

Osnovi računarske tehnike 2 – FPGA projekat:

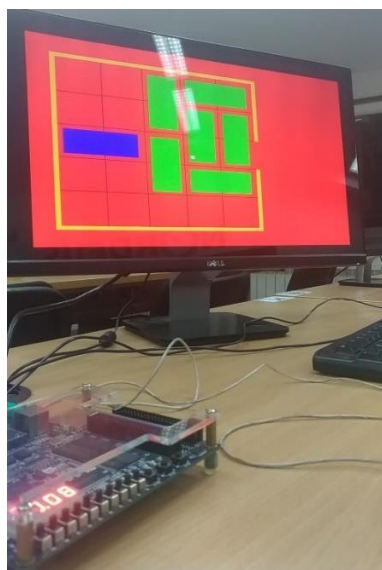
„Moving blocks game“

Vladimir Janković, br. indeksa 2018/0121

Miloš Milošević, br. indeksa 2018/0445

Opis projekta:

Projekat predstavlja izradu slagalice, koristeći hardver tj. FPGA pločicu, u kojoj je cilj oslobađanje puta za izlazak određenog bloka izvan zadatog okvira pomeranjem okolnih blokova koji taj put blokiraju. Kako su veoma često pomeranja okolnih blokova onemogućena prisustvom drugih blokova, potrebno je naći odgovarajući niz poteza koji dovodi do rešenja slagalice. Jedan raspored blokova predstavlja jedan nivo igre, a rešavanjem tog nivoa otvara se prolaz ka novom nivou. Svaki naredni nivo postaje komplikovaniji za rešavanje od prethodnog povećanjem broja ili nepovoljnijim pozicioniranjem okolnih blokova, povećanjem dimenzija okvira ili kombinacijom navedenih metoda.



Slika 1. Primer jednog nivoa.

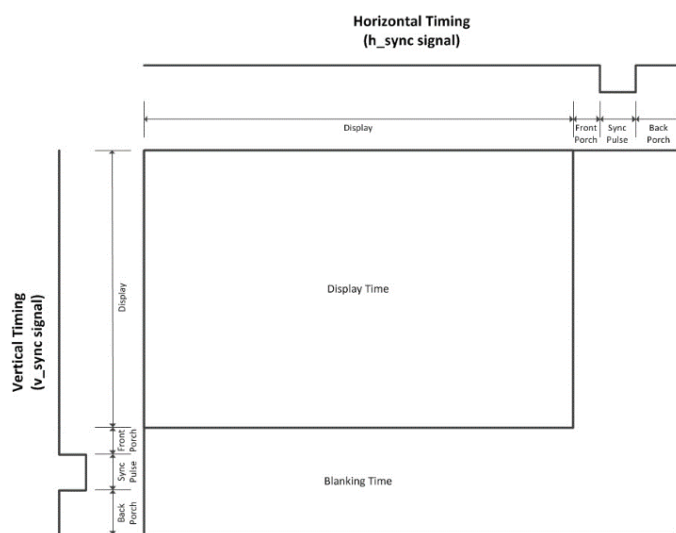
Kao što se može videti na primeru sa slike rešenje slagalice predstavlja izlazak plavog bloka izvan žutog okvira, ali taj izlazak sprečavaju zeleni blokovi čijim se preuredjivanjem rešava slagalice. Takodje dok igrač rešava nivo meri se proteklo vreme i ispisuje na sedmo-segmentnom displeju. Pločica iscrtava igru na monitoru koristeći VGA protokol za povezivanje, dok se za pomeranje blokova koristi računarski miš povezan putem PS/2 porta. Pomeranje blokova je relizovano tako što jedan klik miša na objekat aktivira njegovo pomeranje dok drugi klik zaustavlja kretanje bloka (više o ovome u nastavku).

Korišćeni protokoli:

Kao što je već navedeno, za realizaciju ovog projekta na pločici se koriste dva protokola – VGA za povezivanje sa monitorom za prikaz slike i PS/2 za povezivanje sa mišem koji služi za unos podataka o kretanju. U nastavku će biti opisan način rada ova dva protokola.

VGA protokol

Pločica monitoru šalje podatke o izlazu putem VGA porta/kabla koji koristi VGA protokol po kome je i dobio ime. Slika na monitoru se sastoji od mreže piksela koji imaju svoju X i Y koordinatu. Piksela sa koordinatama 0,0 se nalazi u gornjem levom uglu monitora; X osa raste na desno, dok Y osa raste na dole. Monitor počinje obradu slike od piksela 0,0 i nastavlja je piksel po piksel, kretanjem po X osi dok ne obradi ceo red nakon čega prelazi na sledeći red. Nakon obradivanja poslednjeg reda vraća se na početak tj. piksel 0,0 i postupak se ponavlja.

