ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

รหัสวิชา 010113026 ชื่อวิชา Digital Laboratory ตอนเรียน 7 หมายเลขโต๊ะ -

รหัสนักศึกษา 6201011631188 ชื่อ-นามสกุล นายไสวณ สุงสมบูรณ์

อาจารย์ผู้สอน CSP เวลาที่ทำการทดลอง 13.00-16.00 วันที่ 23/09/64

การทดลองที่ 8

4-Digits Counters

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทำงานของวงจรลอจิกเกทได้
2. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้วงจรและอุปกรณ์ดิจิทัลเพื่อออกแบบระบบงานที่ซับซ้อนได้
3. เพื่อประยุกต์ใช้วงจรนับแบบ BCD Counter ร่วมกับวงจร 7-Segment ได้

อุปกรณ์

1. ระบบคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง พร้อมติดตั้งโปรแกรม Quartus II เวอร์ชั่น 8.0 (Student Edition) ขึ้นไป
2. บอร์ดทดลอง Cyclone3-Lab01 1 บอร์ด
3. สาย J-TAG 1 เส้น ใช้รุ่น USB-Blaster (สำหรับเครื่อง Notebook) หรือรุ่น Byte-Blaster (สำหรับเครื่อง PC)
4. บอร์ดแสดงผล 7-segment (รุ่นแป้นพิมพ์ Keypad สีขาว)

การทดลอง การสร้างวงจรนับเลขฐานสิบ ขนาด 4 หลัก

ขั้นที่ 0 เตรียมการ ด้วยการนำเอาอุปกรณ์ที่เคยสร้างไว้ในการทดลองที่ 5, 7 มาใช้ (ไม่ต้องเขียนขึ้นใหม่)

คำสั่งการทดลอง

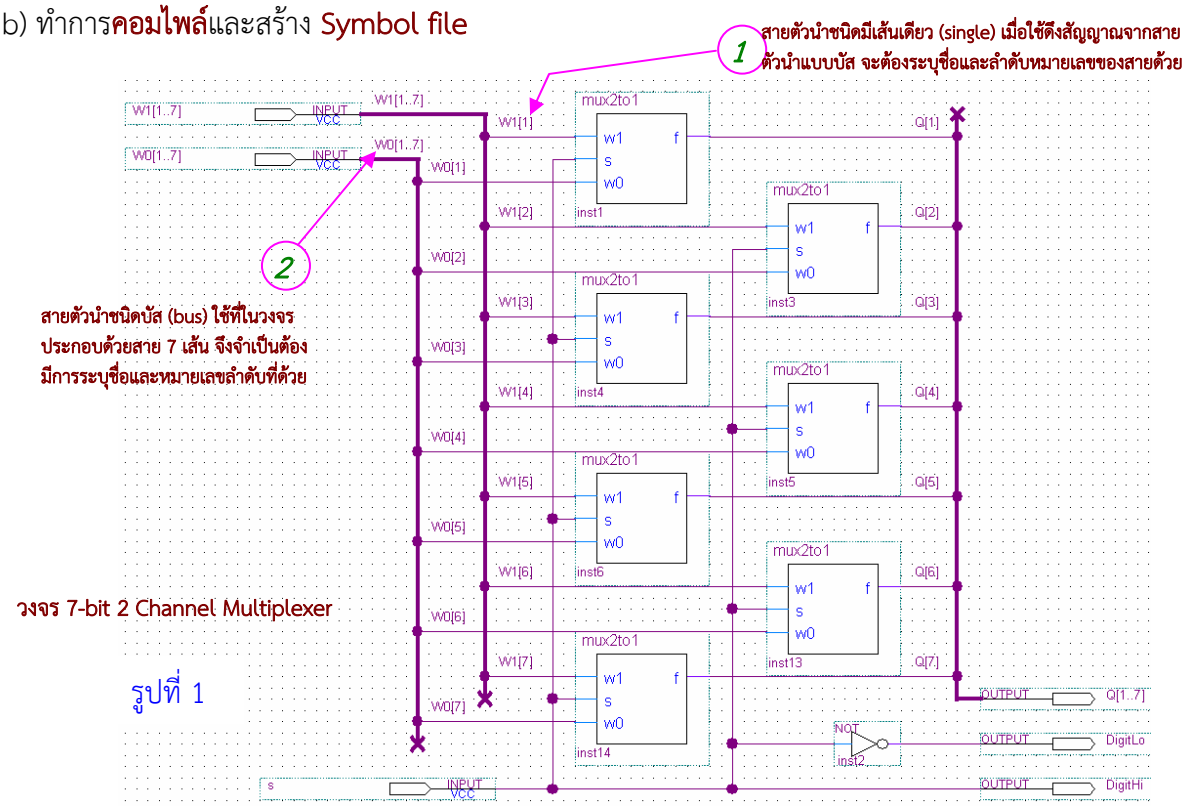
1. ให้ น.ศ. สร้างโฟลเดอร์สำหรับเก็บงานขึ้นใหม่เพื่อเก็บงานในการทดลองนี้ชื่อ “Lab08_4DigitCounter”
2. นำวงจรที่เคยสร้างไว้ในการทดลองที่ 5,7 (ทำการ copy ไฟล์ดังรายชื่อด้านล่าง) มาไว้ในโฟลเดอร์นี้
   - จากการทดลองที่ 7 ไฟล์ mux2to1.qpf และ mux2to1.bdf
     ไฟล์ AsynchronousCounter.qpf และ AsynchronousCounter.bdf
     ไฟล์ ClockDivider.qpf และ ClockDivider.bdf
   - จากการทดลองที่ 5 ไฟล์ VHD_7SEGM.qpf และ VHD_7SEGM.vhd

3. ให้ทำการเปิดโปรเจคทั้ง 4 โปรเจคตามในข้อ 2 มาทำการคอมไพล์ใหม่และสร้าง symbol ทั้งหมด โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้
   - 3.1 ไปที่เมนู File >> Open Project... >> **เลือกชื่อโปรเจคที่ต้องการจะเปิด**
   - 3.2 เปิดไฟล์วงจรขึ้นมา (Logic Diagram หรือ Schematic : *.gdf หรือ ไฟล์ *.vhd)
   - 3.3 ตั้งค่าอุปกรณ์โดยไปที่เมนู Assignments >> Device >> เลือกใช้ชิพเบอร์ EP3C10E144C8
   - 3.4 ทำการ**คอมไพล์** และสร้าง Symbol file ของอุปกรณ์
   - 3.5 ปิดโปรเจค File >> Close Project

