

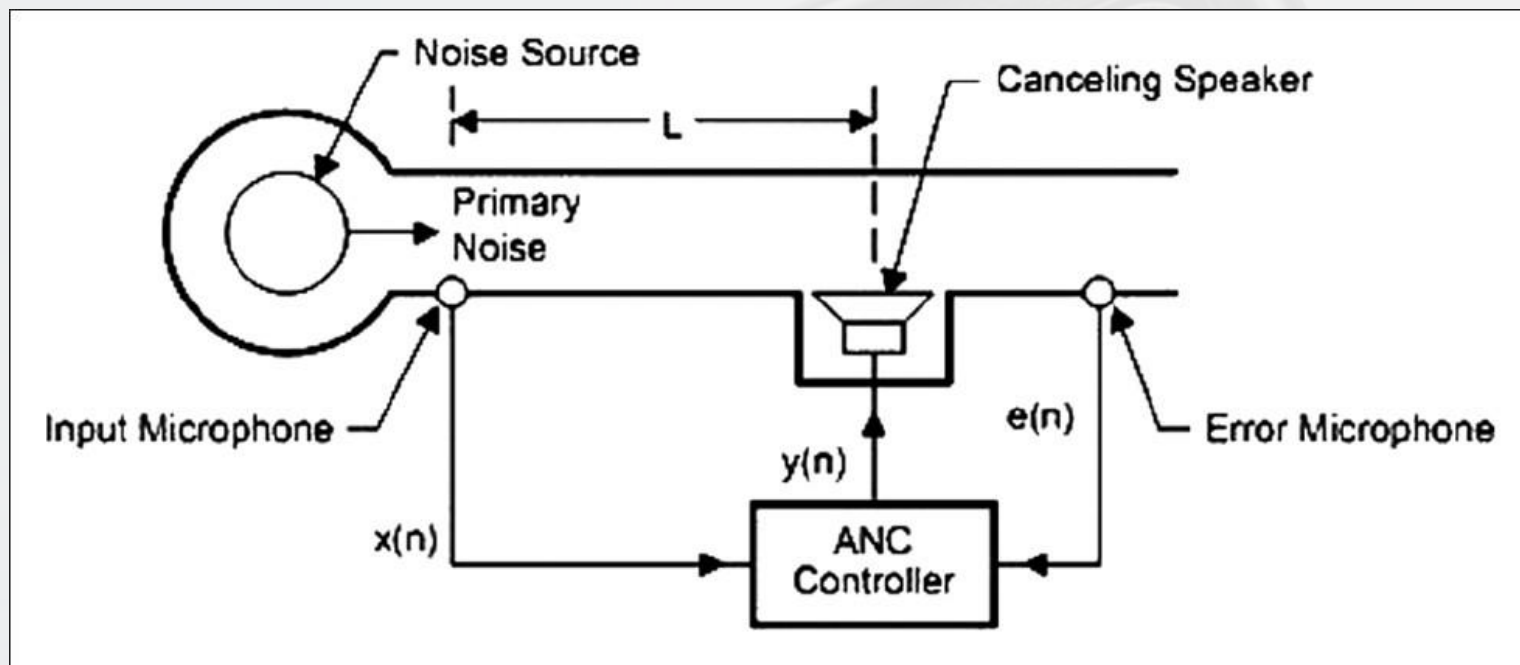


Aktív zajcsökkentés GPU-n

Sokcsatornás, kis késleltetésű hangfeldolgozó rendszer kialakítása PC-vel

GAJDÁCS ANDRÁS

Az aktív zajcsökkentésről röviden



Forrás: <http://www.ijehe.org>

- *Lehetőségek GPU-n*

Követelmények

- **Kis késleltetés:** ~ 1 ms RTT ($L = 34$ cm)
- **Sok csatorna:** ≥ 16 bemenet, de legyen bővíthető
- **Skálázhatóság:** legfeljebb 20 méteres buszra fűzött egységek
- **Átvitel:** 20 Hz - 8 kHz, 16 bit (~ 98 dB dinamikatartomány)
- **Feldolgozás:** PC-n, GPU segítségével