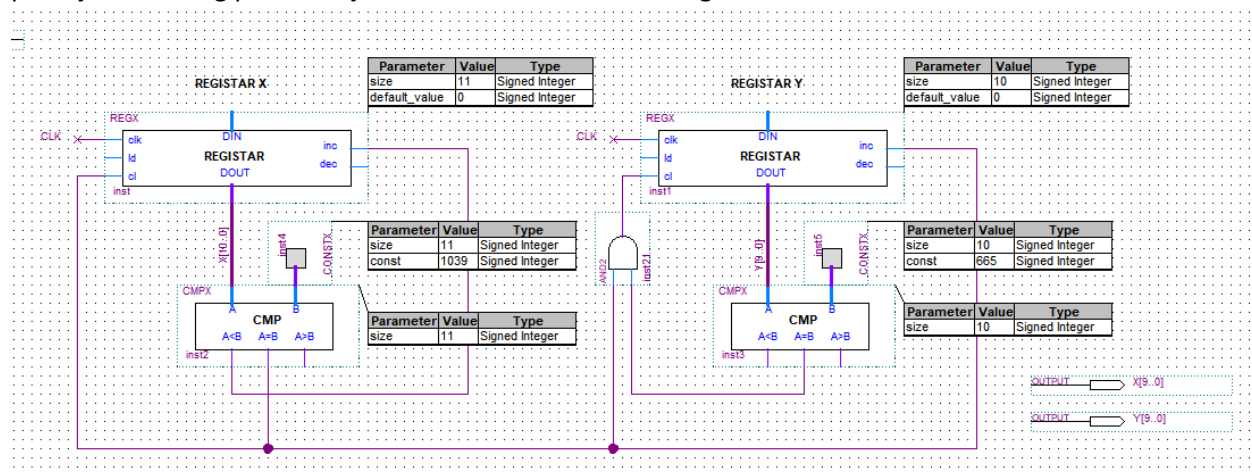


Od tih piksela na monitoru se prikazuje samo jedan deo (Display Time oblast), dok ostatak (Blanking Time) služi kao kontrolni deo. Signal H-SYNC se aktivira kada piksel koji se obradjuje nalazi u Sync Pulse zoni i govori da je završena obrada jednog reda za prikaz dok signal V-SYNC govori da je završena obrada jednog frejma za prikaz. Duzine intervala Display, Front Porch, Sync Pulse i Back Porch zavise od same pločice tj. od takta na kojem pločica radi. Za pločicu na kojoj je rađen projekat te vrednosti iznose:

Resolution (pixels)	Refresh Rate (Hz)	Pixel Clock (MHz)	Horizontal (pixel clocks)				Vertical (rows)			
			Display	Front Porch	Sync Pulse	Back Porch	Display	Front Porch	Sync Pulse	Back Porch
800x600	72	50	800	56	120	64	600	37	6	23

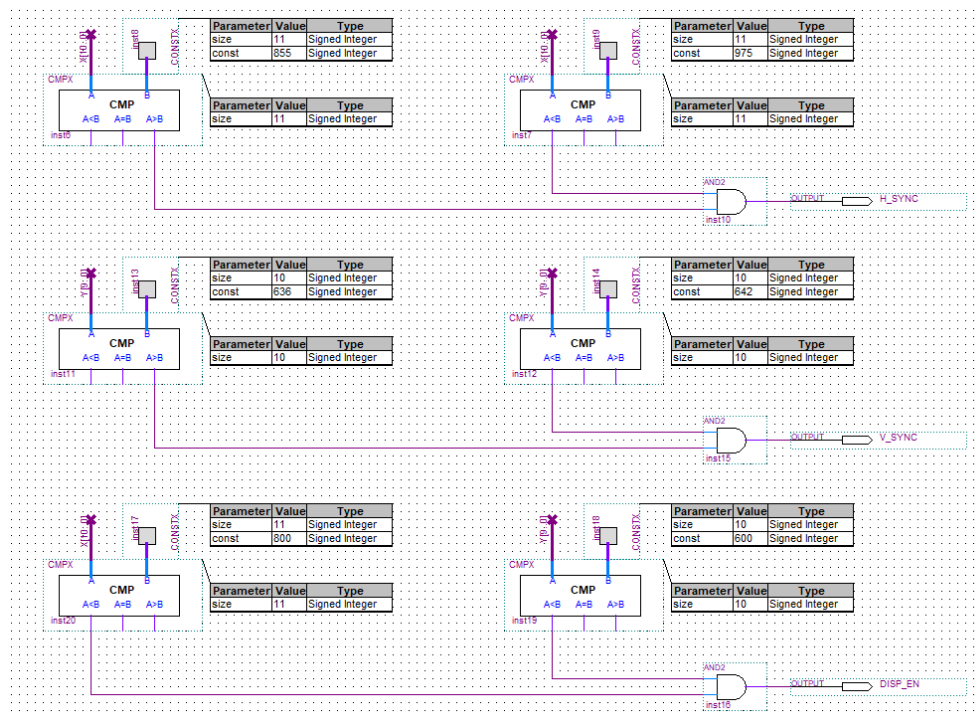
Prilikom iscrtavanja piksela monitoru se putem VGA kabla šalju tri heksadecimalne vrednosti koje predstavljaju vrednosti crvene, zelene i plave boje(R,G,B). Važno je ograničiti slanje ovih vrednosti samo dok se piksel koji se trenutno obradjuje nalazi u Display Time zoni. Ukoliko se vrednosti R,G,B šalju monitoru kada se piksel nalazi u Blanking time oblasti, na monitoru se ne prikazuje odgovarajuca slika.

