

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Digitalna logika

Laboratorijske vježbe korištenjem sklopovskih pomagala

Upute za 1. laboratorijsku vježbu

Marko Zec

Listopad 2012.

1 Uvod i priprema

Cilj vježbe je upoznavanje s razvojnom okolinom Lattice Diamond s naglaskom na postupke unosa shematskog opisa jednostavnih kombinacijskih sklopova, sinteze odgovarajuće konfiguracije FPGA (*field programmable gate array*) sklopa, učitavanja konfiguracije u FPGA, te ispitivanja rada sintetizirane konfiguracije.

Proučite dokument "Upute za rad s FPGA razvojnom pločicom ULX2S", a posebno poglavlja 3, 4 i 5, u kojima je opisan postupak instalacije programske podrške za rad s razvojnom pločicom, postupak opisa odnosno specifikacije digitalnog sklopa shematskim putem, postupak sinteze FPGA konfiguracije, te postupak programiranja razvojne pločice konfiguracijskom datotekom.

Na vlastito računalo (kod kuće) instalirajte programsku podršku prema navedenim uputama. Kako je instalacijski paket alata Lattice Diamond velik cca. 2.2 GB, studenti koji kod kuće nemaju *flat rate* pristup Internet mreži mogu instalacijski paket preuzeti na vlastitu prijenosnu USB memorijsku karticu ili disk u nekom od javnih studentskih laboratorija (A109, PCLAB).

2 Shematski opis jednostavnog kombinacijskog sklopa

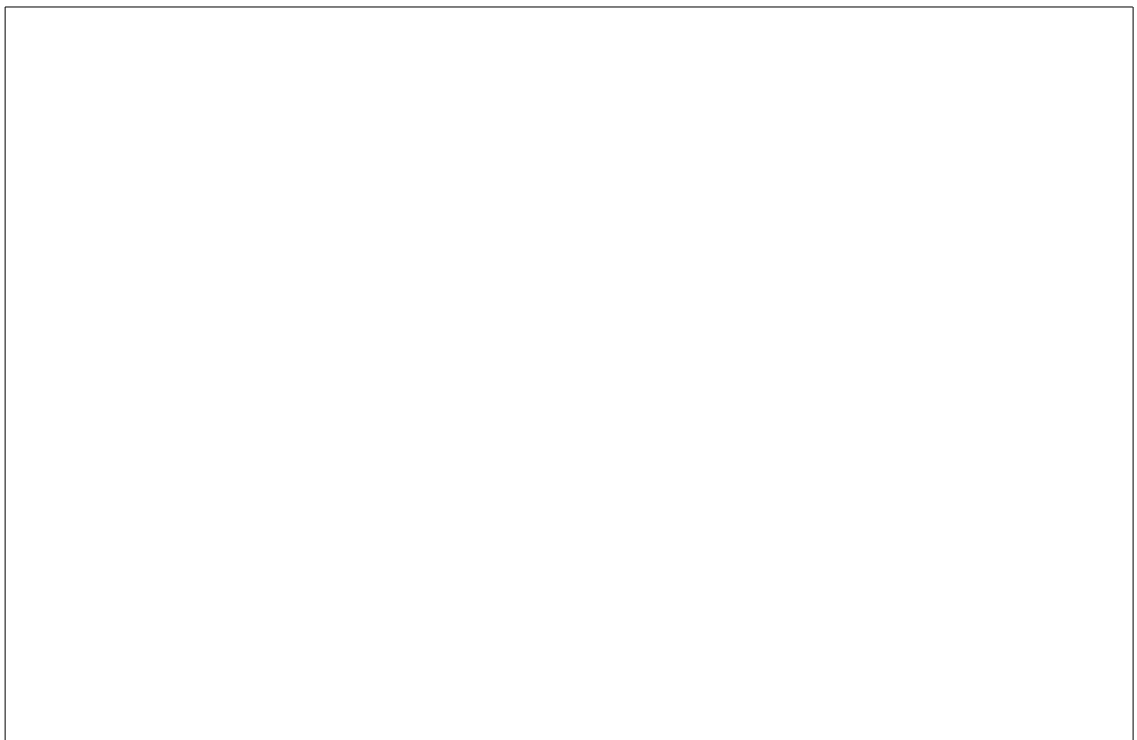
U okvir na dnu stanice **nacrtajte shemu sklopa** s tri ulaza (`btn_left`, `btn_center`, `btn_right`) i tri izlaza (`led_0`, `led_1`, `led_2`) koji ostvaruje sljedeće logičke funkcije:

`led_0 = btn_left AND btn_center AND btn_right`

`led_1 = btn_left OR btn_center OR btn_right`

`led_2 = btn_left XOR btn_center XOR btn_right`

Zadani sklop možete izvesti korištenjem AND, OR i XOR vrata s dva ili tri ulaza, prema vlastitom izboru.



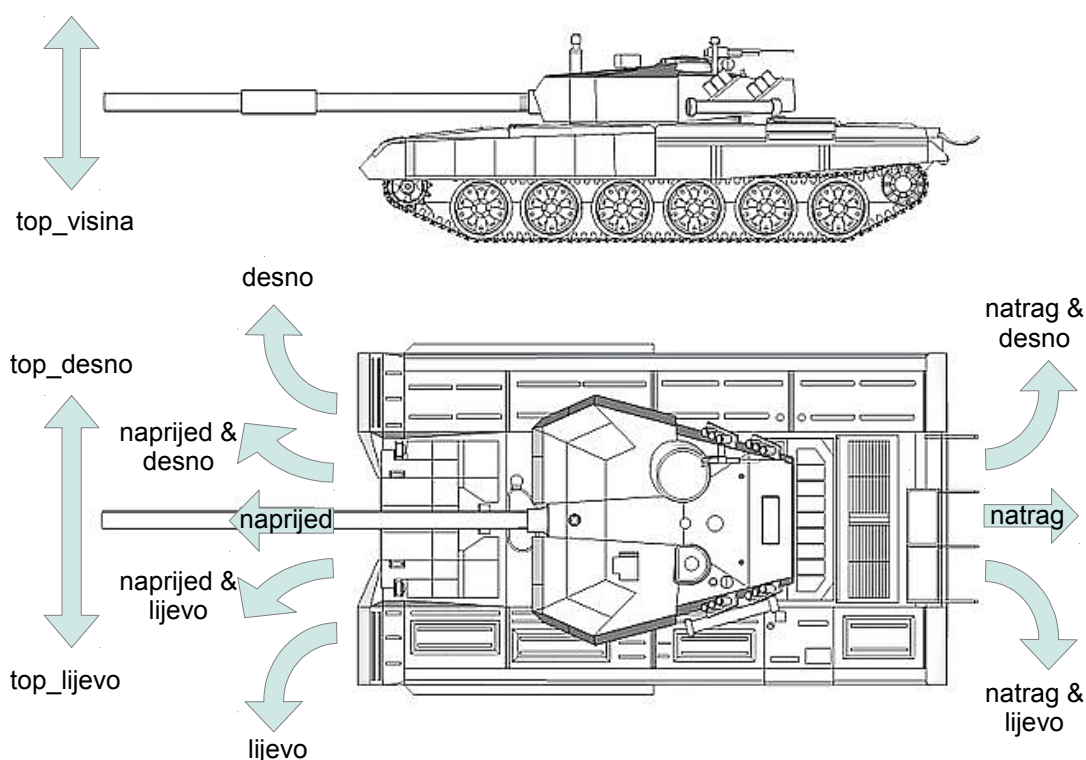
Ulazi `btn_left`, `btn_center`, `btn_right` na razvojnoj pločici su povezani na odgovarajuće tipke, pritiskom na koje se signali dovode na visoku naponsku razinu (logička "1"), dok su signali putem internih otpornika (*eng. pull-down resistors*) pritegnuti na nisku naponsku razinu (logička "0") kad tipke nisu pritisnute. Izlazi (`led_0`, `led_1` i `led_2`) povezani su s LED indikatorima ugrađenima na razvojnu pločicu u seriju s otpornicima koji ograničuju protok struje kroz indikatore.

