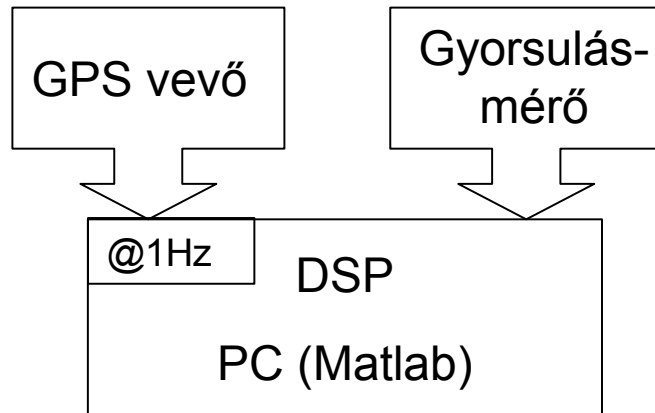


GPS pozíció pontosítása Kálmán  
- szűrővel és gyorsulásmérővel



Készítette: Illés Gergely (P57CZR)

Konzulens: Molnár Károly



## Adott:

1 Hz mintavételi frekvenciájú GPS vevő és egy ADXL202EB 2 dimenziós gyorsulásmérő.

## Feladat:

A GPS vevő által mért adatok pontosítása, felbontásának javítása.

## Megoldás:

A gyorsulásmérő adataiból megbecsüljük a pozíciót, majd a GPS által mért pozíciót korrigáljuk

Kálmán-szűrő

Kálmán Rudolf (1960)

