	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานของวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์

### พื้นฐานของดิจิทัล

#### 1. ความหมายและประเภทของวงจรดิจิทัล

##### 1.1 ความหมายของวงจรดิจิทัล

วงจรดิจิทัล หมายถึง วงจรที่ออกแบบด้วยอุปกรณ์ลอจิกเกตชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ประมวลผล หรือดำเนินการกับสัญญาณดิจิทัลที่มี 2 สถานะให้เกิดผลลัพธ์ตามความต้องการของผู้ออกแบบวงจร โดยสามารถกำหนดจำนวนขาของสัญญาณอินพุต และจำนวนขาของสัญญาณเอาต์พุตได้โดยการเขียนตารางความจริง และทำการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต เพื่อนำมาลดรูปให้อยู่ในรูปสมการลอจิก และนำไปเขียนลอจิกไดอะแกรมเพื่อสร้างเป็นวงจรใช้งาน

##### 1.2 ประเภทของวงจรดิจิทัล

วงจรดิจิทัลสามารถแบ่งประเภทได้ตามลักษณะการทำงานของวงจรลอจิกโดยสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

###### 1.2.1 วงจรคอมบิเนชัน (Combination Logic) คือวงจรที่ให้ค่าสถานะของเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงค่าตามสถานะของอินพุตทันทีที่อินพุตของวงจรมีการเปลี่ยนแปลง เช่น วงจรการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส วงจรเปรียบเทียบข้อมูล วงจรมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์ เป็นต้น


###### 1.2.2 วงจรซีควเอนเชียล (Sequential circuits) คือวงจรที่มีค่าของสถานะของเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามค่าของสถานะของอินพุต และค่าสถานะของวงจรก่อนหน้านี้ ด้วยมีการเก็บสถานะการทำงานไว้ในวงจรที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำ แล้วมีการป้อนกลับเข้าไปในอินพุต และทำให้มีผลต่อสถานะเอาต์พุตของวงจร หรือวงจรที่ต้องการสัญญาณนาฬิกาในการควบคุมการทำงานของวงจรลอจิก เช่น วงจรนับสัญญาณ วงจรเลื่อนข้อมูล เป็นต้น

#### 2. ระบบเลขฐาน

ระบบเลขฐานที่ใช้ในการประมวลผล และออกแบบวงจรลอจิกส่วนใหญ่จะพิจารณาสัญญาณของอินพุตเอาต์พุตโดยแทนด้วยระบบเลขฐานสอง ส่วนในการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้ระบบเลขฐานสิบ ระบบเลขฐานสิบหก และระบบเลขฐานสอง ดังนั้นในหน่วยนี้เราจะได้ศึกษาถึงระบบเลขฐานสอง เลขฐานสิบ และเลขฐานสิบหก เป็นหลัก

##### 2.1 เลขฐานสอง

เลขฐานสอง (Binary) เป็นเลขฐานที่นำมาแทนข้อมูลของสัญญาณไฟฟ้าโดยจะมีอยู่ 2 สถานะ ได้แก่ สถานะสูง หรือสถานะต่ำ เมื่อพิจารณาเป็นลอจิกก็จะสามารถแทนได้ว่าเป็นลอจิก ‘1’ หรือลอจิก ‘0’ โดยในทางคณิตศาสตร์ หนึ่งหลักของเลขฐานสองจะสามารถแทนด้วยค่าของตัวเลขได้แค่ 1 หรือ 0 เท่านั้น โดยจะถูกเรียกว่า บิต (Bit)

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

เมื่อพิจารณาในรูปของการสื่อสารข้อมูลและการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ เมื่อนำตัวเลขฐานสองมาเขียนต่อเรียงกันหลาย ๆ ตัว หรือเรียกว่าหลาย ๆ หลัก หรือหลาย ๆ บิต ก็จะสามารถใช้แทนค่าข้อมูลเลขฐานสิบได้ ซึ่งในชีวิตจริงของมนุษย์เราที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการสื่อสารกัน อุปกรณ์ที่สื่อสารกันก็จะทำการรับส่งข้อมูลในรูปแบบเลขฐานสอง แล้วซอฟต์แวร์ที่อยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นก็จะทำการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้เป็นตัวเลขฐานสิบ หรือตัวอักษร หรือรูปภาพ หรือสัญญาณเสียง เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจ ซึ่งตัวอย่างของข้อมูลเลขฐานสองได้แก่  $(1011110101)_2$  ,  $(101011.0101)_2$  เป็นต้น

2.2 เลขฐานสิบ


เลขฐานสิบ (Decimal) เป็นระบบเลขฐานที่มนุษย์เราใช้งานในชีวิตประจำวัน แต่ในวงจรดิจิทัล หรือระบบคอมพิวเตอร์จะใช้เลขฐานสองในการประมวลผล

ดังนั้นการศึกษาเลขฐานสิบในวงจรดิจิทัลก็เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในการทำงานของวงจรดิจิทัลว่าวงจรกำลังประมวลผลข้อมูลอะไรเมื่อเปรียบเทียบกับเลขฐานสิบ และได้ผลลัพธ์อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับเลขฐานสิบ ซึ่งผลลัพธ์ที่เป็นเลขฐานสิบจะเป็นข้อมูลที่ผู้คนส่วนใหญ่เข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งตัวอย่างของข้อมูลเลขฐานสิบได้แก่  $(159)_{10}$  ,  $(785.45)_{10}$  เป็นต้น


2.3 เลขฐานสิบหก

เลขฐานสิบหก (Hexadecimal) เป็นเลขฐานที่นำมาช่วยในการลดรูปเลขฐานสองทำให้เกิดประสิทธิภาพในการประมวลผลที่เร็วขึ้นของมนุษย์ เนื่องจาก 1 หลักของเลขฐาน 16 จะแทนค่าข้อมูลเลขฐาน 2 จำนวน 4 หลัก หรือ 4 บิต และยังสามารถแปลงเป็นเลขฐานสิบที่ทำให้มนุษย์สามารถประมวลผลได้ไวกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเลขฐานสองแปลงเป็นเลขฐานสิบ


เลขฐานสิบหก 1 หลักของเลขฐานสิบหกจะประกอบไปด้วยตัวเลข 16 ตัวคือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F ตัวเลขทั้ง 16 ตัวนี้ เป็นเลขของฐานสิบหก และต้องมีค่าไม่เกินอักษร F ซึ่งนักศึกษาอาจสงสัยว่าเมื่อเลขที่มากกว่า 9 แล้วทำไมจึงเป็นตัวอักษร A, B, C, D, E, F ทั้งนี้ก็เพราะว่าถ้าใช้งานเป็นเลขที่มากกว่า 9 ไปเป็น 10 จะถูกมองว่าเป็นจำนวนตัวเลข 2 หลัก ดังนั้นเพื่อความเข้าใจง่ายและนำไปใช้งานได้จึงกำหนดให้ตัวอักษร A แทนค่าตัวเลข 10 ตัวอักษร B แทนค่าตัวเลข 11 ตัวอักษร C แทนค่าตัวเลข 12 ตัวอักษร D แทนค่าตัวเลข 13 ตัวอักษร E แทนค่าตัวเลข 14 และตัวอักษร F แทนค่าตัวเลข 15 ซึ่งตัวอย่างของข้อมูลเลขฐานสิบหกได้แก่  $(1AE)_{16}$  ,  $(9A.B2)_{16}$  เป็นต้น

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 3
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล
<p><b>2.4 การแปลงเลขฐาน และบวกลบเลขฐาน</b></p> <p><b>2.4.1 การแปลงเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก เป็นเลขฐานสิบ</b></p> <p>การแปลงเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก เป็นเลขฐานสิบ มีหลักการที่เหมือนกัน คือการนำค่าประจำหลักของเลขฐานนั้น ๆ คูณกับตัวเลขของหลักนั้น ๆ หลังจากนั้นนำค่าผลลัพธ์ทั้งหมดมาบวกรวมกัน จะได้ผลลัพธ์เป็นค่าเท่ากับเลขฐานสิบ ดังสมการด้านล่าง</p> $D = (N \times b^n) + \dots + (N \times b^3) + (N \times b^2) + (N \times b^1) + (N \times b^0) + . + (N \times b^{-1}) + (N \times b^{-2}) + \dots + (N \times b^{-m})$ <p>เมื่อ N แทนตัวเลขของหลักนั้นๆ b แทนเลขฐานปัจจุบันที่ต้องการแปลงเป็นเลขฐานสิบ D แทนผลลัพธ์เลขฐานสิบที่ต้องการหาค่า n แทนค่าตัวเลขยกกำลังประจำหลักของเลขฐานปัจจุบันที่ต้องการแปลงเป็นเลขฐานสิบโดยเริ่มต้นที่ 0 ณ ตำแหน่งตัวเลขก่อนจุดทศนิยมตัวแรก m แทนค่าตัวเลขยกกำลังประจำหลักของเลขฐานปัจจุบันที่ต้องการแปลงเป็นเลขฐานสิบโดยเริ่มต้นที่ -1 ณ ตำแหน่งตัวเลขหลังจุดทศนิยมตัวแรก</p> <p><b>ตัวอย่างที่ 1.1</b> จงแปลงเลขฐานสองค่า <math>(1011.01)_2</math> เป็นเลขฐานสิบ</p> <p><b>วิธีทำ</b> <math>D = (N \times b^3) + (N \times b^2) + (N \times b^1) + (N \times b^0) + . + (N \times b^{-1}) + (N \times b^{-2})</math></p> $\begin{aligned} &= (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) + . + (0 \times 2^{-1}) + (1 \times 2^{-2}) \\ &= (1 \times 8) + (0 \times 4) + (1 \times 2) + (1 \times 1) + (0 \times 0.5) + (1 \times 0.25) \\ &= 8 + 0 + 2 + 1 + 0 + 0.25 \\ &= 11.25 \end{aligned}$ <p><b>ดังนั้น</b> เลขฐานสองค่า <math>(1011.01)_2</math> แปลงเป็นเลขฐานสิบมีค่าเท่ากับ <math>(11.25)_{10}</math> <b>ตอบ</b></p> <p><b>ตัวอย่างที่ 1.2</b> จงแปลงเลขฐานสองค่า <math>(1D7.A5)_{16}</math> เป็นเลขฐานสิบ</p> <p><b>วิธีทำ</b> <math>D = (N \times b^2) + (N \times b^1) + (N \times b^0) + . + (N \times b^{-1}) + (N \times b^{-2})</math></p> $\begin{aligned} &= (1 \times 16^2) + (13 \times 16^1) + (7 \times 16^0) + . + (10 \times 16^{-1}) + (5 \times 16^{-2}) \\ &= (1 \times 256) + (13 \times 16) + (7 \times 1) + (10 \times 0.0625) + (5 \times 0.00390625) \\ &= 256 + 208 + 7 + 0.625 + 0.01953125 \\ &= 471.64453125 \end{aligned}$ <p><b>ดังนั้น</b> เลขฐานสิบหกค่า <math>(1D7.A5)_{16}</math> แปลงเป็นเลขฐานสิบมีค่าเท่ากับ <math>(471.64453125)_{10}</math> <b>ตอบ</b></p>

