

บทที่ 5

วงจรคอมบินเนชัน

บทนำ

การนำวงจรดิจิทัลไปใช้งาน จำเป็นจะต้องคำนึงถึงอินพุตและเอาต์พุตเพื่อให้งานวงจรดิจิทัลเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งวงจรดิจิทัลสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ วงจรคอมบินเนชัน และวงจรซีแควนเชียล ส่วนวิธีการออกแบบนั้น สามารถใช้ตารางความจริง, ฟังก์ชันของสมการ และไทม์มิงไดอะแกรม เพื่อสร้างสมการลอจิกที่ต้องการขึ้นมาและลดรูปสมการโดยใช้พีชคณิตบูลีน หรือแผนผังคาร์โนห์ ซึ่งจะใช้ลอจิกเกทพื้นฐานต่อร่วมกันเพื่อสร้างวงจรลอจิกเกท หลังจากการลดรูปสมการดังกล่าวแล้ว

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของวงจรคอมบินเนชัน
2. การออกแบบวงจรคอมบินเนชัน
3. การประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชัน

สรุณนะประจำหน่วย

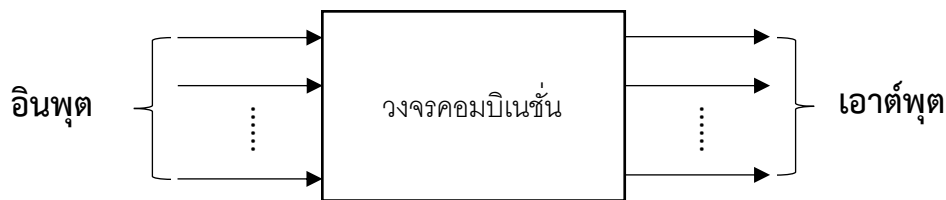
1. แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมายของวงจรคอมบินเนชันได้
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรคอมบินเนชันได้
3. อธิบายการประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชันได้

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรคอมบินเนชัน
2. มีทักษะในการประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชัน
3. มีกึณนิสัยในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบและปลอดภัย

5.1 ความหมายของวงจรคอมบิเนชัน

วงจรคอมบิเนชัน คือ วงจรรวมของลอจิกเกทชนิดต่างๆ เกิดจากการกำหนดอินพุต และเอาต์พุต เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปตามเอาต์พุตที่ต้องการและเอาต์พุตเป็นไปตามค่าของอินพุตในเวลานั้นๆ ไม่ขึ้นกับค่าอินพุตที่เวลาผ่านมา และไม่มีสัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุตมาทางอินพุต ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ได้อย่างมากมาย เช่น วงจรปิด-เปิดไฟ 2 ทาง, วงจรปิด-เปิดประตู, วงจรบอกเลข, วงจรแสดงผล 7-Segment วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส เป็นต้น



ภาพที่ 5.1 แสดงอินพุต และเอาต์พุต ของวงจรคอมบิเนชัน

จากภาพที่ 5.1 วงจรคอมบิเนชันสามารถกำหนด อินพุต เอาต์พุต ได้หลายอินพุต ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน

5.2 การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน

การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน คือ การออกแบบวงจรลอจิกเกทเพื่อนำเอาต์พุตจากวงจรลอจิกเกทไปใช้งานตามความต้องการซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหาและขอบเขตของปัญหา เพื่อความชัดเจนในการกำหนดอินพุตและเอาต์พุต
2. กำหนดความต้องการการใช้งานจากอินพุตและเอาต์พุตจากขอบเขตของปัญหา
3. กำหนดจำนวนตัวแปรของอินพุตและเอาต์พุต
4. กำหนดชื่อแทนตัวแปรของอินพุตและเอาต์พุต
5. เขียนตารางความจริงจากตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต
6. เขียนสมการลอจิกจากตารางความจริง ในฟังก์ชันของ Minterm หรือ Maxterm
7. ลดรูปสมการ
8. ออกแบบวงจรลอจิกเกทตามสมการที่ลดรูป