   น.ศ. จะต้องทำตามขั้นตอน 3.1 – 3.5 ให้ครบทั้ง 4 อุปกรณ์ก่อนจึงทำข้อต่อไป

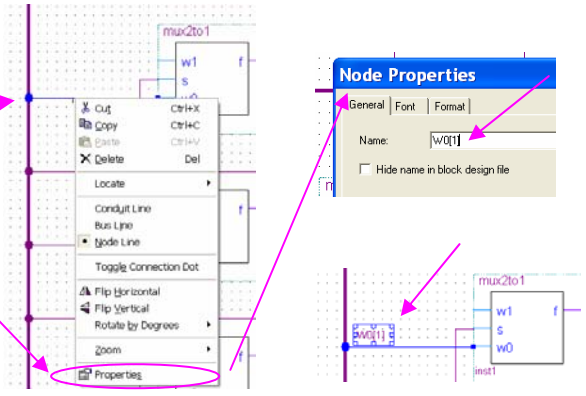
ขั้นที่ 1 สร้างตัวมัลติเพล็กเซอร์ขนาด 7 บิต (7-bit 2 Channel Multiplexer)

4. ให้**ปิดโปรเจค**ที่สร้างมาในขั้นตอนที่ 2-3 ก่อนที่จะดำเนินการต่อไป
   a) ให้สร้างโปรเจคชื่อ 7CH_2to1MUX และเปิดไฟล์ขึ้นมาเพื่อเขียนวงจรในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นมัลติเพล็กซ์เซอร์ขนาด 7 บิต (ภายในประกอบไปด้วย mux2to1 จำนวน 7 ตัว)
   b) ทำการ**คอมไพล์**และสร้าง Symbol file



หมายเหตุ (1) **วิธีการตั้งชื่อให้กับสายสัญญาณ**

1. ใช้เม้าส์คลิ๊กที่สายสัญญาณที่ต้องการจนสีเปลี่ยนจาก**สีน้ำตาล**เป็น**สีน้ำเงิน**
2. ยังให้เม้าส์ชี้ที่สายเช่นเดิมแต่คลิ๊กปุ่มขวาจะปรากฏเมนูขึ้นมาให้เลือก Property
3. ที่หน้าต่าง Property ให้ตั้งชื่อสายตัวนำส่วนเครื่องหมาย [...] นั้นหมายถึงลำดับที่ของสายบัสที่ต่ออยู่กับปลายสายเส้นนี้



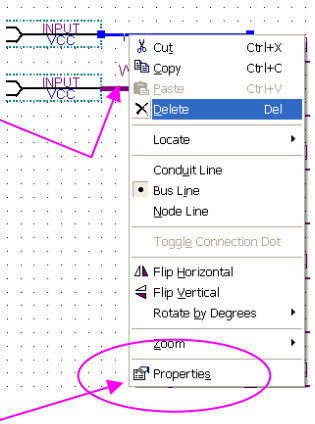
ขั้นที่ 2 สร้างตัวหารความถี่ (Clock divider) จาก 20 MHz ให้เหลือ 25Hz, 50Hz

5. ให้**ปิดโปรเจค**ที่สร้างมาในขั้นตอนที่ 4 ก่อนที่จะทำการทดลองต่อไป
6. ให้สร้างโปรเจคชื่อ Clock_Divider25xHz เพื่อเป็นวงจรหารความถี่นาฬิกา (Clock divider) จาก 20 MHz ลงเหลือประมาณ 25 , 50 Hz ตามวงจรในรูปที่ 2 เมื่อสร้างเสร็จให้ทำการ**คอมไพล์**และ**สร้าง** Symbol file

หมายเหตุ (2) การกำหนด**ขนาดความกว้างของบัส**ข้อมูลเส้น**หนาทึบสีม่วงเข้ม**ในวงจรมีชื่อเรียกว่า Orthogonal bus ซึ่งจะต้องระบุ

1.ชื่อของสาย และจำนวนเส้นของสายตัวนำ

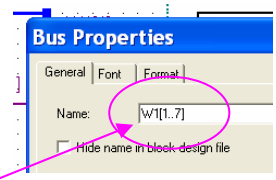
2.การเชื่อมต่อปลายทั้งด้านต้นทาง/ปลายทาง



สามารถดำเนินการได้ดังนี้

ก) ใช้เม้าส์คลิ๊กที่เส้นบัส (Orthogonal bus) ที่ต้องการจะปรากฏ**สีของบัสเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน**จากนั้นใช้ปลายเม้าส์ชี้ที่เส้นบัสแล้วคลิ๊กขวา เลือกเมนู

>> Property

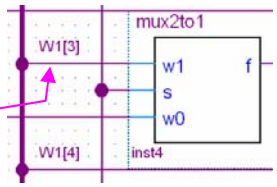


ข) จะปรากฏหน้าต่างให้ตั้งชื่อบัส ตั้งชื่อเป็น **W1[1..7]**

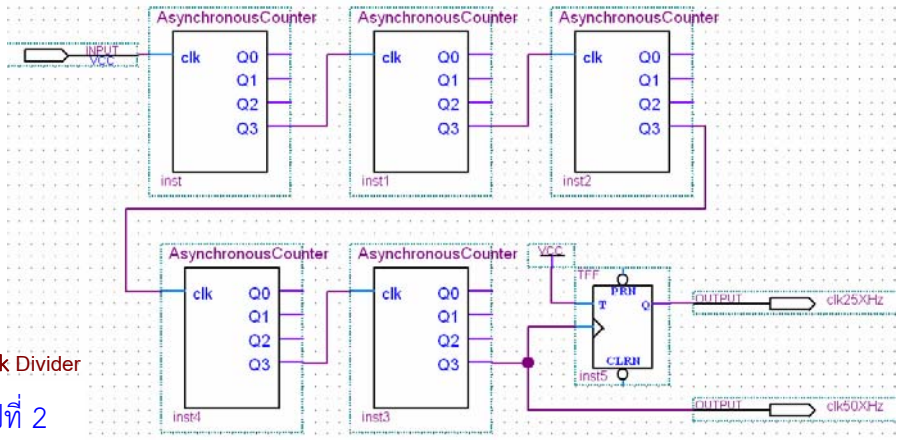
W1 = ชื่อของบัส

[1..7] = จำนวนเส้นของบัสมีทั้งหมด 7 เส้น มีหมายเลขกำกับแต่ละเส้นคือ [1], ... , [7]

ค) การเลือกเชื่อมต่อเฉพาะแต่ละปลายของสายจะใช้วิธีเขียนชื่อให้ตรงกัน ระหว่าง**สายเส้นเล็กสีม่วง** (Orthogonal node) กับ**สายทึบสีม่วงเข้ม** (Orthogonal bus)



ดังตัวอย่าง ปลายสายเส้นที่ 3 หรือ W1[3] จากบัส W1[1..7] ถูกเชื่อมต่อไปที่ขา w1 ของอุปกรณ์ชื่อ inst4 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประเภท mux2to1



