

## Пројектни задатак

Немања Милошевић RA 200/2021

Вук Михаљчић RA 218/2021

Алекса Станковић RA 219/2021

Марко Пушковић RA 230/2021

# Framebuffer + Sega GPU

Логичко пројектовање рачунарских система 2

# 1 Задатак

Задатак пројекта у склопу предмета ЛПРС2 је дизајнирање игре по угледу на игре SEGA играчке конзоле. У овом случају имплементирана је игра случајној игри Pong користећи језик VHDL за пројектовање, FPGA плочицу на којој ће она извршавати и N64 играчки контролер којим ће се управљати играчима.

Документација обухвата процес развијања игре, њене спецификације и дизајн.

## 2 Преглед игре

Игра се састоји од двају играча у виду танких црних рекета, крећућих се вертикално, и црне лоптице на белој позадини. Резултат се бележи помоћу квадратића зелене и плаве боје за левог и десног играча, респективно.

Када лоптица прође иза играча, противник осваја бод. Победник је играч освојивши 5 бодова у току партије.

## 3 Спецификације дизајна

Систем развијања игре обухвата један рачунар у којем је писан VHDL код игре, додатни монитор на којем се прати одвијање игре, N64 контролер и FPGA плочицу.

### 3.1 Архитектура система

Цели систем заснива се на FPGA плочици. Она је компонента која извршава програм и повезује остали хардвер.

#### 3.1.1 Графичка спрега система

FPGA уређај комуницира с монитором шаљући сигнале путем HDMI везе. Резолуција излаза је 640x480 пиксела и ради на такту освежавања од 60 Hz.

#### 3.1.2 Протокол за комуникацију с контролером

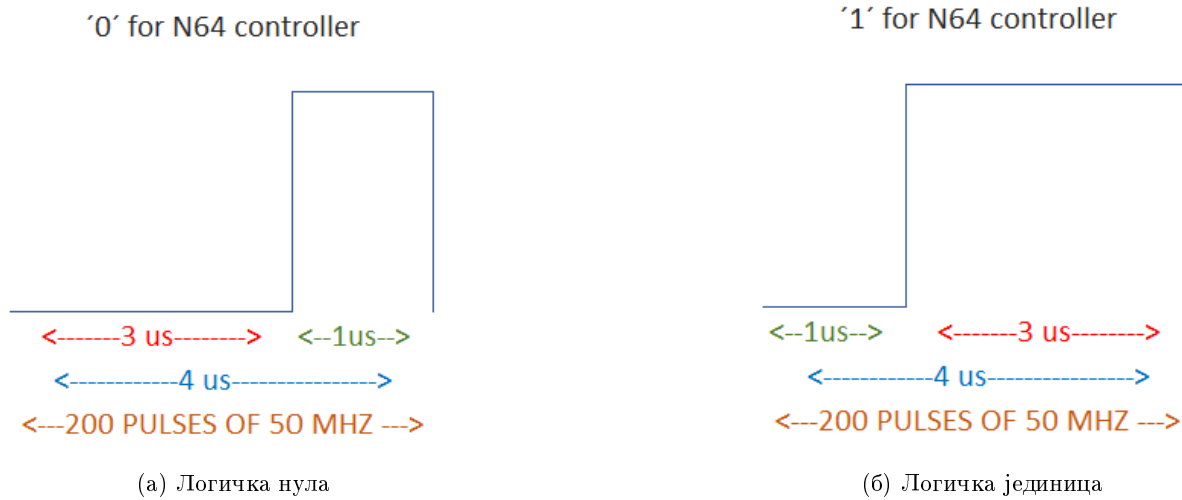
Протокол је заснован на обостраној комуникацији између FPGA система (водећи, енгл. master) и контролера (пратећи, енгл. slave). При комуникацији водећи шаље 9-битну поруку 0b000000001 којом затражује од пратећег повратну информацију о стању тастера, величине 34 бита.

Index	Content
0	A
1	B
2	Z
3	Start
4	Up
5	Down
6	Left
7	Right
8	Nothing
9	Nothing
10	L
11	R
12	C-Up
13	C-Down
14	C-Left
15	C-Right
16-23	X-Axis
24-32	Y-Axis
33	Stop bit

Слика 1: Формат одговора

### 3.1.3 Комуникација хардверских компоненти

Радни такт износи 50 Hz. Логичке цифре (0 и 1) састоје се од 200 периода такта. Нулу чине првих 150 периода на ниском напонском нивоу и затим 50 периода на високом. Јединицу чине 50 нисконапонских и 150 високонапонских периода.

