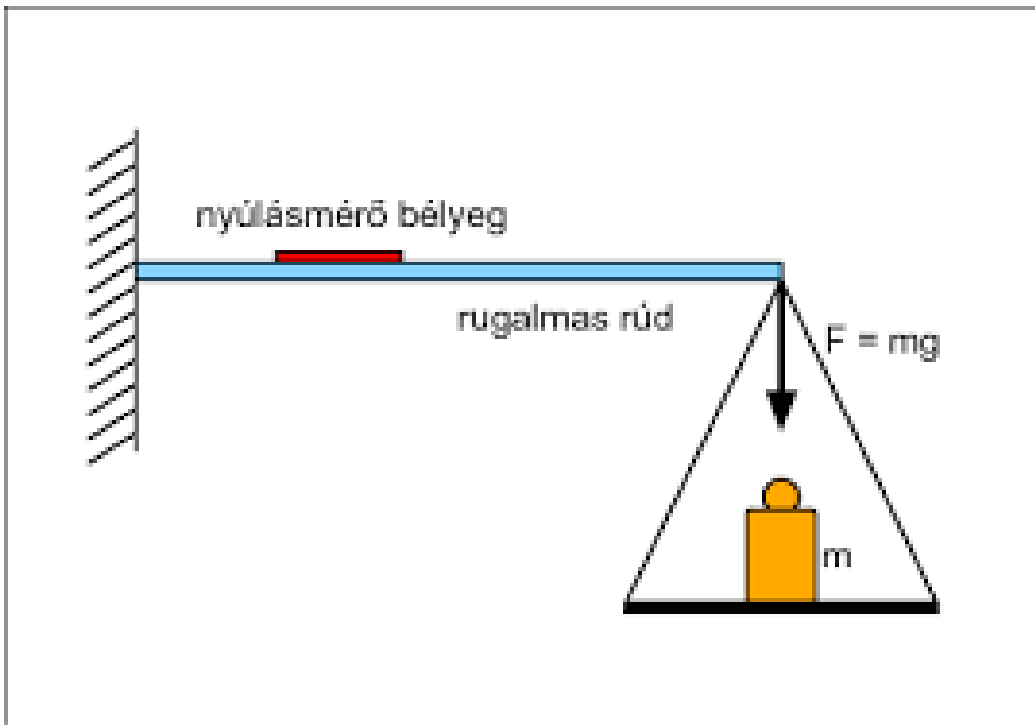
Oldalnézet



Rezgőhúr, nyúlásmérő bélyeg



A húr, bélyeg megnyúlásával a keresztmetszete csökken, az ellenállása nő.