Kombinacijom ovih vrednosti monitor određuje boju piksela i prikazuje je na displeju. Za čuvanje pozicije trenutnog piksela koji se iscrtava koriste se dva registra za koordinate X i Y.



Registar X se inkrementira sve dok ne dodje do kraja reda (u konkretnom primeru 1039 piksela) nakon čega se resetuje i inkrementira Y dok ne dodje do poslednjeg reda (665) i ne obradi sve piksele u tom redu nakon čega se resetuju oba registra.

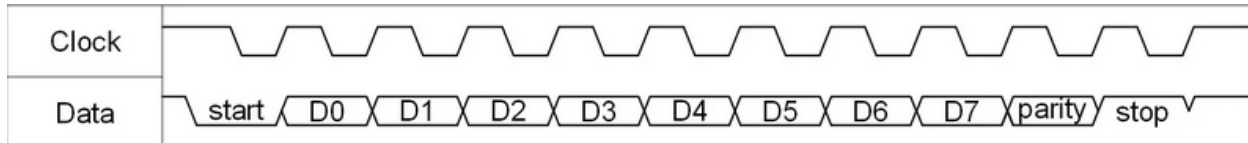
Pored ovih registara u modulu zaduženom za kontrolu rada monitora (VGA kontroler) se ispituje da li se vrednosti X i Y nalaze unutar Sync pulse i Display segmenata. Ako se X i Y nalaze u njihovim Sync zonama monitoru se šalju H-Sync i V-Sync respektivno, a ukoliko su oba signala u Display zoni šalje se signal pločici sa treba da šalje R,G,B vrednosti.



PS/2 protokol

Miš se sa FPGA pločicom povezuje putem PS/2 porta (Personal System /2) koji predstavlja serijski port za razmenu podataka. Podaci se šalju u paketu od 11 bitova:

- 1 startni bit - uvek je 0
- 8 bitova koji predstavljaju podatak, pri čemu prvo stiže bit najmanje težine
- 1 bit parnosti
- 1 završni bit - uvek je 1.

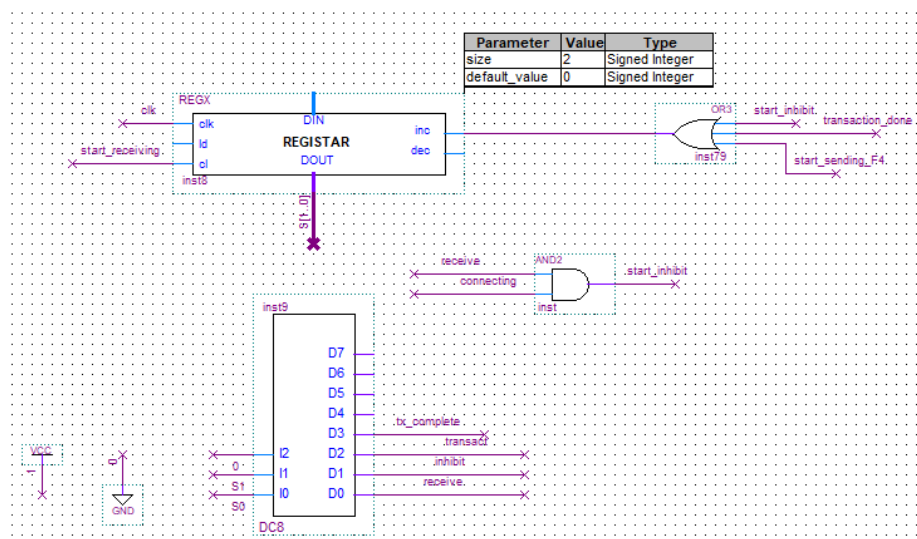


Za razliku od PS/2 tastature koja automatski šalje podatke, PS/2 miš prvo mora da se aktivira, najpre spuštanjem kloka miša (PS/2 kloka) na vrednost 0 za 100 mikrosekundi (period inhibicije) nakon čega pločica treba da pošalje kod F4 (upakovan u format od 11 bitova) mišu putem PS/2 data magistrale. Nakon toga miš počinje da šalje podatke pločici. Prvi podatak koji pločica prima treba da bude FA, koji predstavlja potvrdu da je povezivanje obavljeno uspešno i da su naredni podaci koji stižu validni. Ukoliko pločica ne primi FA kao prvi podatak povezivanje nije uspelo. Pri uspešnom povezivanju jedan skup podataka ima tri bajta:

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 1	Y overflow	X overflow	Y sign bit	X sign bit	1	Middle Button	Right Button	Left Button
Byte 2	X movement							
Byte 3	Y movement							

Prvi bajt se sastoji od raznih bitova koji označavaju prekoračenje brzine kretanja miša (overflow bitovi) znak pomeraja po X i Y osama (sign bitovi) i bitovi koji oznacavaju da li je neko od dugmadi miša pritisnuto. Drugi bajt predstavlja pomeraj miša po X osi, dok treći pomeraj po Y osi.

Prilikom pokretanja programa u transiveru za miš se aktivira signal connecting koji prebacuje transiver u stanje inhibicije.

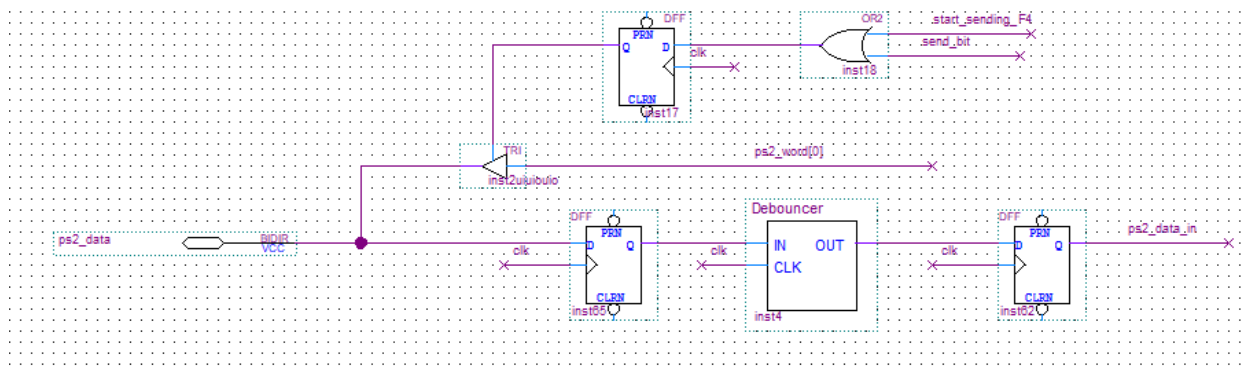


The diagram illustrates a timer module. It features a central REGISTER with inputs `clk`, `ld`, and `cl`, and outputs `inc` and `dec`. The REGISTER is connected to two comparators (CMP) and two NOT gates (NOT). The first comparator (inst59) compares the timer value with a constant 2800. The second comparator (inst63) compares the timer value with a constant 5000. The NOT gates (inst49 and inst65) invert the comparison results. The module is controlled by parameters `size` (13, Signed Integer) and `default_value` (5000, Signed Integer). The output of the timer is `timer_eq_5000`.

