



Hetesi Krisztián

**A/D átalakító tesztelő
mérőrendszer fejlesztése
LabVIEW-ban**

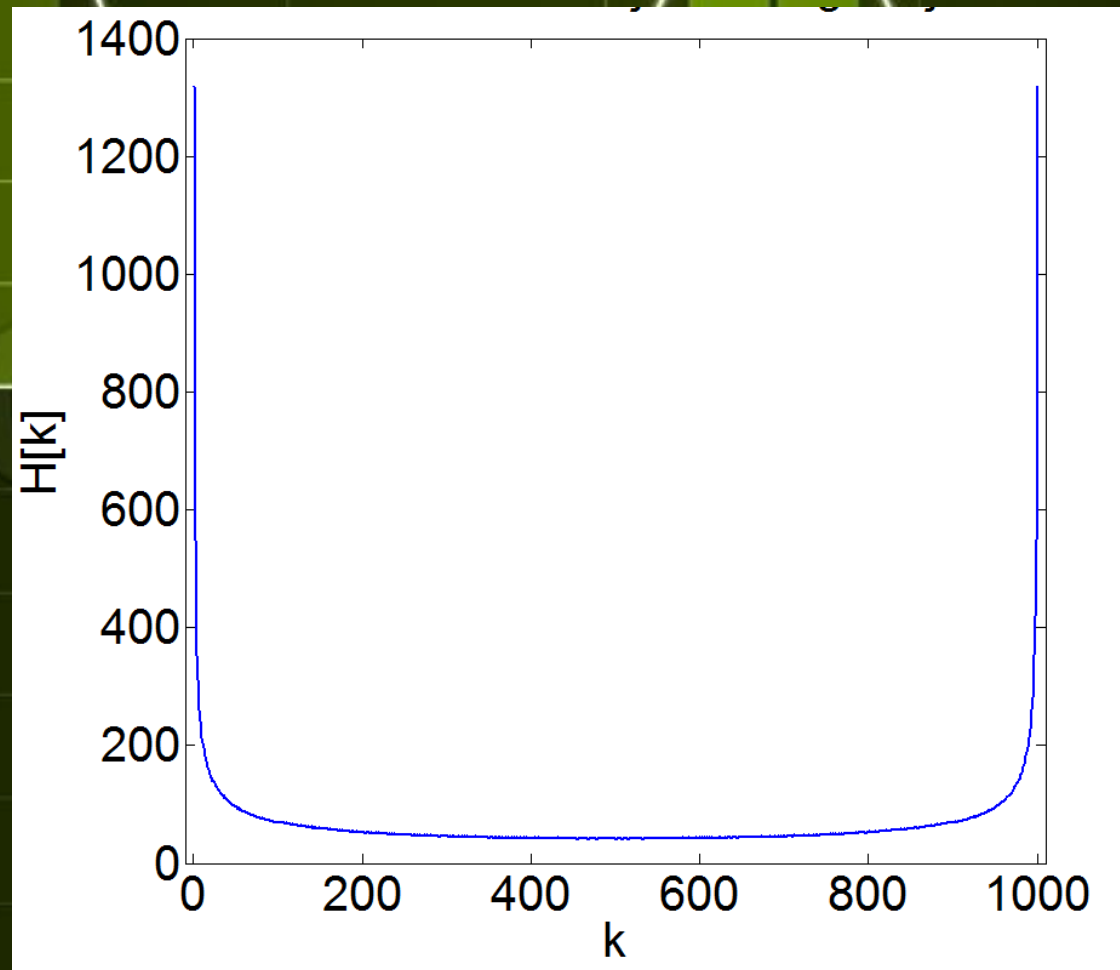
A probléma felvetése

- A/D átalakító tesztelése szinusz jellel
- Komparálási szintek, és a szinusz paramétereinek meghatározása

Komparálási szintek meghatározása

1. Szinusz jel Hisztogram
2. Normált Hisztogram -> könnyebb számítások
3. Kumulatív hisztogram számítása a normált hisztogramból
4. Komparálási szintek meghatározása a kumulált hisztogramból

