

รายงานเรื่อง วงจรคอมบิเนชั่น (Combinetion circuits)

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา วิชา ดิจิทัลสาหรับเทคโนโลยีสารสนเทศ รหัสวิชา ITQ1001

จัดทำโดย

1. พระมหาวิสุทธิฉัตร พลชา รหัส 64522202008

2. พระมหาก้องเกียรติ โสภารักษ์ รหัส 69522202001

3. พระมหากรกฎ โสอิติกุล รหัส 69522202004

4. พระมหาภานุเดช รัตน์พล รหัส 69522202005

5. ส.ณ.เมฆินทร์ โพธิ์คันรัตน์ รหัส 69522202003

ประจำภาคเรียนที่ 1/2569

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาเกี่ยวกับ **Combination Circuits หรือ Combinational Logic Circuits** ซึ่งเป็นวงจรลอจิกพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อระบบดิจิทัล โดยวงจรชนิดนี้มีหลักการทำงานที่เอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่าของอินพุตที่ป้อนเข้ามาในขณะนั้น และไม่มีการเก็บข้อมูลหรือสถานะจากอินพุตก่อนหน้า เนื้อหาในรายงานประกอบด้วย ความหมายและหลักการทำงานของวงจร Combinational ลอจิกเกตพื้นฐาน ตารางค่าความจริง วงจร Half Adder และ Full Adder วงจร Multiplexer และ Demultiplexer รวมถึง Decoder, Encoder และ Comparator ตลอดจนการประยุกต์ใช้งานในระบบดิจิทัล ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะช่วยให้ผู้อ่านมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวงจร Combinational มากขึ้น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับระบบดิจิทัลและอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

ผู้จัดทำ

1. พระมหาวิสุทธิฉัตร พลชา **รหัส** 64522202008
2. พระมหาก้องเกียรติ โสภารักษ์ **รหัส** 69522202001
3. พระมหากรกฎ โสอิติกุล รหัส 69522202004
4. พระมหาภานุเดช รัตน์พล **รหัส** 69522202005
5. ส.ณ.เมฆินทร์ โพธิ์คันรัตน์ **รหัส** 69522202003

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. ความหมายของวงจร Combinational	1
2. โครงสร้างและหลักการทำงาน	2
3. ลอจิกเกตพื้นฐาน	4
4. ตารางค่าความจริง	7
5. วงจร Half Adder	11
6. วงจร Full Adder	13
7. Multiplexer และ Demultiplexer	16
8. Decoder และ Encoder	18
9. Comparator	20
10. การประยุกต์ใช้งาน	21
11. ความแตกต่างระหว่าง Combinational และ Sequent	22
12. NOT Gate	23
13. ประเภทของลอจิกเกต	24
14. การใช้งานในชีวิตประจำวัน	25
15. ระบบสัญญาณกันขโมย	26
16. บรรณานุกรม	27
17. ประวัติผู้จัดทำ	27

1. ความหมายของวงจร Combinational

Combinational Logic Circuit หรือ **วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่** เป็นวงจรดิจิทัลที่เอาต์พุตของวงจรถูกกำหนดจากค่าอินพุตในขณะนั้น โดยไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บสถานะของข้อมูลในอดีต

สามารถเขียนโครงสร้างพื้นฐานได้ดังนี้

Input → Logic Gates → Output

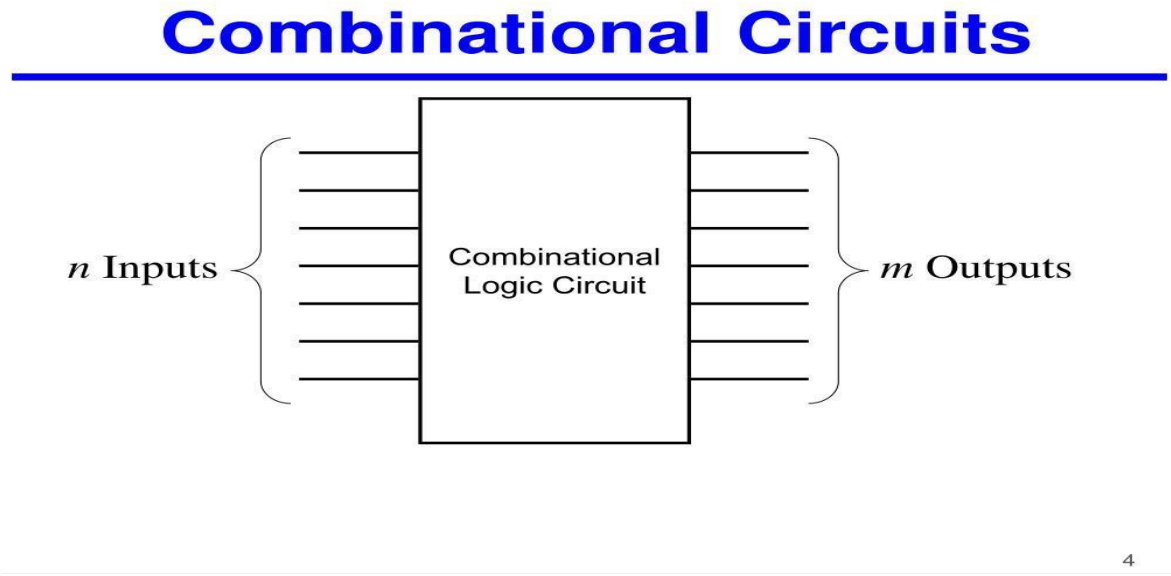
วงจรประเภทนี้สามารถสร้างขึ้นจากลอจิกเกตหลายชนิด เช่น AND, OR, NOT, NAND, NOR และ XOR แล้วนำมาต่อรวมกันเพื่อให้ได้ฟังก์ชันการทำงานตามที่ต้องการ

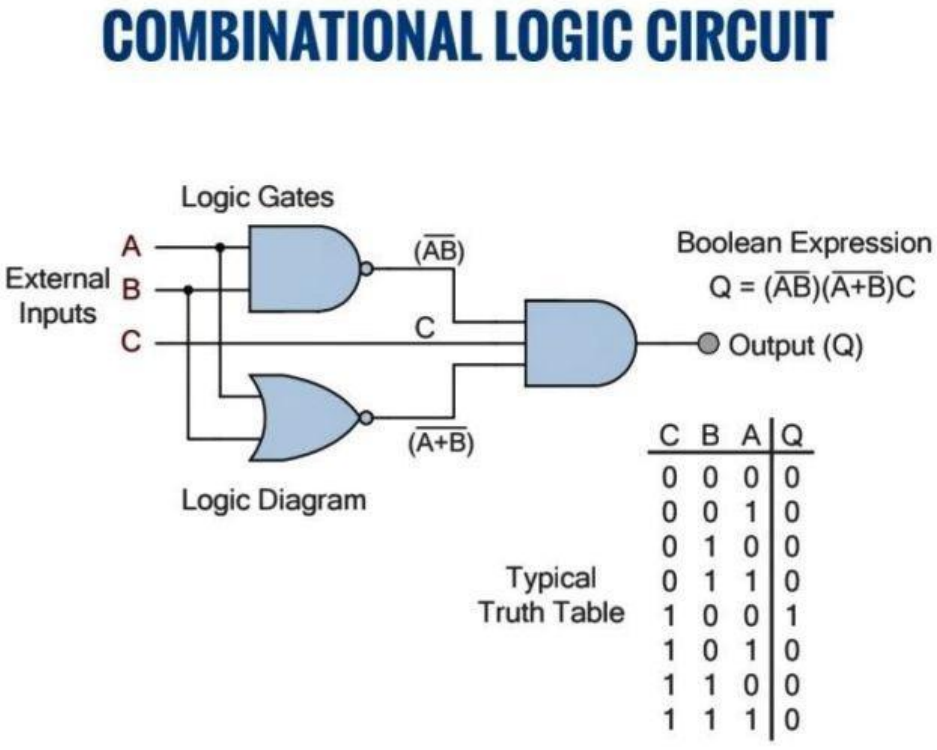
ตัวอย่างวงจร Combinational ได้แก่

- Adder
- Subtractor
- Multiplexer
- Demultiplexer
- Decoder
- Encoder
- Comparator