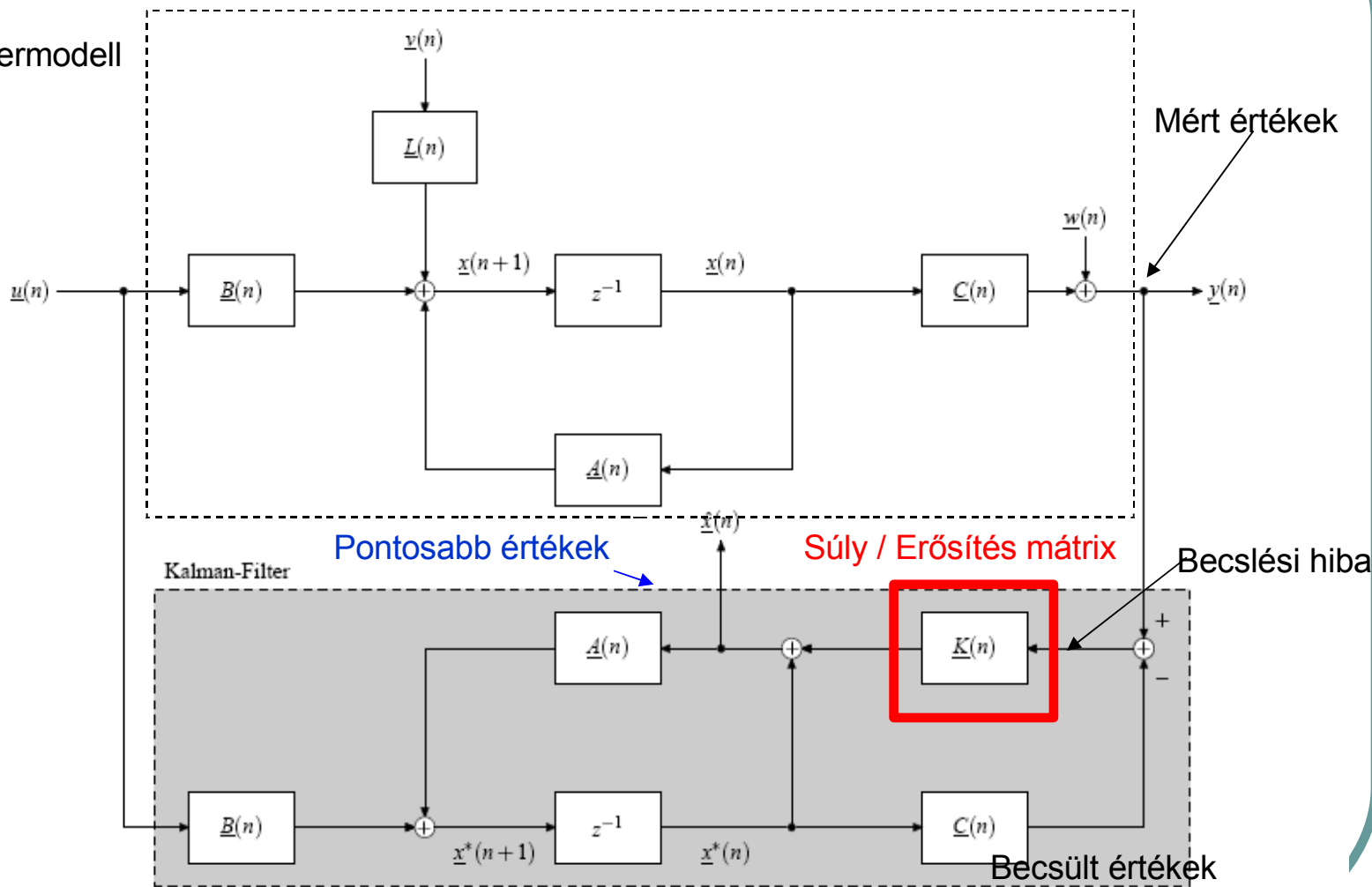


- Állapotbecslés + mért értékek
- A két adat saját kovarianciája alapján súlyoz
- Folytonos időben mátrixegyenletek
- Diszkrét időben rekurzívan is számítható a súlymátrix,  $K(t)$
- Állandósult állapot (Steady state),  $K$  konstans

# Kálmán szűrő II.



Rendszermodell



# Kálmán szűrő III.



## Prädiktion

$$x^*(n+1) = A(n)\hat{x}(n) + B(n)u(n)$$

$$P^*(n+1) = A^2(n)\hat{P}(n) + L^2(n)Q(n)$$

## Filterung

$$\hat{x}(n+1) = x^*(n+1) + K(n+1)(y(n+1) - C(n+1)x^*(n+1))$$

$$\begin{aligned}\hat{P}(n+1) &= (1 - K(n+1)C(n+1))^2 \cdot P^*(n+1) + K^2(n+1)R(n+1) \\ &= (1 - K(n+1)C(n+1)) \cdot P^*(n+1)\end{aligned}$$

## Verstärkung

$$K(n+1) = \frac{P^*(n+1)C(n+1)}{C^2(n+1)P^*(n+1) + R(n+1)}$$

$$R(n+1) \gg Q(n)$$

$$K(n+1) \approx 0$$

$$\hat{x}(n+1) \approx A(n)\hat{x}(n) + B(n)u(n)$$

Rendszermodell

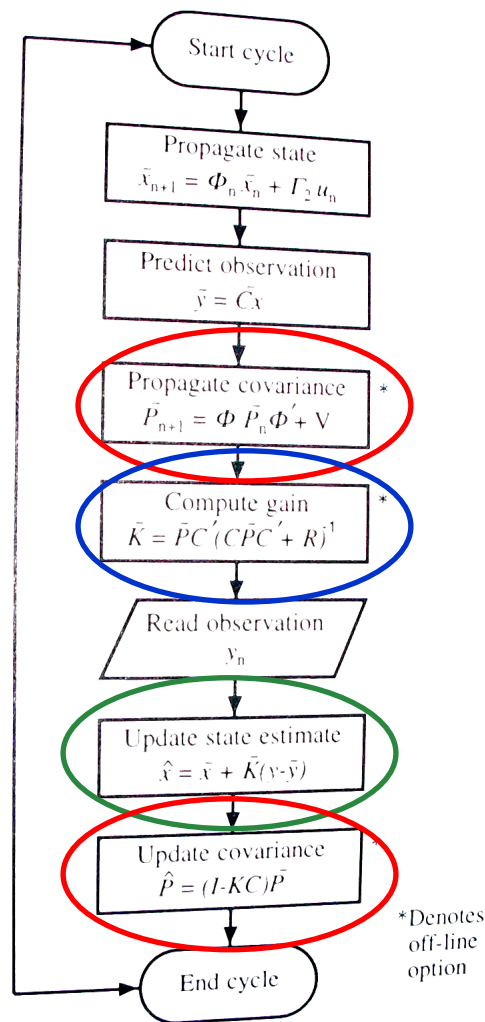
$$R(n+1) \ll Q(n)$$

$$K(n+1) \approx \frac{1}{C(n+1)}$$

$$\hat{x}(n+1) \approx x(n+1) + \frac{w(n+1)}{C(n+1)}$$

Mért érték.

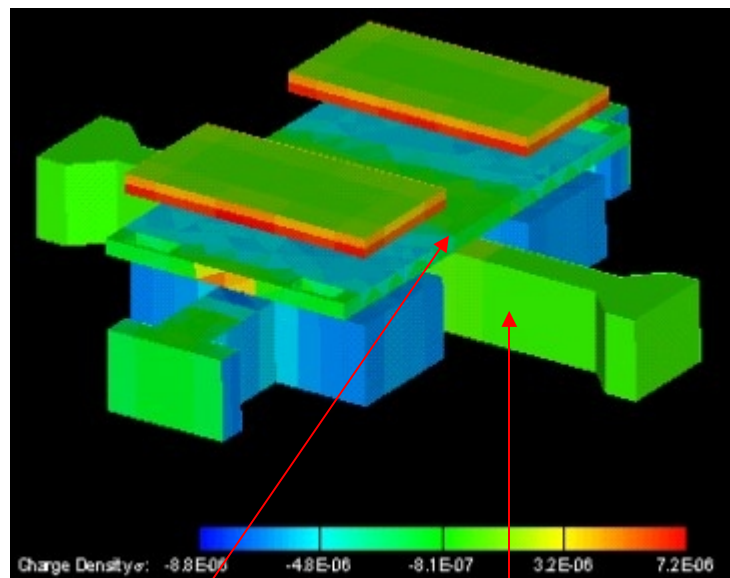
# Kálmán szűrő IV.



