

การทดลองที่ 9

วงจรบวกและวงจรถลบเลขฐานสอง (Binary Adder and Subtractor)

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของวงจรบวกเลขฐานสองแบบ Full Adder และแบบ Half Adder
2. เข้าใจการทำงานของวงจรถลบเลขฐานสองแบบ Full Subtractor และแบบ Half Subtractor
3. เข้าใจหลักการบวกและลบเลขฐานสองขนาด 1 บิต

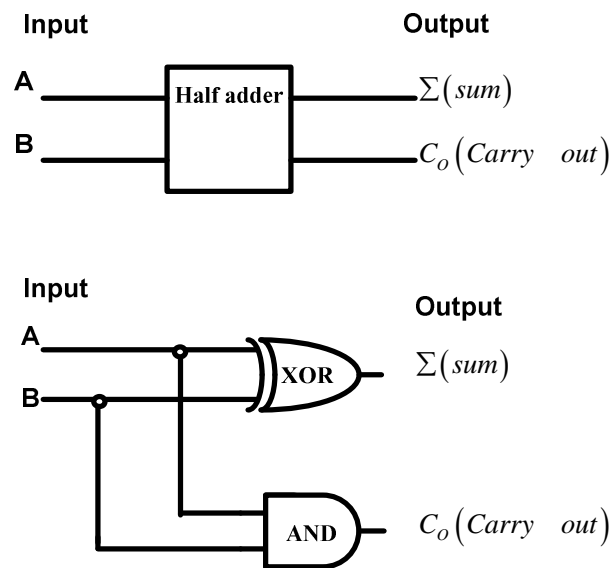
ทฤษฎี

การบวกและลบเลขฐานสองโดยวงจรลอจิกนั้น สามารถสร้างได้จากทฤษฎีการบวกและลบเลข โดยนำมาเขียนเป็นตารางความจริง เพื่อนำมาสร้างเป็นวงจรลอจิกที่ต้องการ

วงจรบวกแบบ Half Adder มีตารางความจริงแสดงการทำงานดังรูปที่ 1 และสามารถสร้างวงจรบวกแบบ Half Adder ได้ดังรูปที่ 1

ตารางความจริง

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	Σ	C_o
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