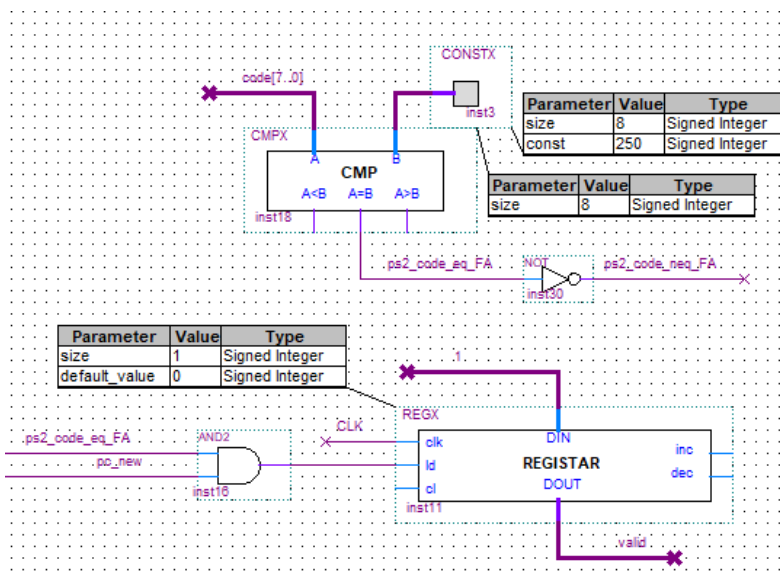
Parameter **Value** **Type**

size	11	Signed Integer
default_value	1512	Signed Integer

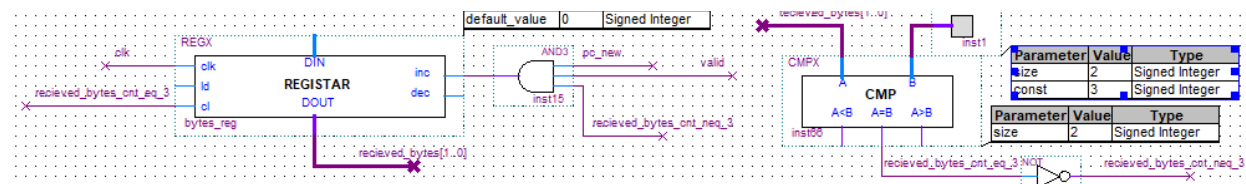
U registru se na početku nalazi vrednost 1512 jer ta vrednost odgovara upakovanoj vrednosti F4, sa početnim, krajnjim i bitom parnosti, u decimalnom brojnem sistemu. Kada pocne faza slanja F4 na PS2 data se salje bit po bit iz ovog registra.

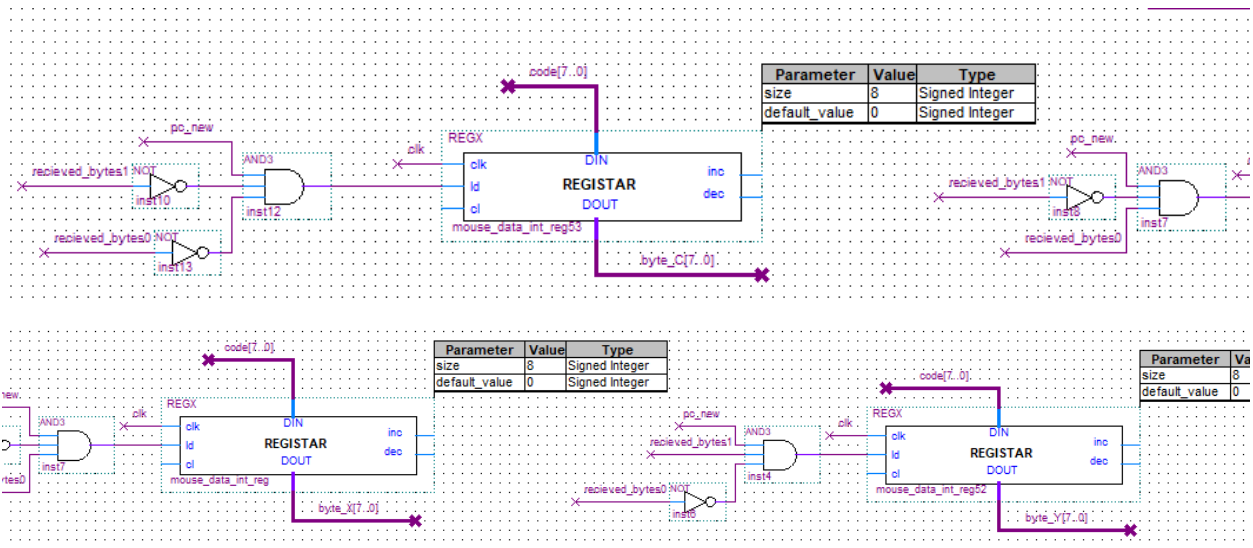


Jedan brojač broji do deset i predstavlja broj poslatih bitova. Prvi bit se salje u trenutku završetka faze inhibicije nakon cega je potrebno poslati jos 10 bitova. Kada se pošalje svih 11 bitova završava se sa fazom transakcije i kada se i PS2 klok i data vrte na stanje logičke 1 što znači da je prenos podatka vraća se nazad na fazu primanja podataka. Prvi podatak koji stigne se proverava na jednakost sa FA i ako je jednak onda je primanje podataka validno.



Signal valid omogućava upis bajtova u tri registra. U zavisnosti od toga u koji bajt je pročitani upisuje se u odgovarajući registar kada stigne signal da je došao novi podatak.





Kada se učitaju sva tri podatka paket od tri bajta se šalje pločici. Na osnovu tih podataka se kasnije određuje pravac i smer kretanja miša kao i aktivnost ili neaktivnost određenih klikova.

Mane trenutnog rešenja

1. Trenutno rešenje pomeranje blokova realizuje tako što jedan levi klik kad je strelica iznad bloka „hvata“ blok i nakon toga njega je moguće pomerati, a sledeći klik otpušta blok i sprečava njegovo dalje kretanje. Ovo nije najintuitivniji sistem za pomeranje blokova. Mnogo intuitivnije rešenje bi bilo da dok je levi klik pritisnut blok može da se pomera a otpuštanje levog klika zaustavlja pomeranje. Međutim zbog načina iscrtavanja slike na monitoru signal da je strelica miša na bloku koji treba da se aktivira je periodičan pa se gubi informacija o tome da se miš trenutno nalazi iznad tog bloka i onda kretanje prestaje.