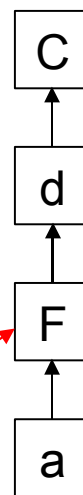
Matlab megvalósítás:

1. Kovariancia mátrix frissítése
2. Súly/Erősítés mátrix kiszámítása
3. Az új becsült értékek kiszámítása

# Gyorsulásmérő I.



MEMS (micro electro-mechanical systems)



$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

$$d = -F/D$$

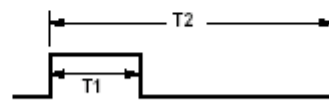
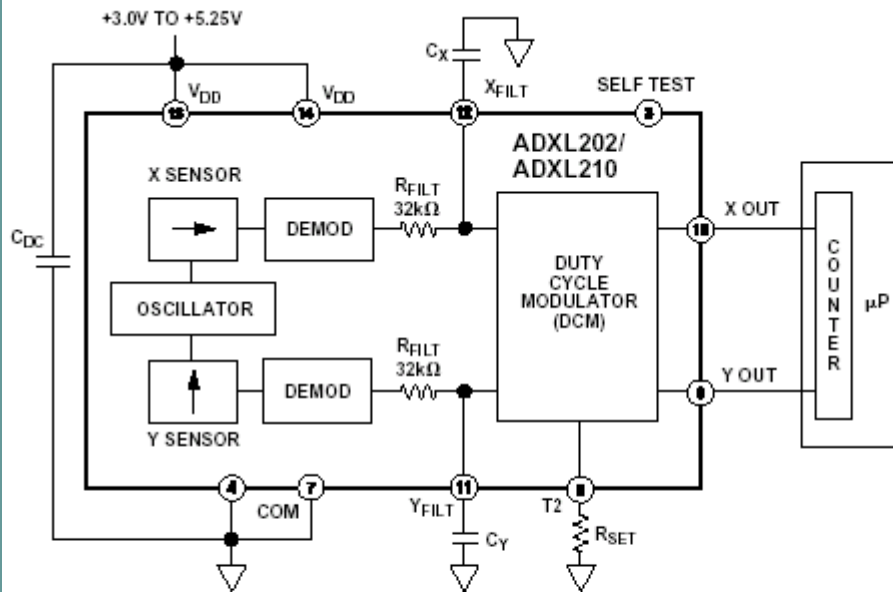
$$F = m \cdot a \quad [m/s^2]$$

Si rugóra függesztett fegyverzet

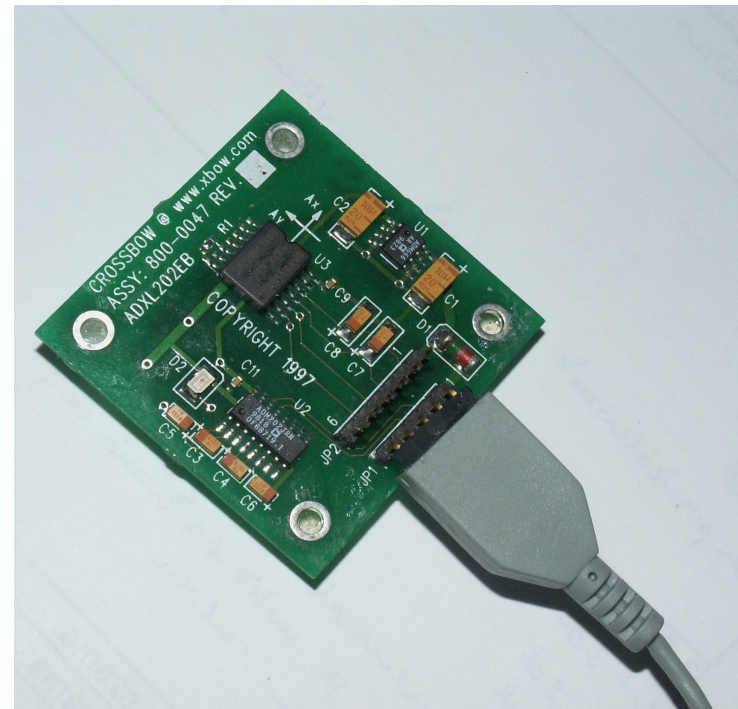
Rögízített fegyverzet

G additív zajként viselkedik!!!

