



## Проектиране на вградени автомобилни електронни системи

### Лабораторно упражнение №6

Работа с Xilinx Vivado и Vitis. Синтезиране на микропроцесорна система върху FPGA. Работа със SPI модул.

=====

1. Превключете джъмпера вдясно на платката на позиция JTAG. Свържете  $\mu$ USB 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: 06\_spi → 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. Щраква се два пъти върху блока “ZYNQ7 Processing System” → в “Page navigator” → MIO Configuration → слага се отметка на I/O Peripherals → UART1 и се проверяват връзките MIO48 ↔ tx, MIO49 ↔ rx

11. В същия прозорец → “Page navigator” → MIO Configuration → слага се отметка на Memory Interfaces → Quad SPI Flash → Single SS 4-bit IO → на падащото меню Data mode се избира x1 → проверяват връзките: MIO1 ↔ qspi0\_ss\_b

MIO2 ↔ qspi0\_io[0]  
MIO3 ↔ qspi0\_io[1]  
MIO5 ↔ qspi0\_io[3]/HOLD\_B  
MIO6 ↔ qspi0\_sclk

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

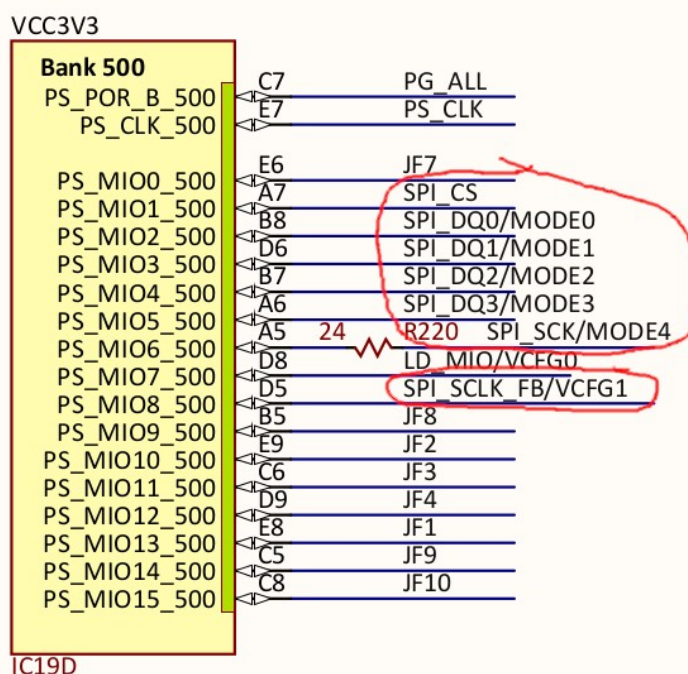
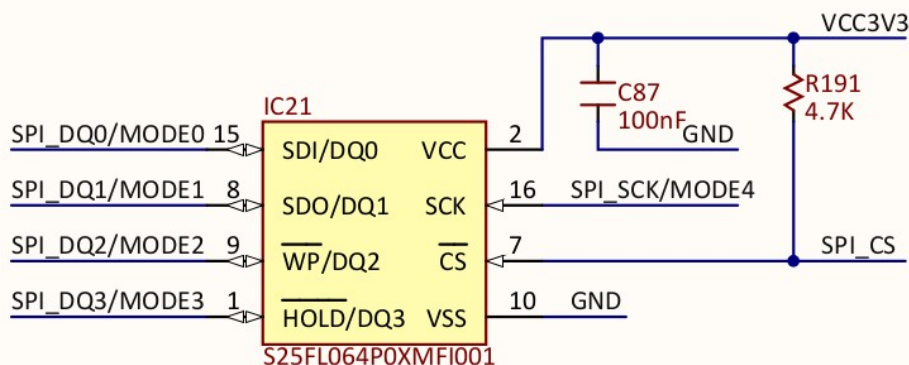
13. В същия прозорец → "Page navigator" → MIO Configuration → маха се отметката на I/O Peripherals → ENET0 и USB0.

14. Вдясно → Diagram → зелена лента → Designer Assistance available → Run Connection Automation → Слага се отметка на "All Automation". Натиска се OK.

