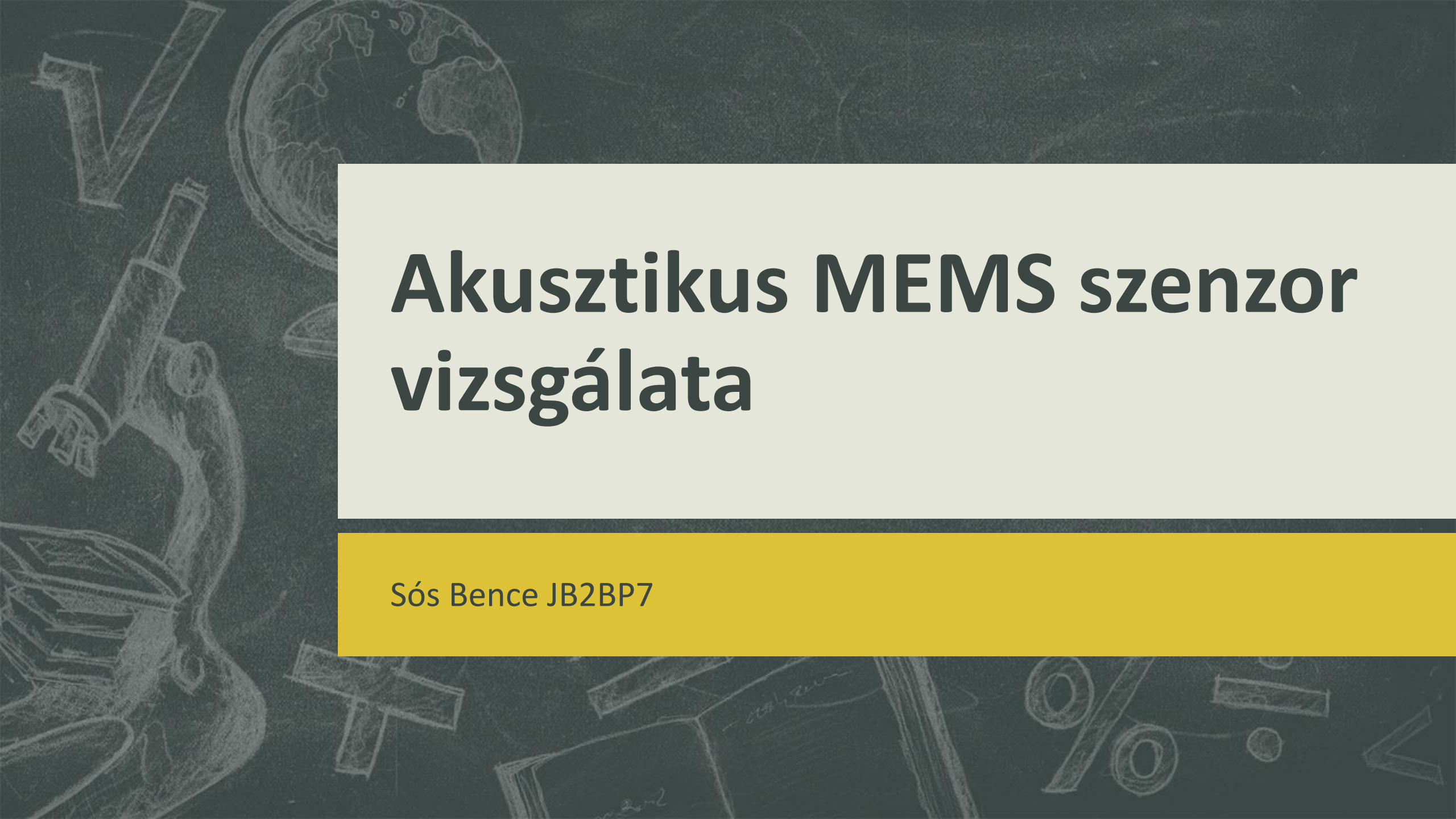




Akusztikus MEMS szenzor vizsgálata

Sós Bence JB2BP7

Tartalom

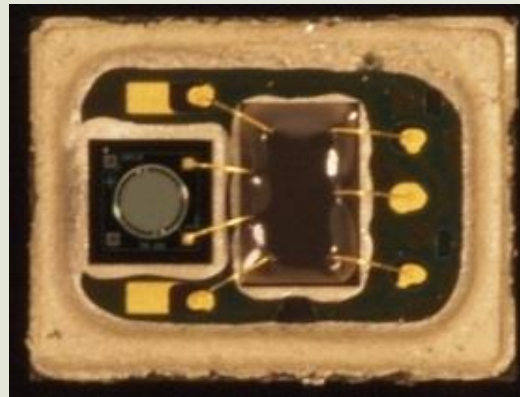
- MEMS mikrofon felépítése és típusai
- A PDM jel
- Kinyerhető információ
- CIC szűrő
- Mérési tapasztalatok.
- Konklúzió



MEMS (MicroElectrical-Mechanical System) mikrofonok

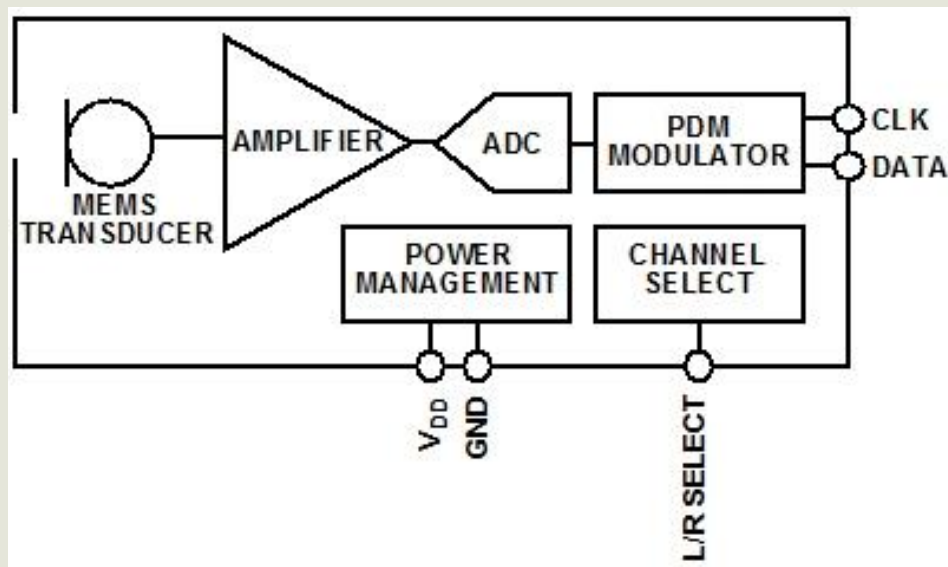
Tulajdonságok:

- Omnidirekcionális
- Chipre integrált jelkondicionálás és ADC
- I/O hoz illeszthető digitális kimenet
- Nagyon kis méret (pontszerű)

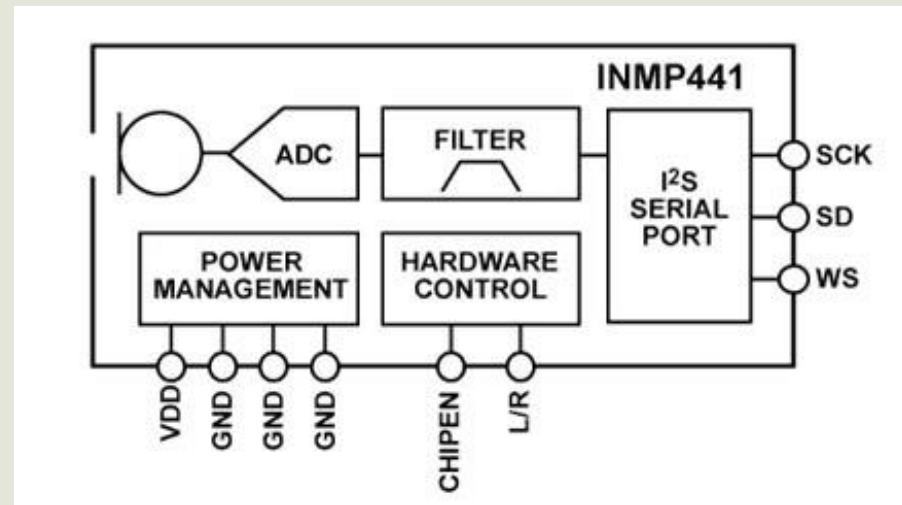


MEMS mikrofonok kimenete

PDM kimenet



I2S kimenet



MEMS mikrofonok kimenete

PDM kimenet

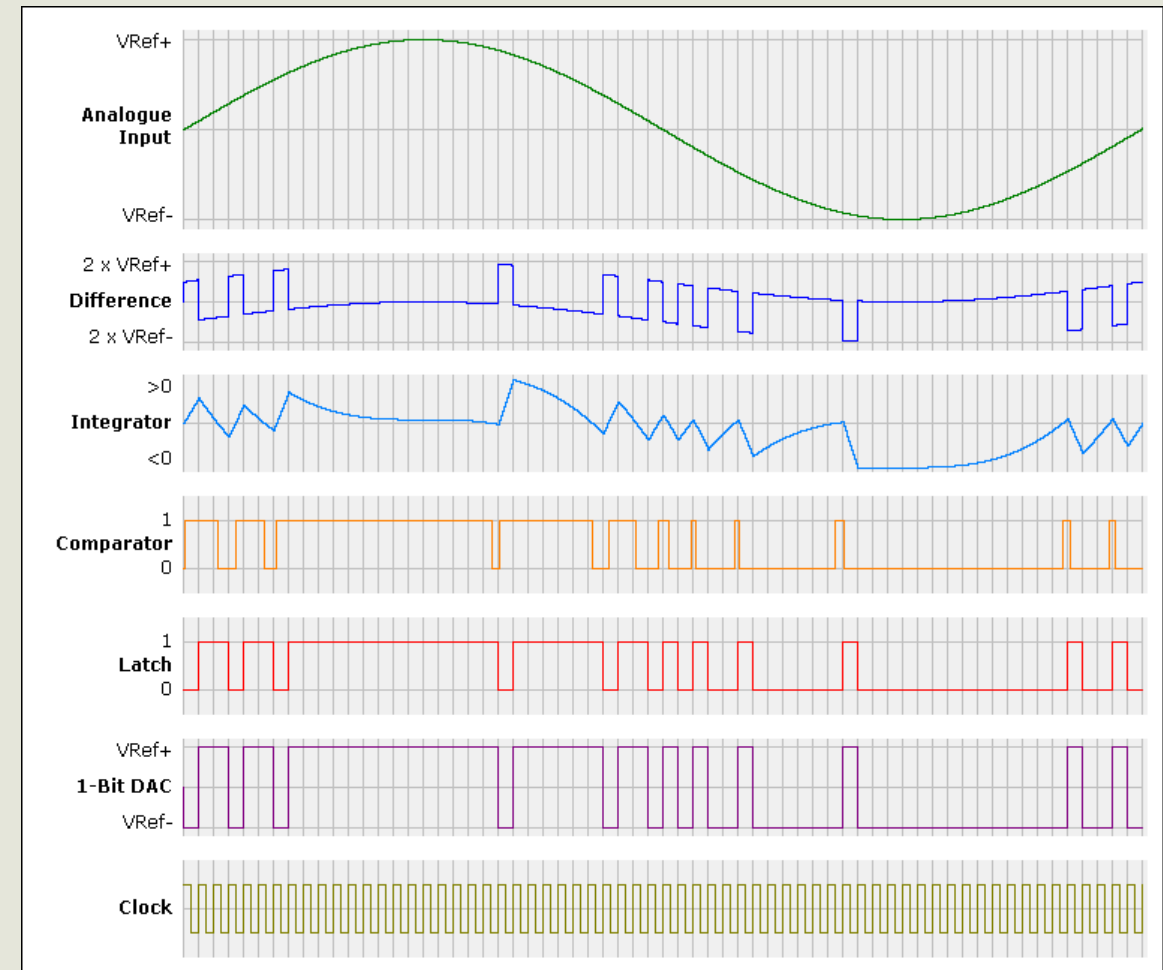
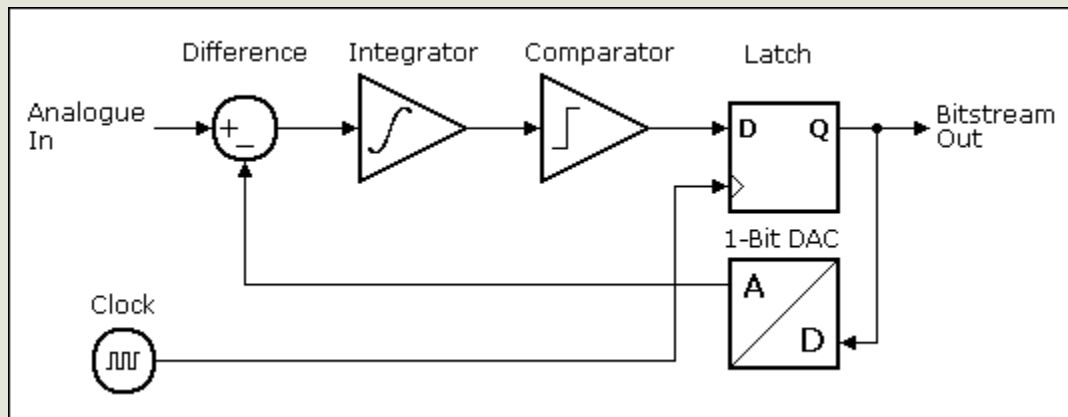
- 3.072MHz-es 1 bites kimenet (64 – el decimálva 48kHz)
- Digitális jelfeldolgozást igényel
-> Rugalmas
- Kis fogyasztás (700uA)

