



# **UNIVERZITET U NOVOM SADU FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**



**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
Elektronika, energetika i telekomunikacije**

## **DOKUMENTACIJA ISPITNOG RADA**

**Naziv zadatka: Projektovanje i realizacija sistema za tonsko  
biranje**

**Student:** Ljiljana Popović

**Broj indeksa:** EE72/2014

**Predmet:** Projektovanje namenskih računarskih struktura u obradi signala

**Mentor:** Ninoslav Jovanov

**Novi Sad, maj 2018.**

## **SADRŽAJ**

1. Uvod.....	3
2. Teorijske osnove .....	4
2.1 Predajnik.....	5
2.2 Prijemnik .....	5
3. Koncept rešenja i rezultati .....	6
4. Literatura.....	8

---

## 1. Uvod

Digitalni sistemi uglavnom ne postoje kao izolovane celine, te postoji potreba razmene podataka među njima. Jedno od rešenja je da se za prenos podataka koriste prostoperiodični signali (sinus/kosinus). Time se umanjuje problem udaljenosti digitalnih sistema koji učestvuju u razmeni podataka (bitna je frekvencija prostoperiodičnog signala a ne amplituda). Takođe se povećava brzina prenosa (na nju utiče frekvencija prostoperiodičnog signala). Dodatno povećanje brzine prenosa možemo dobiti kombinovanjem prostoperiodičnih signala različitih frekvencija (npr. izborom jednog od četiri tona različitih frekvencija možemo prenositi dva bita (4 moguća stanja) istovremeno). Dodatna prednost prenošenja podataka izborom određene kombinacije tonova je povećanje otpornosti na greške – na prijemnoj strani odbacuju se sve kombinacije tonova koje ne pripadaju unapred zadatom skupu. [1]

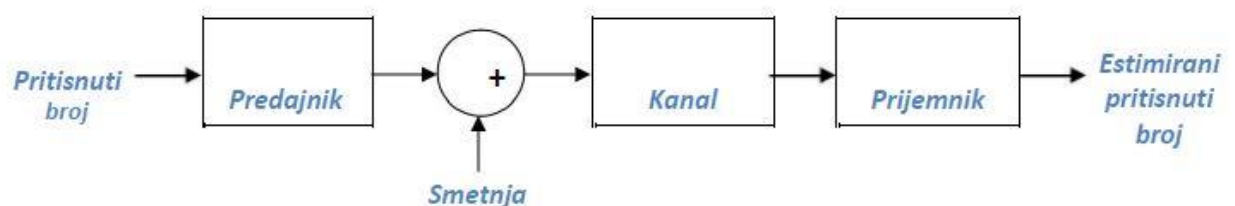
Cilj ovog rada je realizovati sistem za generisanje i prijem DTMF signala na TMS320C55x platformi, odnosno demonstrirati komunikaciju digitalnih sistema na primeru sistema za prenos izabrane cifre na telefonskom aparatu. Kombinacijom dva tona iz izabranog skupa tonova prenosi se jedna od 16 kombinacija (cifre 0-9, slova A-D i specijalni znaci „\*“ i „#“).

Za realizaciju ovog komunikacionog sistema iskorišćeno je poznavanje nekih osnovnih algoritama za obradu signala (generisanje signala, A/D konverzija, kvantizacija, spektralna analiza, filtriranje, rad u realnom vremenu). Realizacija je pisana na programskom jeziku C i korišćen je alat *Code Composer Studio v6*.

---

## 2. Teorijske osnove

Komunikacioni sistem dvotonskog prenosa kojim se prenose DTMF (Dual Tone Multi Frequency) tonški signali, sastoji se iz tri dela: predajnika smeštenog u telefonskom aparatu korisnika, kanala prenosa i prijemnika koji se nalazi u telefonskoj centrali. Kako bismo realizovali pomenuti komunikacioni sistem, neophodno je da se upoznamo sa teorijskim osnovama projektovanja svakog od pojedinačnih blokova sa slike 1.



Slika 1. Komunikacioni sistem dvotonskog prenosa.

Dvotonski signal koji je generisan u telefonskom aparatu ima definisane frekvencije uzete iz dva uzajamno isključiva skupa niskih i visokih frekvencija. Ova dva tona, ili simbol koji formiraju, predstavljaju biranu cifru prema matrici prikazanoj u tabeli ispod.

	fh1 = 1400 Hz	fh2 = 2000 Hz	fh3 = 2160 Hz	fh4 = 2320 Hz
f11 = 960 Hz	1	2	3	A
f12 = 1040 Hz	4	5	6	B
f13 = 1120 Hz	7	8	9	C
f14 = 1200 Hz	*	0	#	D

Tabela 1. Matrica simbola sa definisanim frekvencijama.

Ove signalizacione frekvencije se nalaze u govornom opsegu frekvencija definisanom za telefonski kanal, pa se stoga kaže da je ovo signalizacioni sistem *u govornom opsegu*

---

frekvencija. Funkcije procesiranja signala u predajniku i prijemniku će biti realizovane koristeći digitalno procesiranje signala.

## 2.1 Predajnik

Uloga predajnika je da zavisno od toga koja tipka na telefonskom aparatu pritisnuta generiše odbirke diskretnog signala koji se sastoji od dve sinusoide čija frekvencija je definisana za datu tipku (kao u tabeli 1).