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5.3 การประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชัน

การประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชัน คือการกำหนดปัญหาทางเพื่อใช้วงจรคอมบินเนชันในการแก้ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนในการออกแบบวงจรคอมบินเนชัน

ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบวงจรลอจิกเกตควบคุมประตูทางเข้า โดยมีระบบความปลอดภัย 3 ระบบ คือ

1. การสแกนลายนิ้วมือ
2. การสแกนคีย์การ์ด
3. สวิตช์ควบคุมประตู

ซึ่งมีการใช้งานคือ ให้ผู้ขอเข้าประตูยืนยันตัวบุคคลโดยการสแกนลายนิ้วมือ,สแกนคีย์การ์ด อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เมื่อผ่านแล้ว ให้ผู้ควบคุมประตูเป็นผู้กดสวิตช์เพื่อเปิดประตู ผู้ขอเข้าประตูจึงสามารถเข้าประตูได้

กำหนดจำนวนตัวแปร

กำหนดให้อินพุตมีทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ A, B และ C

กำหนดให้อเอาต์พุตมีทั้งหมด 1 ตัวแปร คือ Y

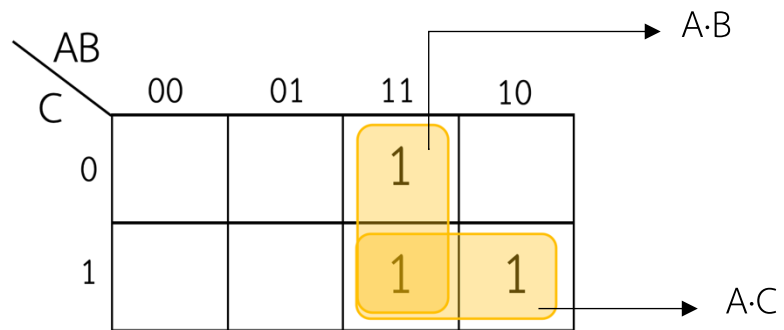
ตารางความจริงจากตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต

สวิตช์	ลายนิ้วมือ	คีย์การ์ด	เอาต์พุต	ฟังก์ชัน
A	B	C	Y (ประตู)	Minterm
0	0	0	0	-
0	0	1	0	-
0	1	0	0	-
0	1	1	0	-
1	0	0	0	-
1	0	1	1	$A \cdot \bar{B} \cdot C$
1	1	0	1	$A \cdot B \cdot \bar{C}$
1	1	1	1	$A \cdot B \cdot C$

ตารางที่ 5.1 ตารางความจริงวงจรควบคุมประตู

สมการลอจิก คือ $Y = (A \cdot \bar{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$

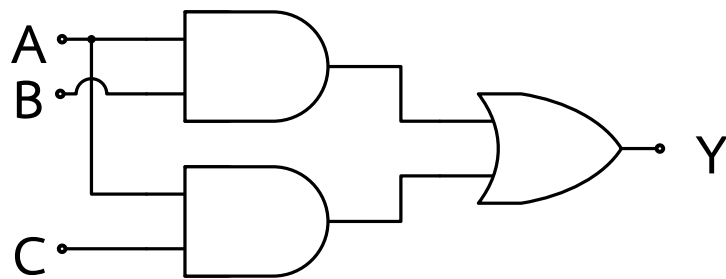
ลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์



