

เทคนิคจิ๋วจอล

ภาคปฏิบัติ

• **สำหรับ** •

นักศึกษาระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

และผู้สนใจทั่วไป

เทคนิคดิจิทัล



ภาคปฏิบัติ

เรียบเรียงโดย อนันท์ คัมภีรานนท์



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

SKYBOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12130

โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105

e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

“เทคนิคจิตตอล (ภาคปฏิบัติ)”

พิมพ์ครั้งที่ 1 มีนาคม 2548

ผลงานลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์

หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต

จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา 125 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

อนันท์ คัมภีรานนท์

เทคนิคจิตตอล (ภาคปฏิบัติ) -- ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2548.

152 หน้า

1. จิตตอลเล็กทรอนิกส์ I. ชื่อเรื่อง

621 . 381

ISBN: 974-389-581-7

S7901-30-03-05

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท **สกายบุ๊กส์** จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
515/270-8 ถ.วิเศษ-ปทุมธานี ต.ปะชาชีวินต์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105
e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

พิมพ์ที่ บริษัท สยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด

459 ซอยพญาธิปไตย (ลาดพร้าว 48) แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ : 0-2694-3010

คำนำ

หนังสือภาคปฏิบัติ เทคนิคดิจิทัล (Digital Techniques) เล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนที่มีความสอดคล้องกับภาคทฤษฎี โดยจะเน้นถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักศึกษาที่สามารถเรียนรู้และฝึกปฏิบัติได้ด้วยตนเอง ในเรื่องเกี่ยวกับปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เกตทางตรรกพื้นฐานชนิดต่าง ๆ การลดรูปฟังก์ชันตรรก การเข้ารหัสและการถอดรหัส ฟลิปฟลอป วงจรนับ รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์ หน่วยความจำ การเขียนโปรแกรมลงบนไมโครคอมพิวเตอร์แผลงเดียว การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก เพื่อให้เกิดการบูรณาการผลทางฮาร์ดแวร์ของระบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ในการประยุกต์ใช้งานต่อไป

อนึ่งความสำเร็จในการจัดทำหนังสือภาคปฏิบัติ เทคนิคดิจิทัล เล่มนี้ได้บรรลุผลไปได้ด้วยดีก็เพราะพระคุณ ครู อาจารย์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า อีกทั้งขอขอบใจคณะอาจารย์แผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และผู้มีความรู้ที่ช่วยหาคำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนคอยให้กำลังใจข้าพเจ้าในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ด้วยดีเสมอมา

นายอนันท์ คัมภีรานนท์
ผู้เรียบเรียง

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
- ใบบางที่ 1 ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์	1
- ใบบางที่ 2 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	10
- ใบบางที่ 3 เกตทางตรรกพื้นฐาน	17
- ใบบางที่ 4 เกตแบบสากล	26
- ใบบางที่ 5 การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้พีชคณิตแบบบูล	35
- ใบบางที่ 6 การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้แผนที่คาร์โน	43
- ใบบางที่ 7 การเข้ารหัสและการถอดรหัส	55
- ใบบางที่ 8 ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	66
- ใบบางที่ 9 ฟลิปฟลอป	76
- ใบบางที่ 10 วงจรนับ	86
- ใบบางที่ 11 รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	99
- ใบบางที่ 12 วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	111
- ใบบางที่ 13 หน่วยความจำ	122
- ใบบางที่ 14 การเขียนโปรแกรมลงบนไมโครคอมพิวเตอร์แผงวงจรเดียว	130
- ใบบางที่ 15 การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลีอย่างง่าย	136
บรรณานุกรม	137

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 9

1. จุดประสงค์

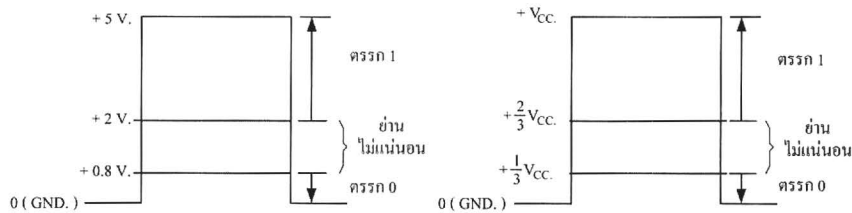
- 1.1 ประกอบวงจรดิจิทัลลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 1.2 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้โวลต์มิเตอร์
- 1.3 วัดค่าสถานะตรรกโดยใช้ลอจิกโพรบ
- 1.4 บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าและสถานะตรรก
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

2. ทฤษฎีย่อ

ในระบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ จะแบ่งอุปกรณ์พื้นฐานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ตระกูลชนิดไอซี ทีทีแอล (TTL) และตระกูลชนิดไอซี ซีมอส (CMOS) ในแต่ละกลุ่มของไอซีนี้อย่างแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย เพื่อจุดประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันเกี่ยวกับด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด ความเร็วในการทำงานสูงสุด ความคงทนต่อสภาพการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งานของระดับแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น โดยทั่ว ๆ ไปคุณสมบัติของไอซีตรรกเหล่านี้แต่ละกลุ่มจะพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานของไอซีดิจิทัลต่อไป

สถานะตรรกที่ใช้กับไอซีดิจิทัลคือสามารถแทนด้วยแรงดันไฟฟ้า 2 ระดับ ซึ่งจะแบ่งตามชนิดของไอซีตรรก 2 ตระกูล คือ ตระกูลชนิดไอซี ทีทีแอล (TTL) จะใช้แรงดันแหล่งจ่ายกำลังไม่เกิน 5 โวลต์ $\pm 5\%$ โดยที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.8 โวลต์ จะเป็นสถานะตรรก 0 และระดับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2 โวลต์ขึ้นไป จะเป็นสถานะตรรก 1 ในส่วนตระกูลชนิดไอซี ซีมอส (CMOS) สามารถจะใช้แรงดันแหล่งจ่ายกำลังได้สูงกว่า คือ ตั้งแต่ +3 โวลต์ ถึง +18 โวลต์ ดังนั้นในการกำหนดค่าสถานะตรรกจึงจำเป็นต้องใช้สัดส่วนเทียบกับแรงดันแหล่งจ่ายกำลัง (V_{CC}) นั่นคือ ที่สถานะตรรก 0 จะมีระดับแรงดันเท่ากับ $\frac{1}{3} \times V_{CC}$ ลงมาถึง 0 โวลต์ และที่สถานะตรรก 1 จะมีระดับแรงดันตั้งแต่ $\frac{2}{3} \times V_{CC}$ ขึ้นไป ดังในรูปที่ 1.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 9



ก. สถานะตรรกของไอซี ทีทีแอล

ข. สถานะตรรกของไอซี ซีเอ็มอส

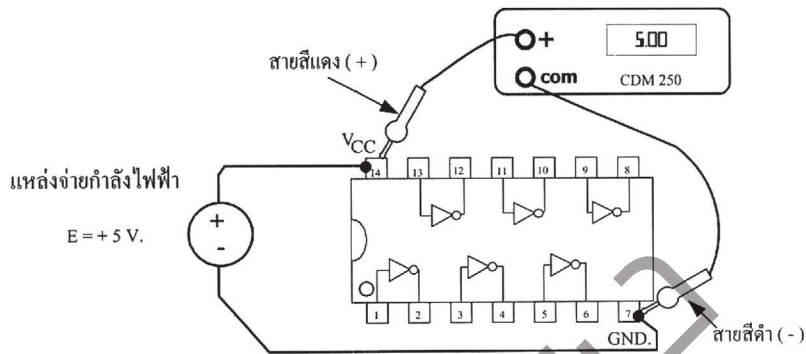
รูปที่ 1.1 แสดงระดับตรรกของไอซีดิจิทัล

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าใช้เพื่อทำการวัดค่าปริมาณของระดับแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่ โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ ซึ่งจะมีวิธีการวัดที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในขณะที่ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าจะมีการต่อโวลต์มิเตอร์ขนานกับวงจร ส่วนในขณะที่ทำการวัดกระแสจะมีการต่อแอมป์มิเตอร์อันดับกับวงจร (นักศึกษาจะต้องมีความระมัดระวังเสมอเกี่ยวกับวิธีวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจร เนื่องจากถ้าหากมีการต่อผิดพลาดอาจจะมีผลทำให้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้) ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า “มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล” (Digital Multimeter) ที่สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ดังแสดงในรูปที่ 1.2 (ก)



ก. ฟังก์ชันการต่อใช้งานมัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล

วิชา เทคนิคดิจิทัล/...../.....	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 9



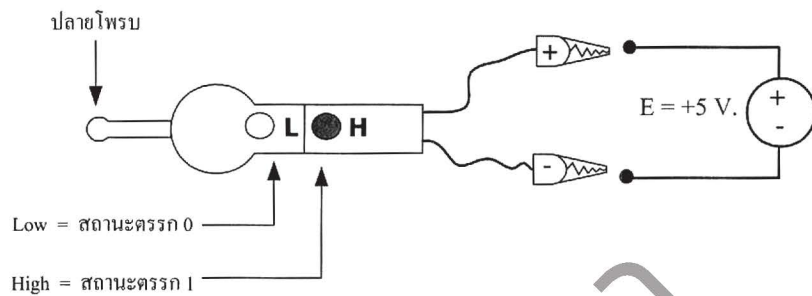
ข. แสดงวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 1.2 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล ยี่ห้อ Tektronix รุ่น CPM 250

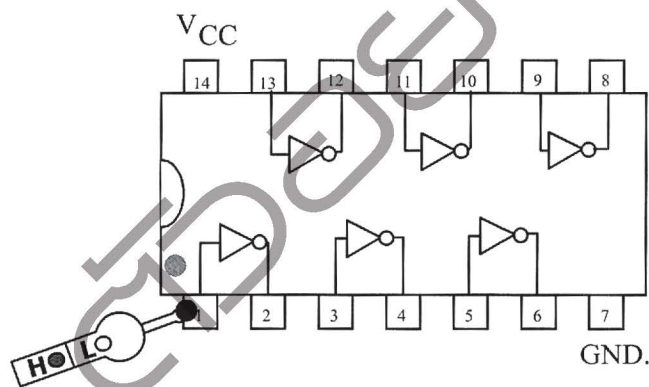
จากในรูปที่ 1.2 (ข) จะแสดงวิธีการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ไอซี ทีทีแอล (TTL) เบอร์ 7404 โดยใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัลรุ่น CDM 250 ซึ่งจะมีการแสดงผลการวัดในรูปแบบตัวเลข 7 ส่วน (Seven - Segment Display) กล่าวคือ ให้นำสายไฟสีแดง (+) ต่อเข้ากับจุดวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีศักย์สูงกว่าที่ขา 14 ของไอซี ซึ่งเป็นขาแรงดันไบแอสจ่ายให้แก่วงจรภายในชิปที่เป็นเกตแบบน็อดทั้ง 6 ตัว และให้นำสายไฟสีดำ (-) ต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำกว่าหรือจุดกราวด์ (Ground) ที่ขา 7 ของไอซี ที่เป็นจุดต่อรวม (Common) ของวงจร ซึ่งจะมีผลการวัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 5 โวลต์ แต่ถ้าหากสายไฟสีดำ (-) ที่ขา 7 นี้ขาดหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของวงจรที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขาดหรือชำรุด เครื่องมือวัดนี้จะแสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าเป็น 0 โวลต์ หรือในบางครั้งจะแสดงตัวเลขที่ไม่คงที่

ลอจิกโพรบ (Logic Probe) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสถานะตรรกะที่เกิดขึ้นภายในวงจรดิจิทัล ในกรณีที่วงจรดิจิทัลทำงานผิดพลาดเมื่อใช้โวลต์มิเตอร์ทำการตรวจสอบจะทำให้เกิดเสียเวลาจากการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏเพื่อทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น ส่วนลอจิกโพรบนี้จะช่วยให้มีความสะดวกในการตรวจสอบสถานะตรรกะของขาไอซี โดยการใช้แอลอีดี (LED) แสดงผลปล่อยแสงหรือติดสว่างแทนสถานะตรรกะ 1 และไม่ปล่อยแสงหรือดับแทนสถานะตรรกะ 0

วิชา เทคนิคดิจิทัล/...../.....	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 9



ก. แสดงการต่อใช้งานลอจิกโพรบ



ข. วิธีการวัดสถานะตรรกที่ขา 1 ของไอซี ทีทีแอล (TTL) เบอร์ 7404

รูปที่ 1.3 แสดงลอจิกโพรบเบื้องต้น

การใช้งานของลอจิกโพรบ ในขณะที่ทำการวัดค่าสถานะตรรก ดังแสดงในรูปที่ 1.3 (ข) เมื่อพิจารณาวิธีการวัดจะมีลักษณะเช่นเดียวกับวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้า คือ ให้อ่างปลายโพรบที่ใช้วัดแตะสัมผัสเข้ากับขาไอซีที่ต้องการและผลลัพธ์ที่เกิดจากสถานะตรรกจะแสดงผลโดยใช้ตัวแอลอีดีซึ่งจะมีสถานะตรรกที่ลอจิกโพรบได้หลายกรณี ดังแสดงในตารางที่ 1.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 9
...../...../.....		

ตารางที่ 1.1 แสดงสถานะตรรกจากการใช้ลอจิกโพรบที่จุดวัด

สถานะตรรกที่ลอจิกโพรบ		ความหมายจุดที่วัด
L	H	
		ไม่ใช่สถานะตรรก 0 และตรรก 1
		สถานะตรรก 0
		สถานะตรรก 1
		ไม่ใช่สถานะตรรก 0 และตรรก 1
		พัลส์ที่สถานะตรรก 0
		พัลส์ที่สถานะตรรก 1
		แหล่งจ่ายแรงดันมีปัญหาหรือ...
----	----	กรณีอื่น ๆ

หมายเหตุ

 ไม่สว่าง

 สว่าง

 กระพริบ

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซี ทิทแอลเบอ์ 7404 และ 7400 อย่างละ 1 ตัว	2	ตัว
3.3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.4 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.5 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์/1 แอมป์	1	เครื่อง
3.6 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.7 สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้โวลต์มิเตอร์
- 4.2 ทดสอบการวัดค่าสถานะตรรกโดยใช้ลอจิกโพรบ

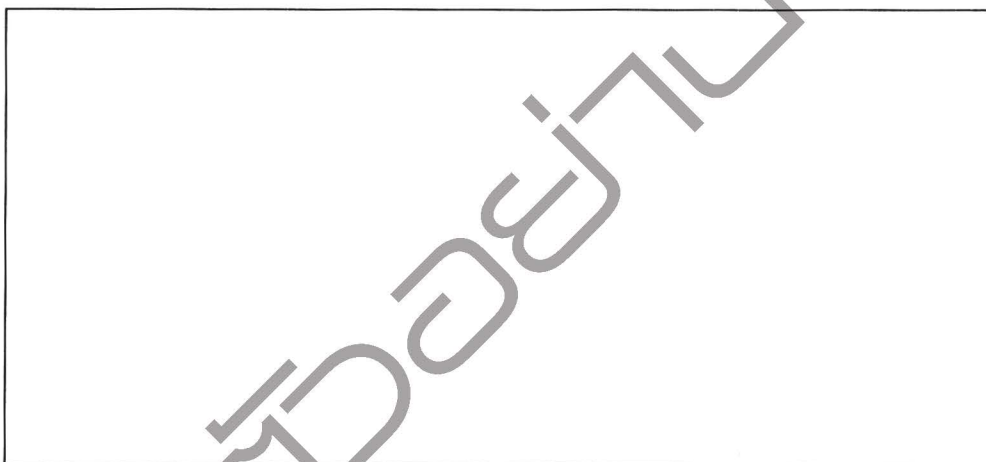
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 9

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 ทดสอบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้โวลต์มิเตอร์

5.1.1 เสียบไอซีเบอร์ 7404 เกตแบบน็อกดาวน์บนแผงวงจรชั่วคราว (Breadboard)

5.1.2 เขียนแผนภาพของวงจรไอซีเบอร์ 7404 บนแผงวงจรชั่วคราว อย่างคร่าว ๆ โดยที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกเข้าที่ขา 14 และแรงดันไฟฟ้าขั้วลบเข้าที่ขา 7 ลงในกรอบรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แสดงการต่อวงจรไอซีเบอร์ 7404

5.1.3 ประกอบวงจรไอซี ทีทีแอล (TTL) เบอร์ 7404 ตามแผนภาพของวงจรที่ได้เขียนไว้ในรูปที่ 1.4

5.1.4 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัลรุ่น CDM 250 ตั้งฟังก์ชันการวัดโวลต์มิเตอร์และกำหนดปุ่มเลือกวัดกระแสตรง (D.C.)

5.1.5 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบน็อกดาวน์ตามในรูปที่ 1.4

5.1.6 ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขา 14 กับขา 7 ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1.2

5.1.7 บันทึกผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าลงในตารางที่ 1.2

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 9

ตารางที่ 1.2 บันทึกผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของไอซีเบอร์ 7404

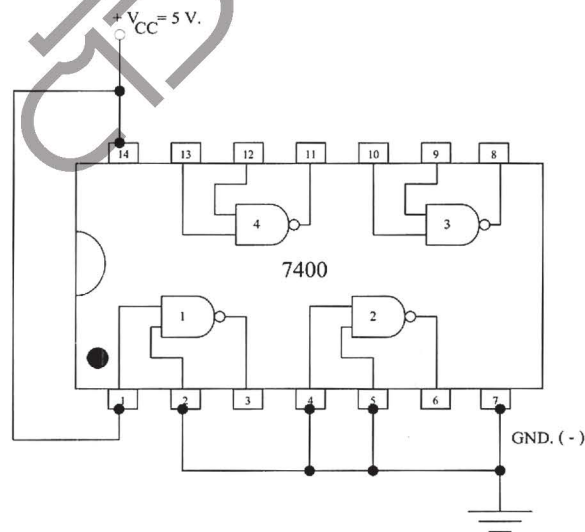
จุดที่วัด		ผลการวัดแรงดันไฟฟ้า
สายแดง (+)	สายดำ (-)	
ขา 14	ขา 7	 โวลต์
ขา 7	ขา 14	 โวลต์

- * ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการตั้งพีสียการวัดโวลต์มิเตอร์ให้ถูกต้องอีกครั้ง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

5.2 ทดสอบการวัดค่าสถานะตรรกโดยใช้ลอจิกโพรบ

5.2.1 เสียบไอซี เบอร์ 7400 เกตแบบแนนด์ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.2.2 ประกอบวงจรเกตแบบแนนด์ ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงการต่อวงจรเกตแบบแนนด์

- * ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 9

5.2.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจร
เกตแบบแนนด์ตามในรูปที่ 1.5

5.2.4 ใช้ลอจิกโพรบวัดค่าสถานะตรรกที่ขาไอซีเบอร์ 7400 ตามที่กำหนดไว้ใน
ตารางที่ 1.3

5.2.5 บันทึกผลการวัดค่าสถานะตรรกโดยใช้ลอจิกโพรบ ลงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 บันทึกผลการวัดระดับตรรกของไอซีเบอร์ 7400

จุดที่วัด	แอลอีดีแสดงผล		ความหมายจุดที่วัด
	ติด	ดับ	
ขา 1			
ขา 2			
ขา 3			
ขา 4			
ขา 5			
ขา 6			
ขา 7			
ขา 8			
ขา 9			
ขา 10			

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 1 เรื่อง ปริมาณไฟฟ้าในระบบดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 9 / 9

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 แรงดันไฟฟ้าในวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์มีค่าคงที่หรือไม่เพราะอะไร

.....

.....

.....

7.2 แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ขา 14 และขา 7 ของไอซีทีทีแอล มีค่าคงที่หรือไม่ เพราะอะไร

.....

.....

.....

7.3 ไอซีเบอร์ 7404 มีการทำงานอย่างไร และไอซีเบอร์ 74LS04 , 74HC04 และ 741HCT04 มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

7.4 จงเขียนความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับสถานะตรรกในแบบแท่งกราฟมาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

7.5 จงเขียนโครงสร้างวงจรลอจิกโพรบอย่างง่ายและอธิบายการทำงานมาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 2 เรื่อง วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 7
...../...../.....		

จากในรูปที่ 2.1 เมื่อพิจารณาการคำนวณหาค่าความถี่ (Frequency) ซึ่งเป็นวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซีวงจรตั้งเวลา เบอร์ LM 555 ขณะที่ตัวเก็บประจุ (C_1) ทำการประจุผ่านความต้านทาน R_A และ R_B โดยจะพิจารณาช่วงเวลาเก็บประจุได้จากสมการ คือ

$$t_1 = 0.693 \times (R_A + R_B) \times C_1 \quad \text{..... สมการที่ 2.1}$$

เมื่อ t_1 = ช่วงเวลาที่รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตแสดงผลเป็นสถานะตรรก 1

ขณะที่ตัวเก็บประจุ (C_1) เก็บประจุได้เต็มที่แล้วก็จะทำการคายประจุผ่านตัวต้านทาน R_B ผ่านไอซีวงจรตั้งเวลาเบอร์ LM 555 ลงกราวด์ (GND.) ที่ขา 1 ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเวลาในช่วงเวลา คายประจุได้จากสมการคือ

$$t_2 = 0.693 \times R_B \times C_1 \quad \text{..... สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ t_2 = ช่วงเวลาที่รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตแสดงผลเป็นสถานะตรรก 0

ผลรวมของคาบเวลา (T) ทั้งหมด ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งจะพิจารณาได้จากสมการ คือ

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 \times (R_A + 2R_B) \times C_1 \quad \text{..... สมการที่ 2.3}$$

และความถี่ (f) ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ คือ

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) \times C_1} \quad \text{..... สมการที่ 2.4}$$

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 2 เรื่อง วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 7
...../...../.....		

เมื่อพิจารณารูปคลื่นสัญญาณทางเอาต์พุต ในรูปที่ 2.1 จะสามารถหาค่าวัฏจักรหน้าที่ (Duty Cycle) ได้จากอัตราส่วนของช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีสถานะตรรก 1 กับช่วงคาบเวลา (T) ทั้งหมด ซึ่งจะแสดงสมการได้ คือ

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \quad \text{..... สมการที่ 2.4}$$

เมื่อ D = วัฏจักรหน้าที่

t_1 = ช่วงเวลาที่รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเป็นสถานะตรรก 1

T = ผลรวมของคาบเวลาทั้งหมด

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีวงจรตั้งเวลา เบอร์ LM 555	1	ตัว
3.3 ความต้านทานค่า 270 โอห์ม , 1 กิโลโอห์ม และ 470 กิโลโอห์ม อย่างละ 1 ตัว	3	ตัว
3.4 ตัวเก็บประจุค่า $1 \mu F/12V$ และ $0.01 \mu F/50V$ อย่างละ 1 ตัว	2	ตัว
3.5 แอลอีดี	1	ตัว
3.6 ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
3.7 มัลติมิเตอร์ แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.8 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์/1 แอมป์	1	เครื่อง
3.9 คู่มือการใช้งานไอซีวงจรตั้งเวลาเบอร์ LM 555	1	เล่ม
3.10 สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

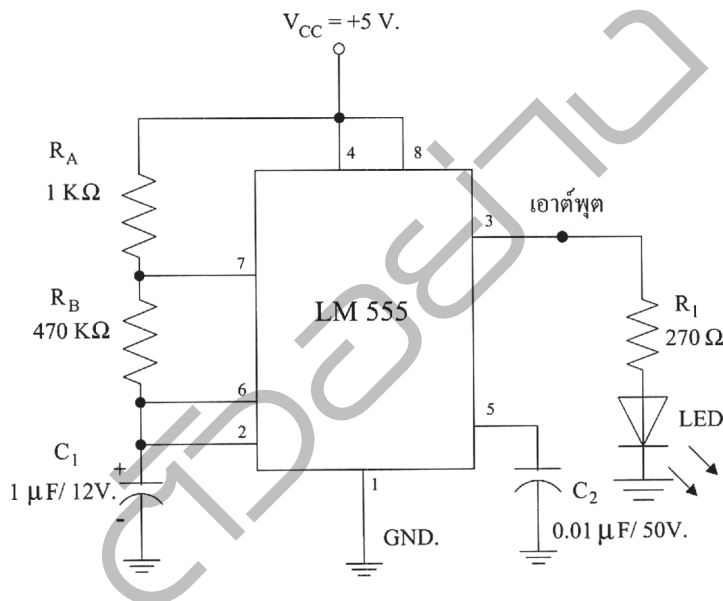
- 4.1 ทดสอบการทำงานของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์
- 4.2 หาค่าพารามิเตอร์ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 2 เรื่อง วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 7

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

5.1 ทดสอบการทำงานของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

- 5.1.1 ประกอบวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ โดยใช้ไอซีวงจรตั้งเวลาเบอร์ LM 555 ดังในรูปที่ 2.2 ลงแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งาน ไอซีวงจรตั้งเวลาเบอร์ LM 555 เพิ่มเติม)



รูปที่ 2.2 การทดลองที่ 5.1

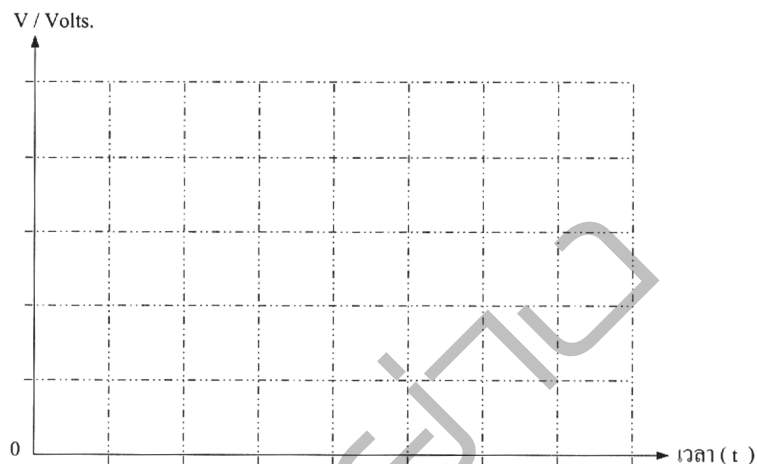
- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

5.1.3 ใช้ออสซิลโลสโคป วัดรูปคลื่นสัญญาณทางเอาต์พุตที่ขา 3 และกราวด์ (GND.) ที่ขา 1 ของไอซีวงจรตั้งเวลาเบอร์ LM 555

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 2 เรื่อง วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 7
...../...../.....		

5.1.4 บันทึกผลรูปคลื่นสัญญาณทางเอาต์พุตที่วัดได้จากออสซิลโลสโคปลงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บันทึกผลการทดลองที่ 5.1

5.1.5 อ่านค่าพารามิเตอร์จากรูปคลื่นสัญญาณทางเอาต์พุตที่วัดได้ ลงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บันทึกผลค่าพารามิเตอร์จากรูปคลื่นสัญญาณทางเอาต์พุต

สถานะตรรก 1	สถานะตรรก 0	ช่วงเวลา สถานะตรรก (t_1)	ช่วงเวลา สถานะตรรก (t_2)	ช่วงคาบเวลา ทั้งหมด (T)
.....V.	V.	mS.	mS.	mS.

5.2 หาค่าพารามิเตอร์ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

5.2.1 คำนวณหาค่าความถี่ (f) ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ โดยใช้ข้อมูลจากข้อที่ 5.1.5 เปรียบเทียบกับวงจรในรูปที่ 2.2

$$f = \frac{1}{T} = \dots\dots\dots \text{เฮิรตซ์}$$

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) \times C_1} = \dots\dots\dots \text{เฮิรตซ์}$$

∴ ค่าความถี่ (f) มีค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 2	รหัสวิชา
...../...../.....	เรื่อง วงจรอะอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 7

7.2 วงจรอะอสเตเบิล มีดีไวเบรเตอร์ มีความถี่ 50 KHz , $R_A = R_B = 33 \text{ K}\Omega$ และ $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$ จงหาค่าวัฏจักรหน้าที่ มีค่าเป็นเท่าไร

7.3 จากข้อ 7.2 จงเขียนแสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตของวงจรอะอสเตบิล มัลติไวเบรเตอร์ มาให้ถูกต้อง

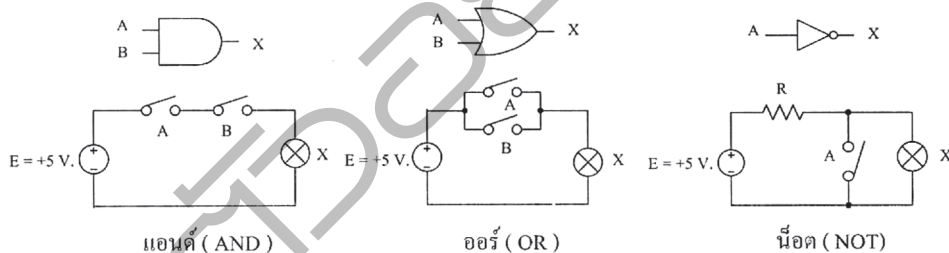
วิชา เทคนิคลิขิตอด	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 9

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรเกตทางตรรกพื้นฐาน
- 1.2 ตรวจสอบการทำงานของวงจรเกตทางตรรกพื้นฐาน
- 1.3 วัดสถานะตรรกของวงจรเกตทางตรรกพื้นฐาน
- 1.4 บันทึกค่าสถานะตรรกทางเอาต์พุตลงในตารางความจริง
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานของเกตทางตรรกพื้นฐาน

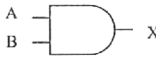
2. ทฤษฎีย่อ

เกตทางตรรกพื้นฐานในวงจรดิจิตอลจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ เกตแบบแอนด์ (AND Gate) เกตแบบออร์ (OR Gate) และเกตแบบน็อต (NOT Gate) ซึ่งจะมีสัญลักษณ์และแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าเพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์และคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเกตทางตรรกทั้ง 3 ชนิด พื้นฐาน

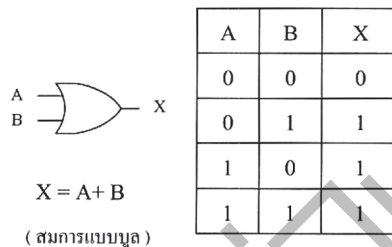
- เกตแบบแอนด์ (AND Gate) เป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่ 2 ขาขึ้นไปและทางเอาต์พุตจะมีเพียงขาเดียว โดยที่ทางเอาต์พุตของเกตประเภทนี้จะมามีค่าเป็นสถานะตรรก 1 ก็ต่อเมื่อทุกอินพุตมีสถานะตรรกเป็น 1 ทั้งหมด ซึ่งจะมีสัญลักษณ์และตารางความจริง แสดงไว้ในรูปที่ 3.2

	A	B	X
	0	0	0
	0	1	0
	1	0	0
$X = A \cdot B$ (สมการแบบบูล)	1	1	1

รูปที่ 3.2 สัญลักษณ์และตารางความจริงของเกตแบบแอนด์

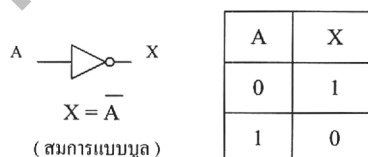
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 9

- เกตแบบออร์ (OR Gate) เป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่ 2 ขาขึ้นไปและทางเอาต์พุตจะมีเพียง 1 ขาเช่นเดียวกับเกตแบบแอนด์ แต่ทางเอาต์พุตของเกตประเภทนี้จะมามีค่าเป็นสถานะตรรก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งมีค่าเป็นสถานะตรรก 1 ซึ่งจะมีสัญลักษณ์และตารางความจริงแสดงไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สัญลักษณ์และตารางความจริงของเกตแบบออร์

- เกตแบบน็อต (Not Gate) ในบางครั้งอาจเรียกว่า “อินเวอร์เตอร์” (Inverter) เป็นเกตที่มีอินพุต 1 ขาและทางเอาต์พุต 1 ขา โดยที่สถานะตรรกทางเอาต์พุตของเกตแบบน็อตจะผกผันกับสถานะตรรกทางอินพุตเสมอ ซึ่งจะมีสัญลักษณ์และตารางความจริงแสดงไว้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 สัญลักษณ์และตารางความจริงของเกตแบบน็อต

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีทีทีแอล เบอร์ 7408 , 7432 และ 7404 อย่างละ 1 ตัว	3	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	1	ตัว
3.4 แอลอีดี	1	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 9

- | | | | |
|------|---|---|---------|
| 3.6 | ลอจิกโพรบ | 1 | ตัว |
| 3.7 | แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์ 1 เครื่อง | 1 | เครื่อง |
| 3.8 | คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล | 1 | เล่ม |
| 3.9 | ชุดทดลองดิจิทัล | 1 | เครื่อง |
| 3.10 | สายต่อวงจร | | |

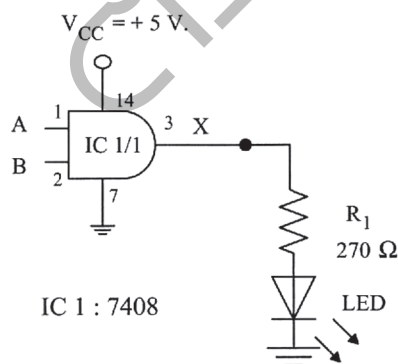
4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการทำงานของเกตแบบแอนด์
- 4.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบออร์
- 4.3 ทดสอบการทำงานของเกตแบบน็อต

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 ทดสอบการทำงานของเกตแบบแอนด์

- 5.1.1 ประกอบวงจรเกตแบบแอนด์ 2 อินพุต ในรูปที่ 3.5 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบแอนด์



อินพุต		เอาต์พุต
A	B	(X)
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ก. วงจรเกตแบบแอนด์ 2 อินพุต

ข. ตารางความจริง

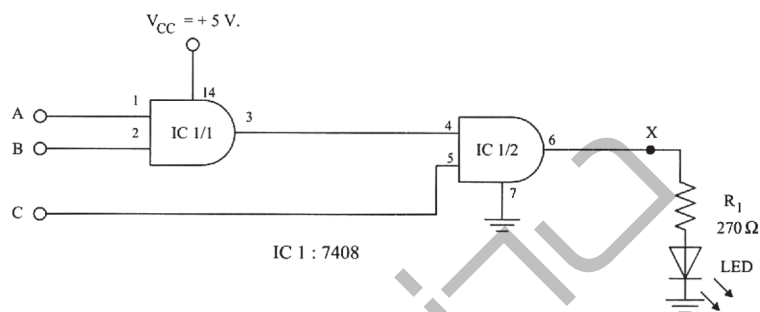
รูปที่ 3.5 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1.1

- * ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการตั้งพิกัดการวัดโวลต์มิเตอร์ให้ถูกต้องอีกครั้ง
 2. ระมัดระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 9
...../...../.....		

