

## การทดลองที่ 9 วงจรบวกและวงจรถลเลขฐานสอง (Binary Adder and Subtractor)

### วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของวงจรถลเลขฐานสองแบบ Full Adder และแบบ Half Adder
2. เข้าใจการทำงานของวงจรถลเลขฐานสองแบบ Full Subtractor และแบบ Half Subtractor
3. เข้าใจหลักการบวกและลบเลขฐานสองขนาด 1 บิต

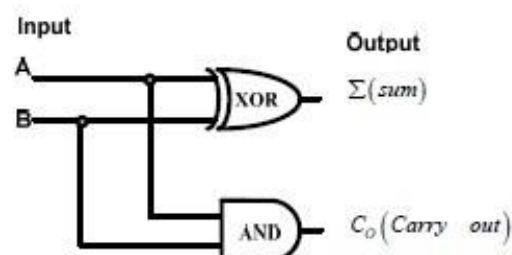
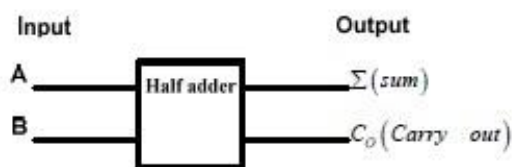
### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การบวกและลบเลขฐานสองโดยวงจรถลจิกนั้นสามารถสร้างได้จากทฤษฎีการบวกและลบเลข โดยนำมาเขียนเป็นตารางความจริง เพื่อนำมาสร้างเป็นวงจรถลจิกที่ต้องการ

วงจรถลแบบ Half Adder มีตารางความจริงแสดงการทำงานดังรูปที่1 และสามารถสร้างวงจรถลแบบ Half Adder ได้ดังรูปที่ 1

ตารางความจริง

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	$\Sigma$	$C_o$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

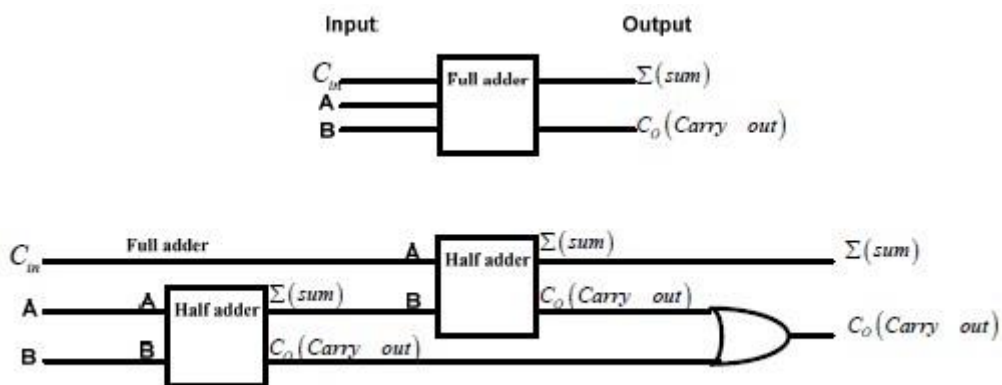


รูปที่ 1 แสดงวงจรบวกแบบ Half Adder และตารางแสดงการทำงานของวงจร

วงจรบวกแบบ Full Adder ในการบวกเลขฐานสองนั้นมีตัวทศเกิดขึ้นจากการบวกเลขบิตที่ต่ำกว่ามา ทดให้บิตถัดไป ดังนั้นจึงต้องศึกษาการทำงานของวงจรบวกแบบ Full Adder ซึ่งมีตารางการทำงานและวงจร ภายในซึ่งสร้างได้จากวงจรบวกแบบ Half Adder ดังรูปที่ 2

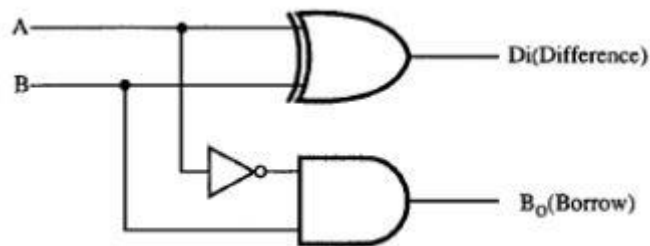
ตารางความจริง

อินพุต			เอาต์พุต	
$C_{in}$	A	B	$\Sigma$	$C_o$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1
Carry+B+A			SUM	Carry Out



