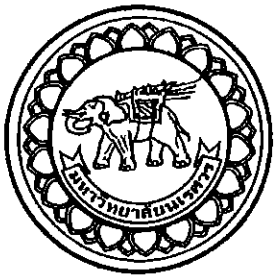
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

# แผงวงจรดิจิตอลควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิว

# DIGITAL CIRCUIT BOARD CONTROLLED BY USING LABVIEW

1719690 8

นายธนกฤต เพิ่มชีวาวัน รหัส 54363804

ป
ก132ผ
2557

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
12 มิ.ย. 2558
วันลงทะเบียน.....
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | |
|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | แผงวงจรดิจิตอลควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิว |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายธนกฤต เพิ่มชีวาวัน รหัส 54363804 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ |
| **ปีการศึกษา** | 2557 |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

| | |
|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | แผงวงจรดิจิตอลควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิว |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายธนกฤต เพิ่มชีวาวัน รหัส 54363804 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ |
| **ปีการศึกษา** | 2557 |

.....

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแผงวงจรดิจิตอลเพื่อช่วยเป็นสื่อการสอนในรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ให้กับอาจารย์ผู้สอนให้มีความสะดวกในการสอนมากขึ้น โดยการใช้โปรแกรมแลบวิวซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายในการควบคุมแผงวงจรดิจิตอล แผงวงจรดิจิตอลสามารถแสดงสถานะการทำงานของลอจิกเกตต่างๆประกอบไปด้วย แอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และนอตเกต แสดงการทำงานของวงจรคอมไบเนชัน 2 วงจร และแสดงการแปลงเลขฐานต่างๆโดยมีการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานต่างๆ การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานต่างๆ การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานต่างๆ การแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานต่างๆ จากการทดสอบแผงวงจรดิจิตอลควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิว การแสดงสถานะการทำงานต่างๆบนแผงวงจรดิจิตอลสามารถแสดงสถานะการทำงานได้ถูกต้องและตรงตามทฤษฎี

| | |
|---|---|
| **Project title** | Digital Circuit Board Controlled by using LabVIEW. |
| **Name** | Mr. Tanakrit Phoemcheewawan ID. 54363804 |
| **Project advisor** | Ms. Mutita Songjun, Ph.D. |
| **Major** | Electrical Engineering |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering |
| **Academic year** | 2014 |


## Abstract

This thesis proposes the digital circuit board which is used as the instruction media for the subject of Digital Circuit and Logic design. The LabVIEW is used to control the circuit board in order to make user more convenient. The digital circuit board can show the operation status of the 7 basic logic gates: AND–gate, OR–gate, NAND-gate, NOR-gate, Exclusive OR-gate, Exclusive NOR-gate and NOT-gate. Moreover, it shows the operations of two combination logic circuits which have 4 inputs. The number conversions are presented on this board which have 4 groups: decimal, binary, hex, and BCD. The results show that the digital circuit board is able to work perfectly as in the theory.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณผศ.ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมแลบวิว

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณของบิดามารดา ผู้มอบความรักความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายธนกฤต เพิ่มชีวาวัน

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

**บทที่ 1** บทนำ ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ..... 1
1.3 ขอบข่ายของงาน ..... 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน ..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ ..... 3

**บทที่ 2** ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ..... 4
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับแลบวิว ..... 4
2.1.1 ความเป็นมาของแลบวิว ..... 4
2.1.2 ส่วนประกอบของแลบวิว ..... 5
2.1.3 การใช้งานโปรแกรมแลบวิวเบื้องต้น ..... 9
2.2 ลอจิกเกตพื้นฐาน ..... 16
2.2.1 แอนด์เกต (AND gate) ..... 16
2.2.2 ออร์เกต (OR gate) ..... 17
2.2.3 นอตเกต (NOT gate) ..... 17
2.2.4 แนนด์เกต (NAND gate) ..... 18
2.2.5 นอร์เกต (NOR gate) ..... 19

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


2.2.6 เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต (Exclusive-OR gate) ....20

2.2.7 เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต (Exclusive-NOR gate) ....21

2.3 ระบบตัวเลข ....21

2.3.1 ระบบฐานสิบ (Desimal Number) ....22

2.3.2 ระบบเลขฐานสอง (Binary Number) ....23

2.3.3 ระบบเลขฐานแปดและฐานสิบหก (Octal and Hexadecimal) ....24

2.3.4 รหัส BCD หรือรหัส 8421 (BCD:Binnary Code Decimal) ....24

2.3.5 รหัสเอ็กเซส-ทรี (Excess-3 Code) ....25

2.4 การแปลงเลขฐานของระบบตัวเลข ....25

2.4.1 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ ....25

2.4.2 การแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง ....26

2.4.3 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสิบ ....27

2.4.4 การแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสิบหก ....27

2.4.5 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสอง ....27

2.4.6 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก ....28

2.5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ....29

2.5.1 ไดโอดเปล่งแสง ....29

2.5.2 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน ....30

2.5.3 เอ็นไอ มายริโอ้ ....32

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน ....34

3.1 การออกแบบโครงสร้างของแผงวงจรดิจิตอล ....34

3.1.1 ส่วนแสดงผลการแปลงเลขฐาน ....35

3.1.2 ส่วนแสดงสถานะของลอจิกเกต ....36

3.1.3 ส่วนแสดงสถานะวงจรคอมไบเนชัน ....36

3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของแผงวงจรดิจิตอล ....37

3.2.1 ตัวแปลงเลขฐานสิบ ....38

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


3.2.2 ตัวแปลงเลขฐานสอง ..... 39
3.2.3 ตัวแปลงเลขฐานสิบหก ..... 39
3.2.4 ตัวแปลงรหัสบีซีดี ..... 40
3.2.5 ลอจิกเกต ..... 40
3.3 การสร้างแผลงวงจรดิจิตอล ..... 41
3.3.1 ส่วนของกล่องเก็บแผงวงจรดิจิตอล ..... 41
3.3.2 ส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงสถานะ ..... 41
3.3.3 ส่วนของวงจรที่เกี่ยวข้อง ..... 42
3.4 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลกับโปรแกรมควบคุม ..... 44
3.4.1 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนการแปลงเลขฐานต่างๆ ..... 44
3.4.2 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนของลอจิกเกตและวงจรคอมไบเนชัน ..... 45

บทที่ 4 ผลการทดสอบ ..... 47
4.1 การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและวงจรคอมไบเนชัน ..... 47
4.1.1 การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆ ..... 47
4.1.2 การทดสอบการทำงานวงจรคอมไบเนชัน ..... 53
4.2 การทดสอบการทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆ ..... 60
4.2.1 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบ ..... 60
4.2.2 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสอง ..... 65
4.2.3 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบหก ..... 69
4.2.4 การทดสอบตัวแปลงรหัสบีซีดี ..... 74

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 79
5.1 สรุปผลการทดสอบการทำงานของแผงวงจรดิจิตอล ..... 79
5.2 ปัญหาและการแก้ไข ..... 79
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา ..... 80

เอกสารอ้างอิง ..... 81

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก ..... 82

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน ..... 89

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางความจริงของแอนด์เกต ....16
2.2 ตารางความจริงของออร์เกต ....17
2.3 ตารางความจริงของนอตเกต....18
2.4 ตารางความจริงของแนนด์เกต ....19
2.5 ตารางความจริงของนอร์เกต ....19
2.6 ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต....20
2.7 ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต ....21
2.8 ระบบเลขฐานต่างๆ....24
2.9 แสดงค่ารหัส Excess-3 จาก 0 ถึง 9....25
4.1 แสดงผลการทดสอบการทำงานของแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต....52
4.2 แสดงผลการทดสอบการทำงานของนอตเกต ....53
4.3 แสดงผลการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชัน ....55
4.4 แสดงตารางค่าความจริงของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 1 ....57
4.5 แสดงตารางค่าความจริงของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 2 ....59
4.6 ตัวเลขที่ใช้ในการทดสอบการแปลงเลขฐานต่างๆ....60
4.7 แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ ....63
4.8 แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสองทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ....68
4.9 แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ ....72
4.10 แสดงผลการทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ....77

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 หน้าต่างของโปรแกรมแลบวิว....6
2.2 แถบเครื่องมือบน Front Panel....7
2.3 หน้าต่างพื้นที่เขียนโปรแกรมแลบวิว....8
2.4 การสร้างโปรแกรมหลัก....9
2.5 การเรียกหน้าต่างคำสั่ง Control Palette ที่อยู่ในหน้าต่างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน....10
2.6 การเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกแบบเป็นตัวควบคุมและแสดงผล....11
2.7 Position/Size/Select....12
2.8 การสร้าง Numeric ที่เป็นตัวควบคุมชื่อ A และ B Numeric ที่เป็นตัวแสดงผล A*B....13
2.9 Align object สำหรับจัดรูปแบบของวัตถุให้อยู่ในระนาบเดียวกัน....14
2.10 Distribute object สำหรับจัดระยะห่างของวัตถุในรูปแบบต่างๆ....14
2.11 Connect Wire สำหรับเชื่อมต่อสายสัญญาณให้เข้ากับอุปกรณ์....14
2.12 การต่อสายส่งผ่านข้อมูลในส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม....15
2.13 สัญลักษณ์ของแอนด์เกต....16
2.14 สัญลักษณ์ของออร์เกต....17
2.15 สัญลักษณ์ของนอตเกต....18
2.16 สัญลักษณ์ของแนนด์เกต....18
2.17 สัญลักษณ์ของนอร์เกต....19
2.18 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต....20
2.19 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต....21
2.20 สัญลักษณ์และตัวของไดโอดเปล่งแสง....29
2.21 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง....29
2.22 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน....30
2.23 โครงสร้างและขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน....30
2.24 โครงสร้างการต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วน....31
2.25 การแสดงผลเลขฐานสิบหกของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน....32
2.26 เอ็นไอ มายริโอ้....32

# สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 ตำแหน่งพอร์ต ..... 32
2.28 ตำแหน่ง MSP ..... 33
3.1 แผงวงจรดิจิตอล ..... 35
3.2 แสดงผลการแปลงเลขฐาน ..... 35
3.3 แสดงสถานะลอจิกเกตต่างๆ ..... 36
3.4 แสดงสถานะของวงจรคอมไบเนชัน ..... 37
3.5 หน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน ..... 38
3.6 ตัวแปลงเลขฐานสิบ ..... 38
3.7 ตัวแปลงเลขฐานสอง ..... 39
3.8 ตัวแปลงเลขฐานสิบหก ..... 39
3.9 ตัวแปลงรหัสบีซีดี ..... 40
3.10 ลอจิกเกต ..... 40
3.11 แสดงขนาดของกล่องเก็บแผงวงจร ..... 41
3.12 แผงวงจรดิจิตอล ..... 42
3.13 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์ ..... 42
3.14 ข้อมูลของไอซีเบอร์ 7447 ..... 43
3.15 การเชื่อต่อเอาท์พุตจากเอ็นไอ มายริโอ้ A ..... 44
3.16 การเชื่อต่ออินพุตเข้าแผงวงจรดิจิตอล A ..... 45
3.17 การเชื่อต่อเอาท์พุตจากเอ็นไอ มายริโอ้ B ..... 45
3.18 การเชื่อต่ออินพุตเข้าแผงวงจรดิจิตอล B ..... 46
4.1 แสดงการทำงานของแอนด์เกต ..... 47
4.2 แสดงการทำงานของออร์เกต ..... 48
4.3 แสดงการทำงานของแนนด์เกต ..... 48
4.4 แสดงการทำงานของนอร์เกต ..... 49
4.5 แสดงการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต ..... 49
4.6 แสดงการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต ..... 50

# สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 แสดงการทำงานของนอตเกต ..... 50
4.8 แสดงการทำงานของวงจรที่ 1 ..... 54
4.9 แสดงการทำงานของวงจรที่ 2 ..... 54
4.10 วงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 1 จากทฤษฎี ..... 56
4.11 วงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 2 จากทฤษฎี ..... 58
4.12 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 193 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 61
4.13 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 087 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 61
4.14 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 162 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 62
4.15 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 183 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 62
4.16 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 235 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 63
4.17 แสดงการแปลงเลขฐานสอง 11001001 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 65
4.18 แสดงการแปลงเลขฐานสอง 00000011 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 66
4.19 แสดงการแปลงเลขฐานสอง 10001000 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 66
4.20 แสดงการแปลงเลขฐานสอง 01010110 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 67
4.21 แสดงการแปลงเลขฐานสอง 01011101 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 67
4.22 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก 7B เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 70
4.23 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก A9 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 70
4.24 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก 56 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 71
4.25 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก F3 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 71
4.26 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก C6 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 72
4.27 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0001 0010 0101 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 74
4.28 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0011 1001 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 75
4.29 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0010 0110 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 75
4.30 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0101 0000 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 76
4.31 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0100 1000 เป็นเลขฐานต่างๆ ..... 76

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันการศึกษาเป็นสิ่งสำคัญสำหรับมนุษย์และสื่อการสอนก็เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับอาจารย์ผู้สอน แต่เนื่องจากทุกวันนี้มีนักศึกษาให้ความสำคัญกับการเรียนการศึกษาจึงทำให้มีจำนวนนักศึกษามากขึ้นซึ่งทำให้อาจารย์ผู้สอนไม่สามารถสอนให้ทุกคนได้รับความรู้สูงสุดได้จึงจำเป็นต้องมีสื่อการสอนที่ทำให้เข้าใจง่ายและมีความสะดวกในการศึกษาทำความเข้าใจ แต่ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาทำสื่อการสอนโดยสื่อการสอนแบบเรียนรู้ด้วยตัวเองก็เป็นที่นิยมมากและสื่อการสอนที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมนั้นทำได้ยากจึงเป็นอุปสรรคต่ออาจารย์ผู้สอนจึงคิดทำสื่อการสอนที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย

ดังนั้นจึงจัดทำโครงงานนี้โดยการคิดทำสื่อการสอนโดยใช้สื่อการสอนการแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี รหัสเกินสาม และการทำงานของลอจิกเกตพื้นฐาน โดยใช้เอ็นไอ มายริโอ้เป็นสื่อกลางและควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิวเพื่อเป็นสื่อการสอนให้กับอาจารย์และผู้ศึกษาต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างสื่อการสอนการที่ใช้ในการแสดงการแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี รหัสเกินสาม และลอจิกเกตพื้นฐานที่ถูกควบคุมด้วยโปรแกรมแลบวิว

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างบอร์ดสื่อการสอนที่มีขนาด 21 × 29.7 เซนติเมตร
2. สร้างบอร์ดสื่อการสอนที่ถูกควบคุมโดยโปรแกรมแลบวิว
3. สร้างบอร์ดสื่อการสอนที่สามารถแสดงสถานะต่างๆโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงและตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
4. สร้างบอร์ดสื่อการสอนที่สามารถแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี และรหัสเกินสามได้
5. สร้างบอร์ดสื่อการสอนที่แสดงการทำงานของออร์เกต แอนด์เกต นอตเกต นอร์เกต แนนด์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตได้

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

| การปฏิบัติงาน | ปี 2557 | | | | | ปี 2558 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| 1. ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | |
| 2. ออกแบบและสร้างบอร์ดสื่อการสอน | | | | | | | | | | |
| 3. เขียนโปรแกรมในการควบคุมบอร์ดสื่อการสอน | | | | | | | | | | |
| 4. ทดสอบบอร์ดสื่อการสอน | | | | | | | | | | |
| 5. วิเคราะห์ผลการทดลอง | | | | | | | | | | |

| การปฏิบัติงาน | ปี 2557 | | | | | ปี 2558 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| 6. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ | | | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการออกแบบบอร์ดสื่อการสอนอื่นๆในอนาคตได้
2. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างบอร์ดสื่อการสอนไปประยุกต์ใช้กับลอจิกอื่นๆได้
3. สามารถนำบอร์ดการแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี รหัสเกินสาม และลอจิกเกตพื้นฐานไปเป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนได้
4. ทำให้ผู้ศึกษาเข้าใจหลักการทำงานของการแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี รหัสเกินสาม และลอจิกเกตพื้นฐาน

## 1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

มีรายละเอียดดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1. วัสดุสำหรับทำบอร์ดสื่อการสอน | 1,000 | บาท |
| 2. วัสดุไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | 1,000 | บาท |
| 3. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์ | 800 | บาท |
| รวมเป็นเงินทั้งสิ้น(สองพันแปดร้อยบาทถ้วน) | 2,800 | บาท |

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาของโปรแกรมแลบวิวส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของโปรแกรมแลบวิวและการแปลงเลขฐานสอง เลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี รหัสเกินสาม และลอจิกเกตพื้นฐาน ซึ่งจะนำไปใช้ในการสร้างโครงงานในบทต่อไป นอกจากนี้ยังกล่าวถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบอร์ดสื่อการสอน

## 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับแลบวิว

### 2.1.1 ความเป็นมาของแลบวิว

แลบวิวเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อนำมาใช้งานในด้านการวัดและเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมโดยย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ความหมายคือ เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมดั้งนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือ การจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพโดยโปรแกรมจะประกอบด้วยฟังก์ชันที่ใช้ในการวัดมากมายอีกทั้งมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ

สำหรับโปรแกรมประเภทที่ใช้ตัวหนังสือมีความยุ่งยากในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อผ่านช่องสัญญาณต่างๆรวมถึงการจัดว่างตำแหน่งในหน่วยความจำ เพื่อที่สามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยปัญหาดังกล่าวนั้นได้รับการแก้ไขในแลบวิว ซึ่งได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมากไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้นรวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวิธีการต่างๆ นอกจากนี้ยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีกหลายประการเช่น สถิติ พีชคณิตและคณิตศาสตร์เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดมีความสะดวกมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ยังทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของกลายเป็นเครื่องมือทางด้านการวัดได้หลายชนิดภายในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว

บริษัท National Instrument ได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมที่จะนำมาใช้กับระบบเครื่องมือวัดให้ความง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและมีฟังก์ชันเพื่อช่วยในการวัดทางวิศวกรรมได้มากที่สุดโดย

เริ่มจากการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้กับการวัดทางวิศวกรรมโดยที่บริษัท National Instrument ไม่ใช่บริษัทที่เริ่มต้นมาจากการผลิตซอฟต์แวร์เป็นหลัก ดังนั้นจึงทำให้ผู้ที่ต้องการใช้ประโยชน์สูงสุดจากโปรแกรมแลบวิวคือผู้ที่ต้องการจะนำข้อมูลจากภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาภายในเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล ประมวลค่า แสดงผล หรือกรณีต่างๆ ที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเอง

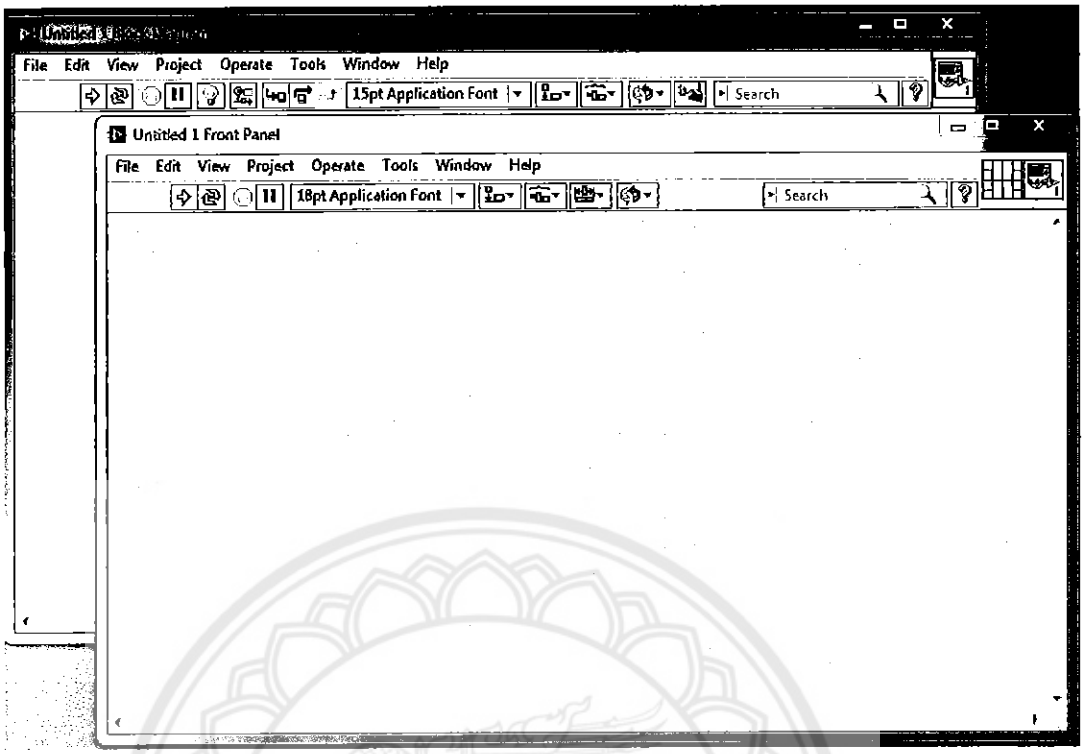
ข้อดีของแลบวิวคือการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์รวมกับแลบวิวและอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับการเก็บข้อมูลแล้วสามารถเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลให้กลายเป็นเครื่องมือวัดในหลายรูปแบบได้เช่น ออสซิลโลสโคป มัลติมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดอื่นๆตามต้องการทำให้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้ง่ายกว้างขวาง ซึ่งข้อได้เปรียบเหนือการใช้อุปกรณ์จริงเหล่านั้นคือสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาสมกับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้โดยทำการเปลี่ยน VI ให้เป็นไปตามต้องการนอกจากนี้ข้อดีอีกประการหนึ่งในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัดโดยปกติแล้วระบบควบคุมมักจะไม่มีในเครื่องมือวัดจริงขั้นพื้นฐาน

**2.1.2 ส่วนประกอบของแลบวิว**

แลบวิวเป็นโปรแกรมที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริง ในที่นี้เราจะกล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆภายในแลบวิวเพื่อให้เข้าใจถึงส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน การต่อสายเชื่อมในส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม (Block diagram) ลักษณะของตัวแปรและอื่นๆ โปรแกรมแลบวิวจะเป็นไฟล์ที่เรียกว่า VI ซึ่งเป็นไฟที่มีนามสกุลเป็น .VI โดยไฟล์นี้จะประกอบด้วย 2 หน้าต่างคือ

**2.1.2.1 Front Panel**

Front Panel หรือหน้าปัทม์ จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตซ์เปิดปิด ปุ่มเปิดปิด ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ใช้สามารถกำหนดเองได้ ดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 หน้าต่างของโปรแกรมแลบวิว

แถบเครื่องมือบน Front Panel ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วยปุ่มต่างๆดังนี้

1. Run สัญลักษณ์เป็นลูกศรชี้ไปทางขวา ใช้สำหรับเริ่มประมวลผลโปรแกรม แต่ถ้าคำสั่งยังไม่สมบูรณ์ปุ่มนี้จะกลายเป็นสัญลักษณ์ลูกศรแตก และถ้ากดปุ่มจะได้รายการของข้อผิดพลาดต่างๆ เช่น ยังมีการต่อสายไม่ครบ

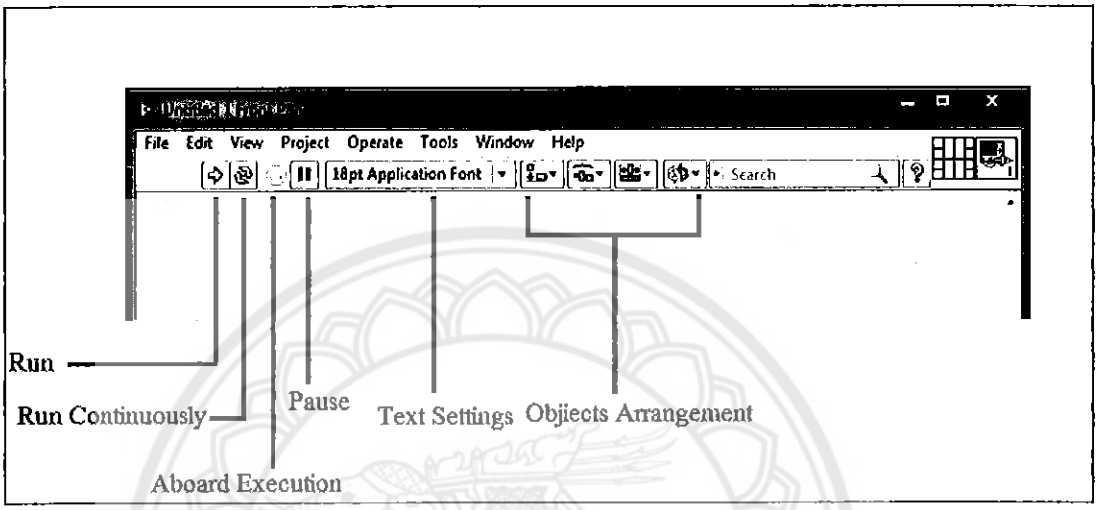
2. Run Continuously สำหรับสั่งประมวลแบบวนซ้ำต่อเนื่อง ใช้ในกรณีที่ต้องการทดสอบคำสั่ง แต่ไม่ควรใช้ถ้าไม่แน่ใจว่าคำสั่งที่ทดลองทำงานอย่างไร เพราะอาจจะทำให้ให้หยุดโปรแกรมไม่ได้และต้องสั่งปิดด้วยวินโดว์ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการใช้ปุ่มนี้

3. Abort Execution ใช้สำหรับยกเลิกการประมวลผลทันที ควรใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหยุดด้วยวิธีอื่นได้ซึ่งอาจจะทำให้โปรแกรมหยุดกลางคันอย่างไม่สมบูรณ์ในกรณีที่มีการเปิดเรียกใช้ resource เช่น การเปิดไฟล์ หรือเรียกฮาร์ดแวร์ต่างๆ

4. Pause ใช้เมื่อต้องการหยุด VI ชั่วคราว และเมื่อกดซ้ำ VI จะประมวลผลต่อ

5. Text Setting ใช้สำหรับจัดการกับตัวหนังสือเช่น ฟอนต์ ขนาด สี เป็นต้น

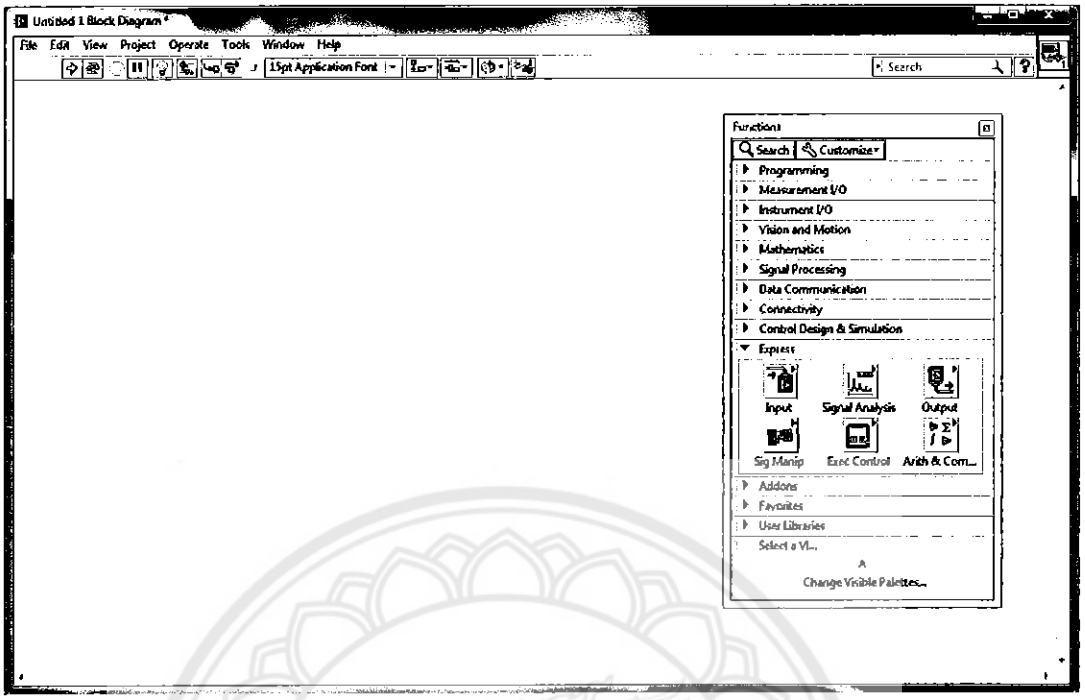
6. Object Arrangement ใช้สำหรับการจัดเรียงวัตถุให้เป็นระเบียบ และการจัดเรียงลำดับหน้าหลังในกรณีที่วางวัตถุทับซ้อนกัน




รูปที่ 2.2 แถบเครื่องมือบน Front Panel

**2.1.2.2 Block diagram**

เป็นหน้าต่างจะใช้สำหรับเขียนคำสั่งรูปภาพมีลักษณะเป็นพื้นสีขาว ในส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมเป็นส่วนที่ใช้เขียนรหัสต้นฉบับของโปรแกรม และตัวคำสั่งในโปรแกรมแลบวิวเป็นกราฟิกที่เรียกว่า ภาษา G (Graphical programming) หลักการของโปรแกรมจะใช้วิธีการเชื่อมต่อสัญลักษณ์ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน แทนการเขียนโดยใช้คำสั่งต่างๆที่ใช้ทั่วไปในโปรแกรมอื่นๆ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าแลบวิว ใช้หลักการเดียวกับการเขียนโปรแกรมต่างๆ ที่มีลักษณะการไหลของข้อมูล (Data flow chart) ทำให้มองภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างของส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมเป็นไปดังรูปที่ 2.3