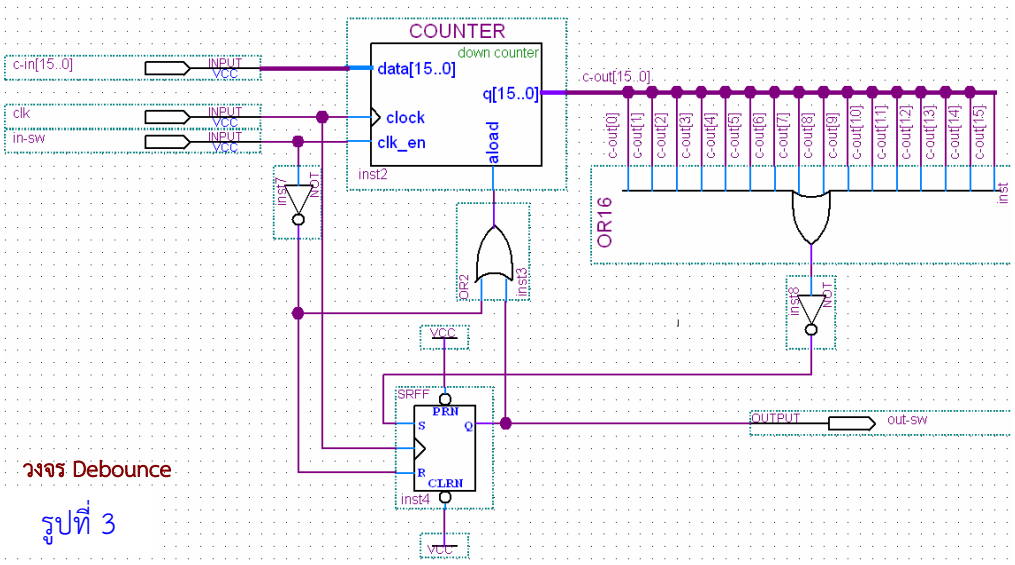
วงจร Clock Divider

รูปที่ 2

ขั้นที่ 3 สร้างตัวแก้สัญญาณเบ้าซ์ (การรบกวนแบบอาร์คที่หน้าสัมผัส) ที่สวิทช์ (Debounce)

7. ให้**ปิดโปรเจค**ที่สร้างมาในขั้นตอนที่ 6 ก่อนที่จะดำเนินการต่อไป
8. สร้างอุปกรณ์ Debounce ซึ่งเป็นวงจรสำหรับแก้ปัญหาเรื่อง bounce (bounce : การสวิงระหว่างค่า '1' และ '0' ถี่ๆ ในขณะที่กดสวิทช์) โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

8.1 สร้างโปรเจคชื่อ "Debounce" ให้เก็บไว้ในโฟลเดอร์เดียวกันกับโปรเจคที่สร้างตอนก่อนหน้า จากนั้นสร้างวงจรในรูปที่ 3 ใช้ชิพ EP3C10E144C8



วงจร Debounce

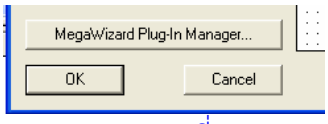
รูปที่ 3

8.2 จากรูปที่ 3 จะพบว่ามีอุปกรณ์อยู่ 2 ตัวที่ไม่ใช่อุปกรณ์ทั่วๆไป และเราไม่รู้จักคือ COUNTER และ OR16

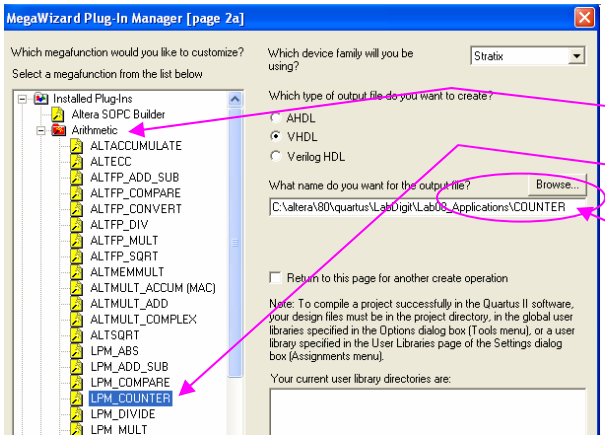
วิธีการสร้างอุปกรณ์ชื่อ COUNTER ให้ดำเนินการโดยไปที่แมนู symbol Tools  จากนั้นกดปุ่ม button ชื่อ MegaWizard Plug-In Manager ดังรูปที่ 4 แล้วเลือก

>> Create a new custom megafunction variation

จะปรากฏหน้าต่างสำหรับให้เลือกอุปกรณ์ขึ้นมา



รูปที่ 4



8.3 ที่หน้าต่าง MegaWizard... ให้เลือกสร้างอุปกรณ์ดังนี้

ประเภท Arithmetic

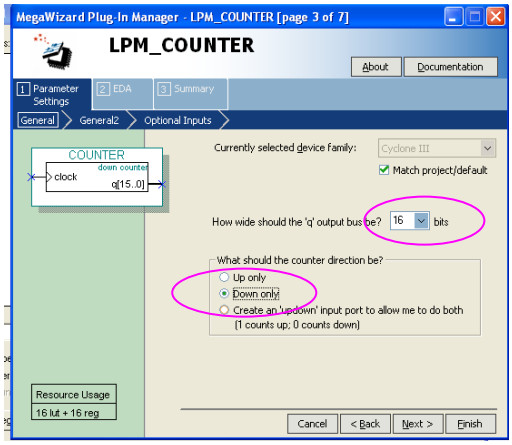
ตัวอุปกรณ์เป็น LPM_COUNTER

ตั้งชื่อเป็น COUNTER

และกดปุ่ม Next

รูปที่ 5

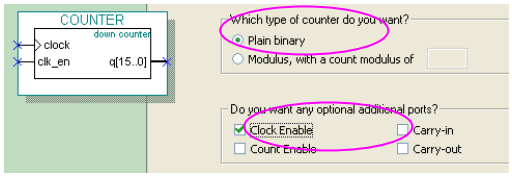
8.4 **เลือกจำนวนบิท**เป็น 16 บิต และเป็นวงจรนับแบบนับลง ดังรูปที่ 6



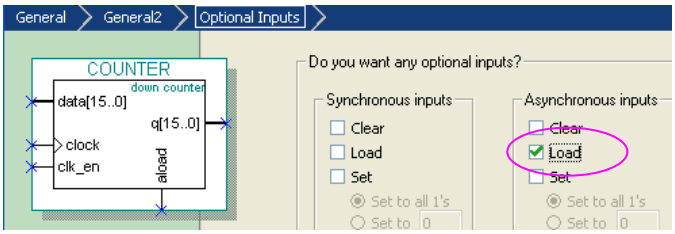
รูปที่ 6

8.5 เลือกวิธีการนับเป็นแบบปกติ

- Plain binary
- ให้มี**ขาควบคุม Enable** แบบ synchronous ดังรูปที่ 7
- เลือกความสามารถสำหรับการ**กำหนดค่าตั้งต้น**นับได้ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7



รูปที่ 8

เมื่อทำไปจนจบขั้นตอนก็จะได้วงจรนับเลขขนาด 16 บิทสามารถนำไปใช้งานได้ทันที ค่าตัวเลขนับสูงสุดจะถูกกำหนดไว้จากที่อื่นและส่งมาให้**ที่ขา** data[15..0]

