

**ALFA BK UNIVERZITET
FAKULTET INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA**

Irfan Fetahović

**DIGITALNA ELEKTRONIKA
PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE**

Beograd, 2026.

Irfan Fetahović
Digitalna elektronika – praktikum za laboratorijske vežbe

Recenzent:
Doc. dr Edis Mekić

Izdavač:
Alfa BK Univerzitet
Bulevar Maršala Tolbuhina 8, Beograd

Za izdavača:
Prof. dr Jovan Veselinović

Dizajn korica:
Irfan Fetahović

Štampa:
Beograd: 3D+

Tiraž:
150 primeraka

ISBN: 978-86-6461-114-5

Odlukom broj 1536 donetoj na sednici 19.6.2026. godine, Komisija za izdavačku delatnost Alfa BK Univerziteta odobrila je objavljivanje ovog pomoćnog udžbenika.

Copyright © Irfan Fetahović, 2026
Sva prava su zadržana. All rights reserved.

PREDGOVOR

Ovaj praktikum predstavlja pomoćni udžbenik za predmet Digitalna elektronika na Fakultetu informacionih tehnologija Alfa BK Univerziteta. Namenjen je studentima ovog fakulteta, ali i studentima drugih fakulteta i univerziteta koji u okviru svojih studija iz oblasti elektrotehničkog i računarskog inženjerstva izučavaju digitalnu elektroniku. Praktikum sadrži osam laboratorijskih vežbi, uključujući uvodnu vežbu koja ima za cilj upoznavanje studenata za opremom, postupcima i pravilima rada. Svaka od preostalih sedam vežbi pokriva određenu oblast digitalne elektronike i to: logička kola i njihove karakteristike, minimizacija logičkih funkcija, kombinaciona kola, sekvencijalna kola, multivibratorska kola, analogno-digitalna i digitalno-analogna konverzija. Pre izrade svake vežbe su date teorijske osnove koje imaju za cilj da studente pripreme za vežbu. Praktikum je koncipiran tako da se svi rezultati, proračuni, dijagrami i grafikoni direktno unose u za to određena mesta u samom praktikumu.

Iako je kompletan sadržaj praktikuma pažljivo proveravan, a vežbe testirane, autor je svestan da su moguće određene greške. Autor će biti zahvalan svima koji budu ukazali na otkrivene greške.

Autor se zahvaljuje recenzentu doc. dr Edisu Mekiću na vremenu koje je posvetio čitanju ovog praktikuma, kao i na primedbama i korisnim sugestijama kojima je doprineo poboljšanju praktikuma.

Beograd, maj 2026. godine

Autor

SADRŽAJ

UVODNA VEŽBA.....	1
VEŽBA 1 - OSNOVNA LOGIČKA KOLA.....	15
VEŽBA 2 - LOGIČKE FUNKCIJE	28
VEŽBA 3 - KOMBINACIONA KOLA.....	41
VEŽBA 4 - SEKVENCIJALNA KOLA.....	53
VEŽBA 5 - MULTIVIBRATORI	67
VEŽBA 6 – D/A KONVERZIJA.....	78
VEŽBA 7 – A/D KONVERZIJA.....	95
LITERATURA	109

UVODNA VEŽBA

I Pravila, preporuke i operativni postupci za vežbe iz digitalne elektronike

Opšta pravila ponašanja:

1. u laboratoriji nije dozvoljeno konzumiranje hrane i pića;
2. izbegavati šetnju između stolova i preglasnu komunikaciju;
3. odložiti kapute i jakne na označena mesta i oblačiti se prikladno kako delovi odeće ne bi upadali u opremu;
4. mobilni telefoni trebaju biti isključeni.

Opšta pravila i preporuke u vezi rada u laboratoriji:

1. studentima je dozvoljen rad u laboratoriji samo kada je prisutan dežurni asistent;
2. obratite pažnju gde se nalazi glavni prekidač kojim se uključuje i isključuje kompletno napajanje u laboratoriji;
3. studenti su ovlašćeni da uključe instrumente i napajanja tek po direktnom odobrenju dežurnog asistenta, uz pridržavanje ovih pravila i preporuka i drugih usmenih uputstava od strane dežurnog asistenta;
4. studenti su obavezni da pažljivo, savesno i odgovorno koriste instrumente i opremu, kao i da provere opremu, spojeve i merne opsege pre početka merenja;
5. prijavite dežurnom asistentu oštećenu ili nefunkcionalnu opremu u laboratoriji i bilo koju drugu neispravnost;
6. studentima nije dozvoljeno da menjaju makete ili popravljaju bilo koji deo laboratorijske opreme;
7. zabranjeno je uzimanje i iznošenje opreme iz laboratorije, premeštanje opreme i instrumenata sa drugih stolova, kao i skidanje sondi sa osciloskopa i generatora signala bez odobrenja dežurnog asistenta;
8. kada je laboratorijska vežba završena, svi instrumenti moraju biti isključeni, a elementi koji se menjaju za svaku vežbu vraćeni na određeno mesto, tako da laboratorijsko mesto bude uredno.

Nepridržavanje ovih pravila, u zavisnosti od nastale štete i stepena prestupa, povlači kao posledicu udaljenje iz laboratorije, zabranu rada u istoj i, u krajnjem slučaju, prijavu disciplinskoj komisiji.

Laboratorijske sigurnosne informacije

Opasnost od strujnog udara, požara ili eksplozije je prisutna dok traju eksperimenti i merenje u laboratoriji. Za siguran rad važno je razumeti i pridržavati se sigurnosnih pravila, kako bi se smanjio rizik.

Električni šok:

Izbegavajte kontakt s provodnicima pod naponom u strujnim kolima. Elektrošok se događa već pri naponu od 42V. Samo 100mA struje koja prolazi kroz grudi je obično fatalno.

Kontraksije mišića mogu sprečiti da se osoba koja je doživela strujni udar (elektrošok) udalji od strujnog kola. Ne dirajte nekoga ko je doživeo elektrošok dok je još uvek u kontaktu s električnim provodnicima, jer možete i vi doživeti elektrošok. Umesto toga, hitno treba isključiti električno napajanje u laboratoriji pomoću glavnog prekidača.

Budite oprezni s prstenjem, satovima, i ogrlicama. Koža ispod prstena ili sata je vlažna, snižava otpor kože. Cipele koje prekrivaju noge su puno sigurnije od sandala.

Ako žrtva ne diše, naći nekoga ko je obučen za pružanje prve pomoći. Ako je žrtva bez svesti pozvatni HITNU POMOĆ na telefonski broj 194. Budi brz! Ako je u svesnom stanju i pokretna, žrtvu treba odvesti u najbližu zdravstvenu ustanovu na pregled i eventualno lečenje.

Vatra:

Tranzistori i ostale komponente mogu tokom rada postati vrlo vrući i izazvati teške opekotine ako se dodiruju. Ako se tranzistori, otpornici ili druge komponente na ploči za eksperimente i merenje zapale, isključite napajanje i obavestite dežurnog asistenta. Ako se računari ili elektronski instrumenti zapale, isključite kompletno napajanje pomoću glavnog prekidača. Mali električni požari gasi se priručnim sredstvima posle isključenja električnog napajanja.

Eksplozija:

Kada koristite elektrolitske kondenzatore, budite oprezni i primenite pravilan polaritet napona i ne prelazite deklarisanе maksimalne vrednosti. Elektrolitski kondenzator može eksplodirati i izazvati povrede.

Mehaničke povrede:

Mehaničke povrede mogu nastati pri upotrebi laboratorijskog pribora, alata, odnosno usled pada ili udara.

