

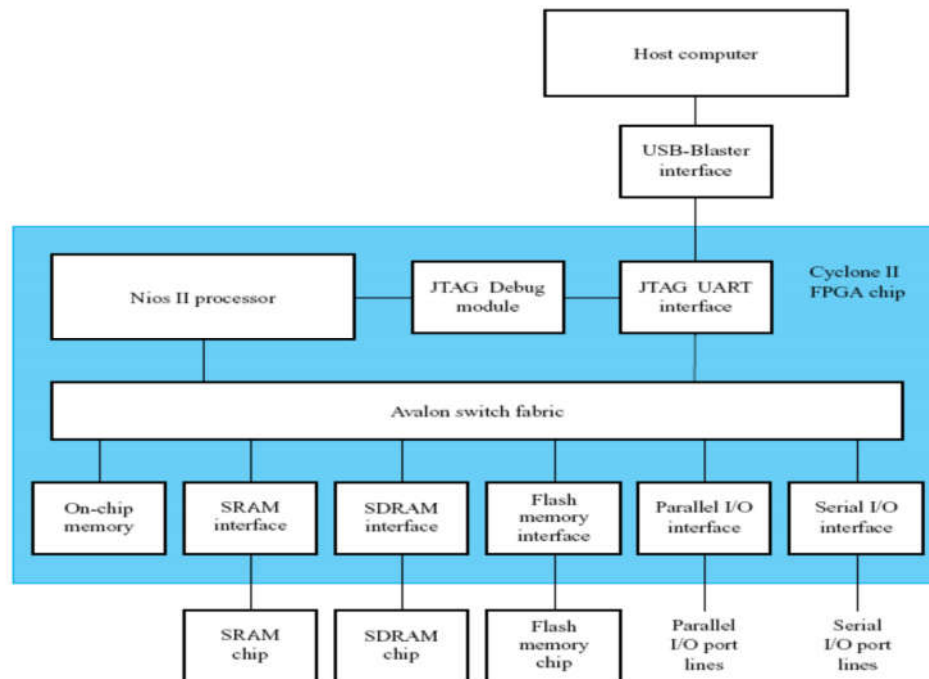
## Phần 2 – Nios II processor

### Lab 0: Hướng dẫn tạo một hệ thống Nios II trên Quartus và Kit DE2

#### Phần 1. Tổng quan hệ thống Nios II (Nios II System)

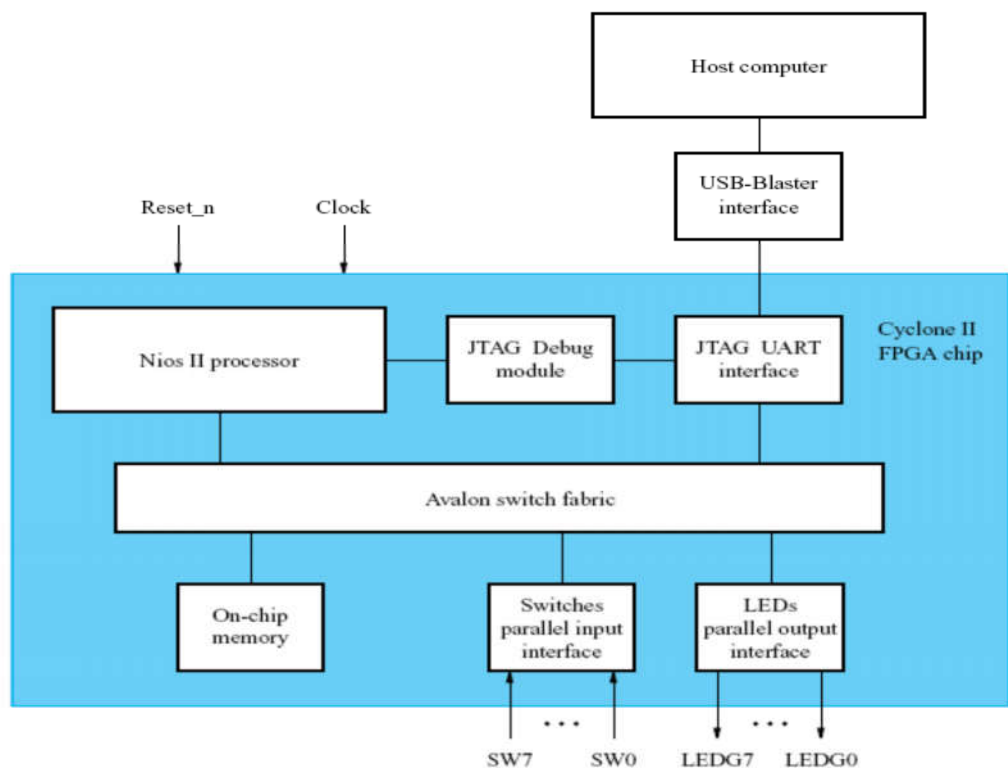
Nios II system là một hệ thống dùng bộ xử lý nhân mềm Nios II kết hợp với bộ nhớ và một số ngoại vi, được thiết kế trên Cyclone II FPGA bằng một công cụ trên Quartus II, đó là SOPC Builder. Tất nhiên về mặt lý thuyết thì người sử dụng (user) có thể tự tạo một system trên FPGA nhưng điều đó sẽ tốn thời gian và công sức.

Dưới đây là một thí dụ về một Nios II system.



Hình 1. Nios II system

Dưới đây là một Nios II system đơn giản hơn, chúng ta cũng sử dụng Nios II system này làm thí dụ minh họa cho toàn bộ hướng dẫn này.



Hình Error! No text of specified style in document..1 Nios II system đơn giản

Những khối trong vùng màu xanh liên kết với nhau tạo nên một system.

