

**P.1.1. A visszaállítás jellegzetes hibái, szivárgás és aliasing**

Egy  $8\text{ kHz}$  mintavételi frekvenciával dolgozó mintavételező rendszer bemenő és kimenő szűrője azonos, átviteli függvénye a táblán látható. A rendszer a  $2\text{ V}$  amplitúdójú,  $1\text{ kHz}$  frekvenciájú szinuszos jelösszetevőt - szivárgó komponensektől eltekintve - amplitúdóhelyesen viszi át. Határozzuk meg a szivárgó jelösszetevők amplitúdóját és frekvenciáját! Milyen jel keletkezik, ha a bemenő jel  $2\text{ V}$  amplitúdójú,  $4.5\text{ kHz}$  frekvenciájú szinuszos jel?

**P.1.2. A mintavételi frekvencia ügyes megválasztása**

Egy valós értékű jel (egy  $50\text{ ohm}$  ellenálláson mért feszültség) spektruma (a pozitív frekvenciák tartományában) általában zérus, kivéve a  $0\text{--}3\text{ kHz}$  és a  $7\text{--}8\text{ kHz}$  sávot, ahol értéke ugyanaz az állandó.

a) Hogyan viselkedik a jel spektruma a negatív frekvenciákon?

b) Milyen frekvenciával kell ebből a jelből mintákat venni, hogy azokból a jel tökéletesen visszaállítható legyen? Határozza meg a szóba jövő frekvenciá(ka)t, és adja meg a visszaállításhoz alkalmazandó szűrő(ke)t!

**P.1.3. Nem alapsávi jel mintavételezése, a túlmintavételezés hatása**

Egy valós értékű jel a  $19\text{ kHz}$  és a  $25\text{ kHz}$  közötti sávon kívül nem tartalmaz komponenseket. Ezt a jelet digitalizáljuk, analizáljuk, majd a jelet mintáiból visszaállítjuk.

a) Mi az a legkisebb mintavételi frekvencia, amelynél még (legalább elvileg) biztosítható a jel tökéletes visszaállítása?

b) Hány  $\text{dB}$ -el javulna a visszaállítás utáni jel-zaj viszony, ha az előző pontban számított minimális mintavételi frekvencia helyett a határfrekvencia kétszeresével, azaz  $50\text{ kHz}$ -el vennénk mintát, a digitalizáláshoz pedig ugyanazt a kvantálót, a visszaállításhoz ugyanazt a szűrőt alkalmaznók?

**P.1.4. A túlmintavételezés ügyes megvalósítása**

A  $15\text{ kHz}$  sávszélességű jelet  $44\text{ kHz}$  frekvenciával mintavételezzük, s a mintákat  $20$  bites kódszavakkal ábrázoljuk. A visszaállító rendszerben a D/A átalakító  $16$  bites, a visszaállító szűrő pedig ideális aluláteresztőnek tekintendő.

a) Mekkora lehet az elérhető jel-zaj viszony javulás, ha a visszaállítást négyszeres sűrűségű (interpolált) mintákkal végezzük?

b) Mire számíthatunk, ha a visszaállító szűrő  $15\text{ kHz}$  törésponti frekvenciájú elsőfokú aluláteresztő?