# Gyorsulásmérő II.



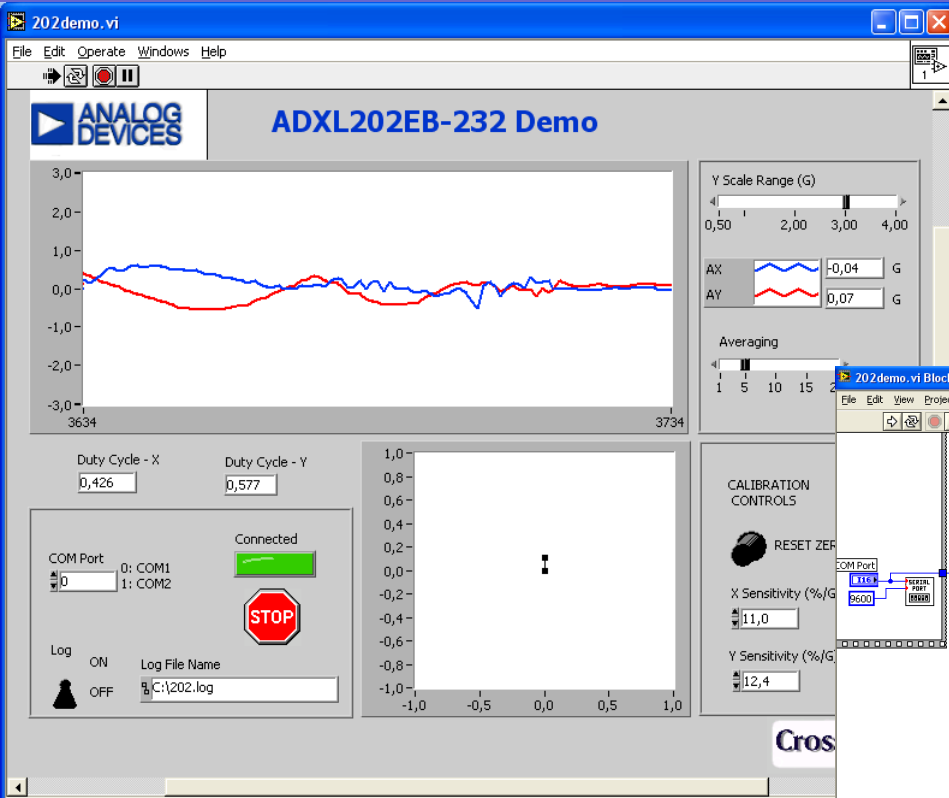
$$A(g) = (T1/T2 - 0.5) / 12.5\%$$
$$0g = 50\% \text{ DUTY CYCLE}$$
$$T2 = R_{SET} / 125M\Omega$$



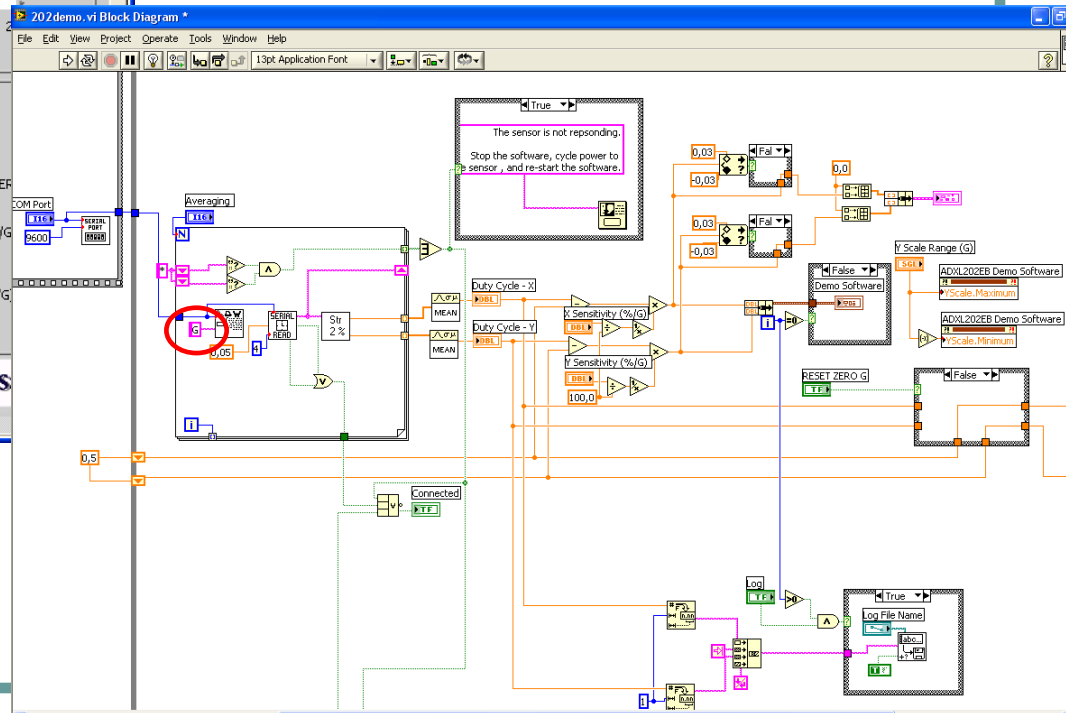
$$A ( ) = ( T1 / T2 - dc0 ) / \text{sensitivity}$$