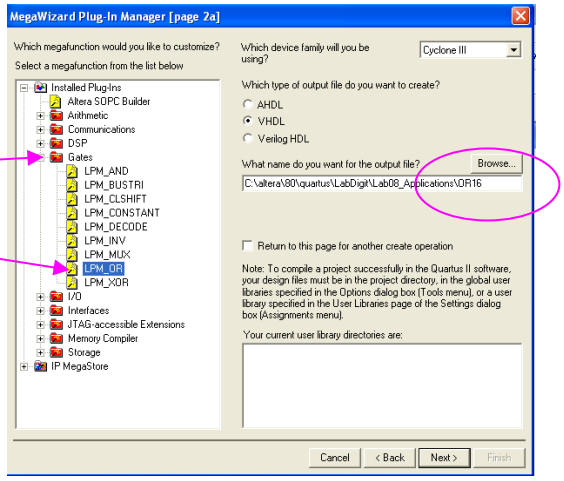
ค่าตัวเลขนี้จะเป็นตัวกำหนดให้วงจร debounce ถ่วงเวลาไว้ก่อนเมื่อสวิทช์ถูกกด โดยการรอนี้จะนานเท่ากับ จำนวนเลขคูณกับค่าคาบสัญญาณนาฬิกา ก่อนที่จะปล่อยเอ้าท์พุทที่ถูกต้องออกมาให้เรา

8.6 **วิธีการสร้างอุปกรณ์ OR16** (OR gate ขนาด 16 อินพุท โดยปกติจะไม่มีให้ใช้ในงานทั่วไป จึงต้องสร้างขึ้นมาใช้เอง)

สามารถสร้างได้จากหน้าต่าง symbol โดยเปิดที่หน้าต่าง MegaWizard...

>> MegaWizard Plug-In Manager

เลือกสร้างอุปกรณ์ประเภท Gates และสร้างอุปกรณ์เป็น LPM_OR จากนั้นให้ตั้งชื่อเป็น OR16 ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9

9. เมื่อได้อุปกรณ์ COUNTER, OR16 แล้วก็เขียนวงจรในรูปที่ 3 ต่อและทำการคอมไพล์ พร้อมสร้าง symbol file ของวงจรขึ้นมาเตรียมไว้ใช้ในขั้นถัดไป

ขั้นที่ 4 สร้างวงจรนับเลขฐานสิบ ขนาด 4 หลัก (นับจาก 0000 ถึง 9999)

10. ให้**ปิดโปรเจค**ที่สร้างมาในขั้นตอนที่ 8-9 ก่อนที่จะดำเนินการต่อไป
11. สร้างโปรเจคชื่อ “Last4DigitStudentID_VHDL” ขึ้นมาและให้เก็บไว้ในโฟลเดอร์เดิม
    a) สร้างวงจรนับเลขในรูปที่ 10 ใช้ภาษา vhdl
    b) ใช้ชิพเบอร์ EP3C10E144C8 ให้ทำการคอมไพล์ และสร้าง symbol file ไว้ใช้งานขั้นต่อไป

น.ศ. สามารถคัดลอกโปรแกรมได้จากโค๊ดภาษา VHDL ที่ด้านท้ายเอกสารแล็บ (ไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ***.pdf)

```
 1  LIBRARY ieee ;
 2  USE ieee.std_logic_1164.all ;
 3  USE ieee.std_logic_unsigned.all ;
 4  USE ieee.std_logic_arith.all ;
 5
 6  ENTITY Last4DigitStudentID_VHDL IS
 7      PORT (Clock          : IN    STD_LOGIC ;
 8            Clear, En      : IN    STD_LOGIC ;
 9            BCD3, BCD2     : OUT   STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0);
10            BCD1, BCD0     : OUT   STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) ) ;
11  END Last4DigitStudentID_VHDL ;
12
13  ARCHITECTURE Behavior OF Last4DigitStudentID_VHDL IS
14      SIGNAL      E ,  EQUAL   :      STD_LOGIC;
15      SIGNAL      PBCD1, PBCD0 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0);
16      SIGNAL      PBCD3, PBCD2 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0);
17      CONSTANT    DIGIT0  : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0100" ; -- Digit0 = 4
18      CONSTANT    DIGIT1  : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "1000" ; -- Digit1 = 8
19      CONSTANT    DIGIT2  : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0111" ; -- Digit2 = 7
20      CONSTANT    DIGIT3  : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0110" ; -- Digit3 = 6
21  BEGIN
22      PROCESS ( Clock )
23      BEGIN
24          IF Clock'EVENT AND Clock = '1' THEN
25              IF Clear = '1' THEN
26                  PBCD1 <= "0000" ; PBCD0 <= "0000" ;
27                  PBCD3 <= "0000" ; PBCD2 <= "0000" ;
28              ELSIF E = '1' THEN
29                  IF PBCD0 = "1001" THEN
30                      PBCD0 <= "0000" ;
31                      IF PBCD1 = "1001" THEN
32                          PBCD1 <= "0000";
33                          IF PBCD2 = "1001" THEN
34                              PBCD2 <= "0000";
35                              IF PBCD3 = "1001" THEN
36                                  PBCD3 <= "0000";
37                              ELSE
38                                  PBCD3 <= PBCD3 + '1' ;
39                              END IF ;
40                          ELSE
41                              PBCD2 <= PBCD2 + '1' ;
42                          END IF ;
43                      ELSE
44                          PBCD1 <= PBCD1 + '1' ;
45                      END IF ;
46                  ELSE
47                      PBCD0 <= PBCD0 + '1' ;
48                  END IF ;
```

รูปที่ 10

```
49              END IF ;
50          END IF;
51      END PROCESS;
52      E  <= En AND EQUAL;
53      BCD3 <= PBCD3;
54      BCD2 <= PBCD2;
55      BCD1 <= PBCD1;
56      BCD0 <= PBCD0;
57      PROCESS ( PBCD3,PBCD2,PBCD1,PBCD0 )
58      BEGIN
59              IF  PBCD3 = DIGIT3 THEN
60                  IF  PBCD2 = DIGIT2 THEN
61                      IF  PBCD1 = DIGIT1 THEN
62                          IF  PBCD0 = DIGIT0 THEN
63                              EQUAL <= '0' ;
64                          ELSE
65                              EQUAL <= '1' ;
66                          END IF;
67                      END IF;
68                  END IF;
69              ELSE
70                  EQUAL <= '1' ;
71              END IF;
72      END PROCESS;
73  END Behavior ;
```

รูปที่ 10 (ต่อ)

