

Infracrveni optički komunikacioni sistem

Nebojša Cvijić, Miloš Živanov, Laslo Nađ, Kalman Babković, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Katedra za elektroniku*

Sadržaj — Rad predstavlja realizaciju jednostavnog optičkog komunikacionog sistema za korišćenje u laboratorijske svrhe na fakultetu. Sistem se sastoji iz predajne laserske diode na 980nm i LED-a na 1300nm. Prijemni deo se sastoji od silicijumske diode i InGaAs diode, koje zajedno pokrivaju opseg od 500nm do 1650nm. Sistem se može koristiti za komunikaciju, merenja i snimanja optičkih karakteristika.

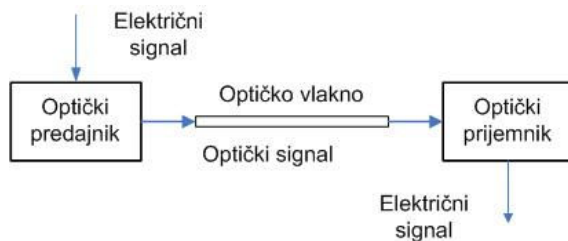
Ključne reči — IC, optički predajnik, optički prijemnik, PECL.

I. UVOD

Moderne optičke komunikacije stalno napreduju. Raste tehnološki nivo komponenti i sistema. Istraživači imaju potrebu da prate najnovija dostignuća radi primene i prošerenja znanja. Nastavnici na univerzitetu treba da obrazuju mlade studente sa ovim novim tehnologijama. Pored teorijskog objašnjenja veoma je važna i laboratorijska demonstracija ovih sistema. Želja nam je bila da napravimo fleksibilan sistem koji možemo povezati sa generatorima signala, računarima i mrežama.

Postoji mogućnost da se kupe gotovi laboratorijski i merni uređaji. Za to su često potrebna značajna sredstva, koja najčešće nedostaju. Ovi uređaji se odlikuju velikim mogućnostima, ali su u nekom smislu ograničeni. Ograničenja se odnose na praćenje njihove strukture i rada, kao i u mogućnostima realizacije određenih eksperimenata.

Svaki optički komunikacioni sistem se sastoji od optičkog predajnika, optičkog prijemnika i optičkog vlakna, kao što je prikazano na sl. 1 [1].



Sl. 1. Šema optičkog komunikacionog sistema.

Nebojša Cvijić, student na Katedri za elektroniku, FTN, Novi Sad, Srbija, (telefon: +381-63-7522932; e-mail: nebojsac@uns.ns.ac.yu).

Miloš Živanov, (telefon: +381-21-485-2541; fax: +381-21-47-505-72; e-mail: zivanov@uns.ns.ac.yu).

Laslo Nađ, FTN, (telefon: +381-21-485-2546; fax: +381-21-47-505-72; e-mail: lnadj@uns.ns.ac.yu).

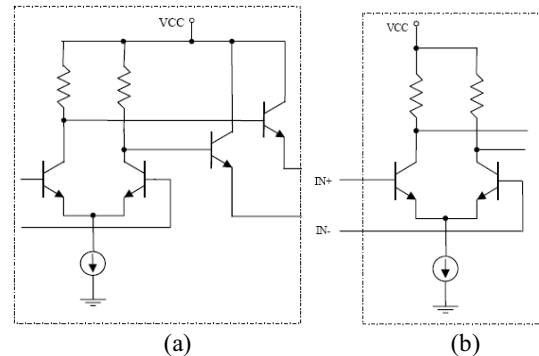
Kalman Babković, (telefon: +381-21-485-2538; fax: +381-21-47-505-72; e-mail: bkalman@uns.ns.ac.yu), svi na Katedri za elektroniku, FTN, Novi Sad, Srbija.