# Gyorsulásmérő III.



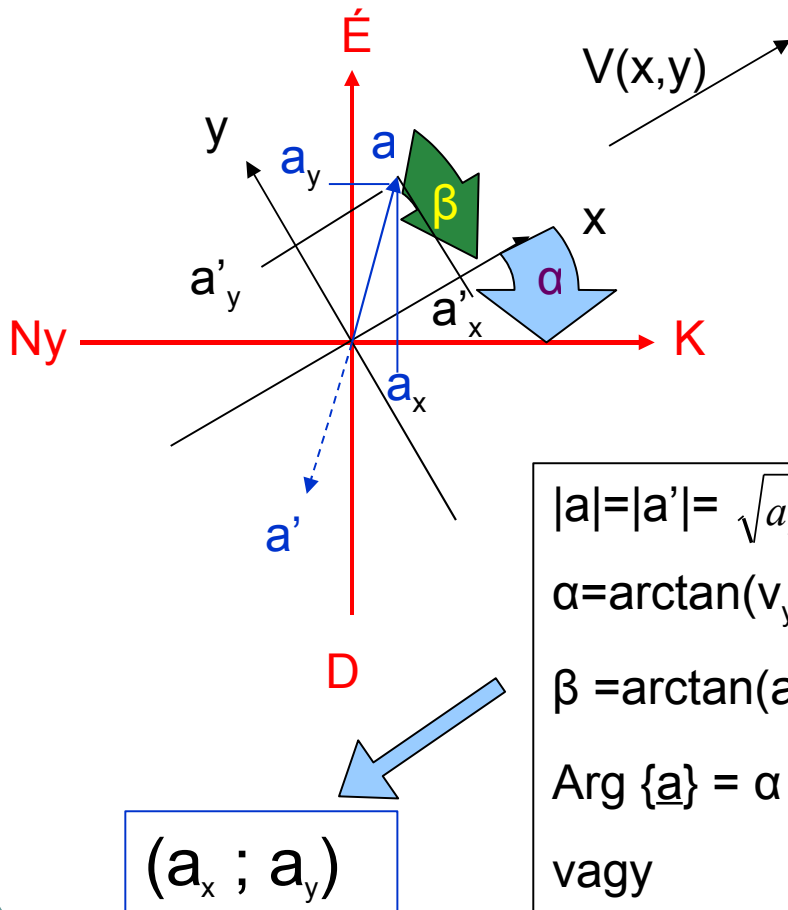
Átlagolás  
Kalibrálás  
Ábrázolás, loggolás



A számláló lekérdezése a pc felől egy, a soros portra küldött 'G' karakterrel történik.

Matlabban felüláteresztő szűrés (fordulási tengelytől eltérő ponton kanyarban min 0.4 G)

# Koordinátatranszformáció



A gyorsulásmérő x-y tengelyei nem mindig a földrajzi NY-K; D-É irányba mutatnak.

Azt feltételezem, hogy az előző időpillanat sebességének irányába mutat az x tengely, míg y azzal jobbcsvár szabályt alkot.

$$|a|=|a'|= \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$\alpha = \arctan(v_y/v_x)$$

$$\beta = \arctan(a'_y/a'_x)$$

$$\text{Arg}\{a\} = \alpha + \beta$$

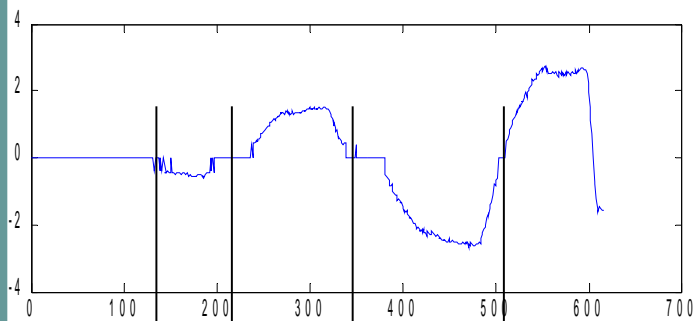
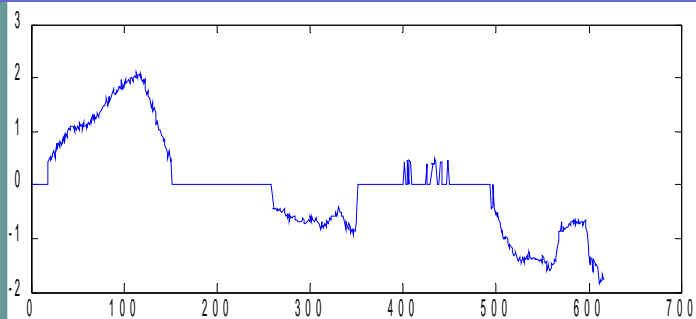
vagy

