

บทที่ 10

พื้นฐานทางดิจิทัล

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับงานพื้นฐานทางดิจิทัล

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน)

1. อธิบายหลักการงานพื้นฐานทางดิจิทัลได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายการนำงานพื้นฐานทางดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในงานหุ่นยนต์เบื้องต้นได้ถูกต้อง

ทฤษฎีการเรียนรู้งานพื้นฐานทางดิจิทัล

10.3.1 ระบบตัวเลข

ระบบตัวเลขที่มนุษย์เราต้องเกี่ยวข้องกับและรู้จักกันมากที่สุดคือเลข 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 รวม 10 ตัว ตัวเลขทั้ง 10 ตัวนี้เราใช้เป็นเครื่องมือหลักในการนับจำนวนทั้งหลายตามความต้องการ เราจึงกำหนดฐานของระบบตัวเลขนี้ว่า **เลขฐานสิบ (Decimal number)** ดังนั้นค่าของตัวเลขที่มีค่ามากกว่า 9 ขึ้นไป ก็จะเป็นตัวเลขที่เกิดจากการนำตัวเลข 10 ตัวดังกล่าวเรียงประกอบกันขึ้น เช่น

สองร้อยแปดสิบเก้า จะเขียนแทนด้วยตัวเลข 289 เขียนแบบเต็มค่า คือ $(2 \times 10^2) + (8 \times 10^1) + (9 \times 10^0)$

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เครื่องคำนวณ สมอกลหรือ Computer ก็ถูกพัฒนาขึ้น หลักการทำงานของเครื่อง Computer คืออาศัยการไหลหรือหยุดไหลของสัญญาณในช่วงจังหวะเวลาต่างๆ กัน เหมือนกับการเปิดปิดสวิตช์นั่นเอง ด้วยเหตุนี้ค่าตัวเลขในเลขฐานสอง (Binary number) จึงแทรกเข้ามามีบทบาทบ้าง เพราะมันมีค่า 0 กับ 1 ซึ่งสมมูลกับค่าเปิดปิดสวิตช์และนอกจากนั้นยังมีระบบเลขที่ใช้อีกทุกๆ ไป ดังนี้

- ระบบเลขฐานสอง (Binary number system) ประกอบด้วยเลข 2 ตัว คือ 0 และ 1 เช่น

$$\begin{aligned}\text{เลขฐานสอง } 10110 &= (1 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0) \\ &= (1 \times 16) + (0 \times 8) + (1 \times 4) + (1 \times 2) + (0 \times 1) \\ &= 16 + 0 + 4 + 2 + 0\end{aligned}$$

เลขฐานสิบ = 22

- ระบบเลขฐานแปด (Octal number system) ประกอบด้วยเลข 8 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6 และ 7 เช่น

$$\begin{aligned}\text{เลขฐานแปด } 137 &= (1 \cdot 8^2) + (3 \cdot 8^1) + (7 \cdot 8^0) \\ &= (1 \cdot 64) + (3 \cdot 8) + (7 \cdot 1) \\ &= 64 + 24 + 7\end{aligned}$$

$$\text{เลขฐานสิบ} = 95$$

- ระบบเลขฐานสิบ (Decimal number system) ประกอบด้วยเลข 10 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 เช่น

$$\begin{aligned}\text{เลขฐานสิบ } 137 &= (1 \cdot 10^2) + (3 \cdot 10^1) + (7 \cdot 10^0) \\ &= (1 \cdot 100) + (3 \cdot 10) + (7 \cdot 1) \\ &= 100 + 30 + 7 \\ &= 137\end{aligned}$$

- ระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal number system) ประกอบด้วยเลข 16 ตัว คือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E และ F เช่น

$$\begin{aligned}\text{เลขฐานสิบหก } 2AE &= (2 \cdot 16^2) + (A \cdot 16^1) + (E \cdot 16^0) \\ &= (2 \cdot 256) + (10 \cdot 16) + (14 \cdot 1) \\ &= 512 + 160 + 14\end{aligned}$$

$$\text{เลขฐานสิบ} = 686$$

10.3.2 ลอจิก(Logic) และอุปกรณ์ลอจิกเกต

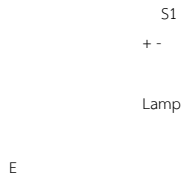
ลอจิก (Logic) หมายถึงสถานะสัญญาณหรือสถานะที่มีสองรูปแบบ เช่น Logic 0 และ Logic 1