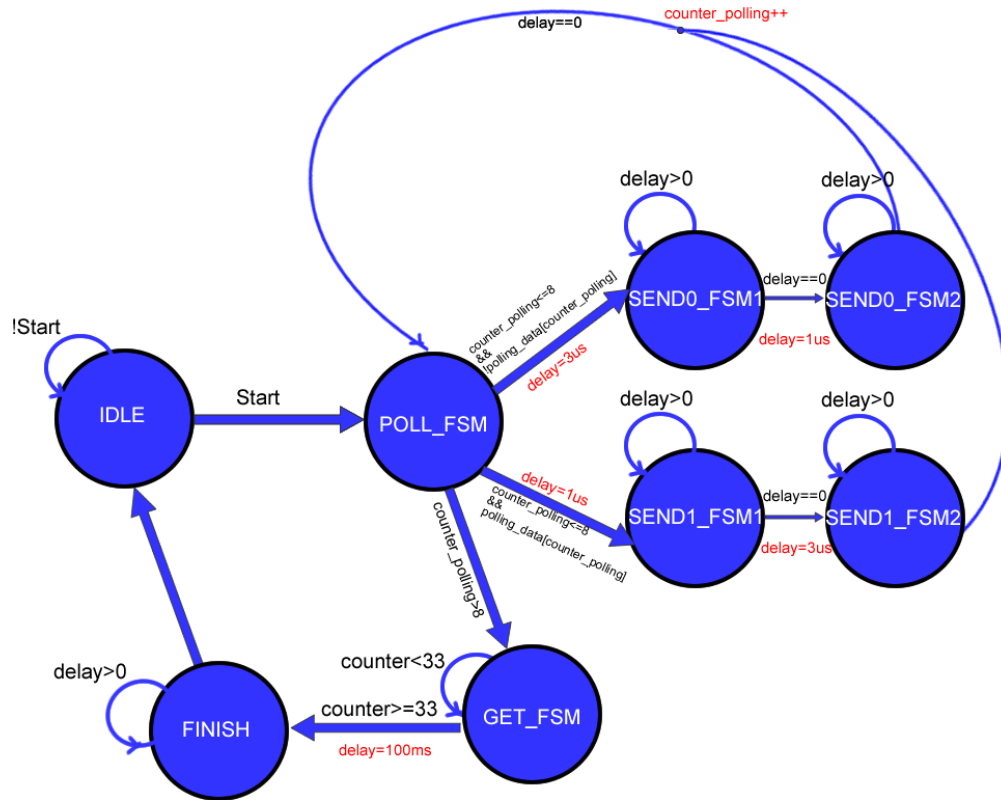


Слика 2: Логичке цифре у комуникацији

### 3.1.4 Аутомат коначног броја стања за комуникацију с водеће стране

Стања се могу представити аутоматом:

- IDLE\_FSM - систем чека да се активира
- POLL\_FSM - FPGA шаље контролеру захтев од 9 битова
- SEND0\_FSM1 - слање првог дела логичке нуле
- SEND0\_FSM2 - слање другог дела логичке нуле
- SEND1\_FSM1 - слање првог дела логичке јединице
- SEND1\_FSM2 - слање другог дела логичке јединице
- GET\_FSM - почетак примања одговора од контролера
- FINISH\_FSM - складиштење стања тастера контролера



Слика 3: Аутомат

## 3.2 Програмска подршка

Логика игре је имплементирана у језику за опис хардвера VHDL. Софтверска решења игре и контролера су одвојени модули, тако да су међусобно независни. Датотеке игре се налазе у директоријуму LPRS2\_2024/FB\_Sega\_GPU/FPGA/LPRS2\_HDMI\_Cam\_N64\_Joyrad\_LED.

Програмска подршка управља стањем целокупне игре:

- физика (судари, кретање лопте и играча)
- праћење тренутног резултата
- обрада улаза периферије
- приказ на екран (енг. render)

### 3.2.1 Физика

Лопта и играчи имају сопствене брзине кретања. Током свакога фрејма приказа положај ентитета се обнавља у односу на њихову брзину. Ако лопта удари у горњу или доњу ивицу екрана, њена вертикална брзина се инвертује. Ако играчи ударе у хоризонталне ивице, бивају заустављени, како не би изашли из визуелног опсега. Ако лопта удари у једног од играча, одбија се од њега према противничком играчу. Уколико играч не успе одбити лопту, лопта излази из опсега прошавши вертикалну ивицу, те се противнику додељује бод.

### 3.2.2 Праћење тренутног резултата

Када је играчу додељен бод, лопта се поново изводи на средину поља и бод се бележи у извесној променљивој. Када вредност бодова достигне 5, игра се враћа у почетно стање и меч почиње изнова.

### 3.2.3 Обрада улаза периферије

На контролеру постоје 4 релевантна тастера: UP, DOWN, C\_UP, C\_DOWN.

Први играч се покреће помоћу првих двају тастера, а други помоћу других. У случају истовременог притиска на горњи и доњи тастер, играч се неће померити.

### 3.2.4 Приказ на екран

Постоје 3 групе објеката приказивања:

- играчи - представљени су у облику танких правоугаоника црне боје
- лопта - представљена је у облику малог квадрата црне боје
- резултат - представљен је у горњем делу екрана у виду зелених и плавих квадратића

## 4 Компилација и покретање игре

Ради компилације користи се програмско окружење Intel Quartus 8.0. Најпре код мора проћи кроз анализу и синтезу; то се постиже пречицом Ctrl + L. Након тога процес компилације се завршава и потом је потребно отворити Programmer, чија је улога „спуштање“ кода на FPGA плочицу. Игру покренити кликом на Start.