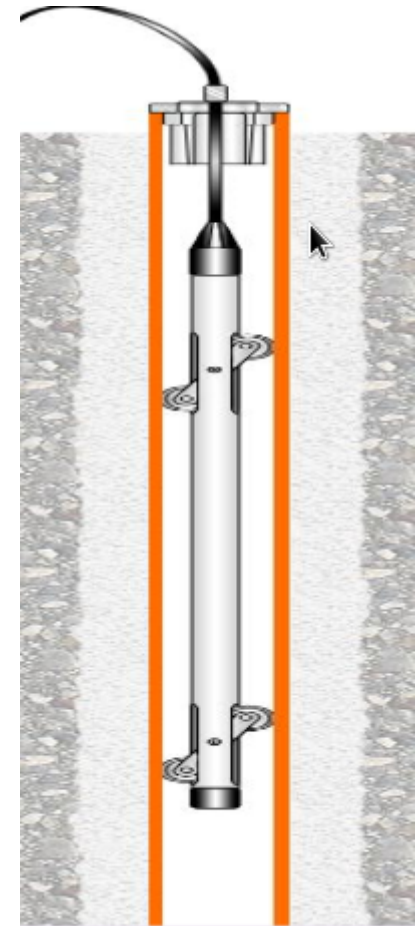
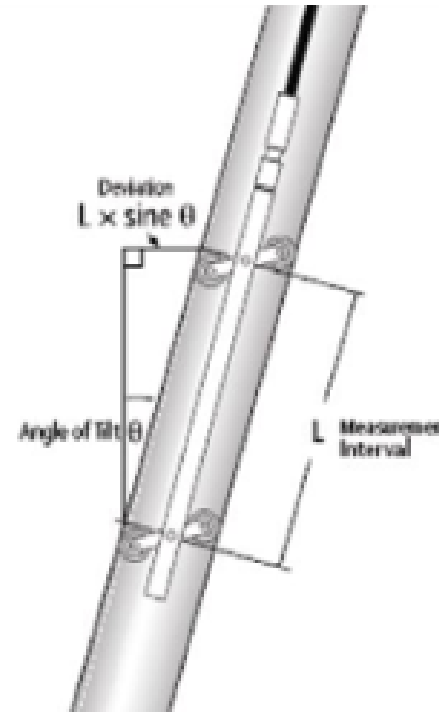
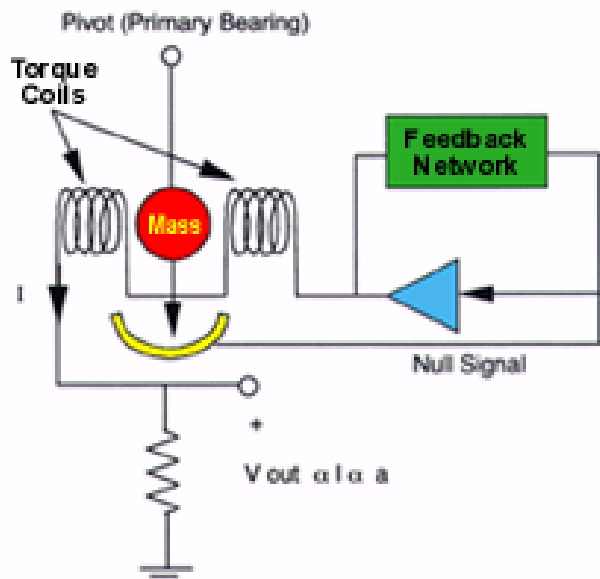
Elektronikus libella Dőlés mérő (MEMS)



Rövid távon kis magasságkülönbség meghatározása



Inklinométer

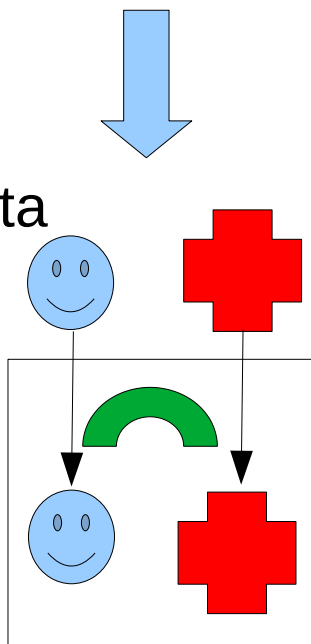


Videó/fényképsorozat

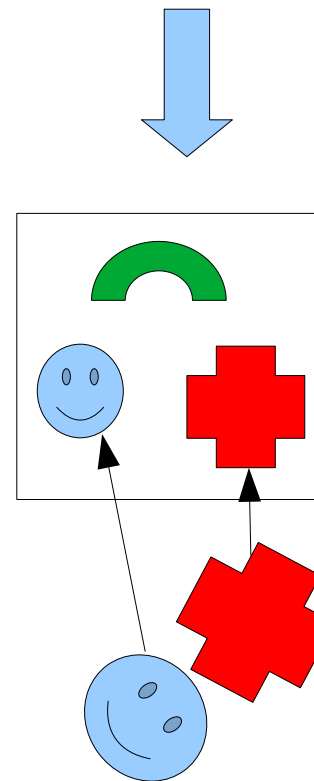
A videó kamera mozdulatlan a mérés folyamán
A mozgó tárgyon jól azonosítható jel elhelyezése
Felbontás növelése távcsövön keresztüli rögzítéssel
Sample matching módszer a mozgás meghatározására
(képek közötti korreláció számítás)

Ismert minta keresés (alakfelismerés)