2. โครงสร้างและหลักการทำงาน

วงจร Combinational รับสัญญาณอินพุตเข้ามา จากนั้นส่งผ่านลอจิกเกตหรือวงจรลอจิกที่ออกแบบไว้ และสร้างสัญญาณเอาต์พุตออกมา





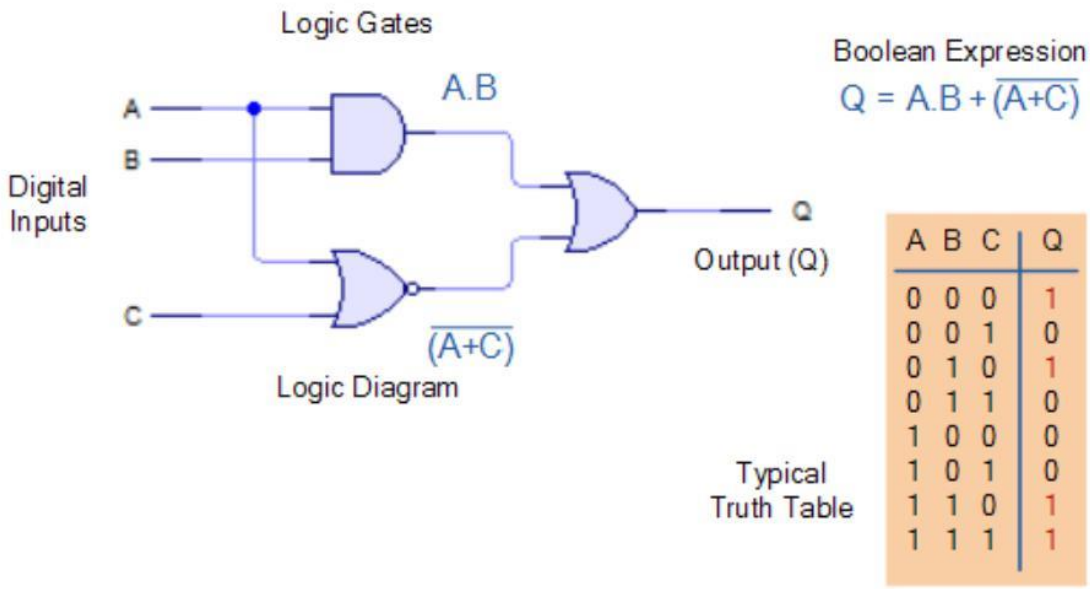


Figure 3.1: A combinational Logic Circuit Example

ภาพโครงสร้างการทำงานของวงจร **Combinational**

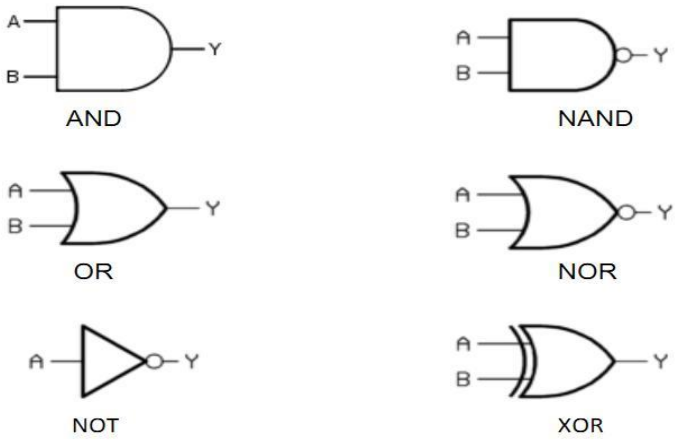
ตัวอย่างเช่น หากวงจรมีอินพุต A และ B และใช้ AND Gate เอาต์พุตจะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ A และ B มีค่าเป็น 1 พร้อมกัน

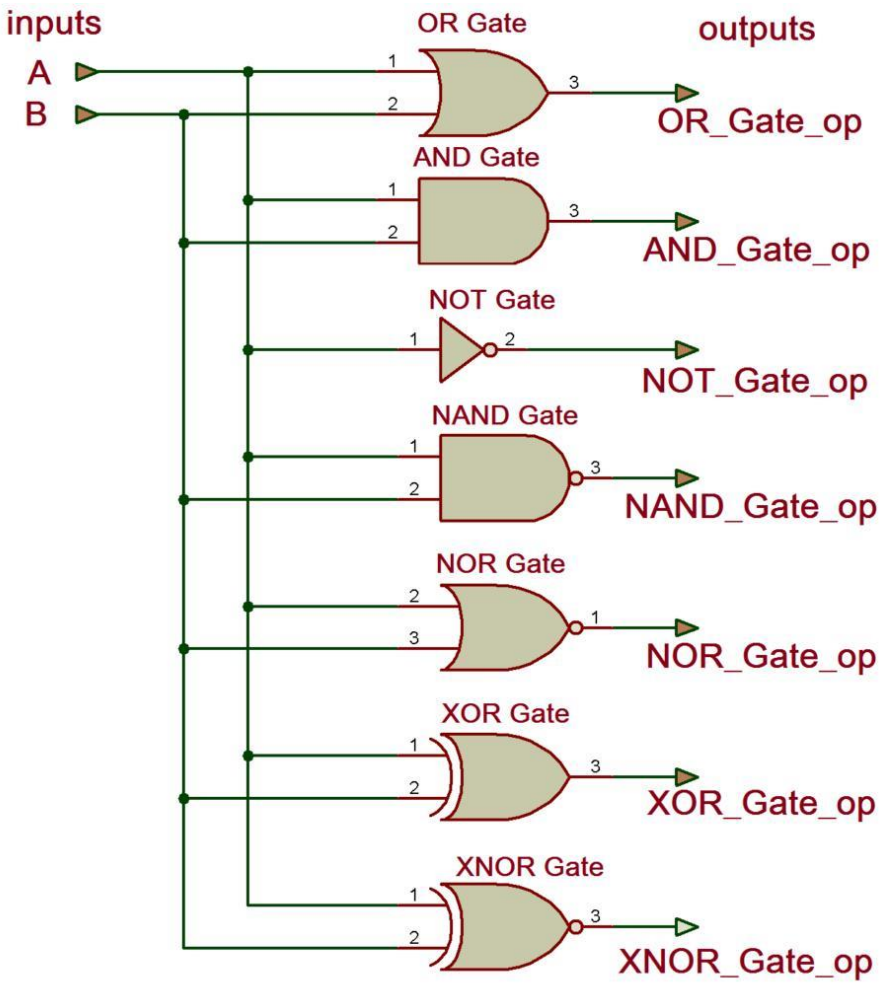
คุณสมบัติสำคัญ

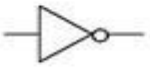
1. ไม่มีหน่วยความจำ
2. เอาต์พุตขึ้นอยู่กับอินพุตปัจจุบัน
3. โดยทั่วไปไม่ต้องใช้ Clock
4. สามารถสร้างจากลอจิกเกตหลายชนิด
5. ใช้เป็นส่วนประกอบของระบบดิจิทัลขนาดใหญ่

