

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
และหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร. จริยา เอียบสกุล
คุณวุฒิ คอบ.ไฟฟ้าสื่อสาร, ค.อ.ม. การบริหารอาชีวศึกษา
ปร.ด. วิจัยและพัฒนการสอนเทคนิคศึกษา
ตำแหน่ง ครูเชี่ยวชาญ
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต
2. นายไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ
คุณวุฒิ คอบ.วิศวกรรมโทรคมนาคม, ค.อ.ม. ไฟฟ้า
ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
3. นายทศพร ดวงสวัสดิ์
คุณวุฒิ คอบ.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม
ค.อ.ม. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยการอาชีพกาญจนบุรี
อำเภอดำม่วง จังหวัดกาญจนบุรี
4. นายนิติกร เล็กศิริวิไล
คุณวุฒิ อสบ. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
5. นายกมล สมภักดี
คุณวุฒิ คอบ. อิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์
วทม. อินเทอร์เน็ตและสารสนเทศ
ตำแหน่ง ครูชำนาญการ
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

หลักสูตรรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล รหัส 2104-2207
แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์
คู่มือการใช้งาน โปรแกรม Electronic Workbench Multisim 11.0

หลักสูตรรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิตอล รหัส 2104-2207

รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชา

หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546)
ประเภทวิชา อุตสาหกรรม	สาขาวิชา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อวิชา วงจรพัลส์และดิจิทัล	รหัสวิชา 2104-2207
	สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์
	หน่วยกิต 3 (6)

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจพื้นฐานของรูปสัญญาณแบบต่างๆและการแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า
2. เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรพัลส์และการทำงานของระบบวงจรดิจิทัลเบื้องต้น
3. เพื่อให้มีทักษะในการประกอบวงจรพัลส์สวิตซ์และวงจรดิจิทัลแบบต่างๆ
4. เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในวงจรพัลส์และดิจิทัล
5. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมและปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบและปลอดภัย

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการวิเคราะห์วงจรพัลส์และดิจิทัล
2. วัดและทดสอบวงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า
3. วัดและทดสอบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์และวงจรถ่ายสัญญาณพัลส์
4. วัดและทดสอบวงจรดิจิทัลคอมบินเนชัน
5. วัดและทดสอบวงจรดิจิทัลซีแควนเชียล

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับรูปร่างสัญญาณไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์ วงจรแปลงรูปสัญญาณ ดิฟเฟอเรนเชียลเอเตอร์ อินทิเกรเตอร์ คลิปเปอร์ แคลมเปอร์ ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ซิมิตต์ทริกเกอร์ มัลติไวเบรเตอร์ ฟลิปฟลอปแบบต่างๆ การกำหนดสัญญาณ เกตต่าง ๆ หน่วยความจำ ระบบตัวเลข การลดรูปคณิตศาสตร์ทางลอจิก การเข้ารหัส การถอดรหัส การนับ การแสดงผล ไดอะแกรมต่างๆ ประกอบและทดสอบวงจรต่าง ๆ ในงานพัลส์และดิจิทัล เช่น วงจร Matrix 3 CHANNEL วงจรแปลงรูปสัญญาณ SQUARE/RAM วงจรแคลมเปอร์ ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มัลติไวเบรเตอร์ ไทม์เมอร์ วงจรนับ วงจรกำเนิดสัญญาณ

การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา วงจรพาสส์และดิจิทัล รหัสวิชา 2104-2207 หน่วยกิต 3 (6)
 หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546)
 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางาน อิเล็กทรอนิกส์

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ และค่าพารามิเตอร์	6
2	วงจรอินทิเกรเตอร์และวงจรคิฟเฟอร์เร็นติเอเตอร์	12
3	วงจรคลิปปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์	6
4	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์	6
5	วงจรมิตต์ทริกเกอร์ และวงจรกลับสัญญาณ	6
6	วงจรมัลติไวเบรเตอร์	6
7	ระบบเลขฐานและรหัส	6
8	ลอจิกเกตพื้นฐาน	6
9	คณิตศาสตร์และการลดรูป	12
10	วงจรคอมบิเนชัน	24
11	วงจรซีแควนเชียล	18
	รวม	108

ตาราง 13 กำหนดการสอน

ลำดับที่ ที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/รายการสอน	จำนวนชั่วโมง		
			ท.	ป.	รวม
(12-15) 12	10	การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน 1. วงจรคอมบิเนชัน 1.1 คุณลักษณะของวงจรคอมบิเนชัน 1.2 ขั้นตอนการออกแบบวงจรคอมบิเนชัน 1.3 การออกแบบวงจรลอจิกโดยใช้เนนด์เกตและ นอร์เกต 2. วงจรบวกเลขฐานสอง 2.1 หลักการบวกเลขฐานสอง 2.2 การออกแบบวงจรบวกเลขฐานสอง 2.3 การใช้งานวงจรรวมการบวกเลขฐานสอง 2.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรบวกเลขฐานสอง	1	2	3
13	10	3. วงจรลบเลขฐานสอง 3.1 หลักการลบเลขฐานสอง 3.2 การออกแบบวงจรลบเลขฐานสอง 3.3 การใช้งานวงจรรวมการลบเลขฐานสอง 3.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรลบเลขฐานสอง 4. วงจรเปรียบเทียบเลขฐานสอง 4.1 หลักการเปรียบเทียบเลขฐานสอง 4.2 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบเลขฐานสอง 4.3 การใช้งานวงจรรวมการเปรียบเทียบเลขฐานสอง 4.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรเปรียบเทียบเลขฐานสอง	1	2	3

ตาราง 13 กำหนดการสอน (ต่อ)

สัปดาห์ ที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/รายการสอน	จำนวนชั่วโมง		
			ท.	ป.	รวม
14	10	5. วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 5.1 หลักการของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 5.2 การออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 5.3 การใช้งานวงจรรวมการเข้ารหัสเลขฐานสอง 5.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง	1	2	3
		6. วงจรถอดรหัสเลขฐานสองและวงจรแสดงผล 6.1 หลักการของวงจรถอดรหัสเลขฐานสอง 6.2 การออกแบบวงจรถอดรหัสเลขฐานสอง 6.3 การใช้งานวงจรรวมการถอดรหัสเลขฐานสอง 6.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรถอดรหัสเลขฐานสอง และวงจรแสดงผล	1	2	3
15	10	7. วงจรเลือกข้อมูลรหัสเลขฐานสอง 7.1 หลักการของวงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสอง 7.2 การออกแบบวงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสอง 7.3 การใช้งานวงจรรวมการเลือกข้อมูลเลขฐานสอง 7.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสอง	1	2	3
		8. วงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสอง 8.1 หลักการของวงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสอง 8.2 การออกแบบวงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสอง 8.3 การใช้งานวงจรรวมการกระจายข้อมูล เลขฐานสอง 8.4 ปฏิบัติการทดลองวงจรกระจายข้อมูล เลขฐานสอง	1	2	3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รหัสวิชา 2104-2207	วิชา วงจรพัลส์และดิจิตอล (2104-2207)	หน่วยที่ 10
ชื่อหน่วย วงจรคอมบิเนชัน		จำนวน 24 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง		จำนวน 3 ชั่วโมง

1. เป้าหมายการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

- 1.1.1 เข้าใจหลักการวิเคราะห์วงจรพัลส์และดิจิตอล
- 1.1.2 วัดและทดสอบวงจรดิจิตอลคอมบิเนชัน

1.2 ตัวชี้วัด

- 1.2.1 อธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
- 1.2.2 ออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
- 1.2.3 ประกอบและทดสอบการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 จุดประสงค์ทั่วไป

- 2.1.1 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง
- 2.1.2 เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง
- 2.1.3 เพื่อให้มีความรับผิดชอบในการออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

2.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 2.2.1 อธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
- 2.2.2 ออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองแบบต่างๆ ได้
- 2.2.3 ประกอบและทดสอบการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
- 2.2.4 มีกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน รับผิดชอบ ตรงต่อเวลา รักษาความสะอาด

คำนึงถึงความปลอดภัยและมีมนุษยสัมพันธ์

3. สาระสำคัญ

วงจรเข้ารหัส เป็นวงจรทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนรหัสสัญญาณจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งตามต้องการ เพื่อให้สามารถทำการสื่อสารข้อมูลข่าวสารระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ได้ ตลอดจนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลักษณะการเข้ารหัส วงจรเข้ารหัสจะมีจำนวนอินพุตหลายอินพุต การเข้ารหัสต้องทำครั้งละหนึ่งอินพุต เพื่อการสร้างรหัสชุดหนึ่งออก

เอาต์พุตการเปลี่ยนแปลงการเข้ารหัสที่อินพุตทำให้รหัสออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไป การเข้ารหัสทำได้หลายแบบ เช่น เข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสองและเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD เป็นต้น

4. ตารางการเรียนรู้

- 4.1 หลักการใช้สวิตช์เข้ารหัสเลขฐานสอง
- 4.2 วงจรพื้นฐานการเข้ารหัสเลขฐานสอง
 - 4.2.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นรหัสเลขฐานสอง
 - 4.2.2 วงจรเข้ารหัสแปดเส้นเป็นเลขฐานแปด
 - 4.2.3 วงจรเข้ารหัส 10 เส้นเป็นรหัส BCD 8421
- 4.3 การใช้งานวงจรรวมการเข้ารหัสเลขฐานสอง
 - 4.3.1 วงจรเข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสอง
 - 4.3.2 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

5. ชิ้นงาน / ภาระงาน

- ใบงานการทดลองที่ 5 เรื่องวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ - อธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้ - เขียนวงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD ได้	- ทดสอบความรู้	- แบบทดสอบ	คะแนนรวม 60 %ขึ้นไป ผ่าน
2. ด้านทักษะปฏิบัติ - การเชื่อมโยง - ปฏิบัติการทดลอง	- ประเมินโดยการสังเกต สัมภาษณ์ - ตรวจสอบความถูกต้องของการฝึกปฏิบัติ	- ใบงานการทดลองที่ 5 เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง - แบบประเมินผล	8-10 หมายถึง ระดับ ดีมาก 6-7 หมายถึง ระดับ ดี 3-5 หมายถึง ระดับ พอใช้ 1-2 หมายถึงระดับ ปรับปรุง
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - ระเบียบวินัย - ความรับผิดชอบ	- ประเมินพฤติกรรมโดยการสังเกต สัมภาษณ์	- แบบประเมินพฤติกรรม	8-10 หมายถึง ระดับ ดีมาก 6-7 หมายถึง ระดับ ดี 3-5 หมายถึง ระดับ พอใช้ 1-2 หมายถึงระดับ ปรับปรุง

7. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง	แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
<p>ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียม (20 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูและนักเรียนตรวจสอบความพร้อมของสื่อการเรียนการสอน เช่น เครื่องโปรเจคเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ 2. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ และอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความรับผิดชอบ ประมาณ 5 –10 นาที 3. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 	<p>ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (30 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสนทนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มีใช้ในปัจจุบันและตั้งคำถามถามผู้เรียนเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องคิดเลข (ถามสุ่ม 3–5คน) 2. ครูแจ้งผลการเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ผ่านมาให้นักเรียนทราบความก้าวหน้าโดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ถึงเกณฑ์ 3. ทำการเช็คชื่อ ตรวจการแต่งกาย และสอบถามถึงสาเหตุของการแต่งกายผิดระเบียบ 4. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ และอบรมคุณธรรม จริยธรรม เรื่อง ความรับผิดชอบ ประมาณ 5 –10 นาที 5. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง
<p>ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอสถานการณ์จำลองและแนวทางปฏิบัติ (60 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มีใช้ในปัจจุบันและตั้งคำถามถามนักเรียนเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องคิดเลข 2. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนได้ทราบ และช่วยกันกำหนดประเด็น และสถานการณ์ที่จะจำลอง 3. ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 4. ครูอธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองโดยผ่านสื่อ Power Point 5. ครูผู้สอนสาธิตและอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง โดยเขียนแผนภาพของวงจร, ตารางการทำงาน, สมการบูลีน และวงจรลอจิกสลับกับการซักถามเป็นรายบุคคล 	

กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง	แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
<p>ขั้นที่ 3 ขั้นมอบหมายบทบาทให้ผู้เรียน(30 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ให้นักเรียนออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง มาคนละ 1 วงจร โดยกำหนดให้วงจรทำงานที่สถานะลอจิก “0” หรือวงจรทำงานที่ลอจิก “1” ก็ได้ โดยใช้เนคต์เกตหรือออร์เกตเพียงอย่างเดียว 2. ครูผู้สอนให้คำแนะนำและดูแลการออกแบบวงจรของนักเรียน 	<p>ขั้นที่ 2 ขั้นสอน (120 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูอธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง โดยวิธีการบรรยาย ถาม-ตอบผ่านสื่อ Power Point 2. ครูผู้สอนสาธิตและอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง โดยเขียนแผนภาพของวงจร, ตารางการทำงาน, สมการบูลีนและวงจรถลอจิก สลับกับการซักถามเป็นรายบุคคล
<p>ขั้นที่ 4 ขั้นแสดง (30 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูผู้สอนให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่ 5 เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง โดยนำไปทดลองกับเครื่องคอมพิวเตอร์บนโปรแกรม Electronic Workbench Multisim 11.0 เพื่อให้เกิดทักษะในการเรียนรู้ 2. ครูผู้สอนคอยควบคุมและให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความผิดพลาดแก่นักเรียนในเรื่องการประกอบและทดสอบการทำงานของวงจร 3. นักเรียนจดบันทึกผลการทดลอง 4. ครูดูแลการทดลองใบงานของนักเรียนพร้อมทั้งสังเกต จดบันทึก และให้คะแนนเป็นรายบุคคล 	<ol style="list-style-type: none"> 3. ครูให้นักเรียนออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง โดยใช้เนคต์เกตหรือออร์เกตเพียงอย่างเดียวโดยครูคอยให้คำแนะนำ 4. ครูให้นักเรียนศึกษาใบงานที่ 5 เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสองและให้นักเรียนเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (ชุดฝึก DX-01B หรือ MDX-02B) เพื่อประกอบและทดสอบการทำงานของวงจรเป็นรายบุคคล เพื่อให้เกิดทักษะในการเรียนรู้ 5. ครูคอยสังเกตลำดับขั้นตอนการทำงานและให้คำแนะนำเมื่อพบนักเรียนปฏิบัติไม่ถูกต้องพร้อมทั้งสังเกต จดบันทึก และให้คะแนนเป็นรายบุคคล
<p>ขั้นที่ 5 ขั้นอภิปราย (20 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเนื้อหาสาระของบทเรียนสลับกับการซักถามเป็นรายบุคคล โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามครู 2. ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ความรู้และทักษะขบวนการทดลองที่ได้ทำการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์บนโปรแกรม กับการทดลองด้วยชุดทดลองว่ามีข้อดี และข้อเสีย อย่างไรบ้าง 	

กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
<p>ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล (20 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามหัวข้อสาระการเรียนรู้ 2. ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์กระบวนการและแนวคิดที่ได้ พร้อมทั้งปลูกฝังให้นักเรียนเอาใจใส่การเรียนรู้ 3. ครูมอบหมายให้ผู้เรียนไปศึกษาเนื้อหาที่จะเรียนในคาบเรียนต่อไป เรื่องการถอดรหัสเลขฐานสองและให้นักเรียนส่งใบงานการทดลอง 4. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียน 	<p>ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปและประเมินผล (30 นาที)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับหลักการทํางาน และขั้นตอนการออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 2. ครูให้นักเรียนที่ปฏิบัติงานเสร็จแล้วส่งตรวจที่โต๊ะตรวจงาน เพื่อขอคำแนะนำและประเมินผล 3. ครูมอบหมายให้ผู้เรียนไปศึกษาเนื้อหาที่จะเรียนในคาบเรียนต่อไป เรื่องการถอดรหัสเลขฐานสอง และให้นักเรียนที่ปฏิบัติงานเสร็จแล้วส่งใบงานการทดลอง 4. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียน

8. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
<p>สื่อการเรียนรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ใบความรู้ เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 2. ใบงานการทดลองที่ 5 3. แบบทดสอบก่อนเรียน 4. แบบทดสอบหลังเรียน 5. เครื่องโปรเจกเตอร์ 6. สื่อคอมพิวเตอร์นำเสนอโดย โปรแกรม power point 7. คู่มือการใช้โปรแกรม Electronic Workbench Multisim 8. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม Electronic Workbench Multisim 11.0 9. แบบประเมินผลใบงานการทดลอง 10. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 	<p>สื่อการเรียนรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ใบความรู้ เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 2. ใบงานการทดลองที่ 5 3. แบบทดสอบก่อนเรียน 4. แบบทดสอบหลังเรียน 5. เครื่องโปรเจกเตอร์ 6. สื่อคอมพิวเตอร์นำเสนอโดย โปรแกรม power point 7. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองจริง (ชุดฝึก MDX-01B หรือ MDX-02B) 8. แบบประเมินผลใบงานการทดลอง 9. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
<p>แหล่งการเรียนรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ห้องเทคโนโลยีพัลส์และดิจิทัล 1. ห้องสมุดวิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา 2. ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต โดยวิธีการสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ประเภท Web Search เช่น http://www.google.co.th ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้จากห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ร้านอินเทอร์เน็ต หรือที่บ้านของผู้เรียน 	

9. บันทึกการเรียนรู้

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ปัญหาและหรือพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน
 (.....)
/...../.....