5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล

5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริงในรูปที่ 3.5 (ข)



ก. วงจรเกตแบบแอนด์ 3 อินพุต

อินพุต			เอาต์พุต (X)
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 3.6 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1.5

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับวงจรที่ใช้ในการทดลอง ข้อ 5.1)

5.1.5 ประกอบวงจรเกตแบบแอนด์ 3 อินพุต ในรูปที่ 3.6 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.1.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3

5.1.7 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตลงในตารางความจริงในรูปที่ 3.6 (ข)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 9

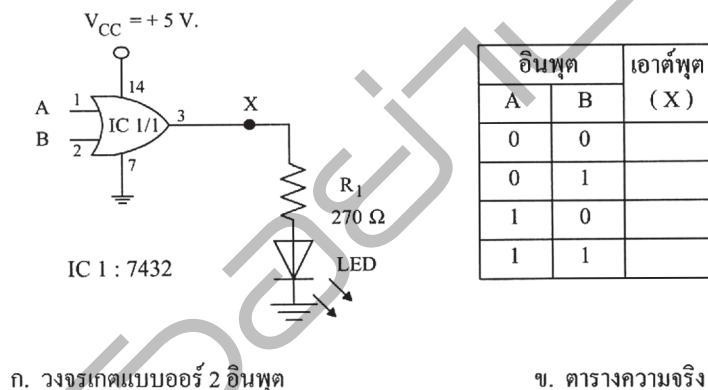
5.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบออร์

5.2.1 ประกอบวงจรเกตแบบออร์ 2 อินพุต ในรูปที่ 3.7 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบออร์

5.2.3 ใช้สวิตช์ตรรก์ป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล

5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรก์ที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริงในรูปที่ 3.7 (ข)



ข. ตารางความจริง

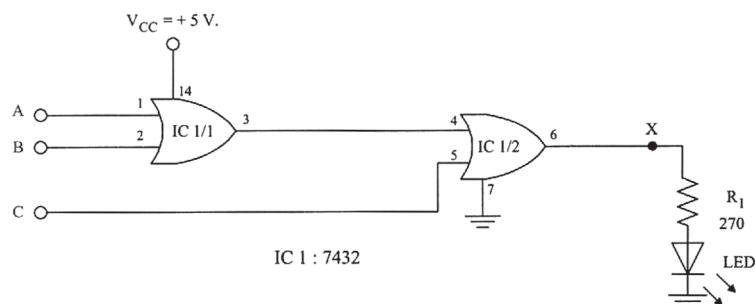
รูปที่ 3.7 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.2.1

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

5.2.5 ประกอบวงจรเกตแบบออร์ 3 อินพุต ในรูปที่ 3.8 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.2.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.2.2 ถึงข้อ 5.2.3

5.2.7 บันทึกผลค่าสถานะตรรก์ที่ปรากฏทางเอาต์พุตลงในตารางความจริงในรูปที่ 3.8 (ข)



ก. วงจรเกตแบบออร์ 3 อินพุต

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 6 / 9
...../...../.....		

อินพุต			เอาต์พุต (X)
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 3.8 วงจรที่ใช้ในการทดลอง ข้อ 5.2.5

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

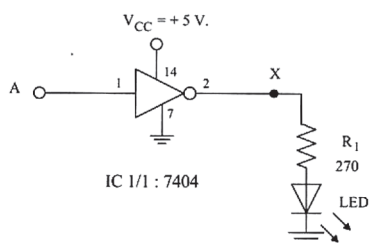
5.3 ทดสอบการทำงานของเกตแบบนี้อย

5.3.1 ประกอบวงจรเกตแบบนี้อย ในรูปที่ 3.9 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.3.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบนี้อย

5.3.3 ใช้สวิตช์ตรรก์ป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางค่านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล

5.3.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรก์ที่ปรากฏทางเอาต์พุตลงในตารางความจริงในรูปที่ 3.9 (ข)



อินพุต (A)	เอาต์พุต (X)
0	
1	

ก. วงจรเกตแบบนี้อย 1 ตัว

ข. ตารางความจริง

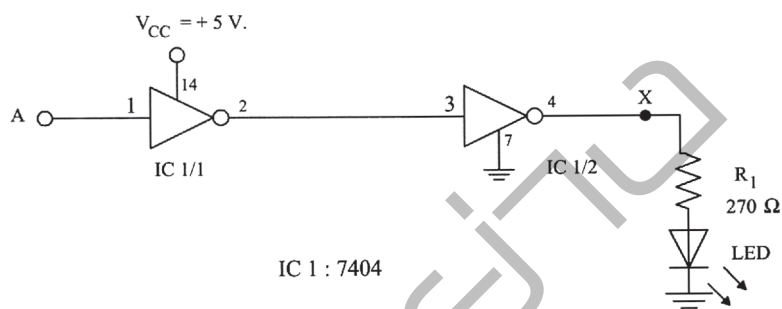
รูปที่ 3.9 วงจรที่ใช้ทดลองข้อ 5.3.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 9
...../...../.....		

5.3.5 ประกอบวงจรเกตแบบน็อด ในรูปที่ 3.10 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.3.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.3.2 ถึงข้อ 5.3.3

5.3.7 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง
ในรูปที่ 3.10 (ข)



ก. วงจรเกตแบบน็อด 2 ตัว

อินพุต (A)	เอาต์พุต (X)
0	
1	

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 3.10 วงจรที่ใช้ทดลองข้อ 5.3.5

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองข้อ 5.1)

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 9

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 เมื่อต้องการขยายเกตแบบแอนด์ 2 อินพุตให้เป็น 4 อินพุต จะมีวิธีการอย่างไร
(ให้เขียนแผนภาพวงจร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จากเกตแบบออร์ 4 อินพุต ถ้าต้องการยุบให้เป็น 2 อินพุต จะมีวิธีการอย่างไร
(ให้เขียนแผนภาพวงจร)

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงอธิบายเกตแบบแอนด์ และเกตแบบออร์ มีความแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

7.4 จงอธิบายคุณสมบัติของเกตแบบน็อด มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 3 เรื่อง เกตทางตรรกพื้นฐาน	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 9 / 9
...../...../.....		

7.5 ถ้าหากนำเกตแบบนี้อัดต่ออันดับกัน 3 ตัว จะปรากฏผลอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ครบถ้วน

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 1 / 9

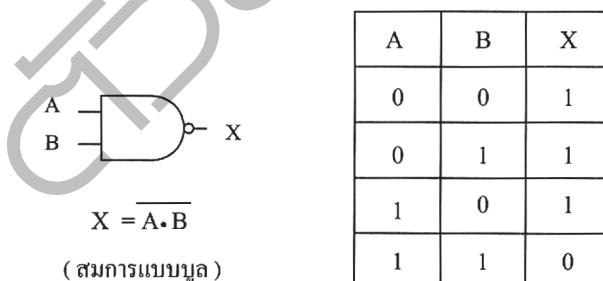
1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรเกตแบบสากล
- 1.2 ตรวจสอบสถานะตรรกของวงจรเกตแบบสากล
- 1.3 บันทึกผลค่าสถานะตรรกทางเอาต์พุตลงในตารางความจริง
- 1.4 คัดแปลงเกตแบบสากลแทนเกตทางตรรกพื้นฐาน
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานเกตแบบสากล

2. ทฤษฎีย่อ

เกตแบบสากล (Universal Gate) เป็นเกตที่สามารถนำไปใช้แทนเกตชนิดอื่น ๆ ได้ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เกตแบบแนนด์และเกตแบบนอร์

2.1 เกตแบบแนนด์ (NAND Gate) เป็นอุปกรณ์ดิจิทัลที่จะให้เอาต์พุตเป็นสถานะตรรก 1 ขณะเมื่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งเป็นสถานะตรรก 0 และถ้าเอาต์พุตเป็นสถานะตรรก 0 ขณะเมื่ออินพุตทั้งหมดเป็นสถานะตรรก 1 ซึ่งจะมีการทำงานตรงข้ามกับเกตแบบแอนด์ สัญลักษณ์และตารางความจริงดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์และตารางความจริงของเกตแบบแนนด์

เกตแบบแนนด์จะสามารถนำมาใช้ดัดแปลงเป็นเกตทางตรรกพื้นฐานชนิดอื่น ๆ ได้ดังนี้

- 1) การแปลงเป็นเกตแบบนอร์โดยการลัดวงจรอินพุตของเกตแบบแนนด์ ในรูปที่ 4.2

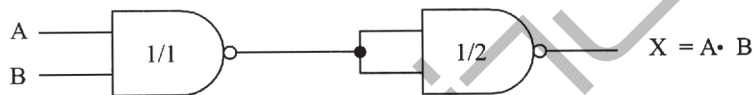


รูปที่ 4.2 แสดงการต่อเกตแบบแนนด์ให้เป็นเกตแบบนอร์

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 2 / 9
...../...../.....		

- 2) การแปลงเป็นเกตแบบแอนด์โดยใช้เกตแบบแนนด์ 2 ตัว ซึ่งตัวแรกจะเป็นเกตแบบแนนด์ปกติ ส่วนตัวที่สองจะต่อเป็นเกตแบบน็อกค ดังในรูปที่ 4.3 และเมื่อพิจารณาจากสมการแบบบูลจะได้ คือ

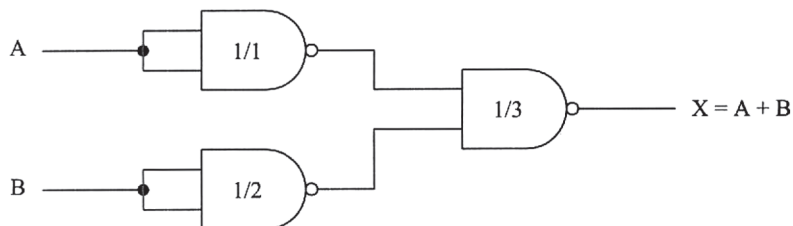
$$X = \overline{\overline{A \cdot B}} = A \cdot B \quad \text{..... สมการที่ 4.1}$$



รูปที่ 4.3 แสดงการต่อเกตแบบแนนด์ให้เป็นเกตแบบแอนด์

- 3) การแปลงเป็นเกตแบบออร์โดยใช้เกตแบบแนนด์ 3 ตัว โดยที่เกตแบบแนนด์ 2 ตัวแรกต่อเป็นเกตแบบน็อกค ส่วนตัวที่สามจะต่อเป็นเกตแบบแนนด์ปกติ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และเมื่อพิจารณาจากสมการแบบบูลจะได้ คือ

$$X = \overline{\overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}} = A + B \quad \text{..... สมการที่ 4.2}$$



รูปที่ 4.4 แสดงการต่อเกตแบบแนนด์ให้เป็นเกตแบบออร์

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 3 / 9

2.2 เกตแบบนอร์ (NOR Gate) เป็นอุปกรณ์ดิจิทัลที่จะให้เอาต์พุตเป็นสถานะตรรก 1 ขณะเมื่ออินพุตทั้งหมดของเกตเป็นสถานะตรรก 0 และถ้าเอาต์พุตเป็นสถานะตรรก 0 ขณะเมื่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งของเกตเป็นสถานะตรรก 1 หรือทั้งหมด ซึ่งจะมีการทำงานตรงข้ามกับเกตแบบออร์ สัญลักษณ์และตารางความจริงดังแสดงในรูปที่ 4.5



$X = \overline{A+B}$
(สมการแบบบูล)

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

รูปที่ 4.5 สัญลักษณ์และตารางความจริงของเกตแบบนอร์

เกตแบบนอร์จะสามารถนำมาใช้ดัดแปลงเป็นเกตทางตรรกพื้นฐานชนิดอื่น ๆ ได้ดังนี้

- 1) การแปลงเป็นเกตแบบน็อกโดยการลัดวงจรอินพุตของเกตแบบนอร์ ในรูปที่ 4.6



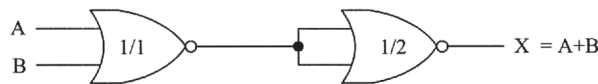
รูปที่ 4.6 แสดงการต่อเกตแบบนอร์ให้เป็นเกตแบบน็อก

- 2) การแปลงเป็นเกตแบบออร์โดยใช้เกตแบบนอร์ 2 ตัว ซึ่งตัวแรกจะเป็นเกตแบบนอร์ปกติ ส่วนตัวที่สองจะต่อเป็นเกตแบบน็อก ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และเมื่อพิจารณาจากสมการแบบบูลจะได้ คือ

$$X = \overline{\overline{A+B}} = A+B$$

..... สมการที่ 4.3

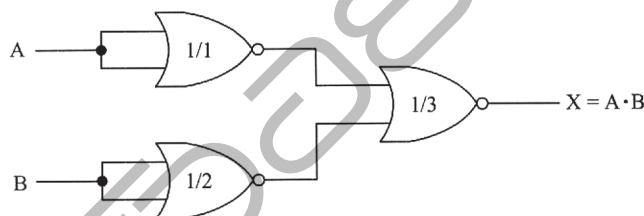
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 4 / 9



รูปที่ 4.7 แสดงการต่อเกตแบบนอร์ให้เป็นเกตแบบออร์

- 3) การแปลงเป็นเกตแบบแอนด์โดยใช้เกตแบบนอร์ 3 ตัว โดยที่เกตแบบนอร์ 2 ตัวแรกต่อเป็นเกตแบบนอร์ ส่วนตัวที่ 3 จะต่อเป็นเกตแบบนอร์ปกติ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และเมื่อพิจารณาจากสมการแบบบูลจะได้ คือ

$$X = \overline{\overline{A+B}} = A \cdot B \quad \text{..... สมการที่ 4.4}$$



รูปที่ 4.8 แสดงการต่อเกตแบบนอร์ให้เป็นเกตแบบแอนด์

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีทีทีแอลเบอร์ 7400 และ 7402 อย่างละ 1 ตัว	2	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	1	ตัว
3.4 แอลอีดี	1	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์	1	เครื่อง
3.8 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.9 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.10 สายต่อวงจร		

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 5 / 9

4. หัวข้อการทดลอง

4.1 ทดสอบการทำงานของเกตแบบแนนด์

4.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบนอร์

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

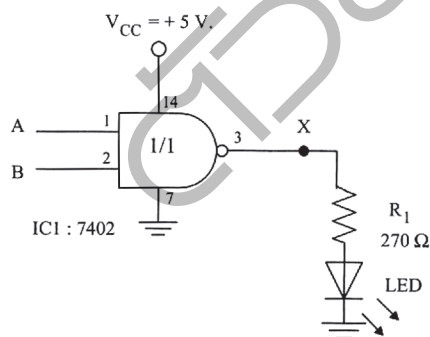
5.1 ทดสอบการทำงานของเกตแบบแนนด์

5.1.1 ประกอบวงจรเกตแบบแนนด์ ในรูปที่ 4.9 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบแนนด์

5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรกะป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล

5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 4.9 (ข)



ก. วงจรเกตแบบแนนด์

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 4.9 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1

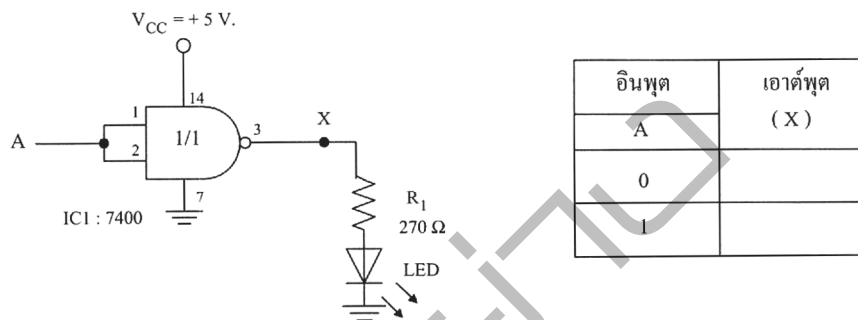
*ข้อควรระวัง

1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง

2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟไขว้บวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 6 / 9

- 5.1.5 ประกอบวงจรเกตแบบแนนด์ ในรูปที่ 4.10 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 5.1.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3
- 5.1.7 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง
- ในรูปที่ 4.10 (ข)



วงจรเกตทางตรรกะ คือ

ก. วงจรเกตทางตรรกะ

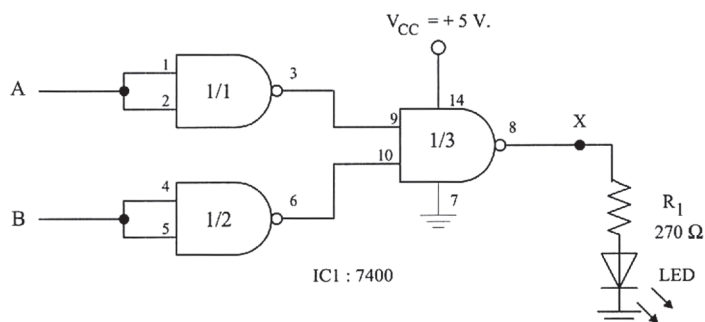
ข. ตารางความจริง

รูปที่ 4.10 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1.5

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับวงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1)

- 5.1.8 ประกอบวงจรเกตแบบแนนด์ ในรูปที่ 4.11 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 5.1.9 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3
- 5.1.10 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง
- ในรูปที่ 4.11 (ข)



ก. วงจรเกตทางตรรกะ

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 7 / 9

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

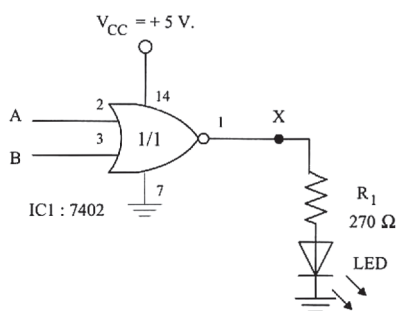
วงจรเกตทางตรรก คือ.....

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 4.11 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1.8

5.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบนอร์

- 5.2.1 ประกอบวงจรเกตแบบนอร์ ในรูปที่ 4.12 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบนอร์
- 5.2.3 ใช้สวิตช์ตรรก์ป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
- 5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรก์ที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 4.12 (ข)



ก. วงจรเกตแบบนอร์

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ข. ตารางความจริง

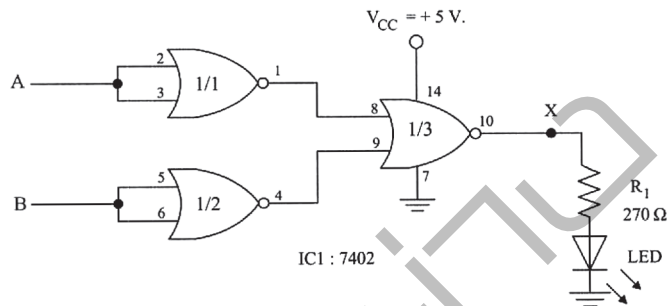
รูปที่ 4.12 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.2.1

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 8 / 9

- 5.2.5 ประกอบวงจรเกตแบบนอร์ ในรูปที่ 4.13 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
- 5.2.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.2.2 ถึง ข้อ 5.2.3
- 5.2.7 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง
ในรูปที่ 4.13 (ข)



ก. วงจรเกตทางตรรก

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

วงจรเกตทางตรรก คือ.....

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 4.13 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.2.5

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 4 เรื่อง เกตแบบสากล	รหัสวิชา
		เวลา .....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 9 / 9

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 เกตแบบสากล คืออะไร

.....

.....

.....

7.2 เกตแบบแนนด์กับเกตแบบแอนด์มีความแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

7.3 เกตแบบนอร์กับเกตแบบออร์มีความแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

7.4 จงแสดงการสร้างเกตแบบนอร์จากเกตแบบแนนด์จะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

7.5 จงแสดงการสร้างเกตแบบแนนด์จากเกตแบบนอร์ จะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 8

1. จุดประสงค์

- 1.1 ใช้ทฤษฎีแบบบูลแก้ไขปัญหาวงจรตรรก
- 1.2 สร้างวงจรรรจากสมการพีชคณิตแบบบูล
- 1.3 พิสูจน์พีชคณิตแบบบูลจากการทดลองวงจรรรเชิงจัดหมู่
- 1.4 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้พีชคณิตแบบบูลออกแบบวงจรรรเชิงจัดหมู่

2. ทฤษฎีย่อ

พีชคณิตแบบบูล (Boolean Algebra) จะมีหลักการดำเนินการเชิงตรรก พื้นฐาน 3 แบบ คือ

1. การคูณทางตรรก (Logical Multication) หรือ ที่เรียกว่า “การดำเนินการแอนด์”
(AND Operation) โดยใช้สัญลักษณ์แทนคือ เครื่องหมายคูณแบบจุด ($\cdot$)
2. การบวกทางตรรก (Logical Addition) หรือ ที่เรียกว่า “การดำเนินการออร์”
(OR Operation) โดยใช้สัญลักษณ์แทนคือ เครื่องหมายบวก ($+$)
3. การคอมพลีเมนต์ทางตรรกหรือการผกผัน (Logical Complementation) หรือที่เรียกว่า
“การดำเนินการน็อต” (NOT Operation) โดยใช้สัญลักษณ์แทนคือ ขีดบน ($\bar{}$)

ทฤษฎีแบบบูลเป็นพีชคณิตวงจรวจรสวิตช์ที่ใช้สมการตรรกเพื่ออธิบายการทำงานและคำนวณ
ออกแบบวงจรรรดิจิทัลเล็กทรอนิกส์ในการลดรูปฟังก์ชันตรรกให้ง่าย ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม
คือ กลุ่มแรกประกอบด้วยทฤษฎีที่ 1 ถึง 8 และกลุ่มที่สองประกอบด้วยทฤษฎีที่ 9 ถึง 15

- กลุ่มแรกประกอบด้วยทฤษฎีที่ 1 ถึง 8 จะเป็นกฎพื้นฐานสำหรับตัวแปรตัวเดียวของ
พีชคณิตแบบบูล เมื่อ X ในแต่ละทฤษฎี คือ ตัวแปรทางตรรก ซึ่งมีค่าเป็นได้ทั้งตรรก 0 และตรรก 1

ทฤษฎีที่ 1	$X \cdot 0 = 0$	ทฤษฎีที่ 5	$X + 0 = X$
ทฤษฎีที่ 2	$X \cdot 1 = X$	ทฤษฎีที่ 6	$X + 1 = 1$
ทฤษฎีที่ 3	$X \cdot X = X$	ทฤษฎีที่ 7	$X + X = X$
ทฤษฎีที่ 4	$X \cdot \bar{X} = 0$	ทฤษฎีที่ 8	$X + \bar{X} = 1$

- กลุ่มที่สองประกอบด้วยทฤษฎีที่ 9 ถึง 15 จะเป็นทฤษฎีบทที่มีความซับซ้อนมากกว่า
กฎพื้นฐานของทฤษฎีที่ 1 ถึง 8 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มของกฎต่าง ๆ ดังนี้

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 8

- กฎการสลับที่ (Commutative Laws)

$$\text{ทฤษฎีที่ 9} \quad X + Y = Y + X$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 10} \quad X \cdot Y = Y \cdot X$$

- กฎการจัดหมู่ (Associative Laws)

$$\text{ทฤษฎีที่ 11} \quad X + (Y + Z) = (X + Y) + Z = X + Y + Z$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 12} \quad X \cdot (Y \cdot Z) = (X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot Y \cdot Z$$

- กฎการกระจาย (Distributive Laws)

$$\text{ทฤษฎีที่ 13 (a)} \quad X \cdot (Y + Z) = X \cdot Y + X \cdot Z$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 13 (b)} \quad (W + X) \cdot (Y + Z) = W \cdot Y + X \cdot Y + W \cdot Z + X \cdot Z$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 14 (ทฤษฎีบทการดูดกลืน)}$$

$$X + X \cdot Y = X \quad \text{หรือ} \quad X \cdot (X + Y) = X$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 15 (ทฤษฎีบทการลดทอน)}$$

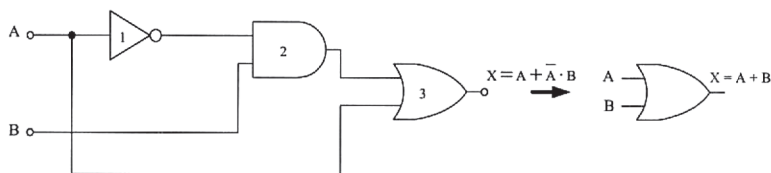
$$X + \bar{X} \cdot Y = X + Y \quad \text{หรือ} \quad X \cdot (\bar{X} + Y) = X \cdot Y$$

นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีอีก 2 ทฤษฎีที่มีความสำคัญมากในพีชคณิตแบบบูล คือ ทฤษฎีของดีมอร์แกน (De Morgan's Theorems) คือ

$$\text{ทฤษฎีที่ 16} \quad \overline{(X + Y)} = \bar{X} \cdot \bar{Y}$$

$$\text{ทฤษฎีที่ 17} \quad \overline{(X \cdot Y)} = \bar{X} + \bar{Y}$$

ประโยชน์ของหลักการตามกฎและทฤษฎีต่าง ๆ ของพีชคณิตแบบบูล คือ ใช้ในการลดรูปสมการตรรก (Simplified) เพื่อให้ได้มาซึ่งวงจรตรรกที่ใช้อุปกรณ์ตรรกเหลือน้อยที่สุด



รูปที่ 5.1 แสดงการลดรูปสมการตรรก

จากในรูปที่ 5.1 เป็นตัวอย่างของวงจรตรรกก่อนทำการลดรูปสมการตรรก ซึ่งเราจะเห็นว่าต้องใช้เกตถึง 3 ชนิด แต่เมื่อทำการลดรูปสมการตรรกแล้วจะเหลือเกตทางตรรกเพียงตัวเดียว คือ เกตแบบออร์ โดยที่วงจรตรรกทั้งสองจะมีผลการทำงานเหมือนกันทุกประการซึ่งจะพิจารณาวิธีการลดรูปฟังก์ชันตรรกได้ดังนี้

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 8

- เมื่อพิจารณาจากสมการตรรกทางด้านซ้ายมือ คือ

$$X = A + \bar{A} \cdot B \quad \text{..... สมการที่ 5.1}$$

จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการต่อวงจรเกตตามสมการตรรก่นี้จำเป็นต้องใช้เกตถึง 3 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 5.1 (ก) แต่ถ้าใช้กฎการกระจาย (ทฤษฎีที่ 15) จะได้

$$X = A + B \quad \text{..... สมการที่ 5.2}$$

คือวิธีการลดรูปฟังก์ชันตรรกให้เหลือเพียงเกตแบบออร์ตัวเดียว ซึ่งจะทำให้การพิสูจน์โดยใช้ตารางความจริงจากสมการตรรกทั้งสอง ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการพิสูจน์สมการตรรกโดยใช้ตารางความจริงตารางความจริง

A	B	$\bar{A}$	$\bar{A} \cdot B$	$X = A + \bar{A} \cdot B$	$X = A + B$
0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1

สรุปได้ว่าสมการแบบบูล คือ $X = A + \bar{A} \cdot B$ และ $X = A + B$ จะให้ผลการทำงานที่เหมือนกันแต่สมการตรรกหลังจะใช้เกตเพียงตัวเดียว

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีทีทีแอล เบอร์ 7408 , 7411 , 7432 และ 7404 อย่างละ 1 ตัว	4	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	1	ตัว
3.4 แอลอีดี	1	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโพรบ	1	ตัว

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 4 / 8

- | | | |
|---|---|---------|
| 3.7 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์ | 1 | เครื่อง |
| 3.8 ชุดทดลองไอซีดิจิทัล | 1 | เครื่อง |
| 3.9 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัลสายต่อวงจร | 1 | เล่ม |
| 3.10 สายต่อวงจร | | |

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบวงจรตรรกโดยใช้พีชคณิตแบบบูล
- 4.2 ทดสอบการลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้พีชคณิตแบบบูล

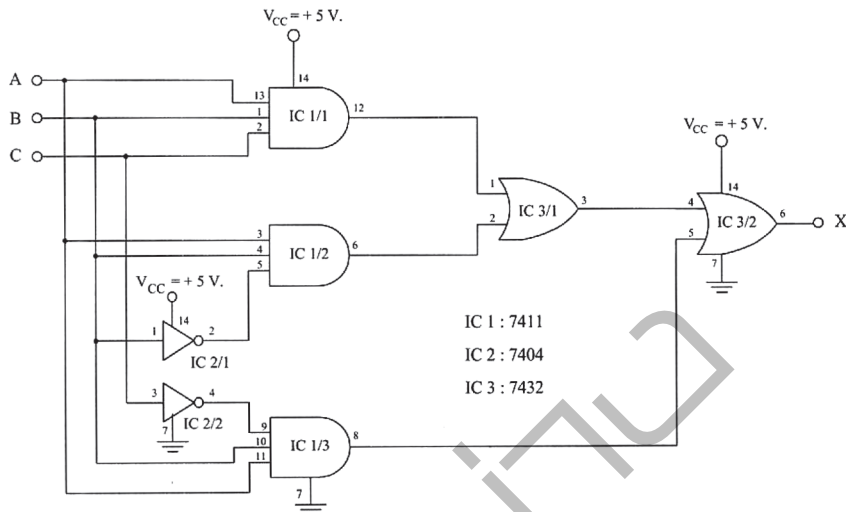
5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบวงจรตรรกโดยใช้พีชคณิตแบบบูล
 - 5.1.1 สร้างวงจรตรรกตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 5.2 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษา รายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
 - 5.1.2 เขียนสมการพีชคณิตแบบบูลจากวงจรตรรกในรูปที่ 5.2 และเติมลงในช่องว่างที่กำหนดมาให้ถูกต้อง

สมการตรรก (X) = สมการที่ 5.3

- 5.1.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตรรก
- 5.1.4 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
- 5.1.5 ใช้ลอจิกโพรบตรวจสอบสถานะตรรกตามจุดต่าง ๆ ภายในวงจรเทียบกับการทดลองข้อ 5.1.7
- 5.1.6 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตลงในตารางที่ 5.2

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 8



รูปที่ 5.2 การทดลองที่ 5.1

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.1

อินพุต			เอาต์พุต (X)
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- *ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระมัดระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 8

5.1.7 แสดงการหาสถานะตรรกทางเอาต์พุตจากสมการที่ 5.3 โดยวิธีการแทนค่าสถานะตรรก เมื่อกำหนดให้ $A = 1$, $B = 0$ และ $C = 1$

.....