รูปที่ 2 แสดงวงจรบวกแบบ Full Adder และตารางแสดงการทำงานของวงจร

วงจรลบแบบ Half Subtractor สามารถสร้างได้จากการนำกฎของการลบเลขฐานสองมาเขียนลง ตารางความจริงและจะได้วงจรลบเลขแบบ Half Subtractor ดังรูปที่ 3

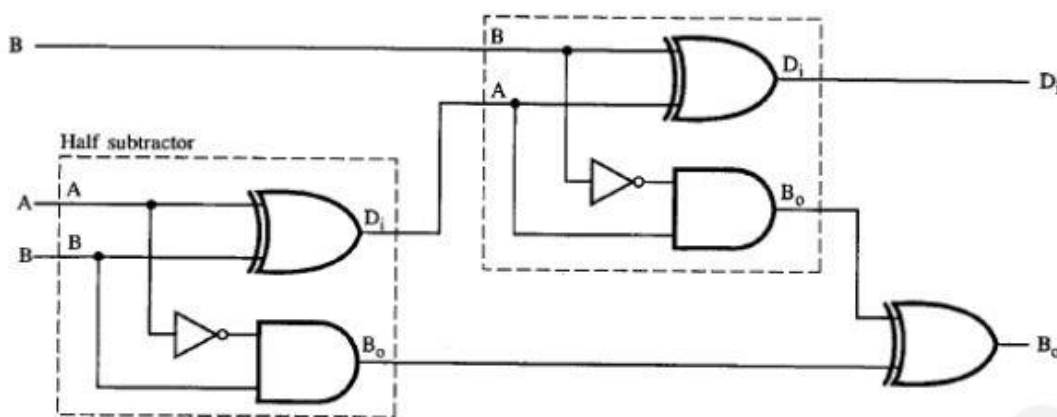


ตารางความจริง

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	$D_i$	$B_o$
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0
A - B		Difference	Borrow out

รูปที่ 3 แสดงวงจรแบบ Half Subtractor และตารางความจริงแสดงการทำงาน

วงจรแบบ Full Subtractor ในการลบเลขฐานสองกรณีที่ตัวตั้งน้อยกว่าตัวลบ จำเป็นต้องมีการยืมเลขมาจากบิตที่สูงกว่า ดังนั้นวงจรที่ทำหน้าที่ลบเลขจึงต้องมีอินพุตเพิ่มขึ้น คือ ตัวยืมเข้า  $B_{in}$  เมื่อนำการทำงานมาเขียนลงในตารางความจริงจะสามารถสร้างวงจรแบบ Full Subtractor ได้ดังรูปที่ 4



อินพุต			เอาต์พุต	
$C_{in}$	A	$B_{in}$	$D_i$	$B_o$

0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1
A – B - B <sub>in</sub>			Difference	Borrow out

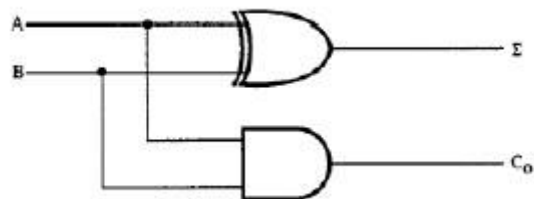
รูปที่ 4 แสดงวงจรลบแบบ Full Subtractor และตารางความจริงแสดงการทำงาน

## อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วงจรรวมเบอร์ 7486 7408 7404 และ 7432
2. ชุดทดลองดิจิทัล

## วงจรการทดลองที่ 1 วงจรบวกแบบ Half Adder

### วิธีการทดลอง



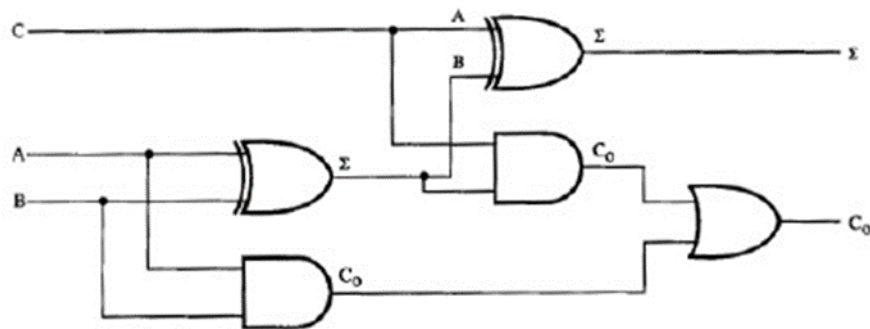
- 1.1 ทำการป้อนเลขฐานสอง 0 และ 1 เข้าที่อินพุต A และ B ตามตาราง ทำการทดลองและบันทึกผลการบวก และตัวทดที่เกิดขึ้นลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	$\Sigma$	$C_0$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