Színusz jel hisztogramja



Kumulatív Hisztogram

H: A (normált) hisztogram

H_c: A kumulatív hisztogram

$$H_c[j] = \sum_{i=0}^j H[i]$$

Komparálási szintek meghatározása

$$T_k = C - R * \cos\left(\frac{\pi * H_c[k-1]}{N}\right)$$

T_k : k -adik komparálási szint

C : szinusz jel ofszetje (becsült)

R : szinusz jel amplitúdója (becsült)

N : mintaszám

Komparálási szintek felhasználása

- Egyenes illesztése a pontokra (BFLS)
- Illesztett egyenes paramétereiből INL, DNL számítása

Egyenes illesztése

Egyenes paramétereinek meghatározása:

$$\begin{bmatrix} \text{Merekség} \\ \text{Ofszet} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ 2^{b-1} & 1 \end{bmatrix}^{\dagger} * \begin{bmatrix} T_0 \\ T_1 \\ \vdots \\ T_{2^{b-1}} \end{bmatrix}$$

Ahol b az átalakító bitszáma

Integrális nemlinearitás

Legyen y az illesztett egyenesünk, T a komparálási szinteket tartalmazó tömb:

$$INL[k]_{LSB} = \frac{y[k] - T[k]}{LSB}$$

Általában a maximális értékre vagyunk kíváncsiak.

Differenciális nemlinearitás

Könnyen kiszámolhatjuk, az ismert INL segítségével:

$$DNL[k]_{LSB} = \frac{INL[k + 1] - INL[k]}{LSB}$$

Általában a maximális értékére vagyunk kíváncsiak.

Szinusz paramétereinek meghatározása

- A mérési időtartományban lévő periódusok számának becslése
- A szinusz jel amplitúdójának, ofszetjének, fázisának becslése

Színusz jel periódusának becslése

A programom megvalósításakor **Hanning** ablakot használtam, hogy a nem koherens mintavételezés ne jelentsen problémát. Így a jelet megszoroztam az alábbi kódsorozattal:

$$W_{Hanning}[k] = 0.5 - 0.5 * \cos\left(\frac{2\pi * k}{N}\right)$$

A szinusz jel periódusának becslése

Periódusszám legyen $J = K + \Delta K$

K (egész szám) kiszámítása FFT segítségével:

$$K-1 = \max \left| \text{FFT}(X) \left[1 : \frac{N}{2} \right] \right|$$

J : periódus szám

X : szinusz jel értékei

N : mintaszám

Színusz jel periódusának becslése

ΔK kiszámítása:

$$\Delta K = \begin{pmatrix} \frac{2Y_{k+1} - Y_k}{Y_{k+1} + Y_k} & \text{ha: } Y_{k+1} \geq Y_{k-1} \\ \frac{Y_k - 2Y_{k-1}}{Y_{k-1} + Y_k} & \text{ha: } Y_{k+1} < Y_{k-1} \end{pmatrix}$$

Ahol:

$$Y = |FFT(X)|$$

Színusz jel periódusának becslése

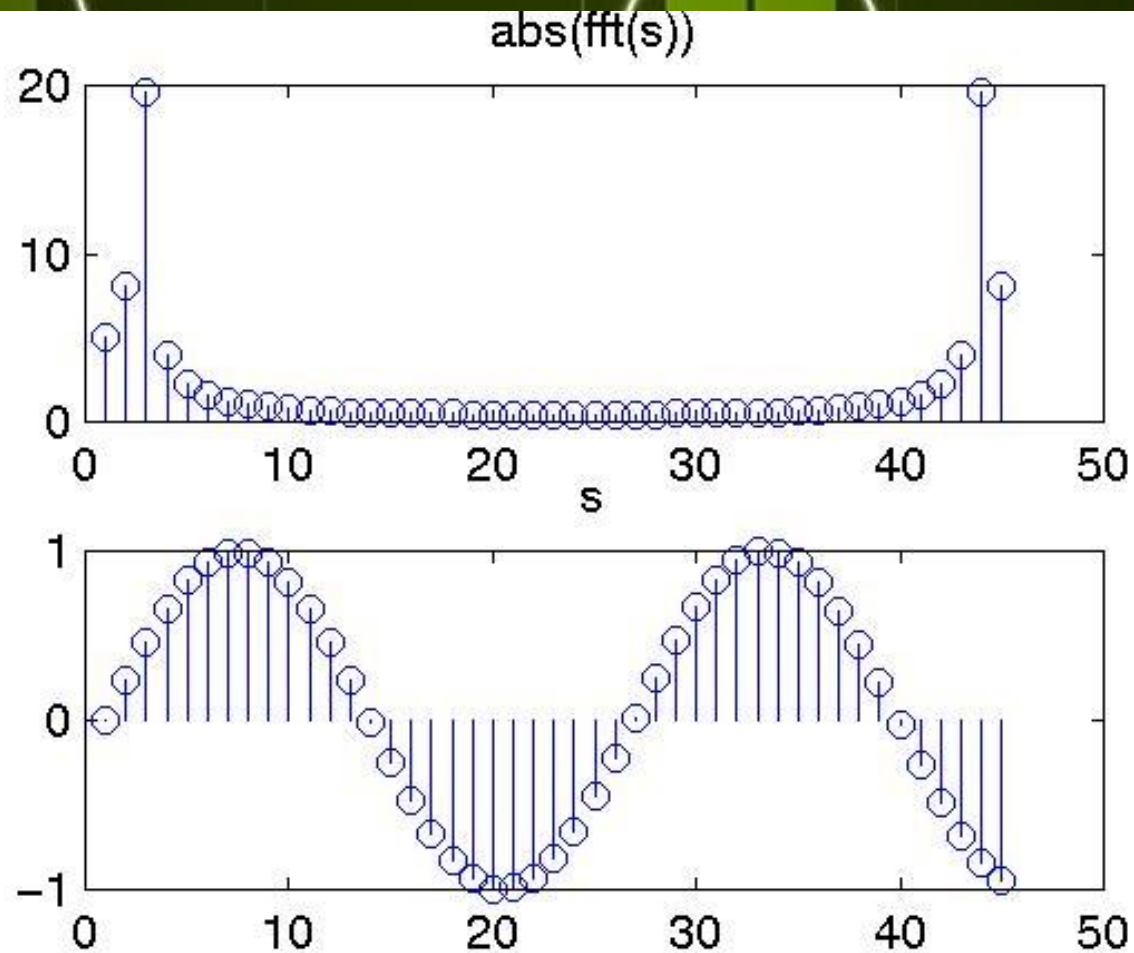
Tehát a periódusszám:

$$J = K + \Delta K$$

A ΔK

lehet negatív!

Színusz jel FFT



Színusz jel paramétereinek becslése

Három paraméteres becslést használtam. A színusz jelünket az alábbi formában használjuk fel:

$$x[k] = C + A \cos\left(\frac{2\pi * J * k}{N}\right) + B \sin\left(\frac{2\pi * J * k}{N}\right)$$

Színusz jel paramétereinek becslése

Tehát feladatunk A,B,C értékének meghatározása.

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(2\pi * \frac{J}{N}\right) & \sin\left(2\pi * \frac{J}{N}\right) & 1 \\ \cos\left(4\pi * \frac{J}{N}\right) & \sin\left(4\pi * \frac{J}{N}\right) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos\left(2N\pi * \frac{J}{N}\right) & \sin\left(2N\pi * \frac{J}{N}\right) & 1 \end{bmatrix}^{\dagger} * x$$

Színusz jel paramétereinek becslése

- Az A és B értékéből kiszámolhatjuk az amplitúdót:

$$\text{Amplitúdó} = \sqrt{A^2 + B^2}$$

- C értéke a DC komponens
- Fázis meghatározása A és B segítségével

$$\text{Fázis} = -\text{atan2}(B, A)$$

LabView megvalósítás Front Panel

Az A/D átalakító szimulálása

Bemeneti jel paraméterei

X/FS arány (Peak to Peak)

1

Ofszet/FS arány

0

bitszám

14

Periódus szám

13

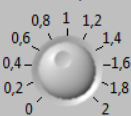
Minta db

10000

Cut OFF Ratio

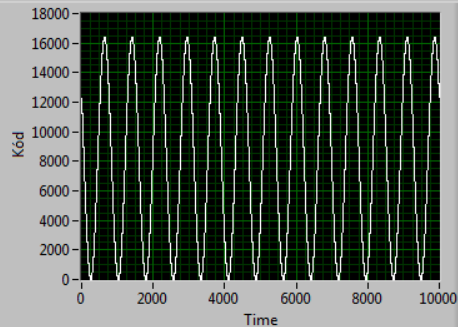
0,1

Fázis [pi]