Logic 0 หมายถึง ไม่มีสัญญาณ หรือเท่ากับศูนย์โวลต์ และหมายถึงสถานะสวิทช์ไม่ ถูกกด หลอดไฟไม่ทำงาน หรือเอาต์พุตไม่มีสัญญาณ

Logic 1 หมายถึง มีสัญญาณ หรือเท่ากับแหล่งจ่ายพลังงาน และหมายถึงสถานะ สวิทช์ถูกกด หลอดไฟทำงานติดสว่าง หรือเอาต์พุตมีสัญญาณออก



รูปที่ 10.1 แสดงสถานะสัญญาณ Logic 0 และ Logic 1

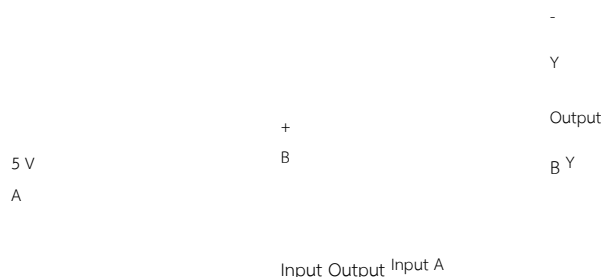


รูปที่ 10.2 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

ลอจิกเกต (Logic Gate) เป็นส่วนประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมาก ใช้ในงานดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ เนื่องจากลอจิกเกตทำงานได้ด้วยเลขฐานสอง หรือระดับลอจิก “1” และ “0” บางครั้งจึงเรียกว่า ลอจิกเกตฐานสอง (Binary Logic Gate) ลอจิกเกตมีฟังก์ชันการทำงานหลายฟังก์ชัน ดังนั้นจึงควรศึกษาฟังก์ชันพื้นฐานของลอจิกเกต เช่น ลอจิกเกตแบบแอนด์ ลอจิกเกตแบบออร์ ลอจิกเกตแบบนอต ฯลฯ ให้มีความเข้าใจในการทำงานและรู้จักตารางความจริงของลอจิกเกตเหล่านั้น โดยอาจเทียบเคียงการทำงานของลอจิกเกตได้ด้วยสวิตช์ หรือหน้าสัมผัสของรีเลย์ ลอจิกเกตเหล่านี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในรูปของวงจรรวม (IC : Integrated Circuit) ซึ่งเป็นชิพขนาดเล็ก ที่นิยมใช้มี 2 กลุ่มคือ กลุ่มวงจรรวมชนิดทีทีแอล (TTL ICs) จะพบในชื่อ 74LXX 74LSXX 74HXX 74ALSXX เป็นต้น สำหรับกลุ่มวงจรรวมชนิดซีเอ็มอส (CMOS ICs) จะพบในชื่อ 74HCXX 74HCTXX 40XX และ MC14XX เป็นต้น

10.3.2.1 ลอจิกเกตแบบแอนด์

ลอจิกเกตแบบแอนด์ หรือแอนด์เกต (AND gate) ฟังก์ชันการทำงานของแอนด์เกตเปรียบเทียบกับสวิตช์อนุกรม ตัวอย่างเช่น แอนด์เกตที่มี 2 อินพุต จะมีฟังก์ชันการทำงานเทียบเท่ากับสวิตช์อนุกรมสองตัว



รูปที่ 10.3 แสดงวงจรไฟฟ้าเปรียบเทียบกับสวิตช์และสัญลักษณ์ของแอนด์เกต 2 อินพุต

การทำงานของแอนด์เกตเมื่อเทียบกับสวิตช์จากวงจรสวิตช์จะเห็นว่าหลอดที่เอาต์พุต (Y) จะติดสว่างได้เมื่ออินพุตสวิตช์ที่ A และ B อยู่ในสถานะหน้าสัมผัสปิดเท่านั้น หากเป็นกรณีอื่น ๆ ไม่สามารถทำให้หลอดที่เอาต์พุต (Y) จะเป็น “1” ได้เมื่อลอจิกอินพุตที่ A และ B ทั้งสองอินพุตเป็น “1” เท่านั้น