.....

.....

.....

5.2 ทดสอบการลดรูปฟังก์ชันตรรก โดยใช้พีชคณิตแบบบูล

5.2.1 แสดงวิธีการลดรูปฟังก์ชันตรรกจาก สมการที่ 5.3 โดยใช้พีชคณิตแบบบูลและบันทึกผลลัพธ์ลงในช่องสมการที่ 5.4

.....

.....

.....

.....

สมการตรรก (X) = สมการที่ 5.4

5.2.2 เขียนวงจรตรรกที่ทำการลดรูปฟังก์ชันตรรกแล้วจากสมการที่ 5.4 ลงในรูปที่ 5.3

รูปที่ 5.3 การทดลองที่ 5.2

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 8

- 5.2.3 ประกอบวงจรตรรก ในรูปที่ 5.3 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษาจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
- 5.2.4 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตรรก
- 5.2.5 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
- 5.2.6 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตลงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.2

อินพุต			เอาต์พุต (X)
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

6 สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 5 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ พีชคณิตแบบบูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 8 / 8
...../...../.....		

7 คำถามท้าทายการทดลอง

7.1 จงพิสูจน์สมการตรรก คือ $X = A \cdot B = A \cdot (\bar{A} + B)$ โดยใช้ตารางความจริง

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงเขียนวงจรรรจากสมการแบบบูลที่กำหนดให้ คือ

$$X = \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} \quad \text{มาให้ถูกต้อง}$$

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงแสดงวิธีการลดรูปฟังก์ชันตรรก $X = \overline{A \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B}$ ให้อยู่ในรูปที่ง่าย โดยใช้
พีชคณิตแบบบูล

.....

.....

.....

.....

.....

7.4 จากโจทย์ข้อที่ 7.3 จงเขียนวงจรรรที่ใช้เกตแบบแนนด์ 2 อินพุต มาให้ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

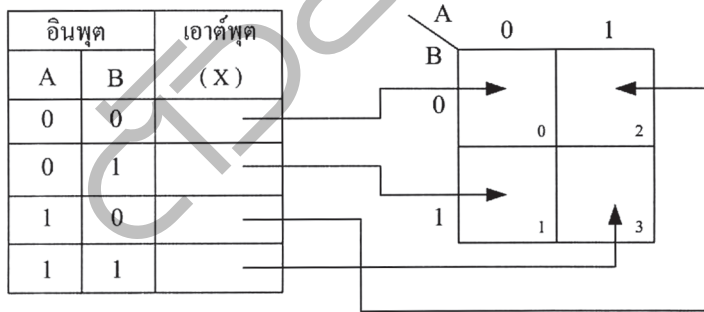
วิชา เทคโนโลยีดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การดรูปรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์น่อ	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา .....คาบ
		แผ่นที่ 1 / 12

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรตรรกจากสมการพีชคณิตแบบบูล
- 1.2 แสดงวิธีการลดรูปฟังก์ชันโดยใช้แผนที่คาร์นอ
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของวงจรตรรกเชิงจัดหมู่
- 1.4 บันทึกค่าสถานะตรรกทางเอาต์พุตของวงจรตรรกเชิงจัดหมู่
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้แผนที่คาร์นอลลดรูปฟังก์ชันตรรกให้ง่าย

2. ព្រមព្រៀង

แผนที่คาร์นอ (Karnaugh Maps) เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการลดรูปสมการตรรกะนอกเหนือจากการใช้พีชคณิตแบบบูล ซึ่งแผนที่คาร์นอนั้นสามารถจะสร้างมาจากตารางความจริงที่มีความสัมพันธ์กันดังในรูปที่ 6.1 โดยแผนที่คาร์นอนนี้จะเหมาะสมกับการใช้ลดรูปสมการตรรกะที่มีตัวแปรตั้งแต่ 2 ถึง 4 อินพุต



ก. ตารางความจริง

ข. ตารางแผนที่คาร์บอน

รูปที่ 6.1 แสดงความหมายของเทอมต่างๆ ในตารางความจริงกับแผนที่คาร์นอ

จากในรูปที่ 6.1 เป็นแผนที่คาร์บอนที่มีตัวแปร 2 อินพุต ถ้าตารางความจริงที่มีสถานะตรรกทางเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 6.2 (ก) ซึ่งจะสามารถนำมาเขียนลงในแผนที่คาร์บอนได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.2 (ข)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 12
...../...../.....		

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
0	1	$\overline{A} \cdot B$
1	0	$A \cdot \overline{B}$
1	1	$A \cdot B$

A \ B	0	1
0	$\overline{A} \cdot \overline{B}$ 0	$\overline{A} \cdot B$ 2
1	$A \cdot \overline{B}$ 1	$A \cdot B$ 3

ก. ตารางความจริง

 ข. แสดงค่าตัวแปรในตารางแผนที่คาร์นอ
(แบบมินเทอม)

รูปที่ 6.2 แผนที่คาร์นอชนิดตัวแปร 2 อินพุต

แผนที่คาร์นอในกรณีใช้กับตัวแปร 3 อินพุต ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์ที่ถูกเขียนแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ คือ จำนวน $2^n = 8$ เซลล์ (เมื่อ $n=3$ ตัวแปร) โดยตารางแผนที่คาร์นอนี้แสดงในรูปที่ 6.3

อินพุต			เอาต์พุต (X)
A	B	C	
0	0	0	$\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$
0	0	1	$\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C$
0	1	0	$\overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}$
0	1	1	$\overline{A} \cdot B \cdot C$
1	0	0	$A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$
1	0	1	$A \cdot \overline{B} \cdot C$
1	1	0	$A \cdot B \cdot \overline{C}$
1	1	1	$A \cdot B \cdot C$

A \ B \ C	00	01	11	10
0	$\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$ 0	$\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C$ 2	$\overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}$ 6	$\overline{A} \cdot B \cdot C$ 4
1	$A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$ 1	$A \cdot \overline{B} \cdot C$ 3	$A \cdot B \cdot \overline{C}$ 7	$A \cdot B \cdot C$ 5

ก. ตารางความจริง

 ข. แสดงค่าตัวแปรในตารางแผนที่คาร์นอ
(แบบมินเทอม)

รูปที่ 6.3 แผนที่คาร์นอชนิดตัวแปร 3 อินพุต

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 12

แผนที่คาร์นอในกรณีใช้กับตัวแปร 4 อินพุต ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์ที่ถูกเขียนแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ คือ จำนวน $2^n = 16$ เซลล์ (เมื่อ $n = 4$ ตัวแปร) ดังแสดงตารางแผนที่คาร์นอในรูปที่ 6.4

		A · B			
		00	01	11	10
C · D	00	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$ 0	$\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$ 4	$A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$ 12	$A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$ 8
	01	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D}$ 1	$\bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$ 5	$A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$ 13	$A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D}$ 9
	11	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$ 3	$\bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D$ 7	$A \cdot B \cdot C \cdot D$ 15	$A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$ 11
	10	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$ 2	$\bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D$ 6	$A \cdot B \cdot C \cdot D$ 14	$A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$ 10

รูปที่ 6.4 แสดงแผนที่คาร์นอชนิดตัวแปร 4 อินพุต (แบบมินิเทอม)

วิธีการลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้แผนที่คาร์นอ ซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้ คือ

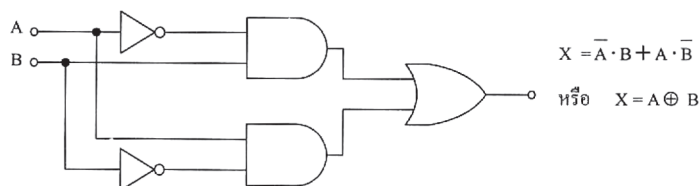
- สร้างแผนที่คาร์นอตามชนิดของตัวแปรที่ใช้จากนั้นให้กำหนดเลขฐานสิบประจำเซลล์เพื่อความสะดวกในการสร้างวงเพื่อทำการลดรูปสมการตรรกให้ง่าย
- เขียนสมการตรรกลงในแผนที่คาร์นอ ซึ่งจะพิจารณาได้ 2 แบบ คือ
 - ถ้าสมการตรรกอยู่ในรูปผลบวกของผลคูณ (SOP) จะให้เขียนแบบมินิเทอมที่มีอยู่ในสมการตรรกลงในแผนที่คาร์นอตรงเซลล์ของมินิเทอมนั้น ๆ โดยที่เขียนแทนด้วยเลข 1 ส่วน เซลล์อื่นๆ ที่เหลือจะเป็นเลข 0
 - ถ้าสมการตรรกอยู่ในรูปผลคูณของผลบวก (POS) จะให้เขียนแบบแมกซ์เทอมที่มีอยู่ในสมการตรรกลงในแผนที่คาร์นอตรงเซลล์ของแมกซ์เทอมนั้น ๆ โดยที่เขียนแทนด้วยเลข 0 ส่วนเซลล์อื่นๆ ที่เหลือจะเป็นเลข 1
- การสร้างวง (Looping) เพื่อจับกลุ่มเทอมที่อยู่ติดกันโดยมีหลักเกณฑ์ที่ว่า การสร้างวงได้ครั้งละ 2^n เทอม คือ กลุ่ม 1 เทอม กลุ่ม 2 เทอม กลุ่ม 4 เทอม กลุ่ม 8 เทอม หรือ กลุ่ม 16 เทอม.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 12

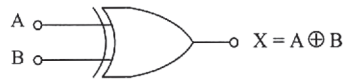
4. เทคนิคการสร้างวงต้องจับกลุ่มเทอมให้ได้มากที่สุด เช่น ถ้าสร้างวงกลุ่ม 8 เทอมได้ ก็ไม่ควรสร้างวงกลุ่ม 4 เทอม 2 ครั้ง เพราะจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไม่น้อยที่สุด
5. เทอมที่ถูกการสร้างวงจับกลุ่มไปแล้วก็จะสามารถนำไปจับกลุ่มกับเทอมอื่น ๆ ได้อีก เพื่อการสร้างวงใหม่ถ้ามีความจำเป็น
6. เมื่อทำการสร้างวงเพื่อจับกลุ่มเทอมต่าง ๆ ได้แล้วก็ให้ดำเนินการหาผลลัพธ์ ซึ่งวิธีการหาผลลัพธ์กระทำได้โดยให้นำเทอมที่ถูกจับกลุ่มนั้นมาพิจารณาคือตัวแปรทางด้านบน และด้านข้างของแผนที่คาร์นอ โดยตัวแปรที่มีค่าซ้ำกันคือผลลัพธ์ที่ต้องการ
7. จากผลลัพธ์ที่ได้ จะต้องพิจารณารูปแบบของสมการเอาต์พุตได้ 2 แบบ คือ
 - 7.1 รูปผลบวกของผลคูณ (SOP) คือ ให้นำผลลัพธ์มีนเทอมของแต่ละวงมากระทำการออร์ (OR) กันของทุกเทอม
 - 7.2 รูปผลคูณของผลบวก (POS) คือ ให้นำผลลัพธ์เมกซ์เทอมของแต่ละวงมากระทำการแอนด์ (AND) กันของทุกเทอม

การสร้างวงในแผนที่คาร์นอเพื่อทำการลดรูปฟังก์ชันการสวิตช์ของวงจรตรรกะนั้น กระทำได้โดยเฉพาะช่องที่อยู่ติดกัน หรือเซลล์ประชิด (Adjacent Cell) ส่วนในกรณีเป็นเซลล์ที่ไม่ได้ประชิดกันจะไม่สามารถลดรูปฟังก์ชันตรรกของสมการได้ จึงได้มีการออกแบบเกตทางตรรกชนิดพิเศษขึ้นมาใช้ในกรณีนี้ ได้แก่ เอกซ์คลูซีฟออร์และเอกซ์คลูซีฟนอร์ ซึ่งมักจะนิยมใช้กันมากในวงจรคำนวณและวงจรเปรียบเทียบดิจิทัล

เอกซ์คลูซีฟออร์ (Exclusive - OR) เป็นเกตทางตรรกที่มีอินพุตเพียง 2 ขา และฟังก์ชันการสวิตช์ทางเอาต์พุตจะเป็นสถานะตรรก 1 ก็ต่อเมื่อมีอินพุตเป็นสถานะตรรก 1 เพียงอินพุตเดียวเท่านั้น ส่วนในกรณีอื่น ๆ ทางด้านเอาต์พุตจะมีค่าเป็นตรรก 0 เสมอ ซึ่งจะแสดงวงจรตรรกและตารางความจริงได้ ดังในรูปที่ 6.5



วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 5 / 12



A	B	$X = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ข. สัญลักษณ์

ค. ตารางความจริง

รูปที่ 6.5 เอกซ์คลูซีฟออร์

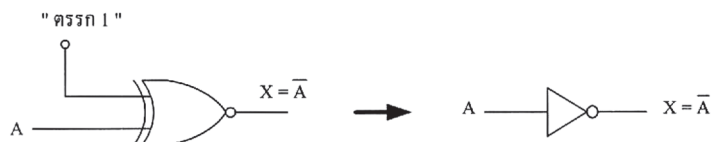
จากตารางความจริงในรูปที่ 6.5 (ค) ซึ่งจะพิจารณาสมการเอาต์พุต คือ

$$X = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6.1}$$

หรือ $X = A \oplus B \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6.2}$

เมื่อ $\oplus$ เป็น สัญลักษณ์แสดงการกระทำของเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์

เอกซ์คลูซีฟออร์จะสามารถนำเอาไปใช้งานแทนเกตแบบน็อต (NOT Gate) ได้โดยการต่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งไว้ที่สถานะตรรก 1 แล้วนำอินพุตที่เหลือไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 6.6



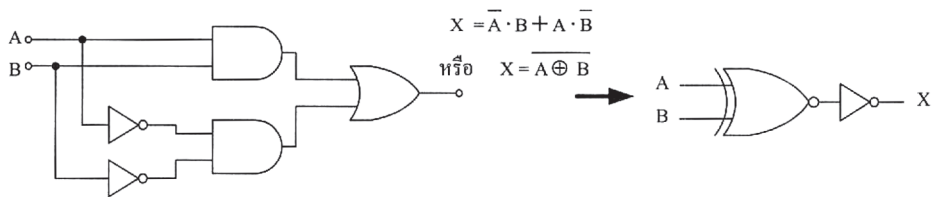
รูปที่ 6.6 แสดงการใช้เอกซ์คลูซีฟออร์แทนเกตแบบน็อต

เอกซ์คลูซีฟนอร์ (Exclusive - NOR) เป็นเกตทางตรรก 2 อินพุต ที่มีคุณลักษณะการทำงานผกผันกับเอกซ์คลูซีฟออร์ ซึ่งจะเขียนเป็นสมการเอาต์พุตได้ คือ

$$X = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6.3}$$

หรือ $X = \overline{A \oplus B} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6.4}$

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
		แผ่นที่ 6 / 12
...../...../.....		



ก. วงจร

A	B	$X = A \oplus B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ข. สัญลักษณ์

ค. ตารางความจริง

รูปที่ 6.7 เอกซ์คลูซีฟนอร์

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซี ทิทเทิล เบอร์ 7404 , 7408 , 7411 , 7400 , 7432 และ 7486 อย่างละ 1 ตัว	6	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	1	ตัว
3.4 แอลอีดี	1	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์	1	เครื่อง
3.8 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.9 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.10 สายต่อวงจร		

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 12

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้แผนที่คาร์นอ
- 4.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์

5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้แผนที่คาร์นอ

5.1.1 จากตารางความจริงที่กำหนดให้ ดังในรูปที่ 6.8 ให้เขียนสมการพีชคณิตแบบบูลในรูปแบบมินเทอมและผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) ลงในสมการที่ 6.5

ลำดับที่	อินพุต				เอาต์พุต (X)	รูปแบบมินเทอม
	A	B	C	D		
0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	1	1	
2	0	0	1	0	1	
3	0	0	1	1	1	
4	0	1	0	0	0	-
5	0	1	0	1	0	-
6	0	1	1	0	0	-
7	0	1	1	1	1	
8	1	0	0	0	1	
9	1	0	0	1	0	-
10	1	0	1	0	0	-
11	1	0	1	1	0	-
12	1	1	0	0	1	
13	1	1	0	1	1	
14	1	1	1	0	1	
15	1	1	1	1	0	-

รูปที่ 6.8 การทดลองที่ 5.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 12

∴

สมการตรรก (X) = สมการที่ 6.5

5.1.2 สร้างตารางแผนที่คาร์นอชนิด 4 ตัวแปร และเขียนแทนค่าสถานะตรรกจากสมการที่ 6.5 ลงในตารางแผนที่คาร์นอ ในรูปที่ 6.9

5.1.3 ทำการลดรูปฟังก์ชันตรรกของสมการที่ 6.5 โดยใช้การสร้างวง (Looping) และเขียนสมการตรรกที่ได้ลง ในสมการที่ 6.6

	A · B			
C · D				

รูปที่ 6.9 ตารางแผนที่คาร์นอชนิด 4 ตัวแปร

∴

สมการตรรก (X) = สมการที่ 6.6

5.1.4 นำสมการตรรกที่ 6.6 มาเขียนเป็นวงจรเกต ลงในกรอบรูปที่ 6.10

รูปที่ 6.10 แสดงวงจรเกตทางตรรกที่ได้จากสมการที่ 6.6

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 9 / 12

- 5.1.5 ประกอบวงจรตรรกจากรูปที่ 6.10 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
- 5.1.6 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตรรก
- 5.1.7 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผลและใช้ลอจิกโพรบตรวจสอบสถานะตรรกตามจุดต่าง ๆ
- 5.1.8 บันทึกผลระดับตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลองที่ 5.1

ลำดับที่	อินพุต				เอาต์พุต (X)
	A	B	C	D	
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	

- *ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
		แผ่นที่ 10 / 12

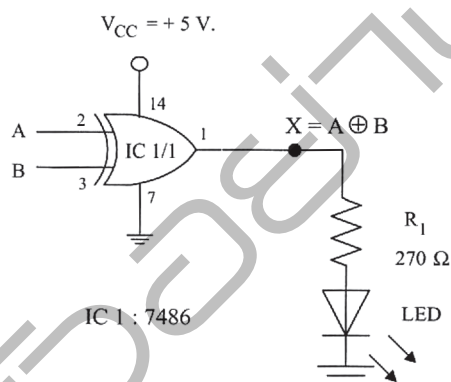
5.2 ทดสอบการทำงานของเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์

5.2.1 ประกอบวงจรเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์ ในรูปที่ 6.11 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว

5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์

5.2.3 ใช้สวิตช์ตรรกูป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล

5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางที่ 6.2



รูปที่ 6.11 การทดลองที่ 5.2

ตารางที่ 6.2 บันทึกผลการทดลองที่ 5.2

อินพุต		เอาต์พุต (X)
A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

วิชา เทคนิคดิจิทัล /...../.....	ใบงานที่ 6 เรื่อง การลดรูปฟังก์ชันตรรกโดยใช้ แผนที่คาร์นอ	รหัสวิชา
		เวลา ....คาบ
		แผ่นที่ 11 / 12

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงอธิบายแผนที่คาร์นอที่มีข้อได้เปรียบกว่าพีชคณิตแบบบูลในการลดรูปสมการตรรกอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงอธิบายความหมายเงื่อนไขไม่สนใจ (Don't Core Condition)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

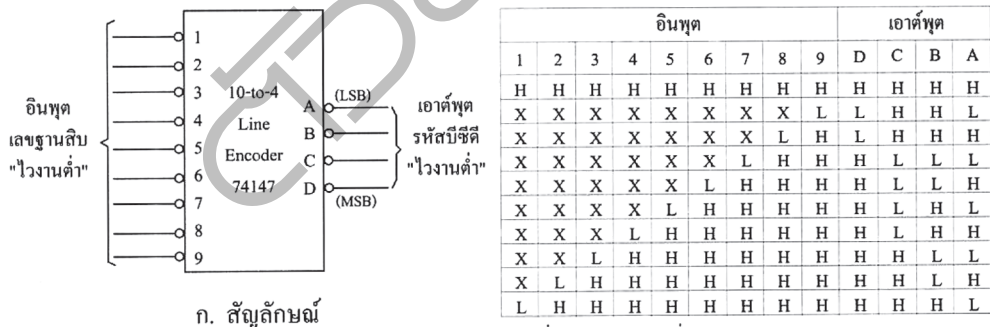
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 11

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรตัวเข้ารหัสที่ใช้ไอซีเบอร์ 74147
- 1.2 ประกอบวงจรตัวถอดรหัสที่ใช้ไอซีเบอร์ 7447
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของวงจรตัวเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง
- 1.4 ตรวจสอบการทำงานของวงจรตัวถอดรหัสขับแอลอีดีแบบ 7 ส่วน
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้ตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัสในงานดิจิทัล

2. ทฤษฎีย่อ

ตัวเข้ารหัส (Encoder) เป็นวงจรตรรกะที่ใช้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณรหัสแบบต่าง ๆ ให้เป็นเลขฐานสองหรือรหัสบีซีดี (BCD Code) ตัวอย่างเช่น ขณะเมื่อกดปุ่มที่เป็นพิมพ์ (Keyboard) ทางอินพุต ซึ่งจะทำให้เกิดผลลัพธ์เป็นเลขฐานสองค่าต่าง ๆ กันทางเอาต์พุต โดยที่ตัวเข้ารหัสจะมีขาอินพุตไวงานเพียงครั้งละ 1 อินพุต เท่านั้น แผนภาพสัญลักษณ์และตารางความจริงการทำงานของตัวเข้ารหัสบีซีดี ดังแสดงในรูปที่ 7.1



เมื่อ L = สถานะตรรกต่ำ (0)

H = สถานะตรรกสูง (1)

X = สถานะตรรกสูง (1) หรือ (0) ก็ได้

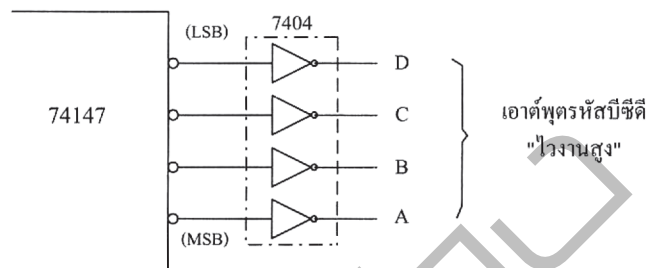
ข. ตารางความจริงแสดงการทำงาน

รูปที่ 7.1 แสดงหลักการทำงานของตัวเข้ารหัส

สำหรับไอซีดิจิทัลที่ใช้ในการเข้ารหัสคือ ตัวเข้ารหัสไอซีเบอร์ 74147 โดยไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสในการแปลงเลขฐานสิบคือ 0 - 9 ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต หรือรหัสบีซีดี โดยที่อินพุตและเอาต์พุตจะเป็นตรรกชนิดไวงาน - ต่ำ (Active - Low) ซึ่งมีการจัดขา

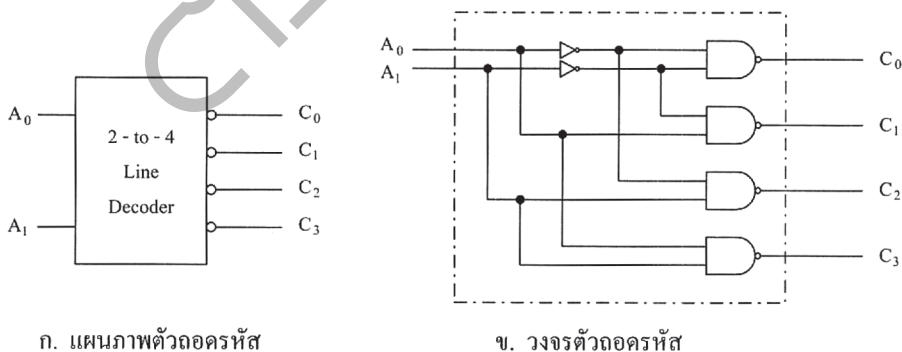
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 11

และตารางแสดงการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 7.1 แต่เนื่องจากทางเอาต์พุตไอซีเบอร์ 74147 จะมีลักษณะเป็นแบบผกผันตรรก ดังนั้นถ้าหากต้องการให้แสดงข้อมูลที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่ายต้องมีการต่อใช้เกตแบบนอตเข้าที่ทางเอาต์พุตของไอซีเบอร์ 74147 นี้ ดังแสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แสดงการต่อเกตแบบนอตเข้าที่เอาต์พุตของไอซี เบอร์ 74147

ตัวถอดรหัส (Decoder) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงคันรหัสนเลขฐานสองแบบต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน เช่น วงจรตัวถอดรหัสจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ หรือ จากระหัสบีซีดี เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับขับตัวแอลอีดีแบบ 7 ส่วน เป็นต้น ซึ่งแผนภาพการทำงาน พื้นฐานและตารางความจริงการทำงานของตัวถอดรหัส ดังแสดงในรูปที่ 7.3



ก. แผนภาพตัวถอดรหัส

ข. วงจรตัวถอดรหัส

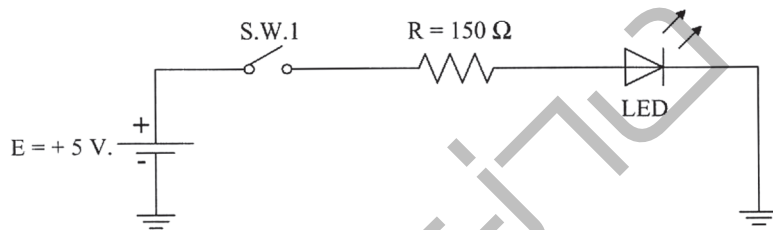
เลขฐานสิบ	อินพุตเลขฐานสอง		รหัสเอาต์พุต			
	A ₁	A ₀	C ₃	C ₂	C ₁	C ₀
0	L	L	H	H	H	L
1	L	H	H	H	L	H
2	H	L	H	L	H	H
3	H	H	L	H	H	H

ค. ตารางความจริงการทำงานของตัวถอดรหัส

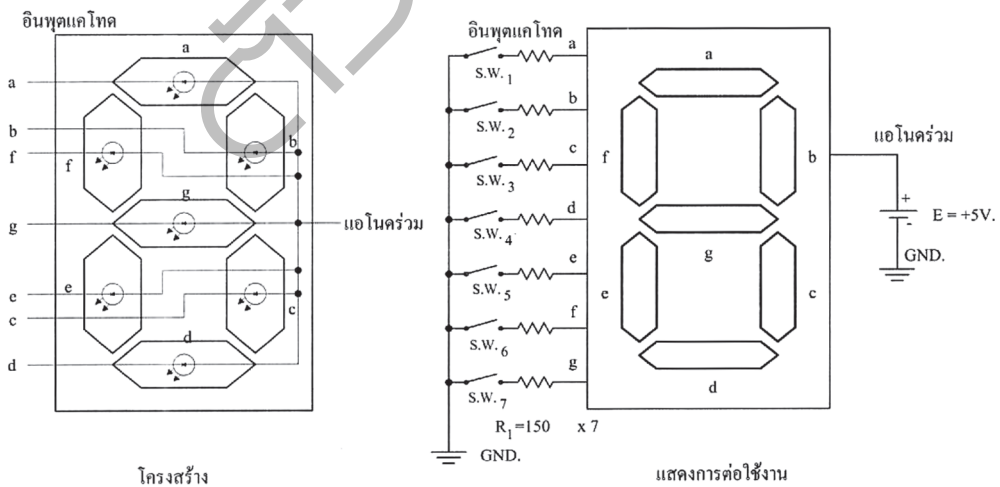
รูปที่ 7.3 แสดงหลักการทำงานของตัวถอดรหัส

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 11
...../...../.....		