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 4
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล			
<p><b>2.4.2 การแปลงเลขฐานสิบ เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก</b></p> <p><b>2.4.2.1 การแปลงเลขฐานสิบที่เป็นจำนวนเต็ม เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก</b></p> <p>การแปลงเลขฐานสิบที่เป็นจำนวนเต็ม เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก มีหลักการที่เหมือนกัน คือให้นำค่าเลขฐานสิบมาทำการหารสั้นด้วยเลขฐานที่ต้องการจะแปลงค่า แล้วทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของการหารว่ามีค่าน้อยกว่าตัวหารหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการหารสั้นต่อไป โดยนำผลลัพธ์ของการหารก่อนหน้ามาทำการหารสั้นด้วยเลขฐานที่ต้องการจะแปลงค่าซ้ำอีกครั้ง หลังจากนั้นก็กระทำเหมือนเดิม คือทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของการหารว่ามีค่าน้อยกว่าตัวหารหรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการหารสั้นต่อไปจนกว่าผลลัพธ์ของการหารสั้นจะมีค่าน้อยกว่าตัวหาร เมื่อได้ผลลัพธ์ของการหารสั้นตัวสุดท้ายให้ทำการนำผลลัพธ์ของการหารสั้นตัวสุดท้ายมาเรียงเป็นผลลัพธ์ตัวแรกแล้วตามด้วยผลลัพธ์ของการหารที่เป็นเศษตัวล่าสุดแล้วทำการเรียงย้อนกลับไปที่หาผลลัพธ์ของการหารที่เป็นเศษตัวแรกสุด ดังวิธีการด้านล่าง</p> <div style="text-align: center;"><p>b) <u>N</u> เศษ <math>s_1</math></p><p>b) <u>O</u> เศษ <math>s_2</math></p><p>b) <u>P</u> เศษ <math>s_3</math></p><p>b) <u>R</u> เศษ <math>s_n</math></p><p>S</p><p>ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบค่า N เป็นเลขฐาน b มีค่ากับ <math>(Ss_n s_3 s_2 s_1)_b</math></p><p><b>ตัวอย่างที่ 1.3</b> จงแปลงเลขฐานสิบค่า <math>(57)_{10}</math> เป็นเลขฐานสอง</p><p><b>วิธีทำ</b></p><div style="margin-left: 40px;"><p>2 ) <u>57</u> เศษ 1</p><p>2 ) <u>28</u> เศษ 0</p><p>2 ) <u>14</u> เศษ 0</p><p>2 ) <u>7</u> เศษ 1</p><p>2 ) <u>3</u> เศษ 1</p><p style="margin-left: 100px;">1</p></div><p>ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบค่า <math>(57)_{10}</math> เป็นเลขฐานสอง มีค่ากับ <math>(111001)_2</math> <b>ตอบ</b></p><p><b>ตัวอย่างที่ 1.4</b> จงแปลงเลขฐานสิบค่า <math>(57)_{10}</math> เป็นเลขฐานสิบหก</p><p><b>วิธีทำ</b></p><div style="margin-left: 40px;"><p>16 ) <u>57</u> เศษ 9</p><p style="margin-left: 100px;">3</p></div><p>ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบค่า <math>(57)_{10}</math> เป็นเลขฐานสิบหก มีค่ากับ <math>(39)_{16}</math> <b>ตอบ</b></p></div>			

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 5
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

2.4.2.2 การแปลงเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขจุดทศนิยม เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก

การแปลงเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขจุดทศนิยม เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก มีหลักการที่เหมือนกัน คือให้นำค่าเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขจุดทศนิยมมาทำการคูณด้วยเลขฐานที่ต้องการจะแปลงค่า แล้วทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของการคูณว่าผลลัพธ์หลังจุดทศนิยมมีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่ให้นำค่าเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขหลังจุดทศนิยมมาทำการคูณด้วยเลขฐานที่ต้องการจะทำการแปลงค่าต่อไป และทำแบบเดิมจนกว่าผลลัพธ์ที่เป็นจุดทศนิยมมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อผลลัพธ์ตัวสุดท้ายของการคูณมีค่าเป็นศูนย์ก็จะได้คำตอบที่เป็นการแปลงเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขจุดทศนิยม เป็นเลขฐานสองและเลขฐานสิบหก โดยให้เขียนจุดทศนิยมแล้วตามด้วยผลลัพธ์ตัวแรกที่เป็นค่าก่อนจุดทศนิยมของการคูณครั้งแรกแล้วเรียงต่อกันไปจนถึงผลลัพธ์ตัวสุดท้ายที่เป็นตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม ดังวิธีการด้านล่าง

.AAA	.BBB	.CCC	.DDD
X	X	X	X
<u>  b  </u>	<u>  b  </u>	<u>  b  </u>	<u>  b  </u>
n.BBB	m.CCC	o.DDD	p.000

ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลขจุดทศนิยมค่า  $(0.AAA)_{10}$  เป็นเลขฐาน b มีค่ากับ  $(0.nmop)_b$

**ตัวอย่างที่ 1.5** จงแปลงเลขฐานสิบค่า  $(0.625)_{10}$  เป็นเลขฐานสอง

วิธีทำ	0.625	0.25	0.50
	X	X	X
	<u>  2  </u>	<u>  2  </u>	<u>  2  </u>
	1.250	0.50	1.00

ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบค่า  $(0.625)_{10}$  เป็นเลขฐานสอง มีค่ากับ  $(0.101)_2$  **ตอบ**

**ตัวอย่างที่ 1.6** จงแปลงเลขฐานสิบค่า  $(0.625)_{10}$  เป็นเลขฐานสิบหก

วิธีทำ	0.625
	X
	<u> 16 </u>
	10.000

ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบค่า  $(0.625)_{10}$  เป็นเลขฐานสิบหก มีค่ากับ  $(0.A)_{16}$  **ตอบ**

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 6
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

2.4.3 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก และการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสอง

2.4.3.1 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก

การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหกมีวิธีการคือ ทำการแบ่งกลุ่มเลขฐานสองออกเป็นกลุ่มละ 4 บิต หรือ 4 หลัก โดยใช้จุดทศนิยมเป็นจุดอ้างอิงสำหรับการแบ่งกลุ่ม ซึ่งตัวเลขจำนวนเต็มของเลขฐานสองจะทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลจากขวาไปซ้าย และกลุ่มสุดท้ายที่ไม่ครบ 4 บิตให้เติม 0 ทางด้านซ้ายมือจนครบ 4 บิต และถ้าเป็นตัวเลขฐานสองจำนวนทศนิยมให้เริ่มแบ่งกลุ่มจากทางซ้ายไปขวา และถ้ากลุ่มสุดท้ายไม่ครบ 4 บิตให้เติม 0 ทางขวามือจนครบ 4 บิต เช่นกัน และทำการเปลี่ยนค่าของเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหกได้ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบเลขฐานสองกับระบบเลขฐานสิบหก


เลขฐานสอง	เลขฐานสิบหก
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

ตัวอย่างที่ 1.7 จงแปลงเลขฐานสองค่า  $(101010101111.110101001)_2$  เป็นเลขฐานสิบหก

วิธีทำ  $(101010101111.110101001)_2 = \underline{1010} \ \underline{1010} \ \underline{1111} . \underline{1101} \ \underline{0100} \ \underline{1000}$

เทียบค่าเลขฐานสองกับเลขฐานสิบหกในตารางที่ 1.1 จะได้ A A F . D 4 8

ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสองค่า  $(101010101111.110101001)_2$  เป็นเลขฐานสิบหก มีค่ากับ  $(AAF.D48)_{16}$  **ตอบ**

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 7
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

2.4.3.2 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสอง

การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสองนั้นจะคล้ายคลึงกับการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก ซึ่งจะใช้วิธีการเปรียบเทียบเลขฐานสิบหกกับเลขฐานสองในแต่ละหลัก โดยใช้ตารางที่ 1.1 เป็นเครื่องมืออ้างอิง

**ตัวอย่างที่ 1.8** จงแปลงเลขฐานสิบหกค่า  $(7B9.0A)_{16}$  เป็นเลขฐานสอง

**วิธีทำ**  $(7B9.0A)_{16} = \begin{array}{c} 7 \\ B \\ 9 \\ . \\ 0 \\ A \end{array}$

เทียบค่าเลขฐานสองกับเลขฐานสิบหกในตารางที่ 1.1 จะได้ 0111 1011 1001 . 0000 1010

ผลลัพธ์ของการแปลงเลขฐานสิบหกค่า  $(7B9.0A)_{16}$  เป็นเลขฐานสอง มีค่ากับ  $(11110111001.00001010)_2$

ตอบ

2.4.4 การบวกเลขฐาน

2.4.4.1 การบวกเลขฐานต่าง ๆ

การบวกเลขของระบบเลขฐานต่าง ๆ นั้นมีวิธีการที่เหมือนกัน กล่าวคือ ตัวเลขที่จะทำการบวกกันจะต้องเป็นระบบเลขฐานเดียวกัน และใช้หลักการที่เหมือนกันกับระบบเลขฐานสิบ โดยการบวกหลักที่มีนัยสำคัญน้อยสุดก่อน ถ้าผลบวกของแต่ละหลักมีค่าเท่ากับเลขฐานหรือมากกว่าเลขฐาน ให้นำเลขฐานนั้น ๆ ไปลบออก และทดไปยังหลักถัดทางขวามือเท่ากับหนึ่ง ส่วนผลของการบวกคือผลลัพธ์ของหลักนั้น ๆ

**ตัวอย่างที่ 1.9** จงคำนวณหาค่า  $(1A3.8B)_{16} + (789.77)_{16}$

**วิธีทำ** ทด  $\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 1 \\ 1A3.8B_{16} \\ + \\ 789.77_{16} \\ \hline 92D.02_{16} \end{array}$