• Kvantálási zaj

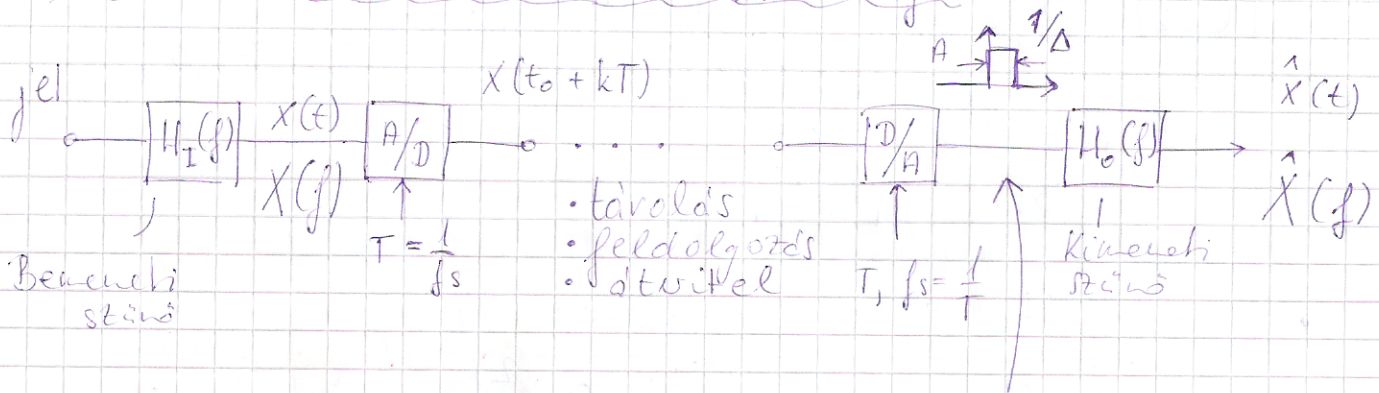
$$P_{\epsilon} = \frac{1}{f_s} \frac{\Delta^2}{12} \int_{-B}^B f^2 df = \frac{2B \Delta^2}{12 \cdot f_s}$$

$$\text{SNR} = \frac{P_x}{P_{\epsilon}} = \frac{A^2 \cdot f_s \cdot 12}{C^2 \cdot 2B \cdot \Delta^2} = \frac{A^2}{C^2} \cdot \frac{f_s}{2B} \cdot 12 \cdot \frac{2^n}{(2^n)^2} = \frac{3}{C^2} \cdot \frac{f_s}{2B} \cdot 2^{2n}$$

Sok esetben:  $\text{SNR} = \frac{3}{2} \frac{f_s}{2B} 2^{2n}$

2. gyakorlat 2017. 02. 16.

Mintavételezési rendszer blokkjelemezése



Ha nincs átlepeltetés  $\rightarrow$  körrelétes visztanálító

Átlepeltetés  $\rightarrow$  Nem körrelétes visztanálító

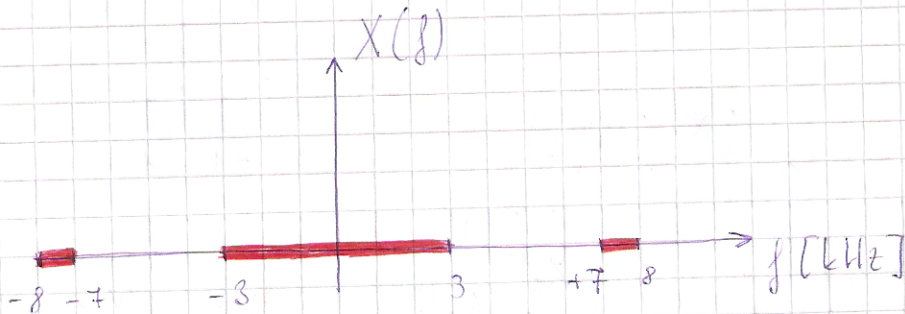
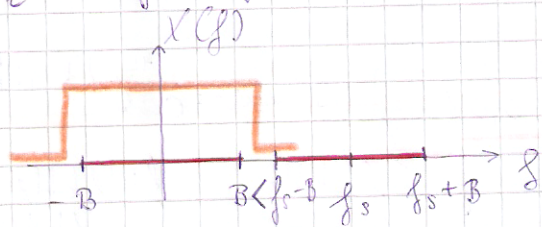
$$\sum_i X(f - i f_s)$$