## วงจรการทดลองที่ 2 วงจรบวกแบบ Full Adder

### วิธีการทดลอง



2.1 ทำการป้อนลอจิกอินพุตที่ตัวทดสอบเข้าตัวตั้ง และตัวบวก ( $C_{in}$  A B) ตามตารางบันทึกผล และบันทึกผลของตัวบวก ( $\Sigma$ ) และตัวทศออก ( $C_o$ ) ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

อินพุต			เอาต์พุต	
A	B	$C_{in}$	$\Sigma$	$C_o$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

### วงจรการทดลองที่ 3 วงจรลบแบบ Half Subtractor

#### วิธีการทดลอง

- 3.1 ทำการทดลองโดยการป้อนเลขฐานสองที่ตัวตั้ง (A) และตัวยืม (B) ตามตารางบันทึกผลและบันทึกผลของผลต่าง ( $D_i$ ) และตัวยืม ( $B_o$ ) ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

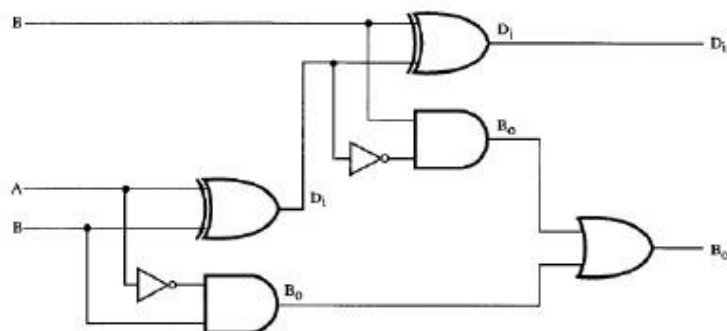
ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	$D_i$	$B_o$
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

### วงจรการทดลองที่ 4 วงจรลบแบบ Full Subtractor

#### วิธีการทดลอง

- 4.1 ป้อนเลขฐานสองลงในอินพุต Bin A B ตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ C 4 และบันทึกผลของผลลัพธ์ ตัวลบ ( $D_i$ ) และตัวยืม( $B_o$ ) ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4



ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

อินพุต			เอาต์พุต	
A	B	$B_{in}$	$D_i$	$B_o$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1



### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

สังเกตได้ว่าวงจรทดลองที่ 1 เป็นวงจรบวกเมื่อป้อนอินพุต A และ B เป็น 1 ได้เอาต์พุต  $\Sigma = 0$  แล้ว  $C_o = 1$  เพราะถูกทดเลขไป

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

สังเกตจากตารางค่าความจริง จะได้สมการการทำงานว่า  $A + B + C_{in}$  ผลรวมคือ  $\Sigma$  ตัวทดคือ  $C_o$

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

สังเกตได้ว่าวงจรทดลองที่ 1 เป็นวงจรลบ จากตารางค่าความจริงทำให้ทราบว่าวงจรนี้ทำงานคือ  $A - B$  เพราะเมื่อ  $A = 0$  และ  $B = 1$  จะมีการยืมค่า  $B_o$  มา ดังนั้น  $B_o$  จึงมีเอาต์พุตเป็น 1

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4

สังเกตจากตารางค่าความจริง จะได้สมการการทำงานว่า  $A - B - B_{in}$  ผลรวมคือ  $D_i$  ตัวยืมคือ  $B_o$

### สรุปผลการทดลอง

full adder และ Full Subtractor เป็นวงจรที่สามารถคำนวณค่าได้ถึง 3 บิต ส่วน Half Subtractor และ Half adder สามารถคำนวณค่าได้เพียง 2 บิตเท่านั้น