ตัวถอดรหัสเพื่อขับแอลอีดีแบบ 7 ส่วน เป็นวงจรแสดงผลตัวเลขฐานสิบ 0 ถึง 9 ที่นิยมใช้กันมากในวงจรดิจิทัล โดยที่ตัวแอลอีดีแบบ 7 ส่วน จะแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดแอนโนดร่วม (Common Anode) และชนิดแคโทดร่วม (Common Cathode) ดังจะแสดงวงจรภายในและการทำงานของตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ในรูปที่ 7.4

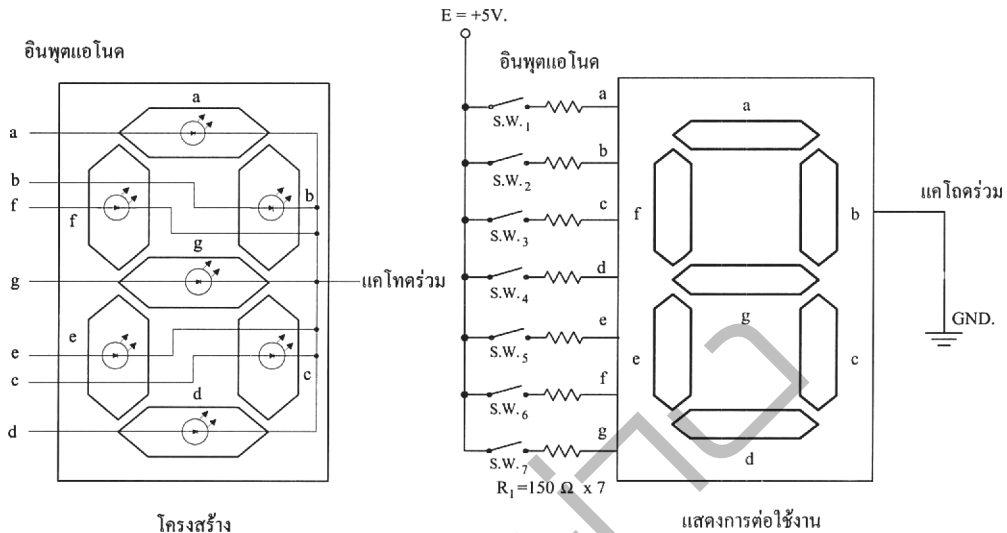


ก. แสดงการไบแอสตัวแอลอีดี



ก. แสดงการต่อใช้งานของตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ชนิดแอนโนดร่วม

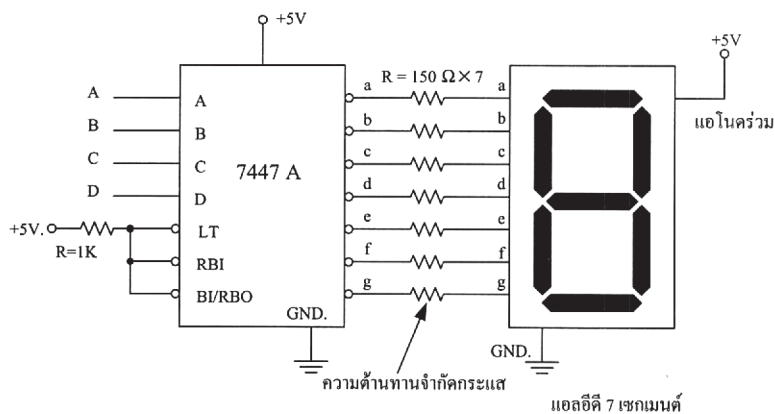
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 11



ค. แสดงการต่อใช้งานของตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ชนิดแคโทดร่วม

รูปที่ 7.4 หลักการทำงานของตัวแสดงผล แอลอีดีแบบ 7 ส่วน

ตัวถอดรหัสที่ใช้ขับแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ที่ได้รับความนิยมใช้กันมากได้แก่ ไอซีเบอร์ 7446 ไอซีเบอร์ 7447 ไอซีเบอร์ 7448 และไอซีเบอร์ 7449 โดยในใบงานนี้จะขอยกตัวอย่างการใช้งาน ไอซีเบอร์ 7447 ซึ่งเป็นตัวถอดรหัสบีซีดี 8421 ขนาด 4 บิต ที่มีเอาต์พุตเป็นชนิดไวงาน - ต่ำ เพื่อใช้ขับออกที่ตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ชนิดแคโทดร่วมเป็นเลขฐานสิบ ดังแสดงในรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 แสดงการใช้ไอซีเบอร์ 7447 ขับแอลอีดีแบบ 7 ส่วน

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 11

โดยแต่ละสถานะตรรกของอินพุตที่ป้อนให้แก่ไอซีเบอร์ 7447 เพื่อขับตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ซึ่งจะแสดงผลเอาต์พุตและตารางความจริงการทำงานของไอซีเบอร์ 7447 ดังจะแสดงในรูปที่ 7.6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ก. แสดงผลเอาต์พุตตามอินพุตของตารางความจริง

เลขฐานสิบหรือ ฟังก์ชัน	อินพุต						BI/RBO	เอาต์พุต							หมายเหตุ
	LT	RBI	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	H	L	L	L	L	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	
1	H	X	L	L	L	H	H	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	
2	H	X	L	L	H	L	H	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ติด	
3	H	X	L	L	H	H	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	
4	H	X	L	H	L	L	H	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ติด	
5	H	X	L	H	L	H	H	ติด	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	
6	H	X	L	H	H	L	H	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	
7	H	X	L	H	H	H	H	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	
8	H	X	H	L	L	L	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	1
9	H	X	H	L	L	H	H	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ติด	
10	H	X	H	L	H	L	H	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ติด	
11	H	X	H	L	H	H	H	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	
12	H	X	H	H	L	L	H	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	
13	H	X	H	H	L	H	H	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ติด	
14	H	X	H	H	H	L	H	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	
15	H	X	H	H	H	H	H	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	
BI	X	X	X	X	X	X	L	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	2
RBI	H	L	L	L	L	L	L	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	4

เมื่อ H = สถานะตรรก 1
L = สถานะตรรก 0
X = สถานะตรรก 1 หรือ ตรรก 0 ก็ได้

- หมายเหตุ
- ขณะที่ฟังก์ชันทำงานอยู่ในช่วงอินพุต 0 ถึง 15 โดยที่ขา BI จะปล่อยลอยหรือต่อเข้ากับตรรกสูง (H) ก็ได้ ถ้าต้องการให้เลขศูนย์แสดงผลตามปกติขา RBI จะปล่อยลอยหรือต่อเข้ากับตรรกสูง (H) ก็ได้
 - ถ้าป้อนตรรกต่ำ (L) ให้แก่ขา BI โดยตรงไม่ว่าอินพุตอื่นๆ จะได้รับค่าตรรกใด ก็ตาม ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตทุกเซกเมนต์อยู่ในสถานะออฟ (OFF) เสมอ
 - ขณะที่ขา RBI และอินพุต D, C, B และ A ได้รับตรรกต่ำ (L) พร้อมกัน โดยที่ขา LT ได้รับตรรกสูง (H) ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตทุกเซกเมนต์อยู่ในสถานะออฟ (OFF) เสมอ และขา RBO จะแสดงผลเป็นตรรกต่ำ (L) ซึ่งเป็นกรณีที่ขา RBO อยู่ในสถานะไม่วาง
 - เมื่อขา BI/RBO ถูกปล่อยลอยหรือต่อเข้ากับตรรกสูง (H) และป้อนตรรกต่ำ (L) ให้แก่ขา LT ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตทุกเซกเมนต์อยู่ในสถานะออน (ON) ทั้งหมด

ข. ตารางความจริงแสดงการทำงาน

รูปที่ 7.6 หลักการทำงานของไอซีเบอร์ 7447

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 11

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีทีทีแอล เบอร์ 74147 , 7447 , 7400 อย่างละ 1 ตัว	3	ตัว
3.3 แอลอีดีแบบ 7 ส่วน ชนิดแอโนดร่วม	1	ตัว
3.4 ความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม	9	ตัว
3.5 ความต้านทาน 150 โอห์ม	4	ตัว
3.6 แอลอีดี	4	ตัว
3.7 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.8 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.9 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์/1 แอมป์	1	เครื่อง
3.10 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.11 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.12 สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง
- 4.2 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวถอดรหัสขับแอลอีดีแบบ 7 ส่วน

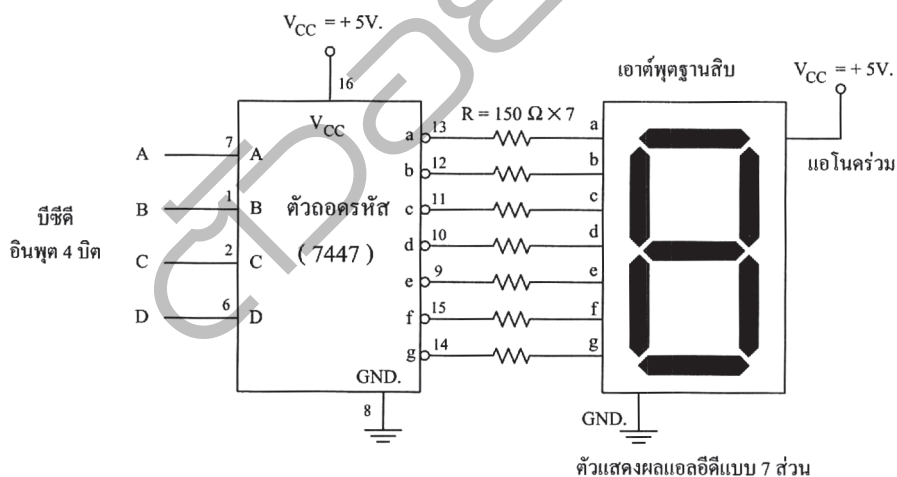
5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง
 - 5.1.1 ประกอบวงจรตัวเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสองที่ใช้ไอซีเบอร์ 74147 ดังในรูปที่ 7.7 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัล)
 - 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตัวเข้ารหัส
 - 5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
 - 5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางที่ 7.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 11

5.2 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวถอดรหัส ขั้วแอลอีดีแสดงผลแบบ 7 ส่วน

- 5.2.1 ประกอบวงจรตัวถอดรหัสที่ใช้ไอซีเบอร์ 7447 ขั้วตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน ดังในรูปที่ 7.8 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัล)
- 5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตัวถอดรหัส
- 5.2.3 ใช้สวิตช์ตรรก้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแสดงผลแอลอีดีแบบ 7 ส่วน
- 5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตของวงจรตัวถอดรหัส ลงในตารางที่ 7.2



รูปที่ 7.8 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.2

- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟจั่วบวกับปลายสายไฟจั่วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 10 / 11

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงยกตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับตัวเข้ารหัส มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

7.2 จงยกตัวอย่างอุปกรณ์แสดงผลในวงจรดิจิทัล มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

7.3 จงอธิบายหน้าที่ใช้งานของไอซีเบอร์ 7447 มาให้พอเข้าใจ

1) ขาทดสอบหลอดไฟฟ้า (LT)

.....

.....

.....

.....

2) ขาอินพุตการแปลง (BI)

.....

.....

.....

.....

3) ขาอินพุตการแปลงหลัก (RBI)

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 7 เรื่อง การเข้ารหัส และการถอดรหัส	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 11 / 11
...../...../.....		

4) ขาเอาต์พุตการแปลงกัณฑ์ (RBO)

.....

.....

.....

.....

7.4 ไอซีเบอร์ 74147 จะมีสถานะตรรกทางเอาต์พุตเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

7.5 จงแสดงแผนภาพการต่อใช้งานร่วมกันระหว่างตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

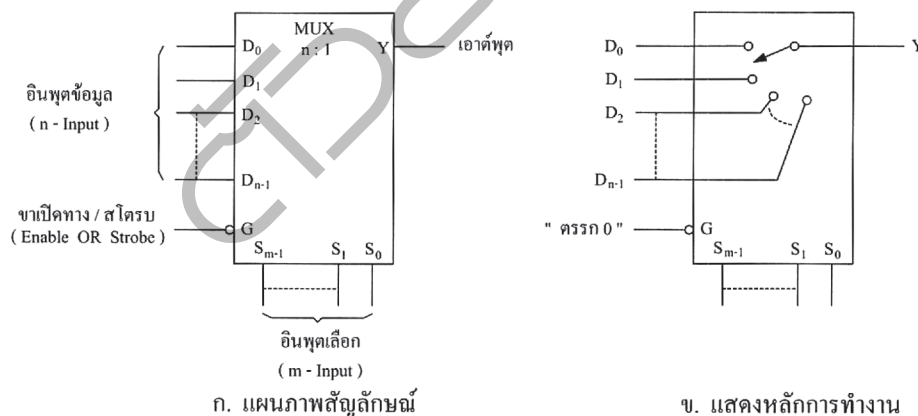
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 10

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรตัวมัลติเพลกซ์
- 1.2 ประกอบวงจรตัวดีมัลติเพลกซ์
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของวงจรตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์
- 1.4 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์

2. ทฤษฎีย่อ

ตัวมัลติเพลกซ์ (Multiplexer) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า “ มักซ์ ” (MUX) โดยทั่วไปอาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “ ตัวเลือกข้อมูล ” (Data Selector) เป็นวงจรตรรก ซึ่งมีจำนวนอินพุตหลายขาแต่ทางเอาต์พุตจะมีเพียง 1 ขา โดยตัวมัลติเพลกซ์จะใช้ทำหน้าที่เลือกข้อมูลจากอินพุตมาใช้งานเพียงครั้งละ 1 ข้อมูล เท่านั้น ส่วนแผนภาพแสดงสัญลักษณ์และหลักการทำงานของตัวมัลติเพลกซ์ ซึ่งจะแสดงดังในรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 หลักการทำงานของตัวมัลติเพลกซ์

เมื่อพิจารณาจากในรูปที่ 8.1 จะสังเกตได้ว่าทางอินพุตของตัวมัลติเพลกซ์ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 ขาเปิดทาง หรือสโตรบ (Enable or Strobe) อาจจะใช้อักษรแทน คือ EN หรือ G ใช้ทำหน้าที่ควบคุมให้ตัวมัลติเพลกซ์ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยที่ขาเปิดทาง (G) จะเป็นอินพุตชนิดไวงาน - ต่ำ

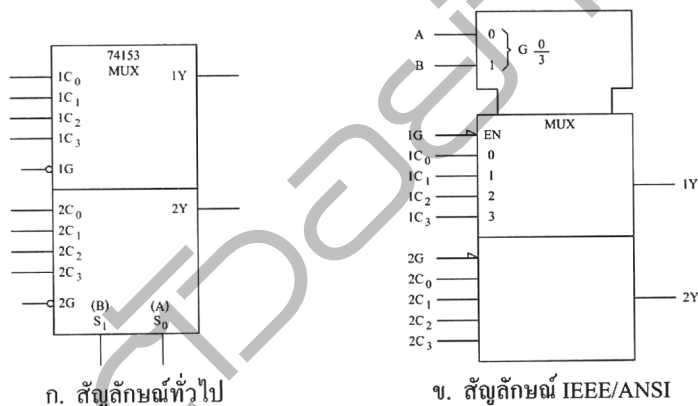
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 10

- กลุ่มที่ 2 ขาอินพุตข้อมูล (Data Input) จะใช้ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลที่ป้อนเข้ามายังตัวมัลติเพลกซ์ ($D_0 - D_{n-1}$)

- กลุ่มที่ 3 ขาอินพุตเลือก (Selector Input) จะใช้ทำหน้าที่เลือกข้อมูลจากขาอินพุตข้อมูลไปใช้งาน ($S_0 - S_{m-1}$)

ส่วนทางเอาต์พุตของตัวมัลติเพลกซ์ จะมีเพียง 1 เอาต์พุต (Y) ซึ่งจะเป็นชนิดไวงาน - สูง หรือชนิดไวงาน - ต่ำ ก็ได้ แต่ตัวมัลติเพลกซ์บางตัวอาจจะมีเอาต์พุตทั้ง 2 แบบ ที่เรียกว่า “แบบเอาต์พุตคอมพลิเมนต์” (Complement Output)

ไอซี เบอร์ 74153 คือ ตัวมัลติเพลกซ์/ตัวเลือกข้อมูล ชนิดคู่ เข้า 4 เส้น ออก 1 เส้น (Dual 4 Line - to - 1 Line Data Selector / Multiplexer) ดังแสดงในรูปที่ 8.2



ก. สัญลักษณ์ทั่วไป

ข. สัญลักษณ์ IEEE/ANSI

อินพุตเลือก		อินพุตข้อมูล				ขาเปิดทาง	เอาต์พุต
B	A	C_0	C_1	C_2	C_3	G	Y
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	H	X	L	X	X	L	L
L	H	X	H	X	X	L	H
H	L	X	X	L	X	L	L
H	L	X	X	H	X	L	H
H	H	X	X	X	L	L	L
H	H	X	X	X	H	L	H

เมื่อ H = สถานะตรรก 1, L = สถานะตรรก 0 และ X = สถานะไม่สนใจ

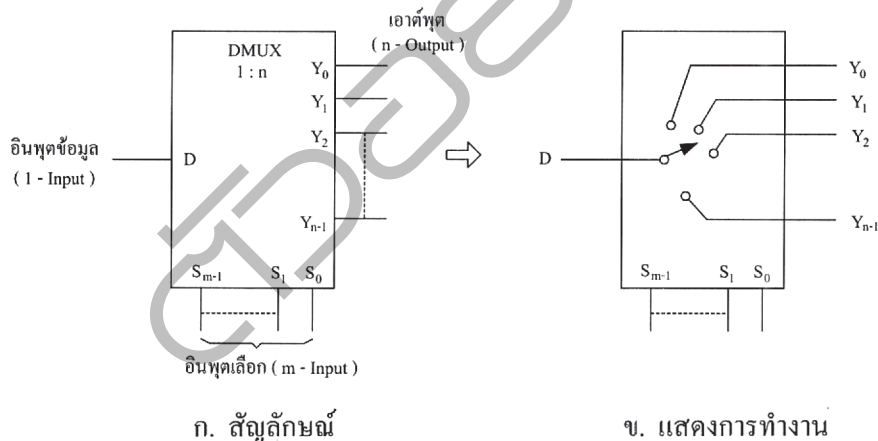
ค. ตารางการทำงาน

รูปที่ 8.2 หลักการทำงานของไอซีเบอร์ 74153

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 3 / 10

จากในรูปที่ 8.2 จะเห็นว่าสัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 74153 ที่ใช้งานเป็นตัวมัลติเพลกซ์ ขนาด 4 : 1 จำนวน 2 ชุด ซึ่งมีเอาต์พุต (Y) เป็นชนิดไวงาน - สูง (Active - High) ส่วนขาอินพุตเลือก (Selector Input) คือ ขา B และขา A จะใช้งานร่วมกัน เพื่อทำหน้าที่เลือกข้อมูลจากขาอินพุตข้อมูล (Data Input) ไปใช้งานต่อไป ซึ่งจะแสดงหลักการทำงานของไอซี เบอร์ 74153 ดังในรูปที่ 8.2 (ค)

ตัวดีมัลติเพลกซ์ (Demultiplexer) หรือ ในบางครั้งอาจจะเรียกย่อ ๆ ว่า “ดีมิกซ์” (DMUX) ซึ่งเป็นวงจรกระจายข้อมูล (Data Distributor) ซึ่งจะมีคุณสมบัติการทำงานตรงข้ามกับตัวมัลติเพลกซ์ (MUX) กล่าวคือ ตัวดีมัลติเพลกซ์ทางอินพุตข้อมูลจะมีเพียง 1 ขา ส่วนที่ทางเอาต์พุตสำหรับส่งข้อมูลออกจะมีขาใช้งานอยู่หลายเอาต์พุต ซึ่งจะแสดงแผนภาพสัญลักษณ์และหลักการทำงานของตัวดีมัลติเพลกซ์ ดังในรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 หลักการทำงานของตัวดีมัลติเพลกซ์

เมื่อพิจารณาหลักการทำงานของตัวดีมัลติเพลกซ์ ในรูปที่ 8.3 กล่าวคือ ในขณะที่ต้องการกระจายข้อมูลจากอินพุตข้อมูล (Data Input) เพียง 1 อินพุต โดยจะส่งออกไปทางเอาต์พุตใดเอาต์พุตหนึ่ง ซึ่งจะต้องใช้ขาอินพุตเลือก (Select Input) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงาน ไอซีชนิดนี้นอกจากจะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวดีมัลติเพลกซ์ (DMUX) แล้วและมันจะยังสามารถใช้ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัส (Decoder) ได้อีกด้วย ซึ่งในบางครั้งเราอาจจะเรียกไอซีชนิดนี้ว่า “ตัวถอดรหัส/ดีมัลติเพลกซ์” (Decoder/Demultiplex)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 10

ไอซี เบอร์ 74139 คือ ตัวถอดรหัส/ดีมัลติเพลกซ์ ชนิดคู่ เข้า 2 เส้นออก 4 เส้น (Dual 2 Line-to-4 Line Decoder/Demultiplexer) ซึ่งเป็นไอซีทำหน้าที่การแปลงผันจากเลขฐานสองขนาด 2 บิต เป็นเอาต์พุตขนาด 4 บิต ดังแสดงในรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 แสดงสัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 74139

จากในรูปที่ 8.4 จะเห็นว่าสัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 74139 ที่ใช้งานเป็นตัวถอดรหัสขนาด 4 บิต ซึ่งจะมีเอาต์พุตเป็นชนิดไวงาน - ต่ำ โดยที่ทางด้านอินพุตจะเป็นเลขฐานสองขนาด 2 บิต คือ อินพุต A และ B สำหรับขาอินพุตเปิดทาง (G) จะใช้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไอซี เบอร์ 74139 โดยใช้สถานะตรรกะชนิดไวงาน - ต่ำ และมีจำนวนตัวถอดรหัส 2 ชุด บรรจุอยู่ในชิปไอซี เบอร์นี้ ซึ่งจะมีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 8.5

อินพุต			เอาต์พุต			
ขาเปิดทาง	ขาเลือก					
G	B	A	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

เมื่อ H = สถานะตรรกะ 1 และ L = สถานะตรรกะ 0

รูปที่ 8.5 แสดงหลักการทำงานของไอซีเบอร์ 74139

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 5 / 10

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซี ทิทแอล เบอร์ 74153 และ 74139 อย่างละ 1 ตัว	3	ตัว
3.3 แอลอีดี	4	ตัว
3.4 ความต้านทาน 270 โอห์ม	4	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์/1 แอมป์	1	เครื่อง
3.8 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.9 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.10 สายต่อวงจร		

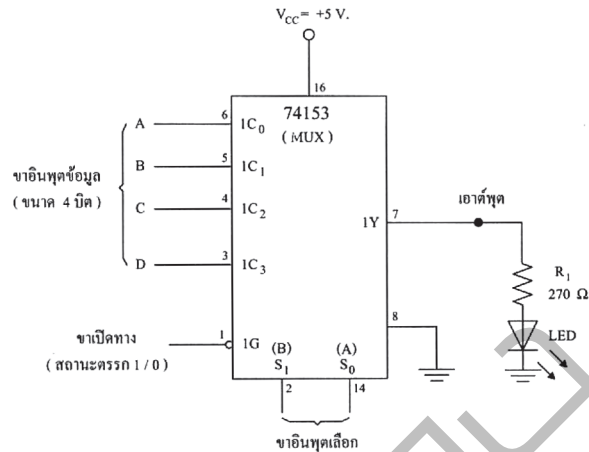
4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวมัลติเพลกซ์
- 4.2 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวดีมัลติเพลกซ์

5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวมัลติเพลกซ์
 - 5.1.1 ประกอบวงจรตัวมัลติเพลกซ์ ชนิดคู่ ขนาดเข้า 4 เส้น ออก 1 เส้น โดยใช้ไอซี เบอร์ 74153 ดังในรูปที่ 8.6 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจาก คู่มือการใช้งานดิจิทัล)
 - 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจร ตัวมัลติเพลกซ์
 - 5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรกป้อนสถานะตรรกที่ขาอินพุตข้อมูล (Data Input) ขาอินพุตเลือก (Selector Input) และขาเปิดทาง (Enable) ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.1 ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
 - 5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางที่ 5.1

วิชา เทคนิคดิจิทัล /...../.....	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 6 / 10



รูปที่ 8.6 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.1

- *ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

ตารางที่ 8.1 บันทึกผลค่าสถานะตรรกทางเอาต์พุตของวงจรตัวมัลติเพลกซ์

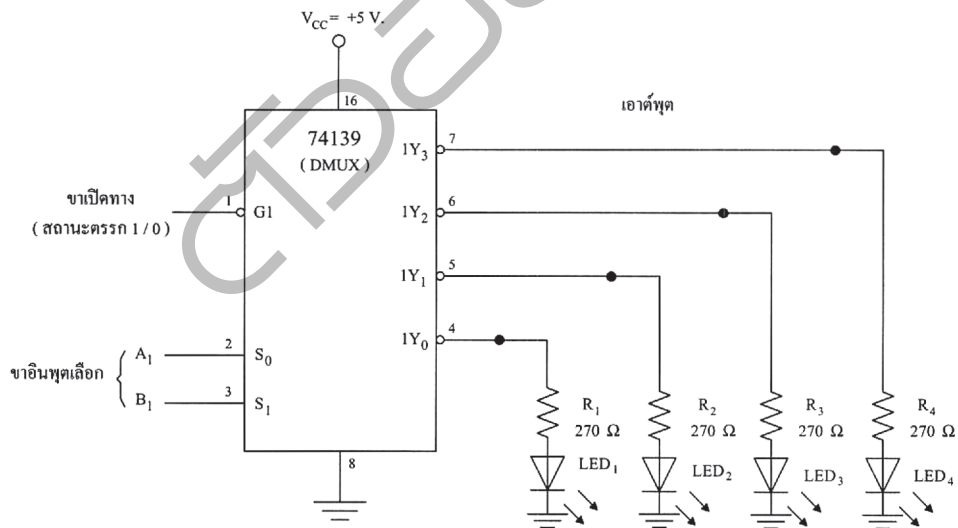
อินพุตเลือก		อินพุตข้อมูล				ขาเปิดทาง	เอาต์พุต
B (S ₁)	A (S ₀)	1C ₀	1C ₁	1C ₂	1C ₃	1G	1Y
X	X	X	X	X	X	H	.....
L	L	L	X	X	X	L	.....
L	L	H	X	X	X	L	.....
L	H	X	L	X	X	L	.....
L	H	X	H	X	X	L	.....
H	L	X	X	L	X	L	.....
H	L	X	X	H	X	L	.....
H	H	X	X	X	L	L	.....
H	H	X	X	X	H	L	.....

เมื่อ H = สถานะตรรก 1, L = สถานะตรรก 0 และ X = สถานะไม่สนใจ

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 8 เรื่อง ตัวมัลติเพลกซ์และตัวดีมัลติเพลกซ์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 7 / 10

5.2 ทดสอบการทำงานของวงจรตัวดีมัลติเพลกซ์

- 5.2.1 ประกอบวงจรตัวดีมัลติเพลกซ์ ชนิดคู่ ขนาดเข้า 2 เส้น ออก 4 เส้น โดยใช้ไอซีเบอร์ 74139 ดังในรูปที่ 8.7 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัล)
- 5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตัวดีมัลติเพลกซ์
- 5.2.3 ใช้สวิตช์ตรรกะป้อนสถานะตรรกะที่ขาอินพุตเปิดทาง (G_1) และขาอินพุตเลือก (Selector Input) ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.2 ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแสดงผล
- 5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุตของวงจรตัวถอดรหัส ลงในตารางที่ 8.2



รูปที่ 8.2 วงจรที่ใช้ในการทดลองข้อ 5.2

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 1 / 10

1. จุดประสงค์

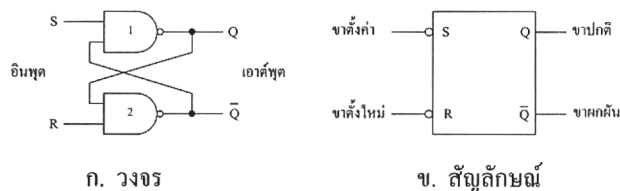
- 1.1 ประกอบวงจรฟลิปฟล็อปชนิดต่าง ๆ
- 1.2 ตรวจสอบการทำงานของฟลิปฟล็อป
- 1.3 วัดสถานะตรรกทางเอาต์พุตของฟลิปฟล็อป
- 1.4 บันทึกค่าสถานะตรรกทางเอาต์พุตของฟลิปฟล็อป
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานฟลิปฟล็อปในงานดิจิทัล

2 ทฤษฎีย่อ

ฟลิปฟล็อป (Flip - Flop) เป็นอุปกรณ์ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการทำงานเป็นไบสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Bistable Multivibrator) ซึ่งมีจำนวนอินพุต 1 ขา หรือมากกว่าก็ได้ ส่วนทางเอาต์พุตจะมีเพียง 2 ขา คือ เอาต์พุตปกติ (Q) และเอาต์พุตผกผัน ($\bar{Q}$) โดยที่ขาเอาต์พุตทั้งสองจะต้องแสดงสถานะตรรกตรงกันข้ามกันเสมอ ฟลิปฟล็อปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แลตช์และฟลิปฟล็อปที่ใช้สัญญาณนาฬิกา

1. แลตช์ (Latch) เป็นอุปกรณ์ฟลิปฟล็อปพื้นฐานที่ใช้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลชั่วคราว ซึ่งจะมีการใช้งานอยู่ 3 ชนิด คือ แลตช์เกตแบบแนนด์ แลตช์เกตแบบนอร์ และแลตช์ประวิง เป็นต้น

1.1 แลตช์เกตแบบแนนด์ (NAND Gate Latch) เป็นวงจรที่ประกอบด้วยเกตแบบแนนด์จำนวน 2 ตัวมาต่อแบบป้อนกลับเชื่อมโยงถึงกัน ดังในรูปที่ 9.1 ซึ่งในบางครั้งแลตช์ชนิดนี้อาจจะเรียกว่า “แลตช์แบบอาร์ - เอส” (R-S Latch) ที่มีอินพุตเป็นชนิดไวงาน-ต่ำ (Active-Low)



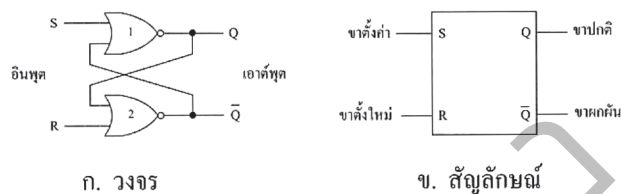
อินพุต		เอาต์พุต
S	R	Q_{n+1}
1	1	Q_n (ค้าง)
0	1	1
1	0	0
0	0	ไม่ใช้งาน

ค. ตารางความจริง

รูปที่ 9.1 แลตช์เกตแบบแนนด์

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา..... คาบ
		แผ่นที่ 2 / 10

1.2 แลตช์เกตแบบนอร์ (NOR Gate Latch) เป็นวงจรที่ประกอบด้วยเกตแบบนอร์จำนวน 2 ตัว มาต่อแบบป้อนกลับเชื่อมโยงถึงกัน ดังในรูปที่ 9.2 ซึ่งในบางครั้งอาจจะเรียกว่า “แลตช์แบบอาร์ - เอส” (R-S Latch) ที่มีอินพุตเป็นชนิดไวงาน-สูง (Active - High)



อินพุต		เอาต์พุต
S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n (ค้าง)
1	0	1
0	1	0
1	1	ไม่ใช้งาน

ค.ตารางความจริง

รูปที่ 9.2 แลตช์เกตแบบนอร์

1.3 แลตช์ประวิง (Delay Latch) หรือในบางครั้งอาจจะเรียกว่า “แลตช์ไบสเทเบิล” (Bistable Latch) เป็นแลตช์ที่ใช้ทำหน้าที่เก็บข้อมูล ซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรแผนภาพสัญลักษณ์และตารางความจริงของแลตช์ประวิง ดังแสดงในรูปที่ 9.3



อินพุต		เอาต์พุต
EN	D	Q_{n+1}
0	X	Q_n
1	0	0
1	1	1

เมื่อ X คือ เงื่อนไข "ไม่สนใจ"

ก. สัญลักษณ์

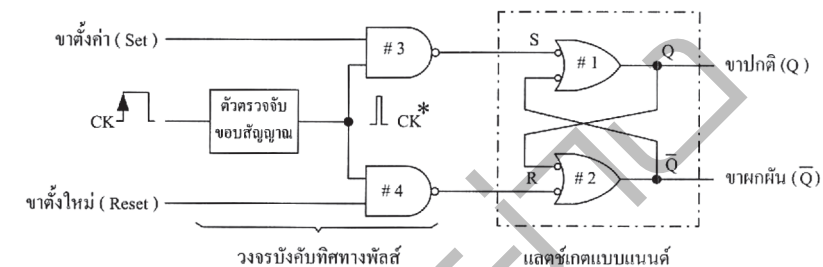
ข. ตารางความจริง

รูปที่ 9.3 แลตช์ประวิง

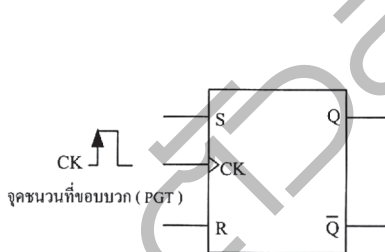
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 10

2. ฟลิปฟล็อปที่ใช้สัญญาณนาฬิกา (Clocked Flip - Flop) ที่ใช้ในวงจรดิจิทัลจะมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ฟลิปฟล็อปแบบอาร์ - เอส ฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค ฟลิปฟล็อปแบบดี และฟลิปฟล็อปแบบที เป็นต้น

2.1 ฟลิปฟล็อปแบบอาร์ - เอส (R-S Flip - Flop) จะมีโครงสร้างของวงจรภายในแผนภาพสัญลักษณ์ และตารางความจริง ดังแสดงในรูปที่ 9.4



ก. แสดงวงจรภายใน



ข. สัญลักษณ์

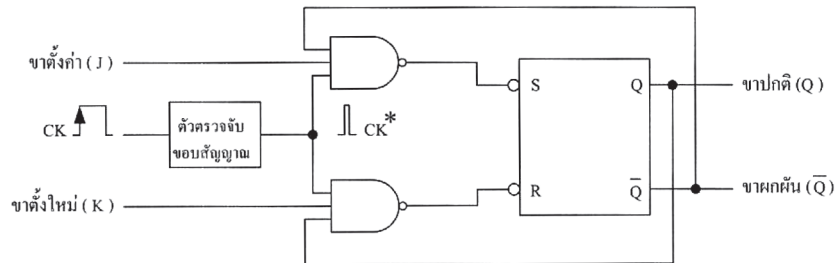
อินพุต		เอาต์พุต	
S	R	CK	Q_{n+1}
0	0	↑	Q_n
1	0	↑	1
0	1	↑	0
1	1	↑	ไม่ใช้งาน

ค. ตารางความจริง

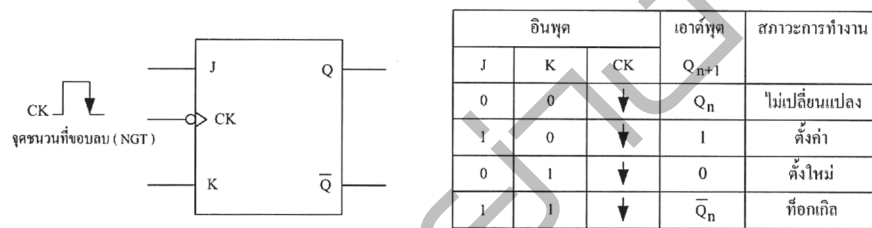
รูปที่ 9.4 ฟลิปฟล็อปแบบอาร์-เอส ที่ใช้สัญญาณนาฬิกา จุดชนวนที่ขอบบวก (PGT)

2.2 ฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค (J-K Flip - Flop) เป็นฟลิปฟล็อปที่มีองค์ประกอบในการทำงานคล้ายกับฟลิปฟล็อปแบบอาร์ - เอส แต่มันจะมีคุณสมบัติเพิ่มเติมในกรณีที่ขา J และขา K เป็นสถานะตรรกะ 1 ทั้งคู่ โดยที่ทางเอาต์พุต Q และ $\bar{Q}$ จะเป็นสถานะตรรกตรงข้ามกับสถานะตรรกเดิมหรือในบางครั้งอาจจะเรียกสถานะตรรกนี้ว่า “ที่อ็อกเกิล” (Toggle) ซึ่งจะแสดงโครงสร้างวงจรภายใน แผนภาพสัญลักษณ์และตารางความจริง ในรูปที่ 9.5