Realizacija jednog kvalitetnog optičkog komunikacionog sistema, koji može da radi na visokim frekvencijama, zahteva kvalitetni prijemnik, predajnik, optičko vlakno i konektore koji će ih spajati. U ovu svrhu korišćeni su svetlosni izvori i fotodiode firme Laser Components [2], drajveri za LED, lasersku diodu i fotodiodu firme MAXIM [3]. Zbog ograničenja, koja na visokim frekvencijama imaju električna kola, drajveri rade u PECL logici (Positive ECL) [4]. Drugi deo rada opisuje PECL logička kola i njihovu terminaciju, treći objašnjava realizaciju optičkog predajnika, četvrti realizaciju optičkog prijemnika, a peti govori o optičkim konektorima.

II. PECL LOGIKA

PECL (Positive-referenced emitter-coupled logic) je ECL, ali sa pozitivnim naponom napajanja. Relativno mala amplituda signala čini ga pogodnim za rad na velikim brzinama.

Na sl. 2. je prikazan izlazni i ulazni stepen PECL kola.



Sl. 2. Izlazna (a) i ulazna (b) struktura PECL.

Izlazni stepen čine emiter-foloveri, čije su baze vezane za izlaz diferencijalnog pojačavača, a ulazni stepen diferencijalni pojačavač. Emiter-foloveri rade u aktivnoj oblasti sa uvek prisutnom jednosmernom strujom, što povećava brzinu prekidanja.

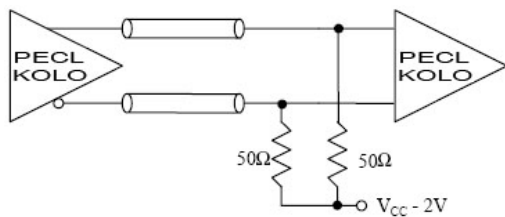
PECL kola rade sa naponom napajanja od 5V i 3.3V. Kada je napajanje 3.3V onda je reč o nisko naponskom PECL, odnosno LVPECL (Low-voltage PECL).

U tabeli 1 date su vrednosti ulaznih i izlaznih naponskih nivoa PECL kola.

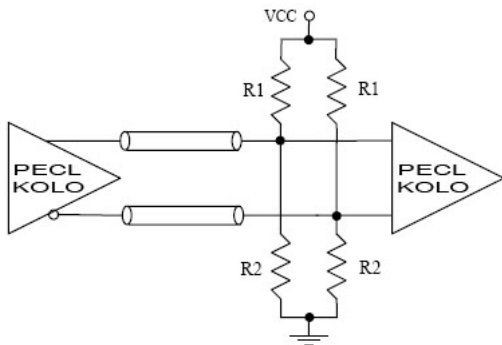
TABELA 1: PECL LOGIČKI NIVOLI.

| Parametar | Uslovi | Min (V) | Max (V) |
|---------------------|---------------|-------------|------------|
| Izlazni visok napon | Ta = (0-85)°C | Vcc - 1.025 | Vcc - 0.88 |
| | Ta = -40°C | Vcc - 1.085 | Vcc - 0.88 |
| Izlazni nizak napon | Ta = (0-85)°C | Vcc - 1.81 | Vcc - 1.62 |
| | Ta = -40°C | Vcc - 1.83 | Vcc - 1.55 |
| Ulazni visok napon | | Vcc - 1.16 | Vcc - 0.88 |
| Ulazni nizak napon | | Vcc - 1.81 | Vcc - 1.48 |

Izlaz PECL je predviđen za opterećenje od 50Ω prema (Vcc-2V), kao što je prikazano na sl. 3.



Sl. 3. PECL terminacija.



Sl. 4. Tevenenova terminacija.