รูปที่ 2.3 หน้าต่างพื้นที่เขียนโปรแกรมแลบวิว

กล่องคำสั่งใน Block Diagram

เป็นกล่องคำสั่งที่อยู่บนส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมโดยมีการประมวลผลอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งอาจเปรียบว่า Node ใน VI เทียบเท่ากับคำสั่งหนึ่งบรรทัดในภาษาซี โดย Node กล่องคำสั่งหนึ่งอาจมีอินพุต เอาท์พุต หรืออาจไม่มี และทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการประมวลผลมาถึงลำดับ สามารถแบ่งส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมได้ดังนี้

1. Function Node คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของโปรแกรม โดยไม่สามารถดูรายละเอียดภายในได้อีก เช่น การบวก การลบ การคูณ การเปิดปิดไฟล์ เป็นต้น

2. SubVI Node เรียกอีกอย่างว่า Subroution คือโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อนำมาเรียกใช้ในโปรแกรมหลัก และสามารถเรียกใช้ซ้ำได้ในอีกหลายโปรแกรม

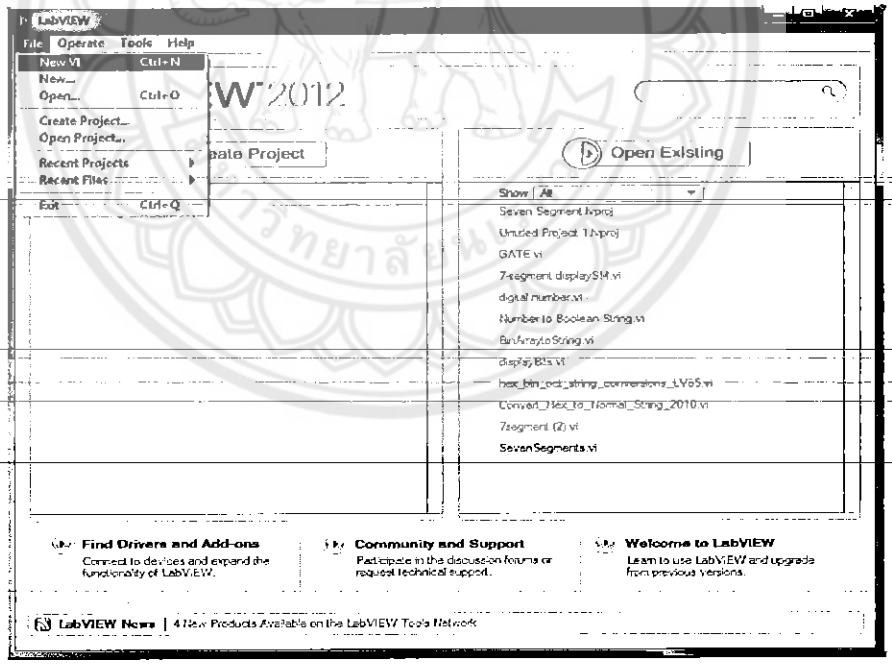
3. Express VI Node เป็น SubVI ประเภทพิเศษ คือ หากเลือก Express VI มาวางบนส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมและจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้ป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามต้องการแล้ว เมื่อป้อนค่าเข้าไปจะสร้าง

4. คำสั่งไว้ภายในโดยอัตโนมัติตามที่ตั้งไว้โดยความสามารถของ Express VI ทำให้ไม่ต้องต่อสายอินพุตเนื่องจากพารามิเตอร์ต่างๆทั้งหมดถูกสร้างและเก็บอยู่ภายใน จึงทำให้การเขียนโปรแกรมแลบวิวง่ายและรวดเร็ว

### 2.1.3 การใช้งานโปรแกรมแลบวิวเบื้องต้น

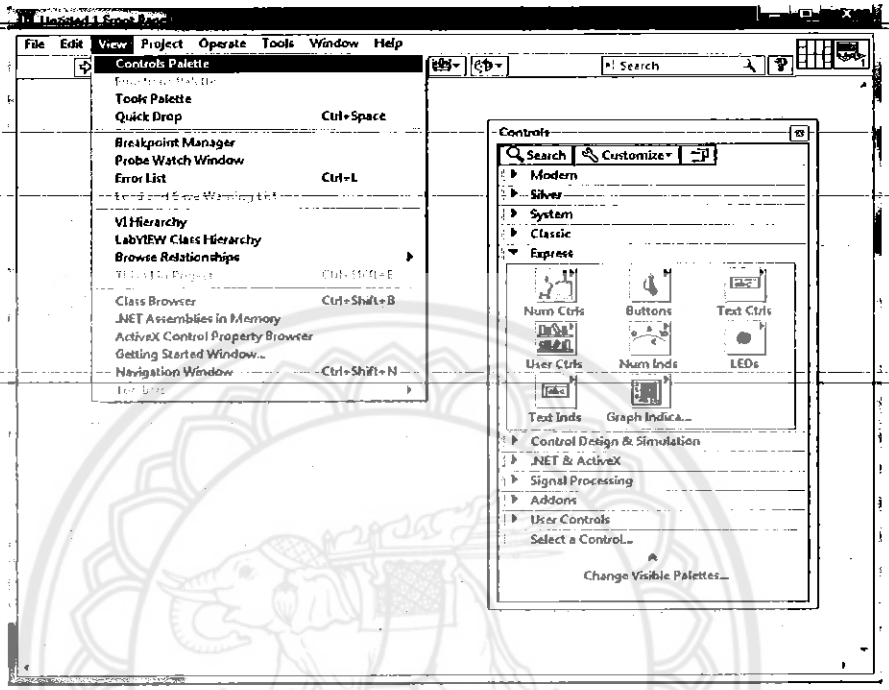
ในการเริ่มสร้างโปรแกรมหรือสร้าง Virtual Instrument ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยแลบวิวหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โปรแกรมหลักนั้น ต้องเรียนรู้ถึงตัวควบคุมและตัวแสดงผลแบบต่างๆ รวมถึงวิธีการเลือกและความหมายของตัวเลือกแบบต่างๆ สำหรับตัวควบคุมและตัวแสดงผลแต่ละแบบ วิธีการต่อสายผ่านข้อมูล การใช้เครื่องมือต่างๆ บน Control palette และ Tool palette ซึ่งขั้นตอนในการสร้าง VI มีขั้นตอนดังนี้

1. กด Edit เลือก New VI เพื่อสร้างไฟล์เอกสารใหม่ ดังรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** การสร้างโปรแกรมหลัก

2. ทำให้ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน และในขณะนี้ Controls Palette ควรจะปรากฏให้เห็นด้วย ดังรูปที่ 2.5 ถ้าไม่ปรากฏให้เห็นใช้คำสั่ง Show control palette ภายใต้ Windows menu

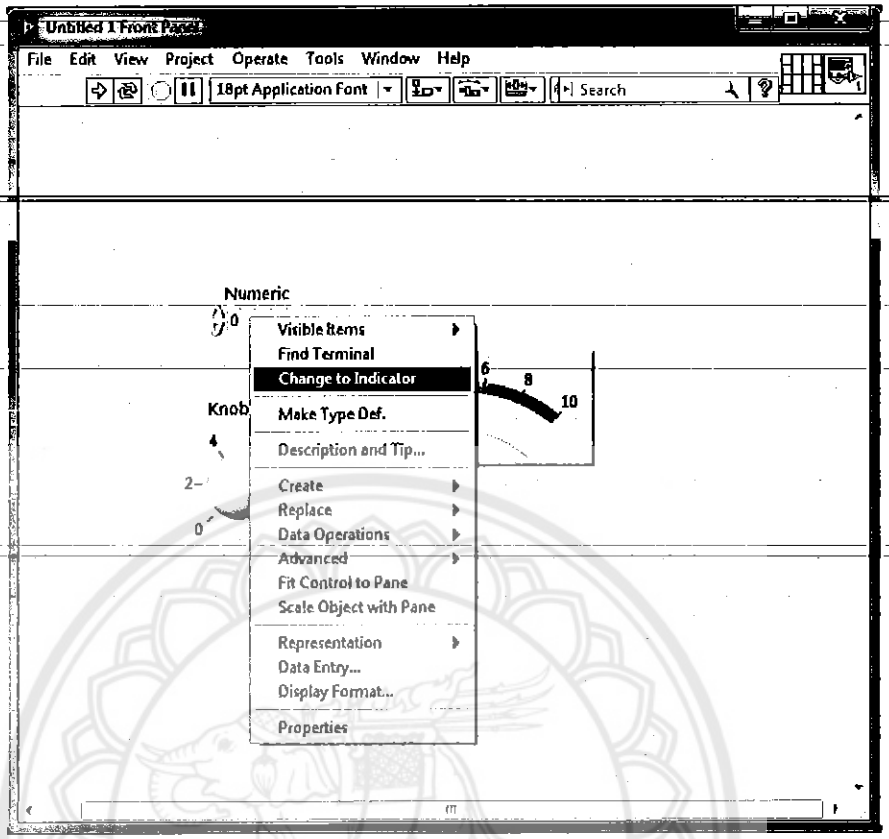



**รูปที่ 2.5** การเรียกหน้าต่างคำสั่ง Control Palette ที่อยู่ในหน้าต่างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน

3. เลื่อนลูกศรไปบนปุ่มต่างๆบน Control Palette จะมีการเปลี่ยนชื่ออุปกรณ์ (Sub Palette) ต่างๆที่อยู่ด้านบน

4. การเลือกตัวควบคุมและตัวแสดงผล สามารถเลือกจาก Numeric sub palette ภายใต้ Control palette ในทางปฏิบัตินั้นไอคอนแสดงตัวเลขทุกตัวเป็นไปได้ทั้งตัวควบคุมและตัวแสดงผล แต่โปรแกรมแลบวิวอาจจะตั้งค่าเบื้องต้นให้เป็นไปตามความเป็นจริงในการใช้งานมากที่สุด ตัวอย่างเช่น ปุ่มหมุนจะมีค่าเริ่มต้นเป็นตัวควบคุม เข็มมาตรวัดจะมีค่าเริ่มต้นเป็นตัวแสดงผล เทอร์โมมิเตอร์ จะเริ่มต้นเป็นตัวแสดงผล ปุ่มปรับเลื่อนจะมีค่าเริ่มต้นเป็นตัวควบคุม