2. Ukoliko se desi sudar blokova, pločica pamti smer kretanja miša u trenutku detekcije kolizije i na osnovu tog smera se blok vraća nazad u smeru iz koga je došao. Ukoliko bi se u tom trenutku pravac kretanja miša promenio, blok bi detektovao pogrešan pravac prethodnog kretanja bloka i počeo blok da pomera u smeru prethodnog kretanja blokova, što prouzrokuje dalju koliziju, jer se blok ne pocije da se vraća unazad već nastavlja da se kreće u prvobitnom smeru, koji je blokiran.

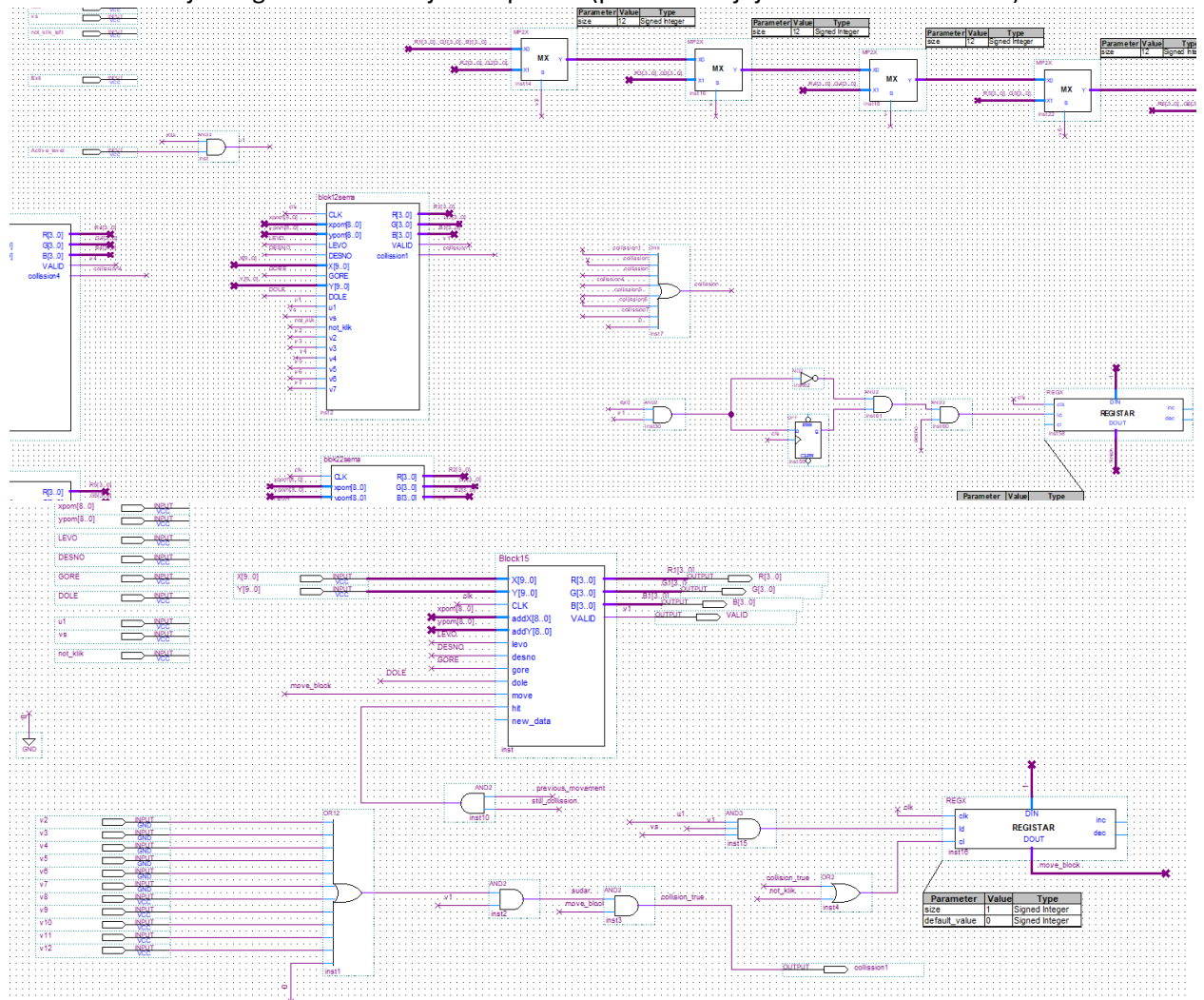
Sledeći koraci u razvoju projekta

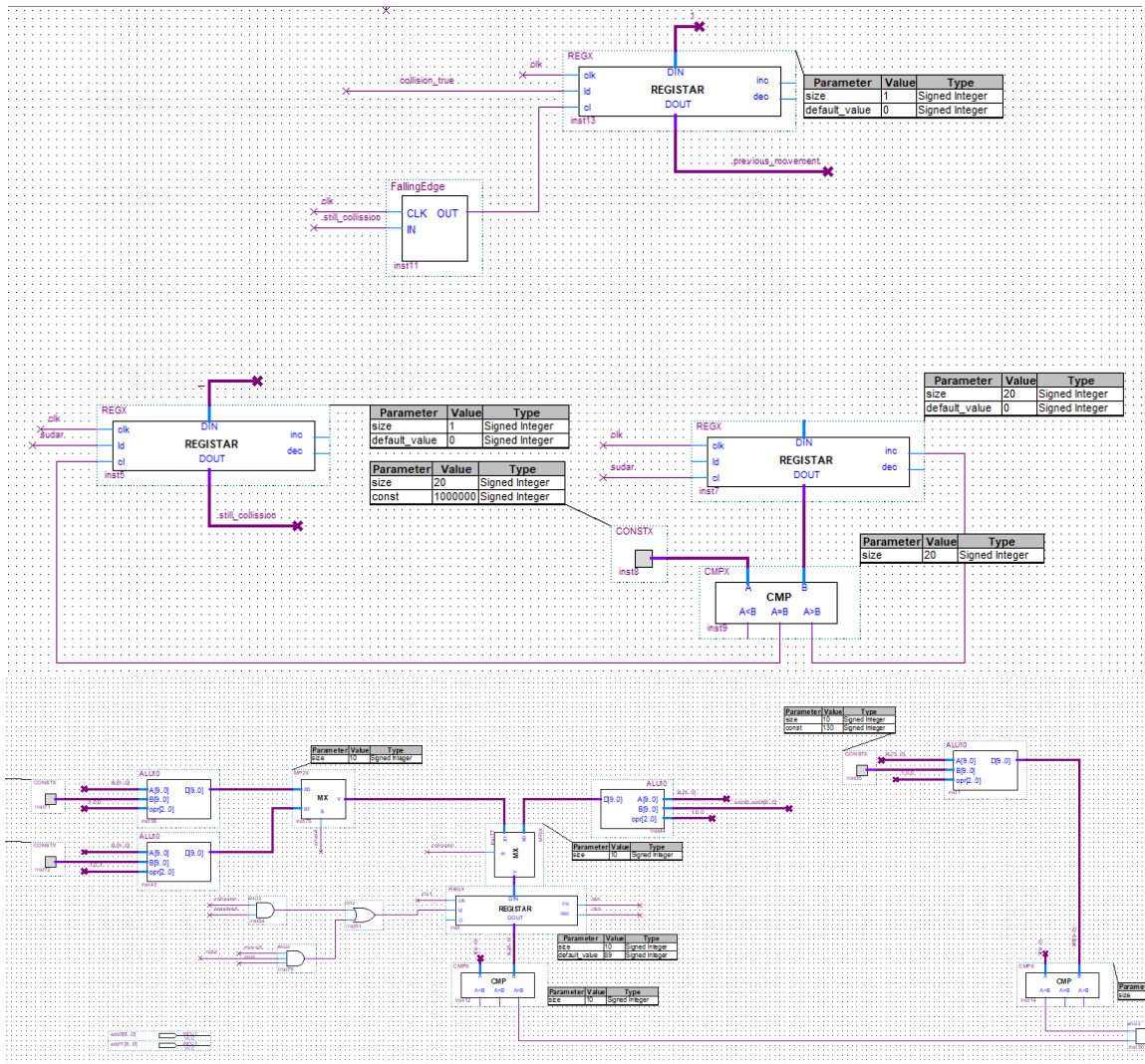
Postoji više stvari koje bi mogle da budu unapredjene na ovom projektu kao npr. dodavanje „reset“ dugmeta koje bi vraćalo nivo u početno stanje, brojanje povučenih poteza, računanje ukupnog vremena za sve nivoe, dodavanje završnog ekrana sa nekom porukom, ispis broja nivoa na ekranu, dodavanje novih nivoa itd.