## คำถามท้ายปฏิบัติการทดลอง

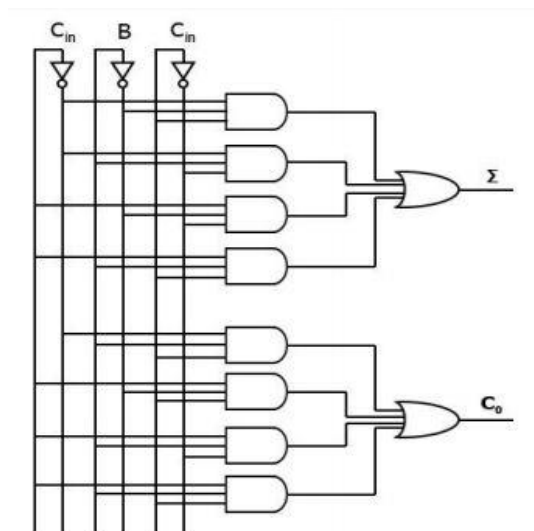
- จากตารางความเป็นจริงต่อไปนี้ จงเขียนสมการของ  $\Sigma$  และ  $C_o$  ในรูปเทอมผลบวกของผลคูณ (SOP)

อินพุต			เอาต์พุต	
$C_{in}$	B	$C_{in}$	$\Sigma$	$C_o$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

ตอบ  $\Sigma = \overline{C_{in}} \cdot \overline{B} \cdot C_{in} + \overline{C_{in}} \cdot B \cdot \overline{C_{in}} + C_{in} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C_{in}} + C_{in} \cdot B \cdot C_{in}$   
 $C_o = \overline{C_{in}} \cdot B \cdot C_{in} + C_{in} \cdot \overline{B} \cdot C_{in} + C_{in} \cdot B \cdot \overline{C_{in}} + C_{in} \cdot B \cdot C_{in}$

- จากสมการของ  $\Sigma$  และ  $C_o$  ในข้อ 1 ให้นำมาสร้างเป็นวงจรลอจิก และทดสอบการทำงานว่าวงจรที่สร้างได้ทำงานเหมือนวงจรในการทดลองใดที่ผ่านมา

ตอบ



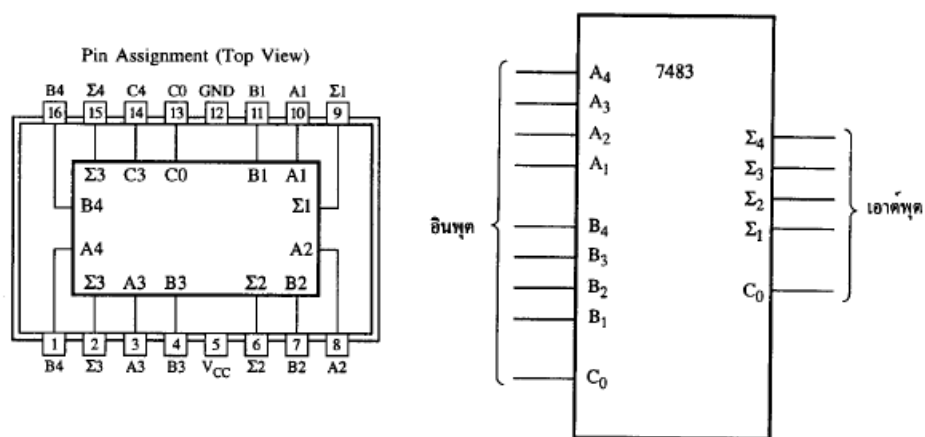
## การทดลองที่ 10 วงจรทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Circuits)

### วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของวงจรบวกเลขฐานสอง 4 บิต โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7483
2. เข้าใจการทำงานของวงจรบวก/ลบเลขฐานสอง 4 บิต โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7483
3. รู้หลักการลบเลขฐานสองแบบวิธีคอมพลีเมนต์ที่ 1 และวิธีคอมพลีเมนต์ที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