ตารางความจริง (Truth Table) ของแอนด์เกต หมายถึงตารางแสดงสถานะที่ปรากฏที่เอาต์พุตของเกตเมื่อลอจิกอินพุตเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม ลอจิกอินพุตของแอนด์เกตที่มี 2 อินพุต จะเปลี่ยนแปลงได้เพียง 4 สถานะเท่านั้น

สถานะที่	อินพุต		เอาต์พุต
	B	A	Y
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

ตารางที่ 10.1 แสดงตารางความจริงของแอนด์เกต 2 อินพุต

สำหรับแอนด์เกตที่มีอินพุตมากกว่า 2 เช่น 3 อินพุต หรือ 4 อินพุต ตารางความจริงของแอนด์เกต 3 อินพุต และตารางความจริงของแอนด์เกต 4 อินพุต ที่น่าสังเกต คือ ไม่ว่าเป็นแอนด์เกต 2 อินพุต 3 อินพุต หรือ 4 อินพุต เอาต์พุตของมันจะมีเพียงหนึ่ง และเอาต์พุตนี้จะได้ออจิก “1” เมื่ออินพุตทั้งหมดได้รับลอจิก “1” เท่านั้น

Input Output
A
B C
Y=A.B.C

รูปที่ 10.4 แสดงสัญลักษณ์ของแอนด์เกต 3 อินพุต

สถานะที่	อินพุต	เอาต์พุต
----------	--------	----------

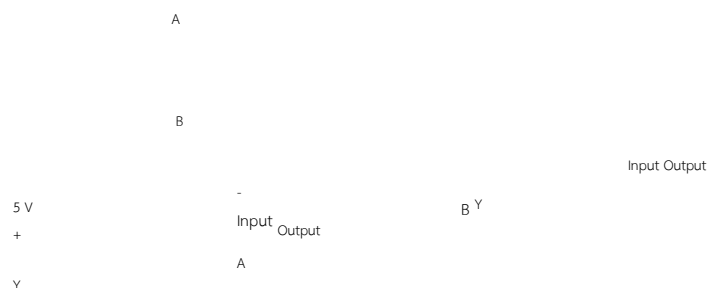
	C	B	A	Y
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0

4	0	1	1	0
5	1	0	0	0
6	1	0	1	0
7	1	1	0	0
8	1	1	1	1

ตารางที่ 10.2 ตารางความจริงของแอนด์เกต 3 อินพุต

10.3.2.2 ลอจิกเกตแบบออร์

ลอจิกเกตแบบออร์ หรือออร์เกต (OR gate) ฟังก์ชันการทำงานของออร์เกตเปรียบเทียบกับสวิตช์ขนาน ตัวอย่างเช่น ออร์เกต 2 อินพุต จะมีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกับวงจรสวิตช์ขนาน



รูปที่ 10.5 แสดงวงจรไฟฟ้าเปรียบเทียบกับสวิตช์และสัญลักษณ์ของออร์เกต 2 อินพุต

เมื่อพิจารณาการทำงานของสวิตช์ขนานจะพบว่าหลอดที่เอาต์พุต Y จะติดสว่าง (ลอจิก 1) เมื่อสวิตช์ A หรือ ตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งสองตัวอยู่ในสถานะหน้าสัมผัสปิด และจะดับเมื่อสวิตช์ทั้งสองตัวอยู่ในสถานะหน้าสัมผัสเปิดเท่านั้น ซึ่งก็คือฟังก์ชันของออร์เกต กล่าวคือ เอาต์พุต Y จะเป็นลอจิก “0” เมื่ออินพุต A และ B ได้รับลอจิก “0” และจะเป็น “1” เมื่ออินพุต A หรือ B หรือทั้ง AB ได้รับลอจิก “1”