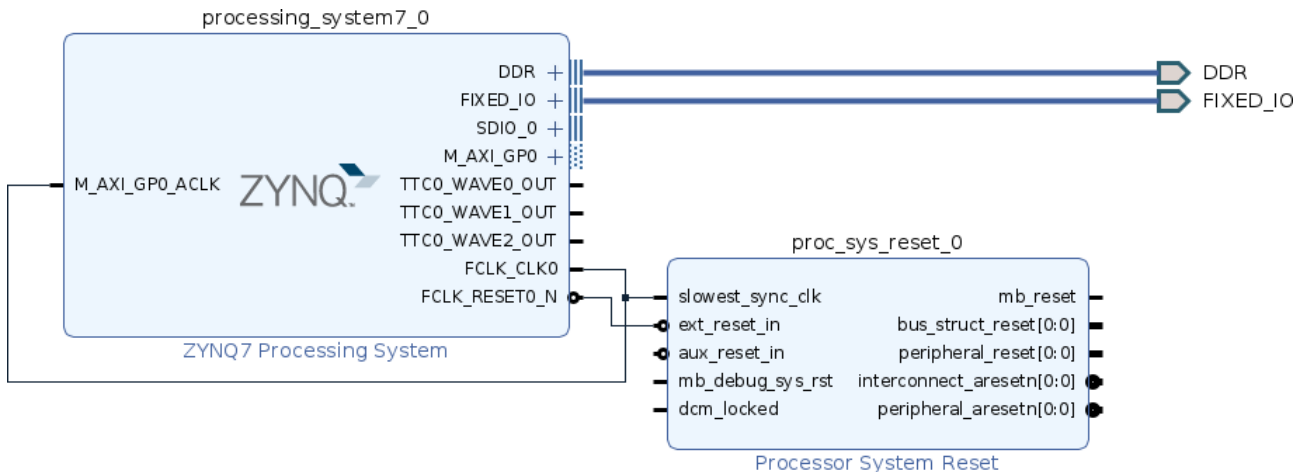
15. Подрежда се блоковата схема с бутон Regenerate Layout.

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 наблюдавате 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: 06\_spi → Next → таб "Create new platform from hardware" → Browse → избира се пътя до проекта 06\_spi, създаден от Vivado → design\_1\_wrapper.xsa → Open → Finish

23. Вляво → Project explorer → избира се 06\_spi → right-click → Build Project.

24. File → New → Application project → Next → "Select a platform from repository" → Избира се 06\_spi → Next → Application project name: 06\_spi\_app → Next → Next → "Hello World" → Finish.

25. Щраква се двукратно с ляв бутон върху директорията src в проекта 06\_spi\_app\_system/06\_spi\_app → src → helloworld.c

26. В текстовия редактор на Vitis се въвежда следната програма [1], [2]:

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

#include "xparameters.h"
#include "xscugic.h"
#include "xil_exception.h"
#include "xqspi.h"

XScuGic INTC0;
XQspiPs QSPI0;

volatile u8 transmitting_data;

void qspi_status_handler(void *CallBackRef, u32 StatusEvent, unsigned int
ByteCount){
    transmitting_data = 0;
}

int main(){
    u8 cmd_buffer[16];
    u8 read_buffer[256];
    XScuGic_Config *intc_config;
    XQspiPs_Config *qspi_config;

    init_platform();

    print("Starting the SPI Flash example ...\n\r");

    intc_config = XScuGic_LookupConfig(XPAR_PS7_SCUGIC_0_DEVICE_ID);
    XScuGic_CfgInitialize(&INTC0, intc_config, intc_config->CpuBaseAddress);
    XScuGic_Connect(&INTC0, XPAR_XQSPIPS_0_INTR, (Xil_ExceptionHandler)
XQspiPs_InterruptHandler, &QSPI0);
    XScuGic_Enable(&INTC0, XPAR_XQSPIPS_0_INTR);
    Xil_ExceptionInit();
    Xil_ExceptionRegisterHandler(XIL_EXCEPTION_ID_INT, (Xil_ExceptionHandler)
XScuGic_InterruptHandler, &INTC0);
    Xil_ExceptionEnable();