Keresett minta

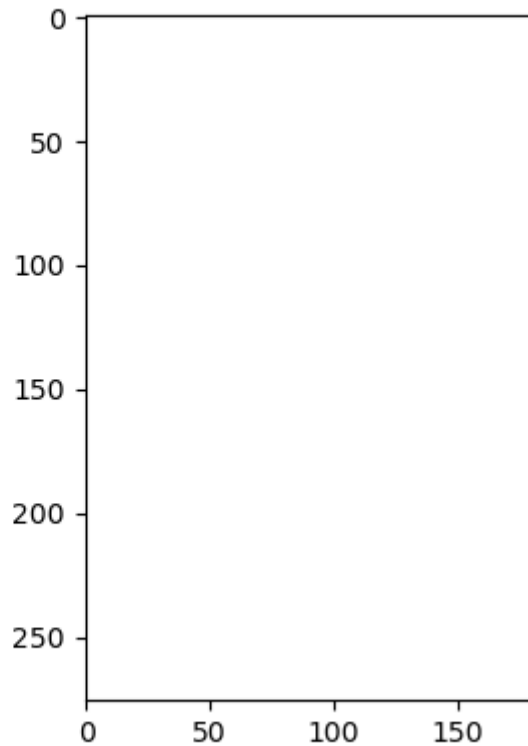
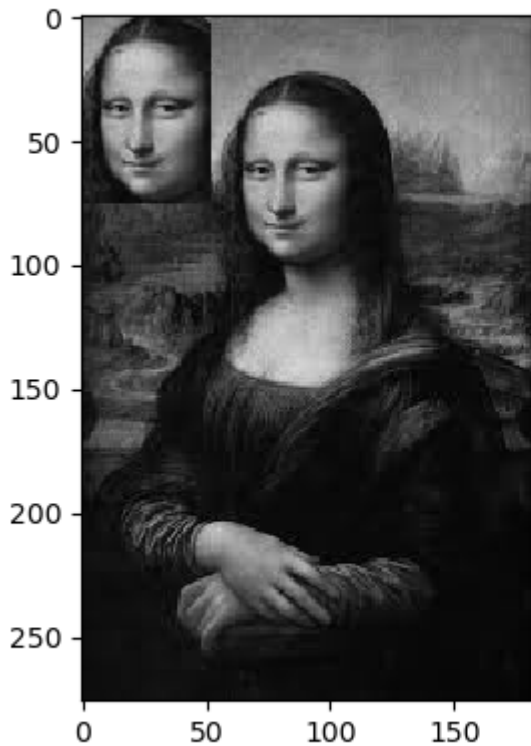


Kép



Keresett minta

Mintaillesztés (template matching)



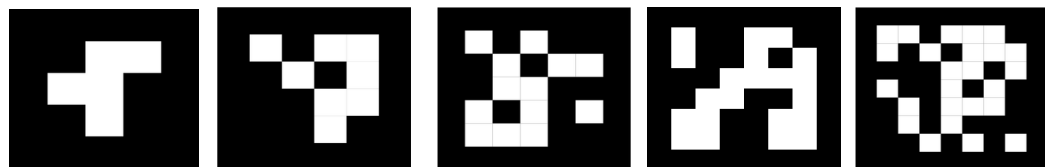
$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2 \quad \min$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad \min$$