เนื่องจากส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานของโปรแกรมแลบวิวเป็นเครื่องมือเสมือนจริงซึ่งจะสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกแบบเป็นตัวควบคุม และตัวแสดงผลได้โดยกดเมาส์ปุ่มขวาที่วัตถุที่ต้องการเปลี่ยน แล้วเลือก Change to control หรือเลือก Change to indicator ของวัตถุนั้น ตัวอย่างการเปลี่ยนอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 2.6

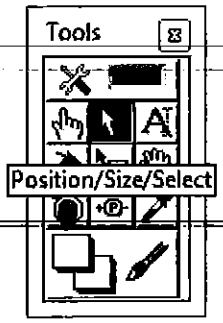



รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกแบบเป็นตัวควบคุมและแสดงผล

6. เมื่อกดเมาส์ปุ่มซ้ายแล้ว Numeric sub palette จะปรากฏขึ้น จากนั้นจะพบตัวเลือกการทำงานต่างๆ ของSub palette นั้น

7. กดเมาส์ปุ่มขวาแล้วเลือก Numeric Control จากนั้นลากไปวางบนหน้าต่างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน

8. หากกดเมาส์เพื่อวางตำแหน่งบนส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานแล้วยังไม่พอใจในตำแหน่งที่นำวัตถุไปวางและสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุนั้นได้โดยที่ไปที่ Tools palette แล้วเลือก Position/Size/Select ดังรูปที่ 2.7 ตัวชี้ของเมาส์กลายจะเป็นลูกศรสีดำ และหากนำเมาส์ไปกดบริเวณ Numerical control ที่สร้างขึ้นจะปรากฏเส้นประรอบๆตัวควบคุมนั้นก็สามารถที่จะขยายหรือเปลี่ยนวางตำแหน่งได้



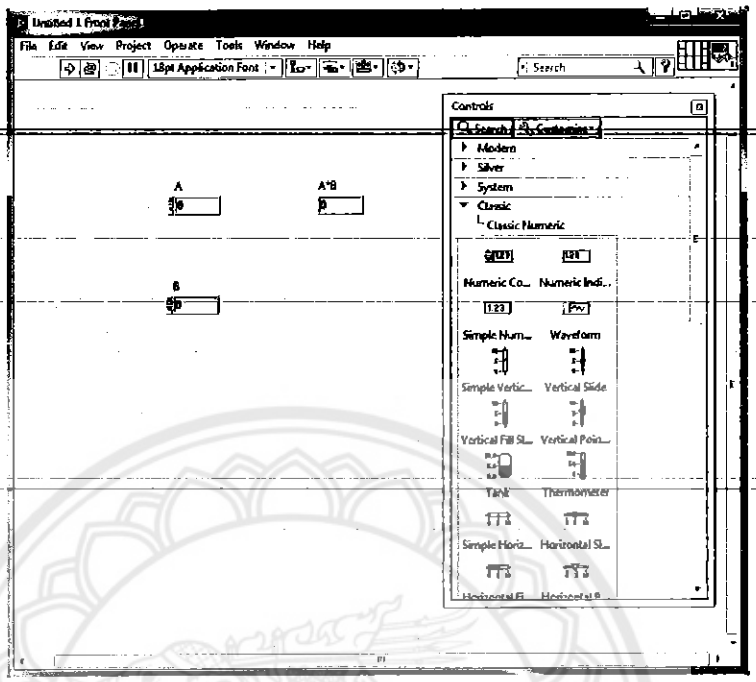

**รูปที่ 2.7** Position/Size/Select

9. หากวาง Numeric control อีกอันหนึ่งลงบนส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานจะปรากฏสี่เหลี่ยมสีดำเหนือตัวควบคุมนั้นเพราะทุกครั้งที่วางตัวแสดงผลและตัวควบคุมลงไปโปรแกรมจะเตรียมพร้อมที่จะรับชื่อหรือ Label ของตัวควบคุม หรือแสดงผลนั้นใน Numeric control อันที่ 2 นี้ให้ผู้ใช้ใส่ชื่อ B ลงไป

10. นำเมาส์ไปชี้บริเวณ Numeric control อันแรก แล้วกดที่ชื่อของ Numeric ทำให้กำหนดชื่อของตัวควบคุมนี้ได้ โดยพิมพ์ชื่อของวัตถุที่ต้องการเปลี่ยนลงไป และให้ชื่อตัวควบคุมนี้ว่า A

11. เลือก Position/Size/Select สังเกตได้ว่าลักษณะตัวชี้ของเมาส์จะเป็นลูกศร นำไปกดที่บริเวณอุปกรณ์ Numeric control ที่สร้างขึ้นจะปรากฏเส้นประรอบๆ ตัวควบคุมนั้น หากทำการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของ Numeric control ส่วนต่างๆ ทั้งหมดจะติดตามกันไปด้วยแต่ถ้านำเมาส์ไปกดเฉพาะที่ Label หรือชื่อ จะเคลื่อนย้ายเฉพาะส่วน Label หรือชื่อของตัวควบคุมนั้นเพียงอย่างเดียวได้

12. สร้าง Numeric control อีก 1 อันโดยตั้งชื่อเป็น A*B จะได้ A และ B เป็นตัวควบคุม ส่วน A*B เป็นตัวแสดงผลดังรูปที่ 2.8




**รูปที่ 2.8** การสร้าง Numeric ที่เป็นตัวควบคุมชื่อ A และ B Numeric ที่เป็นตัวแสดงผล A*B

13. ถ้าต้องการนำค่าจาก Control A และ Control B มารวมกันแล้วแสดงผลบน Control A*B จะทำไม่ได้เพราะ Control A+B จะได้รับค่าไม่ได้ หากผู้ใช้จะแสดค่าของข้อมูลต้องใช้ตัวแสดงผล

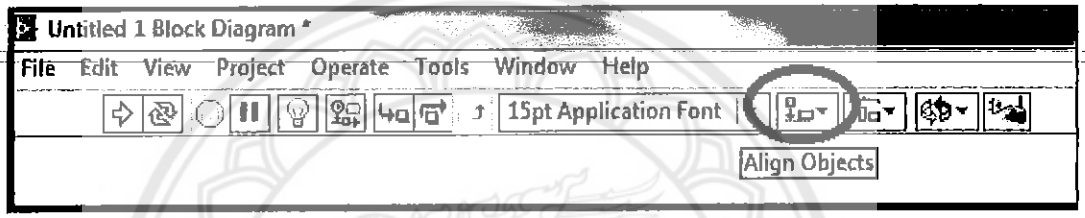
14. การแก้ไขทำได้จากการใช้ Pop-up menu ของ A*B เลือก Change to indicator ก็สามารถเปลี่ยนจาก Numeric control เป็น Numeric indicator A*B

15. สามารถเปลี่ยนชื่อของวัตถุที่สร้างขึ้นแล้วนำเมาส์มากดที่บริเวณชื่อของตัวแสดงผล (Indicator) ที่สร้างขึ้นใหม่ จะพบว่าสามารถแก้ไขชื่อ จะพบว่าเมื่อกดเมาส์ไปแล้วสามารถที่จะแก้ไขตัวหนังสือเหล่านั้นได้ ให้แก้ไขชื่อเป็น A/B เมื่อพิมพ์เสร็จ ใช้เมาส์กด Button ที่เขียนว่า Enter บนแถบเครื่องมือ

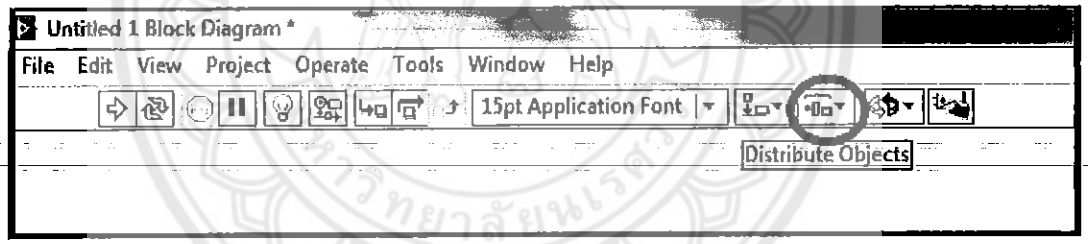
16. ขั้นต่อไปจะพิจารณาส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม ซึ่งทุกครั้งที่สร้างวัตถุบนส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานจะปรากฏสถานีข้อมูลขึ้นบนส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม ขั้นแรก ทำการจัดเรียงตำแหน่ง

ต่างๆบนส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรมให้เป็นระเบียบโดยใช้เครื่องมือช่วยในการจัดวางวัตถุซึ่งจะมี 2 แบบบนแถบเครื่องมือโดย

17. แบบที่ 1 จะเป็นการจัดวางแนว Align object ตามรูปที่ 2.9 เมื่อต้องการวางแนวของวัตถุให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการ และแบบที่สองคือการจัดระยะห่าง Distribute object ตามรูปที่ 2.10 ใช้เมื่อต้องการจัดระยะห่างให้เป็นไปตามที่ต้องการ อันดับแรกให้เลือกวัตถุที่ต้องการจะจัดแนวตั้งแต่ 2 วัตถุขึ้นไปก่อนแล้วจึงเลือกว่าจะจัดแนวใด โดยในวัตถุทั้งสองจะมี Sub palette ย่อย Palette เหล่านี้จะสามารถอธิบายตัวเลือกของการจัดวางแนวของวัตถุได้