ลงชื่อ.....หัวหน้าแผนก
 (.....)
/...../.....

ลงชื่อ.....รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
 (.....)
/...../.....

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

วิชา วงจรพัลส์และดิจิทัล (2104 – 2207)

ระดับชั้น ปวช.2

สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

เวลา 10 นาที

คะแนน 10 คะแนน

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 10 ข้อ

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. วงจรคอมบินชันในข้อใด จัดว่าเป็นวงจรเข้ารหัส

ก. BCD to Decimal	ข. Decimal to BCD
ค. Binary to Decimal	ง. BCD to Binary
2. ขั้นตอนในการออกแบบวงจรเข้ารหัสข้อใดถูก

ก. ขั้นที่ 1 ตารางความจริง ขั้นที่ 2 แผนภาพ	ขั้นที่ 3 สมการลอจิก	ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
ข. ขั้นที่ 1 ตารางความจริง ขั้นที่ 2 สมการลอจิก	ขั้นที่ 3 แผนภาพ	ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
ค. ขั้นที่ 1 แผนภาพ	ขั้นที่ 2 ตารางความจริง	ขั้นที่ 3 วงจรลอจิก
ง. ขั้นที่ 1 แผนภาพ	ขั้นที่ 2 ตารางความจริง	ขั้นที่ 3 สมการลอจิก
		ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
3. เอาต์พุตหนึ่งของวงจรเข้ารหัสที่ใช้แสดงผลจากการกดสวิตช์อินพุต คือจะเป็น “1” ทุกครั้งเมื่อมีการกดสวิตช์ และจะเป็น “0” เมื่อไม่มีการกดสวิตช์ใดๆ เอาต์พุตนี้คือขา

ก. Enable	ข. Strobe
ค. Stroke	ง. Select
4. วงจรเปลี่ยนรหัสจากสวิตช์กดเป็นรหัสฐานสองเรียกว่าวงจรอะไร

ก. วงจรเข้ารหัส	ข. วงจรถอดรหัส
ค. วงจรเปลี่ยนรหัส	ง. วงจรส่งผ่านรหัส
5. ไอซี 74LS147 จะเป็นวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองขนาดกี่บิต

ก. 1 บิต	ข. 2 บิต
ค. 3 บิต	ง. 4 บิต
6. วงจรเข้ารหัสแบบ 8 Line to 3 Line ใช้สวิตช์ในการเข้ารหัสทั้งหมดกี่ตัว

ก. 3 ตัว	ข. 8 ตัว
ค. 6 ตัว	ง. 9 ตัว

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		X		
2				X
3		X		
4	X			
5				X
6		X		
7			X	
8	X			
9				X
10		X		

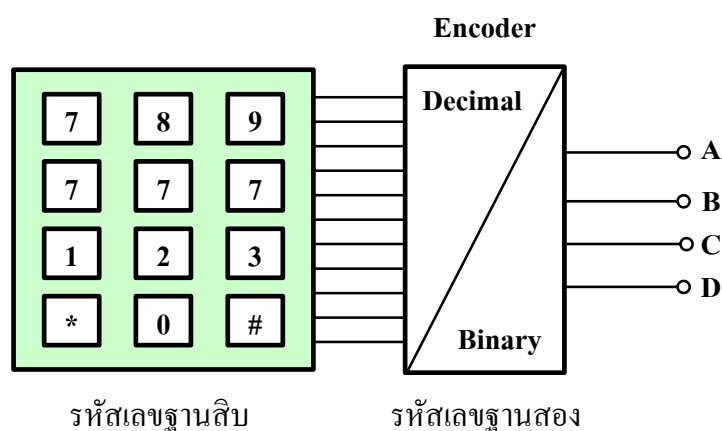
ใบความรู้ประกอบ การทดลองที่ 5

วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

(Binary Encoder Circuits)

5. วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง (Binary Encoder Circuits)

วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง คือวงจรที่ทำหน้าที่แปลงตัวเลข ตัวอักษร ที่อยู่ในรูปของระดับแรงดันหรือระดับลอจิกให้เป็นรหัสที่ต้องการ ซึ่งมีหลักการพื้นฐานดังนี้



รูปที่ 5.1 หลักการเข้ารหัสเลขฐานสอง

5.1 หลักการใช้สวิตช์เข้ารหัสเลขฐานสอง

หลักการใช้สวิตช์เข้ารหัสเลขฐานสอง มีหลักการคือจะต้องใช้รหัสที่เป็นลอจิกสวิตช์ ซึ่งจะมีจำนวนเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับการใช้รหัสเลขฐานสองตามวิธีการดังนี้

$$\text{Code} = 2^N$$

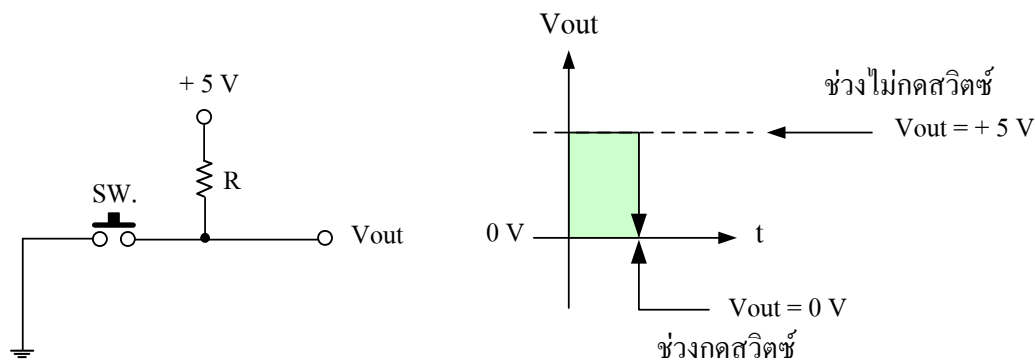
เมื่อ Code = จำนวนรหัสจากสวิตช์ที่อินพุต

2 = เลขฐานสอง

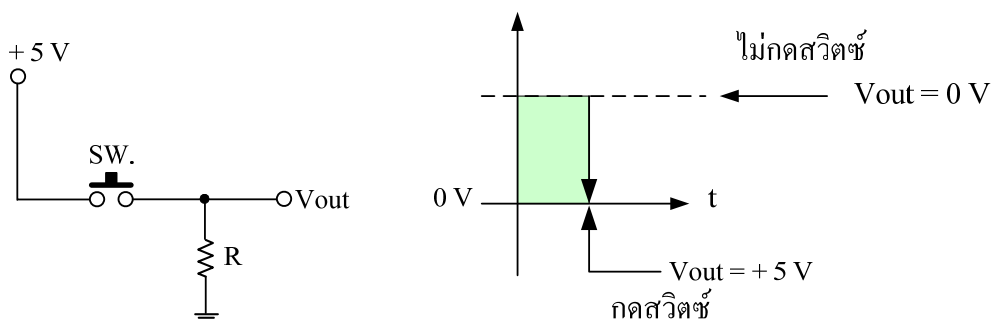
N = จำนวนบิตของเลขฐานสองที่เอาต์พุต

5.1.1 การต่อสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์

การต่อสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์ มีการต่ออยู่ 2 ลักษณะ คือชนิด Active Low และชนิด Active High ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าวงจรจะนำเอาต์พุตของวงจรสวิตช์ไปใช้นั้นต้องการให้ลอจิกทำงานแบบใด (Active Low หรือ Active High) แสดงการต่อวงจรดังนี้



(ก) เมื่อกดสวิตช์เอาต์พุตเป็นลอจิก “0” (Active Low)

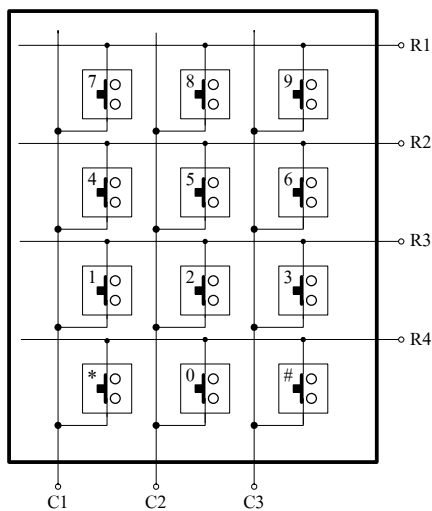


(ข) เมื่อกดสวิตช์เอาต์พุตเป็นลอจิก “1” (Active High)

รูปที่ 5.2 ลักษณะของคีย์สวิตช์

5.1.2 การต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด

การต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพดมีการต่ออยู่ในลักษณะโมดูลสวิตช์ที่ต่อกันเป็นหลักและแถว มักใช้งานร่วมกับไมโคร โปรเซสเซอร์ เอาต์พุตมี 2 แถว วงจรสวิตช์แสดงดังนี้



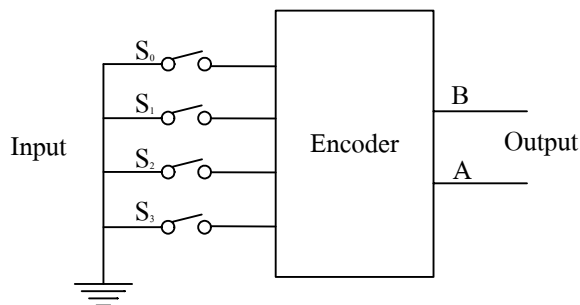
รูปที่ 5.3 วงจรสวิตช์แบบคีย์แพด

5.2 วงจรพื้นฐานการเข้ารหัสเลขฐานสอง

5.2.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นรหัสเลขฐานสอง

ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สิ่งที่ต้องการหรือโจทย์ปัญหา แล้วเขียนแผนภาพ (Block Diagram)



รูปที่ 5.4 แผนภาพวงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นรหัสเลขฐานสอง

ขั้นที่ 2 สร้างตารางความจริง (Truth Table Construction)

สามารถเลือกกำหนดลักษณะของสวิตช์ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. สวิตช์ชนิดแอกทีฟที่ลอจิก “0” (Active Low)
2. สวิตช์ชนิดแอกทีฟที่ลอจิก “1” (Active High)

เมื่อเลือกให้สวิตช์ทำงานที่ลอจิก “1”

อินพุต				เอาต์พุต	
S_0	S_1	S_2	S_3	B	A
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1

ขั้นที่ 3 เขียนสมการลอจิก (Logic Expression)

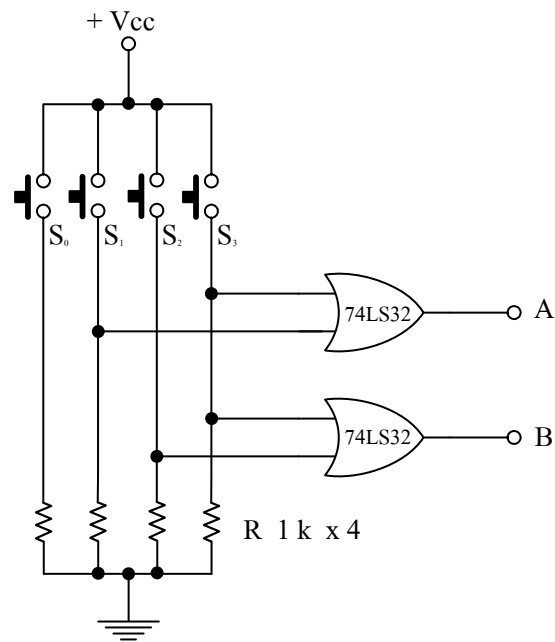
การเขียนสมการลอจิก นิยมใช้รูปแบบสมการผลรวมของผลคูณ (Sum of Product) หรือ มินเทอม (Minterm) โดยดูเอาต์พุตของตารางความจริงที่เป็นลอจิก 1 นำลอจิกสวิตช์ที่ถูกกดที่มีอินพุตเป็นลอจิก “1” มาเขียนสมการจะได้ดังนี้

$$A = S_1 + S_3$$

$$B = S_2 + S_3$$

ขั้นที่ 4 เขียนวงจรลอจิก (Logic Circuits)

จากสมการของ A และ B นำมาเขียนวงจรได้ดังรูปที่ 5.5

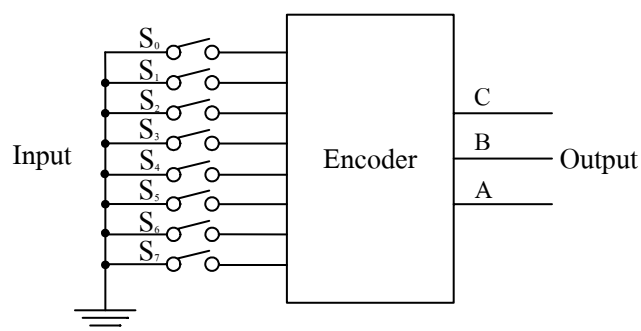


รูปที่ 5.5 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 4 เส้นเป็นเลขฐานสอง

5.2.2 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้นเป็นเลขฐานแปด

ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

ขั้นที่ 1 แผนภาพ (Block Diagram)



รูปที่ 5.6 แผนภาพของวงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้นเป็นเลขฐานแปด

ขั้นที่ 2 ตารางความจริง (Truth Table) เมื่อเลือกสวิตช์ทำงานที่ลอจิก “0”

อินพุต								เอาต์พุต		
S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

ขั้นที่ 3 เขียนสมการลอจิก (Logic Expression)