Színusz jel

Plot 0



A szinusz jel paramétereinek becslése

Becsült Amplitúdó Becsült ofszet Becsült Fázis [pi]

8191,5

8191,5

0,833337

becsült periódusok

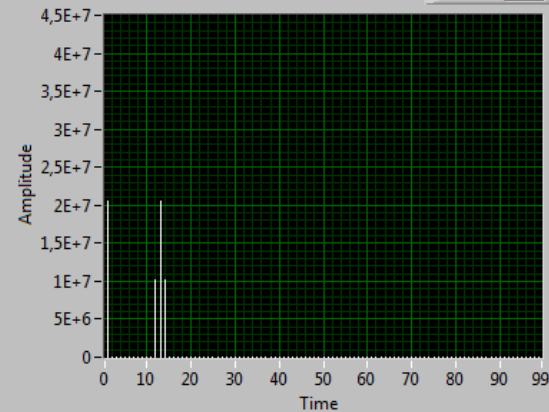
13

Full scale

16383

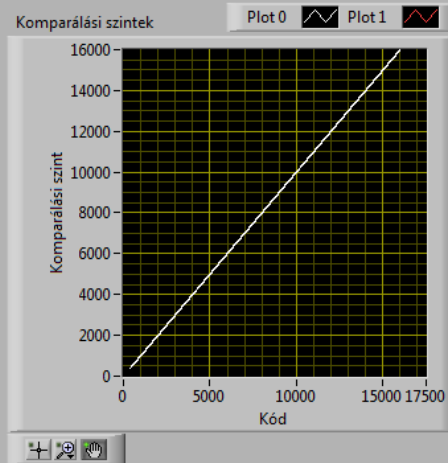
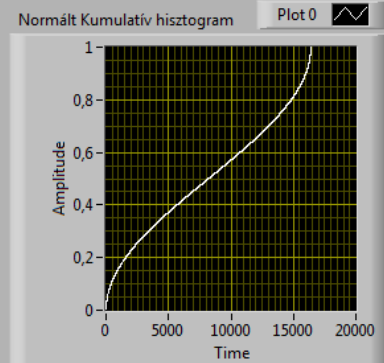
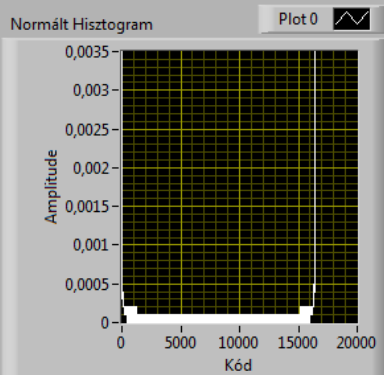
FFT

Plot 0

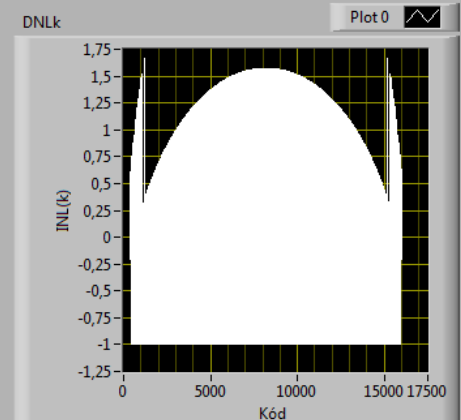
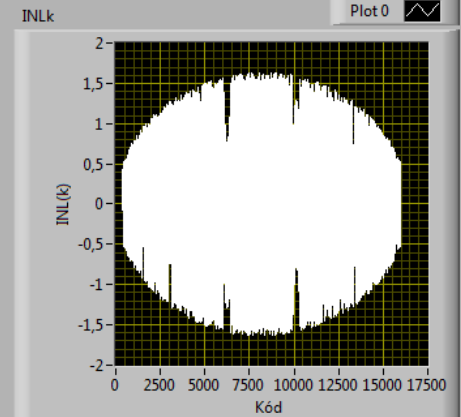
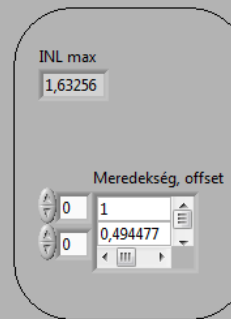