3. ลอจิกเกตพื้นฐาน

ลอจิกเกตเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของวงจร Combinational ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลดิจิทัลที่มีค่าเป็น **0 หรือ 1**





Gate	Symbol	Operator
and		$A \cdot B$
or		$A + B$
not		$\bar{A}$
nand		$\overline{A \cdot B}$
nor		$\overline{A + B}$
xor		$A \oplus B$

ภาพลอจิกเกตพื้นฐาน

3.1 AND Gate

AND Gate จะให้เอาต์พุตเป็น 1 เมื่ออินพุตทุกตัวเป็น 1

สมการ

$Y = A \cdot B$

3.2 OR Gate

OR Gate จะให้เอาต์พุตเป็น 1 เมื่อมีอินพุตอย่างน้อยหนึ่งตัวเป็น 1

สมการ

$Y = A + B$

3.3 NOT Gate

NOT Gate ทำหน้าที่กลับค่าของอินพุต

สมการ

$Y = \bar{A}$

3.4 NAND Gate

NAND คือ AND Gate ที่กลับค่าผลลัพธ์ด้วย NOT

$Y = \overline{(A \cdot B)}$

3.5 NOR Gate

NOR คือ OR Gate ที่กลับค่าผลลัพธ์ด้วย NOT

$Y = \overline{(A + B)}$

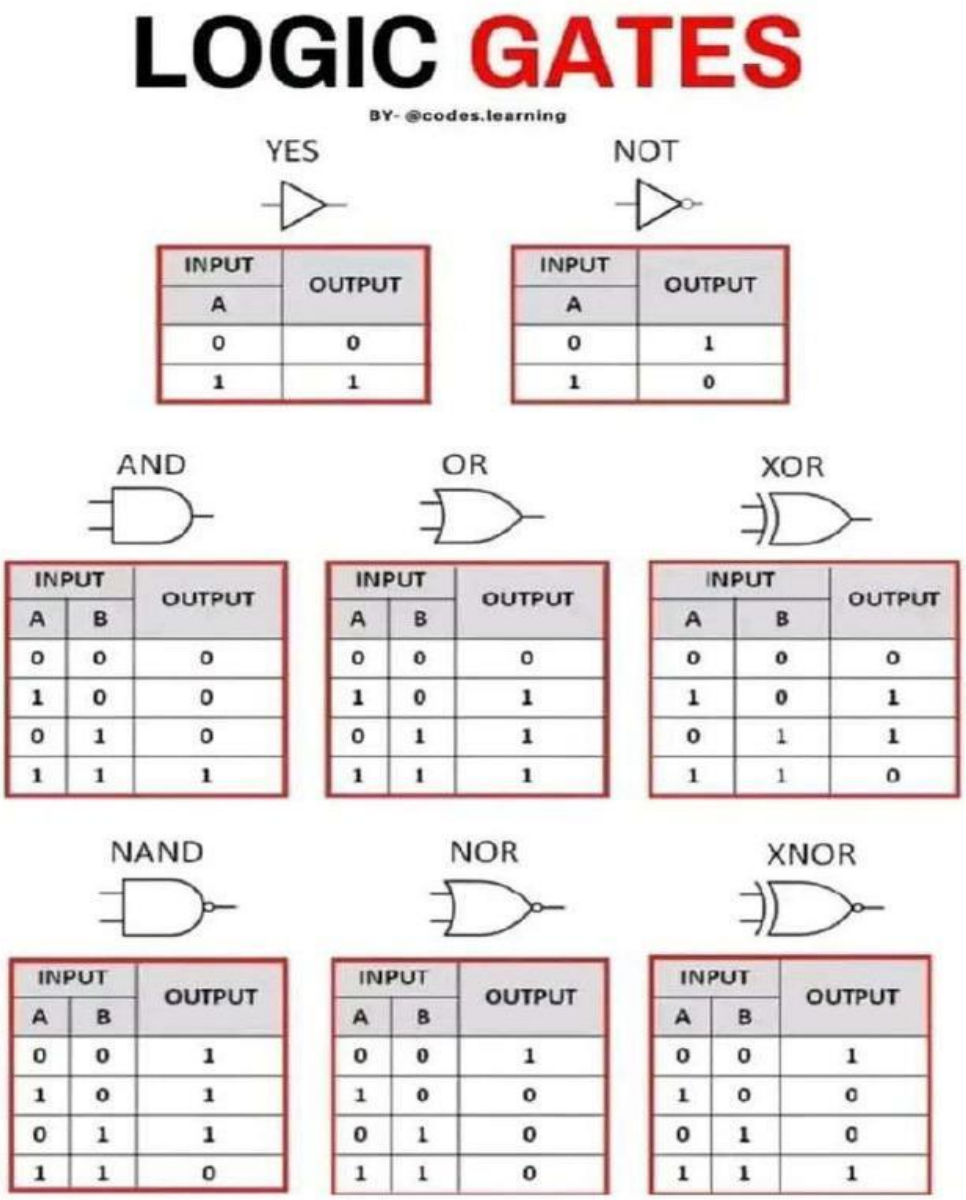
3.6 XOR Gate

XOR จะให้เอาต์พุตเป็น **1** เมื่ออินพุตมีค่าต่างกัน

$Y = A \oplus B$

4. ตารางค่าความจริง

Truth Table หรือตารางค่าความจริง ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของวงจรลอจิก



INPUT A	OUTPUT
0	0
1	1

INPUT A	OUTPUT
0	1
1	0

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

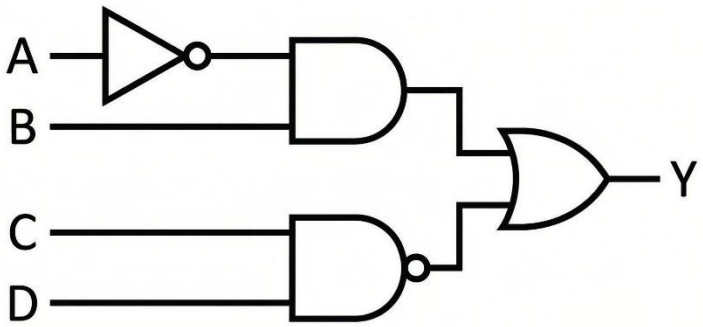
INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

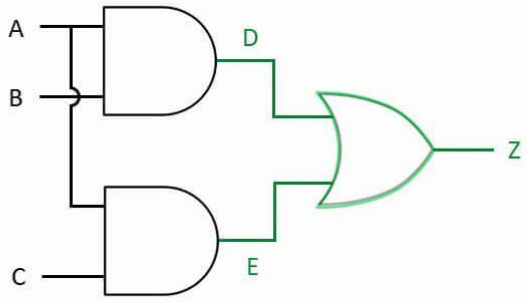
INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

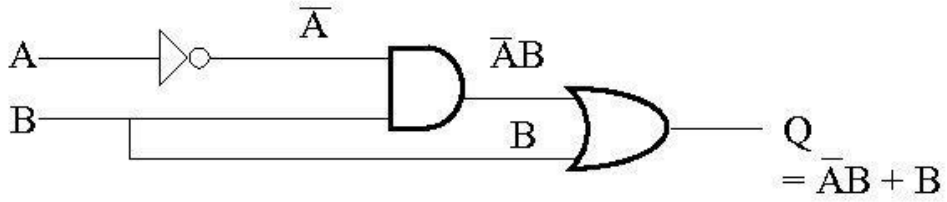
Combinational Logic Circuit



A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	1	1	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
1	1	1	0	1