การเขียนสมการลอจิก นิยมใช้รูปแบบสมการผลรวมของผลคูณ (Sum of Product) หรือ มินเทอม (Minterm) โดยดูเอาต์พุตของตารางความจริงที่เป็นลอจิก 1 นำลอจิกสวิตช์ที่ถูกกดที่มี อินพุตเป็นลอจิก “0” มาเขียนสมการจะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} A &= \bar{S}_1 + \bar{S}_3 + \bar{S}_5 + \bar{S}_7 \\ B &= \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 \\ C &= \bar{S}_4 + \bar{S}_5 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 \end{aligned}$$

เนื่องจากอินพุตสวิตช์เป็นการกระตุ้นด้วยลอจิก 0 จึงต้องเขียนสมการโดยใส่ตัว – กลับค่า (Inverter) ทุกอินพุตที่ถูกกดไว้ข้างบนซึ่งมีจำนวนมาก ถ้านำสมการลอจิกมาเขียนวงจรลอจิกจะต้อง ใช้เกตเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็น OR Gate และ NOT Gate จึงต้องแปลงสมการใหม่โดยใช้ทฤษฎี ของดีมอร์แกน (De’ Morgan Theorem) ดังนี้

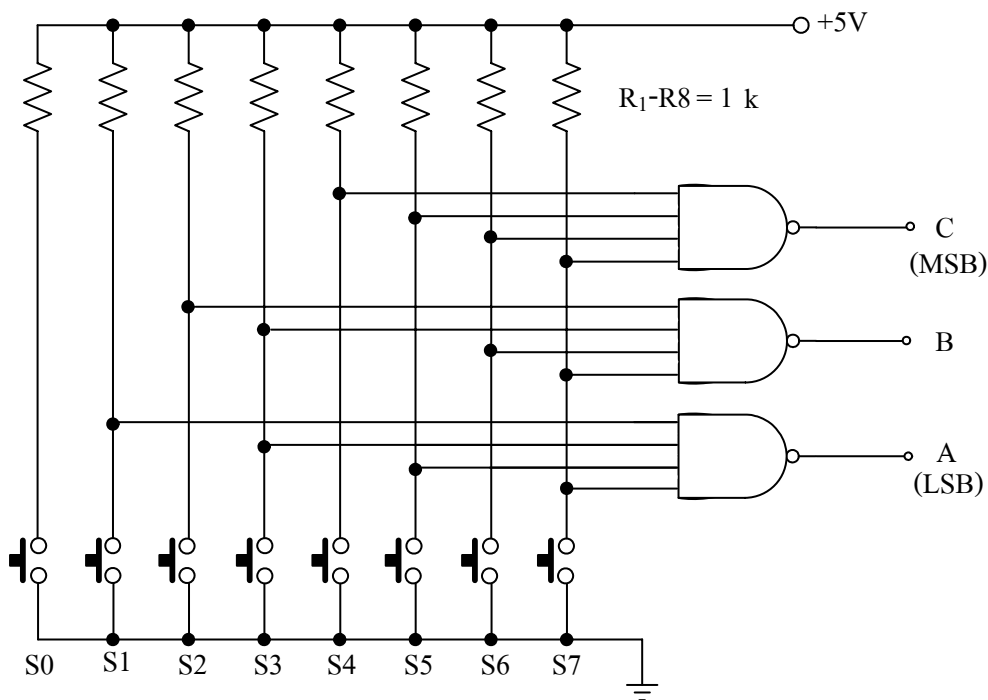
$$\boxed{\bar{A} + \bar{B} = \overline{A \cdot B}}$$

ขั้นที่ 4 ลดรูปสมการลอจิก

นำสมการในขั้นตอนที่ 3 มาแปลงสมการใหม่โดยใช้ทฤษฎีของดีมอร์แกน (De’ Morgan Theorem) จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 A &= \bar{S}_1 + \bar{S}_3 + \bar{S}_5 + \bar{S}_7 = \overline{S_1 \cdot S_3 \cdot S_5 \cdot S_7} \\
 B &= \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 = \overline{S_2 \cdot S_3 \cdot S_6 \cdot S_7} \\
 C &= \bar{S}_4 + \bar{S}_5 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 = \overline{S_4 \cdot S_5 \cdot S_6 \cdot S_7}
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 5 เขียนวงจรถลอจิก (Logic Circuits)

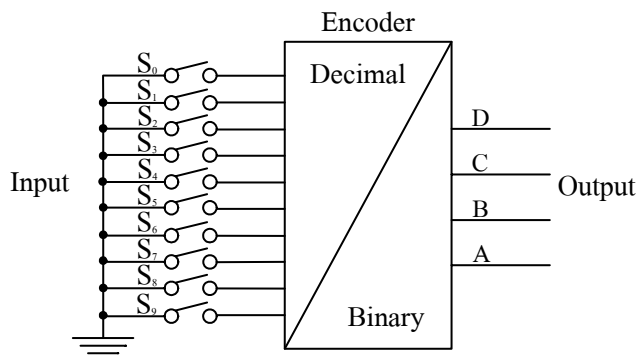


รูปที่ 5.7 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้นเป็นเลขฐานแปด

5.2.3 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง 10 เส้น (0-9) เป็นรหัส BCD 8421

มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

ขั้นที่ 1 เขียนแผนภาพ (Block Diagram)



รูป 5.8 แผนภาพการเข้ารหัสเลขฐานสอง 0-9

ขั้นที่ 2 เขียนตารางความจริง (Truth Table)

กำหนดให้ สวิตช์ที่ทำงานกระตุ้นด้วยลอจิกศูนย์ (Active Low) เนื่องจากการทำงานของ สวิตช์เป็นแบบกดติดปลายด้าม (Push Bottom Switch NO) ดังนั้นในสถานะที่ไม่มีการกดสวิตช์จะ อยู่ในสถานะขาดลอยไม่ได้ต่อกับไฟ +5V (High) หรือเป็นลอจิก 1 และก็ไม่ได้ต่อลงกราวด์ 0V (Low) แต่ในสถานะขาดลอยนี้ในระบบดิจิทัลถือว่าเป็นลอจิก 1 ดังนั้น การออกแบบวงจรเข้ารหัส จึงนิยมใช้การกระตุ้นด้วยลอจิกศูนย์ (Active Low) และที่สวิตช์ S_0 จะต่อหรือไม่ต่อก็ได้เพราะว่า เมื่อไม่มีการกดสวิตช์ใด ๆ เลย เอาต์พุตของวงจร ก็จะเป็นลอจิกศูนย์อยู่แล้ว ดังตารางที่แสดงได้ ดังนี้

อินพุต										เอาต์พุต			
S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	D	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1

ขั้นที่ 3 เขียนสมการลอจิก (Logic Expression)

การเขียนสมการลอจิก นิยมใช้รูปแบบสมการผลรวมของผลคูณ (Sum of Product) หรือ มินเทอม (Minterm) โดยดูเอาต์พุตของตารางความจริงที่เป็นลอจิก 1 นำลอจิกสวิตช์ที่ถูกกดคที่มี อินพุตเป็นลอจิก “0” มาเขียนสมการจะได้ดังนี้

$$A = \bar{S}_1 + \bar{S}_3 + \bar{S}_5 + \bar{S}_7 + \bar{S}_9$$

$$B = \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7$$

$$C = \bar{S}_4 + \bar{S}_5 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7$$

$$D = \bar{S}_8 + \bar{S}_9$$

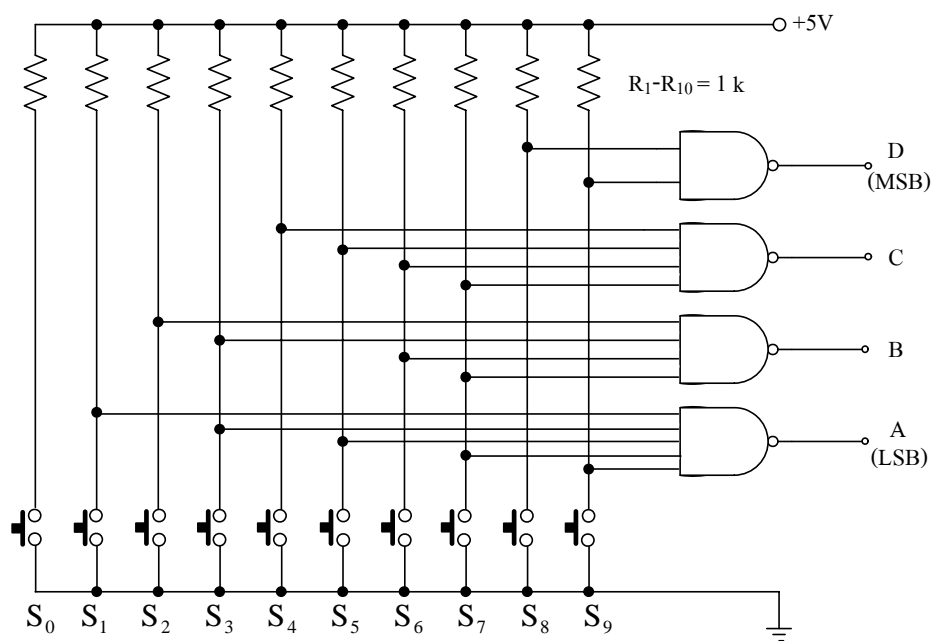
ขั้นที่ 4 ลดรูปสมการลอจิก

นำสมการในขั้นตอนที่ 3 มาแปลงสมการใหม่โดยใช้ทฤษฎีของดีมอร์แกน (De' Morgan Theorem) จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 A &= \bar{S}_1 + \bar{S}_3 + \bar{S}_5 + \bar{S}_7 + \bar{S}_9 &= \overline{S_1 \cdot S_3 \cdot S_5 \cdot S_7 \cdot S_9} \\
 B &= \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 &= \overline{S_2 \cdot S_3 \cdot S_6 \cdot S_7} \\
 C &= \bar{S}_4 + \bar{S}_5 + \bar{S}_6 + \bar{S}_7 &= \overline{S_4 \cdot S_5 \cdot S_6 \cdot S_7} \\
 D &= \bar{S}_8 + \bar{S}_9 &= \overline{S_8 \cdot S_9}
 \end{aligned}$$

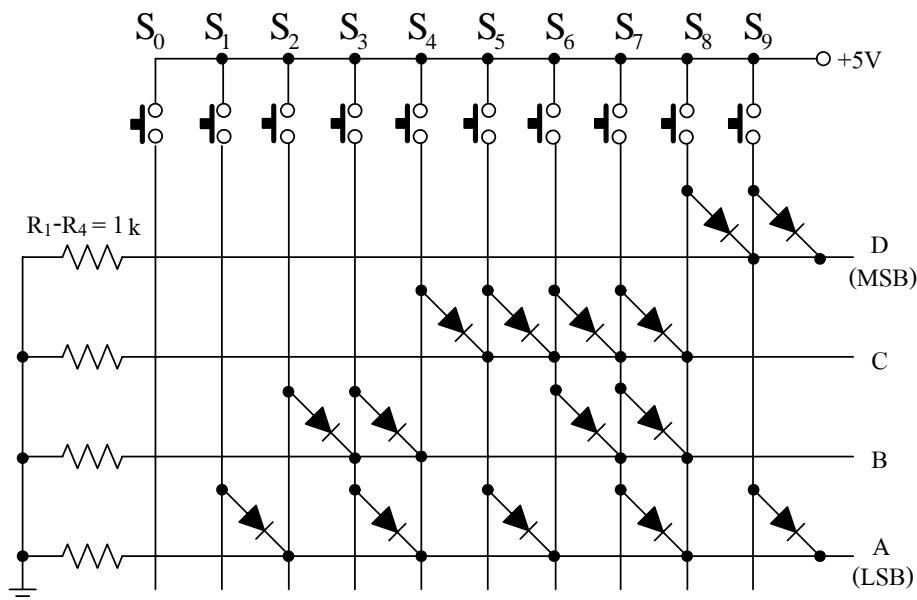
ขั้นที่ 5 เขียนวงจรลอจิก (Logic Circuits) สามารถสร้างได้จากวงจรลอจิกเกต หรือจากวงจรไดโอดเมทริกซ์ (Diode Matrix) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการนำไปใช้งาน

1) วงจรเข้ารหัสเลขฐานสองแบบใช้ลอจิกเกต



รูปที่ 5.9 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421 ใช้ลอจิกเกต

2) วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421 แบบใช้ไดโอด



รูปที่ 5.10 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD ใช้ไดโอด

จากรูปที่ 5.10 แสดงวงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD ใช้ไดโอดต่อในรูปแบบวงจรแมตริกซ์ไดโอดแต่ละตัวถูกต่อระหว่างสวิตช์อินพุตชนิดกดติดปัดสวิตช์ S_0 ถึง S_9 เอาต์พุต Y_1 ถึง Y_4 ขณะไม่กดสวิตช์ใดๆ หรือกดสวิตช์ 0 ไม่มีแรงดัน +5V จ่ายออกเอาต์พุตทั้งหมด เอาต์พุตเป็น 0000 ถ้ากดสวิตช์ S_1 ถึง S_9 ตัวใดตัวหนึ่งจะได้รหัส BCD ออกเอาต์พุต เช่นกดสวิตช์ 3 มีแรงดัน +5V จ่ายไปอัสตรงให้ไดโอดจ่ายแรงดัน +5V ออกเอาต์พุตที่ Y_1 และ Y_2 ได้รหัส BCD ออกเอาต์พุตเป็น 0011 หรือกดสวิตช์ 9 มีแรงดัน +5V จ่ายไปอัสตรงให้ไดโอดจ่ายแรงดัน +5V ออกเอาต์พุตที่ Y_1 และ Y_4 ได้รหัส BCD ออกเอาต์พุตเป็น 1001 เป็นต้น

ในทางปฏิบัติ การออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD สามารถใช้ไอซีเบอร์ 74LS147 ที่มีอินพุตและเอาต์พุตเป็นแอกทีฟโลว์ (Active Low) โดยจะสลับรหัสที่ตรงข้ามกับรหัส BCD (Inverted BCD) ทางเอาต์พุต ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับบิตขาเข้าที่มีนัยสำคัญสูงกว่า

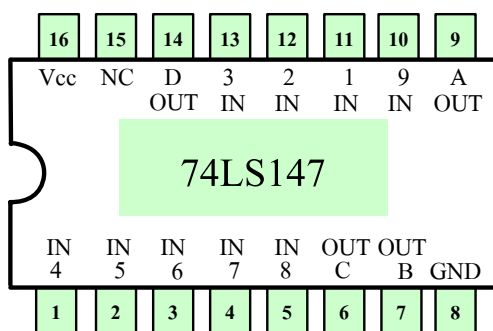
5.3 การใช้งานวงจรรวมการเข้ารหัสเลขฐานสอง

จากหลักการเข้ารหัสพื้นฐานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองทางดิจิทัลยิ่งมีจำนวนบิตมาก ก็ยิ่งจะมีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องมีการสร้างไอซีสำเร็จรูปขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งาน ทำให้ง่ายในการต่อวงจร ไม่ต้องใช้ไอซีเกดพื้นฐานจำนวนมาก เบอร์ที่นิยมใช้ในการทดลอง คือ 74LS147 และ 74LS148 จะเป็นวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองขนาด 4 บิต มีจำนวนอินพุต 9 ขา (1-9) และวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองขนาด 3 บิต มีจำนวนอินพุต 8 ขา (0-7)

