

# Infokomm ZH megoldások v1.02

//Norbi

2009. január 9.

Ezt a doksit óvatosan használd. Egy halandó hallgató írta, akinek még Szuper Tehén Ereje sincs. Ennek megfelelően *semmilyen garanciát sem vállalok*.

## 1. feladat

Az  $x(\cdot)$  mérőjelet 38 darab, azonos  $A$  amplitúdójú,  $f_0, 2f_0 \dots 38f_0$  frekvenciájú szinuszos jel összeadásával állítottuk elő. ( $A = 5V, f_0 = 100 \text{ Hz}$ )

- Vajon mit lehet ezzel a jellel ügyesen megmérni?
- Hogyan tudjuk a jel csúcserőértékét befolyásolni?
- Miért célszerű a jel csúcserőértékének minimalizálására törekednünk?
- Mekkora lehet legfeljebb a jel csúcserőértéke?

## Megoldás

- Ezt hívjuk multiszinusz jelnek, labor1ből tanultuk. Lényegében 100 Hz, 200 Hz ... 3800 Hz szinuszos (koszinuszok) összege. Ennek a spektruma 38 darab túske a megfelelő frekvenciákon. Jól megmérhető vele egy szűrő amplitúdókarakterisztikája ebben a tartományban. Ez ráadásul pont a beszéd frekvenciatartománya, tehát beszédátviteli rendszer méretezésére is kiváló.
- A jel csúcserőértéke az összetevők fázisától függ.
- A kis csúcserőérték általában barátunk. A rendszerünknek a nagy jeleket is torzítás nélkül át kell vinnie, vagy legalábbis el kell viselnie, meg ilyesmi. Ezért ezekre a csúcokra kell tervezni. Viszont rossz, ha csak néha-néha van csúcs, a többi időben pedig ott áll a nagy-nagy rendszerünk, és alig ad ki magából jelet.
- Az jel effektív értéke a fázisoktól független, jelen esetben  $A\sqrt{\frac{3}{8}2}$  (lásd 0. gyakorlat). A jel maximális értéke pedig pont a fázisoktól függ, szerencsétlen esetben az összes komponens egyszerre  $A$ , ilyenkor a függvény értéke  $38A$ . Ilyenkor

$$c = \frac{\text{maximum}}{\text{effektív érték}} = \frac{38A}{A\sqrt{\frac{38}{2}}} = 8,7178.$$

## 2. feladat

Egy 8 kHz mintavételi frekvenciával működő digitális rendszer a bemenetére adott 1,5 kHz frekvenciájú szinuszos jelet amplitúdóhelyesen továbbítja. Ha azonban szinuszos jel helyett 1,5 kHz alaphfrekvenciájú szimmetrikus háromszögjelet adunk a rendszer bemenetére, akkor a kimenőjel több, kis amplitúdójú összetevőt is tartalmaz. (Azt tudjuk, hogy a háromszögjelet az alapharmónikus páratlan sokszorosai alkotják, s azt is, hogy a visszaállító szűrő nagyon jó minőségű, mondhatni ideális 4 kHz sávhatárú alulátáresztő.)

- a) Milyen frekvenciájú jelösszetevők jelennek meg a kimeneten ekkor (azaz szimmetrikus háromszögjel bemenet esetén) a kimenőjelben?
- b) Hogyan elhetne erre a jelenségre alapozva megmérni mekkora a rendszer bemenő szűrőjének csillapítása 4,5 illetve 7,5 kHz frekvencián?

### Megoldás

1. A gerjesztő jel 1,5 kHz, 4,5 kHz, 7,5 kHz ... komponenseket tartalmaz. Ezeket a bemenő szűrő valamennyire csillapítja, de azért beengedi. Mintavételezés, és visszaállítás után megjelennek a bemenő jelen kívül egyéb komponensek, melyek frekvenciája  $\pm f \pm n \cdot f_s$ . A bemenő jel frekvenciája  $f$ , a mintavételi frekvencia  $f_s = 8$  kHz. Ezzel a képlettel ügyeskedve a következő komponensek jelennek meg:

$$-4,5 + 8 = 3,5 \quad (1)$$

$$-7,5 + 8 = 0,5 \quad (2)$$

$$10,5 - 8 = 2,5$$

2. A bemenetre érkező 4,5 kHz jelből 3,5 kHz lesz (lásd: 1. képlet), ennek megfelelően megmérjük a bemenő 4,5 kHz komponens, és a kijövő 3,5 kHz komponens, a kettő hányadosa adja a csillapítást. Hasonlóan járunk el 7,5 kHz esetén is de itt az 500 Hz komponens figyeljük a kimeneten (lásd: 2. képlet). Tehát a bemenetre olyan frekvenciájú szinuszt kötünk, ahol kíváncsiak vagyunk a csillapításra, és a kimeneten megmérjük a neki megfelelő komponens amplitúdóját.

### 3. feladat

Egy 50 km hosszú fényvezető kábel bemenetére periodikusan 20 ns időtartamú fényimpulzusokat adunk egy olyan LEDdel, amely 10 nm széles hullámhossztartományban sugároz. A kábel kimenetén megjelenő impulzusok terjedelme kb. 26 ns.

