

B2B32DITA

Laboratorní úloha č. 7

Realizace stavového automatu v jazyce VHDL

Postup práce

1. V Moodle najděte a prostudujte *úkol dne*.

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

2. Spustíte program *Quartus Lite Edition*.¹

3. Vytvoříte nový projekt pomocí ikony na úvodní obrazovce *New Project Wizard*.

4. V prvním okně jen dole odklikněte *Next*.

V dalším okně specifikujte cestu pro uložení projektu.²

V další řádce vyplňte vhodný název projektu³, např. `semafor`

V dalším řádku zkontrolujte automaticky vyplněné jméno entity, `semafor`.

V dolní části odklikněte *Next*.

V dalším okně ponechte volbu na možnosti „*Empty project*“ a odklikněte *Next*, další okno opět jen odklikněte pomocí *Next*.

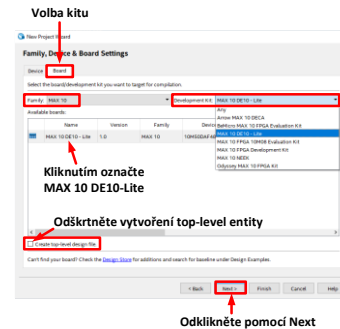
1 - Pokud se po spuštění Quartus otevře předchozí projekt, ukončete ho (File → Close Project).

2 – Zvolte pro umístění složky projektu Vaši pracovní složku na disku ve složce *Users* a v něm podsložku s Vaším přihlašovacím jménem.

3 – Nepoužívejte diakritiku, mezeru, speciální znaky a jméno nesmí začínat číslem.

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

5. V dalším okně „New Project Wizard – Family, Device & Board Settings“ zvolte správný přípravek DE10-Lite¹.



1 - Nejprve v horní části okna překlikněte na kartu „Board“.

Zde v levém roletovém menu „Family:“ zkontrolujte, že je označena položka „MAX 10“.


V pravém roletovém menu „Development Kit:“ pak vyberte variantu „MAX 10 DE10-Lite“. Tím se v prostřední části okna „Available boards:“ objeví položka „MAX 10 DE10-Lite“.

Kliknutím levým tlačítkem myši ji označte.

Dále odskrtněte (zrušte zaškrtnutí) volby „Create top-level design file.“ ve spodní části okna a odklikněte celé okno pomocí *Next*, jak ukazuje obrázek.

Další okno opět jen odklikněte pomocí *Next* a konečně v posledním okně klikněte na *Finish*.

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

6. Z úlohy číslo 6 okopírujte soubory obsahující realizaci fázového závěsu PLL: *pll.vhd*¹, *pll.cmp*¹, *pll.ppf*¹, *pll.qip*¹ do složky projektu úlohy číslo 7 (semafor)².
Zařaďte zkopírovaný soubor do aktuálního projektu.³
7. Vytvořte v projektu nový soubor pomocí menu *File* → *New...*, případně klikněte na ikonu  v hlavní liště ikon.⁴
Vytvoří se prázdný soubor pro zápis VHDL kódu.
Soubor uložte⁵.
Zvolte vhodný název souboru *semafor*.
8. Nyní nakopírujte do založené entity semaforu předpřipravený VHDL kód z kapitoly 6 teoretického úvodu pro realizaci entity semaforu pomocí behaviorálního popisu.

1 – pokud jste postupovali podle návodu.

2 – Podrobný návod:

Spustíte na Průzkumník souborů (či podobný program) a najdete ve složce vašich projektů projekt z laboratorní úlohy č. 6 obsahující realizaci druhého stupně frekvenční děličky s názvem: *delicka.vhd* (pokud jste děličku pojmenovali dle doporučení v předchozím návodu). Označte a zkopírujte tento soubor do složky projektu úlohy č. 7 (semafor).

3 - V levém horním okně *Project Navigator* zvolte *Files*.

Objeví se složka, dvakrát na ni klikněte, zobrazí se okno *Settings*..

V horním řádku okna *Settings* --> *Files* najdete soubory, které chcete vložit do projektu.

Po výběru souborů okno zavřete pomocí *OK*. V okně *Project navigator* jsou nyní vidět i soubory nově přidané do projektu.

4 – Z nabídky zdrojů vyberte položku „*VHDL File*“ v sekci „*Design Files*“ a potvrďte pomocí *OK*.