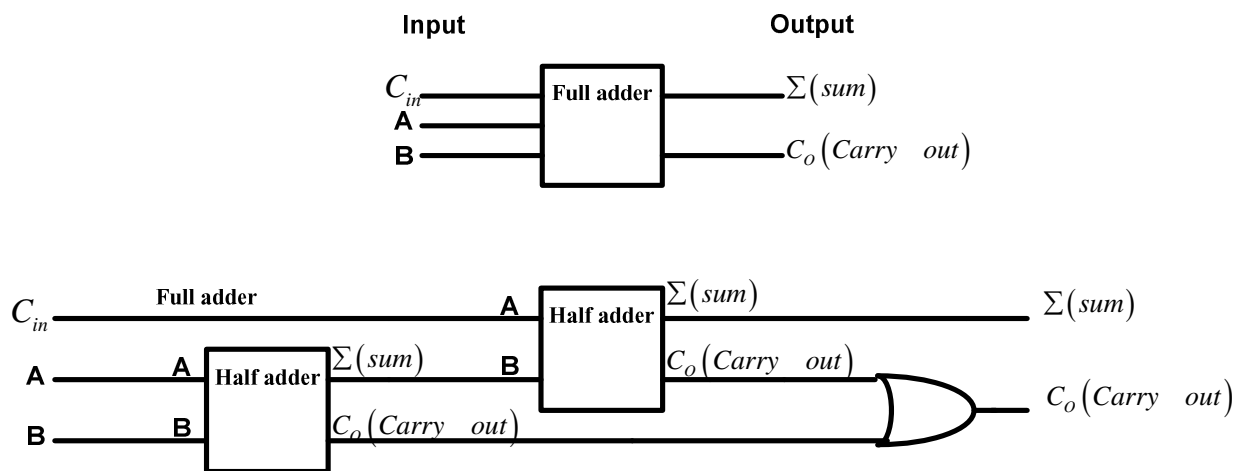


รูปที่ 1 แสดงวงจรบวกแบบ Half Adder และตารางแสดงการทำงานของวงจร

วงจรบวกแบบ Full Adder ในการบวกเลขฐานสองนั้นมีตัวทศเกิดขึ้นจากการบวกเลขบิตที่ต่ำกว่ามาทำให้บิตถัดไป ดังนั้นจึงต้องศึกษาการทำงานของวงจรบวกแบบ Full Adder ซึ่งมีตารางการทำงานและวงจรภายในซึ่งสร้างได้จากวงจรบวกแบบ Half Adder ดังรูปที่ 2

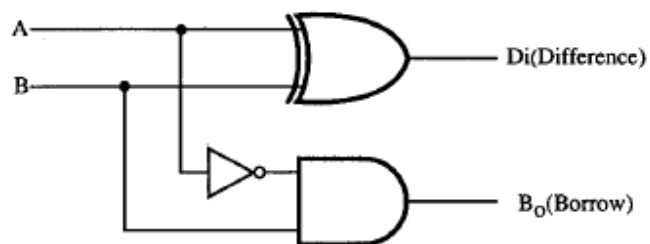
ตารางความจริง

อินพุต			เอาต์พุต	
C_{in}	A	B	Σ	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 แสดงวงจรแบบ Full Adder และตารางแสดงการทำงาน

วงจรแบบ Half Subtractor สามารถสร้างได้จากการนำกฎของการลบเลขฐานสองมาเขียนลงตารางความจริงและจะได้วงจรแบบ Half Subtractor ดังรูปที่ 3

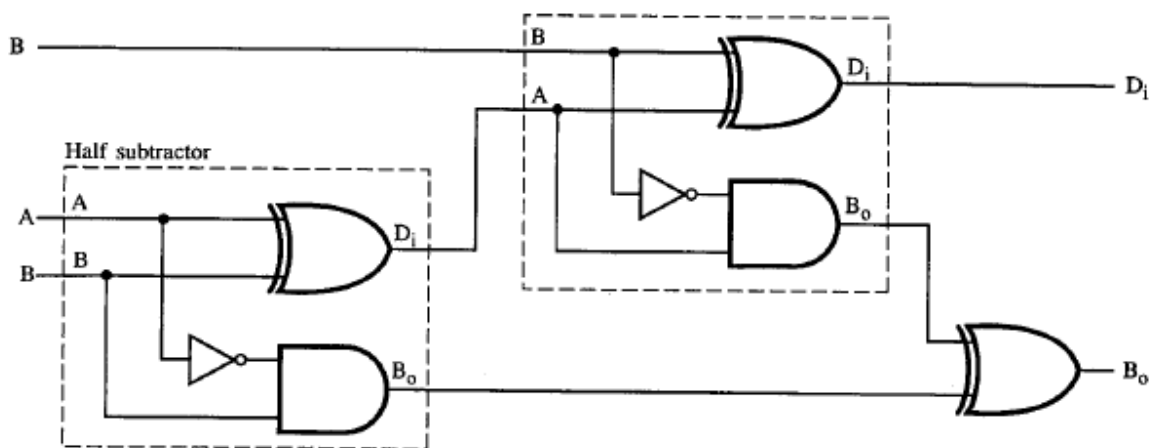


ตารางความจริง

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



ตารางความจริง

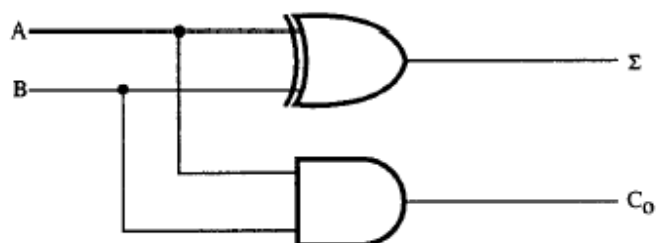
อินพุต			เอาต์พุต	
A	B	B_{in}	D_i	B_o
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1
$A - B - B_{in}$			Difference	Borrow out