- a) Ukoliko se koristi alat (klešta, pinceta, odvrtka i sl.), potrebno je biti razumno oprezan jer može doći do posekotina, ogrebotina ili oštećenja opreme i odeće. Isto važi i za sonde osciloskopa i instrumenata i sličan pribor koji može naneti mehaničke povrede.
- b) Povrede usled pada ili udara mogu nastati kao posledica nepažljivog ponašanja u laboratoriji (ljuljanje na stolici, sedenje na ivici stolice, i dr.), udara u mehaničke prepreke (stolice, torbe, instrumente, i dr.). Da bi se smanjila mogućnost ove vrste povreda potrebno je lične stvari odložiti na čiviluke, stolice složiti posle obavljenih vežbi, a opremu i instrumente držati uredno složene na predviđenim mestima. Svaku povredu prijaviti dežurnom asistentu u laboratoriji, a po potrebi povređenog uputiti u zdravstvenu ustanovu radi saniranja povrede.

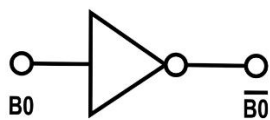
Laboratorijski izveštaj

Laboratorijski izveštaj je zapis svih radova koji se odnose na eksperiment. Rezultate beležiti direktno tokom eksperimenta. Ne uzdajte se u svoju memoriju verujući da ćete izveštaj ispuniti detaljima kasnije. Ovaj praktikum je napisan tako da se kompletan izveštaj direktno unosi u praktikum. Nije potrebno korišćenje dodatnih papira za unos podataka, izračunavanja, crtanja dijagrama i grafikona i sl.

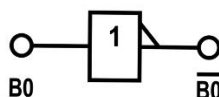
II STANDARDI ZA OZNAČAVANJE LOGIČKIH KOLA

U ovom odeljku prikazani su standardi za označavanje logičkih kola: MIL 806B i IEC 617-12. Sve šeme u praktikumu prikazane su u skladu sa jednim od ova dva standarda.

Logičko kolo inverter (NOT) se prikazuje na sledeći način:

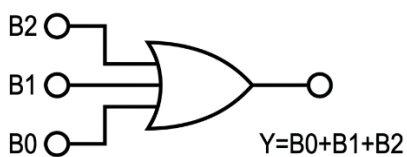


MIL 806 B

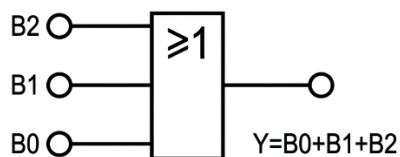


IEC 617-12

Logičko ILI (OR) kolo se prikazuje na sledeći način:

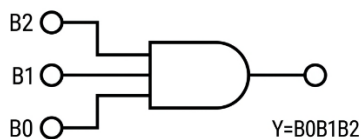


MIL 806 B

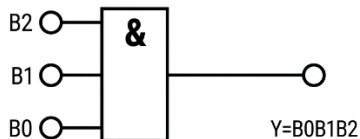


IEC 617-12

Logičko I kolo (AND) se prikazuje na sledeći način:

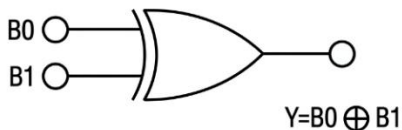


MIL 806 B

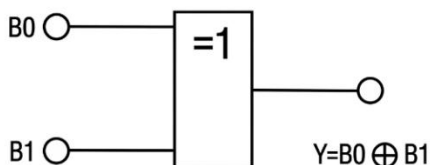


IEC 617-12

Logičko EKSKLUZIVNO ILI kolo (XOR) se prikazuje na sledeći način:



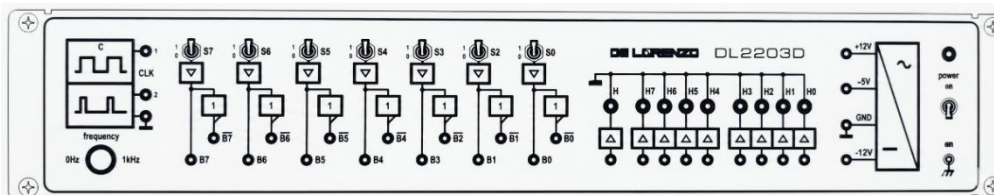
MIL 806 B



IEC 617-12

III OSNOVNI MODUL DL2203D

Osnovni modul DL2203D služi za generisanje impulsa logičke nule (0V) i logičke jedinice (5V), prikaz logičkih funkcija na displeju sa svetlećim diodama i za napajanje elektronskih komponenti jednosmernim naponima. Prednja ploča modula DL2203D je prikazana na slici 1.



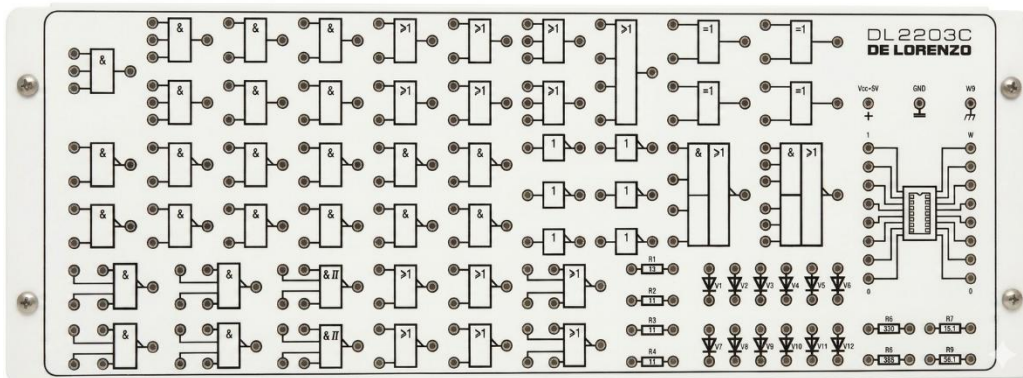
Slika 1. Prednja ploča modula DL2203D

Prednja ploča modula DL2203D, prikazana na slici 1, sastoji se od:

1. **Generators jednosmernih (DC) napona** sledećih karakteristika:
 - +12V / 500mA
 - +5V / 2A
 - 5,2V / 500mA
2. **Generators impulsa** i to:
 - a. CLK1 - generator povorke kvadratnih impulsa frekvencije između 1Hz i 1kHz
 - b. CLK2 - generator impulsa kratkog trajanja, frekvencije između 1Hz i 1kHzPodešavanje frekvencije impulsa se vrši pomoću frekvencijskog potencijometra.
3. **Generators napona logičke 0 i logičke 1** (B0 do B7). Generisanje logičke nule i logičke jedinice se postiže pomoću prekidača S0 do S7.
Postavljenjem prekidača S u položaj "1" dobija se:
 $B = "1"$ (+5V)
 $\overline{B} = "0"$ (0V)
Postavljenjem prekidača S u položaj „0“ dobija se:
 $B = "0"$ (0V)
 $\overline{B} = "1"$ (+5V)
4. **Displeja logičkih stanja** (H0 do H7, H).
Kada je na ulazu displeja "1" (+5V) odgovarajuća LED dioda će zasvetliti.
5. **Jedinica za napajanje električnom strujom** (220V, oko 50VA, 50-60 Hz) koja se uključuje aktiviranjem prekidača **POWER ON** na osnovnom modulu DL2203D.

IV PREDNJA PLOČA MODULA DL2203C

Modul DL2203C je namenjen za realizaciju logičkih funkcija pomoću osnovnih logičkih kola i sintezu kombinacionih mreža. Prednja ploča modula DL2203C je prikazana na slici 2.



