



MODULARNI SISTEM ZA OBRADU ANALOGNIH SIGNALA MODULAR SYSTEM FOR ANALOG SIGNAL PROCESSING

Ana Mitrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat opis modularnog sistema konstruisanog od različitih štampanih ploča, od kojih svaka ima posebnu funkciju za obradu analognog signala. Sistem je predviđen za korišćenje na predavanjima i vežbama u okviru osnovnih studija elektrotehnike kao sredstvo učenja. Dat je opis razvojnog softvera i prototipskog hardverskog rešenja, a prikazano je i testiranje hardvera sa rezultatima obrade signala.

Ključne reči: *analogna obrada signala, operacioni pojačavač, modularni sistem*

Abstract – *This paper contains the description of the modular system constructed from several different printed circuit boards, every one of them having its own function for analog signal processing. The system is designed to be used as a learning tool in bachelor studies of electronic engineering. A description of the development software and the prototype hardware solution is provided, as well as the results of hardware testing*

Keywords: *analog signal processing, operational amplifier, modular system*

1. UVOD

Operacioni pojačavač je veoma efikasan uređaj sa širokom primenom u elektronskoj industriji – koristi se za kondicioniranje signala, posebne prenosne funkcije, zatim u oblasti analogne instrumentacije i analognog računanja. Kola koja koriste operacione pojačavače karakterišu jednostavnost i preciznost.

Termin „operacioni pojačavač“ nastao je zbog prvenstvene primene u analognim računarima, gde su se kola sa operacionim pojačavačima koristila za vršenje različitih matematičkih operacija. Tada je otkriveno da primena negativne povratne sprege oko pojačavača velikog pojačanja formira kolo sa preciznim karakteristikama pojačanja, koje u takvoj konfiguraciji zavisi pretežno od tipa povratne sprege.

Pravilnim izborom komponenata u povratnoj sprezi, kola sa operacionim pojačavačima mogla su da se koriste za sabiranje, oduzimanje, integraljenje, diferenciranje i slične matematičke operacije.

Dodatkom dioda ili tranzistora mogu se obavljati i neke nelinearne operacije nad signalima – množenje, deljenje, kvadriranje, logaritmovanje i sl.

Kako su tehnike primene operacionih pojačavača postajale šire poznate, postalo je jasno da povratna sprema može da bude korisna u velikom broju primena u oblasti instrumentacije i automatskog upravljanja.

U današnje vreme operacioni pojačavači se pored primene u osnovnim kolima koriste i kao DC pojačavači, AC pojačavači, komparatori, drajveri servo ventila, oscilatori sa malom distorzijom, pretvarači efektivne vrednosti signala, multivibratori i mnogi drugi.

Može se reći da su mogućnosti primene operacionih pojačavača ograničene samo imaginacijom i znanjem korisnika.

Dobro poznavanje operacionih pojačavača i njihovih karakteristika otvara vrata ka boljem razumevanju sveta analogne elektronike i od velike je važnosti za studente elektrotehnike. Iz tog razloga je razvijen modularni sistem za obradu analognih signala koji objedinjuje neka od osnovnih kola u kojima se koriste operacioni pojačavači.

Zahvaljujući jednostavnom povezivanju i kombinovanju različitih modula, kao i mogućnosti posmatranja rezultata obrade na osciloskopu, ovaj sistem može da se koristi na vežbama i predavanjima u okviru studija elektrotehnike, kao sredstvo uz pomoć kog se studentima na zanimljiv način predstavlja osnovna primena operacionih pojačavača i obrada analognog signala.

2. OPIS SISTEMA

Predviđen je razvoj sistema koji se sastoji od osam štampanih pločica: jedne ulazne, na koju se dovode napajanje i ulazni signal, i sedam pločica sa različitim funkcijama – invertujući pojačavač, neinvertujući pojačavač, diferencijator, integrator, diferencijalni pojačavač, sabirač i oscilator. Svaka od navedenih pločica sadrži konektore postavljene tako da mogu jednostavno međusobno da se povezuju i da se na taj način gradi lanac različitih funkcija za obradu signala.

Kao početno rešenje napravljen je sistem od četiri prototipske pločice – pločica za dovodenje ulaznog signala i napajanja, neinvertujući pojačavač, sabirač i oscilator – koje će biti dalje prikazane u radu.