LabView megvalósítás Front Panel

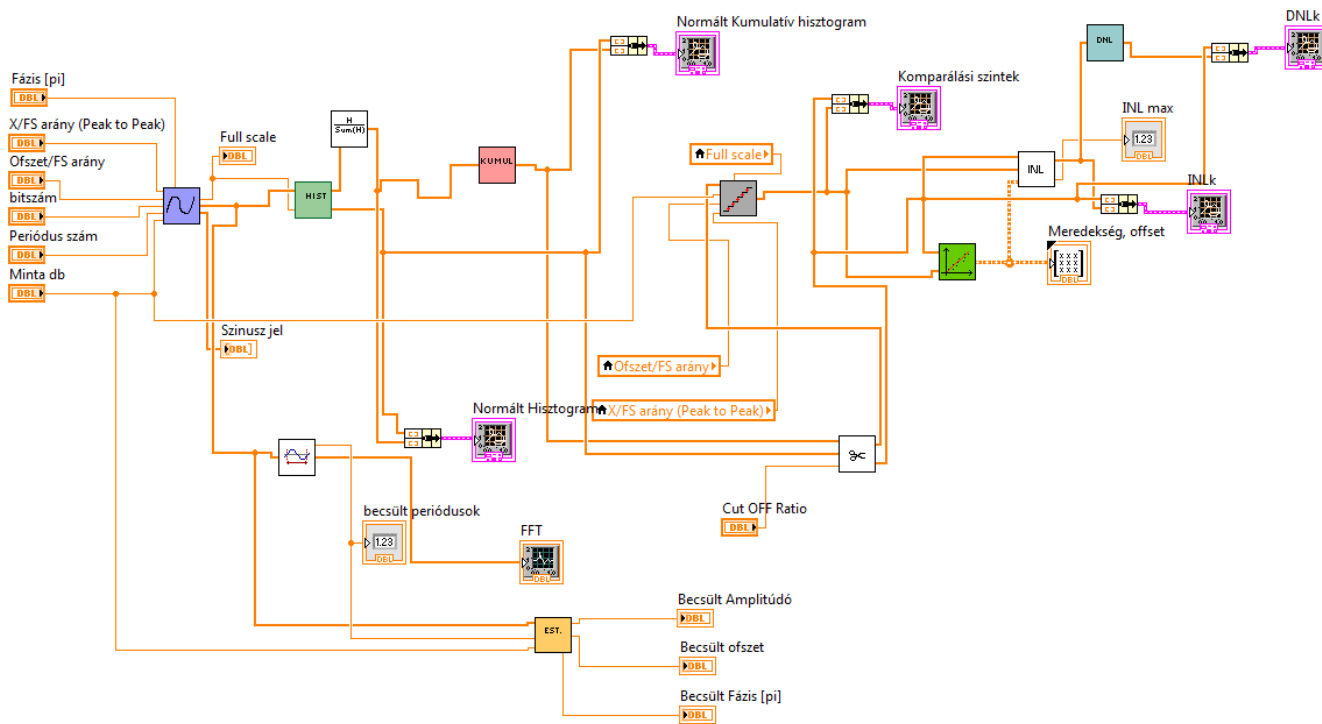
Hisztogram teszt



Nemlinearitási hibák



