

JOVAN ĐORĐEVIĆ

BOŠKO NIKOLIĆ

ZAHARIJE RADIVOJEVIĆ

NENAD GRBANOVIĆ

MARIJA OBRADOVIĆ

OSNOVI RAČUNARSKE TEHNIKE I

PRAKTIKUM

Beograd 2007.

PREDGOVOR

Ova knjiga je osnovni udžbenik za Praktikum iz Osnova računarske tehnike I. Knjiga sadrži kratak opis softverskog paketa za projektovanje i simulaciju prekidačkih mreža i osnovnih kombinacionih i sekvencijalnih prekidačkih modula. Studenti treba da korišćenjem opisanog paketa najpre isprojektuju strukturne šeme datih kombinacionih i sekvencijalnih prekidačkih modula i da zatim izvrše njihovu simulaciju.

Autori su tako isprojektovali strukturne šeme svih datih kombinacionih i sekvencijalnih prekidačkih modula i uspešno izvršili njihovu simulaciju. Ipak, autori će biti zahvalni svima onima koji budu ukazali na otkrivene greške kao pri radu sa opisanim sistemom, tako i u samim vežbama. Takođe su dobrodošle i sve sugestije oko mogućeg poboljšanja i softverskog paketa i materijala datog u ovoj knjizi.

Autori se zahvaljuju studentu postdiplomskih studija Časlavu Božiću za uloženi trud prilikom testiranja softverskog paketa i obradi teksta knjige.

Autori

Beograd

08.05.2007.

SADRŽAJ

PREDGOVOR	1
SADRŽAJ.....	3
1 KORISNIČKI INTERFEJS SOFTVERSKOG PAKETA IGOVSOEDS.....	7
1.1 OSNOVNI PROZOR SOFTVERSKOG PAKETA	8
1.1.1 PODLOGA ZA PRIKAZ ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE	8
1.1.2 GLAVNI MENI I GRAFIČKI SKUP POZIVA FUNKCIJA	9
1.1.3 BIBLIOTEKE KOLA I HIJERARHIJSKO STABLO MODULA	15
1.1.4 NAVIGACIJA I PREGLED REZULTATA RADA SIMULATORA	17
1.1.5 PREGLED PORUKA I SADRŽAJA STRUKTURE PODATAKA.....	19
1.1.6 SISTEM ZA POMOĆ PRI KORIŠĆENJU SOFTVERSKOG PAKETA	21
1.2 FUNKCIJE GRAFIČKOG EDITORA ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE.....	22
1.2.1 SKUP FUNKCIJA	22
1.2.2 DETALJNI PREGLED FUNKCIJA.....	28
1.3 RAD SA PARAMETRIMA SIMULACIJE I UPRAVLJANJE SIMULATOROM...57	
1.3.1 DEFINISANJE DOGAĐAJA ZA ZAUSTAVLJANJE SIMULACIJE	58
1.3.2 RAD SA LISTOM SIGNALA ZA PREGLED PROMENA VREMENSKIH OBLIKA SIGNALA	60
1.3.3 UPRAVLJANJE SIMULATOROM	61
2 MULTIPLESER	64
2.1 MULTIPLESER MP4/1 SA ČETIRI ULAZA I JEDNIM IZLAZOM.....	64
2.2 MULTIPLESER MP16/1 SA 16 ULAZA I JEDNIM IZLAZOM.....	65
3 DEMULTIPLESER.....	67
3.1 DEMULTIPLESER DP1/4 SA JEDNIM ULAZOM I ČETIRI IZLAZA	67
3.2 DEMULTIPLESER DP1/16 SA JEDNIM ULAZOM I 16 IZLAZA.....	68
4 DEKODER.....	70
4.1 DEKODER DC2/4 SA DVA ULAZA I ČETIRI IZLAZA.....	70
4.2 DEKODER DC4/16 SA ČETIRI ULAZA I 16 IZLAZA.....	71
5 KODER.....	73
5.1 KODER DC4/2 SA ČETIRI ULAZA I DVA IZLAZA	73
5.2 KODER CD16/4 SA 16 ULAZA I ČETIRI IZLAZA	75
6 SABIRAČ	77
6.1 JEDNORAZREDNI FC SABIRAČ	77
6.2 ČETVORORAZREDNI ADD4CR SABIRAČ SA SERIJSKIM PRENOSOM	78
6.3 ČETVORORAZREDNI SABIRAČ ADD4CG SA GRUPNIM PRENOSOM.....	80
7 ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA	85
7.1 ČETVORORAZREDNA ARITMETIČKA JEDINICA ARI/4	85

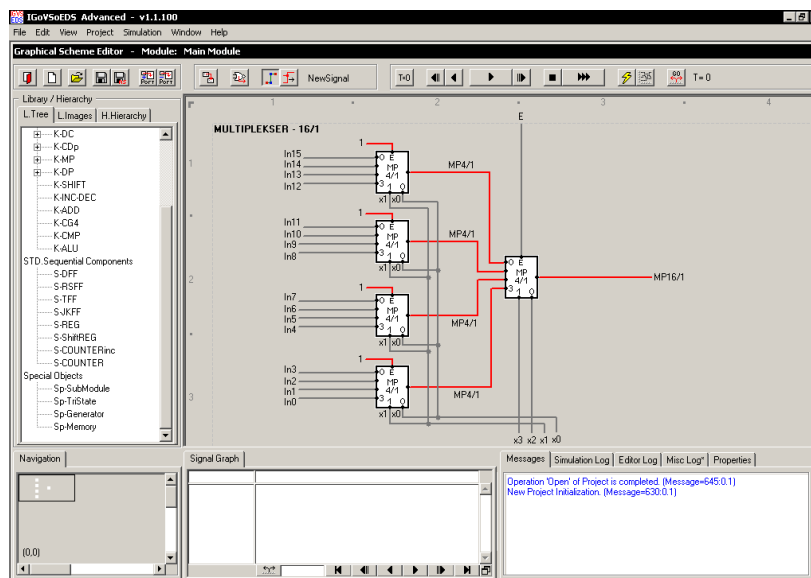
7.2	ČETVORORAZREDNA LOGIČKA JEDINICA LOG/4	87
7.3	ČETVORORAZREDNA ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA ALU/4	91
7.4	ŠESNAESTORAZREDNA ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA ALU/16	94
8	KOMPARATOR	98
8.1	JEDNORAZREDNI KOMPARATOR CMP/1	98
8.2	ČETVORORAZREDNI KOMPARATOR CMP/4	99
8.3	ŠESNAESTORAZREDNI KOMPARATOR CMP/16	101
9	FLIP-FLOP	103
9.1	FLIP-FLOPOVI SA NI ELEMENTIMA	103
9.1.1	D FLIP-FLOP	103
9.1.2	T FLIP-FLOP	104
9.1.3	RS FLIP-FLOP	105
9.1.4	JK FLIP-FLOP	106
9.2	FLIP-FLOPOVI SA NILI ELEMENTIMA	107
9.2.1	D FLIP-FLOP	107
9.2.2	T FLIP-FLOP	109
9.2.3	RS FLIP-FLOP	110
9.2.4	JK FLIP-FLOP	111
10	REGISTAR	113
10.1	JEDNORAZREDNI REGISTAR	113
10.1.1	JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA D TIPA	113
10.1.2	JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA T TIPA	114
10.1.3	JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA RS TIPA	115
10.1.4	JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA JK TIPA	116
10.2	ČETVORORAZREDNI REGISTAR	117
10.3	ŠESNAESTORAZREDNI REGISTAR	119
11	BROJAČ	122
11.1	JEDNORAZREDNI BROJAČ	122
11.1.1	JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA D TIPA	122
11.1.2	JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA T TIPA	123
11.1.3	JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA RS TIPA	124
11.1.4	JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA JK TIPA	125
11.2	ČETVORORAZREDNI BROJAČ	126
11.3	ŠESNAESTORAZREDNI BROJAČ	129
12	LITERATURA	133

1 KORISNIČKI INTERFEJS SOFTVERSKOG PAKETA IGOVSOEDS

Interaktivni generator vizuelnih simulatora elektronskih digitalnih struktura (IGoVSoEDS) pruža intuitivan korisnički interfejs za kreiranje i modifikaciju elektronskih digitalnih struktura, omogućava detaljno podešavanje značajnih parametara svih elektronskih digitalnih kola i modula, i obezbeđuje jednostavno upravljanje simulacijom i efikasan sistem pregleda rezultata rada simulacije trenutno aktivne elektronske digitalne strukture (u daljem tekstu *projekat*). Na slici 1 prikazan je osnovni prozor softverskog paketa *IGoVSoEDS*, koji se prilagođava trenutnoj rezoluciji radne površine, i može da se koristi za sve rezolucija. Glavne komponente softverskog paketa *IGoVSoEDS* su:

- Osnovni prozor softverskog paketa, čiji su sastavni delovi:
 - PODLOGA ZA PRIKAZ ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE (poglavlje 1.1.1, strana 8)
 - GLAVNI MENI I GRAFIČKI SKUP POZIVA FUNKCIJA (poglavlje 1.1.2, strana 9)
 - BIBLIOTEKE KOLA I HIJERARHIJSKO STABLO MODULA (poglavlje 1.1.3, strana 15)
 - NAVIGACIJA I PREGLED REZULTATA RADA SIMULATORA (poglavlje 1.1.4, strana 17)
 - PREGLED PORUKA I SADRŽAJA STRUKTURE PODATAKA (poglavlje 1.1.5, strana 19)
 - SISTEM ZA POMOĆ PRI KORIŠĆENJU SOFTVERSKOG PAKETA (poglavlje 1.1.6, strana 21)
- FUNKCIJE GRAFIČKOG EDITORA ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE (poglavlje 1.2, strana 22)
- RAD SA PARAMETRIMA SIMULACIJE I UPRAVLJANJE SIMULATOROM (poglavlje 1.3, strana 57)

Softverski paket je realizovan u tri verzije. *IGoVSoEDS Advanced* ima puni kapacitet strukture podataka za prihvatanje opisa digitalne strukture i na raspolaganju su sve funkcionalnosti, *IGoVSoEDS Basic* ima manji kapacitet i nisu na raspolaganju sve funkcionalnosti, dok verzija *IGoVSoEDS Simulation only* obezbeđuje samo izvršavanje simulacije unapred pripremljenih digitalnih struktura. Za sve verzije softverskog paketa *IGoVSoEDS* na raspolaganju je i odgovarajuća verzija za demonstraciju mogućnosti (*IGoVSoEDS Demo*). U narednim poglavljima detaljno su prikazane mogućnosti svih delova osnovnog prozora softverskog paketa, kao i svih postupaka za upravljanje radom softverskog paketa.



Slika 1 Osnovni prozor softverskog paketa IGoVSoEDS, sa realizacijom multipleksera 16/1

1.1 OSNOVNI PROZOR SOFTVERSKOG PAKETA

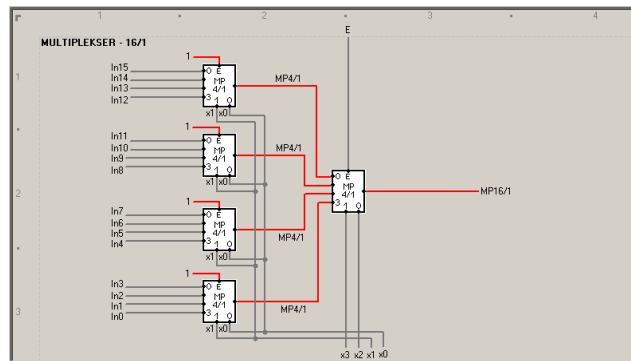
U poglavljima koja slede daje se detaljan pregled svih komponenti osnovnog prozora softverskog paketa IGoVSoEDS.

1.1.1 PODLOGA ZA PRIKAZ ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE

Na slici 2 prikazan je deo podloge na kojoj se realizuju topologija šeme elektronskih digitalnih struktura (u daljem tekstu *podloga za prikaz strukture*). Prikazan je deo podloge koji je trenutno vidljiv (slika 1), dok je ostatak podloge dostupan pomeranjem podloge pomoću strelica na tastaturi, u smerovima levo–desno i gore–dole. Na svim rubovima podloge prikazan je lenjir za lakše određivanje pozicije na podlozi. Lenjir ima po 10 podeoka na svim rubovima podloge, i može da se ukloni aktiviranjem odgovarajuće funkcije glavnog menija (View, slika 4).

Veličina podloge za prikaz strukture je nepromenljiva i prilagođena je prikazu pri rezoluciji 1280x1024, kada je vidljivo 25% podloge (50% po horizontali i 50% po vertikali). Na slici 2, pri rezoluciji 1024x768, vidljivi deo podloge je 38% po horizontali i 36% po vertikali, što daje vidljivost od oko 14% celokupne raspoložive podloge.

Broj podloga za prikaz strukture ograničen je na 2048 podloga, što daje raspoloživu radnu površinu od oko 300m², pri rezoluciji 1280x1024 i dijagonali monitora od 17". Ovako definisana radna površina može da prihvati do 500.000 D flip–flopova, sa prosečnom pokrivenošću radne površine D flip–flopovima od oko 20%.



Slika 2 Vidljivi deo podloge na kojoj se realizuje topologija šeme elektronske digitalne strukture

Ugrađene funkcije obezbeđuju:

- Dodavanje, pomeranje i brisanje standardnih sekvencijalnih i kombinacionih kola, kao i specijalnih kola i modula
- Dodavanje, pomeranje i brisanje signala i linija signala
- Dodavanje, pomeranje i brisanje natpisa opšte namene (*General Purpose Labels*), natpisa naziva signala (*Signal Name Labels*) i natpisa logičkih stanja na linijama signala koji su širi od jednog bita (*Signal State Labels*)
- Poravnavanje kola u odnosu na odabrano referentno kolo po levoj, desnoj, gornjoj ili donjoj ivici, kao i poništavanje poslednjeg poravnavanja (funkcija *Alignment*)
- Promenu veličine i izgleda *Port Module*-a i *NonPort Module*-a
- Jednostavnu zamenu *Port Module*-a i *NonPort Module*-a (funkcije *Replace With ALL Connections...* i *Replace Without ANY Connection...*), i slično

Navedene funkcija detaljno se opisuju u poglavljima koja slede.

1.1.2 GLAVNI MENI I GRAFIČKI SKUP POZIVA FUNKCIJA

Na slici 3 prikazan je gornji deo osnovnog prozora softverskog paketa *IGoVSoEDS*, na kome su informacija o verziji softverskog paketa, glavni meni, naziv modula elektronske digitalne strukture koji je trenutno prikazan i grafički skupovi poziva funkcija (*toolbars*).

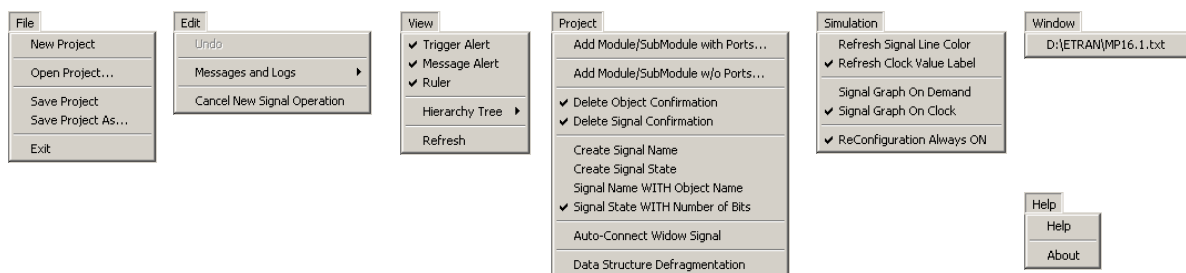


Slika 3 Gornji deo osnovnog prozora softverskog paketa *IGoVSoEDS*

U poglavljima koja slede daju se pregledi glavnog menija i grafičkih skupova poziva funkcija.

1.1.2.1 Glavni meni

Na slikama 4 i 5 prikazan je glavni meni softverskog paketa *IGoVSoEDS*.



Slika 4 Glavni skup funkcija softverskog paketa IGoVSoEDS – Glavni meni



Slika 5 Skup funkcija *Edit/Messages and Logs* (levo) i *View/Hierarchy Tree* (desno)

Na raspolaganju su grupe funkcija:

- *File* – skup standardnih funkcija za aktiviranje novog projekta, kao i za rad sa datotekama:
 - *New Project* – aktiviranje novog projekta
 - *Open Project...* – dijalog za otvaranje projekta, učitavanjem sadržaja datoteke (slika 6–levo)
 - *Save Project* – snimanje trenutno aktivnog projekta u datoteku
 - *Save Project As...* – dijalog za snimanje trenutno aktivnog projekta u datoteku (slika 6–desno)
 - *Exit* – izlazak iz aplikacije

U zavisnosti od tipa funkcije razlikuju se četiri dijaloga za rad sa datotekama (slika 6).

- *Edit* – funkcije za poništavanje akcija korisnika (*Undo* i *Cancel New Signal Operation*), kao i funkcije za rad sa objektima za obaveštavanje korisnika o radu softverskog paketa (skup funkcija *Messages and Logs*, slika 5–levo):

- *Undo* – funkcija za poništavanje operacija dostupna je samo u dva slučaja:
 - *Undo Alignment* – poništavanje operacije poravnavanja objekata
 - *Undo Signal* – poništavanje operacije kreiranja signala

Funkcija *Undo* može da se iskoristi samo neposredno nakon obavljanja navedenih operacija.

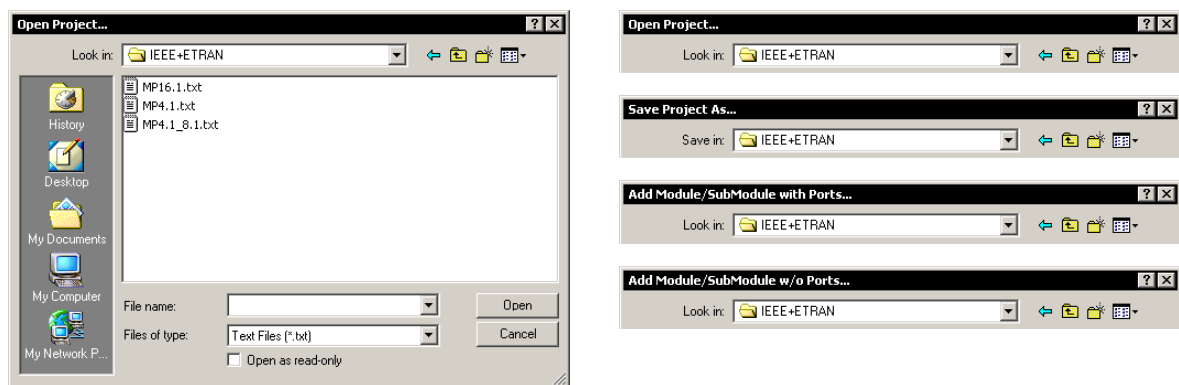
- *Messages and Logs* – skup funkcija za brisanje dela ili svih poruka u sistemu za informisanje, kao i u delu za arhiviranje i prikaz arhiviranih poruka (poglavlje 1.1.5.1, strana 19).
- *Cancel New Signal Operation* – prekidanje operacije kreiranja novog signala i poništavanje svih efekata započete operacije.
- *View* – funkcije za definisanje vrsta i načina prikaza poruka (*Trigger Alert*, *Message Alert* i *Ruler*), i prikaza hijerarhijskog stabla modula (skup funkcija *Hierarchy Tree*, slika 5–desno), kao i funkcija za restauraciju sadržaja podloge za prikaz strukture (*Refresh*):
 - *Trigger Alert* – parametar koji određuje da li nakon zaustavljanja simulacije usled

ispunjavanja uslova definisanih nekim od događaja za zaustavljanje simulacije treba prikazati poruku u sistemu za informisanje i arhiviranje poruka, o razlozima za zaustavljanje simulacije.

- *Message Alert* – parametar koji određuje da li treba da se prikaže kratka animacija prilikom kreiranja poruka u sistemu za informisanje i arhiviranje poruka.
- *Ruler* – parametar koji određuje da li treba prikazati lenjir na podlozi za prikaz strukture.
- *Hierarchy Tree* – skup parametara koji određuju na koji način treba da budu prikazani nazivi modula, u prostoru za prikaz hijerarhijske organizacije modula (poglavlje 1.1.3, strana 15).
- *Refresh* – funkcija za restauraciju sadržaja podloge za prikaz strukture. Ova funkcija se implicitno poziva nakon svih operacija kojima se menja sadržaj podloge za prikaz strukture, ali nije uvek u potpunosti uspešna, zbog karakteristika softverskog okruženja u kome je realizovan softverski paket. Stoga je u sistemu menija obezbeđena mogućnost eksplicitnog pozivanja ove funkcije.
- *Project* – funkcije za otvaranje dijaloga za učitavanje modula iz datoteka, kao i za definisanje vrsta i načina komunikacije korisnika i softverskog paketa:
 - *Add Module/SubModule with Ports...* – dodavanje modula sa portovima, definisanog sadržajem datoteke, trenutno aktivnom projektu (slika 6–desno). Dodati modul postaje integralni deo trenutno aktivnog projekta. Ukoliko u datoteci nisu definisani portovi, modul se dodaje bez portova.
 - *Add Module/SubModule w/o Ports...* – dodavanje modula bez portovima, definisanog sadržajem datoteke, trenutno aktivnom projektu (slika 6–desno). Dodati modul postaje integralni deo trenutno aktivnog projekta. Ukoliko su u datoteci definisani i portovi, portovi se ne kreiraju, i nije moguće naknadno dodavanje portova. Jedini način za naknadno dodavanje portova je brisanje modula bez portova i dodavanje modula pozivanjem funkcije *Add Module/SubModule with Ports...*
 - Skup parametara kojima se definiše ponašanje softverskog paketa:
 - *Delete Object Confirmation* – parametar koji određuje da li se prilikom brisanja kola i modula prikazuje poruka sa zahtevom da se operacija brisanja još jednom potvrdi.
 - *Delete Signal Confirmation* – parametar koji određuje da li se prilikom brisanja signala ili linije signala prikazuje poruka sa zahtevom da se operacija brisanja još jednom potvrdi.
 - *Create Signal Name* – parametar koji određuje da li se pri crtanju linije signala kreira natpis naziva signala. Ako je parametar obeležen, onda se natpis signala kreira ukoliko je linija signala dovoljno dugačka.
 - *Create Signal State* – parametar koji određuje da li se pri crtanju linije signala kreira natpis stanja signala, za signale šire od jednog bita.
 - *Signal Name WITH Object Name* – parametar koji određuje format kreiranja naziva signala prilikom kreiranja signala. Na raspolaganju su naziv kreiran prema nazivu konektora koji je izvor vrednosti kreiranog signala i naziv kreiran kao kombinacija naziva kola i konektora koji su izvor vrednosti kreiranog signala.
 - *Signal State WITH Number of Bits* – parametar koji određuje format natpisa stanja signala, za signale šire od jednog bita. Ovaj parametar definiše format svih natpisa stanja signala za trenutno aktivan projekat.
 - *Auto-Connect Widow Signal* – parametar koji određuje da li sistem implicitno treba da uspostavi vezu između signala van *NonPort Module*–a i signala unutar *NonPort Module*–a, prilikom povezivanja signala i *NonPort Module*–a, ukoliko je jednoznačno određeno da postoji samo jedan signal unutar *NonPort Module*–a sa kojim je moguće ostvariti vezu. Ukoliko ne postoji jednoznačno određen signal unutar *NonPort*

Module—a, otvara se dijalog za izbor signala sa kojim će se ostvariti veza (poglavlje 1.2.2.5.2.1, strana 54).

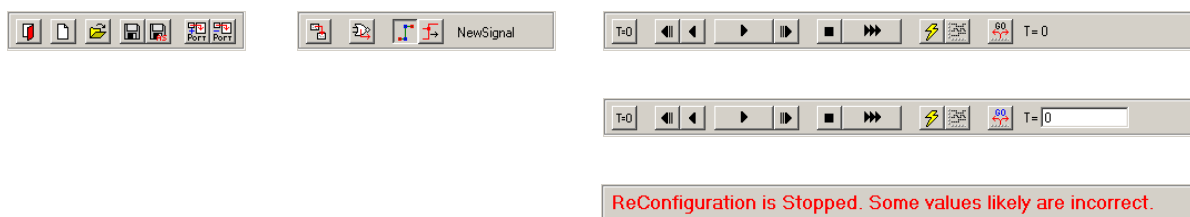
- *Data Structure Defragmentation* – defragmentacija sadržaja strukture podataka *IGoVSoEDS* koja čuva dizajn digitalne strukture koja je trenutno prikazana u softverskom paketu. Ova funkcija implicitno se poziva pri aktiviranju svih funkcija softverskog paketa za koje je neophodno da struktura podataka bude defragmentirana.
- *Simulation* – funkcije za definisanje vrsta i načina promena na podlozi za prikaz strukture i na drugim oblastima za prikaz rezultata rada simulatora, tokom i neposredno nakon završetka rada funkcija simulatora (npr. *Reset Simulation*, *Forward Simulation – Next Clock*, *Forward Simulation – Run Simulation*,...):
 - *Refresh Signal Line Color* – parametar koji određuje da li za svaki simulirani takt treba da se osveže boje linija signala i natpisi stanja signala, prilikom izvršavanja simulacije niza taktova (funkcija simulatora *Forward Simulation – Run Simulation*, poglavlje 1.1.2.2, strana 13).
 - *Refresh Clock Value Label* – parametar koji određuje da li za svaki simulirani takt treba da se osveži natpis za prikaz broja simuliranih taktova, prilikom izvršavanja simulacije niza taktova (funkcija simulatora *Forward Simulation – Run Simulation*, poglavlje 1.1.2.2, strana 13).
 - *Signal Graph On Demand* – parametar koji određuje da li za svaki simulirani takt treba da se osveži prikaz vremenskih oblika signala (poglavlje 1.1.4, strana 17), prilikom izvršavanja svih funkcija za simulaciju (poglavlje 1.3.3, strana 61). Ovaj parametar je stariji od parametra *Signal Graph On Clock*.
 - *Signal Graph On Clock* – parametar koji određuje da li za svaki simulirani takt treba da se osveži prikaz vremenskih oblika signala (poglavlje 1.1.4, strana 17), prilikom izvršavanja *Forward Simulation – Run Simulation* funkcije simulatora (poglavlje 1.1.2.2, strana 13).
 - *ReConfiguration Always ON* – parametar koji određuje da li se sa svakom promenom digitalne strukture ažurira opis digitalne strukture koji se čuva u strukturi podataka (poglavlje 1.1.2.2, strana 13). Ovaj parametar je potrebno isključiti kada se obavljaju promene veoma složenih digitalnih struktura. Detaljan opis uticaja vrednosti ovog parametra na rad grafičkog editora i simulatora daje se u poglavlju 1.3.3, na strani 61.
- *Window* – prikazuje apsolutnu putanju do datoteke u kojoj se čuva potpuni opis trenutno aktivne digitalne strukture. Datoteka sadrži stanje opisa digitalne strukture saglasno stanju prilikom učitavanja sadržaja datoteke, odnosno prilikom poslednjeg poziva funkcija *Save Project* i *Save Project As...*, ukoliko su ove funkcije aktivirane nakon učitavanja datoteke.
- *Help* – pozivi funkcija sistema za pomoć pri korišćenju softverskog sistema (*About* i *Help*, poglavlje 1.1.6, strana 21).



Slika 6 Funkcije *File/Open Project...*, *File/Save Project As...*, *Project/Add Module.SubModule with Ports...* i *Project/Add Module.SubModule w/o Ports...*

1.1.2.2 Grafički skup poziva funkcija

Grafički skupovi funkcija obezbeđuju prečice ka najznačajnijim funkcijama realizovanim u glavnom meniju softverskog paketa *IGoVSoEDS*, kao i skup funkcija za upravljanje radom simulatora trenutno aktivne digitalne strukture (*Toolbars*, slika 7).



Slika 7 Grafički skup funkcija za rad sa datotekama (*File Toolbar*), za izbor režima rada grafičkog editora (*Editor Mode Toolbar*) i za rad sa funkcijama simulatora (*Simulation Toolbar*)

Grafički skupovi funkcija obezbeđuju:

- rad sa datotekama (*File Toolbar*), odnosno pozive najznačajnijih funkcija glavnog menija:
 - File Menu (Exit, New Project, Open Project..., Save Project i Save Project As...)
 - Project Menu (Add Module/SubModule with Ports... i Add Module/SubModule w/o Ports...)
- izbor režima rada grafičkog editora elektronske digitalne strukture (*Editor Mode Toolbar*):
 - *Change Screen* – Ukoliko je aktivan režim rada *Change Screen*, ulazak u modul aktivne elektronske digitalne strukture ostvaruje se dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša (*double click*) na objektu koji predstavlja modul. Povratak na prikaz hijerarhijski neposredno nadređenog modula, u odnosu na trenutno prikazani modul, ostvaruje se dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na podlozi trenutno prikazanog modula. Ako nije aktivan režim rada *Change Screen*, akcije ulaska u modul i povratka na nadređeni modul ostvaruju se pozivanjem funkcija *Change Screen INTO* i *Change Screen UP*, u padajućim menijima *Object Menu* i *Canvas Menu* (poglavlje 1.2.1, strana 22, slika 18), respektivno.
 - *Move Object* – Ukoliko je aktivan režim rada *Move Object*, omogućeno je pomeranje objekata koji predstavljaju standardna sekvencijalna i kombinaciona kola, kao i

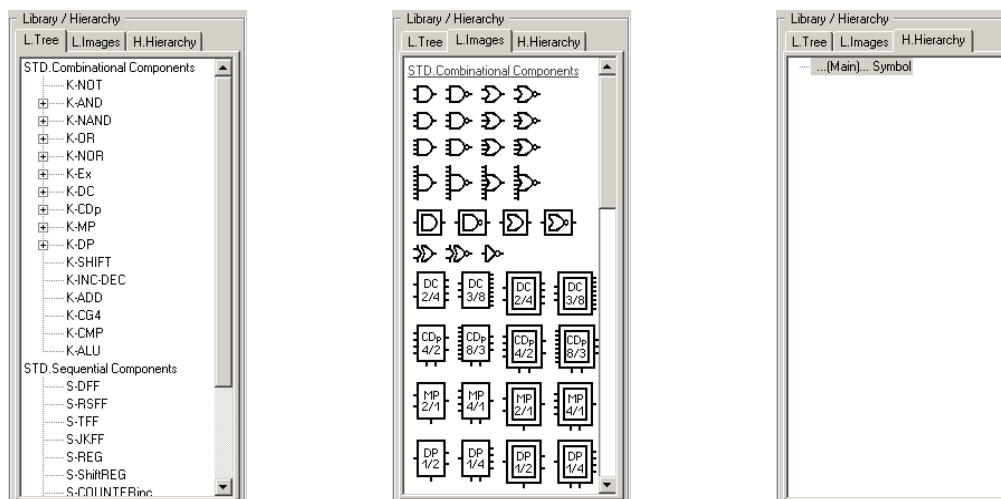
podređene module. Moguće je pomeranje i natpisa za prikaz naziva i stanja signala, kao i natpisa opšte namene. Pored osnovne namene, *Move Object* režim rada obezbeđuje i dodatne mogućnosti:

- *Select* – Grupisanje skupa objekata čija pozicija na podlozi može zajednički da se podešava pozivom funkcija za grupnu promenu položaja (*Special Menu, Alignment* funkcija: *Left, Right, Top* i *Bottom*, poglavlje 1.2.1, strana 22, slika 18).
- *Resize Object* – Promena veličine *NonPort Module*–a, uz ograničenja koja se uvode ukoliko ima linija signala koje su povezane na modul (poglavlje 1.2.2.5.2, strana 53).
- *New Signal* – Kreiranje signala i linija signala
- *Move Signal* – Modifikacija postojećih linija signala
- *Current Mode Indicator* – Indikator koji pokazuje trenutno aktivan režim rada
- skup funkcija za rad sa simulatorom elektronske digitalne strukture (*Simulation Toolbar*). U ovom paragrafu daje se samo pregled funkcija i informativnih polja, dok se detaljan pregled postupaka za upravljanje simulacijom daje u poglavlju 1.3 (strana 57).
 - *Reset Simulation* – tekuća simulacija dovodi se u početno stanje
 - *Fast Backward Simulation* – postavljanje simulacije na prvi prethodni trenutak memorisanog stanja simulatora
 - *Backward Simulation* – vraćanje simulacije za jedan takt unazad
 - *Forward Simulation, Next Clock* – aktiviranje simulacije jednog narednog sistemskog signala takta, ali i svih narednih sistemskih signala takta do trenutka pojavljivanja uzlazne ivice prvog narednog signala takta
 - *Fast Forward Simulation* – postavljanje simulacije na prvi naredni trenutak memorisanog stanja simulatora
 - *Stop Simulation* – zaustavljanje simulacije, za sve simulacije koje obuhvataju obradu više sistemskih signala takta
 - *Forward Simulation, Run Simulation* – startovanje simulacije, odnosno aktiviranje simulacije za obradu proizvoljnog broja sistemskih signala takta do prvog sledećeg kriterijuma za zaustavljanje simulacije, odnosno do aktiviranja funkcije *Stop Simulation*
 - *Triggers Dialog Box* – otvaranje dijaloga za definisanje događaja za zaustavljanje simulacije (poglavlje 1.3.1, strana 58)
 - *Signal Graph* – otvaranje dijaloga za rad sa listom signala za pregled promena vremenskih oblika signala (poglavlje 1.3.2, strana 60)
 - *Go To Tclk* – funkcija koja stanje simulatora dovodi u stanje jednako postavljenoj vrednosti signala takta u polju *New Tclk Value*. Prvo aktiviranje funkcije *Go To Tclk* kreira polje *New Tclk Value*, a naredno aktiviranje dovodi simulator na vremenski trenutak koji je postavljen u polju *New Tclk Value*, i potom uklanja polje *New Tclk Value* (slike 7–desno–gore i 7–desno–sredina).
 - *Clock Info* – prikaz trenutne vrednosti sistemskog signala takta (slika 7–desno–gore)
 - *New Tclk Value* – polje za postavljanje parametra funkcije *Go To Tclk* (slika 7–desno–sredina)
 - *ReConfiguration is Stopped...* – informacija da struktura za čuvanje opisa digitalne strukture ne sadrži dovoljno informacija za simulaciju rada digitalne strukture (slika 7–desno–dole)

1.1.3 BIBLIOTEKE KOLA I HIJERARHIJSKO STABLO MODULA

Na slici 8 prikazana su dva raspoloživa sadržaja dela osnovnog prozora za izbor kola koje treba staviti na podlogu za prikaz strukture (*Library: L.Tree* i *L.Images*, levo i sredina, respektivno), i pregled hijerarhijskog stabla za prikaz hijerarhijske strukture modula trenutno prikazane elektronske digitalne strukture (*Hierarchy: H.Hierarchy*, desno).

Izbor kola koje treba postaviti na podlogu za prikaz strukture obavlja se postavljanjem strelice pokazivača (*mouse pointer*) na odabranu stavku menija *L.Tree* (slika 8–levo) ili sliku menija *L.Images* (slika 8–sredina), i aktiviranjem levog tastera miša izabrano kolo pojavljuje se na podlozi za prikaz strukture.



Slika 8 Biblioteke za izbor kola, tekstualna *L.Tree* i grafička *L.Images* (levo i sredina), i stablo hijerarhijske organizacije modula elektronske digitalne strukture (desno)

U tabeli 1 daje se pregled svih kola koja su na raspolaganju u biblioteci kola. Na raspolaganju se sledeći tipovi kola i modula:

- Standardna kombinaciona kola, sa označenim brojem ulaznih i izlaznih konektora: K–NOT, K–AND_i, K–NAND_i, K–OR_i, K–NOR_i, K–ExOR2, K–ExNOR2, K–DC_{k–m}, K–CDp_{k–m}, K–MP_{k–m}, K–DP_{k–m}, K–SHIFT, K–INC–DEC, K–ADD, K–CG4, K–CMP i K–ALU. Nakon izbora iz biblioteke, na ulazne konektore ovih kola mogu da se povežu signali širine 1 bit, dok su izlazni signali širine 1 bit. Primenom funkcije *Expand Connectors...* menjaju se širine svih konektora (poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40).
- Standardna kombinaciona kola, sa modifikovanim ulaznim konektorima: K–gAND, K–gNAND, K–gOR, K–gNOR, K–gDC_{k–m}, K–gCDp_{k–m}, K–gMP_{k–m} i K–gDP_{k–m}. Sva kola iz ove grupe imaju po jedan ulazni konektor na koji može da se poveže signal sa širinom od 1 do 32 bita, dok je izlazni signal uvek širine 1 bit. Nakon izbora iz biblioteke, ulazni konektori ovih kola prihvataju signale širine 16 bita. Primenom funkcije *Expand Connectors...* menjaju se širine samo ulaznih konektora (poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40).
- Standardna sekvencijalna kola: S–DFF, S–RSFF, S–TFF, S–JKFF, S–REG, S–ShiftREG, S–COUNTERinc i S–COUNTER. Nakon izbora flip–flopova iz biblioteke kola, na ulazne konektore mogu da se povežu signali širine 1 bit, dok su izlazni signali širine 1 bit. Primenom funkcije *Expand Connectors...* menjaju se širine svih konektora

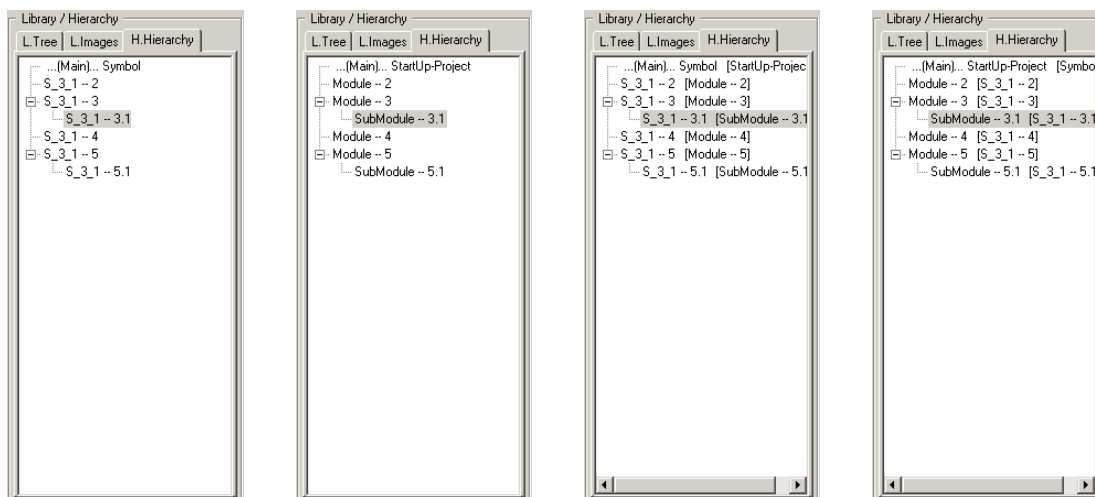
(poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40). Nakon izbora registara i brojača iz biblioteke kola, ulazni i izlazni signali za podatke su širine 16 bita, dok su svi kontrolni ulazni i izlazni signali širine 1 bit. Primenom funkcije *Expand Connectors...* menjaju se širine samo ulaznih i izlaznih signala za podatke (poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40).

- Specijalni moduli:
 - Sp-SubModule – *NonPort Module*. Detaljan opis daje se u poglavlju 1.2.2.5.2, na strani 53.
 - Sp-TriState – trostatički bafer koji omogućava povezivanje signala na magistralu. Isključivo izlazni signal ovog modula može da se poveže na magistralu (poglavlje 1.2.2.5.1.4, strana 51). Nakon izbora iz biblioteke svi ulazni i izlazni signali su širine 1 bit. Primenom funkcije *Expand Connectors...* menjaju se širine ulaznog i izlaznog signala, dok kontrolni signal zadržava širinu 1 bit.
 - Sp-Generator – generator signala. Detaljan opis daje se u poglavlju 1.2.2.2.2, na strani 37.
 - Sp-Memory – memorijski modul. Detaljan opis daje se u poglavlju 1.2.2.2.3, na strani 38.

K-NOT	K-OR2 K-OR3	K-DC2-4 K-DC3-8	K-MP2-1 K-MP4-1	K-SHIFT K-INC-DEC	S-DFF S-RSFF
K-AND2 K-AND3 K-AND4 K-AND8 K-gAND	K-OR4 K-OR8 K-gOR	K-DC4-16 K-gDC2-4 K-gDC3-8 K-gDC4-16	K-MP8-1 K-gMP2-1 K-gMP4-1 K-gMP8-1	K-ADD K-CG4 K-CMP K-ALU	S-TFF S-JKFF S-REG S-ShiftREG S-COUNTERinc S-COUNTER
K-NAND2 K-NAND3 K-NAND4 K-NAND8 K-gNAND	K-NOR2 K-NOR3 K-NOR4 K-NOR8 K-gNOR	K-CDp4-2 K-CDp8-3 K-CDp16-4 K-gCDp4-2 K-gCDp8-3 K-gCDp16-4	K-DP1-2 K-DP1-4 K-DP1-8 K-gDP1-2 K-gDP1-4 K-gDP1-8		Sp-SubModule Sp-TriState Sp-Generator Sp-Memory
	K-ExOR2 K-ExNOR2				

Tabela 1 Pregled komponenti koje su na raspolaganju u biblioteci za izbor kola

Na stablu za prikaz hijerarhijske strukture modula elektronske digitalne strukture (slika 8–desno i slika 9) može da se vidi organizacija i raspored raspoloživih modula, a može i da se izabere modul koji će se prikazati na podlozi za prikaz strukture. Izbor modula koji treba da se prikaže obavlja se postavljanjem strelice pokazivača (*mouse pointer*) na odabranu stavku stabla *H.Hierarchy* (slika 8–desno i slika 9), i aktiviranjem levog tastera miša izabrani modul pojavljuje se na podlozi za prikaz strukture. Aktiviranjem odgovarajućih funkcija glavnog menija (slika 4) izgled stabla za prikaz hijerarhijske strukture modula može da se menja, kao što je prikazano na slici 9.



Slika 9 Stablo hijerarhijske organizacije modula elektronske digitalne strukture – mogući načina prikaza

1.1.4 NAVIGACIJA I PREGLED REZULTATA RADA SIMULATORA

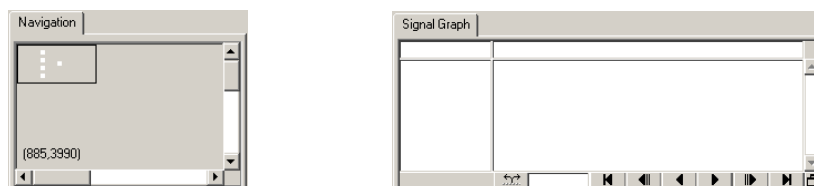
Na slici 10 prikazani su delovi osnovnog prozora za pregled i promenu pozicije na podlozi za prikaz strukture (*Navigation*, levo), kao i pregled rezultata rada simulatora (*Signal Graph*, desno).