Slika 2. Prednja ploča modula DL2203C

Prednja ploča modula DL2203C, prikazana na slici 2, sadrži sledeće elemente:

1. TTL komponente

- 4 2-ulazna i 3 3-ulazna I kola
- 12 2-ulaznih i 4 4-ulaznih NI kola
- 4 2-ulazna, 2 3-ulazna i 1 4-ulazno ILI kolo
- 4 2-ulazna i 2 4-ulazna NILI kola
- 4 2-ulazna XOR kola
- 6 invertora
- 1 2-ulazno I-ILI-NE kolo
- 1 3-ulazno I-ILI-NE kolo
- 2 Schmitt-ova kola

2. Pasivne komponente

- 12 dioda (100mA/50V)
- 8 otpornika 0,25W, 5% (330Ω; 680 Ω; 4 x 1k Ω; 10kΩ; 100kΩ)
- podnožje za integrisana 16-pinska kola

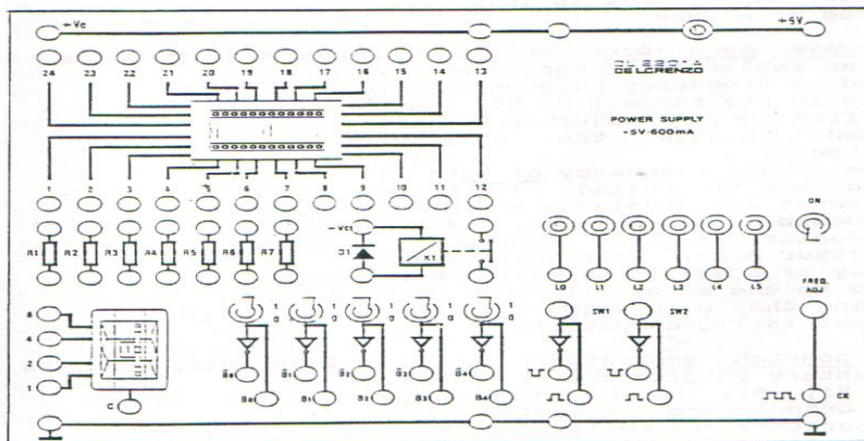
3. Napajanje (Power supply)

Vcc=5V, oko 3W.

Vcc i GND priključak na ploči DL2203C je potrebno povezati sa +5V i GND ulazima DL2203D.

V PREDNJA PLOČA MODULA DL2201A

Modul DL2201A namenjen je za generisanje napona jednosmerne struje, generisanje kvadratnih impulsa, generisanje logičkih stanja, te povezivanje sa drugim pločama. Modul DL2201A je prikazan na slici 3.



Slika 3. Prednja ploča modula DL2201A

Modul DL2201A se koristi za:

- napajanje svih komponenti i kola koja se koriste
- generisanje ulaznih signala odgovarajućih karakteristika
- prikazivanje izlaznih signala

Modul se odgovarajućim kablom povezuje na glavni izvor napajanja u laboratoriji (220V, 50Hz).

Komponente modula DL2201A

1. **Jedinica za napajanje** sledećih karakteristika: 5V, 600mA, zaštićena od kratkog spoja na izlazu. Napon od 5V je dostupan na 4 crvena izlaza na ploči samo ako je prekidač u ON položaju, što se vidi po LED diodi koja je tada uključena. S druge strane, četiri crna izlaza na ploči su povezana na masu (ground).
Napomena: Jedinica za napajanje je interno zaštićena osiguračem.
2. **Generator kvadratnih impulsa** amplitude oko 5V i promenljive frekvencije od 1Hz do 1kHz. Frekvencija se menja potencijometrom. Kada je podešena

frekvencija od 1Hz, moguće je posmatranje logičkih signala „golim okom“. U slučaju frekvencije od 1kHz, logički signali se posmatraju na osciloskopu. Izlaz je TTL-kompatibilan.

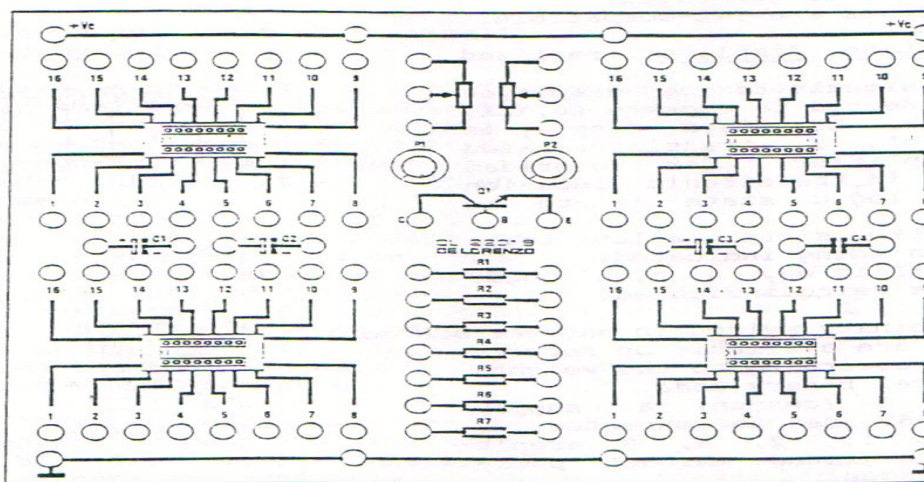
3. **5 generatora logičkih konstanti**, B0 do B5, sa komplementarnim izlazima. Generatori su realizovani sa 5 prekidača. Kada su prekidači u položaju 1, na Bi izlazima je napon od 5V, a na odgovarajućim komplementarnim izlazima je tada 0V. Kada je prekidač u položaju 0, na Bi izlazima je 0V, a na odgovarajućim komplementarnim izlazima je tada napon od 5V.
4. **2 generatora impulsa**, koji se aktiviraju pritiskom na dugme SW1, odnosno SW2. Pored dugmića se nalazi simbol koji pokazuje da li je generator impulsa pozitivne ili negativne amplitude napona. Generatori sadrže i komplemetarne izlaze, a svi izlazi su TTL-kompatibilni.
5. **6 displeja logičkih stanja**, realizovanih pomoću LED dioda. Signal koji se želi prikazati se povezuje na odgovarajuće ulaze L0 do L5.
6. **1 rotirajući binarni prekidač** u prirodnom BCD kodu. Izlazi su označeni ciframa 1, 2, 4 i 8. Na ulaz C se mora dovesti napona od 5V.
7. **Relej sa prirodno otvorenim kontaktima**, sa zaštitnom diodom. Relej se mora napajati naponom od 5V.
8. **8 otpornika** sledećih karakteristika: 220Ω , 5%, $\frac{1}{4}$ W.
9. **Profesionalno 24 pinsko podnožje** (socket) u koje se može postaviti integrisano kolo ili sedmo-segmentni displej.

VI PREDNJA PLOČA MODULA DL2201B

Modul DL2201B, prikazan na slici 4, se koristi za realizaciju logičkih kola tako što se odgovarajuće integrisano kolo postavi u specijalno podnožje, a zatim poveže sa ostalim komponentama modula DL2201B. Crveni ulaz +Vc sa slike 4 i ulaz za masu modula DL2201B se povezuju na odgovarajuće ulaze modula DL2201A.

