**Rendszerarchitektúrák laboratórium**

**Xilinx EDK mérés**

**Mérési jegyzőkönyv**

|  |  |
| --- | --- |
| **Dátum** |  |
| **Mérésvezető neve** |  |
| **Név** | **Mérőcsoport** | **Aláírás** |
|  |  |  |
|  |  |  |

A mérés célja a Xilinx EDK fejlesztői környezet megismerése, egy egyszerű mikroprocesszoros rendszer létrehozása és bővítése perifériákkal, valamint egyszerű C nyelvű alkalmazások készítése. A mérés során a Xilinx Spartan-3E Starter kártyát fogjuk használni.

A feladatok megoldása során a válaszokat rögtön a kérdések után írja be vagy töltse ki az ott található táblázatot. A nagyobb méretű C vagy Verilog forráskódot a jegyzőkönyv végén mellékelje. A forráskódok esetén a betűtípus legyen Courier New, a betűméret pedig legyen 9. Ügyeljen az áttekinthetőségre!

**Felkészülés a mérésre:**

* Nézze át az FPGA kártya leírását, amely letölthető az alábbi helyről:
<http://www.digilentinc.com/Data/Products/S3EBOARD/S3EStarter_ug230.pdf>
* Nézze át a bevezető előadás anyagát, különösképpen a ***MicroBlaze processzor***, az ***EDK alapok*** és a ***Szoftverfejlesztés*** fejezeteket. A bevezető előadás anyaga letölthető a tárgy honlapjáról:

<http://portal.mit.bme.hu/?l=oktatas/targyak/vimim239/jegyzet/index.html>

**1. feladat:** Egyszerű mikroprocesszoros rendszer létrehozása.

A Base System Builder Wizard segítségével hozza létre az alábbi ábrán látható rendszert. A rendszerórajel frekvenciája legyen 50 MHz, az LMB buszra illesztett Blokk-RAM mérete legyen 16 KB. Az UART periféria (UART DCE) beállításai: 115200 bit/s adatátviteli sebesség, 8 adatbit, nincs paritásellenőrzés valamint nincs megszakítás használat. A MicroBlaze processzoron a gyorsítótárat (cache) ne engedélyezze. A többi esetben az alapértelmezett beállítások megfelelőek.

**16 Kbyte Blokk-RAM**

**MicroBlaze processzor**

**MDM**

**GPIO**

**UART**

**Memóriavezérlő**

**Processor Local Bus (PLB)**

LED-ek

UART DCE csatlakozó

DDR SDRAM

Xilinx USB letöltő (JTAG)

50 MHz oszcillátor

RESET gomb (BTN south)

A rendszer létrehozása után engedélyezze a MicroBlaze processzoron a **barrel shiftert**, a **hardveres szorzót** (32 bites) és a **hardveres osztót**.

**1.a)** Vizsgálja meg a létrehozott processzoros rendszer felépítését és válaszoljon az alábbi kérdésekre, illetve töltse ki a táblázatokat.

Milyen buszokat tartalmaz a rendszer és ezekre milyen perifériák csatlakoznak?

|  |  |
| --- | --- |
| **A busz neve** | **A buszra kapcsolódó perifériák** |
|  |  |
|  |  |

Mi a funkciója az alábbi perifériáknak?

|  |  |
| --- | --- |
| **Periféria neve** | **A funkció rövid leírása** |
| **DDR\_SDRAM** |  |
| **mdm\_0** |  |
| **clock\_generator\_0** |  |
| **proc\_sys\_reset\_0** |  |

Sorolja fel azon vezetékek neveit, melyek az itt megadott portokra csatlakoznak.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **IP modul** | **Port** | **A portra csatlakozó vezeték** |
| **RS232\_DCE** | **RX** |  |
| **TX** |  |
| **LEDs\_8Bit** | **GPIO\_IO\_O** |  |
| **microblaze\_0** | **INTERRUPT** |  |

Vázolja fel a microblaze\_0 processzor címtartományának kiosztását, a szabad területeket is feltüntetve. A perifériákhoz írja oda a címtartomány méretét is.

|  |  |
| --- | --- |
| **Szabad terület** | **0xFFFFFFFF** |
| **0x90000000** |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
|  |
| **LEDs\_8Bit (64 KB)** |  |
|  |
|  |  |
|  |
|  |  |
| **0x00000000** |

**1.b)** Az általános GPIO periféria egy csatornájához tartozó regisztereknek mi a funkciója?

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cím** | **Név** | **Művelet** | **Funkció** |
| Bázis+0x00 |  | írás |  |
| olvasás |  |
| Bázis+0x04 |  | írás |  |
| olvasás |  |

A LED-ekhez tartozó GPIO perifériában található regiszter(ek): …………

Hány bites(ek) a LED-ekhez tartozó GPIO periféria regisztere(i): …………

**1.c)** Exportálja a HW tervet SDK-ba úgy, hogy a bitstream exportálás legyen kikapcsolva! Így a HW terv lefordítása nélkül is létrehozható, illetve frissíthető a SW projekt.