I2S kimenet

- Maximum 3.2MHz soros kimenet (64 órajel a 2 csatorna 50kHz szósebesség)
- Kimondottan hangátvitelre szolgál. (Beszédhang -> kis mintavételi frekvencia)
- Nagyobb fogyasztás (1.5 -2.5mA)

Pulse Density Modulation (PDM)

- Sigma-Delta modulációval állítható elő.
- Az Amplitúdó értéke a relatív impulzussűrűséggel áll kapcsolatban.
- Nem PWM, mert a frekvencia változó.
- Közvetlen ráköthető analóg alul áteresztő szűrőre és a fizikai jelet kapjuk vissza.



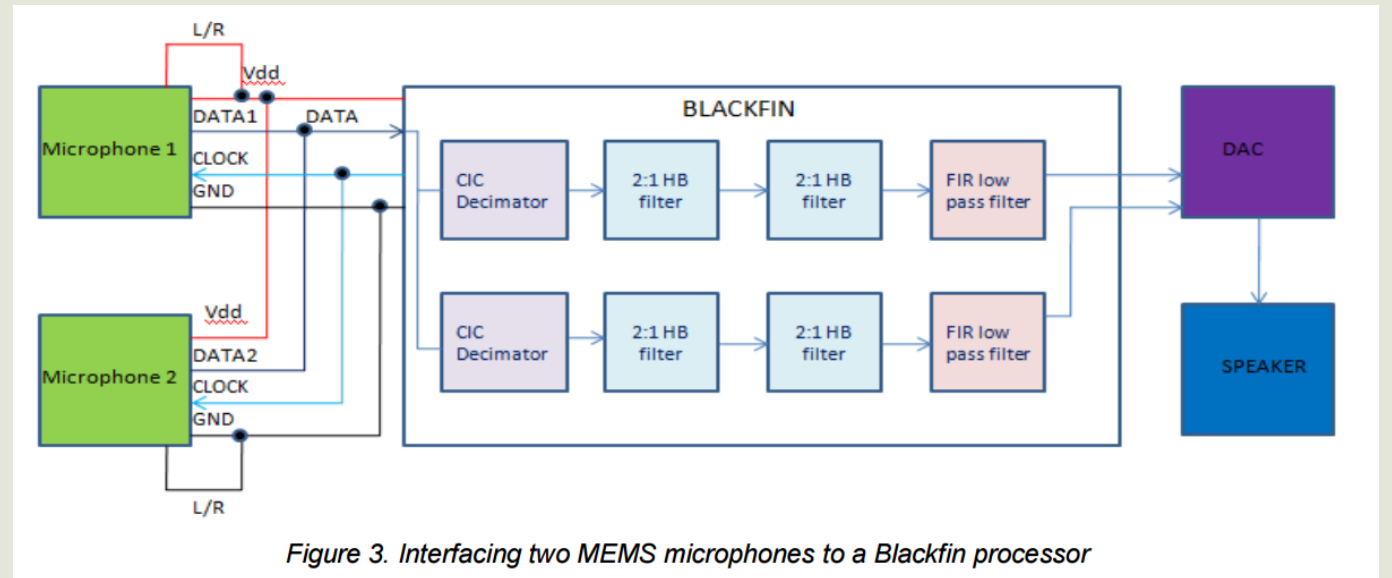
Pulse Density Modulation (PDM)

Demodulációja:

Digitális alul áteresztő szűrővel és decimátorral.

Speciális kis erőforrás igényű szűrő: CIC szűrővel.

Utószűrés (opcionális) Fél-sáv és FIR szűrőkkel.