Komponente modula DL2201B

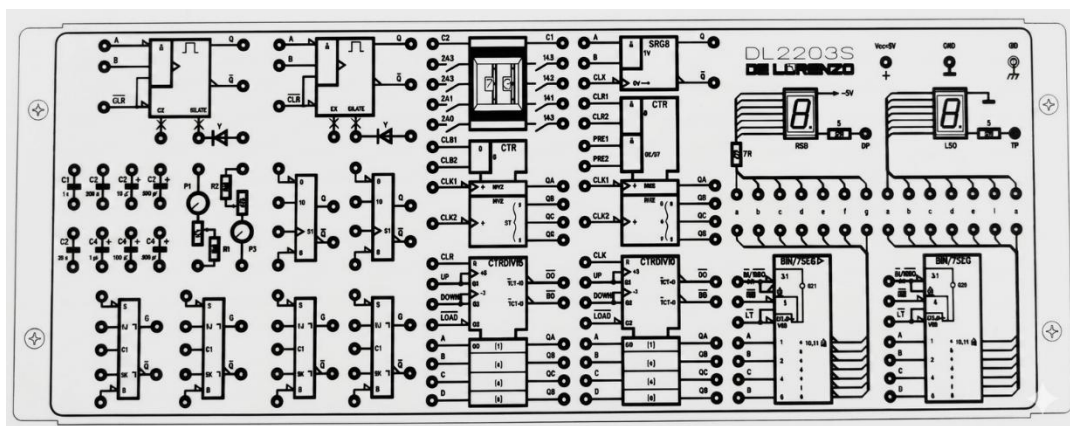
1. **NPN tranzistor:** BC 141-10.
2. **2 linearna potencimetra :** $P1 = 1\text{ k}\Omega$, $P2 = 50\text{ k}\Omega$.
3. **4 kondenzatora :** $C1 = 470\mu\text{F}$, 16V, elektrolitski, $C2 = 100\mu\text{F}$, 16V, elektrolitski, $C3 = 1\mu\text{F}$, 16V, elektrolitski i $C4 = 100\text{nF}$, 50V, keramički.
4. **7 otpornika,** $R1 = 100\text{ k}\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R2 = 100\text{ k}\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R3 = 1\text{ k}\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R4 = 1\text{ k}\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R5 = 330\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R6 = 330\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$, $R7 = 100\Omega$, 5%, $\frac{1}{4}\text{ W}$.
5. **4 profesionalna 16 pinska podnožja (soket),** u koja se postavljaju integrisana kola koja su predmet vežbe.



Slika 4. Prednja ploča modula DL2201B

VII PREDNJA PLOČA MODULA DL2203S

Modul DL2203S je namenjen za realizaciju sekvencijalnih kola, modula, brojača i registara.



Slika 5. Prednja ploča modula DL 2203S

Prednja ploča modula DL2203S, prikazana na slici 5, sadrži sledeće elemente:

1. Komponente

- 4 JK master-slave flipflopa
- 2 D flipflopa
- 2 monostabilna multivibratora
- 1 8-bitni pomerački (SHIFT) registar sa serijskim ulazom i serijskim izlazom
- 1 asinhroni binarni brojač
- 1 asinhroni decimalni brojač
- 1 sinhroni dvosmerni binarni brojač
- 1 sinhroni dvosmerni decimalni brojač
- 1 dekoder za sedmo-segmentni displej sa zajedničkom anodom
- 1 dekoder za sedmo-segmentni displej sa zajedničkom katodom
- 1 sedmo-segmentni displej sa zajedničkom anodom
- 1 sedmo-segmentni displej sa zajedničkom katodom
- 2 rotirajuća prekidača u BCD kodu
- 2 otpornika promenljivih otpornosti $2 \times [5k + (0-47k)] \Omega$
- Kondenzatori:
 - elektrolitski: $1\mu F$; $10\mu F$; $100\mu F$; $2 \times 470\mu F$
 - keramički: $1\mu F$; $10\mu F$; $100\mu F$

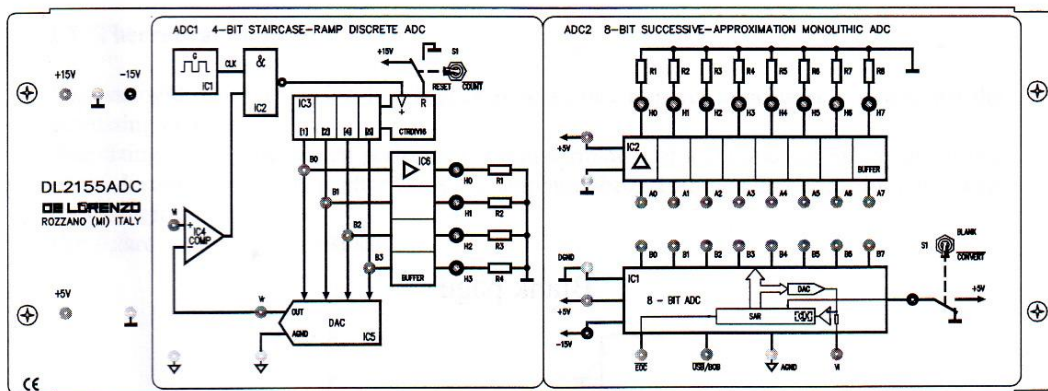
2. Napajanje (Power supply)

$V_{cc}=5V$, oko 5W.

V_{cc} i GND priključak na ploči DL2203S je potrebno povezati sa +5V i GND ulazima DL2203D.

VIII PREDNJA PLOČA MODULA DL2155ADC

Modul DL 2155ADC je namenjen za upoznavanje sa osnovnim principima rada analognog-digitalnih konvertora (ADC). Na slici 6 je prikazana prednja ploča modula DL2155ADC.



Slika 6. Prednja ploča modula DL2155ADC

Modul DL2155ADC se koristi zajedno sa kontrolnom pločom DL2155PCS koja obezbeđuje potrebno napajanje od $\pm 15V$ i $+5V$. Modul DL2155ADC se sastoji se od dve nezavisne jedinice, gde je na svakoj predstavljena jedna laboratorijska vežba koje ilustruje rad datog konvertora.

Jedinica ADC1 (slika 6, levo) predstavlja 4-bitni brojački AD konvertor (4-bit staircase-ramp discrete ADC). ADC1 sadrži sledeće elemente:

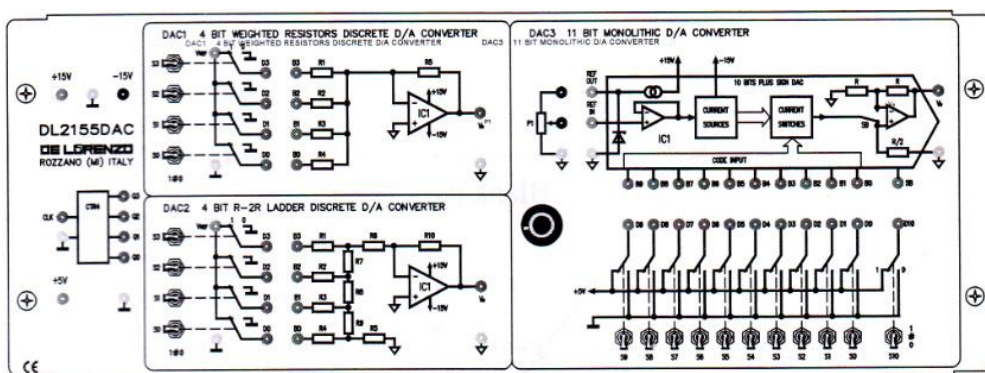
- **IC1** – 2-ulazno NI kolo Quad CD 4011
- **IC2** – 2-ulazno NI kolo Quad CD 4011
- **IC3** – binarni brojač CD 4029
- **IC4** – operacioni pojačavač LM 358
- **IC5** – DA konvertor DAC 210
- **IC6** – 4-bitni neinvertujući bafer CD 4050
- **R1-R4**, $1,8k\Omega \pm 5\%$, 0.25W
- **H0-H3**, led diode

Jedinica ADC2 (slika 6, desno) predstavlja 8-bitni monolitni AD konvertor sa sukcesivnim aproksimacijama (8-bit successive-approximation monolithic ADC). ADC2 sadrži sledeće elemente:

- IC1 - 8-bitni AD konvertor AD570J
- IC2 - 8-bitni neinvertujući bafer CD4050
- R1 - R8, $560\Omega \pm 5$, 0,25W
- H0 - H7, led diode

IX PREDNJA PLOČA MODULA DL2155DAC

Modul DL 2155DAC je namenjen za upoznavanje sa osnovnim principima rada digitalno-analognih konvertora (DAC). Na slici 7 je prikazana prednja ploča modula DL2155DAC.