$i = 0 \Rightarrow X(f)$

Hibák: - szivargás  
- aliasing



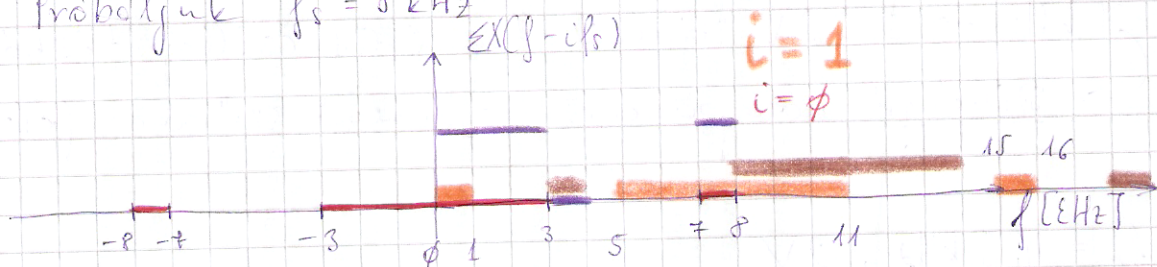
$$\textcircled{2} \sum_i X(f - i f_s)$$



$$B_{\text{eff}} \approx 4 \text{ kHz}$$

$$f_s \geq 2B$$

Probierwert  $f_s = 8 \text{ kHz}$



$$\text{also } f_s - 8 > 3 \Rightarrow f_s \geq 11 \text{ kHz}$$

$$f_s - 7 < 7 \text{ kHz} \Rightarrow f_s \leq 14 \text{ kHz}$$

$$H(f) = \begin{cases} 1, & \text{wenn } X(f) \neq \phi \\ \phi, & \text{wenn } \sum_{i \neq \phi} X(f - i f_s) \neq \phi \end{cases}$$

• Stör

• minimaler  
störspektrum  
erhalten

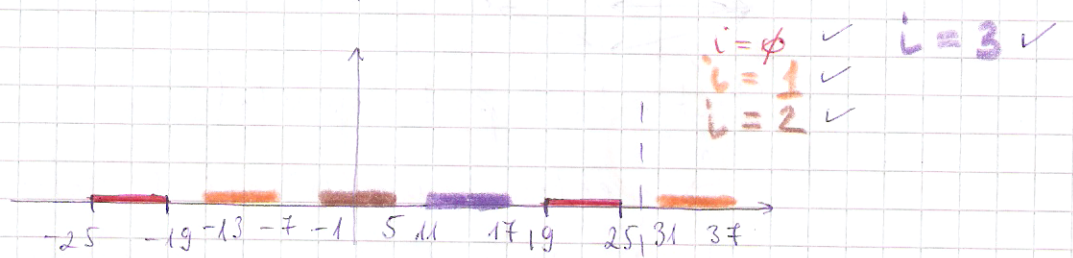
③  $X(f)$ : 19-25 kHz, ezen kívül nem tartoznak komponensek

$$SNR = \frac{3}{c^2} \cdot \frac{f_s}{2B_0} \cdot 2 \quad \text{④} \approx \text{minimum érték}$$

viszálalás  
statisztikus  
sávhasználat

a) 25 kHz, hogy átlapolódás ne legyen

b) 50 kHz minimális frekvencia



Próbáljuk  $f_s = 2 \cdot 6 = 12 \text{ kHz}$

$i=4 \rightarrow 23-29 \text{ kHz} \rightarrow$  átlapolódás!

$$4f_s = 50 \text{ kHz}$$

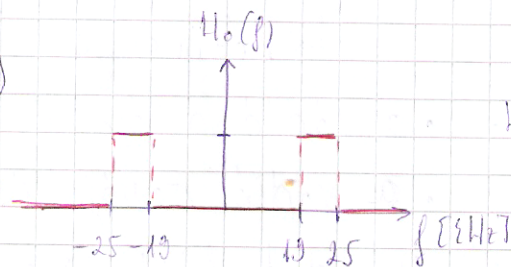
$$f_s = 12,5 \text{ kHz} \quad 37,5 - 19 = 18,5 \text{ kHz} \quad \checkmark$$

$$3f_s - 19 < 19$$

$$f_s < \frac{38}{3} \approx 12,66$$

$$f_s = 12,5 \text{ kHz} \Rightarrow H_0(f)$$

Sávhasználat



$$H_0(f) = \begin{cases} 1, & X(f) \neq \emptyset \\ \emptyset, & X(f-i) \neq \emptyset \end{cases}$$

$$2B_0 = 12 \text{ kHz}$$

$$f_s = 6 \text{ kHz} \quad 12,66$$

NINCS SNR nyereség

$$\frac{f_s}{2B_0} = \frac{50}{12} \approx 4$$