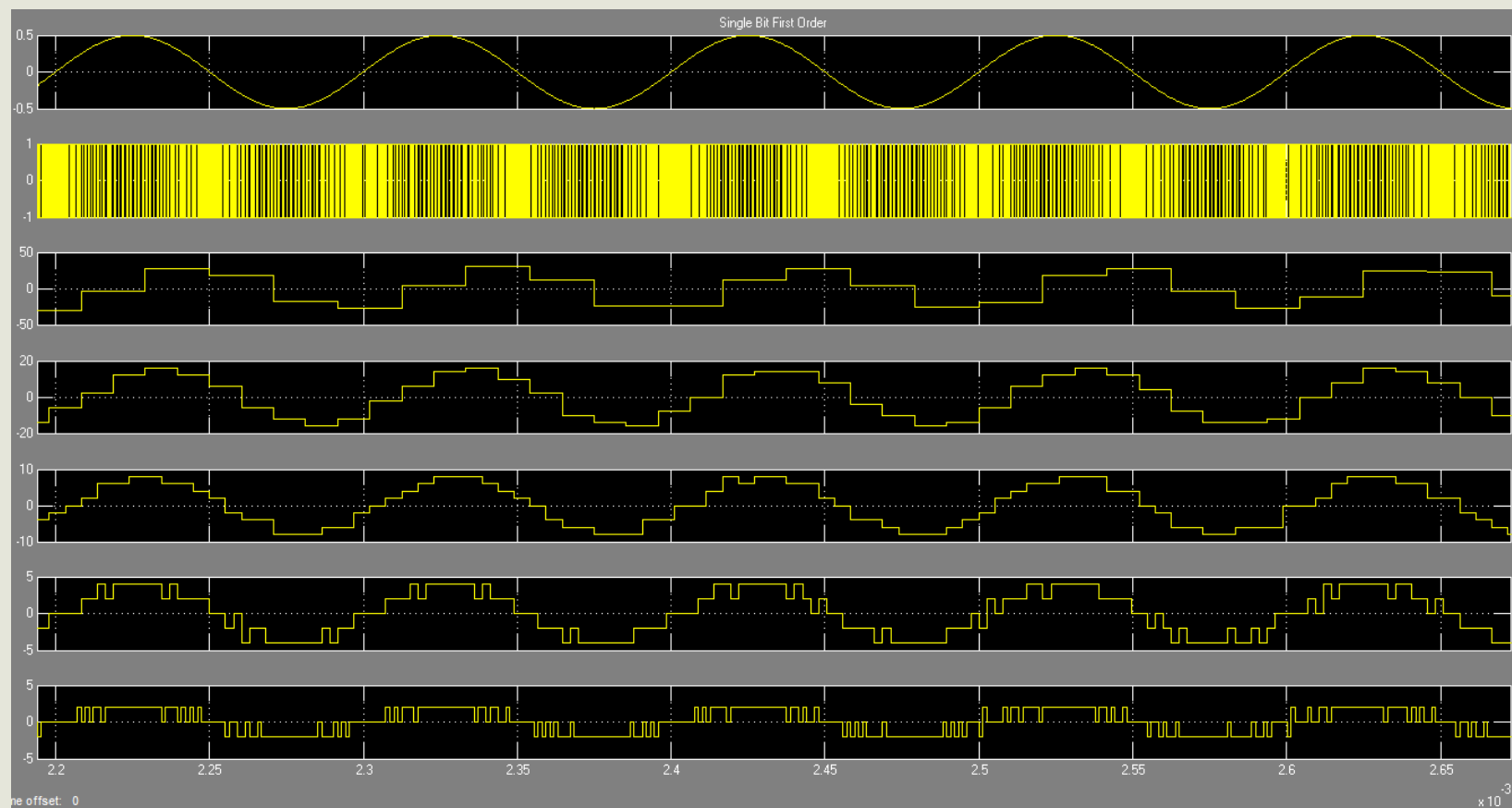


PDM jelből kinyerhető információ

CIC decimáló szűrő
kimenete: 10kHz-es
szinusz jel esetén.

Felülről lefele:

64-32-16-8-4-es
decimálási faktor
mellett.