A realizálhatóság vizsgálata

- *Feldolgozás PC-n + kis késleltetés \Rightarrow Ethernet*
 - *A worst case válaszüzetre kell készülni!*
- *Időmérés Spartan 3-E FPGA segítségével*
 - *Ethernet frame: FPGA \rightarrow PC-s alkalmazás \rightarrow FPGA*
 - *Windows 7 + WinPcap library: AV: $\sim 100 \mu\text{s}$, WC: $\sim 10 \text{ ms}$*
 - \Rightarrow *nem jó, mert csak soft real-time*
 - *Ubuntu 14.04 + RT scheduler - GUI: AV: $\sim 50 \mu\text{s}$, WC: $\sim 80 \mu\text{s}$*
 - \Rightarrow *ez már elfogadható*
- *CPU RAM \Leftrightarrow GPU RAM: $\sim 2\text{-}4 \mu\text{s}$ \Rightarrow elhanyagolható*
- *(A feldolgozás szintén $10 \mu\text{s}$ környékére szorítható)*
- *Kimenet: DAC előtt interpoláló szűrő: $\sim 75 \mu\text{s}$*
- **FPGA-tól a DAC kimenetéig összesen: $\sim 170 \mu\text{s}$**

Opciók a sok csatorna megvalósítására:

- **Kondenzátormikrofonok**

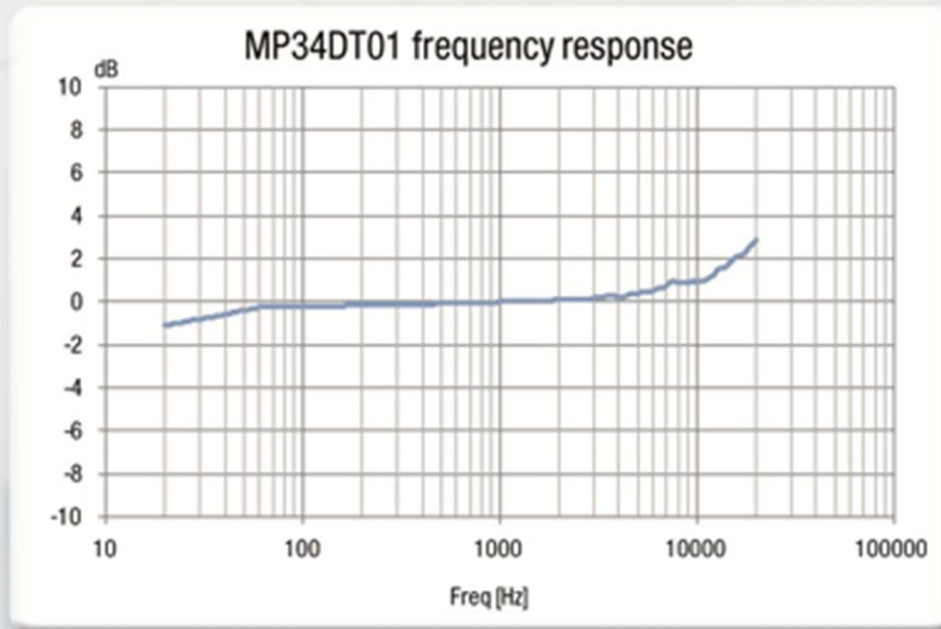
- drága
- garantáltan jó minőség (THD kicsi, SNR > 75 dBA)
- lineáris frekvenciamenet
- nagy dinamikataromány (akár 140 dBSPL-ig)
- Kell hozzá (+ költség):
 - fantomtáp
 - előerősítő
 - ADC