U delu za pregled i promenu pozicije na podlozi za prikaz strukture (*Navigation*, slika 10–levo) na raspolaganju su:

- podloga za prikaz trenutnog položaja sa klizačima za promenu položaja (*Scrollbars*)
- trenutni položaj prozora kroz koji se vidi deo podloge za prikaz strukture (pravougaonik na podlozi za prikaz trenutnog položaja)
- stilizovana šema elektronske digitalne strukture sa cele podloge za prikaz strukture (bela polja na podlozi za prikaz trenutnog položaja)
- numeričke vrednosti koordinata trenutne pozicije pokazivača na podlozi za prikaz strukture (x i y koordinate unutar zagrada na podlozi za prikaz trenutnog položaja)

Promena položaja na podlozi za prikaz strukture može da se ostvari na dva načina:

- korišćenjem klizača (*Scrollbars*), pozicija se pomera po horizontali i vertikali
- aktiviranjem levog tastera miša, kada je pokazivač (*mouse pointer*) iznad odabrane tačke na podlozi za prikaz trenutnog položaja, pozicija vidljivog dela podloge za prikaz strukture se postavlja na odabrano mesto, srazmerno odnosu veličina podloge za prikaz strukture i podloge za prikaz pozicije na podlozi za prikaz strukture



Slika 10 Pregled i promena pozicije na podlozi za prikaz strukture (*Navigation*, levo) i pregled rezultata rada simulatora (*Signal Graph*, desno)

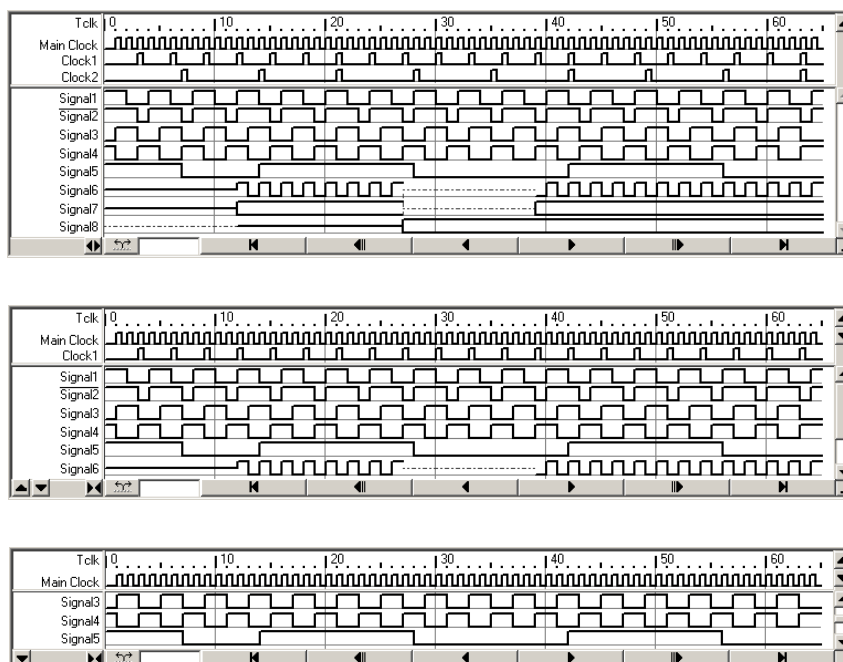
Na slikama 10–desno, 11 i 12 prikazan je deo za pregled rezultata rada simulatora, odnosno vremenskih oblika odabranih signala i aktivnih signala takta (u daljem tekstu *vremenski dijagram*). Na slikama 10–desno i 11 vremenski dijagram je prikazan u osnovnom obliku (*minimize mode*), kada se nalazi u donjem srednjem delu osnovnog prozora softverskog paketa (slika 1, strana 8). Ovo mesto je rezervisano za vremenski dijagram, i promene vremenskih oblika odabranih signala i aktivnih signala takta mogu da se posmatraju i tokom izvršavanja jednog ili više taktova simulacije.



Slika 11 Pregled rezultata rada simulatora – vremenski oblici odabranih signala (*minimize mode*)

Obezbeđena je i mogućnost šireg prikaza vremenskog dijagrama (*maximize mode*), kada se dijagram prikazuje u prostoru za prikaz strukture, u gornjem levom uglu. I u ovom režimu prikaza vremenskog dijagrama moguće je aktivirati funkcije simulatora, ali veći deo podloge za prikaz strukture nije vidljiv, i nije moguće pratiti sve promene na podlozi za prikaz strukture. Na slici 12 dati su mogući širi prikazi vremenskog dijagrama, kada su vidljivi:

- svi odabrani signali i svi aktivni signali takta (slika 12–gore)
- samo neki od zadatih signala i neki od aktivnih signala takta (slike 12–sredina i 12–dole)



Slika 12 Pregled rezultata rada simulatora – vremenski oblici odabranih signala (*maximize mode*)

Skup funkcija za rad sa vremenskim oblicima odabranog skupa signala i aktivnih signala takta može da se grupiše na sledeći način:

- podešavanje pozicije vremenskog dijagrama – prelazak iz *minimize mode* u *maximize mode*, i obrnuto, obavlja se aktiviranjem tastera u donjem desnom uglu prostora za prikaz vremenskog dijagrama (slike 11 i 12).
- podešavanje izgleda vremenskog dijagrama – kada je dijagram u *minimize mode* obliku nije moguće da se modifikuje izgled vremenskog dijagrama, dok je u *maximize mode* obliku obezbeđen skup tastera za podešavanje izgleda (slika 12). Tasterima u donjem levom uglu podešava se broj signala koji mogu da se vide, tasterima u gornjem desnom uglu podešava se broj signala takta koji mogu da se vide, dok vertikalnim klizačem (*vertical scroll bar*) može da se odabere skup signala vidljivih u prostoru za prikaz vremenskih oblika signala, kada je odabrano da se prikazuje samo deo skupa signala.
- pregled vremenskih oblika – tasterima koji se nalaze neposredno ispod prostora za prikaz vremenskih oblika signala (slike 11 i 12), obezbeđeno je horizontalno pomeranje prikaza vremenskih oblika signala za sve vremenske trenutke *Tclk* koji su na raspolaganju u strukturi podataka za čuvanje promena odabranih signala (u daljem tekstu *struktura za čuvanje promena signala*). Krajnji levi taster i polje pored njega koriste se za aktiviranje prikaza proizvoljnog signala takta *Tclk* iz strukture za čuvanje promena signala.

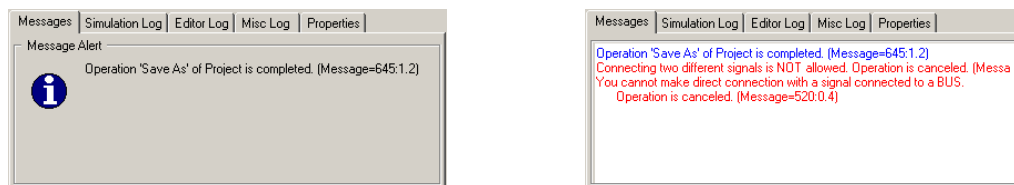
Struktura za čuvanje promena signala može da prihvati promene do 24 odabrana signala za maksimalno 8000 ciklusa pojavljivanja uzlazne ivice glavnog signala takta *Main Clock* (poglavlja 1.2.2.1.2 i 1.3.2, strane 30 i 60, respektivno). Tasterima za navigaciju prikaza sačuvanih podataka nije moguće da se obezbedi prikaz promena odabranih signala za vremenske trenutke simulacije van opsega koji je sačuvan u strukturi za čuvanje promena signala.

1.1.5 PREGLED PORUKA I SADRŽAJA STRUKTURE PODATAKA

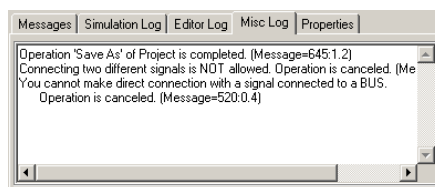
U donjem desnom uglu osnovnog prozora softverskog paketa (slika 1, strana 8) nalazi se prostor rezervisan za sistem informisanja korisnika o porukama koje generiše softverski paket, sistem za arhiviranje poruka, kao i pregled sadržaja strukture podataka softverskog paketa.

1.1.5.1 Pregled poslednjih poruka i arhiviranih poruka

Na slikama 13 i 14 prikazani su izgledi dela za pregled nekoliko poslednjih poruka za informisanje korisnika softverskog paketa (*Messages*), kao i dela za arhiviranje i prikaz arhiviranih poruka (*Misc Log*), respektivno.



Slika 13 Pregled poslednjih poruka za informisanje korisnika softverskog paketa (*Messages*)



Slika 14 Pregled svih poruka za jednu od kategorija arhiviranih poruka (*Misc Log*)

Komunikacija softverskog paketa *IGoVSoEDS* i korisnika obavlja se na dva načina, u zavisnosti od toga da li je neophodan neposredan odgovor korisnika ili odgovor korisnika nije neophodan:

- ukoliko je odgovor obavezan, pojavljuje se standardni prozor za prikaz poruke i odgovarajući skup tastera sa ponuđenim odgovorima (*MS Windows Message Box*). Zaustavlja se rad softverskog paketa i čeka se na odgovor korisnika. Aktiviranjem odgovarajućeg tastera korisnik obrađuje postavljeni zahtev i softverski paket nastavlja sa radom. Odgovarajuća poruka sa opisom postavljenog zahteva i sa opisom akcije korisnika pojavljuje se u polju za prikaz poruka (slika 13–desno).
- ukoliko se ne očekuje neposredan odgovor, ne pojavljuje se prozor za dijalog, već se u polju za prikaz poruka (slika 13–desno) daje odgovarajući opis situacije i akcije koju softverski paket preduzima. Na ovaj način, rad korisnika nije prekinut sa zahtevom da se da odgovor, i ostavlja se korisniku mogućnost da bira stepen pažnje koji će ukazati prikazanoj poruci.

Na vrhu polja za prikaz poruka (slika 13–desno) nalazi se poslednja poruka softverskog paketa, a sve prethodne poruke pomeraju se na dole. Ovo polje nema namenu da arhivira veliki broj poruka, već sadrži samo nekoliko poslednjih poruka. Prikazane poruke imaju identifikatore koji jednoznačno ukazuju na module softverskog paketa koji generišu poruke (slika 13, *Message=645:1.2*), gde identifikator ukazuje na modul, proceduru, i mesto u proceduri iz koje je generisana poruka (slika 13, *600, 45 i 1.2*, respektivno).

Neposredno pre dodavanja poruke u polje za prikaz poruke (slika 13–desno), na trenutak se pojavljuje poruka sa odgovarajućim simbolom koji ukazuje na kategoriju poruke koja se prikazuje (*Message Alert*, slika 13–levo). Raspoložive kategorije su: informativna poruka, upozoravajuća poruka i poruka koja ukazuje na veće probleme u radu softverskog paketa. U zavisnosti od kategorije, poruka se u polju za prikaz poruke ispisuje odgovarajućom bojom (plava, tamno žuta i crvena, respektivno). Ovaj tip poruke ima namenu da upozori korisnika da je poruka generisana, vremenski period u kome je prikazana je ispod jedne sekunde, i njen sadržaj se prenosi u polje za prikaz poruka (slika 13–desno). Za arhiviranje poruka prikazanih u polju za prikaz poruka (slika 13–desno) koriste se tri tekst polja (slika 14, *Simulation Log*, *Editor Log* i *Misc Log*). Sve poruke koje se pojavljuju u polju za prikaz poruka smeštaju se u jedno od raspoloživih polja za arhiviranje poruka, u zavisnosti od tipa poruke. Svako od polja za arhiviranje može da prihvati po nekoliko stotina poruka i ukoliko se ovaj broj prekorači najstarije poruke se brišu.

1.1.5.2 Pregled sadržaja strukture podataka

Struktura podataka u kojoj se čuva opis elektronske digitalne strukture i svi podaci neophodni za uspešnu simulaciju rada strukture (u daljem tekstu *struktura podataka IGoVSoEDS*) je jedna od osnovnih komponenti softverskog paketa *IGoVSoEDS*. Sve što korisnik uradi pri kreiranju ili modifikaciji elektronske digitalne strukture, i svi rezultati rada

funkcija softverskog paketa imaju za posledicu kreiranje, modifikaciju ili brisanje slogova strukture podataka *IGoVSoEDS*.

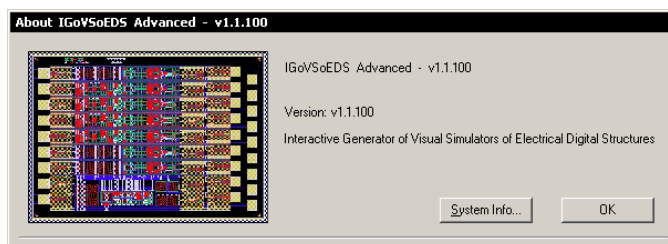
Na slici 15 prikazani su skupovi polja u kojima se daju pregledi sadržaja strukture podataka *IGoVSoEDS* za odabrani objekat (*Module* i *Signal*, respektivno). Pored prikazanih pregleda, na raspolaganju su i pregledi za objekte *Screen*, *SubModule* i *Object*. Promena sadržaja polja u pregledu sadržaja strukture podataka nije dozvoljena. Promena sadržaja strukture podataka može da se obavi samo upotrebom funkcija softverskog paketa *IGoVSoEDS*.



Slika 15 Pregled sadržaja strukture podataka u kojoj se čuva opis elektronske digitalne strukture za kategorije *Module* i *Object*, *Signal*..., respektivno

1.1.6 SISTEM ZA POMOĆ PRI KORIŠĆENJU SOFTVERSKOG PAKETA

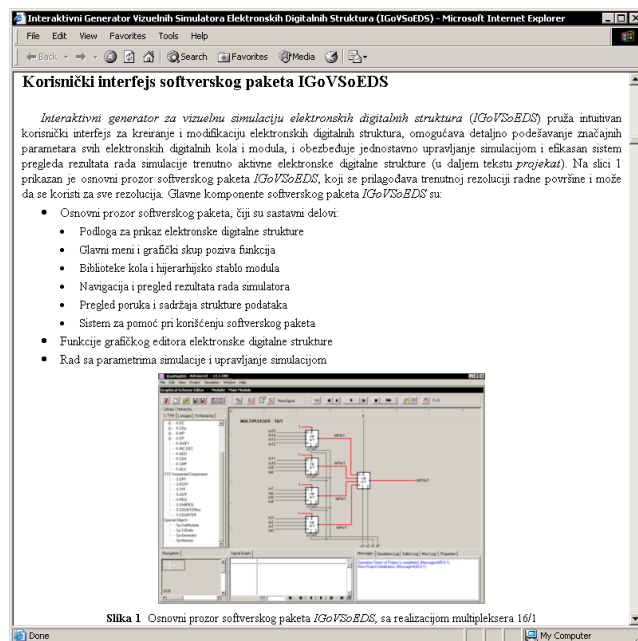
U okviru softverskog paketa *IGoVSoEDS* razvijen je i sistem za pomoć korisniku pri korišćenju softverskog sistema. Na slikama 16 i 17 prikazane su dve osnovne komponente realizovanog sistema za pomoć.



Slika 16 *About* prozor

About prozor (slika 16) prikazuje osnovne informacije o softverskom paketu. Na raspolaganju je i taster za poziv systemske funkcije za kreiranje izveštaja o konfiguraciji računara na kome se izvršava softverski paket (*System Info...*). *About* prozor se otvara aktiviranjem funkcije *Help/About* koja se nalazi u okviru glavnog menija softverskog paketa (poglavlje 1.1.2, strana 9). Taster *OK* zatvara *About* prozor.

Sistem za pomoć pri korišćenja softverskog paketa je kreiran kao *HTML* dokument koji sadrži detaljne opise za korišćenje svih komponenti i funkcija softverskog paketa. *HTML* dokument se otvara aktiviranjem funkcije *Help/Help* koja se nalazi u okviru glavnog menija softverskog paketa (poglavlje 1.1.2, strana 9). Dokument se otvara korišćenjem standardnog *Web* pretraživača koji je prisutan na računaru na kome se izvršava softverski paket.



Slika 17 HTML dokument za pomoć pri korišćenju softverskog paketa

1.2 FUNKCIJE GRAFIČKOG EDITORA ELEKTRONSKE DIGITALNE STRUKTURE

Na slici 2 (poglavlje 1.1.1, strana 8) prikazan je vidljivi deo podloge za prikaz digitalne strukture. U zavisnosti od odabranog režima rada grafičkog editora elektronske digitalne strukture (u daljem tekstu *grafički editor*), obezbeđeni su postupci za rad sa:

- objektima koji predstavljaju standardna kola i podređene module
- signalima i linijama signala
- natpisima za prikaz naziva signala i za prikaz stanja na signalima širim od jednog bita
- natpisima opšte namene

Da bi se obezbedile manipulacije objektima, linijama i natpisima na podlozi za prikaz strukture (u daljem tekstu *objekti na podlozi*), realizovan je skup funkcija koje su smeštene u padajuće menije (*PopUp Menus*). Padajući meniji otvaraju se aktiviranjem desnog tastera kada se strelica pokazivača postavi na objekat na podlozi. U zavisnosti od položaja strelice pokazivača otvara se odgovarajući padajući meni, a skup funkcija u padajućem meniju prilagođava se objektu na podlozi na koji je pokazano.

U nekoliko narednih poglavlja daje se detaljni pregled svih raspoloživih funkcija koje mogu da se aktiviraju nakon otvaranja padajućih menija u grafičkom editoru.

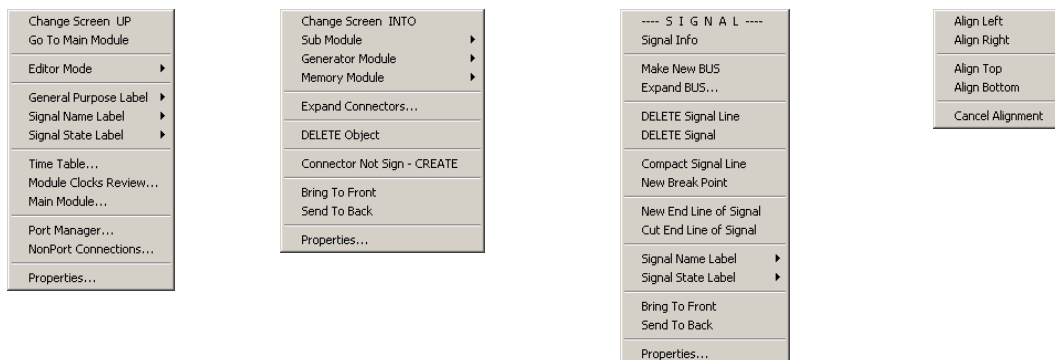
1.2.1 SKUP FUNKCIJA

U poglavljima koja slede daju se pregledi osnovnog skupa funkcija i svih funkcija koje se mogu aktivirati korišćenjem osnovnog skupa funkcija.

1.2.1.1 Osnovni skup funkcija

U zavisnosti od vrste objekta na podlozi iznad koga se aktivira otvaranje menija, kao i režima rada grafičkog editora, otvaraju se različiti padajući meniji (slika 18):

- *Canvas Menu* – kada nije odabran nijedan objekat na podlozi
- *Object Menu* – odabrano je standardno kolo ili objekat koji predstavlja modul
- *Signal Menu* – odabrana je linija signala
- *Special Menu* – kada je, u režimu rada grafičkog editora *Move Object* (poglavlje 1.1.2.2, strana 13), grupisan skup objekata za potrebe korišćenja *Alignment* funkcije.



Slika 18 Osnovni skup funkcija za kreiranje i modifikaciju elektronske digitalne strukture (*PopUp Menus*): *Canvas Menu*, *Object Menu*, *Signal Menu* i *Special Menu*, respektivno

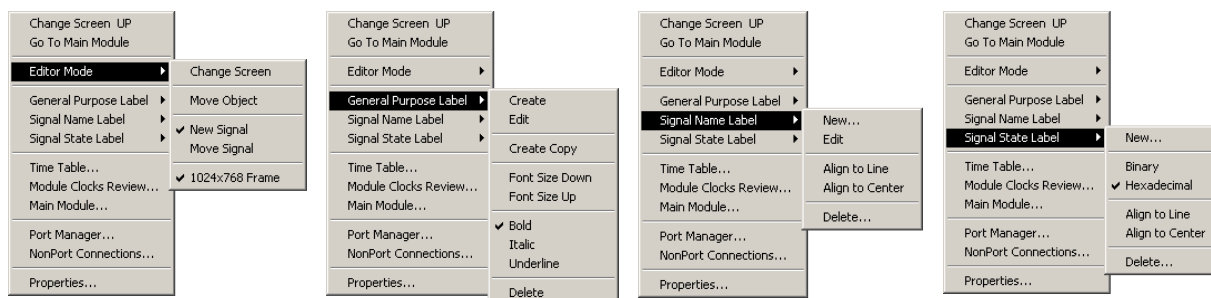
U zavisnosti od konteksta u kome se otvaraju padajući meniji, neke od funkcija nisu dostupne.

1.2.1.2 Dodatni skup funkcija

U poglavljljima koja slede daje se detaljni pregled svih raspoloživih funkcija koje mogu da se aktiviraju otvaranjem padajućih menija *Canvas Menu*, *Object Menu*, *Signal Menu* i *Special Menu*.

1.2.1.2.1 Meni za rad sa podlogom za prikaz strukture (*Canvas Menu*)

Na slici 19 prikazane su sve funkcije koje su dostupne u okviru grupe funkcija *Canvas Menu*.



Slika 19 *Canvas Menu*: Skup funkcija *Editor Mode*, *General Purpose Label*, *Signal Name Label* i *Signal State Label*, respektivno

Skup funkcija *Canvas Menu* dostupan je kada se pokazivač miša postavi na slobodnu površinu podloge za prikaz strukture i aktivira desni taster miša. Slobodna površina podloge za prikaz strukture je ona površina na kojoj se ne nalazi kolo, modul ili linija signala. Meni za rad sa podlogom za prikaz strukture (*Canvas Menu*) obezbeđuje funkcije:

- *Change Screen UP* – funkcija za prelazak na prikaz hijerarhijski nadređenog modula

- *Go To Main Module* – funkcija za prelazak na prikaz hijerarhijski najvišeg modula, odnosno glavnog modula
- *Editor Mode* – skup parametara za postavljanje režima rada grafičkog editora i načina prikaza okvira za rad u osnovnoj rezoluciji:
 - *Change Screen* – kada se ulazak u hijerarhijski podređeni modul ostvaruje dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na modulu u koji se ulazi, kao i za povrataka u nadređeni modul, kada se pokazivač miša nalazi na slobodnoj površini podloge za prikaz strukture
 - *Move Object* – pomeranje i grupisanje objekata, kao i promena veličine *NonPort Module*–a
 - *New Signal* – kreiranje signala i linija signala
 - *Move Signal* – modifikacija postojećih linija signala
 - *1024x768 Frame* – parametar koji određuje da li je vidljiv okvir koji označava oblast podloge za prikaz strukture vidljiv bez potrebe da se radi dodatna navigacija, pri osnovnoj rezoluciji za rad sa softverskim paketom od 1024x768 tačaka

Detaljni pregled režima rada grafičkog editora predstavljen je u poglavlju 1.1.2.2, strana 13.

- *General Purpose Label* – skup funkcija za rad sa natpisima opšte namene: kreiranje natpisa (*Create*), modifikacija teksta natpisa (*Edit*), kreiranje natpisa koji je identičan natpisu iznad koga je otvoren padajući meni (*Create Copy*), smanjenje i povećanje veličine slova natpisa (*Font Size Down* i *Font Size Up*, respektivno), modifikacija izgleda slova natpisa (*Bold*, *Italic* i *Underline*) i brisanje natpisa (*Delete*)
- *Signal Name Label* – skup funkcija za rad sa natpisima za prikaz naziva signala: kreiranje natpisa (*New...*), modifikacija teksta natpisa (*Edit*), poravnavanje natpisa po vertikali i horizontali sa linijom signala (*Align to Line*), centriranje natpisa sa sredinom linije signala (*Align to Center*) i brisanje natpisa (*Delete...*). Detaljni pregled skupa funkcija *Signal Name Label* predstavljen je u poglavlju 1.2.2.1.1, strana 29
- *Signal State Label* – skup funkcija za rad sa natpisima za prikaz stanja signala, za signale veće širine od jednog bita: kreiranje natpisa (*New...*), aktiviranje binarnog i heksadecimalnog formata natpisa (*Binary* i *Hexadecimal*, respektivno), poravnavanje natpisa po vertikali i horizontali sa linijom signala (*Align to Line*), centriranje natpisa sa sredinom linije signala (*Align to Center*) i brisanje natpisa (*Delete...*). Detaljni pregled skupa funkcija *Signal State Label* predstavljen je u poglavlju 1.2.2.1.1, strana 29
- *Time Table...* – funkcija za otvaranje dijaloga za kreiranje, modifikaciju i brisanje aktivnih signala takta (poglavlje 1.2.2.1.2, strana 30)
- *Module Clocks Review...* – funkcija za otvaranje dijagrama aktivnih signala takta koji su pridruženi modulima trenutno aktivne strukture (poglavlje 1.2.2.1.2, strana 30)
- *Main Module...* – funkcija za otvaranje dijaloga za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o trenutno aktivnoj strukturi (poglavlje 1.2.2.1.3, strana 31)
- *Port Manager...* – funkcija za otvaranje dijaloga za kreiranje, modifikaciju i brisanje podataka o portovima trenutno aktivne strukture. Ovako definisani portovi koriste se samo kada se trenutno aktivna digitalna struktura integriše u neku drugu digitalnu strukturu, aktiviranjem funkcije *Add Module/SubModule with Ports...* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9).
- *NonPort Connections...* – funkcija za otvaranje dijaloga za numerisanje signala. Ovako ostvarena numeracija koristi se pri aktiviranju funkcije *Replace With ALL Connections...* (poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35). Numeracija signala koristi se za

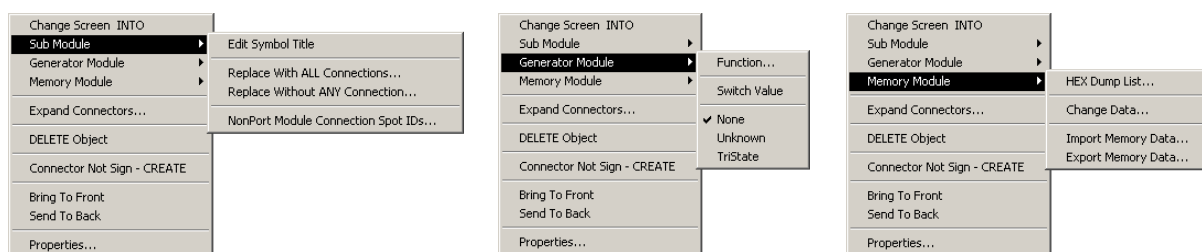
određivanje pravila za preuzimanje veza signala prema signalima modula koji se menja, od strane signala modula koji zamenjuje stari modul.

- *Properties...* – kada je funkcija aktivirana na podlozi za prikaz strukture glavnog modula, otvara se dijalog kao pri aktiviranju funkcije *Main Module...* (slika 26, poglavlje 1.2.2.1.3, strana 31), dok se u ostalim slučajevima otvara sličan dijalog, sa dodatnim opcijama za podešavanje karakteristika modula (slika 32, poglavlje 1.2.2.1.6, strana 34).

Detaljni pregled dijaloga za podešavanje parametara navedenih funkcija daje se u poglavlju DETALJNI PREGLED FUNKCIJA (poglavlje 1.2.2, strana 28).

1.2.1.2.2 Meni za rad sa objektima (*Object Menu*)

Na slici 20 prikazane su sve funkcije koje su dostupne u okviru grupe funkcija *Object Menu*.



Slika 20 *Object Menu*: Skup funkcija *Sub Module*, *Generator Module* i *Memory Module*, respektivno

Skup funkcija *Object Menu* dostupan je kada se pokazivač miša postavi na neko kolo ili modul, i aktivira desni taster miša. Meni za rad sa objektima (*Object Menu*) obezbeđuje funkcije:

- *Change Screen INTO* – funkcija za prelazak na prikaz hijerarhijski podređenog modula
- *Sub Module* – skup funkcija za rad sa modulima
 - *Edit Symbol Title* – otvaranje polja za modifikaciju teksta natpisa na simbolu koji predstavlja modul
 - *Replace With ALL Connections...* – zamena modula trenutno aktivnog projekta drugim modulom, SA očuvanjem konekcija modula koji se zamenjuje, na modul koji se učitava (poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35)
 - *Replace Without ANY Connection...* – zamena modula trenutno aktivnog projekta drugim modulom, BEZ očuvanja konekcija modula koji se zamenjuje, na modul koji se učitava (poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35)
 - *NonPort Module Connection Spot IDs...* – funkcija za otvaranje dijaloga za numerisanje signala, za modul za koji je aktivirana funkcija. Namena numeracije koja se ostvaruje na ovaj način je ista kao i kod funkcije *Canvas Menu/NonPort Connections...* (poglavlje 1.2.1.2.1, strana 23)
- *Generator Module* – skup funkcija za rad sa generatorom signala
 - *Function...* – otvaranje dijaloga za definisanje parametara funkcije kojom se generiše signal na izlazu generatora signala.
 - *Switch Value* – funkcija koja za generator signala čiji izlaz ima samo jedan bit prebacuje vrednost iz vrednosti logičke nule u vrednost logičke jedinice, i obrnuto. Funkcija nije

dostupna za generator signala čiji je izlazni signali veće širine od jednog bita. Ista funkcija se implicitno poziva pri dvostrukom aktiviranju levog tastera miša (*double click*), kada je pokazivač miša iznad generatora signala.

- *None*, *Unknown* i *TriState* – parametri koji određuje da li je na izlazu generatora vrednost signala koja je saglasna rezultatu rada funkcije generatora signala (*None*), ili je nametnuta jedna od specijalnih vrednosti: nepoznata vrednost (*Unknown*) ili visoka impedansa (*TriState*).

Detaljni opis funkcija za rad sa generatorima signala daje se u poglavlju 1.2.2.2.2 (strana 37).

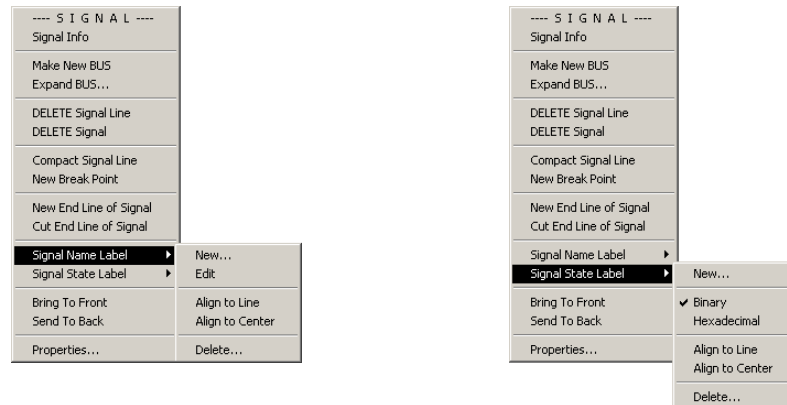
- *Memory Module* – skup funkcija za rad sa memorijskim modulom: otvaranje dijaloga za pregled sadržaja memorijskih lokacija (*HEX Dump List...*), otvaranje dijaloga za pregled i modifikaciju sadržaja memorijskih lokacija (*Change Data...*), kao i dijalozi za učitavanje i snimanje sadržaja memorijskih lokacija iz, odnosno u datoteku (*Import Memory Data...* i *Export Memory Data...*, respektivno). Detaljni opis funkcija za rad sa memorijskim modulima daje se u poglavlju 1.2.2.2.3 (strana 38).
- *Expand Connectors...* – funkcija za modifikaciju broja bitova na konektorima kola i modula. Funkcija nije dostupna za *Port Module* i *NonPort Module* objekte. Detaljni opis mogućnosti funkcije *Expand Connectors...* daje se u poglavlju 1.2.2.2.4 (strana 40).
- *DELETE Object* – funkcija za brisanje kola i modula sa podloge za prikaz strukture.
- *Connector Not Sign (CREATE i REMOVE)* – funkcija za dodavanje (*CREATE*) i brisanje (*REMOVE*) kružića koji se integriše sa konektorom kola i modula, kojim se ostvaruje negacija signala na konektoru. Funkcija nije dostupna za specijalni modul Sp-Generator, kao i za *Port Module* i *NonPort Module* objekte. Detaljni opis mogućnosti funkcije *Connector Not Sign* daje se u poglavlju 1.2.2.5.2.3 (strana 57).
- *Bring To Front* i *Send To Back* – funkcije kojima se odabrani objekat dovodi u položaj najbliži korisniku, odnosno najdalji od korisnika, respektivno. Funkcije su na raspolaganju u postupku kreiranja i modifikacije strukture na podlozi za prikaz strukture, i ne utiču na redosled prikazivanja objekata prilikom kretanja po hijerarhijskoj strukturi modula.
- *Properties...* – funkcija za otvaranje dijaloga za podešavanje osnovnih parametara vezanih za objekat nad kojim je funkcija aktivirana (poglavlje 1.2.2.2.5, strana 42).

Funkcije *Sub Module*, *Generator Module* i *Memory Module* međusobno se isključuju i uvek je dostupna samo jedna od ovih funkcija, u zavisnosti od modula iznad koga je postavljen pokazivač miša prilikom otvaranje skupa funkcija *Object Menu*.

Detaljni pregled dijaloga za podešavanje parametara navedenih funkcija daje se u poglavlju DETALJNI PREGLED FUNKCIJA (poglavlje 1.2.2, strana 28).

1.2.1.2.3 Meni za rad sa signalima (*Signal Menu*)

Na slici 21 prikazane su sve funkcije koje su dostupne u okviru grupe funkcija *Signal Menu*.



Slika 21 *Signal Menu*: Skup funkcija *Signal Name Label* i *Signal State Label*, respektivno

Skup funkcija *Signal Menu* dostupan je kada se pokazivač miša postavi na neku liniju signala i aktivira desni taster miša. Meni za rad sa signalima (*Signal Menu*) obezbeđuje funkcije:

- *Signal Info* – deo menija u komu su dati osnovni podaci o signalu nad kojim je otvoren meni (indeks sloga strukture podataka u kome je definisan signal i broj bitova signala).
- *Make New BUS* – funkcija za transformaciju signala u magistralu. Funkcija je dostupna samo za signale koji nemaju izvor vrednosti (poglavlje 1.2.2.5.1.1, strana 46).
- *Expand BUS...* – promena broja bitova magistrale. Funkcija je dostupna samo za signale koji su transformisani u magistrale, kada nema signala koji su povezani na magistralu (poglavlje 1.2.2.3.2, strana 43).
- *DELETE Signal Line* – funkcija za brisanje linije signala. Funkcija briše samo označenu liniju signala, dok se signal ne briše. Ukoliko je odabrana linija signala jedina linija signala, ili je linija direktno vezana na izvor vrednosti signala (konektor ili izlazni port modula), operacija se obustavlja i kreira se poruka kojom se korisnik upućuje da upotrebi funkciju *DELETE Signal*.
- *DELETE Signal* – funkcija za brisanje signala. Funkcija briše sve linije signala koje pripadaju signalu koji je odabran, kao i sve podatke o signalu u strukturi podataka. Ukoliko je signal, ili bar jedan od bitova koji ga sačinjavaju izvor vrednosti za najmanje jedan *Clone* ili *PartClone* signal, operacija se obustavlja i kreira se poruka u kojoj se daju osnovni podaci o *Clone*, odnosno *PartClone* signalima, koji zavise od odabranog signala.
- *Compact Signal Line* – funkcija za eliminisanje linija nultih dimenzija iz skupa linija koje sačinjavaju linije signala. Linije nultih dimenzija mogu da nastanu tokom pomeranja linija signala, kada se od linije signala koju sačinjavaju nekoliko linija, napravi linija signala koja vizuelno ima manji broj linija. Linije koje se ne vide imaju dužine jednake nuli i ovom funkcijom se takve linije uklanjaju (poglavlje 1.2.2.5.1.3, strana 48).
- *New Break Point* – funkcija koja na pravoj liniji signala kreira prelomnu tačku, nakon čega je moguće da se napravi složenija putanja linije signala. Prelomna tačka koja se kreira nalazi se na mestu gde je otvoren *Signal Menu* (poglavlje 1.2.2.5.1.3, strana 48).
- *New End Line of Signal* – funkcija za dodavanje jedne linije na samom kraju linije signala (poglavlje 1.2.2.5.1.3, strana 48).

- *Cut End Line of Signal* – funkcija za brisanje jedne linije na samom kraju linije signala. Funkcija nije dostupna ako na krajnjoj liniji postoji kreirana veza sa drugom linijom signala, ili ako je odabrana linija signala jedina linija koja predstavlja odabrani signal (poglavlje 1.2.2.5.1.3, strana 48).
- *Signal Name Label* – skup funkcija za rad sa natpisima za prikaz naziva signala: kreiranje natpisa (*New...*), modifikacija teksta natpisa (*Edit*), poravnavanje natpisa po vertikali i horizontali sa linijom signala (*Align to Line*), centriranje natpisa sa sredinom linije signala (*Align to Center*) i brisanje natpisa (*Delete...*). Detaljni pregled skupa funkcija *Signal Name Label* predstavljen je u poglavlju 1.2.2.1.1, strana 29.
- *Signal State Label* – skup funkcija za rad sa natpisima za prikaz stanja signala, za signale veće širine od jednog bita: kreiranje natpisa (*New...*), aktiviranje binarnog i heksadecimalnog formata natpisa (*Binary* i *Hexadecimal*, respektivno), poravnavanje natpisa po vertikali i horizontali sa linijom signala (*Align to Line*), centriranje natpisa sa sredinom linije signala (*Align to Center*) i brisanje natpisa (*Delete...*). Detaljni pregled skupa funkcija *Signal State Label* predstavljen je u poglavlju 1.2.2.1.1, strana 29.
- *Bring To Front* i *Send To Back* – funkcije kojima se sve linije odabranog signala dovode u položaj najbliži korisniku, odnosno najdalji od korisnika, respektivno. Funkcije su na raspolaganju u postupku kreiranja i modifikacije strukture na podlozi za prikaz strukture, i ne utiču na redosled prikazivanja linija signala prilikom kretanja po hijerarhijskoj strukturi modula.
- *Properties...* – funkcija za otvaranje dijaloga za podešavanje osnovnih parametara vezanih za signal nad kojim je funkcija aktivirana (poglavlje 1.2.2.3.4, strana 43).

Detaljni pregled dijaloga za podešavanje parametara navedenih funkcija daje se u poglavlju DETALJNI PREGLED FUNKCIJA (poglavlje 1.2.2, strana 28).

1.2.1.2.4 Meni za rad sa grupama objekata (*Special Menu*)

Na slici 18 (strana 23) prikazane su sve funkcije koje su dostupne u okviru grupe funkcija *Special Menu*. Na raspolaganju su funkcije: *Align Left*, *Align Right*, *Align Top* i *Align Bottom*, kada se poravnavanje radi prema levoj, desnoj, gornjoj i donjoj ivici referentnog objekta, respektivno, gde je referentni objekat, objekat nad kojim se otvara *Special Menu*. Funkcija *Cancel Alignment* obustavlja operaciju poravnavanja i uklanja okvir za grupisanje objekata. Demonstracija postupka poravnavanja objekata daje se u poglavlju 1.2.2.4 (strana 45).

1.2.2 DETALJNI PREGLED FUNKCIJA

U poglavljljima koja slede daju se detaljni pregledi:

- funkcija koje se aktiviraju pozivima iz menija:
 - Canvas Menu* – rad sa podlogom za prikaz strukture (poglavlje 1.2.2.1, strana 29)
 - Object Menu* – rad sa objektima (poglavlje 1.2.2.2, strana 35)
 - Signal Menu* – rad sa signalima (poglavlje 1.2.2.3, strana 42)
 - Special Menu* – poravnavanje objekata (poglavlje 1.2.2.4, strana 45)
- skupa postupaka za kreiranje i modifikaciju delova struktura neophodnih za realizaciju složenijih digitalnih struktura:
 - Pregled postupaka za rad sa signalima (poglavlje 1.2.2.5.1, strana 46)
 - Pregled postupaka za rad sa objektima (poglavlje 1.2.2.5.2, strana 53)

1.2.2.1 Meni za rad sa podlogom za prikaz strukture (*Canvas Menu*)

U poglavljima koja slede, u redosledu pojavljivanja u meniju, daje se detaljni pregled postupaka za rad sa:

- natpisima naziva i stanja signala (*Signal Name Label* i *Signal State Label*, poglavlje 1.2.2.1.1, strana 29)
- signalima takta (*Time Table* i *Module Clocks Review...*, poglavlje 1.2.2.1.2, strana 30)
- osobinama glavnog modula (*Main Module...*, poglavlje 1.2.2.1.3, strana 31)
- portovima i simbolima modula (*Port Manager...*, poglavlje 1.2.2.1.4, strana 31)

numerisanjem signala modula bez portova

(*NonPort Connections...*, poglavlje 1.2.2.1.5, strana 34)

- osobinama modula (*Properties...*, poglavlje 1.2.2.1.6, strana 34)

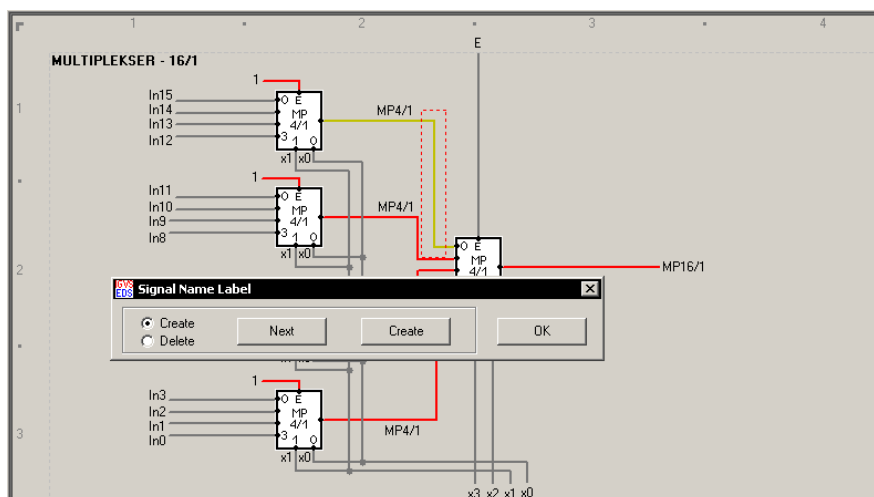
1.2.2.1.1 Natpisi naziva i stanja signala (*Signal Name Label* i *Signal State Label*)

U cilju preglednije realizacije šema digitalnih struktura obezbeđeni su natpisi za prikaz naziva i stanja signala. Natpisi stanja signala postoje samo za signale koji su širi od jednog bita. Pozivi funkcija za rad sa natpisima naziva i stanja signala nalaze se u menijima *Canvas Menu* i *Signal Menu* (poglavlje 1.2.1, strana 22), i rade na identičan način. U ovom poglavlju opisuju se funkcije *New...* i *Delete...*, jer samo ove funkcije za rad sa natpisima naziva i stanja signala otvaraju odgovarajući dijalog (slika 22).



Slika 22 Funkcije *Canvas/Signal Name Label* (*New...* i *Delete...*) i *Canvas/Signal State Label* (*New...* i *Delete...*) – dijalozi za rad sa natpisima naziva signala i stanja signala

Otvaranjem dijaloga (slika 22) iznad odabranog signala, na raspolaganju su mogućnosti za kreiranje (*Create*) i brisanje (*Delete*) natpisa. Odabrani signal je obeležen drugom bojom (slika 23), i tasterom *Next*, okvir koji obeležava jednu od linija, može da se prenese na sledeću liniju. Višestrukim aktiviranjem tastera *Next* okvir obilazi sve linije koje sačinjavaju odabrani signal. U zavisnosti od vrednosti *Optional Box* objekta *Create/Delete*, okvir obeležava linije signala pored kojih nema natpisa (*Create*) ili linije signala pored kojih ima natpisa (*Delete*), dok taster pored tastera *Next* menja funkciju saglasno vrednosti *Optional Box* objekta (*Create/Delete*, respektivno). Kada se okvir postavi na liniju signala na kojoj treba kreirati ili obrisati natpis, aktivira se taster *Create/Delete*. Ovom akcijom natpis se kreira ili briše, u zavisnosti od konteksta aktiviranja tastera, i implicitno se aktivira funkcija *Next*. Na ovaj način, obeležena je naredna linija signala na kojoj je moguće izvršiti identičnu operaciju. Taster *OK* zatvara dijalog.



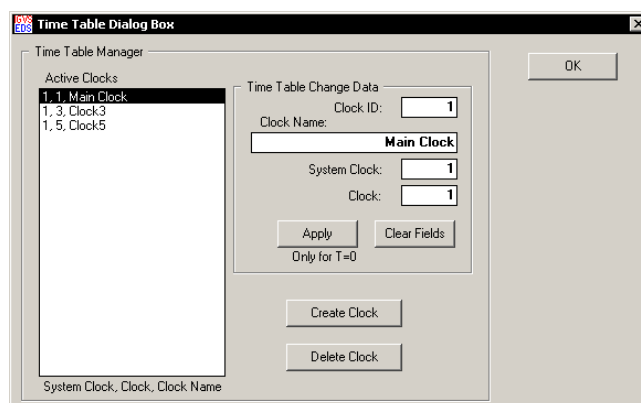
Slika 23 Funkcija *Canvas/Signal Name Label/New...*

U slučaju da se aktivira funkcija *New...* ili *Delete...*, a jednoznačno je određeno da operacija može da se uradi samo za jednu liniju signala, dijalog se ne otvara, dok se operacija kreiranja, odnosno brisanja natpisa odmah izvršava.

Svi opisani postupci su identični za natpise naziva signala i natpise stanja signala.