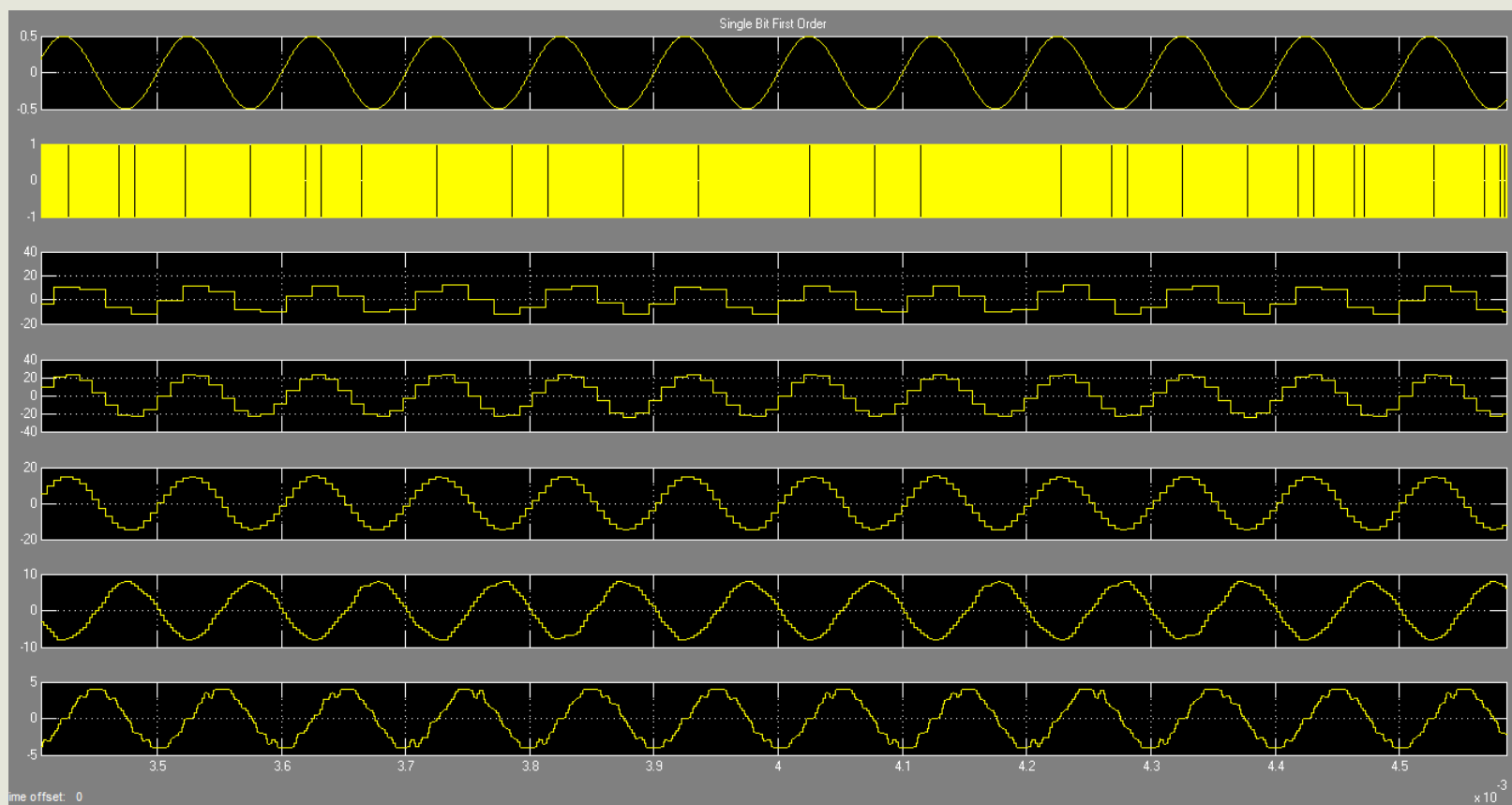


PDM jelből kinyerhető információ

CIC decimáló szűrő után
kapcsolt HB és FIR szűrő
kimenete: 10kHz-es szinusz
jel esetén.

Felülről lefele a mintavételi
periódusidő:

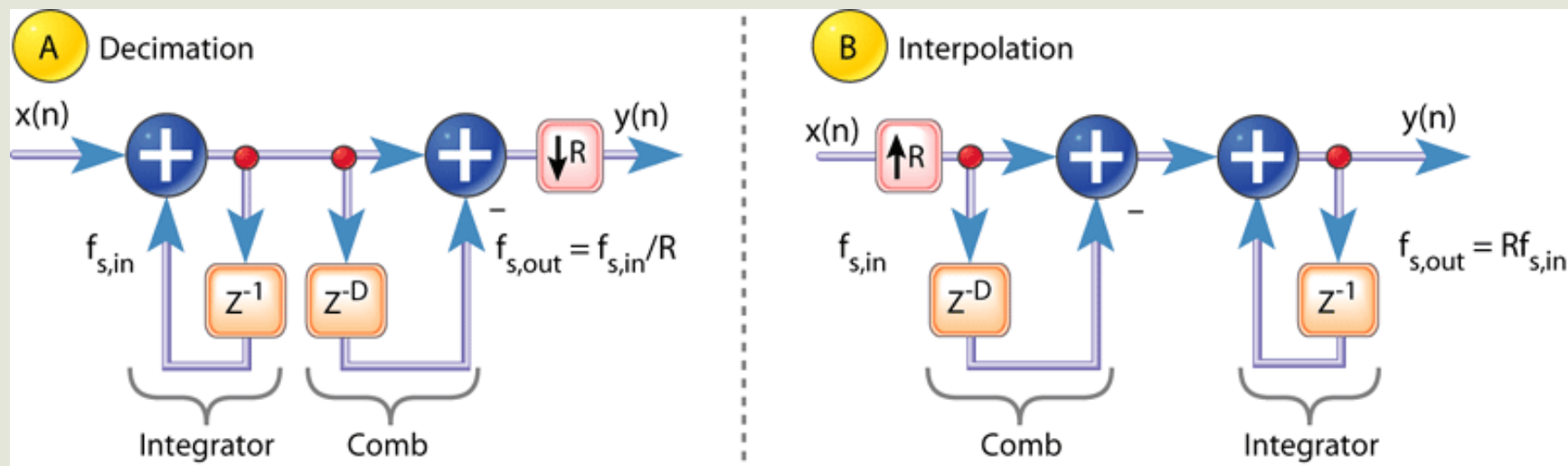
48kHz – 96kHz – 192kHz –
384kHz – 768kHz



A CIC (Cascaded Integrator-Comb) szűrő struktúrája

A CIC szűrő részei:

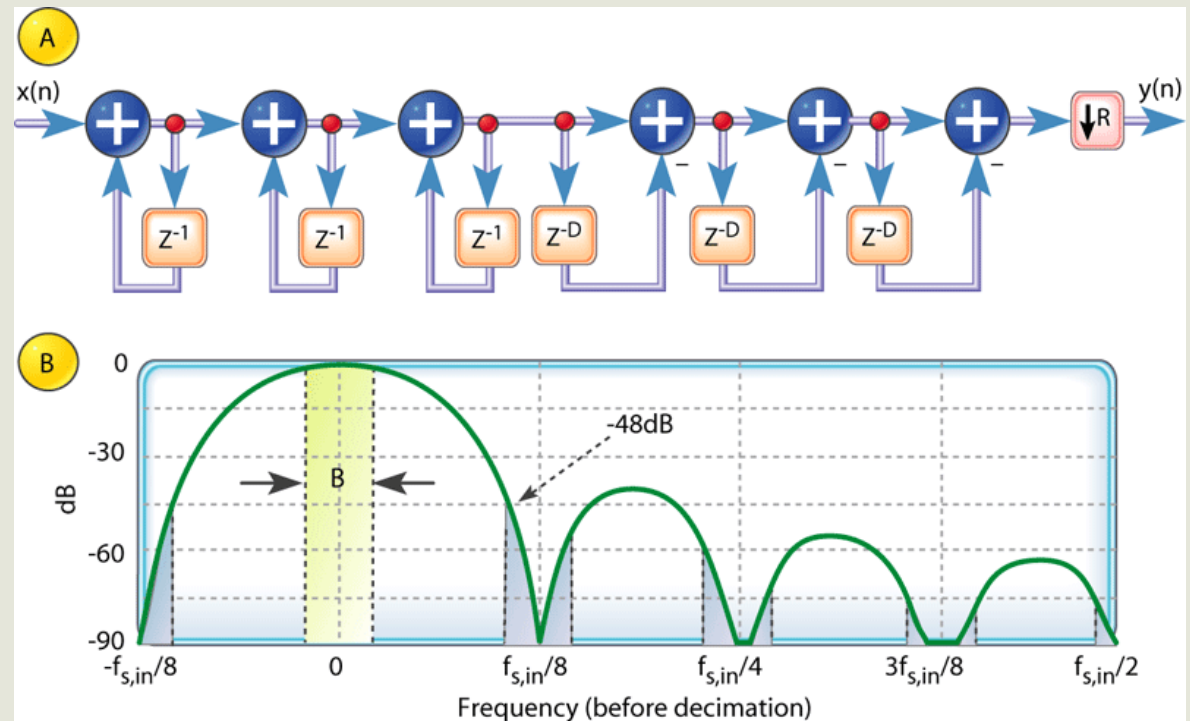
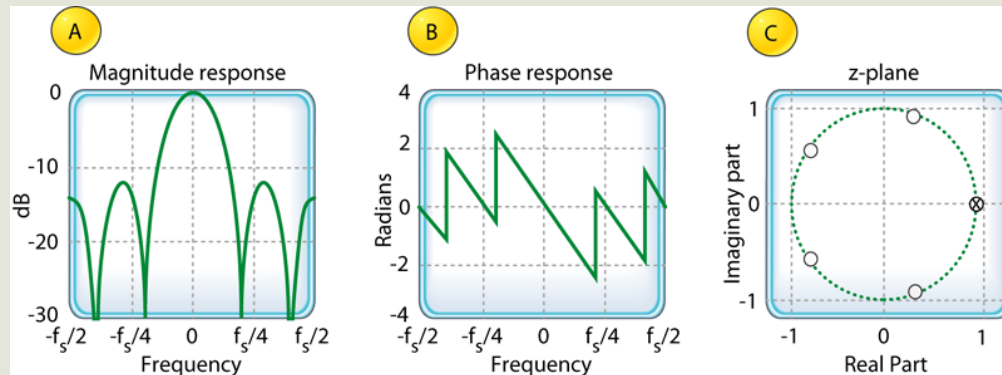
- Integrátor
- Decimátor
- „Fésű”