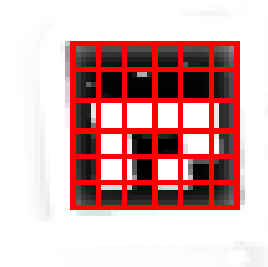
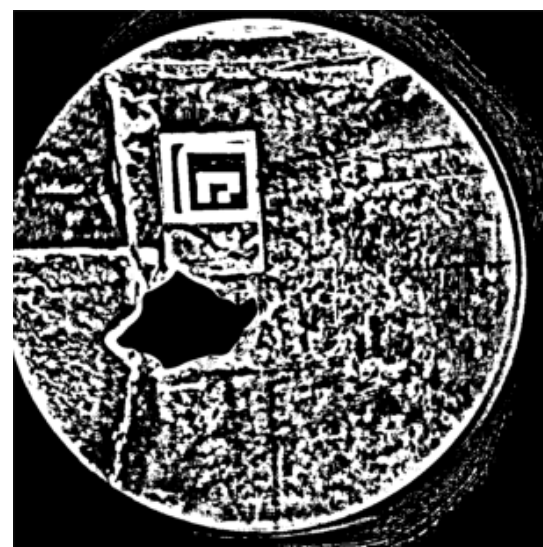
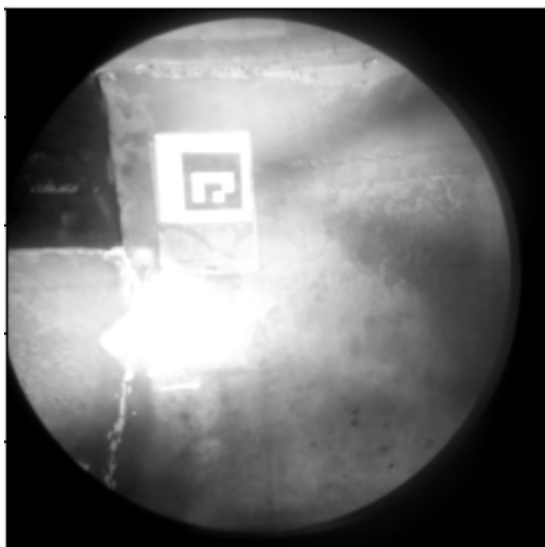
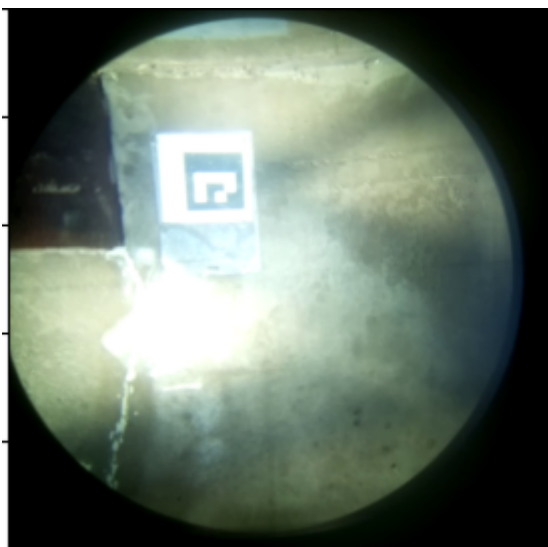
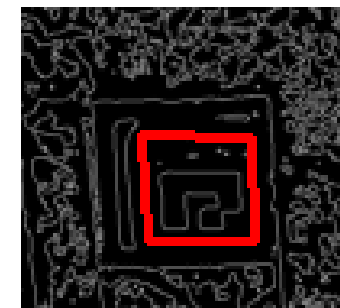
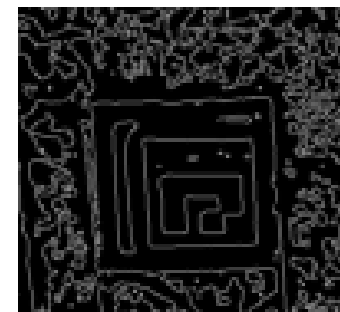
$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')) \quad \max$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad \max$$