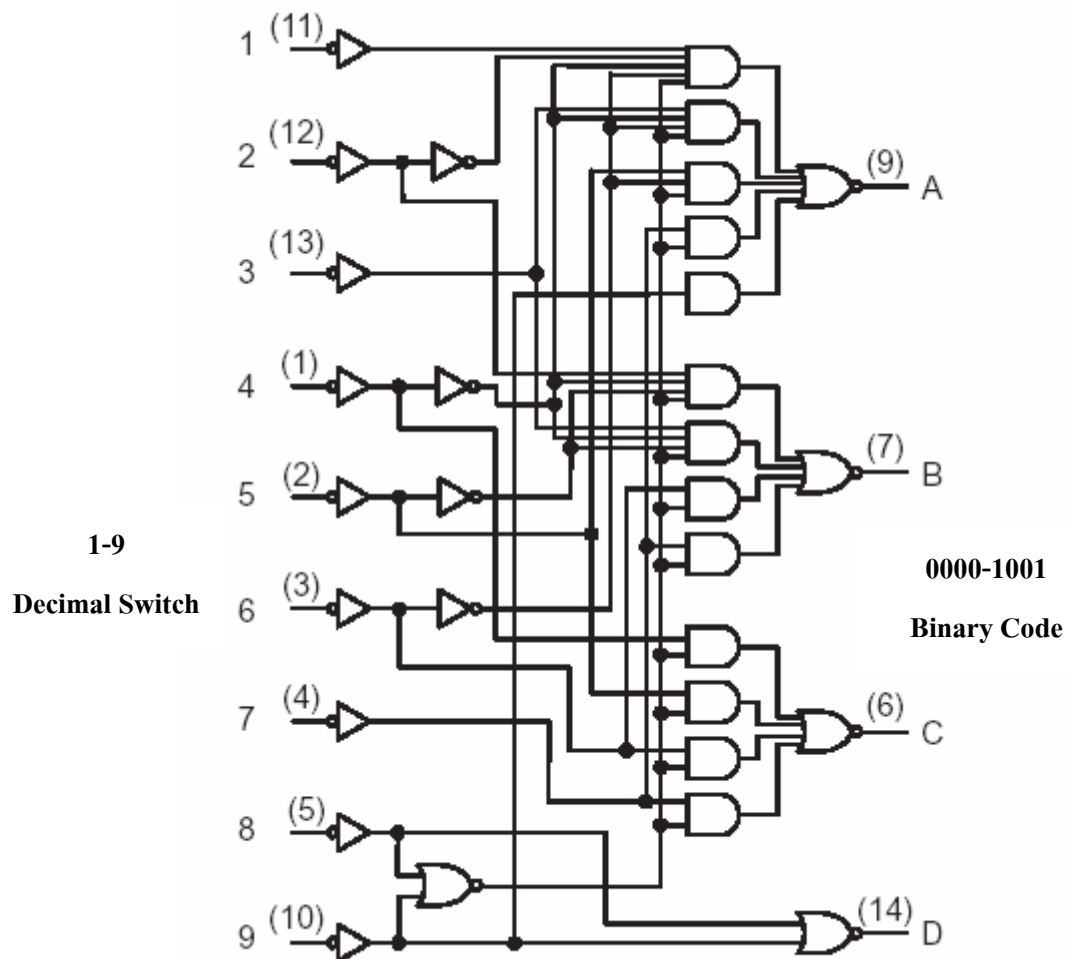
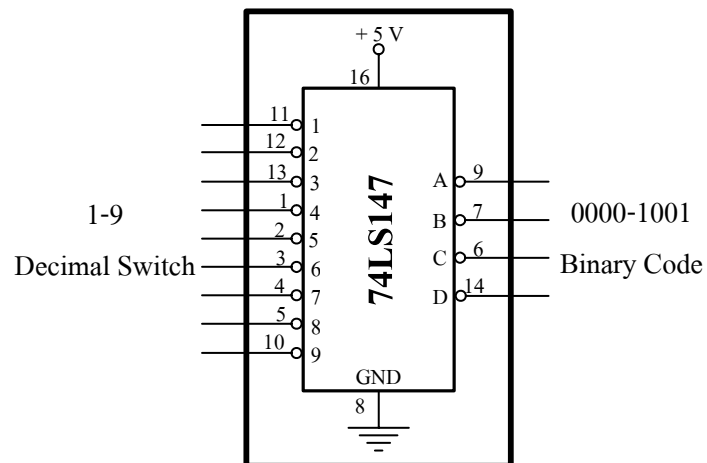
5.3.1 วงจรเข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสอง

ไอซีเบอร์ 74LS147 (10-Line Decimal to 4-Line BCD Priority Encoder)

ไอซีเบอร์ 74147 เป็นไอซีเข้ารหัสที่เปลี่ยนรหัสจากการกดคีย์สวิตช์อินพุต 9 ตัว ให้เป็นรหัสบีซีดี ขนาด 4 บิต ชนิดแอกตีฟที่ลอจิก “0” (Active Low) ทั้งอินพุตและเอาต์พุตซึ่งมีการจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ของการกดคีย์สวิตช์ที่อินพุต หมายความว่า ถ้ามีการกดคีย์สวิตช์พร้อมกันมากกว่า 1 ตัว รหัสที่ได้ที่เอาต์พุตจะเป็นรหัสของคีย์สวิตช์ที่มีลำดับความสำคัญที่สูงกว่า เช่น ถ้ากดคีย์สวิตช์ที่อินพุตหมายเลข 8 และหมายเลข 4 พร้อมกันเมื่อพิจารณาตารางความจริงจะพบว่าเมื่ออินพุต 8 เป็นลอจิก “0” อินพุตที่ต่ำกว่า (อินพุต 7 ถึง 0) จะไม่มีความหมาย (เป็นสถานะไม่สนใจ : X) ดังนั้นรหัสที่ได้ที่เอาต์พุตจะเป็นรหัสของการกดคีย์หมายเลข 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0111 (เอาต์พุตเป็นชนิดแอกตีฟที่ลอจิก “0”) ซึ่งลำดับความสำคัญของอินพุตจะเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ 9,8,7.....,0 ตามลำดับ ซึ่งจะแสดงโครงสร้างการทำงานของไอซีเบอร์ 74LS147 ดังรูป



รูปที่ 5.11 แสดงรูปร่างภายนอกของไอซีเบอร์ 74LS147

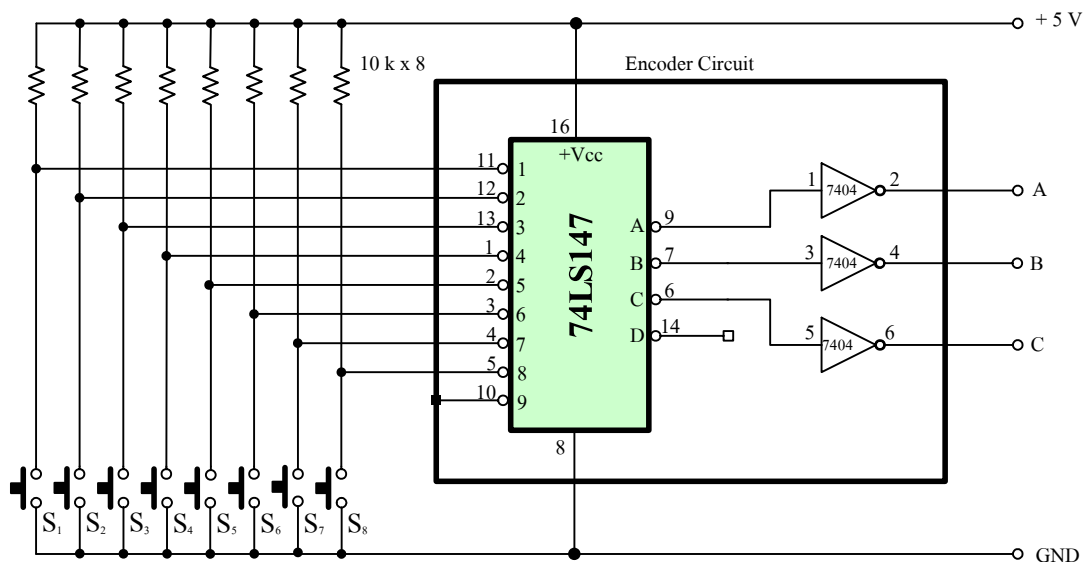


รูป 5.12 แสดงวงจรใช้งานภายในของไอซี 74LS147

ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74147

อินพุต									เอาต์พุต			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

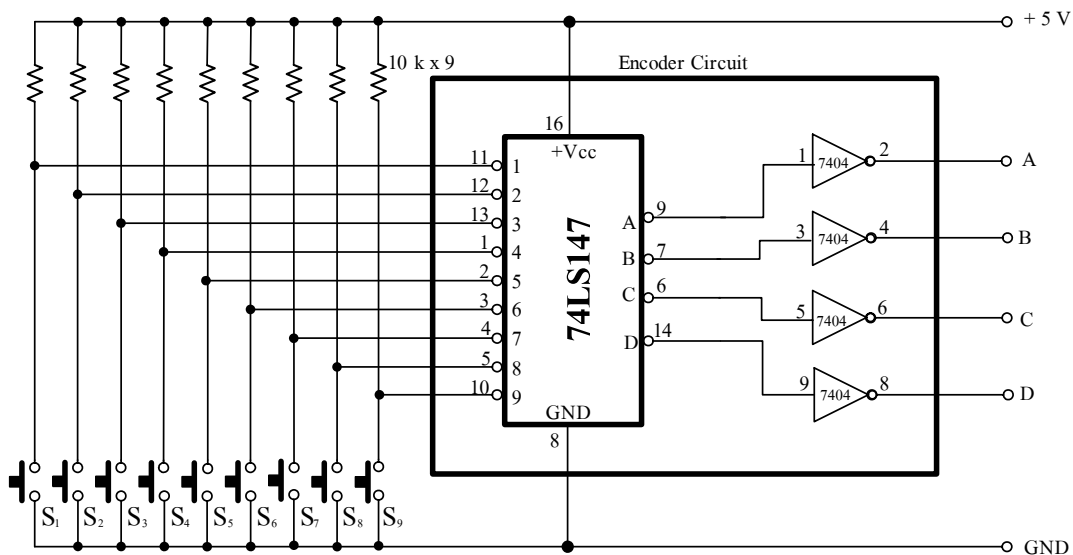
ที่มา : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด. คู่มือ/เทียบเบอร์ไอซี TTL. กรุงเทพฯ : หจก. เม็ดทรายพรีนติ้ง, 2541. หน้า 166.



รูปที่ 5.13 วงจรเข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสอง ต่อใช้งานโดยไอซีเบอร์ 74LS147

5.3.2 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

ตัวอย่างที่ 4.2 การต่อวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองขนาด 4 บิต ค่าเลข 0000-1001 ใช้ไอซีเบอร์ 74LS147



รูปที่ 5.14 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง ต่อใช้งานโดยไอซีเบอร์ 74LS147

การทดลองที่ 5
วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง
(Binary Encoder Circuits)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
2. ออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองโดยใช้ลอจิกเกตและไอซีสำเร็จรูปได้
3. ใช้โปรแกรม Electronic Workbench Multisim จำลองการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
4. ทดสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบโดยการจำลองการทำงาน (Simulation) ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง โปรแกรม Electronic Workbench Multisim 11.0

การทดลองที่ 5.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นเลขฐานสอง

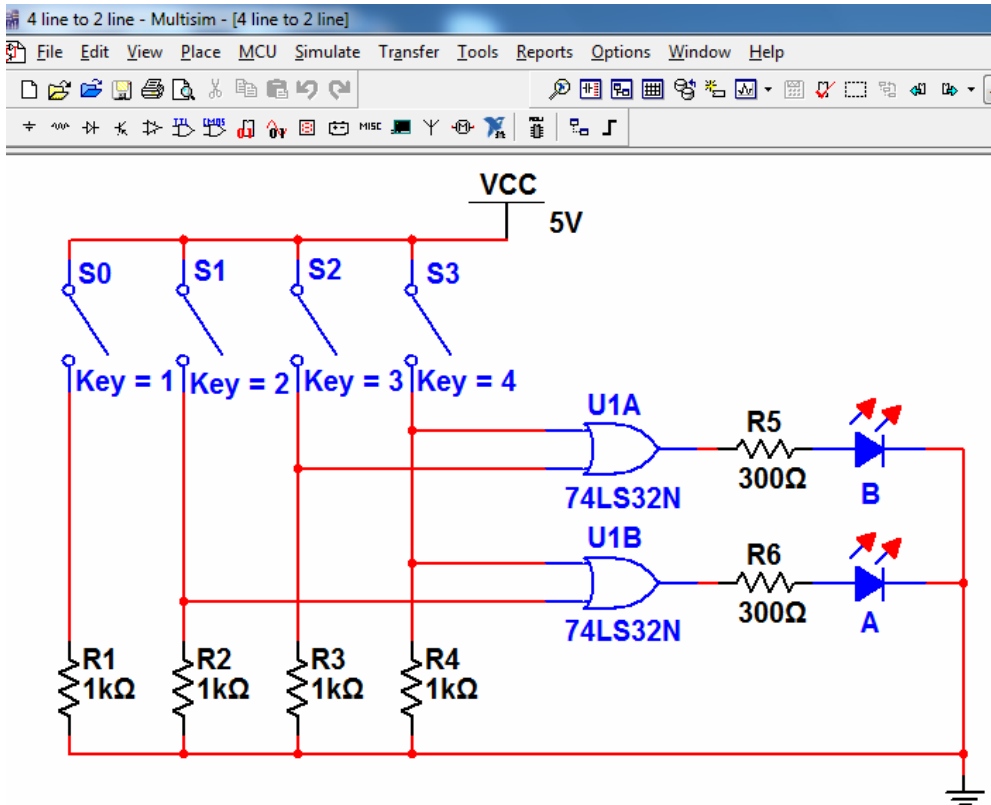
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- | | | |
|--------------------------|---|-----|
| 1. ไอซีเบอร์ 74LS32 | 2 | ตัว |
| 2. Resister 330 Ω | 2 | ตัว |
| 3. Resister 1 K Ω | 4 | ตัว |
| 4. Logic Switch | 4 | ตัว |
| 5. Logic Display | 2 | ตัว |

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดโปรแกรม Electronic Workbench Multisim 11.0
2. สร้างวงจรตามรูปที่ 5.1 ลงบนพื้นที่การทำงานของโปรแกรม Electronic Workbench

Multisim 11.0



รูปที่ 5.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นเลขฐานสอง

3. ทดสอบการทำงานด้วย Simulation
4. ป้อนข้อมูลอินพุต $S_0, S_1, S_2,$ และ S_3 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.1
5. ตรวจสอบสภาวะเอาต์พุต A และ B ที่ได้และบันทึกผลการจำลองการทำงานลงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการจำลองการทำงาน

INPUT SWITCHS				OUTPUT	
S_0	S_1	S_2	S_3	B	A
1	0	0	0		
0	1	0	0		
0	0	1	0		
0	0	0	1		

6. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงาน

A =

B =

การทดลองที่ 5.2 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้น เป็นเลขฐานแปด โดยใช้ลอจิกเกต