Sklop iz pripreme shematski specificirajte koristeći alat Lattice Diamond, sintetizirajte ga za FPGA Lattice XP2-5E u kućištu TQFP-144, te pomoću dobivene konfiguracijske datoteke isprogramirajte pločicu ULX2S. Prilikom sinteze sklopa koristite već gotovu datoteku s definicijama ulaznih i izlaznih signala "`ulx2s.lpf`", koju možete preuzeti s web sjedišta <http://www.nxlab.fer.hr/dl/>.

Ispitajte rad sklopa prateći na LED indikatorima odziv na pritisnute tipke!

3 Daljinski upravljač makete tenka

Vaš je zadatak konstruirati kombinacijski sklop koji će omogućiti upravljanje maketom tenka s većim brojem upravljačkih signala pomoću samo pet tipki na razvojnoj pločici ULX2S. Pri izradi zadatka koristit ćete već gotovi modul "`rf_modulator`" koji ima slijedeće ulaze: `clk`, `kanal`, `brzina`, `naprijed`, `natrag`, `lijevo`, `desno`, `top_lijevo`, `top_desno`, `top_visina`, `top_zvuk`, `top_granata`, `strojnica` i `motor`. Jedini izlaz iz modula "`rf_modulator`" je radiofrekvencijski signal `rf`, koji se može iskoristiti za prenošenje kodiranih upravljačkih informacija maketi tenka bežičnim putem na odabranom kanalu u frekvencijskom pojasu 27 MHz.



Slika 1: funkcije glavnih upravljačkih signala modula "`rf_modulator`"

Funkcije ulaznih upravljačkih signala modula "rf_modulator" su sljedeće:

- `naprijed`, `natrag`, `lijevo`, `desno`: pokretanje tenka u željenom smjeru;
- `top_lijevo`, `top_desno`: okretanje kupole tenka u željenom smjeru;
- `top_visina`: promjena elevacije cijevi topa (pri duljem zadržavanju upravljačkog signala na visokoj razini, cijev se ciklički pomiče gore i dolje);
- `top_zvuk`: simuliranje pucnja topa zvučnim signalom i trzajem cijelog tenka;
- `top_granata`: pokretanje mehanizma za ispućavanje plastične kuglice iz cijevi topa (ne koristi se u vježbi – ulaz treba ostati odspojen!);
- `strojnica`: simuliranje rafalne paljbe iz strojnice svjetlosnim i zvučnim signalima;
- `motor`: uključivanje i isključivanje svih ostalih funkcija prijemnika;
- `brzina`: 2-bitni signal koji određuje brzinu kretanja tenka, od "00" za najsporiju vožnju do "11" za najveću brzinu;
- `kanal`: 2-bitni signal za odabir radiofrekvencijskog kanala, što omogućuje istovremeno upravljanje većim brojem tenkova pomoću više različito podešenih odašiljačkih sklopova;
- `clk`: ulazni signal takta frekvencije 25 MHz.

Funkcije glavnih upravljačkih ulaza modula "rf_modulator" dodatno su ilustrirane slikom 1.

