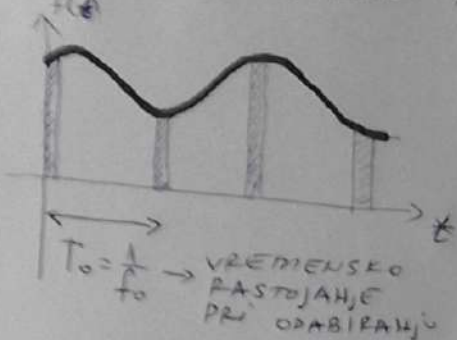


# OSNOVI TELEKOMUNIKACIJA - RAČUNSKE VEŽBE

## MULTIPLEKSNI PRENOS SIGNALA

ZASNIVA SE NA TEOREMI O ODNERAVANJU (UZORKOVANJU, ODABIRANJU) PREMA KOJOM JE MOGUĆE DA SE NEKA KONTINUALNA FUNKCIJA VREMENA JEDNOZNAČNO PREDSTAVI NIZOM DISKRETNIH VREDNOSTI U ODREĐENIM VREMENSKIM TRENUCIJAMA. DAKLE, NE PRENOSIMO CELU KONTINUALNU FUNKCIJU VEĆ SAMO NEKE NJENE UZORKE, PA ONDA NA PRIJEMNOM DELU NA OSNOVU TIH UZORAKA REKONSTRUISAMO POČETNU FUNKCIJU.



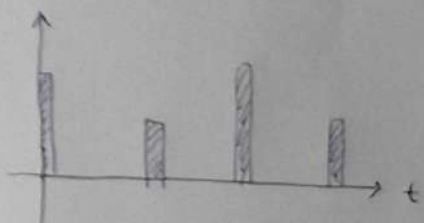
FREKVENCIJA UZORKOVANJA KONTINUALNOG SIGNALA MORA DA BUDE VEĆA BAREM DVA PUTA OD GORNJE GRANIČNE FREKVENCije

$$f_0 \geq 2 \cdot f_g$$

FREKVENCIJA UZORKOVANJA

GORNJA GRANIČNA FREKVENCIJA PREDSTAVLJA NAJVIŠU FREKVENCIJU SIGNALA KOJEG PRENOSIMO

UKOLIKO POSMATRAMO GORNJU SLIKU, POSLE IZVRŠENOG MERENJA ĆEMO PRENOSITI SAMO UZORKE KONTINUALNOG SIGNALA, A ŠUPLJINE U VREMENU MOĀEMO DA ISKORISTIMO ZA PRENOS NEKIH DRUGIH SIGNALA. OVAKAV PRENOS SIGNALA SE NAZIVA VREMENSKO MULTIPLEKSIANJE.



AKO NPR. IMAMO DVA SIGNALA KOJA TREBA DA PRENESEMO PRIMENOM IMPULSNE AMPLITUDSKE MODULACIJE NAJPRE TREBA NA OSNOVU GORNJIH GRANIČNIH FREKVENCija ( $f_{g1}$  i  $f_{g2}$ ) ODREDITI FREKVENCije ODNERAVANJA OBA SIGNALA

$$f_{01} \geq 2 \cdot f_{g1} \quad ; \quad f_{02} \geq 2 \cdot f_{g2}$$

SIGNAL SA NIŽOM ~~ili~~ GORNJOM GRANIČNOM FREKVENCIJOM ĆE ODREDITI VREME TRAJANJA JEDNOG CIKLUSA UZORKOVANJA SIGNALA. FREKVENCije ODNERAVANJA SIGNALA MORAJU MEĐUSOBNO DA SE ODNOSI KAO CELI BROJEVI.