Pošto je najšeeće napajanje vrednosti (Vcc-2V) nedostupno, koristi se ekvivalentno Tevenenovo kolo, sl. 4., koje mora da ispuni dva uslova:

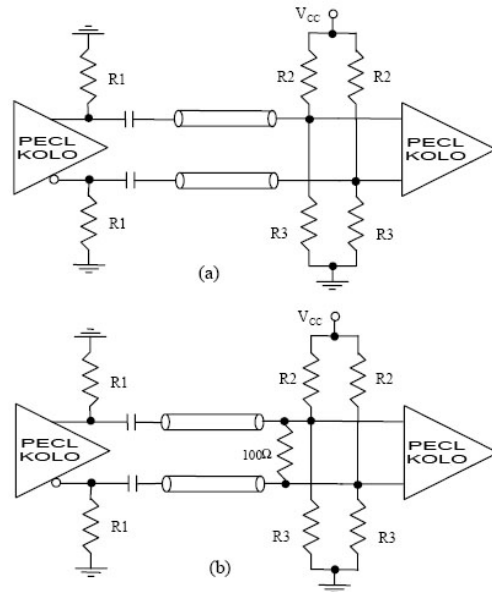
$$(V_{cc} - 2V) = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$(R_1 // R_2) = 50\Omega$$

Za napajanje od 5V, R1 = 82Ω i R2 = 130Ω, a za napajanje od 3.3V, R1 = 130Ω i R2 = 82Ω.

Za faktor ispune signala 50% koristi se takozvano AC-spajanje. Otpornici R1 služe za podešavanje jednosmernog napona polarizacije izlaza PECL, dok se otpornicima R2 i R3 podešava ulazni jednosmerni napon polarizacije na vrednost (VCC-1.3V).

Ovakvo povezivanje (sl. 5a) ima veliku potrošnju snage, pa ukoliko je potrošnja kritična, koristi se povezivanje koje je prikazano na sl. 5b.



Sl. 5. AC povezivanje PECL kola.