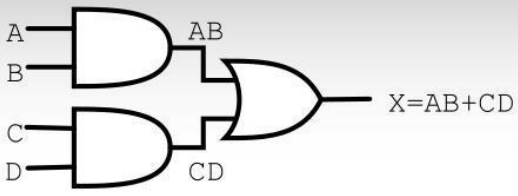
A	B	C	D	E	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1



Produce a truth table from the logic circuit

A	B	$\overline{A}$	$\overline{A}B$	Q
0	0	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	1	0	0	1

Basic Combinational Logic Circuits



inputs				AB	CD	o/p
A	B	C	D			X
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1

ภาพตารางค่าความจริงของลอจิกเกต

AND Gate

A B Y

0 0 0

0 1 0

1 0 0

1 1 1

OR Gate

A B Y

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 1

XOR Gate

A B Y

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 0

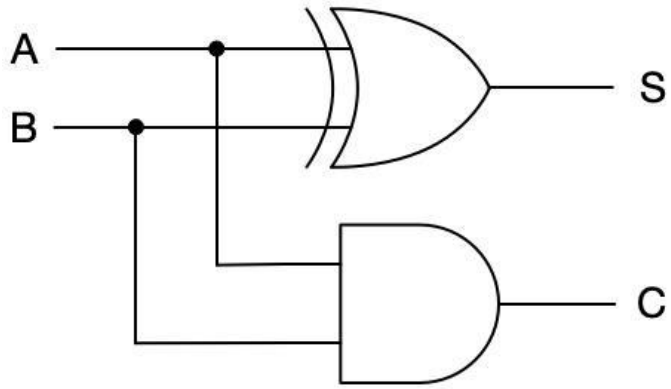
5. วงจร Half Adder

Half Adder เป็นวงจร Combinational ที่ใช้สำหรับบวกเลขฐานสอง 1 บิต จำนวน 2 ตัว คือ A และ B

มีเอาต์พุต 2 ตัว ได้แก่

- **Sum (S)** ผลบวก
- **Carry (C)** ตัวทด

Half adder



A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1
		XOR	AND

ภาพวงจร Half Adder

Half Adder สามารถสร้างจาก

- XOR Gate → ใช้สร้าง Sum
- AND Gate → ใช้สร้าง Carry

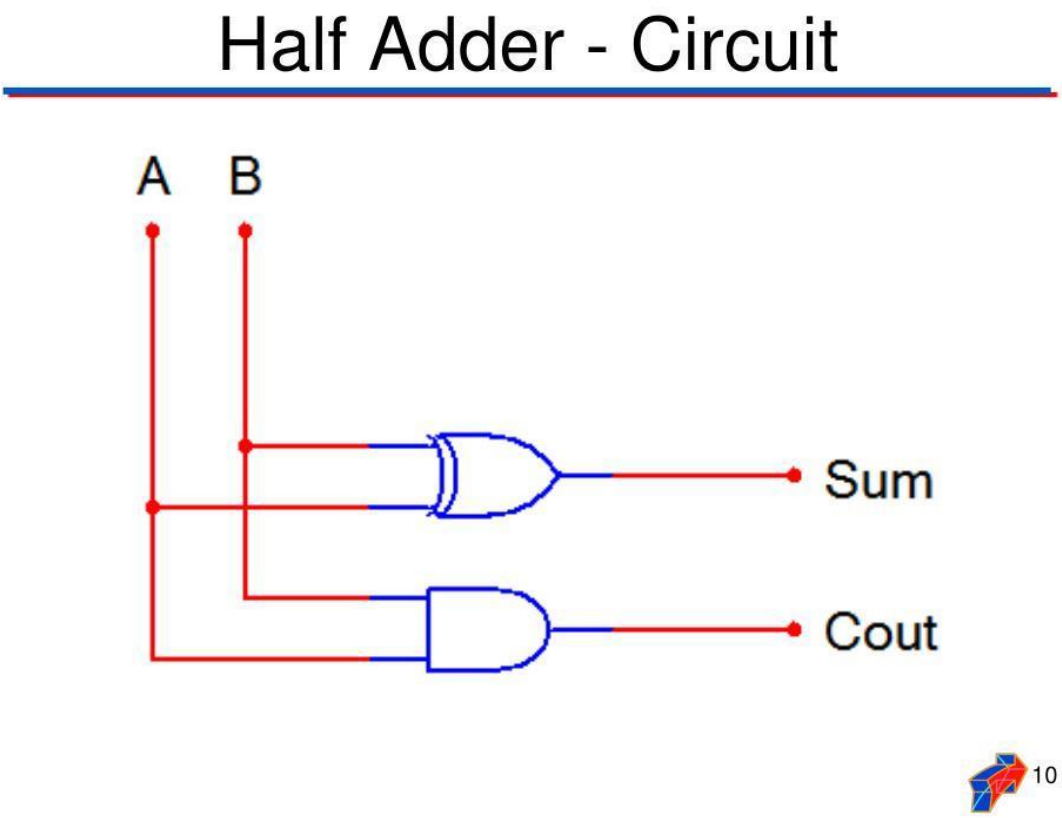
สมการ

$S = A \oplus B$

$C = A \cdot B$

ตารางค่าความจริง **Half Adder**

A	B	Sum	Carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



6. วงจร *Full Adder*

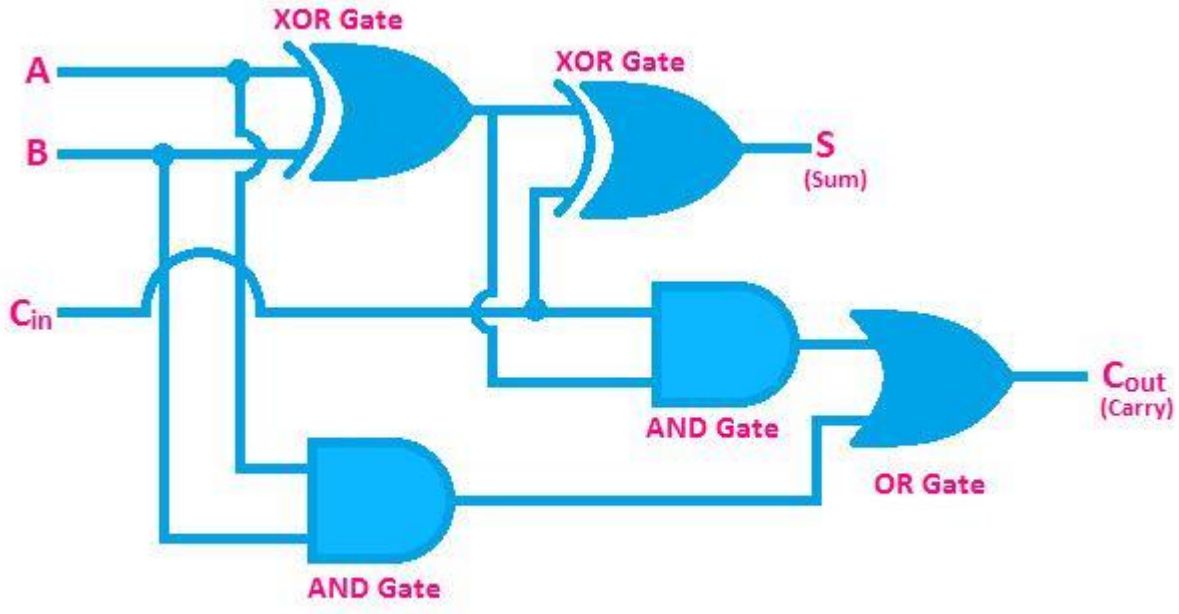
Full Adder *เป็นวงจรที่ใช้บวกเลขฐานสอง 1 บิต โดยสามารถรับตัวทดจากหลักก่อนหน้าได้*