ผลลัพธ์ของ  $(1A3.8B)_{16} + (789.77)_{16} = (92D.02)_{16}$  **ตอบ**

**ตัวอย่างที่ 1.10** จงคำนวณหาค่า  $(10110.011)_2 + (1011.101)_2$

**วิธีทำ** ทด  $\begin{array}{r} 111111 \ 11 \\ 10110.011_2 \\ + \\ 1011.101_2 \\ \hline 100010.000_2 \end{array}$


ผลลัพธ์ของ  $(10110.011)_2 + (1011.101)_2 = (100010.000)_2$  **ตอบ**



	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 8
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล			
<p><b>2.4.4.2 การลบเลขฐานต่าง ๆ</b></p> <p>การลบเลขของระบบเลขฐานต่าง ๆ นั้นมีวิธีการที่เหมือนกัน กล่าวคือ ตัวเลขที่จะทำการลบกันจะต้องเป็นระบบเลขฐานเดียวกัน และใช้หลักการที่เหมือนกันกับระบบเลขฐานสิบ โดยการลบหลักที่มีนัยสำคัญน้อยสุดก่อน ถ้าการลบหลักนั้นตัวตั้งมีค่าน้อยกว่าตัวลบ ให้ทำการยืมจากตัวตั้งของหลักทางด้านขวามือตัวถัดไป ซึ่งจะมีผลทำให้ตัวตั้งตัวถัดไปมีค่าลดลงไปหนึ่ง ส่วนหลักที่ทำการลบจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเท่ากับค่าของระบบเลขฐานนั้น</p> <p><b>ตัวอย่างที่ 1.11</b> จงคำนวณหาค่า <math>(7F3.18)_{16} - (3A7.0A)_{16}</math></p> <p><b>วิธีทำ</b> ยืม                      16                      16</p> $\begin{array}{r} 7 \ F \ 3 \ . \ 1 \ 8_{16} \\ - 3 \ A \ 7 \ . \ 0 \ A_{16} \\ \hline 4 \ 4 \ C \ . \ 0 \ E_{16} \end{array}$ <p>ผลลัพธ์ของ <math>(7F3.18)_{16} - (3A7.0A)_{16} = (44C.0E)_{16}</math> <b>ตอบ</b></p> <p><b>ตัวอย่างที่ 1.12</b> จงคำนวณหาค่า <math>(1010.101)_2 - (1001.011)_2</math></p> <p><b>วิธีทำ</b> ยืม                      2                      2</p> $\begin{array}{r} 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ . \ 1 \ 0 \ 1_2 \\ - 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ . \ 0 \ 1 \ 1_2 \\ \hline 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ . \ 0 \ 1 \ 0_2 \end{array}$ <p>ผลลัพธ์ของ <math>(1010.101)_2 - (1001.011)_2 = (0001.010)_2</math> <b>ตอบ</b></p> <p><b>2.5 รหัส BCD</b></p> <p>เลขรหัส BCD (Binary-coded decimal) เป็นระบบเลขฐานสองจำนวน 4 บิตที่ใช้แทนเลขฐานสิบที่เป็นตัวเลข 0 ถึง 9 ในแต่ละหลัก เพื่อความสะดวกในการแสดงผลจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร ตัวอย่าง เลขฐานสิบ <math>(127)_{10}</math> จะสามารถแปลงเป็นเลขรหัส BCD ได้เป็น 0001 0010 0111 เป็นต้น</p>			



	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 9
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		


ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรหัส BCD กับเลขฐานสิบ

เลขฐานสิบ	เลขรหัส BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

### 2.6 รหัส ASCII

รหัส ASCII (ASCII: American Standard Code for Information Interchange) คือ รหัสมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาที่เป็นเลขฐานสอง หรือเลขฐานสิบหก หรือเลขฐานสิบ ที่ใช้แทนตัวอักขระหรืออักขรที่เป็นภาษาละติน ภาษาอังกฤษ เลขอาราบิก เครื่องหมายวรรคตอน ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่มีความยาว 7 บิตหรือ 8 บิตต่อ 1 อักขระ แต่ในปัจจุบัน รหัส ASCII จะเป็นข้อมูลเลขฐานสองขนาด 8 บิตสำหรับ 1 อักขระ เพื่อการสื่อสารข้อมูลแลกเปลี่ยนสารสนเทศ โดยจะมีอักขระที่เป็นมาตรฐานอยู่จำนวน 128 อักขระ ซึ่งเริ่มตั้งแต่อักขระที่  $(00000000)_2$  ถึง  $(01111111)_2$  จะเป็นชุดอักขระที่เป็นรหัสพิเศษที่ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ สัญลักษณ์และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ตัวเลขอาราบิก อักขรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ และอักขรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก ส่วนอักขระตั้งแต่  $(10000000)_2$  ถึง  $(11111111)_2$  จะเป็นชุดอักขระที่เราสามารถออกแบบได้กับภาษาท้องถิ่น เช่นในประเทศไทยก็จะใช้ข้อมูล ณ ตำแหน่งนี้เป็นต้นไปในการเพิ่มในส่วนของภาษาไทย แต่ในยุคปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลมีความหลากหลายทางภาษา ดังนั้นมาตรฐานรหัส ASCII จึงไม่พอเพียงต่อการสื่อสาร จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของรหัสในการสื่อสารเพิ่มเติมโดยประยุกต์จากรหัส ASCII ที่สามารถใช้แทนอักขระในการสื่อสารได้เพียง 256 อักขระ เป็นรหัสมาตรฐานใหม่คือ รหัส UNICODE ซึ่งสามารถขยายรหัสที่ใช้แทนอักขระได้ถึง 65536 อักขระ เช่นอักขร ‘A’ จะแทนด้วยรหัส ASCII คือ  $(41)_{16}$  แต่ถ้าแทนด้วยรหัส UNICODE คือ  $(0041)_{16}$  อักขร ‘ก’ จะแทนด้วยรหัส ASCII คือ  $(A1)_{16}$  แต่ถ้าแทนด้วยรหัส UNICODE คือ  $(0E01)_{16}$


	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 10
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00	NUL 0000	STX 0001	SOT 0002	ETX 0003	EOT 0004	ENQ 0005	ACK 0006	BEL 0007	BS 0008	HT 0009	LF 000A	VT 000B	FF 000C	CR 000D	SO 000E	SI 000F
10	DLE 0010	DC1 0011	DC2 0012	DC3 0013	DC4 0014	NAK 0015	SYN 0016	ETB 0017	CAN 0018	EM 0019	SUB 001A	ESC 001B	FS 001C	GS 001D	RS 001E	US 001F
20	SP 0020	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL 007F
80	€ 20AC					...										
90		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A0	NBSP 00A0	ก 0E01	ข 0E02	ฃ 0E03	ค 0E04	ฅ 0E05	ฉ 0E06	ง 0E07	จ 0E08	ฉ 0E09	ช 0E0A	ฌ 0E0B	ญ 0E0C	ฎ 0E0D	ฏ 0E0E	ฏ 0E0F
B0	ฐ 0E10	ท 0E11	ฒ 0E12	ณ 0E13	ด 0E14	ต 0E15	ถ 0E16	ท 0E17	ธ 0E18	น 0E19	บ 0E1A	ป 0E1B	ผ 0E1C	ฝ 0E1D	พ 0E1E	ฟ 0E1F
C0	ภ 0E20	ม 0E21	ย 0E22	ร 0E23	ฤ 0E24	ล 0E25	ภ 0E26	ว 0E27	ศ 0E28	ษ 0E29	ส 0E2A	ห 0E2B	ฬ 0E2C	อ 0E2D	ฮ 0E2E	ฯ 0E2F
D0	ะ 0E30	ั 0E31	า 0E32	ำ 0E33	ิ 0E34	ี 0E35	ึ 0E36	ุ 0E37	เ 0E38	อ 0E39	เ 0E3A					฿ 0E3F
E0	เ 0E40	แ 0E41	โ 0E42	ใ 0E43	ใ 0E44	ำ 0E45	ๆ 0E46	อ 0E47	อ 0E48	อ 0E49	อ 0E4A	อ 0E4B	อ 0E4C	อ 0E4D	อ 0E4E	อ 0E4F
F0	อ 0E50	๑ 0E51	๒ 0E52	๓ 0E53	๔ 0E54	๕ 0E55	๖ 0E56	๗ 0E57	๘ 0E58	๙ 0E59	๐ 0E5A	๑ 0E5B				

รูปภาพที่ 1.1 แสดงตารางความสัมพันธ์ของรหัส ASCII และ รหัส UNICODE ในภาษาอังกฤษและภาษาไทย

การใช้งานตาราง แถวที่มีแถบสีดำด้านบนสุดคือค่าตัวเลขฐานสิบหกของรหัสตัวอักษรที่จะต้องนำมาบวกกับค่าคอลัมน์ที่เป็นแถบสีดำทางด้านซ้ายมือสุด เพื่อคำนวณหาค่าของรหัส ASCII ที่เป็นเลขฐานสิบหกจำนวนสองหลักของอักษรที่เราต้องการทราบค่า ส่วนตัวเลขฐานสิบหกจำนวนสี่หลักในช่องตารางได้ตัวอักษรคือรหัส UNICODE ของอักขระตัวนั้น ๆ เช่นถ้าเราต้องการทราบรหัส UNICODE ของตัวอักษร ‘ง’ ให้อ่านค่าข้อมูลเลขฐานสิบหกในช่องตัวอักษรนั้น ๆ แสดงว่ารหัส UNICODE ของตัวอักษร ‘ง’ คือ (0E07)<sub>16</sub> และถ้าต้องการทราบรหัส ASCII ของตัวอักษร ‘ง’ ให้นำค่าข้อมูลเลขฐานสิบหกประจำแถวที่เป็นแถบสีดำด้านซ้ายมือคือค่า (A0)<sub>16</sub> มาบวกกับค่าประจำคอลัมน์ที่ด้านบนสุดคือค่า (07)<sub>16</sub> ก็จะได้รหัส ASCII ของตัวอักษร ‘ง’ คือ (A7)<sub>16</sub>

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 11
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

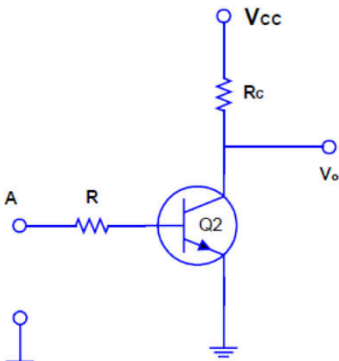
### 3. ลอจิกเกตพื้นฐาน

#### 3.1 ประเภทของไอซีลอจิกเกต

ไอซีลอจิกเกตถ้าแบ่งตามเทคโนโลยีของการสร้างสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

##### 3.1.1 ลอจิกเกตตระกูล RTL (Resistor-transistor Logic)

เป็นลอจิกเกตที่มีโครงสร้างภายในประกอบด้วย ความต้านทาน และทรานซิสเตอร์ ข้อเสียของ วงจรไอซีชนิดนี้คือไม่สามารถขับโหลดที่ต้องการกระแสสูง ๆ ได้ และความเร็วในการสวิตช์ช้า ความถี่ที่ใช้ประมาณ 4-56MHz แสดงได้ดังรูปที่ 1.2

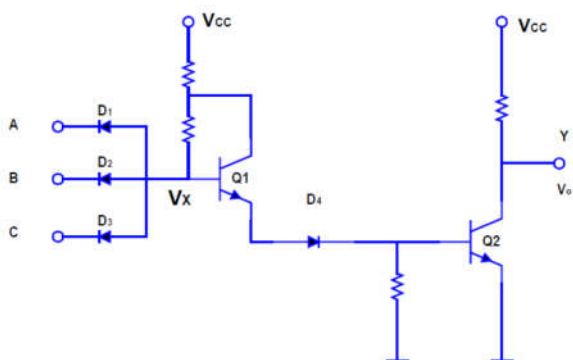


รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในของลอจิกเกตตระกูล RTL

(ที่มา [http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut\\_cha/download/IDC\\_L8.pdf](http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut_cha/download/IDC_L8.pdf))


##### 3.1.2 ลอจิกเกตตระกูล DTL (Diode-transistor Logic)

เป็นลอจิกเกตที่ประกอบด้วยไดโอดและทรานซิสเตอร์เป็นหลัก วงจรนี้สามารถขับโหลดได้มากกว่า และความเร็วเร็วกว่าลอจิกเกตตระกูล RTL ซึ่งโครงสร้างภายในลอจิกเกตแสดงได้ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในของลอจิกเกตตระกูล DTL

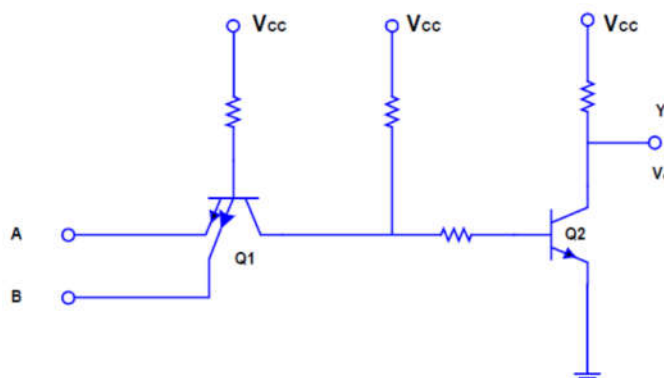
(ที่มา [http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut\\_cha/download/IDC\\_L8.pdf](http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut_cha/download/IDC_L8.pdf))

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 12
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

#### 3.1.3 ลอจิกเกตตระกูล TTL (Transistor-transistor Logic)

เป็นลอจิกเกตที่มีโครงสร้างภายในจะเป็นวงจรรวมโดยผลิตมาจากทรานซิสเตอร์ ซึ่งผลิตออกมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 โดยบริษัท Texas Instrument และเป็นลอจิกเกตที่นิยมนำมาสร้างเป็นไอซีที่ใช้ในงานในยุคปัจจุบัน โดยไอซีลอจิกเกตตระกูล TTL จะมี code โดยใช้ตัวเลข 4-5 หลัก แต่ 2 หลักแรกจะนำด้วย 74 และ 2 หลักต่อไปจะบอกถึงฟังก์ชันการทำงาน ถ้าเป็นชนิดมาตรฐานจะเขียนย่อว่า SN54 หรือ SN74 (โดยที่ SN54 สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ -55 องศาซี ถึง 125 องศาซี ส่วน SN74 สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาซี ถึง 70 องศาซี) และถ้าเป็นชนิดความเร็วสูงจะเขียนย่อว่า SN54H หรือ SN74H และยังสามารถแยกย่อยได้อีกตามคุณสมบัติของการใช้พลังงานและความเร็วในการทำงาน ซึ่งโครงสร้างภายในลอจิกเกตแสดงได้ดังรูปที่ 1.4

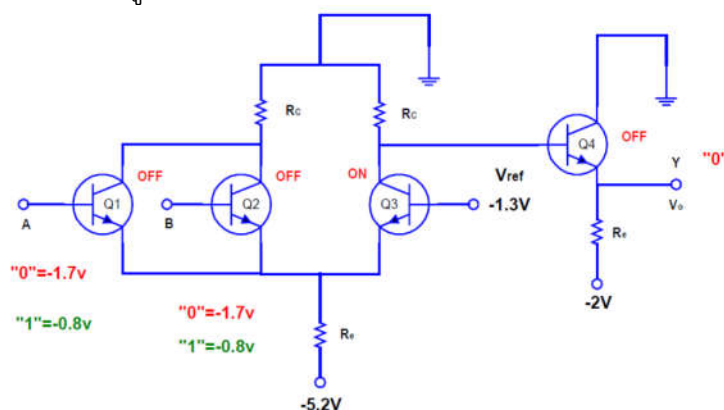


รูปที่ 1.4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในของลอจิกเกตตระกูล TTL

(ที่มา [http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut\\_cha/download/IDC\\_L8.pdf](http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut_cha/download/IDC_L8.pdf))


#### 3.1.4 ลอจิกเกตตระกูล ECL (Emitter – Coupled Logic)

เป็นลอจิกเกตที่ต้องการความเร็วให้มากขึ้น ดังนั้นจึงทำการต่อวงจรในรูปแบบขา Emitter ร่วม และลอจิก “0” มีค่าเท่ากับ -1.7V ลอจิก “1” มีค่าเท่ากับ -0.8V จึงมีข้อเสียคือทำให้ใช้งานต่อร่วมกับไอซีอื่นได้ยาก ซึ่งโครงสร้างภายในลอจิกเกตแสดงได้ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในของลอจิกเกตตระกูล ECL

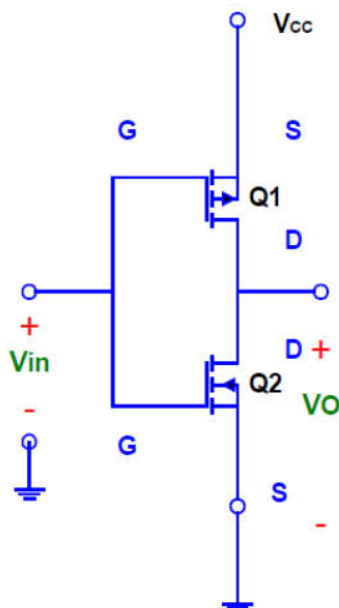
(ที่มา [http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut\\_cha/download/IDC\\_L8.pdf](http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut_cha/download/IDC_L8.pdf))

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 13
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

3.1.5 ลอจิกเกตตระกูล CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)


ลอจิกเกตตระกูลซีมอสเป็นลอจิกเกตอีกประเภทหนึ่งที่นิยมใช้กันมากนอกจากไอซี TTL โดยคำว่า CMOS ย่อมาจาก Complementary Metal-Oxide-Semiconductor ข้อได้เปรียบของไอซี CMOS ได้แก่ ตัวอุปกรณ์ใช้กำลังไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงได้สูง สัญญาณรบกวนจะสอดแทรกการทำงานได้ยาก ให้ความหนาแน่นของวงจรไอซีต่อชิพสูง แต่เนื่องจาก CMOS เป็นอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์สูงมาก ดังนั้นประจุไฟฟ้าสถิตย์ที่มีค่ามาก ๆ อาจทำให้ส่วนของฉนวนที่เกิดการเสียหายได้ ในการใช้งานจึงต้องระมัดระวังในการจับขาของไอซีลอจิกเกตตระกูล CMOS มากกว่าปกติ โดยปกติจะต้องทำการเก็บรักษาไอซีประเภทนี้ไว้บนแผ่นสารตัวนำ เพื่อกันไม่ให้เกิดการสะสมประจุที่ขาของไอซี ข้อเสียอีกประการหนึ่งของไอซี CMOS คือจะมีการทำงานค่อนข้างช้า ไอซีพวก CMOS ที่เห็นใช้งานกันจะมีตระกูลที่มีเบอร์ที่เป็นตัวเลขที่ขึ้นต้นด้วย 4000 หรือ 14000 ซึ่งสามารถใช้แทนลอจิกเกตต่าง ๆ เช่นเดียวกับไอซีตระกูล TTL ซึ่งโครงสร้างภายในลอจิกเกตแสดงได้ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในของลอจิกเกตตระกูล CMOS

(ที่มา [http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut\\_cha/download/IDC\\_L8.pdf](http://dusithost.dusit.ac.th/~juthawut_cha/download/IDC_L8.pdf))

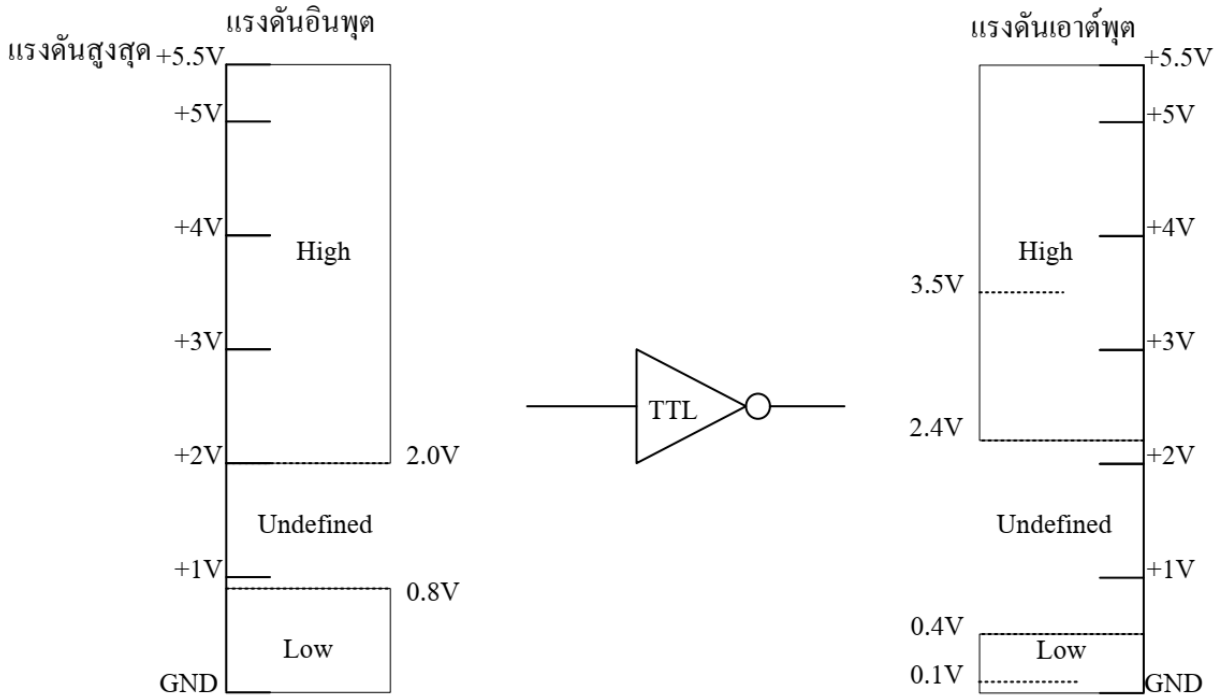
กล่าวโดยสรุปไอซีลอจิกเกตที่นิยมใช้งานในวงจรดิจิทัลส่วนใหญ่จะเป็นตระกูล TTL ซึ่งจะถูกนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนไอซีลอจิกเกตที่นิยมใช้งานรองลงมาก็จะเป็นตระกูล CMOS ซึ่งจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวงจรไฟฟ้า เนื่องจากสามารถใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าได้สูงประมาณ 15 - 18V

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 14
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล


### 3.2 ระดับสัญญาณของลอจิก

ระดับสัญญาณของลอจิกในวงจรดิจิทัลจะแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับสัญญาณสูง (Logic High) หรือเรียกอีกอย่างว่า ระดับสัญญาณลอจิก ‘1’ และระดับสัญญาณต่ำ (Logic Low) หรือเรียกอีกอย่างว่า ระดับสัญญาณลอจิก ‘0’ แต่ในทางปฏิบัติแล้วระดับสัญญาณของลอจิกจะมี 3 ระดับ ซึ่งระดับสัญญาณที่เพิ่มเข้ามาจะอยู่ระหว่างสัญญาณสูง และสัญญาณต่ำ ที่เรียกว่าสัญญาณ Undefined เนื่องจากสัญญาณสัญญาณสูง และสัญญาณต่ำจะถูกกำหนดด้วยช่วงของระดับแรงดันไฟฟ้าตามชนิดของไอซีลอจิกเกตที่เป็นชนิด TTL และ CMOS โดยช่วงของแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ลอจิกเกตที่เป็นขาสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตก็จะมีช่วงของระดับแรงดันที่ไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 1.7 และ 1.8