**2. feladat:** Gyári perifériák hozzáadása a processzoros rendszerhez.

Illessze az FPGA kártyán található 4 darab kapcsolót (SW0-SW3) és a 4 darab nyomógombot (BTN West, BTN North, BTN East és CENTER) a rendszerhez. A kapcsolókhoz tartozó periféria neve legyen ***switches***, a nyomógombokhoz tartozó periféria neve pedig legyen ***buttons***. Az egyes kapcsolók és nyomógombok mellett fel van tüntetve, hogy mely FPGA I/O lábra csatlakoznak (pl. az SW0 kapcsoló az L13 lábra csatlakozik). Az I/O szabvány mindkét esetben legyen LVTTL. A kapcsolók esetén szükséges a felhúzó ellenállás, a nyomógombok esetén pedig szükséges a lehúzó ellenállás engedélyezése a megfelelő I/O lábakon.

**2.a)** Melyik perifériát választaná ki az IP katalógusból a kapcsolók és a nyomógombok illesztéséhez?

**2.b)** A rendszerhez történő hozzáadás után konfigurálja a perifériát. Milyen beállításai vannak a kiválasztott perifériának? Milyen beállításokat adna meg kapcsolókhoz, illetve a nyomógombokhoz tartozó perifériák esetén?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **A beállítható paraméter** | **A paraméter értéke a kapcsolók esetén** | **A paraméter értéke a nyomógombok esetén** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**2.c)** Vezesse ki a perifériák megfelelő portját az FPGA I/O lábakra és módosítsa az UCF fájlt.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **switches** | **buttons** |
| **A kivezetendő port neve** |  |  |
| **A portra csatlakozó vezeték neve** |  |  |
| **A külső port neve** |  |  |

Az UCF fájlhoz hozzáadott sorok:

**2.d)** Exportálja a HW projektet SDK-ba, majd **fordítsa le a HW tervet** (azaz hozza létre az FPGA konfigurációs fájlt) és vizsgálja meg a felhasznált FPGA erőforrásokat. Ennek megfelelően töltse ki az alábbi táblázatot.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Erőforrás** | **Felhasznált (db)** | **Rendelkezésre áll (db)** | **Kihasználtság (%)** |
| **Flip-flop-ok** |  |  |  |
| **4 bemenetű LUT-ok** |  |  |  |
| **Slice-ok** |  |  |  |
| **I/O blokkok** |  |  |  |
| **Blokk-RAM-ok** |  |  |  |
| **Szorzók** |  |  |  |

**3. feladat:** Egyszerű applikációk létrehozása

**3.a)** A Platform Studio SDK-ban készítsen egy rövid C nyelvű programot, amely egy 8 bites, balra shiftelő Johnson számlálót valósít meg és ennek értékét megjeleníti a LED-eken. A GPIO perifériát közvetlenül kezelje (I/O makrók). A shiftelések kb. másodpercenként történjenek. Az időzítést szoftveresen oldja meg (pl. for ciklus). A program forráskódját ide másolja be. Röviden ismertesse a program működését.

**3.b)** Az előző szoftver alkalmazás projekt esetén alapértelmezésben a ***Debug*** konfiguráció lett kiválasztva. Állítsa át a konfigurációt ***Release***-ra és futtassa a programot a célrendszeren. Mit tapasztal? Ha a program nem működik megfelelően, akkor annak mi lehet az oka és hogyan oldaná meg a problémát?

**3.c)** Hozzon létre egy új C alkalmazás projektet az SDK-ban és készítsen egy C alkalmazást, amely kb. fél másodpercenként hexadecimálisan kiírja a standard outputra a kapcsolók és a nyomógombok állapotát. Az időzítést szoftveresen oldja meg. A standard outputra történő íráshoz használja a ***xil\_printf()*** függvényt és a ***”%X”*** formátum stringet. A perifériák kezeléséhez használja az alacsony szintű meghajtókat. A forráskódot ide másolja be. Röviden ismertesse a program működését.