รูปที่ 4 แสดงวงจรแบบ Full Subtractor และตารางความจริงแสดงการทำงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วงจรรวมเบอร์ 7486 7408 7404 และ 7432
2. ชุดทดลองดิจิทัล

วงจรการทดลองที่ 1 วงจรบวกแบบ Half Adder

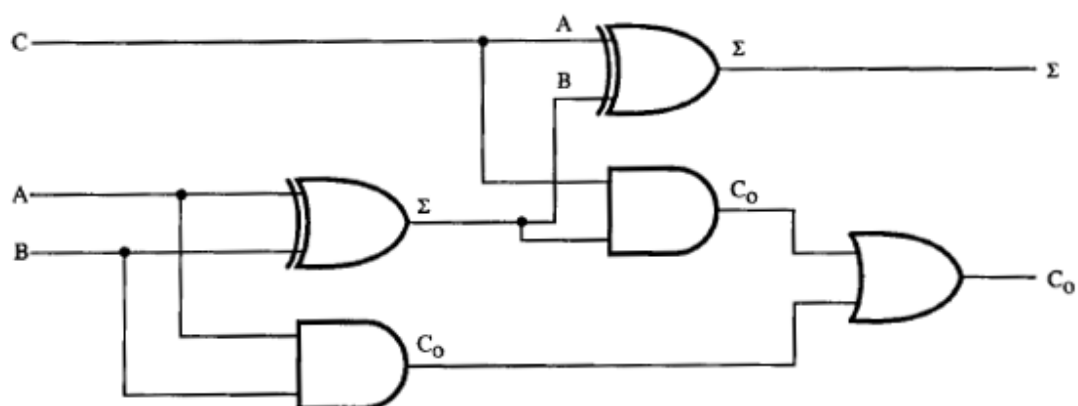


1.1 ทำการป้อนเลขฐานสอง 0 และ 1 เข้าที่อินพุต A และ B ตามตาราง ทำการทดลองและบันทึกผลการบวก และตัวทดที่เกิดขึ้นลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	Σ	C_0
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

วงจรการทดลองที่ 2 วงจรบวกแบบ Full Adder

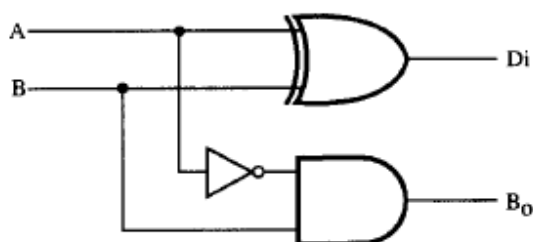


2.1 ทำการป้อนลอจิกอินพุตที่ตัวทศเข้า ตัวตั้ง และตัวบวก (C_{in} A B) ตามตารางบันทึกผล และบันทึกผลของตัวบวก (Σ) และตัวทศออก (C_o) ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

อินพุต			เอาต์พุต	
A	B	C_{in}	Σ	C_o
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