- **MEMS mikrofonok**

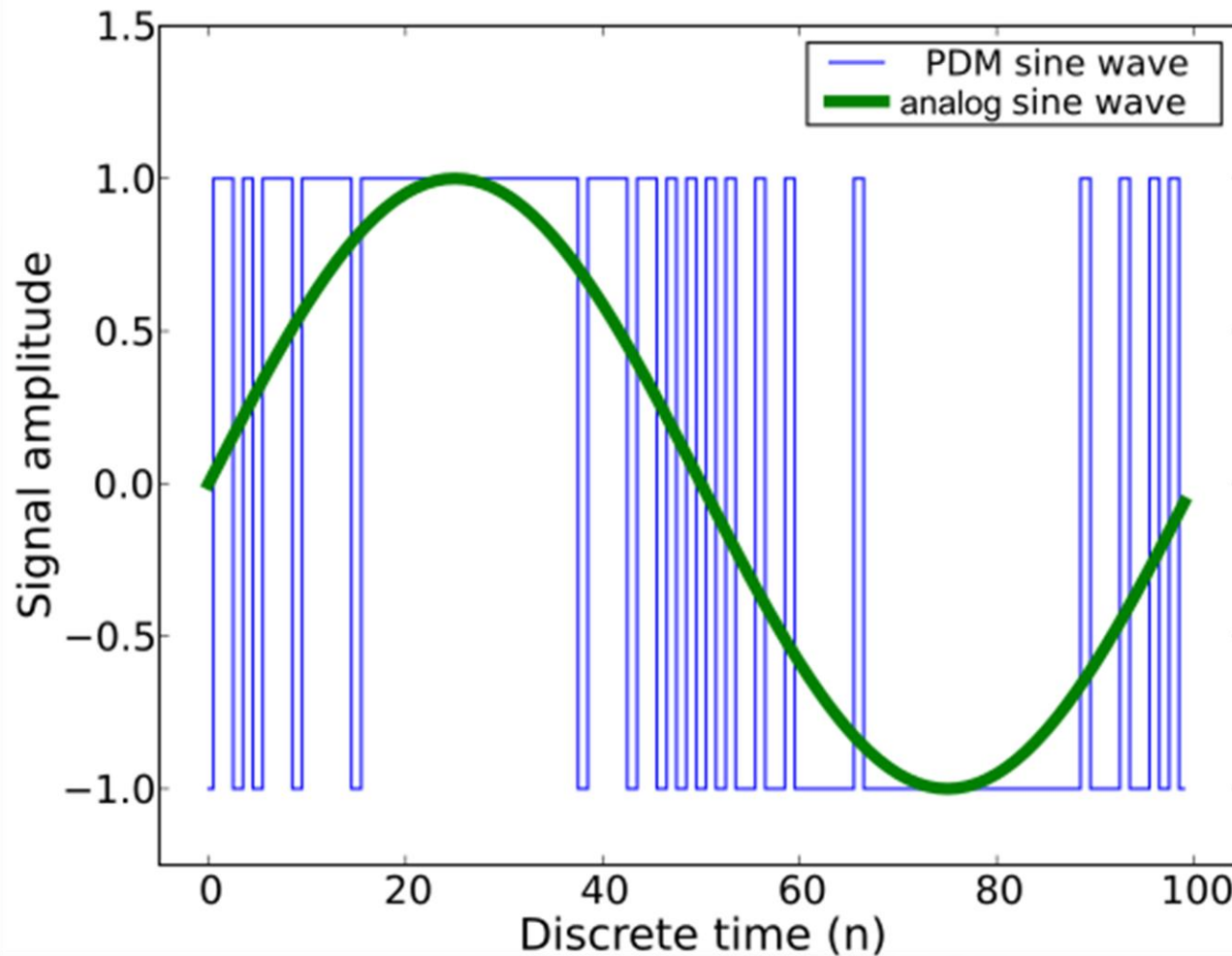
- olcsó
- (lineáris frekvenciamenet)
- THD kicsi, de SNR: ~63 dBA (kis membrán)
- 110 dBSPL felett már nem megbízható
- DE: elérhető soros, digitális kimenettel (PDM)!