**3.e)** Hozzon létre egy új C alkalmazás projektet az SDK-ban és készítse el az előző C nyelvű alkalmazást magas szintű eszközmeghajtók használatával. A forráskódot ide másolja be. Hasonlítsa össze a két esetben a memóriaigényt.

**3.f)** Hozzon létre egy új C alkalmazás projektet az SDK-ban és készítse el az előző C nyelvű alkalmazást, de most hexadecimális formátum helyett 4 bites bináris számként jelenítse meg a kapcsolók és a nyomógombok állapotát (bináris formátum string nincs!). A konvertálást végző függvény forráskódját ide másolja be és írja le röviden a működését.

**3.g)** A standard outputra történő íráshoz most használja a ***xil\_printf()*** függvény helyett a standard C könyvtár ***printf()*** függvényét. Fordítsa le a programot. Milyen hibát tapasztal és hogyan oldaná ezt meg?

4**. feladat:** Timer & Interrupt Controller periféria rendszerbe illesztése.

Az előző feladatok esetén az időzítés szoftveresen lett megvalósítva. A hardveres időzítéshez hozzá kell adni a rendszerhez egy időzítő perifériát, melyet először lekérdezésesen, ezt követően Interrupt-osan fogunk kezelni (de annak érdekében, hogy minél kevesebbszer kelljen lefordítani a HW-t, már most felkészítjük az Interrupt-os megvalósításra).

**4.a)** Adjon a rendszerhez egy ***XPS Timer/Counter*** perifériát és konfigurálja úgy, hogy egy darab 32 bites számlálóval rendelkezzen használjon megszakítást.

**4.b)** Nézze át a periféria adatlapját. Milyen főbb üzemmódjai vannak az időzítőnek? Írja le ezek működését röviden. Esetünkben melyik üzemmódot kell majd használni?

**4.c)** Milyen regiszterei vannak az időzítőnek?

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cím** | **Név** | **Művelet** | **Funkció** |
| Bázis+0x00 |  | írás |  |
| olvasás |  |
| Bázis+0x04 |  | írás |  |
| olvasás |  |
| Bázis+0x08 |  |  |  |

**4.d)** Mi a funkciója az időzítő vezérlő/státusz regiszterében az itt megadott biteknek?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Index** | **Név** | **Funkció** |
| 31 |  |  |
|  |  | A számláló: felfele számlál (0) / lefele számlál (1) |
|  | ARHT0 |  |
|  | LOAD0 |  |
| 25 |  |  |
| 24 |  |  |
|  | T0INT |  |

**4.e)** Adjon hozzá a rendszerhez egy ***XPS Interrupt Controller*** perifériát. A megszakítás vezérlő ***Irq*** kimenetét kösse a MicroBlaze processzor ***INTERRUPT*** portjára.

**4.f)** Nézze át a megszakítás vezérlő adatlapját és ez alapján töltse ki az alábbi táblázatot.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cím** | **Regiszter** | **Elérés** | **Funkció** |
| Bázis+0x00 | ISR | R/W |  |
| Bázis+0x04 | IPR | R |  |
| Bázis+0x08 |  |  |  |
| Bázis+0x0C |  | W |  |
| Bázis+0x10 |  |  |  |
| Bázis+0x14 |  |  |  |
| Bázis+0x18 |  |  |  |
| Bázis+0x1C |  |  | HIE bit |  |
| ME bit |  |

**5. feladat:** Saját perifériák hozzáadása a processzoros rendszerhez.

**5.a)** Adja hozzá az LCD interfész perifériát a rendszerhez. A ***Create/Import Peripherals Wizard*** segítségével hozzon létre egy saját perifériát, melynek neve legyen ***lcd\_ip***. **A slave szolgáltatások közül csak a regisztereket engedélyezze, a többi szolgáltatásra nincs szükség. A slave regiszterek száma legyen 1, a user\_logic modul nyelve legyen Verilog.** A létrejött perifériát adja hozzá a rendszerhez. A házi feladatban elkészített forráskóddal írja felül a user\_logic.v fájl tartalmát és módosítsa a periféria top-level modulját (VHDL fájl), valamint a perifériához tartozó MPD fájlt. Az LCD kijelző bekötését az alábbi táblázat mutatja.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit index** | **FPGA I/O láb** | **I/O szabvány** | **Meghajtás erőssége** | **Jelváltási sebesség** |
| 0 | R15 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 1 | R16 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 2 | P17 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 3 | M15 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 4 | L17 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 5 | L18 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |
| 6 | M18 | LVCMOS33 | 4 mA | SLOW |