3. RAZVOJNI SOFTVER

Pločice su razvijane u programskom paketu Altium Designer, razvijenom od strane australijske softverske kompanije Altium Limited (do 2001. godine poznate kao Protel). Altium Designer je programski paket širokih mogućnosti koji se koristi za razvoj uređaja. Sadrži mogućnost crtanja elektronske šeme (pri čemu mogu da se definišu komponente, uključujući i njihov izgled na štampanoj ploči), kao i mogućnost razvoja same štampane ploče. U Altium Designer-u napravljena je posebna biblioteka u

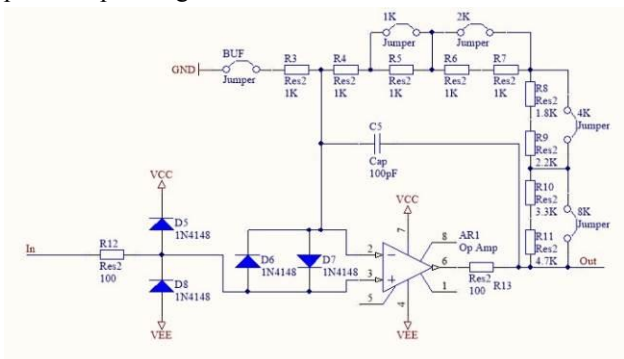
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Pejić.

kojoj je definisan izgled komponenata na štampanoj ploči. Nakon toga je za svaku od osam pločica izrađena elektronska šema, na osnovu koje je dalje projektovana štampana ploča. Razvoj štampane pločice biće prikazan na osnovu jednog od elemenata modularnog sistema - neinvertujućeg pojačavača.

3.1. Elektronska šema

U konfiguraciji neinvertujućeg pojačavača, ulazni naponski signal se dovodi direktno na neinvertujući ulaz pojačavača, što rezultuje time da je izlazni signal u fazi sa ulaznim – ne menja se znak. Kontrola povratnom spregom postiže se vraćanjem malog dela izlaznog napona na invertujući ulaz putem naponskog razdelnika.

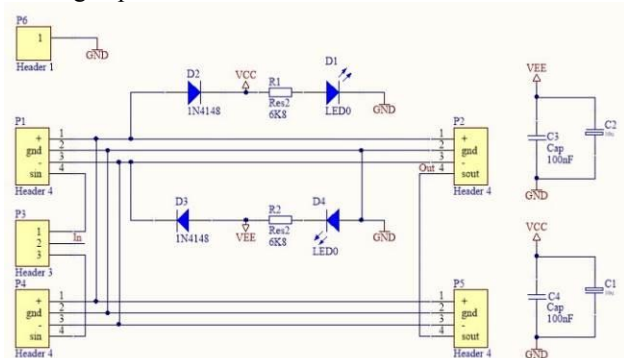


Slika 1. Elektronska šema neinvertujućeg pojačavača - 1 deo

Ovakvom konfiguracijom dobijamo pojačanje koje se definiše sledećom formulom:

$$A_{(v)} = 1 + \frac{R_f}{R_3}$$

gde R_f predstavlja jedan otpornik ili zbir više otpornika u povratnoj sprezi (od R4 do R11 na slici 1). Na taj način, izborom otpornika pomoću različitih prekidača, postiže se pojačanje u opsegu od 2 do 17 u inkrementima po 1. Takođe, korisnik ima mogućnost da, isključivanjem prekidača „BUF“, izabere da kolo funkcioniše kao jedinični pojačavač - bafer. Diode i otpornik R12 na ulazu operacionog pojačavača služe za zaštitu kola od potencijalnog visokog napona na ulazu.



Slika 2. Elektronska šema neinvertujućeg pojačavača - 2. deo

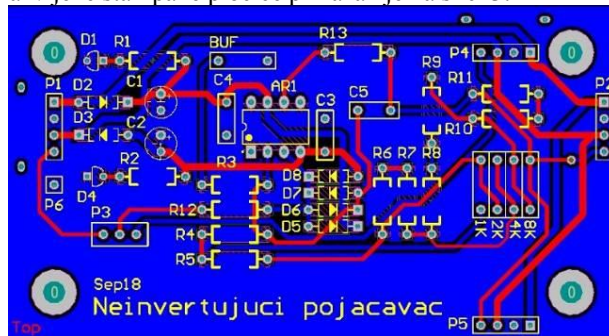
Sve pločice (osim ulazne) su konstruisane tako da imaju po dva ulazna i dva izlazna konektora, jedne naspram drugih, pri čemu je napajanje povezano na sva četiri konektora. Napajanje se preko dioda dovodi na ostatak kola – na taj način je kolo osigurano od pogrešnog spajanja napajanja. Na svakoj pločici su pored operacionih pojačavača

postavljena po dva kondenzatora za filtriranje i stabilizaciju napajanja. Na pločicama su montirane i po dve LED diode, koje služe kao indikatori prisustva napajanja.