A CIC (Cascaded Integrator-Comb) szűrő struktúrája

Frekvencia és fázismenet:

- Lineáris fázis
- Decimálás miatti aliasing torzítás mindig a szűrő elnyomási pontjaira esik. (fésűkhöz)



CIC szűrő erőforrásigénye

Szűrőnként:

- 0db szorzó !
- $N * (1 + D)$ darab B bitszélességű regiszter (csökkenthető) (D a differenciális késleltetés)
- $N * 2$ darab összeadó (sorosítható: 15Mhz-en elég 2db szűrőnként)

Implementált szűrő:

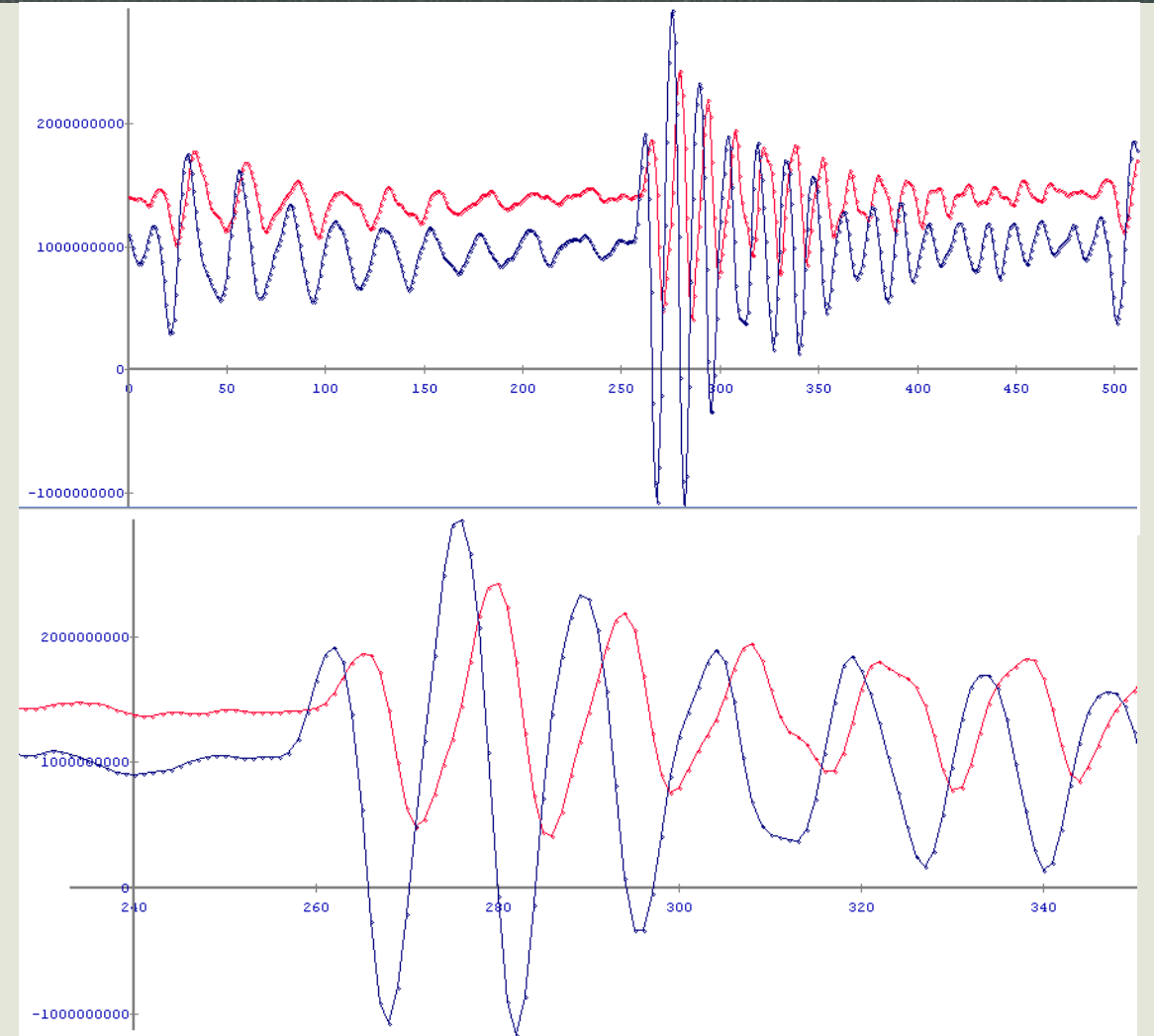
- Szűrő rendje: 6
- Differenciális késleltetés: 2 (szűrő meredekségét növeli)
- Összesen 36 darab 44 bites regiszter.