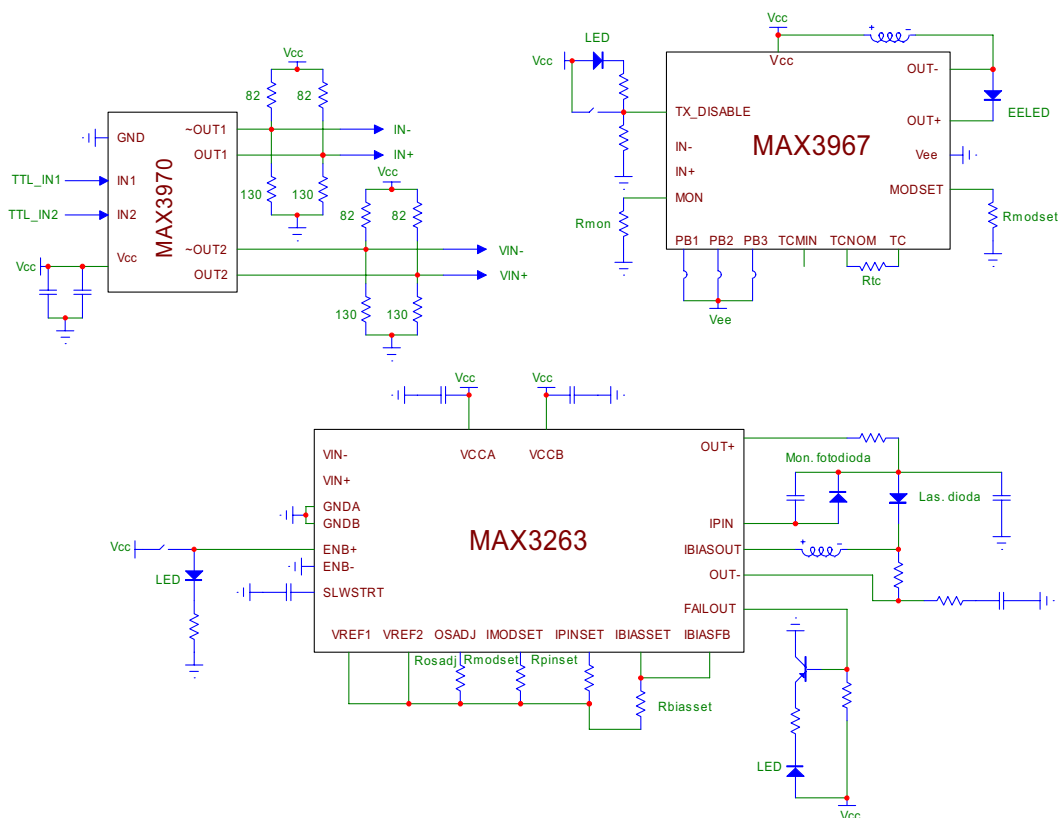
III. OPTIČKI PREDAJNIK

Optički predajnik čine dva različita tipa svetlosnih izvora. Jedan je EELED (Edge-emitting light emitting diode) na 1300nm, 20μW snage, a drugi laserska dioda na 980nm i 1mW snage. Oba svetlosna izvora su u kućištu FC tipa. Upravljanje EELED se vrši pomoću LED drajvera MAX3967, a upravljanje laserskom diodom sa drajverom MAX3263.

Najvažnije karakteristike MAX3967 su: podešljiva struja modulacije do 100mA, maksimalna brzina prenosa do 270Mbps, podešljivi napon predpolarizacije, podešljiva temperaturna kompenzacija, nadziranje struje modulacije i mogućnost isključenja drajvera. Komplementarni izlaz daje struju za EELED, čime se dobija konstantna struja napajanja, što smanjuje elektromagnetnu interferenciju (EMI) i šum napajanja koji proizvodi predajnik. MAX3967 je spakovan u QFN (Quad flat no-lead) kućište sa 24 izvoda.

Najvažnije karakteristike MAX3263 su: podešljiva struja predpolarizacije do 60mA, podešljiva struja modulacije do 30mA, maksimalna brzina prenosa do 155Mbps, temperaturna kompenzacija, automatska kontrola snage (APC – Automatic power control), mogućnost isključivanja drajvera, kolo za sporo startovanje i indikaciju pogrešnog rada laserske diode. APC omogućava konstantnu snagu za lasersku diodu, bez obzira na njeno smanjenje efikasnosti sa temperaturom ili godinama i zahteva monitor fotodiodu. Kolo za sporo startovanje štiti lasersku diodu od oštećenja. Indikacija pogrešnog rada laserske diode se uključuje kada je struja monitor fotodiode nedozvoljeno niska. MAX3263 je spakovan u SSOP (Shrink small-outline package) kućište sa 24 izvoda.

Pošto oba drajvera zahtevaju PECL ulaze, a zbog velike rasprostranjenosti i upotrebe TTL standarda, koristi se translator iz TTL u PECL – MAX9370.



Sl. 6. Logička šema optičkog predajnika.

Ipak, ostavljena je i mogućnost upotrebe PECL ulaza zbog univerzalnosti uređaja.

Najvažnije karakteristike MAX9370 su: dva TTL ulaza, dva diferencijalna PECL izlaza i zagarantovan rad do 1GHz. MAX9370 se pakuje u SO (Small outline), SOT (Small outline transistor) i μ MAX kućište sa 8 izvoda. Ovde je korišćeno SO kućište.

Logička šema optičkog predajnika data je na sl. 6.

IV. OPTIČKI PRIJEMNIK

Optički prijemnik čine dve PIN fotodiode. Jedna je Si fotodiode sa aktivnom oblašću od 500 μ m, a druga InGaAs fotodiode sa aktivnom oblašću od 100 μ m. Spektralni odziv Si fotodiode je od oko 500nm do oko 1000 nm, a spektralni odziv InGaAs je od oko 900nm do oko 1650nm. Time fotodiode pokrivaju čitav opseg bliskog IC spektra koji se koristi u optičkim komunikacijama. Obe fotodiode su u kućištu FC tipa.