$$\text{Arg}\{a'\} = \alpha + \beta + \pi$$

Közös Origójú koordinátarendszerben a helyvektorok azonos hosszúak  $|a|$ ,  $|a'|$

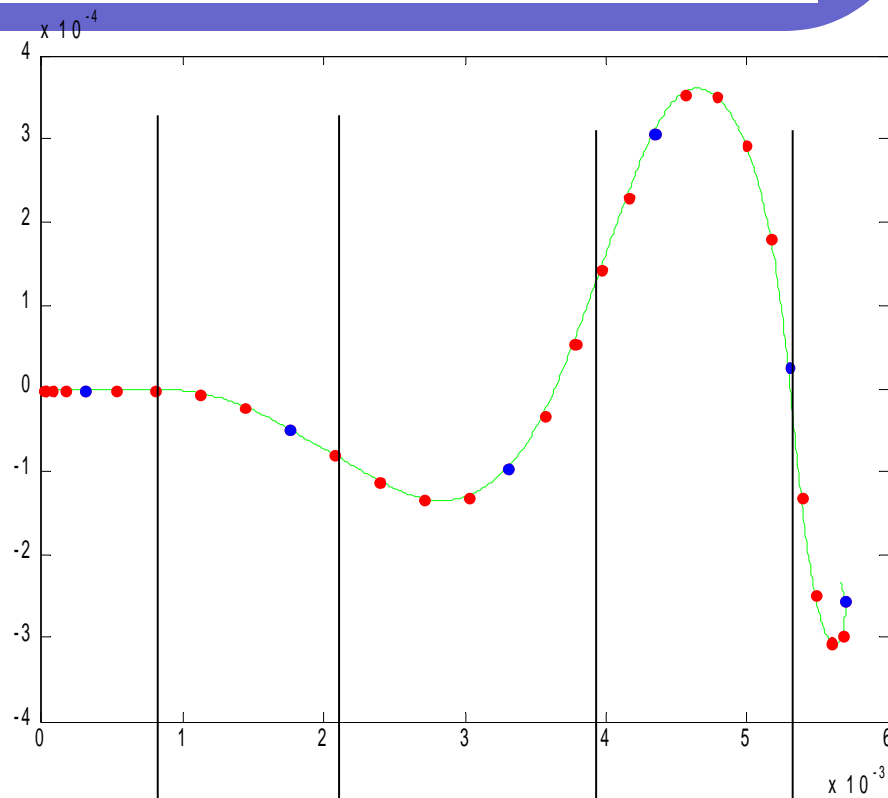
Az argumentumok összeadódnak (a), iránytól függően megfordulhatnak (a')  
(Rf (arctan) = ]-pi/2 ; pi/2[)

# Koordinátatranszformáció demonstrálása



I. II. III. IV. V.

Gyorsulás értékek [ $\text{m/s}^2$ ]-ban



I. II. III. IV. V.

Gyorsulás értékek már  
[ $\text{fok/s}^2$ ]-ban ábrázolva

- NMEA 0183 protokoll (GGA, GSA, RMC)
- PS/2 csatlakozó
- Output: RS-232 formátumú jel
- 4800 baud-rate
- Átlag "warm-start time": 42 sec
- Tápellátás: 4.5V – 6.5V DC
- 1 Hz mintavételi frekvencia



# Adatfeldolgozás

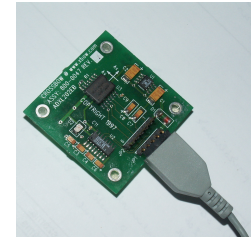


[fok]

$f_s=1\text{Hz}$

[m/s<sup>2</sup>]