Ta sẽ thiết kế từng module trên chip FPGA. Phương pháp thông thường là ta sẽ thiết kế từng module dùng Verilog hay VHDL hoặc schematic, rồi liên kết chúng lại thành một system. Nhưng như ta đã trình bày, điều này sẽ tốn rất nhiều thời gian và công sức, đặc biệt đối với những người mới học. Tuy nhiên Quartus II có hỗ trợ một công cụ với những khối chức năng (module) đã được xây dựng sẵn. Đó là SOPC Builder. Nhiệm vụ của chúng ta đơn giản là chọn ra những module nào cần thiết cho thiết kế của mình để liên kết chúng lại.

## Phần 2. Phần mềm cần thiết:

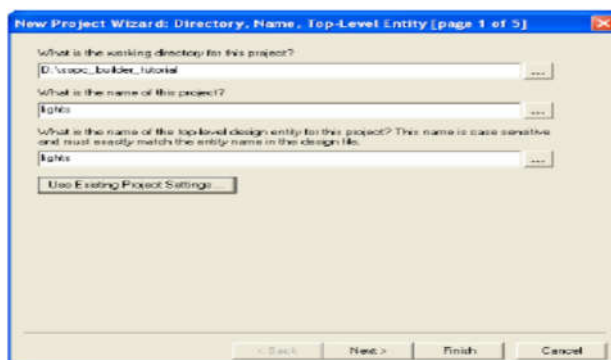
Quartus 9, MegaCore IP Library, ModelSim, Altera Monitor Program.

## Phần 3. Hướng dẫn tạo một hệ thống Nios II trên Quartus

### 3.1. Tạo một project trên phần mềm Quartus

- Từng bước tạo project mới trên Quartus đã được hướng dẫn trong thực hành “Nhập môn mạch số”

- Lưu ý: Giả sử ta chọn đường dẫn thư mục chứa project là `D:\sopc_builder_tutorial`; tên project: `lights`; tên top-level của project: `lights` (khi tạo verilog file cho top-level thì bắt buộc phải trùng tên với tên đã chọn ở đây).



Hình Error! No text of specified style in document..2 Tạo project

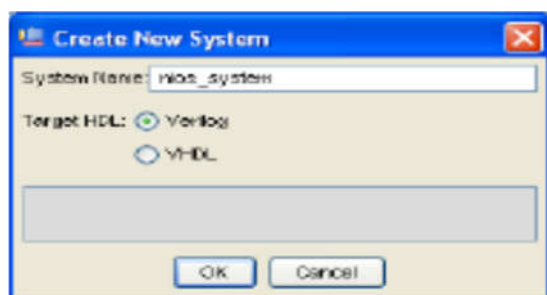
### 3.2. Tạo Nios II system

Sau khi đã tạo xong project, ta tiếp tục thực hiện các bước sau:

Bước 1. Chọn **Tool** ➔ **SOPC Builder**

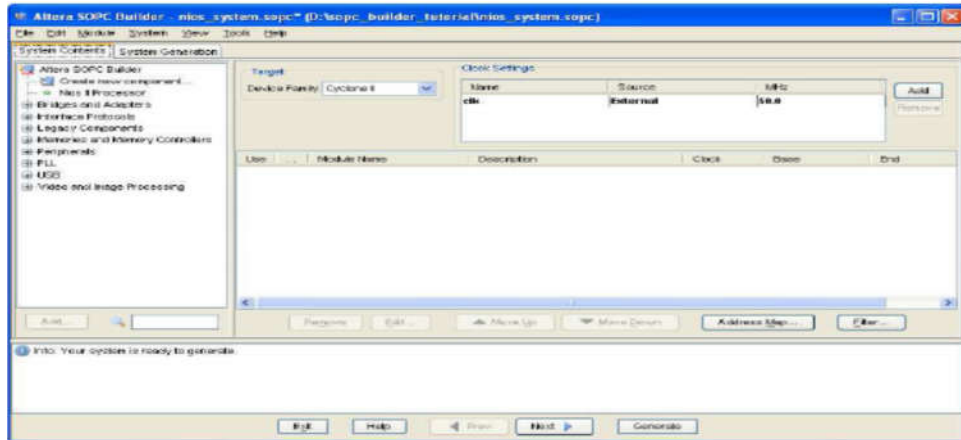
Bước 2. Nhập tên cho Nios II system muốn tạo, giả sử `nios_system`.

Bước 3. Chọn **Verilog** như trong hình 6.11 (ta sẽ tìm hiểu thiết kế bằng Verilog trước, VHDL sẽ tương tự).



Hình Error! No text of specified style in document..3 Đặt tên cho Nios system

Bước 4. Nhấn OK



Hình Error! No text of specified style in document..4 Cửa sổ SOPC

Bước 5. Chọn Device Family: Cyclone II

Bước 6. Trên Tab System Contents, chọn Nios II processor.