ขั้นที่ 5 ปรับแต่ง (ดัดแปลง) ให้ชุดวงจร 7-segment ให้แสดงผลได้อย่างเหมาะสม

เนื่องจากบอร์ดทดลองสำหรับแสดงผลเป็นตัวเลข 7-Segment มีการทำงานที่เรียกว่า active low (ต้องป้อนสัญญาณลอจิก ‘0’ ให้ตัวหลอด LED; ไดโอดส่องแสง) วงจร LED จะส่องแสงสีแดงขึ้นมาได้ก็ต่อเมื่อเราต้องจ่ายแรงดันไฟสถานะลอจิก ‘0’ ให้มันเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเราใช้ชุดวงจร VHD_7SEGM.vhd จากการทดลองที่ 5 ก็จะแสดงผลตัวเลขได้ไม่เหมาะสม **(LED ดวงที่ควรจะติดก็จะดับ ส่วนดวงที่ควรจะดับกลับกลายเป็นติดแทน)** จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนโปรแกรมบ้างเล็กน้อยด้วยการ**เพิ่ม NOT gate และสายไฟตัวนำชื่อ temp** ใส่เข้าไป ดังรูปที่ 11

```
1   LIBRARY ieee ;
2   USE ieee.std_logic_1164.all ;
3
4   ENTITY VHD_7SEGM IS
5       PORT (  bcd     : IN    STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) ;
6               leds    : OUT   STD_LOGIC_VECTOR(1 TO 7) ) ;
7   END VHD_7SEGM ;
8
9   ARCHITECTURE Behavior OF VHD_7SEGM IS
10
11      signal    temp :    STD_LOGIC_VECTOR(1 TO 7);
12
13  BEGIN
14      PROCESS ( bcd )
15      BEGIN
16          CASE bcd IS                          -- abcdefg
17              WHEN "0000"     => temp     <= "1111110" ;
18              WHEN "0001"     => temp     <= "0110000" ;
19              WHEN "0010"     => temp     <= "1101101" ;
20              WHEN "0011"     => temp     <= "1111001" ;
21              WHEN "0100"     => temp     <= "0110011" ;
22              WHEN "0101"     => temp     <= "1011011" ;
23              WHEN "0110"     => temp     <= "1011111" ;
24              WHEN "0111"     => temp     <= "1110000" ;
25              WHEN "1000"     => temp     <= "1111111" ;
26              WHEN "1001"     => temp     <= "1110011" ;
27              WHEN OTHERS     => temp     <= "0000000" ;
28          END CASE ;
29      END PROCESS ;
30
31      leds   <= NOT temp;
32
33  END Behavior ;
```

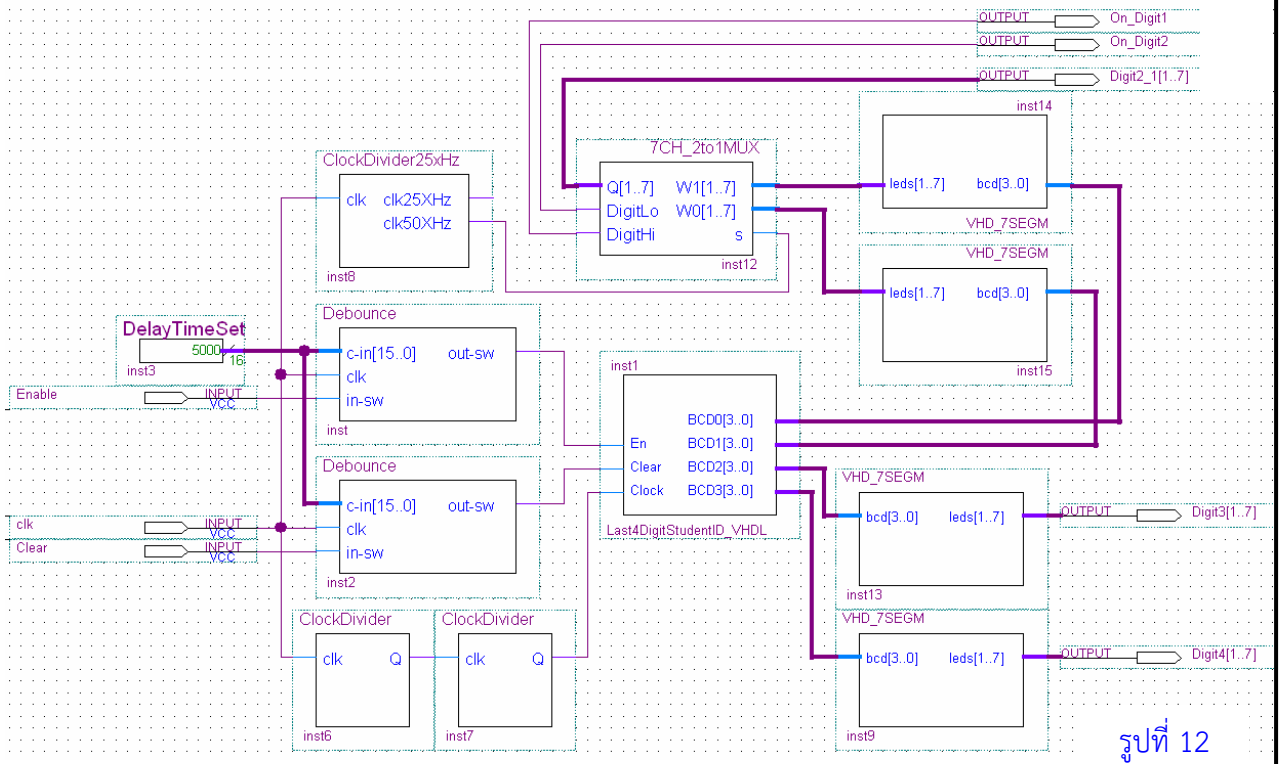
ดัดแปลงแก้ไขด้วยการใส่เพิ่ม “NOT”เกท เข้าไปในวงจรก่อนที่จะส่งสัญญาณออกที่พอร์ทชื่อ leds

หมายเหตุ: น.ศ.จะต้องเปิดโปรเจคขึ้นมาทำเช่นเดียวกันกับที่เคยทำในขั้นตอนที่ 2-3 เพียงแต่ในขั้นนี้ให้ น.ศ. จะต้องมีการปรับแก้ไขโปรแกรมด้วย

รูปที่ 11

ขั้นที่ 6 ทำการประกอบวงจรที่สร้างมาทั้งหมดมารวมเข้าด้วยกันเป็นวงจรที่สมบูรณ์

12. ให้**ปิดโปรเจค**ที่สร้างมาในขั้นตอนที่ 11 ก่อนที่จะดำเนินการต่อไป
13. สร้างโปรเจคชื่อ “CounterWithDebounce” ขึ้นมาและให้เก็บไว้ในโฟลเดอร์เดิม
    a) เปิดไฟล์ขึ้นมาสำหรับเขียนวงจรในดังรูปที่ 12 ให้ใช้ชิพเบอร์ EP3C10E144C8 และคอมไพล์วงจร



รูปที่ 12

หมายเหตุ : การสร้างอุปกรณ์ชื่อ DelayTimeSet

อุปกรณ์ DelayTimeSet ค่าคงที่ (constant) มีไว้สำหรับเป็นค่าการหน่วงเวลาให้กับวงจรสวิทช์ (debounce) สร้างได้โดยใช้เครื่องมือ MegaWizard...