Pri izradi zadatka možete se poslužiti predloškom za izradu kombinacijskog sklopa prikazanim shemom na slici 2 na kojemu je već instancirana komponenta "rf_modulator". Na komponentu "rf_modulator" već su povezani sljedeći signali:

- na ulaz `clk` doveden je vanjski izvor signala takta frekvencije 25 MHz `clk_25m` s oscilatora ugrađenog na razvojnu pločicu;
- na ulaz `kanal` doveden je vanjski signal s mikroprekidača `sw_1` i `sw_0`;
- na ulaz `brzina` doveden je vanjski signal s mikroprekidača `sw_3` i `sw_2`;
- na ulaze `motor`, `naprijed` i `natrag` dovedeni su izlazi kombinacijskih sklopova povezanih na tipke `btn_up`, `btn_down`, `btn_center`, `btn_left` i `btn_right`;
- izlaz `rf` povezan je na priključnice višenamjenske stereo utičnice `p_tip` i `p_ring`, putem kojih se modulirani radiofrekvencijski signal odašilje u eter.

Na sklopu iz sheme sa slike 2 izvedene su samo funkcije uključivanja odnosno isključivanja prijemnika radioupravljanog tenka istodobnim pritiskom na tipke `btn_up` i `btn_down`, te pokretanje makete ravno naprijed i natrag.

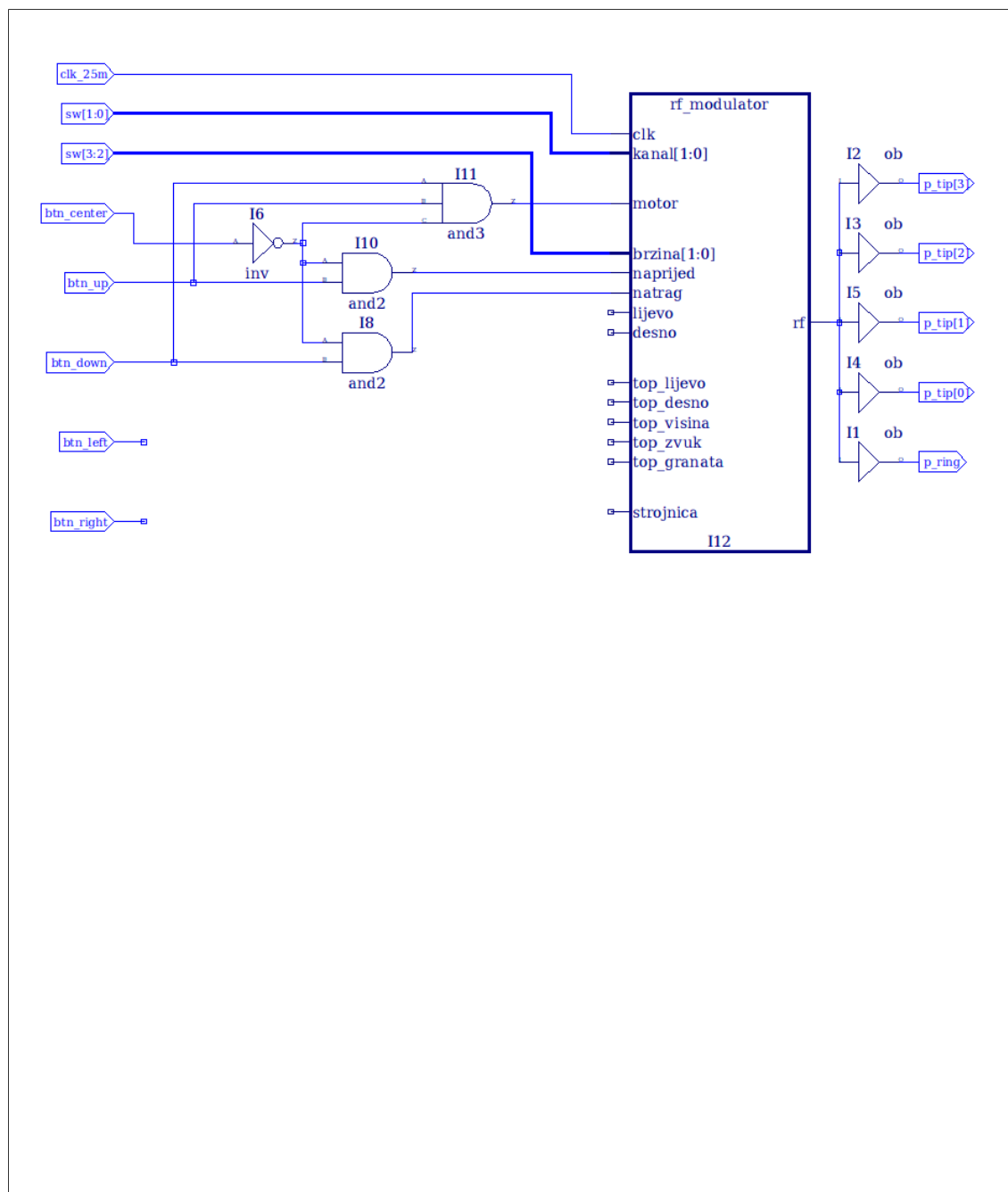
Vaš je zadatak dopuniti shemu sa slike 2 kako bi se na ulaze sklopa "rf_modulator" doveli i svi ostali signali potrebni za upravljanje maketom, koji trebaju biti izvedeni kao logičke funkcije vanjskih ulaznih signala povezanih s pet tipki: `btn_up`, `btn_down`, `btn_center`, `btn_left` i `btn_right`:

```
motor = btn_up AND btn_down AND NOT btn_center
naprijed = btn_up AND NOT btn_center
natrag = btn_down AND NOT btn_center
lijevo = btn_left AND NOT btn_center
desno = btn_right AND NOT btn_center
```

```

top_lijevo = btn_left AND btn_center
top_desno = btn_right AND btn_center
top_visina = btn_down AND btn_center
top_zvuk = btn_up AND btn_center
strojnica = btn_left AND btn_right