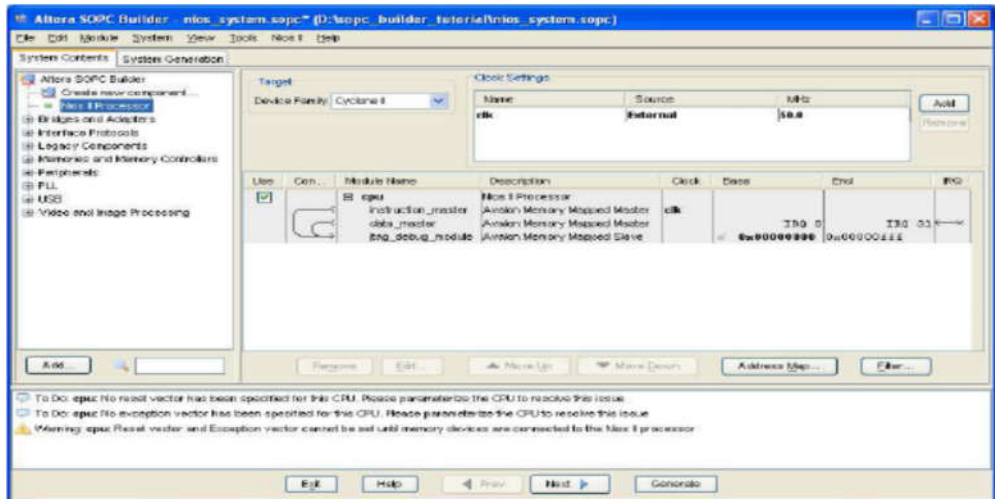
Bước 7. Nhấn Add



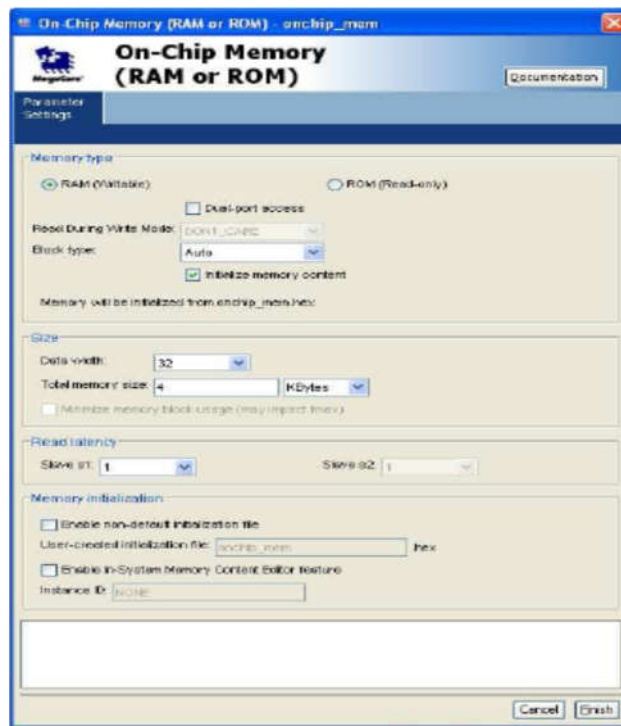
Hình Error! No text of specified style in document..5 Chọn processor

Bước 8. Chọn Nios II/e

Bước 9. Nhấn Finish

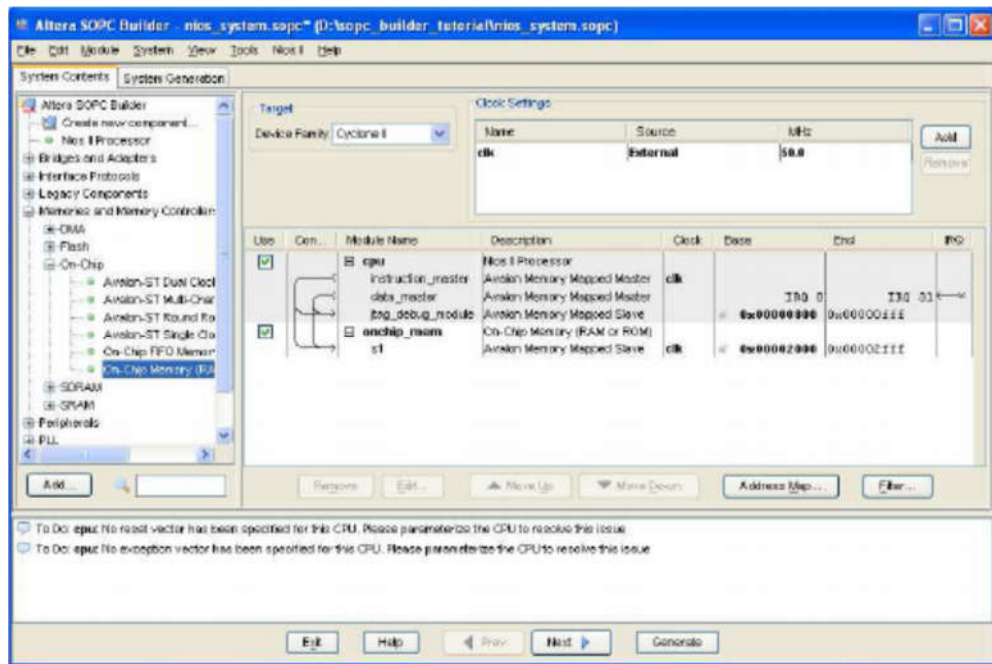


- Hình Error! No text of specified style in document..6 Quay về SOPC Builder
- Bước 10. Tạo một memory on Chip: Chọn Memories and Memory Controllers → On-Chip → On-Chip Memory ( RAM or ROM )
- Bước 11. Nhấn Add



- Hình Error! No text of specified style in document..7 Chọn On-Chip memory
- Bước 12. Chọn Memory Width 32 bits, Memory size 4 Kbytes.