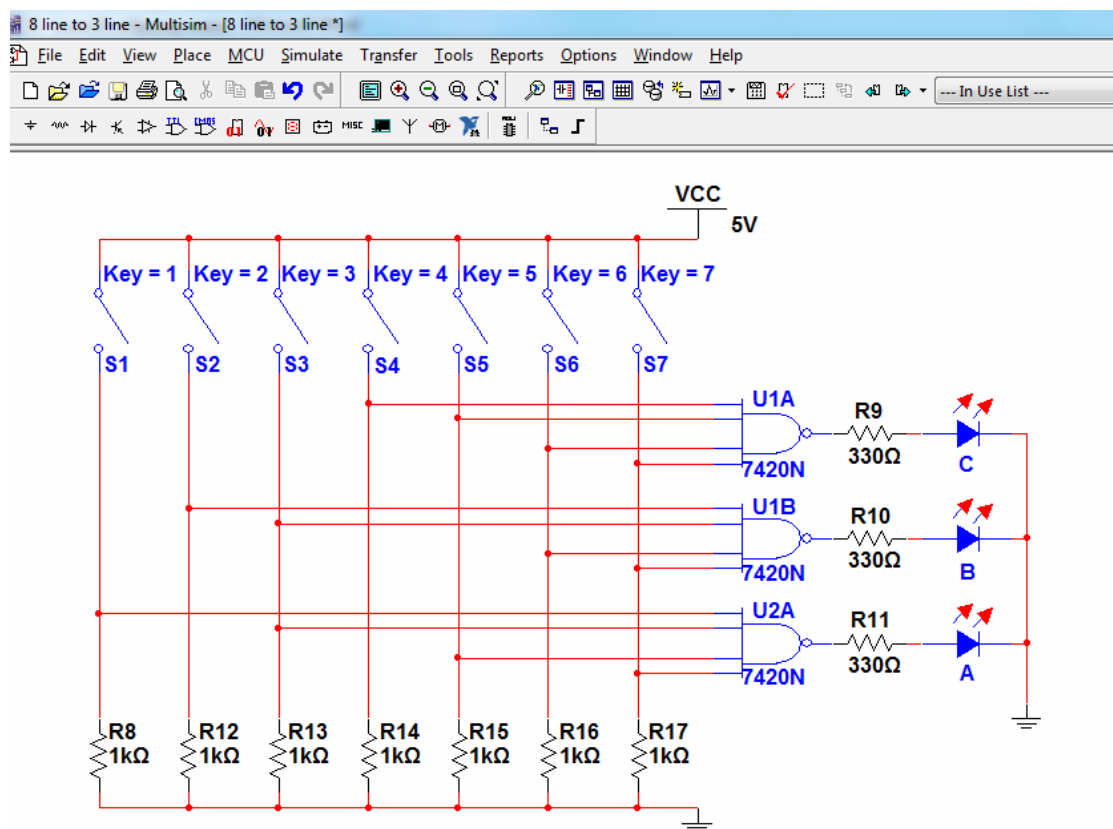
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ไอซีเบอร์ 74LS20	3	ตัว
2. Resister 330 Ω	3	ตัว
3. Resister 1 K Ω	7	ตัว
3. Logic Switch	7	ตัว
4. Logic Display	3	ตัว

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. สร้างวงจรตามรูปที่ 5.2 ลงบนพื้นที่การทำงานของโปรแกรม Electronic Workbench

Multisim 11.0



รูปที่ 5.2 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้น เป็นเลขฐานแปด

2. ทดสอบการทำงานด้วย Simulation
3. ป้อนข้อมูลอินพุต S_1 - S_7 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.2
4. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A, B และ C ที่ได้และบันทึกผลการจำลองการทำงานลงในตารางที่ 5.2 ครูดูผลการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 5.2 บันทึกผลการจำลองการทำงาน

INPUT SWITCHS							OUTPUT		
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

5. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงาน

A =

B =

C =

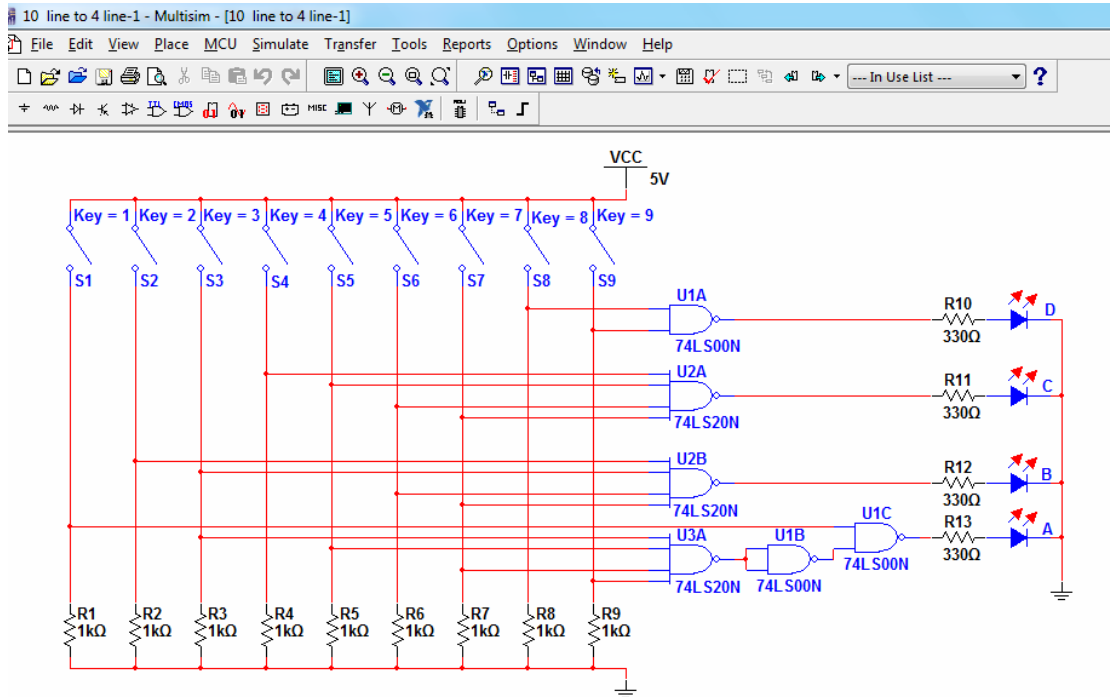
การทดลองที่ 5.3 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421 โดยใช้ลอจิกเกต
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- | | | |
|---------------------|---|-----|
| 1. ไอซีเบอร์ 74LS08 | 3 | ตัว |
| 2. ไอซีเบอร์ 74LS20 | 3 | ตัว |
| 3. Resister 330 Ω | 4 | ตัว |
| 4. Resister 1 KΩ | 9 | ตัว |
| 5. Logic Switch | 9 | ตัว |
| 6. Logic Display | 4 | ตัว |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. สร้างวงจรตามรูปที่ 5.3 ลงบนพื้นที่การทำงานของโปรแกรม Electronic Workbench

Multisim 11.0



รูปที่ 5.3 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421

2. ทดสอบการทำงานด้วย Simulation
 3. ป้อนข้อมูลอินพุต S1-S9 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.3
 4. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A, B, C และ D ที่ได้และบันทึกผลการจำลองการทำงานลงในตารางที่ 5.3
- ครูดผลการจำลองการทำงาน
ตารางที่ 5.3 บันทึกผลการจำลองการทำงาน

INPUT SWITCHS									OUTPUT			
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	D	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	0	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	0	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	0	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	0	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	0	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				

5. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงาน

- A =
- B =
- C =
- D =

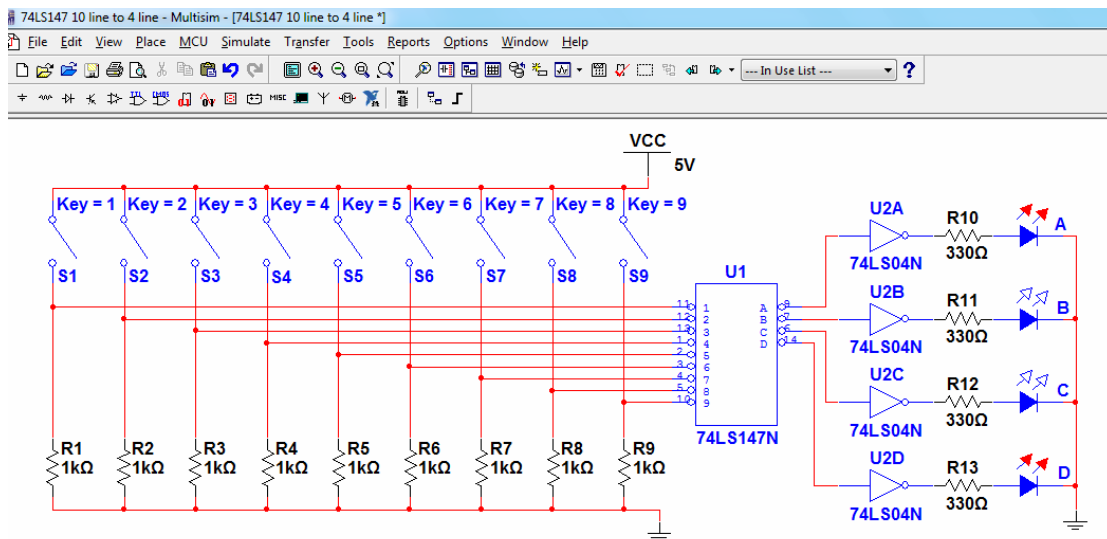
การทดลองที่ 5.4 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง โดยใช้ไอซี เบอร์ 74LS147
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- | | | |
|----------------------|---|-----|
| 1. ไอซีเบอร์ 74LS04 | 4 | ตัว |
| 2. ไอซีเบอร์ 74LS147 | 1 | ตัว |
| 3. Resister 1 KΩ | 9 | ตัว |
| 2. Resister 330 Ω | 4 | ตัว |
| 3. Logic Switch | 9 | ตัว |
| 4. Logic Display | 4 | ตัว |

ลำดับขั้นการทดลอง

- สร้างวงจรตามรูปที่ 5.4 ลงบนพื้นที่การทำงานของโปรแกรม Electronic Workbench

Multisim 11.0



รูปที่ 5.4 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

- ทดสอบการทำงานด้วย Simulation
- ป้อนข้อมูลอินพุต S_1-S_9 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.4

8. ตรวจสอบสภาวะเอาต์พุต A, B, C และ D ที่ได้และบันทึกผลการจำลองการทำงานลงในตารางที่ 5.4 ควบคุมผลการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 5.4 บันทึกผลการจำลองการทำงาน

INPUT									OUTPUT			
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	D	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	0	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	0	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	0	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	0	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	0	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				

9. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงาน

- A =
- B =
- C =
- D =

สรุปผลการทดลอง

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงออกแบบวงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นรหัสเลขฐานสอง โดยใช้ไอซีชนิดแนนด์เกต
2. จงออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสอง โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS147 หรือไอซีเบอร์ 74LS148

การทดลองที่ 5

วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

(Binary Encoder Circuits)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้
2. ออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองโดยใช้ลอจิกเกตและไอซีสำเร็จรูปได้
3. ประกอบและทดสอบการทำงานของวงจรเข้ารหัสเลขฐานสองได้

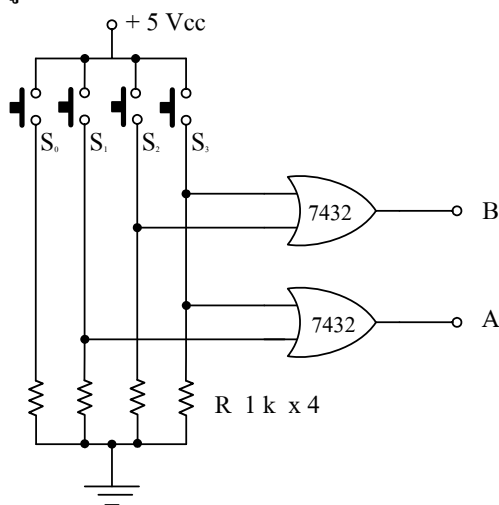
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองคิวิตอล MDX-01B หรือ MDX-02B
2. ไอซีเบอร์ 74LS00 1 ตัว
3. ไอซีเบอร์ 74LS04 1 ตัว
4. ไอซีเบอร์ 74LS20 1 ตัว
5. ไอซีเบอร์ 74LS32 1 ตัว
6. ไอซีเบอร์ 74LS147 1 ตัว
7. สายประกอบวงจร

การทดลองที่ 5.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นเลขฐานสอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 วงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นเลขฐานสอง

2. ป้อนข้อมูลอินพุต $S_0, S_1, S_2,$ และ S_3 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.1
7. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A และ B ที่ได้และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 5.1 ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการทดลอง

INPUT SWITCHS				OUTPUT	
S_0	S_1	S_2	S_3	B	A
1	0	0	0		
0	1	0	0		
0	0	1	0		
0	0	0	1		

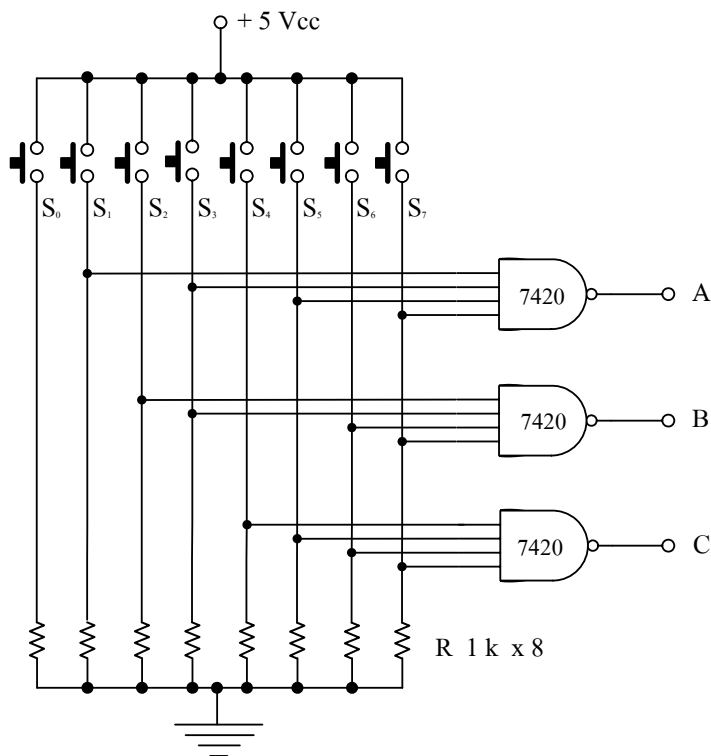
8. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการทดลอง

A =

B =

การทดลองที่ 5.2 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้น เป็นเลขฐานแปด โดยใช้ลอจิกเกตลำดับชั้นการทดลอง

10. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ 8 เส้น เป็นเลขฐานแปด

- 6. ป้อนข้อมูลอินพุต S_1-S_7 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.2
- 7. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A, B และ C ที่ได้และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่

5.2

ตารางที่ 5.2 บันทึกผลการทดลอง

INPUT SWITCHS								OUTPUT		
S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1			
1	0	1	1	1	1	1	1			
1	1	0	1	1	1	1	1			
1	1	1	0	1	1	1	1			
1	1	1	1	0	1	1	1			
1	1	1	1	1	0	1	1			
1	1	1	1	1	1	0	1			
1	1	1	1	1	1	1	0			

