Проектиране на вградени автомобилни електронни системи
Лабораторно упражнение №7

Работа с Xilinx Vivado и Vitis. Синтезиране на микропроцесорна система върху FPGA. Работа със SD карти.

==========

1. Превключете джъмпера вдясно на платката на позиция JTAG. Свържете µUSB кабел към PROG/UART USB куплунга. Включете платката от ключа ON/OFF.

2. От страничния панел на Ubuntu изберете бутон “Show Applications”, след което в полето “Type to search” напишете Vivado и натиснете с ляв бутон на мишката иконката на програмата.

3. Create Project → Next → Project name: 07_sd_card → Next → RTL Project + "Do not specify sources at this time" → Next → таб Boards: избира се Zybo (не Zybo Z7-10, не Zybo Z7-20, а само Zybo) → Next → Finish

ЗАБЕЛЕЖКА: работната маса с платка Zybo Z7-10 (вдясно на Етернет куплунга трябва да има 2 HDMI конектора; ако има един HDMI и един VGA значи, че е само Zybo) трябва да избере Zybo Z7-10 от това меню.

4. Вляво → Flow navigator → Create block design → OK

5. Вдясно → Diagram → right-click → Add IP → Search → ZYNQ7 Processing System → double click

8. Вдясно → Diagram → натиска се и се задържа ляв бутон върху FCLK_CLK0 сигнала и се свързва с M_AXI_GP0_ACLK, след това се пуска левия бутон.

9. Вдясно → Diagram → right-click → Add IP → Search → Processor System Reset → double click

10. Вдясно →Diagram → зелена лента → Designer Assitance available → Run Block Automation → Слага се отметка на "All Automation".

11. Вдясно →Diagram → зелена лента → Designer Assitance available -> Run Connection Automation → Слага се отметка на "All Automation". Натиска се OK.

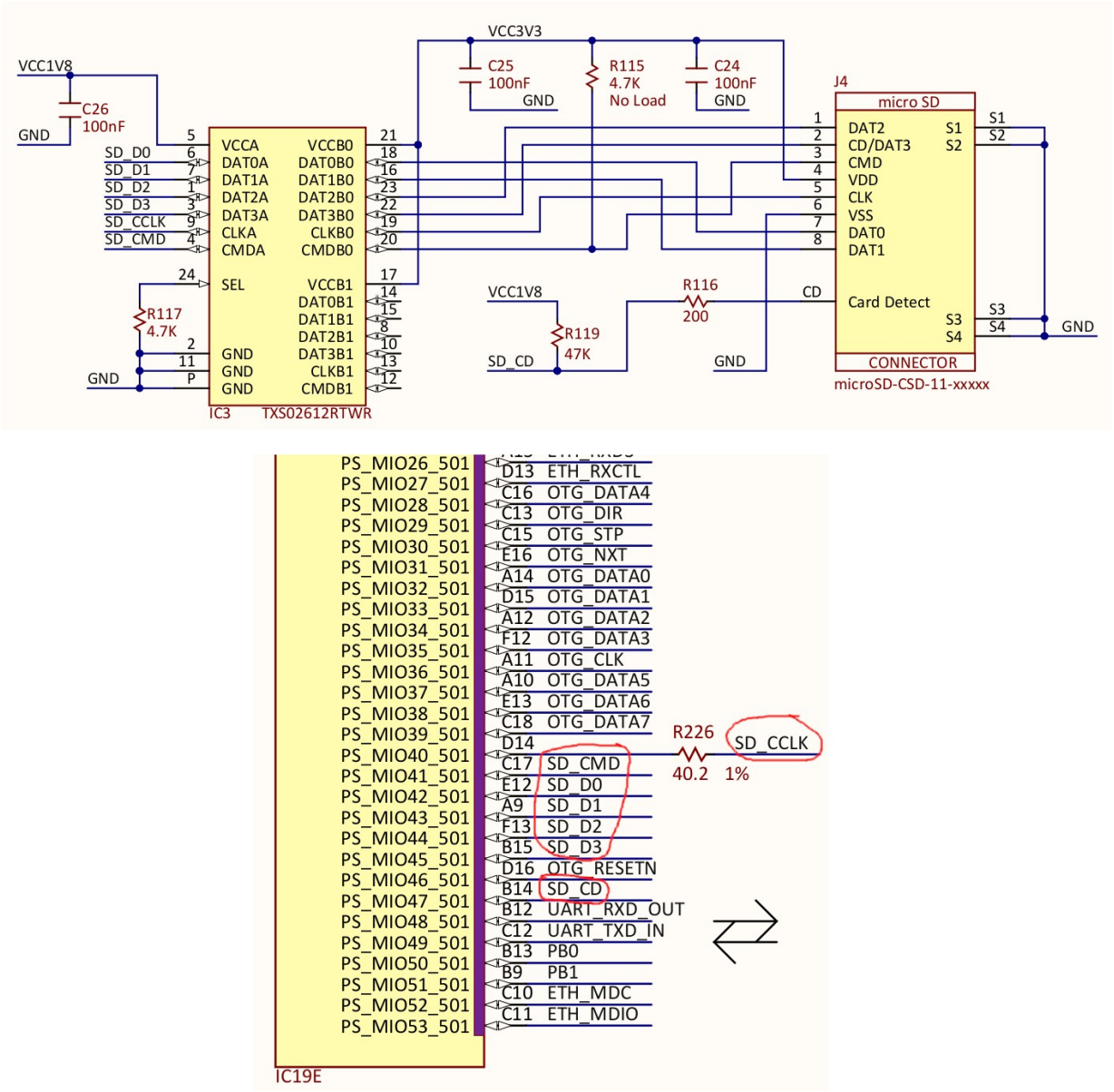
12. Щраква се два пъти върху блока “ZYNQ7 Processing System” → в “Page navigator” → MIO Configuration → маха се отметката на I/O Peripherals →