Bước 13. Nhấn Finish



Hình Error! No text of specified style in document..8 Quay về SOPC Builder

Bước 14. Tạo Input Parallel I/O Interface: Peripherals → Microcontroller Peripherals → PIO (Parallel I/O); Nhấn Add

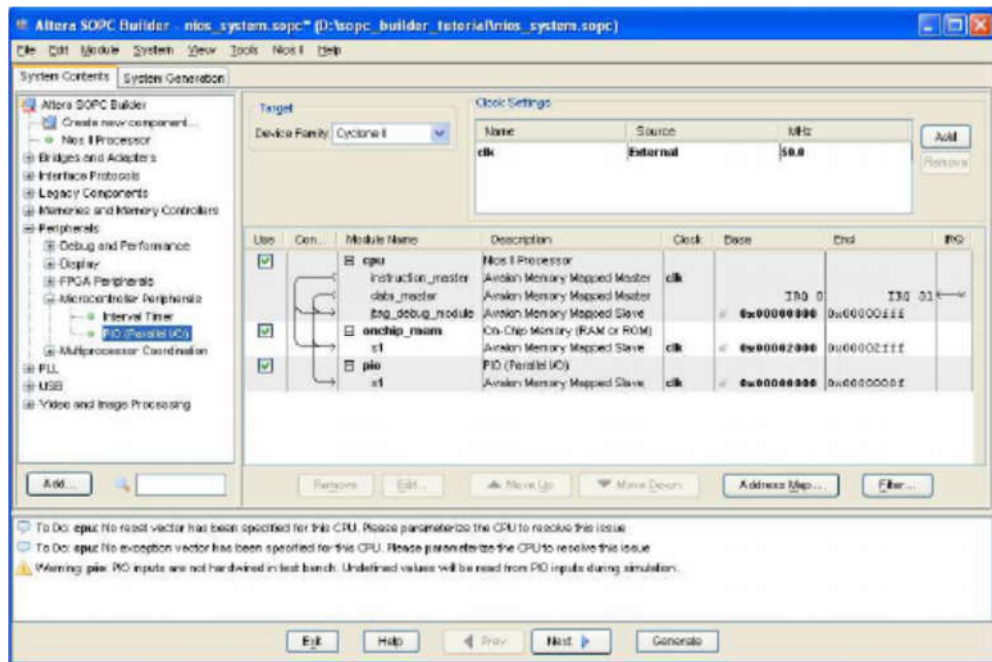


Hình Error! No text of specified style in document..9 Chọn PIO

Bước 15. Chọn Width of Port: 8 bits

Bước 16. Direction: Input ports only

Bước 17. Nhấn Finish



Hình Error! No text of specified style in document..10 Quay về SOPC Builder

Bước 18. Tương tự tạo Output Parallel I/O Interface: Peripherals → Microcontroller

Peripherals → PIO (Parallel I/O); Nhấn Add

Bước 19. Chọn Width of Port: 8 bits

Bước 20. Direction: Output ports only

Bước 21. Nhấn Finish

Bước 22. Tạo module Jtag để nạp và debug chương trình. Gõ ô tìm kiếm JTAG UART hoặc vào Interface Protocols -> Serial chọn JTAG UART, nhấn add để thêm module jtag bấm finish để kết thúc.

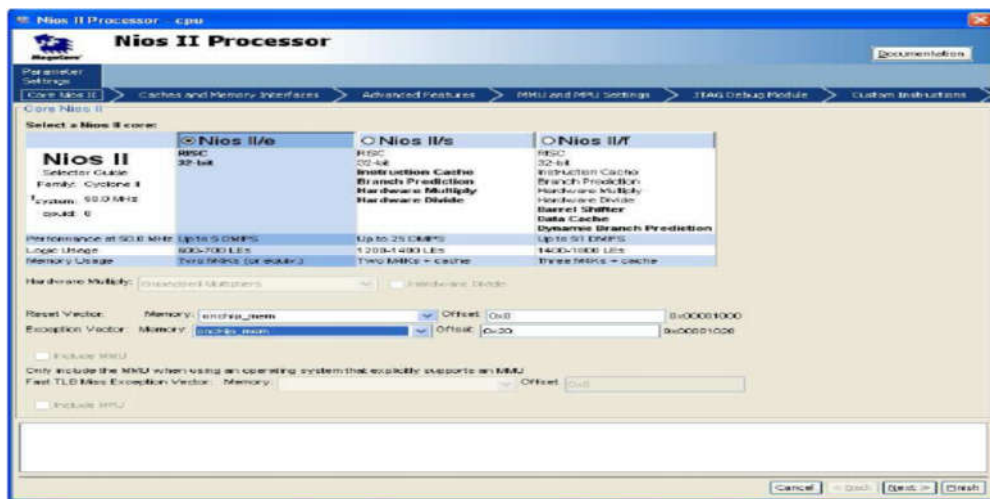


Bước 23. Ta có thể thay đổi tên của Module bằng cách nhấp chuột phải vào Default Module Name và thay đổi tên chúng.

Bước 24. Chọn System → Auto-Assign Base Addresses

Một processor sẽ có tín hiệu Reset. Việc reset processor được thực hiện bởi vector reset, vector reset là địa chỉ của memory mà processor sẽ tìm đến để thực hiện khi reset xảy ra. Tương tự cho việc interrupt cũng sẽ có vector exception, vector exception là địa chỉ của memory mà processor sẽ nhảy tới khi một interrupt xảy ra. Hai vectors này được khai báo như sau :

Bước 25. Nhấn chuột phải lên Module Name cpu, chọn Edit.