วงจรบวกและลบเลขฐานสองหลายๆบิต สามารถสร้างได้อย่างง่ายโดยใช้วงจรรวมที่ C ทำหน้าที่ C คำนวณเลขฐานสอง เช่น วงจรรวมเบอร์ 7483 (4 Bit-Full Adder) ซึ่งสามารถบวกเลขฐานสองได้พร้อมกันครั้งละ 4 บิต และสามารถต่อเพิ่ม เป็น 8 บิต หรือมากกว่า และยังสามารถนำมาสร้างวงจรลบเลขฐานสอง 4 บิตหรือ 8 บิตได้อีกด้วย โดยการใช้เทคนิคการลบเลขฐานสองแบบคอมพลีเมนต์ที่ 1 และคอมพลีเมนต์ที่ 2 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งขาต่างๆ เป็นดังนี้ 4 บิตตัวตั้งคือขา  $A_1$ -  $A_4$  4 บิตตัวบวกหรือตัวลบ คือขา  $B_1$ - $B_4$  และ 4 บิตผลลัพธ์ คือขา  $\Sigma_1$ - $\Sigma_4$  ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการจัดวางตำแหน่งขาของวงจรรวมเบอร์ 7483

การทำงานของตัวบวกขนาด 4 บิตเบอร์ 7483 แสดงในตารางรูปที่ 2

อินพุต				เอาต์พุต					
				When $C_0=L$			When $C_0=L$		
				When $C_1=L$			When $C_2=L$		
$A_1$ $A_3$	$B_1$ $B_3$	$A_2$ $A_4$	$B_2$ $B_4$	$\Sigma_1$ $\Sigma_3$	$\Sigma_2$ $\Sigma_4$	$C_2$ $C_4$	$\Sigma_1$ $\Sigma_3$	$\Sigma_2$ $\Sigma_4$	$C_2$ $C_4$
L	L	L	L	L	L	L	H	L	L
H	L	L	L	H	L	L	L	H	L
L	H	L	L	H	L	L	L	H	L
H	H	L	L	L	H	L	H	H	L
L	L	H	L	L	H	L	H	H	L
H	L	H	L	H	H	L	L	L	H
L	H	H	L	H	H	L	L	L	H
H	H	H	L	L	L	H	H	L	H
L	L	L	H	L	H	L	H	H	L
H	L	L	H	H	H	L	L	L	H
L	H	L	H	H	H	L	L	L	H
H	H	L	H	L	L	H	H	L	H
L	L	H	H	L	L	H	H	L	H
H	L	H	H	H	L	H	L	H	H
L	H	H	H	H	L	H	L	H	H
H	H	H	H	L	H	H	H	H	H

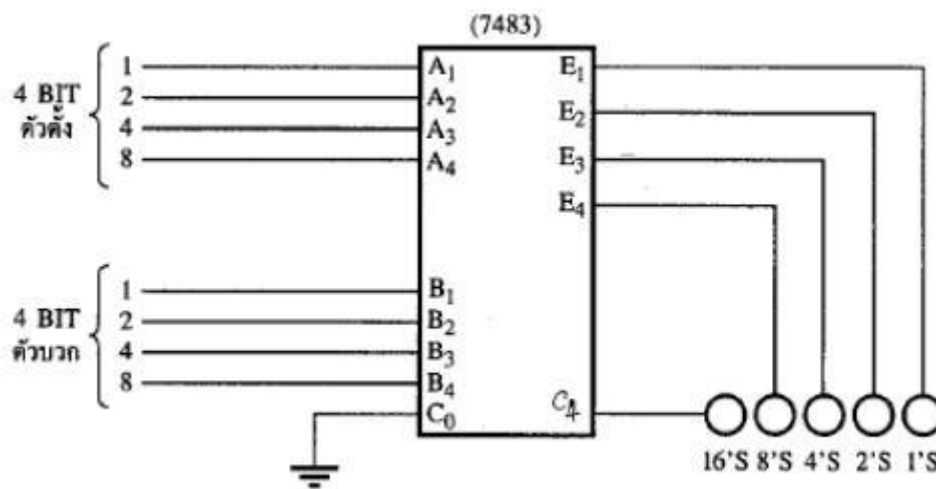
รูปที่ 2 แสดงตารางการทำงานของวงจรรวมเบอร์ 7483

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วงจรรวมเบอร์ 7483
2. ชุดทดลองดิจิทัล