วงจรการทดลองที่ 3 วงจรลบแบบ Half Subtractor

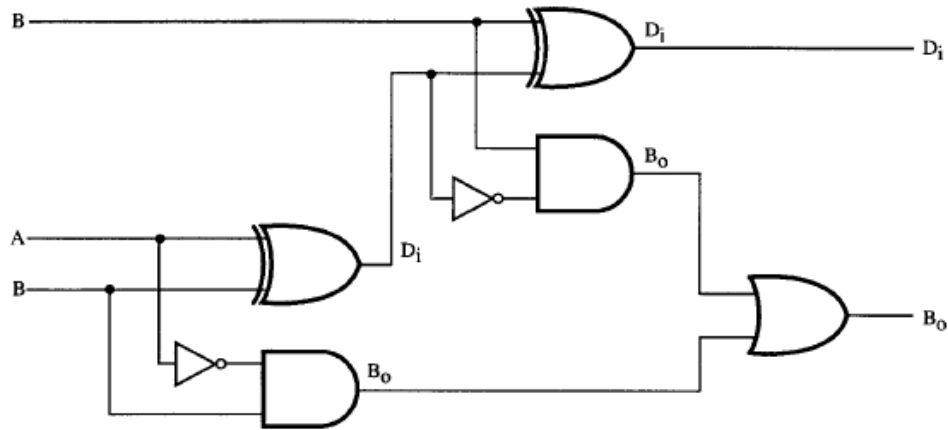


3.1 ทำการทดลองโดยการป้อนเลขฐานสองที่ตัวตั้ง (A) และตัวยืม (B) ตามตารางบันทึกผลและบันทึกผลของผลต่าง (D_i) และตัวยืม (B_o) ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

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

วงจรการทดลงที่ 4 วงจรลบแบบ Full Subtractor



4.1 ป้อนเลขฐานสองลงในอินพุต Bin A B ตามตารางบันทึกผลการทดลงที่ 4 และบันทึกผลของผลลัพธ์ ตัวลบ (D_i) และตัวยืม (B_o) ลงในตารางบันทึกผลการทดลงที่ 4

ตารางบันทึกผลการทดลงที่ 4

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

การทดลองที่ 10

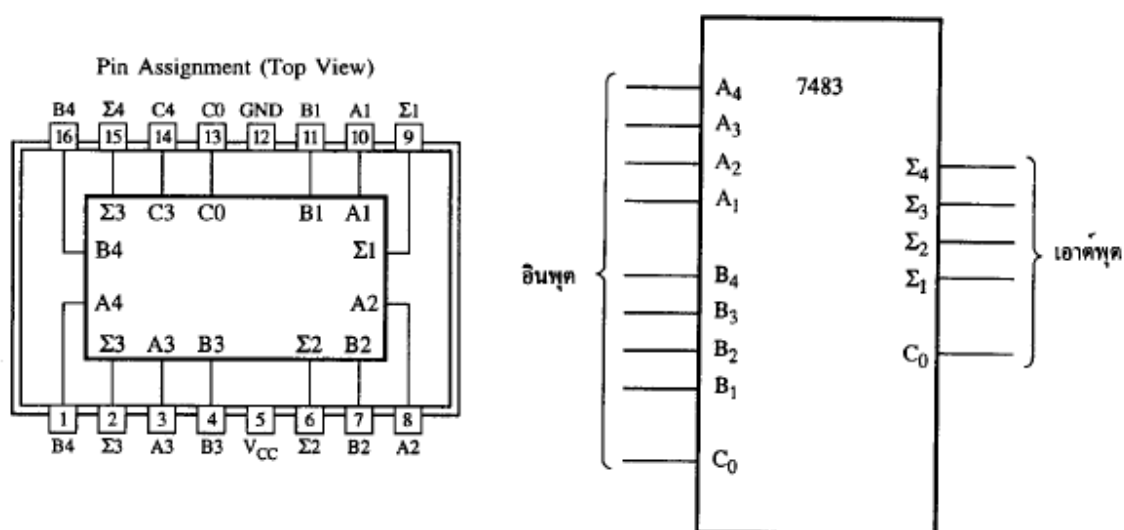
วงจรทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Circuits)

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของวงจรบวกเลขฐานสอง 4 บิต โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7483
2. เข้าใจการทำงานของวงจรบวก/ลบเลขฐานสอง 4 บิต โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7483
3. รู้หลักการลบเลขฐานสองแบบวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 1 และวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 2

ทฤษฎี

วงจรบวกและลบเลขฐานสองหลายๆบิต สามารถสร้างได้อย่างง่ายโดยใช้วงจรรวมที่ทำหน้าที่คำนวณเลขฐานสอง เช่น วงจรรวมเบอร์ 7483 (4 Bit-Full Adder) ซึ่งสามารถบวกเลขฐานสองได้พร้อมกันครั้งละ 4 บิต และสามารถต่อเพิ่มเป็น 8 บิต หรือมากกว่า และยังสามารถนำมาสร้างวงจรลบเลขฐานสอง 4 บิตหรือ 8 บิตได้อีกด้วย โดยการใช้เทคนิคการลบเลขฐานสองแบบคอมพลิเมนต์ที่ 1 และคอมพลิเมนต์ที่ 2 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งขาต่างๆ เป็นดังนี้ 4 บิตตัวตั้งคือขา A_1 - A_4 4 บิตตัวบวกหรือตัวลบ คือขา B_1 - B_4 และ 4 บิตผลลัพธ์ คือขา Σ_1 - Σ_4 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการจัดวางตำแหน่งขาของวงจรรวมเบอร์ 7483