Na šemi na slici 2 primećujemo i konektor P6, koji služi npr. za povezivanje sonde osciloskopa na masu, kao i P3, koji služi za izbor konektora sa kog dovodimo ulazni signal na pojačavač.

3.2. Razvoj štampane ploče

Na osnovu prikazane elektronske šeme projektovana je štampana ploča za neinvertujući pojačavač. Izgled razvijene štampane pločice prikazan je na slici 3.



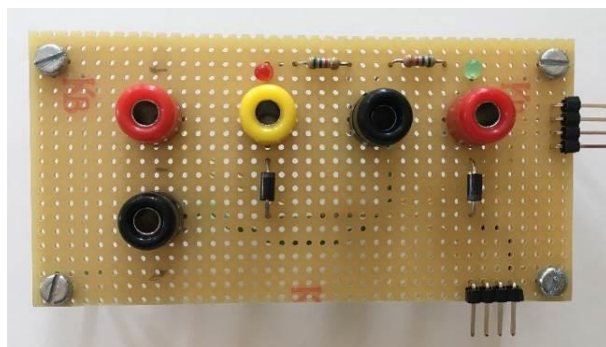
Slika 3. Razvijena štampana pločica neinvertujućeg pojačavača

4. HARDVER

Inicijalno hardversko rešenje predstavlja sistem od četiri prototipske pločice.

4.1. Pločica za dovođenje ulaznog signala i napajanja

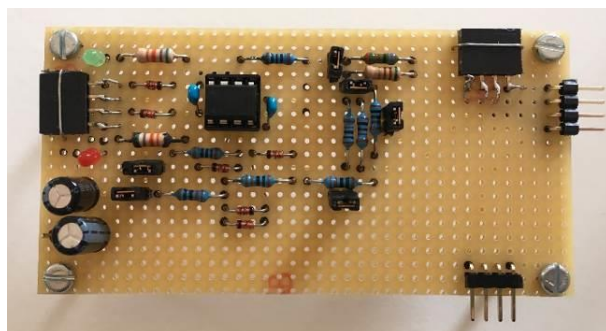
Na ovu pločicu postavljeno je pet priključaka – dva za ulazni signal (signal i masa) i tri za dovođenje napajanja (+, - i masa). Ulazna pločica prikazana je na slici 4.



Slika 4. Pločica za dovođenje ulaznog signala i napajanja

4.2. Neinvertujući pojačavač

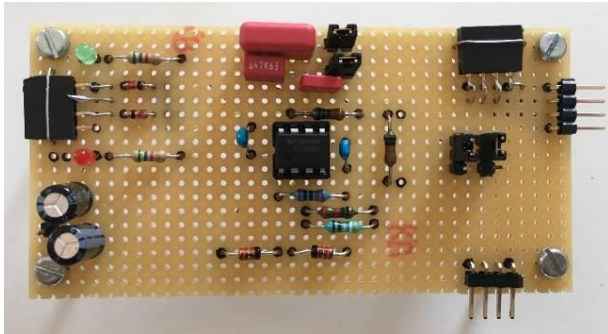
Pločica koja ima funkciju neinvertujućeg pojačavača prikazana je na slici 5.



Slika 5. Neinvertujući pojačavač

4.3. Oscilator

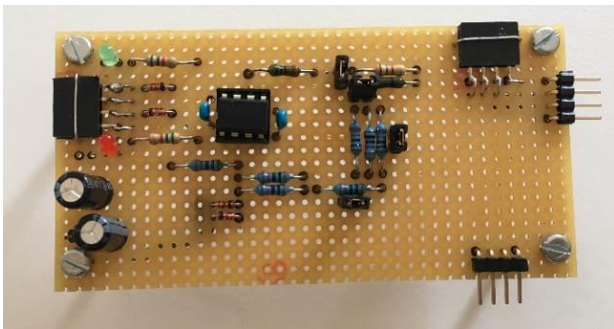
Oscilator je konstruisan tako da na izlazu može da daje povorku pravougaonih ili trougaonih impulsa, što korisnik može da bira postavljanjem kratkospojnika na određene konektore. Izborom kombinacije različitih kondenzatora u kolu omogućeno je podešavanje frekvencije izlaznog signala. Prototipska verzija oscilatora data je na slici 6.