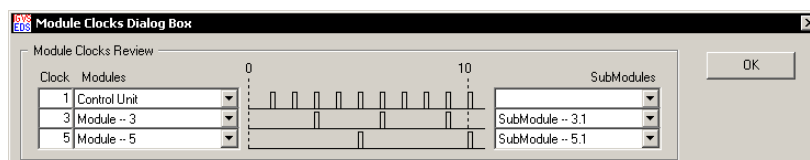
1.2.2.1.2 Signali takta (*Time Table...* i *Module Clocks Review...*)

Simulator softverskog paketa *IGoVSoEDS* može da kontroliše maksimalno 32 signala takta. Aktiviranjem funkcije *Time Table...* otvara se dijalog za kreiranje, modifikaciju i brisanje aktivnih signala takta (slika 24). Tasterima *Create Clock* i *Delete Clock* kreiraju se i brišu aktivni signali takta, a skupom *Text Box* polja i tasterom za potvrdu unosa *Apply* obezbeđena je modifikacija trenutno aktivnih signala takta. Taster *Apply* nije dostupan kada je vremenski trenutak simulacije veći od nule, odnosno kada je simulacija u toku. Sistemski signal takta *System Clock* ima vrednost učestalosti jednaku 1, i predstavlja referentnu učestalost na osnovu koje se definišu učestalosti svih ostalih signala takta. Prvi slog u listi aktivnih signala takta ima status glavnog signala takta (*Main Clock*), i zaštićen je od brisanja i modifikacije, osim pri modifikaciji naziva. Glavni signal takta *Main Clock* ima najveću dozvoljenu učestalost pojavljivanja uzlazne ivice, koja je jednaka vrednosti učestalosti sistemskog signala takta *System Clock*. Taster *OK* zatvara dijalog.



Slika 24 Funkcija *Canvas/Time Table...* – dijalog za kreiranje, modifikaciju i brisanje aktivnih signala takta

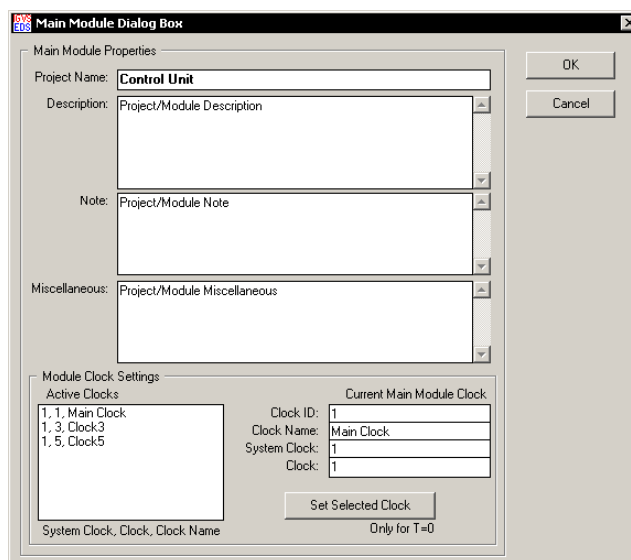
Na slici 25 prikazan je dijalog za pregled dodeljenih signala takta. Sa leve strane su prikazani glavni modul i moduli, koji mogu da imaju nezavisne signale takta, a sa desne strane su prikazani podmoduli čiji signali takta zavise od signala takta nadređenih modula. Funkcijama *Canvas Menu/Main Module...* (slika 26) i *Canvas Menu/Properties...* (slika 32) obezbeđena je dodela signala takta glavnom modulu i modulima. Svi podmoduli nasleđuju signale takta od nadređenih modula. Taster *OK* zatvara dijalog.



Slika 25 Funkcija *Canvas/Module Clocks Review...* – dijagram aktivnih signala takta koji su pridruženi modulima i podmodulima trenutno aktivne strukture

1.2.2.1.3 Osobine glavnog modula (*Main Module...*)

Na slici 26 prikazan je dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o trenutno aktivnoj digitalnoj strukturi (*Main Module Dialog*). Podaci prikazani u ovom dijalogu pridružuju se glavnom modulu. Pored naziva glavnog modula i nekoliko polja za unos komentara, dat je i deo dijaloga za postavljanje signala takta koji će biti aktivan za glavni modul, kao i za sve module i podmodule za koje se ne specificira drugačije. Aktiviranje tastera *Set Selected Clock* postavlja se novi signal takta za glavni modul, bez potrebe da se aktivira taster *OK*. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena naziva i komentara, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja promena naziva i komentara.



Slika 26 Funkcija *Canvas/Main Module...* – dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o trenutno aktivnoj strukturi

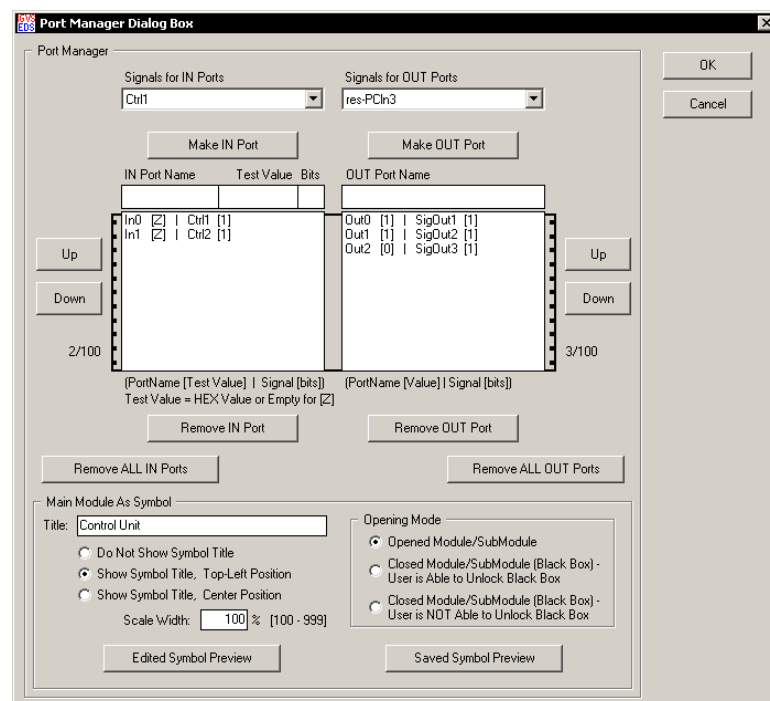
1.2.2.1.4 Portovi i simboli modula (*Port Manager...*)

Na slici 27 prikazan je dijalog za kreiranje i modifikaciju podataka o portovima, koje bi trenutno aktivna digitalna struktura imala ukoliko se integriše u neku drugu digitalnu strukturu kao modul. U gornjem delu su dati *Combo Box* objekti sa listama kandidata za ulazne i

izlazne portove (*Signal for IN ports* i *Signal for OUT ports*). Aktiviranjem tastera *Make IN Port* i *Make OUT Port* signal koji je trenutno odabran u odgovarajućoj listi kandidata promoviše se u ulazni (*IN*), odnosno izlazni (*OUT*) port, respektivno. Signali određeni za ulazne i izlazne portove pojavljuju se u listama ispod tastera za promociju signala u portove. Pored lista ulaznih i izlaznih portova nalaze se tasteri za promenu redosleda portova (*Up* i *Down*), kao i za brisanje odabranog ulaznog ili izlaznog signala (*Remove IN Port* i *Remove OUT Port*, respektivno), odnosno za brisanje svih ulaznih ili izlaznih portova (*Remove ALL IN Ports* i *Remove ALL OUT Ports*, respektivno). Redosled portova je veoma važan, jer je time određen redosled crtanja portova na simbolu koji će predstavljati modul (slike 28 i 29). U donjem delu dijaloga dat je deo za podešavanje izgleda simbola (*Main Module As Symbol*). Obezbeđena je modifikacija natpisa na simbolu, mesta gde će biti napisan naziv, procentualne vrednosti za deformaciju veličine simbola, kao i parametra koji određuje da li će korisnik moći da uđe i pregleda strukturu modula, ili to neće biti dopušteno (*Opening Mode*). Omogućen je izbor tri vrednosti parametra *Opening Mode*:

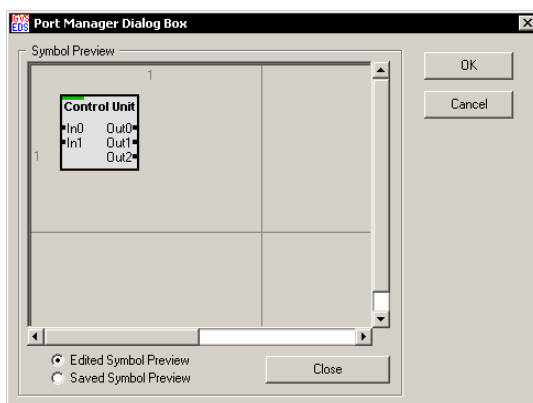
- *Opened Module/SubModule* – dozvoljeno je da se uđe i pregleda struktura modula
- *Closed Module/SubModule (Black Box), User is Able to Unlock Black Box* – nije dozvoljeno da se uđe i pregleda struktura modula, ali korisnik može da promeni dozvolu za ulazak u modul promenom vrednosti parametra *Open for Entering Into* u dijalogu *Canvas Menu/Properties...* (slika 32)
- *Closed Module/SubModule (Black Box), User is NOT Able to Unlock Black Box* – nije dozvoljeno da se uđe i pregleda struktura modula

Vrednost *Opening Mode* parametra označena je na simbolu modula bojom malog pravougaonika u gornjem levom uglu, gde su boje zelena, crna i crvena, respektivno prema redosledu mogućih vrednosti parametra koji je naveden (slike 28 i 29).

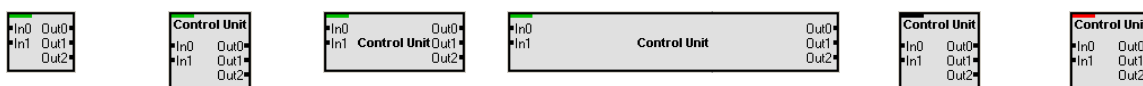


Slika 27 Funkcija *Canvas/Port Manager...* – dijalog za kreiranje i modifikaciju podataka o portovima

U donjem delu dijaloga nalaze se tasteri *Edited Symbol Preview* i *Saved Symbol Preview* čijim aktiviranjem se otvara dijalog za pregled izgleda simbola modula (slike 28). Ovim dijalogom može da se prikaže kako bi izgledao simbol modula ukoliko se tasterom OK prihvate učinjene promene (*Edited...*), kao i trenutni izgled simbola modula (*Saved...*). Na slici 29 prikazani su mogući izgledi jednog istog modula, u zavisnosti od vrednosti parametara postavljenih u dijalogu *Canvas/Port Manager...*

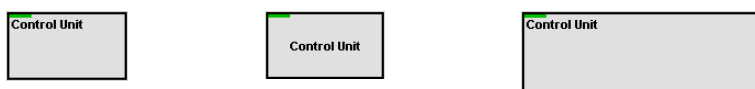


Slika 28 Funkcija *Canvas/Port Manager.../...Symbol Preview* — umanjeni prikaz pregleda izgleda modula u slučaju da bude integrisan u neku drugu strukturu



Slika 29 Mogući prikazi *Module/SubModule* objekata sa portovima (*Port Module/SubModule*)

Ukoliko su liste ulaznih i izlaznih portova prazne, modul će se koristiti kao *NonPort Module*. Mogući izgledi *NonPort Module*–a, u zavisnosti od vrednosti parametara postavljenih u dijalogu *Canvas/Port Manager...*, prikazani su na slici 30.



Slika 30 Mogući prikazi *Module/SubModule* objekata bez portova (*NonPort Module/SubModule*)

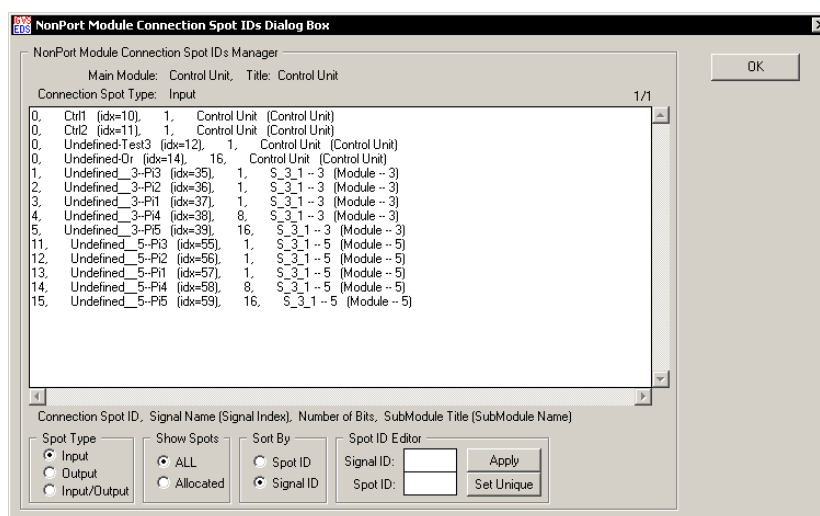
Postupak integracije modula u drugu elektronsku digitalnu strukturu obavlja se aktiviranjem funkcija *Add Module/SubModule with Ports...* i *Add Module/SubModule w/o Ports...* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9). Ukoliko je aktivirana funkcija *Add Module/SubModule with Ports...* modul će biti integrisan kao simbol sa portovima samo ako su portovi definisani, u suprotnom, modul će biti integrisan kao simbol bez portova. Ukoliko je aktivirana funkcija *Add Module/SubModule w/o Ports...* modul će biti integrisan kao simbol bez portova, bez obzira da li su portovi definisani ili nisu definisani.

Pored definisanja portova koji se koriste za povezivanje signala i modula, moguće je i povezivanje signala i modula bez definisanih portova (poglavlje 1.2.2.5.2.1, strana 54). Moduli na koje su povezani signali mogu da se zamene drugim modulima tako da se ostvarene konekcije sačuvaju ili da se raskinu (poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35). Zamena modula sa portovima (*Port Module*) ostvaruje se korišćenjem informacija o portovima, ali takve informacije ne postoje za module bez portova (*NonPort Module*). Za potrebe ostvarivanja zamene modula bez portova, sa mogućnošću da se očuvaju uspostavljene konekcije,

obezbeđena je mogućnost numeracije signala u modulu (poglavlje 1.2.2.1.5, strana 34). Detaljni pregled rada funkcija za zamenu modula sa i bez portova prikazani su u poglavlju 1.2.2.2.1, na strani 35.

1.2.2.1.5 Numerisanje signala modula bez portova (*NonPort Connections...*)

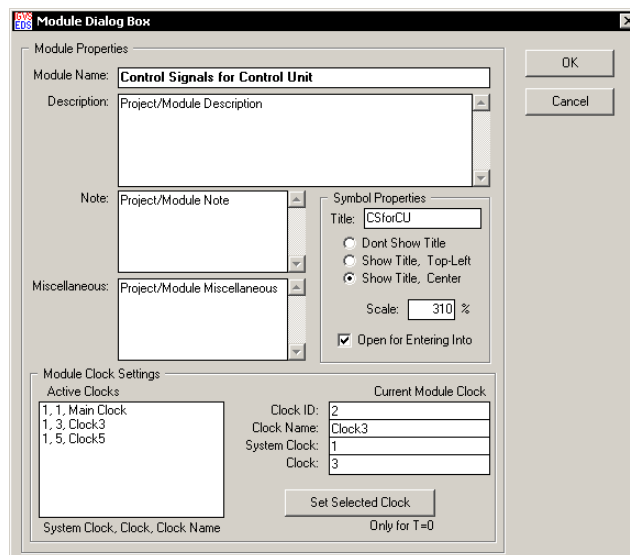
Na slici 31 prikazan je dijalog za numerisanje signala za potrebe zamene modula bez portova, sa očuvanjem ostvarenih konekcija. Ponuđeni su *Text Box* objekat u kome se daje lista signala koji su numerisani, skup *Optional Box* objekata kojima se određuje način prikaza liste signala koji su numerisani, kao i skup objekata u kojima se za određeni signal postavlja jedinstvena numerička vrednost. Aktiviranje tastera *Set Unique* pronalazi se najmanja jedinstvena numerička vrednost koja može da se upotrebi kao regularna jedinstvena numerička vrednost za *Spot ID*. Aktiviranjem tastera *Apply* potvrđuje se dodela numeričke vrednosti *Spot ID* signalu označenom u polju *Signal ID*. Taster *OK* zatvara dijalog.



Slika 31 Funkcija *Canvas/NonPort Connections...* – dijalog za numerisanje signala, za potrebe zamene modula bez portova, sa očuvanjem ostvarenih konekcija

1.2.2.1.6 Osobine modula (*Properties...*)

Na slici 32 prikazan je dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o svim modulima, osim za glavni modul (*Module Dialog Box*). Prikazani dijalog malo je složeniji od dijaloga za glavni modul (slika 26), i za delove dijaloga koji su isti, važe ista pravila kao i za dijalog za glavni modul (poglavlje 1.2.2.1.3, strana 31). Dodatnim funkcijama obezbeđena je delimična modifikacija izgleda simbola kojim je predstavljen modul (deo *Symbol Properties*), saglasno značenju parametara opisanih u poglavlju 1.2.2.1.4, na strani 31.



Slika 32 Funkcija *Canvas/Properties...* kada je funkcija aktivirana na modulu koji nije glavni modul – dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o svim modulima, osim za glavni modul

1.2.2.2 Meni za rad sa objektima (*Object Menu*)

U poglavljima koja slede, u redosledu pojavljivanja u meniju, daje se detaljni pregled postupaka za rad sa:

- posebnim vrstama objekata. U zavisnosti od vrste objekta iznad koga se nalazi pokazivač miša u trenutku otvaranja menija, realizovan je rad sa:
modulima (*Sub Module*, poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35)
generatorima signala (*Generator Module*, poglavlje 1.2.2.2.2, strana 37)
memorijskim modulima (*Memory Module*, poglavlje 1.2.2.2.3, strana 38)
promenama širine signala na konektorima
(*Expand Connectors...*, poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40)
- osobinama objekata, odnosno kola (*Properties...*, poglavlje 1.2.2.2.5, strana 42)

1.2.2.2.1 Moduli (*Sub Module*)

Ukoliko se pokazivač miša, pri otvaranju menija za rad sa objektima (*Object Menu*), nalazi iznad modula, u okviru menija *Object Menu* pojavljuje se grupa funkcija za rad sa ovim objektima. Na raspolaganju su funkcije za modifikaciju teksta natpisa na simbolu (*Edit Symbol Title*), zamenu odabranog modula drugim modulom (funkcije *Replace With ALL Connections...* i *Replace Without ANY Connection...*) i numerisanje signala (*NonPort Module Connection Spot IDs...*). Kraći opisi navedenih funkcija prikazani su u poglavlju 1.2.1.2.1 (strana 23), dok se u daljem tekstu ovog paragrafa daje detaljni opis funkcija za zamenu modula.

Osnovna namena funkcija za zamenu modula je obezbeđivanje mogućnosti da se u okviru aktivne digitalne strukture proizvoljni modul zameni nekim drugim modulom uz očuvanje ostvarenih konekcija signala van modula i signala unutar modula, ili bez očuvanja navedenih konekcija. Ponašanje funkcija delimično se razlikuje za module sa portovima (*Port Module*) i module bez portova (*NonPort Module*). U zavisnosti od tipa funkcije i postojanja portova modula, razlikuju se četiri slučaja zamene module (slika 33). Pozivi funkcija sastoje se u

pozivima *Replace Module* dijaloga, gde su svi dijalozi identičnog izgleda (slika 33–levo), ali funkcionalnost i zaglavlja se razlikuju (slika 33–desno). U pregledu koji sledi, detaljno su prikazani svi tipovi zamena modula, sa svim koracima koji se izvršavaju tokom rada funkcija:

- zamena modula sa očuvanjem konekcija (*Replace With ALL Connections...*), za module sa portovima (*Port Module*) i za module bez portova (*NonPort Module*):

za module sa portovima (*Port Module*, slika 34): proverava se da li novi modul ima dovoljno portova, tako da sve postojeće konekcije signala sa starim modulom mogu da se ostvare sa novim modulom. Saglasnost portova se ne utvrđuje po nazivima portova, već po poziciji portova u nizu ulaznih, odnosno izlaznih portova, posebno za svaki tip portova. Neophodno je da i širina signala na odgovarajućim portovima bude jednaka. Novi modul može da ima manje ulaznih i izlaznih portova, ali svi zauzeti portovi starog modula moraju da imaju odgovarajući port na novom modulu. Ukoliko se ustanovi da novi modul nema odgovarajući broj ili vrste portova, zamena se obustavlja, uz prikazivanje odgovarajuće poruke. Definisanje portova obavlja se korišćenjem funkcije *Canvas/Port Manager...* (poglavlje 1.2.2.1.4, strana 31).

za module bez portova (*NonPort Module*, slika 35): proverava se da li stari i novi modul imaju numerisane signale, tako da sve postojeće konekcije signala sa starim modulom mogu da se ostvare sa novim modulom. Novi modul može da ima proizvoljan broj signala, ali svi numerisani signali starog modula na koje su povezani signali van modula, moraju da imaju odgovarajući signal u novom modulu, sa identičnom numeracijom. Neophodno je da i širina signala na odgovarajućim numerisanim signalima bude jednaka. Ukoliko se ustanovi da novi modul nema odgovarajuće numerisane signale, zamena se obustavlja, uz prikazivanje odgovarajuće poruke. Definisanje numeracije signala obavlja se korišćenjem funkcije *Canvas/NonPort Connections...* (poglavlje 1.2.2.1.4, strana 31).

sačuvaju se podaci o konekcijama, položaju i dimenzijama starog modula.

stari modul se obriše sa podloge za prikaz strukture, kao i svi podaci u strukturi podataka koji se odnose na stari modul.

učitava se novi modul, sa položajem i dimenzijama saglasnim starom modulu.

sačuvani podaci o konekcijama dodele se novom modulu.

aktivira se simulator koji izračunava izlazne signale kombinacionih kola, čime se vrednosti svih signala dovode u odgovarajuće stanje.

Modul koji je nasledio položaj starog modula u hijerarhijskoj strukturi modula, integrisan je u aktivnu digitalnu strukturu na identičan način kao i modul koji je zamenjen.

- zamena modula bez očuvanja konekcija (*Replace Without ANY Connection...*), za module sa portovima (*Port Module*) i za module bez portova (*NonPort Module*):

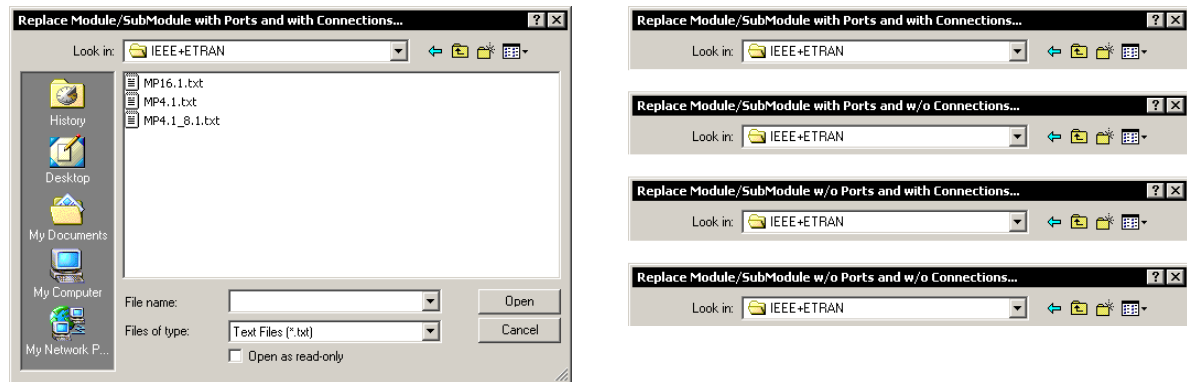
raskidaju se sve konekcije starog modula.

sačuvaju se podaci o položaju i dimenzijama starog modula.

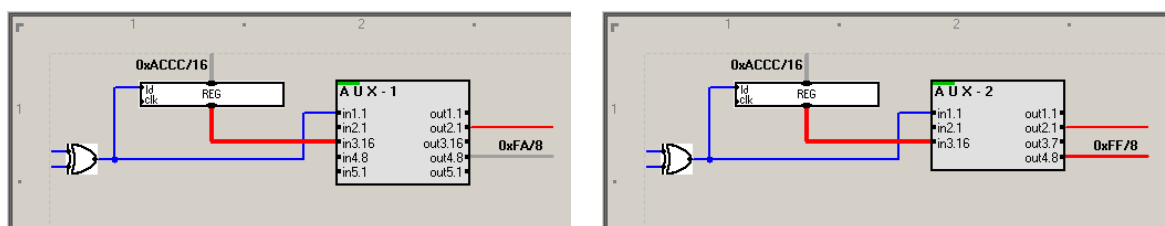
stari modul se obriše sa podloge za prikaz strukture, kao i svi podaci u strukturi podataka koji se odnose na stari modul.

učitava se novi modul, sa položajem i dimenzijama saglasnim starom modulu, uz manju korekciju položaja modula, kako bi se demonstrirala činjenica da linije signala koje ostaju na istim mestima nisu povezane sa novim modulom.

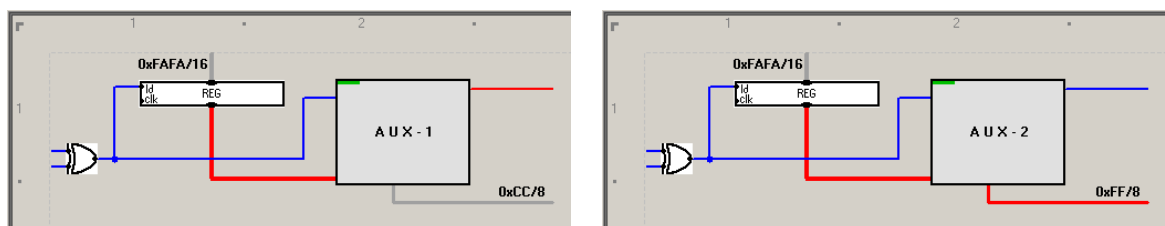
Modul koji je nasledio položaj starog modula u hijerarhijskoj strukturi modula, integrisan je u aktivnu digitalnu strukturu na identičan način kao i modul koji je zamenjen, osim konekcija koje ne postoje.



Slika 33 Funkcije *Object/Sub Module/Replace With ALL Connections...* i *Object/Sub Module/Replace Without ANY Connection...*, za *Port Module* i *NonPort Module* objekte



Slika 34 Zamena modula sa portovima (*Port Module*)

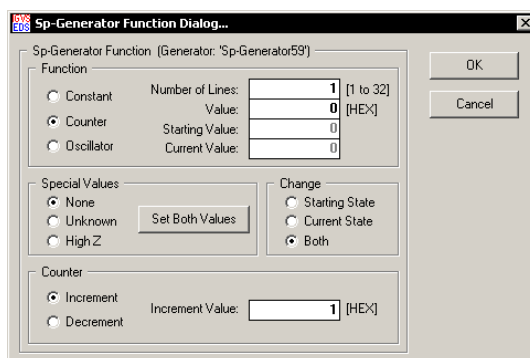


Slika 35 Zamena modula bez portova (*NonPort Module*)

1.2.2.2.2 Generatori signala (*Generator Module*)

Generator signala je jedan od posebnih modula koji su na raspolaganju u biblioteci kola (poglavlje 1.1.3, strana 15). Generator signala je realizovan kao modul koji ima samo jedan izlazni signal, gde širina signala može da se podešava korišćenjem funkcije *Object/Expand Connectors...* (poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40). Izlazni signal menja vrednost u svakom ciklusu signala takta pridruženog modulu kome generator pripada, na način koji je definisan u dijalogu prikazanom na slici 36. Na raspolaganju su tri funkcije koje upravljaju radom generatora signala:

- *Constant* – izlazni signal ne menja vrednost
- *Counter* – izlazni signal menja vrednost na način koji je definisan u donjem delu dijaloga sa slike 36 – povećanje (*Increment*), odnosno smanjivanje (*Decrement*) vrednosti izlaznog signala za vrednost polja *Increment Value*, odnosno *Decrement Value*, respektivno
- *Oscillator* – izlazni signal menja vrednost tako što se svi bitovi izlaznog signala invertuju



Slika 36 Funkcija *Object/Generator Module/Function...*

Promenom vrednosti sadržaja polja *Value* može da se postavi nova vrednost izlaznog signala, dok se promenom vrednosti sadržaja polja *Number of Lines* poziva funkcija *Object/Expand Connectors...* (poglavlje 1.2.2.2.4, strana 40), čime se menja broj bitova izlaznog signala. Pored osnovnih funkcija za rad generatora signala (*Constant*, *Counter* i *Oscillator*), na raspolaganju je i parametar koji definiše da li izlazni signal ima vrednost određenu funkcijom za rad, ili je nametnuta nepoznata vrednost ili vrednost visoke impedanse (*Special Values*). Raspoložive vrednosti parametra *Special Values* su:

- *None* – vrednost izlaznog signala jednaka je rezultatu rada funkcije generatora signala
- *Unknown* – vrednost izlaznog signala je nepoznata
- *High Z* – vrednost izlaznog signala jednaka je vrednosti visoke impedanse

Ukoliko parametar *Special Values* ima jednu od vrednosti *Unknown* ili *High Z*, nastavlja se sa izračunavanjem vrednosti izlaznog signala kao da nije postavljena jedna od specijalnih vrednosti, ali se kao važeća vrednost izlaznog signala koristi zadata specijalna vrednost. U okviru grupe objekata *Special Values*, na raspolaganju je taster *Set*, za postavljanje vrednosti na izlazu generatora signala. Taster *Set* je na slici 36 prikazan kao taster *Set Both Values*. Natpis tastera *Set* ima tri moguća stanja (*Set Starting Value*, *Set Current Value* i *Set Both Values*), u zavisnosti od vrednosti parametra *Change*. Ukoliko parametar *Change* ima vrednost *Starting State*, natpis na tasteru *Set* je *Set Starting Value* i menja se samo stanje na izlazu generatora signala u početnom stanju simulacije, ako parametar *Change* ima vrednost *Current State*, natpis na tasteru *Set* je *Set Current Value* i menja se stanje na izlazu generatora u tekućem trenutku simulacije, i ako parametar *Change* ima vrednost *Both*, natpis na tasteru *Set* je *Set Both Values* i menjaju se obe navedene vrednosti stanja na izlazu generatora signala. Aktiviranje tastera *Set* postavlja odgovarajuću vrednost izlaznog signala odmah, i ova akcija se ne potvrđuje i ne poništava tasterima *OK* i *Cancel*, respektivno. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja promena.

1.2.2.2.3 Memorijski moduli (*Memory Module*)

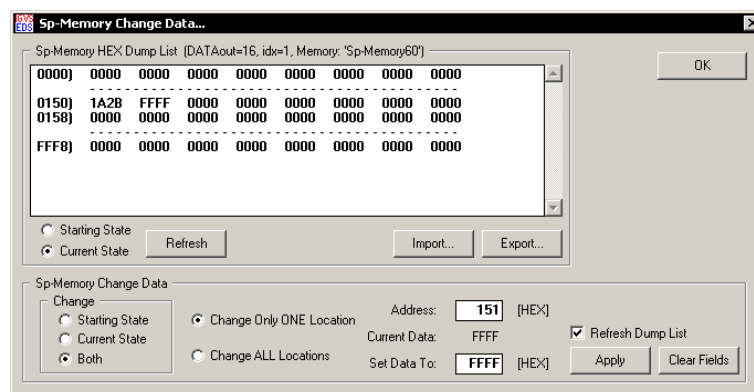
Memorijski modul je jedan od posebnih modula koji su na raspolaganju u biblioteci kola (poglavlje 1.1.3, strana 15). Memorijski modul je realizovan kao modul sa standardnim kontrolnim ulazima, ulazima za adresu i podatak, kao i izlazom za podatak koji je pročitao. Ulazne linije za adrese i podatke imaju po 16 bita. Na raspolaganju je 65 memorijskih modula, sa memorijskim rečima širine 16 bita, sa punim kapacitetom za prihvatanje vrednosti sadržaja svih memorijskih lokacija. Širine ulaznih i izlaznih linija za podatke mogu da se podešavaju korišćenjem funkcije *Object/Expand Connectors...*, sa dozvoljenim vrednostima broja linija na ulaznim i izlaznim linijama za podatke 8, 4, 2 i 1. Na ovaj način definišu se širine memorijskih reči memorijskih modula, i broj raspoloživih memorijskih modula može

da se kreće od 65 do 1025. Detaljan prikaz rada funkcije *Object/Expand Connectors...* sa memorijskim modulima daje se u poglavlju 1.2.2.2.4, na strani 40.

Skup funkcija za rad sa sadržajem memorijskih modula (*Object/Memory Module*), obezbeđuje funkcije:

- *HEX Dump List...* – funkcija za otvaranje dijaloga za pregled sadržaja memorijskih lokacija memorijskog modula. Dijalog ima izgled kao gornji deo dijaloga prikazanog na slici 37. Taster *Change* (taster *Refresh* na dijalogu prikazanom na slici 37) transformiše *HEX Dump List...* dijalog u *Change Data...* dijalog. Tasteri *Import...* i *Export...* pozivaju iste dijaloge kao i funkcije *Import Memory Data...* i *Export Memory Data...*, respektivno (poglavlje 1.2.1.2.2, strana 25).
- *Change Data...* – funkcija za otvaranje dijaloga za pregled i modifikaciju sadržaja memorijskih lokacija memorijskog modula (slika 37).
- *Import Memory Data...* – dijalog za učitavanje sadržaja memorijskih lokacija iz datoteke.
- *Export Memory Data...* – dijalog za snimanje sadržaja memorijskih lokacija u datoteku.

Dijalozi *Import...* i *Export...* imaju identični izgled kao i dijalozi *Open Project...* i *Save Project As...*, respektivno (slika 6, strana 13), sa odgovarajućim zaglavljljima.

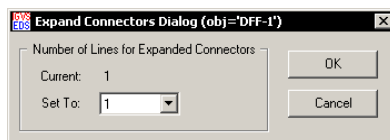


Slika 37 Funkcija *Object/Memory Module/Change Data...*

Vrednost *Optional Box* objekta unutar okvira *Sp-Memory HEX Dump List*, *Starting State* i *Current State*, definiše da li se u *Text Box* objektu prikazuju sadržaji početnog stanja memorijskih lokacija ili sadržaj trenutnog stanja memorijskih lokacija, respektivno. Korišćenjem objekata unutar okvira *Sp-Memory Change Data* može da se modifikuje sadržaj memorijskih lokacija samo početnog stanja (*Starting State*), samo trenutnog stanja (*Current State*), ili i početnog i trenutnog stanja (*Both*), kao i da se promeni sadržaj memorijske lokacije na koju ukazuje adresa u polju *Address* (*Change Only ONE Location*) ili sadržaj svih memorijskih lokacija (*Change ALL Locations*). Vrednost na koju treba da se postavi sadržaj odabrane memorijske lokacije ili sadržaj svih memorijskih lokacija treba da se unese u polje *Set Data To*. Tasterom *Apply* aktivira se operacija modifikacije sadržaja memorijske lokacije, odnosno memorijskih lokacija prema vrednostima polja čija namena je opisana. Taster *OK* zatvara dijalog.

1.2.2.2.4 Promena širine signala na konektorima (*Expand Connectors...*)

Pored osnovnog skupa kola i modula koji je na raspolaganju u biblioteci kola (poglavlje 1.1.3, strana 15) realizovana je funkcija *Object/Expand Connectors...*, koja omogućava da se skup raspoloživih kola i modula višestruko poveća (slika 38). Funkcija *Object/Expand Connectors...* omogućava promenu širine signala na konektorima od 1 do 32 bita, u koracima po 1 bit. Funkcija može da se koristi proizvoljan broj puta za svako kolo koje nema povezane signale na svojim konektorima, bez obzira da li su postojali povezani signali koji su obrisani.



Slika 38 Funkcija *Object/Expand Connectors...*

Izborom kola ili modula iz biblioteke kola, na podlozi za prikaz strukture pojavljuje se odabrano kolo, odnosno modul sa unapred definisanim širinama signala na konektorima. Namena funkcije *Object/Expand Connectors...* je da obezbedi modifikaciju širine signala na konektorima kola i modula. Modifikacija se obavlja na dva načina u zavisnosti od tipova i namena konektora, definisanih u biblioteci kola. Za prvu grupu kola (grupa A) obavlja se modifikacija širine signala svih konektora na isti način, dok se za drugu grupu kola (grupa B) obavlja modifikacija širine signala za neke konektore, a za ostale konektore širine signala ostaju iste. Prema tome, kola i moduli grupisani su na sledeći način:

- grupa A – širina signala na svim konektorima se modifikuje na isti način (tabela 2)
- grupa B – širina signala se ne modifikuje na isti način na svim konektorima (tabela 3)

Grupa A – *Expand Connectors Group A*

K-NOT	K-AND2	K-OR2	K-DC2-4	K-MP2-1	K-CG4
K-ExOR2	K-AND3	K-OR3	K-DC3-8	K-MP4-1	S-DFF
K-ExNOR2	K-AND4	K-OR4	K-DC4-16	K-MP8-1	S-RSFF
	K-AND8	K-OR8	K-CDp4-2	K-DP1-2	S-TFF
	K-NAND2	K-NOR2	K-CDp8-3	K-DP1-4	S-JKFF
	K-NAND3	K-NOR3	K-CDp16-4	K-DP1-8	
	K-NAND4	K-NOR4			
	K-NAND8	K-NOR8			Sp-Generator

Tabela 2 Pregled komponenti za koje se širina signala na svim konektorima modifikuje na isti način

Grupa B – *Expand Connectors Group B*

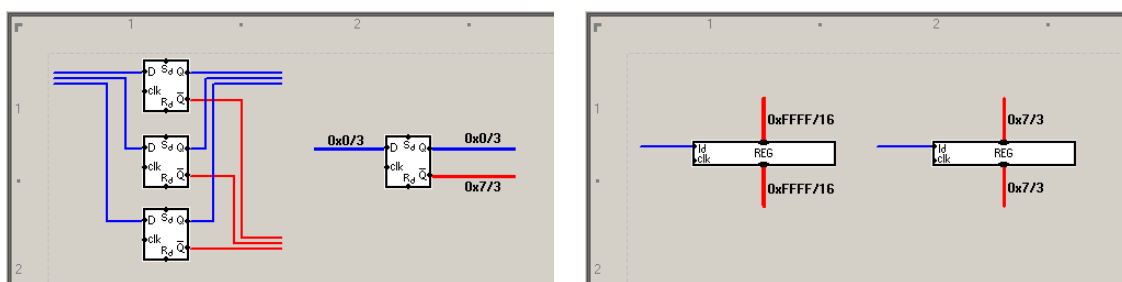
K-gAND	K-gDC2-4	K-gMP2-1	K-SHIFT	S-REG	Sp-TriState
K-gNAND	K-gDC3-8	K-gMP4-1	K-INC-DEC	S-ShiftREG	Sp-Memory
K-gOR	K-gDC4-16	K-gMP8-1	K-ADD	S-COUNTERinc	
K-gNOR	K-gCDp4-2	K-gDP1-2	K-CMP	S-COUNTER	
	K-gCDp8-3	K-gDP1-4	K-ALU		
	K-gCDp16-4	K-gDP1-8			

Tabela 3 Pregled komponenti za koje se širina signala ne modifikuje na isti način na svim konektorima

Objekti iz grupe A imaju, neposredno nakon izbora iz biblioteke, sve konektore širine 1 bit. Korišćenjem funkcije *Object/Expand Connectors...* menja se širina svih konektora na objektu iz grupe A. Na slici 39-levo prikazano je jedno kolo iz ove grupe. Na levom delu slike 39-levo prikazana je struktura koja je nastala korišćenjem tri D flip-flopa, na kojima širina konektora nije menjana, i iznosi 1 bit. Funkcionalno identična struktura može da se ostvari

korišćenjem jednog D flip-flopa, kome su širine konektora promenjene na 3 bita. Ovakva struktura prikazana je na desnom delu slike 39–levo.

Objekti iz grupe B imaju, neposredno nakon izbora iz biblioteke, dve vrste konektore, širine 1 bit i 16 bita. Korišćenjem funkcije *Object/Expand Connectors...* menja se širina konektora na objektu, za konektore na kojima je, prema definiciji iz biblioteke kola, širina 16 bita. Na slici 39–desno prikazano je jedno kolo iz grupe B. Na levom delu slike 39–desno prikazana je struktura koja je nastala korišćenjem jednog registra koji ima kontrolni ulaz *ld* širine 1 bit, dok su konektori za ulaz i izlaz podatka koji se čuva u registru širine 16 bita. Upotrebom funkcije *Object/Expand Connectors...* može da se promeni broj linija za ulaz i izlaz podatka, kao i širina registra, dok širina kontrolnog ulaza *ld* ostaje nepromenjena. Ovakva struktura prikazana je na desnom delu slike 39–desno. Na ovaj način, od jednog registra iz biblioteke kola mogu da se naprave 32 različita registra, sa širinama reči koje se prihvataju u registru od 1 do 32 bita.



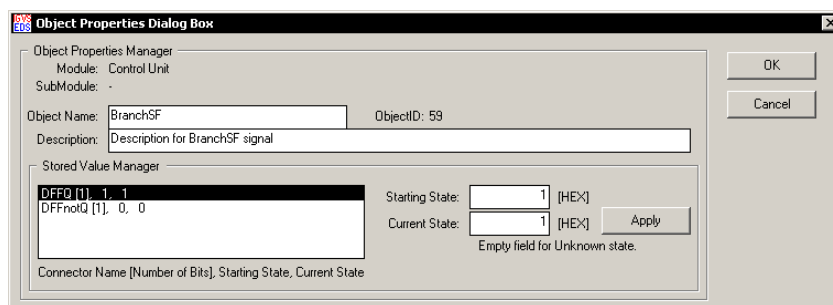
Slika 39 Demonstracija delovanja funkcije *Object/Expand Connectors...*

Funkcija *Object/Expand Connectors...* nema uticaja na module kreirane korišćenjem objekta *Sub Module* iz biblioteke kola, kao i na *Port Module* i *NonPort Module* objekte koji se kreiraju učitavanjem opisa iz datoteke. Pored toga, postoje i posebna pravila za rad funkcije *Object/Expand Connectors...* sa memorijskim modulima, kada su dozvoljene vrednosti promena širina konektora 1, 2, 4 i 8 bita, i funkcija može da se aktivira za jedan memorijski modul samo jednom. Ukoliko je neophodno da se promeni širina konektora na memorijskom modulu na kome je već aktivirana funkcija *Object/Expand Connectors...*, onda je potrebno da se obriše memorijski modul, da se kreira novi korišćenjem biblioteke kola, i da se podesi željena širina konektora. Promena širine konektora memorijskog modula utiče samo na promenu broja ulaznih i izlaznih linija za podatke. Smanjivanjem broja linija za podatke, smanjuje se i broj bitova memorijskih reči koje predstavljaju elementarne memorijske lokacije memorijskog modula. Jedinstveni memorijski prostor za čuvanje sadržaja svih 65 raspoloživih memorijskih modula sa memorijskim rečima od 16 bita, organizovan je na taj način da unutar prostora rezervisanog za jedan memorijski modul sa memorijskim rečima od 16 bita, može da se smesti 2, 4, 8, odnosno 16 memorijskih modula sa memorijskim rečima od 8, 4, 2, odnosno 1 bita, respektivno. Na ovaj način moguće je realizovati 128, 256, 512, odnosno 1024 memorijskih modula sa memorijskim rečima od 8, 4, 2, odnosno 1 bita, respektivno, ukoliko se koriste memorijski moduli sa istim brojem linija za podatke. Omogućeno je korišćenje memorijskih modula sa svim dozvoljenim brojevima linija za podatke, odnosno širinama memorijskih reči, u istoj digitalnoj strukturi. Konačan dozvoljeni broj memorijskih modula direktno zavisi od broja linija za podatke, odnosno širina memorijskih reči u memorijskim modulima koji su korišćeni pri kreiranju digitalne strukture. Iz administrativnih razloga, 65–ti memorijski modul mora da bude modul sa memorijskim rečima od 16 bita.

Biblioteka kola sadrži 65 kola i modula. Prikazane mogućnosti realizovane funkcije *Object/Expand Connectors...* proširuju ukupan izbor kola i modula na broj od 2021 kola i modula, sa osnovnih 65 funkcionalnosti.