- Mekkora lehet a kábel kromatikus diszperziós állandója (feltéve, hogy a kiszélesedés a kromatikus diszperzió következménye)?
- Lehet-e a kromatikus diszperzió hatását diszperziókompenzáló szál alkalmazásával csökkenteni?
- Mekkora lehet a kábel módusdiszperziós állandója (feltéve, hogy a kiszélesedés módusdiszperzió következménye)?
- Lehet-e a módusdiszperzió hatását diszperziókompenzáló szál alkalmazásával csökkenteni?
- A LED dióta keltette fény közepes hullámhossza 1,5 mikron. Határozza meg hány Hz (kHz, MHz, stb.) széles frekvenciatartományban van a kibocsátott fényhullámnak spektrális komponense! Elegáns megoldás +2 pont.

### Megoldás

- a) Az impulzusok kiszélesedése  $w_c = 26 \text{ ns} - 20 \text{ ns} = 6 \text{ ns}$ . Ez alapján

$$w_c = D_c \cdot \Delta\lambda \cdot l$$
$$D_c = \frac{w_c}{\Delta\lambda \cdot l} = \frac{6 \text{ ns}}{10 \text{ nm} \cdot 50 \text{ km}} = 12 \frac{\text{ps}}{\text{nm} \cdot \text{km}}.$$

- b) Van. A kromatikus diszperzióhoz van kompenzáló szál.  
c) Hasonló az a) feladatrészhöz, csak más a képlet.

$$w_m = D_m \cdot \sqrt{l}$$
$$D_m = \frac{w_m}{\sqrt{l}} = \frac{6 \text{ ns}}{\sqrt{50 \text{ km}}} = 0,848 \frac{\text{ns}}{\sqrt{\text{km}}} \quad (3)$$

- d) Ilyen nincs.  
e) Van valakinek elképzelése milyen az elegáns megoldás? Favágó módszerrel  $f = \frac{c}{\lambda}$  képletbe helyettesítgetve

$$\Delta f = \frac{c}{\lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2}} - \frac{c}{\lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2}} = 1,33 \text{ THz}$$

## 4. feladat

A GPS műholdak a földfelszín felett kb. 20 000 km magasságban keringenek, és kb. 25 watt teljesítményű adójukkal 1500 MHz frekvenciájú jelet sugároznak. Az adóantenna nyeresége 13 dB, a vevőantennáé 3 dB. (Tudjuk, hogy a pontos helymeghatározáshoz a földi vevő egyidejűleg több műhold jelét is értékeli.)

- Mekkora járulékos csillapítást képes a rendszer elviselni, ha a vevők érzékenysége  $-160$  dBW (azaz 1 W-nál 160 dB-vel kisebb teljesítményű jel már értékelhető)?
- Mekkora lehet a műhold parabolaantennájának az átmérője?
- Miért nem használnak a műholdakon nagyobb nyereségű antennát?
- Miért nem használnak a földi vevők nagyobb nyereségű antennát?

### Megoldás

- a) Az adó teljesítmény  $10 \cdot \lg 25 = 13,979$  dBW. A szakaszcsillapítás

$$a_{sz} = 20 \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda^2} \right) - G_T^d B - G_R^d B = 20 \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 10^6}{\frac{c}{1500 \cdot 10^6}} \right) - 13 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$
$$a_{sz} \cong 166 \text{ dB}$$

A leadott kb. 14 dBW teljesítményből  $14 - 166 = -152$  dBW marad, tehát a rendszer ezen kívül még 8 dB csillapítást képes elviselni.

- b)

$$A_h = \frac{G \cdot \lambda^2}{4\pi} = \frac{10^{1,3} \cdot \left(\frac{c}{f}\right)^2}{4\pi} = 6.3511 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$
$$A_h = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi$$
$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_h}{\pi}} = 284 \text{ mm}$$

- Egy műhold így is képes lefedni a szükséges területet, nincs jelgyengeség probléma (hiszen működik a GPS), de egyébként is, ha nagyobb nyereségű antennát használnának kisebb területet tudna egy antenna lefedni, és több műhold kéne, az meg tők drága.
- A vevő esetében annyit tudunk, hogy az adó valahol felettünk van. Nem lenne túl szerencsés nagyobb nyereséggel azt elérni, hogy forgatnia kelljen a kütyüt a usernek a kezében, hogy éppen jó legyen.

## 5. feladat

Egy modulátor az

$$s_m(t) = 3^{[V]} \cdot \cos(3\pi \cdot t^{[ms]} + 2)$$

bemenő jel hatására a

$$s_{??}(t) = 4^{[V]} \cdot \cos(500\pi \cdot t^{[ms]} + 21 + 5 \sin(3\pi \cdot t^{[ms]} + 2))$$

modulált jelet állítja elő.

- Milyen fajtájú modulációs módszerről van szó?
- Mekkora a moduláló jel és a modulált jel amplitúdója?
- Mekkora a modulált jel fázis- és frekvencialökete?
- Határozza meg a modulált jel vivőfrekvenciáját és sáv szélességét!

### Megoldás

- Ez egy frekvencia moduláció, hiszen a modulációs tartalom deriváltja arányos a moduláló jellel.
- A moduláló jel amplitúdója 3 V a modulált jel amplitúdója 4 V.
- A fázislöklet  $\phi_D = \max |m(t)| = 5$  rad a frekvencialöklet

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \max |m'(t)| = \frac{1}{2\pi} \cdot 5 \cdot 3\pi = 7,5 \text{ kHz}$$

- A vivőfrekvencia 250 kHz, a sáv szélesség

$$B_v \cong 2B \cdot (1 + \phi_D) = 2 \cdot 1500 \cdot (1 + 5) = 18 \text{ kHz},$$

másik módszerrel

$$B_v \cong 2 \cdot (B + f_D) = 2 \cdot (1500 + 7500) = 18 \text{ kHz}.$$