Az MPD fájlhoz hozzáadandó sorok:

**5.b)** Adja hozzá az enkóder interfész perifériát a rendszerhez. A ***Create/Import Peripherals Wizard*** segítségével hozzon létre egy saját perifériát, melynek neve legyen ***encoder\_ip***. **A slave szolgáltatások közül csak a regisztereket engedélyezze, a többi szolgáltatásra nincs szükség. A slave regiszterek száma legyen 2, a user\_logic modul nyelve legyen Verilog.** A létrejött perifériát adja hozzá a rendszerhez. A házi feladatban elkészített forráskóddal írja felül a user\_logic.v fájl tartalmát és módosítsa a periféria top-level modulját (VHDL fájl), valamint a perifériához tartozó MPD fájlt. Az enkóder bekötését az alábbi táblázat mutatja.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jel** | **FPGA I/O láb** | **I/O szabvány** | **Egyéb** |
| A | G18 | LVTTL | felhúzó ellenállás |
| B | K18 | LVTTL | felhúzó ellenállás |

Az MPD fájlhoz hozzáadandó sorok:

**5.c)** Az MPD fájlokban bekövetkezett módosítások figyelembe vételéhez a ***Project*** menüben válassza ki a ***Rescan User Repositories*** menüpontot. Vezesse ki a hozzáadott perifériák ***lcd***, ***encoder\_a*** és ***encoder\_b*** portjait az FPGA I/O lábaira. Az UCF fájlhoz hozzáadandó sorok:

**5.d)** Az időzítő és az enkóder interfész periféria megszakításkérő kimeneteit kösse be a megszakítás vezérlőbe.

**5.e)** Exportálja a tervet SDK-ba (bitstream nélkül), majd **fordítsa le a HW tervet** és javítsa ki az esetleges hibákat. Ha módosította valamelyik saját periféria user\_logic moduljának forráskódját, akkor a javított változatot mellékelje a mérési jegyzőkönyv végén.

**6. feladat:** Lekérdezéses és megszakításos perifériakezelés.

**6.a)** Írjon egy C függvényt, amely a paraméterben megadott milliszekundumnyi ideig várakozik, ehhez használja az időzítőt lekérdezéses módon. Az időzítő periféria kezeléséhez használja az alacsony szintű meghajtót. A korábban megírt, Johnson számlálót megvalósító alkalmazás esetén a szoftveres időzítés (for ciklus) helyett hívja meg ezt a függvényt. A forráskódot másolja be ide és írja le röviden a működését.

**6.b)** Hozzon létre egy új C alkalmazás projektet az SDK-ban és készítsen egy C alkalmazást, amely egy órát jelenít meg az LCD kijelzőn HH:MM:SS formátumban. Használjon időzítő megszakítást és alacsony szintű eszközmeghajtókat. Az óra beállításának megvalósításával nem kell foglalkoznia (elegendő, ha valamilyen kezdeti értéket ad a megfelelő változóknak). A program forráskódját ide másolja be és ismertesse röviden a működését.

**6.c)** Hozzon létre egy új C alkalmazás projektet az SDK-ban és készítsen egy C alkalmazást, amely egy változtatható irányú és sebességű 8 bites Johnson számlálót valósít meg és ennek értékét megjeleníti a LED-eken. A shiftelés iránya és sebessége az enkóderrel legyen változtatható az alábbi módon (egy forgatás megfelel egy lépésnek a táblázatban):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Balra shiftel** | **Áll** | **Jobbra shiftel** |
| 32 Hz | 16 Hz | 8 Hz | 4 Hz | - | 4 Hz | 8 Hz | 16 Hz | 32 Hz |

Az időzítőt és az enkóder interfész perifériát megszakításosan kezelje. Az enkóder elforgatásának hatására a sebesség azonnal változzon meg (ne csak a következő időzítő megszakításkor). Az időzítő és a megszakítás vezérlő kezeléséhez használjon alacsony szintű eszközmeghajtókat, a saját periféria kezeléséhez pedig használja az I/O makrókat. A program forráskódját ide másolja be és ismertesse röviden a működését.