ENET0 и USB0.

13. В същия прозорец → “Page navigator” → MIO Configuration → слага се отметка на I/O Peripherals → UART1 и се проверяват връзките MIO48 ↔ tx, MIO49 ↔ rx

14. В същия прозорец → “Page navigator” → MIO Configuration → слага се отметка на I/O Peripherals→ SD0 и се проверяват връзките:

MIO40 ↔ clk
MIO41 ↔ cmd
MIO42 ↔ data[0]
MIO43 ↔ data[1]
MIO44 ↔ data[2]
MIO45 ↔ data[3]
MIO47 ↔ cd (**C**ard **D**etect, CD, с който се детектира слагането и изваждането на SD картата)
Забележете IC3 – TXS02612RT, който е разширител на порт, но в случая се ползва като транслатор на нива 1V8 ↔ 3V3.

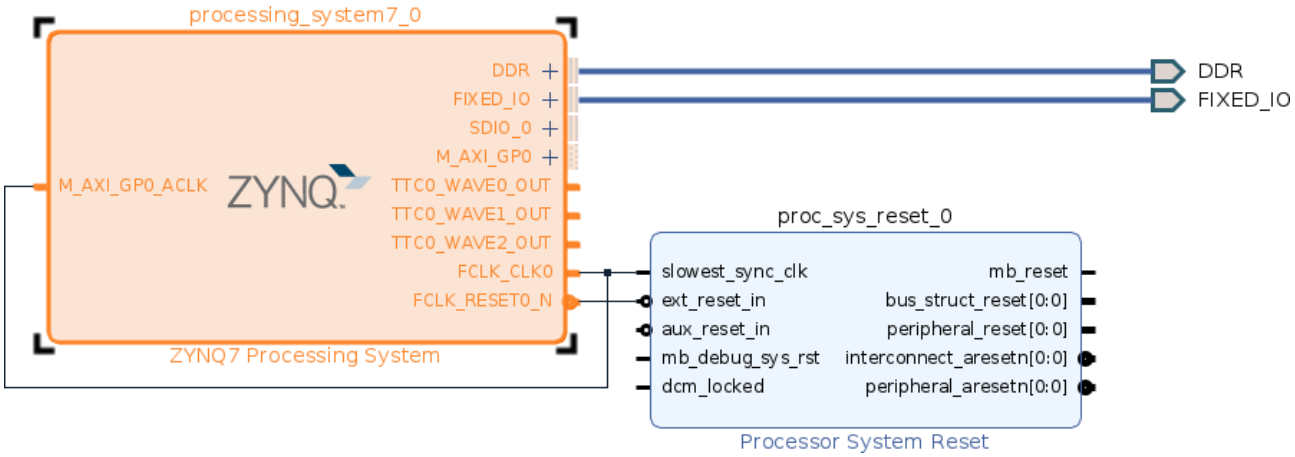


15. Подрежда се блоковата схема с бутон Regenerate Layout.

16. Вдясно → Diagram → лента с бутони → Validate Design (F6) → "Validation successful. There are no errors or critical warnings in this design." → OK

17. Централно → в Block design прозореца, натиска се таб-а Sources → Design sources → right-click на design_1.bd → Create HDL Wrapper (създава VHDL описание на новосъздадената система) → Let Vivado manage wrapper and auto-update → OK

Блоковата схема на системата трябва да изглежда така:



18. Вляво → Flow navigator → Generate bitstream → Yes → OK → изчаква се няколко минути (докато завърши синтеза) → View reports → OK

ВНИМАНИЕ: долу, централно, в таб Log може да наблюдавата съобщенията от синтеза. Най-горе, вдясно на Vivado прозореца ще видите иконка на въртящ се зелен часовник. Докато тя е видима, значи трябва да се изчака.

19. File → Export → Export hardware → Next → Include bitstream → Next → Next → Finish

==========

20. От страничния панел на Ubuntu изберете бутон “Show Applications”, след което в полето “Type to search” напишете Vitis Classic и натиснете с ляв бутон на мишката иконката на програмата.