การทำงานของตัวบวขนาด 4 บิตเบอร์ 7483 แสดงในตารางรูปที่ 2

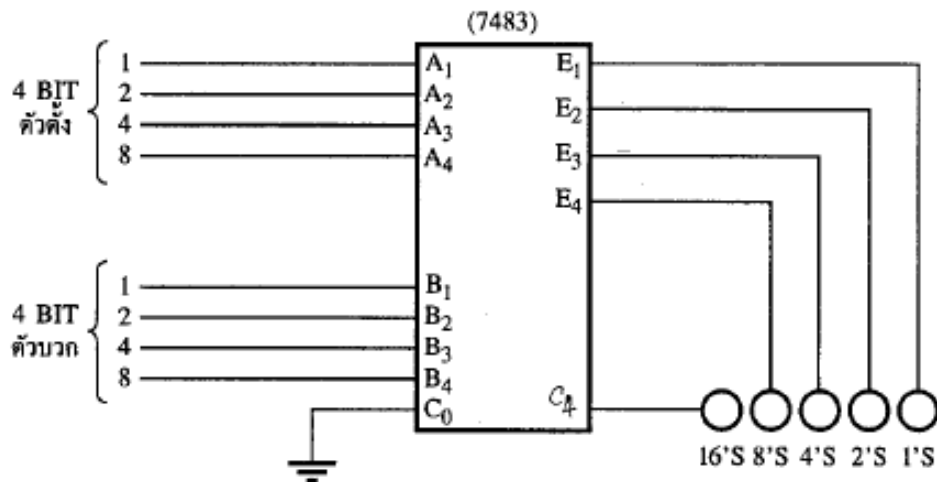
อินพุต				เอาต์พุต					
				When $C_0=L$			When $C_0=L$		
				When $C_1=L$			When $C_2=L$		
A_1 A_3	B_1 B_3	A_2 A_4	B_2 B_4	F_1 F_3	F_2 F_4	C_2 C_4	F_1 F_3	F_2 F_4	C_2 C_4
L	L	L	L	L	L	L	H	L	L
H	L	L	L	H	L	L	L	H	L
L	H	L	L	H	L	L	L	H	L
H	H	L	L	L	H	L	H	H	L
L	L	H	L	L	H	L	H	H	L
H	L	H	L	H	H	L	L	L	H
L	H	H	L	H	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

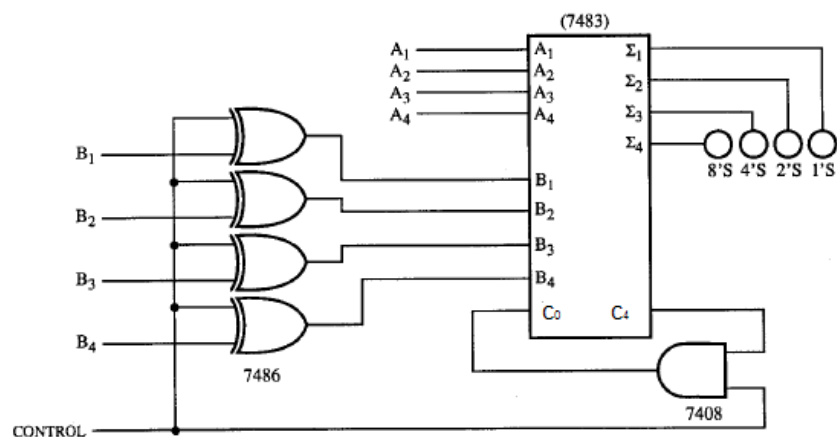


1.1 ตัวอย่างจากรูป และป้อนเลขฐานสอง 4 บิตที่ตัวตั้งและตัวบวกตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 และบันทึกผลการบวกเลขฐานสอง 4 บิต ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