```



Slika 2: nepotpuna shema sklopa “daljinski upravljač”

Na shemu sklopa sa slike 2 ucrtajte i na odgovarajući način povežite dodatne temeljnije logičke sklopove I, ILI odnosno NE, kojima ćete ostvariti funkcije zadane na prethodnoj stranici.

3.1 Unos opisa i sinteza sklopa u razvojnoj okolini Lattice Diamond

Stvorite novi prazni direktorij, u kojeg iskopirajte datoteke `daljinski_upravljac.sch`, `rf_modulator.vhd`, `rf_modulator.sym` i `ulx2s.lpf`, koje možete dohvatiti s web sjedišta www.nxlab.fer.hr/dl/. Pokrenite razvojnu okolinu Lattice Diamond. Pokrenite stvaranje novog projekta, pri čemu za projekt odaberite radni direktorij s dohvaćenim datotekama. U slijedećem koraku dodajte dohvaćene datoteke u projekt (Add Source), pri čemu se preporuča da opcija "Copy source to implementation directory" bude isključena. U izborniku "Select Device" odaberite rad s FPGA Lattice XP2-5E u kućištu TQFP-144. Provedba ovih koraka detaljnije je ilustrirana i objašnjena u dokumentu "Upute za rad s FPGA razvojnom pločicom ULX2S".

Nakon **svakog** uređivanja shematskog opisa sklopa potrebno je pokrenuti akciju "Design -> Generate Hierarchy", koja bi trebala rezultirati označavanjem datoteke `daljinski_upravljac.sch` kao glavnog (top-level) modula: naziv datoteke trebao bi biti otisnut masnim slovima u izborniku na lijevoj strani radne površine. **Ukoliko se preskoči ovaj korak sklop neće biti ispravno sintetiziran!**

Sintezu konfiguracije i programiranje FPGA sklopa pomoću dobivene konfiguracijske datoteke možete provesti na identičan način kao i u prethodnom zadatku. Po želji, konfiguraciju možete učitati u trajnu (Flash) memoriju FPGA sklopa:

```
ujproj -j flash lab1.jed
```

što će omogućiti da se pri uspostavi napajanja FPGA sklop automatski konfigurira, bez intervencije s računala. Razvojne pločice s takvim načinom učitavanja konfiguracije u FPGA sklop moći će raditi kao daljinski upravljači maketa tenkova i bez korištenja računala, odnosno uz nezavisno napajanje iz baterija, koje će biti dostupne u laboratoriju.