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 10



ก. วงจรภายใน

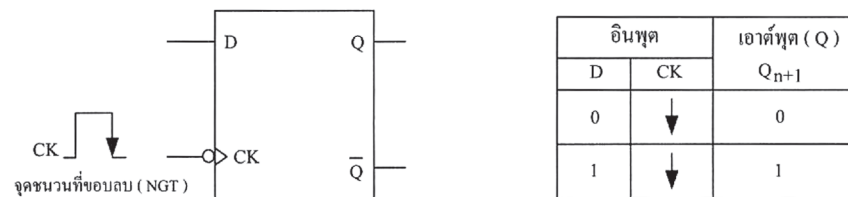


ข. สัญลักษณ์

ค. ตารางความจริง

รูปที่ 9.5 ฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาจุดชนวนที่ขอบลบ (NGT)

2.3 ฟลิปฟล็อปแบบดี (Data Flip - Flop) เป็นฟลิปฟล็อปใช้ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากอินพุตไปยังเอาต์พุตที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกาที่คัดแปลงมาจากฟลิปฟล็อปแบบอาร์ - เอส หรือฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค โดยการใช้เกตแบบน็อคต่อक्रमระหว่างขา S กับขา R หรือขา J กับขา K ซึ่งจะแสดงแผนภาพสัญลักษณ์และตารางความจริงของฟลิปฟล็อปแบบดี ในรูปที่ 9.6



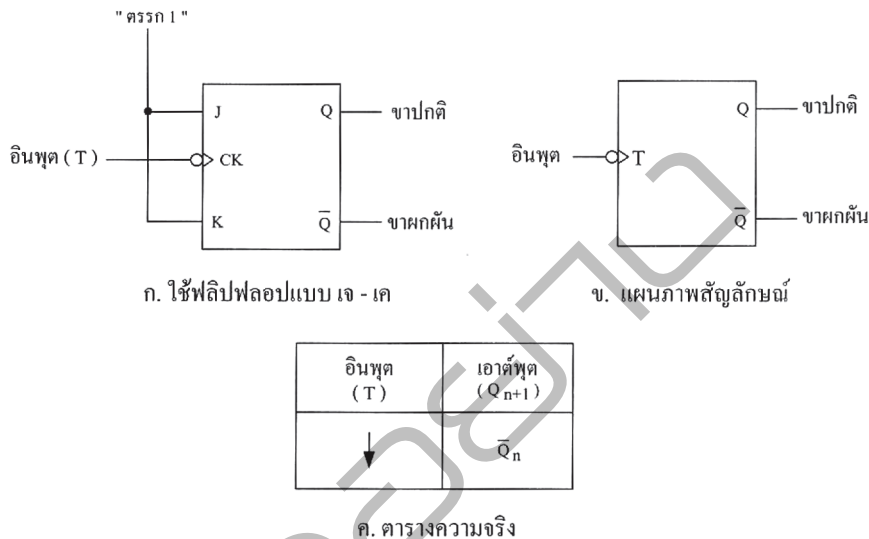
ก. แผนภาพสัญลักษณ์

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 9.6 ฟลิปฟล็อปแบบดี ที่ใช้แบบจุดชนวนที่ขอบลบ (NGT)

วิชา เทคนิคดิจิทัล/...../.....	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 10

2.4 ฟลิปฟล็อปแบบที (Toggle Flip - Flop) จะเป็นฟลิปฟล็อปที่ถูกดัดแปลงมาจากฟลิปฟล็อปแบบเจ-เค โดยการออกแบบให้มีการทำงานเฉพาะในช่วงที่ออกเกิลเท่านั้นซึ่งจะแสดงโครงสร้างวงจรภายใน แผนภาพสัญลักษณ์และตารางความจริงของฟลิปฟล็อปแบบที ในรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 ฟลิปฟล็อปแบบที ที่ใช้แบบจุดชนวนที่ขอบลบ (NGT)

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีที่ทีแอลเบอร์ 7400, 7473 และ 7474 อย่างละ 1 ตัว	3	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	2	ตัว
3.4 แอลอีดี	2	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโปรบ	1	ตัว
3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์	1	เครื่อง
3.8 เครื่องกำเนิดฟังก์ชัน (Function Generator)	1	เครื่อง
3.9 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.10 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.11 สายต่อวงจร		

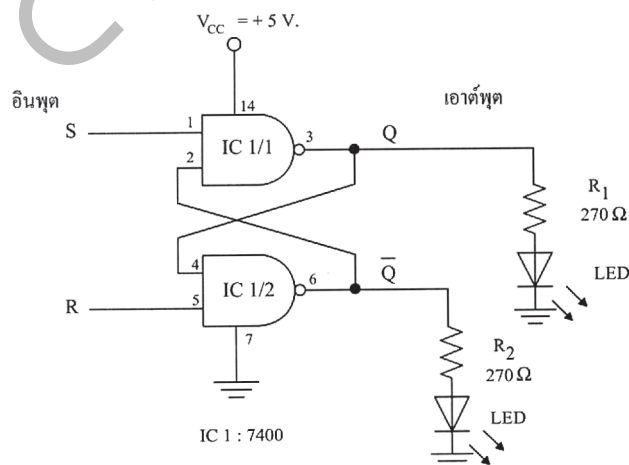
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 6 / 10

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการทำงานของแลตช์เกิดแบบแนนด์
- 4.2 ทดสอบการทำงานของฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค
- 4.3 ทดสอบการทำงานของฟลิปฟล็อปแบบดี

5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการทำงานของแลตช์เกิดแบบแนนด์
 - 5.1.1 ประกอบวงจรแลตช์เกิดแบบแนนด์ ดังในรูปที่ 9.8 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
 - 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรแลตช์เกิดแบบแนนด์
 - 5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรกบ้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนด ให้ส่วนทางด้านเอาต์พุตขาปกติ (Q) และขาผกผัน ($\bar{Q}$) ต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
 - 5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 9.8 (ข)



ก. วงจรแลตช์เกิดแบบแนนด์

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 10
...../...../.....		

อินพุต		เอาต์พุต		ความหมาย ของสถานะตรรก
S	R	Q	$\bar{Q}$	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

ข. ตารางความจริง

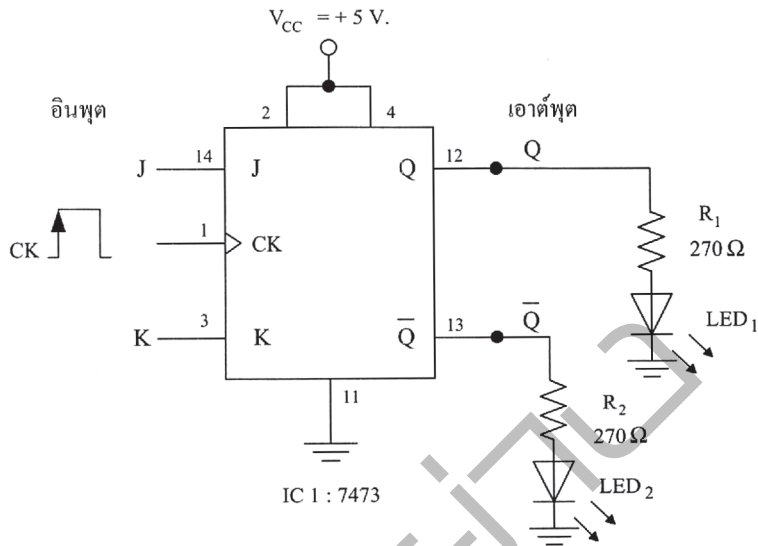
รูปที่ 9.8 การทดลองที่ 1

- *ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟจั่วบวกกับปลายสายไฟจั่วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D. C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

5.2 ทดสอบการทำงานของฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค

- 5.2.1 ประกอบวงจรฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค ในรูปที่ 9.9 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
- 5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์/1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค
- 5.2.3 ใช้เครื่องกำเนิดฟังก์ชันเลือกย่านการผลิตสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 25 เฮิร์ตซ์ และป้อนให้แก่ขาอินพุต CK ของฟลิปฟล็อป
- 5.2.4 ใช้สวิตช์ตรรก์ป้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
- 5.2.5 ใช้ลอจิกโปรบตรวจสอบสถานะตรรกของสัญญาณนาฬิกา (CK) ที่ขา 1 ของฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค
- 5.2.6 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางขาอินพุต CK และเอาต์พุตทั้งสองของฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค ลงในตารางความจริงในรูปที่ 9.9 (ข)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 8 / 10



ก. วงจรฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค

อินพุต			เอาต์พุต		สถานะตรรก
J	K	CK	Q	$\bar{Q}$	
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

ข. ตารางความจริง

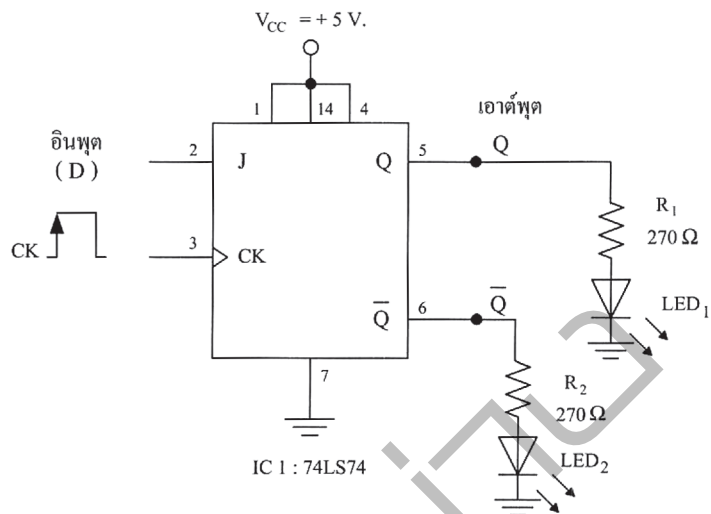
รูปที่ 9.9 การทดลองที่ 5.2

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

5.3 ทดสอบการทำงานของฟลิปฟล็อปแบบดี

- 5.3.1 ประกอบวงจรฟลิปฟล็อปแบบดี ดังในรูปที่ 9.10 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
- 5.3.2 ให้ทำการทดลองวงจรฟลิปฟล็อปแบบดีเหมือนกับข้อ 5.2.2 ถึงข้อ 5.2.5
- 5.3.3 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางขาอินพุต CK และเอาต์พุตทั้งสองของฟลิปฟล็อปแบบดี ลงในตารางความจริงในรูปที่ 9.10 (ข)

วิชา เทคนิคดิจิทัล/...../.....	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 9 / 10



ก. ฟลิปฟล็อปแบบดี

อินพุต		เอาต์พุต		สถานะตรรก
D	CK	Q	$\bar{Q}$	
0				
1				

ข. ตารางความจริง

รูปที่ 9.10 การทดลองที่ 5.3

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับการทดลองที่ 5.1)

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 9 เรื่อง ฟลิปฟล็อป	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 10 / 10
...../...../.....		

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงอธิบายความแตกต่างระหว่างฟลิปฟล็อปแบบอาร์-เอส และฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

7.2 จงแสดงวิธีการแปลงฟลิปฟล็อปแบบอาร์-เอส ให้เป็นฟลิปฟล็อปแบบที มาให้ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

7.3 จงแสดงวิธีการแปลงฟลิปฟล็อปแบบเจ - เค ให้เป็นฟลิปฟล็อปแบบดี มาให้ถูกต้อง

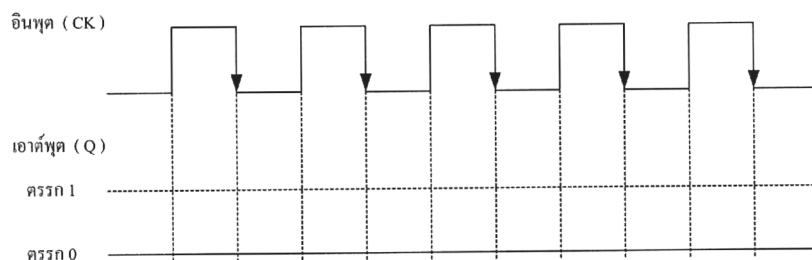
.....

.....

.....

.....

7.4 จงเขียนสัญญาณเอาต์พุตขาปกติ (Q) ของฟลิปฟล็อปแบบที จากสัญญาณนาฬิกา (CK) ที่ป้อนเข้ามาให้ถูกต้อง



รูปที่ 9.11

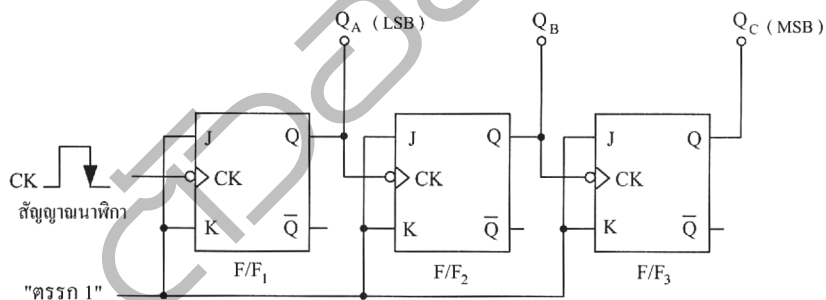
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 13
...../...../.....		

1. จุดประสงค์

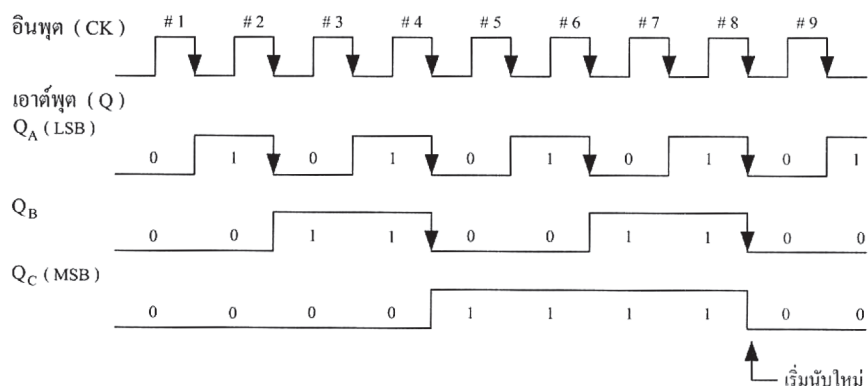
- 1.1 ประกอบวงจรนับแบบอะซิงโครนัสที่ใช้ฟลิปฟล็อป
- 1.2 ประกอบวงจรนับแบบซิงโครนัสที่ใช้ฟลิปฟล็อป
- 1.3 ประกอบวงจรนับที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493
- 1.4 ตรวจสอบการทำงานของวงจรนับชนิดต่าง ๆ
- 1.5 บันทึกผลทางเอาต์พุตของวงจรนับชนิดต่าง ๆ
- 1.6 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานวงจรนับในระบบดิจิทัล

2. ทฤษฎีย่อ

วงจรนับแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Counter) เป็นวงจรนับที่ฟลิปฟล็อปภายในวงจรมีการทำงานไม่พร้อมกัน กล่าวคือ จะมีฟลิปฟล็อปอย่างน้อย 1 ตัว โดยที่ขาอินพุต CK ไม่ได้ถูกต่อเข้ากับสัญญาณนาฬิกา (CK) จากภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 10.1



ก. วงจรแบบอะซิงโครนัส ขนาด 3 บิต



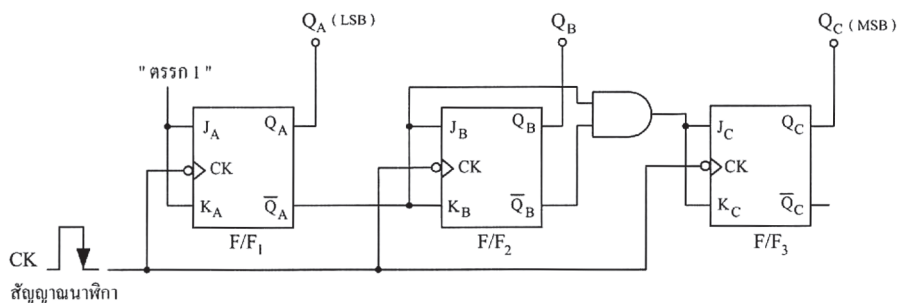
ข. แสดงรูปคลื่นสัญญาณ

รูปที่ 10.1 วงจรนับแบบอะซิงโครนัสที่ใช้ฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 13

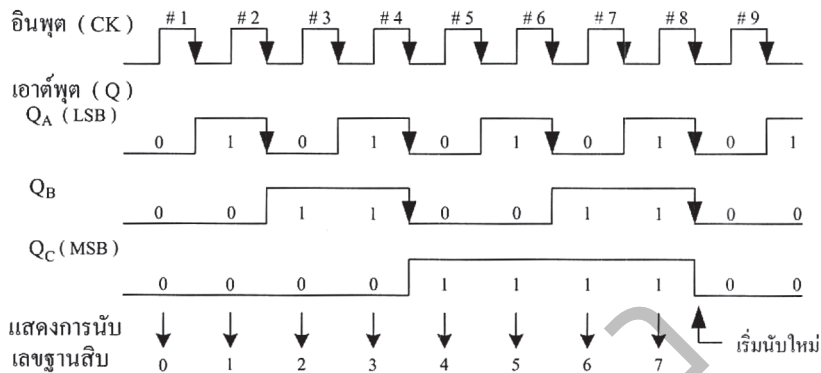
จากในรูปที่ 10.1 จะเป็นวงจรนับเลขฐานสองได้ตั้งแต่ 000 ถึง 111 ซึ่งประกอบด้วย ฟลิปฟล็อปแบบ J - K จำนวน 3 ตัว ถูกใช้งานเป็นสถานะที่อ็อกเกิล (Toggle) โดยที่อินพุต J กับขา K ของฟลิปฟล็อปแต่ละตัวจะต่อเข้ากับสถานะตรรก 1 และทางเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปจะเปลี่ยนแปลงสถานะตรรกเป็นค่าตรงข้ามกับสถานะเดิมทุกครั้งในขณะที่มีสัญญาณนาฬิกาที่ขาอินพุต CK ของฟลิปฟล็อปแต่ละตัวซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปทางขอบลบ (NGT) ข้อดีของวงจรนับแบบอะซิงโครนัส คือ สร้างวงจรนับได้ง่าย แต่ก็มีข้อเสีย คือ การใช้สัญญาณเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปตัวก่อนหน้ามาเป็นอินพุต CK ของฟลิปฟล็อปตัวถัดไป ซึ่งอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับช่วงเวลาประวิการแพร่กระจายในวงจรนับอันจะมีผลทำให้ความถี่ที่สามารถใช้งานได้ของวงจรนับนี้มีขีดจำกัด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากฟลิปฟล็อป 1 ตัว ใช้เวลาในการทำงาน 50 นาโนวินาที (nS.) ดังนั้นวงจรนับในรูปที่ 10.1 จะใช้ช่วงคาบเวลารวม (T) มีค่าเท่ากับ $3 \times 50 \text{ nS.} = 150 \text{ nS.}$ นั่นคือความถี่ใช้งานสูงสุดของวงจรนับ จะมีเท่ากับ $\frac{1}{150 \times 10^{-9}} = 6.67 \text{ เมกะเฮิรตซ์}$ เท่านั้น

วงจรนับแบบซิงโครนัส (Synchronous Counter) หรือในบางทีอาจจะเรียกว่า “วงจรนับแบบขนาน” (Parallel Counter) เป็นวงจรนับที่ใช้สัญญาณนาฬิกา (CK) จากภายนอกป้อนให้แก่ขาอินพุต CK ของฟลิปฟล็อปทุกตัวพร้อมกัน จากการทำในลักษณะเช่นนี้จะส่งผลให้ฟลิปฟล็อปทุกตัวเปลี่ยนสถานะตรรกพร้อม ๆ กัน ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถใช้วิธีการกำหนดคอนพุตได้เหมือนกับวงจรนับแบบอะซิงโครนัส โดยการกำหนดคอนพุตของวงจรนับแบบซิงโครนัสจึงเป็นการนำเอาเอาต์พุตของสถานะก่อนหน้าที่มีสัญญาณนาฬิกา (CK) มาเป็นอินพุตให้แก่ฟลิปฟล็อปแต่ละตัว และขณะเมื่อมีสัญญาณนาฬิกา (CK) ก็จะทำให้ได้เอาต์พุตสถานะถัดไปปรากฏขึ้นมา



ก. วงจรนับแบบซิงโครนัส ขนาด 3 บิต

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 13



ข. แสดงรูปคลื่นสัญญาณ

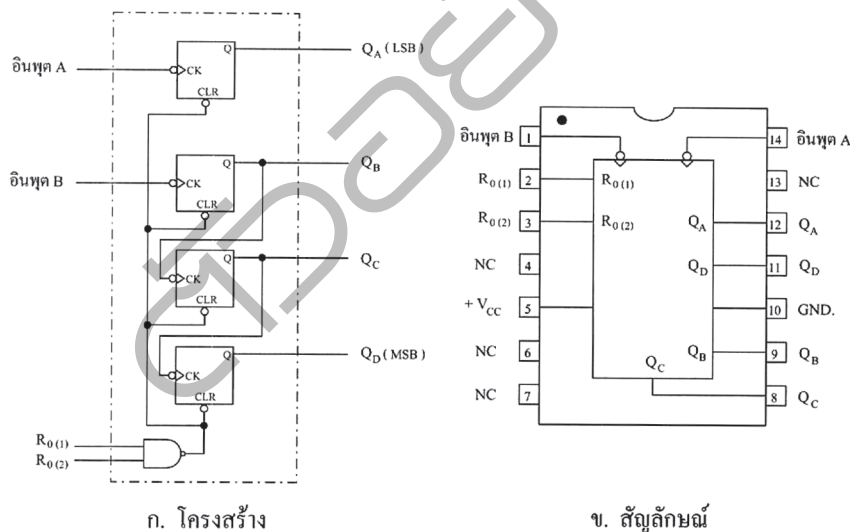
รูปที่ 10.2 วงจรนับแบบซิงโครนัสที่ใช้ฟลิปฟล็อปแบบ เจ - เค

จากในรูปที่ 10.2 (ก) จะเป็นวงจรนับแบบซิงโครนัส Mod - 8 ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ เมื่อสัญญาณนาฬิกาที่มีช่วงการเปลี่ยนแปลงไปทางขอบลบ (NGT) ปรากฏขึ้น ฟลิปฟล็อปตัวที่มีอินพุต J และ K เป็นตรรก 1 จะอยู่ในสถานะที่ออกเกิด กล่าวคือ ถ้าวางจรฟลิปฟล็อปตัวที่หนึ่ง (F/F_1) มีอินพุต J_A และ K_A จะถูกต่อให้เป็นตรรก 1 ($J_A = K_A = 1$) ไว้ตลอดเวลา ขณะเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกแรก (#1) ป้อนเข้ามาในวงจรนับนี้ฟลิปฟล็อปทุกตัวจะได้รับสัญญาณนาฬิกานี้พร้อมกันแต่จะมีเพียงฟลิปฟล็อปตัวที่หนึ่ง (F/F_1) เท่านั้น ที่มีการทำงานที่ออกเกิด โดยที่ทางเอาต์พุต Q_A จะเปลี่ยนแปลงจากสถานะตรรก 0 เป็นตรรก 1 แต่เนื่องจากเอาต์พุต Q_A สถานะก่อนจะมีค่าเป็นตรรก 0 ซึ่งจะทำให้ฟลิปฟล็อปตัวที่สอง (F/F_2) และฟลิปฟล็อปตัวที่สาม (F/F_3) มีอินพุต J และ K เป็นตรรก 0 ถึงแม้ว่าสัญญาณนาฬิกา (#1) ถูกป้อนเข้ามา ก็จะไม่ที่ออกเกิด และขณะเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกที่สอง (#2) ป้อนเข้ามาซึ่งจะทำให้ฟลิปฟล็อปตัวที่หนึ่ง (F/F_1) และฟลิปฟล็อปตัวที่สอง (F/F_2) ทำการที่ออกเกิด โดยที่ทางเอาต์พุต Q_A จะเปลี่ยนแปลงจากสถานะตรรก 1 เป็นตรรก 0 และเอาต์พุต Q_B จะเปลี่ยนแปลงจากสถานะตรรก 0 เป็นตรรก 1 เพราะว่าในครั้งนี้อินพุต J_B และ K_B ของฟลิปฟล็อปตัวที่สอง (F/F_2) จะมีค่าตรรกเป็น 1 ตามสถานะก่อนของเอาต์พุต Q_A ($J_B = K_B = Q_A$) ทำให้เมื่อได้รับสัญญาณนาฬิกา (#2) แล้วจะที่ออกเกิด ส่วนฟลิปฟล็อปตัวที่สาม (F/F_3) จะทำการที่ออกเกิดหรือไม่ โดยจะขึ้นอยู่กับเอาต์พุต Q_B ว่าสถานะก่อนที่จะที่ออกเกิดนั้นมีค่าเป็นตรรก 1 หรือตรรก 0 กล่าวคือ ในกรณีถ้า

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 13

เอาต์พุต Q_B เป็นสถานะตรรก 1 ฟลิปฟลอปตัวที่สาม (F/F_3) จะที่อกเกิด แต่ถ้าเอาต์พุต Q_B เป็นตรรก 0 จะไม่มีผลทำให้ฟลิปฟลอปตัวที่สาม (F/F_3) อยู่ในสถานะที่อกเกิดอันจะมีผลเนื่องมาจากอินพุต J_C และ K_C จะรอให้อาต์พุต Q_A และเอาต์พุต Q_B เป็นสถานะตรรก 1 พร้อมกันทั้งคู่ ($J_C = K_C = Q_A \cdot Q_B$) ซึ่งจะแสดงแผนภาพให้จังหวะของวงจรนับแบบซิงโครนัส Mod - 8 ดังในรูปที่ 10.2 (ข)

วงจรนับแบบรีปิลที่ใช่วงจรรวม (Integrated - Circuit Ripple Counter) เป็นวงจรนับชนิดหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิใช้งานกันอย่างมาก จึงได้มีการผลิตวงจรนับนี้เป็นวงจรรวมขนาดกลาง (Medium - Scale Integration) หรือไอซี (IC) ที่มีจำนวนฟลิปฟลอปประกอบอยู่ในหลายตัว ในบทเรียนนี้จะขอยกตัวอย่างการใช้นิไอซี เบอร์ 7493 เป็นวงจรนับเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งจะมีรายละเอียดโครงสร้างภายใน ดังแสดงในรูปที่ 10.3



อินพุตลบ (CLR)		เอาต์พุตวงจรนับ			
$R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
H	H	L	L	L	L
L	X	วงจรนับ			
X	L	วงจรนับ			

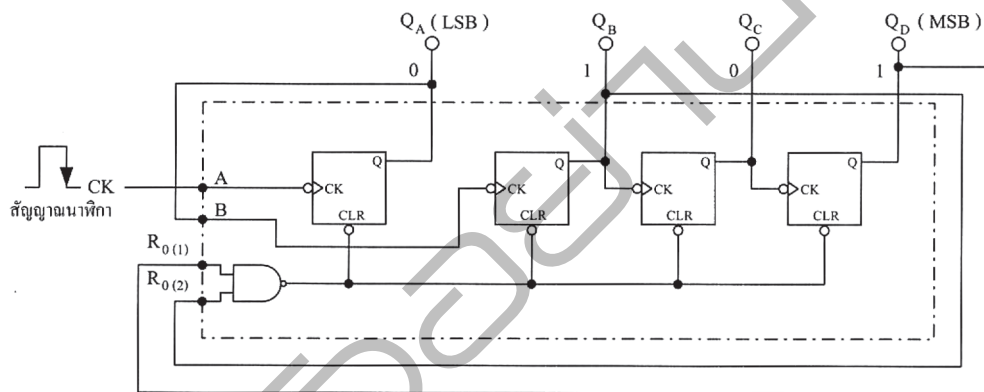
เมื่อ H = ตรรก 1, L = ตรรก 0

ค. ตารางความจริงแสดงฟังก์ชัน ลบ/วงจรนับ

รูปที่ 10.3 แสดงหลักการของไอซีเบอร์ 7493

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 13

เมื่อพิจารณาวงจรภายในของไอซีเบอร์ 7493 ในรูปที่ 10.3 (ก) ซึ่งจะแบ่งวงจรนับออกเป็น 2 ส่วน คือ วงจรนับ Mod - 2 ได้แก่ เอาต์พุต Q_A และวงจรนับ Mod - 8 ได้แก่ เอาต์พุต Q_D , Q_C และ Q_B ตามลำดับ ในกรณีถ้าวงจรนับใช้งานไม่เกิน Mod - 8 ก็ใช้เฉพาะเอาต์พุต Q_D , Q_C และ Q_B โดยที่จะต้องป้อนสัญญาณนาฬิกา (CK) ให้แก่ขาอินพุต B แต่ในกรณีถ้าต้องการใช้งานเป็นวงจรนับ Mod - 9 ถึง Mod - 16 ก็สามารถกระทำได้โดยต่อเอาต์พุต Q_A เข้ากับ อินพุต B แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกา (CK) ให้แก่อินพุต A เท่านั้น



รูปที่ 10.4 แสดงวงจรนับ Mod - 10 ที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493

จากในรูปที่ 10.4 จะแสดงตัวอย่างการใช้ไอซีเบอร์ 7493 ทำงานเป็นวงจรนับ Mod - 10 ที่มีสภาวะการนับจากสถานะตรรก 0000 ไปจนถึง 1001 เมื่อพิจารณาในขณะที่วงจรนับมีสภาวะการนับถึงสถานะตรรก 1001 และสถานะตรรกถัดไป คือ 1010 ซึ่งจำเป็นต้องนำค่าสถานะนี้ไปลบล้างการทำงานของวงจรนับ โดยที่ไอซีเบอร์ 7493 จะใช้เกตแบบแนนด์ 2 อินพุต คือ $R_{0(1)}$ และ $R_{0(2)}$ ที่ต้องถูกต่อเข้ากับเอาต์พุต Q_D และ Q_B ที่เป็นสถานะตรรก 1 ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตเป็นตรรก 0 ย้ายให้แก่ขา CLR ของฟลิปฟลอป เพื่อทำการลบล้างให้วงจรนับนี้เริ่มต้นสภาวะการนับที่สถานะตรรก 0000 ใหม่อีกครั้ง

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 13

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1	แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2	ไอซีทีทีแอล เบอร์ 7400 , 7408 , 7411 และ 7493 อย่างละ 1 ตัว	4	ตัว
3.3	ไอซีทีทีแอล เบอร์ 7476	2	ตัว
3.4	ความต้านทาน 270 โอห์ม	4	ตัว
3.5	แอลอีดี	4	ตัว
3.6	ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7	มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.8	เครื่องกำเนิดฟังก์ชัน (Function Generator)	1	เครื่อง
3.9	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1แอมป์	1	เครื่อง
3.10	ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.11	คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.12	สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

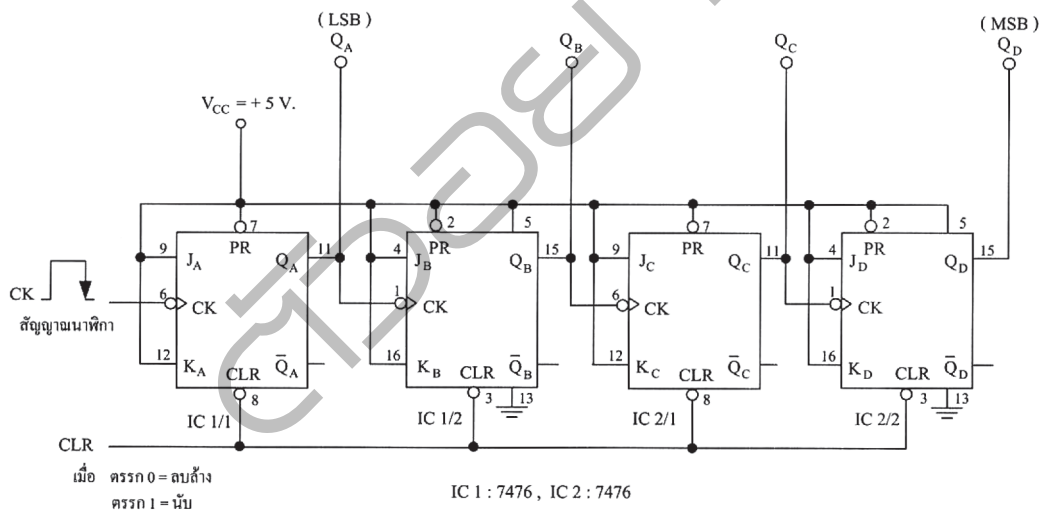
- 4.1 ทดสอบการทำงานของวงจรนับแบบอะซิงโครนัส
- 4.2 ทดสอบการทำงานของวงจรนับแบบซิงโครนัส
- 4.3 ทดสอบการทำงานของวงจรนับ Mod - 14 ที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการทำงานของวงจรนับแบบอะซิงโครนัส
 - 5.1.1 ประกอบวงจรนับแบบอะซิงโครนัสขนาด 4 บิต ดังแสดงในรูปที่ 10.5 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
 - 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรนับแบบอะซิงโครนัส
 - 5.1.3 ต่อเอาต์พุต (Q) ของฟลิปฟล็อปทุกตัวเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
 - 5.1.4 ต่อขา CLR ของวงจรนับเข้ากับสวิตช์ตรรก

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 7 / 13
...../...../.....		