PRIMER

$$f_{g1} = 5 \text{ kHz} \Rightarrow f_{01} \geq 2 \cdot 5 \text{ kHz} = 10 \text{ kHz}$$

$$f_{g2} = 6 \text{ kHz} \Rightarrow f_{02} \geq 2 \cdot 6 \text{ kHz} = 12 \text{ kHz}$$

POŠTO SE FREKVENCIJA ODNERAVANJA PRVOG SIGNALA  $f_{01}$  MANJA OD  $f_{02}$  ULIMAMO DA JE  $f_{01} = 10 \text{ kHz}$ , A  $f_{02}$  TREBA DA PREDSTAVIMO KAO CLOBROJAN UMNOŽAK  $f_{01}$  TAKO DA BUDE ISPUHJEN USLOV  $f_{02} \geq 12 \text{ kHz}$ .

ZNAČI,  $f_{02} = n \cdot f_{01} = n \cdot 10 \text{ kHz} = 2 \cdot 10 \text{ kHz} = 20 \text{ kHz}$

↓  
Neki  
CLO  
BROJ

PRIMER 1. NPR. IMAMO 2 TELEFONSKA SIGNALA I 2 MUZIČKA SIGNALA. FREKVENCIJA MUZIČKOG SIGNALA JE U OPSEGU OD 50 - 5000 Hz. FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA TELEFONSKOG SIGNALA IZnosi ~~f~~  $f_{OT} = 8 \text{ kHz}$ . TREBA NAPRAVITI SISTEM ZA PRENOS OVIH SIGNALA PRIMENOM IMPULSNE AMPLITUOSKE MODULACIJE.

REŠENJE:

FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA TELEFONSKOG SIGNALA NAM JE DATA I HJU NE RAČUNAMO  $f_{OT} = 8 \text{ kHz}$

FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA MUZIČKOG SIGNALA SE UZIMA TAKO DA MOĀA BITI BAR DVA PUTA VEĆA OD GORNJE GRANIČNE FREKVENCIJE MUZIČKOG SIGNALA:

$$f_{OM} \geq 2 \cdot f_{GM} \quad (\text{iz postavke vidimo da je } f_{GM} = 5000 \text{ Hz})$$

$$f_{OM} \geq 2 \cdot 5 \text{ kHz}$$

$$f_{OM} \geq 10 \text{ kHz}$$

ZA SADA ZNAMO DA FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA MUZIČKOG SIGNALA MORA DA BUDE VEĆA ILI JEDNAKA 10 kHz.

U SLEDEĆEM KORAKU ODREĐUJEMO KOLIKO TAČNO IZnosi  $f_{OM}$ .

$f_{OM}$  I  $f_{OT}$  TREBA DA SE ODNOSI KAO CEO BROJ (POŠTO JE  $f_{OT}$  MAĀJE OD  $f_{OM}$  OUDA TREBA DA  $f_{OM}$  IZRAIMO KAO NEKI CEO BROJ PUTA  $f_{OT}$ )

$$f_{OM} = n \cdot f_{OT} = n \cdot 8 \text{ kHz} = 2 \cdot 8 \text{ kHz} = 16 \text{ kHz}$$

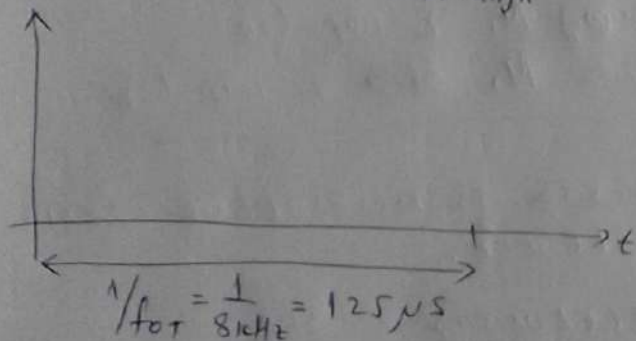
UKOLIKO STAVIMO 1  
ONDA NEĆE DA BUDE  
ISPUNJEN USLOV  $f_{OM} \geq 10 \text{ kHz}$

VREME JEDNOG CIKUSA MULTIPLERSIRANJA IZnosi:

$\uparrow$  NIZA  
FREKVENCIJA  
ODMEĀAVANJA

tj

$$\frac{1}{f_{OT}}$$



ZATIM ODREĐUJEMO BROJ IMPULSA U TOKU JEDNOG CIKUSA, IMAMO 2 TELEFONSKA I 2 MUZIČKA SIGNALA.