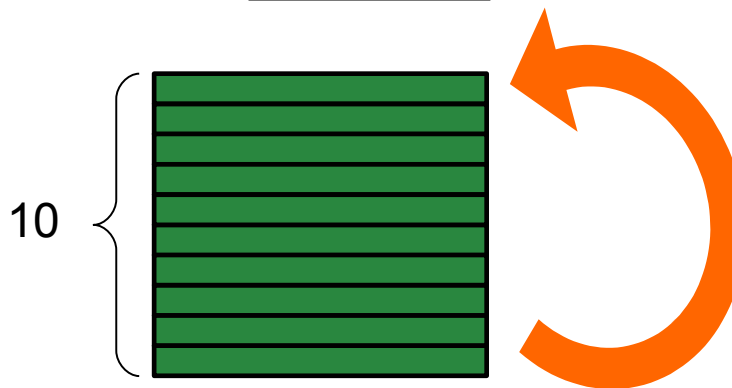
$f_s=40\text{Hz}$



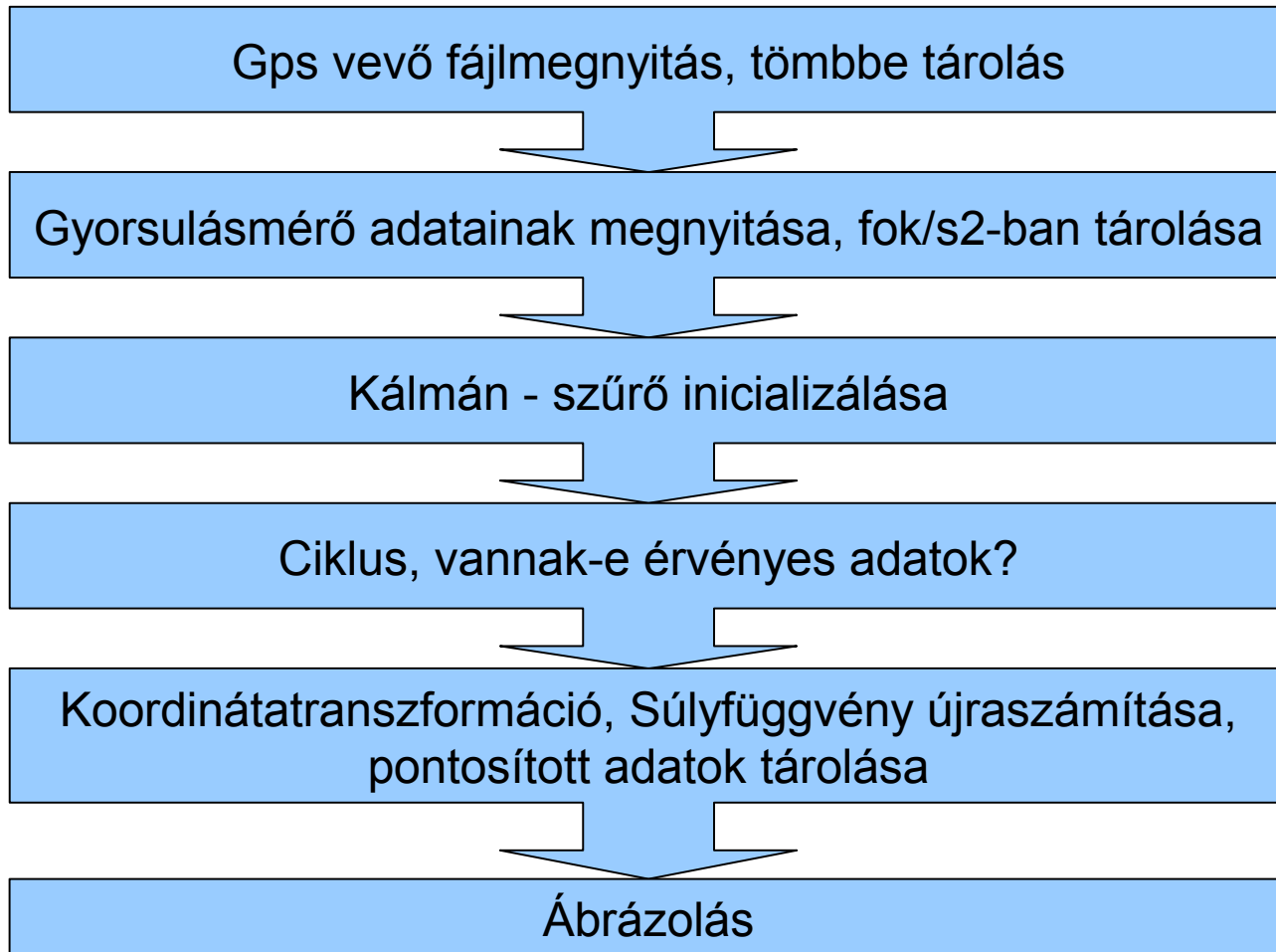
1 szélességi fok=60 tengeri mérföld =  $60 * 1852 \text{ m} \approx 111\text{km}$