Slika 7. Prednja ploča modula DL2155DAC

Modul DL2155ADC se koristi zajedno sa kontrolnom pločom DL2155PCS koja obezbeđuje potrebno napajanje od $\pm 15V$ i $+5V$. Modul DL2155DAC se sastoji se od 3 nezavisne jedinice.

Jedinica DAC1 se koristi za proveru rada 4-bitnog DA konvertora sa težinskom otpornom mrežom. DAC1 sadrži sledeće komponente:

- otpornike: $R1 = 9k\Omega$ (9,1 k Ω), $R2 = 18k\Omega$, $R3 = 36k\Omega$, $R4 = 72k\Omega$ (71,5 k $\Omega \pm 511\Omega$), $R5 = 4,5k\Omega$ (4,7k $\Omega \parallel 180 k\Omega$)
- operacioni pojačavač LM 358

Jedinica DAC2 se koristi za proveru rada 4-bitnog konvertora sa lestvičastom otpornom mrežom. DAC2 sadrži sledeće komponente:

- otpornike: $R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = 20k\Omega$, $R7 = R8 = R9 = 10k\Omega$, $R10 = 30k\Omega$

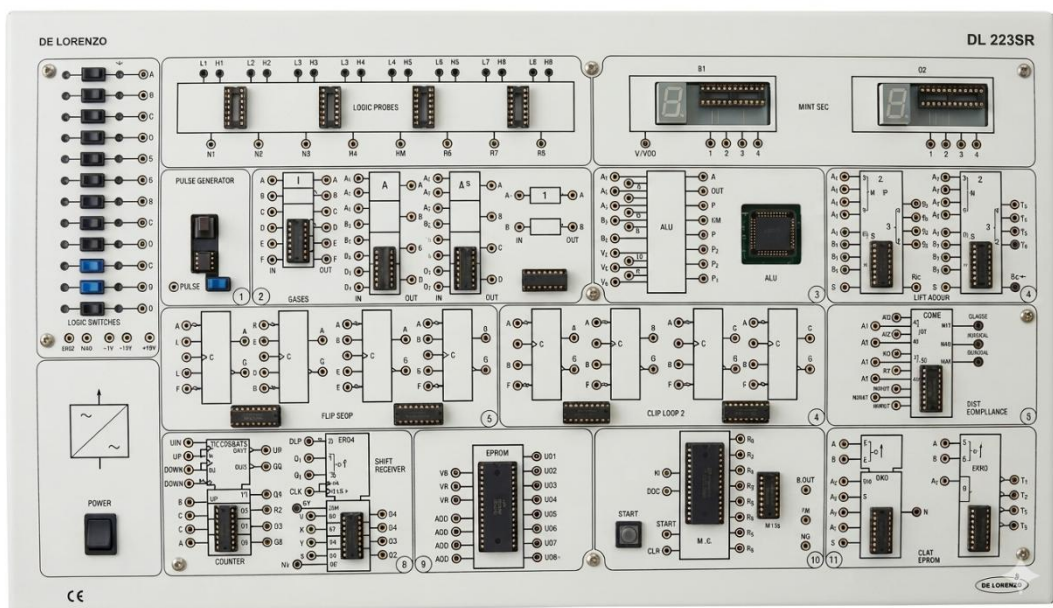
- **operacioni pojačavač LM 358**

Jedinica DAC3 se koristi za proveru rada 11-bitnog monolitnog (integrisanog) DA konvertora. DAC3 sadrži sledeće komponente:

- **P1 - potencijometar 100k Ω**
- **IC1 - DA konvertor DAX 210GX**

X PREDNJA PLOČA MODULA DL2203SR

Modul DL2203SR je namenjen za analizu i sintezu složenih digitalnih kola. Prednja ploča modula DL2203SR je prikazana na slici 8.



Slika 8. Prednja ploča modula DL2203SR

Modul DL2203SR sadrži sledeće elemente:

1. **Generatori jednosmernih napona od 5V i 15V.**
2. **Generatori napona logičke 0 i logičke 1 (A,B,C,D,E,F,G,H,I,L,M,N).**
Generisanje napona se obavlja pomoću odgovarajućih prekidača. Signaliziranje vrednosti napona se postiže pomoću LED diode (zeleno – nizak napon, logička nula; crveno – visok napon, logička jedinica).
3. **Dispeji logičkih stanja (L1H1,..L8H8)**

Kada je na ulazu displeja "1" (+5V) dioda H svetli crveno, a L je isključena.

Kada je na ulazu displeja "0" (0V) dioda L svetli zeleno, a H je isključena.

4. **Osnovna logička kola**
 - 6 invertora tipa 74HC04
 - 4 2-ulazna I kola tipa 74HC08
 - 4 2-ulazna ILI kola tipa 74HC32
 - 2 Šmitova invertora tipa 74HC14
5. **2 sedmosegmentna displeja BCD8421**
6. **Generator kvadratnih impulsa**
7. **Aritmetičko logička jedinica tipa 74HC181**
8. **2 4-bitna potpuna sabirača tipa 74HC283**
9. **4 JK flipflopa tipa 74HC121 sa mogućnošću asinhronog setovanja i resetovanja**
10. **4 D flipflopa tipa 74HC74 sa mogućnošću asinhronog setovanja i resetovanja**
11. **4-bitni komparator tipa 74HC85**
12. **4-bitni binarni brojač tipa 74HC193**
13. **4-bitni pomerački registar tipa 74HC194**
14. **EEPROM memorija AT28C64 (4-bitne adrese, 8-bitni podaci)**
15. **A/D konvertora tipa ADC0809 i D/A konvertor AD557 rezolucije 8 bita**

XI POSTUPAK RADA I IZVEŠTAJ O URAĐENOJ VEŽBI

Prilikom rada svake vežbe postupati na sledeći način:

1. Povezati komponente modula prema uputstvu, koje je dato za svaku vežbu
2. Pozvati dežurnog asistenta da proveri veze
3. Uključiti napajanje modula
4. Izvršiti zadatak iz uputstva
5. Uraditi izveštaj, koji je sastavni deo ovog praktikuma
6. Izveštaj ocenjuje dežurni asistent i studentu ukazuje na rezultate.

VEŽBA 1 - OSNOVNA LOGIČKA KOLA

TEORIJSKE OSNOVE

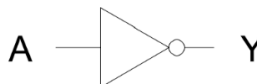
Signali sadrže informacije o svetu koji nas okružuje. U elektronici se signali dele na analogne i digitalne. Analogni signali su kontinualni u vremenu i po vrednosti, i obrađuju se pomoću analognih kola, kao što su pojačavači ili filtri. Posebnu klasu analognih signala čine impulsni signali. Oni imaju osobinu da im se amplituda može naglo promeniti. Primeri ovih signala su pojedinačni impulsi ili povorke (niz) impulsa različitog oblika, npr. pravougaoni, testerasti itd.

Digitalni signali su kontinualni u vremenu, ali diskretni po vrednosti. Ovo znači da je broj dozvoljenih amplitudskih nivoa signala konačan. U praksi se najčešće koriste binarni digitalni signali, koji imaju samo dva dozvoljena naponska, odnosno, amplitudska nivoa. Ovi nivoi se interpretiraju kao binarne cifre 0 i 1. Sistem gde se niži naponski nivo interpretira kao logička nula, a viši nivo kao logička jedinica se naziva pozitivna logika. Moguće je da se visok nivo interpretira kao logička nula, a nizak nivo kao logička jedinica, i u tom slučaju kažemo da se koristi negativna logika.