อินพุตมี 3 ตัว

- *A*
- *B*
- *Carry-in (Cin)*

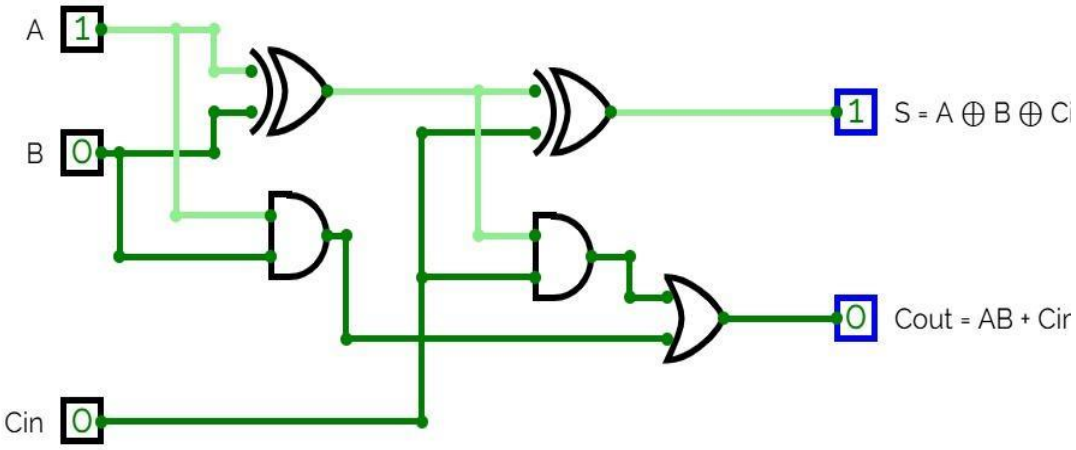
เอาต์พุตมี 2 ตัว

- *Sum*
- Cout)

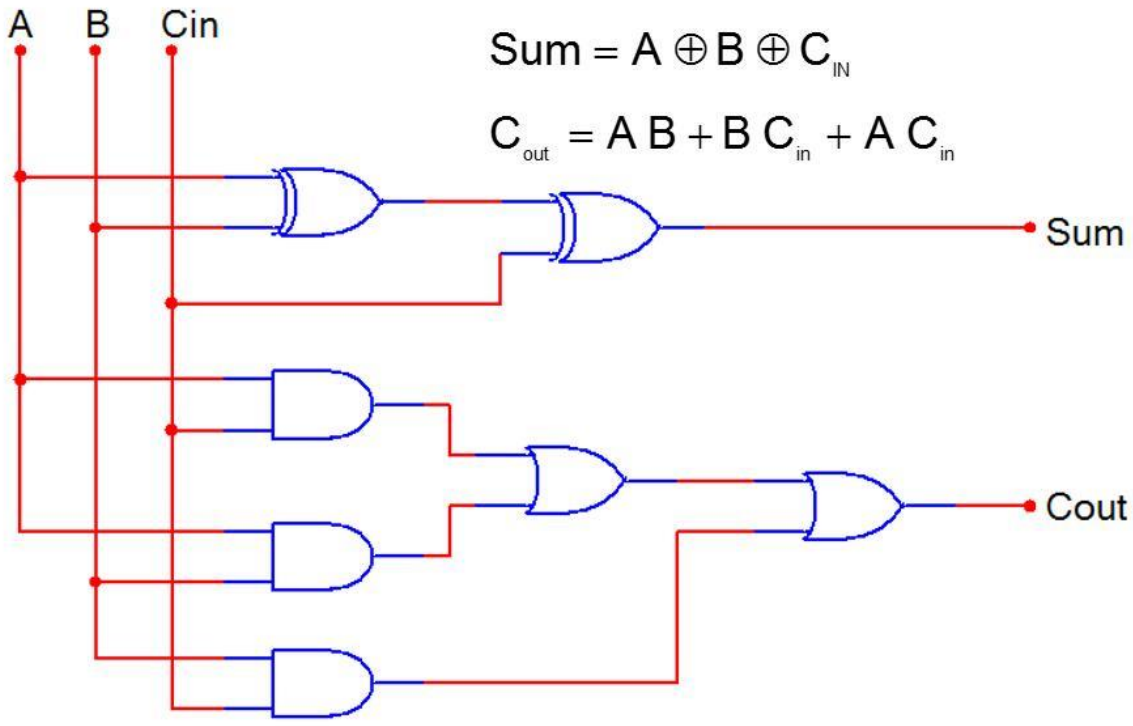


Full Adder Circuit Diagram

FULL ADDER USING TWO HALF ADDER



Full Adder - Circuit



ภาพวงจร Full Adder

สมการของ Sum คือ

$$S = A \oplus B \oplus Cin$$

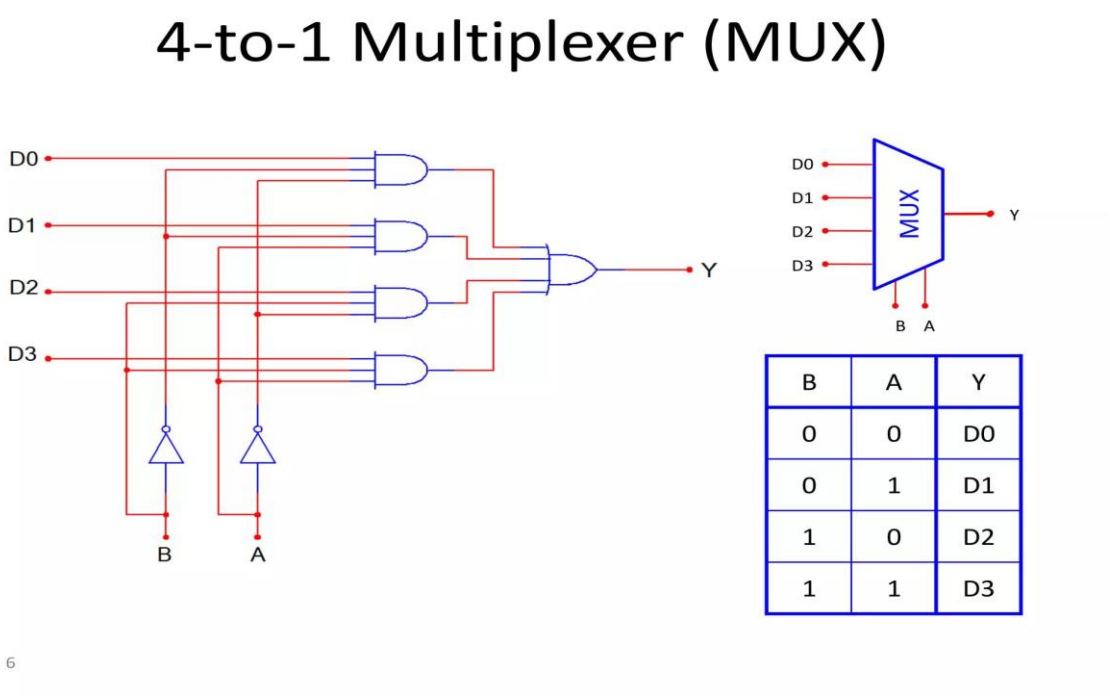
Full Adder สามารถสร้างขึ้นจาก **Half Adder 2 วงจร และ OR Gate 1 วงจร**