5 – V menu „*File*“ zvolte „*Save As...*“. V nově otevřeném okně zkontrolujte, že soubor bude uložen ve složce projektu.

Zkontrolujte, že soubor má příponu „.vhd“. Zkontrolujte, že volba „*Add file to current project*“ je zaškrtnuta a klikněte na tlačítko *Uložit*.

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

9. V této entitě nyní upravte a doplňte VHDL kód podle domácí přípravy (úkol č. 3). Využijte předpřipravený VHDL kód z kapitoly 6 teoretického úvodu.¹
10. Spusťte kompilaci VHDL kódu.²
11. V případě úspěšně zkompilovaného projektu přiřaďte vstupům/výstupům jejich fyzické zapojení na přípravku DE10-Lite.³

1 – Postup:

Postupně tedy doplňte deklaraci dvojice nových komponent – fázového závěsu, *pll*, a děličky frekvence typu 2^W , *delicka*.

Následně v těle architektury doplňte mapování dvojice nových komponent – fázového závěsu, *pll*, a děličky frekvence typu 2^W , *delicka*.

Nakonec doplňte chybějící části VHDL kódu vlastního stavového automatu s popisem chování semaforu.

Následně uložte celý projekt v menu *File* → *Save All* v hlavní nabídce programu Quartus.

2 – Postup:

Kompilaci zahájíte pomocí ikony modrého trojúhelníku v hlavní liště ikon v horní části programu Quartus.

Pokud se v průběhu kompilace nevyskytla žádná chyba či problém, bude u všech jejích fází v okně *Tasks* uvedeno zelené úspěšné potvrzení (fajfka), v opačném případě bude u příslušné fáze kompilace zobrazena červená ikona chyby

(křížek).

Počet a bližší popis chyb lze nalézt v konzoli níže kliknutím na ikonu bílého křížku v červeném kolečku a listováním ve zprávách.

Provedte postupně opravy případných chyb a problémů, začněte vždy s opravou chyb odshora.

Po každé opravě chyby opět uložte celý projekt v menu *File* → *Save All* v hlavní nabídce programu Quartus a spusťte pomocí ikony modrého trojúhelníku novou kompilaci projektu.

3 – V hlavní horní liště ikon klikněte tedy na ikonu *Pin Planner*, případně vyberte v menu *Assignments* → *Pin Planner*.

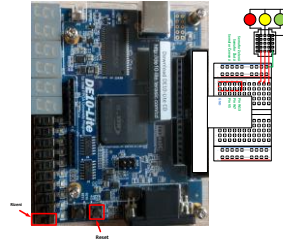
Otevře se okno *Pin Planner* pro přiřazování pinů vstupům/výstupům v projektu.

Ve spodní části okna *Pin Planneru* se nachází seznam všech vstupů a výstupů definovaných v projektu (schématu či top-level entitě projektu).

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

12. Nyní ve sloupečku *Location* uveďte u každého portu v seznamu jeho přiřazení na správný pin přípravku.
 Vyplňte postupně sloupce *Location* dle následující tabulky, ve které označení vstupů/výstupů odpovídá doporučení zde v návodu. Pro tlačítka realizujícího vstup *Reset* navíc ve sloupečku *I/O Standard* *Standard* kliknutím zvolte v menu možnost „2.5 V Schmitt Trigger“.

Vstup/výstup	Clock	Reset	Rizení	LED_cervena	LED_zluta	LED_zelena
Pin	N5	B8	C10	W7	V5	W13
I/O Standard	*	2.5 V Schmitt Trigger	*	*	*	*



Poznámky:

a) * - kromě tlačítkového vstupu *Reset* u žádných dalších vstupů/výstupů automaticky vyplněnou hodnotu 2.5 V **neměňte**.

B) Uvedenému přiřazení odpovídá tlačítko (KEY0) u pravého okraje přípravku, přepínač v pravém dolním rohu přípravku a přípravek semafor (3 LEDky) na samostatném nepájivém poli připojený do GPIO konektoru kitu, celou sestavu ukazuje obrázek.

a) Realizace stavového automatu pro ovládání semaforu

13. Připojte nyní přípravek Terasic DE10-Lite pomocí USB kabelu do PC.¹
14. V okně *Tasks* (levé dolní okno) klikněte dvakrát levým tlačítkem na položku „*Program Device (Open Programmer)*“.
Spustí se okno pro naprogramování přípravku DE10-Lite s názvem *Programmer*.
15. Zkontrolujte, že je přes USB rozhraní korektně načten přípravek DE10-Lite s FPGA MAX 10.²
Klikněte na tlačítko „*Start*“.
V okénku „*Progress:*“ proběhne naprogramování přípravku, pokud je vše v pořádku, zobrazí se „*100% (successful)*“ v zeleném poli.
16. Otestujte funkčnost a správnost navrženého semaforu.³
Výsledek ukažte učiteli.
Zavřete okno *Programmer*.