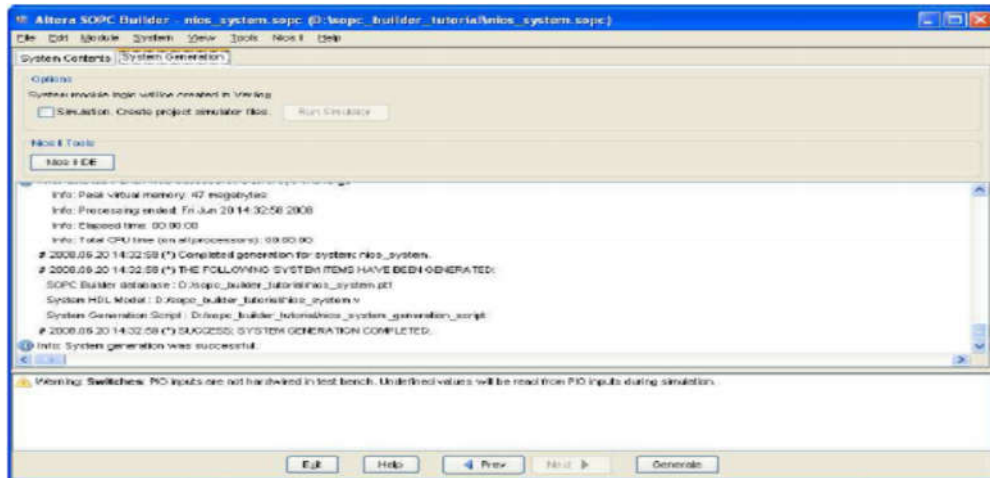


Hình Error! No text of specified style in document..11 Thay đổi Exception Vector

Bước 26. Chọn onchip\_mem cho cả 2 vector: Reset Vector và Exception Vector. Nhấn Finish

Bước 27. Sau khi đã chọn và khai báo đầy đủ những modules cần thiết cho system, tiến hành tổng hợp: Chọn System Generation Tab → Nhấn Generate





Hình Error! No text of specified style in document..12 Tạo verilog files cho nios system

Bước 28. Khi một message “*Success: System Generation Completed*”. Nhấn Exit. Nios II system của chúng ta đã được tạo.

Bước 29. Sau khi Nios II system đã tạo xong, mở thư mục chứa project mà lúc đầu đã khai báo, chúng ta sẽ thấy một số file.v đã được tạo. Đó chính là những module mà ta đã sử dụng SOPC Builder để tạo ra với top-level module là nios\_system.v và một file nios\_system.ptf (dùng cho quá trình download chương trình lên system trên FPGA).

Đưa thêm chỉ dẫn tạo file .v ở đâu

Bước 30. Bước tiếp theo là tích hợp system đã tạo lên FPGA dùng Quartus

Tạo một file lights.v chứa module mang tên “lights” (tên top-module này phải giống với tên top-module mà ta đã khai báo trong lúc tạo project).

```
module lights (SW, KEY, CLOCK_50, LEDG);
    input [7:0] SW;
    input [0:0] KEY;
    input CLOCK_50;
    output [7:0] LEDG;
    nios_system(CLOCK_50, KEY[0], LEDG, SW);
endmodule
```

Hình Error! No text of specified style in document..13 Top-level module (soạn đoạn code như hình này vào file light.v)

Bước 31. Sau khi hoàn chỉnh code cho file light.v:

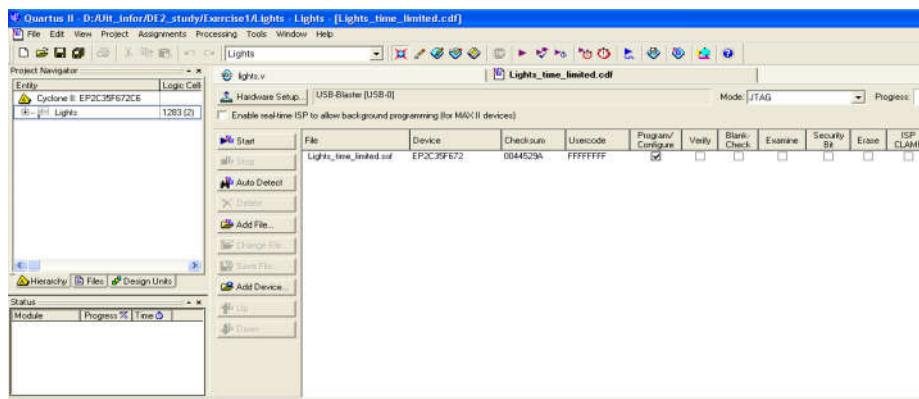
- Gán chân (assign pins) cho những tín hiệu (signals) SW[0:7], KEY, CLOCK\_50, LEDG và biên dịch thiết kế (compiling design). File

lights\_time\_limited.sof được tạo ra (Phần này đã trình bày trong phần hướng dẫn thực hành môn học Nhập môn mạch số).

Bước 32. Tiếp theo là nạp thiết kế lên FPGA: Vào menu **Tools → Programmer → Nhấn OK**



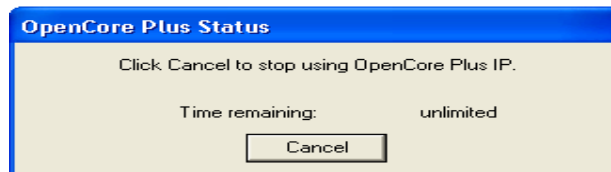
Hình Error! No text of specified style in document..14 Programmer



Hình Error! No text of specified style in document..15 Cửa sổ programmer

Bước 33. Chọn **Add File**, chỉ đường dẫn đến file lights\_time\_limited.sof.

Bước 34. Nhấn **Start** và lưu ý giữ cửa sổ hình 6.27 trong suốt quá trình chạy, không nhấn “Cancel”



Hình Error! No text of specified style in document..16 Giữ cửa sổ này trong suốt quá trình nạp FPGA

Như vậy chúng ta đã thiết kế xong một system trên FPGA. System này có một processor là NiosII processor. Để thiết kế một ứng dụng trên system này, ngôn ngữ hỗ trợ có thể là assembly hoặc C

*Chú ý: Trong môn thực hành này, sinh viên chỉ làm việc trên Nios II với ngôn ngữ assembly.*

### 3.3. Viết một ứng dụng đơn giản

Giờ ta sẽ thiết kế một ứng dụng đơn giản, đó là dùng 8 Switches để điều khiển 8 Leds tương ứng. Các bước thực hiện:

Bước 1. Mở notepad, viết đoạn code theo sau vào và lưu dưới định dạng là một file .s.