สรุป $Y = (A \cdot \bar{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$

ลดรูปสมการได้ สมการลอจิก คือ $Y = (A \cdot B) + (A \cdot C)$

ผลจากการลดรูปสมการ เขียนเป็นวงจรรลอจิกเกท



ภาพที่ 5.2 วงจรรลอจิกเกทควบคุมประตูทางเข้า

ตัวอย่างที่ 2 จงออกแบบวงจรบวกเลขฐานสอง จำนวน 2 บิต โดยไม่คิดตัวทด ซึ่งมีการใช้งานคือ เมื่อ
ป้อนค่าเลขฐานสองจำนวน 2 บิตแล้ว ให้แสดงผลการบวก และแสดงผลว่ามีตัวทดในการบวกครั้งนั้นหรือไม่

กำหนดจำนวนตัวแปร

กำหนดให้อินพุตมีทั้งหมด 2 ตัวแปร คือ A และ B

กำหนดให้อาต์พุตมีทั้งหมด 2 ตัวแปร คือ C_o และ Y

ตารางความจริงจากตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต

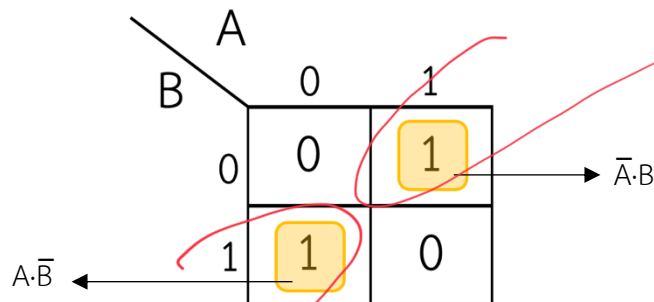
อินพุต 1	อินพุต 2	เอาต์พุต 1	ฟังก์ชัน	เอาต์พุต 2	ฟังก์ชัน
<u>A</u>	<u>B</u>	Y (ผลลัพธ์)	Minterm	<u>C_o (ตัวทด)</u>	Minterm
<u>0</u>	<u>0</u>	0	-	0	-
<u>0</u>	<u>1</u>	1	$\bar{A} \cdot B$	0	-
<u>1</u>	<u>0</u>	1	$A \cdot \bar{B}$	0	-
<u>1</u>	<u>1</u>	0	-	1	$A \cdot B$

ตารางที่ 5.2 ตารางความจริงวงจรวกเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวทด

สมการลอจิก เอาต์พุต 1 คือ $Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$

สมการลอจิก เอาต์พุต 2 คือ $C_o = (A \cdot B)$

ลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ ของเอาต์พุต 1 คือ $Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$



สรุป $Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$ ลดรูปสมการได้ สมการลอจิก คือ $Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$ ไม่สามารถลดรูปสมการได้
เนื่องจากไม่เข้าเงื่อนไขการลดรูปของแผนผังคาร์โนห์ จึงเปลี่ยนวิธีโดยใช้การลดรูปด้วยวิธีพีชคณิตบูลีน

$$Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$$

$$Y = A \oplus B$$

ลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ ของเอาต์พุต 2 คือ $C_o = (A \cdot B)$

B \ A	0	1
0	0	0
1	0	1

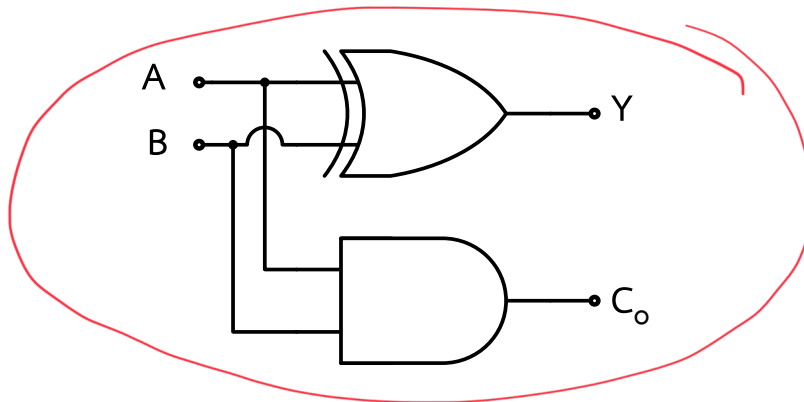
→ $A \cdot B$

สรุป $C_o = (A \cdot B)$ ลดรูปสมการได้ คือ $C_o = (A \cdot B)$ ไม่สามารถลดรูปสมการได้เนื่องจากไม่เข้าเงื่อนไขการลดรูปของแผนผังคาร์โนห์