1 hosszúsági fok = Magyarországon kb. 71,460 km

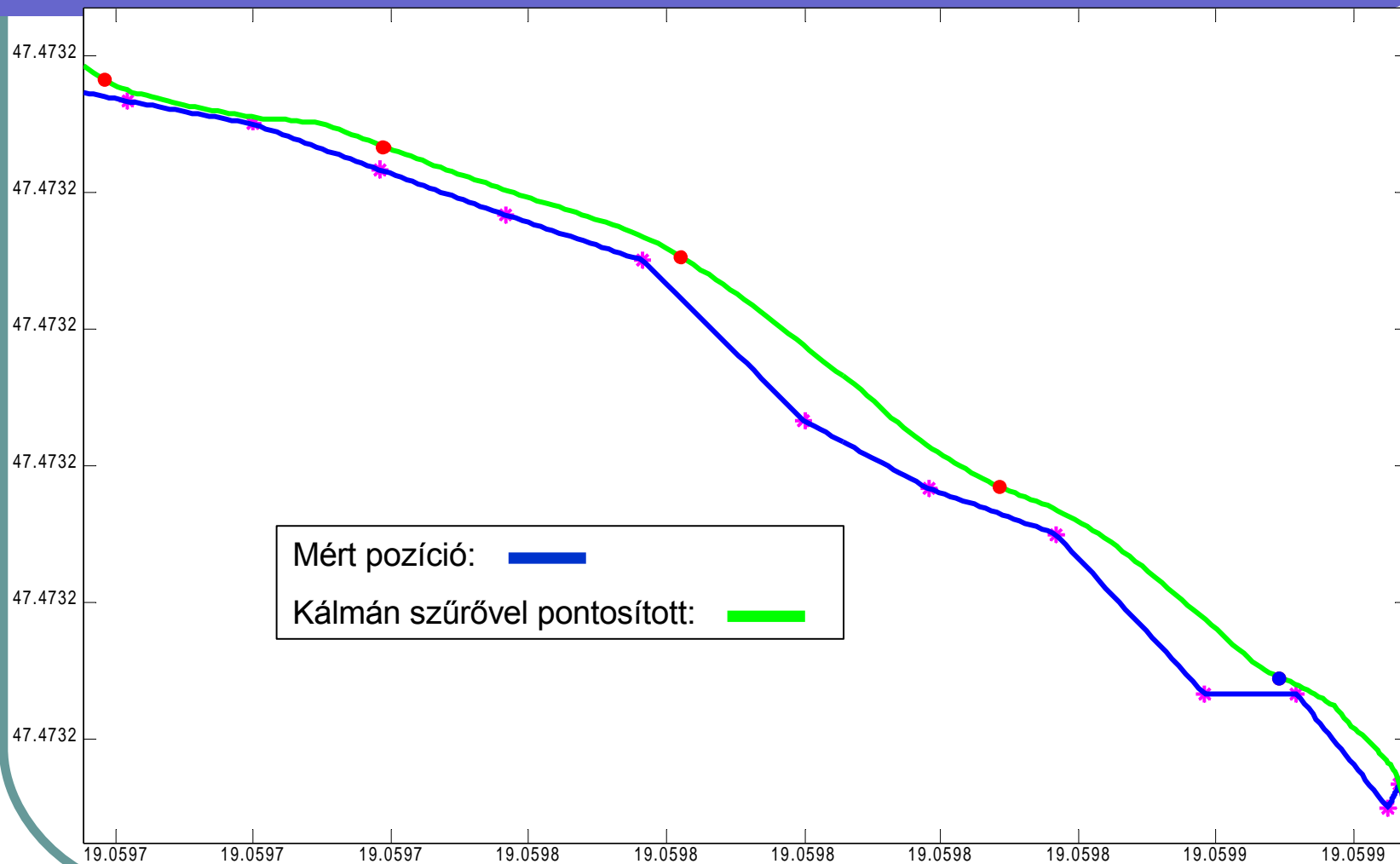
kovariancia



# Blokkdiagramm



# Loggolt séta





Eddig megtörtént:

- Kálmán - szűrő szimulációja MATLAB - ban. (MATLAB - bal előállított zajos értékekkel)
- GPS vevő mért adatainak kondicionálása.
- Gyorsulásmérő mért adatainak kondicionálása.
- Koordináta transzformáció szimulálása MATLAB – ban.
- Adattárolás és kovariancia számítás 10-es cirkuláris bufferben.
- GPS vevő és gyorsulásmérő adatainak együttes felhasználása Kálmán - szűrővel.





- A pontosítás mintavételezés idejében történő számítása (online).
- Gyorsuláskompenzáció a magasságkülönbségből.
- Gyorsulásmérés szűrésének pontosítása (jelenleg átlagolás és felül áteresztő szűrés).
- Horizontal Dilution Of Precision (HDOP) figyelembe vétele.
- Beágyazott környezetben történő implementálás ( uC, DSP, FPGA,...)
- Steady state Kálmán-szűrő alkalmazhatóságának vizsgálata.