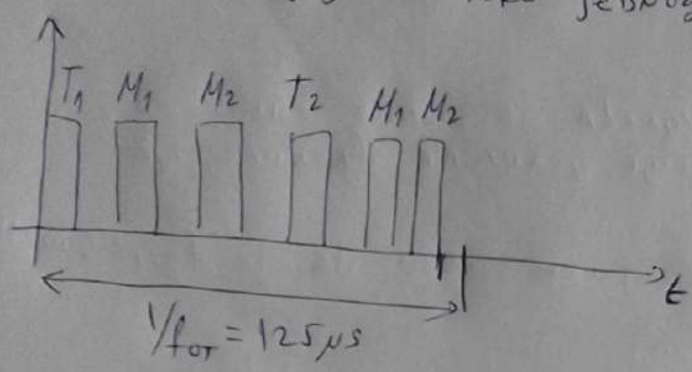
FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA MUZIČKOG SIGNALA JE 2 PUTA VEĆA OD FREKVENCIJE ODMEĀAVANJA TELEFONSKOG.

ZA JEDAN CIKLUS DUŽINE  $1/f_{OT}$  IMAMO PO JEDAN UZORAK OD SVAKOG TELEFONSKOG SIGNALA I PO DVA UZORKA SVAKOG MUZIČKOG SIGNALA.

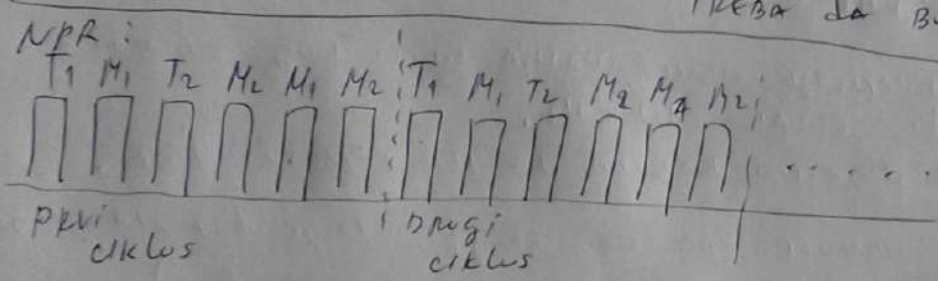
UKUPAN BROJ IMPULSA =  $2T + 2 * 2M = 2 + 4 = 6$  IMPULSA

2 TELEFONSKA SIGNALA  
 ↓  
 2 MUZIČKA SIGNALA  
 MUZIČKI SIGNAL SE DVA PUTA BRIJE UZORKUJE

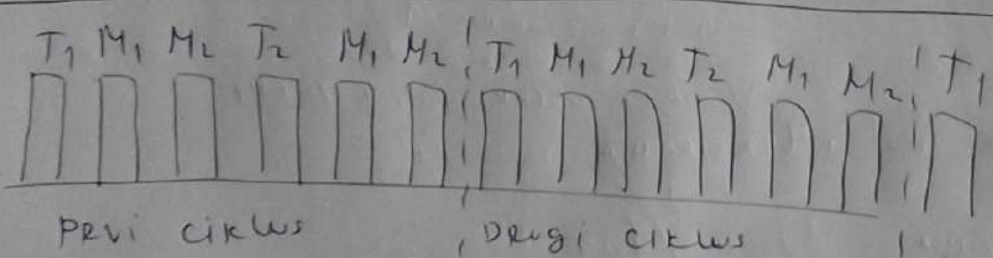
SADA JE POTREBNO DA TA 6 IMPULSA RASPOREDIMO PRI ČEMU JE ~~BITNO~~ BITNO DA RASTOJANJE ~~MA~~ IZMEĐU IMPULSA KOJI SE VIŠE PUTA POKAVLJAJU U TOKU JEDNOG CIKLUSA BUDE FIKSNO.