>> MegaWizard Plug-In Manager

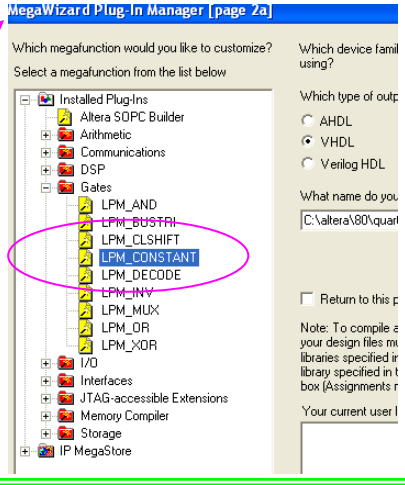
เลือกอุปกรณ์ที่จะสร้างเป็นประเภท

>> gates >> LPM_CONSTANT

ตั้งชื่อเป็น DelayTimeSet

ให้ขนาดความกว้าง**บัสข้อมูล = 16 บิท**

และแสดงข้อมูลเป็นเลขฐานสิบ



ขั้นที่ 7 นำวงจรที่สมบูรณ์ไปทำการโปรแกรม (Configuration) ลงบอร์ดทดลอง

14. ทำการคอมไพล์วงจรและนำชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากขั้นตอนที่ 13 ลงในบอร์ดทดลอง Cyclone3-Lab01

โดยกำหนดขาต่าง ๆ ตามรูปที่ 13

	Node Name	Direction	Location	I/O Bank	Vref Group	I/O Standard
1	Clear	Input	PIN_33	2	B2_N0	3.3-V LVTTL (default)
2	clk	Input	PIN_22	1	B1_N0	3.3-V LVTTL (default)
3	Digit2_1[1]	Output	PIN_110	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
4	Digit2_1[2]	Output	PIN_112	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
5	Digit2_1[3]	Output	PIN_111	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
6	Digit2_1[4]	Output	PIN_114	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
7	Digit2_1[5]	Output	PIN_113	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
8	Digit2_1[6]	Output	PIN_119	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
9	Digit2_1[7]	Output	PIN_115	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
10	Digit3[1]	Output	PIN_121	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
11	Digit3[2]	Output	PIN_125	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
12	Digit3[3]	Output	PIN_124	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
13	Digit3[4]	Output	PIN_127	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
14	Digit3[5]	Output	PIN_126	7	B7_N0	3.3-V LVTTL (default)
15	Digit3[6]	Output	PIN_129	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
16	Digit3[7]	Output	PIN_128	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
17	Digit4[1]	Output	PIN_133	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
18	Digit4[2]	Output	PIN_136	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
19	Digit4[3]	Output	PIN_135	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
20	Digit4[4]	Output	PIN_138	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
21	Digit4[5]	Output	PIN_137	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
22	Digit4[6]	Output	PIN_142	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
23	Digit4[7]	Output	PIN_141	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
24	Enable	Input	PIN_32	2	B2_N0	3.3-V LVTTL (default)
25	On_Digit1	Output	PIN_144	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)
26	On_Digit2	Output	PIN_143	8	B8_N0	3.3-V LVTTL (default)

รูปที่ 13

15. เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของขาอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วให้ทำการคอมไพล์วงจรอีกครั้ง
16. นำบอร์ดทดลองมาต่อแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลท์ เปิดสวิทซ์ จากนั้นต่อสายสำหรับดาวน์โหลดจากคอมพิวเตอร์ลงในบอร์ดทดลองโดยใช้สาย
    Byte Blaster สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC (ติดตั้งไว้แล้วที่ PC ทุกเครื่องในห้องปฏิบัติการ)
    USB Blaster สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุค (น.ศ. ต้องติดตั้งไดรฟ์เวอร์ก่อน)
17. ต่อบอร์ดแสดงผล 7-Segment ของ Smart Prototype เข้ากับช่องต่อคอนเน็คเตอร์ Expansion Port B เปิดสวิทซ์ป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
18. ดาวน์โหลดโปรแกรมเพื่อทำ configuration ชิ้นงานต้นแบบลงบอร์ด

ผลการทดลอง

ก) จากคู่มือบอร์ดหน้า 19-20 (4.WARRIOR CTCLONE3 Education Board User's Manual.PDF)

- สวิทซ์เลื่อน SW7 ถูกต่อเข้าที่พอร์ทชื่อ PIN_33 ในวงจรรูปที่ 12 ทำหน้าที่เป็น ขา clear
  ถ้า ป้อนลอจิก '1' ขา Clear = high → ส่งผลให้ Output ถูกเคลียร์ และเริ่มนับใหม่
- สวิทซ์เลื่อน SW6 ถูกต่อเข้าที่พอร์ทชื่อ PIN_32 ในวงจรรูปที่ 12 ทำหน้าที่เป็น ขา Enable
  ถ้า ป้อนลอจิก '1' ขา enable = high → วงจรเกิดการนับเลข

ข) ปรับสวิทซ์เลื่อน SW7 , SW6 บันทึกการทำงานของวงจร (สิ่งที่เห็นจาก 7-segment)

SW7= Low , SW6= Low การทำงานของวงจร ไม่ทำงาน (Clear & En = 0)

SW7= Low , SW6= High การทำงานของวงจร ทำการนับเลข (Clear = 0 & En=1)

SW7= High , SW6= Low การทำงานของวงจร ค่า Clear = 1 (SW=high) วงจรจะให้ Output = 0000 ตลอดช่วงการทำงาน

SW7= High , SW6= High การทำงานของวงจร แม้ว่า enable = 1 แต่ ค่า Clear = 1 ทำให้ Output ที่แสดงออกมาเป็น 0000 (ค่า Clear มีความสำคัญมากกว่า)

ค) วงจรนี้นับถึงเลขสุดท้ายและค้างค่าไว้ลำดับเลขที่ 6784

ถ้าต้องการจะเปลี่ยนเลขนี้ให้ตรงกับเลขท้าย4ตัวของรหัสนักศึกษาจะต้องทำอย่างไร เปิดไฟล์ VHDL ชื่อ Last4DigitStudent_VHDL ไปที่คำสั่ง constant digit3 -digit0 ให้เปลี่ยนจาก 0110 , 0111, 1000, 0100 เป็น 0001 , 0001, 1000 และ 1000 ตามลำดับ

ง) ในรูปที่ 12 ที่ตัวอุปกรณ์ Clock_Divider25xHz ถ้าสัญญาณเอ้าท์พุทถูกย้ายไปต่อที่พอร์ท clk25XHz จะเกิดอะไรขึ้น X เพราะเหตุใด ไม่ได้ต่อบอร์ดทดลอง