## วงจรการทดลองที่ 1 วงจรบวกเลขฐานสองขนาด 4 บิต โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7483

### วิธีการทดลอง



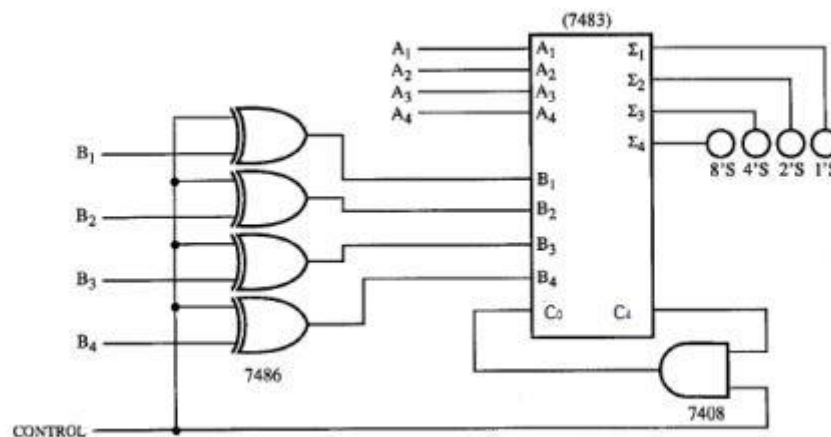
1.1 ต่อยังตามรูป และป้อนเลขฐานสอง 4 บิตที่ตัวตั้งและตัวบวกตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 และบันทึกผลการบวกเลขฐานสอง 4 บิต ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

อินพุต									เอาต์พุต					
A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>4</sub>	Σ <sub>4</sub>	Σ <sub>3</sub>	Σ <sub>2</sub>	Σ <sub>1</sub>	เลข
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	6
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	8
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	16
1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	18
1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	20
1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	22
1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	24

## วงจรการทดลองที่ 2 วงจรบวกและวงจรถลเลขฐานสองขนาด 4 บิต ด้วยวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 1

### วิธีการทดลอง



2.1 ต่อวงจรตามรูปและทำการทดลองการบวกโดยให้สัญญาณลอจิกที่ขา Control Logic = “0” ทดลองป้อนเลขฐานสอง 4 บิตเข้าที่ตัวตั้งและที่ตัวบวกตามที่ตารางกำหนด และบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

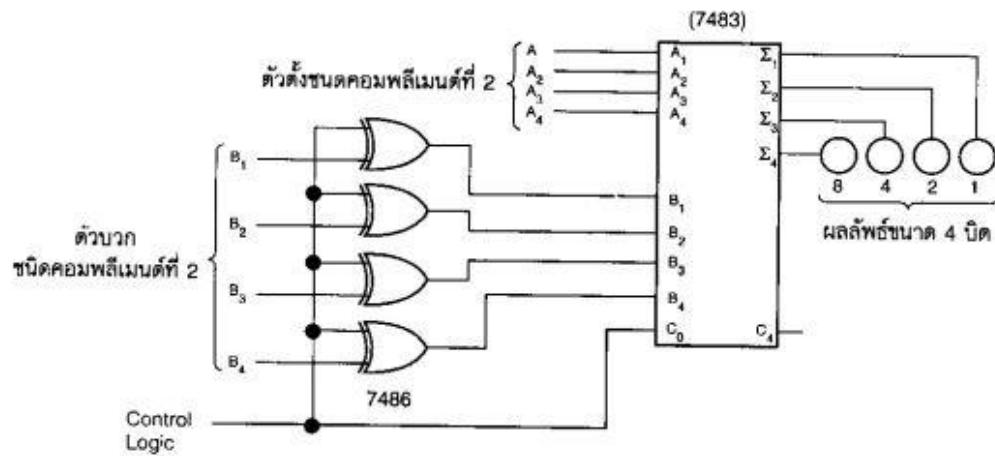
อินพุต								เอาต์พุต				
A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	Σ <sub>4</sub>	Σ <sub>3</sub>	Σ <sub>2</sub>	Σ <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1

2.2 ต่อวงจรตามรูปเดิม ให้ทำงานเป็นวงจรถลเลขฐานสองขนาด 4 บิต โดยการป้อนขา Control Logic ด้วยลอจิก “1” ทดลองป้อนเลขฐานสอง 4 บิตเข้าที่ตัวตั้ง และป้อนเลขฐานสอง 4 บิตเข้าที่ตัวลบตามลำดับในตาราง บันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

อินพุต								เอาต์พุต				
$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$B_4$	$B_3$	$B_2$	$B_1$	$\Sigma_4$	$\Sigma_3$	$\Sigma_2$	$\Sigma_1$	$C_4$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1