- 8. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการทดลอง

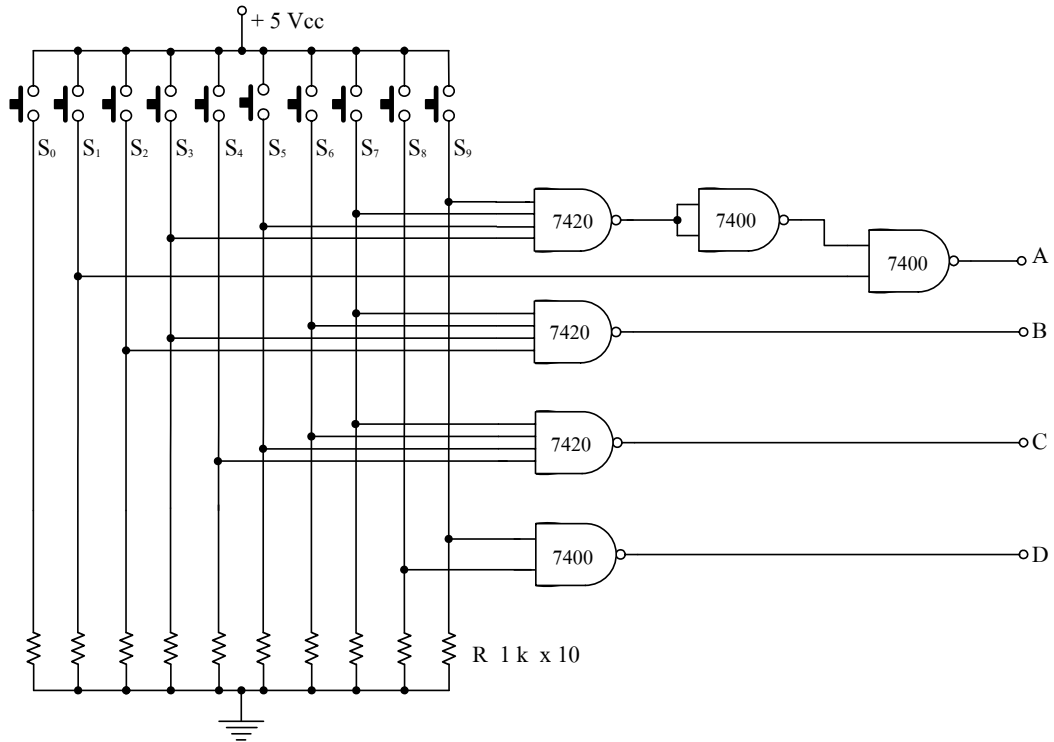
A =

B =

C =

การทดลองที่ 5.3 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421 โดยใช้ลอจิกเกต
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD 8421

11. ป้อนข้อมูลอินพุต S_1 - S_9 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.3
12. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A, B, C และ D ที่ได้และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

ที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 บันทึกรหัสผลการทดลอง

INPUT SWITCHS										OUTPUT			
S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	D	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0				

13. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการทดลอง

A =

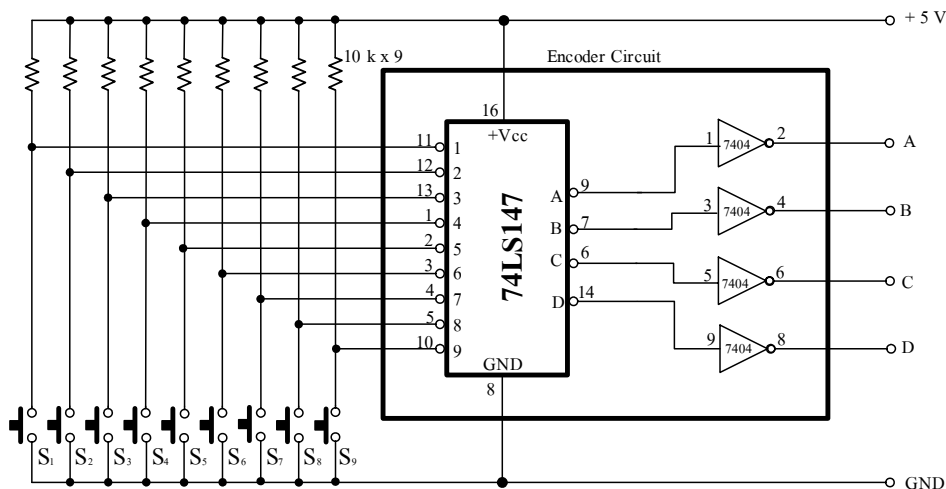
B =

C =

D =

การทดลองที่ 5.4 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง โดยใช้ไอซี เบอร์ 74LS147 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

2. ป้อนข้อมูลอินพุต S_1-S_9 ด้วยลอจิกสวิตช์ตามตารางที่ 5.4
3. ตรวจสอบสถานะเอาต์พุต A, B, C และ D ที่ได้และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 บันทึกผลการทดลอง

INPUT									OUTPUT			
S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	D	C	B	A
0	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	0	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	0	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	0	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	0	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	0	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				

4. เขียนสมการเอาต์พุตที่ได้จากการทดลอง

A =

B =

C =

D =

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงออกแบบวงจรเข้ารหัส 4 เส้นเป็นรหัสเลขฐานสอง โดยใช้ไอซีชนิดแนนด์เกต
2. จงออกแบบวงจรเข้ารหัสเลขฐานแปดเป็นเลขฐานสอง โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS147 หรือไอซีเบอร์ 74LS148

เกณฑ์การประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. การเตรียมเครื่องมือ	- เลือกใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลอง เหมาะสม	- เลือกใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลอง ยังไม่เหมาะสม	- ต้องให้ความช่วยเหลือ ในการเลือกใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์
2. การปฏิบัติการทดลอง	- ดำเนินการทดลอง เป็นขั้นตอนและ ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้ อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และเสร็จทันเวลา	- ดำเนินการทดลอง เป็นขั้นตอนและใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่าง ถูกต้อง ปลอดภัย ถ้าให้ คำแนะนำ	- ต้องให้ความช่วยเหลือ ในการดำเนินการ ทดลองและการเลือกใช้อุปกรณ์
3. ผลการปฏิบัติงาน	- บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง ถูกต้องและนำเสนอเป็น ขั้นตอนชัดเจน	- บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง ถูกต้อง แต่การนำเสนอ ยังไม่เป็นขั้นตอน	- ต้องให้คำชี้แนะในการ บันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอจึงจะ ปฏิบัติได้

การกำหนดวิธีการคำนวณคะแนนทักษะปฏิบัติ

ประเด็นที่ประเมิน	น้ำหนัก	คะแนนรวม
1. การเตรียมเครื่องมือ	2 x 3	6
2. การปฏิบัติการทดลอง	5 x 3	15
3. ผลการปฏิบัติงาน	3 x 3	9
คะแนนรวมทั้งสิ้น		30

แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง

การทดลองที่ 5 เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

วิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล (2104-2207) ระดับชั้น ปวช. กลุ่ม			รายการประเมิน									คะแนน รวม 30	คะแนน จริง 10
			การเตรียม เครื่องมือ			การปฏิบัติ การทดลอง			ผลการ ปฏิบัติงาน				
ที่	รหัส	ชื่อ - สกุล	3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
		๑ล๑											

สรุปผลการประเมิน ผ่าน จำนวน คน
 ไม่ผ่าน จำนวน คน

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
 (.....)
/...../.....

แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

วิชา วงจรพัลส์และดิจิทัล (2104 – 2207)

ระดับชั้น ปวช.2

สาขางาน

อิเล็กทรอนิกส์

เวลา 10 นาที

คะแนน 10

คะแนน

- คำชี้แจง**
1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 10 ข้อ
 2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
 1. ขั้นตอนในการออกแบบวงจรเข้ารหัสข้อใดถูก
 - ก. ขั้นที่ 1 ตารางความจริง ขั้นที่ 2 แผนภาพ ขั้นที่ 3 สมการลอจิก ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
 - ข. ขั้นที่ 1 ตารางความจริง ขั้นที่ 2 สมการลอจิก ขั้นที่ 3 แผนภาพ ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
 - ค. ขั้นที่ 1 แผนภาพ ขั้นที่ 2 ตารางความจริง ขั้นที่ 3 วงจรลอจิก ขั้นที่ 4 สมการลอจิก
 - ง. ขั้นที่ 1 แผนภาพ ขั้นที่ 2 ตารางความจริง ขั้นที่ 3 สมการลอจิก ขั้นที่ 4 วงจรลอจิก
 2. วงจรเปลี่ยนรหัสจากสวิตช์กดเป็นรหัสฐานสองเรียกว่าวงจรอะไร
 - ก. วงจรเข้ารหัส
 - ข. วงจรถอดรหัส
 - ค. วงจรเปลี่ยนรหัส
 - ง. วงจรส่งผ่านรหัส
 3. เอาต์พุตหนึ่งของวงจรเข้ารหัสที่ใช้แสดงผลจากการกดสวิตช์อินพุต คือจะเป็น “1” ทุกครั้งเมื่อมีการกดสวิตช์ และจะเป็น “0” เมื่อไม่มีการกดสวิตช์ใดๆ เอาต์พุตนี้คือขา
 - ก. Enable
 - ข. Strobe
 - ค. Stroke
 - ง. Select
 4. วงจรเข้ารหัสแบบ 8 Line to 3 Line ใช้สวิตช์ในการเข้ารหัสทั้งหมดกี่ตัว
 - ก. 3 ตัว
 - ข. 8 ตัว
 - ค. 6 ตัว
 - ง. 9 ตัว
 5. วงจรเข้ารหัสแบบ 10 Line to 4 Line จะมีเอาต์พุตออกกี่บิต
 - ก. 1 บิต
 - ข. 2 บิต
 - ค. 3 บิต
 - ง. 4 บิต
 6. วงจรคอมบินเนชันในข้อใด จัดว่าเป็นวงจรเข้ารหัส
 - ก. BCD to Decimal
 - ข. Decimal to BCD
 - ค. Binary to Decimal
 - ง. BCD to Binary

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				X
2	X			
3		X		
4		X		
5				X
6		X		
7			X	
8		X		
9	X			
10				X

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะปฏิบัติ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้

เรื่อง การออกแบบวงจรคอมบินเนชัน

วิชา วงจรพัลส์และดิจิทัล (2104 – 2207)

ระดับชั้น ปวช. 2

สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

เวลา 60 นาที

คะแนน 60 คะแนน

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 60 ข้อ

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

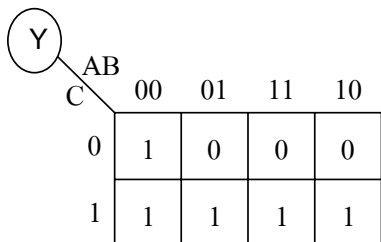
1. ข้อใดคือคุณสมบัติของวงจรคอมบินเนชัน
 - ก. มีหน่วยความจำ
 - ข. ประยุกต์มาจากสมการบูลีนในรูปมินเทอมเท่านั้น
 - ค. วงจรที่มีสภาวะเอาต์พุตขึ้นอยู่กับการป้อนอินพุตในขณะนั้น
 - ง. วงจรที่มีสภาวะเอาต์พุตขึ้นอยู่กับการป้อนอินพุตในขณะนั้นและนำสัญญาณทางด้านเอาต์พุตมาป้อนเป็นสัญญาณอินพุต
2. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนการออกแบบวงจรคอมบินเนชัน
 - ก. หาความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต โดยเขียนเป็นตารางความจริงหรือสมการลอจิก
 - ข. กำหนดวิธีการออกแบบวงจรคอมบินเนชัน
 - ค. ทำการลดทอนสมการลอจิก
 - ง. นำสมการลอจิกที่ได้ไปเขียนวงจรลอจิก
3. จากวงจรในรูป สมการเอาต์พุต Y มีค่าเท่ากับ

 - ก. $Y = \overline{A} \cdot \overline{B}$
 - ข. $Y = A \cdot B$
 - ค. $Y = A + B$
 - ง. $Y = \overline{A \cdot B}$
4. ข้อใดไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักของการลดรูปสมการบูลีนฟังก์ชัน
 - ก. เพื่อประหยัดวงจรและไอซีเกิด
 - ข. เพื่อเพิ่มทักษะในการลดรูปฟังก์ชัน
 - ค. เพื่อลดการหน่วงเวลาของวงจร
 - ง. เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย, ลดต้นทุนการผลิต
5. ฟังก์ชันในข้อใดลดรูปแล้ว ผลลัพธ์ไม่เป็น “1”
 - ก. $A \cdot B + \overline{A} + \overline{B}$
 - ข. $A + \overline{A} + B + \overline{B}$
 - ค. $A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot \overline{B}$
 - ง. $1 \cdot (A + A)$

6. Karnaugh map 4 ตัวแปร ถ้ามีลอจิก “1” ในตารางอยู่ชิดกันเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากติดกัน อยู่ 4 ช่อง เมื่อจับกลุ่มแบบ Minterm จะได้เทอมที่มีกี่ตัวแปร

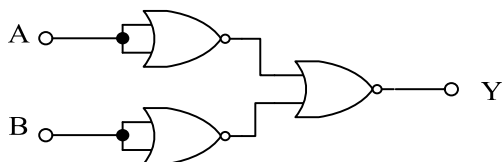
- ก. 1 ตัวแปร
- ข. 2 ตัวแปร
- ค. 3 ตัวแปร
- ง. 4 ตัวแปร

7. จาก Karnaugh map ต่อไปนี้เขียนฟังก์ชันอย่างสั้นที่สุดได้ตามข้อใด



- ก. $C + A.B$
- ข. $(\bar{B} + \bar{C})(A + \bar{C})$
- ค. $C + \bar{A}.\bar{B}$
- ง. $(B + \bar{C})(\bar{A} + C)$

8. จาก Logic Diagram ดังรูป ตรงกับคุณสมบัติการทำงานของเกตชนิดใด



- ก. AND GATE
- ข. OR GATE
- ค. NAND GATE
- ง. NOR GATE

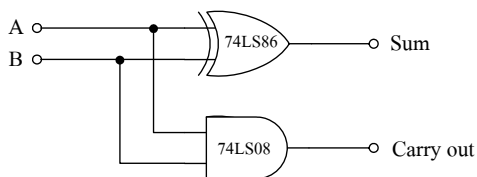
9. วิธีการบวกเลขฐานสองข้อใด ไม่ถูกต้อง

- ก. $0 + 0 = 0$ ทด 0
- ข. $0 + 1 = 1$ ทด 0
- ค. $1 + 0 = 1$ ทด 0
- ง. $1 + 1 = 1$ ทด 1

10. วงจรบวกเลขแบบ Half Adder ถ้าตัวตั้งเป็น 1 ตัวบวกเป็น 0 ค่าของผลลัพธ์และตัวทดจะตรงกับข้อใด

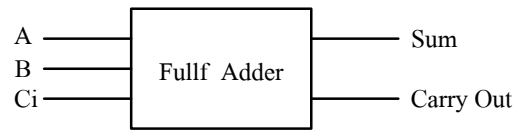
- ก. 1,0
- ข. 0,1
- ค. 0,0
- ง. 1,1

11. จากรูปเป็นวงจรอะไร



- ก. วงจรบวกเลข 1 บิตแบบคิดตัวทด
- ข. วงจรบวกเลข 2 บิตแบบคิดตัวทด
- ค. วงจรบวกเลข 1 บิตแบบไม่คิดตัวทด
- ง. วงจรบวกเลข 2 บิตแบบไม่คิดตัวทด