1.2.2.2.5 Osobine objekata (*Properties...*)

Na slici 40 prikazan je dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o odabranom kolu (*Object Properties Dialog*). Osnovni skup polja za pregled i modifikaciju podataka o kolu dostupan je za sve vrste kola i sadrži samo dva polja: naziv kola (*Object Name*) i kraći opis namene kola (*Description*). Donji deo dijaloga dostupan je samo za sekvencijalna kola, i omogućava direktno postavljanje početnih i trenutnih vrednosti na izlaznim konektorima. Vrednosti koje se postavljaju predstavljaju memorisane vrednosti odabranog sekvencijalnog kola, koje se mogu pročitati na izlaznim konektorima, bez obzira da li postoje signali čiji su izvori vrednosti izlazni konektori. Tasterom *Apply* prihvata se promena vrednosti na konektorima, gde su vrednosti postavljene u poljima *Starting State* i *Current State*. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena naziva i opisa namene kola, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja navedenih promena. Tasteri *OK* i *Cancel* ne utiču na promene učinjene aktiviranjem tastera *Apply*.



Slika 40 Funkcija *Object/Properties...*

1.2.2.3 Meni za rad sa signalima (*Signal Menu*)

U poglavljima koja slede, u redosledu pojavljivanja u meniju, daje se detaljni pregled postupaka za rad sa:

- osnovnim informacijama o odabranom signalu (poglavlje 1.2.2.3.1, strana 42)
- promenama širina magistrala (*Expand BUS...*, poglavlje 1.2.2.3.2, strana 43)

natpisima naziva i stanja signala

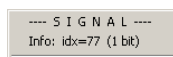
(*Signal Name Label...* i *Signal State Label...*, poglavlje 1.2.2.3.3, strana 43)

osobinama signala i kreiranjem *Clone/PartClone* signala

(*Properties...*, poglavlje 1.2.2.3.4, strana 43)

1.2.2.3.1 Prikaz osnovnih informacija o odabranom signalu

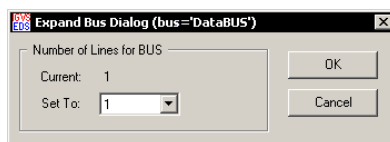
U gornjem delu padajućeg menija *Signal Menu* (slika 41) prikazuju se identifikacija menija za rad sa signalima (---SIGNAL---) i osnovne informacije o odabranom signalu, kao što su indeks sloga strukture podataka u kome se čuvaju podaci o odabranom signalu i broj bitova odabranog signala.



Slika 41 Deo skupa funkcija *Signal Menu* sa prikazom osnovnih informacija o odabranom signalu

1.2.2.3.2 Promena širine magistrale (*Expand BUS...*)

Ukoliko je padajući meni *Signal Menu* aktiviran kada je odabrana magistrala, uz dodatni uslov da ne postoji nijedan signal povezan sa odabranom magistralom, dostupna je funkcija *Signal/Expand BUS...* Ova funkcija omogućava promenu širine magistrale od 1 do 32 bita, u koracima po 1 bit. Ukoliko su ispunjeni svi uslovi, neposredno nakon izvršenja funkcije, debljina linija koje predstavljaju magistralu na podlozi za prikaz strukture usaglašavaju se sa odabranim brojem bitova širine magistrale, a ukoliko je postavljena širina magistrale veća od jednog bita, prikazuje se i natpis za prikaz stanja magistrale. Detaljni pregled postupaka za rad sa magistralama daje se u poglavlju 1.2.2.5.1.4, na strani 51.



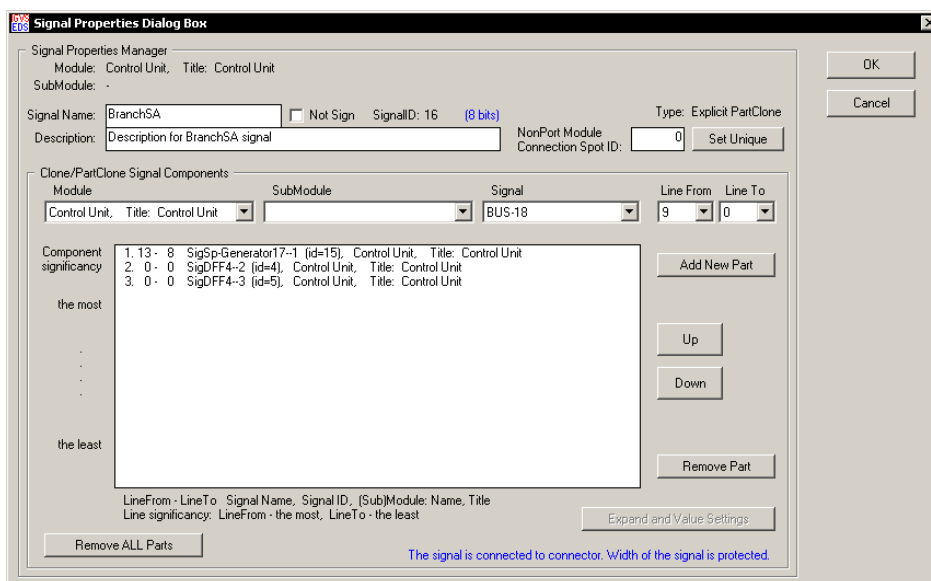
Slika 42 Funkcija *Signal/Expand BUS...*

1.2.2.3.3 Natpisi naziva i stanja signala (*Signal Name Label...* i *Signal State Label...*)

Funkcije *Signal/Signal Name Label...* i *Signal/Signal State Label...* koriste se na identičan način kao i istoimene funkcije opisane u poglavlju 1.2.2.1.1, na strani 29 (*Canvas/Signal Name Label...* i *Canvas/Signal State Label...*). Pozivi ovih funkcija realizovani su na dva načina da bi ove veoma važne funkcije bile dostupnije korisniku.

1.2.2.3.4 Osobine signala i kreiranje *Clone/PartClone* signala (*Properties...*)

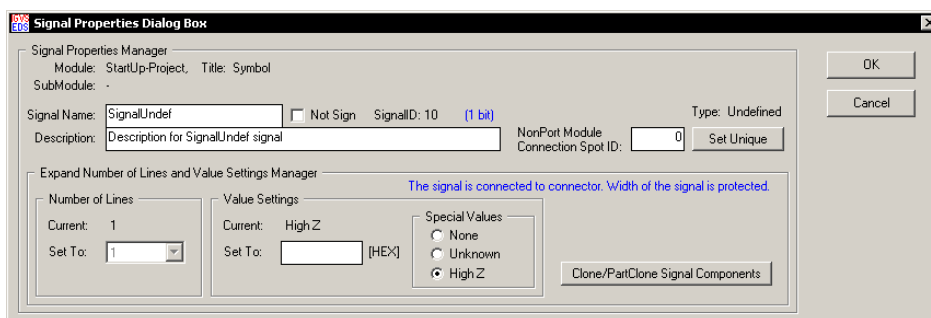
Na slici 43 prikazan je dijalog za kreiranje i modifikaciju osnovnih podataka o odabranom signalu (*Signal Properties Dialog*). Osnovni skup polja za pregled i modifikaciju podataka o signalu dostupan je za sve vrste signala i sadrži sledeća polja: naziv signala (*Signal Name*), kraći opis namene signala (*Description*), parametar koji određuje da li iznad natpisa naziva signala treba da se nalazi horizontalna linija kao indikator negacije signala (*Not Sign*), kao i jedinstveni broj u sistemu numeracije signala za potrebe rada funkcije *Replace With ALL Connections...* (*NonPort Module Connection Spot ID*, poglavlje 1.2.2.2.1, strana 35).



Slika 43 Funkcija *Signal/Properties...*

Za tipove signala *Undefined*, *Clone* i *PartClone* (poglavlje 1.2.2.5.1.1, strana 46) dostupan je i donji deo dijaloga *Signal Properties Dialog (Clone/PartClone Signal Components)*. Obezbeđen je sistem sa listama modula (*Module*), podređenih modula (*SubModule*) i signala (*Signal*), preko kojih je dostupan svaki signal koji je vidljiv na modulu koji je aktivan prilikom otvaranja padajućeg menija *Signal Menu*. Detaljan opis vidljivosti signala na modulu daje se u poglavlju 1.2.2.5.1.5, na strani 53. Izborom signala, korišćenjem sistema za pregled signala (*Module/SubModule/Signal*), izborom pojedinih linija odabranog signala, korišćenjem objekata *Line From/Line To*, i aktiviranjem tastera *Add New Part*, odabrane linije signala postaju komponente kojima se kreira zavisni signal za koji je otvoren *Signal Properties Dialog*. Neposredno levo (*Component significancy*) i ispod (*Line significancy*) liste komponenti signala označene su koordinate važnosti pojedinih komponenti i pojedinih linija svake komponente. Obezbeđeni su tasteri za modifikaciju redosleda komponenti signala (*Up* i *Down*) i za brisanja jedne ili svih komponenti (*Remove Part* i *Remove ALL Parts*, respektivno). Na ovaj način obezbeđena je mogućnost kreiranja signala sastavljenih od proizvoljnih delova svih vidljivih signala. Ukoliko zavisni signal ima samo jednu komponentu u vidu svih linija jednog signala, dobija status *Clone Signal*, dok u svim ostalim slučajevima dobija status *PartClone Signal*. Signali čije se linije koriste kao komponente u kreiranju *Clone* ili *PartClone* signala dobijaju status *Master Signal*. Signali u statusu *Clone* i *PartClone* mogu da budu *Master* signali za druge *Clone* i *PartClone* signale.

Ukoliko je signal nad kojim je otvoren padajući meni *Signal Menu* tipa *Undefined* (poglavlje 1.2.2.5.1.1, strana 46), dostupan je taster *Expand and Value Settings*, u donjem desnom uglu dijaloga prikazanog na slici 43. Aktiviranjem ovog tastera, dijalog prikazan na slici 43 transformiše se u dijalog prikazan na slici 44. Aktiviranjem tastera *Clone/PartClone Signal Components*, u donjem desnom uglu dijaloga prikazanog na slici 44, dijalog se ponovo vraća u oblik prikazan na slici 43. Ukupan broj bitova *Clone/PartClone* signala mora da bude identičan pri otvaranju i zatvaranju dijaloga, ukoliko je *Clone/PartClone* signal povezan na neki ulazni konektor ili port. U tom slučaju vidljiva je plava napomena *The signal is connected...*, na dnu dijaloga, i svaka promena koja narušava navedeno pravilo onemogućava prihvatanje promena aktiviranjem tastera *OK*.

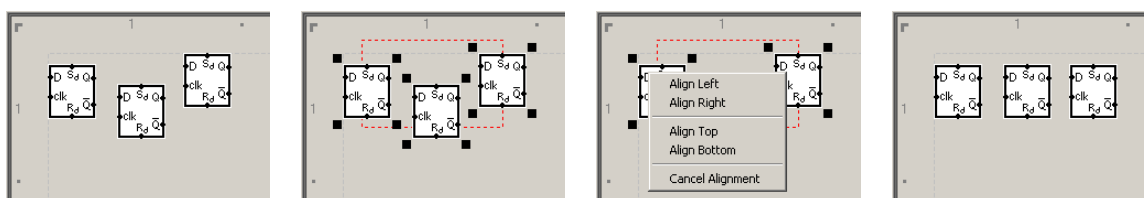


Slika 44 Funkcija *Signal/Properties...* – *Expand and Value Settings*

Donji deo dijaloga prikazanog na slici 44 omogućava da se odabranom *Undefined* signalu, signalu bez izvora vrednosti, dodeli broj bitova od 1 do 32, u koracima po 1 bit (*Number of Lines*), i da se postavi vrednost (*Value Settings*). Modifikacija broja bitova nije dostupna ukoliko je signal povezan na neki konektor ili port, jer je time broj bitova signala definisan. U tom slučaju vidljiva je plava napomena *The signal is connected....* Vrednost *Undefined* signala postavljena u ovom dijalogu postoji sve do trenutka kada se kroz grafički editor dodeli izvor vrednosti za signal. Tada signal gubi status *Undefined* signala, kao i postavljenu vrednost u *Value Settings* dijalogu. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja promena.

1.2.2.4 Meni za rad sa grupama objekata (*Special Menu*)

Skup *Alignment* funkcija na raspolaganju je nakon grupisanja najmanje dva objekta. Grupisanje objekata može da se uradi samo u režimu rada grafičkog editora *Move Object* (poglavlje 1.1.2.2, strana 13), kada se povlačenjem pokazivača miša preko podloge za prikaz strukture, dok je aktiviran levi taster miša, definiše pravougaonik sastavljen od isprekidanih crvenih linija. Nakon završetka kreiranja pravougaonika, objekti koji su u potpunosti ili delimično prekriveni površinom pravougaonika, pripadaju grupi obeleženih objekata. Aktiviranjem desnog tastera miša iznad jednog od objekata iz skupa grupisanih objekata, otvara se skup funkcija *Special Menu* (poglavlje 1.2.1.1, strana 22). Poravnavanje se radi u odnosu na objekat iznad koga je otvoren *Special Menu*. Na raspolaganju su sledeće funkcije: *Align Left*, *Align Right*, *Align Top* i *Align Bottom*, kada se poravnavanje radi prema levoj, desnoj, gornjoj i donjoj ivici referentnog objekta, respektivno. Funkcija *Cancel Alignment* obustavlja operaciju poravnavanja i uklanja okvir za grupisanje objekata. Demonstracija opisanog postupka prikazana je na slici 45.



Slika 45 Poravnavanje objekata (aktiviranje *Special Menu/Align Top* funkcije)

Pomeraju se samo objekti koji nemaju povezane signale. Objekti koji imaju povezane signale mogu da učestvuju u postupku grupisanja objekata i mogu da budu referentni objekti prema kojima se radi poravnavanje, ali se ne pomeraju prilikom aktiviranja funkcije *Alignment*. Neposredno nakon aktiviranja neke od *Alignment* funkcija, na raspolaganju je i *Edit/Undo Alignment* funkcija.

1.2.2.5 Pregled postupaka za rad sa signalima i objektima

U poglavljima koja slede daju se detaljni pregledi postupaka za rad sa signalima i objektima, koji obezbeđuju kreiranje i promene složenih digitalnih struktura. Daju se detaljni pregledi:

- postupaka za rad sa signalima:
 Pregled tipova signala i transformacija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.1, strana 46)
 Prikaz linija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.2, strana 48)
 Kreiranje i modifikacija linija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.3, strana 48)
 Rad sa magistralama (poglavljje 1.2.2.5.1.4, strana 51)
 Vidljivost signala na trenutno aktivnom modulu (poglavljje 1.2.2.5.1.5, strana 53)
- postupaka za rad sa objektima:
 Povezivanje signala i modula (poglavljje 1.2.2.5.2.1, strana 54)
 Promena veličine *NonPort Module* objekata (poglavljje 1.2.2.5.2.2, strana 56)
 Invertori na konektorima kola (*Object/Connector Not Sign*, poglavljje 1.2.2.5.2.3, strana 57)

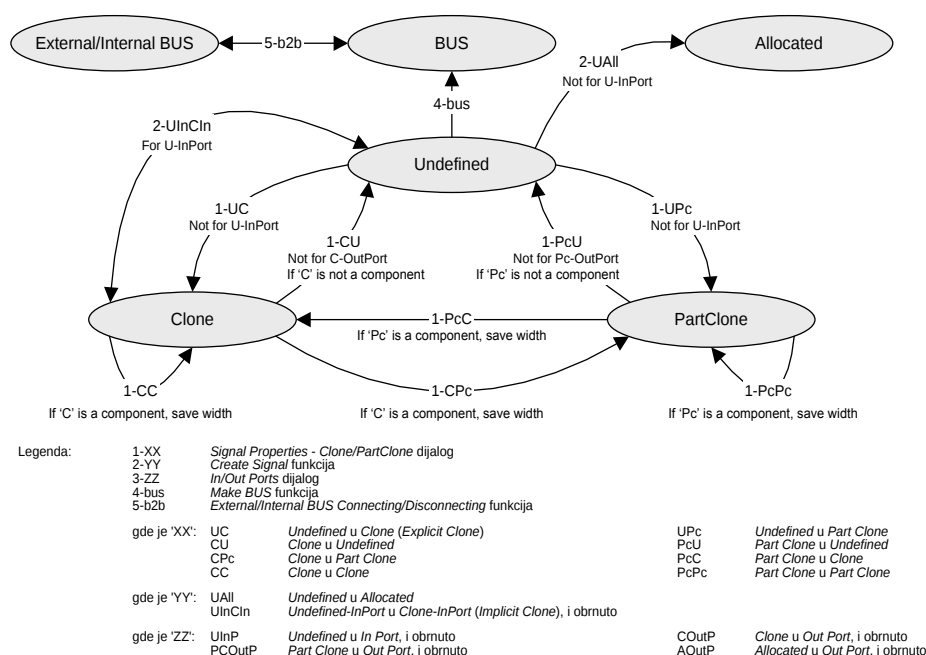
1.2.2.5.1 Pregled postupaka za rad sa signalima

U poglavljima koja slede daju se detaljni pregledi postupaka za rad sa signalima:

- Pregled tipova signala i transformacija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.1, strana 46)
- Prikaz linija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.2, strana 48)
- Kreiranje i modifikacija linija signala (poglavljje 1.2.2.5.1.3, strana 48)
- Rad sa magistralama (poglavljje 1.2.2.5.1.4, strana 51)
- Vidljivost signala na trenutno aktivnom modulu (poglavljje 1.2.2.5.1.5, strana 53)

1.2.2.5.1.1 Pregled tipova signala i transformacija signala

Na slici 46 prikazani su realizovani tipovi signala i dozvoljene transformacije tipova signala.



Slika 46 Tipovi i transformacije signala

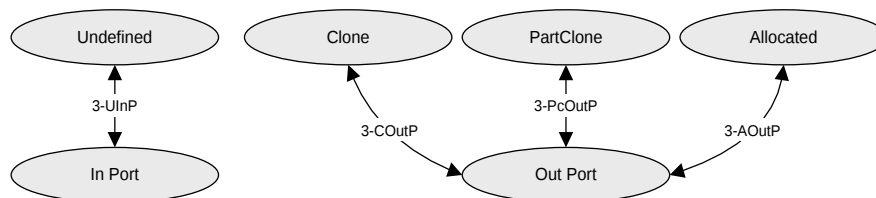
U zavisnosti od načina kreiranja signala, korišćenja funkcija za povezivanje kola, modula i signala, kao i upotrebe funkcija za transformaciju tipova signala, signali mogu da pripadaju jednom od sledećih tipova signala:

- *Undefined* – signal koji nema izvor vrednosti (konektor kola ili signal iz modula)
- *Allocated* – signal koji ima izvor vrednosti (konektor kola ili signal iz modula)
- *BUS* – magistrala (poglavlje 1.2.2.5.1.4, strana 51)
- *External/Internal BUS* – poseban tip magistrale koja se koristi pri povezivanju magistrala koje se nalaze na različitim modulima i podmodulima (poglavlje 1.2.2.5.1.4, strana 51)
- *Clone* – signal čija vrednost je identična vrednosti nekog drugog signala (*Master Signal*)
- *PartClone* – signal čiji pojedini bitovi dobijaju vrednosti identične vrednostima bitova drugih signala (*Master Signal*)

Kao mogući izvori vrednosti za *Undefined* i *Allocated* signale označeni su signali iz modula. Povezivanje signala sa portovima *Port Module* objekata i signalima koji pripadaju *NonPort Module* objektima detaljno je prikazano u poglavlju 1.2.2.5.2.1, na strani 54.

Undefined signali imaju najmanje jedan slobodan kraj na podlozi za prikaz strukture, dok drugi kraj može biti slobodan ili povezan na ulazni konektor kola ili ulazni port modula. *Allocated* signali imaju jedan kraj povezan na izlazni konektor kola ili izlazni port modula. *BUS* signal ne može kao izvor vrednosti da ima izlazni konektor proizvoljnog kola ili izlazni port modula, već kao izvor vrednosti može da ima isključivo izlazni signal Sp–TriState kola (poglavlje 1.1.3, strana 15). *External/Internal BUS* signali se koriste isključivo pri povezivanju magistrala u jedinstvenu magistralu koja se prostire na više modula i podmodula (poglavlje 1.2.2.5.1.4, strana 51). *Clone* i *PartClone* signali kao izvore vrednosti imaju sve bitove jednog signala (*Clone*) ili pojedine bitove koji ne moraju da pripadaju samo jednom signalu (*PartClone*). Signali čiji bitovi postaju komponente *Clone* ili *PartClone* signala imaju status *Master Signal*, ali ovakav status ne prevodi signal u posebnu vrstu signala.

Pored osnovnih tipova signala, na raspolaganju je i poseban skup tipova signala za potrebe povezivanja signala i *Port Module* objekata (poglavlje 1.2.2.1.4, strana 31). Na raspolaganju su *IN Port* i *OUT Port* signali, za realizaciju ulaznih i izlaznih portova *Port Module* objekata, respektivno. Na slici 47 prikazani su realizovani tipovi portova i dozvoljene transformacije portova, prema legendi datoj na slici 46.



Slika 47 Tipovi i transformacije portova

IN Port signal može da se kreira korišćenjem *Undefined* signala, dok *OUT Port* može da se kreira korišćenjem *Allocated*, *Clone* i *PartClone* signala. Kada signal dobije status porta, ne menja se njegov osnovni tip definisan grafom na slici 46.

1.2.2.5.1.2 Prikaz linija signala

Signali su prikazani kao izlomljene prave linije čiji krajevi mogu da budu na konektorima kola, portovima *Port Module* objekata, ivičnim linijama *NonPort Module* objekata, postojećim linijama signala, kao i na slobodnom prostoru podloge za prikaz digitalne strukture. Pored osnovne funkcije linija signala, da predstavljaju signale u šemi digitalne strukture, linije signala koriste se i za prikaz rezultata rada simulatora, kao i za prikaz broja bitova signala. Na slikama 48–levo i 48–desno prikazane su boje linija signala kojima se predstavljaju vrednosti signala, izračunate pri simulaciji rada digitalne strukture.

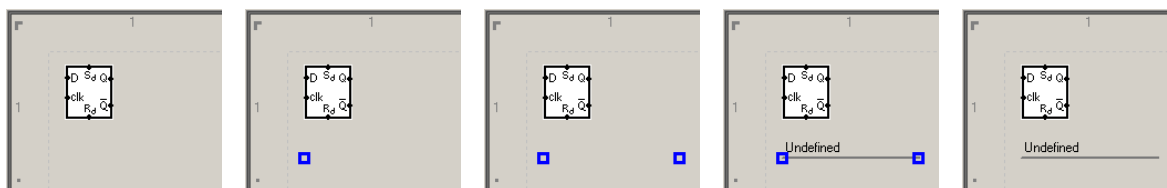


Slika 48 Boje linija signala (vrednosti signala, levo) i debljine linija signala (širine signala, desno)

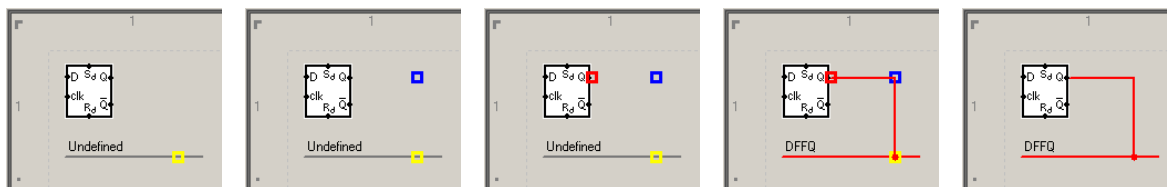
Na raspolaganju su, prema redosledu boja linija signala na slikama 48–levo i 48–desno, boje za prikaz stanja visoke impedanse, nepoznatog stanja, stanja logičke nule, stanja logičke jedinice, kao i boja za obeležavanje linije signala koja je odabrana pri korišćenju grafičkog editora. Debljine linija signala predstavljaju širine signala, i na raspolaganju su četiri debljine linija signala. Raspoložive debljine linija signala prikazuju signale širine 1 bit, 2 do 8 bitova, 9 do 16 bitova, i 17 do 32 bita. Na slici 48–levo prikazani su signali širine 1 bit, dok su na slici 48–desno predstavljene debljine signala širih od jednog bita.

1.2.2.5.1.3 Kreiranje i modifikacija linija signala

Linija signala je u opštem slučaju izlomljena linija sastavljena od niza pravih linija koje se prikazuju u neprekinutom nizu. Linija signala može da se sastoji od jedne ili više pravih linija. U zavisnosti od pozicija krajnjih tačaka linije signala, zavisi i tip signala, koji je predstavljen tom linijom signala. Krajnje tačke linije signala mogu da se nalaze na konektorima kola, portovima *Port Module* objekata, ivičnim linijama *NonPort Module* objekata, postojećim linijama signala, kao i na slobodnom prostoru podloge za prikaz digitalne strukture. Tokom crtanja linije signala, krajnje i prelomne tačke linije signala označene su malim kvadratima crvene, žute i plave boje (slike 49 i 50), čime se označavaju krajnje tačke na konektorima, portovima *Port Module*–a i ivičnim linijama *NonPort Module*–a, zatim krajnje tačke na postojećim linijama signala, kao i prelomne tačke na slobodnom prostoru za prikaz strukture, respektivno.



Slika 49 Kreiranje linije signala koji nema izvor vrednosti (slike a, b, c, d i e, respektivno)



Slika 50 Kreiranje linije signala – povezivanje *Undefined* signala i konektora D flip–flopa (slike a, b, c, d i e, respektivno)

Ukoliko početna tačka linije signala već postoji, izborom konektora kola, porta *Port Module*–a, ivične linije *NonPort Module*–a ili postojeće linije signala, implicitno se završava operacija kreiranja linije signala. Ukoliko je potrebno da se linija signala završi na podlozi za prikaz strukture, dvostrukim aktiviranjem desnog tastera miša označava se tačka na podlozi za prikaz strukture koja treba da bude krajnja tačka linije signala. Ukoliko je krajnja tačka već kreirana, aktiviranjem tastera F9 završava se kreiranje linije signala. Proizvoljnim brojem dvostrukog aktiviranja levog tastera miša na podlozi za prikaz strukture, može da se kreira proizvoljan broj prelomnih tačaka izlomljene linije signala. Na slikama 49 i 50 prikazani su postupci za kreiranje *Undefined* i *Allocated* signala, respektivno.

Na slici 49–a prikazan je jedan D flip–flop. Aktiviranjem režima rada grafičkog editora *New Signal* (poglavljje 1.1.2.2, strana 13) obezbeđuje se mogućnost da se kreira signal. Dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na podlozi za prikaz strukture, kreira se početna tačka linije signala (slika 49–b). Još jednim dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša kreira se druga tačka linije signala (slika 49–c). Aktiviranjem tastera F9 označava se završetak postupka kreiranja linije signala, i linija signala se pojavljuje na podlozi za prikaz strukture. Umesto korišćenja tastera F9, omogućeno je završavanje kreiranja linije signala na podlozi za prikaz strukture tako što se poslednja tačka linije signala kreira dvostrukim aktiviranjem desnog tastera miša. Veoma kratko su nacrtane i krajnje tačke i linija signala (slika 49–d), a potom se kvadrati za označavanje krajnjih tačaka uklanjaju (slika 49–e). Ovim postupkom kreiran je signal koji nema izvor vrednosti (*Undefined Signal*).

Na slici 50–a prikazana je struktura kreirana postupkom koji je demonstriran na slici 49. Dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na postojećoj liniji *Undefined* signala, kreira se početna tačka nove linije signala, koja je označena kao žuti kvadrat. Dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na podlozi za prikaz strukture kreira se prelomna tačka nove linije signala, označena kao plavi kvadrat (slika 50–b). Dvostrukim aktiviranjem levog tastera miša na D flip–flopu implicitno se kreira krajnja tačka nove linije signala, označena kao crveni kvadrat (slika 50–c). Poslednjom akcijom definisani su svi neophodni podaci za kreiranje linije signala: obe krajnje tačke linije signala (tačke na postojećoj liniji signala i konektoru kola), kao i željeni broj prelomnih tačaka linije signala (tačka na podlozi za prikaz strukture). Nova linija signala se prikazuje, i veoma kratko su prikazani i kvadrati za obeležavanje krajnjih i prelomnih tačaka linije signala i kreirana linija signala (slika 50–d). Nakon uklanjanja kvadrata, dobija se konačni prikaz nacrtane linije signala (slika 50–e). Novom linijom signala, postojeći *Undefined* signal povezan je na Q konektor D flip–flopa. Na ovaj način *Undefined* signal postaje signal koji se sastoji od dve povezane linije signala, dobija izvor vrednosti, i postaje *Allocated* signal. Kao sastavni deo procedure integrisanja nove linije signala u digitalnu strukturu, obavlja se odgovarajuća transformacija signala, ukoliko su ispunjeni uslovi za transformaciju, osvežava se skup podataka o topologiji digitalne strukture, i aktivira se simulator koji izračunava vrednosti na izlazima kombinacionih kola i mreža, čime sve vrednosti signala digitalne strukture dobijaju odgovarajuće vrednosti, saglasne uticaju koji na vrednosti signala ima poslednja akcija crtanja linije signala. Na ovaj način, obezbeđeno je da

se tokom promena dizajna digitalne strukture, nakon svake akcije, održava potpuno ispravno stanje simulatora digitalne strukture.

Pored opisanog postupka za kreiranje linije signala, kojim se definišu i krajnje i prelomne tačke linije signala, na raspolaganju je i postupak kada se definišu samo krajnje tačke, dok se linija signala implicitno kreira, sa svim neophodnim prelomnim tačkama. Putanja linije signala zavisi od topologije trenutno prikazane strukture i pozicije krajnjih tačaka.

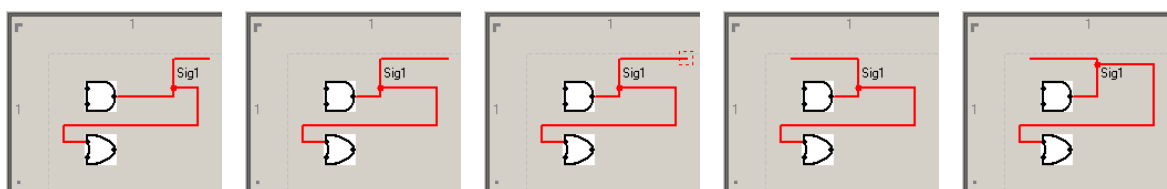
Određivanje odabranog konektora i porta, kao krajnje tačke linije signala, obavlja se tako što se u trenutku dvostrukog aktiviranja levog tastera miša izračunava koji konektor, odnosno port, je najbliži pokazivaču miša. Nakon toga, proverava se da li je odabrani konektor, odnosno port, slobodan, kao i da li po broju bitova odgovara liniji signala koji se povezuje. Ukoliko je konektor, odnosno port, zauzet, operacija kreiranja se obustavlja, i linija signala se ne kreira. Prilikom povezivanja signala i konektora, odnosno portova, proveravaju se sledeća pravila:

- *Undefined* signal može da se povezuje na ulazne konektore i portove – broj bitova signala prilagođava se broju bitova konektora, odnosno porta
- *Undefined* signal može da se povezuje na izlazne konektore (slika 50) i portove – broj bitova signala prilagođava se broju bitova konektora, odnosno porta, i signal postaje *Allocated*, jer dobija izvor vrednosti
- *Allocated*, *BUS*, *Clone* i *PartClone* signali mogu da se povezuje na ulazne konektore i portove – broj bitova signala i konektora, odnosno porta, mora da bude jednak
- *Allocated*, *BUS*, *Clone* i *PartClone* signali ne mogu da se povezuje na izlazne konektore i portove

Nakon kreiranja signala obezbeđen je skup funkcija za modifikaciju linija signala. Jedan deo funkcija za modifikaciju obezbeđen je u grafičkom editoru, dok je drugi deo dostupan u okviru grupe funkcija *Signal Menu*. Na raspolaganju se funkcije:

- grafičkog editora: pomeranje linija signala, i rastezanje i sažimanje krajnjih linija signala
- skupa funkcija *Signal Menu* (poglavlje 1.2.2.3, strana 42): dodavanje nove tačke preloma, uklanjanje linija nultih dimenzija, dodavanje novih krajnjih linija i uklanjanje krajnjih linija

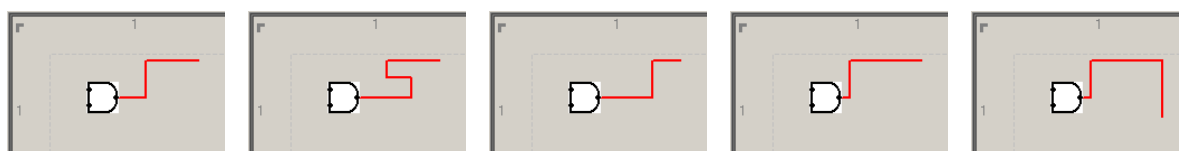
Na slici 51 prikazane su mogućnosti funkcija grafičkog editora, dok se na slici 52 daju mogućnosti funkcija dostupnih u okviru grupe funkcija *Signal Menu*.



Slika 51 Modifikacije linija signala (slike a, b, c, d i e, respektivno)

Na slici 51–a prikazana je jedna kombinaciona mreža. U režimu rada grafičkog editora *Move Signal* (poglavlje 1.1.2.2, strana 13), aktiviranjem levog tastera miša iznad vertikalne linije signala pored natpisa *Sig1*, počinje operacija pomeranja linije signala. Operacija je u toku sve dok je aktiviran levi taster miša, a pokazivač miša ima oblik horizontalne strelice. Pomeranjem miša u levu stranu, pomera se odabrana vertikalna linija, ali se istovremeno

obavljaju sve neophodne promene koje se odnose na promenu pozicije odabrane linije: menjaju se dužine dve horizontalne linije iznad i ispod, menja se dužina horizontalne linije koja je spojnom tačkom vezana za odabranu liniju, menjaju se položaji spojne tačke i natpisa naziva signala. Pomeranjem miša u levu stranu, nakon prestanka aktiviranja levog tastera miša, mreža je promenjena u oblik dat na slici 51–b. Opisanoj akcijom logičke veze kombinacione mreže nisu promenjene. Na slici 51–c prikazan je početak operacije rastezanja, odnosno sažimanja krajnje linije signala. Istom akcijom kao i kod pomeranja linije signala, kada se pokazivač miša nalazi veoma blizu slobodnom kraju krajnje linije signala, umesto započinjanja operacije pomeranja linije signala, počinje operacija rastezanja, odnosno sažimanja linije signala. Pojavljuje se mali crveni kvadrat i pokazivač miša menja oblik u horizontalnu strelicu, jer je odabrana linija signala horizontalna. Pomeranjem miša u levu stranu, nakon prestanka aktiviranja levog tastera miša, mreža je promenjena u oblik dat na slici 51–d. Na kraju, na slici 51–e prikazan je izgled mreže nakon pomeranja linije signala koja je spojnom tačkom vezana na vertikalnu liniju signala.



Slika 52 Modifikacije linija signala (slike a, b, c, d i e, respektivno)

Na slici 52–a prikazana je jedna kombinaciona mreža. Otvaranjem padajućeg menija *Signal Menu* iznad vertikalne linije signala, i aktiviranjem funkcije *New Break Point*, kreira se nova prelomna tačka ne mestu otvaranja padajućeg menija. Nakon pomeranja vertikalne linije signala (slika 52–b), ne pomera se cela linija, jer se ta linija sastoji od tri linije. Pomera se samo vertikalna linija koja je odabrana pri aktiviranju akcije pomeranja linije. Nakon pomeranja obe vertikalne linije prikazane na slici 52–b, na taj način da se njihove vertikalne putanje poklope, dobija se mreža prikazana na slici 52–c. Otvaranjem padajućeg menija *Signal Menu* iznad bilo koje linije signala, i aktiviranjem funkcije *Compact Signal Line*, uklanja se prelomna tačka koja je kreirana pozivom funkcije *New Break Point*. Funkcija *Compact Signal Line* uklanja sve linije nultih dimenzija, bez obzira da li su prelomne tačke nastale u postupku kreiranja linije signala, ili primenom funkcije *New Break Point*. Nakon pomeranja vertikalne linije signala, pomera se cela vidljiva vertikalna linija, čime se potvrđuje da više ne postoje dve vertikalne linije (slika 52–d). Otvaranjem padajućeg menija *Signal Menu* iznad horizontalne linije sa slobodnim krajem (slika 52–d), i aktiviranjem funkcije *New End Line of Signal*, liniji signala je dodata još jedna prava linija (slika 52–e). Otvaranjem padajućeg menija *Signal Menu* iznad vertikalne linije sa slobodnim krajem (slika 52–e), i aktiviranjem funkcije *Cut End Line of Signal*, uklanja se krajnja linija signala sa slobodnim krajem, i mreža ponovo dobija izgled prikazan na slici 52–d.

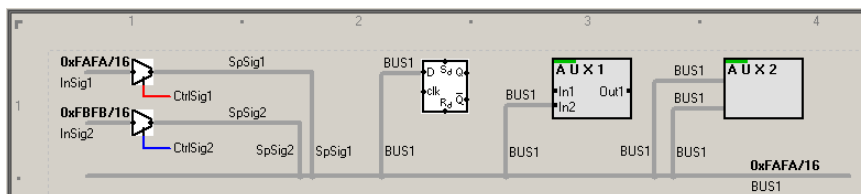
1.2.2.5.1.4 Rad sa magistralama

Magistrala (*BUS Signal*) je posebna vrsta signala koja se koristi za povezivanje više drugih signala. Za magistrale se primenjuju posebna pravila za kreiranje, promenu broja bitova, povezivanje drugih signala, kao i povezivanje magistrale sa kolima i modulima.

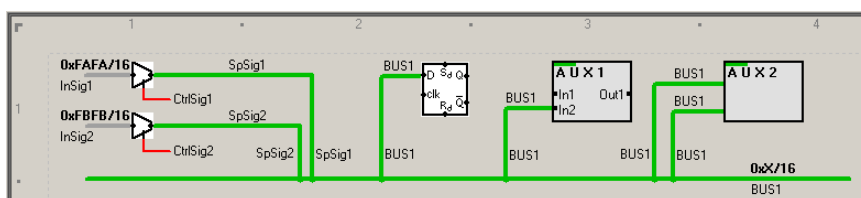
Korišćenjem funkcija *Make New BUS* i *Expand BUS...*, iz grupe funkcija *Signal Menu* (poglavlje 1.2.1.2.3, strana 26), omogućeno je kreiranje magistrala, kao i podešavanje broja bitova magistrala, respektivno. Prva funkcija je dostupna za *Undefined* signale, dok je druga funkcija dostupna u svakom trenutku kada nema povezanih signala na magistralu. Signal koji

je transformisan u magistralu ne može ponovo da se prevede u *Undefined* tip signala, dok je promena broja bitova magistrale dozvoljena uvek kada nema povezanih signala na magistralu, bez obzira da li je bilo povezanih signala.

Na slikama 53 i 54 prikazani su dozvoljeni načini povezivanja izlaznih signala specijalnih modula Sp–TriState, kao i moguća povezivanja linija magistrale na ulazne konektore standardnih kola (D flip–flop), ulazne portove *Port Module* objekata (AUX1) i dva moguća načina povezivanja sa *NonPort Module* objektima (AUX2).



Slika 53 Povezivanje magistrale – poznato stanje na magistrali



Slika 54 Povezivanje magistrale – nepoznato stanje na magistrali

Za ostvarivanje funkcije povezivanja signala na magistralu, u biblioteci kola (poglavlje 1.1.3, strana 15), obezbeđen je specijalni modul Sp–TriState. Isključivo izlazni signal specijalnog modula Sp–TriState može da se poveže na magistralu. Linije signala koje su kreirane od izlaznog konektora modula Sp–TriState pripadaju signalu koji dobija vrednost od izlaznog konektora modula Sp–TriState (slike 53 i 54, signali *SpSig1* i *SpSig2*), ali se boja ovih linija signala određuje na osnovu vrednosti magistrale. Na slici 53, kontrolni signal *CtrlSig2* ima vrednost logičke nule, i signal na ulaznom konektoru donjeg modula Sp–TriState ne utiče na vrednost magistrale. Stoga je vrednost magistrale jednaka vrednosti na ulaznom konektoru gornjeg modula Sp–TriState, jer kontrolni signal *CtrlSig1*, koji ima vrednost logičke jedinice, propušta vrednost signala sa ulaznog na izlazni konektor. Na slici 54, kontrolni signali *CtrlSig1* i *CtrlSig2* imaju vrednosti logičkih jedinica, i vrednosti sa oba ulazna konektora propuštaju se na magistralu. U ovom slučaju nije moguće odrediti vrednost magistrale, jer se različite vrednosti propuštaju na magistralu. Stoga je na magistrali nepoznata vrednost, koja je predstavljena zelenom bojom linija magistrale. Ukoliko su vrednosti na ulazima modula Sp–TriState jednake, za istu mrežu i iste vrednosti kontrolnih ulaza kao na slici 54, vrednost magistrale bi bila jednoznačno određena.

Magistrala može da se povezuje na ulazne konektore kola i ulazne portove *Port Module* objekata, kao i svaki drugi signal (slike 53 i 54, linije magistrale BUS1 povezane na D flip–flop i AUX1). Posebne osobine koje ima magistrala, u odnosu na ostale signale, ne prenose se na signal koje se nalazi iza ulaznog porta AUX1. Isto tako, magistrala može da se povezuje sa signalima unutar *NonPort Module* objekta, i to na dva načina. Prvi način je da se magistrala poveže kao i svaki drugi signal, čime se posebne osobine magistrale ne prenose na signal unutar *NonPort Module* objekta (*Internal NonBUS signal*). Drugi način je da se magistrala poveže sa magistralom unutar *NonPort Module* objekta (*Internal BUS signal*), čime se dve magistrale integrišu u jedinstvenu magistralu koja se prostire na više modula i podmodula.

Detaljan pregled povezivanja magistrala i *NonPort Module* objekata daje se u poglavlju 1.2.2.5.2.1, na strani 54.

Pored ovih pravila, definisan je i skup dodatnih pravila koji određuje mogućnosti za povezivanje izlaznih signala modula *Sp-TriState* i linija signala koje pripadaju magistralama:

- magistrala može da se povezuje na ulazne konektore kola, ulazne portove *Port Module*-a i odgovarajuće signale *NonPort Module*-a (*Undefined* signali i magistrale)
- magistrala ne može da se povezuje na izlazne konektore kola, izlazne portove *Port Module*-a, kao i signale *NonPort Module*-a, koji nisu *Undefined* signali ili magistrale
- ukoliko je izlazni signal modula *Sp-TriState* povezan na magistralu, onda ne može da se povezuje na konektore kola, portove *Port Module*-a i signale *NonPort Module*-a
- ukoliko izlazni signal modula *Sp-TriState* nije povezan na magistralu, onda može da se povezuje na konektore kola, portove *Port Module*-a i signale *NonPort Module*-a
- u svim ostalim slučajevima važe ista pravila kao i za ostale tipove signala

Izlazni signal modula *Sp-TriState*, koji je povezan na magistralu, može da se briše kao i svaki drugi signal. Ovom akcijom, raskida se veza signala sa magistralom, i signal se briše. Prilikom označavanja signala, posebno se označavaju linije izlaznog signala modula *Sp-TriState* i linije magistrale, na koju je izlazni signal modula povezan.

1.2.2.5.1.5 Vidljivost signala na trenutno aktivnom modulu

Digitalna struktura, u opštem slučaju, prikazuje se kroz više modula i podmodula. Stoga je neophodno da se definiše pojam vidljivosti signala na trenutno aktivnom modulu, odnosno podmodulu. Vidljivost signala razlikuje se za *Port Module* i *NonPort Module* objekte.

Port Module objekti imaju definisane ulazne i izlazne portove, za povezivanje ulaznih i izlaznih signala, respektivno. Nijedan signal iz *Port Module* objekta nije vidljiv za nadređene module. Isto tako, nijedna signal van *Port Module* objekta nije vidljiv unutar tog objekta. Stoga, povezivanje signala i *Port Module* objekta može da se ostvari jedino povezivanjem signala na ulazne i izlazne portove.

NonPort Module objekti nemaju definisane portove, i nije moguće da se signali i moduli povezuju preko unapred određenih tačaka za povezivanje. Stoga je dopušteno da se signal van modula poveže sa bilo kojim signalom unutar modula, uz poštovanje pravila za povezivanje odgovarajućih tipova signala. Svaki signal van modula koji ima izvor vrednosti (*Allocated*, *Clone* i *PartClone*), kao i svaka magistrala van modula (*BUS*), može da se poveže sa svakim signalom unutar modula, koji nema izvor vrednosti (*Undefined*). Isto tako, svaka magistrala van modula (*BUS*) može da se poveže sa svakom magistralom unutar modula (*BUS*), i na taj način može da se kreira magistrala koja se prostire na više modula. Osnovni uslov za povezivanje je da signali koji se povezuju imaju jednak broj bitova. Signali *Port Module* objekata, podređenih *NonPort Module* objektu sa kojim treba povezati signal, ne mogu da se koriste za povezivanje, saglasno pravilima za vidljivost signala koji pripadaju *Port Module* objektima.