วงจรการทดลองที่ 3 วงจรบวกและวงจรถลเลขฐานสองขนาด 4 บิต ด้วยวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 2  
วิธีการทดลอง



3.1 ต่อวงจรตามรูป ควบคุมขา Control Logic ให้เป็น “0” วงจรจะทำงานเป็นวงจรถลเลขฐานสอง 4 บิตแบบคอมพลิเมนต์ที่ 2 ทดลองโดยป้อนเลขฐานสอง 4 บิต ตัวตั้งและตัวบวกตามตารางที่ 4 และบันทึกผลการบวกลงในตารางที่ 4

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

อินพุต								เอาต์พุต				
A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	Σ <sub>4</sub>	Σ <sub>3</sub>	Σ <sub>2</sub>	Σ <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1



3.2 ต่อวงจรตามรูปเดิม ให้ทำงานเป็นวงจรลบเลขฐานสองขนาด 4 บิตแบบคอมพลิเมนต์ที่ 2 โดยการป้อนขา **Control Logic** ด้วยลอจิก “1” ทดลองป้อนเลขฐานสอง 4 บิต เข้าที่ตัวตั้งและป้อนเลขฐานสอง 4 บิตเข้าที่ตัวลบตามลำดับในตาราง บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

อินพุต								เอาต์พุต				
A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	Σ <sub>4</sub>	Σ <sub>3</sub>	Σ <sub>2</sub>	Σ <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

จากตารางผลการทดลองเมื่อตัวเลข 4 บิตเพิ่มขึ้นค่าที่ได้ออกมายิ่งมากขึ้นลักษณะคือการบวก

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

จากตารางการทดลอง ค่าที่ได้ออกมา สามารถเป็น 1 ทั้งหมด หรือ 0 ทั้งหมดก็ได้ขึ้นอยู่กับ  
Control Logic

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

จากตารางการทดลอง เกิดการลบที่เท่ากันของอินพุตทุกครั้ง ทำให้ค่าที่ได้ออกมามีค่าเท่ากับ 0