A választott MEMS mikrofon átvitele

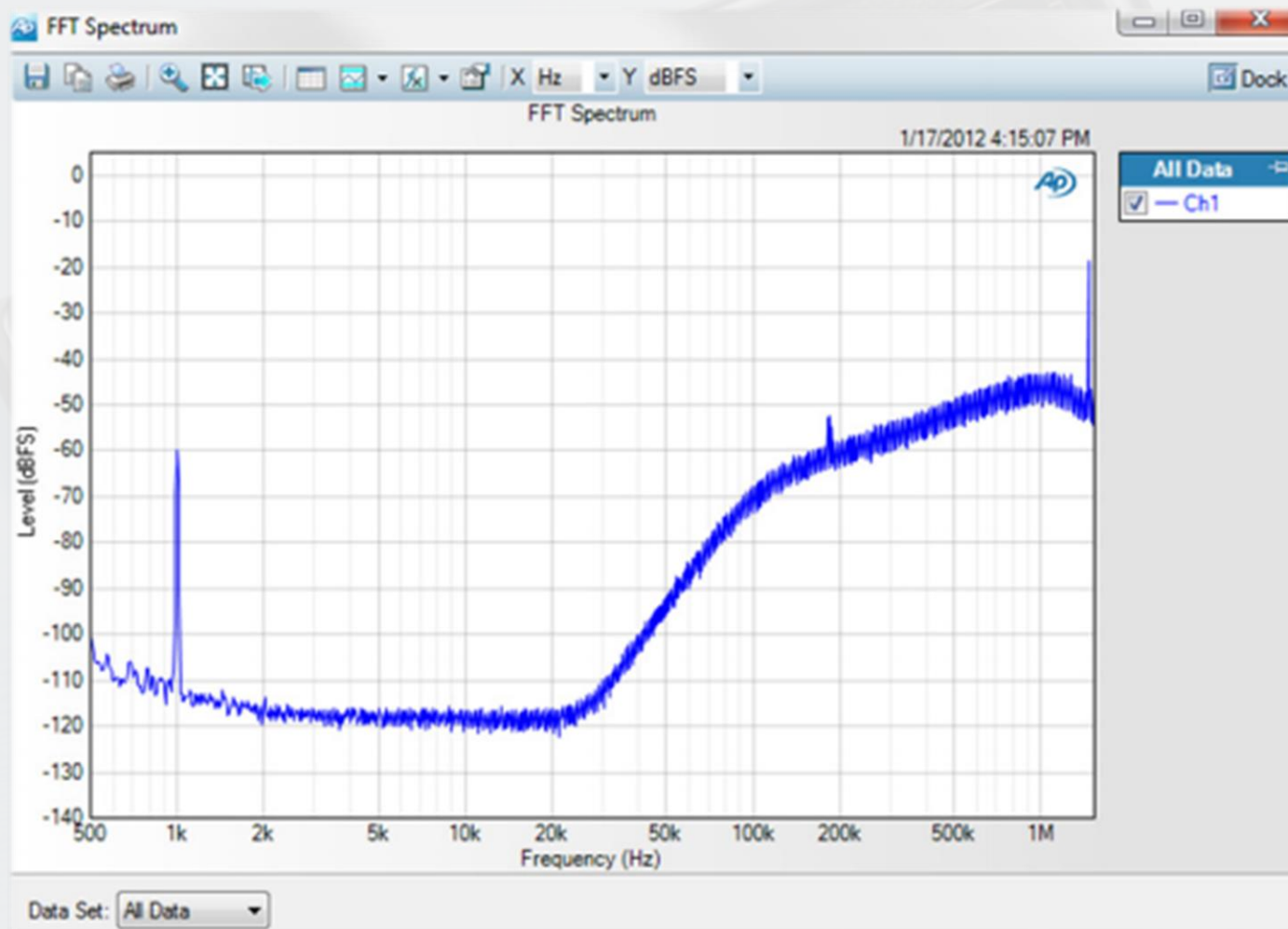
- *ST Microelectronics MP34DT01*



Pulse Density Modulation (PDM)