*Gợi ý: đặt tên file "lights.s"*

```
.include "nios_macros.s"

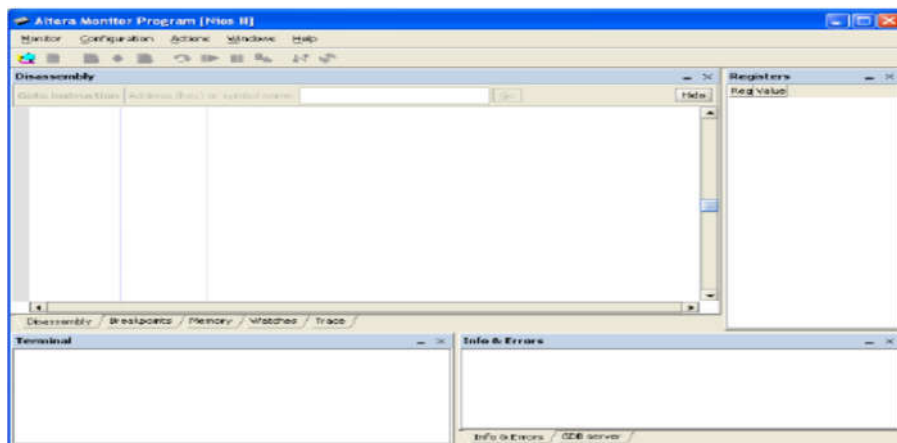
.equ    Switches, 0x00003000
.equ    LEDs, 0x00003010

.global _start
_start:
        movia    r2, Switches
        movia    r3, LEDs
loop:   ldbio     r4, 0(r2)
        stbio     r4, 0(r3)
        br        loop
```

Hình Error! No text of specified style in document..17 Chương trình assembly đơn giản

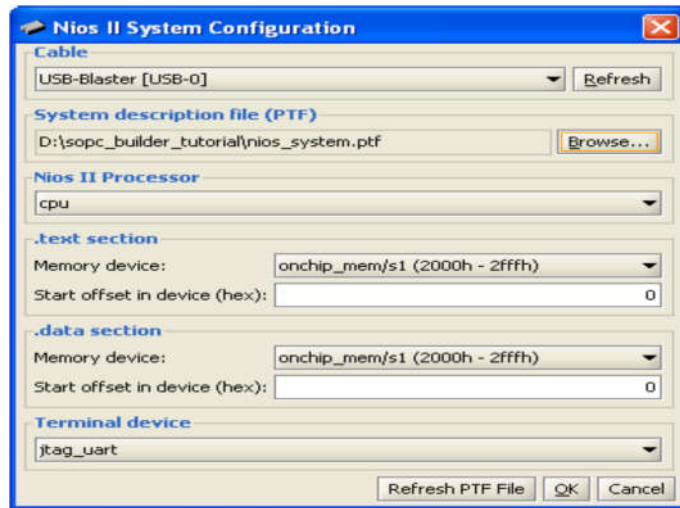
Bước 2. Sử dụng một phần mềm khác của Altera, là Altera Monitor Program (phải cài đặt trước software này) để đưa chương trình assembly này vào Nios system đã được xây dựng ở các bước trên.

Bước 3. Mở phần mềm Altera Monitor Program :



Hình Error! No text of specified style in document..18 Cửa sổ Altera Monitor Program

Bước 4. Chọn **Configuration** ➔ **Configure System**



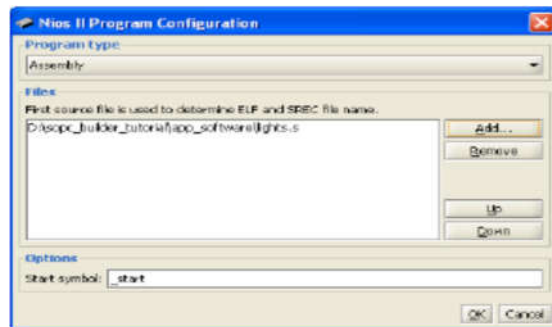
Hình Error! No text of specified style in document..19 Thiết lập cấu hình

Bước 5. Chọn **Cable** : **USB-Blaster[USB-0]**

Bước 6. Chỉ đường dẫn của file nios\_system.ptf (đã được tạo khi generate nios system bởi SOPC builder).

Bước 7. Nhấn **OK**

Bước 8. Chọn **Configuration** ➔ **Configure Program**



Hình Error! No text of specified style in document..20 Chọn file chương trình

Bước 9. Chọn **Program Type** : **Assembly** (vì chúng ta đang muốn download một chương trình viết bằng Assembly language).

Bước 10. Nhấn **Add**, chỉ đường dẫn tới file lights.s (File chứa chương trình viết bằng Assembly language).