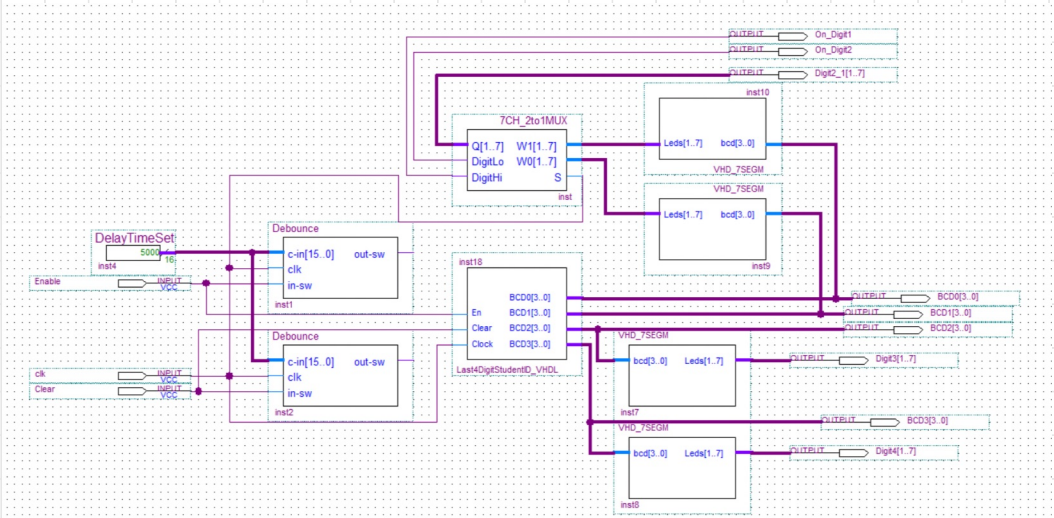
จ) ถ้าต้องการให้การนับเลขมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น หรือนับช้าลงจะต้องดัดแปลงวงจรอย่างไร X ไม่ได้ต่อบอร์ดทดลอง

งานมอบหมายท้ายการทดลอง

(ให้เขียนลงบนกระดาษ A4 ที่มีเส้นบรรทัดและรวมใส่ท้ายเอกสารการทดลอง ส่งอาจารย์ผู้สอนในคราวถัดไป)

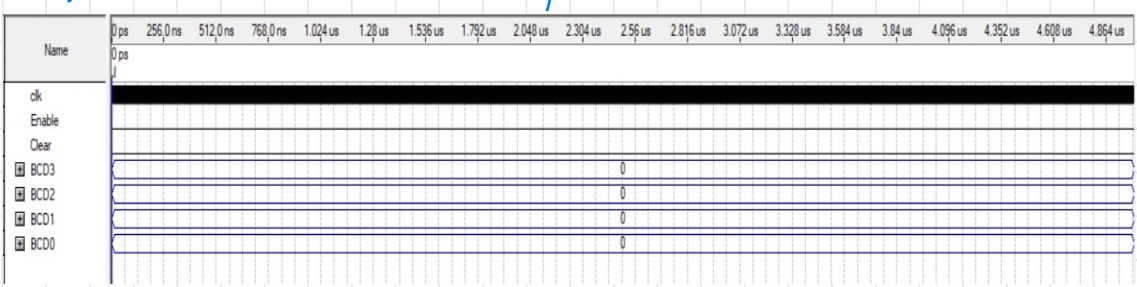
1. ให้อธิบายเรื่อง bounce และการแก้ปัญหาด้วยการทำ debounce
2. ให้ดัดแปลงวงจร โดยเริ่มนับจากรหัสนักศึกษา (4ตัวท้าย) ลดค่าลงครั้งละ 1 และให้หยุดนับเมื่อลดลงถึง 0

Block Diagram (Lab 8)

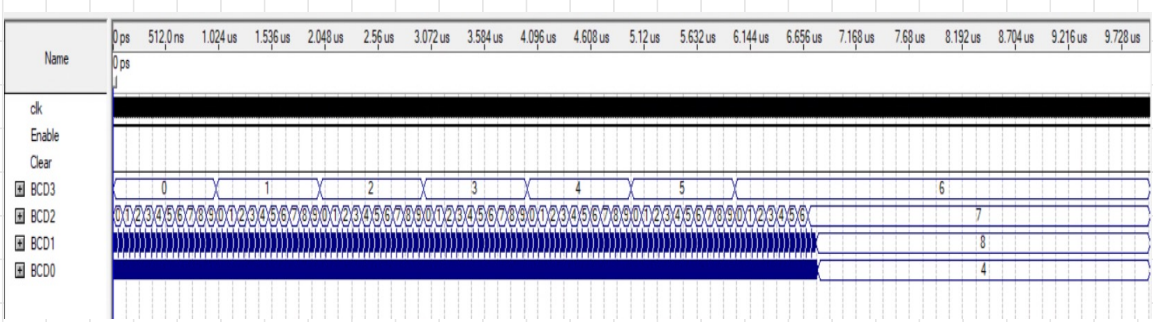


(a.)

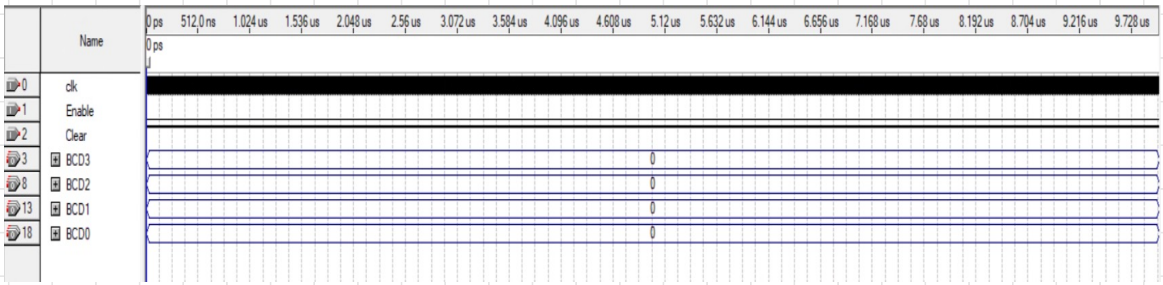
1.) Simulation (sw7 low , sw6 low)



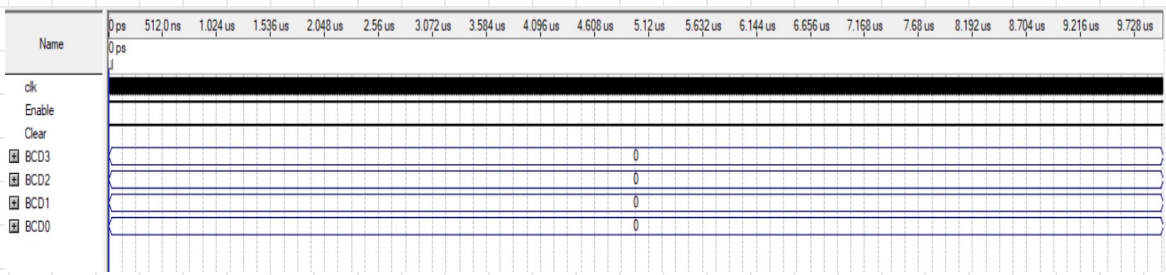
2) Simulation (sw7 low , sw6 high)