Spisak i opis realizovanih sema

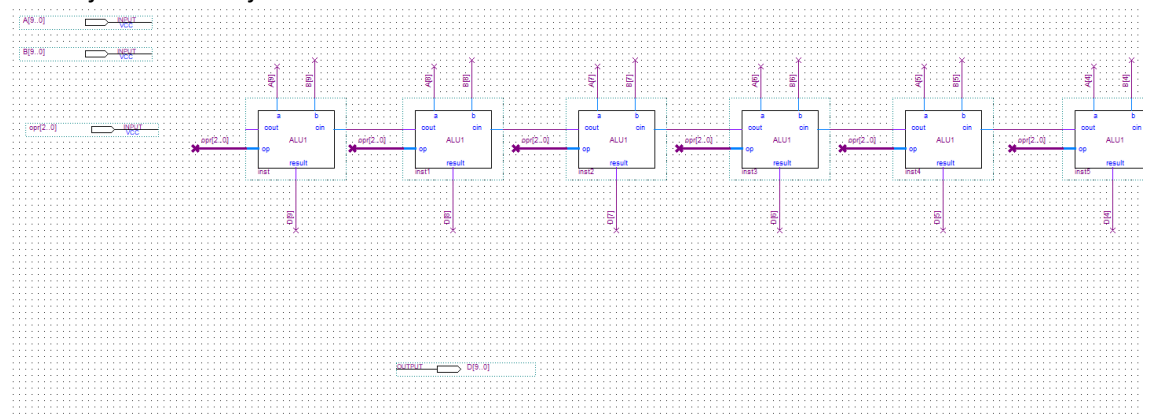
Za realizaciju bloka su korišćene sledeće šeme:

- VGA controler – sistem za iscrtavanje slike na ekranu na opisani način u odeljku „Protokoli“
- MouseControler – sistem za povezivanje i primanje podataka sa PS2 mišem takodje opisan u odeljku „Protokoli“ koji ostatku daje informacije o kretanju miša i o aktivaciji klikova
- Back – šema za iscrtavanje pozadine na osnovu trenutnog nivoa, realizovana kao više slojeva slike koji dovode do pravilnog iscrtavanja (pomoću multipleksera) pozadine, okvira i mreže po kojoj se kreću blokovi, kao i izlazne strelice koja se aktivira pri prelasku trenutnog nivoa i služi za aktivaciju sledeceg nivoa
- LevelX – šema koja predstavlja jedan nezavisan nivo igre koji se sastoji od šema blokova realizovanih preko BlockX šema čija je funkcionalnost pravilno iscrtavanje, bojenje i kretanje blokova unutar jednog nivoa u određenom pravcu (po osi na kojoj leži duža strana bloka)

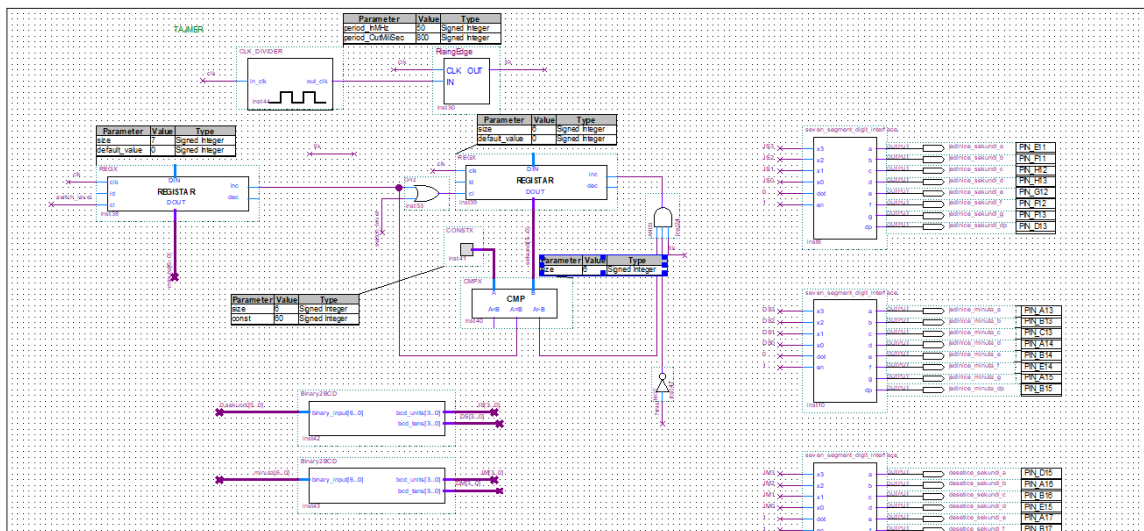




- ALU10 - aritmetičko logička jedinica koja vrši operacije nad desetobitnim vrednostima; sastavljena je vezivanjem ALU1 blokova koji vrše operacije nad dva jednobitna broja; koristi se za pomeranje blokova i strelice miša dodavanjem pomeraja u odgovarajućem pravcu na registre koji sadrže poziciju objekta koji se pomera; operacije ALU jedinice koje najčešće koriste jesu sabiranje i oduzimanje



- Tajmer – šema koja realizuje merenje vremena proteklog od pocetka resavanja trenutnog nivoa, resetujući se posle svakog pređenog, i ispisivanje trenutnog vremena nivoa na sedmo segmentnom LED displeju



- RegX, ALU1, CMPX, CONSTX, Debouncer, CLK Divider, 7-segment display, MP2X, DC8, Binary2BCD – komponente opšte namene dostupne na sajtu predmeta ORT2