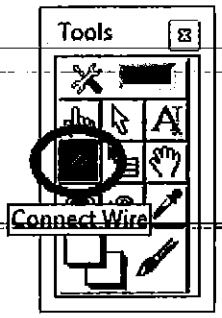



รูปที่ 2.9 Align object สำหรับจัดรูปแบบของวัตถุให้อยู่ในระนาบเดียวกัน

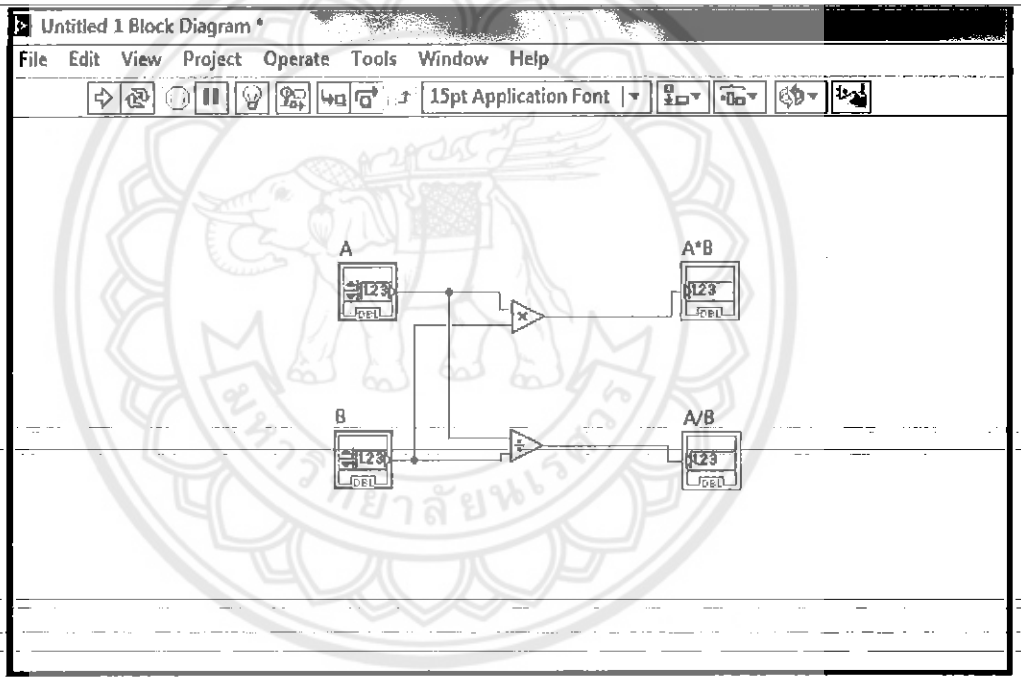



รูปที่ 2.10 Distribute object สำหรับจัดระยะห่างของวัตถุในรูปแบบต่างๆ

18. เริ่มการเชื่อมต่อสายของสถานีข้อมูลต่างๆ บนส่วนของพื้นที่เขียนโปรแกรมเข้าด้วยกัน ขั้นแรกไปที่ Tools palette แล้วเลือก Connect Wire ตามรูปที่ 2.11 เมื่อกลับเข้าหาในส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม ตัวชี้เมาส์จะเป็นรูปสายไฟ การเชื่อมต่อจะเป็นดังรูปที่ 2.12




**รูปที่ 2.11** Connect Wire สำหรับเชื่อมต่อสายสัญญาณให้เข้ากับอุปกรณ์




**รูปที่ 2.12** การต่อสายส่งผ่านข้อมูลในส่วนพื้นที่เขียนโปรแกรม

19. ที่แถบเครื่องมือ (Toolbar) จะมีรูปลูกศร Run ในสภาวะที่โปรแกรมพร้อมใช้งานลูกศรจะมีสีขาว

20. กดปุ่ม Abort เพื่อหยุดการทำงาน ทำให้โปรแกรมถูกหยุดกลับมาอยู่ในโหมดแก้ไข

21. เลือก Save จาก File menu และบันทึก VI

## 2.2 ลอจิกเกตพื้นฐาน

ลอจิกเกตเป็นส่วนประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมาก ใช้ในงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ เนื่องจากลอจิกเกตทำงานได้ด้วยเลขฐานสอง หรือระดับลอจิก "1" และ "0" บางครั้งอาจจะเรียกว่า ลอจิกเกตฐานสอง ลอจิกเกตมีฟังก์ชันการทำงานหลายฟังชัน ดั้งนั้นจึงควรศึกษาฟังชันก์ของลอจิกเกตพื้นฐานมีดังนี้

### 2.2.1 แอนด์เกต (AND gate)

แอนด์เกตเป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่สองขึ้นไป เอาท์พุตของแอนด์เกตจะเป็น "1" ถ้าอินพุตทั้งหมดเป็น "1" มีอินพุตใดอินพุตหนึ่งเป็น "0" เอาท์พุตก็จะเป็น "0" ตามไปด้วย ถ้ากำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตทั้งสอง ถ้าตัวแปร A มากระทำแบบแอนด์กับตัวแปร B ได้ผลลัพธ์ เป็น Y ทำให้เขียนสมการลอจิกทางด้านเอาท์พุต $Y = A \cdot B$

รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของแอนด์เกต

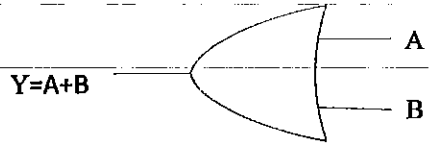
ตารางที่ 2.1 ตารางความจริงของแอนด์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | Y=A·B |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

ตารางความจริงของแอนด์เกต หมายถึงตารางแสดงสถานะที่ปรากฏที่เอาท์พุตของเกตเมื่อลอจิกอินพุตเปลี่ยไป อย่างไรก็ตามลอจิกอินพุตของแอนด์เกตที่มี 2 อินพุตจะเปลี่ยนแปลงได้เพียง 4 สถานะเท่านั้นตามตารางที่ 2.1

**2.2.2 ออร์เกต (OR gate)**

ออร์เกต (OR gate) เป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่สองอินพุตขึ้นไป เอาท์พุตของแอนด์เกตจะเป็น "1" ถ้า อินพุตหนึ่งอินพุตใดหรือทั้งสองมีระดับลอจิก เป็น "1" แต่ถ้าอินพุตทั้งสองเป็น "0" เอาท์พุตก็จะเป็น "0" ด้วย




รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของออร์เกต

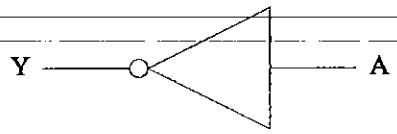
ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของออร์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | Y=A+B |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

ในทำนองเดียวกันกับแอนด์เกต เพื่อเสดงสภาวะทางเอาท์พุต และทำการป้อนลอจิก "0" และ "1" ที่อินพุต A และ B จะสามารถป้อนสภาวะลอจิกอินพุตที่ไม่ซ้ำกันได้ 4 สภาวะ ตารางความจริงแสดงสภาวะลอจิกอินพุตและเอาท์พุตของออร์เกต 2 สองอินพุตดังตารางที่ 2.2

**2.2.3 นอตเกต (NOT gate)**

ลอจิกเกตแบบนอตหรือนอตเกตเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อินเวอร์เตอร์ เนื่องจากเป็นเกตที่มีเพียงอินพุตเดียว และฟังก์ชันการทำงานจะทำหน้าที่ให้ลอจิกเอาท์พุตมีสภาวะตรงข้ามกับลอจิกอินพุตเสมอ เช่น ถ้าลอจิกอินพุตเป็น "1" ลอจิกเอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็น "0" และถ้าลอจิกอินพุตเป็น "0" ลอจิกเอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็น "1" สัญลักษณ์ของนอตเกตดังรูปที่ 2.15 และตารางความจริงดังตารางที่ 2.3



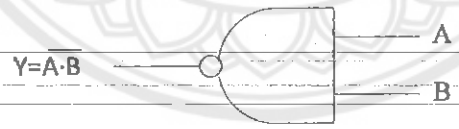

**รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ของนอตเกต**

**ตารางที่ 2.3 ตารางความจริงของนอตเกต**

| INPUT | OUTPUT |
|---|---|
| A | Y |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

**2.2.4 แนนด์เกต (NAND gate)**

แนนด์เกต เป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่สองอินพุตขึ้นไป เอาท์พุตของแนนด์เกตจะเป็น "0" ถ้าอินพุตทั้งหมดเป็น "1" ถ้ามีอินพุตเป็นอย่างอื่น เอาท์พุตก็จะเป็น "1" ทันที จะเห็นว่าเอาท์พุตจากแนนด์เกตจะเป็น NOT ของ A AND B หรือเป็น คอมพลีเมนต์ของ A*B สัญลักษณ์ของแนนด์เกตเป็นดังรูปที่ 2.16 และตารางความจริงของแนนด์เกตเป็นดังตารางที่ 2.4



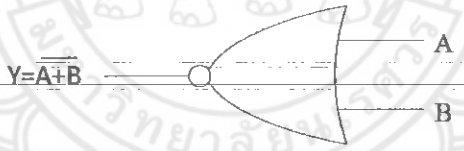

**รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ของแนนด์เกต**

**ตารางที่ 2.4** ตารางความจริงของแนนด์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | $Y=\overline{A \cdot B}$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

### 2.2.5 นอร์เกต (NOR gate)

นอร์เกตเป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่สองอินพุตขึ้นไป เอาท์พุตของนอร์เกตจะเป็น "1" ถ้า อินพุตทั้งหมดเป็น "0" ถ้ามีอินพุตเป็นอย่างอื่น เอาท์พุตก็จะเป็น "0" ทันที จะเห็นว่าเอาท์พุตจากนอร์เกตจะเป็น NOT ของ A OR B หรือเป็น คอมพลีเมนต์ของ A+B สัญลักษณ์ของนอร์เกตเป็นดังรูปที่ 2.17 และตารางความจริงของนอร์เกตเป็นดังตารางที่ 2.5



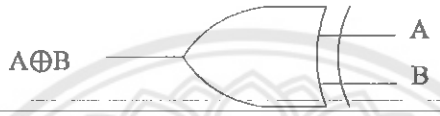

**รูปที่ 2.17** สัญลักษณ์ของนอร์เกต

**ตารางที่ 2.5** ตารางความจริงของนอร์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | $Y=\overline{A+B}$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