## 2.2 Prijemnik

Preneseni simbol prima prijemnik koji se nalazi u telefonskoj centrali. U realnim sistemima, prijemnik DTMF signala obično sadrži filter kroz koji ulazni signal prolazi pre početka opisane obrade. Ovaj filter služi za potiskivanje šuma nastalog prilikom generisanja ili tokom transporta signala.

Nakon prolaska kroz filter, simbol se procesira da bi se odredio poslati (dvotonski signal), koji je element konačnog skupa mogućih simbola, tako što se identifikuju frekvencije simbola, ili, bolje rečeno, detektuje i estimira birana cifra. Nakon određenih prisutnih frekvencija od važnosti u primljenom signalu, vrši se dekodovanje na osnovu tabele 1.

Na kraju, da bi signal bio detektovan kao uspešno primljen karakter on mora da traje minimum  $\Delta$ [ms], tj. između bilo koja dva karaktera mora postojati pauza u minimalnom trajanju  $\Delta$ . [1]

---

### 3. Programsko rešenje i rezultati

U osnovi, digitalni **predajnik** se sastoji od jednog sabirača i dva generatora sinusidalnih signala koji su konačnog trajanja. Za potrebe ovog predajnika, realizovan je sistem koji na osnovu trenutno zadatog karaktera i parametara sistema određuje frekvencije  $f_l$  i  $f_h$ , a zatim za zadate vrednosti tih frekvencija generiše signal koji predstavlja DTMF signal sa komponentama na frekvencijama  $f_l$  i  $f_h$ . Za generisanje signala je korišćen generator sinusnih signala upotrebom tabele pretraživanja, tj. funkcije *gen\_sinus\_table*. Takođe je prilikom generisanja ovih signala vođeno računa o faznom pomeranju signala (funkcija *fmod*).

$$\varphi = \left( N \cdot 2\pi \frac{f}{f_s} \right) \% 2\pi$$

U okviru predajnika je realizovana i korisnička sprega tako što je urađena podrška za slanje karaktera uz pomoć tastera na razvojnoj ploči. Razvojna ploča sadrži dva tastera. Taster SW1 je taster za odabir karaktera i svakim pritiskom na njega se postavlja vrednost aktivnog karaktera na sledeći. Taster SW2 vrši slanje aktivnog karaktera i generiše signal dokle god je on pritisnut.

Usled problema pri realizaciji i primeni praga na izračunate vrednosti signala u okviru prijemnika, dobijeni rezultati nisu u skladu sa unapred definisanim zahtevima zadatka, pa se ni demonstriranje korisničke sprege ne može uraditi na pravi način, stoga je naredni deo koda ostao zakomentaran. U tom delu je realizovano generisanje i dodavanje belog šuma uz pomoć funkcije *rand16init* i *rand16*. Na taj način je generisana sekvenca nasumičnih vrednosti sa Gausovom raspodelom. Potom je izračunata vrednost SNR.

U okviru DTMF **prijemnika**, pre računanja DFT signala, urađeno je prozoriranje signala, odnosno filtriranje. Primenjena je unapred zadata prozorska funkcija, projektovana tako da

---

eliminiše spektralne komponente ulaznog signala koje su van korisnih opsega  $f_{i1-4}$  i  $f_{h1-4}$ .

Prethodno su izračunati indeksi spektralnih koeficijenata komponenti signala koje su od značaja. Zatim se nakon svakog primljenog bloka odbiraka, računa DFT signala. To je urađeno uz pomoć ugrađene funkcije *rfft*. Potom je računata snaga spektralnih koeficijenata za komponente od značaja, po sledećoj relaciji:

$$P^2(x) = \text{Re}^2(x) + \text{Im}^2(x)$$

Kada se izračunaju vrednosti DFT, potrebno je uvesti prag vrednosti snage signala, tako da se sve vrednosti manje od definisanog praga smatraju šumom, i nuliraju se. Za oba skupa od 4 definisane frekvencije ( $f_{i1-4}$  i  $f_{h1-4}$ ) samo jedan spektralni koeficijent sme biti veći od praga, kako bi signal bio proglašen validnim. Prag može biti apsolutan, relativan u odnosu na snagu druge najveće komponente od značaja ili relativan u odnosu na srednju vrednost snage 4 komponente od značaja. U okviru ove realizacije korišćen je prag relativan u odnosu na snagu druge najveće komponente od značaja. Vrednost praga je empirijski određena i iznosi 40. Nakon toga je na osnovu detektovanih prisutnih spektralnih komponenti  $f_i$  i  $f_h$  određen primljen karakter.

Takođe je dodata provera dužine trajanja primljenog karaktera. Na osnovu parametra  $\Delta = 224$  [ms] određeno je koliko blokova je minimalno trajanje signala i dobijena je vrednost 8. Ukoliko je detektovani karakter različit od prethodnog, vrednost brojača je postavljena na 0 a ukoliko su jednaki, vrednost brojača je uvećana za 1. Kada vrednost brojača pređe zadatu vrednost 8 ispisuje se primljen karakter. Za ispis je korišćen LCD ekran na razvojnoj ploči a štampanje je izvršeno upotrebom funkcije *printChar*.

## **4. Literatura**

- [1] *Materijal sa vežbi iz predmeta Projektovanje namenskih računarskih struktura u operativnim sistemima*, Fakultet Tehničkih Nauka, 2018.