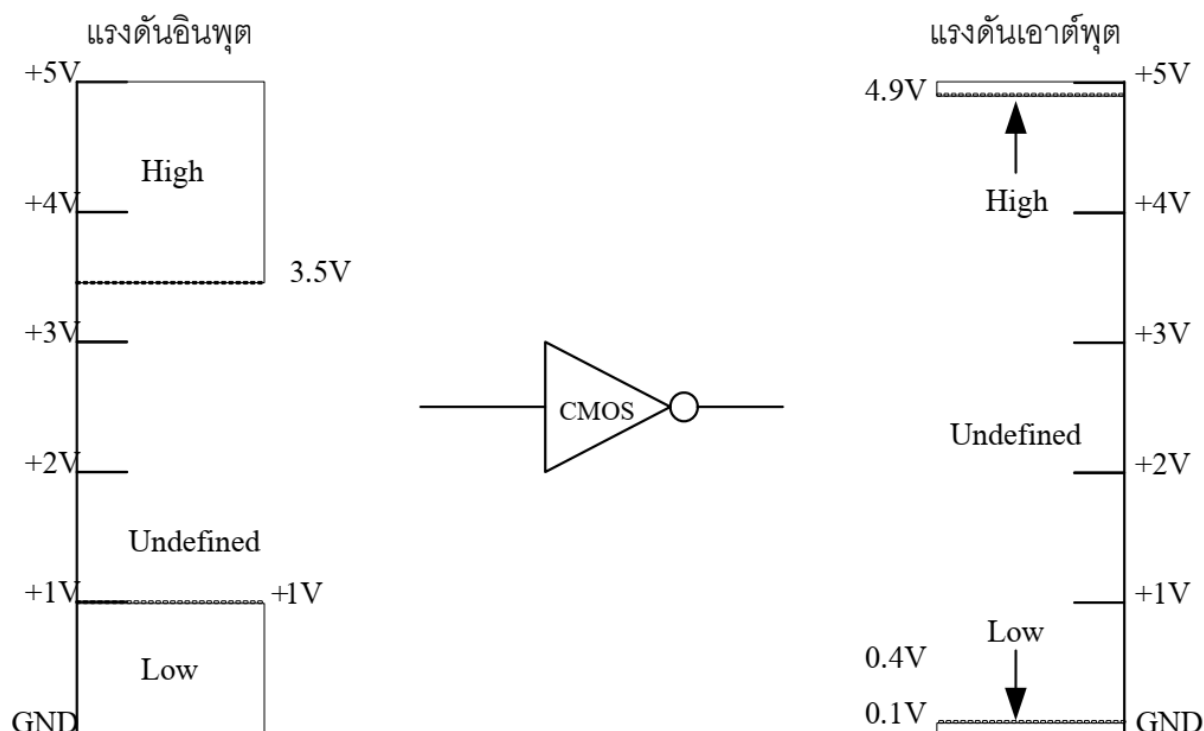


รูปที่ 1.7 แสดงระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของไอซีตระกูล TTL  
(ที่มา วิชาวงจรดิจิทัล รหัส 3127-2001 ว่าที่ ร.ต.วันชัย รัชตะสมบูรณ์)



	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 15
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล



รูปที่ 1.8 แสดงระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของไอซีตระกูล CMOS


ที่ระดับแรงดัน  $V_{DD} = 5V$  และ  $V_{SS} = 0V$

(ที่มา วิชาวงจรดิจิทัล รหัส 3127-2001 ว่าที่ ร.ต.วันชัย รัชตะสมบูรณ์)

### 3.3 ลอจิกเกตพื้นฐานและตารางความจริง

ลอจิกเกต คือ วงจรที่สร้างมาจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ประเภทพาสซีฟและแอคทีฟ เพื่อรับสัญญาณอินพุต 2 สถานะ และให้เกิดเอาต์พุต 2 สถานะ โดยลอจิกเกต 1 ตัวมีอินพุตได้ตั้งแต่ 1 อินพุตขึ้นไป ส่วนเอาต์พุตจะมีเพียงเอาต์พุตเดียว ส่วนการทำงานของลอจิกเกตแต่ละชนิดจะเป็นไปตามตารางข้อกำหนดที่แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งตารางความสัมพันธ์นี้จะถูกเรียกว่าตารางความจริงของลอจิกเกต โดยลอจิกเกตพื้นฐานมีทั้งหมด 7 ตัว ได้แก่ OR GATE, AND GATE, NOT GATE, NOR GATE, NAND GATE, XOR GATE และ XNOR GATE ซึ่งลอจิกเกตที่กล่าวมานี้ไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือลอจิกเกตบางตัวสามารถสร้างโดยลอจิกเกตตัวอื่น ๆ ได้ เช่น NOR GATE สามารถสร้างจาก OR GATE แล้วตามด้วย NOT GATE เป็นต้น และเอาต์พุตของลอจิกเกตแต่ละชนิดสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการลอจิก



	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 16
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

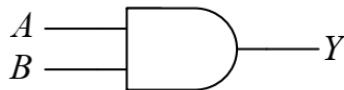
### 3.3.1 แอนด์เกต (AND GATE)

แอนด์เกต (AND GATE) เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘1’ เมื่ออินพุตทุกตัวเป็นลอจิก ‘1’ และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘0’ ถ้าอินพุตตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก ‘0’ โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.9

สมการลอจิกของแอนด์เกต (AND GATE)  $Y = A \cdot B$

**ตารางที่ 1.3** ตารางความจริงของแอนด์เกต (AND GATE)

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



รูปที่ 1.9 แสดงสัญลักษณ์ของแอนด์เกต (AND GATE)


### 3.3.2 ออร์เกต (OR GATE)

ออร์เกต (OR GATE) เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘1’ เมื่ออินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก ‘1’ หรืออินพุตทุกตัวเป็นลอจิก ‘1’ และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘0’ ถ้าอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก ‘0’ โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.10


สมการลอจิกของออร์เกต (OR GATE)  $Y = A + B$

**ตารางที่ 1.4** ตารางความจริงของออร์เกต (OR GATE)

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

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 17
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล



รูปที่ 1.10 แสดงสัญลักษณ์ของออร์เกต (OR GATE)


3.3.3 นอตเกต (NOT GATE)

นอตเกต (NOT GATE) เป็นลอจิกเกตที่ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิกที่มีค่าตรงกันข้ามกับสัญญาณอินพุต โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.11

สมการลอจิกของนอตเกต (NOT GATE)  $Y = \bar{A}$

ตารางที่ 1.5 ตารางความจริงของนอตเกต (NOT GATE)

INPUT		OUTPUT
A		Y
0		1
1		0



รูปที่ 1.11 แสดงสัญลักษณ์ของนอตเกต (NOT GATE)

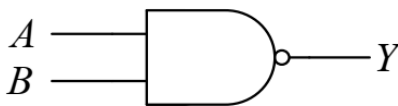
3.3.4 แนนดเกต (NAND GATE)

แนนนดเกต (NAND GATE) เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '0' เมื่ออินพุตทุกตัวเป็นลอจิก '1' และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '1' ถ้าอินพุตตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก '0' โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.12


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

ตารางที่ 1.6 ตารางความจริงของแนนนดเกต (NAND GATE)

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



รูปที่ 1.12 แสดงสัญลักษณ์ของแนนนดเกต (NAND GATE)

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 18
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

#### 3.3.5 นอร์เกต (NOR GATE)

นอร์เกต (NOR GATE) เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '0' เมื่ออินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก '1' หรืออินพุตทุกตัวเป็นลอจิก '1' และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '1' ถ้าอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก '0' โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.13

สมการลอจิกของนอร์เกต (NOR GATE)  $Y = \overline{A + B}$

ตารางที่ 1.7 ตารางความจริงของนอร์เกต (NOR GATE)

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



รูปที่ 1.13 แสดงสัญลักษณ์ของนอร์เกต (NOR GATE)

#### 3.3.6 เอ็กคลูซีฟ-ออร์เกต (Exclusive OR GATE)

เอ็กคลูซีฟ-ออร์เกต (Exclusive OR GATE) หรือ XOR GATE เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '0' เมื่ออินพุตทั้งสองตัวมีค่าเหมือนกัน และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก '1' ถ้าอินพุตทั้งสองตัวมีค่าต่างกัน โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.14


สมการลอจิกของเอ็กคลูซีฟ-ออร์เกต (Exclusive OR GATE)  $Y = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B})$  หรือ  $Y = A \oplus B$

ตารางที่ 1.8 ตารางความจริงของเอ็กคลูซีฟ-ออร์เกต (Exclusive OR GATE)

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



รูปที่ 1.14 แสดงสัญลักษณ์ของเอ็กคลูซีฟ-ออร์เกต (Exclusive OR GATE)

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 19
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล


### 3.3.7 เอ็กคลูซีฟ-นอร์เกต (Exclusive NOR GATE)

เอ็กคลูซีฟ-นอร์เกต (Exclusive NOR GATE) หรือ XNOR GATE เป็นลอจิกเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘1’ เมื่ออินพุตทั้งสองตัวมีค่าเหมือนกัน และให้เอาต์พุตเป็นลอจิก ‘0’ ถ้าอินพุตทั้งสองตัวมีค่าต่างกัน โดยมีสมการลอจิก ตารางความจริง และสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.15

สมการลอจิกของเอ็กคลูซีฟ-นอร์เกต (Exclusive NOR GATE)  $Y = (\bar{A} \cdot \bar{B}) + (A \cdot B)$  หรือ  $Y = \overline{A \oplus B}$  หรือ  $Y = A \odot B$

ตารางที่ 1.9 ตารางความจริงของเอ็กคลูซีฟ-นอร์เกต (Exclusive NOR GATE)

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



รูปที่ 1.15 แสดงสัญลักษณ์ของเอ็กคลูซีฟ-นอร์เกต (Exclusive NOR GATE)


### 3.4 การ Sink และ Source ของขาสัญญาณลอจิกเกต

การ Sink และ Source ของขาสัญญาณลอจิกเกต เป็นการพิจารณาถึงกระแสที่ไหลเข้ามายังขาสัญญาณหรือจ่ายออกไปของลอจิกเกตและขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต โดยขึ้นอยู่กับขาสัญญาณของลอจิกเกตหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกออกแบบมาให้ทำงานในสถานะของลอจิก ‘1’ หรือ ‘0’ มีความสามารถในการ Sink และ Source กระแสได้สูงสุดเท่าไร เพื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบวงจรขับกระแสของขาสัญญาณอินพุตหรือเอาต์พุตของลอจิกเกตและขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 3.4.1 การต่อวงจรดิจิทัลอินพุต