U poglavlju 1.2.2.5.2.1, na strani 54, prikazani su postupci za povezivanje signala i modula.

1.2.2.5.2 Pregled postupaka za rad sa objektima

U poglavljljima koja slede daju se detaljni pregledi postupaka za rad sa objektima:

- Povezivanje signala i modula (poglavljje 1.2.2.5.2.1, strana 54)
- Promena veličine *NonPort Module* objekata (poglavljje 1.2.2.5.2.2, strana 56)

Invertori na konektorima kola

(*Object/Connector Not Sign*, poglavljje 1.2.2.5.2.3, strana 57)

1.2.2.5.2.1 Povezivanje signala i modula

Povezivanje signala i modula je jedna od najznačajnijih funkcija softverskog paketa *IGoVSoEDS*. Ovom funkcijom omogućava se razvoj hijerarhijske organizacije modula aktivne digitalne strukture. Realizovane su dve vrste modula: moduli sa portovima (*Port Module*) i moduli bez portova (*NonPort Module*). Stoga je povezivanje signala i modula realizovano kroz dva postupka:

- povezivanje signala i modula sa portovima (*Port Module*)
- povezivanje signala i modula bez portova (*NonPort Module*)

U paragrafima koji slede daju se detaljni opisi mogućnosti za povezivanje signala i modula.

1.2.2.5.2.1.1 Povezivanje signala i modula sa portovima (*Port Module*)

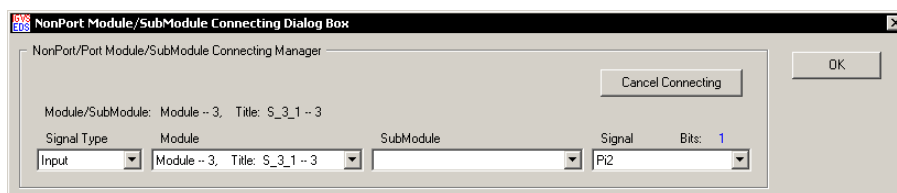
Korišćenjem funkcije *Canvas/Port Manager...* (poglavljje 1.2.2.1.4, strana 31) modulu se pridružuju neophodni podaci za definisanje ulaznih i izlaznih portova, koji se prikazuju kada se taj modul integriše u drugu digitalnu strukturu. Dodavanje *Port Module* objekta digitalnoj strukturi ostvaruje se korišćenjem funkcije *Add Module/SubModule with Ports...*, koja pripada grupi funkcija glavnog menija *Project* (poglavljje 1.1.2.1, strana 9). Nakon dodavanja *Port Module* objekta drugoj digitalnoj strukturi, prikazuju se ulazni i izlazni portovi. Kreiranje linija signala koje će povezivati ulazne i izlazne portove, obavlja se na identičan način kao i za konektore kola i specijalnih modula (poglavljje 1.2.2.5.1.3, strana 48). Jedino ograničenje u odnosu na konektore je da nije moguće kreirati kružić za negaciju signala na portu.

1.2.2.5.2.1.2 Povezivanje signala i modula bez portova (*NonPort Module*)

NonPort Module objekti nemaju unapred definisane portove za povezivanje signala. Stoga je omogućeno da se ostvari veza svakog signala van modula sa odgovarajućim signalom unutar modula, koji je vidljiv van modula (poglavljje 1.2.2.5.1.5, strana 53). Neophodno je da su ispunjeni standardni uslovi za povezivanje signala, odnosno da su signali odgovarajućeg tipa (poglavljje 1.2.2.5.1.3, strana 48) i da imaju isti broj bitova. U zavisnosti od početne i krajnje tačke linije signala, sa signalom unutar *NonPort Module* objekta omogućeno je povezivanje:

- *Undefined* signala, odnosno signala povezanih na ulazne portove *Port Module*–a
- *Allocated*, *Clone* i *PartClone* signala, odnosno signala sa izlaznih portova *Port Module*–a
- signala unutar drugog *NonPort Module*–a
- magistrala

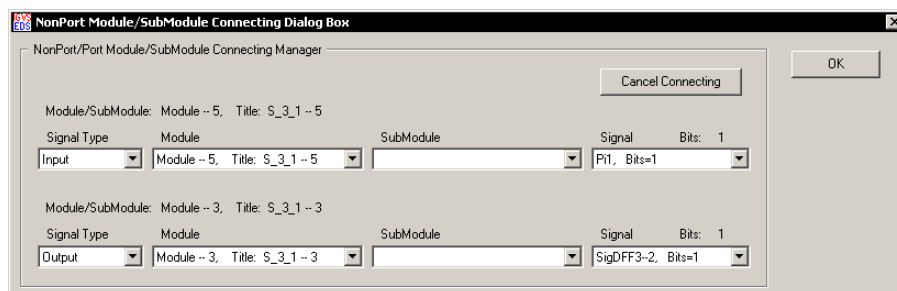
Prilikom povezivanja *Undefined* signala, odnosno signala povezanih na ulazne portove *Port Module*–a, signal dobija izvor vrednosti od *Allocated*, *Clone* ili *PartClone* signala unutar *NonPort Module*–a. U ovom slučaju, otvara se dijalog prikazan na slici 55, gde je *Signal Type=Output*, koji obezbeđuje izbor odgovarajućeg signala unutar *NonPort Module*–a.



Slika 55 Funkcija za povezivanje signala i *NonPort Module* objekta

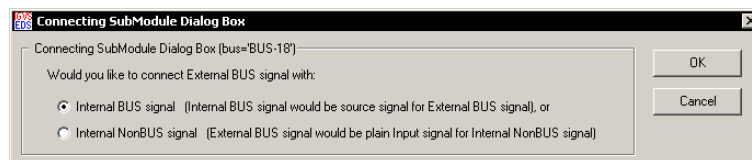
Kada se povezuju *Allocated*, *Clone* i *PartClone* signali, odnosno signali sa izlaznih portova *Port Module*-a, tada signal postaje izvor vrednosti za *Undefined* signal unutar *NonPort Module*-a. I u ovom slučaju otvara se dijalog prikazan na slici 55, gde je *Signal Type=Input*, koji obezbeđuje izbor odgovarajućeg signala unutar *NonPort Module*-a.

Prilikom povezivanja signala unutar jednog *NonPort Module*-a sa signalom unutar drugog *NonPort Module*-a, otvara se dijalog prikazan na slici 56, koji omogućava izbor signala za povezivanje. Vrednosti lista vrsta signala *Signal Type* moraju da budu različite, jer je obavezno da signal iz jednog *NonPort Module*-a bude izvor vrednosti za signal iz drugog *NonPort Module*-a.



Slika 56 Funkcija za povezivanje signala dva *NonPort Module* objekta

Za potrebe povezivanja magistrala i signala unutar *NonPort Module*-a, na raspolaganju su dve vrste povezivanja. Stoga se prvo otvara dijalog za izbor vrste povezivanja (slika 57), kada se određuje da li se magistrala povezuje bez prenošenja osobina magistrale na signal unutar *NonPort Module*-a (*Internal NonBUS signal*), ili se magistrala povezuje sa prenošenjem osobina magistrale na signal unutar *NonPort Module*-a (*Internal BUS signal*). Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem vrste povezivanja, dok taster *Cancel* zatvara dijalog sa poništavanjem operacije povezivanja. Nakon izbora vrste povezivanja, otvara se dijalog prikazan na slici 55, sa listama odgovarajućih signala unutar *NonPort Module*-a. Ukoliko je odabrana vrsta povezivanja *Internal NonBUS signal*, postavlja se *Signal Type=Input*, i prikazuje se lista *Undefined* signala unutar *NonPort Module*-a. Na ovaj način, magistrala postaje izvor vrednosti za *Undefined* signala unutar *NonPort Module*-a. Ukoliko je odabrana vrsta povezivanja *Internal BUS signal*, postavlja se *Signal Type=Output*, i prikazuje se lista *BUS* signala unutar *NonPort Module*-a. Nakon povezivanja, magistrala unutar *NonPort Module*-a postaje sastavni deo magistrale koja se povezuje na *NonPort Module*. Magistrala van *NonPort Module*-a dobija dodatni status *External BUS*, dok magistrala unutar *NonPort Module*-a dobija dodatni status *Internal BUS*. Obe magistrale se prikazuju i ponašaju kao da postoji samo *External BUS* magistrala.



Slika 57 Dijalog za izbor vrste povezivanja magistrale i *NonPort Module* objekta

Dijalozi prikazani na slikama 55 i 56 obezbeđuju liste odgovarajućih signala sa kojima je moguće ostvariti povezivanje. Liste signala formiraju se na taj način da su prikazani samo signali sa kojima je moguće ostvariti povezivanje. Stoga, prilikom korišćenja ovih dijaloga, nije potrebno da se vodi računa o tipovima signala, brojevima bitova signala i slično. Ukoliko lista signala ne sadrži ni jedan signal koji može da se koristi za povezivanje, u sistemu za prikaz poruka (poglavlje 1.1.5, strana 19) prikazuje se poruka da nije moguće ostvariti povezivanje, i postupak se prekida. Ukoliko lista signala sadrži samo jedan odgovarajući signal, i ako je potvrđen parametar *Project/Auto-Connect Widow Signal* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9), dijalog za izbor signala se ne otvara, već se veza odmah uspostavlja. Ukoliko parametar nije potvrđen, odgovarajući dijalog se otvara. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem povezivanja, dok taster *Cancel Connecting* zatvara dijalog sa poništavanjem operacije povezivanja.

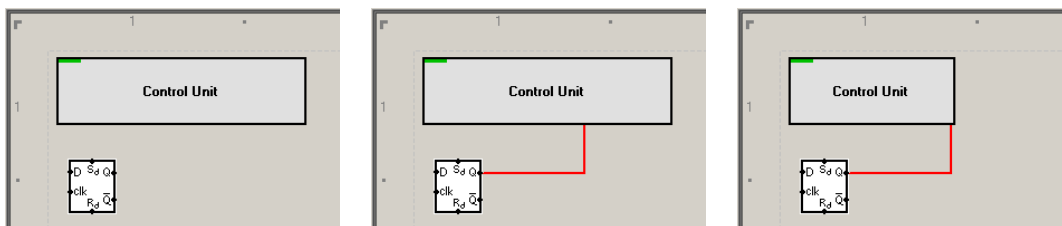
1.2.2.5.2.2 Promena veličine *NonPort Module* objekata

Za razliku od kola i modula koji se na podlogu za prikaz strukture dodaju korišćenjem biblioteke kola (poglavlje 1.1.3, strana 15), i imaju nepromenljive dimenzije, modulima koji se u aktivnu digitalnu strukturu integrišu korišćenjem funkcija *Add Module/SubModule with Ports...* i *Add Module/SubModule w/o Ports...* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9), kao i modulima koji su kreirani izborom objekta *Sp-SubModule* iz biblioteke kola, delimično ili u potpunosti mogu da se menjaju dimenzije. Raspoloživi postupci za promene dimenzija *Port Module* objekata prikazani su u poglavljima 1.2.2.1.4 (strana 31) i 1.2.2.1.6 (strana 34). U narednim paragrafima detaljno se prikazuje postupak promene dimenzija *NonPort Module* objekata.

Promena dimenzija *NonPort Module* objekata omogućena je u *Move Object* režimu rada grafičkog editora (poglavlje 1.1.2.2, strana 13). Obezbeđena je promena izgleda modula pomeranjem desne i donje ivice modula. Postavljanjem pokazivača miša na objekat koji predstavlja modul, u neposrednoj blizini desne ili donje ivice modula, pokazivač miša (*mouse pointer*) menja izgled u horizontalnu, odnosno vertikalnu strelicu, respektivno. Aktiviranjem levog tastera miša i pomeranjem pokazivača miša, promena izgleda modula počinje. Deaktiviranjem levog tastera miša postupak promene izgleda modula se završava. Kada ima signala koji su direktno povezani na ivicu modula, ivica na kojoj se nalazi tačka povezivanja signala ne može da se koristi za promenu izgleda modula, i predstavlja dodatno ograničenje za promenu izgleda modula pomeranjem ivice na kojoj nema tačke povezivanja signala.

Na slici 58 prikazana je struktura kojom se demonstriraju predstavljene mogućnosti za promenu izgleda *NonPort Module* objekata. Na slici 58–levo data je struktura koja sadrži jedan D flip–flop i jedan *NonPort Module* objekat. Pomeranjem desne i donje ivice modula može da se postigne da modul ima proizvoljnu veličinu. Na slici 58–sredina prikazana je situacija kada je izlazni konektor D flip–flopa, konektor Q, linijom signala povezan sa modulom. Na ovoj strukturi nije moguće pomeranje donje ivice modula, dok se pri pomeranju desne ivice modula uvodi dodatno ograničenje da desna ivica modula ne može da bude pomerena na levu stranu više od pozicije tačke povezivanja linije signala sa konektora Q. Na slici 58–desno prikazana je minimalna dozvoljena širina modula, za prikazanu poziciju linije

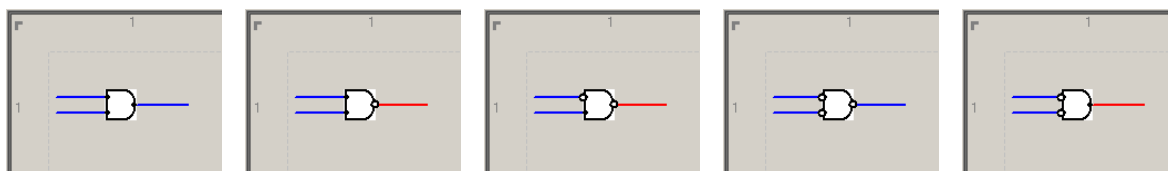
signala. Dodatno smanjivanje širine modula moguće je ukoliko se linija signala koja je vezana direktno na modul pomeri na levu stranu.



Slika 58 Promena veličine *NonPort Module* objekta

1.2.2.5.2.3 Invertori na konektorima kola (*Object/Connector Not Sign*)

Na slici 59 daje se prikaz delovanja funkcije *Object/Connector Not Sign*, za dodavanje i brisanje kružića koji se integriše sa konektorom kola i modula, kojim se ostvaruje negacija signala na konektoru. Funkcija nije dostupna za specijalni modul *Sp-Generator*, kao i za *Port Module* i *NonPort Module* objekte.



Slika 59 Demonstracija delovanja funkcije *Object/Connector Not Sign* (slike a, b, c, d i e, respektivno)

Funkcija *Object/Connector Not Sign* može da se aktivira nakon otvaranja padajućeg menija *Object Menu* iznad odabranog objekta (poglavljje 1.2.1.2.2, strana 25), i odnosi se na konektor koji je najbliži položaju pokazivača miša u trenutku otvaranja padajućeg menija. Ukoliko kružić za negaciju ne postoji, na raspolaganju je opcija *CREATE*, a ukoliko kružić za negaciju postoji, na raspolaganju je opcija *REMOVE*. Na slici 59 prikazani su: jedno AND kolo pre primene funkcije *Object/Connector Not Sign* (slika 59-a), i isto kolo nakon primene opcije *CREATE* na izlaznom konektoru (slika 59-b), nakon primene opcije *CREATE* na jednom ulaznom konektoru (slika 59-c), nakon primene opcije *CREATE* na drugom ulaznom konektoru (slika 59-d), i nakon primene opcije *REMOVE* na izlaznom konektoru (slika 59-e). Na kraju izvršavanja funkcije *Object/Connector Not Sign*, implicitno se aktivira simulator koji izračunava vrednosti na izlazima kombinacionih kola i mreža, čime sve vrednosti signala digitalne strukture dobijaju odgovarajuće vrednosti, saglasne uticaju koji na vrednosti signala ima akcija dodavanja ili brisanja kružića za negaciju signala na konektoru.

1.3 RAD SA PARAMETRIMA SIMULACIJE I UPRAVLJANJE SIMULATOROM

U poglavljima koja slede daju se detaljni pregledi postupaka za rad sa parametrima simulacije i za upravljanje simulatorom. Predstavljaju se pregledi postupaka za:

- DEFINISANJE DOGAĐAJA ZA ZAUSTAVLJANJE SIMULACIJE (poglavljje 1.3.1, strana 58)
- RAD SA LISTOM SIGNALA ZA PREGLED PROMENA VREMENSKIH OBLIKA

SIGNALA

(poglavlje 1.3.2, strana 60)

- UPRAVLJANJE SIMULATOROM (poglavlje 1.3.3, strana 61)

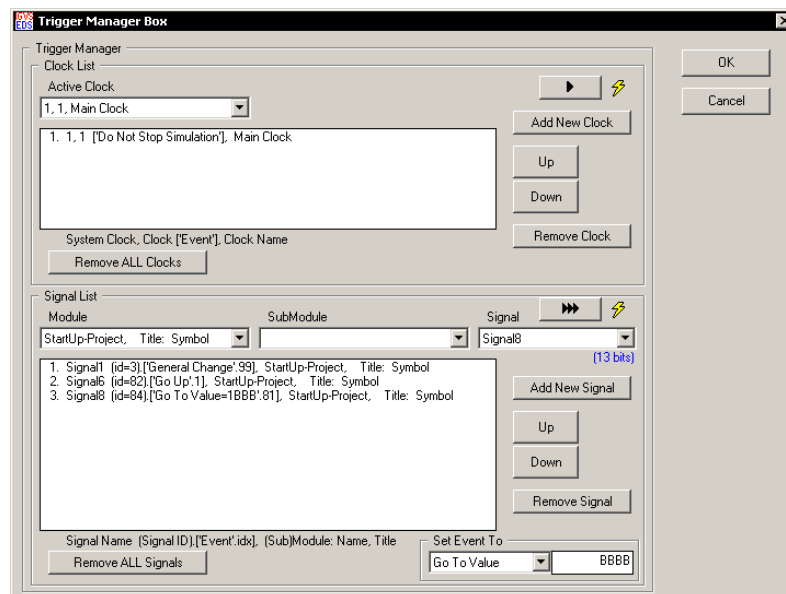
1.3.1 DEFINISANJE DOGAĐAJA ZA ZAUSTAVLJANJE SIMULACIJE

Pored zaustavljanja simulacija rada aktivnih digitalnih struktura, saglasnih ugrađenim karakteristikama funkcija za rad sa simulatorom, realizovan je i sistem postavljanja dodatnih kriterijuma za zaustavljanje rada simulatora tokom obrade standardnih funkcija za pokretanje i rad simulatora. Ovi dodatni kriterijumi nazivaju se događaji, i ispunjavanje uslova za aktiviranje događaja dovodi do zaustavljanja simulacije uz kreiranje odgovarajuće poruke u jedinstvenom sistemu za prikaz i arhiviranje poruka (poglavlje 1.1.5.1, strana 19). Poruka se kreira samo ako je postavljen parametar *Trigger Alert* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9). Provere ostvarivanja uslova obavljaju se pri radu funkcija simulatora:

- Forward Simulation, Next Clock
- Forward Simulation, Run Simulation
- *Go To Tclk*, ukoliko je u polju *New Tclk Value* postavljena vrednost veća od maksimalne dostignute vrednosti, za tekuću simulaciju. Tada funkcija *Go To Tclk* radi na isti način kao i funkcija *Forward Simulation, Run Simulation*, uz dodatni uslov da se simulacija zaustavi u vremenskom trenutku postavljenom u polju *New Tclk Value*.

Navedene funkcije simulatora detaljno su opisane u poglavlju 1.3.3, na strani 61.

Na slici 60 prikazan je dijalog za definisanje događaja za zaustavljanje simulacije (*Trigger Manager Box*), koji se otvara aktiviranjem tastera grafičkog skupa funkcija *Triggers Dialog Box* (poglavlje 1.1.2.2, strana 13). Lista signala takta u gornjem delu dijaloga određuje signale takta čije uzlazne ivice neće biti kriterijumi za zaustavljanje simulacije pri radu funkcije *Forward Simulation, Next Clock*. Lista signala u donjem delu dijaloga određuje signale kojima su dodeljeni kriterijumi za zaustavljanje simulacije pri radu funkcije *Forward Simulation, Run Simulation* i *Go To Tclk*.



Slika 60 Dijalog za definisanje događaja za zaustavljanje simulacije (*Trigger Manager Box*)

U gornjem delu dijaloga dat je spisak svih aktivnih signala takta, i tasterom *Add New Clock* označeni signal takta smešta se u listu signala taktova čije uzlazne ivice neće biti kriterijumi za zaustavljanje simulacije pri radu funkcije *Forward Simulation*, *Next Clock*. Obezbeđeni su tasteri za promenu redosleda signala takta u listi (*Up* i *Down*), kao i za brisanje jednog ili svih signala takta iz liste (*Remove Clock* i *Remove ALL Clocks*, respektivno). U donjem delu dijaloga, obezbeđen je sistem lista modula (*Module*), podređenih modula (*SubModule*) i signala (*Signal*), preko kojih je dostupan svaki signal aktivne digitalne strukture. Izborom signala, korišćenjem sistema za pregled signala (*Module/SubModule/Signal*), i aktiviranjem tastera *Add New Signal*, odabrani signal postaje deo liste signala kojima su dodeljeni kriterijumi za zaustavljanje simulacije, pri radu funkcija *Forward Simulation*, *Run Simulation* i *Go To Tclk*. Nije dozvoljeno da se jedan signal više puta pojavi u ovoj listi signala, za isti kriterijum za zaustavljanje simulacije. Obezbeđeni su tasteri za promenu redosleda signala u listi (*Up* i *Down*), kao i za brisanje jednog ili svih signala iz liste (*Remove Signal* i *Remove ALL Signals*, respektivno). Prilikom aktiviranja tastera *Add New Signal*, signalu koji se dodaje na listu pridružuje se vrsta događaja koja je odabrana u objektu *Set Event To*. Na raspolaganju su dva skupa događaja u zavisnosti od toga da li je širina signala jedan bit, ili je širina signala veća od jednog bita. Raspoloživi događaji su:

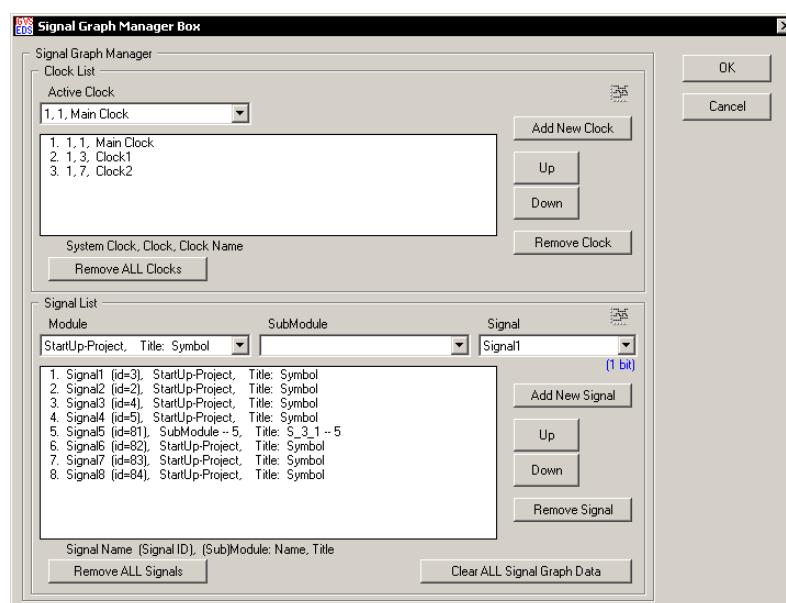
- Za sve signale:
 - *Go To TriState* – promena signala iz bilo kog stanja u stanje visoke impedanse
 - *Go To Unknown* – promena signala iz bilo kog stanja u nepoznato stanje
 - *Go To TriState/Unknown* – promena signala iz bilo kog stanja u stanje visoke impedanse ili nepoznato stanje
 - *Back From TriState* – promena signala u bilo koje stanje iz stanja visoke impedanse
 - *Back From Unknown* – promena signala u bilo koje stanje iz nepoznatog stanja
 - *Back From TriState/Unknown* – promena signala u bilo koje stanje iz stanja visoke impedanse ili nepoznatog stanja
 - *General Change* – promena signala bilo koje vrste
- Samo za signale širine jedan bit:
 - *Go Up* – promena signala iz bilo kog stanja u stanje logičke jedinice
 - *Go Down* – promena signala iz bilo kog stanja u stanje logičke nule
 - *Go Up/Down* – promena signala iz bilo kog stanja u stanje logičke jedinice ili nule
 - *Back From Up* – promena signala u bilo koje stanje iz stanja logičke jedinice
 - *Back From Down* – promena signala u bilo koje stanje iz stanja logičke nule
 - *Back From Up/Down* – promena signala u bilo koje stanje iz stanja logičke jedinice ili nule
- Samo za signale širine veće od jednog bita:
 - *Go To Value* – promena stanja signala šireg od jednog bita tako da stanje signala bude jednako postavljenoj vrednosti. Događaj se odnosi samo na trenutak promene vrednosti, a ne i na period kada je vrednost signala konstantna i jednaka postavljenoj vrednosti.
 - *Back From Value* – promena stanja signala šireg od jednog bita tako da stanje signala bude različito od postavljene vrednosti. Događaj se odnosi samo na trenutak promene vrednosti, a ne i na period kada je vrednost signala konstantna i različita od postavljene vrednosti.

Kada se definišu događaji *Go To Value* i *Back From Value*, pojavljuje se *Text Box* polje u koje su upisuje vrednost na koju se odnosi događaj (slika 60). Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja promena.

1.3.2 RAD SA LISTOM SIGNALA ZA PREGLED PROMENA VREMENSKIH OBLIKA SIGNALA

Vremenski dijagram za pregled promena vremenskih oblika odabranih signala i aktivnih signala takta predstavljen je u poglavlju 1.1.4, na strani 17. U opštem slučaju, aktivna digitalna struktura može da ima nekoliko desetina hiljada signala čije promene bi mogle da se prate. Deo strukture podataka koji je rezervisan za čuvanje promena signala, u opštem slučaju ne može da bude dovoljno veliki da prihvati promene svih signala, za svaki ciklus, svih aktivnih signala takta. Zbog toga je određena manja vidljiva oblast u prostoru koji određuju glavni signal takta *Main Clock*, koji ima maksimalno dozvoljenu učestalost jednaku učestalosti sistemskog signala takta *System Clock*, i niz odabranih signala, kojih može biti maksimalno 24. Čuvaju se promene odabranih signala za maksimalno 8000 ciklusa pojavljivanja uzlazne ivice glavnog signala takta *Main Clock*. Promene aktivnih signala takta se ne pamte, jer se na osnovu vrednosti učestalosti može u svakom vremenskom trenutku simulacije jednoznačno utvrditi da li signal takta ima uzlaznu ivicu ili nema uzlaznu ivicu.

Na slici 61 prikazan je dijalog za rad sa listom signala za pregled promena vremenskih oblika signala (*Signal Graph Manager*), koji se otvara aktiviranjem tastera grafičkog skupa funkcija *Signal Graph* (poglavlje 1.1.2.2, strana 13).



Slika 61 Dijalog za rad sa listom signala za pregled promena vremenskih oblika signala (*Signal Graph Manager Box*)

Dijalog za definisanje liste signala koji će biti prikazivani na vremenskom dijagramu radi na isti način kao i dijalog za definisanje događaja za zaustavljanje simulacije pri radu funkcija simulatora (*Trigger Manager Box*, poglavlje 1.3.1, strana 58). Razlika je u tome što nije na raspolaganju postavljanje vrednosti parametra *Set Event To*, i dozvoljeno je da se jedan signal više puta pojavi na listi signala, uz upozorenje da se signal već nalazi na listi. Pored toga, na raspolaganju je i funkcija za brisanje svih podataka sačuvanih u strukturi za čuvanje promena signala. Ova funkcija aktivira se korišćenjem tastera *Clear ALL Signal Graph Data*, kao i implicitno pri svim akcijama koje remete integritet sačuvanih podataka. Taster *OK* zatvara dijalog sa prihvatanjem promena, dok taster *Cancel* zatvara dijalog bez prihvatanja promena.

1.3.3 UPRAVLJANJE SIMULATOROM

Upravljanje simulatorom softverskog paketa *IGoVSoEDS* obuhvata kontrolu režima rada simulatora i upravljanje simulacijom. U cilju pogodnijeg prikaza detaljnog pregleda mogućnosti za upravljanje simulatorom neophodno je da se definišu odgovarajuća stanja simulatora. Značajna stanja simulatora i odgovarajuće oznake su:

- T_0 – početno stanje simulatora. Ovo stanje može da se dobije aktiviranjem funkcije za vraćanje simulacije u početno stanje, kao i višestrukim aktiviranjem funkcija za vraćanje simulacije unazad.
- T_{sim} – stanje simulatora koje se trenutno prikazuje u softverskom paketu. Aktiviranjem bilo koje od funkcija za upravljanje simulacijom, u opštem slučaju, stanje simulatora T_{sim} se menja.
- T_{max} – maksimalno dostignuti vremenski trenutak simulacije za trenutno aktivnu digitalnu strukturu. Upotrebom funkcija simulatora za pokretanje simulacije unapred, u opštem slučaju, vremenski trenutak T_{max} pomera se ka većim vrednostima.

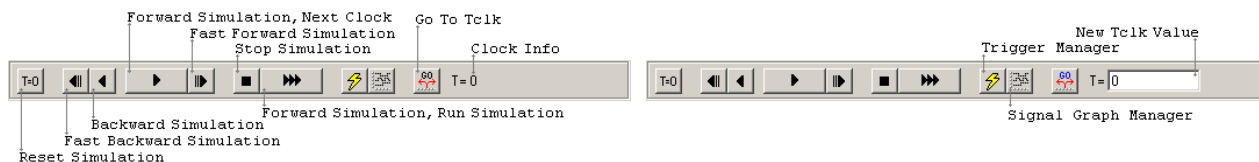
Simulator softverskog paketa ima dva režima rada, koji se označavaju kao režimi rada:

- *Play* – režim rada kada se stanje simulatora i pregledi rezultata rada simulatora prikazuju za vremenski trenutak $T_{sim}=T_{max}$
- *RePlay* – režim rada kada se stanje simulatora i pregledi rezultata rada simulatora prikazuju za vremenski trenutak $T_{sim}<T_{max}$

Režim rada *Play* je režim rada kada se simulacija ostvaruje samo aktiviranjem tastera za obradu jednog ili više narednih signala takta, bez korišćenja funkcija za vraćanje simulacije unazad. U režimu rada *Play* vremenski trenutak simulacije je uvek T_{max} . U ovom režimu rada na raspolaganju su pregled vremenskih oblika odabranih signala, kao i funkcije za promenu vrednosti svih memorijskih elemenata digitalne strukture.

Aktiviranjem neke od funkcija za vraćanje simulacije u vremenske trenutke koji su već obrađeni, prelazi se u režim rada *RePlay*, kada se kombinacijom memorisanih stanja simulatora, i simulacije rada digitalne strukture za taktove između odabranog memorisanog stanja simulatora i vremenskog trenutka simulacije koji treba prikazati, stanje simulatora dovodi u traženi vremenski trenutak. Režim rada *RePlay* koristi se za prikaz stanja simulatora za vremenske trenutke simulacije $T_{sim}<T_{max}$. Na raspolaganju je maksimalno 10 memorisanih stanja simulatora, koji čuvaju do 8 stanja simulatora, približno ravnomerno raspoređenih od T_0 do T_{max} , kao i 2 stanja simulatora, veoma bliskih vremenskom trenutku T_{max} . Prva grupa memorisanih stanja simulatora koristi se za velika pomeranja simulacije unazad, dok se druga grupa koristi za pomeranja simulacije za jedan takt unazad. Sva memorisana stanja simulatora imaju važeća stanja samo za simulacije koje prelaze više desetina hiljada taktova, dok se za simulacije sa manje obrađenih taktova koriste samo neka od memorisanih stanja. U režimu rada *RePlay* nije moguće pregledati vremenske oblike signala, i nisu na raspolaganju funkcije za promenu vrednosti memorijskih elemenata digitalne strukture. Korišćenjem funkcija za pomeranje stanja simulatora unapred, u trenutku kada se simulator postavi na vremenski trenutak simulacije T_{max} , režim rada *RePlay* implicitno prelazi u režim rada *Play*.

Upravljanje simulacijom ostvaruje se korišćenjem tastera grafičkog skupa funkcija *Simulation Toolbar*, koji je prikazan na slici 62.



Slika 62 Grafički skup funkcija za rad sa funkcijama simulatora (*Simulation Toolbar*)

Skup tastera za upravljanje radom simulacije (slika 62–levo), obezbeđuje funkcije za:

- postavljanje početnog stanja simulatora, odnosno stanja T_0 , za $T_{\max}=0$ (*Reset Simulation*)
- postavljanje simulatora na prethodno dostignute vremenske trenutke, čime se pokreće *RePlay* režim rada simulatora (*Fast Backward Simulation* i *Backward Simulation*)
- pokretanje simulatora za jedan takt unapred (*Forward Simulation, Next Clock*)
- postavljanje simulatora na vremenske trenutke koji se nalaze iza vremenskih trenutaka koji se posmatraju u *RePlay* režimu rada simulatora (*Fast Forward Simulation*)
- zaustavljanje simulacije (*Stop Simulation*)
- pokretanje simulatora za više taktova unapred (*Forward Simulation, Run Simulation*)
- postavljanje simulatora na proizvoljan vremenski trenutak pre ili iza trenutno dostignutog vremenskog trenutka simulacije $T_{\max}$ (*Go To Tclk*).

Na krajnjoj desnoj strani nalazi se natpis na kome se prikazuje vrednost dostignutog trenutka simulacije $T_{\max}$ (*Clock Info*). U režimu rada *RePlay* vrednost parametra *Clock Info* prikazuje se kao $T_{\text{sim}}/T_{\max}$. Na raspolaganju su i tasteri (slika 62–desno) za otvaranje dijaloga za definisanje događaja za zaustavljanje simulacije (*Trigger Manager*, poglavlje 1.3.1, strana 58) i za rad sa listom signala za pregled promena vremenskih oblika signala (*Signal Graph Manager*, poglavlje 1.3.2, strana 60).

Reset Simulation funkcija vraća stanje simulatora na početno stanje T_0 , odnosno na stanje $T_{\max}=0$. Aktiviranjem funkcije *Reset Simulation* brišu se sva memorisana stanja simulatora i sačuvane promene signala za potrebe prikaza vremenskih oblika odabranih signala. Ova funkcija je jedina funkcija koja vraća simulaciju unazad, ali ne postavlja simulator u *RePlay* režim rada.

Fast Backward Simulation postavlja stanje simulatora vremenski unazad, na vremenski najbliže memorisano stanje simulatora, u odnosu na trenutno prikazani vremenski trenutak simulacije. Ukoliko postoji odgovarajuće memorisano stanje simulatora, simulator se prevodu u to stanje i nastavlja da radi u *RePlay* režimu rada. Ukoliko ne postoji odgovarajuće memorisano stanje simulatora, simulator se ne postavlja u drugo stanje, i režim rada ostaje isti kao i pre aktiviranja funkcije.

Backward Simulation postavlja stanje simulatora vremenski unazad, na vremenski trenutak za 1 manji od trenutno prikazanog vremenskog trenutka, i prevodi simulator u *RePlay* režim rada. Ova funkcija ostvaruje simulaciju za jedan takt unazad, i može da dovede simulator u stanje T_0 , ali ostaje $T_{\max}>0$.

Forward Simulation, Next Clock aktivira simulaciju jednog narednog sistemskog signala takta, ali i svih narednih sistemskih signala takta do trenutka pojavljivanja uzlazne ivice prvog narednog signala takta, za koji u sistemu definisanja događaja za zaustavljanje simulacije (*Trigger Manager*, poglavlje 1.3.1, strana 58) nije postavljeno *Do Not Stop Simulation*. Funkcija je dostupna u oba režima rada simulatora.

Fast Forward Simulation postavlja stanje simulatora vremenski unapred, na vremenski najbliže memorisano stanje simulatora, u odnosu na trenutno prikazani vremenski trenutak simulacije. Ukoliko postoji odgovarajuće memorisano stanje simulatora, simulator se prevodu u to stanje. Ukoliko ne postoji odgovarajuće memorisano stanje, simulator se ne postavlja u drugo stanje, i režim rada ostaje isti kao i pre aktiviranja funkcije. Samo u *RePlay* režimu rada postoje odgovarajuća memorisana stanja simulatora za rad funkcije *Fast Forward Simulation*.

Stop Simulation funkcija zaustavlja simulaciju, za sve simulacije koje obuhvataju obradu više sistemskih signala takta. Ova funkcija ne utiče na promenu režima rada simulatora.

Forward Simulation, *Run Simulation* funkcija koristi se za startovanje simulacije, odnosno aktiviranje simulacije za obradu proizvoljnog broja sistemskih signala takta do prvog sledećeg kriterijuma za zaustavljanje simulacije (*Trigger Manager*, poglavlje 1.3.1, strana 58), odnosno do aktiviranja funkcije *Stop Simulation*. Funkcija je dostupna u oba režima rada simulatora.

Go To Tclk funkcija stanje simulatora dovodi u stanje jednako postavljenoj vrednosti sistemskog signala takta u polju *New Tclk Value*. Prvo aktiviranje funkcije *Go To Tclk* kreira polje *New Tclk Value* (slika 62–desno). Naredno aktiviranje izvršava funkciju postavljanja simulatora na vremenski trenutak koji je postavljen u polju *New Tclk Value*, i potom uklanja polje *New Tclk Value*. Ukoliko je vrednost polja *New Tclk Value* manja od vrednosti trenutno prikazanog vremenskog trenutka, simulacija se vremenski pomera unazad, a u suprotnom simulacija se vremenski pomera unapred. Bez obzira na režim rada simulatora, koji je aktivan neposredno pre izvršavanje funkcije *Go To Tclk*, nakon izvršavanja funkcije, režim rada zavisi od vremenskog trenutka u koji je doveden simulator. Ukoliko je traženi vremenski trenutak stanja simulatora *New Tclk Value* manji od $T_{\max}$, nakon završetka rada funkcije postavlja se režim rada simulatora *RePlay*, a ako je jednak ili veći od $T_{\max}$, postavlja se režim rada simulatora *Play*, i $T_{\max}$ dobija vrednost postavljenu u polju *New Tclk Value*. Izvršavanje funkcije *Go To Tclk* sastoji se u pronalaženju memorisanog stanja simulatora koje čuva stanje simulatora za najbliži vremenski trenutak manji od traženog vremenskog trenutka postavljenog u *New Tclk Value*, i izvršavanja simulacije rada sistemskih signala takta od memorisanog stanja do traženog stanja simulatora.

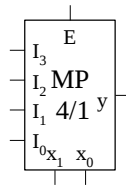
Za potrebe efikasnijeg kreiranja i modifikacije veoma složenih digitalnih struktura, realizovan je parametar *ReConfiguration Always ON* (poglavlje 1.1.2.1, strana 9). Ukoliko ovaj parametar nije potvrđen, sa promenom digitalne strukture ne ažurira se struktura podataka koja čuva opis strukture, i ne ažurira se stanje simulatora. U ovom režimu rada, skup funkcija za upravljanje radom simulacije nije dostupan, i pokriven je porukom *ReConfiguration is Stopped. Some values likely are incorrect*. Stanja signala ne moraju da budu odgovarajuća, kao i vrednosti u svim ostalim pregledima rezultata rada simulatora. Nakon potvrđivanja parametra *ReConfiguration Always ON*, stanje strukture podataka za čuvanje opisa digitalne strukture postaje važeće, i funkcije za upravljanje radom simulacije postaju dostupne.

2 MULTIPLEKSER

Razmatra se multiplexer MP4/1 sa četiri ulaza i jednim izlazom i multiplexer MP16/1 sa 16 ulaza i jednim izlazom.

2.1 MULTIPLEKSER MP4/1 SA ČETIRI ULAZA I JEDNIM IZLAZOM

Razmatra se standardni kombinatorni modul multiplexer MP4/1 sa četiri ulaza i jednim izlazom čiji je grafički simbol dat na slici 63.



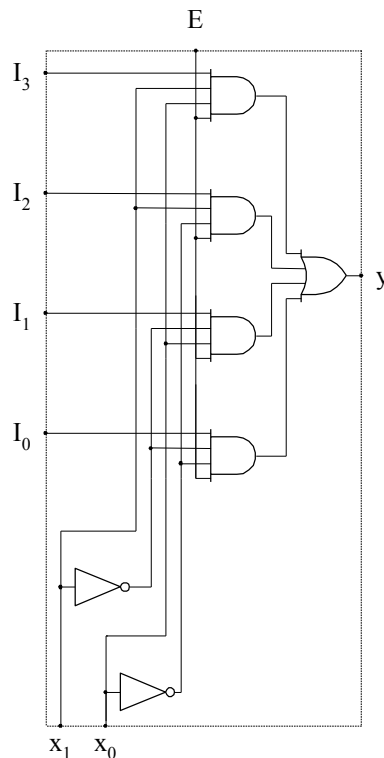
Slika 63 Grafički simbol multipleksera MP4/1

Zakon funkcionisanja multipleksera MP4/1 je dat na slici 64.

$$y = \overline{x_1} \overline{x_0} I_0 E + \overline{x_1} x_0 I_1 E + x_1 \overline{x_0} I_2 E + x_1 x_0 I_3 E$$

Slika 64 Zakon funkcionisanja multipleksera 4/1

Strukturna šema multipleksera MP4/1 je data na slici 65.



Slika 65 Strukturna šema multipleksera MP4/1

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu multipleksera MP4/1 prema slici 65, dovesti na ulaze $I_3, I_2, I_1, I_0, x_1, x_0$ i E vrednosti iz tabele 4 i popuniti u tabeli vrednosti za y.

I_3	I_2	I_1	I_0	x_1	x_0	E	y
0	0	0	1	0	0	0	
0	0	1	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	1	
0	0	1	0	0	1	1	
0	0	0	1	0	1	1	
0	1	1	0	0	1	1	
1	0	0	1	0	1	1	
1	1	0	1	0	1	1	
0	0	0	1	1	0	1	
0	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	1	1	0	1	
1	1	0	1	1	0	1	
0	0	0	1	1	1	1	
0	1	1	0	1	1	1	
1	0	0	1	1	1	1	
1	1	0	1	1	1	1	

Tabela 4 Multiplekser 4/1

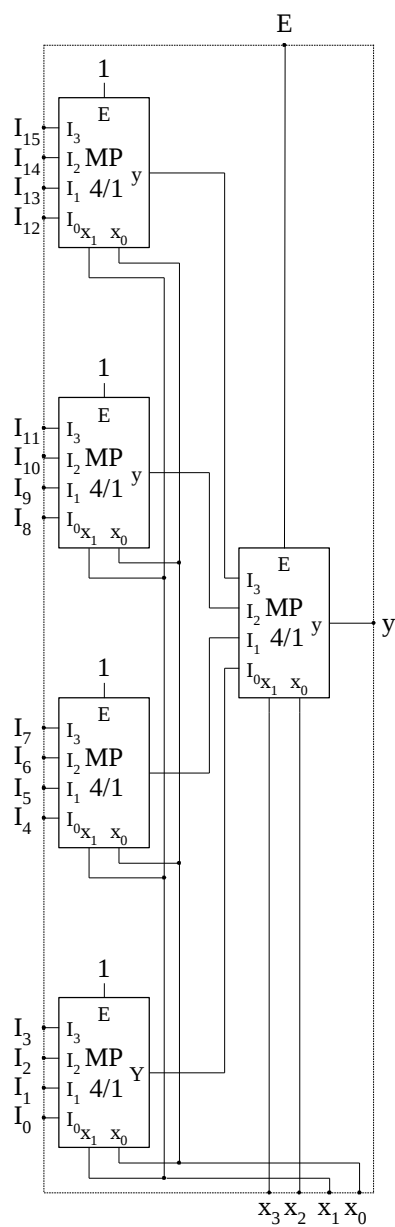
2.2 MULTIPLEKSER MP16/1 SA 16 ULAZA I JEDNIM IZLAZOM

Strukturna šema multipleksera MP16/1 realizovanog sa multiplekserima MP4/1 je data na slici 66.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu multipleksera MP16/1 prema slici 65, dovesti na ulaze $I_{15}, I_{14}, I_{13}, I_{12}, I_{11}, I_{10}, I_9, I_8, I_7, I_6, I_5, I_4, I_3, I_2, I_1, I_0, x_3, x_2, x_1, x_0$ i E, vrednosti iz tabele 5 i popuniti u tabeli vrednosti za y.