    qspi_config = XQspiPs_LookupConfig(XPAR_XQSPIPS_0_DEVICE_ID);
    XQspiPs_CfgInitialize(&QSPI0, qspi_config, qspi_config->BaseAddress);
    XQspiPs_SetStatusHandler(&QSPI0, &QSPI0, (XQspiPs_StatusHandler)
qspi_status_handler);
    XQspiPs_SetOptions(&QSPI0, XQSPIPS_FORCE_SSELECT_OPTION |
XQSPIPS_MANUAL_START_OPTION | XQSPIPS_HOLD_B_DRIVE_OPTION);
    XQspiPs_SetClkPrescaler(&QSPI0, XQSPIPS_CLK_PRESCALE_8);
```

```

XQspiPs_SetSlaveSelect(&QSPI0);

memset(read_buffer, 0x00, 256);

cmd_buffer[0] = 0x90; //Read ID command
cmd_buffer[1] = 0x00; //Address byte 0
cmd_buffer[2] = 0x00; //Address byte 1
cmd_buffer[3] = 0x00; //Address byte 2
cmd_buffer[4] = 0x00; //Dummy byte
cmd_buffer[5] = 0x00; //Dummy byte
cmd_buffer[6] = 0x00; //Dummy byte

transmitting_data = 1;

XQspiPs_Transfer(&QSPI0, cmd_buffer, read_buffer, 7);

while (transmitting_data){ }

xil_printf("Flash ID = 0x%02X 0x%02X\n\r", read_buffer[5], read_buffer[6]);

while(1){ }

cleanup_platform();

return 0;
}

```

27. Вляво, Project explorer -> избира се 06\_spi\_app\_system -> right-click -> Build project

28. Вляво, Project explorer -> избира се 06\_spi\_app\_system -> right-click -> Debug as -> Launch Hardware

29. 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

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

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

Starting the SPI Flash example ...<sup>LF</sup>

[22:43:31:646] <sup>C<sub>R</sub></sup> Flash ID = 0x17 0x01 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

**ЗАБЕЛЕЖКА:** работната маса с платка Zybo Z7-10 ще получи:

[22:43:31:646] <sup>C<sub>R</sub></sup> Flash ID = 0x17 0xEF <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

защото Flash чипът е на друг производител (Winbond W25Q128JV).

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

33. Напишете програма, която прочита JEDEC уникалния номер, 16-битов Device ID и 66-байтов CFI блок с командата RDID.

**ЗАБЕЛЕЖКА:** работната маса с платка Zybo Z7-10 ще получи само 3 байта от тази команда.

34. Напишете програма, която прочита 128 байта от адрес 0x00.0000 и ги принтира в следния формат:

Starting the SPI Flash example ... <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:836] <sup>C<sub>R</sub></sup> Data block: <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:836] <sup>C<sub>R</sub></sup> <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:836] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:852] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA 0xFE 0xFF 0xFF 0xEA <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:852] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0x66 0x55 0x99 0xAA 0x58 0x4E 0x4C 0x58 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x01 0x01 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:868] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0xC0 0x0A 0x00 0x00 0x0C 0x40 0x01 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:868] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0x0C 0x40 0x01 0x00 0x01 0x00 0x00 0x00 0x68 0xD1 0x16 0xFC 0x00 0x00 0x00 0x00 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:868] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:884] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

[23:17:21:884] <sup>C<sub>R</sub></sup> 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 <sup>ᵗ<sub>F</sub></sup>

\*

\*

\*

[1] [https://xilinx.github.io/embeddedsw.github.io/qspips/doc/html/api/globals\\_func.html](https://xilinx.github.io/embeddedsw.github.io/qspips/doc/html/api/globals_func.html)

[2] [https://github.com/Xilinx/embeddedsw/blob/master/XilinxProcessorIPLib/drivers/qspips/examples/xqspips\\_flash\\_intr\\_example.c](https://github.com/Xilinx/embeddedsw/blob/master/XilinxProcessorIPLib/drivers/qspips/examples/xqspips_flash_intr_example.c)

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