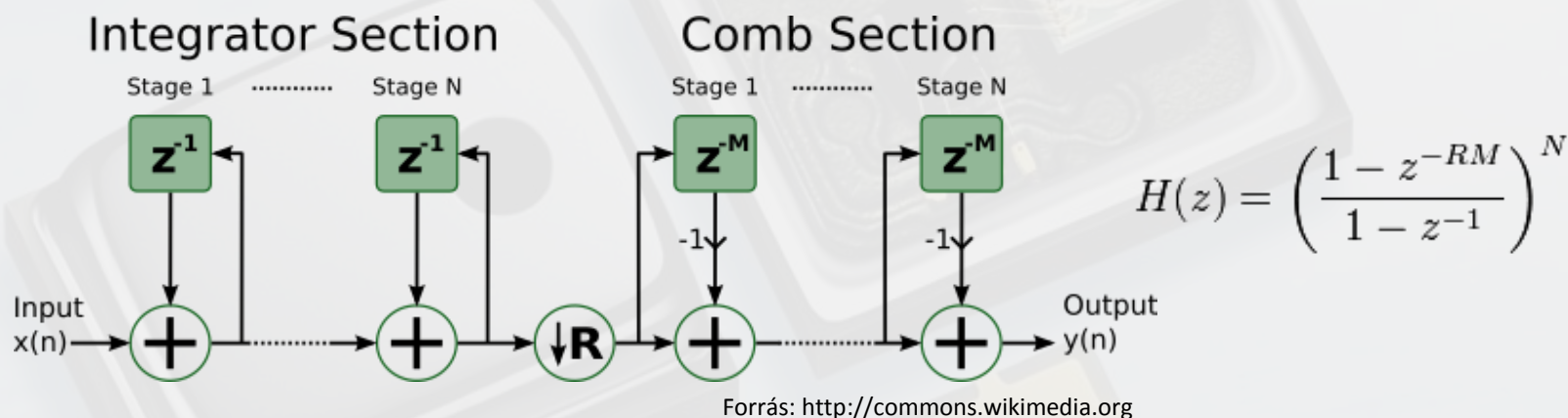
A mikrofon PDM jelének spektruma



Forrás: Thomas Kite, PhD: Understanding PDM Digital Audio

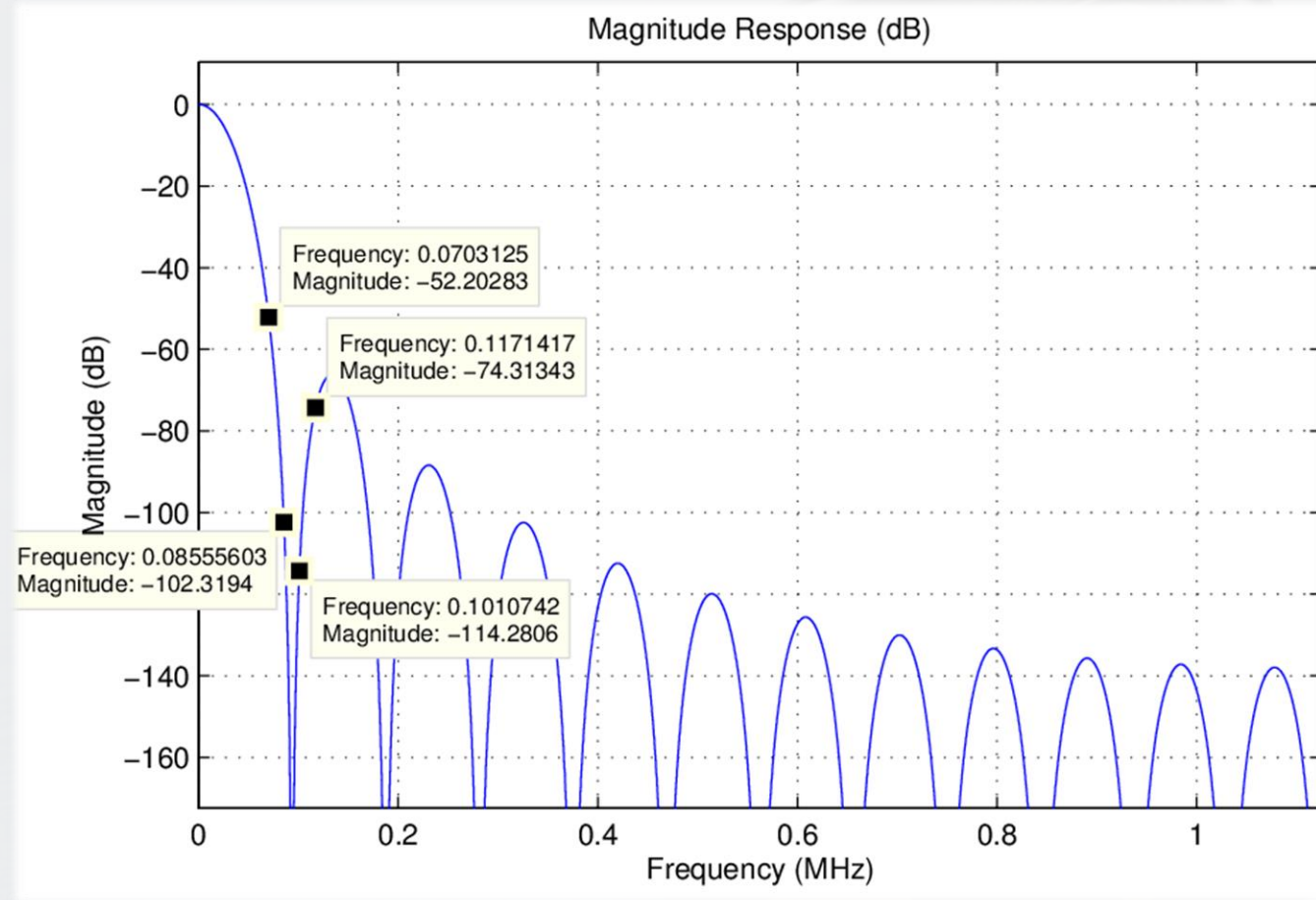
Szűrés, decimálás: CIC szűrő

- *Cascaded Integrator-Comb*



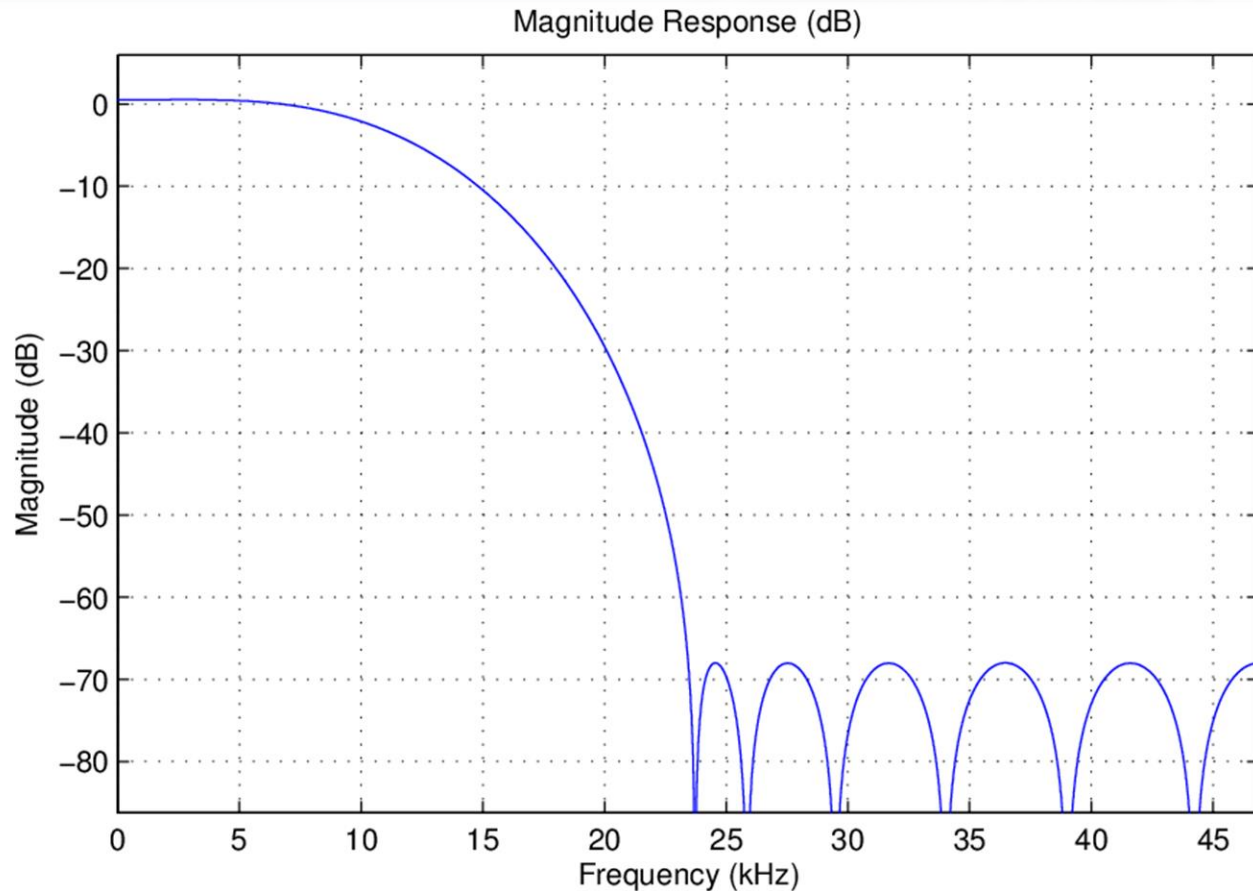
- *aluláteresztő karakterisztika*
- *csak összeadás/kivonás, egész aritmetika*
- *nagy R esetén hatékony (2.25 MHz -> 93.75 kHz, R = 24)*
- *több szakasz (N) \Rightarrow nagyobb elnyomás*
- *bitszámot növel (Gain = $(RM)^N$)*
- *lineárfázisú*

CIC szűrő frekvenciamenete (R = 24, N = 5)



- csoportkéseletetés: 57.5 minta @ 2.25 MHz \Rightarrow 26 μ s
- van átlapolódás \Rightarrow további szűrés kell

Decimáló FIR szűrő ($R = 2$)