21. Избира се път до workspace за фърмуерния проект → Launch

ВНИМАНИЕ: възможно е да има останали фърмуерни проекти от минали групи. В таб-а Explorer на средата Vitis със задържане на CTRL от клавиатурата изберете с ляв бутон на мишката всички проекти, след което натиснете десен бутон на мишката и Delete. Ако проектите ще се използват, махнете отметката от “Delete project contents on disk (cannot be undone)” и натиснете OK.

22. File → New → Platform project → Platform project name: 07_sd_card → Next → таб "Create new platform from hardware" → Browse → избира се пътя до проекта 07_sd_card, създаден от Vivado → design_1_wrapper.xsa → Open → Finish

23. В xsdps_card.c се намират low-level API функции, които се използват от файловата система xilffs_v4_4 (която е създадена като статична библиотека). НО тази библиотека не е добавена по подразбиране към проекта. Затова: вляво на

средата до таб Explorer има друга таб, Assistant → избира се проекта 07_sd_card [Platform] → десен бутон → Open Platform Editor → избира се “standalone on ps7_cortexa9_0 → Board Support Package → централно ще се появи таб с бутон “Modify BSP Settings” → натиска се този бутон → слага се отметка на Supported libraries / xilffs → OK.

24. Вляво→Project explorer → избира се 07_sd_card (Out-of-date) → right-click → Build Project.

25. File → New → Application project → Next → "Select a platform from repository" → Избира се 07_sd_card → Next → Application project name: 07_sd_card_app → Next → Next → “Hello World” → Finish.

26. Щраква се двукратно с ляв бутон върху директорията src в проекта 07_sd_app_system/07_sd_app → src → helloworld.c

27. В текстовия редактор на Vitis се въвежда следната програма [1]:
Уверете се, че SD картата е форматирана с FAT32 файлова система и че поддържа висока скорост на обмен (125 MHz, CLASS10 UHS-I, GOODRAM 16 GB или 32 GB).

```
#include <stdio.h>
#include "platform.h"
#include "xil_printf.h"

#include "ff.h"

int main(){
   FIL fil;
   FATFS fatfs;
   FRESULT res;
   TCHAR *root_path = "0:/";
   char *file_contents = "Hello, world!";
   UINT bytes_written;
   //BYTE page[FF_MAX_SS];



    init_platform();

    printf("Starting SD card example ...\n\r");

    res = f_mount(&fatfs, root_path, 0);
    xil_printf("f_mount: %d\n", res);

    //f_mkfs(root_path, FM_FAT32, 0, page, sizeof(page)); //Format sd card with
FAT32

    res = f_open(&fil, "test.txt", FA_CREATE_ALWAYS | FA_WRITE);
    xil_printf("f_open: %d\n", res);
    res = f_write(&fil, (const void*)file_contents, 13, &bytes_written);
    xil_printf("f_write: %d\n", res);
```

```
    res = f_close(&fil);
    xil_printf("f_close: %d\n", res);
    res = f_mount(NULL, root_path, 0); // = unmount
    xil_printf("f_unmount: %d\n", res);

    while(1){ }

    cleanup_platform();

    return 0;
}
```

28. Вляво, Project explorer -> избира се 07_sd_card_app_system -> right-click -> Build project.

29. Вляво, Project explorer -> избира се 07_sd_card_app_system -> right-click -> Debug as -> Launch Hardware.

30. Отваря се терминал в Ubuntu с CTRL + ALT + T → Пише се ls /dev/tty и се натиска tab → "Display all 100 possibilities? (y or n)" въвежда се 'y' → **търси се системния файл, отговарящ на виртуалния RS232 порт** за дебъг съобщения (обикновено ttyUSB1, ВНИМАНИЕ на ttyUSB0 излиза виртуален порт за JTAG дебъгера, който не трябва да бъде отварян).
След като се види номера на виртуалния порт, в същия терминал се стартира RS232 терминал чрез командата:

```
cutecom
```

31. В cutecom → Device: избира се съответния порт за дебъг съобщения /dev/ttyUSBx → Settings → 115200-8-N-1, no flow control -> Open

32. Във Vitis: натиска се бутон Resume (F8). След това в Cutecom трябва да се изпише:

```
Starting SD card example ...
[19:21:48:580] f_mount: 0
[19:21:52:996] f_open: 0
[19:21:52:996] f_write: 0
[19:21:52:996] f_close: 0
[19:21:52:996] f_unmount: 0
```

33. За да спрете debug сесията във Vitis, натиснете Disconnect.

34. Проверете с четец на карти дали в SD картата е записан файл test.txt със съдържание “Hello, World!”. Поискайте четеца от ръководителя на упражнението.

35. За да не смущавате ръководителя на упражнението повече, напишете програма, която прочита току-що записания файл и принтира съдържанието му в Cutecom терминала [2]. Използвайте xil_printf с форматни спецификатори.

* * *

[1] https://github.com/Xilinx/embeddedsw/blob/master/lib/sw_services/xilffs/examples/xilffs_polled_example.c
[2] http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html

доц. д-р инж. Любомир Богданов, 2024 г.