Alakfelismerés



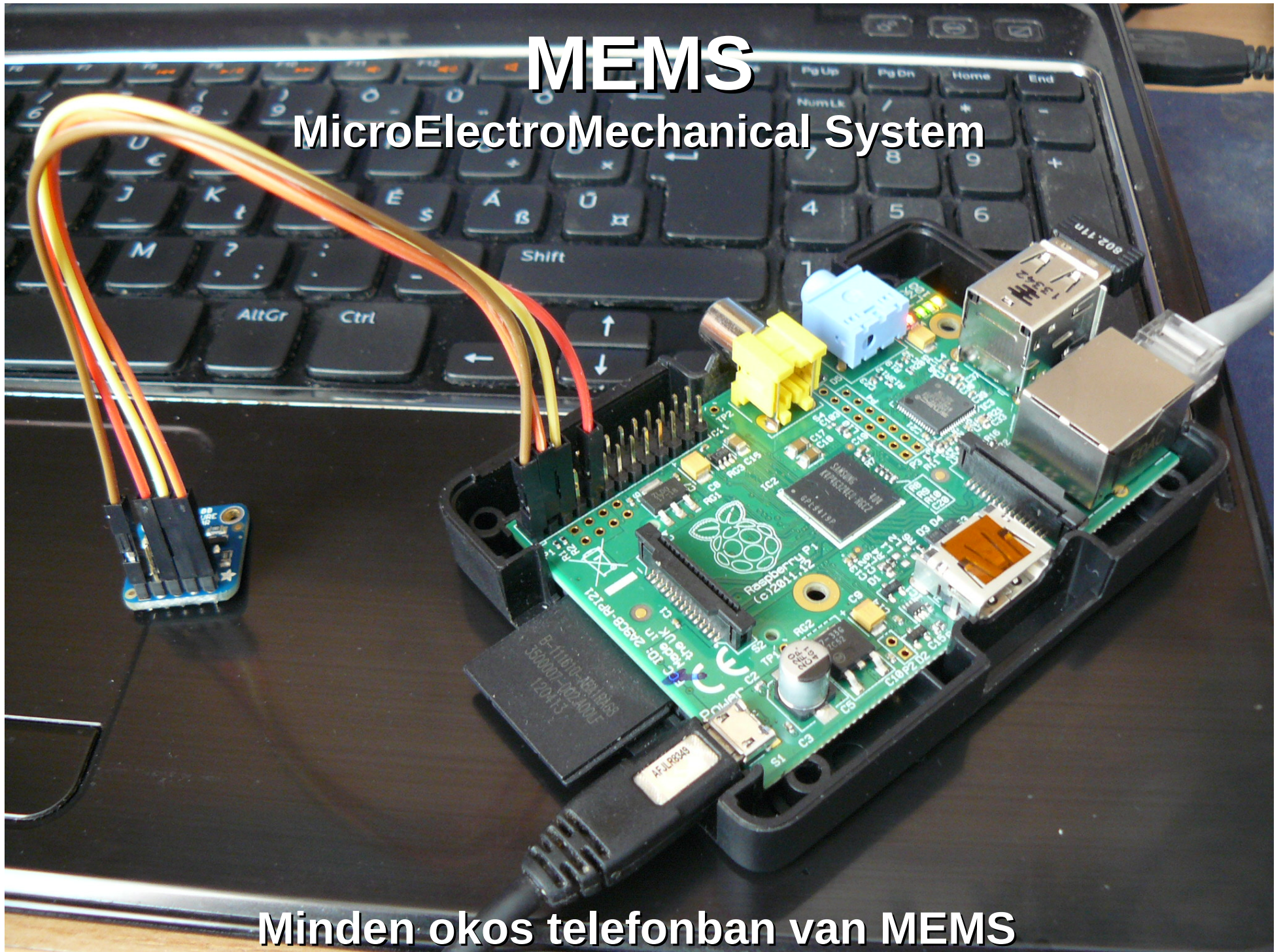
ArUco kódok





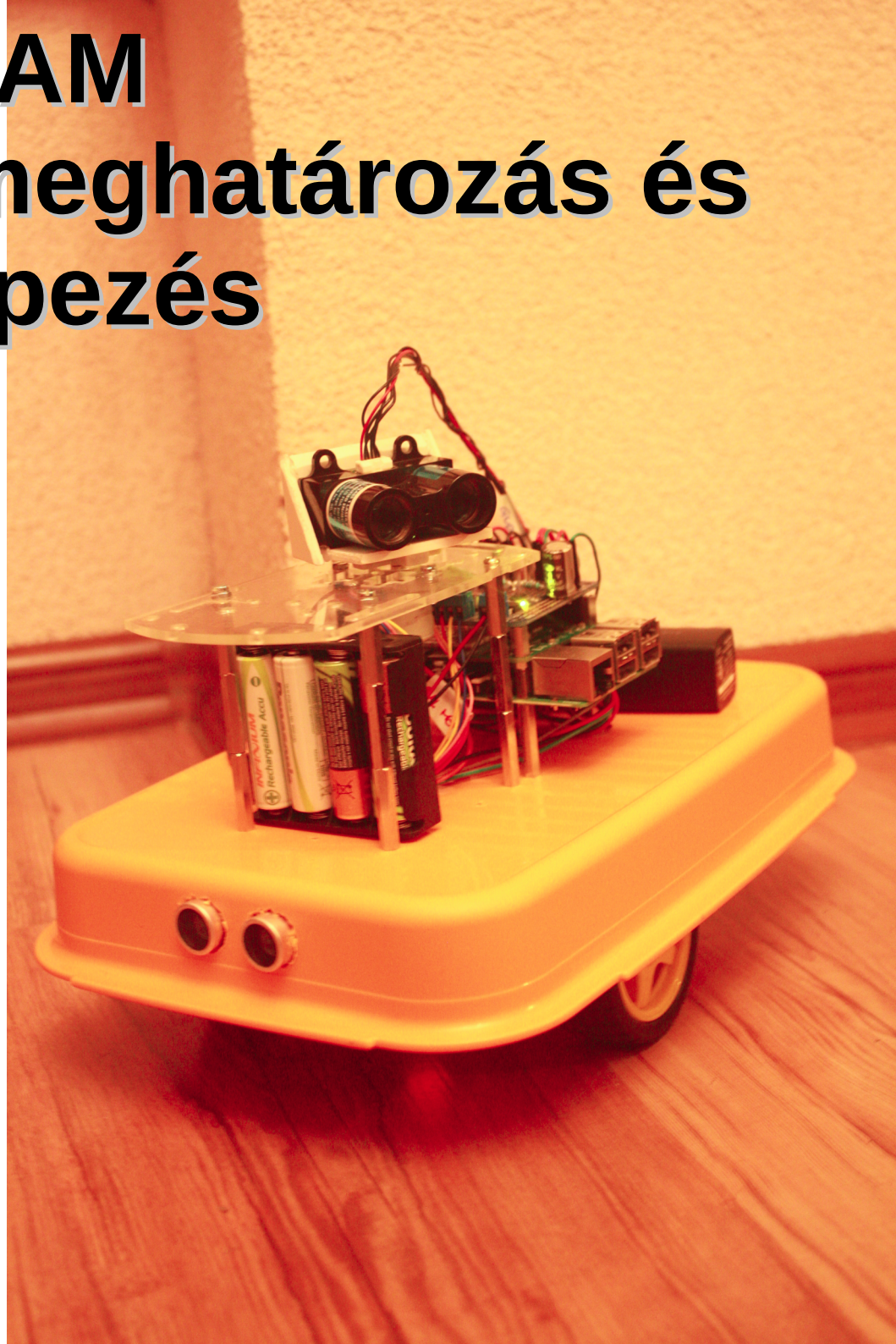