**2.2.6 เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต (Exclusive-OR gate)**

เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตจะมีอินพุตเพียง 2 อินพุต คุณสมบัติของเอ็กซ์คลูซิฟออร์ก็คือ เอาท์พุตจะเป็น "1" ก็ต่อเมื่ออินพุตเห็น "1" เพียง "1" อินพุต กรณีอื่นๆ เอาท์พุตจะเป็น "0" เสมอ หรืออาจจะกล่าวได้ว่า เอาท์พุตจะเป็น "1" เมื่ออินพุตมีลอจิกต่างกัน เอาท์พุตจะเป็น "0" เมื่ออินพุตมีลอจิกเหมือนกัน สัญลักษณ์ของนอร์เกตเป็นดังรูปที่ 2.18 และตารางความจริงของนอร์เกตเป็นดังตารางที่ 2.6




**รูปที่ 2.18** สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต

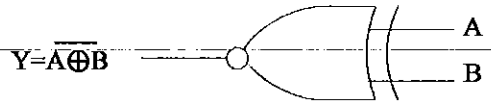
**ตารางที่ 2.6** ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | Y=A⊕B |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

จากตารางความจริง ถ้าอินพุตใดอินพุตหนึ่งต่อไว้ที่ลอจิก 0 เอาท์พุตเหมือนกับลอจิกของอินพุตที่เหลือ ถ้าอินพุตใดอินพุตหนึ่งต่อไว้ที่ลอจิก 1 เอาท์พุตจะตรงข้ามกับลอจิกของอินพุตที่เหลือ ดังนั้น เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตสามารถนำไปใช้งานแทนอินเวอร์เตอร์โดยการต่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งไว้ที่ลอจิก 1 แล้วนำอินพุตที่เหลือไปใช้งาน

### 2.2.7 เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต (Exclusive-NOR gate)

เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตเป็นการนำเอาเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตกับนอตเกตมาต่อเข้าด้วยกันค่าสัญญาณเอาท์พุตเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตจะให้ผลตรงข้ามกับเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต สัญลักษณ์ของนอร์เกตเป็นดังรูปที่ 2.19 และตารางความจริงของนอร์เกตเป็นดังตารางที่ 2.7




รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต

ตารางที่ 2.7 ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต

| INPUT | | OUTPUT |
|---|---|---|
| A | B | $Y=\overline{A \oplus B}$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

ผลการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตกรณีค่าระดับสัญญาณที่ป้อนเข้าทางด้านอินพุตมีค่าเท่ากัน จะให้ผลค่าระดับสัญญาณทางด้านเอาท์พุตเป็น “1” แต่ในกรณีค่าสัญญาณที่ป้อนให้ทางอินพุตมีค่าไม่เท่ากัน ผลของค่าระดับสัญญาณที่ได้ทางด้านเอาท์พุตเป็น “0”

## 2.3 ระบบตัวเลข

ตัวเลขเป็นสัญลักษณ์อย่างหนึ่งที่ใช้แทนความหมายต่างๆ ตัวเลขแต่ละตัวเรียกว่า ดิจิต ตัวเลขจะเขียนแทนได้ทั้งส่วนที่เป็นเลขจำนวนเต็มและเศษส่วนซึ่งจะแยกออกจากกันโดยใช้เครื่องหมายจุด (.) คั่นกลาง นั้นคือ

$N$ = (เลขจำนวนเต็ม) . (เศษส่วน)

เมื่อ $N$ คือระบบตัวเลขใดๆ

เช่น 183.6 เลข 183 อยู่ข้างหน้าจุด หมายถึงเลขจำนวนเต็ม ส่วนเลข 6 อยู่ข้างหลังจุด หมายถึงเศษส่วน กรณีที่เป็นเลขฐานสิบ เลข 6 หลังจุด จะมีค่าเท่ากับ $\frac{6}{10}$ หรือ $6 \times 10^{-1}$

ระบบตัวเลขแบ่งเป็นฐานต่างๆ เช่น เลขฐานสอง เลขฐานแปด เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก เป็นต้น ระบบตัวเลขที่ใช้งานโดยทั่วไปจะเป็นเลขฐานสิบ แต่สำหรับวงจรดิจิตอลจะใช้เลขฐานสอง ตัวเลขอยู่ในระบบฐานใดก็เขียนกำกับเอาไว้ในรูปฟอร์ม $(N)_r$ เมื่อ $N$ คือตัวเลข และ r คือฐาน เช่น $(101)_2$ หมายถึง 101 ในระบบเลขฐานสอง สำหรับตัวเลขที่ไม่ได้เขียนฐานกำกับเอาไว้ ให้ถือว่าเป็นตัวเลขในระบบเลขฐานสิบ

ระบบตัวเลขไม่ว่าจะเป็นเลขฐานใดก็ตาม สามารถเขียนได้ 2 รูปฟอร์ม คือ เขียนแบบวางติดกัน (แบบย่อย) และเขียนแบบแยกแต่ละดิจิตออกจากกัน

การเขียนแบบวางติดกัน จะนำตัวเลขแต่ละดิจิตมาเขียนเรียงกันโดยใช้จุด (.) เป็นตัวแยกระหว่างเลขที่เป็นจำนวนเต็มกับเลขที่เป็นเศษส่วน ดังนี้

$$(N)_r = a_{n-1}r^{n-1} + a_{n-2}r^{n-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + a_1 r^1 + a_0 r^0$$
$$+ a_{-1}r^{-1} + a_{-2}r^{-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + a_{-m}r^{-m} \quad (2.1)$$

หรือ $(N)_r = \sum_{j=-m}^{n-1} a_j r^j$

เมื่อ $m$ คือ จำนวนดิจิตของเศษส่วน

$n$ คือ จำนวนดิจิตของจำนวนเต็ม

### 2.3.1 ระบบเลขฐานสิบ (Decimal Number)

เลขฐานสิบประกอบด้วยจำนวนตัวเลข 10 ตัวคือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 เป็นตัวเลขที่ใช้งานกันทั่วไป เลขในฐานนั้นจะถูกทดไปข้างหน้าหนึ่งตำแหน่งทุกครั้งนับได้สิบ เริ่มตั้งแต่หลักหน่วยเมื่อหลักหน่วยนับได้สิบครั้งก็จะทดไปเป็นหลักสิบ เมื่อหลักสิบนับได้สิบครั้งก็จะทดไปเป็นหลักร้อยไปเรื่อยๆ เลขหลักต่างๆ ได้แก่ หน่วย สิบ ร้อย พัน ... เกิดจากค่าฐานยกกำลัง เช่น หนัก

หน่วยเกิดจาก $10^0 = 1$ หลักสิบเกิดจาก $10^1 = 10$ หลักร้อยเกิดจาก $10^2 = 100$ หลักพันเกิดจาก $10^3 = 1000$ เป็นต้น เลขหลักต่างๆ เหล่านี้ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าประจำตำแหน่ง (Place Value) เช่น

$$759 = (7 \times 10^2) + (5 \times 10^1) + (9 \times 10^0)$$

$$= (7 \times 100) + (5 \times 10) + (9 \times 1)$$

เลข 7 มีค่าประจำตำแหน่งเป็น 100 ค่าจริงจึงเป็น 700

เลข 5 มีค่าประจำตำแหน่งเป็น 10 ค่าจริงจึงเป็น 50

เลข 9 มีค่าประจำตำแหน่งเป็น 1 ค่าจริงจึงเป็น 9

จึงสรุปได้ว่าค่าของเลขฐานใดๆ นั้น ได้จากการนำค่าประจำตำแหน่งคูณกับค่าตัวเลขตำแหน่งนั้นๆ แล้วนำมารวมเข้าด้วยกัน

**2.3.2 ระบบเลขฐานสอง (Binary Number)**

เป็นตัวเลขที่ประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัวคือ 0 กับ 1 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้ในระบบดิจิตอลเพราะสามารถแทนด้วยการทำงานของวงจรไฟฟ้า คือ สถานะ NO และ OFF ตัวเลขแต่ละดิจิตของเลขฐานสองจะเรียกว่า บิต (Bit)

ค่าประจำตำแหน่งของระบบเลขฐานสอง จะอยู่ในรูปของสองยกกำลัง ดังนี้

$$2^{n-1}, 2^{n-2}, \ldots, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, \ldots, 2^{-m}$$

เช่น $(1011)_2 = (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 8 + 2 + 1$

ในระบบเลขฐานสอง บิตที่อยู่หน้าสุด (บิตซ้ายมือสุด) เป็นบิตที่มีค่าประจำตำแหน่งสูงสุด เรียกบิตนี้ว่า บิตนัยสำคัญมากสุด (MSB ; Most Significant Bit) ส่วนบิตที่อยู่หลังสุด (บิตขวามือสุด) เป็นบิตที่มีค่าประจำตำแหน่งต่ำสุด เรียกบิตนี้ว่า บิตนัยสำคัญน้อยสุด (LSB ; Least Significant Bit)

### 2.3.3 ระบบเลขฐานแปดและฐานสิบหก (Octal and Hexadecimal)

ในระบบดิจิตอลนั้นจะนำเลขฐานสองหลายๆบิต มาเป็นสัญลักษณ์แทนความหมายต่างๆ เช่น ใช้เลขฐานสองขนาด 8 บิต 16 บิต หรือ 32 บิต การใช้เลขหลายๆ บิต จะไม่สะดวกในการใช้งานเพราะอาจทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นมาได้ง่าย จึงได้นำเลขฐานแปดและฐานสิบหกมาใช้แทนเลขฐานสอง

เลขฐานแปดและเลขฐานสิบหกมีลักษณะเหมือนกับเลขฐานสิบหรือฐานสอง คือประกอบไปด้วยค่าประจำตำแหน่งและค่าของเลขแต่ละตำแหน่ง เลขฐานแปดมีค่าประจำตำแหน่งอยู่ในรูปของเลขฐานแปดยกกำลัง ในขณะที่เลขฐานสิบหกมีค่าประจำตำแหน่งเป็นเลขสิบหกยกกำลัง เลขฐาน 8 ตัวคือ 0,1,2,3,4,5,6 และ 7 ส่วนเลขฐานสิบหกมี 16 ตัวคือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E และ F ค่าตัวเลขแต่ละดิจิตของระบบเลขฐานต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ระบบเลขฐานต่างๆ

| ฐานเลข | ค่าตัวเลข |
|---|---|
| เลขฐานสอง | 0,1 |
| เลขฐานแปด | 0,1,2,3,4,5,6,7 |
| เลขฐานสิบ | 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 |
| เลขฐานสิบหก | 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F |