POŠTO SE TELEFONSKI SIGNALI UZORKUJU SAMO PO JEDNOM ( $T_1$  I  $T_2$ ) NJIHOV RASPORED NIJE BITAN. MUZIČKI SIGNALI SE UZORKUJU PO DVA PUTA U TOKU JEDNOG CIKLUSA ( $M_1$  I  $M_2$ ) PA RASTOJANJE (BROJ IMPULSA IZMEĐU) OD  $M_1$  DO  $M_1$  I OD  $M_2$  DO  $M_2$  TREBA DA BUDE FIKSNO.



NIJE DOBRO - RASTOJANJE IZMEĐU DVA SUSEDNA  $M_2$  NIJE FIKSNO



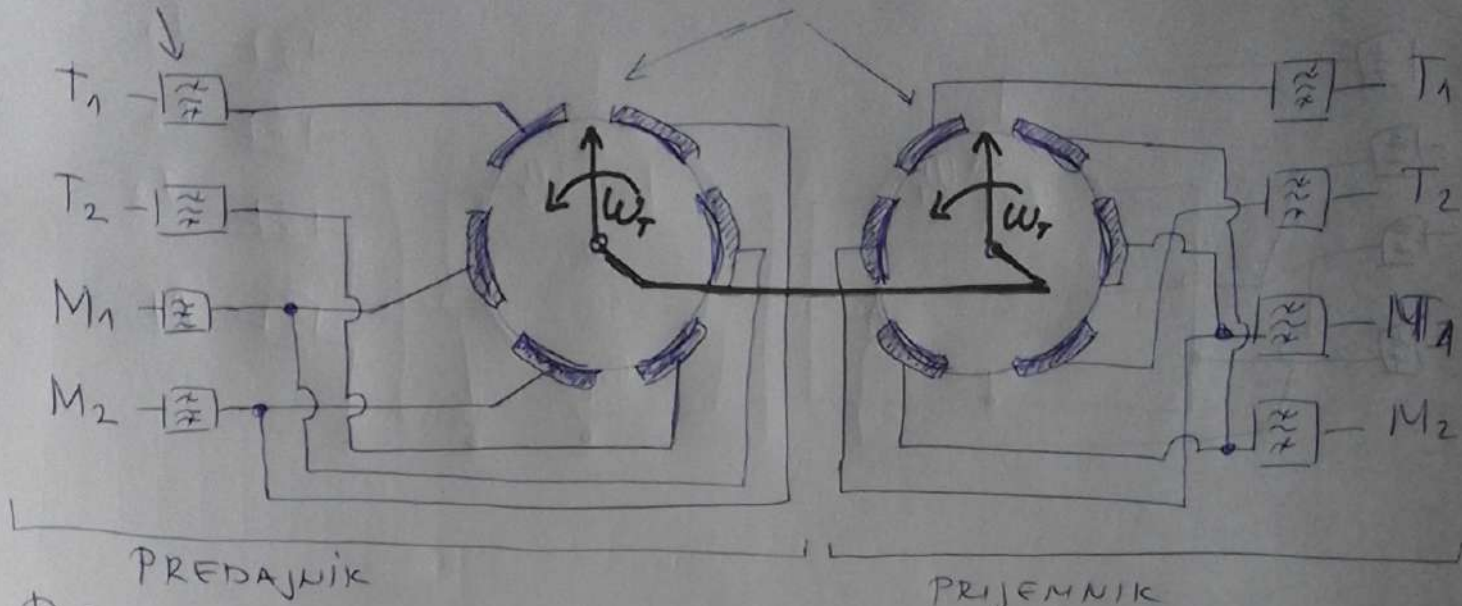
OK → RASTOJANJE OD  $M_1$  DO SUSEDNOG  $M_1$  2 IMPULSA  
 RASTOJANJE OD  $M_2$  DO SUSEDNOG  $M_2$  2 IMPULSA

AKO SE U ZADATKU TRAZI DA SE NACRTA PRINCIPIJELNA ŠEMA PREDAJNIKA I PRIJEMNIKA ONDA RADIMO SLEDEĆE.