Nad binarnim signalima se mogu izvršavati razne proste ili složene logičke operacije i logičke funkcije. Osnovne logičke operacije će biti predmet ove vežbe, dok se logičke funkcije razmatraju u sledećoj vežbi. Obrada binarnih signala se obavlja primenom elektronskih digitalnih kola. Ona se sastoje od aktivnih i pasivnih elemenata i danas se gotovo isključivo prave u tehnologiji integrisanih kola. Osnovna logička kola su digitalna kola kojima se realizuju osnovne logičke operacije, odnosno, funkcije.

Logička NE operacija (negacija, komplementiranje, invertovanje) se definiše nad jednom logičkom promenljivom. Kombinatorna tabela za ovu operaciju i grafički simbol kola koje se koristi za realizaciju ove operacije su prikazani na slici 1.1. Kolo koje realizuje NE operaciju naziva se inverter.

A	Y
0	1
1	0



Slika 1.1. Kombinatorna tabela i grafički simbol NE operacije

Posmatrajmo I funkciju dve logičke promenljive A i B. Na slici 1.2 je prikazana kombinaciona tabela ili tabela istinitosti za operaciju logičko I, kao i grafički simbol za predstavljanje ove operacije. Osobina logičke I operacije nad dve promenljive je da se kao rezultat dobija logička jedinica samo ako obe promenljive imaju vrednost logičke jedinice. Kolo koje realizuje I operaciju naziva se I (AND) kolo.

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Slika 1.2. Kombinaciona tabela i grafički simbol I operacije

Kombinaciona tabela koja prikazuje ILI operaciju nad dve logičke promenljive prikazana je na slici 1.3. Na istoj slici je dat i grafički simbol koji se koristi za predstavljanje ove operacije. Analizom kombinacione tabele lako se primećuje da se kao rezultat dobija logička jedinica ako bar jedna promenljiva ima vrednost logičke jedinice. Kolo koje realizuje ILI operaciju naziva se ILI (OR) kolo.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Slika 1.3. Kombinaciona tabela i grafički simbol ILI operacije

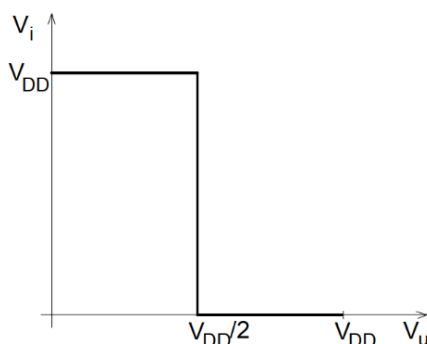
Kombinaciona tabela i grafički simbol za predstavljanje logičke operacije ekskluzivno ILI (engl. EX-OR) prikazani su na slici 1.4. Ova operacija daje logičku nulu na izlazu onda kada ulazne promenljive imaju iste vrednosti, odnosno, daje logičku jedinicu na izlazu kada ulazne promenljive imaju različite vrednosti. Za označavanje ove operacije u jednačinama se koristi simbol " $\oplus$ ".

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



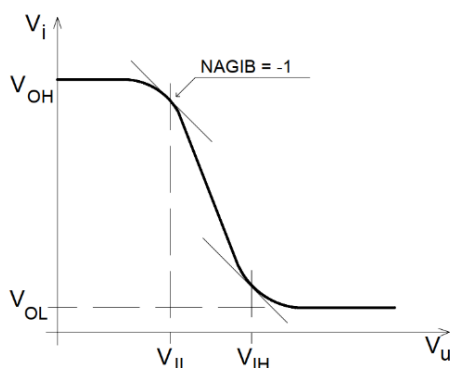
Slika 1.4. Kombinaciona tabela i grafički simbol XOR operacije

Pri analizi karakteristika osnovnih logičkih kola polazi se od kola koje poseduje idealne karakteristike tj. one karakteristike kojima težimo, ali ne možemo da dostignemo u praksi. Binarni nivoi logičke nule i jedinice kod ovakvih idealnih kola imaju vrednost nule, odnosno, napona napajanja. Ulazna impedansa je beskonačno velika, a izlazna je jednaka nuli. Prelaz napona na izlazu idealnog kola se vrši naglo, tj. vreme prelaza je kratko, a karakteristika prenosa (slika 1.5) je izrazito strma.



Slika 1.5. Karakteristika prenosa idealnog logičkog kola

Pri izradi logičkih kola, bez obzira na tehnologiju izrade, teži se ka ostvarenju navedenih idealnih karakteristika, iako se ne mogu u potpunosti ostvariti. Stoga, karakteristika prenosa realnih logičkih kola mora biti jako nelinearna, a u prelaznoj zoni što strmija. Promene na izlazu kola ne smeju da izazovu promene na ulazima istog kola.



Slika 1.6. Karakteristika prenosa realnog logičkog kola

U skladu sa navedenim osobinama idealnih i realnih logičkih kola, uvedene su precizne definicije karakteristika realnih logičkih kola, koje se koriste za njihov opis i međusobno poređenje.

Karakteristika prenosa

Karakteristika prenosa realnog logičkog kola prikazuje izlaz kola u funkciji njegovog ulaza, $v_i = f(v_u)$. Na slici 1.6 je prikazana karakteristika prenosa realnog invertorskog kola. Sa slike se može uočiti da postoji prelazna zona između logičkih nivoa, kao i da logički nivoi koji odgovaraju logičkoj nuli i jedinici nisu jednaki 0, odnosno, naponu napajanja.

Na karakteristici prenosa se mogu identifikovati tri različite oblasti. Prva oblast odgovora niskim ulaznim naponima, $v_u < V_{IL}$, pri čemu je $v_i \approx V_{OH}$. Druga oblast je prelazna zona, gde je $V_{IL} < v_u < V_{IH}$, i u ovoj oblasti se kolo nalazi samo tokom promene logičkog stanja na ulazu. Treća oblast odgovara visokim ulaznim naponima $v_u > V_{IH}$, pri čemu je $v_i \approx V_{OL}$. Ulazni naponi V_{IL} i V_{IH} su definisani tačkama gde je apsolutna vrednost nagiba tangente na karakteristiku prenosa jednaka jedinici. Napon V_{IL} je maksimalna vrednost napona logičke nule na ulazu, a V_{IH} je minimalni napon logičke jedinice na ulazu. Naponi V_{OL} i V_{OH} predstavljaju vrednosti logičke nule i logičke jedinice na izlazu, respektivno.

Margine šuma

Margina šuma je maksimalno dozvoljena promena napona na ulazu logičkog kola koja neće dovesti do promene logičkog nivoa na izlazu kola. Postoje dve margine šuma, za logičku nulu i logičku jedinicu. Margina šuma za logičku nulu se definiše kao $NM_0 = V_{IL} - V_{OL}$, a za logičku jedinicu $NM_1 = V_{OH} - V_{IH}$.

Faktor grananja na ulazu i izlazu

Kod idealnih logičkih kola, zbog beskonačne ulazne impedanse i nulte izlazne impedanse, ne postoje ograničenja u smislu broja priključaka koji se mogu dovesti na ulaz ili izlaz kola. Međutim, realna logička kola nemaju idealne vrednosti ulazne i izlazne impedanse, tako da kod sprezanja kola može doći da narušavanja električnih karakteristika.