ผลจากการลดรูปสมการ เขียนเป็นวงจรลอจิกเกท

สมการลอจิก เอาต์พุต 1 คือ $Y = A \oplus B$

สมการลอจิก เอาต์พุต 2 คือ $C_o = (A \cdot B)$



ภาพที่ 5.3 วงจรบวกเลขฐานสอง จำนวน 2 บิต โดยไม่คิดตัวทด

ตัวอย่างที่ 3 จงออกแบบวงจรบวกเลขฐานสอง จำนวน 2 บิต โดยคิดตัวทด ซึ่งมีการใช้งานคือ เมื่อป้อนค่าเลขฐานสองจำนวน 2 บิตแล้ว ให้แสดงผลการบวกโดยคิดตัวทด และแสดงผลตัวทด

กำหนดจำนวนตัวแปร

กำหนดให้อินพุตมีทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ A, B และ C

กำหนดให้อาต์พุตมีทั้งหมด 2 ตัวแปร คือ C_0 และ Y

ตารางความจริงจากตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต

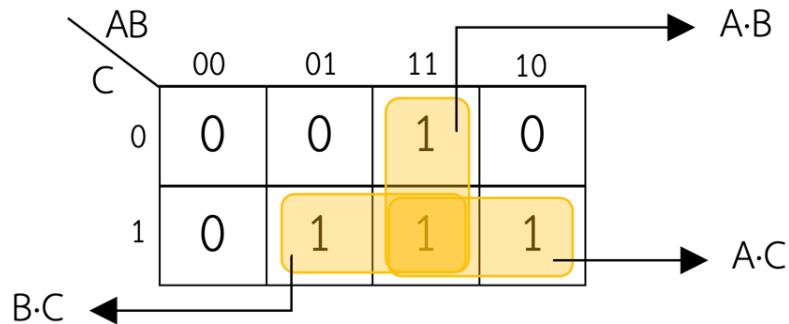
อินพุต 1	อินพุต 2	อินพุต 3	เอาต์พุต 1	ฟังก์ชัน	เอาต์พุต 2	ฟังก์ชัน
A	B	C (ตัวทดเข้า)	C_0 (ตัวทดออก)	Minterm	Y (ผลลัพธ์)	Minterm
0	0	0	0	-	0	-
0	0	1	0	-	1	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C$
0	1	0	0	-	1	$\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}$
0	1	1	1	$\bar{A} \cdot B \cdot C$	0	-
1	0	0	0	-	1	$A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$
1	0	1	1	$A \cdot \bar{B} \cdot C$	0	-
1	1	0	1	$A \cdot B \cdot \bar{C}$	0	-
1	1	1	1	$A \cdot B \cdot C$	1	$A \cdot B \cdot C$

ตารางที่ 5.3 ตารางความจริงวงจรวกเลขฐานสองโดยคิดตัวทด

สมการลอจิก เอาต์พุต 1 คือ $C_0 = (\bar{A} \cdot B \cdot C) + (A \cdot \bar{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$

