

## Sorting circuit (Originally CEDT 2023 Final Project)

ให้นิสิตสร้างวงจรโดยใช้ Digital ที่ทำการเรียงข้อมูลจาก ROM memory แล้วไปเก็บข้อมูลที่เรียงเสร็จแล้วใน RAM memory เมื่อวงจรทำงานเสร็จสิ้นให้แสดงผลลัพท์การเรียงค่าจากน้อยไปมากผ่านทาง

7-segment (สองตัว) เป็นเลขฐาน 16

ข้อมูลเข้าจะอยู่ใน File ซึ่งสามารถ Load ได้ผ่านทาง ROM ( hex file )โดยเมื่อเริ่มวงจรให้มี input คือ

- N - จำนวนข้อมูลเข้า ( $N < 512$ )
- reset - ให้ reset การทำงานของวงจร
- start - ให้เริ่มทำงาน
- ROM file - เป็นข้อมูลที่ load เข้าก่อนเริ่ม simulation

และมี output คือ

- done - ขึ้นเป็น 1 เมื่อการทำงานเสร็จสิ้น (รวมการแสดงผล)
- valid - เป็นสัญญาณบอกว่าค่าที่ display ใน 7-segment มีผลลัพธ์ที่ถูกต้อง สามารถเป็น 1 สลับกับ 0 ได้ โดยระบบจะถือว่าเป็นคำตอบที่เอาไปตรวจเฉพาะตอนที่ valid เป็น 1 ไม่ต้องรอให้เรียงลำดับเสร็จก็สามารถหยุด display ได้เลย
- 7-segment 2 ตัว แสดงค่าผลลัพธ์ที่อยู่ใน RAM เป็นเลขฐาน 16 โดยจะแสดงค่าที่ถูกตอนที่สัญญาณ valid เป็น 1
- จำนวน Clock ที่ใช้ในการเรียงตัวเลข (รวม Clock ในช่วงที่วงจรแสดงผล) โดยนับเริ่มจากได้รับสัญญาณ start
- RAM - ขนาดเท่ากับ ROM, RAM ที่นิสิตเลือกใช้สามารถเป็นอันไหนก็ได้ที่นิสิตจะเลือก

สามารถใช้อุปกรณ์ อะไรก็ได้เพิ่มเติมที่มีอยู่ใน Digital แบบมาตรฐาน (เช่น ROM Dual Port)

โดยการทำงานของโปรแกรมจำนวนข้อมูลจะมีอยู่ในช่วง 0-511 ค่า

ค่าตัวเลขที่อยู่ใน ROM เป็นเลขอยู่ในช่วง 0-255 ( 8-bit) เช่นกัน โดยให้คำตอบที่อยู่ใน RAM เรียงจากน้อยไปมาก โดยให้สมมติว่าค่าที่อยู่ใน ROM เป็นเลขจำนวนเต็ม

### การทำงาน

นิสิตสามารถปรึกษากันได้แต่ห้ามคัดลอกหรือถามคำถามใน Internet แต่สามารถค้นหาข้อมูลได้ใน Internet Search

### การให้คะแนน ( คะแนน ใน Lab นั้น)

- เอกสารด้านเทคนิคเช่น ASM Chart หรือ FSM Chart การทำงานของโปรแกรมไม่เกิน 5 หน้า (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของค่าที่อยู่ใน ROM เรียงตัวกันอยู่แล้ว (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของ  $N \leq 4$  (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของ  $N \leq 64$  (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของ  $N \leq 128$  (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของ  $N \leq 256$  (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องในกรณีของ  $N < 512$  (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องทุกกรณีและเวลาการทำงานไม่เกิน 8,000 clocks (5 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องทุกกรณีและเวลาการทำงานไม่เกิน 4,000 clocks (10 คะแนน)
- ทำงานถูกต้องทุกกรณีและเวลาการทำงานไม่เกิน 2,000 clocks (10 คะแนน)
- การแสดงผลของ Clock ถูกต้อง (สามารถ +/- ได้ไม่เกิน 1) (5 คะแนน)
- ทุกๆ สมาชิกที่เกินกว่า 4 คน จะถูกหักคนละ 5 คะแนน (-5 คะแนน)

### ตัวอย่างการทำงาน

สมมติให้ข้อมูลที่เก็บไว้ใน ROM เป็น 0x1F, 0x10, 0xFF, 0x00 เมื่อ สัญญาณ start เป็น 1 ให้เริ่มเรียงข้อมูล เมื่อเสร็จให้แสดง ข้อมูลผ่าน 7-segment เป็น 00, 10, 1F และ FF การแสดงผลลัพท์อาจไม่ต่อเนื่องได้โดยใช้สัญญาณ valid =1 แสดงว่าเป็นการแสดงผลลัพท์ค่านั้นๆ เป็นค่าที่ถูกต้อง เช่น ในกรณีที่แล้ว user อาจแสดงผลเป็น (7-Segment, valid) = (00, 1), (00, 0), (10, 1), (10, 0), (1F, 1), (FF, 1) เป็นต้น

หลังจากการแสดงผลเสร็จสิ้นให้ แสดง clock จำนวน clock ที่ใช้ในการทำงานและเปลี่ยนสัญญาณ done = 1 และให้ค่าทุกอย่างคงเดิมจนกระทั่งมีการกด reset แล้ว start ใหม่

### Template

Template อยู่ใน MCV, User สามารถเปลี่ยน RAM เป็น อุปกรณ์ RAM ชนิดอื่นได้ตามความเหมาะสม ค่าที่อยู่ใน ROM สามารถกด Edit เพื่อใส่ค่าที่ต้องการหรือ ใช้ “Reload model at start “ ใน Advanced tab ที่ต้องเตรียม Binary File ก่อน

### Extra Credit

- กลุ่มที่วงจรทำงานเร็วที่สุดและได้คะแนนเต็ม 3 คนแรกจะได้รางวัลพิเศษ

**\*\* Please set your ROM to be “Program Memory” (in Advanced tab) for grader\*\***

### ตัวอย่าง Program ที่ใช้ในการ Generate Binary File สำหรับ ROM

```
#include <stdio.h>
int main(int argc, const char **argv) {
    const int N = 4;
    unsigned char buf[] = {0x1f, 0x10, 0xff, 0x00};
    FILE *fo = fopen("test.bin", "wb");
    fwrite(buf, N, 1, fo );
    fclose(fo);
    return 0;
}
```