3.2 Ispitivanje rada sklopa

- Uključite napajanje makete pomicanjem **većeg** prekidača s donje strane tenka u položaj "ON". Signalne bijele LED lampice s prednje strane tenka bi trebale početi treptati u pravilnom ritmu. Ukoliko bijele LED lampice na maketi ne trepću obratite se demonstratoru ili asistentu;
- Uskladite radiofrekvencijski kanal odašiljača i prijemnika na način da mikroprekidače `sw_1` i `sw_0` postavite u isti položaj koji je označen na anteni makete tenka kojom ćete upravljati (npr. "10" ili "11");
- U višenamjensku stereo-utičnicu razvojne pločice utaknite žičanu antenu;
- Programirajte FPGA pločicu putem USB sučelja, ili je priključite na baterijsko napajanje, ukoliko ste konfiguraciju FPGA sklopa programirali u *flash* memoriju;
- Pritiskom na odgovarajuću kombinaciju tipki generirajte kratki impuls na ulaznom signalu `motor` modula "rf_modulator", čime bi se trebale omogućiti sve funkcije prijemnika. Nekoliko sekundi nakon generiranja ovog impulsa, bijele signalne LED lampice trebale bi umjesto treptanja biti trajno upaljene, a maketa bi trebala generirati kontinuirani zvučni signal koji simulira rad motora;
- Pritiskom na odgovarajuće tipke odnosno kombinacije tipki ispitajte sve funkcije upravljačkog sklopa, odnosno radioupravljanje makete;
- Ponovnim generiranjem kratkog impulsa na ulaznom signalu `motor` onemogućite ostale upravljačke funkcije prijemnika, pri čemu bi signalne LED lampice trebale ponovo započeti treptati, a maketa bi se trebala zaustaviti.

Kako bi se prilikom ispitivanja rada sintetiziranih sklopova za daljinsko upravljanje smanjile mogućnosti ozljeda studenata ili oštećenja maketa, molimo Vas da se pridržavate slijedećih smjernica:

- O redoslijedu po kojem će studenti ispitivati rad svojih upravljačkih sklopova i radioupravljanih maketa konzultirajte se s demonstratorom ili asistentom;
- U laboratoriju će biti raspoložive dvije makete tenka, s prijemnicima podešenima za rad na različitim kanalima. Vodite računa da ne dolazi do sudara dvaju tenkova prilikom ispitivanja rada daljinskih upravljača;
- Kod početnih faza ispitivanja rada sintetiziranog sklopa obavezno odaberite najmanju brzinu vožnje: mikroprekidači sw_3 i sw_2 moraju biti u položaju OFF (poluge mikroprekidača pomaknute prema dolje). Kasnije možete isprobati i upravljanje pri postavkama za veće brzine vožnje;
- Makete nije dozvoljeno držati za kupolu, cijev topa ili gusjenice, već isključivo za karoseriju, i to koristeći obje ruke, pri čemu treba paziti da se prsti, kosa, odjeća, nakit ili bilo kakvi elektronički uređaji ili priključni kabeli ne zapetljaju u zupčanike, kotače ili gusjenice;
- Makete je dozvoljeno voziti isključivo po podu;
- Nije dozvoljeno uključivati funkciju ispućavanja plastičnih loptica;
- Nemojte ometati kolege koje trenutno ispituju rad svog sklopa generiranjem radiofrekvencijskog signala na istom kanalu;
- Eventualno namjerno oštećivanje maketa bit će prijavljeno prodekanu za nastavu i podložno posebnim sankcijama.