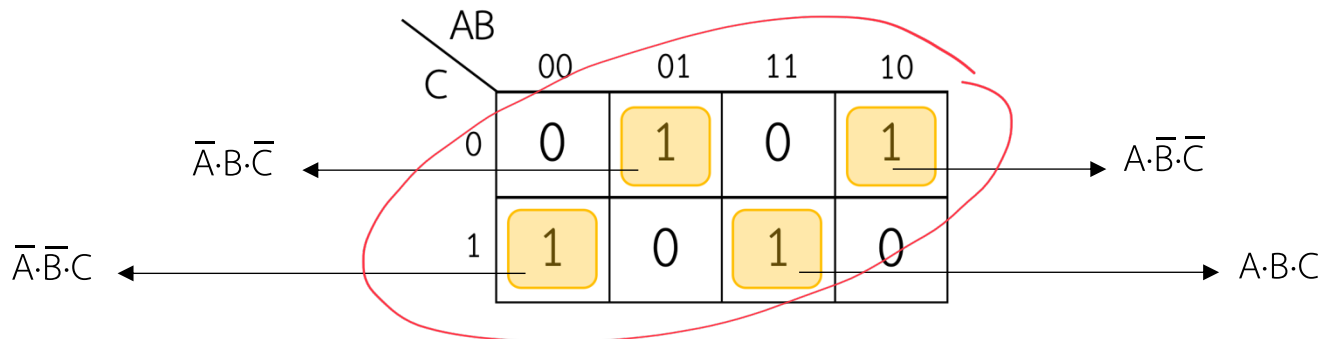
สมการลอจิก เอาต์พุต 2 คือ $Y = (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$

ลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ ของเอาต์พุต 1 คือ $C_o = (\bar{A} \cdot B \cdot C) + (A \cdot \bar{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$



สรุป $C_o = (\bar{A} \cdot B \cdot C) + (A \cdot \bar{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$ ลดรูปสมการได้ $C_o = (A \cdot B) + (B \cdot C) + (A \cdot C)$

ลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ ของเอาต์พุต 2 คือ $Y = (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$



สรุป $Y = (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$ ไม่สามารถลดรูปสมการได้เนื่องจากไม่เข้าเงื่อนไขการลดรูปของแผนผังคาร์โนห์ จึงเปลี่ยนวิธีโดยใช้การลดรูปด้วยวิธีพีชคณิตบูลีน

$$Y = (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$$

$$Y = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$$

$$Y = \bar{A}(\bar{B} \cdot C + B \cdot \bar{C}) + A(\bar{B} \cdot \bar{C} + B \cdot C)$$

$$Y = \bar{A}(B \oplus C) + A(\overline{\bar{B} \cdot \bar{C} + B \cdot C})$$

$$Y = \bar{A}(B \oplus C) + A(\overline{\bar{B} \cdot \bar{C} \cdot B \cdot C})$$