- 5.1.5 ทำการลบล้างการทำงานของวงจรนับนี้ โดยที่ป้อนสถานะตรรก 0 ให้แก่ขา CLR ช่วงเวลาหนึ่งแล้วกลับไปให้สถานะตรรก 1 เพื่อเริ่มต้นการนับเลขฐานสอง
- 5.1.6 ใช้เครื่องกำเนิดฟังก์ชันเลือกย่านการผลิตสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่ 25 เฮิรตซ์ และป้อนให้แก่ขาอินพุต CK ของฟลิปฟล็อป
- 5.1.7 ใช้ลอจิกโพรบตรวจสอบสถานะตรรกของสัญญาณนาฬิกา (CK) ที่ขา 6 ของฟลิปฟล็อป (IC1/1)
- 5.1.8 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางขาอินพุต CK ที่ขา 6 และทางเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปทุกตัว ลงในตารางที่ 10.1



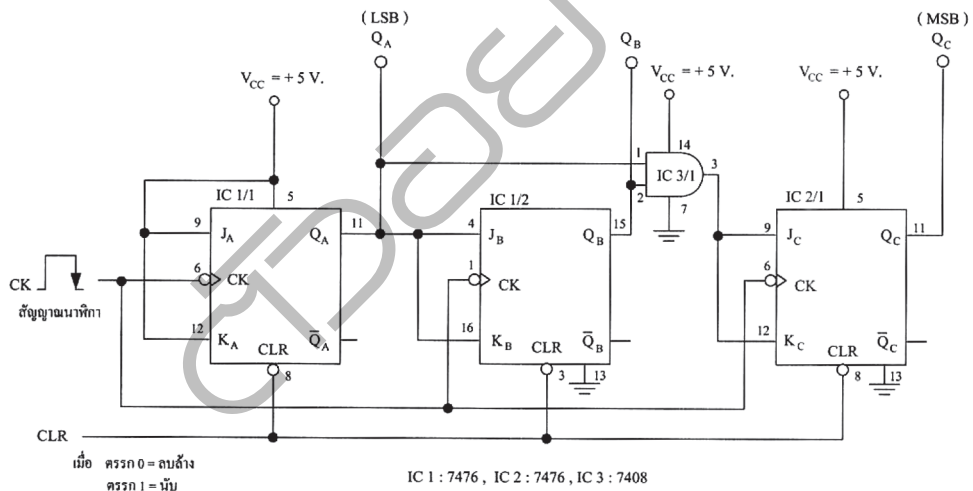
รูปที่ 10.5 การทดลองที่ 5.1

- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 9 / 13

5.2 ทดสอบการทำงานของวงจรรนับแบบซิงโครนัส

- 5.2.1 ประกอบวงจรรนับแบบซิงโครนัส ขนาด 3 บิต ดังแสดงในรูปที่ 10.6 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
- 5.2.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรรนับแบบซิงโครนัส
- 5.2.3 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.3 ถึงข้อ 5.1.7
- 5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางขาอินพุต CK ที่ขา 6 และทางเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปทุกตัว ลงในตารางที่ 10.2



รูปที่ 10.6 การทดลองที่ 5.2

- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)แตะสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 10 / 13
...../...../.....		

ตารางที่ 10.2 บันทึกผลการทดลองที่ 5.2

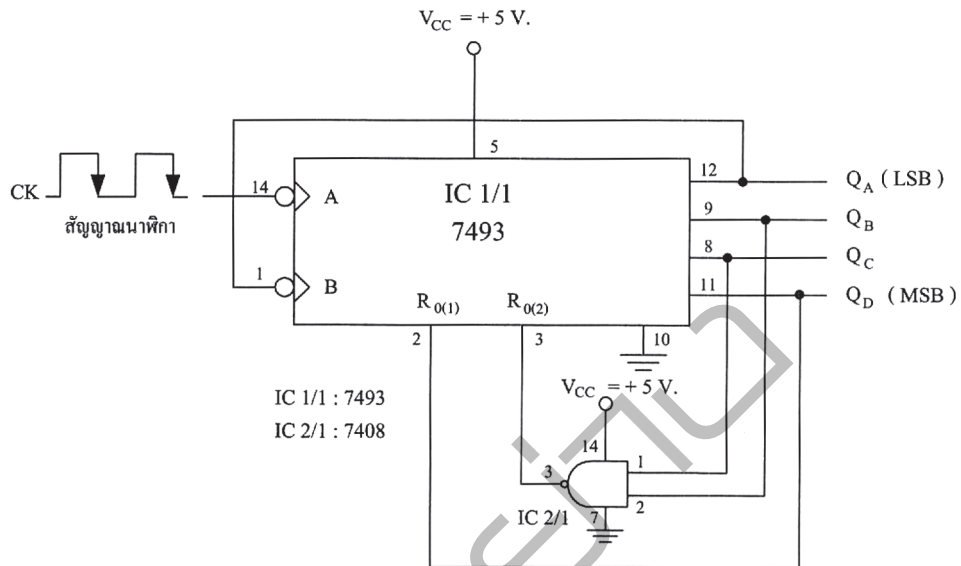
ลบล่าง (CLR)	ลำดับสัญญาณนาฬิกา (CK)	เอาต์พุต		
		Q _C	Q _B	Q _A
0				
1				
1				
1				
1				
1				
1				
1				
1				
1				
1				

จากการทดลองข้อ 5.2 เป็นวงจรนับแบบซิงโครนัสแบบ.....
ที่มีสถานะการนับค่าสถานะตรรก.....ถึง.....

5.3 ทดสอบการทำงานของวงจรนับ Mod - 14 ที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493

- 5.3.1 ประกอบวงจรนับ Mod - 14 ที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493 ดังแสดงในรูปที่ 10.6 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
- 5.3.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรนับ Mod - 14 ที่ใช้ไอซีเบอร์ 7493
- 5.3.3 ค่อยเอาต์พุต (Q) ของฟลิปฟล็อปทุกตัวเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
- 5.3.4 ใช้เครื่องกำเนิดฟังก์ชันเลือกย่านการผลิตสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 25 เฮิร์ตซ์ และป้อนให้แก่ขาอินพุต CK ที่ขา 14
- 5.3.5 ใช้ลอจิกโปรบตรวจสอบสถานะตรรกของสัญญาณนาฬิกา (CK) ที่ขา 14
- 5.3.6 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางขาอินพุต CK ที่ขา 14 และเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปทุกตัว ลงในตารางที่ 10.3

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 10 เรื่อง วงจรนับ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 11 / 13



รูปที่ 10.7 การทดลองที่ 5.3

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองข้อ 5.2)

ตารางที่ 10.3 บันทึกผลการทดลองที่ 5.3

ลำดับสัญญาณนาฬิกา (CK)	เอาต์พุต			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
# 0				
# 1				
# 2				
# 3				
# 4				
# 5				
# 6				
# 7				

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 12
...../...../.....		

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ฟลิปฟlop
- 1.2 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซี
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลชนิดต่าง ๆ
- 1.4 บันทึกผลทางเอาต์พุตของวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลชนิดต่าง ๆ
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลในระบบดิจิทัล

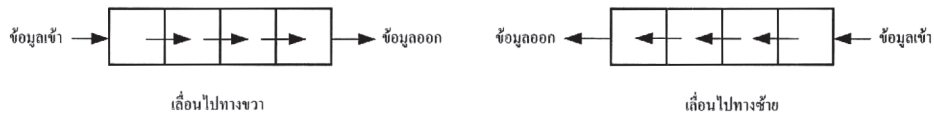
2. ทฤษฎีย่อ

รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล (Shift Register) จะเป็นวงจรดิจิทัลที่ใช้งานเกี่ยวข้องกับข้อมูล (Data) ซึ่งมีคุณสมบัติของการทำหน้าที่ได้ 2 ประการ ในช่วงเวลาเดียวกัน คือ หน่วยเก็บข้อมูล (Storage) และการเลื่อนข้อมูล (Data Shift) ในการพิจารณาขนาดความจุของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลจะขึ้นอยู่กับจำนวนของบิตที่ใช้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลตรรก โดยที่เราทราบกันคืออยู่แล้วว่าฟลิปฟlop 1 ตัว จะใช้เก็บข้อมูลทางตรรกได้เพียง 1 บิต คือ ตรรก 0 หรือตรรก 1 ดังนั้นวงจรฟลิปฟlop แต่ละชุดที่นำมาสร้างเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลนี้จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดขนาดความจุของรีจิสเตอร์นั้น ๆ นั่นเอง ส่วนในการสร้างรีจิสเตอร์มาใช้งานนั้นอาจจะประกอบด้วยฟลิปฟlop และเกตทางตรรกชนิดต่าง ๆ ต่อทำงานร่วมกัน โดยหลักการทำงานของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลพื้นฐาน ดังแสดงในรูปที่ 11.1 ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

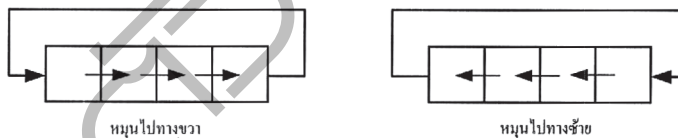
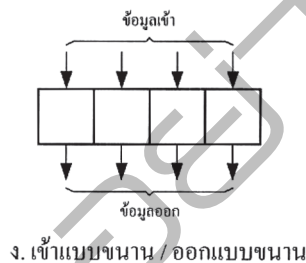
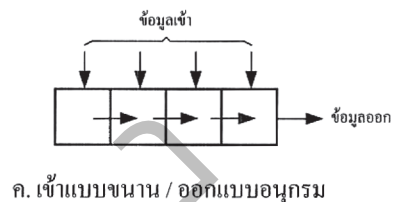
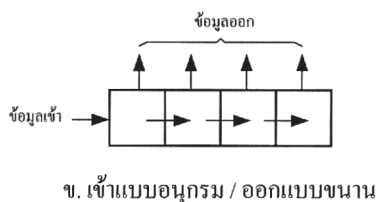
1. ข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบอนุกรม (Serial - in / Serial - out : SISO)
2. ข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบขนาน (Serial - in / Parallel - out : SIPO)
3. ข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบอนุกรม (Parallel - in / Serial - out : PISO)
4. ข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบขนาน (Parallel - in / Parallel - out : PIPO)

นอกจากนี้รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลยังสามารถออกแบบใช้งานเป็นวงจรรนับรีจิสเตอร์ได้ คือ วงจรรนับวน (Ring Counter) และวงจรรนับแบบจอห์นสัน (Johnsons Counter)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 12



ก. เข้าแบบอนุกรม / ออกแบบอนุกรม

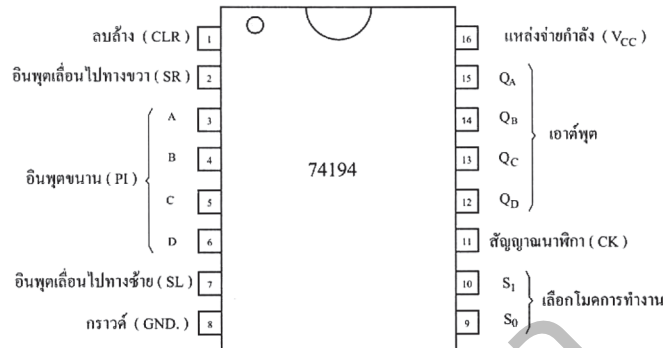


จ. วงจรนับวน

รูปที่ 11.1 แสดงรูปแบบการใช้งานรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลขนาด 4 บิต

วงจรรวมที่ใช้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล ไอซีเบอร์ที่นิยมใช้กันมาก คือ 74194 (4 Bit-Universal Shift Register) เพราะว่าสามารถใช้สร้างเป็นวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบอนุกรม (SISO) รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบขนาน (SIPO) และรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบขนาน (PIPO) เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถต่อขยายเป็นวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลขนาด 8 บิต หรือมากกว่าได้ ซึ่งไอซีเบอร์ 74194 จะมีการจัดวางขาและตารางการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 11.2

วิชา เทคนิคดิจิทัล /...../.....	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 12



ก. แสดงขาต่อใช้งาน

อินพุต										เอาต์พุต			
ลบล้าง (CLR)	โหมด		CK	อนุกรม		ขนาน				Q _A	Q _B	Q _C	Q _D
	S _i	S ₀		ซ้าย	ขวา	A	B	C	D				
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L
H	X	X	L	X	X	X	X	X	X	Q _{AO}	Q _{BO}	Q _{CO}	Q _{DO}
H	H	H	▲	X	X	a	b	c	d	a	b	c	d
H	L	H	▲	X	H	X	X	X	X	H	Q _{AN}	Q _{BN}	Q _{CN}
H	L	H	▲	X	L	X	X	X	X	L	Q _{AN}	Q _{BN}	Q _{CN}
H	H	L	▲	H	X	X	X	X	X	Q _{BN}	Q _{CN}	Q _{DN}	H
H	H	L	▲	L	X	X	X	X	X	Q _{BN}	Q _{CN}	Q _{DN}	L
H	L	L	X	X	X	X	X	X	X	Q _{AO}	Q _{BO}	Q _{CO}	Q _{DO}

- เมื่อ
- H = สถานะตรรก 1
 - L = สถานะตรรก 0
 - X = ไม่สนใจ
 - ▲ = สัญญาณนาฬิกาขอบบวก (PGT)
 - a b c d = ตรรก 1 หรือ 0 ที่ป้อนเข้าที่อินพุต A, B, C, D
 - Q_{AO}, Q_{BO}, Q_{CO}, Q_{DO} = เอาต์พุตก่อนมีการเปลี่ยนแปลง
 - Q_{AN}, Q_{BN}, Q_{CN}, Q_{DN} = เอาต์พุตหลังจากมีการเปลี่ยนแปลง ขณะเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาที่อินพุต CK

ข. ตารางการทำงานของไอซีเบอร์ 74194

รูปที่ 11.2 แสดงหลักการทำงานของไอซีเบอร์ 74194

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 4 / 12

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1	แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2	ไอซีทีทีแอล เบอร์ 7474 และ 74194 อย่างละ 1 ตัว	2	ตัว
3.4	ความต้านทาน 270 โอห์ม	4	ตัว
3.5	แอลอีดี	4	ตัว
3.6	ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7	มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.8	เครื่องกำเนิดฟังก์ชัน (Function Generator)	1	เครื่อง
3.9	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1แอมป์	1	เครื่อง
3.10	ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.11	คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.12	สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

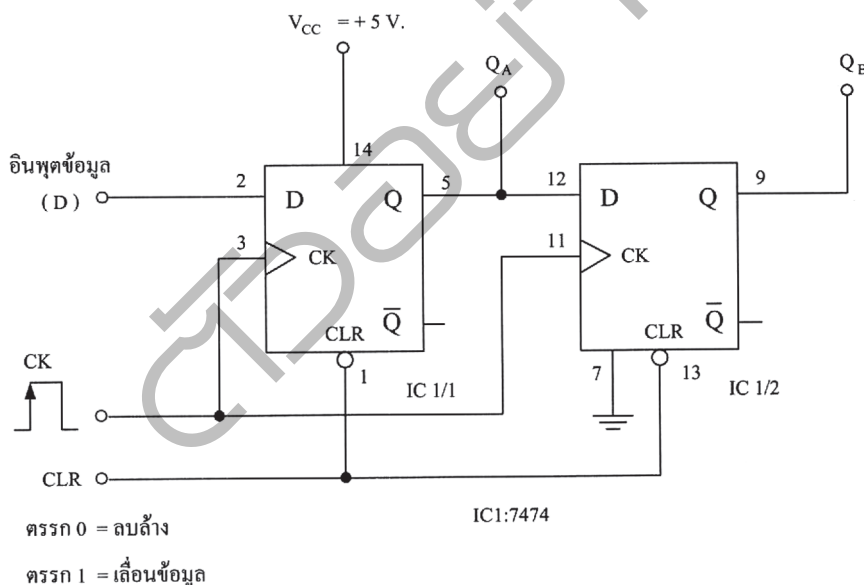
- 4.1 ทดสอบการทำงานของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ฟลิปฟlop
- 4.2 ทดสอบการทำงานของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซีเบอร์ 74194

5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการทำงานของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ฟลิปฟlop
 - 5.1.1 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ฟลิปฟlop (ไอซีเบอร์ 7474) ดังแสดงในรูปที่ 11.3 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
 - 5.1.2 ต่อเอาต์พุต (Q) ของฟลิปฟlopทุกตัวเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผล
 - 5.1.3 ต่อขา CLR ของวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้ากับสวิทช์ตรรก
 - 5.1.4 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล
 - 5.1.5 ใช้เครื่องกำเนิดฟังก์ชันเลือกย่านการผลิตสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่ 25 เฮิร์ตซ์ และป้อนให้แก่ขาอินพุต CK ของฟลิปฟlop

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 12

- 5.1.6 ทำการลบการทำงานของวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล โดยที่ป้อนสถานะตรรก 0 ให้แก่ขา CLR ในช่วงเวลาหนึ่งแล้วกลับไปสถานะตรรก 1 เพื่อเริ่มต้นการเลื่อนข้อมูล
- 5.1.7 ป้อนข้อมูลตรรกตามตารางที่ 11.1 ให้แก่ขาอินพุต (D) ของฟลิปฟล็อป
- 5.1.8 ใช้ลอจิกโพรบตรวจสอบสถานะตรรกของสัญญาณนาฬิกา (CK) ที่ขา 3 ของฟลิปฟล็อป (IC1/1)
- 5.1.9 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางขาอินพุต CK ที่ขา 3 และทางเอาต์พุตของวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลทุกตัว ลงในตารางที่ 11.1



รูปที่ 11.3 การทดลองที่ 5.1

- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระมัดระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

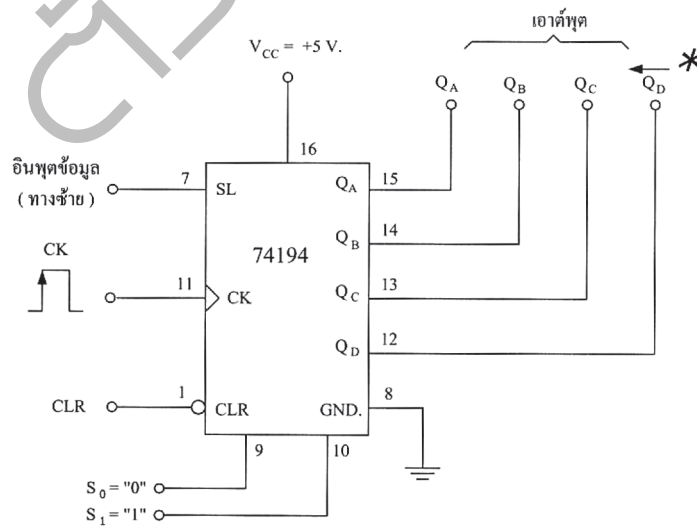
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 6 / 12

ตารางที่ 11.1 บันทึกผลการทดลองที่ 5.1

อินพุต			เอาต์พุต	
ลบล้าง (CLR)	ข้อมูล (D)	สัญญาณนาฬิกา (CK)	Q _A	Q _B
0	X			
1	1			
1	1			
1	0			
1	0			
0	1			

5.2 ทดสอบการทำงานของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซีเบอร์ 74194

- 5.2.1 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซีเบอร์ 74194 ดังแสดงในรูปที่ 11.4 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
- 5.2.2 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.6



รูปที่ 11.4 การทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย)

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองข้อ 5.1)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 7 / 12

- หมายเหตุ
- 1) กรณีใช้งานเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบอนุกรม (SISO) โดยให้สังเกตจากเฉพาะเอาต์พุต Q_D เท่านั้น
 - 2) กรณีใช้งานเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบขนาน (SIPO) โดยให้สังเกตจากเอาต์พุตทั้ง 4 บิต คือ Q_A , Q_B , Q_C และ Q_D ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลจะเลื่อนจากเอาต์พุต Q_D ไปทางเอาต์พุต Q_A
 - 3) กำหนดให้ S_0 เป็นตรรก 0 และ S_1 เป็นตรรก 1 เพื่อเลือกโหมดการเลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย

5.2.3 ป้อนข้อมูลตรรกตามตารางที่ 11.2 ให้แก่ขาอินพุต (SL) เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย

5.2.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลทุกตัวลงในตารางที่ 11.2

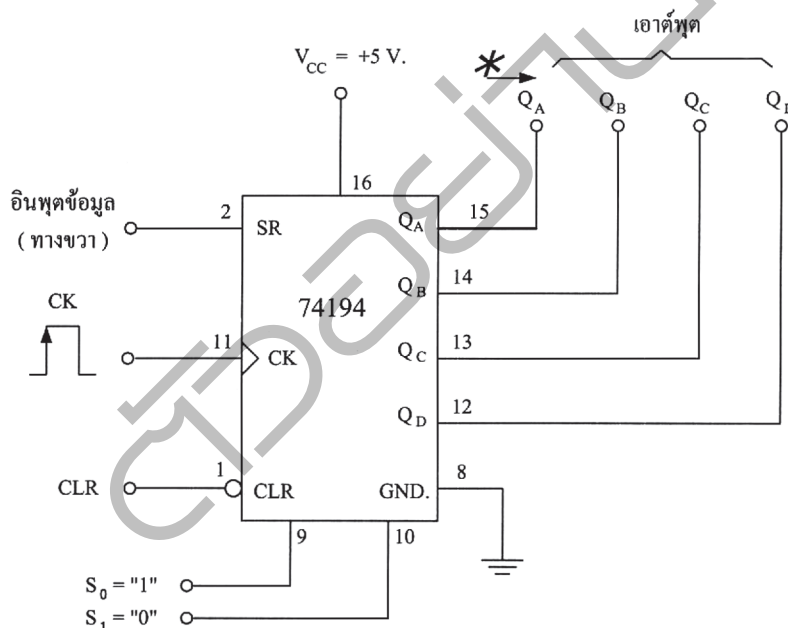
ตารางที่ 11.2 บันทึกผลการทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย)

อินพุต						เอาต์พุต			
ลบล้าง (CLR)	โหมดการทำงาน		CK	เลื่อนซ้าย (SL)	เลื่อนขวา (SR)	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
	S_1	S_0							
0	X	X	X	X	X				
1	1	0	↑	1	X				
1	1	0	↑	1	X				
1	1	0	↑	1	X				
1	1	0	↑	1	X				
1	1	0	↑	0	X				
1	1	0	↑	0	X				
1	1	0	↑	1	X				
1	1	0	↑	1	X				
0	1	0	↑	1	X				

เมื่อ X = เงื่อนไขไม่สนใจ

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 12

- 5.2.5 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซีเบอร์ 74194 ดังแสดงในรูปที่ 11.5 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
- 5.2.6 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อที่ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.6
- 5.2.7 ป้อนข้อมูลตรรกตามตารางที่ 11.3 ให้แก่ขาอินพุต (SR) เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลไปทางขวา
- 5.2.8 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุตของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลทุกตัวลงในตารางที่ 11.3



รูปที่ 11.5 การทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลไปทางขวา)

***ข้อควรระวัง** (เหมือนกับการทดลองข้อ 5.1)

- หมายเหตุ**
- 1) กรณีใช้งานเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบอนุกรม (SISO) โดยให้สังเกตจากเฉพาะเอาต์พุต Q_A^* เท่านั้น
 - 2) กรณีใช้งานเป็นรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบขนาน (SIPO) โดยให้สังเกตจากเอาต์พุตทั้ง 4 บิตคือ Q_A , Q_B , Q_C และ Q_D ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลจะเลื่อนจากเอาต์พุต Q_A ไปทางเอาต์พุต Q_D
 - 3) กำหนดให้ S_0 เป็นตรรก 1 และ S_1 เป็นตรรก 0 เพื่อเลือกโหมดการเลื่อนข้อมูลไปทางขวา

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 9 / 12

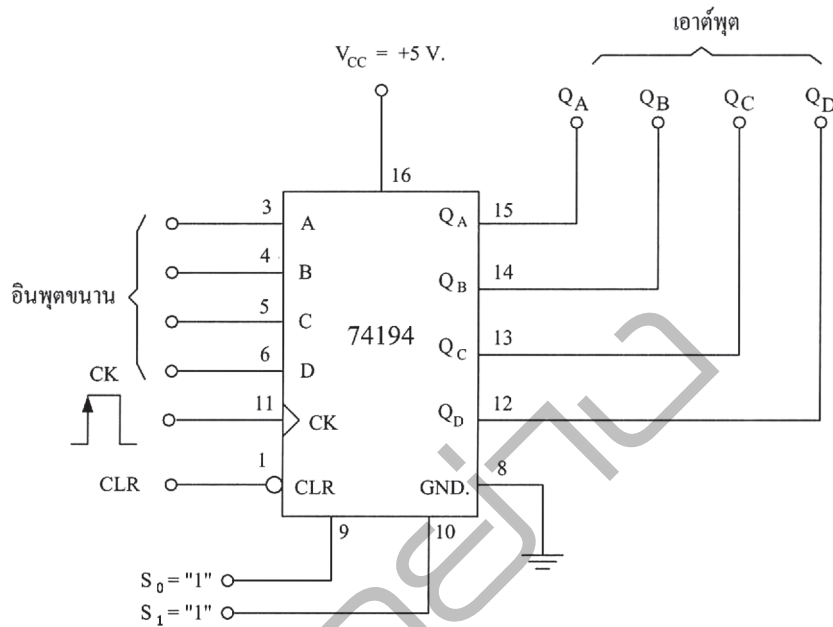
ตารางที่ 11.3 บันทึกรหัสการทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลไปทางขวา)

อินพุต						เอาต์พุต			
ลบซ้าย (CLR)	โมดการทำงาน		CK	เลื่อนซ้าย (SL)	เลื่อนขวา (SR)	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D
	S ₁	S ₀							
0	X	X	X	X	X				
1	0	1	↑	X	1				
1	0	1	↑	X	1				
1	0	1	↑	X	1				
1	0	1	↑	X	1				
1	0	1	↑	X	0				
1	0	1	↑	X	0				
1	0	1	↑	X	1				
1	0	1	↑	X	1				
0	0	1	↑	X	1				

เมื่อ X = เงื่อนไขไม่สนใจ

- 5.2.9 ประกอบวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลที่ใช้ไอซีเบอร์ 74194 ดังแสดงในรูปที่ 11.6 ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานดิจิทัลเพิ่มเติม)
- 5.2.10 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อที่ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.6
- 5.2.11 ป้อนข้อมูลตรงตามตารางที่ 11.4 ให้แก่ขาอินพุตทั้งหมด คือ A , B , C และ D เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลไปทางเอาต์พุตแบบขนาน
- 5.2.12 บันทึกผลค่าสถานะตรงที่ปรากฏทางเอาต์พุตของรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลทุกตัวลงใน ตารางที่ 11.4

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 10 / 12



รูปที่ 11.6 การทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบขนาน)

*ข้อควรระวัง (เหมือนกับการทดลองข้อ 5.1)

ตารางที่ 11.4 บันทึกผลการทดลองที่ 5.2 (การเลื่อนข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบขนาน)

อินพุต								เอาต์พุต			
ลบล้าง (CLR)	โหมดการทำงาน		CK	A	B	C	D	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D
	S ₁	S ₀									
0	X	X	X	0	0	0	0				
1	1	1	↑	0	0	0	0				
1	1	1	↑	0	0	0	1				
1	1	1	↑	0	0	1	0				
1	1	1	↑	0	0	1	1				
1	1	1	↑	0	1	0	0				
1	1	1	↑	0	1	0	1				

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 11 เรื่อง รีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูล	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 12 / 12

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงเขียนวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรม / ออกแบบขนาน (SIPO) ที่ใช้
ฟลิปฟlopชนิดเจ - เค ขนาด 4 บิต มาให้ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงอธิบายวงจรรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลเข้าแบบขนาน / ออกแบบอนุกรม (SIPO) พร้อมทั้ง
วงจรใช้งาน มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงเปรียบเทียบวงจรรีบแบบจอห์นสันและวงจรรีบวน มีสิ่งที่เหมือนและแตกต่างกัน
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 1 / 11

1. จุดประสงค์

- 1.1 ประกอบวงจรบวกเลขฐานสอง
- 1.2 ประกอบวงจรลบเลขฐานสอง
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของวงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์
- 1.4 บันทึกผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์จากวงจรบวกและลบ
- 1.5 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานวงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์

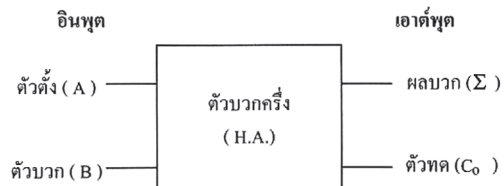
2. ทฤษฎีย่อ

ในวิธีการบวกและลบเลขฐานสองโดยใช้วงจรตรรกะนั้น ซึ่งจะสามารถสร้างได้จากทฤษฎีการบวกและลบเลขฐานสอง โดยการนำมาเขียนเป็นตารางความจริงและออกแบบเป็นวงจรตรรกะเชิงจัดหมู่ได้ตามที่ต้องการ

ตัวบวกครึ่ง (Half Adder) เป็นตัวบวกแบบไม่คิดตัวทด โดยจะพิจารณาจากกฎของการบวกเลขฐานสอง ดังตารางความจริงในรูปที่ 12.1

อินพุต		เอาต์พุต	
ตัวตั้ง (A)	ตัวบวก (B)	ผลบวก (Σ)	ตัวทด (C_0)
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1
สมการ $A+B$		$A \oplus B$	$A \cdot B$

ก. ตารางความจริง

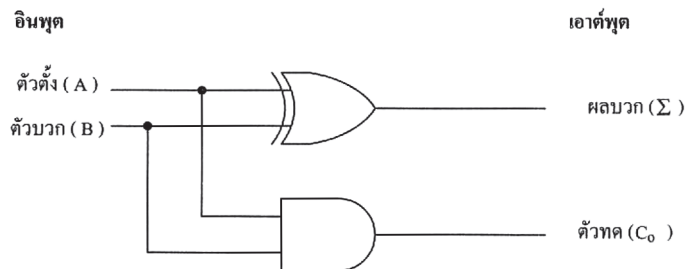


ข. แผนภาพบล็อก

รูปที่ 12.1 แสดงหลักการของตัวบวกครึ่ง

จากตารางความจริงของตัวบวกครึ่ง ในรูปที่ 12.1 (ก) โดยใช้เกตแบบแอนด์ 2 อินพุต และเกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์ 2 อินพุต มาต่อร่วมกันเป็นวงจรแบบตัวบวกครึ่ง ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 12.2

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 2 / 11



รูปที่ 12.2 ตัวบวกครึ่ง (Half Adder)

ตัวบวกเต็ม (Full Adder) เป็นตัวบวกแบบคิดตัวทด โดยจะพิจารณาจากวิธีการบวกเลขฐานสองที่มีขนาดมากกว่า 1 บิต ดังแสดงตารางความจริงของตัวบวกเต็ม ในรูปที่ 12.3

อินพุต			เอาต์พุต	
ตัวทดเข้า (C _{in})	ตัวตั้ง (A)	ตัวบวก (B)	ผลบวก (Σ)	ตัวทด (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



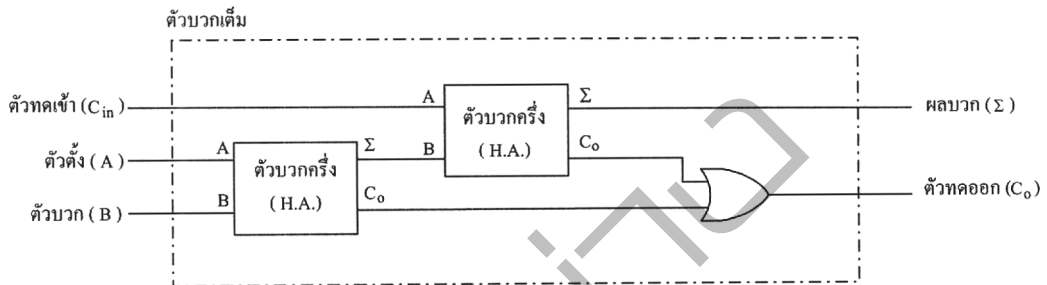
ข. แผนภาพบล็อก

ก. ตารางความจริง

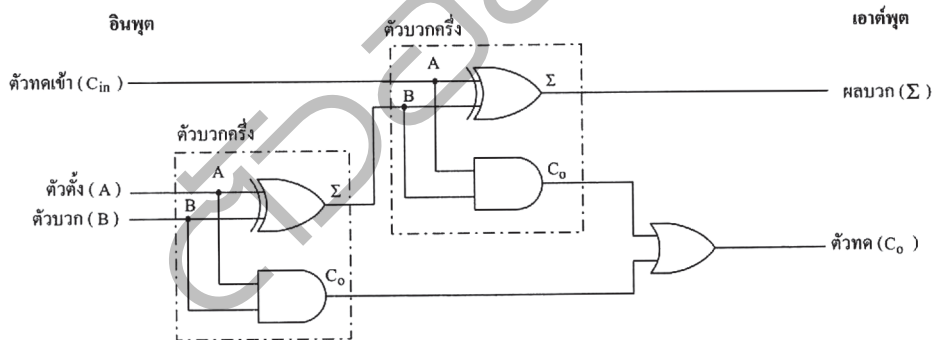
รูปที่ 12.3 แสดงหลักการของตัวบวกเต็ม

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 11
...../...../.....		