การนำ Full Adder หลายวงจรมาต่อกันสามารถใช้สร้างวงจรบวกเลขฐานสองหลายบิตได้

7. Multiplexer และ Demultiplexer

7.1 Multiplexer (MUX)

Multiplexer หรือ **MUX** เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เลือกข้อมูลจากอินพุตหลายตัว แล้วส่งออกทางเอาต์พุตเพียงช่องเดียว



B	A	Y
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

ภาพ วงจร Multiplexer

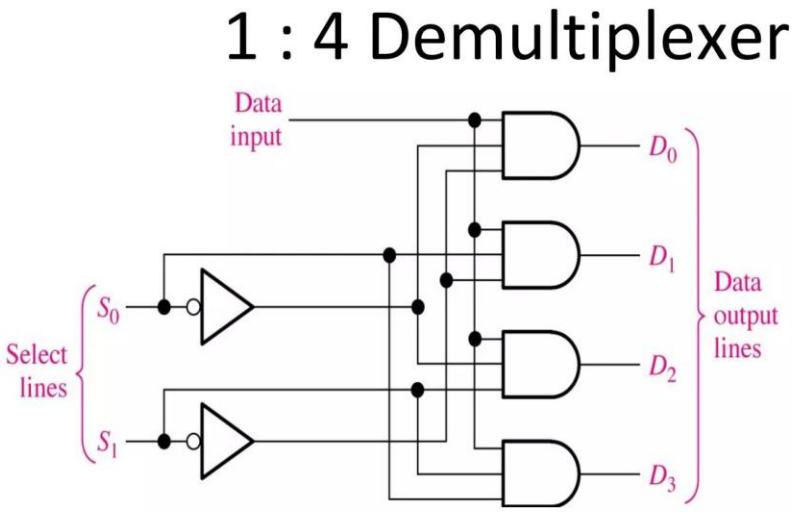
ตัวอย่าง MUX 4-to-1 มีอินพุตข้อมูล 4 ช่อง ได้แก่ D0, D1, D2 และ D3 และใช้สาย Select เพื่อเลือกข้อมูลที่จะส่งออก

การประยุกต์ใช้ เช่น

- ระบบเลือกข้อมูล
- ระบบประมวลผล
- ระบบสื่อสาร
- ระบบดิจิทัล

7.2 Demultiplexer (DEMUX)

Demultiplexer หรือ **DEMUX** มีหลักการทำงานตรงข้ามกับ MUX โดยรับข้อมูลเข้ามา 1 ช่อง และเลือกส่งออกไปยังเอาต์พุตหลายช่อง



S_0	S_1	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0	D	0	0	0
0	1	0	D	0	0
1	0	0	0	D	0
1	1	0	0	0	D

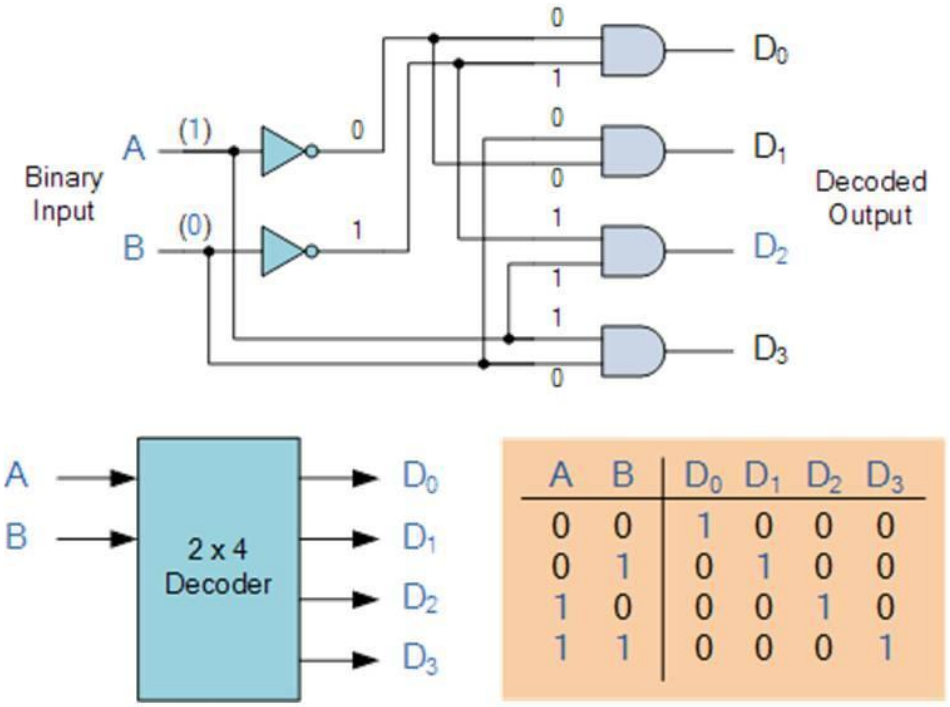
ภาพวงจร Demultiplexer

ตัวอย่าง DEMUX 1-to-4 มีอินพุต 1 ช่อง และเอาต์พุต 4 ช่อง โดยสาย Select เป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังเอาต์พุตใด

8. Decoder และ Encoder

8.1 Decoder

Decoder เป็นวงจรที่รับข้อมูลในรูปแบบรหัสไบนารี แล้วแปลงเป็นเอาต์พุตหลายช่องตามค่าของอินพุต



A	B	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

ภาพวงจร Decoder

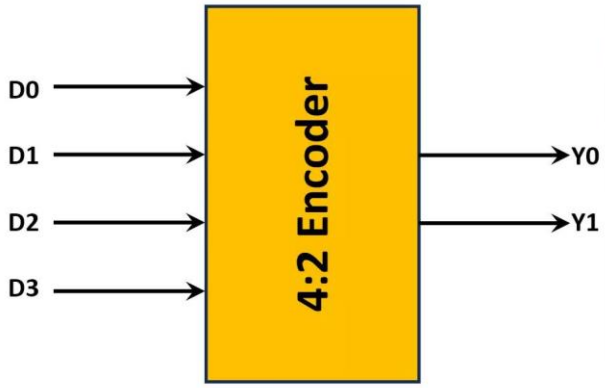
ตัวอย่าง **2-to-4 Decoder** มีอินพุต 2 บิต และมีเอาต์พุต 4 ช่อง