อินพุต									เอาต์พุต				
A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	C ₀	C ₄	Σ ₄	Σ ₃	Σ ₂	Σ ₁
0	0	0	0	0	0	0	0	0					
0	0	0	1	0	0	0	1	0					
0	0	1	0	0	0	1	0	0					
0	0	1	1	0	0	1	1	0					
0	1	0	0	0	1	0	0	0					
1	0	0	0	1	0	0	0	0					
1	0	0	1	1	0	0	1	0					
1	0	1	0	1	0	1	0	0					
1	0	1	1	1	0	1	1	0					
1	1	0	0	1	1	0	0	0					

วงจรการทดลองที่ 2 วงจรบวกและวงจรถเลขฐานสองขนาด 4 บิต ด้วยวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 1



2.1 ต่อวงจรตามรูป และทำการทดลองการบวกโดยให้สัญญาณลอจิกที่ขา Control Logic = “0” ทดลองป้อนเลขฐานสอง 4 บิต เข้าที่ตัวตั้งและที่ตัวบวกตามที่ตารางกำหนด และบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

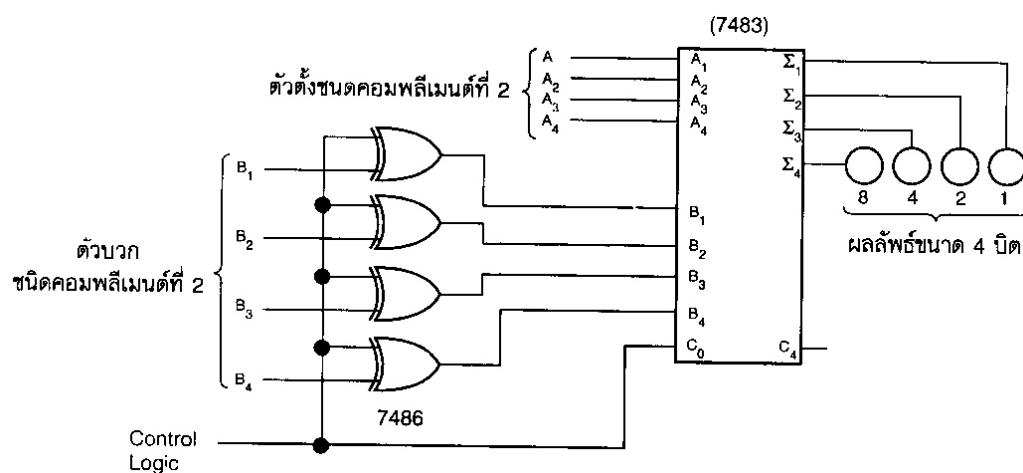
อินพุต								เอาต์พุต			
A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	Σ ₄	Σ ₃	Σ ₂	Σ ₁
0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	1				
0	0	1	0	0	0	1	0				
0	0	1	1	0	0	1	1				
0	1	0	0	0	1	0	0				
0	1	0	1	0	1	0	1				
0	1	1	0	0	1	1	0				
0	1	1	1	0	1	1	1				
1	0	0	0	1	0	0	0				
1	0	0	1	1	0	0	1				

2.2 ต่อวงจรตามรูปเดิม ให้ทำงานเป็นวงจรถเลขฐานสองขนาด 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	Σ_4	Σ_3	Σ_2	Σ_1
0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	1				
0	0	1	0	0	0	1	0				
0	0	1	1	0	0	1	1				
0	1	0	0	0	1	0	0				
0	1	0	1	0	1	0	1				
0	1	1	0	0	1	1	0				
0	1	1	1	0	1	1	1				
1	0	0	0	1	0	0	0				
1	0	0	1	1	0	0	1				