ในการต่อวงจรดิจิทัลอินพุตนั้นจะสามารถแบ่งการต่อวงจรได้ 2 รูปแบบคือ

1. การต่อแบบ Sink Input เป็นการต่อขาสัญญาณอินพุตของลอจิกเกตให้ทำหน้าที่ในการรับกระแสจากอุปกรณ์อินพุตที่นำมาต่อกับขาสัญญาณของอุปกรณ์ลอจิกเกตนั้น ๆ
2. การต่อแบบ Source Input เป็นการต่อขาสัญญาณอินพุตของลอจิกเกตให้ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสให้กับอุปกรณ์อินพุตที่นำมาต่อกับขาสัญญาณของอุปกรณ์ลอจิกเกตนั้น ๆ

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 20
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

### 3.4.2 การต่อวงจรดิจิทัลเอาต์พุต

ในการต่อวงจรดิจิทัลเอาต์พุตนั้นจะสามารถแบ่งการต่อวงจรได้ 2 รูปแบบคือ

1. การต่อแบบ Sink Output เป็นการต่อขาสัญญาณเอาต์พุตของลอจิกเกตให้ทำหน้าที่ในการรับกระแสจากอุปกรณ์เอาต์พุตที่นำมาต่อกับขาสัญญาณของอุปกรณ์ลอจิกเกตนั้น ๆ
2. การต่อแบบ Source Output เป็นการต่อขาสัญญาณเอาต์พุตของลอจิกเกตให้ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสให้กับอุปกรณ์เอาต์พุตที่นำมาต่อกับขาสัญญาณของอุปกรณ์ลอจิกเกตนั้น ๆ

กล่าวโดยสรุปของการต่อขาสัญญาณแบบ Sink และ Source ของขาสัญญาณลอจิกเกตทั้งขาสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจะต้องคำนึงถึงกระแสที่ขาสัญญาณนั้นสามารถที่จะทนได้ เพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้เกิดความเสียหายต่อขาของอุปกรณ์ลอจิกเกตหรือขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง


## 4. การใช้งานโปรแกรม Proteus เพื่อจำลองการทำงานของวงจรดิจิทัล

### 4.1 คุณสมบัติของโปรแกรม Proteus

โปรแกรม Proteus หรือ Proteus VSM (Virtual System Modelling) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท แล็บเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (Labcenter Electronics Ltd.) ที่ประเทศอังกฤษ ซึ่งโปรแกรม Proteus มีชื่อเต็มว่า Labcenter Electronics Proteus ภายในโปรแกรมจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือโปรแกรม ISIS และโปรแกรม ARES โปรแกรม Proteus มีหลายเวอร์ชันให้เลือกใช้งาน ซึ่งเวอร์ชันในปัจจุบัน คือ เวอร์ชัน 8.10 และต้องการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมก็สามารถเข้าเยี่ยมชมได้ที่เว็บไซต์ <http://www.labcenter.com> แต่การใช้งานสำหรับการศึกษาในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้งานโปรแกรม Proteus เวอร์ชัน 7.8 SP2 เนื่องจากด้วยขนาดของโปรแกรมในการติดตั้ง และความสามารถของโปรแกรมเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับวิชานี้แล้ว

ความสามารถ และคุณสมบัติของโปรแกรม Proteus สามารถจำแนกได้ตามโปรแกรมย่อยของโปรแกรม Proteus คือ

1. โปรแกรม ISIS ของโปรแกรม Proteus มีความสามารถในการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบอนาล็อกและแบบดิจิทัล หรือทั้งแบบอนาล็อกและดิจิทัลผสมกัน รวมไปถึงมีความสามารถในการจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่าง ๆ เช่นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC, MCS-51, AVR และ ARM เป็นต้น ทำให้ผู้ออกแบบโปรแกรมและวงจร สามารถตรวจสอบได้ว่าโปรแกรมหรือซอร์สโค้ด (Source Code) ที่เขียนขึ้นมานั้นสามารถสนับสนุนกับวงจรที่ต่อได้หรือไม่ ถ้าโปรแกรมที่เขียนขึ้น ไม่สนับสนุนกับวงจรที่ต่อ ผู้ออกแบบโปรแกรมและวงจรก็จะทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงวงจรใหม่ใน ISIS Proteus จนกว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นและวงจรที่ต่อสามารถสนับสนุนซึ่งกันและกันได้ ทำให้การพัฒนาโครงการต่าง ๆ สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก
2. โปรแกรม ARES ของโปรแกรม Proteus มีความสามารถในการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) ได้ตั้งแต่ 1 Layer ขึ้นไป และยังสามารถจำลองลายวงจรพิมพ์ (PCB) ที่เราออกแบบในรูปแบบภาพสามมิติเพื่อให้เราตรวจสอบความถูกต้องได้ รวมถึงโปรแกรม ISIS ยังสามารถเชื่อมโยงมายังโปรแกรม ARES ได้ด้วย

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 21
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

#### 4.2 การติดตั้งโปรแกรม Proteus

การติดตั้งโปรแกรม Proteus ในวิชานี้เลือกใช้โปรแกรม Proteus เวอร์ชัน 7.8 SP2 โดยมีขั้นตอนดังนี้

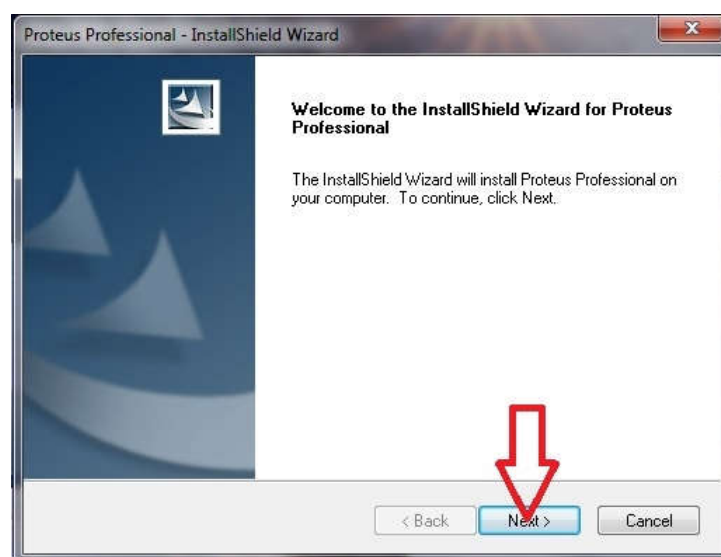
1. เข้าไปที่โฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Proteus 7.8SP2 แล้วดับเบิลคลิกที่ไฟล์ P7\_8sp2.exe ดังรูปที่ 1.16

{Patch V1.1} Proteus Professional 7.8 SP2	6/14/2011 9:00 AM	WinRAR archive
LICENCE	6/5/2011 12:07 PM	Licence Key
LXX Proteus 7.8 SP2 ENG v1.0.1	6/12/2011 9:06 PM	Application
LXX Proteus 7.8 SP2 RUS-ENG v1.0.1	6/14/2011 9:14 AM	WinRAR archive
LXX Proteus 7.8 SP2 v1.0.0	6/14/2011 9:10 AM	WinRAR archive
P7_8sp2	6/2/2011 1:11 PM	Application




รูปที่ 1.16 แสดงรูปภายในโฟลเดอร์สำหรับติดตั้งโปรแกรม Proteus 7.8SP2

2. คลิกปุ่ม Next เพื่อสู่ขั้นตอนต่อไปดังรูปที่ 1.17

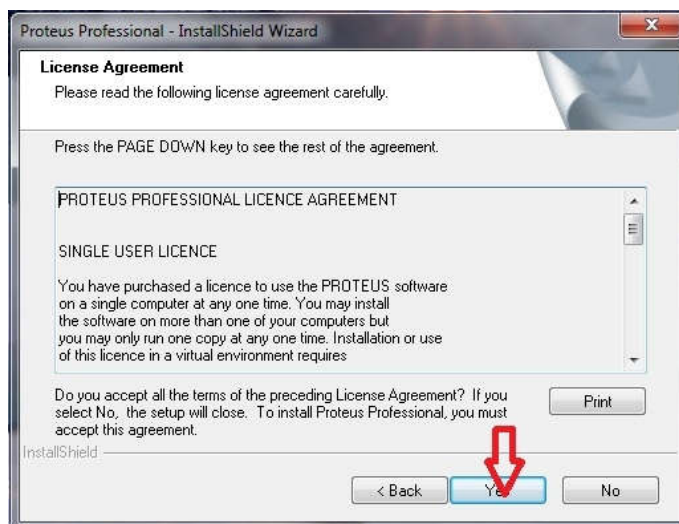


รูปที่ 1.17 แสดงหน้าต่างของ Proteus Install

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 22
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

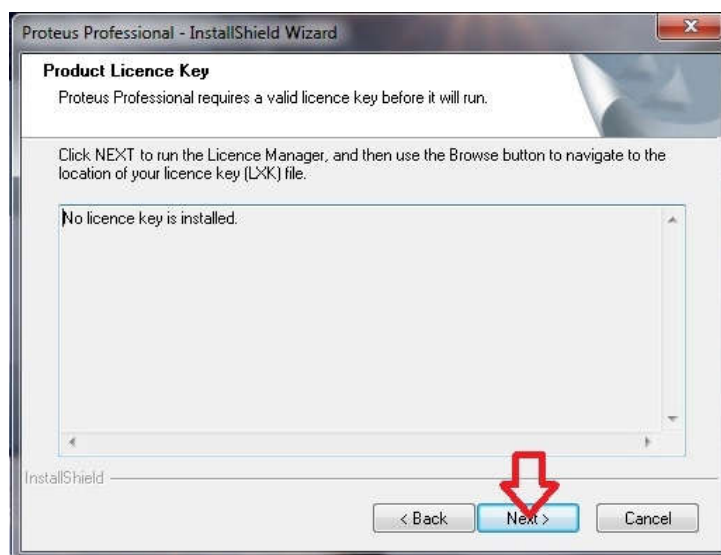
ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

3. จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 1.8 แล้วคลิกปุ่ม Yes เพื่อยอมรับ License




รูปที่ 1.18 แสดงหน้าต่างของ License Agreement

4. เมื่อปรากฏรูปที่ 1.19 ให้คลิกปุ่ม NEXT



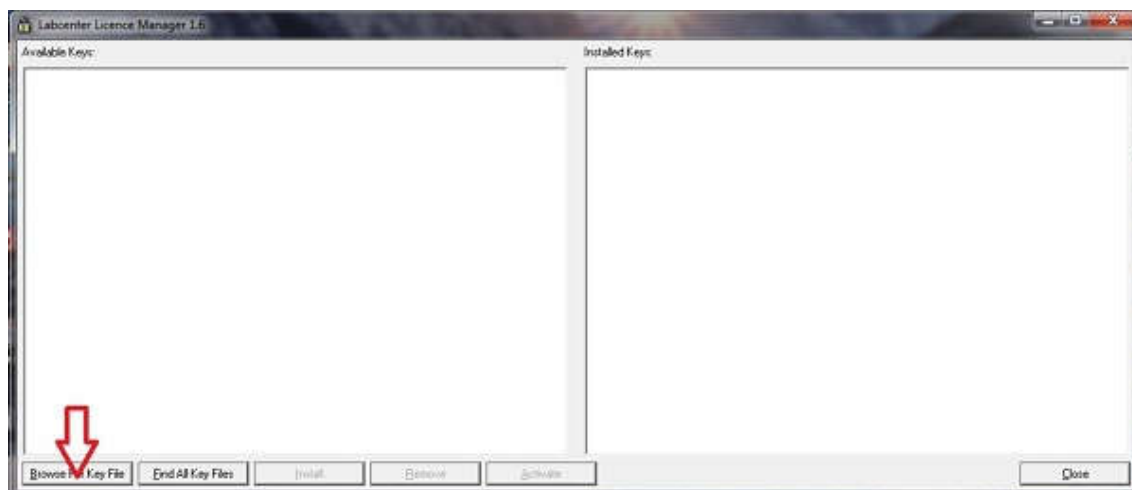
รูปที่ 1.19 แสดงหน้าต่างของ Product License Key