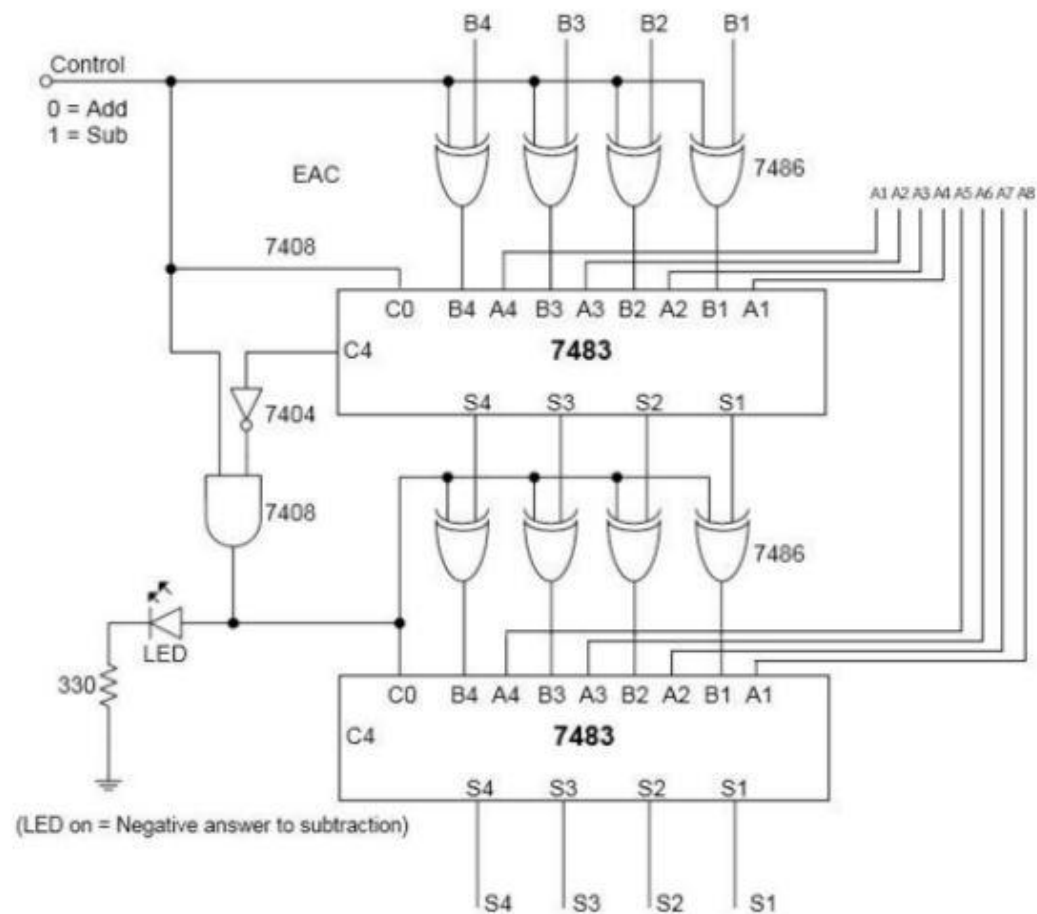
### สรุปผลการทดลอง

วงจรรวมเบอร์ 7483 สามารถบวกและลบเลขฐาน 2 พร้อมกันถึง 4 บิต ที่มีความสามารถมากกว่า  
วงจร full adder และ Full Subtractor

## คำถามท้ายปฏิบัติการทดลอง

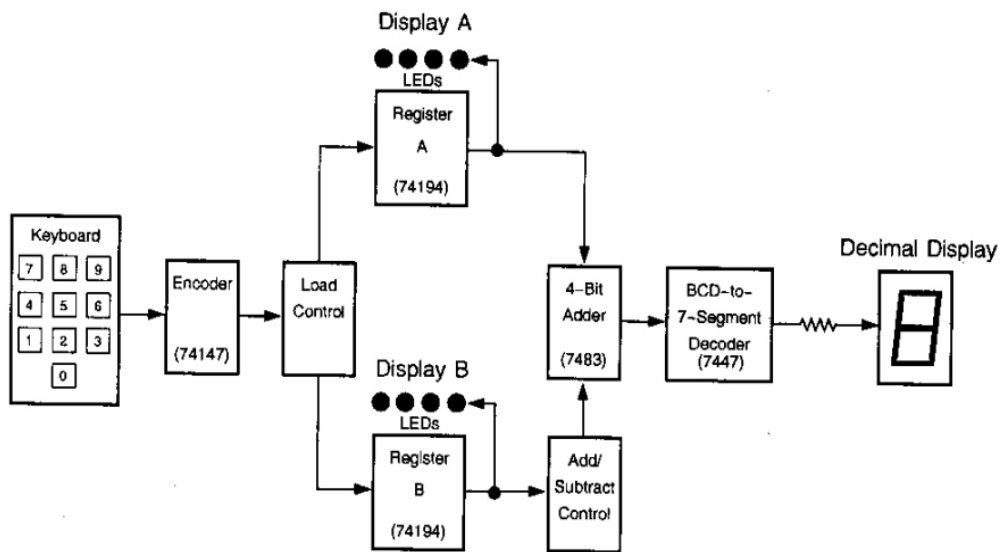
1. จงใช้วงจรรวมเบอร์ 7483 จำนวน 2 ตัว สร้างเป็นวงจรบวกเลขฐานสองขนาด 4 บิต ให้วาดภาพวงจรและอธิบายการทำงานของวงจร

ตอบ



จากวงจรสมารถบวก ลบ เลข ได้ถึง 8 บิตซึ่งมีผลลัพธ์ในเลขฐาน 10 ได้ถึง 256 ตัว คือ 0 - 255

2. จงสร้างวงจรบวกและลบเลขฐานสิบอย่างง่าย ตามแผนภาพกรอบต่อไปนี้ให้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และอธิบายการทำงานของส่วนต่างๆในวงจร



**ตอบ** วงจรบวกหลายบิต(Multiple Bit Adder) คือการสร้างวงจรบวกให้สามารถรับอินพุตได้มากขึ้น กล่าวคือบวกเลขได้หลายบิตนั่นเอง หลักการสร้างก็ง่าย ๆ คือการนำ Full Adder หลายๆ ตัวมาต่อรวมๆ กันเป็นวงจรใหญ่ๆ เพื่อที่จะได้คำนวณได้หลายบิตมากขึ้นโดยเมื่อมีการต่อวงจรแบบนี้แล้วจะมีการคำนวณการทดได้หลายแบบดังเช่นการทดแบบรีปเปอร์หรือ การทดแบบดูตัวทดลงหน้าเป็นต้น