Veoma mala struja fotodiode se pojačava i konvertuje u koristan naponski signal pomoću predpojačavača MAX3658 i pojačavača MAX3969. Prijemna kola obe fotodiode su ista.

Najvažnije karakteristike transimpedansnog predpojačavača MAX3658 su: nizak šum, maksimalna brzina prenosa od 622Mbps, osetljivost od 0.9A/W (-33dBm), mogućnost uklanjanja jednosmerne komponente ulaznog signala i mogućnost nadziranja srednje vrednosti fotostruje. Izlazni stepen je diferencijalni. MAX3658 je

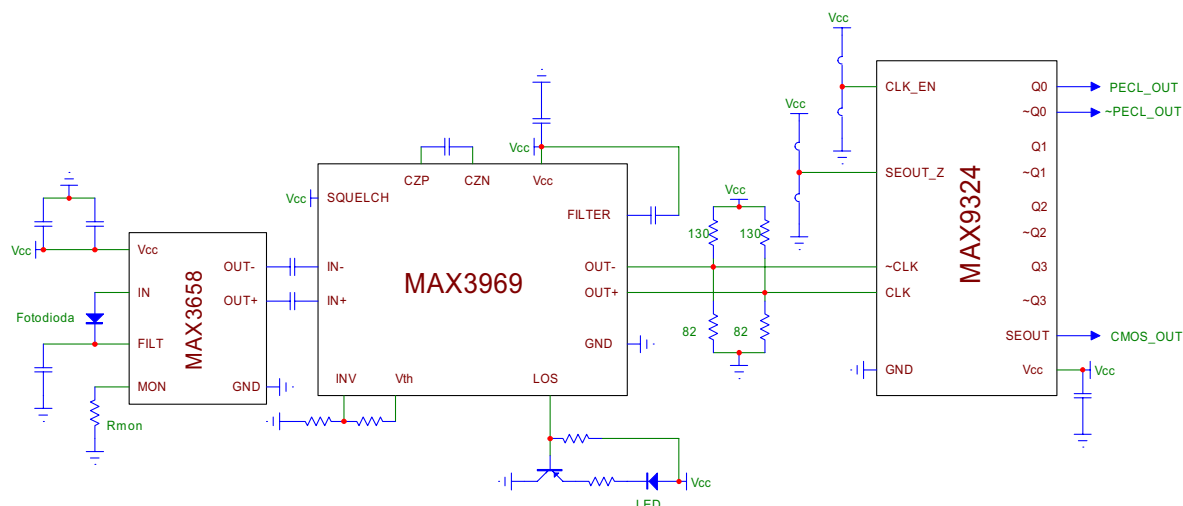
spakovan u TDFN (Thin dual flat no-lead) kućište sa 8 izvoda.

Najvažnije karakteristike MAX3969 su: maksimalna brzina prenosa od 200Mbps, minimalna osetljivost od 1mVp-p, korekcija nepoželjnog ofseta, detekcija ulazne snage, indikacija niskog ulaznog signala i bezšumno podešavanje (Squelch). Indikacija niskog ulaznog signala zavisi od vrednosti naponskog praga koji je podešljiv. Ulazni stepen je diferencijalni, a izlazni PECL. MAX3969 je spakovan u QFN kućište sa 20 izvoda.

Pošto je izlaz pojačavača u PECL logici, koristi se bafer MAX9324 koji za ulazni PECL signal daje četiri izlazna PECL i jedan CMOS izlaz. MAX9324 ima mogućnost izbora izlaznih signala. Maksimalna frekvencija CMOS izlaznog signala je 200MHz. MAX9324 je spakovan u SSOP kućište sa 20 izvoda.