1 – Poznámka: dvojice zelených LED, jedna na levém okraji přípravku (tzv. POWER GOOD) a jedna v levém horním rohu přípravku (tzv. CONF_D), by se měla rozsvítit. Červené indikační LED v pravé dolní části a 7segmentové displeje ve spodní části přípravku začnou blikat.

2 – V levém horním rohu okna *Programmer* klikněte na tlačítko „*Hardware Setup...*“.

V tomto okně v položce „*Currently selected hardware:*“ rozklikněte roletové menu a vyberte položku „*USB-Blaster [USB-0]*“.

Zavřete okno pomocí *Close*. Zkontrolujte, že ve spodní části okna se nachází FPGA pole s označením 10M50DAF484ES. Ověřte, že v horní části okna je vybrán soubor pro naprogramování FPGA pole z aktuální složky projektu. Zkontrolujte, že je zaškrtnuta volba ve sloupečku *Program/Configure*.

3 - Zkontrolujte, zda chování semaforu odpovídá jeho popisu a zadání v kapitole 4 teoretického úvodu. Pomocí tlačítka *Reset* a dále přepínačem *Rizeni* zkontrolujte funkčnost semaforu v obou režimech.

b) Zobrazení přechodového diagramu

17. Zobrazte přechodový (stavový) diagram a porovnejte jej s diagramem z domácí přípravy (úkol č. 2).
18. V hlavním menu programu Quartus klikněte na položku *Tools* → *Netlist Viewers* → *State Machine Viewer*.
Spustí se okno *State Machine Viewer* s přechodovým diagramem stavového automatu.¹
19. Zkontrolujte a porovnejte vygenerovaný přechodový diagram s nakresleným diagramem z domácí přípravy (úkol č. 2).
Výsledek ukažte a komentujte učiteli.
Zavřete okno *State Machine Viewer*.

1 – Poznámky:

a) V uzlech diagramu jsou uvedeny názvy jednotlivých stavů a šipkami jsou vyznačeny přechody mezi nimi.

b) Ve spodní části okna s názvem *State Table* se nachází dvojice záložek:

- *Transitions* – pro zobrazení přechodů mezi jednotlivými stavy automatu,
- *Encoding* – tabulka s kódem pro jednotlivé stavy automatu.

c) Vliv kódování vnitřních stavů

20. Porovnejte vliv kódu pro kódování vnitřních stavů automatu na jeho realizaci v FPGA poli.¹
21. Nastavte postupně typ kódování binární (*Sequential*) a kód 1 z n (*One-Hot*).
Potvrďte postupně všechna okna pomocí *OK*.
Spusťte novou kompilaci celého projektu.
Po kompilaci projektu zobrazte statistiku použitých základních bloků a elementů FPGA.²
22. Zobrazte technologické schéma navrženého semaforu.³
23. Porovnejte počty obsazených bloků a obě technologická schémata pro oba druhy kódování vnitřních stavů.
Výsledek ukažte a komentujte učiteli.
Zavřete okno *Technology Map Viewer*.
24. Zavřete celý projekt *File* → *Close Project*.
Ukončete program Quartus a odhlaste se z PC.
Uveďte pracoviště do původního stavu.

1 – Postup:

V menu *Assignments* → *Settings...* otevřete okno *Settings*.

Klikněte na *Compiler Settings* → *Advanced Settings (Synthesis)...*

V okénku pro vyhledávání zadejte klíčové slovo *state*

V poslední položce *State Machine Processing* klikněte v *Settings*: na příslušné políčko.

Zvolte požadovaný typ kódování vnitřních stavů automatu semaforu.

2 - V okně *Compilation Report* a jeho podokně *Table of Contents* rozklikněte položky *Fitter* → *Summary* a poznamenejte si počty obsazených logických elementů (*Total logic elements*) a registrů (*Total registers*).

3 - Menu *Tools* → *Netlist Viewers* → *Technology Map Viewer (Post-Mapping)*.