12. แผนภาพผังรูปมีหลักการทำงานอย่างไร



- ก. $S = A.B.C_i$
- ข. $S = A+B+C_i$
- ค. $C_o = A.B+C_i$
- ง. $C_o = A(B+C_i)$

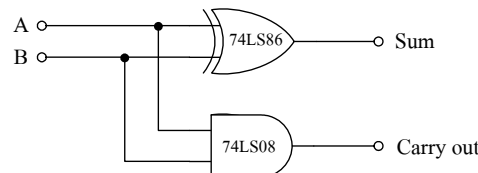
13. ไอซี เบอร์ 74LS83 เป็นไอซี

- ก. วงจรรวมเลขขนาด 1 บิต
- ข. วงจรรวมเลขขนาด 2 บิต
- ค. วงจรรวมเลขขนาด 3 บิต
- ง. วงจรรวมเลขขนาด 4 บิต

14. ถ้าต้องการออกแบบวงจรรวมเลขฐานสอง 4 บิต เราสามารถกำหนดตารางความจริง

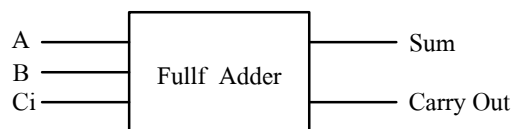
- ในการทดสอบด้านอินพุตและเอาต์พุตจะประกอบด้วย
- ก. ตัวตั้ง 4 ตัว ตัวบวก 4 ตัว ตัวทด 2 ตัว ผลลัพธ์ 4 ตัว
 - ข. ตัวตั้ง 4 ตัว ตัวบวก 4 ตัว ตัวทด 1 ตัว ผลลัพธ์ 4 ตัว
 - ค. ตัวตั้ง 2 ตัว ตัวบวก 2 ตัว ตัวทด 1 ตัว ผลลัพธ์ 2 ตัว
 - ง. ตัวตั้ง 2 ตัว ตัวบวก 2 ตัว ตัวทด 4 ตัว ผลลัพธ์ 4 ตัว

15. จากรูปวงจร ถ้าต้องการ $S = 0$ และ $C_o = 1$ ควรมีอินพุต A และ B มีค่า



- ก. 0, 0
- ข. 0, 1
- ค. 1, 0
- ง. 1, 1

จากแผนภาพผังรูปใช้ตอบคำถามข้อ 16-17



16. ถ้า $A = 0, B = 1, C_i = 1$ เอาต์พุต S, C_o จะมีค่าเท่าไร

- ก. 0, 0
- ข. 0, 1
- ค. 1, 0
- ง. 1, 1

17. ถ้าต้องการให้ $S = 1, C_o = 1$ ควรมีอินพุต A, B, C_i

- ก. 0, 0, 0
- ข. 0, 1, 1
- ค. 1, 0, 1
- ง. 1, 1, 1

18. วิธีการลบเลขฐานสองข้อใดถูกต้อง

- ก. $0 - 0 = 0$ ยืม 0
- ข. $0 - 1 = 0$ ยืม 1
- ค. $1 - 0 = 1$ ยืม 1
- ง. $1 - 1 = 0$ ยืม 1

19. จากรูปเป็นแผนภาพของวงจรอะไร



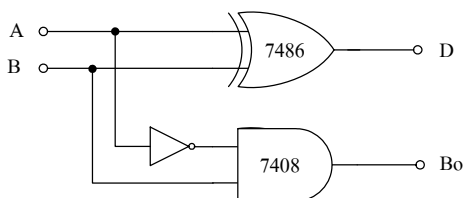
- ก. วงจรบวกเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวทด
- ข. วงจรบวกเลขฐานสองแบบคิดตัวทด
- ค. วงจรลบเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวยืม
- ง. วงจรลบเลขฐานสองแบบคิดตัวยืม

20. ตารางความจริงของวงจรถลบเลขฐานสองสามารถเขียนสมการทางด้านเอาต์พุตของผลต่าง (D_i) ได้ดังข้อใด

INPUT		OUTPUT	
A	B	D_i	B_o
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

- ก. $D_i = \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot B$
- ข. $D_i = A \oplus B$
- ค. $D_i = \overline{A \oplus B}$
- ง. $D_i = \overline{A} \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$

21. จากรูปเป็นวงจรอะไร



- ก. วงจรบวกเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวทด
- ข. วงจรบวกเลขฐานสองแบบคิดตัวทด
- ค. วงจรลบเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวยืม
- ง. วงจรลบเลขฐานสองแบบคิดตัวยืม

22. จากรูปข้อ 21 หากป้อนอินพุตให้ $A = 1, B = 1$ จะได้ผลลัพธ์ออกเอาต์พุตเท่าไร

- ก. $D = 0, B_o = 0$
- ข. $D = 0, B_o = 1$
- ค. $D = 1, B_o = 0$
- ง. $D = 1, B_o = 1$

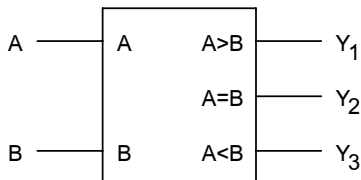
23. ข้อใดคือการเปรียบเทียบ

- ก. $A = B$
- ข. $A > B$
- ค. $A < B$
- ง. ถูกทุกข้อ

24. การเปรียบเทียบต้องเปรียบเทียบบิตใดก่อน

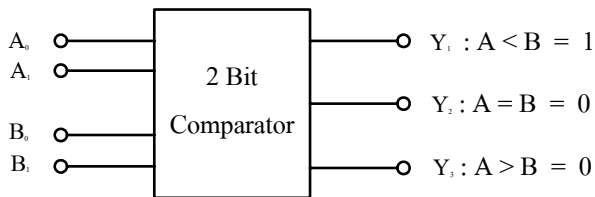
- ก. บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด
- ข. บิตที่มีนัยสำคัญปานกลาง
- ค. บิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด
- ง. การเปรียบเทียบไม่ต้องคำนึงถึงนัยสำคัญ

25. จากรูปกำหนดให้ $A = 1, B = 0$ เอาต์พุตจะได้



- ก. $Y_1 = 0, Y_2 = 0, Y_3 = 1$
- ข. $Y_1 = 1, Y_2 = 0, Y_3 = 0$
- ค. $Y_1 = 0, Y_2 = 1, Y_3 = 0$
- ง. $Y_1 = 0, Y_2 = 1, Y_3 = 1$

26. วงจรเปรียบเทียบเลขฐานสองขนาด 2 บิต ดังรูป ถ้าอินพุต $A_1, A_0 = 0, 1$ และเอาต์พุต $A < B$ เป็น "1" อินพุต B_1, B_0 ควรเป็นดังข้อใด



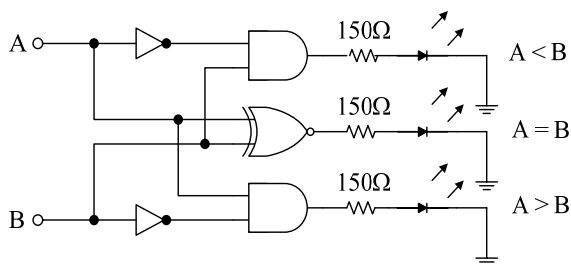
- ก. 0, 0 หรือ 0, 1
- ข. 0, 1 หรือ 1, 0
- ค. 0, 1 หรือ 1, 1
- ง. 1, 0 หรือ 1, 1

27. ตารางความจริงของวงจรเปรียบเทียบข้อมูลเลขฐานสองขนาด 1 บิตดังรูป สามารถเขียนสมการลอจิกทางด้านเอาต์พุตของ Y_2 ได้ดังข้อใด

อินพุต		เอาต์พุต		
A	B	Y_1	Y_2	Y_3
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0

- ก. $Y_2 = \overline{AB}$
- ข. $Y_2 = \overline{A \oplus B}$
- ค. $Y_2 = AB$
- ง. $Y_2 = \overline{A}B$

28. จากวงจรในรูปถ้าเอาต์พุต $A < B$ และ $A = B$ เป็นลอจิก “0” แสดงว่าอินพุต A และ B เป็นดังข้อใด

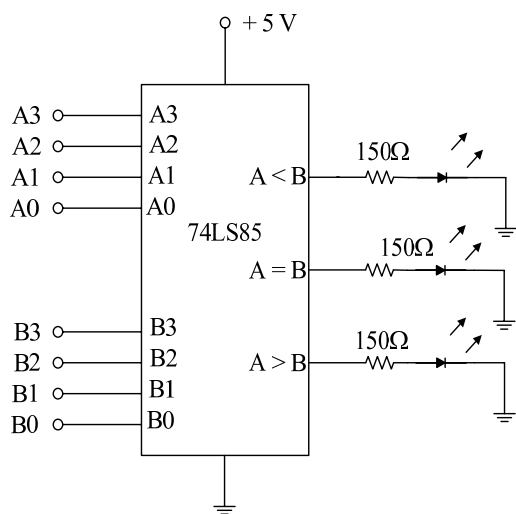


- ก. 0, 0
- ข. 0, 1
- ค. 1, 0
- ง. 1, 1

29. จากวงจรในรูปข้อ 28 ถ้าเอาต์พุต $A = B$ และ $A > B$ เป็นลอจิก “0” แสดงว่าอินพุต A และ B เป็นดังข้อใด

- ก. 0, 0
- ข. 0, 1
- ค. 1, 0
- ง. 1, 1

30. วงจรเปรียบเทียบขนาด 4 บิตดังรูป ถ้าอินพุต A3, A2, A1, A0 คือ 1, 0, 0, 1 และเอาต์พุต $A > B$ เป็น 1 อยากทราบว่า B3, B2, B1, B0 เป็นดังข้อใด



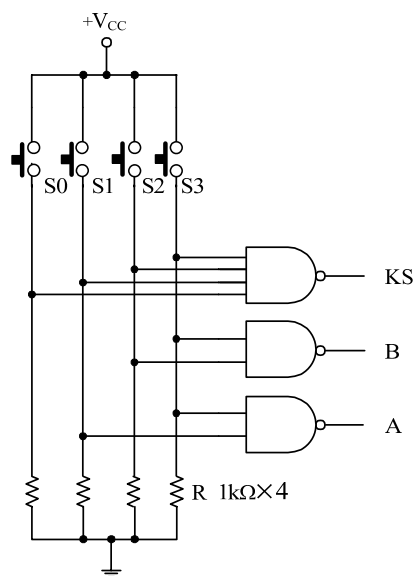
- ก. 1, 1, 0, 0
- ข. 1, 0, 1, 0
- ค. 1, 0, 0, 1
- ง. 0, 1, 1, 1

31. ข้อใดคือความหมายของวงจรเข้ารหัส

- ก. วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันเป็นสัญญาณลอจิก
- ข. วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณลอจิกเป็นระดับของแรงดัน
- ค. วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรหัสจากรหัสหนึ่งเป็นอีกรหัสหนึ่ง
- ง. วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันให้เป็นกระแส

32. วงจรเปลี่ยนรหัสจากสวิตช์กดเป็นรหัสฐานสองเรียกว่าวงจรอะไร
- ก. วงจรเปลี่ยนรหัส
 - ข. วงจรถอดรหัส
 - ค. วงจรเข้ารหัส
 - ง. วงจรส่งผ่านรหัส
33. ปุ่มกดเครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์เป็นลักษณะการทำงานของวงจรอะไร
- ก. วงจรถอดรหัส
 - ข. วงจรเข้ารหัส
 - ค. วงจรกรหัส
 - ง. วงจรกลับรหัส

จากรูปใช้ตอบคำถามข้อ 34-35



34. จากรูปเป็นวงจรเข้ารหัสชนิดใด
- ก. วงจรเข้ารหัส 1 บิต
 - ข. วงจรเข้ารหัส 2 บิต
 - ค. วงจรเข้ารหัส 3 บิต
 - ง. วงจรเข้ารหัส 4 บิต
35. สมการที่เอาต์พุต A มีค่าเท่ากับข้อใด
- ก. $A = \overline{S_1} \cdot S_3$
 - ข. $A = \overline{S_2} \cdot S_3$
 - ค. $A = \overline{S_1} + \overline{S_3}$
 - ง. $A = \overline{S_2} + \overline{S_3}$

41. ตัวถอดรหัสแบบ 2 Line to 4 Line เป็นชนิดเอาต์พุต Active Low ถ้าอินพุตมีข้อมูลเลขฐานสองเท่ากับ 2 (10) อยากรทราบว่าจะเอาต์พุต D_3 D_2 D_1 D_0 คือข้อใด
- | | |
|---------------|---------------|
| ก. 1, 1, 1, 0 | ข. 1, 1, 0, 1 |
| ค. 1, 0, 1, 1 | ง. 0, 1, 1, 1 |
42. ขา LT ของไอซีเบอร์ 7447 และเบอร์ 7448 มีคุณสมบัติตามข้อใด
- | |
|---|
| ก. เป็นขาเคลียร์ให้ LED 7 Segment แสดงผลเป็นเลข “0” |
| ข. เป็นขาเคลียร์ให้ LED 7 Segment แสดงผลเป็นเลข “1” |
| ค. เป็นขาทดสอบ LED 7 Segment ที่ต่ออยู่ |
| ง. เป็นขาเคลียร์ให้ LED 7 Segment แสดงผลเป็นเลข “0-9” |
43. ภาควงการแสดงผลของวงจรถอดรหัสคืออะไร
- | | |
|----------|-------------------|
| ก. ไคโอต | ข. เกต |
| ค. ไอซี | ง. แอลอีดี 7 ส่วน |
44. วงจรที่จะช่วยในการทำให้ภาควงการแสดงผลทำงานได้ดีและถูกต้องคือวงจระอะไร
- | | |
|-------------|--|
| ก. วงจรขับ | ข. วงจรหน่วงเวลา |
| ค. วงจรขยาย | ง. วงจรแปลงสัญญาณวงจรถอดรหัสที่จะช่วยในการ |
45. LED จะทำงานเมื่อใด
- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| ก. ขา A ได้รับไฟบวก ขา K ได้รับไฟบวก | ข. ขา A ได้รับไฟบวก ขา K ได้รับไฟลบ |
| ค. ขา A ได้รับไฟลบ ขา K ได้รับไฟบวก | ง. ขา A ได้รับไฟลบ ขา K ได้รับไฟลบ |
46. ตัวเลขแสดงผลเลข 7 ส่วน แบบแคโทดร่วมทำงานด้วยลอจิกใด
- | | |
|--------------------|-----------------------|
| ก. “ C ” (Cathode) | ข. “ L ” (Low) |
| ค. “ H ” (Hight) | ง. “ X ” (Don't care) |
47. โครงสร้างของแอลอีดี 7 ส่วนคืออะไร
- | | |
|----------|-----------|
| ก. ไคโอต | ข. เกต |
| ค. ไอซี | ง. สวิตซ์ |
48. วงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสองคืออะไร
- | |
|---|
| ก. การส่งสัญญาณช่องเดียว |
| ข. การกระจายสัญญาณอินพุตออกไปหลายๆ เอาต์พุต |
| ค. การส่งสัญญาณช่องเดียวให้รับสัญญาณหลายๆ ชุดพร้อมกัน |
| ง. การกระจายสัญญาณหลายๆช่องให้รับได้หลายๆ ช่อง |

49. วงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสองทำหน้าที่เหมือน กับวงจรอะไร