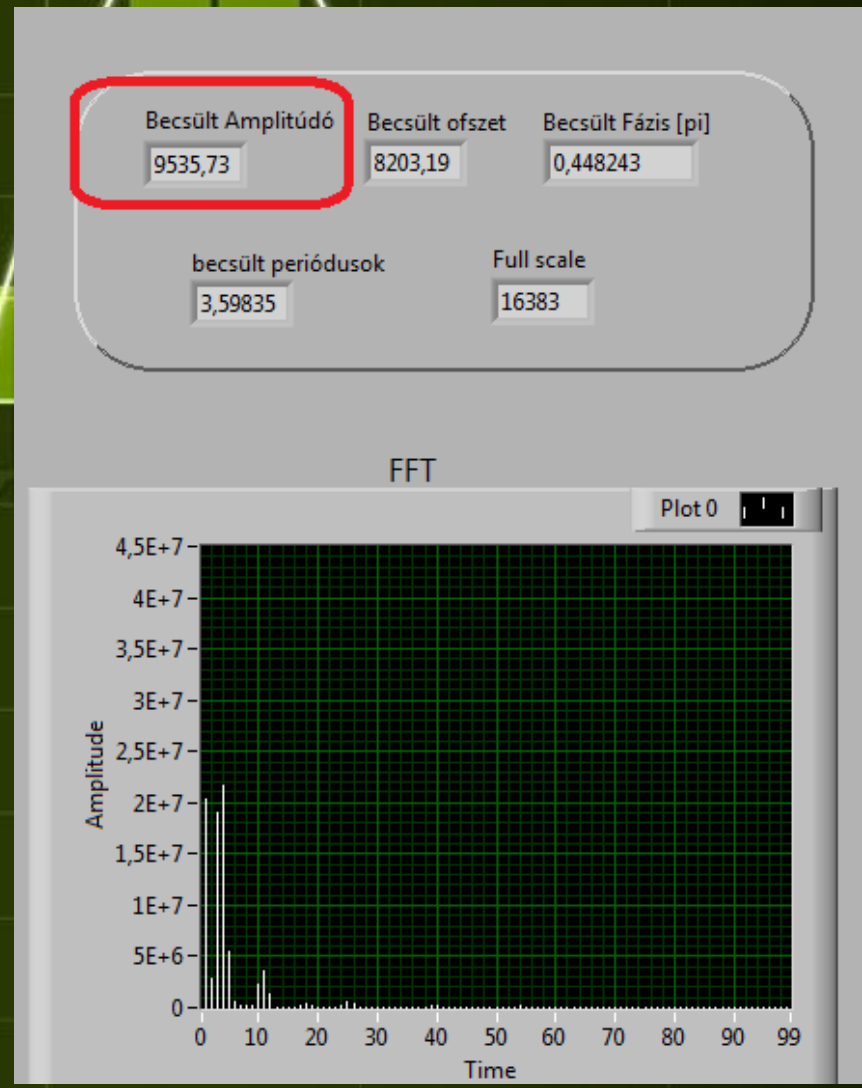
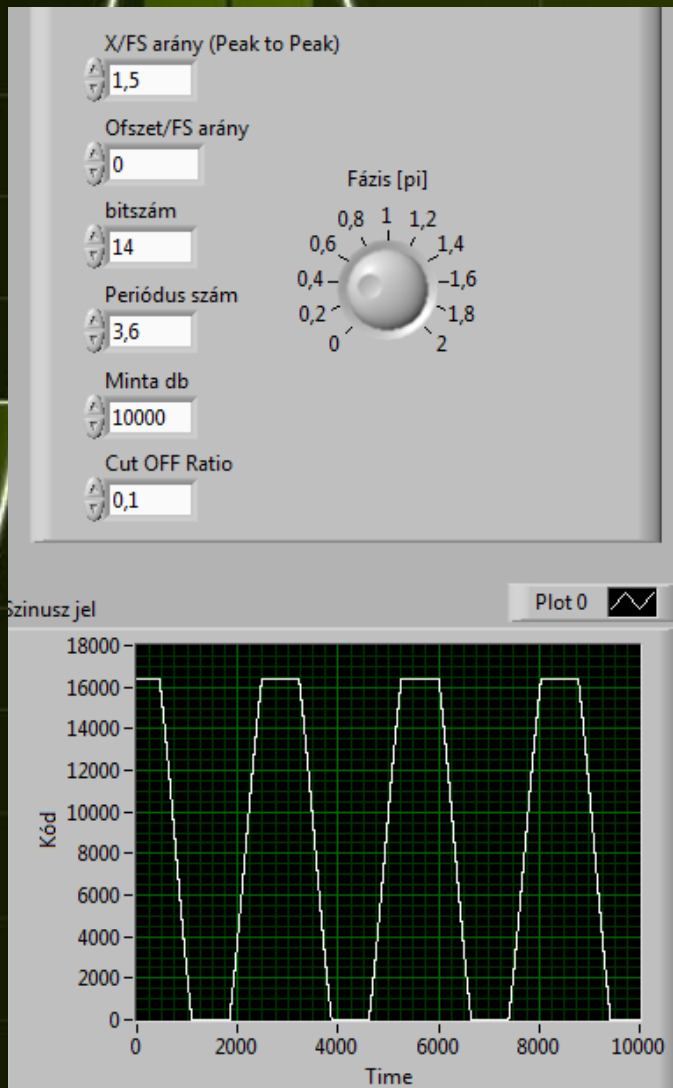
LabView megvalósítás Block Diagram