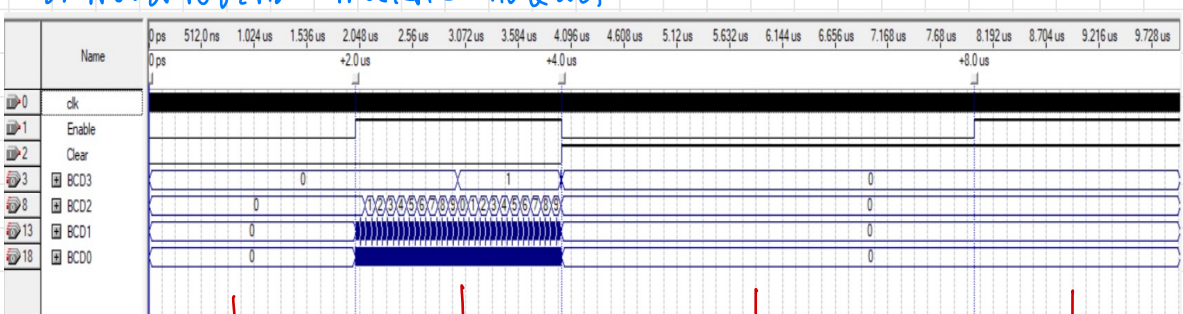
3.) Simulation (sw7 high, sw6 low)



4.) Simulation (sw7 high, sw6 high)



ภาพรวมของการ Simulate ทั้งหมด



sw7 = low
sw6 = low

sw7 = low
sw6 = high

sw7 = high
sw6 = low

sw7 = high
sw6 = high

งานมอบหมายท้ายการทดลอง

(ให้เขียนลงบนกระดาษ A4 ที่มีเส้นบรรทัดและรวมใส่ท้ายเอกสารการทดลอง ส่งอาจารย์ผู้สอนในคราวถัดไป)

1. ให้อธิบายเรื่อง bounce และการแก้ปัญหาด้วยการทำ debounce
2. ให้ดัดแปลงวงจร โดยเริ่มนับจากรหัสนักศึกษา (4ตัวท้าย) ลดค่าลงครั้งละ 1 และให้หยุดนับเมื่อลดลงถึง 0

① Bounce คือ ปัญหาที่เกิดจากการใช้สวิตช์แบบกด ขณะใช้งานเปิดปิด ที่ทำให้เกิด สัญญาณ Low → High จะเกิดการสั่น ทำให้ สัญญาณไม่นิ่ง สามารถแก้โดยการทำ Debounce ※

Debounce คือ การนับ Pulse ของสัญญาณไปจนกว่าสัญญาณนั้นจะเกิดการนิ่งมากที่สุด เพื่อให้ค่ามีความถูกต้องมากที่สุด ※

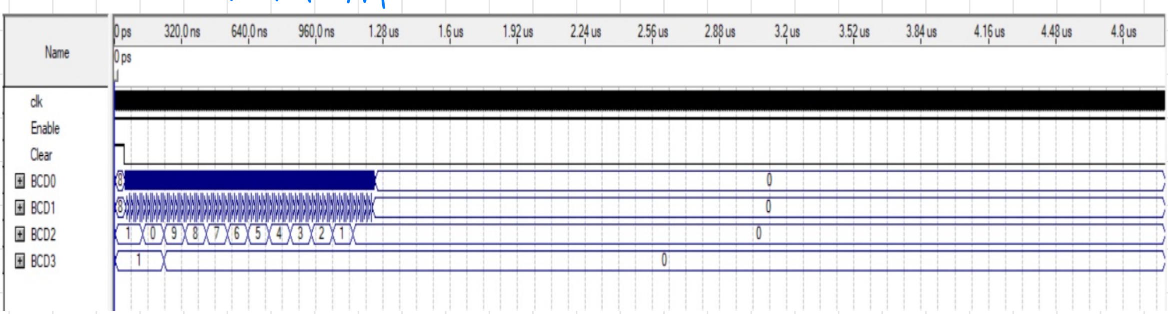
② ดัดแปลงวงจรนับเลขจาก 1188 → 0000

```vhdl
ARCHITECTURE Behavior OF Last4DigitStudentID_VHDL IS
    SIGNAL E, EQUAL : STD_LOGIC;
    SIGNAL PBCD1, PBCD0 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0);
    SIGNAL PBCD3, PBCD2 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0);
    CONSTANT DIGIT0 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0000" ; --DIGIT0 = 4
    CONSTANT DIGIT1 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0000" ; --DIGIT1 = 8
    CONSTANT DIGIT2 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0000" ; --DIGIT2 = 7
    CONSTANT DIGIT3 : STD_LOGIC_VECTOR(3 DOWNTO 0) := "0000" ; --DIGIT3 = 6
BEGIN
    PROCESS( Clock )
    BEGIN
        IF Clock'EVENT AND Clock = '1' THEN
            IF Clear = '1' THEN
                PBCD1 <= "1000" ; PBCD0 <= "1000" ;
                PBCD3 <= "0001" ; PBCD2 <= "0001" ;
            ELSIF E = '1' THEN
                IF PBCD0 = "0000" THEN
                   PBCD0 <= "1001" ;
                   IF PBCD1 = "0000" THEN
                      PBCD1 <= "1001" ;
                      IF PBCD2 = "0000" THEN
                         PBCD2 <= "1001" ;
                      IF PBCD3 = "0000" THEN
                         PBCD3 <= "1001" ;
                      ELSE
                         PBCD3 <= PBCD3 - '1' ;
```

```vhdl
                      IF PBCD2 = "0000" THEN
                         PBCD2 <= "1001" ;
                      IF PBCD3 = "0000" THEN
                         PBCD3 <= "1001" ;
                      ELSE
                         PBCD3 <= PBCD3 - '1' ;
                      END IF ;
                   ELSE
                      PBCD2 <= PBCD2 - '1' ;
                   END IF ;
                ELSE
                   PBCD1 <= PBCD1 - '1' ;
                END IF ;
            ELSE
                PBCD0 <= PBCD0 - '1' ;
            END IF ;
            END IF ;
```

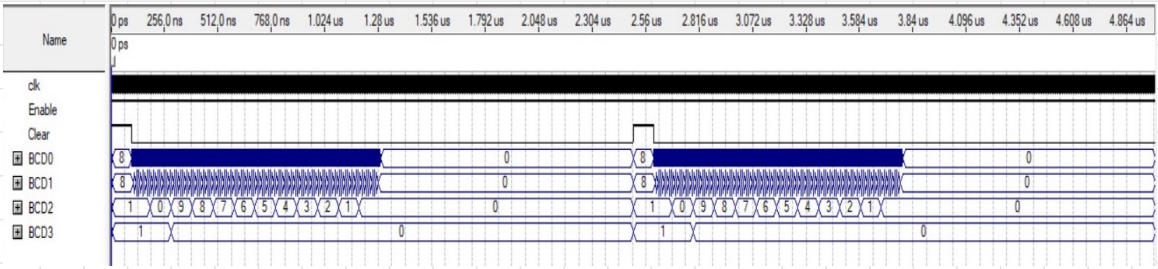
(Last4DigitStudent. VHDL)

"ผลการ Simulation"



นับค่าจาก 1188 → 0000

กรณีเพิ่มค่า Clear เพื่อให้นับค่าใหม่



(ค่า clear = '1' ในช่วง 2.5 – 2.6 us)