การใช้งาน เช่น

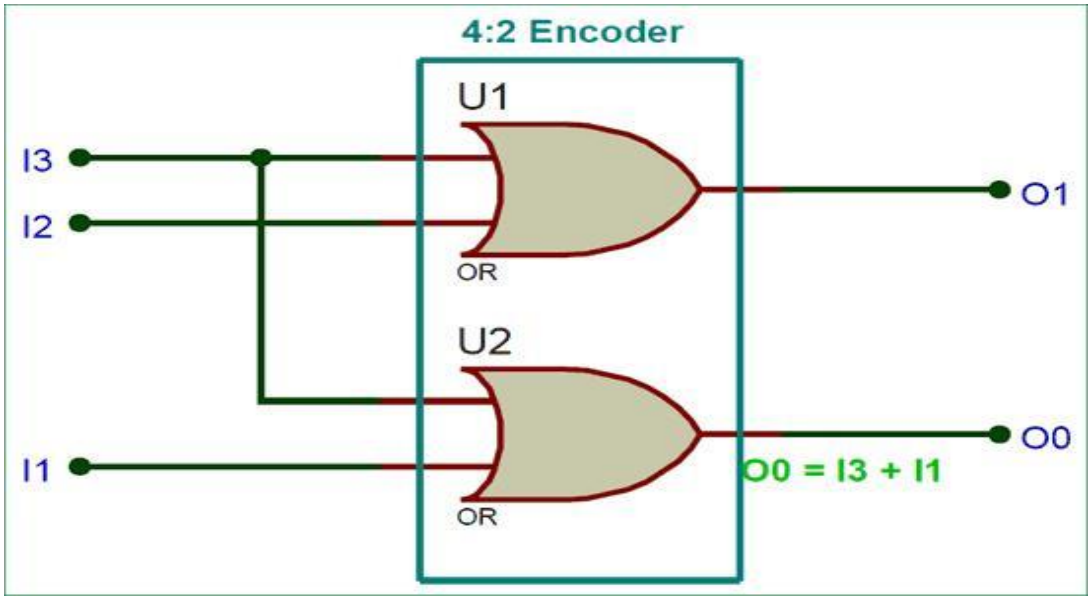
- การเลือกหน่วยความจำ
- การควบคุมอุปกรณ์
- ระบบแสดงผล

8.2 Encoder

Encoder ทำหน้าที่ตรงข้ามกับ Decoder โดยรับอินพุตหลายช่องแล้วแปลงเป็นรหัสไบนารี



Input				Output	
D0	D1	D2	D3	Y0	Y1
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	1	1



ภาพวงจร Encoder

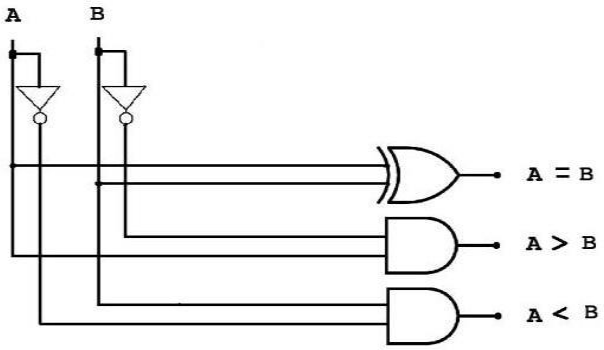
ตัวอย่าง **4-to-2 Encoder** มีอินพุต 4 ช่อง และสร้างเอาต์พุตเป็นรหัสไบนารี 2 บิต

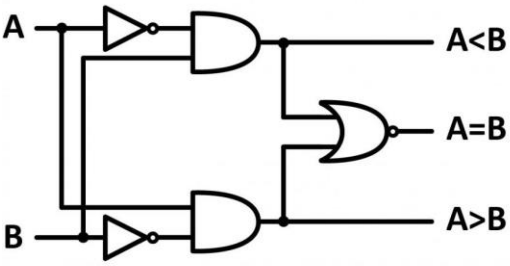
9. Comparator

Comparator เป็นวงจร Combinational ที่ใช้เปรียบเทียบค่าของข้อมูลสองชุด เช่น A และ B

ผลลัพธ์สามารถบอกได้ว่า

- A > B
- A = B
- A < B





Inputs		Outputs		
A	B	A<B	A=B	A>B
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0

Comparator

ภาพ**Comparator**

Comparator สามารถนำไปใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ ระบบควบคุม และวงจรดิจิทัลที่ต้องการเปรียบเทียบข้อมูล

10. การประยุกต์ใช้งาน

วงจร Combinational ถูกนำไปใช้งานในระบบดิจิทัลหลายประเภท เช่น

10.1 คอมพิวเตอร์

ใช้ในการคำนวณและประมวลผลข้อมูล เช่น วงจรบวกเลขและวงจรเปรียบเทียบ

10.2 ระบบสื่อสาร

ใช้ MUX และ DEMUX สำหรับการเลือกและกระจายข้อมูล

10.3 ระบบแสดงผล

ใช้ Decoder ในการแปลงรหัสเพื่อควบคุมอุปกรณ์แสดงผล

10.4 ระบบควบคุม

ใช้วงจรลอจิกและ Comparator เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ

10.5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วงจร Combinational เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของระบบดิจิทัล เช่น เครื่องคิดเลข คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ

11. ความแตกต่างระหว่าง Combinational และ Sequential

คุณสมบัติ	Combinคุational	Sequential
เอาต์พุตขึ้นอยู่กับ	อินพุตปัจจุบัน	อินพุตและสถานะก่อนหน้า
หน่วยความจำ	ไม่มี	มี
Clock	ไม่จำเป็น	มักมี
การเก็บสถานะ	ไม่มี	มี
ตัวอย่าง	Adder, MUX, Decoder	Counter, Register, Flip-Flop

ดังนั้น **Combinational Circuit** จะเน้นการประมวลผลข้อมูลตามอินพุตในขณะนั้น ส่วน **Sequential Circuit** จะมีการเก็บสถานะของข้อมูลและมักทำงานร่วมกับสัญญาณ Clock

12. NOT Gate

1.1 ความหมายของลอจิกเกต

ลอจิกเกต (Logic Gate) คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ค่าทางตรรกะ 2 ค่า คือ **0 และ 1** เพื่อนำมาคำนวณตามเงื่อนไขที่กำหนด ลอจิกเกตเป็นพื้นฐานสำคัญของวงจรดิจิทัลและระบบคอมพิวเตอร์

1.2 ความสำคัญของลอจิกเกต

ลอจิกเกตถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยช่วยให้อุปกรณ์สามารถตัดสินใจและทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ได้

13. ประเภทของลอจิกเกต

2.1 AND Gate

AND Gate จะให้ผลลัพธ์เป็น **1 ก็ต่อเมื่ออินพุตทุกตัวเป็น 1** หากมีอินพุตตัวใดเป็น 0 ผลลัพธ์จะเป็น 0

ตัวอย่าง: ระบบประตูที่ต้องใช้ทั้งบัตรและรหัสผ่านที่ถูกต้อง ประตูจึงจะเปิด

2.2 OR Gate

OR Gate จะให้ผลลัพธ์เป็น **1 เมื่อมีอินพุตอย่างน้อยหนึ่งตัวเป็น 1**

ตัวอย่าง: ระบบสัญญาณกันขโมยที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ประตูและหน้าต่าง หากเซนเซอร์ตัวใดตรวจพบการเปิด ระบบจะส่งเสียงเตือน

Gate ทำหน้าที่ **กลับค่าของสัญญาณ** จาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0

ตัวอย่าง: ใช้ในระบบควบคุมที่ต้องการให้การทำงานเป็นตรงข้ามกับสัญญาณที่ได้รับ

- **NAND Gate** เป็นการทำงานแบบ AND แล้วกลับค่าผลลัพธ์

NOR Gate เป็นการทำงานแบบ OR แล้วกลับค่าผลลัพธ์**2.4 NAND, NOR และ XOR Gate**

-

- **XOR Gate** จะให้ผลลัพธ์เป็น 1 เมื่ออินพุตมีค่าแตกต่างกัน

ลอจิกเกตเหล่านี้สามารถนำมาต่อร่วมกันเพื่อสร้างวงจรที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

14. การใช้งานในชีวิตประจำวัน

3.1 ระบบรักษาความปลอดภัย

ลอจิกเกตสามารถใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย เช่น ประตูอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาจกำหนดให้ผู้ใช้งานต้องแตะบัตรและใส่รหัสผ่านให้ถูกต้องทั้งสองอย่าง ประตูจึงจะเปิดได้ ซึ่งเป็นแนวคิดของ **AND Gate**