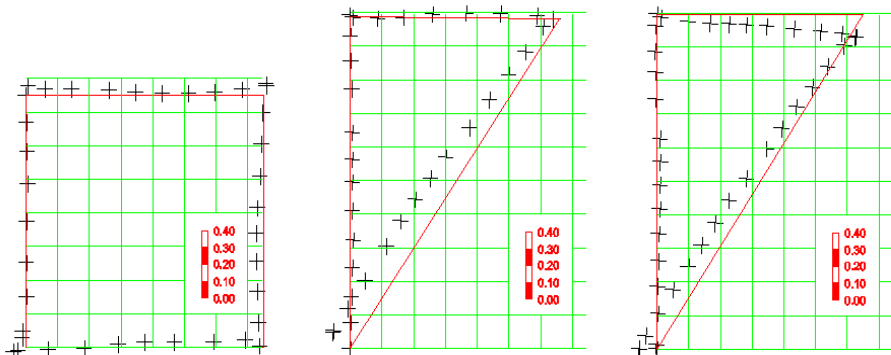
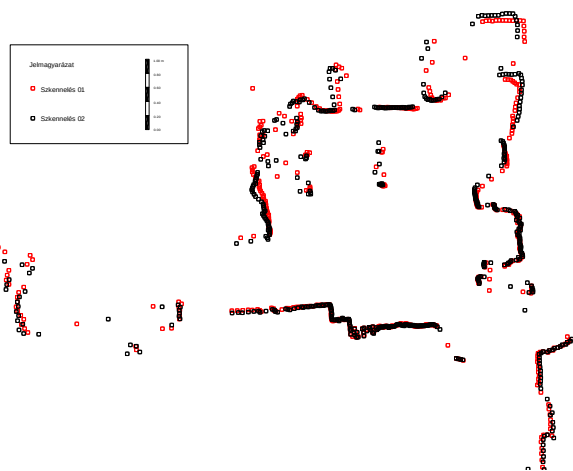
MEMS