- ก. วงจรฟลิปฟล็อป
- ข. วงจรถอดรหัสเลขฐานสอง
- ค. วงจรบวกเลขฐานสอง
- ง. วงจรสวิตช์

50. จากตารางความจริง เขียนสมการบูลีนของวงจรเลือกข้อมูลได้อย่างไร

Selector : S	Output : Y
0	D ₁
1	D ₂

- ก. $Y = \bar{S} \cdot D_1 + S \cdot D_2$
- ข. $Y = S \cdot D_1 + S \cdot D_2$
- ค. $Y = \bar{S} \cdot D_1 + \bar{S} \cdot D_2$
- ง. $Y = \bar{S} \cdot \bar{D}_1 + S \cdot D_2$

51. วงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสองสามารถออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์อะไร

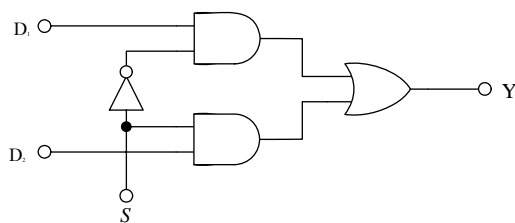
- ก. เบอร์ 74148
- ข. เบอร์ 74149
- ค. เบอร์ 74151
- ง. เบอร์ 74150

52. จากตารางความจริง เขียนสมการลอจิกของวงจรมัลติเพล็กซ์แบบ 4 อินพุตได้อย่างไร

S ₁	S ₂	Output Y
0	0	D ₀
0	1	D ₁
1	0	D ₂
1	1	D ₃

- ก. $Y = D_1 S_0 S_1$
- ข. $Y = D_2 S_0 S_1 + D_3 S_0 S_1$
- ค. $Y = D_1 S_0 S_1 + D_2 S_0 S_1 + D_3 S_0 S_1$
- ง. $Y = D_1 S_0 S_1 + D_2 S_0 S_1 + D_3 S_0 S_1 + D_4 S_0 S_1$

53. วงจรในรูปคือวงจรอะไร



- ก. วงจรรับข้อมูล
- ข. วงจรเลือกข้อมูล
- ค. วงจรส่งข้อมูล
- ง. วงจรกระจายข้อมูล

54. วงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสองคืออะไร

- ก. การส่งสัญญาณช่องเดียว
- ข. การกระจายสัญญาณหลายๆ ช่องให้รับได้หลายๆ ช่อง
- ค. การกระจายสัญญาณอินพุตออกไปหลายๆ เอาต์พุต
- ง. การส่งสัญญาณช่องเดียวให้รับสัญญาณหลายๆ ชุดได้พร้อมกัน

เฉลยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1			X		21			X		41		X		
2		X			22	X				42			X	
3			X		23				X	43				X
4		X			24			X		44	X			
5	X				25	X				45		X		
6		X			26			X		46			X	
7			X		27		X			47	X			
8	X				28			X		48			X	
9				X	29		X			49		X		
10	X				30				X	50	X			
11			X		31	X				51			X	
12		X			32			X		52				X
13				X	33		X			53		X		
14	X				34		X			54			X	
15				X	35	X				55		X		
16		X			36				X	56				X
17				X	37				X	57			X	
18	X				38			X		58				X
19			X		39		X			59		X		
20		X			40	X				60	X			

ภาคผนวก ง

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
ของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์
และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลอง
แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลอง
และความถูกต้อง สมบูรณ์ ของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

การทดลองที่ 1 วงจรคอมพิวเตอร์

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	-1	+1	+1	4	0.8
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะสมต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบใช้ง่ายไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 1 เรื่อง วงจรคอมพิเนชัน พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 2 วงจรบวกเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 2 เรื่อง วงจรบวกเลขฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 3 วงจรเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถเร้าให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 3 เรื่อง วงจรเลขฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 – 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 4 วงจรเปรียบเทียบเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบใช้ง่ายไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 4 เรื่อง วงจรเปรียบเทียบเลขฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 – 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 5 วงจรเข้ารหัสเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบใช้ง่ายไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 5 เรื่อง วงจรเข้ารหัสฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 6 วงจรถอดรหัสเลขฐานสองและวงจรแสดงผล

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	0	+1	0	+1	3	0.6
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 6 เรื่อง วงจรถอดรหัสเลขฐานสอง และวงจรแสดงผล พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 7 วงจรเลือกข้อมูลเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	0	+1	0	+1	3	0.6
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 7 เรื่อง วงจรเล็กลงข้อมูลเลขฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

การทดลองที่ 8 วงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. วัตถุประสงค์							
1.1 ครอบคลุมความรู้ความสามารถที่ควร จะได้รับตามขอบเขตของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.2 สามารถวัดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
1.3 ใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและรัดกุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง							
2.1 มีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
2.2 เสริมความเข้าใจในการทดลองและ ครอบคลุมเพียงพอ ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง							
3.1 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ การปฏิบัติใบงานการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.2 แสดงรายการเครื่องมือและอุปกรณ์การ ทดลองที่จะใช้ในการทดลองได้ชัดเจนเหมาะต่อ การปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
3.3 ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม Electronics Workbench จำลองสถานการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ลำดับขั้นการทดลอง							
4.1 คำสั่งในการดำเนินงานทดลองแต่ละขั้น มีความชัดเจนรัดกุม และอ่านเข้าใจง่าย ไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.2 สามารถพัฒนาความรู้ความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.3 สามารถเร้าให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
4.4 มีตารางสำหรับเก็บรวบรวมผลการทดลองอย่างเป็นระบบใช้ง่ายไม่สร้างความสับสนกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
5. การสรุปผลการทดลอง							
5.1 ให้แนวทางช่วยในการสรุปผลการทดลองอย่างมีทิศทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่อง	+1	0	+1	0	+1	3	0.6
6. คำถามท้ายการทดลอง							
6.1 คำถามท้ายการทดลองมีความสอดคล้องกับประเด็นสำคัญของเรื่องที่ทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
6.2 สามารถตรวจสอบความรู้ ความสามารถที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในใบงานการทดลองที่ 8 เรื่อง วงจรกระจายข้อมูลเลขฐานสอง พบว่าใบงานการทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

สรุปผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบภายในบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่อง การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน พบว่า บทเรียนทดลองมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 - 1 สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้

ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
18	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	-1	4	0.8	ใช้ได้
25	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
26	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
55	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
59	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
61	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
62	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
63	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
65	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
66	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
67	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
68	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
69	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
70	+1	+1	+1	+1	-1	4	0.8	ใช้ได้
71	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
72	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
73	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
74	+1	+1	-1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
75	+1	+1	-1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้

ตาราง 15 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
76	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
77	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
78	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
79	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
80	+1	+1	+1	-1	0	3	0.6	ใช้ได้

จากตาราง 15 พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 80 ข้อ มีค่าความสอดคล้องระหว่าง 0.60 – 1.00 จำนวน 80 ข้อ และได้นำไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปทดสอบกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก จ
คุณภาพเครื่องมือการวิจัย

ประสิทธิภาพของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์
ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประสิทธิภาพของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ตาราง 16 แสดงคะแนน ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบเดี่ยว เรื่อง การออกแบบวงจรคอมพิวเตอร์ในชั้น วิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

การเรียนรู้ด้วยบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์			
นักเรียนคนที่	ก่อนการทดลอง	กระบวนการ	หลังการทดลอง
	(60)	(160)	(110)
1	39	126	96
2	31	121	83
3	27	115	64
รวม ($\sum x$)	97	362	243
ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	32.33	120.67	81
ร้อยละ	53.89	75.42	73.64

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\
 &= \frac{120.67 \times 100}{160} \\
 &= 75.42
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$\begin{aligned}
 E_2 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\
 &= \frac{81 \times 100}{110} \\
 &= 73.64
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 16 พบว่า การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบเดี่ยว 1:1 มีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 75.42/73.64$ ซึ่งยังไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ตาราง 17 แสดงคะแนน ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบกลุ่ม เรื่อง การออกแบบวงจรคอมพิวเตอร์แบบอินพุต-เอาต์พุต วิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

การเรียนรู้ด้วยบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์			
นักเรียน คนที่	ก่อนการทดลอง (60)	กระบวนการ (160)	หลังการทดลอง (110)
1	39	130	95
2	43	133	91
3	35	131	90
4	37	129	91
5	41	125	79
6	23	118	67
รวม ($\sum x$)	218	766	513
ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	36.33	127.67	85.50
ร้อยละ	60.55	79.79	77.73

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\
 &= \frac{127.67 \times 100}{160} \\
 &= 79.79
 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$\begin{aligned}
 E_2 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\
 &= \frac{85.50 \times 100}{110} \\
 &= 77.73
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 17 พบว่า การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบกลุ่ม 1:6 มีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 79.79/77.73$ ซึ่งยังไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ตาราง 18 แสดงคะแนน ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบภาคสนาม เรื่อง การออกแบบวงจรคอมบินเนชัน วิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

การเรียนรู้ด้วยบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์			
นักเรียน คนที่	ก่อนการทดลอง (60)	กระบวนการ (160)	หลังการทดลอง (110)
1	29	128	88
2	25	137	91
3	34	131	97.5
4	35	138	101
5	30	135	92
6	25	132	100.5
7	21	129	86.5
8	33	125	83.5
9	29	137	96.5
10	27	128	72.5
11	35	136	95
12	37	135	91.5
13	35	138	98
14	26	137	92
15	29	129	82.5
16	31	131	88
17	37	135	94.5
18	30	128	82
19	27	139	88.5
20	28	134	86.5
รวม (Σx)	603	2,662	1807.5
ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	30.15	131.10	90.38
ร้อยละ	50.25	83.19	82.16

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\ &= \frac{133.10 \times 100}{160} \\ &= 83.19 \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{\bar{X} \times 100}{A} \\ &= \frac{90.38 \times 100}{110} \\ &= 82.16 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 18 พบว่า การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนทดลองแบบจำลอง สถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แบบภาคสนาม 1:20 มีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 83.19/82.16$ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ได้

ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 19 แสดงการวิเคราะห์ค่าความยาก-ง่าย ค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคำถามแต่ละข้อกับแบบทดสอบทั้งฉบับ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ	การเลือกใช้
1	.498	.707	ใช้ได้	เลือก
2	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
3	.479	.257	ใช้ได้	เลือก
4	.430	.364	ใช้ได้	เลือก
5	.430	.113	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
6	.490	.300	ใช้ได้	เลือก
7	.498	.278	ใช้ได้	เลือก
8	.479	.221	ใช้ได้	ไม่เลือก
9	.509	.233	ใช้ได้	ไม่เลือก
10	.479	.194	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
11	.498	.707	ใช้ได้	เลือก
12	.504	.554	ใช้ได้	เลือก
13	.498	.173	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
14	.450	.539	ใช้ได้	เลือก
15	.479	.407	ใช้ได้	เลือก
16	.430	.093	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
17	.509	.160	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
18	.450	.392	ใช้ได้	เลือก
19	.479	.453	ใช้ได้	เลือก
20	.507	.411	ใช้ได้	เลือก
21	.498	.707	ใช้ได้	เลือก
22	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
23	.466	.235	ใช้ได้	เลือก
24	.507	-.252	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
25	.490	.526	ใช้ได้	เลือก

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ	การเลือกใช้
26	.466	.518	ใช้ได้	เลือก
27	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
28	.450	.573	ใช้ได้	เลือก
29	.509	.674	ใช้ได้	เลือก
30	.430	.577	ใช้ได้	เลือก
31	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
32	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
33	.450	.079	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
34	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
35	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
36	.450	.543	ใช้ได้	เลือก
37	.509	.344	ใช้ได้	เลือก
38	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
39	.450	.597	ใช้ได้	เลือก
40	.450	.060	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
41	.450	.484	ใช้ได้	เลือก
42	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
43	.407	.604	ใช้ได้	เลือก
44	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
45	.430	.395	ใช้ได้	เลือก
46	.466	.133	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
47	.466	.087	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
48	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
49	.466	.649	ใช้ได้	เลือก
50	.498	-.012	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
51	.430	.577	ใช้ได้	เลือก
52	.490	.526	ใช้ได้	เลือก

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ	การเลือกใช้
53	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
54	.450	.079	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
55	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
56	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
57	.450	.079	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
58	.490	.526	ใช้ได้	เลือก
59	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
60	.450	.543	ใช้ได้	เลือก
61	.509	.344	ใช้ได้	เลือก
62	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
63	.479	.257	ใช้ได้	เลือก
64	.430	.364	ใช้ได้	เลือก
65	.430	.113	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
66	.490	.300	ใช้ได้	เลือก
67	.430	.093	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
68	.509	.160	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
69	.450	.392	ใช้ได้	เลือก
70	.479	.453	ใช้ได้	เลือก
71	.507	.411	ใช้ได้	เลือก
72	.498	.707	ใช้ได้	เลือก
73	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
74	.430	.093	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
75	.509	.160	ปรับปรุงหรือทิ้ง	ไม่เลือก
76	.450	.392	ใช้ได้	เลือก
77	.479	.453	ใช้ได้	เลือก
78	.507	.411	ใช้ได้	เลือก
79	.498	.707	ใช้ได้	เลือก

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ	การเลือกใช้
80	.498	.537	ใช้ได้	เลือก
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ			0.942	

จากตาราง 19 พบว่า ค่าความยาก – ง่าย (P) ของข้อสอบจำนวน 80 ข้อ เมื่อตัดข้อสอบข้อที่ไม่มีคุณภาพออก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.430 - 0.509

ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบจำนวน 80 ข้อ เมื่อตัดข้อสอบข้อที่ไม่มีคุณภาพออก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.235 - 0.736

ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับจำนวน 80 ข้อ เมื่อตัดข้อสอบข้อที่ไม่มีคุณภาพออก มีค่าเท่ากับ 0.954

ภาคผนวก จ

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้และด้านทักษะปฏิบัติ
ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนทดลอง
แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตาราง 20 แสดงคะแนนของผลการเรียนด้านความรู้และด้านทักษะปฏิบัติก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้แบบจำลองสถานการณ์				การจัดการเรียนรู้แบบปกติ			
นักเรียน คนที่	ก่อนทดลอง (60)	หลังการทดลอง		นักเรียน คนที่	ก่อนทดลอง (60)	หลังการทดลอง	
		ทักษะปฏิบัติ (160)	ความรู้ (60)			ทักษะปฏิบัติ (160)	ความรู้ (60)
1	15	139	49	1	23	133	53
2	16	138	50	2	25	134	51
3	17	139	44	3	19	129	42
4	16	144	54	4	17	127	40
5	20	138	48	5	20	134	53
6	21	139	53	6	22	131	51
7	18	138	46	7	19	122	43
8	19	137	45	8	18	134	53
9	14	138	43	9	21	132	55
10	17	137	40	10	24	135	56
11	25	142	56	11	25	132	47
12	26	143	44	12	26	136	49
13	16	138	56	13	17	127	43
14	21	140	51	14	21	133	47
15	19	142	48	15	25	135	48
16	24	141	55	16	21	129	45
17	20	139	49	17	29	131	46
18	18	137	42	18	18	123	44
19	27	139	47	19	16	127	47
20	22	141	54	20	19	125	49
รวม	391	2789	974	รวม	425	2609	962
\bar{X}	19.55	139.45	48.7	\bar{X}	21.25	130.45	48.10
ร้อยละ	32.58	87.16	81.16	ร้อยละ	35.42	81.53	80.17