Faktor grananja na izlazu je broj ulaznih priključaka koji se mogu priključiti na izlaz kola, a da ne dođe do nedozvoljene promene logičkog nivoa. Faktor grananja na ulazu predstavlja dozvoljen broj ulaznih priključaka. Ovaj parametar najčešće zavisi od izrade kola, ali kod nekih kola preveliki broj ulaza može i da degradira logičke nivoe na izlazu.

OPIS VEŽBE

U ovoj vežbi se vrši ispitivanje karakteristika sledećih osnovnih logičkih kola: invertorsko kolo, logičko I, logičko ILI i ekskluzivno ILI kolo. Koriste se logička kola iz familije 74LS, izrađenih u TTL tehnologiji.

PRIBOR, INSTRUMENTI I MATERIJAL

- Moduli DL2201A i DL2201B
- Integrisana kola: 74LS04, 74LS08, 74LS32 i 74LS86
- Provodnici za povezivanje elemenata na modulima
- Digitalni osciloskop
- Voltmetar

ZADATAK 1 - INVERTORSKO KOLO

U ovom delu vežbe se vrši ispitivanje karakteristika TTL invertora 74LS04. Proverava se funkcija koju kolo obavlja, te određuju karakteristika prenosa i margine šuma.

POSTUPAK PRI MERENJU

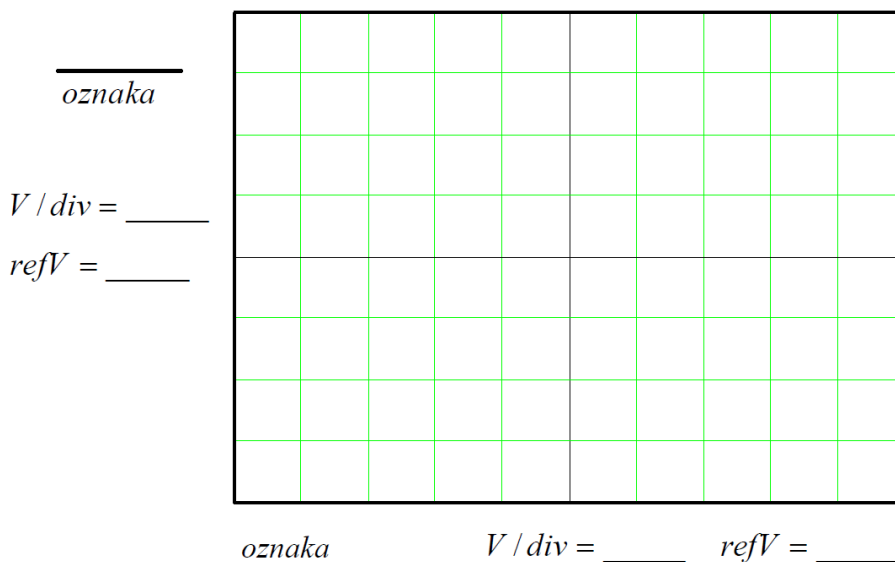
1. Povezati modul DL2201A na glavni izvor napajanja. Napajanje ne sme da bude uključeno (LED dioda blizu +5V ulaza ne sme da svetli).
1. Koristeći dva provodnika, povezati module DL2201A i DL2201B u tačkama napajanja i uzemljenja.
2. Postaviti integrisano kolo 74LS04 u jedno od 4 podnožja modula DL2201B. Pin 1 integrisanog kola mora biti postavljen u ulaz 1 podnožja. Integrisano kolo ima 14 pinova, dok podnožje ima 16 ulaza, tako da dva krajnje desna ulaza podnožja moraju biti slobodna. S obzirom da integrisano kolo ima 6 invertora, u vežbi se koristi ono invertorsko kolo čiji je ulaz pin 1, a izlaz pin 2.
3. Povezati:
 - ulaz 7 podnožja (pin 7 integrisanog kola) na uzemljenje.
 - ulaz 16 podnožja (pin 14 integrisanog kola) na +5V.
 - ulaz 1 podnožja (pin 1 integrisanog kola) na B0 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
 - ulaz 2 podnožja (pin 2 integrisanog kola) na L0 ulaz DL2201A modula, za posmatranje izlaznog signala.

Proveriti da li je sve ispravno povezano i uz odobrenje dežurnog asistenta uključiti napajanje.

- Proveriti da li kolo obavlja logičku NOT funkciju (invertovanje) popunjavanjem tabele ispod.

ULAZ	IZLAZ

- Ulaz 1 podnožja povezati na generator kvadratnih impulsa modula DL2201A, a frekvenciju podesiti na 1kHz.
- Kanal 1 osciloskopa vezati na ulaz 1, a kanal 2 osciloskopa na ulaz 2 podnožja.
- Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
- Nacrtati karakteristiku prenosa logičkog kola.



- Posmatrati signale na osciloskopu i odrediti: V_{OH} , V_{OL} , V_{IH} , V_{IL} , kao i margine šuma.

$V_{OH} =$ _____ V, $V_{OL} =$ _____ V, $V_{IH} =$ _____ V, $V_{IL} =$ _____ V

Margina šuma logičke jedinice: $NM(1) =$ _____ V

Margina šuma logičke nule: $NM(0) =$ _____V

ZAKLJUČAK

ZADATAK 2 - LOGIČKO I KOLO

U ovom delu vežbe se vrši provera rada i ispitivanje karakteristika TTL kola 74LS08 koje obavlja logičku I funkciju. Proverava se funkcija koju kolo obavlja, te određuju karakteristike prenosa i margine šuma.

POSTUPAK PRI MERENJU

1. Povezati modul DL2201A na glavni izvor napajanja. Napajanje ne sme da bude uključeno (LED dioda blizu +5V ulaza ne sme da svetli).
2. Koristeći dva provodnika, povezati module DL2201A i DL2201B u tačkama napajanja i uzemljenja.
3. Postaviti integrisano kolo 74LS08 u jedno od 4 podnožja modula DL2201B. Pin 1 integrisanog kola mora biti postavljen u ulaz 1 podnožja. Integrisano kolo ima 14 pinova, dok podnožje ima 16 ulaza, tako da dva krajnje desna ulaza podnožja moraju biti slobodna. S obzirom da integrisano kolo ima 4 dvoulazna logička I kola, u vežbi se koristi ono logičko I kolo čiji su ulazi pin 1 i pin 2, a izlaz pin 3.
4. Povezati:
 - ulaz 7 podnožja (pin 7 integrisanog kola) na uzemljenje.
 - ulaz 16 podnožja (pin 14 integrisanog kola) na +5V.
 - ulaz 1 podnožja (pin 1 integrisanog kola) na B0 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
 - ulaz 2 podnožja (pin 2 integrisanog kola) na B1 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.

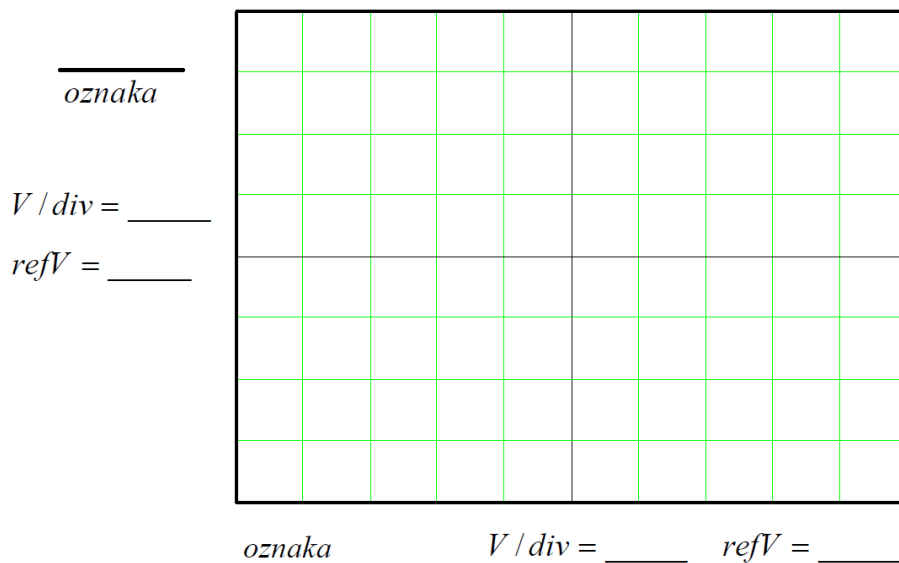
- ulaz 3 podnožja (pin 3 integrisanog kola) na L0 ulaz DL2201A modula, za posmatranje izlaznog signala.