Pošto pojedina integrisana kola prijemnika zahtevaju napon napajanja od 3.3V, korišćen je linearni regulator napona na 3.3V MAX1818 [5]. Njegove osnovne karakteristike su: maksimalna izlazna struja od 500mA, minimalna razlika ulaznog i izlaznog napona (dropout voltage) maksimalne vrednosti 120mV za 500mA izlazne struje, mogućnost podešavanja izlaznog napona u opsegu od 1.25V do 5V ili fiksno 3.3V, indikacija pada izlaznog napona ispod dozvoljene vrednosti, zaštita od pregrevanja, zaštita od kratkog spoja i mogućnost isključenja. MAX1818 je spakovan u SOT kućište sa 6 izvoda.

Logička šema optičkog prijemnika za jednu fotodiodu data je na sl. 7.



Sl. 7. Logička šema optičkog prijemnika.

V. OPTIČKI KONEKTORI

Optička vlakna se povezuju sa uređajima pomoću optičkih konektora [6]. Postoji mnogo različitih vrsta konektora sa različitim karakteristikama, ali svi imaju tri zajedničke komponente: ferulu, telo konektora i kabel, kao što je prikazano na sl. 8.



Sl. 8. FC Optički konektor.

Ferula je cilindričnog oblika sa vlaknom u središtu. Najčešće se izrađuje od keramike, plastike ili metala. Telo konektora je mehanizam kojim se vrši spajanje sa adapterom, odnosno kućištem uređaja. Spajanje je najčešće realizovano na principu zavrtnja ili ubodnog mehanizma. Telo je uglavnom izrađeno od metala ili plastike. Na drugom kraju konektora je kabel, koji je u telu konektora spojen sa ferulom i dodatno ojačan navlakom.

Standardni tipovi optičkih konektora su FC (Ferrule connector), SC (Subscriber/standard connector), ST (Straight tip), LC (Lucent/local connector) i drugi.

Kako su kućišta svetlosnih izvora i fotodioda FC tipa, korišćeni su konektori istog tipa, čiji je izgled dat na sl. 8.

VI. ZAKLJUČAK

Pošto je uređaj predviđen za rad u laboratoriji za optoelektroniku sa kojim će najviše raditi studenti, nije bilo insistirano na velikoj brzini prenosa. Realizacija uređaja na većim brzinama zahteva drugačije čipove i

malo složeniju strukturu uređaja. Takvi čipovi najčešće rade u uskom pojasu frekvencije, pa nisu pogodni za laboratorijske primene. Uređaj je i TTL i PECL kompatibilan, što omogućava dodavanje dodatnih modula kao npr. za modulaciju, multipleksiranje, praćenje struja svetlosnih izvora, fotodioda i sl.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se osoblju laboratorije za optoelektroniku na Katedri za elektroniku, firmi MAXIM (Sunnyvale, USA) na uzorcima čipova, osoblju firme Micronas (Novi Sad, Srbija) i svim profesorima, asistentima i kolegama sa katedre za elektroniku koji su nam nesebično pomogli.

LITERATURA

- [1] Miloš B. Živanov, "Optoelektronika", skripta, Novi Sad, 2007.
- [2] www.lasercomponents.com.
- [3] www.maxim-ic.com/products/fiber.
- [4] www.maxim-ic.com/appnotes10.cfm/ac_pk/11.
- [5] www.maxim-ic.com/products/power.
- [6] Jeff Hecht, "Understanding fiber optics", 4th ed., Pearson education international, USA, 2002.

ABSTRACT

This paper described the realization of a simple communication system, which is made for using in the optoelectronics laboratory at the faculty. System is consisted from the emitting laser diode on 980nm and LED on 1300nm. Receiving part is made by using the Si photodetector diode and the InGaAs diode which covers optical band from 500nm to 1650nm. System can be used for a communication, for a measurement and for optical characteristics recording.

INFRARED OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

Nebojša Cvijić, Miloš Živanov, Laslo Nađ, Kalman Babbković