Slika 6. Oscilator

4.4. Sabirač

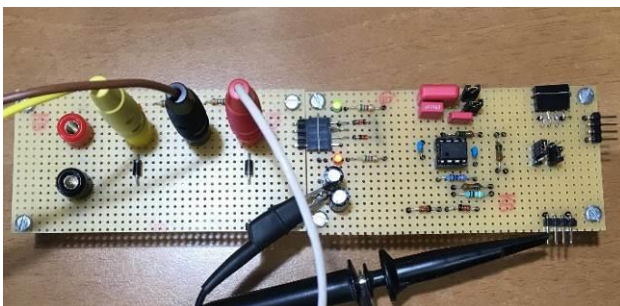
Slično kao kod neinvertujućeg pojačavača, kod sabirača kombinacijom različitih kratkospojnika postoji mogućnost izbora pojačanja zbir dva ulazna signala. Na slici 7 prikazana je pločica koja ima funkciju sabirača.



Slika 7. Sabirač

5. TESTIRANJE SISTEMA I REZULTATI

Modularni sistem za analizu analognog signala testiran je uz pomoć napajanja, ton generatora i osciloskopa. Na slikama 8 i 9 prikazano je povezivanje oscilatora na napajanje i izlaz oscilatora – povorka četvrtke i povorka trougaonih impulsa.

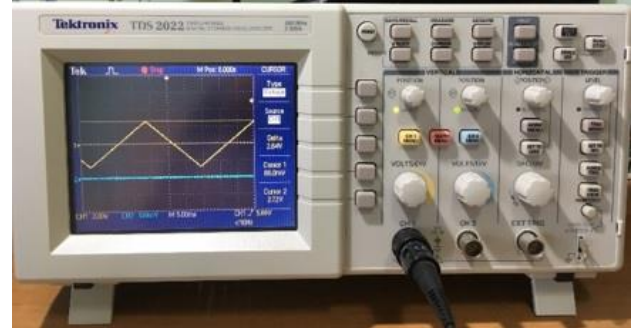
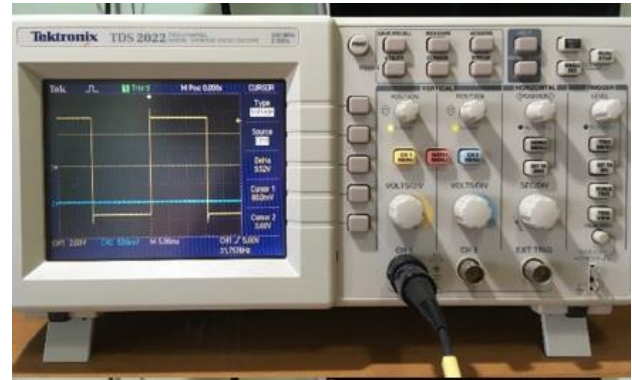


Slika 8. Povezivanje oscilatora na napajanje

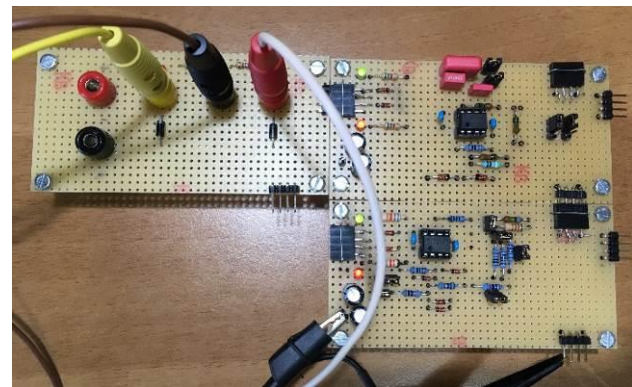
Ukoliko se na izlaz oscilatora koji generiše trougaoni napon amplitude 2,7 V poveže neinvertujući pojačavač i podesi pojačanje na 2 uključivanjem svih kratkospojnika na pločici, napon na izlazu je povećan na 5,4 V, kao što je i predviđeno. Slika 10 prikazuje povezivanje ove dve

prototipske pločice, dok je na slici 11 dat prikaz rezultata njihovog povezivanja na osciloskopu.

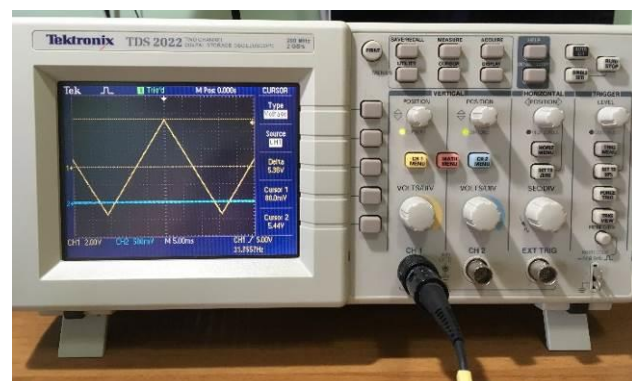
Na slikama 12, 13 i 14 prikazan je rezultat povezivanja pločica sa oscilatorom i sabiračem signala, pri čemu je na jedan ulaz sabirača dovedena sinusoida sa ton generatora, a na drugi ulaz signal sa oscilatora – četvrtke i trougaoni impulsi.