MicroElectroMechanical System

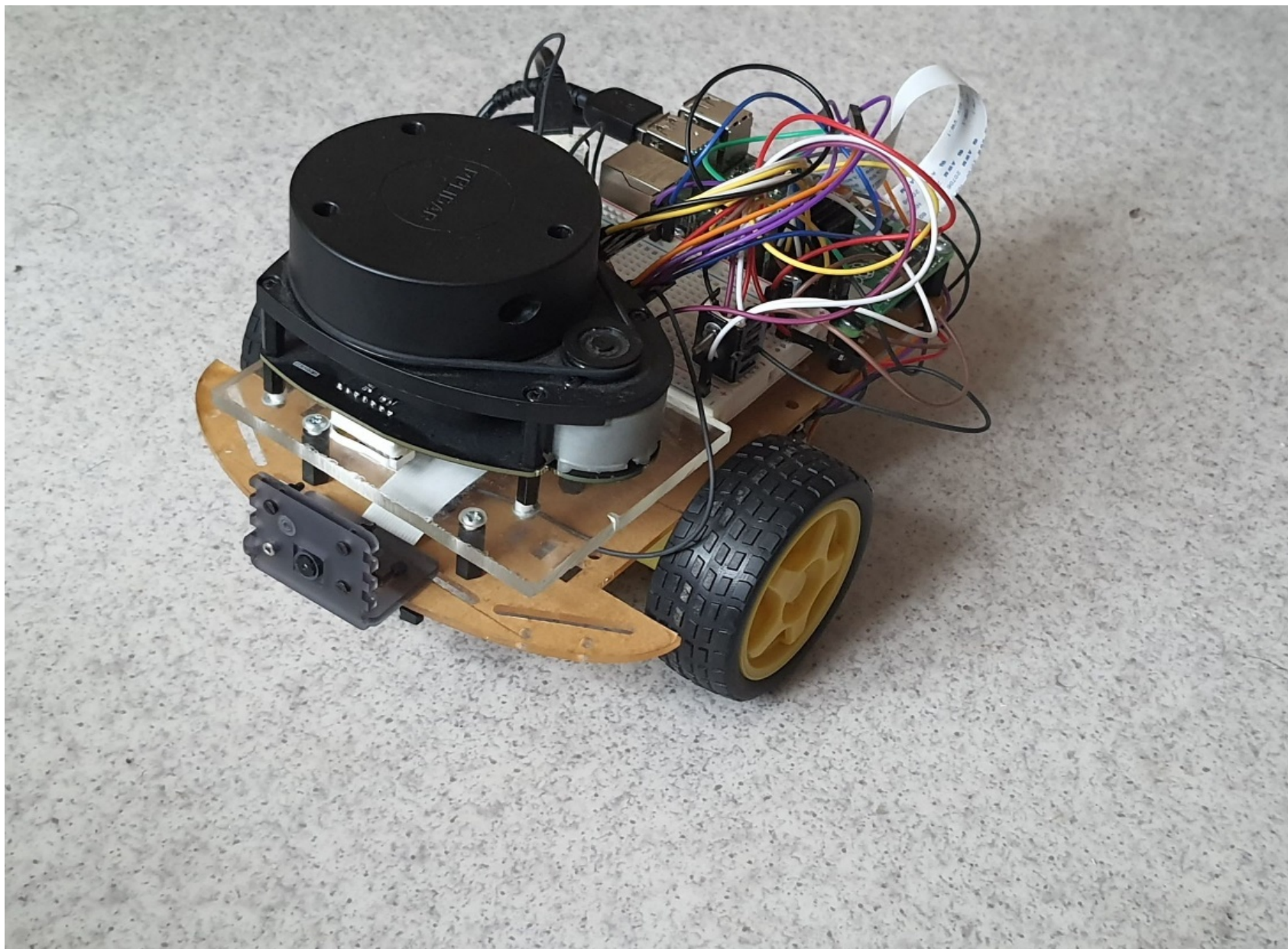


Minden okos telefonban van MEMS