Lehetséges problémák

- Túlvezérlés: Rontja a szinusz becslésének az eredményét
- Nem koherens mintavételezés: Rontja a komparálási szintek becslését. (A periódus meghatározást nem befolyásolja a Hanning ablak miatt)

Túlvezérlés



Nem koherens mintavételezés

X/FS arány (Peak to Peak)
1

Ofszet/FS arány
0

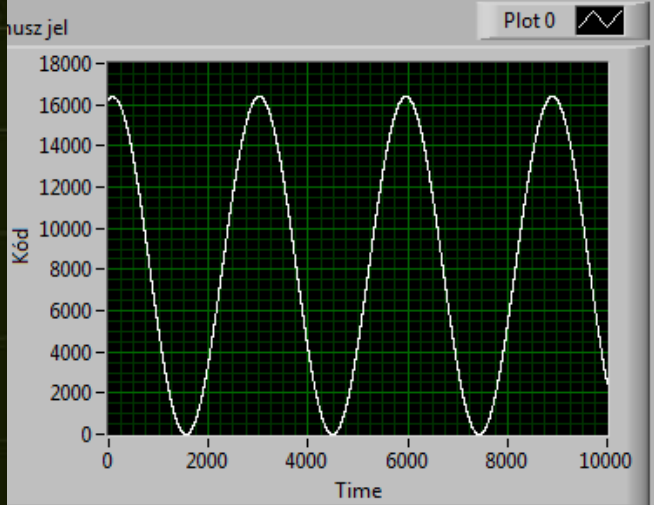

bitszám
14

Periódus szám
3,4

Minta db
10000

Cut OFF Ratio
0,1

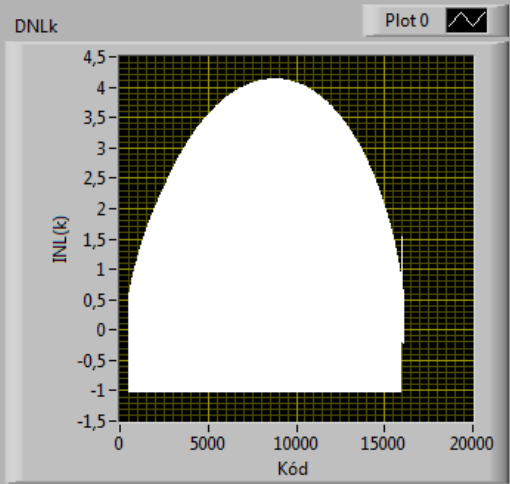
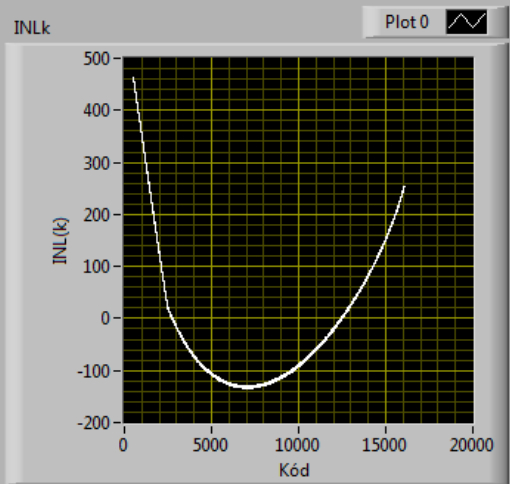
Fázis [pi]
0,2 0,4 0,6 0,8 1 1,2 1,4 1,6 1,8 2



Nemlinearitási hibák

INL max
464,521

Merekség, offset
0 1,01561
0 -584,609



Továbbfejlesztési lehetőségek

- 3 paraméteres becslés helyett 4 paraméteres becslést alkalmazunk
- Túlvezérlés kezelése: ne illesszünk a túlvezérelt pontokra
- Nem koherens mintavétel esetén koherensre csonkoljuk a mintánkat