NA ULAZU U SISTEM IMAMO DVA TELEFONSKA I DVA MUZIČKA SIGNALA. TE ISTE SIGNALS TREBA DA REKONSTRUIŠEMO NA PRIJEMNOJ STRANI.

FILTAR  
PRUPOUSPIK OPSEGA

KLIZAČI SE OKREĆU SINHRONO  
UGAONOM BRZINOM  $\omega_T = 2\pi f_{OT}$



POŠTO SE OBA KLIZAČA OKREĆU ~~ISTO~~ U SMERU SUPROTNOM, KARAKTER NA SATU, RASPORED SIGNALA SHODNO TOME VEZUJEMO NA KONTAKTE. BATO ŠTO IMAMO 6 IMPULSA U TOKU JEDNOG CIKLSA, PRIJEMKI I PREDAJNI DOU IMAJU PO 6 KOLEKTORA, A REDOSLED VEZIVANJA SIGNALA JE ISTI  $T_1, M_1, M_2, T_2, M_1, M_2$ .

- ZADATAK 1** POTREBNO JE OD 3 TELEFONSKA I JEDNOG MUZIČKOG SIGNALA OBRAZOVATI MULTIPLEKS SA VREMENSKOM RASPODELOM PRIMENOM IMPULSNE AMPLITUDSKE MODULACIJE. POZNATO JE DA TELEFONSKI SIGNAL ZAULIMA OPSEG FREKVENCIJE OD  $300 \div 3400 \text{ Hz}$ , A MUZIČKI OD  $50 \div 10000 \text{ Hz}$ . FREKVENCIJA ODMEĀAVANJA TELEFONSKOG SIGNALA IZNOSI  $f_{OT} = 8 \text{ kHz}$ .
- IZRAČUNATI NAJMAHJE RASTOJANJE IZMEĀU IMPULSA U MULTIPLEKSNOM SIGNALU I OZNAČITI NJIHOV REDOSLED
  - NACRTATI PRINCIPSKU ŠEMU PREDAJNIKA I PRIJEMNIKA

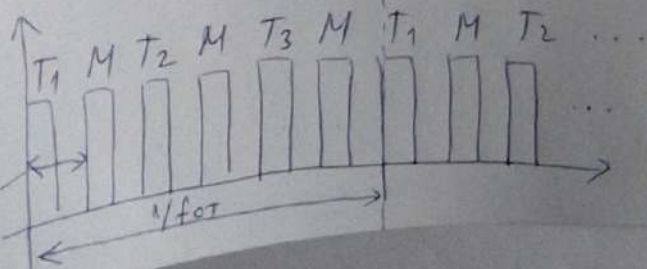
REŠENJE:

$$f_{OT} = 8 \text{ kHz} \quad \text{DATO U POSTAVCI ZADATKA}$$

$$f_{OM} \geq 2 * f_{GM} = 2 * 10 \text{ kHz} = 20 \text{ kHz}$$

$$f_{OM} = n * f_{OT} = n * 8 \text{ kHz} = 3 * 8 = 24 \text{ kHz}$$

$$\text{Broj-impulsa} = 3T + 3 * 1M = 6 \text{ impulsa}$$



$$T_{MIN} = \frac{1/f_{OT}}{6} = \frac{125 \mu s}{6} = 20.833 \mu s$$



## DOMAĆI ZADATAK

Potrebno je od 4 telefonska i šest muzičkih signala obrazovati multipleks sa vremenskom raspodelom primenom impulsne amplitudske modulacije. Poznato je da telefonski signal zauzima opseg frekvencija od 300 – 3400 Hz, a muzički od 50 – 6000 Hz. Frekvencija odmeravanja telefonskog signala iznosi  $f_{oT}=8\text{kHz}$ .

- a. Izračunati najmanje rastojanje između impulsa u multipleksnom signalu i označiti njihov redosled.
- b. Nacrtati principsku šemu predajnika i prijemnika.