$$Y = \bar{A}(B \oplus C) + A(\overline{\bar{B} + \bar{C} \cdot B + C})$$

$$Y = \bar{A}(B \oplus C) + A(\overline{B + C \cdot \bar{B} + C})$$

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

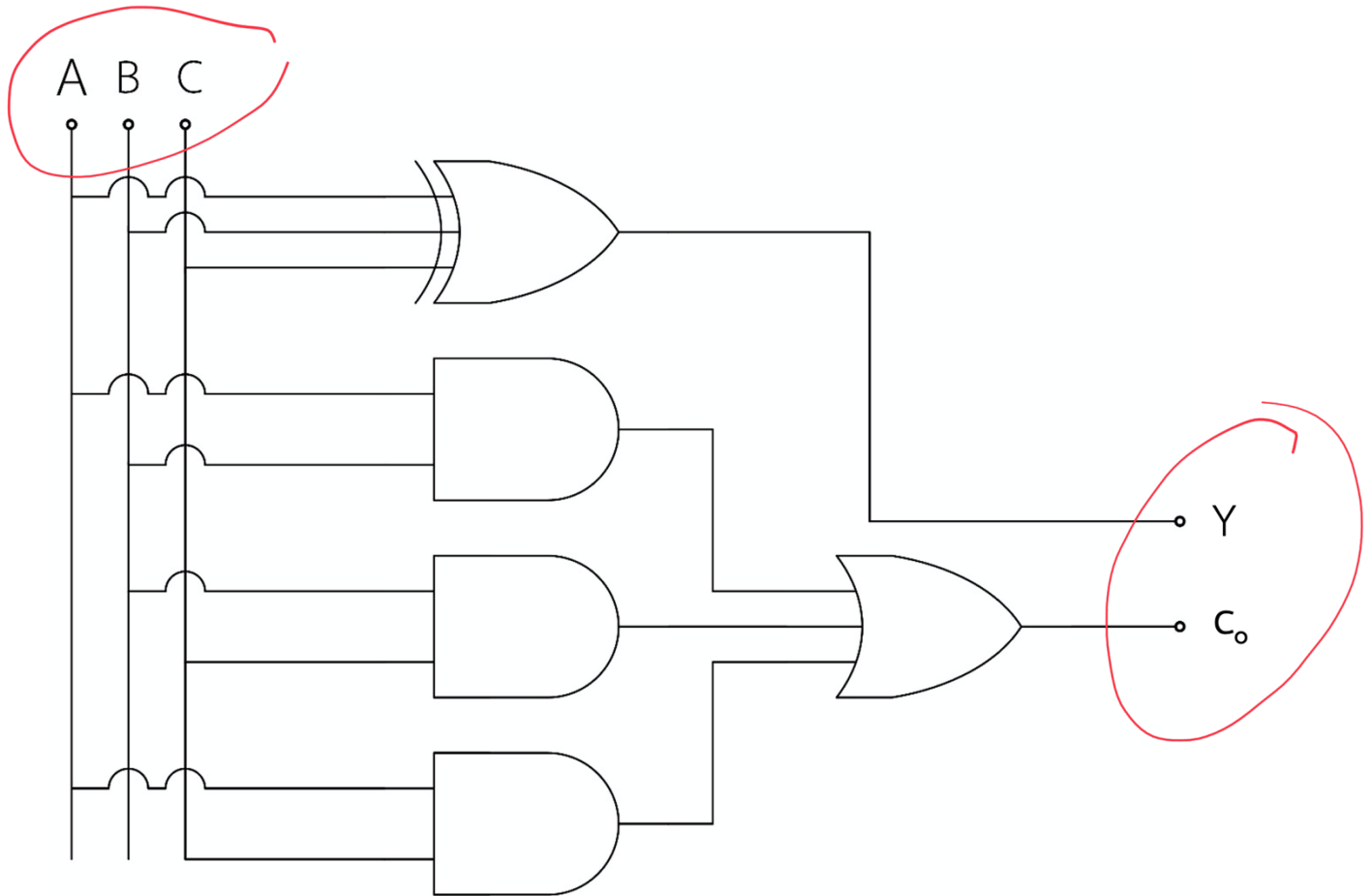
$$Y = A \oplus B \oplus C$$

สรุป $Y = (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}) + (A \cdot B \cdot C)$ ลดรูปสมการได้ $Y = A \oplus B \oplus C$

ผลจากการลดรูปสมการ เขียนเป็นวงจรลอจิกเกต

สมการลอจิก เอาต์พุต 1 คือ $Y = A \oplus B \oplus C$

สมการลอจิก เอาต์พุต 2 คือ $C_o = (A \cdot B) + (B \cdot C) + (A \cdot C)$



ภาพที่ 5.4 วงจรบวกเลขฐานสอง จำนวน 2 บิต โดยคิดตัวทด

แบบประเมินผลท้ายหน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 5

1. จงอธิบายความหมายของวงจรคอมบิเนชัน

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2. จงอธิบายขั้นตอนการออกแบบวงจรมบิเนชั้น

[illegible]

3. จงออกแบบวงจร เปิด - ปิด ไฟส่องสว่างบันได โดยให้มีสวิตช์ 2 จุด สามารถ เปิด - ปิด ไฟส่องสว่าง จากสวิตช์ทั้ง 2 ตัวได้

4. 3 Input / 2 output



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

Sum = ?

Prod = ?