วงจรการทดลองที่ 3 วงจรบวกและวงจรถเลขฐานสองขนาด 4 บิต ด้วยวิธีคอมพลิเมนต์ที่ 2



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

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

อินพุต								เอาต์พุต			
A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	Σ_4	Σ_3	Σ_2	Σ_1
0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	1				
0	0	1	0	0	0	1	0				
0	0	1	1	0	0	1	1				
0	1	0	0	0	1	0	0				
0	1	0	1	0	1	0	1				
0	1	1	0	0	1	1	0				
0	1	1	1	0	1	1	1				
1	0	0	0	1	0	0	0				
1	0	0	1	1	0	0	1				

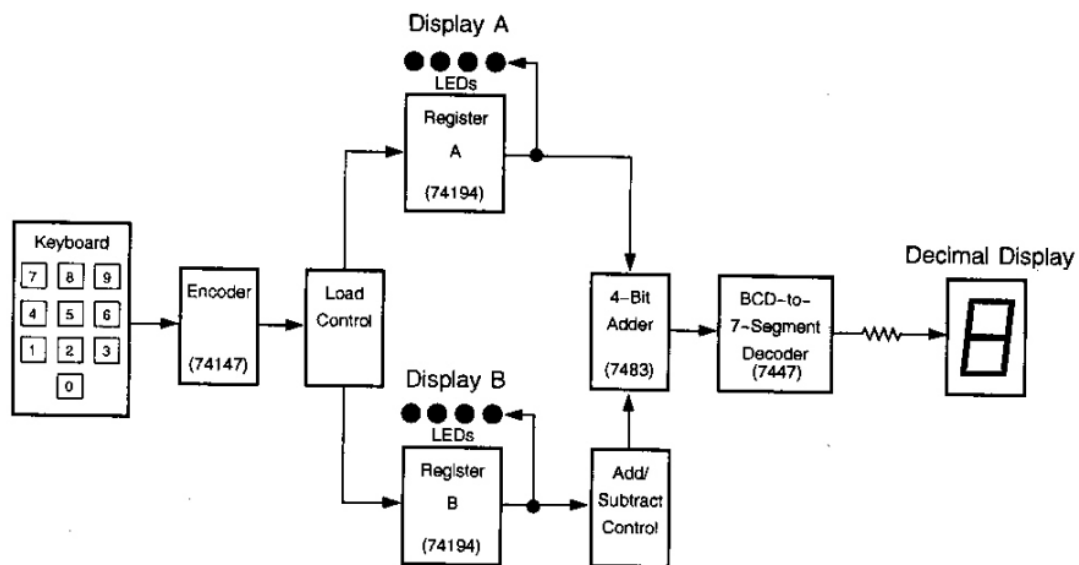
3.2 ต่อวงจรตามรูปเดิม ให้ทำงานเป็นวงจรเลขฐานสองขนาด 4 บิตแบบคอมพลิเมนต์ที่ 2 โดยการป้อนขา Control Logic ด้วยลอจิก “1” ทดลองป้อนเลขฐานสอง 4 บิต เข้าที่ตัวตั้งและป้อนเลขฐานสอง 4 บิตเข้าที่ตัวลบตามลำดับในตาราง บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

อินพุต								เอาต์พุต			
A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	Σ_4	Σ_3	Σ_2	Σ_1
0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	1				
0	0	1	0	0	0	1	0				
0	0	1	1	0	0	1	1				
0	1	0	0	0	1	0	0				
0	1	0	1	0	1	0	1				
0	1	1	0	0	1	1	0				
0	1	1	1	0	1	1	1				
1	0	0	0	1	0	0	0				
1	0	0	1	1	0	0	1				

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงใช้วงจรรวมเบอร์ 7483 จำนวน 2 ตัว สร้างเป็นวงจรบวกเลขฐานสองขนาด 8 บิต ให้วาดภาพวงจรและอธิบายการทำงานของวงจร
2. จงสร้างวงจรบวกและลบเลขฐานสิบอย่างง่าย ตามแผนภาพกรอบต่อไปนี้ให้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และอธิบายการทำงานของส่วนต่างๆในวงจร



สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....