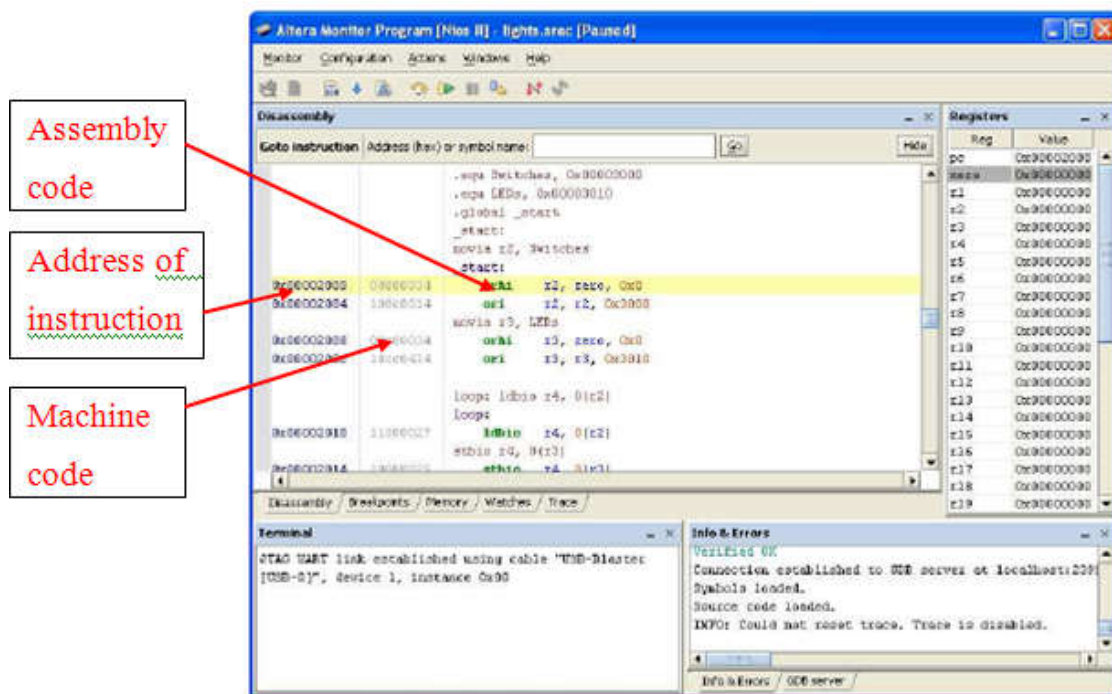
Bước 11. Nhấn **OK**

Bước 12. Chọn **Actions** → **Compile & Load**

Bước 13. Chọn **Actions** → **Continue** để thực thi chương trình trên Kit DE2.

(chương trình sẽ được thực thi cho đến khi có một lệnh yêu cầu processor ngưng, chẳng hạn như **breakpoint** hay **Action** → **Stop**). Processor sẽ ngưng ở lệnh kế tiếp. Khi chương trình ngưng thực thi thì tất cả cửa sổ debugging sẽ được update giá trị.

Bước 14. Điều khiển đóng mở Switch[0:7] và quan sát Leds[0:7].



Hình Error! No text of specified style in document..21 Cửa sổ Debug

Chúng ta có thể dùng Altera Monitor Program để debug chương trình:

Khoa Kỹ Thuật Máy Tính – ĐH. Công Nghệ Thông Tin, ĐHQG-HCM

Lưu hành nội bộ

- Ta có thể thực thi chương trình từng bằng việc thực thi từng lệnh một theo tuần tự.
- Ta có thể dừng việc thực thi một chương trình tại một vị trí lệnh nào đó bằng việc tạo ra một breakpoint.
- Ta có thể thay đổi giá trị của Register.
- Ta có thể thay đổi giá trị của memory.

❖ **Thực thi chương trình từng bằng việc thực thi từng lệnh một theo tuần tự:** Action  
➔ Single step

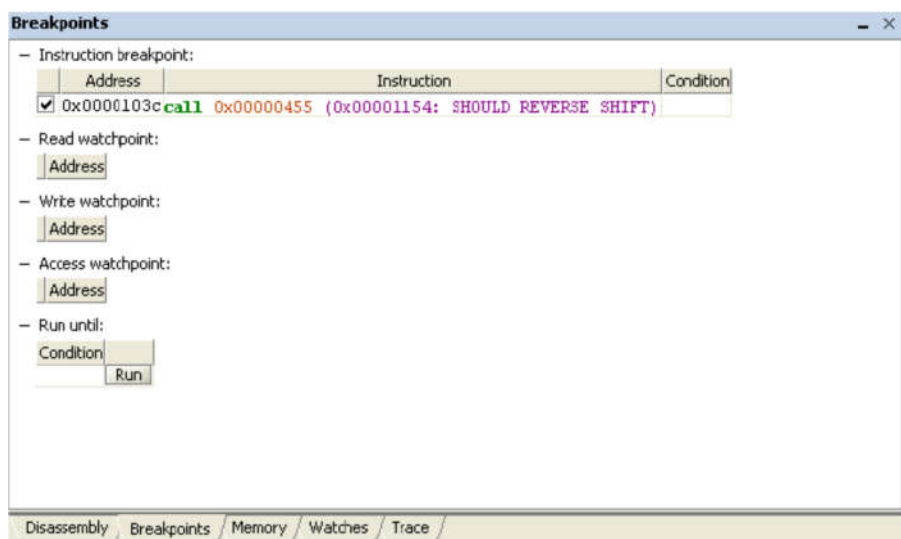
❖ **Chạy lại chương trình:** Action ➔ Restart

❖ **Dừng việc thực thi một chương trình tại một vị trí lệnh nào đó:**

Altera Monitor Program hỗ trợ tạo điểm breakpoint cho 4 trường hợp:

- Khi chương trình thực thi đến một địa chỉ nào đó mà ta muốn dừng.
- Khi có một thực hiện read data tại một địa chỉ nào đó mà ta muốn dừng.
- Khi có một thực hiện write data vào một địa chỉ nào đó mà ta muốn dừng.
- Vì xử lý truy cập vào một địa chỉ nào đó trong memory mà ta muốn dừng.