- *kimeneti mintavételi frekvencia: 46875 Hz*
- *csoportkésleltetés: 7 minta @ 93.75 kHz \Rightarrow 75 μ s*

Feldolgozás

- minden mikrofon mellett dedikált MCU
- STM32F030 széria (belépő szint)
- 64 kB flash, 8 kB RAM
- max. 48 MHz
- 2 SPI (max. 18 Mbps)
- szükséges kb. 22 MIPS



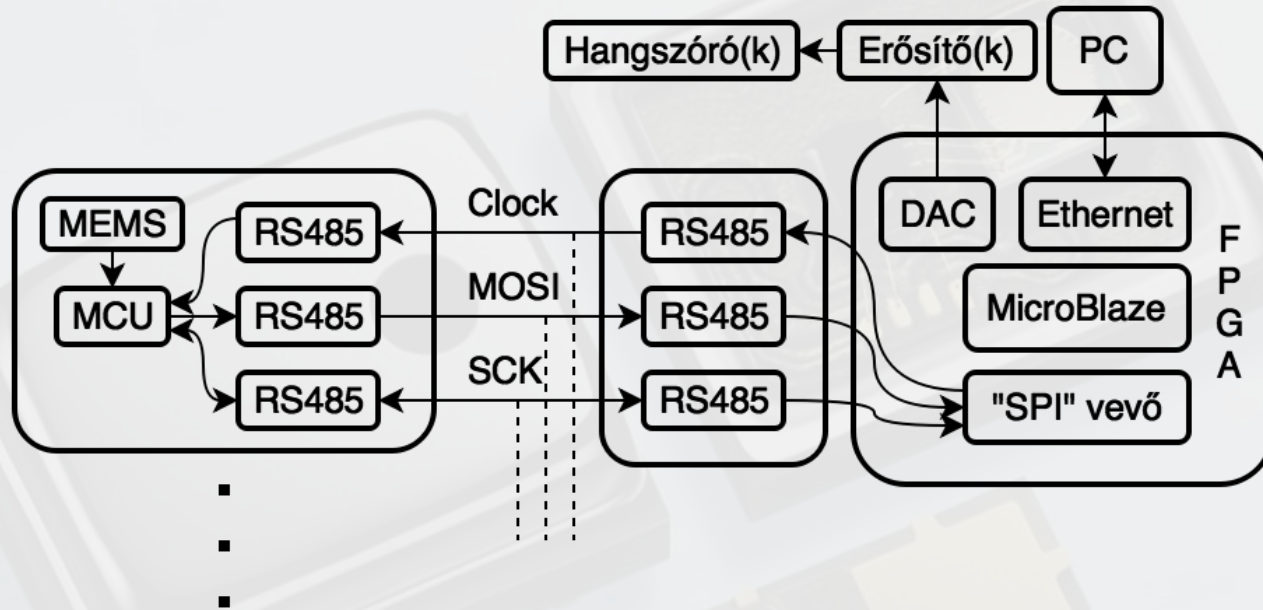
A busz kialakítása

- *átviteli sebesség: $46875 \text{ Hz} * 16 \text{ bit} * 16 \text{ egység} = 12 \text{ Mbps}$*
- *20 m távolság \Rightarrow differenciális átvitel, RS-485, TI SN65HVD75*
 - *max. 20 Mbps*
 - *5% megengedett jitternél min. 30 m-es busz*


Buszvezetékek

- *Cat5e kábel, 4 érpár, ebből 1 pár: GND,VCC*
- *2 érpáron multi-master SPI átvitel (SCK, MOSI)*
- *szinkronizáció is szükséges a mikrofonok között*
- *1 érpáron referencia-órajel az MCU-knak (3 MHz, FPGA-tól)*
 - *MCU-n belül PLL, x12: 36 MHz-es órajel*
 - *kommunikációhoz $36 \text{ MHz} / 2 = 18 \text{ MHz}$*
 - *mikrofonnak $36 \text{ MHz} / 16 = 2.25 \text{ MHz}$*

Rendszerterv + adatátvitel a buszon



- *multi-master hozzáférés, TDM*
- *minden egység számolja, hogy hány SCK periódus volt a buszon*
- *ha eljön a saját időszelete, akkor ad*
- *Round-Robin kiszolgálás*
- *max. 1 minta késleltetés @ 46875 Hz \Rightarrow 22 μ s*



Köszönöm a figyelmet!
(Q&A)