I_{15}	I_{14}	I_{13}	I_{12}	I_{11}	I_{10}	I_9	I_8	I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	x_3	x_2	x_1	x_0	E	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	

Tabela 5 Multiplekser MP16/1



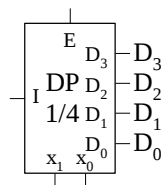
Slika 66 Strukturna šema multipleksera MP16/1 realizovanog sa multiplekserima MP4/1

3 DEMULTIPLESER

Razmatra se demultiplekser DP1/4 sa jednim ulazom i četiri izlaza i demultiplekser DP1/16 sa jednim ulazom i 16 izlaza.

3.1 DEMULTIPLESER DP1/4 SA JEDNIM ULAZOM I ČETIRI IZLAZA

Razmatra se standardni kombinacioni modul demultiplekser DP1/4 sa jednim ulazom i četiri izlaza čiji je grafički simbol dat na slici 67.



Slika 67 Grafički simbol demultipleksera DP1/4

Zakon funkcionisanja demultipleksera DP1/4 je dat na slici 68.

$$D_0 = \overline{x_1} \overline{x_0} IE$$

$$D_1 = \overline{x_1} x_2 IE$$

$$D_2 = x_1 \overline{x_0} IE$$

$$D_3 = x_1 x_0 IE$$

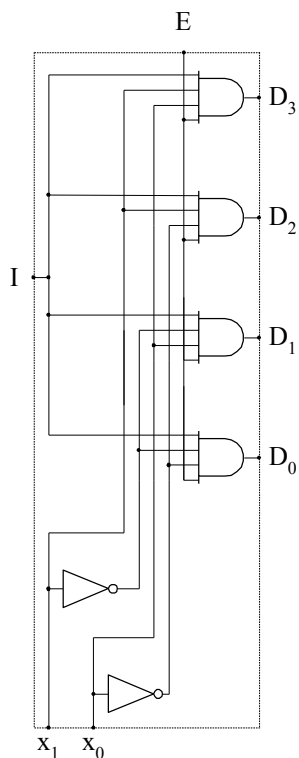
Slika 68 Zakon funkcionisanja demultipleksera DP1/4

Strukturna šema demultipleksera DP1/4 je data na slici 69.

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu demultipleksera DP1/4 prema slici 69, dovesti na ulaze I, x_1 , x_0 i E, vrednosti iz tabele 6 i popuniti u tabeli vrednosti za D_3 , D_2 , D_1 , i D_0 .

I	x_1	x_0	E	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0				
1	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	1				
0	1	0	1				
0	1	1	1				
1	0	0	1				
1	0	1	1				
1	1	0	1				
1	1	1	1				

Tabela 6 Demultiplekser DP1/4



Slika 69 Strukturna šema demultipleksera 1/4

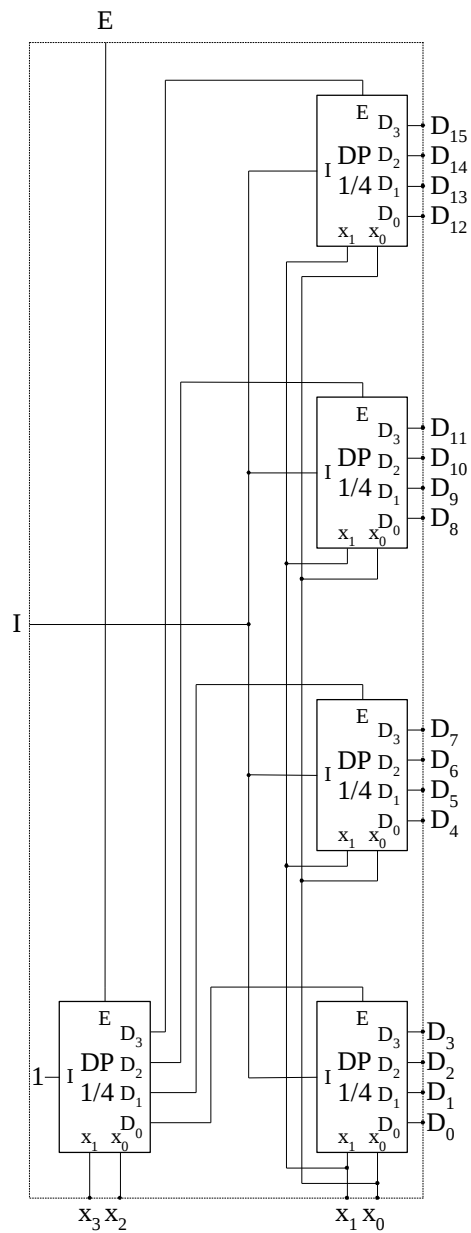
3.2 DEMULTIPLEKSER DP1/16 SA JEDNIM ULAZOM I 16 IZLAZA

Strukturna šema demultipleksera DP1/16 realizovanog sa demultiplekserima DP1/4 je data na slici 70.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu demultipleksera 1/16 prema slici 70, dovesti na ulaze I, x_3 , x_2 , x_1 , x_0 i E vrednosti iz tabele 7 i popuniti u tabeli vrednosti za D_{15} , D_{14} , D_{13} , D_{12} , D_{11} , D_{10} , D_9 , D_8 , D_7 , D_6 , D_5 , D_4 , D_3 , D_2 , D_1 i D_0 .

I	x_3	x_2	x_1	x_0	E	D_{15}	D_{14}	D_{13}	D_{12}	D_{11}	D_{10}	D_9	D_8	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
1	0	0	0	0	0																
0	1	1	1	1	0																
0	0	0	0	0	1																
1	0	0	0	0	1																
0	0	1	0	1	1																
1	0	1	0	1	1																
0	1	0	1	0	1																
1	1	0	1	0	1																
0	1	1	1	1	1																
1	1	1	1	1	1																

Tabela 7 Demultiplekser 1/16



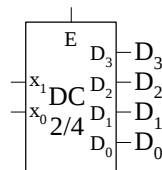
Slika 70 Strukturna šema demultipleksera 1/16 realizovanog pomoću demultipleksera 1/4

4 DEKODER

Razmatra se dekodер DC2/4 sa dva ulaza i četiri izlaza i dekodер DC4/16 sa dva ulaza i 16 izlaza.

4.1 DEKODER DC2/4 SA DVA ULAZA I ČETIRI IZLAZA

Razmatra se standardni kombinacioni modul dekodер DC2/4 sa dva ulaza i četiri izlaza čiji je grafički simbol dat na slici 71.



Slika 71 Grafički simbol dekodera DC2/4

Zakon funkcionisanja dekodera DC2/4 je dat na slici 72.

$$D_0 = \overline{x_1} \overline{x_0} E$$

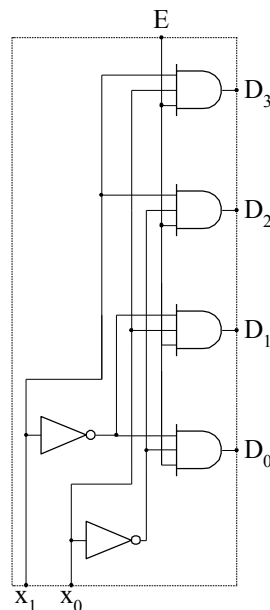
$$D_1 = \overline{x_1} x_0 E$$

$$D_2 = x_1 \overline{x_0} E$$

$$D_3 = x_1 x_0 E$$

Slika 72 Zakon funkcionisanja dekodera DC2/4

Strukturna šema dekodera DC2/4 je data na slici 73.



Slika 73 Strukturna šema dekodera DC2/4

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu dekodera DC2/4 prema slici 73, dovesti na ulaze x_1 , x_0 i E vrednosti iz tabele 8 i popuniti u tabeli vrednosti za D_3 , D_2 , D_1 i D_0 .

x_1	x_0	E	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	1				
0	1	1				
1	0	1				
1	1	1				
0	0	0				
0	1	0				
1	0	0				
1	1	0				

Tabela 8 Dekoder DC2/4

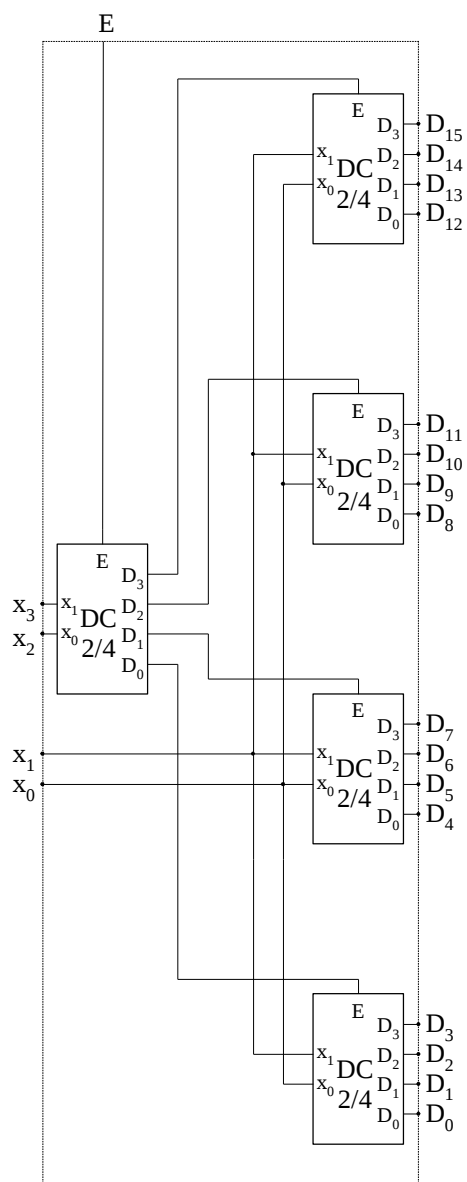
4.2 DEKODER DC4/16 SA ČETIRI ULAZA I 16 IZLAZA

Strukturna šema dekodera DC4/16 realizovanog sa dekoderima DC2/4 je data na slici 74.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu dekodera DC4/16 prema slici 74, dovesti na ulaze x_3 , x_2 , x_1 , x_0 i E vrednosti iz tabele 9 i popuniti u tabeli vrednosti za D_{15} , D_{14} , D_{13} , D_{12} , D_{11} , D_{10} , D_9 , D_8 , D_7 , D_6 , D_5 , D_4 , D_3 , D_2 , D_1 i D_0 .

x_3	x_2	x_1	x_0	E	D_{15}	D_{14}	D_{13}	D_{12}	D_{11}	D_{10}	D_9	D_8	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0																
1	1	1	1	0																
0	0	0	0	1																
0	0	0	1	1																
0	0	1	0	1																
0	0	1	1	1																
0	1	0	0	1																
0	1	0	1	1																
0	1	1	0	1																
0	1	1	1	1																
1	0	0	0	1																
1	0	0	1	1																
1	0	1	0	1																
1	0	1	1	1																
1	1	0	0	1																
1	1	0	1	1																
1	1	1	0	1																
1	1	1	1	0																
1	1	1	1	1																

Tabela 9 Dekoder DC4/16



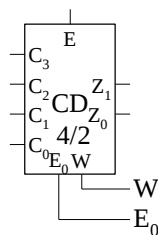
Slika 74 Strukturna šema dekodera DC4/16 realizovanog sa dekoderima DC2/4

5 KODER

Razmatra se koder CD4/2 sa četiri ulaza i dva izlaza i koder CD16/4 sa 16 ulaza i četiri izlaza.

5.1 KODER DC4/2 SA ČETIRI ULAZA I DVA IZLAZA

Razmatraju se standardni kombinacioni moduli običan koder CD4/2 i prioritetni koder CD4/2 sa četiri ulaza i dva izlaza čiji je grafički simbol dat na slici 75.



Slika 75 Grafički simbol običnog kodera CD4/2 i kodera prioriteta CD4/2

Zakon funkcionisanja običnog kodera CD4/2 je dat u obliku tablice na slici 76 i Bulovim izrazima na slici 77.

C ₃	C ₂	C ₁	C ₀	E	z ₁	z ₀	W	E ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	1	0

Slika 76 Zakon funkcionisanja običnog kodera CD4/2 dat u obliku tablice

$$z_1 = (C_3 + C_2) \cdot E$$

$$z_0 = (C_3 + C_1) \cdot E$$

$$W = (C_3 + C_2 + C_1 + C_0) \cdot E$$

$$E_0 = \overline{W} \cdot E$$

Slika 77 Zakon funkcionisanja običnog kodera CD4/2 dat Bulovim izrazima

Zakon funkcionisanja prioritetnog kodera CD4/2 je dat u obliku tablice na slici 78 i Bulovim izrazima na slici 79. Sa X je označeno da vrednost može da bude 0 ili 1.

C ₃	C ₂	C ₁	C ₀	E	z ₁	z ₀	W	E ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	X	X	X	0	0	0	0	0
0	1	X	X	0	0	0	0	0
0	0	1	X	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	X	X	X	1	1	1	1	0
0	1	X	X	1	1	0	1	0
0	0	1	X	1	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	1	0

Slika 78 Zakon funkcionisanja prioritetnog kodera CD4/2 dat u obliku tablice

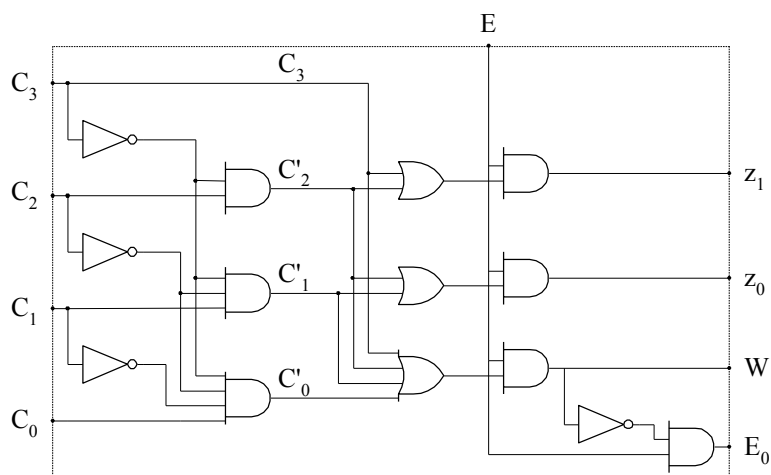
$$z_1 = (C_3 + C_2 \overline{C_3}) \cdot E$$

$$z_0 = (C_3 + C_1 \overline{C_2} \overline{C_3}) \cdot E$$

$$W = (C_3 + C_2 \overline{C_3} + C_1 \overline{C_2} \overline{C_3} + C_0 \overline{C_1} \overline{C_2} \overline{C_3}) \cdot E$$

$$E_0 = \overline{W} \cdot E$$

Slika 79 Zakon funkcionisanja prioritetnog kodera CD4/2 dat Bulovim izrazima
Strukturna šema prioritetnog kodera CD4/2 je data na slici 80.



Slika 80 Strukturna šema prioritetnog kodera CD4/2

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu prioritetnog kodera CD4/2 prema slici 80, dovesti na ulaze C₃, C₂, C₁, C₀ i E vrednosti iz tabele 10 i popuniti u tabeli vrednosti za z₁, z₀, W i E₀.

C ₃	C ₂	C ₁	C ₀	E	z ₁	z ₀	W	E ₀
0	0	0	0	0				
1	1	1	1	1				
0	0	0	1	1				
0	0	1	0	1				
0	0	1	1	1				
0	1	0	0	1				
0	1	1	1	1				
1	0	0	0	1				
1	0	1	0	1				
1	1	1	1	1				

Tabela 10 Prioritetni koder CD4/2

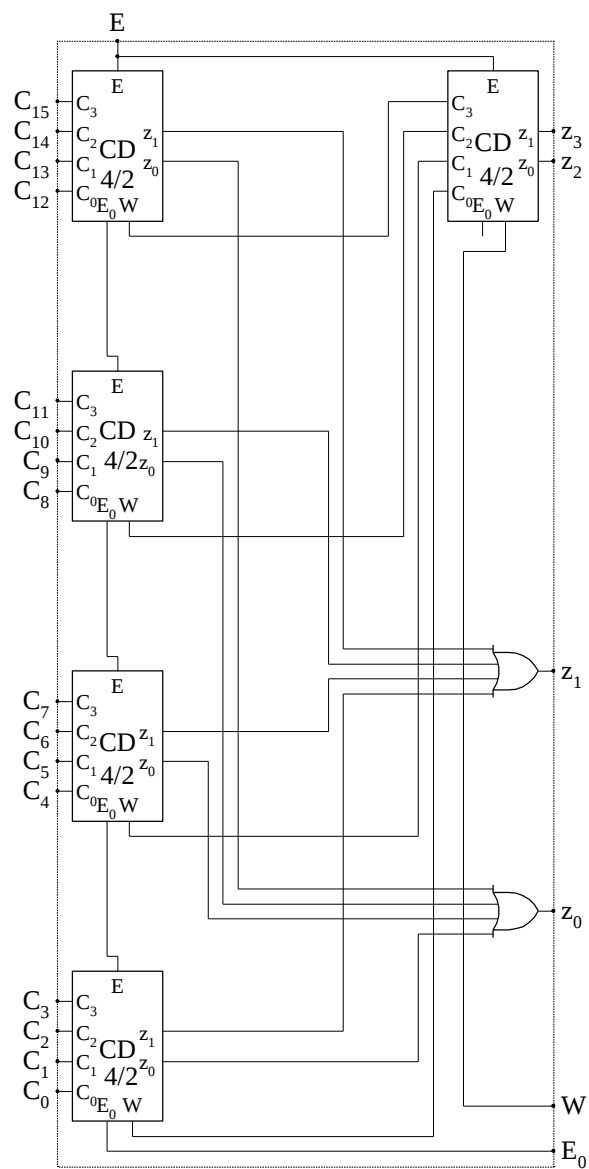
5.2 KODER CD16/4 SA 16 ULAZA I ČETIRI IZLAZA

Strukturna šema prioritetnog koder CD16/4 realizovanog sa koderima prioriteta CD4/2 je data na slici 81.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu prioritetnog koder CD16/4 prema slici 81, dovesti na ulaze C_{15} , C_{14} , C_{13} , C_{12} , C_{11} , C_{10} , C_9 , C_8 , C_7 , C_6 , C_5 , C_4 , C_3 , C_2 , C_1 , C_0 i E , vrednosti iz tabele 11 i popuniti u tabeli vrednosti za z_3 , z_2 , z_1 , z_0 , W i E_0 .

C_{15}	C_{14}	C_{13}	C_{12}	C_{11}	C_{10}	C_9	C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	C_0	E	z_3	z_2	z_1	z_0	W	E_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1						
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1						
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						

Tabela 11 Prioritetni koder CD16/4



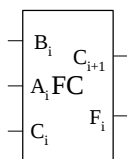
Slika 81 Strukturna šema prioriternog koda CD16/4 realizovanog sa prioritetnim koderima C/D4/2

6 SABIRAČ

Razmatra se jednorazredni sabirač sa generisanjem signala F i C (FC sabirač), četvororazredni sabirač realizovan sa četiri FC sabirača, četvororazredno kolo za grupno generisanje prenosa (CG kolo), jednorazredni sabirač sa generisanjem signala F, G i P (FGP sabirač) i četvororazredni sabirač realizovan sa četiri FGP sabirača i jednim CG kolom.

6.1 JEDNORAZREDNI FC SABIRAČ

Razmatra se standardni kombinacioni modul jednorazredni FC sabirač čiji je grafički simbol dat na slici 82.



Slika 82 Grafički simbol FC sabirača

Zakon funkcionisanja FC sabirača je dat u obliku tablice na slici 83 i Bulovim izrazima na slici 84.

A_i	B_i	C_i	F_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

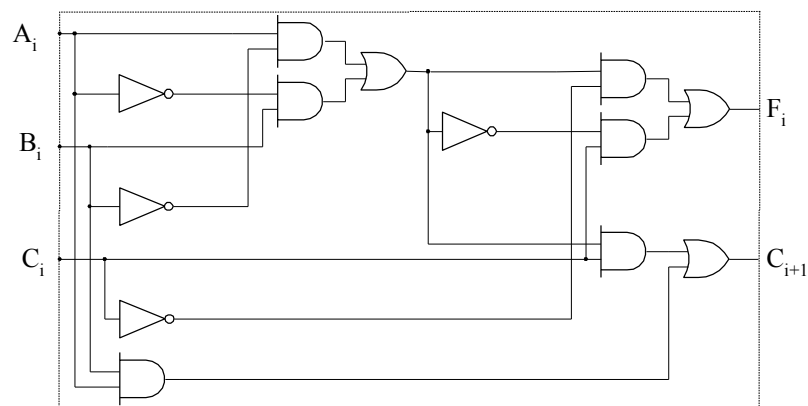
Slika 83 Zakon funkcionisanja FC sabirača dat u obliku tablice

$$F_i = A_i \oplus B_i \oplus C_i$$

$$C_{i+1} = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_i$$

Slika 84 Zakon funkcionisanja FC sabirača dat Bulovim izrazima

Strukturna šema FC sabirača je data na slici 85.



Slika 85 Strukturna šema FC sabirača

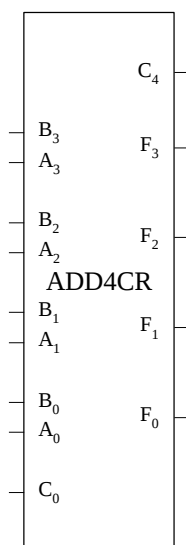
ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu FC sabirača prema slici 85, dovesti na ulaze za A_i , B_i i C_i vrednosti iz tabele 12 i popuniti u tabeli vrednosti za F_i i C_{i+1} .

A_i	B_i	C_i	F_i	C_{i+1}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Tabela 12 FC sabirač

6.2 ČETVORORAZREDNI ADD4CR SABIRAČ SA SERIJSKIM PRENOSOM

Razmatra se standardni kombinacioni modul četvororazredni ADD4CR sabirač čiji je grafički simbol dat na slici 86.



Slika 86 Grafički simbol ADD4CR sabirača

Zakon funkcionisanja ADD4CR sabirača je dat Bulovim izrazima

$$F_3 = A_3 \oplus B_3 \oplus C_3$$

$$F_2 = A_2 \oplus B_2 \oplus C_2$$

$$F_1 = A_1 \oplus B_1 \oplus C_1$$

$$F_0 = A_0 \oplus B_0 \oplus C_0$$

$$C_4 = A_3B_3 + (A_3 \oplus B_3)C_3$$

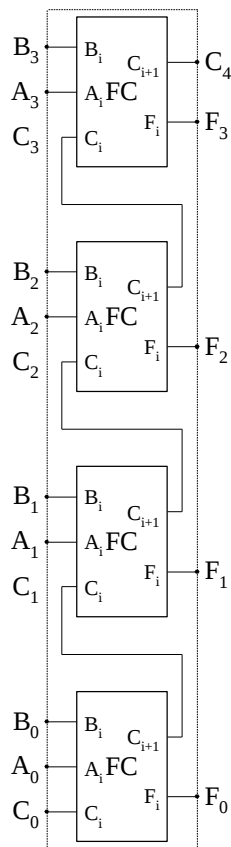
pri čemu je

$$C_3 = A_2B_2 + (A_2 \oplus B_2)C_2$$

$$C_2 = A_1B_1 + (A_1 \oplus B_1)C_1$$

$$C_1 = A_0B_0 + (A_0 \oplus B_0)C_0$$

Strukturna šema ADD4CR sabirača realizovanog sa četiri FC sabirača i serijskim prosleđivanjem signala prenosa (ripple carry) je prikazana na slici 87.



Slika 87 Strukturna šema četvororazrednog ADD4CR sabirača realizovanog sa četiri FC sabirača i serijskim prosleđivanjem signala prenosa

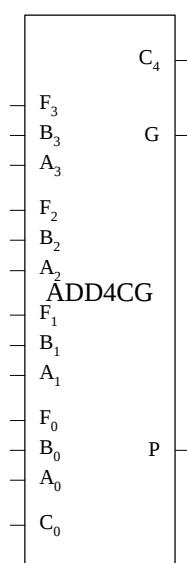
ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu četvororazrednog ADD4CR sabirača prema slici 87, dovesti na ulaze $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0$, i C_0 vrednosti iz tabele 13 i popuniti u tabeli vrednosti za F_3, F_2, F_1, F_0, C_4 i F .

A	B	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	C ₀	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	C ₄	F
2	3									0						
7	5									0						
-8	-8									0						
-2	3									0						
-3	2									0						
-5	-1									0						

Tabela 13 Četvororazredni sabirač ADD4CR realizovan sa četiri FC sabirača i serijskim prosleđivanjem signala prenosa

6.3 ČETVORORAZREDNI SABIRAČ ADD4CG SA GRUPNIM PRENOSOM

Razmatra se standardni kombinacioni modul četvororazredni ADD4CG sabirač čiji je grafički simbol dat na slici 88.



Slika 88 Grafički simbol ADD4CG sabirača

Zakon funkcionisanja ADD4CR sabirača je dat Bulovim izrazima

$$F_3 = A_3 \oplus B_3 \oplus C_3$$

$$F_2 = A_2 \oplus B_2 \oplus C_2$$

$$F_1 = A_1 \oplus B_1 \oplus C_1$$

$$F_0 = A_0 \oplus B_0 \oplus C_0$$

$$C_4 = G + P C_0$$

$$G = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0$$

$$P = P_3 P_2 P_1 P_0$$

pri čemu je

$$C_1 = G_0 + P_0 C_0$$

$$C_2 = G_1 + P_1 G_0 + P_1 P_0 C_0$$

$$C_3 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 G_0 + P_2 P_1 P_0 C_0$$

i

$$G_3 = A_3 B_3, P_3 = A_3 \oplus B_3,$$

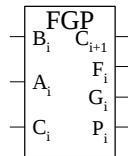
$$G_2 = A_2 B_2, P_2 = A_2 \oplus B_2,$$

$$G_1 = A_1 B_1, P_1 = A_1 \oplus B_1,$$

$$G_0 = A_0 B_0 \text{ i } P_0 = A_0 \oplus B_0.$$

Četvororazredni ADD4CG sabirač se realizuje sa četiri jednorazredna FGP sabirača i četvororazrednim CG kolom (carry group) za grupno generisanje prenosa.

Razmatra se standardni kombinacioni modul jednorazredni FGP sabirač čiji je grafički simbol dat na slici 89.



Slika 89 Grafički simbol FGP sabirača

Zakon funkcionisanja FGP sabirača je dat u obliku tablice na slici 90 i Bulovim izrazima na slici 91.

A_i	B_i	C_i	F_i	G_i	P_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1

Slika 90 Zakon funkcionisanja FGP sabirača dat u obliku tablice

$$F_i = A_i \oplus B_i \oplus C_i$$

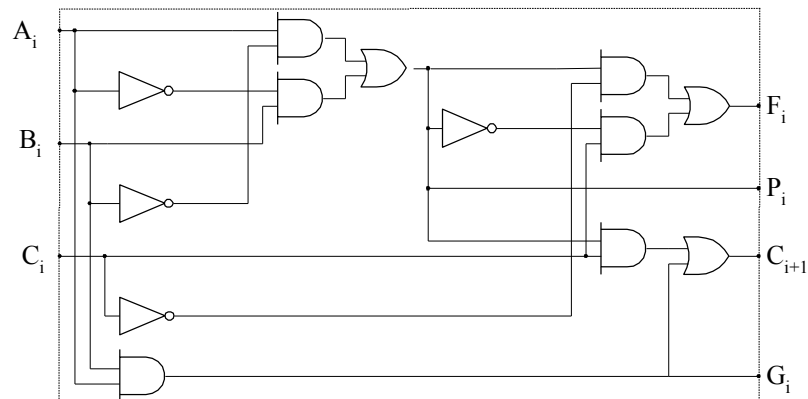
$$G_i = A_i B_i$$

$$P_i = A_i \oplus B_i$$

$$C_{i+1} = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_i$$

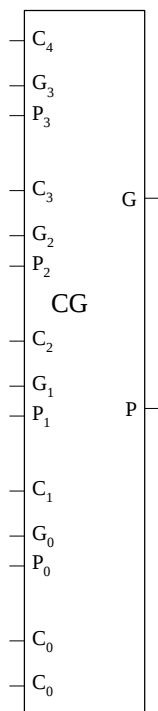
Slika 91 Zakon funkcionisanja FGP sabirača dat Bulovim izrazima

Strukturna šema jednorazrednog FGP sabirača je data na slici 92.



Slika 92 Strukturna šema FGP sabirača

Razmatra se standardni kombinacioni modul četvororazredno CG kolo za grupno generisanje prenosa čiji je grafički simbol dat na slici 93.



Slika 93 Grafički simbol CG kola

Zakon funkcionisanja CG kola je dat Bulovim izrazima na slici 94. U ovim izrazima je $C_{i+1} = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_i$ napisano kao $C_{i+1} = G_i + P_i C_i$ gde su $G_i = A_i B_i$ i $P_i = A_i \oplus B_i$. Pored toga kada se uvedu oznake $G = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0$ i $P = P_3 P_2 P_1 P_0$ tada se izraz za C_4 može skraćeno napisati $C_4 = G + P C_0$.

$$C_0 = C_0$$

$$C_1 = G_0 + P_0 C_0$$

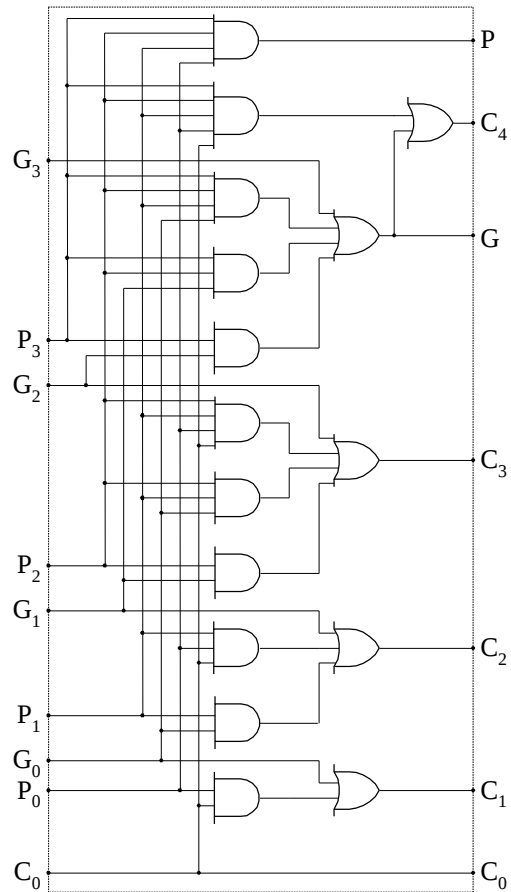
$$C_2 = G_1 + P_1 C_1 = G_1 + P_1 G_0 + P_1 P_0 C_0$$

$$C_3 = G_2 + P_2 C_2 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 G_0 + P_2 P_1 P_0 C_0$$

$$C_4 = G_3 + P_3 C_3 = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0 + P_3 P_2 P_1 P_0 C_0$$

Slika 94 Zakon funkcionisanja CG kola dat Bulovim izrazima

Strukturna šema CG kola je data na slici 95.



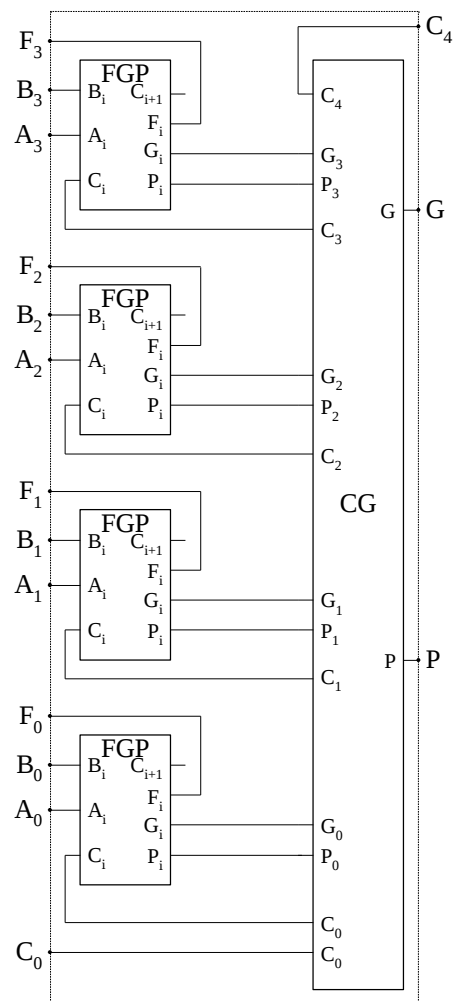
Slika 95 Strukturalna šema CG kola

Strukturalna šema četvororazrednog ADD4CG sabirača realizovanog sa četiri FGP sabirača i jednim CG kolom je prikazana na slici 96.

ZADATAK 3. Realizovati strukturalnu šemu četvororazrednog ADD4CG sabirača prema slici 96, dovesti na ulaze $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0$ i C_0 vrednosti iz tabele 14 i popuniti u tabeli vrednosti za F_3, F_2, F_1, F_0, C_4 i F .

A	B	A_3	A_2	A_1	A_0	B_3	B_2	B_1	B_0	C_0	F_3	F_2	F_1	F_0	C_4	F
2	3									0						
7	5									0						
-8	-8									0						
-2	3									0						
-3	2									0						
-5	-1									0						

Tabela 14 Četvororazredni ADD4CG sabirač realizovan sa četiri četiri FGP sabirača i jednim CG kolom



Slika 96 Strukturna šema četvororazrednog ADD4CG sabirača realizovanog sa četiri FGP sabirača i jednim CG kolom

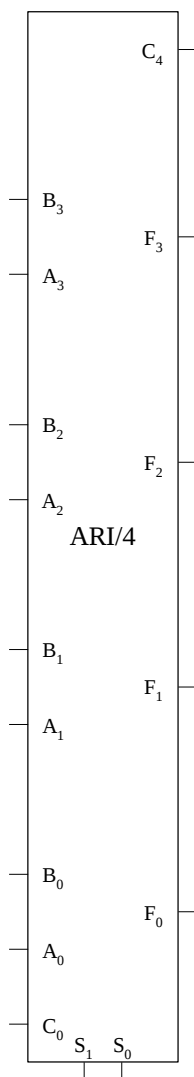
7 ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA

Razmatra se četvororazredna aritmetička jedinica, četvororazredna logička jedinica i četvororazredna i šesnaestorazredna aritmetičko logička jedinica.

7.1 ČETVORORAZREDNA ARITMETIČKA JEDINICA ARI/4

Razmatra se četvororazredna aritmetička jedinica ARI/4 koja realizuje četiri aritmetičke operacije sa celobrojnim vrednostima i to: sabiranje, oduzimanje, inkrementiranje i dekrementiranje.

Grafički simbol četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 je dat na slici 97.



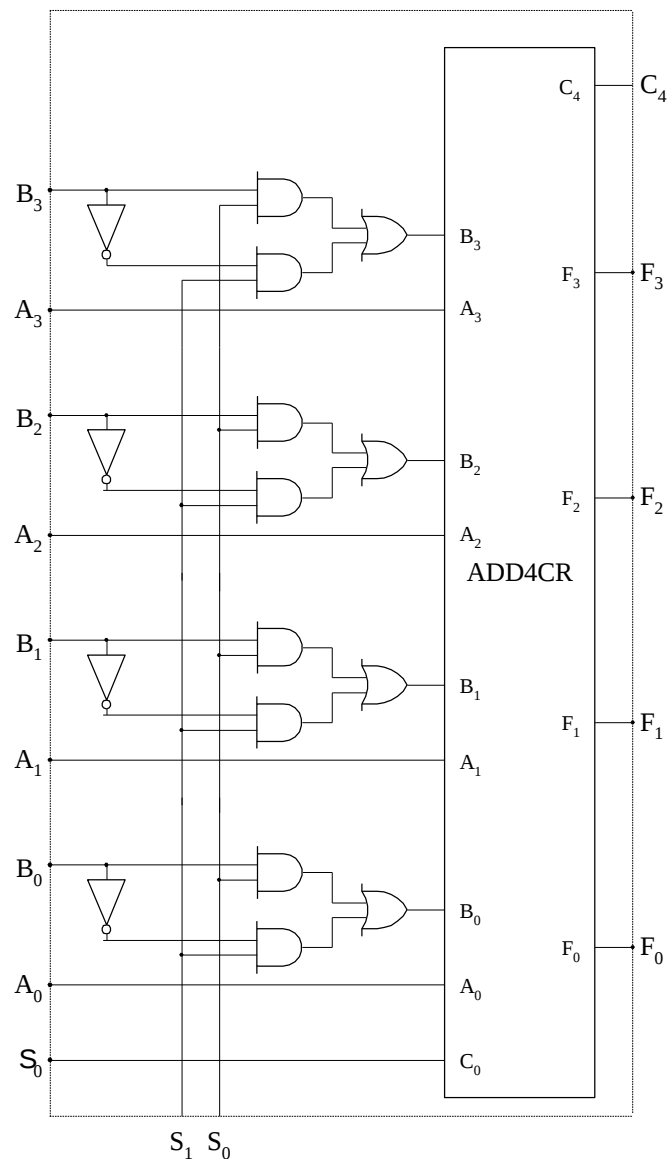
Slika 97 Grafički simbol četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 je dat u obliku tablice na slici 98.

S_1	S_0	F
0	0	$A + 1$
0	1	$A + B$
1	0	$A - B$
1	1	$A - 1$

Slika 98 Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

Strukturna šema četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 realizovane pomoću sabirača ADD4CR je data na slici 99. Operacija oduzimanja B od A se realizuje sabiranjem A i drugog komplementa od minus B, operacija inkrementiranja sabiranjem A i 1 i operacija dekrementiranja sabiranjem A i drugog komplementa od minus 1.



Slika 99 Strukturna šema četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 prema slici 99, dovesti na ulaze $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0, S_1$, i S_0 vrednosti iz tabele 15 i popuniti u tabeli vrednosti za F_3, F_2, F_1, F_0, C_4 i F .

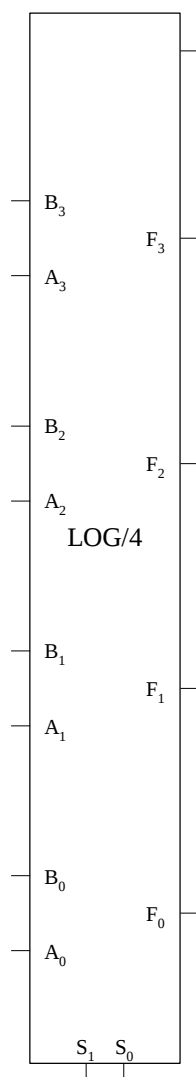
operacija	A	B	S_1	S_0	A_3	A_2	A_1	A_0	B_3	B_2	B_1	B_0	F_3	F_2	F_1	F_0	C_4	F
A + B	2	3																
A – B	2	3																
A + 1	2	3																
A – 1	2	3																
A + B	-2	3																
A – B	-2	3																
A + 1	-2	3																
A – 1	-2	3																
A + B	2	-3																
A – B	2	-3																
A + 1	2	-3																
A – 1	2	-3																
A + B	-5	-1																
A – B	-5	-1																
A + 1	-5	-1																
A – 1	-5	-1																

Tabela 15 Četvororazredna aritmetička jedinica ARI/4

7.2 ČETVORORAZREDNA LOGIČKA JEDINICA LOG/4

Razmatra se četvororazredna logička jedinica LOG/4 koja realizuje četiri logičke operacije nad binarnim vrednostima i to: I, ILI, ekskluzivno ILI i komplementiranje.

Grafički simbol logičke jedinice LOG/4 je dat na slici 100.



Slika 100 Grafički simbol logičke jedinice LOG/4

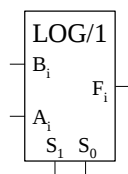
Zakon funkcionisanja logičke jedinice LOG/4 je dat u obliku tablice na slici 101.

S_1	S_0	F_i
0	0	$A \cdot B$
0	1	$A_i + B$
1	0	$A \oplus B$
1	1	$\overline{A}$

Slika 101 Zakon funkcionisanja logičke jedinice LOG/4

Za realizaciju četvororazredne logičke jedinice LOG/4 se koriste četiri jednorazredne logičke jedinice LOG/1.

Grafički simbol jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je dat na slici 102.

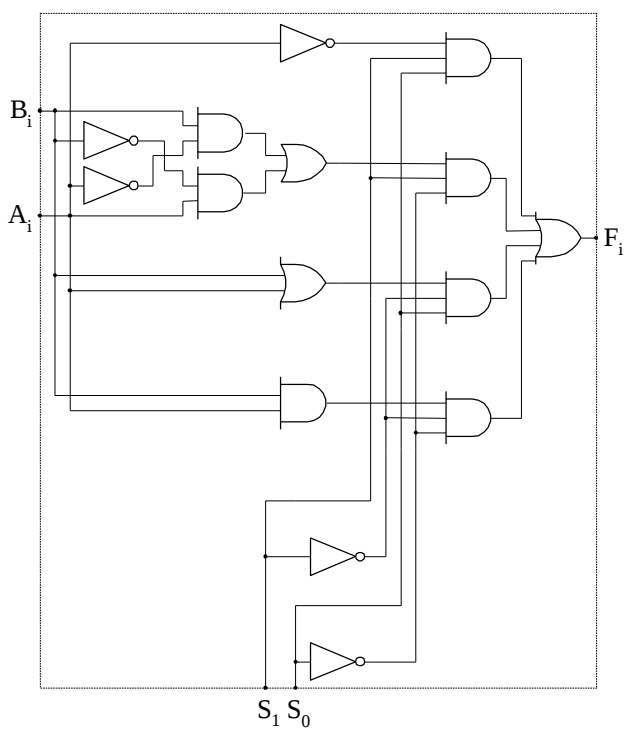


Slika 102 Grafički simbol jednorazredne logičke jedinice LOG/1

Zakon funkcionisanja jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je dat u obliku tablice na slici 103.

S_1	S_0	F_i
0	0	$A_i \cdot B_i$
0	1	$A_i + B_i$
1	0	$A_i \oplus B_i$
1	1	$\overline{A_i}$

Slika 103 Zakon funkcionisanja jednorazredne logičke jedinice LOG/1 dat u obliku tablice
Strukturna šema jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je data na slici 104.



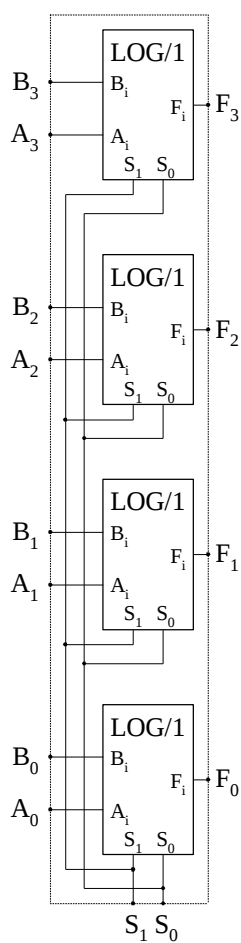
Slika 104 Strukturna šema jednorazredne logičke jedinice LOG/1

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu jednorazredne logičke jedinice LOG/1 prema slici 104, dovesti na ulaze za A_i i B_i vrednosti iz tabele 16 i popuniti u tabeli vrednosti za F_i .

operacija	A_i	B_i	S_1	S_0	F_i
$A_i \cdot B_i$	0	0			
$A_i \cdot B_i$	0	1			
$A_i \cdot B_i$	1	0			
$A_i \cdot B_i$	1	1			
$A_i + B_i$	0	0			
$A_i + B_i$	0	1			
$A_i + B_i$	1	0			
$A_i + B_i$	1	1			
$A_i \oplus B_i$	0	0			
$A_i \oplus B_i$	0	1			
$A_i \oplus B_i$	1	0			
$A_i \oplus B_i$	1	1			
$\overline{A_i}$	0	1			
$\overline{A_i}$	1	0			

Tabela 16 Jednorazredna logička jedinica LOG/1

Strukturna šema četvororazredne logičke jedinice LOG/4 realizovane sa četiri jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je data na slici 105.



Slika 105 Strukturna šema četvororazredne logičke jedinice LOG/4

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šema četvororazredne logičke jedinice LOG/4 prema slici 105, dovesti na ulaze $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0, S_1$ i S_0 vrednosti iz tabele 17 i popuniti u tabeli vrednosti za F_3, F_2, F_1, F_0 .