ในทำนองเดียวกันกับแอนด์เกต เมื่ออินพุต A และ B เข้ากับลอจิกสวิตช์ และเอาต์พุต Y ต่อเข้ากับไดโอดเปล่งแสง เพื่อแสดงสถานะลอจิกทางเอาต์พุต และทำการป้อนลอจิก “0” และ “1” ที่อินพุต A และ B จะสามารถป้อนสถานะลอจิกอินพุตที่ไม่ซ้ำ 4 ซ้อนกันได้ 4 สถานะเช่นกัน ตารางความจริงแสดงสถานะลอจิกอินพุตของออร์เกต 2 อินพุต

สถานะที่	อินพุต		เอาต์พุต
	B	A	Y
1	0	0	0

2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	1

ตารางที่ 10.3 แสดงตารางความจริงของออร์เกต 2 อินพุต

สำหรับออร์เกตที่มีอินพุตมากกว่า 2 อินพุต เช่น 3 อินพุต หรือ 4 อินพุตมีฟังก์ชันการทำงาน เหมือนกับกรณีออร์เกต 2 อินพุต ซึ่งพิจารณาได้จากตารางความจริงจะพบว่าออร์เกตนั้น เอาต์พุตจะ เป็นลอจิก “0” เมื่ออินพุตทั้งหมดได้รับลอจิก “0” และเอาต์พุตจะเป็นลอจิก “1” เมื่ออินพุตหนึ่ง หรือทั้งหมดเป็น “1”

Input Output
A
B C
 $Y=A+B+C$

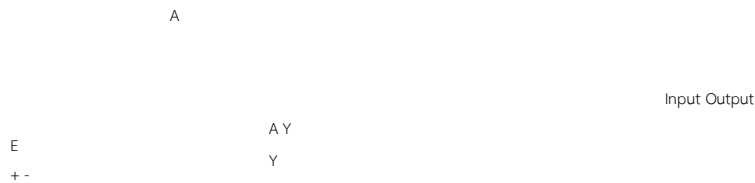
รูปที่ 10.6 แสดงสัญลักษณ์ของออร์เกต 3 อินพุต

สถานะที่	อินพุต			เอาต์พุต
	C	B	A	Y
1	0	0	0	0
2	0	0	1	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	1
5	1	0	0	1
6	1	0	1	1
7	1	1	0	1
8	1	1	1	1

ตารางที่ 10.4 ตารางความจริงของออร์เกต 3 อินพุต

10.3.2.3 ลอจิกเกตแบบนอต

ลอจิกเกตแบบนอต หรือนอตเกต (NOT gate) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เนื่องจากเป็นเกตที่มีเพียงอินพุตเดียว และฟังก์ชันการทำงานจะทำหน้าที่ให้ ลอจิกเอาต์พุตมีสถานะตรงข้ามกับลอจิกอินพุตเสมอ เช่น ถ้าลอจิกอินพุตเป็น “1” ลอจิกเอาต์พุตของ อินเวอร์เตอร์จะเป็น “0” และถ้าลอจิกอินพุตเป็น “0” ลอจิกเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็น “1” สัญลักษณ์ของนอตเกต และวงจรสวิตช์ที่ทำงานฟังก์ชันเดียวกับนอตเกต



รูปที่ 10.7 แสดงวงจรไฟฟ้าเปรียบเทียบสวิตช์และสัญลักษณ์ของนอตเกต 2 อินพุต

เมื่อสวิตช์อยู่ตำแหน่ง “0” หลอดแอลอีดี Y จะติดสว่าง (ลอจิก “1”) แต่ถ้าสวิตช์ตำแหน่ง “1” หลอดแอลอีดี Y จะดับ (ลอจิก “0”) สำหรับการ
ทำงานในฟังก์ชันของนอตเกต

เนื่องจากนอตเกตเป็นลอจิกเกตที่มีเพียงอินพุตเดียว ดังนั้นตารางความจริงแสดงการทำงานของลอจิกเกตจึงมีเพียง 2 บรรทัด

สถานะที่	อินพุต	เอาต์พุต
	B	Y
1	0	0
2	0	1

ตารางที่ 10.5 แสดงตารางความจริงของนอตเกต

สมการของนอตเกตเขียนด้วยเครื่องหมายอินเวอร์สหรือบาร์ที่อินพุตดังนี้ $Y = \overline{A}$ อ่านว่า วาย
เท่ากับนอตเอ หรือวายเท่ากับเออินเวอร์สหรือวายเท่ากับเอบาร์