Mérési tapasztalatok:

64 szeres decimálás mellett:

Kis amplitúdójú (buzzer) négyyszög gerjesztés mellett a 2 csatorna idődiagramja:

A mintavételi periódusidő 48kHz, láthatóan sok bit pontossággal előáll a mért jel.



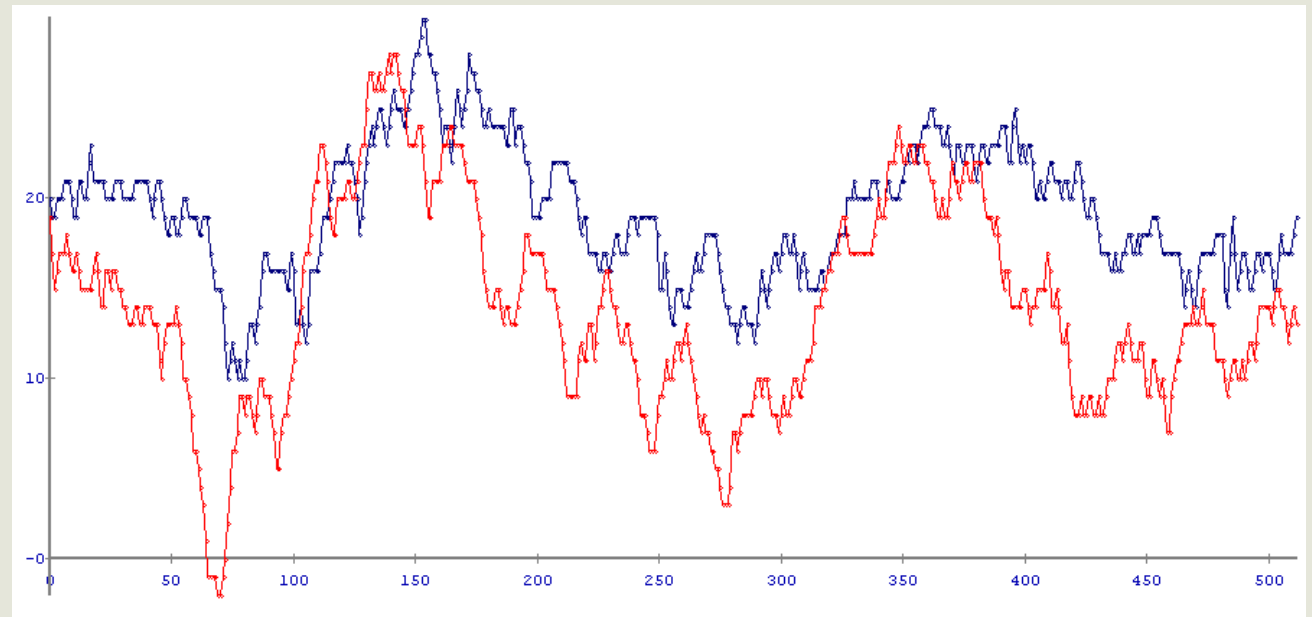
Mérési tapasztalatok:

8 szoros decimálás mellett:

Kis amplitúdójú (buzzer) négyzög gerjesztés mellett a 2 csatorna idődiagramja:

A mintavételi periódusidő 384kHz, láthatóan csak néhány bit pontossággal áll elő a jel.

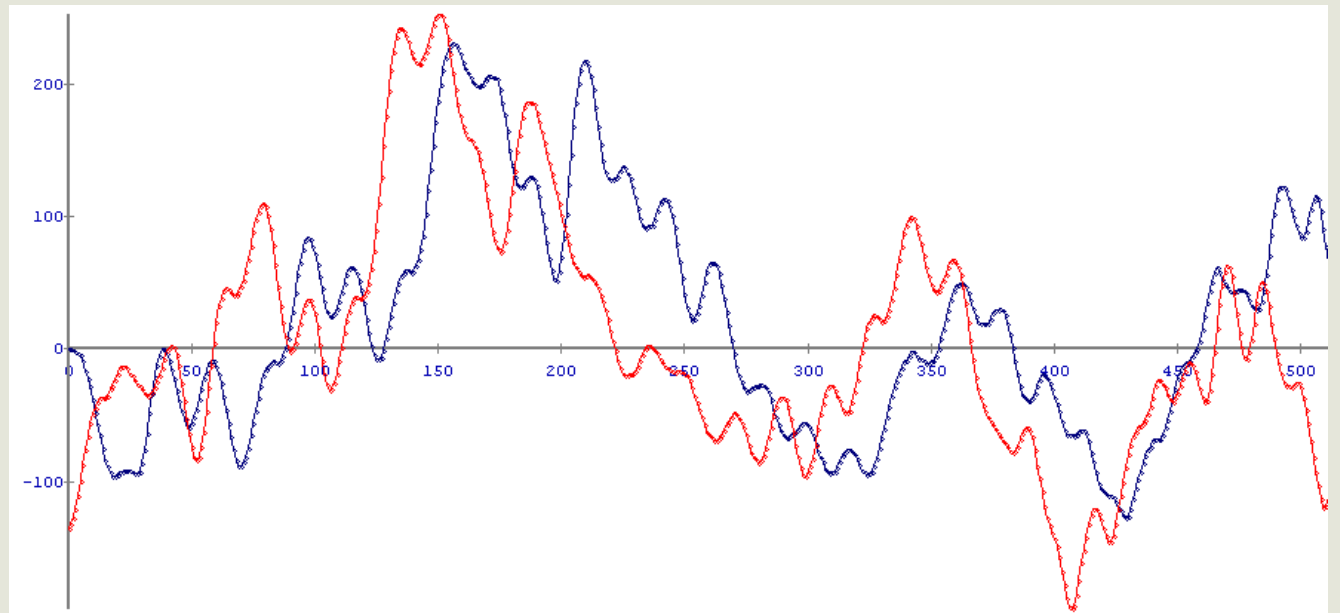
Fontos megjegyezni, hogy nagyobb amplitúdójú jelek esetén a zaj lényegesen kisebb



Mérési tapasztalatok:

Nagy amplitúdójú hangok esetén (pl: taps, kalapácsütés)

Az előbb felvetett probléma nem jelentős. Kis decimálási faktor mellett sem kapunk nagyon zajos jeleket.