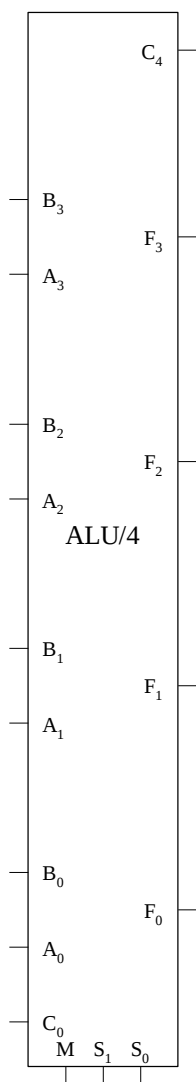
operacija	A_3	A_2	A_1	A_0	B_3	B_2	B_1	B_0	S_1	S_0	F_3	F_2	F_1	F_0
$A \cdot B$	0	1	0	1	0	1	1	0						
$A + B$	0	1	0	1	0	1	1	0						
$A \oplus B$	0	1	0	1	0	1	1	0						
$\overline{A}$	0	1	0	1	0	1	1	0						

Tabela 17 Četvororazredna logička jedinica LOG/4

7.3 ČETVORORAZREDNA ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA ALU/4

Razmatra se četvororazredna aritmetičko logička jedinica ALU/4 koja realizuje četiri aritmetičke operacije i to sabiranje, oduzimanje, inkrementiranje i dekrementiranje i četiri logičke operacije i to I, ILI, ekskluzivno ILI i komplementiranje.

Grafički simbol aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je dat na slici 106.



Slika 106 Grafički simbol četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4

Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je dat u obliku tablice na slici 107.

M	S ₁	S ₀	operacija
0	0	0	$A + 1$
0	0	1	$A + B$
0	1	0	$A - B$
0	1	1	$A - 1$
1	0	0	$A_i \cdot B_i$
1	0	1	$A_i + B_i$
1	1	0	$A_i \oplus B_i$
1	1	1	$\overline{A}$

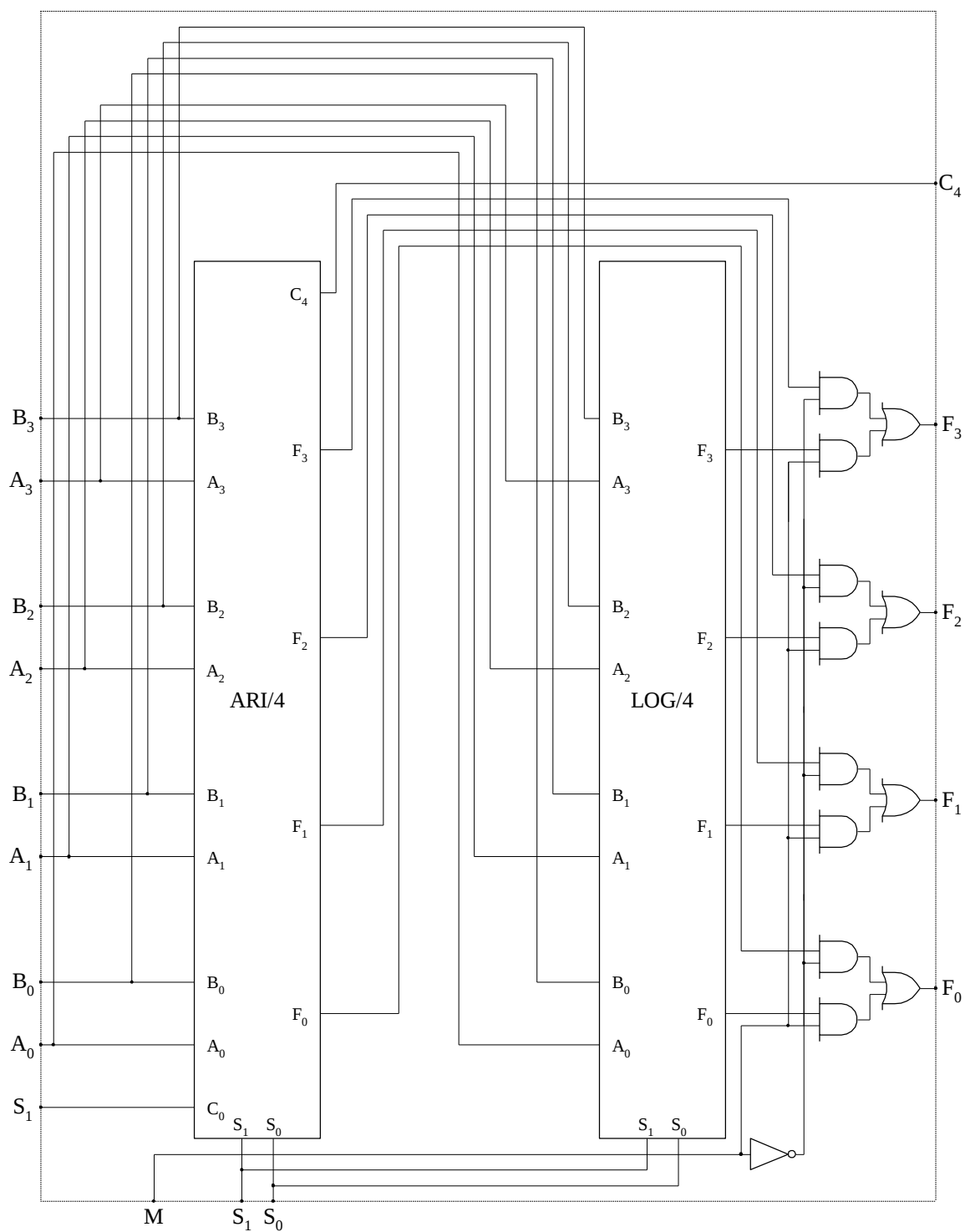
Slika 107 Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 dat u obliku tablice

Strukturna šema četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je data na slici 108. Za realizaciju četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 se koristi četvororazredna aritmetička jedinica ARI/4 i četvororazredna logička jedinica LOG/4.

ZADATAK 3. Realizovati strukturnu šemu četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 prema slici 108, dovesti na ulaze $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0, M, S_1$ i S_0 vrednosti iz tabele 18 i popuniti u tabeli vrednosti za F_3, F_2, F_1, F_0 i C_4 .

operacija	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	M	S ₁	S ₀	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	C ₄
$A + 1$	0	1	0	1	0	1	1	0								
$A + B$	0	0	1	1	0	0	1	0								
$A - B$	0	0	1	1	0	0	1	0								
$A - 1$	0	1	0	1	0	0	1	1								
$A \cdot B$	0	1	0	1	0	1	1	0								
$A + B$	0	1	0	1	0	1	1	0								
$A \oplus B$	0	1	0	1	0	1	1	0								
$\overline{A}$	0	1	0	1	0	1	1	0								

Tabela 18 Četvororazredna aritmetičko logička jedinica ALU/4

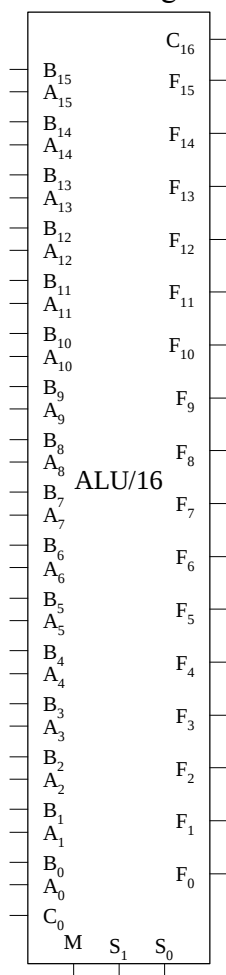


Slika 108 Strukturna šema četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4

7.4 ŠESNAESTORAZREDNA ARITMETIČKO LOGIČKA JEDINICA ALU/16

Razmatra se šesnaestorazredna aritmetičko logička jedinica ALU/16 koja realizuje četiri aritmetičke operacije i to sabiranje, oduzimanje, inkrementiranje i dekrementiranje i četiri logičke operacije i to I, ILI, ekskluzivno ILI i komplementiranje.

Grafički simbol šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16 je dat na slici 109.



Slika 109 Grafički simbol šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16

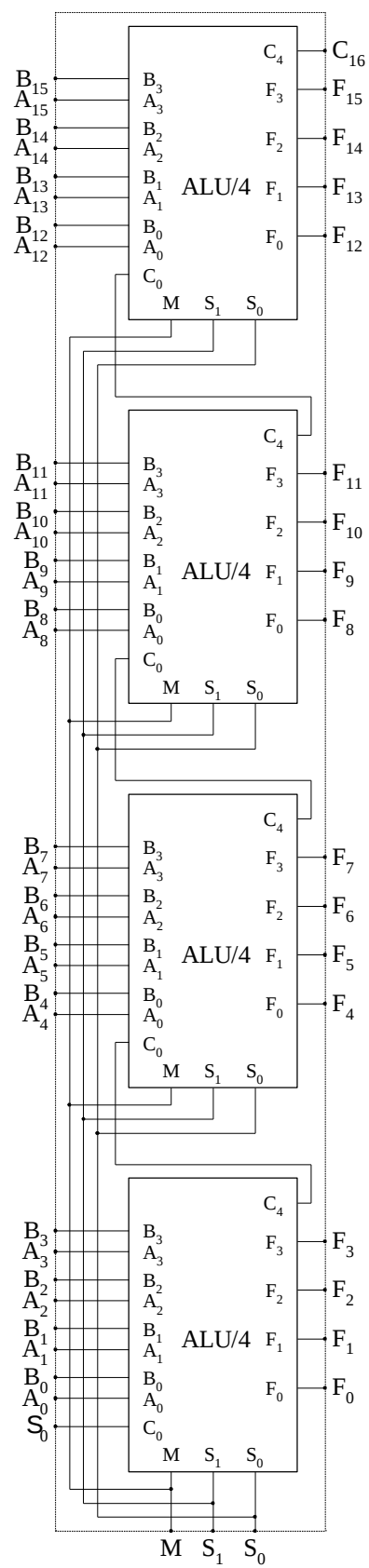
Zakon funkcionisanja šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16 je dat u obliku tablice na slici 110.

M	S ₁	S ₀	operacija
0	0	0	$A + 1$
0	0	1	$A + B$
0	1	0	$A - B$
0	1	1	$A - 1$
1	0	0	$A_i \cdot B_i$
1	0	1	$A_i + B_i$
1	1	0	$A_i \oplus B_i$
1	1	1	$\overline{A}$

Slika 110 Zakon funkcionisanja aritmetičko logičke jedinice ALU/16 dat u obliku tablice

Strukturna šema šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16 je data na slici 111.

Za realizaciju šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16 se koriste četiri četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4.



Slika 111 Strukturna šema šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16

ZADATAK 3. Realizovati strukturnu šemu šesnaestorazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/16 prema slici 111, dovesti na ulaze $A_{15}, A_{14}, \dots, A_1, A_0, B_{15}, B_{14}, \dots, B_1, B_0, M, S_1$ i S_0 vrednosti iz tabele 19 i popuniti u tabeli vrednosti za $F_{15}, F_{14}, \dots, F_1, F_0$ i C_{16} .

operacija	A_{15}	A_{14}	...	A_1	A_0	B_{15}	B_{14}	...	B_1	B_0	M	S_1	S_0	F_{15}	F_{14}	...	F_1	F_0	C_{16}
$A + 1$	0	1	...	0	1	0	1	...	1	0						...			
$A + B$	0	0	...	1	1	0	0	...	1	0						...			
$A - B$	0	0	...	1	1	0	0	...	1	0						...			
$A - 1$	0	1	...	0	1	0	0	...	1	1						...			
$A \cdot B$	0	1	...	0	1	0	1	...	1	0						...			
$A + \bar{B}$	0	1	...	0	1	0	1	...	1	0						...			
$A \oplus B$	0	1	...	0	1	0	1	...	1	0						...			
$\bar{A}$	0	1	...	0	1	0	1	...	1	0						...			

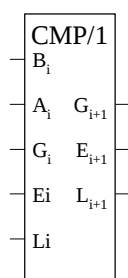
Tabela 19 Šesnaestorazredna aritmetičko logička jedinice ALU/16

8 KOMPARATOR

Razmatra se jednorazredni komparator CMP/1, četvororazredni komparator CMP/4 i šesnaestorazredni komparator CMP/16.

8.1 JEDNORAZREDNI KOMPARATOR CMP/1

Razmatra se standardni kombinacioni modul jednorazredni komparator CMP/1 čiji je grafički simbol dat na slici 112.



Slika 112 Grafički simbol komparatora CMP/1

Zakon funkcionisanja komparatora CMP/1 je dat Bulovim izrazima na slici 113.

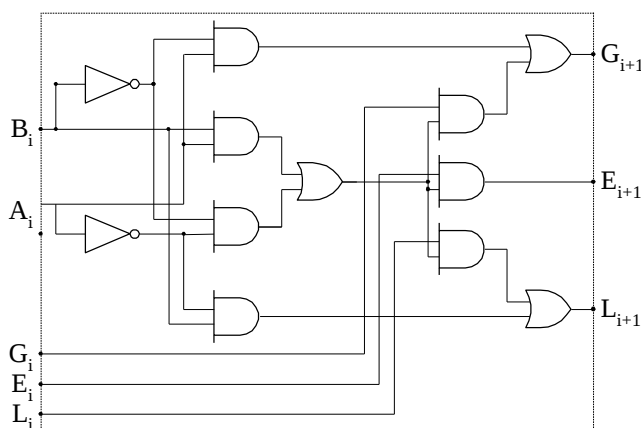
$$G_{i+1} = A_i \overline{B_i} + G_i (A_i B_i + \overline{A_i} \overline{B_i})$$

$$E_{i+1} = E_i (A_i B_i + \overline{A_i} \overline{B_i})$$

$$L_{i+1} = \overline{A_i} B_i + L_i (A_i B_i + \overline{A_i} \overline{B_i})$$

Slika 113 Zakon funkcionisanja komparatora CMP/1 dat Bulovim izrazima

Strukturna šema komparatora CMP/1 je data na slici 114.



Slika 114 Strukturna šema komparatora CMP/1

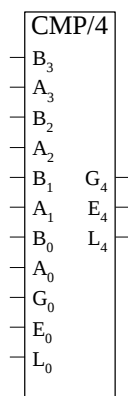
ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog komparatora CMP/1 prema slici 114, dovesti na ulaze za A_i , B_i , L_i , E_i i G_i vrednosti iz tabele 20 i popuniti u tabeli vrednosti za L_{i+1} , E_{i+1} i G_{i+1} .

A_i	B_i	G_i	E_i	L_i	G_{i+1}	E_{i+1}	L_{i+1}
0	0	0	1	0			
0	1	0	1	0			
1	0	0	1	0			
1	1	0	1	0			
0	0	1	0	0			
0	1	1	0	0			
1	0	1	0	0			
1	1	1	0	0			
0	0	0	0	1			
0	1	0	0	1			
1	0	0	0	1			
1	1	0	0	1			

Tabela 20 Komparator CMP/1

8.2 ČETVORORAZREDNI KOMPARATOR CMP/4

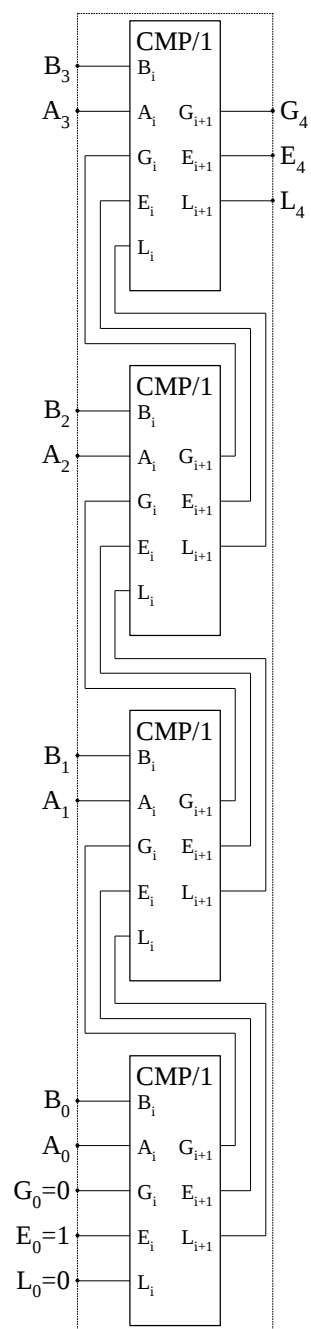
Razmatra se standardni kombinacioni modul četvororazredni komparator CMP/4 čiji je grafički simbol dat na slici 115.



Slika 115 Grafički simbol komparatora CMP/4

Strukturna šema komparatora CMP/4 realizovanog sa četiri jednorazredna komparatora CMP/1 je data na slici 116.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu četvororazrednog komparatora CMP/4 prema slici 116, dovesti na ulaze A_3 , A_2 , A_1 , A_0 , B_3 , B_2 , B_1 , B_0 , G_0 , E_0 i L_0 vrednosti iz tabele 21 i popuniti u tabeli vrednosti za G_4 , E_4 i L_4 .



Slika 116 Strukturna šema četvororazrednog komparatora CMP/4 realizovanog sa četiri jednorazredna komparatora CMP/1

A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	G ₀	E ₀	L ₀	G ₄	E ₄	L ₄
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0			
1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0			
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0			
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1			
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1			
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1			
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1			

Tabela 21 Četvororazredni komparator CMP/4 realizovan sa sa četiri jednorazredna komparatora CMP/1

8.3 ŠESNAESTORAZREDNI KOMPARATOR CMP/16

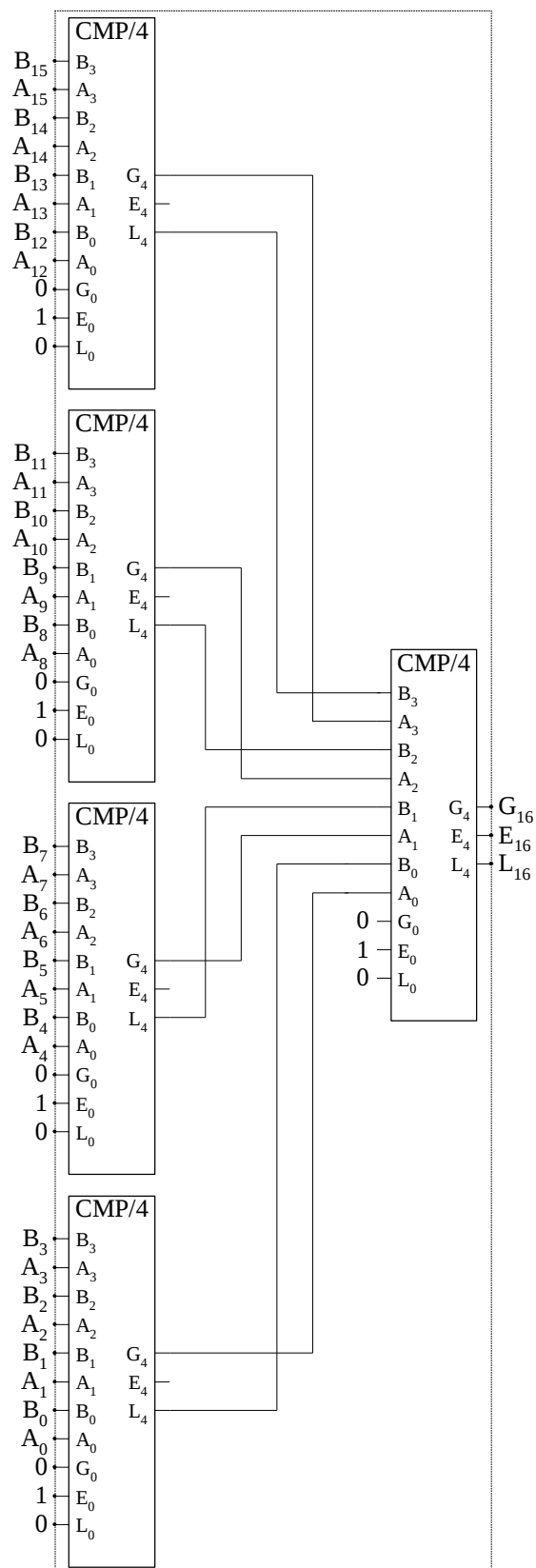
Strukturna šema šesnaestorazrednog komparatora CMP/16 realizovanog sa pet četvororazrednih komparatora CMP/4 je data na slici 117.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu šesnaestorazrednog komparatora CMP/16 prema slici 117, dovesti na ulaze A₁₅, A₁₄, A₁₃, A₁₂, A₁₁, A₁₀, A₉, A₈, A₇, A₆, A₅, A₄, A₃, A₂, A₁, A₀, B₁₅, B₁₄, B₁₃, B₁₂, B₁₁, B₁₀, B₉, B₈, B₇, B₆, B₅, B₄, B₃, B₂, B₁, B₀, G₀, E₀ i L₀ vrednosti iz tabele 22 i popuniti u tabeli vrednosti za G₁₆, E₁₆ i L₁₆

vrsta	A ₁₅	A ₁₄	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	A ₁₀	A ₉	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	G ₀	E ₀	L ₀
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0

vrsta	B ₁₅	B ₁₄	B ₁₃	B ₁₂	B ₁₁	B ₁₀	B ₉	B ₈	B ₇	B ₆	B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	G ₁₆	E ₁₆	L ₁₆
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0			
4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1			
5	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0			
6	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0			

Tabela 22 Šesnaestorazredni komparator CMP/16



Slika 117 Strukturna šema šesnaestorazrednog komparatora CMP/16 realizovanog sa četiri četvororazredna komparatora CMP/4

9 FLIP-FLOP

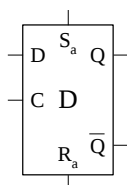
Razmatraju se *master-slave* flip-flopovi D, T, RS i JK tipa.

9.1 FLIP-FLOPOVI SA NI ELEMENTIMA

Razmatraje se *master-slave* flip-flopovi D, T, RS i JK tipa realizovani sa NI elementima.

9.1.1 D FLIP-FLOP

Razmatra se D flip-flop kod koga je za signal takta C i signale D, S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i čiji je grafički simbol dat na slici 118.



Slika 118 Grafički simbol D flip-flopa

Zakon funkcionisanja D flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 119 i Bulovim izrazima na slici 120.

D	Q	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

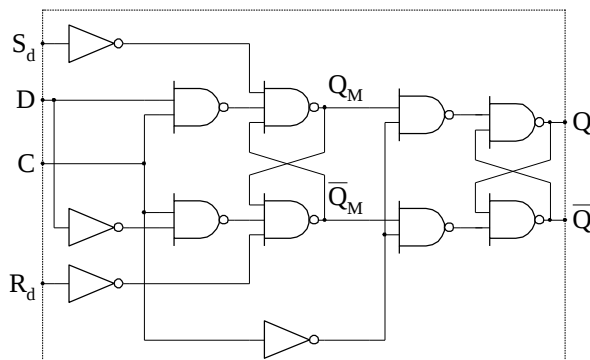
Slika 119 Zakon funkcionisanja D flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t + 1) = D \text{ za } C = 1$$

$$Q(t + 1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 120 Zakon funkcionisanja D flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema D flip-flopa je data na slici 121.



Slika 121 Strukturna šema D flip-flopa

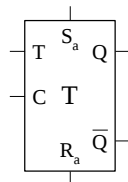
ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu D flip-flopa prema slici 121. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovoditi na ulaz D vrednosti iz tabele 23, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

D	Q	Q(t+1)
0		
1		
1		
0		

Tabela 23 D flip-flop

9.1.2 T FLIP-FLOP

Razmatra se T flip-flop kod koga je za signal takta C i signale T , S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i čiji je grafički simbol dat na slici 122.



Slika 122 Grafički simbol T flip-flopa

Zakon funkcionisanja T flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 123 i Bulovim izrazima na slici 124.

T	Q	Q(t+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

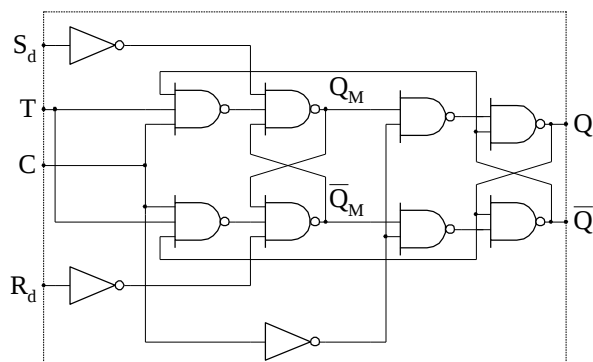
Slika 123 Zakon funkcionisanja T flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = T\bar{Q} + \bar{T}Q \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 124 Zakon funkcionisanja T flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema T flip-flopa je data na slici 125.



Slika 125 Strukturna šema T flip-flopa

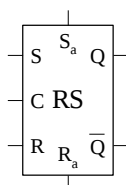
ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu T flip-flopa prema slici 125. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovesti na ulaz T vrednosti iz tabele 24, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

T	Q	$Q(t+1)$
0		
1		
1		
1		
0		
1		

Tabela 24 T flip-flop

9.1.3 RS FLIP-FLOP

Razmatra se RS flip-flop kod koga je za signal takta C i signale R , S , S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i čiji je grafički simbol dat na slici 126.



Slika 126 Grafički simbol RS flip-flopa

Zakon funkcionisanja RS flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 127 i Bulovim izrazima na slici 128.

R	S	Q	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	?
1	1	1	?

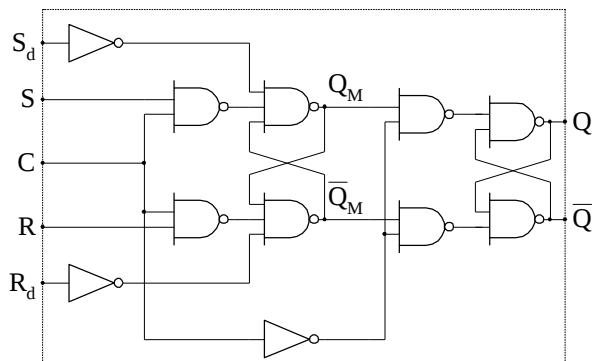
Slika 127 Zakon funkcionisanja RS flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = S + \bar{R}Q, SR = 0 \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 128 Zakon funkcionisanja RS flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema RS flip-flopa je data na slici 129.



Slika 129 Strukturna šema RS flip-flopa

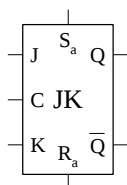
ZADATAK 3. Realizovati strukturnu šemu RS flip-flopa prema slici 129. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovesti na ulaz S i R vrednosti iz tabele 25, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

R	S	Q	$Q(t+1)$
0	0		
0	1		
0	0		
1	0		
0	0		
0	1		
1	0		
0	0		

Tabela 25 RS flip-flop

9.1.4 JK FLIP-FLOP

Razmatra se JK flip-flop kod koga je za signal takta C i signale J , K , S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i čiji je grafički simbol dat na slici 130.



Slika 130 Grafički simbol JK flip-flopa

Zakon funkcionisanja JK flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 131 i Bulovim izrazima na slici 132.

J	K	Q	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	1

J	K	Q	Q(t+1)
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

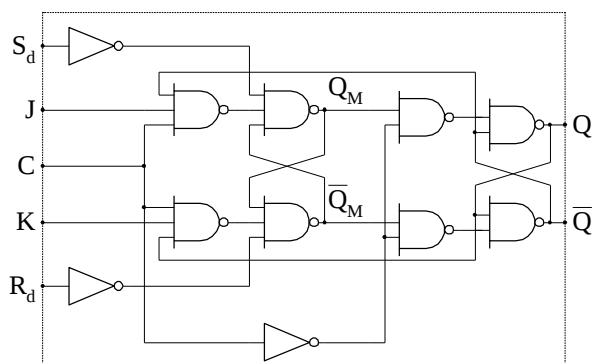
Slika 131 Zakon funkcionisanja JK flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = J\bar{Q} + \bar{K}Q \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 132 Zakon funkcionisanja JK flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema JK flip-flopa je data na slici 133.



Slika 133 Strukturna šema JK flip-flopa

ZADATAK 4. Realizovati strukturnu šemu JK flip-flopa prema slici 134. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovesti na ulaz J i K vrednosti iz tabele 26, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

J	K	Q	Q(t+1)
0	0		
1	0		
0	0		
0	1		
1	0		
0	1		
1	1		
1	1		

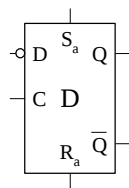
Tabela 26 JK flip-flop

9.2 FLIP-FLOPOVI SA NILI ELEMENTIMA

Razmatra se *master-slave* flip-floпови D, T, RS i JK tipa realizovani sa NILI elementima.

9.2.1 D FLIP-FLOP

Razmatra se D flip-flop kod koga je za signal takta C i signale S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i za signal D aktivna vrednost 0 i neaktivna vrednost 1 i čiji je grafički simbol dat na slici 135.



Slika 135 Grafički simbol D flip-flopa

Zakon funkcionisanja D flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 136 i Bulovim izrazima na slici 137.

D	Q	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

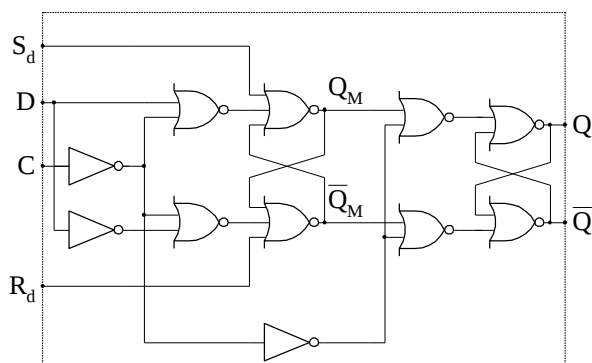
Slika 136 Zakon funkcionisanja D flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = D \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 137 Zakon funkcionisanja D flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema D flip-flopa je data na slici 138.



Slika 138 Strukturna šema D flip-flopa

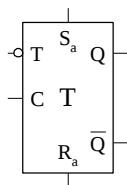
ZADATAK 5. Realizovati strukturnu šemu D flip-flopa prema slici 138. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovoditi na ulaz D vrednosti iz tabele 27, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

D	Q	Q(t+1)
0		
1		
1		
0		

Tabela 27 D flip-flop

9.2.2 T FLIP-FLOP

Razmatra se T flip-flop kod koga je za signal takta C i signale S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i za signal T aktivna vrednost 0 i neaktivna vrednost 1 i čiji je grafički simbol dat na slici 139.



Slika 139 Grafički simbol T flip-flopa

Zakon funkcionisanja T flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 140 i Bulovim izrazima na slici 141.

T	Q	Q(t+1)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

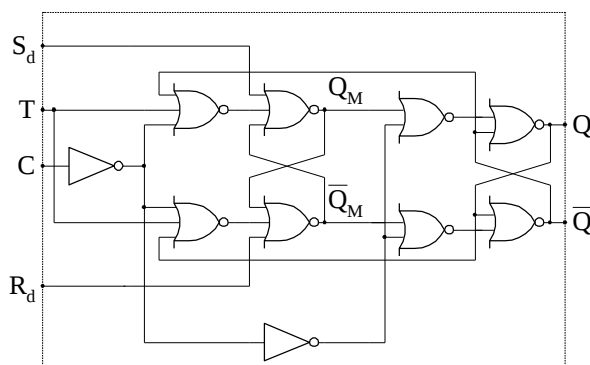
Slika 140 Zakon funkcionisanja T flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = \bar{T}\bar{Q} + TQ \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 141 Zakon funkcionisanja T flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema T flip-flopa je data na slici 142.



Slika 142 Strukturna šema T flip-flopa

ZADATAK 6. Realizovati strukturnu šemu T flip-flopa prema slici 142. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovoditi na ulaz T vrednosti iz tabele 28, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

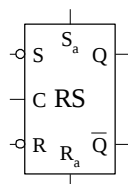
T	Q	Q(t+1)
0		
1		
1		
1		

T	Q	Q(t+1)
0		
1		

Tabela 28 T flip-flop

9.2.3 RS FLIP-FLOP

Razmatra se RS flip-flop kod koga je za signal takta C i signale S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i za signale R i S aktivna vrednost 0 i neaktivna vrednost 1 i čiji je grafički simbol dat na slici 143.



Slika 143 Grafički simbol RS flip-flopa

Zakon funkcionisanja RS flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 144 i Bulovim izrazima na slici 145.

R	S	Q	Q(t+1)
0	0	0	?
0	0	1	?
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

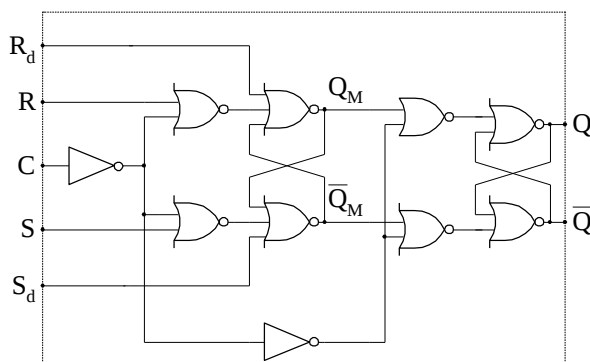
Slika 144 Zakon funkcionisanja RS flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = \bar{S} + RQ, S + R = 1 \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 145 Zakon funkcionisanja RS flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema RS flip-flopa je data na slici 146.



Slika 146 Strukturna šema RS flip-flopa

ZADATAK 7. Realizovati strukturnu šemu RS flip-flopa prema slici 146. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati

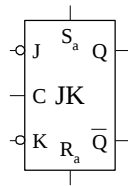
vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovesti na ulaz S i R vrednosti iz tabele 29, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

R	S	Q	$Q(t+1)$
0	0		
0	1		
0	0		
1	0		
0	0		
0	1		
1	0		
0	0		

Tabela 29 RS flip-flop

9.2.4 JK FLIP-FLOP

Razmatra se JK flip-flop kod koga je za signal takta C i signale S_a i R_a aktivna vrednost 1 i neaktivna vrednost 0 i za signale J i K aktivna vrednost 0 i neaktivna vrednost 1 i čiji je grafički simbol dat na slici 147.



Slika 147 Grafički simbol JK flip-flopa

Zakon funkcionisanja JK flip-flopa je dat u obliku tablice na slici 148 i Bulovim izrazima na slici 149.

J	K	Q	$Q(t+1)$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

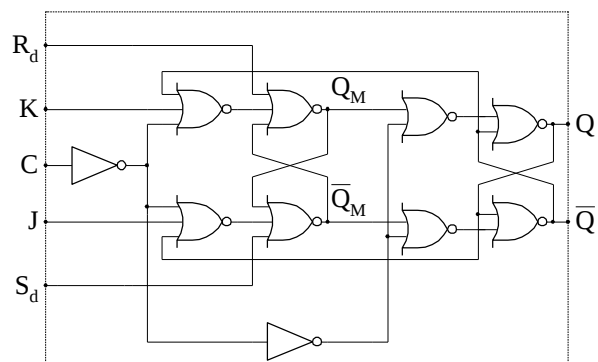
Slika 148 Zakon funkcionisanja JK flip-flopa dat u obliku tablice

$$Q(t+1) = \bar{J}\bar{Q} + KQ \text{ za } C = 1$$

$$Q(t+1) = Q \text{ za } C = 0$$

Slika 149 Zakon funkcionisanja JK flip-flopa dat Bulovim izrazima

Strukturna šema JK flip-flopa je data na slici 150.



Slika 150 Strukturna šema JK flip-flopa

ZADATAK 8. Realizovati strukturnu šemu JK flip-flopa prema slici 150. Najpre preko asinhronog ulaza R_d dovesti flip-flop u početo stanje $Q = 0$. Na ulazima S_d i C držati vrednost 0, a na ulaz R_d dovesti vrednost 1 pa 0. Nadalje na asinhronim ulazima S_d i R_d držati vrednost 0, dovoditi na ulaz J i K vrednosti iz tabele 30, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q(t+1)$.

J	K	Q	$Q(t+1)$
0	0		
1	0		
0	0		
0	1		
1	0		
0	1		
1	1		
1	1		

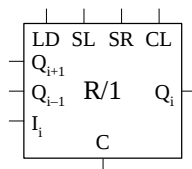
Tabela 30 JK flip-flop

10 REGISTAR

Razmatraju se registri sa funkcijama paralelnog upisa, pomeranja ulevo, pomeranja udesno i brisanja realizovani sa flip-flopovima D, T, RS i JK tipa. Paralelni upis se realizuje pri aktivnoj vrednosti signala LD, pomeranje ulevo pri aktivnoj vrednosti signala SL, pomeranje udesno pri aktivnoj vrednosti signala SR i brisanje pri aktivnoj vrednosti signala CL. U datom trenutku samo jedan od signala LD, SL, SR i CL sme da ima aktivnu vrednost. Ukoliko su neaktivne vrednosti sva četiri signala LD, SL, SR i CL, sadržaj registra se ne menja. Razmatraju se jednorazredni, četvororazredni i šesnaestorazredni registar.

10.1 JEDNORAZREDNI REGISTAR

Razmatra se jednorazredni registar kod koga su ulazni informacioni signali I_i , Q_{i-1} i Q_{i+1} , ulazni upravljački signali LD, SL, SR i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signal Q_i . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol jednorazrednog registra je dat na slici 151.



Slika 151 Grafički simbol jednorazrednog registra

Zakon funkcionisanja jednorazrednog registra je dat u obliku tablice na slici 152.

I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	LD	SL	SR	CL	$Q_i(t+1)$
I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	0	0	0	0	Q_i
I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	1	0	0	0	I_i
I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	0	1	0	0	Q_{i-1}
I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	0	0	1	0	Q_{i+1}
I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	0	0	0	1	0

Slika 152 Zakon funkcionisanja jednorazrednog registra dat u obliku tablice

Razmatra se jednorazredni registar realizovan sa flip-flopovima D, T, RS i JK tipa.

10.1.1 JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA D TIPa

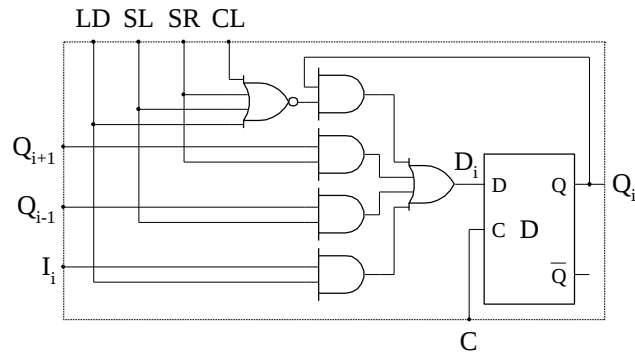
Signal pobude D_i jednorazrednog registra je dat Bulovim izrazom

$$D_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1} + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_i$$

iz koga se dobija

$$D_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1} + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_i$$

Strukturna šema jednorazrednog registra je data na slici 153.



Slika 153 Strukturna šema jednorazrednog registra

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog registra prema slici 153, dovesti na ulaze I_i , Q_{i-1} i Q_{i+1} , LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 31, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , D_i i $Q_i(t+1)$.

I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	LD	SL	SR	CL	D_i	$Q_i(t+1)$
0	1	1		0	0	0	0		
0	1	1		1	0	0	0		
1	0	0		1	0	0	0		
1	0	0		0	1	0	0		
0	1	0		0	1	0	0		
1	1	0		0	0	1	0		
0	0	1		0	0	1	0		
1	1	1		0	0	0	1		

Tabela 31 Jednorazredni registar

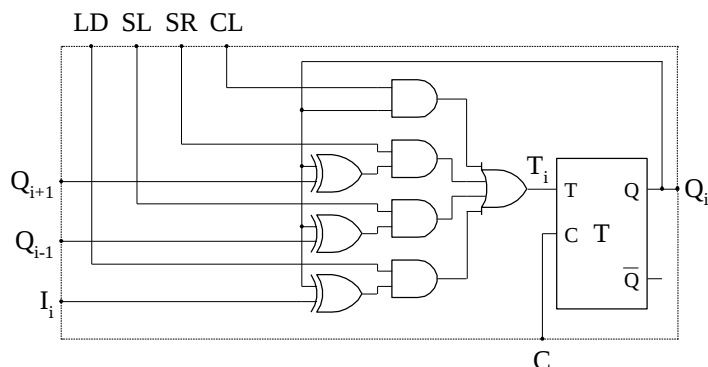
10.1.2 JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA T TIPa

Signal pobude T_i jednorazrednog registra je dat Bulovim izrazom

$$T_i = LD \cdot (I_i \oplus Q_i) + SL \cdot (Q_{i-1} \oplus Q_i) + SR \cdot (Q_{i+1} \oplus Q_i) + CL \cdot Q_i + \overline{(LD + SL + SR + CL)} \cdot 0$$
 iz koga se dobija

$$T_i = LD \cdot (I_i \oplus Q_i) + SL \cdot (Q_{i-1} \oplus Q_i) + SR \cdot (Q_{i+1} \oplus Q_i) + CL \cdot Q_i$$

Strukturna šema jednorazrednog registra je data na slici 154.



Slika 154 Strukturna šema jednorazrednog registra

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog registra prema slici 154, dovesti na ulaze I_i , Q_{i-1} i Q_{i+1} , LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 32, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , T_i i $Q_i(t+1)$.

I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	LD	SL	SR	CL	T_i	$Q_i(t+1)$
0	1	1		0	0	0	0		
0	1	1		1	0	0	0		
1	0	0		1	0	0	0		
1	0	0		0	1	0	0		
0	1	0		0	1	0	0		
1	1	0		0	0	1	0		
0	0	1		0	0	1	0		
1	1	1		0	0	0	1		

Tabela 32 Jednorazredni registar

10.1.3 JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA RS TIPa

Signali pobuda S_i i R_i jednorazrednog registra su dati Bulovim izrazima

$$S_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1} + CL \cdot 0 + \overline{(LD + SL + SR + CL)} \cdot 0$$

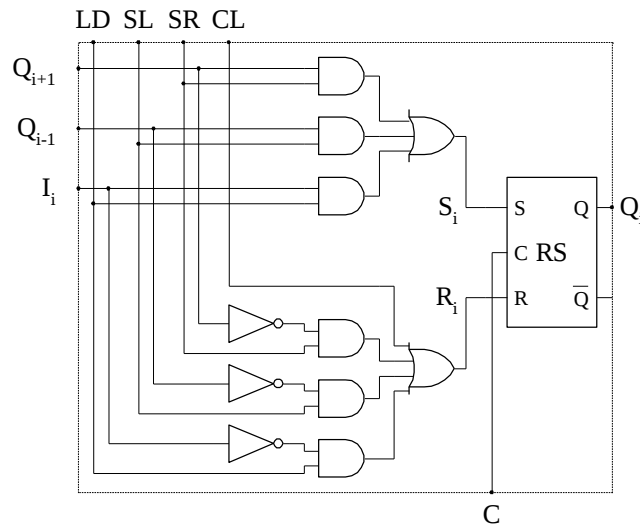
$$R_i = LD \cdot \overline{I_i} + SL \cdot \overline{Q_{i-1}} + SR \cdot \overline{Q_{i+1}} + CL \cdot 1 + \overline{(LD + SL + SR + CL)} \cdot 0$$

iz kojih se dobija

$$S_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1}$$

$$R_i = LD \cdot \overline{I_i} + SL \cdot \overline{Q_{i-1}} + SR \cdot \overline{Q_{i+1}} + CL$$

Strukturna šema jednorazrednog registra je data na slici 155.



Slika 155 Strukturna šema jednorazrednog registra

ZADATAK 3. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog registra prema slici 155, dovesti na ulaze I_i , Q_{i-1} i Q_{i+1} , LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 33, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , S_i , R_i i $Q_i(t+1)$.