Để tạo điểm breakpoint cho chương trình, ta chuyển sang cửa sổ Breakpoints và thực hiện các bước sau

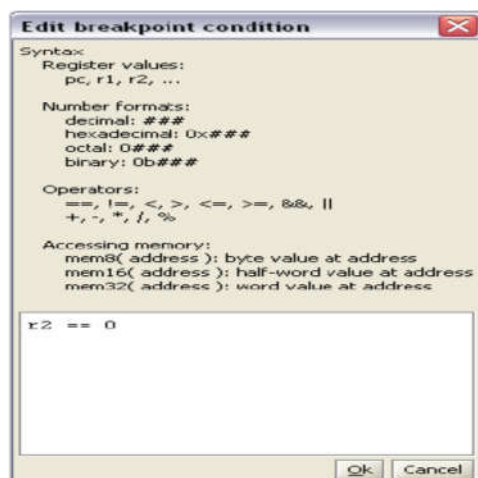


Hình Error! No text of specified style in document..22 Tạo Breakpoints

Bước 1. Nhấn chuột phải vào header nào mà ta muốn tạo breakpoint, ở đây ta có 5 header (**Instruction breakpoint, Read watchpoint, Write watchpoint, Access watchpoint, Run until** )

Bước 2. Nhấn **Add** và nhập địa chỉ mà ta muốn thực hiện việc dừng chương trình.

Bước 3. Ta có thể thiết lập điều kiện để cho điểm breakpoint xảy ra bằng cách: double click vào cell bên dưới cột **Condition**.



Hình Error! No text of specified style in document..23 Thiết lập điều kiện tạo Breakpoints

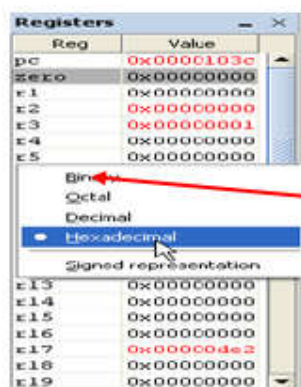
Bước 4. Nhập điều kiện cho điểm breakpoint, nhấn **OK**.

Bước 5. Sau khi tạo breakpoint, thực thi lại chương trình. Khi gặp đúng điều kiện mà ta đã tạo cho breakpoint thì chương trình sẽ dừng lại tại lệnh kế tiếp.

#### ❖ Thay đổi giá trị của Register:

Bước 1. Chuyển sang cửa sổ **Disassembly**

Bước 2. Ta thấy có cửa sổ **Register** (hiển thị giá trị của từng Registers trong processor).



Ta thay đổi kiểu hiển thị giá trị register bằng cách click phải chuột.

Hình Error! No text of specified style in document..24 Thanh ghi Registers

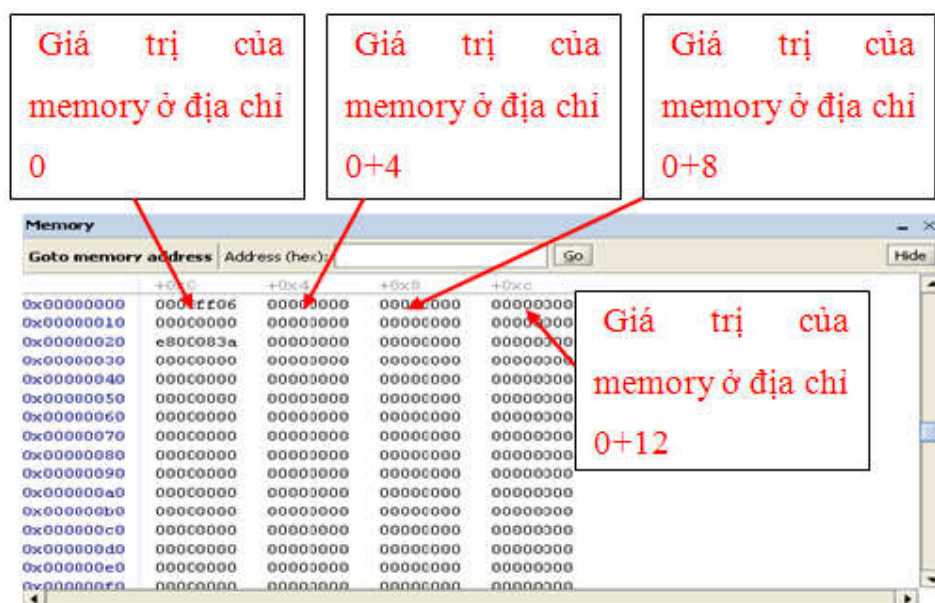


Bước 3. Thay đổi giá trị register bằng cách double-click vào ô giá trị của register cần thay đổi và nhập giá trị cần đổi.

Bước 4. Thực thi lại chương trình để kiểm tra xem chương trình có thực thi theo đúng giá trị đã thay đổi trong register không.

❖ **Thay đổi giá trị của memory (chứa data và mã máy của chương trình)**

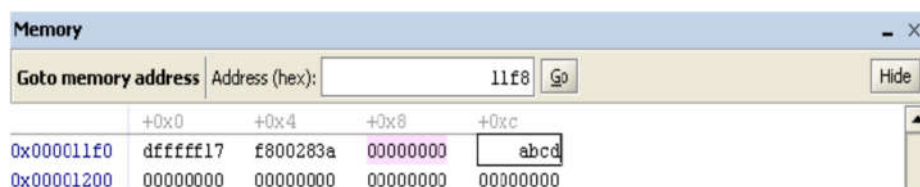
Bước 1. Chuyển sang cửa sổ Memory



Hình Error! No text of specified style in document..25 Vùng nhớ của On-Chip memory

Bước 2. Double-click vào giá trị của địa chỉ nào cần thay đổi để thay đổi.





Hình **Error! No text of specified style in document.**26 Thay đổi nội dung ô nhớ

Bước 3. Nhập giá trị cần thay đổi.

Bước 4. Thực thi lại chương trình và quan sát xem chương trình có thực thi đúng với giá trị đã được thay đổi trong memory hay không.