	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 23
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

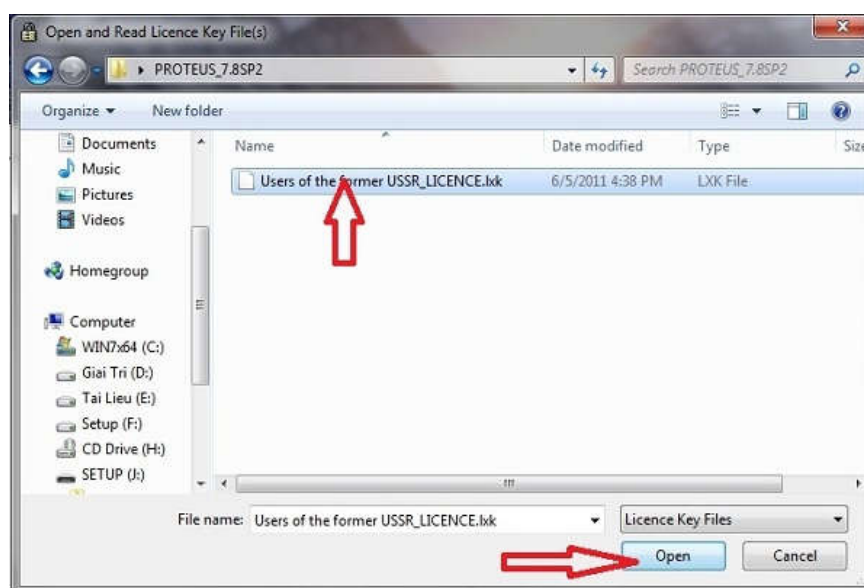
ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

5. เมื่อปรากฏรูปที่ 1.20 ให้คลิกปุ่ม Browse For Key File




รูปที่ 1.20 แสดงหน้าต่างของ Labcenter License Manager

6. ค้นหาตำแหน่งของ License Key ใน Folder แล้วเลือก License Key หลังจากนั้นคลิกปุ่ม Open ดังรูปที่ 1.21

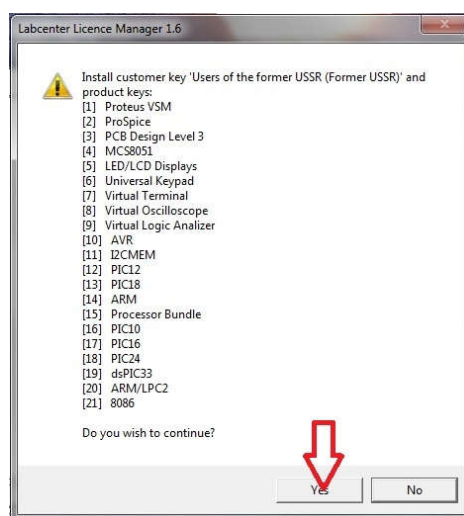


รูปที่ 1.21 แสดงหน้าต่างของ Open and Read License Key File(s)

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 24
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

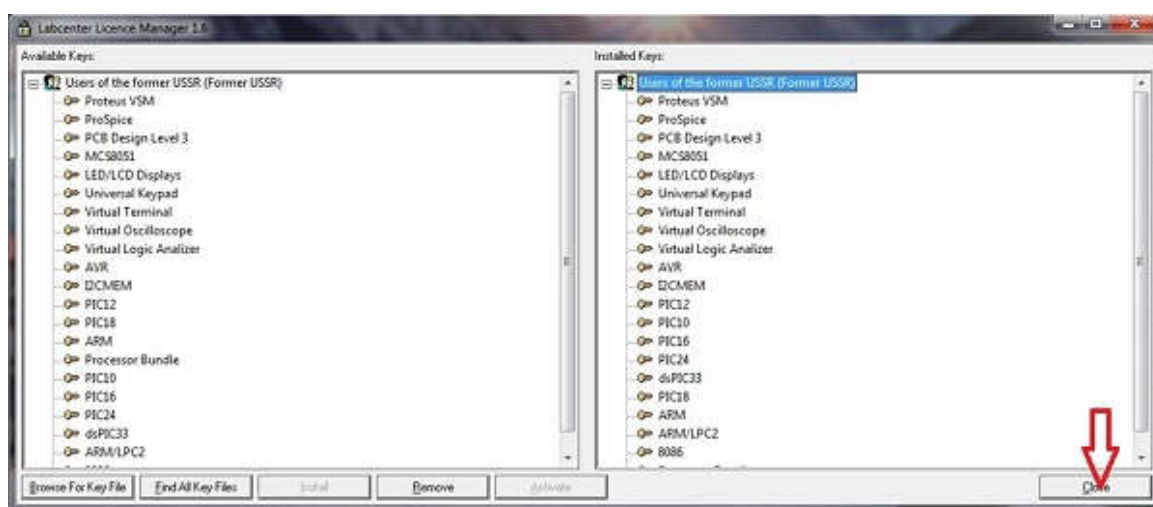
### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

7. จากข้อ 6 ในหน้าต่างของ Labcenter License Manager ให้เลือกแท็บ User แล้วทำการคลิกปุ่ม Install หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 1.22 ให้เลือกตอบ Yes




รูปที่ 1.22 แสดงหน้าต่างของ Labcenter License Manager

8. จากข้อ 7 ในหน้าต่างของ Labcenter License Manager ให้ทำการคลิกปุ่ม Close ดังรูปที่ 1.23

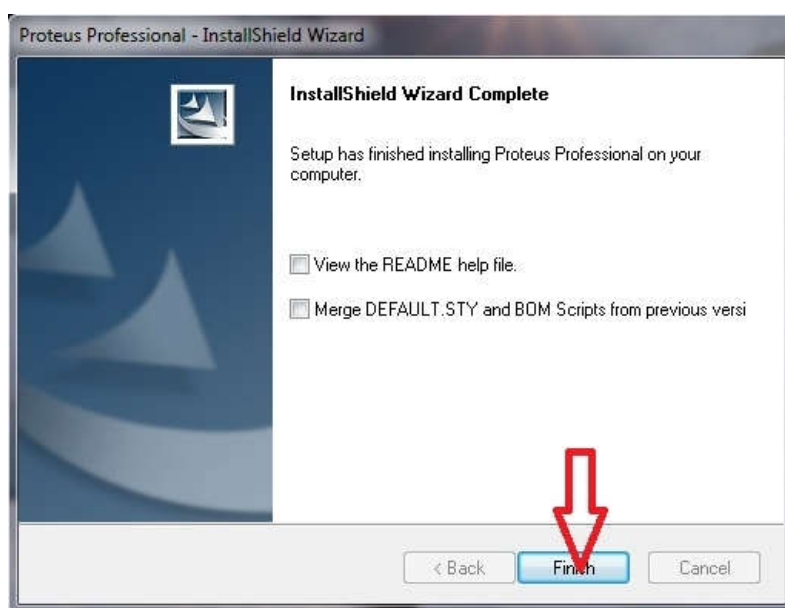


รูปที่ 1.23 แสดงหน้าต่างของ Labcenter License Manager

	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 25
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล

9. หลังจากขั้นตอนที่ 8 เมื่อปรากฏหน้าต่างอะไรก็ตามให้ทำการคลิกที่ปุ่ม Next ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเข้าสู่ขั้นตอน Install Program และเมื่อลงโปรแกรมเสร็จสิ้นจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 1.24 ให้ทำการคลิกที่ปุ่ม Finish



รูปที่ 1.24 แสดงหน้าต่างของการสิ้นสุดการลงโปรแกรม Proteus

### 4.3 การใช้งานโปรแกรม Proteus เพื่อจำลองการทำงานของวงจรดิจิทัล

1. เข้าที่ปุ่ม Start ของ Windows แล้วเลือก Proteus 7 Professional และเลือก ISIS 7 Professional หรือดับเบิลคลิกที่ไอคอนหน้าเดสทอปของคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 1.25




รูปที่ 1.25 รูปไอคอน ISIS 7 Professional

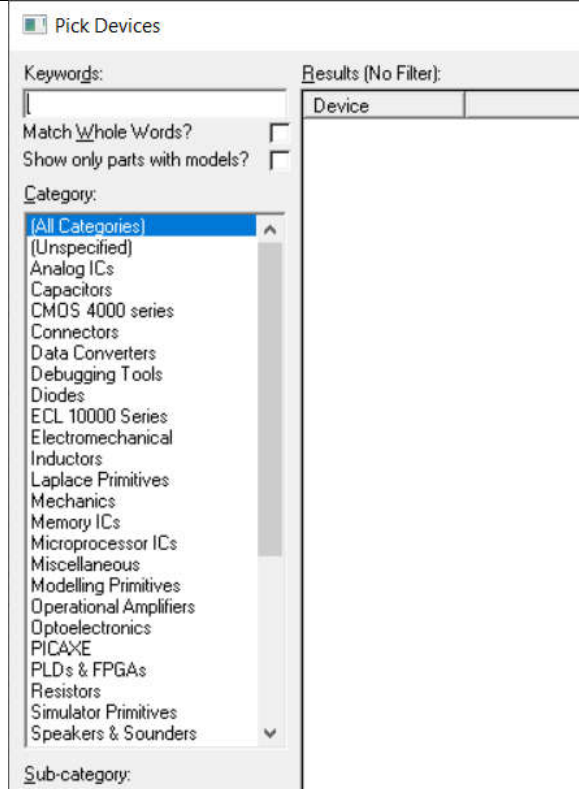
2. เมื่อเข้าสู่โปรแกรม ISIS 7 Professional ให้ทำการคลิกที่ปุ่มไอคอนตามรูปที่ 1.26 เพื่อเรียกใช้งานหน้าต่าง Pick Device ดังรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.26 รูปเมนูไอคอน Pick Device

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 26
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		


### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล



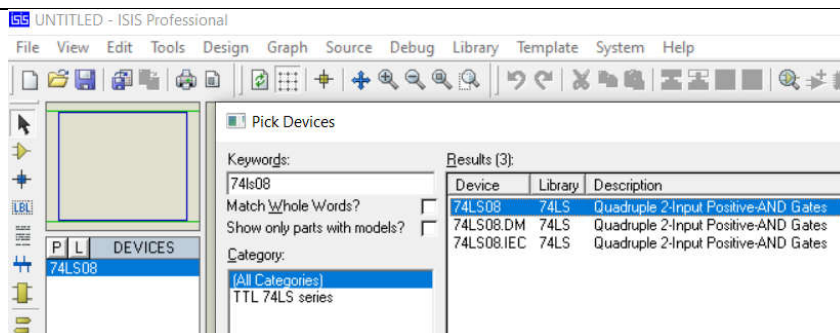
รูปที่ 1.27 รูปหน้าต่าง Pick Device

3. เมื่อปรากฏหน้าต่าง Pick Device ถ้าต้องการอุปกรณ์ชนิดใดให้พิมพ์ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ที่ช่อง Keywords ได้เลย แต่ถ้าต้องการเลือกอุปกรณ์ที่เป็นกลุ่มของชนิดอุปกรณ์ให้เลือกที่ช่องหน้าต่าง Category โดยในการจำลองการทำงานของวงจรดิจิทัลส่วนใหญ่เราจะใช้อุปกรณ์ในกลุ่ม TTL 74LS series ในการทดลอง และใช้สัญญาณ Logic state เป็นสัญญาณอินพุตของไอซี และใช้วงจร LED หรือ Logic probe เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตของการทดลอง เช่นถ้าเราต้องการทดลองคุณสมบัติของอุปกรณ์ AND GATE ก็ให้พิมพ์ 74LS08 ที่ช่อง Keywords ก็จะทำให้เกิดการกรองข้อมูลอุปกรณ์ที่เราต้องการปรากฏที่หน้าต่าง Pick Device ตรงบริเวณ Results แล้วให้ทำการดับเบิลคลิกที่ชื่อของอุปกรณ์ ก็จะเป็นการเลือกอุปกรณ์เบอร์ 74LS08 ไว้ใช้งานให้ปรากฏในหน้าต่าง DEVICES ทางด้านซ้ายมือดังรูปที่ 1.28

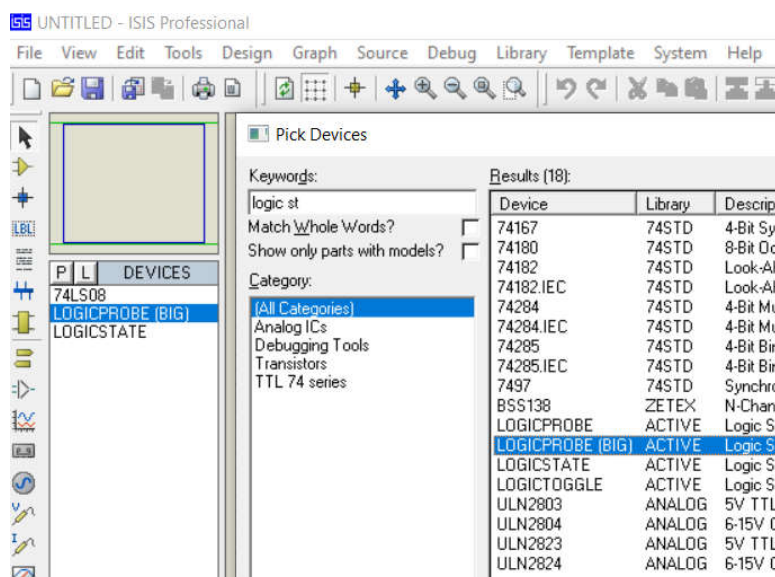
4. จากข้อ 3. ให้ทำการพิมพ์ Logic state และ Logic probe ในช่อง Keywords เพื่อทำการเลือกอุปกรณ์ทั้งสองให้ไปปรากฏที่หน้าต่าง DEVICES เพื่อจะได้นำไปใช้งานในการต่อวงจรดิจิทัลเพื่อทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ AND GATE ดังรูปที่ 1.29 หลังจากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม OK ของหน้าต่าง Pick Device เพื่อเป็นการสิ้นสุดการเลือกอุปกรณ์เพื่อมาต่อวงจร

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 27
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล




รูปที่ 1.28 รูปทดสอบการเลือกอุปกรณ์ 74LS08



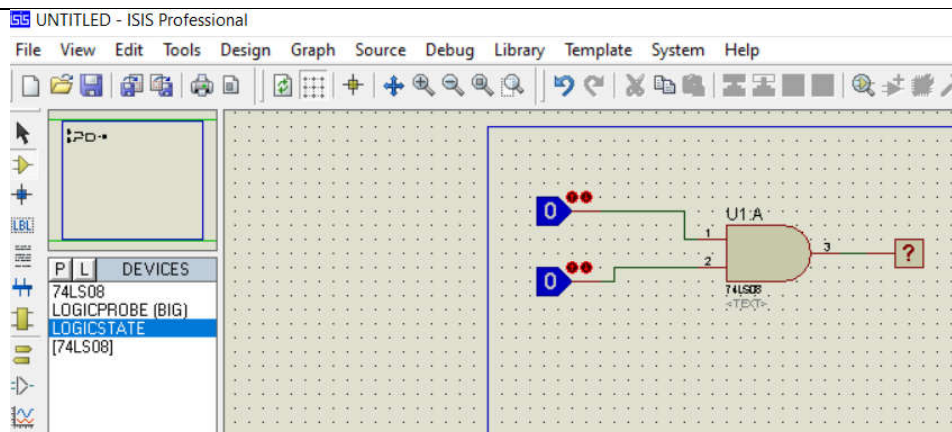
รูปที่ 1.29 รูปทดสอบการเลือกอุปกรณ์ Logic state และ Logic probe

5. ให้ทำการต่อวงจรโดยทำการใช้เมาส์คลิกที่ชื่อของอุปกรณ์ 74LS08 ในช่อง DEVICES ให้เกิดเป็นแถบสีน้ำเงิน หลังจากนั้นให้นำเมาส์มาคลิกที่พื้นที่ว่างของชิต 1 ครั้ง จะสังเกตเห็นว่าเมาส์จะเปลี่ยนเป็นรูปของอุปกรณ์ที่เราเลือกใช้งาน (ถ้าต้องการยกเลิกตัวอุปกรณ์ให้ทำการคลิกเมาส์ปุ่มขวา 1 ครั้ง) และเมื่อเลือกพื้นที่ที่ต้องการวางอุปกรณ์ได้แล้วให้ทำการคลิกเมาส์ซ้ายอีก 1 ครั้ง (ถ้าต้องการหมุนอุปกรณ์ให้ทำการเอาเมาส์ไปคลิกที่ตัวอุปกรณ์ 1 ครั้งให้อุปกรณ์เป็นกรอบสีแดง แล้วทำการคลิกเมาส์ปุ่มขวาเลือกเมนู Rotate หรือ Mirror) หลังจากนั้นให้นำอุปกรณ์ Logic state และ Logic probe มาวางในชิตตามรูปที่ 1.30 ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับ 74LS08 เมื่อวางอุปกรณ์ครบทุกตัวให้ทำการต่อสายไฟของวงจรด้วยการเอาเมาส์ไปชี้ที่ขาของอุปกรณ์ จะทำให้เมาส์เป็นสีเขียวหลังจากนั้นคลิกเมาส์ปุ่มซ้าย 1 ครั้งเป็นการยอมรับการลากสายวงจร และเมื่อลากเมาส์ไปยังจุดที่สามารถเชื่อมต่อได้เมาส์ก็จะเป็นสีเขียว ให้ทำการคลิกเมาส์ปุ่มซ้าย 1 ครั้งเพื่อเป็นการยอมรับการต่อสายวงจรเส้นนั้น ๆ



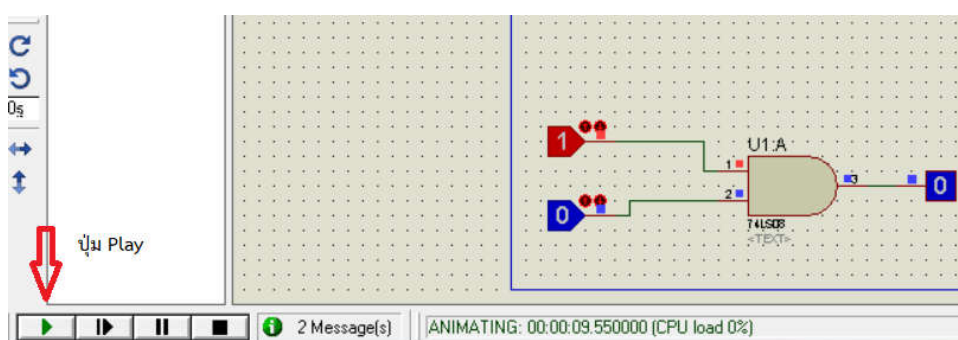
	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 28
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์		

### ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล




รูปที่ 1.30 รูปทดสอบการต่อวงจรทดสอบการทำงานของ AND GATE

6. หลังจากนั้นกดปุ่ม play เพื่อจำลองการทำงานของวงจร และระหว่างการจำลองการทำงานของวงจร เราสามารถที่จะเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์ Logic state ได้ด้วยการคลิกที่อุปกรณ์ Logic state ตัวนั้น ๆ โดยสีที่แสดงบนตัวอุปกรณ์ หรือขาของอุปกรณ์จะหมายถึงสถานะของลอจิกในขณะนั้น โดยสีน้ำเงินหมายถึงสถานะลอจิก '0' ส่วนสีแดงหมายถึงสถานะลอจิก '1' ดังแสดงในรูปที่ 1.31



รูปที่ 1.31 รูปทดสอบการจำลองการทำงานของ AND GATE

	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	
ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล		
<p><u>คำสั่ง</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>จงอธิบายความหมายของวงจรดิจิทัล ..... ..... .....</li> <li>จงบอกข้อแตกต่างของวงจรแบบ Combination และ Sequential ..... ..... .....</li> <li>จงแปลงเลขฐานสองค่า <math>(10110.011)_2</math> ให้เป็นเลขฐานสิบ และเลขฐานสิบหก ..... ..... .....</li> <li>จงแปลงเลขฐานสิบหกค่า <math>(2B3.5A)_{16}</math> ให้เป็นเลขฐานสิบ และเลขฐานสอง ..... ..... .....</li> <li>จงแปลงเลขฐานสิบค่า <math>(359)_{10}</math> ให้เป็นเลขฐานสอง และฐานสิบหก ..... ..... .....</li> <li>จงคำนวณหาค่า <math>(3F7.89)_{16} + (18B.AD)_{16}</math> ..... ..... .....</li> <li>จงคำนวณหาค่า <math>(11000.110)_2 - (1011.001)_2</math> ..... ..... .....</li> <li>ลอจิกเกตชนิด TTL และ CMOS มีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร ..... ..... .....</li> </ol>		



	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย พื้นฐานของดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	
ชื่อเรื่อง พื้นฐานของดิจิทัล		
<p>9. จงออกแบบลอจิกเกต AND GATE โดยใช้ลอจิกเกต NOR GATE</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>10. จงออกแบบลอจิกเกต OR GATE โดยใช้ลอจิกเกต NAND GATE</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>11. จงให้ความหมายของ Sink Input</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>12. จงให้ความหมายของ Source Output</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		