I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	LD	SL	SR	CL	S_i	R_i	$Q_i(t+1)$
0	1	1		0	0	0	0			
0	1	1		1	0	0	0			
1	0	0		1	0	0	0			
1	0	0		0	1	0	0			
0	1	0		0	1	0	0			
1	1	0		0	0	1	0			
0	0	1		0	0	1	0			
1	1	1		0	0	0	1			

Tabela 33 Jednorazredni registar

10.1.4 JEDNORAZREDNI REGISTAR SA FLIP-FLOPOVIMA JK TIP

Signali pobuda J_i i K_i jednorazrednog registra su dati Bulovim izrazima

$$J_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1} + CL \cdot 0 + (\overline{LD} + \overline{SL} + \overline{SR} + \overline{CL}) \cdot 0$$

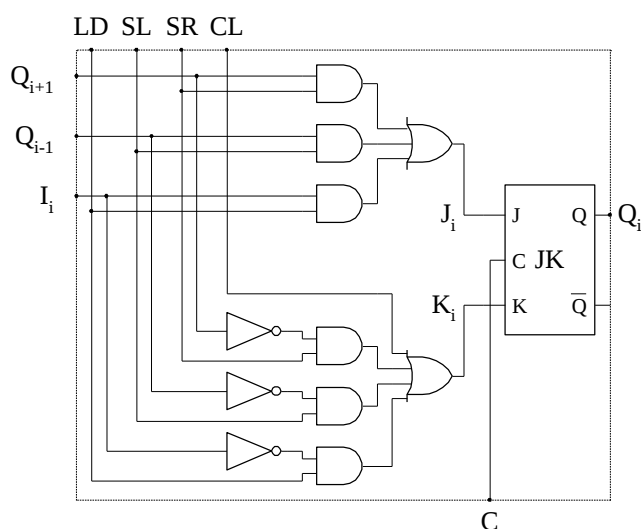
$$K_i = LD \cdot \overline{I_i} + SL \cdot \overline{Q_{i-1}} + SR \cdot \overline{Q_{i+1}} + CL \cdot 1 + (\overline{LD} + \overline{SL} + \overline{SR} + \overline{CL}) \cdot 0$$

iz kojih se dobija

$$J_i = LD \cdot I_i + SL \cdot Q_{i-1} + SR \cdot Q_{i+1}$$

$$K_i = LD \cdot \overline{I_i} + SL \cdot \overline{Q_{i-1}} + SR \cdot \overline{Q_{i+1}} + CL$$

Strukturna šema jednorazrednog registra je data na slici 156.



Slika 156 Strukturna šema jednorazrednog registra

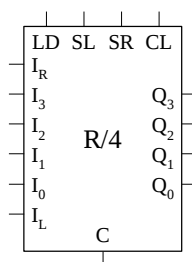
ZADATAK 4. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog registra prema slici 156, dovesti na ulaze I_i , Q_{i-1} i Q_{i+1} , LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 34, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , J_i , K_i i $Q_i(t+1)$.

I_i	Q_{i-1}	Q_{i+1}	Q_i	LD	SL	SR	CL	J_i	K_i	$Q_i(t+1)$
0	1	1		0	0	0	0			
0	1	1		1	0	0	0			
1	0	0		1	0	0	0			
1	0	0		0	1	0	0			
0	1	0		0	1	0	0			
1	1	0		0	0	1	0			
0	0	1		0	0	1	0			
1	1	1		0	0	0	1			

Tabela 34 Jednorazredni registar

10.2 ČETVORORAZREDNI REGISTAR

Razmatra se četvororazredni registar kod koga su ulazni informacioni signali I_R, I_3, I_2, I_1, I_0 , I_L , ulazni upravljački signali LD, SL, SR i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signali Q_3, Q_2, Q_1, Q_0 . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol četvororazrednog registra je dat na slici 157.



Slika 157 Grafički simbol četvororazrednog registra

Zakon funkcionisanja četvororazrednog registra je dat u obliku tablice na slici 158.

I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	LD	SL	SR	CL	$Q_3(t+1)$	$Q_2(t+1)$	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	0	0	0	0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	1	0	0	0	I_3	I_2	I_1	I_0
I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	0	1	0	0	Q_2	Q_1	Q_0	I_L
I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	0	0	1	0	I_R	Q_3	Q_2	Q_1
I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	0	0	0	1	0	0	0	0

Slika 158 Zakon funkcionisanja četvororazrednog registra dat u obliku tablice

Zakon funkcionisanja četvororazrednog registra je dat Bulovim izrazima

$$Q_3(t+1) = LD \cdot I_3 + SL \cdot Q_2 + SR \cdot I_R + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_3$$

$$Q_2(t+1) = LD \cdot I_2 + SL \cdot Q_1 + SR \cdot Q_3 + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_2$$

$$Q_1(t+1) = LD \cdot I_1 + SL \cdot Q_0 + SR \cdot Q_2 + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_1$$

$$Q_0(t+1) = LD \cdot I_0 + SL \cdot I_L + SR \cdot Q_1 + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_0$$

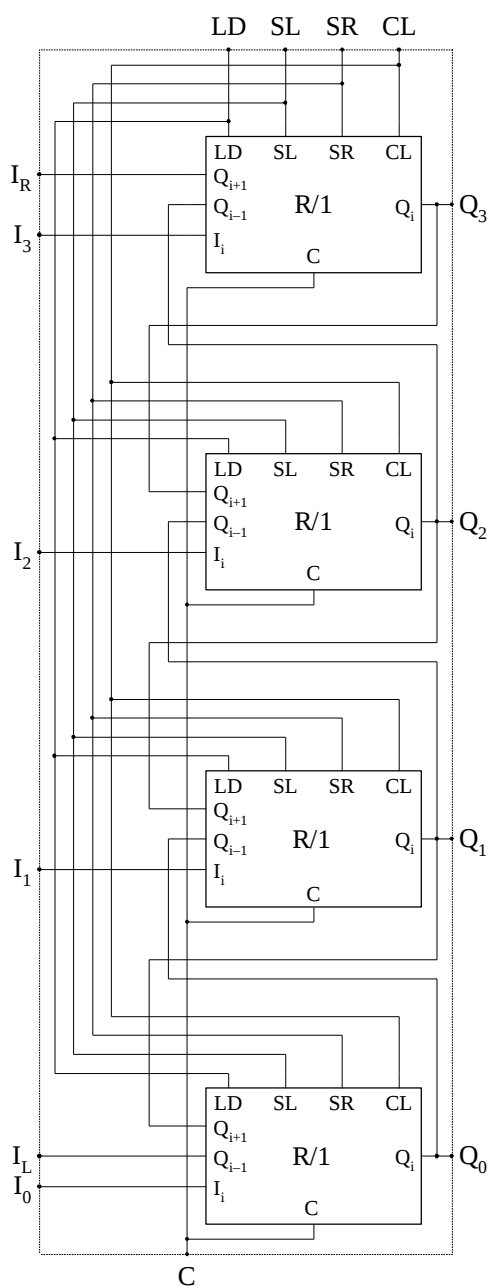
Strukturna šema četvororazrednog registra je data na slici 159.

ZADATAK 5. Realizovati strukturnu šemu četvororazrednog registra prema slici 159, dovesti na ulaze $I_R, I_3, I_2, I_1, I_0, I_L$, LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 35, ulaz C menjati sa 0

na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_3 , Q_2 , Q_1 , Q_0 , $Q_3(t+1)$, $Q_2(t+1)$, $Q_1(t+1)$ i $Q_0(t+1)$.

I_R	I_3	I_2	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	LD	SL	SR	CL	$Q_3(t+1)$	$Q_2(t+1)$	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
1	1	1	1	1	1					0	0	0	1				
1	1	1	1	1	1					0	0	0	0				
1	1	0	1	0	1					1	0	0	0				
0	0	0	0	0	1					0	1	0	0				
1	1	1	1	1	0					0	0	1	0				
1	1	1	1	1	1					0	0	0	1				

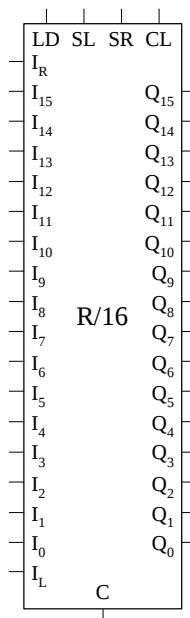
Tabela 35 Četvororazredni registar



Slika 159 Strukturna šema četvororazrednog registra

10.3 ŠESNAESTORAZREDNI REGISTAR

Razmatra se šesnaestorazredni registar kod koga su ulazni informacioni signali $I_R, I_{15}, I_{14}, \dots, I_1, I_0$ i I_L , ulazni upravljački signali LD, SL, SR i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signal $Q_{15}, Q_{14}, \dots, Q_1$ i Q_0 . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol šesnaestorazrednog registra je dat na slici 160.



Slika 160 Grafički simbol šesnaestorazrednog registra

Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog registra je dat u obliku tablice na slici 161.

I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	LD	SL	SR	CL	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	...	Q_1	Q_0	0	0	0	0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0
I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	...	Q_1	Q_0	1	0	0	0	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0
I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	...	Q_1	Q_0	0	1	0	0	Q_{14}	Q_{13}	...	Q_0	I_L
I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	...	Q_1	Q_0	0	0	1	0	I_R	Q_{15}	...	Q_2	Q_1
I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_3	Q_2	...	Q_1	Q_0	0	0	0	1	0	0	...	0	0

Slika 161 Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog registra dat u obliku tablice

Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog registra je dat Bulovim izrazima

$$Q_{15}(t+1) = LD \cdot I_{15} + SL \cdot Q_{14} + SR \cdot I_R + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_{15}$$

$$Q_{14}(t+1) = LD \cdot I_{14} + SL \cdot Q_{13} + SR \cdot Q_{15} + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_{14}$$

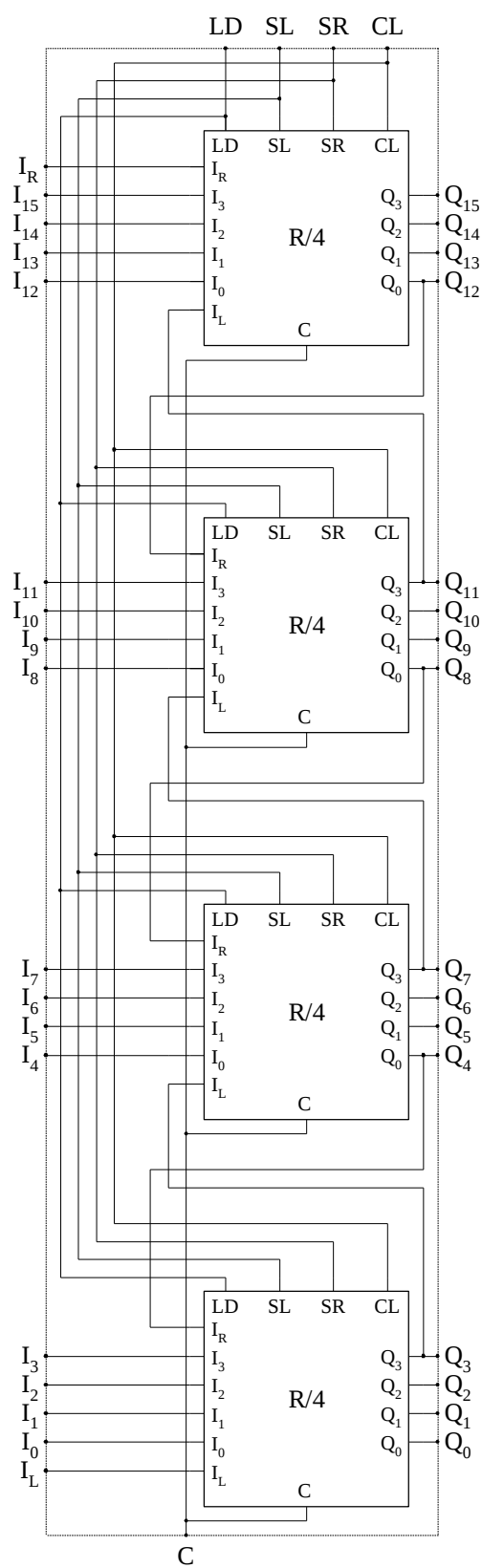
...

$$Q_1(t+1) = LD \cdot I_1 + SL \cdot Q_0 + SR \cdot Q_2 + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_1$$

$$Q_0(t+1) = LD \cdot I_0 + SL \cdot I_L + SR \cdot Q_1 + CL \cdot 0 + (\overline{LD + SL + SR + CL}) \cdot Q_0$$

Strukturna šema šesnaestorazrednog registra je data na slici 162.

ZADATAK 5. Realizovati strukturnu šemu šesnaestorazrednog registra prema slici 162, dovesti na ulaze $I_R, I_{15}, I_{14}, \dots, I_1, I_0, I_L$, LD, SL, SR i CL vrednosti iz tabele 36, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za $Q_{15}, Q_{14}, \dots, Q_1, Q_0, Q_{15}(t+1), Q_{14}(t+1), \dots, Q_1(t+1)$ i $Q_0(t+1)$.



Slika 162 Strukturna šema šesnaestorazrednog registra

I_R	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	I_L	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	LD	SL	SR	CL	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
1	1	1	...	1	1	1			...			0	0	0	1			...		
1	1	1	...	1	1	1			...			0	0	0	0			...		
1	1	0	...	1	0	1			...			1	0	0	0			...		
0	0	0	...	0	0	1			...			0	1	0	0			...		
1	1	1	...	1	1	0			...			0	0	1	0			...		
1	1	1	...	1	1	1			...			0	0	0	1			...		

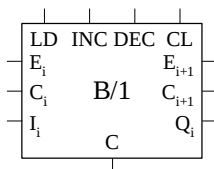
Tabela 36 Šesnaestorazredni registar

11 BROJAČ

Razmatraju se brojači sa funkcijama paralelnog upisa, inkrementiranja, dekrementiranja i brisanja realizovani sa flip-flopovima D, T, RS i JK tipa. Paralelni upis se realizuje pri aktivnoj vrednosti signala LD, inkrementiranje pri aktivnoj vrednosti signala INC, dekrementiranje pri aktivnoj vrednosti signala DEC i brisanje pri aktivnoj vrednosti signala CL. U datom trenutku samo jedan od signala LD, INC, DEC i CL sme da ima aktivnu vrednost. Ukoliko su neaktivne vrednosti sva četiri signala LD, INC, DEC i CL, sadržaj brojača se ne menja. Razmatraju se jednorazredni, četvororazredni i šesnaestorazredni brojač.

11.1 JEDNORAZREDNI BROJAČ

Razmatra se jednorazredni brojač kod koga su ulazni informacioni signali I_i , C_i i E_i , ulazni upravljački signali LD, INC, DEC i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signali Q_i , C_{i+1} i E_{i+1} . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol jednorazrednog brojača je dat na slici 163.



Slika 163 Grafički simbol jednorazrednog brojača

Zakon funkcionisanja jednorazrednog brojača je dat u obliku tablice na slici 164.

I_i	C_i	E_i	Q_i	LD	INC	DEC	CL	$Q_i(t+1)$	C_{i+1}	E_{i+1}
I_i	C_i	E_i	Q_i	0	0	0	0	Q_i	0	0
I_i	C_i	E_i	Q_i	1	0	0	0	I_i	0	0
I_i	C_i	E_i	Q_i	0	1	0	0	$Q_i \oplus C_i$	$Q_i \cdot C_i$	0
I_i	C_i	E_i	Q_i	0	0	1	0	$Q_i \oplus E_i$	0	$\overline{Q_i} \cdot E_i$
I_i	C_i	E_i	Q_i	0	0	0	1	0	0	0

Slika 164 Zakon funkcionisanja jednorazrednog brojača dat u obliku tablice

Razmatra se jednorazredni brojač realizovan sa flip-flopovima D, T, RS i JK tipa.

11.1.1 JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA D TIPa

Signal pobude D_i jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$D_i = LD \cdot I_i + INC \cdot (Q_i \oplus C_i) + DEC \cdot (Q_i \oplus E_i) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_i$$
iz koga se dobija

$$D_i = LD \cdot I_i + INC \cdot (Q_i \oplus C_i) + DEC \cdot (Q_i \oplus E_i) + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_i$$

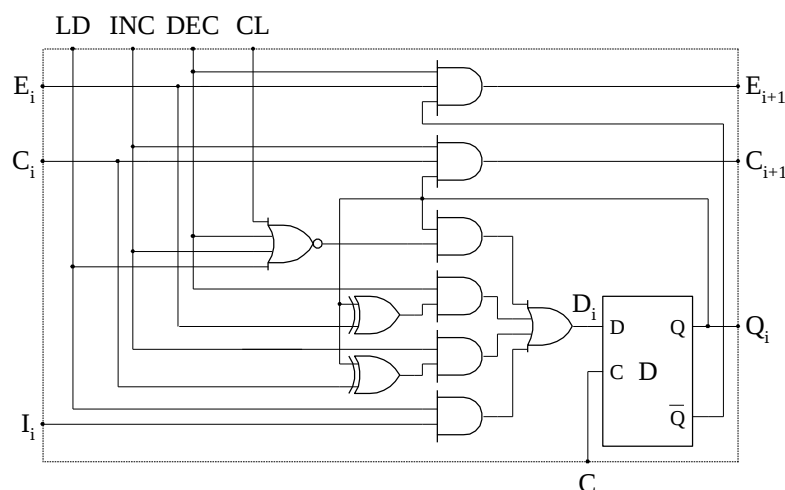
Signal prenosa C_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$C_{i+1} = INC \cdot Q_i \cdot C_i$$

Signal pozajmice E_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$E_{i+1} = DEC \cdot \overline{Q_i} \cdot E_i$$

Strukturna šema jednorazrednog brojača je data na slici 165.



Slika 165 Strukturna šema jednorazrednog brojača

ZADATAK 1. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog brojača prema slici 165, dovesti na ulaze I_i , C_i , E_i , LD, INC, DEC i CL vrednosti iz tabele 37, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , D_i , $Q_i(t+1)$, C_{i+1} i E_{i+1} .

I_i	C_i	E_i	Q_i	LD	INC	DEC	CL	D_i	$Q_i(t+1)$	C_{i+1}	E_{i+1}
1	1	1		0	0	0	0				
1	1	1		1	0	0	0				
0	1	1		1	0	0	0				
0	1	0		0	1	0	0				
0	1	0		0	1	0	0				
0	0	1		0	0	1	0				
0	0	1		0	0	1	0				
1	1	1		0	0	0	1				

Tabela 37 Jednorazredni brojač

11.1.2 JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA T TIP A

Signal pobude T_i jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$T_i = LD \cdot (Q_i \oplus I_i) + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i + CL \cdot Q_i + (LD + INC + DEC + CL) \cdot 0$$

iz koga se dobija

$$T_i = LD \cdot (Q_i \oplus I_i) + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i + CL \cdot Q_i$$

Signal prenosa C_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

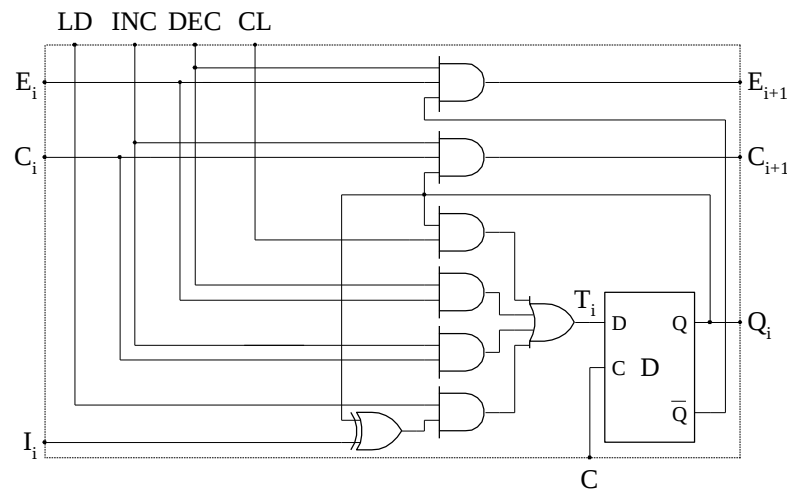
$$C_{i+1} = INC \cdot Q_i \cdot C_i$$

Signal pozajmice E_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$E_{i+1} = DEC \cdot \overline{Q_i} \cdot E_i$$

Strukturna šema jednorazrednog brojača je data na slici 166.

ZADATAK 2. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog brojača prema slici 166, dovesti na ulaze I_i , C_i , E_i , LD, INC, DEC i CL vrednosti iz tabele 38, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , T_i , $Q_i(t+1)$, C_{i+1} i E_{i+1} .



Slika 166 Strukturna šema jednorazrednog brojača

I _i	C _i	E _i	Q _i	LD	INC	DEC	CL	T _i	Q _i (t+1)	C _{i+1}	E _{i+1}
1	1	1		0	0	0	0				
1	1	1		1	0	0	0				
0	1	1		1	0	0	0				
0	1	0		0	1	0	0				
0	1	0		0	1	0	0				
0	0	1		0	0	1	0				
0	0	1		0	0	1	0				
1	1	1		0	0	0	1				

Tabela 38 Jednorazredni brojač

11.1.3 JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA RS TIPa

Signal pobuda S_i i R_i jednorazrednog brojača su dati Bulovim izrazima

$$S_i = LD \cdot I_i + INC \cdot \overline{Q_i} \cdot C_i + DEC \cdot \overline{Q_i} \cdot E_i + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot 0$$

$$R_i = LD \cdot \overline{I_i} + INC \cdot Q_i \cdot C_i + DEC \cdot Q_i \cdot E_i + CL \cdot 1 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot 0$$

iz kojih se dobija

$$S_i = LD \cdot I_i + INC \cdot \overline{Q_i} \cdot C_i + DEC \cdot \overline{Q_i} \cdot E_i$$

$$R_i = LD \cdot \overline{I_i} + INC \cdot Q_i \cdot C_i + DEC \cdot Q_i \cdot E_i + CL$$

Signal prenosa C_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

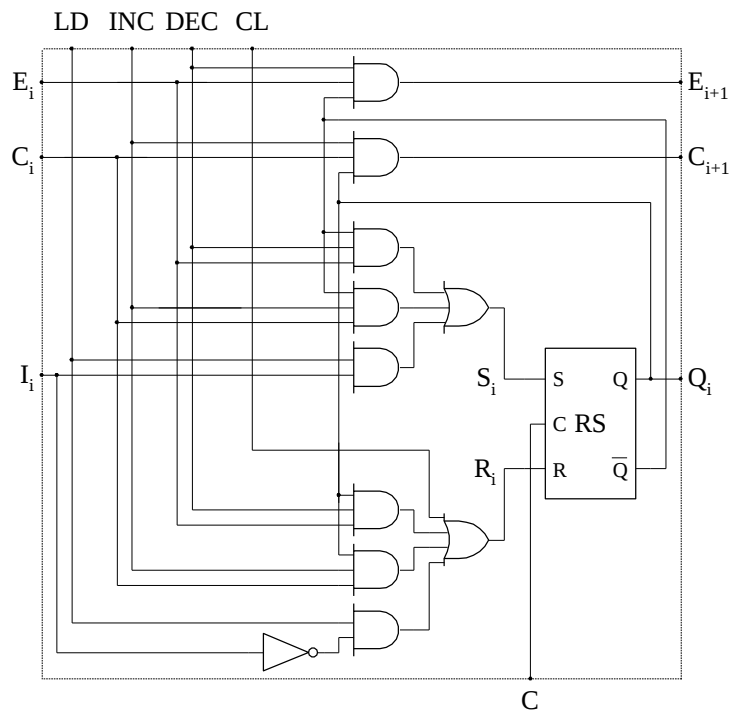
$$C_{i+1} = INC \cdot Q_i \cdot C_i$$

Signal pozajmice E_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$E_{i+1} = DEC \cdot \overline{Q_i} \cdot E_i$$

Strukturna šema jednorazrednog brojača je data na slici 167.

ZADATAK 3. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog brojača prema slici 167, dovesti na ulaze I_i, C_i, E_i, LD, INC, DEC i CL vrednosti iz tabele 39, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i, S_i, R_i, Q_i(t+1), C_{i+1} i E_{i+1}.



Slika 167 Strukturna šema jednorazrednog brojača

I _i	C _i	E _i	Q _i	LD	INC	DEC	CL	S _i	R _i	Q _i (t+1)	C _{i+1}	E _{i+1}
1	1	1		0	0	0	0					
1	1	1		1	0	0	0					
0	1	1		1	0	0	0					
0	1	0		0	1	0	0					
0	1	0		0	1	0	0					
0	0	1		0	0	1	0					
0	0	1		0	0	1	0					
1	1	1		0	0	0	1					

Tabela 39 Jednorazredni brojač

11.1.4 JEDNORAZREDNI BROJAČ SA FLIP-FLOPOVIMA JK TIP

Signali pobuda J_i i K_i jednorazrednog brojača su dati Bulovim izrazima

$$J_i = LD \cdot I_i + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i + CL \cdot 0 + (LD + INC + DEC + CL) \cdot 0$$

$$K_i = LD \cdot \bar{I}_i + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i + CL \cdot 1 + (LD + INC + DEC + CL) \cdot 0$$

iz kojih se dobija

$$J_i = LD \cdot I_i + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i$$

$$K_i = LD \cdot \bar{I}_i + INC \cdot C_i + DEC \cdot E_i + CL$$

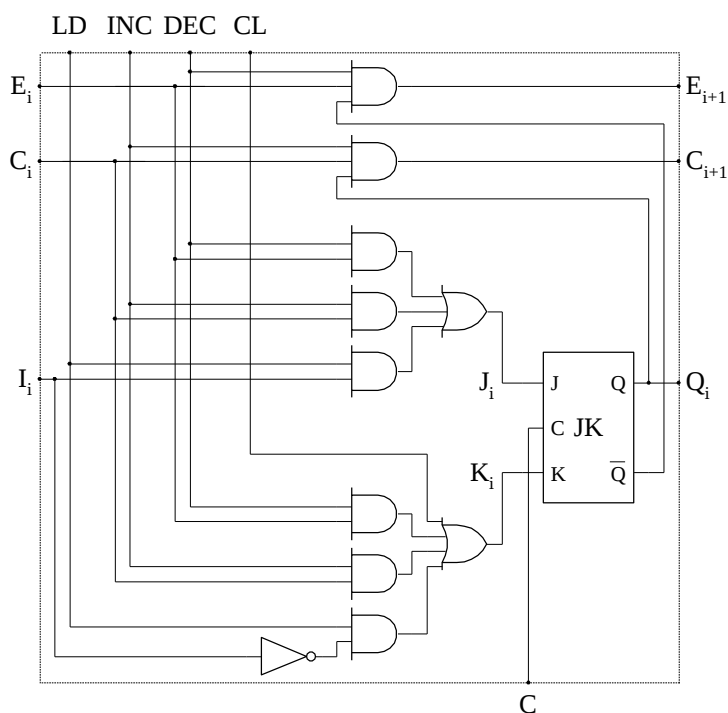
Signal prenosa C_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$C_{i+1} = INC \cdot Q_i \cdot C_i$$

Signal pozajmice E_{i+1} jednorazrednog brojača je dat Bulovim izrazom

$$E_{i+1} = DEC \cdot \bar{Q}_i \cdot E_i$$

Strukturna šema jednorazrednog brojača je data na slici 168.



Slika 168 Strukturna šema jednorazrednog brojača

ZADATAK 4. Realizovati strukturnu šemu jednorazrednog brojača prema slici 168, dovesti na ulaze I_i , C_i , E_i , LD, INC, DEC i CL vrednosti iz tabele 40, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_i , J_i , K_i , $Q_i(t+1)$, C_{i+1} i E_{i+1} .

I_i	C_i	E_i	Q_i	LD	INC	DEC	CL	J_i	K_i	$Q_i(t+1)$	C_{i+1}	E_{i+1}
1	1	1		0	0	0	0					
1	1	1		1	0	0	0					
0	1	1		1	0	0	0					
0	1	0		0	1	0	0					
0	1	0		0	1	0	0					
0	0	1		0	0	1	0					
0	0	1		0	0	1	0					
1	1	1		0	0	0	1					

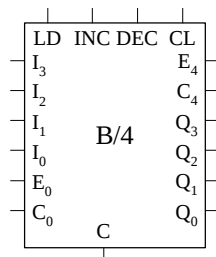
Tabela 40 Jednorazredni brojač

11.2 ČETVORORAZREDNI BROJAČ

Razmatra se četvororazredni brojač kod koga su ulazni informacioni signali I_3 , I_2 , I_1 , I_0 , C_0 i E_0 , ulazni upravljački signali LD, INC, DEC i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signali Q_3 , Q_2 , Q_1 , Q_0 , C_4 i E_4 . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol četvororazrednog brojača je dat na slici 169.

Zakon funkcionisanja brojača je dat u obliku tablice na slici 170 pri čemu su

$$\begin{aligned}
C_1 &= Q_0 \cdot C_0 \\
C_2 &= Q_1 \cdot C_1 = Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
C_3 &= Q_2 \cdot C_2 = Q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
E_1 &= \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
E_2 &= \overline{Q_1} \cdot E_1 = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
E_3 &= \overline{Q_2} \cdot E_2 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0
\end{aligned}$$



Slika 169 Grafički simbol četvororazrednog brojača

I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	LD	INC	DEC	CL	Q ₃ (t+1)	Q ₂ (t+1)	Q ₁ (t+1)	Q ₀ (t+1)	C ₄	E ₄
I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	0	0	0	0	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	0	0
I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	1	0	0	0	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	0	0
I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	0	1	0	0	Q ₃ ⊕C ₃	Q ₂ ⊕C ₂	Q ₁ ⊕C ₁	Q ₀ ⊕C ₀	Q ₃ ·C ₃	0
I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	0	0	1	0	Q ₃ ⊕E ₃	Q ₂ ⊕E ₂	Q ₁ ⊕E ₁	Q ₀ ⊕E ₀	0	Q ₃ ·E ₃
I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	C ₀	E ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Slika 170 Zakon funkcionisanja četvororazrednog brojača dat u obliku tablice

Zakon funkcionisanja četvororazrednog brojača je dat Bulovim izrazima

$$\begin{aligned}
Q_3(t+1) &= LD \cdot I_3 + INC \cdot (Q_3 \oplus C_3) + DEC \cdot (Q_3 \oplus E_3) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_3 \\
Q_2(t+1) &= LD \cdot I_2 + INC \cdot (Q_2 \oplus C_2) + DEC \cdot (Q_2 \oplus E_2) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_2 \\
Q_1(t+1) &= LD \cdot I_1 + INC \cdot (Q_1 \oplus C_1) + DEC \cdot (Q_1 \oplus E_1) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_1 \\
Q_0(t+1) &= LD \cdot I_0 + INC \cdot (Q_0 \oplus C_0) + DEC \cdot (Q_0 \oplus E_0) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_0
\end{aligned}$$

i

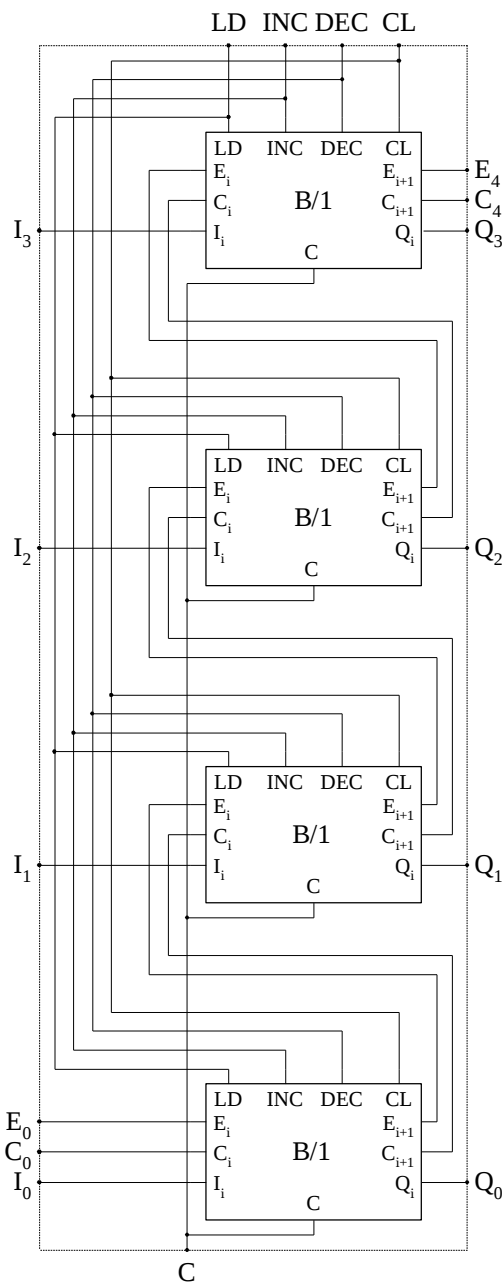
$$\begin{aligned}
C_1 &= Q_0 \cdot C_0 \\
C_2 &= Q_1 \cdot C_1 = Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
C_3 &= Q_2 \cdot C_2 = Q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
C_4 &= Q_3 \cdot C_3 = Q_3 \cdot Q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
E_1 &= \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
E_2 &= \overline{Q_1} \cdot E_1 = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
E_3 &= \overline{Q_2} \cdot E_2 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
E_4 &= \overline{Q_3} \cdot E_3 = \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0
\end{aligned}$$

Strukturna šema četvororazrednog brojača je data na slici 171.

ZADATAK 5. Realizovati strukturnu šemu četvororazrednog brojača prema slici 171, dovesti na ulaze I₃, I₂, I₁, I₀, C₀, E₀, LD, INC, DEC i CL vrednosti iz tabele 41, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q₃, Q₂, Q₁, Q₀, Q₃(t+1), Q₂(t+1), Q₁(t+1), Q₀(t+1), C₄, i E₄.

I_3	I_2	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	LD	INC	DEC	CL	$Q_3(t+1)$	$Q_2(t+1)$	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$	C_4	E_4
0	1	0	1	1	1					1	0	0	0						
1	1	1	1	1	0					0	1	0	0						
1	1	1	1	0	1					0	1	0	0						
1	1	1	1	1	0					0	0	1	0						
1	1	1	1	1	1					0	0	1	0						
1	1	1	1	1	1					1	0	0	0						
1	1	1	1	1	1					0	1	0	0						
1	1	1	1	1	1					0	0	1	0						
1	1	1	1	1	1					0	0	0	1						

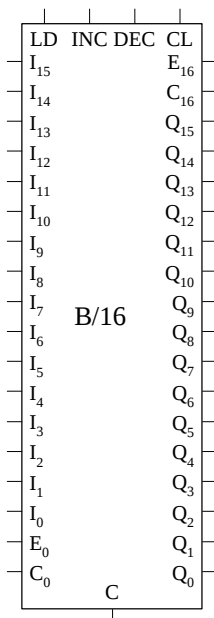
Tabela 41 Četvororazredni brojč



Slika 171 Strukturna šema četvororazrednog brojča

11.3 ŠESNAESTORAZREDNI BROJAČ

Razmatra se šesnaestorazredni brojač kod koga su ulazni informacioni signali I_{15} I_{14} , ..., I_1 , I_0 , C_0 i E_0 , ulazni upravljački signali LD, INC, DEC i CL, ulazni signal takta C i izlazni informacioni signali Q_{15} Q_{14} , ..., Q_1 , Q_0 , C_{16} i E_{16} . Aktivna vrednost svih ovih signala je 1 i neaktivna vrednost 0. Grafički simbol šesnaestorazrednog brojača je dat na slici 172.



Slika 172 Grafički simbol šesnaestorazrednog brojača

Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog brojača je dat u obliku tablice na slici 173 pri čemu su

$$\begin{aligned}
 C_1 &= Q_0 \cdot C_0 \\
 &\dots \\
 C_{14} &= Q_{13} \cdot C_{13} = Q_{13} \cdot Q_{12} \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
 C_{15} &= Q_{14} \cdot C_{14} = Q_{14} \cdot Q_{13} \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0 \\
 E_1 &= \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
 &\dots \\
 E_{14} &= \overline{Q_{13}} \cdot E_{13} = \overline{Q_{13}} \cdot \overline{Q_{12}} \cdot \dots \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0 \\
 E_{15} &= \overline{Q_{14}} \cdot E_{14} = \overline{Q_{14}} \cdot \overline{Q_{13}} \cdot \dots \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0
 \end{aligned}$$

ulaz	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	LD	INC	DEC	CL
1	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	0	0	0	0
2	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	1	0	0	0
3	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	0	1	0	0
4	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	0	0	1	0
5	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	0	0	0	1

ulaz	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$	C_{16}	E_{16}
1	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	0	0
2	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	0	0
3	$Q_{15} \oplus C_{15}$	$Q_{14} \oplus C_{14}$	...	$Q_1 \oplus C_1$	$Q_0 \oplus C_0$	$Q_{15} \cdot C_{15}$	0

ulaz	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$	C_{16}	E_{16}
4	$Q_{15} \oplus E_{15}$	$Q_{14} \oplus E_{14}$	...	$Q_1 \oplus E_1$	$Q_0 \oplus E_0$	0	$\overline{Q_{15}} \cdot E_{15}$
5	0	0	...	0	0	0	0

Slika 173 Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog brojača dat u obliku tablice

Zakon funkcionisanja šesnaestorazrednog brojača je dat Bulovim izrazima

$$Q_{15}(t+1) = LD \cdot I_{15} + INC \cdot (Q_{15} \oplus C_{15}) + DEC \cdot (Q_{15} \oplus E_{15}) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_{15}$$

$$Q_{14}(t+1) = LD \cdot I_{14} + INC \cdot (Q_{14} \oplus C_{14}) + DEC \cdot (Q_{14} \oplus E_{14}) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_{14}$$

...

$$Q_1(t+1) = LD \cdot I_1 + INC \cdot (Q_1 \oplus C_1) + DEC \cdot (Q_1 \oplus E_1) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_1$$

$$Q_0(t+1) = LD \cdot I_0 + INC \cdot (Q_0 \oplus C_0) + DEC \cdot (Q_0 \oplus E_0) + CL \cdot 0 + (\overline{LD + INC + DEC + CL}) \cdot Q_0$$

i

$$C_1 = Q_0 \cdot C_0$$

...

$$C_{14} = Q_{13} \cdot C_{13} = Q_{13} \cdot Q_{12} \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0$$

$$C_{15} = Q_{14} \cdot C_{14} = Q_{14} \cdot Q_{13} \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0$$

$$C_{16} = Q_{15} \cdot C_{15} = Q_{15} \cdot Q_{14} \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot C_0$$

$$E_1 = \overline{Q_0} \cdot E_0$$

...

$$E_{14} = \overline{Q_{13}} \cdot E_{13} = \overline{Q_{13}} \cdot \overline{Q_{12}} \cdot \dots \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0$$

$$E_{15} = \overline{Q_{14}} \cdot E_{14} = \overline{Q_{14}} \cdot \overline{Q_{13}} \cdot \dots \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0$$

$$E_{16} = \overline{Q_{15}} \cdot E_{15} = \overline{Q_{15}} \cdot \overline{Q_{14}} \cdot \dots \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E_0$$

Strukturna šema šesnaestorazrednog brojača je data na slici 174.

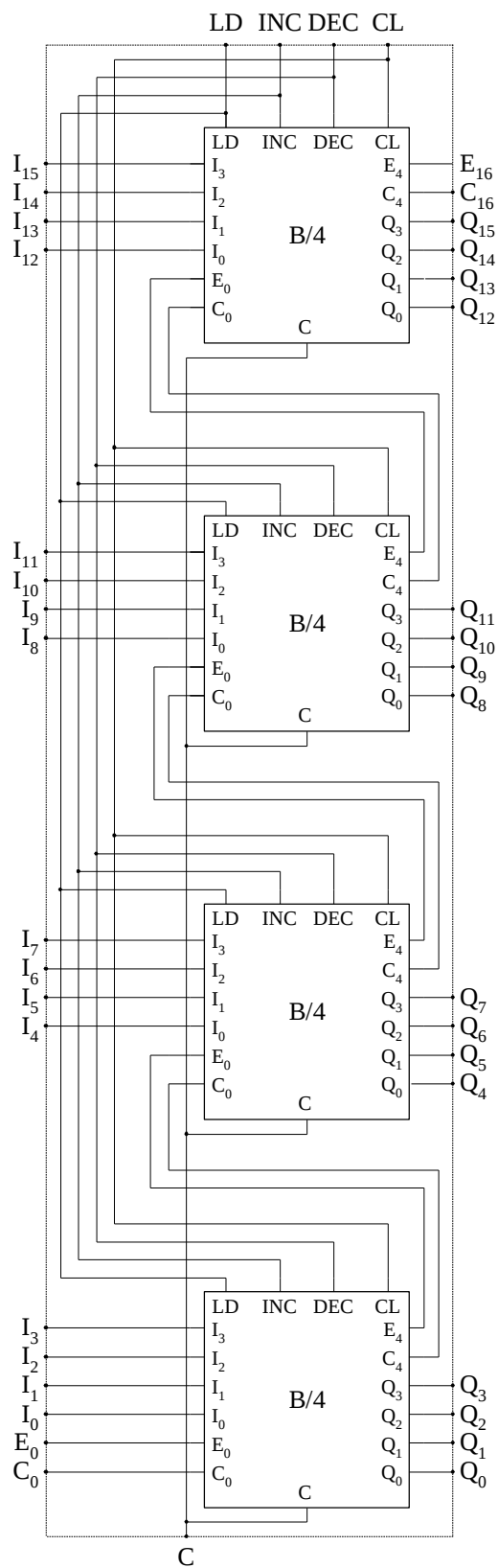
ZADATAK 5. Realizovati strukturnu šemu šesnaestorazrednog brojača prema slici 174, dovesti na ulaze I_{15} , I_{14} , ..., I_1 , I_0 , C_0 , E_0 , LD , INC , DEC i CL vrednosti iz tabele 42, ulaz C menjati sa 0 na 1 i obratno i popuniti u tabeli vrednosti za Q_{15} , Q_{14} , ..., Q_1 , Q_0 , $Q_{15}(t+1)$, $Q_{14}(t+1)$, ..., $Q_1(t+1)$, $Q_0(t+1)$, C_{16} i E_{16} .

ulaz	I_{15}	I_{14}	...	I_1	I_0	C_0	E_0	Q_{15}	Q_{14}	...	Q_1	Q_0	LD	INC	DEC	CL
0	0	1	...	0	1	1	1			...			1	0	0	0
1	1	1	...	1	1	1	0			...			0	1	0	0
2	1	1	...	1	1	0	1			...			0	1	0	0
3	1	1	...	1	1	1	0			...			0	0	1	0
4	1	1	...	1	1	1	1			...			0	0	1	0
5	1	1	...	1	1	1	1			...			1	0	0	0
6	1	1	...	1	1	1	1			...			0	1	0	0
7	1	1	...	1	1	1	1			...			0	0	1	0
8	1	1	...	1	1	1	1			...			0	0	0	1

ulaz	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$	C_{16}	E_{16}
0			...				
1			...				
2			...				
3			...				
4			...				

ulaz	$Q_{15}(t+1)$	$Q_{14}(t+1)$	...	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$	C_{16}	E_{16}
5	...						
6	...						
7	...						
8	...						

Tabela 42 Šesnaestorazredni brojač



Slika 174 Strukturna šema šesnaestorazrednog brojača

12 LITERATURA

1. B. Lazić, *Logičko projektovanje računara*, Nauka—Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1994.
2. D. Živković, M. Popović, *Impulsna i digitalna elektronika*, Nauka—Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1992.
3. J. Djordjevic, A. Milenkovic, N. Grbanovic, “An Integrated Educational Environment for Teaching Computer Architecture and Organisation,” IEEE MICRO, May 2000.pp. 66-74.
4. J. Djordjevic, M. R. Barbacci, B. Hosler, *A PMS Level Notation for the Description and Simulation of Digital Systems*, The Computer Journal, Vol. 28, No. 4, pp. 357-365, 1985.
5. S. Miladinović, J. Đorđević, A. Milenković, *Programski sistem za grafički opis i simulaciju digitalnih sistema*, Zbornik radova ETRAN 1997, Zlatibor, Jugoslavija, Jun 1997.
6. N. Grbanovic, J. Djordjevic, B. Nikolić, *The Software Package for an Educational Computer System*, International Journal on Electrical Engineering Education, Vol. 40, No. 4, Oct 2003, pp. 270-284..
7. J. Djordjevic, A. Milenkovic, I. Todorovic, D. Marinov, “CALCAS: A Computer Architecture Learning and Knowledge Assessment System,” IEEE TC Computer Architecture Newsletter, March 1999.
8. J. Đorđević, *Priručnik iz arhitekture računara*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1997.
9. J. Đorđević, *Priručnik iz arhitekture i organizacije računara*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1997.
10. J. Đorđević, *Arhitektura računara, Edukacioni računarski sistem, Arhitektura i organizacija računarskog sistema*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2002.
11. J. Đorđević, N. Grbanović, B. Nikolić, Z. Radivojević, *Arhitektura računara, Edukacioni računarski sistem, Priručnik za simulaciju sa zadacima*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2004.