ในวิธีที่ง่ายเกี่ยวกับการสร้างวงจรตรรกของตัวบวกเต็ม โดยจะแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 12.4 (ก) และสามารถเขียนแทนด้วยวงจรตรรกทั้งหมดได้ ดังแสดงในรูปที่ 12.4 (ข) ซึ่งจะเรียกการต่อวงจรตรรกชนิดนี้ว่า “วงจรแบบตัวบวกเต็ม”



ก. แสดงการสร้างจากตัวบวกครึ่ง 2 ตัว และเกตแบบออร์ 1 ตัว



ข. แผนภาพตรรกของตัวบวกเต็ม

รูปที่ 12.4 แสดงวงจรแบบตัวบวกเต็ม (Full Adder)

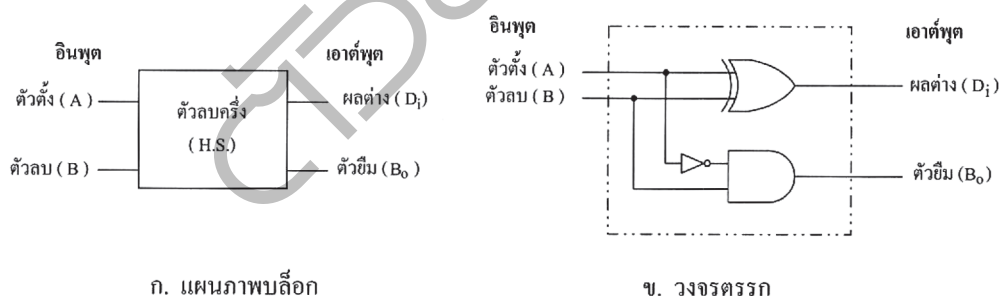
ตัวลบครึ่ง (Half Subtractor) เป็นตัวลบแบบไม่คิดตัวยืม โดยจะพิจารณาจากกฎพื้นฐานการลบเลขฐานสอง ดังตารางความจริงในรูปที่ 12.5

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 11
...../...../.....		

อินพุต		เอาต์พุต	
ตัวตั้ง (A)	ตัวลบ (B)	ผลต่าง (D_i)	ตัวยืม (B_o)
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0
สมการ A - B		$A \oplus B$	$\bar{A} \cdot B$

รูปที่ 12.5 ตารางความจริงของตัวลบครึ่ง

จากตารางความจริงของตัวลบครึ่ง ในรูปที่ 12.5 โดยใช้เกตแบบแอนด์ 2 อินพุต เกตแบบเอกซ์คลูซีฟออร์ 2 อินพุต และเกตแบบนีออต มาต่อร่วมกันเป็นวงจรแบบตัวลบครึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 12.6



รูปที่ 12.6 ตัวลบครึ่ง (Half Subtrater)

ตัวลบเต็ม (Full Subtractor) เป็นตัวลบแบบคิดตัวยืม โดยจะพิจารณาจากวิธีการลบเลขฐานสองขนาดหลายๆ บิต ดังแสดงตารางความจริงของตัวลบเต็ม ในรูปที่ 12.7

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 11

อินพุต			เอาต์พุต	
ตัวตั้ง (A)	ตัวลบ (B)	ตัวยืมเข้า (B _{in})	ผลต่าง (D _i)	ตัวยืมออก (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

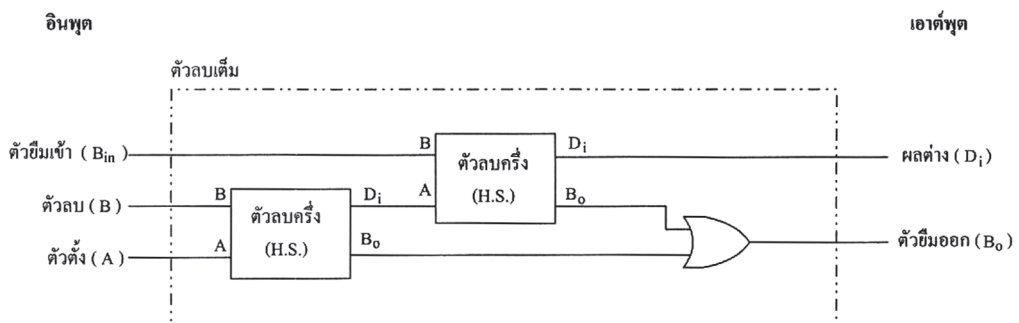
ก. ตารางความจริง



ข. แผนภาพบล็อก

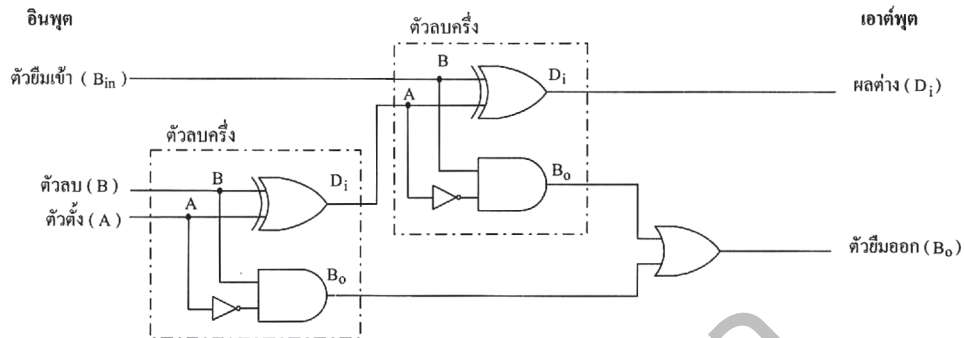
รูปที่ 12.7 แสดงหลักการของตัวลบเต็ม

ในวิธีที่ง่ายเกี่ยวกับการสร้างวงจรตรรกของตัวลบเต็ม ซึ่งจะสามารถแทนได้โดยใช้ตัวลบครึ่ง 2 ตัว ต่อร่วมกับเกตแบบออร์ 1 ตัว ดังในรูปที่ 12.8 (ก) และเขียนเป็นวงจรตรรกทั้งหมดได้ดังในรูปที่ 12.8 (ข) ซึ่งจะเรียกการต่อวงจรตรรกนี้ “วงจรแบบตัวลบเต็ม”



ก. แสดงการสร้างจากตัวลบครึ่ง 2 ตัว และเกตแบบออร์ 1 ตัว

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 6 / 11



ข. แผนภาพตรรกะของตัวลบเต็ม

รูปที่ 12.8 แสดงวงจรแบบตัวลบเต็ม

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซีที่ทีแอล เบอร์ 7486, 7408, 7432 และ 7404 อย่างละ 1 ตัว	4	ตัว
3.3 ความต้านทาน 270 โอห์ม	2	ตัว
3.4 แอลอีดี	2	ตัว
3.5 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.6 ลอจิกโพรบ	1	ตัว
3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์	1	เครื่อง
3.8 ชุดทดลองดิจิทัล	1	เครื่อง
3.9 คู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล	1	เล่ม
3.10 สายต่อวงจร		

4. หัวข้อการทดลอง

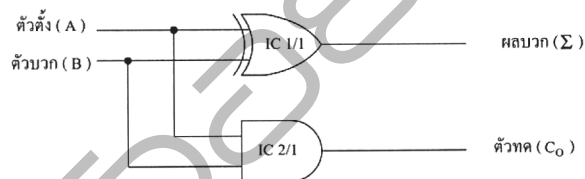
- 4.1 ทดสอบการทำงานวงจรแบบตัวบวกครึ่ง
- 4.2 ทดสอบการทำงานวงจรแบบตัวบวกเต็ม
- 4.3 ทดสอบการทำงานวงจรแบบตัวลบครึ่ง
- 4.4 ทดสอบการทำงานวงจรแบบตัวลบเต็ม

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 7 / 11

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 ทดสอบการทำงานวงจรแบบตัวบวกครึ่ง

- 5.1.1 ประกอบวงจรแบบตัวบวกครึ่ง ในรูปที่ 12.9 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)
- 5.1.2 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรแบบตัวบวกครึ่ง
- 5.1.3 ใช้สวิตช์ตรรก้อนสัญญาณอินพุตตามที่กำหนดให้ ส่วนทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวแอลอีดีแสดงผลและใช้ลอจิกโพรบตรวจสอบสถานะตรรก
- 5.1.4 บันทึกผลค่าสถานะตรรกที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 12.9 (ข)



IC 1 : 7486 , IC 2 : 7408

ก. ตัวบวกครึ่ง

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

ข. ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.1

รูปที่ 12.9 การทดลองข้อ 5.1

- *ข้อควรระวัง**
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไปจั่วบวกับปลายสายไปจั่วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

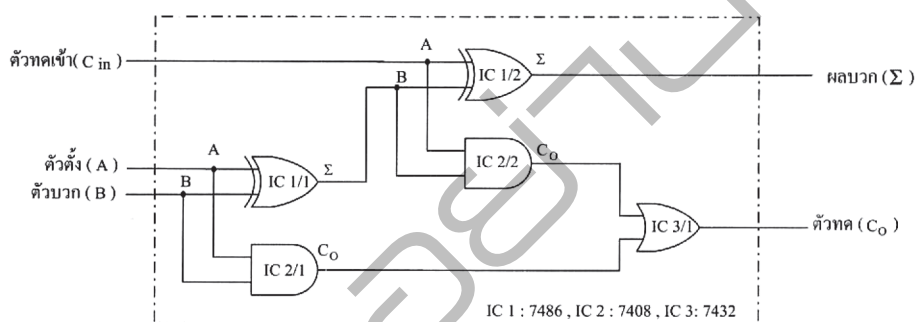
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 8 / 11

5.2 ทดสอบการทำงานของวงจรแบบตัวบวกเต็ม

5.2.1 ประกอบวงจรแบบตัวบวกเต็ม ในรูปที่ 12.10 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)

5.2.2 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3

5.2.3 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 12.10 (ข)



ก. ตัวบวกเต็ม

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		

ข. ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.2

รูปที่ 12.10 การทดลองข้อ 5.2

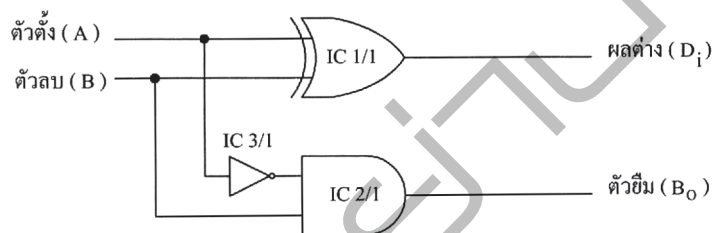
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลาที่ คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 9 / 11

5.3 ทดสอบการทำงานของวงจรแบบตัวลบล้าง

5.3.1 ประกอบวงจรแบบตัวลบล้าง ในรูปที่ 12.11 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว (โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)

5.3.2 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3

5.3.3 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง ในรูปที่ 12.11 (ข)



IC 1 : 7486 , IC 2 : 7408 , IC 3 : 7404

ก. ตัวลบล้าง

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

ข. ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.3

รูปที่ 12.11 การทดลองข้อ 5.3

*ข้อควรระวัง

(เหมือนกับการทดลองข้อ 5.1)

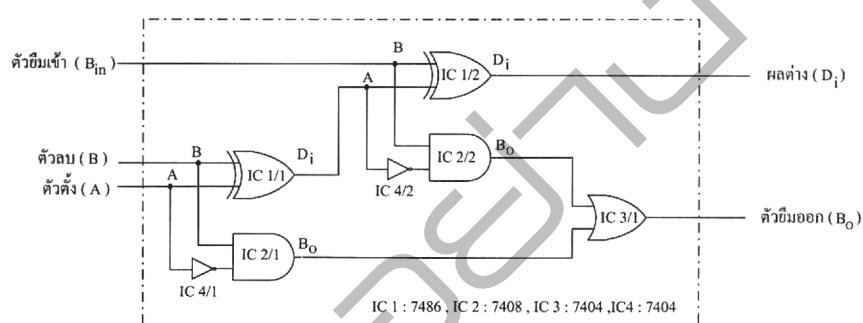
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 10 / 11

5.4 ทดสอบการทำงานของวงจรแบบตัวลบเต็ม

5.4.1 ประกอบวงจรแบบตัวลบเต็ม ในรูปที่ 12.12 (ก) ลงบนแผงวงจรชั่วคราว
(โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือการใช้งานไอซีดิจิทัล)

5.4.2 ให้ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 5.1.2 ถึงข้อ 5.1.3

5.4.3 บันทึกผลค่าสถานะตรรกะที่ปรากฏทางเอาต์พุต ลงในตารางความจริง
ในรูปที่ 12.12 (ข)



ก. ตัวลบเต็ม

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		

ข. ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.4

รูปที่ 12.12 การทดลองที่ 5.4

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 12 เรื่อง วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 11 / 11
...../...../.....		

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงเปรียบเทียบการทำงานวงจรแบบตัวบวกครึ่งและตัวบวกเต็ม มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงอธิบายการใช้เกตทางตรรกษณใดที่สามารถทำการดัดแปลงการบวกได้ โดยใช้
วงจรบวก มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงพิจารณาเปรียบเทียบสิ่งที่เหมือนหรือแตกต่างกันระหว่างวงจรบวกและเลขฐานสอง
มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 1 / 8

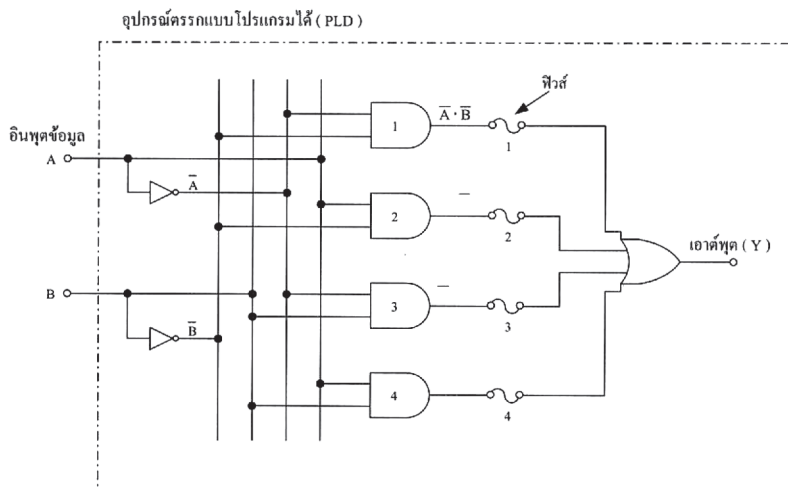
1. จุดประสงค์

- 1.1 เขียนโปรแกรมวงจรตรรกโดยใช้ไอซี พีแอลดี (PLD)
- 1.2 ตรวจสอบการทำงานของไอซี พีแอลดี (PLD)
- 1.3 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้อิซี พีแอลดี (PLD) ในการออกแบบวงจรตรรก

2. ทฤษฎีย่อ

ในการออกแบบวงจรตรรกเชิงจัดหมู่ (Combinational Logic) ผู้ออกแบบวงจรต้องทำการกำหนดเงื่อนไขฟังก์ชันตรรกที่อยู่ในรูปสมการพีชคณิตแบบบูล จากนั้นทำการเขียนตารางความจริงโดยแทนค่าสมการพีชคณิตแบบบูลลงในตารางความจริงนี้แล้ว จึงทำการลดรูปฟังก์ชันตรรกให้อยู่ในรูปที่ง่ายที่สุดและให้นำผลจากการลดรูปฟังก์ชันตรรกมาเขียนวงจรตรรก ซึ่งจะประกอบด้วยเกตแบบแอนด์ เกตแบบออร์ และเกตแบบนอร์ ที่เป็นเกตแบบพื้นฐาน โดยที่ผลจากการออกแบบวงจรตรรกเชิงจัดหมู่บางวงจรยังมีขนาดใหญ่เมื่อทำการสร้างวงจรนี้ขึ้นมา ก็จะมีคามยุ่งยากเพราะต้องใช้ไอซีจำนวนมากและลายวงจรมีความซับซ้อน

อุปกรณ์ไอซีโปรแกรมได้ จะถือว่าเป็นหน่วยความจำ (Memory) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีบทบาทเข้ามาช่วยในการสร้างวงจรดิจิทัลให้มีความสะดวกง่ายขึ้น อุปกรณ์ไอซีโปรแกรมได้มีชื่อเรียกว่า “อุปกรณ์ตรรกแบบโปรแกรมได้” หรือ “พีแอลดี” (Programmable Logic Device : PLD) เป็นอุปกรณ์ที่ทางโรงงานผู้ผลิตไอซี ได้บรรจุวงจรเกตพื้นฐานแบบต่าง ๆ อาทิเช่น เกตแบบแอนด์ เกตแบบออร์ และเกตแบบนอร์ ไว้ภายในตัวเดียวกัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 13.1



รูปที่ 13.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานภายในอุปกรณ์ตรรกแบบโปรแกรมได้ (PLD)

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 8

จากในรูปที่ 13.1 จะแสดงโครงสร้างพื้นฐานภายในอุปกรณ์ตรรกแบบโปรแกรมได้ (PLD) ซึ่งมีอินพุตข้อมูล คือ A , B และทางเอาต์พุต คือ Y โดยที่วงจรเกิดภายในประกอบด้วยเกตพื้นฐานแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทางซ้ายมือจะเป็นกลุ่มอินพุต ส่วนกลางจะเป็นส่วนแถวลำดับแอนด์ (AND Array) โดยทางเอาต์พุตของเกตแบบแอนด์แต่ละตัวจะมีฟิวส์ (Fuse) สำหรับเลือกใช้งาน และส่วนขวามือเป็นส่วนแถวลำดับออร์ (OR Array) ซึ่งจะนำผลของการกระทำแอนด์ทั้ง 4 ตัว เข้ามากระทำออร์กันและส่งผลไปที่เอาต์พุต Y

ในการนำอุปกรณ์ตรรกแบบโปรแกรมได้ (PLD) ไปใช้งาน ผู้ออกแบบวงจรดิจิทัลจะต้องนำผลจากสมการตรรกที่ออกแบบมาเขียนเป็นโปรแกรม เช่น สมมติว่าผลจากการออกแบบได้สมการตรรกเป็น ดังสมการที่ 13.1

$$Y = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} \quad \text{..... สมการที่ 13.1}$$

ซึ่งผลลัพธ์จากสมการตรรกนี้จะต้องนำไปเขียนเป็นโปรแกรมและทำการแปลโปรแกรม (Compile) จะได้แฟ้มข้อมูล (File) โปรแกรมรูปแบบหนึ่งที่เป็นแฟ้มนามสกุล .JED และเมื่อนำแฟ้มนามสกุล .JED นี้ใส่เข้าเครื่องโปรแกรม ตัวเครื่องโปรแกรมจะทำการส่งแรงดันไฟฟ้าสูงเข้าตัวอุปกรณ์ไอซีโปรแกรมได้ โดยจะทำการตัดฟิวส์ตัวที่ 1 และ 4 ออกโดยอัตโนมัติ

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 แผงวงจรชั่วคราว	1	แผ่น
3.2 ไอซี พีแอลดี (PLD) เบอร์ GAL 16V8D	1	ตัว
3.3 แผ่นดิสก์โปรแกรม FGAL	1	แผ่น
3.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้งานส่วน DOS 3.0 ขึ้นไป	1	เครื่อง
3.5 ความต้านทาน 270 โอห์ม	2	ตัว
3.6 แอลอีดี	2	ตัว
3.7 เครื่องเบิร์น ALL - 11	1	เครื่อง
3.8 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล รุ่น CDM 250	1	เครื่อง
3.9 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ / 1 แอมป์	1	เครื่อง
3.10 สายต่อวงจร		

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 8
...../...../.....		

4. หัวข้อการทดลอง

4.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมตัวบวกครึ่ง (Half - Adder)

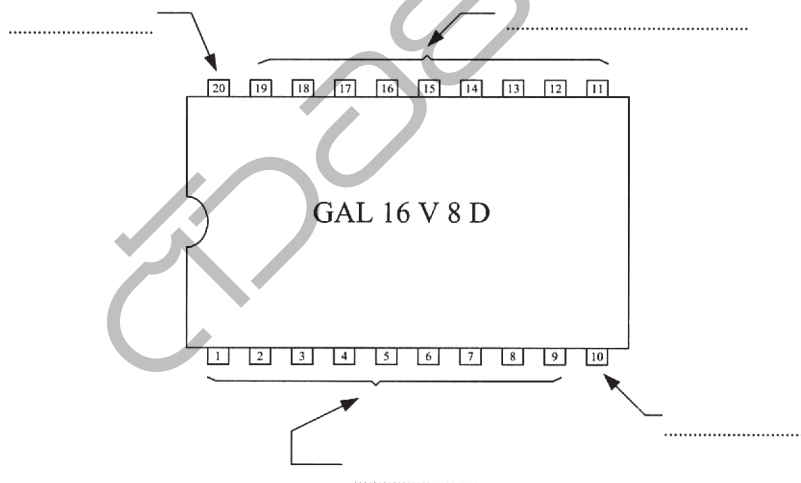
4.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมตัวบวกเต็ม (Full - Adder)

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมตัวบวกครึ่ง (Half - Adder)

5.1.1 ศึกษาไอซีเบอร์ GAL 16V8D จากคู่มือการใช้งานไอซีพีแอลดี (PLD)

5.1.2 เขียนรายละเอียดของไอซี พีแอลดี (PLD) ลงในรูปที่ 13.2



รูปที่ 13.2 แสดงรายละเอียดของไอซี พีแอลดี (PLD) เบอร์ GAL 16V8D

5.1.3 ออกแบบโปรแกรมวงจรตรรก ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ที่สำคัญเพื่อใช้สร้างเป็นวงจรตัวบวกครึ่ง โดยใช้ไอซีเบอร์ GAL 16V8D ตามตัวอย่างในรูปที่ 13.3

วิชา เทคนิคดิจิทัล /...../.....	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 4 / 8

Title	FGAL test file for GAL16V8		
Pattern	Half-Adder		
Revision	1.0		
Author	MR. ANAN		
Date	Aug 11, 2003	;เครื่องหมาย “ ; “ ใช้สำหรับการอธิบาย ไม่มีผลกับการแปลโปรแกรม (Compilation)	
CHIP	COUNTER	GAL16V8	; Device definition ต้องกำหนดให้ถูกต้อง
; Pin definition ต้องกำหนดตำแหน่งขาไอซี ให้ตรงตามการออกแบบ			
; [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]			
- A0 B0 - - - - - GND			
; [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20]			
- - - - - SUM CO VCC			
EQUATIONS ; ส่วนของสมการ หลังจากบรรทัดนี้ไปเป็นส่วนของสมการแบบบูล			
SUM = A0*/B0 + /A0*B0			
CO = A0*B0			
;*****; จบโปรแกรม			

รูปที่ 13.3 การทดลองที่ 5.1

5.1.4 เขียนโปรแกรมจากข้อ 5.1.3 โดยใช้โปรแกรมการแก้ไข (Edit Program) ในโมดคอส (DOS) แบบต่างๆ เช่น โปรแกรม Q.EXE , EDIT.EXE โดยบันทึกในตัวจับ (Drive) A : ชื่อ HA . GAL

5.1.5 ใช้โปรแกรม FGAL ทำการแปลงโปรแกรม (Compile) เพิ่มข้อมูล HA.GAL ดังตัวอย่างในรูปที่ 13.3

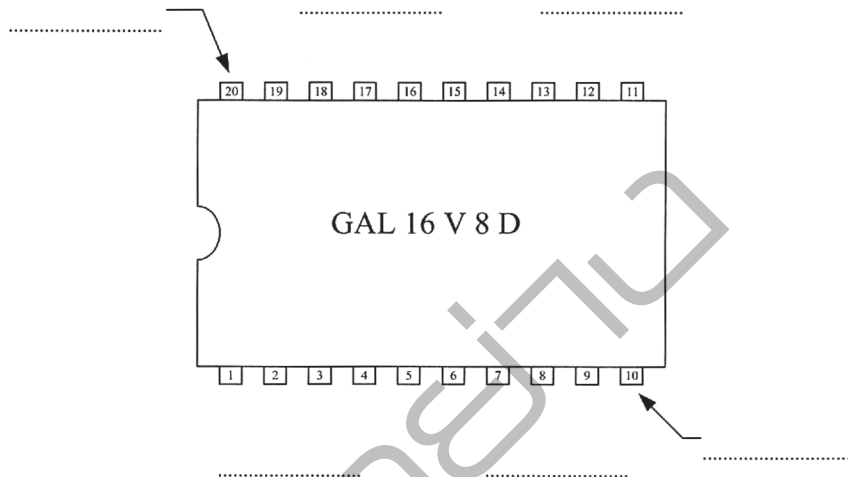
A :>FGAL HA.GAL  ; ถ้าหากเกิดข้อผิดพลาดขึ้นให้พิจารณาบรรทัดที่ฟ้องว่าผิดพลาด ณ จุดบรรทัดนั้น ผลการแปลงโปรแกรมที่ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเพิ่มข้อมูล

- HA.GAL
- HA.JED

รูปที่ 13.3 แสดงการแปลงโปรแกรม HA.GAL

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 5 / 8
...../...../.....		

- 5.16 เขียนรายละเอียดของไอซี พีแอลดี (PLD) ภายหลังจากการเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ลงในรูปที่ 13.4



รูปที่ 13.4 แสดงรายละเอียดของไอซี พีแอลดี (PLD) ภายหลังจากโปรแกรมตัวบวกครึ่ง

- 5.1.7 นำแผ่นข้อมูล HA.JED ส่งเข้าเครื่องเบิร์น ALL-11 โดยทำการเบิร์นตัวไอซีเบอร์ GAL 16V8D
- 5.1.8 ทำการทดสอบวงจรตัวบวกครึ่งที่ใช้ไอซี พีแอลดีเบอร์ GAL 16V8D โดยต่ออินพุตเข้าที่สวิตช์ตรรกะและทางด้านเอาต์พุตต่อเข้ากับแอลอีดีแสดงผล
- 5.1.9 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ / 1 แอมป์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรตัวบวกครึ่ง
- 5.1.10 บันทึกผลการทดสอบวงจรแบบตัวบวกครึ่ง ลงในตารางที่ 13.1

ตารางที่ 13.1 บันทึกผลการทดลองข้อที่ 5.1 (ตัวบวกครึ่ง)

ตัวตั้ง (A)	ตัวบวก (B)	ผลบวก (Σ)	ตัวทศออก (C_o)
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 8

- *ข้อควรระวัง
1. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง
 2. ระวังอย่าให้ปลายสายไฟขั้วบวกกับปลายสายไฟขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) และสัมผัสกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจร

∴ ฟังก์ชันตรรกของผลบวก (Σ) =

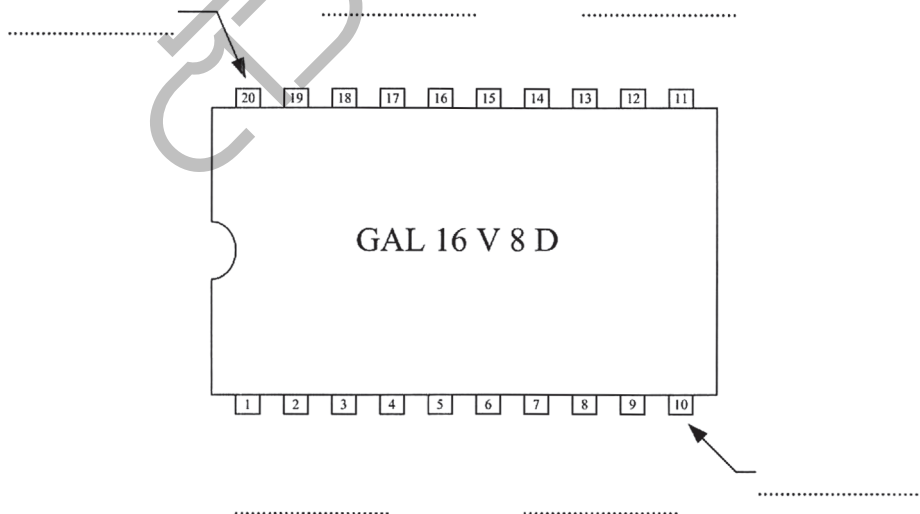
∴ ฟังก์ชันตรรกของตัวทศออก (C_o) =

5.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมตัวบวกเต็ม (Full - Adder)

5.2.1 ออกแบบโปรแกรมวงจรตรรกเพื่อสร้างตัวบวกเต็ม โดยใช้ไอซีเบอร์ GAL 16V8D (พิจารณาจากการทดลองที่ 5.1)

5.2.2 ทำการทดลองเหมือนข้อ 5.1.4 ถึงข้อ 5.1.9 โดยให้กำหนดเพิ่มข้อมูลในตัวขับ (Drive) A : ชื่อ FA.GAL

5.2.3 บันทึกผลการทดสอบวงจรแบบตัวบวกเต็ม ลงในตารางที่ 13.2



รูปที่ 13.5 แสดงรายละเอียดขาไอซีพีแอลดี (PLD) ภายหลังโปรแกรมตัวบวกเต็ม

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา คาบ แผ่นที่ 7 / 8

ตารางที่ 13.2 บันทึกผลการทดลองข้อที่ 5.2 (ตัวบวกเต็ม)

ตัวทศเข้า (C _{in})	ตัวตั้ง (A)	ตัวบวก (B)	ผลบวก (Σ)	ตัวทศออก (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		

***ข้อควรระวัง** (เหมือนการทดลองที่ 5.1)

∴ ฟังก์ชันตรรกของผลบวก (Σ) =

∴ ฟังก์ชันตรรก้องค์ตัวทศออก (C_0) =

6. สรุปผลการทดลอง

[illegible]

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 13 เรื่อง หน่วยความจำ	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 8 / 8
...../...../.....		