3.2 ระบบสัญญาณกันขโมย

ระบบสัญญาณกันขโมยสามารถใช้เซนเซอร์หลายตัว เช่น เซนเซอร์ประตูและหน้าต่าง หากเซนเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงาน ระบบสามารถส่งเสียงเตือนได้ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดของ **OR Gate**

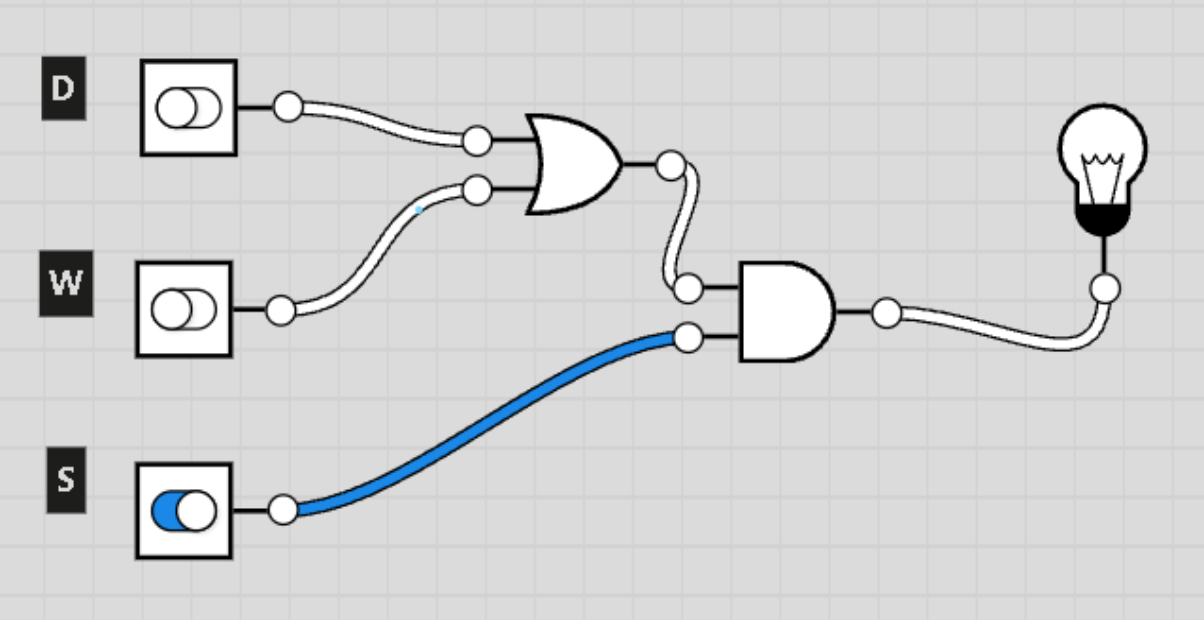
3.3 ระบบเปิด–ปิดไฟ

ลอจิกเกตสามารถนำมาใช้ควบคุมระบบไฟ เช่น ไฟอัตโนมัติที่ทำงานตามเงื่อนไขของสวิตช์เซนเซอร์ตรวจจับคน หรือช่วงเวลากลางคืน ทำให้สามารถประหยัดพลังงานและเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน

3.4 เครื่องใช้ไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ภายในเครื่องใช้ไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์มีวงจรดิจิทัลจำนวนมาก ซึ่งประกอบด้วยลอจิกเกตหลายชนิด ลอจิกเกตช่วยให้อุปกรณ์สามารถรับข้อมูล ประมวลผล และสั่งการให้ส่วนต่าง ๆ ทำงานตามคำสั่งได้

ระบบสัญญาณกันขโมย



สวิตช์หลัก (S)	เซนเซอร์ประตู (D)	เซนเซอร์หน้าต่าง (W)	ผลลัพธ์เซนเซอร์ (X = D OR W)	สัญญาณไซเรน (Y = S AND X)	สถานะของระบบ
0	**0**	**0**	**0**	**0**	ปิดระบบอยู่ ปลอดภัยดี
0	**0**	**1**	**1**	**0**	ปิดระบบอยู่ (หน้าต่างเปิด สลักไม่ดัง)
0	**1**	**0**	**1**	**0**	ปิดระบบอยู่ (ประตูเปิด สลักไม่ดัง)
0	**1**	**1**	**1**	**0**	ปิดระบบอยู่ (เปิดทั้งคู่ สลักก็ไม่ดัง)
1	**0**	**0**	**0**	**0**	เปิดระบบแล้ว ทุกอย่างปกติ ไซเรนเงียบ
1	**0**	**1**	**1**	**1**	เปิดระบบไว้ + ขโมยงัดหน้าต่าง = ไซเรนดัง!
1	**1**	**0**	**1**	**1**	เปิดระบบไว้ + ขโมยงัดประตู = ไซเรนดัง!
1	**1**	**1**	**1**	**1**	เปิดระบบไว้ + ขโมยงัดทั้งคู่ = ไซเรนดัง!

D = ประตู W = หน้าต่าง S = สวิตช์หลัก

0 = ปิด / ปกติ / ไม่ทำงาน **1** = เปิด / โดนงัดแงะ / ทำงาน

สรุป

วงจร **Combinational Logic Circuit** เป็นวงจรพื้นฐานที่สำคัญในระบบดิจิทัล โดยมีหลักการสำคัญคือเอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่าอินพุตในขณะนั้น และไม่มีการเก็บสถานะของข้อมูลก่อนหน้า

วงจร Combinational สามารถสร้างขึ้นจากลอจิกเกต เช่น AND, OR, NOT, NAND, NOR และ XOR แล้วนำมาประกอบเป็นวงจรที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น Half Adder, Full Adder, Multiplexer, Demultiplexer, Decoder, Encoder และ Comparator

วงจรเหล่านี้สามารถพบได้ในคอมพิวเตอร์ ระบบประมวลผล ระบบสื่อสาร ระบบควบคุม และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จึงถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับระบบดิจิทัล

ลอจิกเกตเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรดิจิทัลที่ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณ 0 และ 1 ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ลอจิกเกตแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกัน และสามารถนำมาต่อร่วมกันเพื่อสร้างระบบที่ซับซ้อนได้ ปัจจุบันลอจิกเกตถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย เช่น **ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบไฟอัตโนมัติ เครื่องใช้ไฟฟ้า โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์**

บรรณานุกรม / แหล่งอ้างอิง

1.ฟลอยด์, ที. แอล. พื้นฐานดิจิทัล สำนักพิมพ์เพียร์สัน

2.มาโน, เอ็ม. เอ็ม. และ ชิเลตติ, เอ็ม. ดี. การออกแบบดิจิทัล สำนักพิมพ์เพียร์สัน

3.บราวน์, เอส. และ วราเนซิก, ซี. พื้นฐานตรรกะดิจิทัลด้วยการออกแบบเวอริล็อก สำนักพิมพ์แมคกรอว์-ฮิลล์

4.ท็อคซี, อาร์. เจ., วิดเมอร์, เอ็น. เอส. และ มอสส์, จี. แอล. ระบบดิจิทัล: หลักการและการประยุกต์ใช้ สำนักพิมพ์เพียร์สัน

ประวัติผู้จัดทำ

1. พระมหาวิสุทธิฉัตร พลชา
2. พระมหาก้องเกียรติ โสภารักษ์
3. พระมหากรกฎ โสอิติกุล
4. พระมหาภานุเดช รัตน์พล
5. ส.ณ.เมฆินทร์ โพธิ์คันรัตน์