Proveriti da li je sve ispravno povezano i uz odobrenje dežurnog asistenta uključiti napajanje.

5. Proveriti da li kolo obavlja logičku I fukciju popunjavanjem tabele ispod.

ULAZ (B0)	ULAZ (B1)	IZLAZ (L0)

6. Ulaz 1 podnožja povezati na visok naponski nivo od 5V (B0 prekidač držati uključenim). Ulaz 2 podnožja povezati na generator kvadratnih impulsa modula DL2201A, a frekvenciju podesiti na 1kHz.
7. Kanal 1 osciloskopa vezati na ulaz 2, a kanal 2 osciloskopa na ulaz 3 podnožja.
8. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
9. Nacrtati karakteristiku prenosa logičkog kola.



10. Posmatrati signale na osciloskopu i odrediti: V_{OH} , V_{OL} , V_{IH} , V_{IL} , kao i margine šuma.

$V_{OH} = \underline{\hspace{2cm}} V$, $V_{OL} = \underline{\hspace{2cm}} V$, $V_{IH} = \underline{\hspace{2cm}} V$, $V_{IL} = \underline{\hspace{2cm}} V$

Margina šuma logičke jedinice: $NM(1) = \underline{\hspace{2cm}} V$

Margina šuma logičke nule: $NM(0) = \underline{\hspace{2cm}} V$

ZAKLJUČAK

ZADATAK 3 - LOGIČKO ILI KOLO

U ovom delu vežbe se vrši provera rada i ispitivanje karakteristika TTL kola 74LS32 koje obavlja logičku ILI funkciju. Proverava se funkcija koju kolo obavlja, te određuju karakteristike prenosa i margine šuma.

POSTUPAK PRI MERENJU

1. Povezati modul DL2201A na glavni izvor napajanja. Napajanje ne sme da bude uključeno (LED dioda blizu +5V ulaza ne sme da svetli).
2. Koristeći dva provodnika, povezati module DL2201A i DL2201B u tačkama napajanja i uzemljenja.
3. Postaviti integrisano kolo 74LS32 u jedno od 4 podnožja modula DL2201B. Pin 1 integrisanog kola mora biti postavljen u ulaz 1 podnožja. Integrisano kolo ima 14 pinova, dok podnožje ima 16 ulaza, tako da dva krajnje desna ulaza podnožja moraju biti slobodna. S obzirom da integrisano kolo ima 4 dvoulazna logička ILI kola, u vežbi se koristi ono logičko ILI kolo čiji su ulazi pin 1 i pin 2, a izlaz pin 3.
4. Povezati:
 - ulaz 7 podnožja (pin 7 integrisanog kola) na uzemljenje.

- ulaz 16 podnožja (pin 14 integrisanog kola) na +5V.
- ulaz 1 podnožja (pin 1 integrisanog kola) na B0 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
- ulaz 2 podnožja (pin 2 integrisanog kola) na B1 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
- ulaz 3 podnožja (pin 3 integrisanog kola) na L0 ulaz DL2201A modula, za posmatranje izlaznog signala.

Proveriti da li je sve ispravno povezano i uz odobrenje dežurnog asistenta uključiti napajanje.

5. Proveriti da li kolo obavlja logičku ILI funkciju popunjavanjem tabele ispod.

ULAZ (B0)	ULAZ (B1)	IZLAZ (L0)

6. Ulaz 1 podnožja povezati na nizak naponski nivo od 0V (B0 prekidač držati isključenim). Ulaz 2 podnožja povezati na generator kvadratnih impulsa modula DL2201A, a frekvenciju podesiti na 1kHz.
7. Kanal 1 osciloskopa vezati na ulaz 2, a kanal 2 osciloskopa na ulaz 3 podnožja.
8. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
9. Nacrtati prenosnu karakteristiku logičkog kola.

oznaka

$V / div =$ _____

$refV =$ _____

oznaka _____

$V / div =$ _____

$refV =$ _____

10. Posmatrati signale na osciloskopu i odrediti: V_{OH} , V_{OL} , V_{IH} , V_{IL} , kao i margine šuma.

$V_{OH} =$ _____ V, $V_{OL} =$ _____ V, $V_{IH} =$ _____ V, $V_{IL} =$ _____ V

Margina šuma logičke jedinice: $NM(1) =$ _____ V

Margina šuma logičke nule: $NM(0) =$ _____ V

ZAKLJUČAK

ZADATAK 4 - EKSKLUZIVNO ILI LOGIČKO KOLO

U ovom delu vežbe se vrši provera rada i ispitivanje karakteristika TTL kola 74LS86 koje obavlja logičku funkciju ekskluzivno ILI (EX-ILI). Proverava se funkcija koju kolo obavlja, te određuju karakteristike prenosa i margine šuma.

POSTUPAK PRI MERENJU

1. Povezati modul DL2201A na glavni izvor napajanja. Napajanje ne sme da bude uključeno (LED dioda blizu +5V ulaza ne sme da svetli).
2. Koristeći dva provodnika, povezati module DL2201A i DL2201B u tačkama napajanja i uzemljenja.
3. Postaviti integrisano kolo 74LS86 u jedno od 4 podnožja modula DL2201B. Pin 1 integrisanog kola mora biti postavljen u ulaz 1 podnožja. Integrisano kolo ima 14 pinova, dok podnožje ima 16 ulaza, tako da dva krajnje desna ulaza podnožja moraju biti slobodna. S obzirom da integrisano kolo ima 4 EX-ILI kola, u vežbi se koristi ono EX-ILI kolo čiji su ulazi pin 1 i pin 2, a izlaz pin 3.
4. Povezati:
 - ulaz 7 podnožja (pin 7 integrisanog kola) na uzemljenje.
 - ulaz 16 podnožja (pin 14 integrisanog kola) na +5V.
 - ulaz 1 podnožja (pin 1 integrisanog kola) na B0 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
 - ulaz 2 podnožja (pin 2 integrisanog kola) na B1 ulaz DL2201A modula, za generisanje ulaznog signala.
 - ulaz 3 podnožja (pin 3 integrisanog kola) na L0 ulaz DL2201A modula, za posmatranje izlaznog signala.

Proveriti da li je sve ispravno povezano i uz odobrenje dežurnog uključiti napajanje.

5. Proveriti da li kolo obavlja logičku EX-ILI funkciju popunjavanjem tabele ispod.

ULAZ (B0)	ULAZ (B1)	IZLAZ (L0)

6. Ulaz 1 podnožja povezati na visok naponski nivo od 5V (B0 prekidač držati uključenim). Ulaz 2 podnožja povezati na generator kvadratnih impulsa modula DL2201A, a frekvenciju podesiti na 1kHz.
7. Kanal 1 osciloskopa vezati na ulaz 2, a kanal 2 osciloskopa na ulaz 3 podnožja.

8. Prebaciti osciloskop u mod prikazivanja XY.
9. Nacrtati prenosnu karakteristiku logičkog kola.