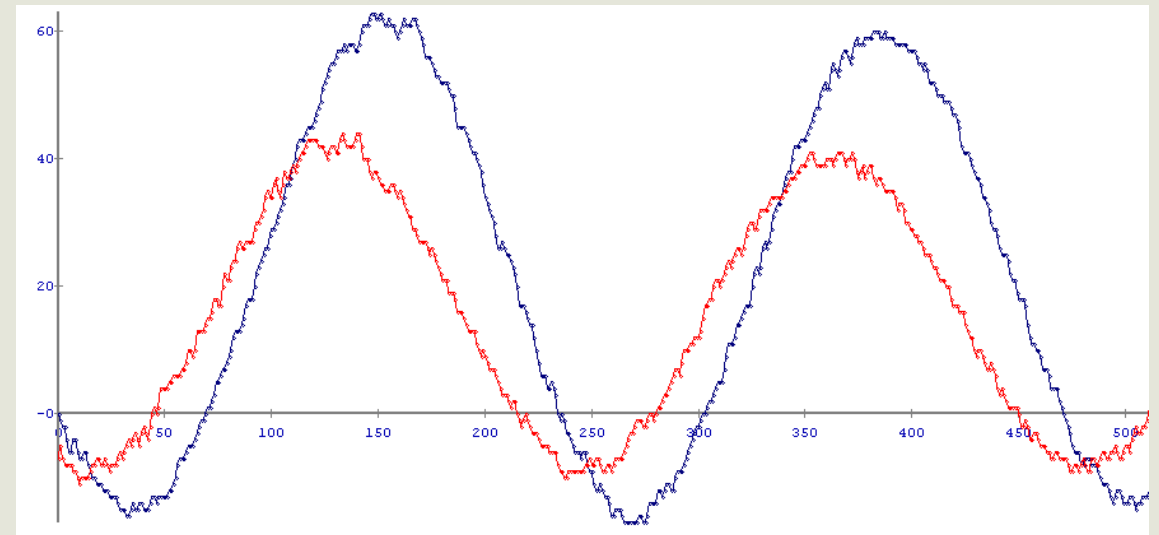


Mérési tapasztalatok:

Ofszet probléma:

Valószínűleg a gyártástechnológiai pontatlanságok amikor csend van a mikrofonokból nem 0 érték jön ki. (ez a PDM modulált jelen is látszik)

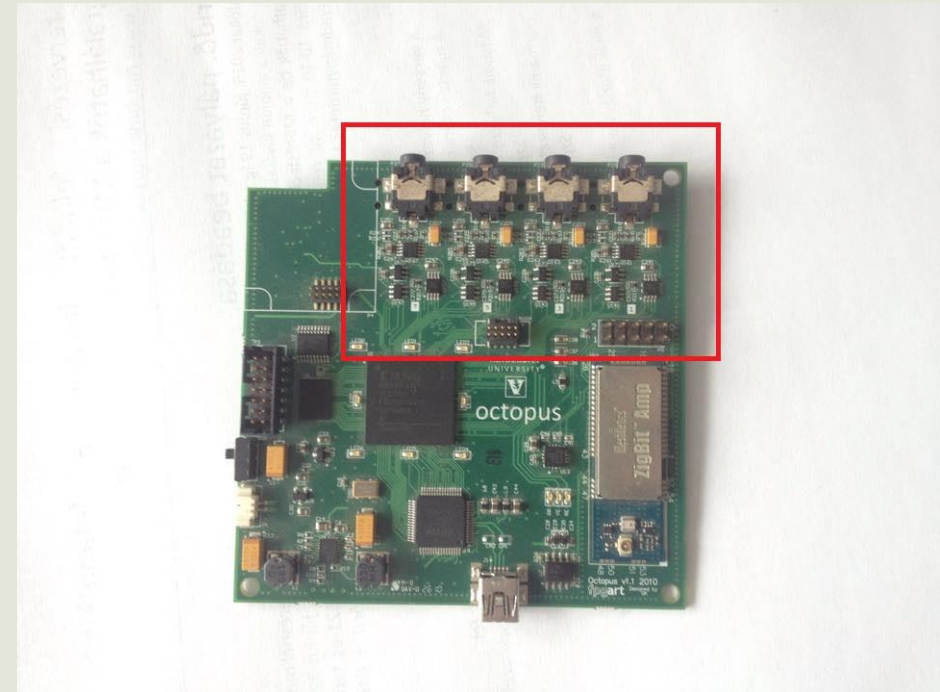
Emiatt érdemes alkalmazni kalibrációt.



Konklúzió

Összehasonlítva a PDM mikrofonokat az analóg kimenetű társaikkal:

- Nem igényel más áramköri elemeket. (Jel kondicionálást)
- Kisebb felbontás, és mintavételi idő.
- Kisebb fogyasztás.
- Több mikrofon nem igényel lényegesen több erőforrást.
- Digitális feldolgozó algoritmust igényel.



Konklúzió

Decimálási faktor

- Kis decimálási faktor mellett nagy mintavételi frekvencia.
- Kisebb amplitúdó pontosság.
- Kisebb légnyomásváltozást nehezen érzékel.

Erőforrások

- Komplexebb szűrőstruktúra, beiktatott HB és FIR szűrők.
- Több hardver erőforrás kell, szorzók stb.
- Nagyobb pontosság (lokalizációs algoritmus)

Mikrofonok száma

- Több mikrofon
- Drágább eszköz
- Nagyobb pontosság (lokalizációs algoritmus)

Köszönöm a figyelmet!