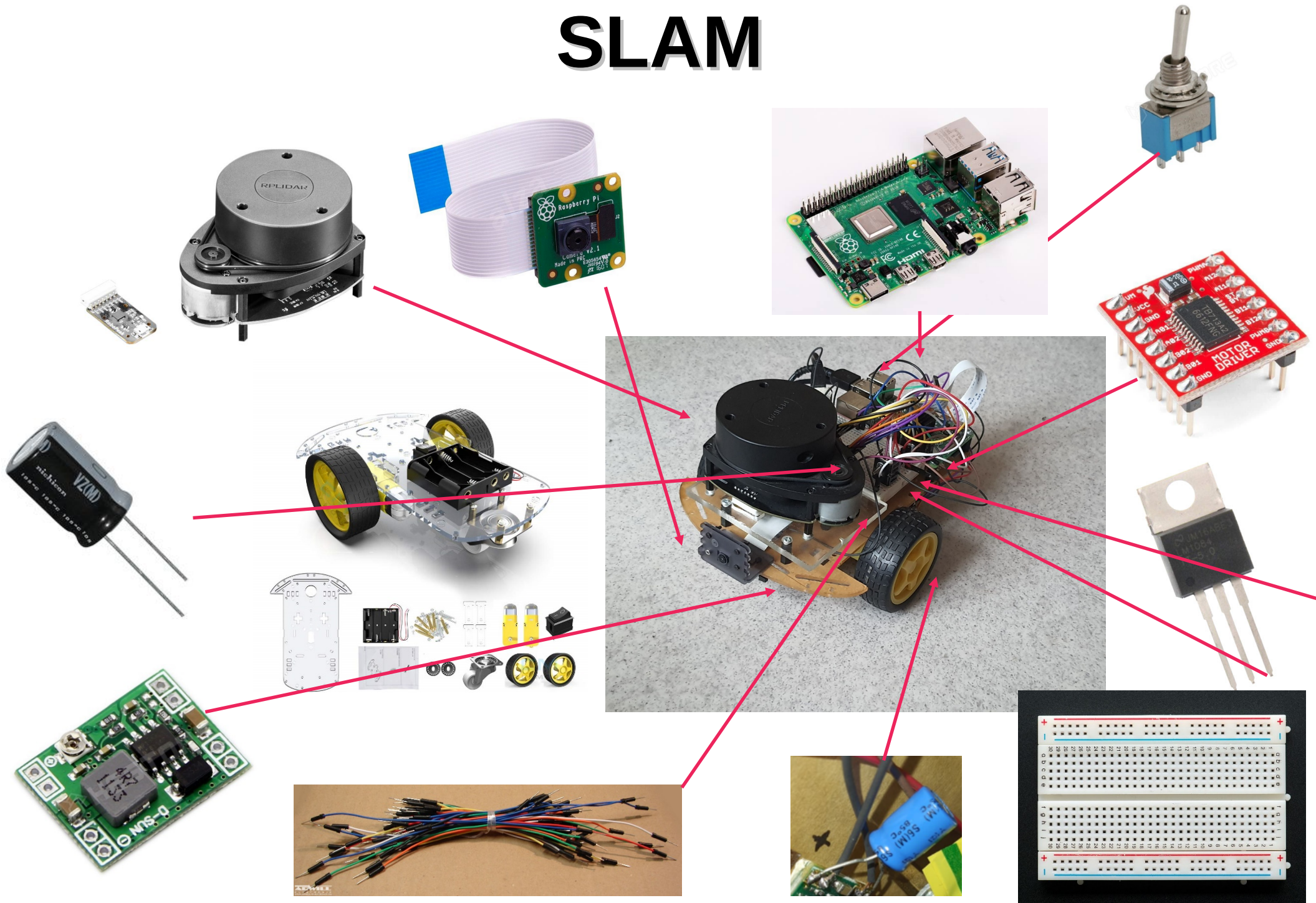
SLAM szimultán helymeghatározás és térképezés



SLAM



SLAM



SLAM