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงอธิบายลักษณะสมบัติโดยรวมของไอซี พีแอลดี (PLD) เบอร์ GAL 16V8D

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงบอกข้อดีของการออกแบบวงจรตรรกเชิงจัดหมู่ โดยใช้อุปกรณ์ตรรกแบบโปรแกรมได้ (PLD) มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงอธิบายชนิดของหน่วยความจำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้งานในระบบดิจิทัล มาให้พอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 14 เรื่อง การเขียนโปรแกรมลงบน ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 1 / 6

1. จุดประสงค์

- 1.1 ใช้ฟังก์ชันการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์
- 1.2 เขียนโปรแกรมการถ่ายโอนย้ายข้อมูล
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์
- 1.4 มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานของไมโครโปรเซสเซอร์

2. ทฤษฎีย่อ

การทดลองโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเพื่อสั่งงานไมโครโปรเซสเซอร์ ในที่นี้ใช้เบอร์ Z-80 ปัจจุบันมีการใช้วิธีทดลองบนไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว (Single Board Microcomputer) ซึ่งมีอยู่หลายรุ่น หลายยี่ห้อด้วยกัน เช่น MPF - 1 B , MPF - 1 P , ET - Board และ ANA - Lab เป็นต้น (ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการใช้งานชุดทดลอง ANA - Lab)

- การใช้ฟังก์ชันการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว ซึ่งจะมีฟังก์ชันคีย์ที่ใช้งานบ่อยๆ ได้แก่

ชื่อฟังก์ชันคีย์	หน้าที่การทำงาน
[RESET]	ใช้ตั้งใหม่ ซีพียู (CPU)
[ADDR]	ใช้เรียกดูข้อมูล ณ ตำแหน่งที่อยู่ที่ต้องการ
[DATA]	เตรียมป้อนข้อมูลลงในหน่วยความจำแรม (RAM)
[PC]	เรียกดูตำแหน่งที่อยู่ ที่ตัวนับคำสั่งในโปรแกรม (Program Counter) จำไว้
[+]	ใช้ดูข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ (Address) ถัดไป
[-]	ใช้ดูข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ (Address) ที่ผ่านมาแล้ว 1 ไบต์
[STEP]	ใช้ทำโปรแกรมทีละคำสั่ง
[GO]	ทำโปรแกรมทั้งหมด โดยเริ่มจากตำแหน่งที่อยู่ (Address) ที่ตัวนับคำสั่งในโปรแกรม (PC) ซ้ำอยู่
[SBR]	จุดหยุดกำหนดค่า (Set Break Point) ใช้สั่งให้ ซีพียู (CPU) หยุดการทำคำสั่ง ณ ตำแหน่งที่อยู่ตามที่กำหนดค่าไว้

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 14 เรื่อง การเขียนโปรแกรมลงบน ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 6

[CBR]

จุดหยุดลบล้าง (Clear Break Point) ใช้ยกเลิก
คำสั่ง [SBR]

- โปรแกรมการถ่ายโอนย้ายข้อมูล พื้นฐานของการเขียนโปรแกรมการโอนย้ายข้อมูล ที่ควรรู้ถึงรูปแบบและความหมายของชุดคำสั่งการย้ายข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z - 80 ซึ่งจะมีดังนี้

1. คำสั่งย้ายข้อมูลส่วนใหญ่ใช้ คำสั่ง LD (Load) ซึ่งใช้กับข้อมูลทั้ง 8 และ 16 บิต นอกจากนี้ยังมีคำสั่ง EX , EXX , PUSH และ POP ที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูล 16 บิต อีกด้วย ส่วนคำสั่ง LDI และ LDIR สามารถใช้ในการถ่ายโอนเป็นบล็อก (Block Transfer) ของข้อมูลแบบเป็นชุด

2. คำสั่ง LD ซึ่งมีสถานะเป็นตัวดำเนินการ (Operand) อยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนปลายทาง (Destination) และส่วนต้นทาง (Source) ของข้อมูล เช่น LD A,B คำสั่งนี้รีจิสเตอร์ A เป็นส่วนปลายทางและรีจิสเตอร์ B เป็นส่วนต้นทาง เป็นต้น

เมื่อพิจารณาหลักการ คำสั่ง LD A,B จะได้

ถ้าก่อนกระทำคำสั่ง A = 00 ; B = 51

หลังกระทำคำสั่งจะได้ A = 51 ; B = 51

ซึ่งเราจะเรียกคำสั่งลักษณะเช่นนี้ว่า “โหลด” (Load) แบบสำเนา (Copy)

3. ชุดคำสั่งภาษาแอสเซมบลี Z - 80 ซึ่งจะมีการย้ายข้อมูล 6 ลักษณะ ดังนี้

3.1 รีจิสเตอร์ (Register) $\leftarrow$ รีจิสเตอร์ (Register) เช่น LD A,B หรือ LD HL,BC

3.2 รีจิสเตอร์ (Register) $\leftarrow$ หน่วยความจำ (Memory) เช่น LD A,(HL) หรือ POP AF

3.3 รีจิสเตอร์ (Register) $\leftarrow$ ข้อมูลทันที (Immediate Data) เช่น LD A,35H หรือ LD HL,2548H

3.4 หน่วยความจำ (Memory) $\leftarrow$ รีจิสเตอร์ (Register) เช่น LD (HL),A หรือ PUSH AF

3.5 หน่วยความจำ (Memory) $\leftarrow$ ข้อมูลทันที (Immediate Data) เช่น LD (HL),5AH

3.6 หน่วยความจำ (Memory) $\leftarrow$ หน่วยความจำ (Memory) เช่น LDI , LDIR

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 14 เรื่อง การเขียนโปรแกรมลงบน ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 3 / 6

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | | |
|---|---|---------|
| 3.1 ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว (ที่ใช้ ซีพียู เบอร์ Z- 80) | 1 | เครื่อง |
| 3.2 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ (Adapter) | 1 | ตัว |
| 3.3 คู่มือคำสั่งการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ Z- 80 | 1 | เล่ม |

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมการถ่ายโอนข้อมูล 8 บิต
- 4.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมการถ่ายโอนข้อมูล 16 บิต
- 4.3 ทดสอบการแปลงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่อง

5. ลำดับขั้นการทดลอง

- 5.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมการถ่ายโอนข้อมูล 8 บิต
 - ให้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ A = 1 , B = 2 , C = 3 , D = 4 , E = 5 ,

H = 6 , L = 7 , IX = 8899H และ IY = 89ABH ตามลำดับ

- 5.1.1 เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีทางด้านขวามือ และจบโปรแกรมด้วย

คำสั่ง RST 08H (รหัสคำสั่งเครื่อง = CF) ลงในช่องว่างรูปที่ 14.1

- 5.1.2 แปลงเป็นภาษาเครื่องโดยใช้ตารางแปลงรหัส และเติมลงในช่องว่างรูปที่ 14.1

Address	Machine Code		Assembly Program	
8000	3E	00	LD	A,00
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....	CF	.....	RST	08H

รูปที่ 14.1 การทดสอบโปรแกรมที่ 1

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 14 เรื่อง การเขียนโปรแกรมลงบน ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 4 / 6

5.1.3 ทำการโปรแกรมโดยกดปุ่มคีย์ [RES] [PC] [GO]

5.1.4 ตรวจสอบข้อมูลในรีจิสเตอร์ โดยกดคีย์ [REG]

5.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมการถ่ายโอนข้อมูล 16 บิต

- ให้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ BC = 192AH , DE = 5528H , HL = 189BH ตามลำดับ โดยกำหนดให้เริ่มต้นตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ 8050H

5.2.1 เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีทางด้านขวามือ และจบโปรแกรมด้วย

คำสั่ง RST 08H (รหัสคำสั่งเครื่อง = CF) ลงในช่องว่างรูปที่ 14.2

5.2.2 แปลงเป็นภาษาเครื่องโดยใช้ตารางแปลงรหัส และเติมลงในช่องว่างรูปที่ 14.2

5.2.3 ทำการโปรแกรมโดยกดปุ่มคีย์ [RES] [PC] [GO]

5.2.4 ตรวจสอบโปรแกรมทีละคำสั่ง (Single Step) ตามตารางที่ 14.1

Address	Machine Code	Assembly Program
8050	.....	LD,
.....		,
.....		,
.....	CF	RST 08H

รูปที่ 14.2 การทดสอบโปรแกรมที่ 2

ตารางที่ 14.1

คีย์ที่กด	แสดงผล	คำอธิบายเพิ่มเติม (Comment)
[ADDR] [8] [0] [5] [0]	8050 01	- เริ่มต้น ณ ตำแหน่งที่อยู่ 8050H
[STEP]	8053 11	- กระทำ ณ ตำแหน่งที่อยู่แรกไปแล้ว
[REG]	rEg -	- เรียกฟังก์ชัน รีจิสเตอร์
[1]	192A BC	- มองเห็นค่าในรีจิสเตอร์ BC = 192AH
[PC]	8053 11	- เรียกตำแหน่งที่อยู่ของตัวนับคำสั่งในโปรแกรม (PC) กลับคืน
[STEP] [STEP]	8059 CF	- กระทำอีก 2 คำสั่ง
.....	.....	- ให้เรียกดูข้อมูลในรีจิสเตอร์ DF
.....	.....	- ให้เรียกดูข้อมูลในรีจิสเตอร์ HL

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 14 เรื่อง การเขียนโปรแกรมลงบน ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดี่ยว	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 6

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงเขียนโปรแกรมลบล้าง (Clear) ข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ

8050 - 805FH = 00 มาให้ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 จงเขียนโปรแกรมกำหนดข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ 8540 - 854FH = 00 , 01, 02 , 03ถึง.....0FH ตามลำดับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 จงเขียนโปรแกรมคัดลอกข้อมูลจากหน่วยความจำรอม (ROM) ตำแหน่งที่อยู่ (Address)

คือ 0000 - 0007H มาเก็บไว้ในหน่วยความจำแรม (RAM) ตำแหน่งที่อยู่ (Address)

คือ 0000 - 0007H

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิชา เทคนิคคิจิตอล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 1 / 11

1. จุดประสงค์

- 1.1 เขียนโปรแกรมแบบเส้นตรง
- 1.2 เขียนโปรแกรมแบบวนซ้ำ
- 1.3 ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม
- 1.4 มีทัศนคติที่ดีต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี

2. ทฤษฎีย่อ

ในการเขียนโปรแกรมที่ดีที่สุด ก็คือ เราจะต้องลงมือการทำงานเขียนโปรแกรมด้วยตนเอง โดยการเขียนโปรแกรม คือ การจัดกระบวนการประมวลผลตามที่เรากำลังต้องการ ซึ่งในการประมวลผลเหล่านี้จะมีการใช้คำสั่งกลุ่มต่าง ๆ ที่มาเรียงต่อกันนั่นเอง

โปรแกรมแบบเส้นตรง คือ โปรแกรมที่มีลักษณะของการทำงานตามลำดับขั้นที่เรียงทีละคำสั่ง โดยไม่มีการทำงานเป็นแบบวนซ้ำ (Loop)

ข้อแนะนำในการเขียนโปรแกรม

1. ควรมีการเขียนหมายเหตุ (Comment) เพื่ออธิบายส่วนต่างๆ ของโปรแกรม เช่น โปรแกรมส่วนนี้ทำเพื่ออะไร คำสั่งแต่ละส่วนใช้เพื่อประโยชน์ในลักษณะใดของโปรแกรม
2. เขียนโปรแกรมโดยใช้ตัวแปรเพื่อกำหนดค่าแทนที่จะกำหนดค่าที่ตายตัวในเขต (Field) ของตัวกระทำ
3. คำเริ่มต้น ๆ ควรจะกำหนดไว้ในตัวแปร
4. ตั้งป้ายชื่อ (Label) ให้มีความหมายที่เหมาะสม เช่น SUM, CHECK, TEMP
ไม่ควรตั้งป้ายชื่อแบบไม่มีความหมาย เช่น X, Y, Z

ตัวอย่างโปรแกรมที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ ซึ่งในบางคำสั่งอาจจะไม่ทำงานตามหน้าที่ของมันอย่างแท้จริงแต่จะใช้เป็นคำสั่งพิเศษ เช่น

- คำสั่ง SUB A หรือ XOR A ใช้สำหรับลบล้างค่าสถานะตรรกในแอกคูมิวเลเตอร์ (Accumulator) ให้เป็น 0
- คำสั่ง AND A หรือ OR A ใช้สำหรับลบล้างค่าของแฟล็ก (Flag) ตัวทคให้เป็น 0
- คำสั่ง ADD A, A ใช้ทำการเลื่อนค่าในแอกคูมิวเลเตอร์ไปทางซ้ายมือ 1 บิต

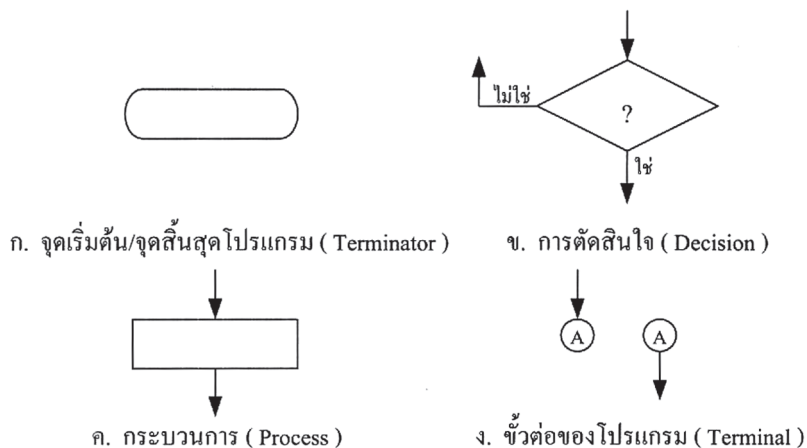
วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 2 / 11

- คำสั่ง AND n ใช้สำหรับทำการแมสก์ (Mask) ค่าในแอมคิวมิวเลเตอร์ โดยที่แมสก์ก็คือหน้ากาที่จะใช้กรองนำค่าออกมาเป็นค่า n อาทิเช่น ถ้า n เท่ากับ 00001111 B ค่าที่ได้หลังจากการกรองแล้วคือค่าทางด้านไบต์ต่ำ ส่วนไบต์สูงจะมีค่าเป็นสถานะตรรก 0000 ทั้งหมด

โปรแกรมการทำงานแบบวนซ้ำ (Loop) คือ โปรแกรมที่ทำให้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ปฏิบัติการตามคำสั่งบางส่วนซ้ำ ๆ กัน ซึ่งจะแบ่งส่วนประกอบการทำงานเป็น 4 ส่วน คือ

1. ส่วนการกำหนดเริ่มต้น (Initialization Section) เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นต่าง ๆ เช่น ค่าตัวเลขเพื่อใช้กำหนดจำนวนรอบตำแหน่งที่อยู่ของหน่วยความจำ และค่าที่จำเป็นอื่น ๆ ในโปรแกรม
2. ส่วนการประมวลผล (Processing Section) เป็นส่วนของโปรแกรมเพื่อใช้ทำงานจริง ๆ ตามความต้องการ
3. ส่วนควบคุมวนซ้ำ (Loop Control Section) เป็นส่วนของโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบจำนวนรอบของการทำงาน และตัดสินใจว่าจะมีการกระทำซ้ำอีกหรือไม่
4. ส่วนการสรุป (Concluding Section) เป็นส่วนสุดท้ายของโปรแกรมเพื่อใช้ทำการเก็บผลลัพธ์จากการกระทำของโปรแกรม

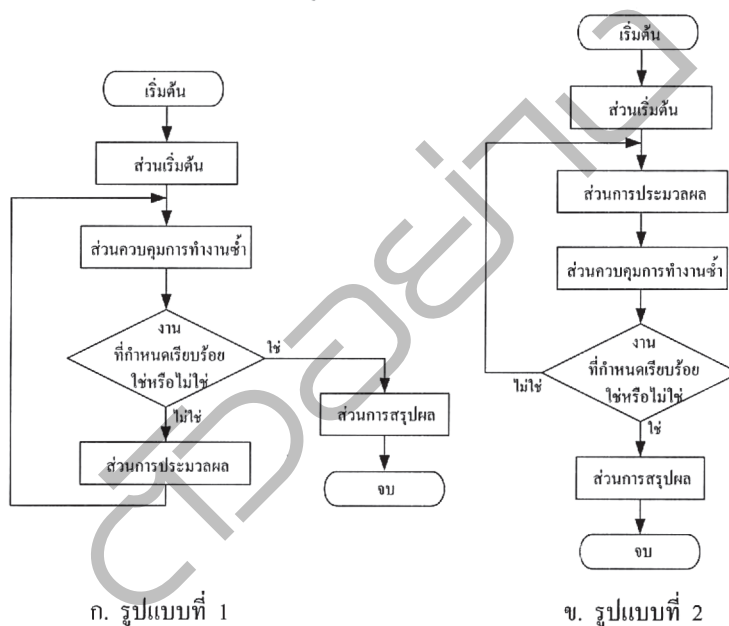
ก่อนที่จะกล่าวถึงในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบโปรแกรมแบบวนซ้ำที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจะมีวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้เราทำการแก้ปัญหานี้ให้ง่ายขึ้น คือ การใช้แผนภูมิสายงาน (Flowchart) ซึ่งจะมีสัญลักษณ์พื้นฐาน ดังในรูปที่ 15.1



รูปที่ 15.1 แสดงสัญลักษณ์แผนภูมิสายงาน

วิชา เทคนิคดิจิทัล/...../.....	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 3 / 11

เมื่อพิจารณาจากในส่วนประกอบการทำงานต่าง ๆ ทั้ง 4 ส่วน ของโครงสร้างโปรแกรมแบบวนซ้ำ โดยส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 จะถูกกระทำเพียงครั้งเดียว ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 จะถูกกระทำมากกว่า 1 ครั้ง ดังนั้นช่วงเวลาในการทำงานของโปรแกรมส่วนใหญ่จะอยู่ที่กระบวนการของส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ซึ่งการเขียนโปรแกรมจะต้องทำให้ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ทำงานให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยการเลือกใช้คำสั่งที่เหมาะสม โครงสร้างของโปรแกรมแบบวนซ้ำโดยทั่วไป ซึ่งจะแสดงได้ 2 แบบ ดังในรูปที่ 15.2



รูปที่ 15.2 แสดงการเขียนแผนภูมิสายงานของโปรแกรมแบบวนซ้ำ

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | | |
|---|---|---------|
| 3.1 ไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว (ที่ใช้ ซีพียู เบอร์ Z- 80) | 1 | เครื่อง |
| 3.2 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ (Adapter) | 1 | ตัว |
| 3.3 คู่มือคำสั่งการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ Z- 80 | 1 | เล่ม |

4. หัวข้อการทดลอง

- 4.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบเส้นตรง
- 4.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบวนซ้ำ

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 4 / 11

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 ทดสอบการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบเส้นตรง

5.1.1 แสดงวิธีการบวกเลขขนาด 8 บิต ดังในรูปที่ 15.3 และทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้

$ \begin{array}{r} 35 \text{ H} \\ + 2\text{A H} \\ \hline \text{คำตอบ} = \underline{\underline{\text{.....H}}} \end{array} $
--

รูปที่ 15.3 แสดงวิธีบวกเลข 8 บิต 2 จำนวน

5.1.2 เขียนโปรแกรมพิสูจน์การบวกเลขขนาด 8 บิต (ในหัวข้อ 5.1.1) โดยใช้รีจิสเตอร์

HL สำหรับชี้ตำแหน่งที่อยู่ (Address) ข้อมูล ดังนี้

จุดมุ่งหมาย : บวกค่าในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่อยู่ 8050H และ 8051H เข้าด้วยกัน

แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่อยู่ 8052H

ตัวอย่าง (8050) = 35 H ; ตัวตั้ง
 (8051) = 2A H ; ตัวบวก
 (8052) = H ; ผลลัพธ์

โปรแกรมต้นกำเนิด (Source Program)

LD HL , (50H)	; โหลดข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ 8050H เข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ HL
LD A , (HL)	; โหลดข้อมูลจากรีจิสเตอร์ HL เข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A
INC HL	; เพิ่มค่ารีจิสเตอร์ HL เท่ากับ 1
ADD A , (HL)	; บวกเลขข้อมูลในรีจิสเตอร์ A กับรีจิสเตอร์ HL
INC HL	; เพิ่มค่ารีจิสเตอร์ HL เท่ากับ 1
LD (HL) , A	; เก็บผลลัพธ์จากรีจิสเตอร์ A เข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ HL
HALT	; หยุดโปรแกรม

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 5 / 11

5.1.3 ให้แปลงโปรแกรมบวกเลขขนาด 8 บิต (ในหัวข้อ 5.1.2) เป็นภาษารหัสเครื่อง หรือ โปรแกรมประสงค์ (Object Program) โดยให้เริ่มการเขียนโปรแกรม ณ ตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ 8000H ลงในตารางที่ 15.1

ตารางที่ 15.1 บันทึกการแปลงโปรแกรมประสงค์

Address	Machine Code	Assembly Program
8000	21 50 80	LD HL,8050H
8003	7E	LD A,(HL)
8004	.....	INC HL
.....	.....	ADD A,(HL)
.....	.....	INC HL
.....	.....	LD (HL),A
.....	.....	HALT

5.1.4 ตรวจสอบข้อมูลจากการทำโปรแกรมบวกเลขขนาด 8 บิต (ในหัวข้อ 5.1.2) และ บันทึกผลลัพธ์ ลงในตารางที่ 15.2

ตารางที่ 15.2 บันทึกการทดลองข้อ 5.1

ตำแหน่งที่อยู่ (Address)	ผลลัพธ์
8050H	H
8051H	H
8052H	H

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 6 / 11

5.2 ทดสอบการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบวนซ้ำ

5.2.1 แสดงวิธีการบวกเลขขนาด 8 บิต 3 จำนวน ดังในรูปที่ 15.4 และทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้

$$\begin{array}{r}
 + \quad 28 \text{ H} \\
 + \quad 55 \text{ H} \\
 \hline
 \quad \dots \text{ H} \\
 + \quad 26 \text{ H} \\
 \hline
 \text{คำตอบ} = \underline{\underline{\dots \text{ H}}}
 \end{array}$$

รูปที่ 15.4 แสดงวิธีบวกเลข 8 บิต 3 จำนวน

5.2.2 เขียนโปรแกรมพิสูจน์การบวกเลขขนาด 8 บิต 3 จำนวน (ในหัวข้อ 5.2.1)

โดยใช้รีจิสเตอร์ HL สำหรับชี้ตำแหน่งที่อยู่ (Address) ข้อมูล ดังนี้

จุดมุ่งหมาย : เพื่อคำนวณหาผลรวมของเลข 8 บิต 3 จำนวน คือ ตั้งแต่ตำแหน่งที่อยู่ 8052H ถึง 8054H และจำนวนข้อมูลกำหนดตัวเลขในตำแหน่งที่อยู่ 8051H จากนั้นนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในตำแหน่งที่อยู่ 8050H สมมุติว่าข้อมูลเป็นขนาด 8 บิต และมีผลลัพธ์ต้องไม่เกิน 8 บิต

ตัวอย่าง : (8051) = 03H

(8052) = 28H

(8053) = 55H

(8054) = 26H

ผลลัพธ์ : (8050) = (8052) + (8053) + (8054)

= 28H + 55H + 26H

(8050) =H

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 7 / 11

โปรแกรมต้นกำเนิด (Source Program)

```

LD HL , 8051H      ; โหลดข้อมูล ณ ตำแหน่งที่อยู่ 8051H เข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ HL ( ค่าเท่ากับ 3 )
LD B , ( HL )      ; โหลดข้อมูลจากรีจิสเตอร์ HL เข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B
SUB A              ; ตั้งค่าผลลัพธ์ ( SUM ) เท่ากับ 0
SUMD : INC HL      ; เพิ่มค่ารีจิสเตอร์ HL เท่ากับ 1
ADD A , ( HL )     ; SUM = SUM + DATA
DEC B             ; ลดค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ B ลง 1
JR NZ , SUMD       ; ถ้าข้อมูลในรีจิสเตอร์ B ไม่เท่ากับ 0 ให้กระโดดไปที่ตำแหน่งป้ายชื่อ SUMD
LD ( 8050H ) , A   ; เก็บผลลัพธ์ ( SUM ) ไว้ที่ตำแหน่งที่อยู่ 8050H
HALT              ; หยุดโปรแกรม

```

5.2.3 เขียนแผนภูมิสายงานของโปรแกรมบวกเลข 8 บิต 3 จำนวน ลงในรูปที่ 15.5

รูปที่ 15.5 แสดงแผนภูมิสายงานของโปรแกรมบวกเลข 8 บิต 3 จำนวน

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
		เวลา คาบ
...../...../.....		แผ่นที่ 8 / 11

5.2.4 ให้แปลงโปรแกรมบวกเลขขนาด 8 บิต 3 จำนวน (ในหัวข้อ 5.2.2) เป็นภาษารหัสเครื่องหรือ โปรแกรมประสงค์ (Object Program) โดยให้เริ่มการเขียนโปรแกรม ณ ตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ 8000H ลงในตารางที่ 15.3

ตารางที่ 15.3 บันทึกการแปลงโปรแกรมประสงค์

Address	Machine Code	Label	Operand
8000		START:	LD HL,8051H
.....			LD B,(HL)
.....			SUB A
.....		SUMD:	INC HL
.....			ADD A,(HL)
.....			DEC B
.....			JP NZ,SUMD
.....			LD (8050H),A
.....			HALT

5.2.5 ตรวจสอบข้อมูลจากการทำโปรแกรมบวกเลขขนาด 8 บิต 3 จำนวน (ในหัวข้อ 5.2.2) และบันทึกผลลัพธ์ ลงในตารางที่ 15.4

ตารางที่ 15.4 บันทึกการทดลองข้อ 5.2

ตำแหน่งที่อยู่ (Address)	ผลลัพธ์
8052H	H
8053H	H
8054H	H
8050H	H

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี อย่างง่าย	รหัสวิชา
...../...../.....		เวลา คาบ
		แผ่นที่ 9 / 11

6. สรุปผลการทดลอง

Blank handwriting practice lines with a large, faint, diagonal watermark reading "Canva" across the center.

7. คำถามท้ายการทดลอง

7.1 จงอธิบายหลักการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบเส้นตรง ในการทดลองข้อ 5.1 มาให้พอเข้าใจ



วิชา เทคโนโลยีดิจิทัล	ใบงานที่ 15	รหัสวิชา
	เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี	เวลา คาบ
...../...../.....	อย่างง่าย	แผ่นที่ 10 / 11

7.2 จงอธิบายหลักการเขียนโปรแกรมบวกเลขแบบวนซ้ำ ในการทดลองข้อ 5.2
มาให้พอเข้าใจ

Blank lined paper with a diagonal watermark reading "Copyright" and a small red heart icon.

7.3 จงเขียนโปรแกรมส่วนเติมเต็ม 1 (One Complement) โดยกำหนดให้โปรแกรมมีค่าเริ่มต้นที่ตำแหน่งที่อยู่ (Address) คือ 0000 H มาให้ถูกต้อง

จุดมุ่งหมาย : ทำการคอมพิลเมนต์ค่าในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่อยู่ 0050 H

แล้วเก็บลงในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่อยู่ 0051 H

ตัวอย่าง (0050) = 4B H

$$(0051) = B4H$$

โปรแกรมต้นกำเนิด (Source Program)

LD A, (50H) ;

CPL ;

LD (51 H), A ;

HALT ;

วิชา เทคนิคดิจิทัล	ใบงานที่ 15 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี	รหัสวิชา
...../...../.....	อย่างง่าย	เวลา คาบ
		แผ่นที่ 11 / 11

โปรแกรมประสงค์ (Object Program)

[illegible]

Blank lined paper with a large diagonal watermark reading "בית הספר" (The School) and a solid horizontal line at the bottom.

บรรณานุกรม

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อมและนภัทร วังนเทพินทร์. วงจรดิจิทัล (ภาคปฏิบัติ) รหัส 3104 – 2003.

พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : บริษัทสกายบุ๊กส์, 2542.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. ปฏิบัติการวงจรดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บริษัทอินโนเวตีฟอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด, 2543.

ธันยวัต พิงแสงโชติช่วง วรณารด แสงฉาย และคงณัฐ รัตนรังสรรค์. การออกแบบระบบดิจิทัล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2542.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แมคกรอ - ฮิล อินเทอร์เน็ต เนชั่นแนลเอ็นเตอร์ไพรส์, อิงค์, 2540.

นภัทร วังนเทพินทร์. ดิจิทัลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : บริษัทสกายบุ๊กส์, 2542.

มงคล ทองสงคราม. ดิจิทัลเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ. พรินติ้ง, 2544.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. ศัพท์เทคนิควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. ศัพท์เทคนิควิศวกรรมคอมพิวเตอร์และสื่อสารข้อมูล. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

วิบูลย์ ชื่นแขก. ไมโครโปรเซสเซอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2532.

สุวัฒน์ รอดผล. ดิจิทัลและการออกแบบวงจรลอจิก. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2544.

อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล. ไมโครโปรเซสเซอร์พื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

Tocci, Ronald J. Digital Systems : Principles and Application. 5th ed. U.S.A : Prentice - Hall, Inc., 1977.

Tokheim, Roger L. Digital Electronics : Principles and Applications. 5th ed. Singapore : Mc GRAW - HILL BOOK COMPANY, 1999.

Tokheim, Roger L. Theory and Problems of Digital Principles. 2nd Edition. Singapore :
Mc GRAW - HILL BOOK COMPANY, 1988.

Copyright

รายการหนังสือ

สาขาช่างไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส.-ปริญญาตรี	ผู้แต่ง	ราคา
ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลส์ รหัส 3105-2001	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	125.-
คู่มือการทดลองการออกแบบวงจรพัลส์	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	125.-
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	150.-
คู่มือการทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	125.-
วงจรดิจิทัล 1 ลอจิกเชิงจัดหมู่	อ.จิระวัฒน์, อ.นภัทร	150.-
วงจรดิจิทัล 2 ลอจิกเชิงลำดับ	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	120.-
วงจรดิจิทัล ภาคปฏิบัติ รหัส 3104-2003	อ.นภัทร, อ.จิระวัฒน์	120.-
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1 วงจรคอนเวอร์เตอร์	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	120.-
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1 ภาคปฏิบัติ	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	120.-
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2 ภาคปฏิบัติ	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	150.-
สารกึ่งตัวนำและวงจรรวม	อ.อนกร ศิริพิทักษ์	120.-
ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1	อ.อนันท์ คัมภีรานนท์	120.-
ปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1	อ.อนันท์ คัมภีรานนท์	120.-
เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม 1 รหัส 3104-5001	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	120.-
ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	อ.จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อย	135.-
ปฏิบัติวงจรไฟฟ้า 1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	อ.นภัทร, อ.ชูศักดิ์	120.-
ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 2 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	อ.เฉลิมพล, อ.นภัทร	120.-
ปฏิบัติวงจรไฟฟ้า 2 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	95.-
ทฤษฎีเครื่องกลไฟฟ้า 2 รหัส 0421-1204, 3104-2002	อ.นภัทร, อ.ประเสริฐ	120.-
การวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง	อ.พงศ์ครุณย์ ดานะประทีปกุล	185.-
วงจรและระบบไฟฟ้ากำลัง	อ.พงศ์ครุณย์ ดานะประทีปกุล	175.-
คู่มือการทดลองเครื่องมือและการวัดไฟฟ้า 2	อ.นภัทร วัจนเทพินทร์	150.-
พจนานุกรมวิศวกรรมไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์	ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊กส์	250.-
ระบบโทรคมนาคม	มานพ บุญสูง, พรพวรรณ ทองขาว	150.-
การจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ด้วยโปรแกรม PSpice	ผศ. นภัทร วัจนเทพินทร์	175.-
เทคนิคดิจิทัล (ภาคทฤษฎี)	อ.อนันท์ คัมภีรานนท์	195.-
เทคนิคดิจิทัล (ภาคปฏิบัติ)	อ.อนันท์ คัมภีรานนท์	125.-

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
81/10-11 ซ.วิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10130
โทร. 0-2988-1125-7, 0-2567-5115 โทรสาร. 0-2567-5105
e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

เทคนิคดิจิทัล
(ภาคปฏิบัติ)

ISBN 974-389-581-7



9 789743 895814

ราคา 125 บาท