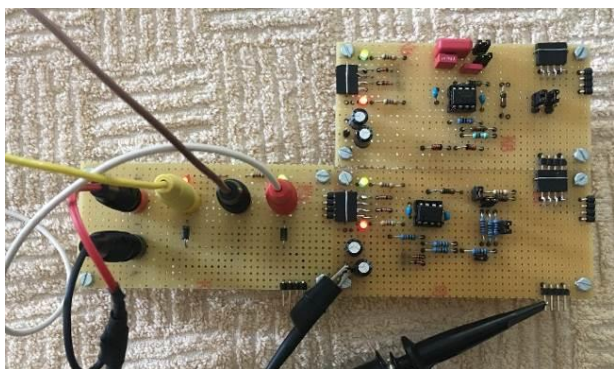
Slika 9. Izlaz oscilatora prikazan na osciloskopu



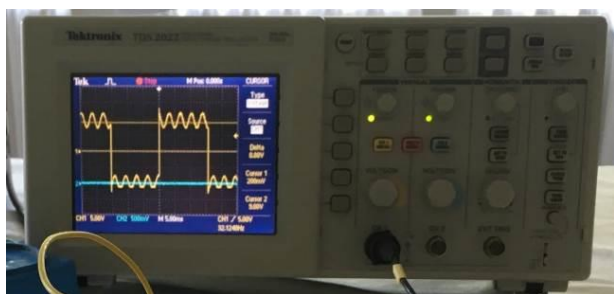
Slika 10. Kombinacija oscilatora i neinvertujućeg pojačavača



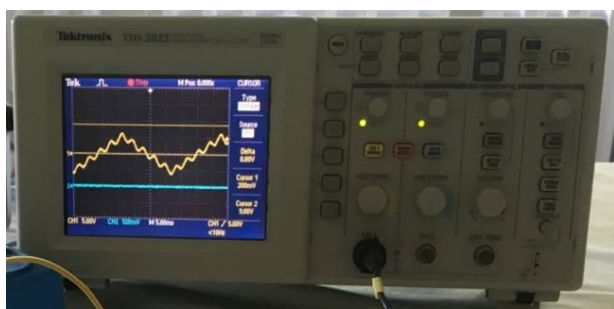
Slika 11. Izlaz neinvertujućeg pojačavača



Slika 12. Kombinacija oscilatora i sabirača



Slika 13. Sabiranje sinusoide sa ton generatora i povorke pravougaonih impulsa sa oscilatora



Slika 14. Sabiranje sinusoide sa ton generatora i trougaonog napona sa oscilatora

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Razvijeni modularni sistem za obradu analognog signala pruža mogućnost učenja na interesantan način – omogućava studentima da jednostavnim povezivanjem pločica sa različitim funkcijama formiraju lanac funkcija i posmatraju promene signala. Na taj način oni na licu mesta vide konstrukciju i delovanje neinvertujućeg pojačavača, integratora, diferencijalnog pojačavača, oscilatora i sličnih kola sa operacionim pojačavačem i tako se upoznaju sa njegovim osnovnim primenama.

Postoji veliki broj modula koji mogu da se konstruišu na sličan način, te se očekuje dalji razvoj ovog modularnog sistema uvođenjem pločica sa novim funkcijama (npr. antilogaritamski pojačavač, instrumentacioni pojačavač i sl), kao i primena sistema na laboratorijskim vežbama iz više predmeta na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu i u drugim visokoškolskim ustanovama.

7. LITERATURA

- [1] Radojle Radetić, „Operacioni pojačavači – odabrana poglavlja“, Bor, 2013.
- [2] Bruce Carter, Thomas R. Brown, „Handbook of operational amplifier applications“, Texas Instruments Incorporated, 2001.
- [3] James K. Roberge, „OPERATIONAL AMPLIFIERS: Theory and Practice“, Massachusetts Institute of Technology, 1975.
- [4] <https://www.altium.com/> (19.09.2018.)

Kratka biografija



Ana Mitrović rođena je u Novom Sadu 1994. godine. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na katedri za električna merenja, 2016. godine.