### 2.3.4 รหัส BCD หรือรหัส 8421 (BCD ; Binary Code Decimal)

รหัสนี้จะใช้เลขฐานสองขนาด 4 บิต แทนเลขฐานสิบแต่ละดิจิตโดยตรง เนื่องจากเลขฐานสองขนาด 4 บิต สามารถแทนเลขฐานสิบได้ถึง 16 ค่า คือ 0 ถึง 15 แต่เลขฐานสิบมีเพียง 10 ค่าคือ 0 ถึง 9 ดั้งนั้นรหัสชนิดนี้ค่าเลข 1010 ถึง 1111 จะไม่มีใช้งาน และเนื่องจากเป็นรหัสที่ใช้เลขฐานสอง 4 บิต ดังนั้นค่าประจำตำแหน่งคือ 8,4,2,1 รหัสนี้จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ รหัส 8421

i7196908 ป
ส131ผ
2557

สำนักหอสมุด
12 ต.ค. 2560

ตัวอย่าง จงแปลงเลข 28 เป็น รหัสบีซีดี

2 8

0010 1000

ดังนั้น 28 = 101000 BCD

**2.3.5 รหัสเอ็กเซส-ทรี (Excess-3 Code)**

รหัสชนิดนี้จะมีค่าสูงกว่ารหัส BCD เท่ากับ 3 ดังนั้น Excess-3 Code = BCD Code + 0011

ตารางที่ 2.9 แสดงค่ารหัส Excess-3 จาก 0 ถึง 9

| Decimal | BCD | Excess-3 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 11 |
| 1 | 1 | 100 |
| 2 | 10 | 101 |
| 3 | 11 | 110 |
| 4 | 100 | 111 |
| 5 | 101 | 1000 |
| 6 | 110 | 1001 |
| 7 | 111 | 1010 |
| 8 | 1000 | 1011 |
| 9 | 1001 | 1100 |

## 2.4 การแปลงเลขฐานของระบบตัวเลข

### 2.4.1 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ

หลักการของการแปลงเลขฐานสองเป็นสิบ คือการเอาค่าถ่วงน้ำหนักของทุกบิตที่มีค่าเป็น 1 มาบวกกัน

**ตัวอย่าง** จงแปลง $(11011101)_2$ ให้เป็นเลขฐานสิบ

$$(11011101)_2 = (1X2^7) + (1X2^6) + (0X2^5) + (1X2^4) + (1X2^3) + (1X2^2) + (0X2^1) + (1X2^0)$$

$$= 128 + 64 + 0 + 16 + 8 + 4 + 0 + 1$$

ดังนั้น $(11011101)_2 = (221)_{10}$

**2.4.2 การแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง**

หลักการของการแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสองมีขั้นตอนดังนี้

1. ให้นำเลขฐานสิบเป็นตัวตั้งและนำ 2 มาหาร ได้เศษเท่าไรจะเป็น**ค่าบิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด** (LSB)

2. นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อที่ 1 มาตั้งหารด้วย 2 อีกเศษที่จัดจะ**เป็นบิตถัดไปของ**เลขฐานสอง

3. ทำเหมือนข้อ 2 ไปเรื่อยๆ จนได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์ เศษที่ได้จะเป็น**บิตเลขฐานสองที่มีนัยสำคัญมากที่สุด** (MSB)

**ตัวอย่าง** จงเปลี่ยน $(221)_{10}$ เป็นเลขฐานสอง

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 221 | เศษ | 1 | (LSB) |
| 2 | 110 | เศษ | 0 | |
| 2 | 55 | เศษ | 1 | |
| 2 | 27 | เศษ | 1 | |
| 2 | 13 | เศษ | 1 | |
| 2 | 6 | เศษ | 0 | |
| 2 | 3 | เศษ | 1 | |
| 2 | 1 | เศษ | 1 | (MSB) |
| | 0 | | | |

ดังนั้น $(221)_{10} = (111011101)_2$

**2.4.3 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสิบ**

หลักการของการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นฐานสิบ คือนำค่าถ่วงน้ำหนักของเลขฐานสิบหกคูณด้วยเลขประจำหลัก และนำผลที่ได้ทุกหลักมารวมกัน

ค่าน้ำถ่วงหนัก : ... $16^4$ $16^3$ $16^2$ $16^1$ $16^0$ $16^{-1}$ $16^{-2}$ $16^{-3}$...

ตัวอย่าง $(6C)_{16} = (...)_{10}$

$(6C)_{16} = (5X16^1) + (12X16^0)$

$= 80 + 12$

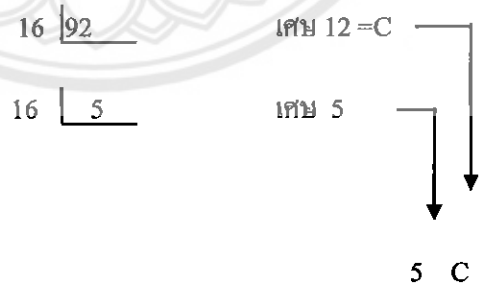
$= (92)_{10}$

ดังนั้น $(6C)_{16} = (92)_{10}$

**2.4.4 การแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสิบหก**

หลักการของการแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสิบหก คือนำเลขฐานสิบมาเป็นตัวตั้งแล้วนำ 16 มาหาร เศษที่ได้จากการหาร จะเป็นค่าเลขฐานสิบหกทำเช่นเดียวกับการเปลี่ยนเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

ตัวอย่าง $(92)_{10} = (...)_{16}$




ดังนั้น $(92)_{10} = (5C)_{16}$

**2.4.5 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสอง**

หลักการของการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นฐานสองจะต้องแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเป็นเลขฐานสิบก่อนแล้วแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

**ตัวอย่าง** $(5C)_{16} = (\ldots)_2$

$(5C)_{16} = (5X16^1) + (12X16^0)$

$= 80 + 12$

$= (92)_{10}$

$(92)_{10} = (\ldots)_2$

**ค่าถ่วงน้ำหนัก** = 64 32 16 8 4 2 1

= 64 + 0 + 16 + 8 + 4 + 0 + 0

เลขฐานสอง = 1 0 1 1 1 0 0

ดังนั้น $(5C)_{16} = (1011100)_2$

**2.4.6 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก**

หลักการของการแปลงเลขฐานสองเป็นฐานสิบหกจะต้องแปลง**เลขฐานสองเป็น**เลขฐานสิบก่อนแล้วค่อยแปลงเป็นเลขฐานสิบหก

ตัวอย่าง $(1011100)_2 = (\ldots)_{16}$

$(1011100)_2 = (92)_{10}$

16 | 92 เศษ 12 =C

16 | 5 เศษ 5

0

5 C

ดังนั้น $(1011100)_2 = (5C)_{16}$

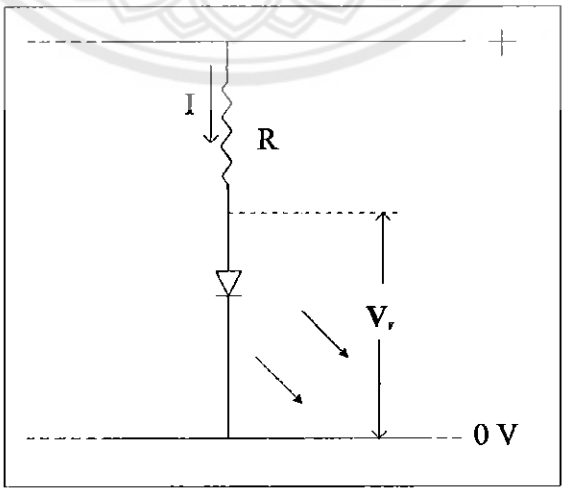
## 2.5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

### 2.5.1 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง ( Light Emitting Diode ) สามารถนาไปใช้ งานในการแสดงผลโดยทั่วๆ ไปถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถทางานโดยใช้ แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้ กระแสอยู่ช่วงระหว่าง 5-20 มิลลิแอมป์

รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์และตัวของไดโอดเปล่งแสง

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดังรูปข้างล่างสามารถคำนวณได้โดยค่าความต้านทานเท่ากับค่าแรงดันหารด้วยค่ากระแสซึ่งก็คือ ค่าแรงดันที่ตกคร่อมค่าความต้านทาน

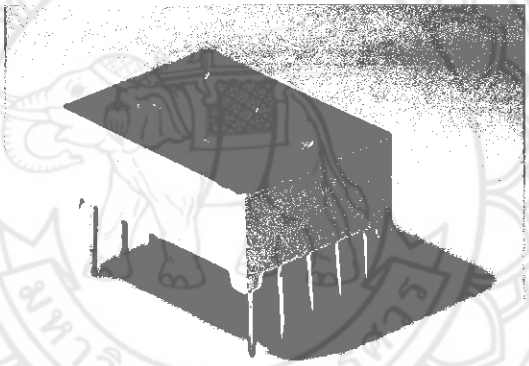



**รูปที่ 2.21** วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง

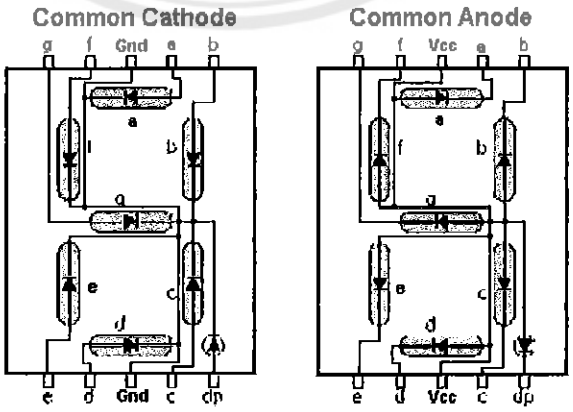
หาจากกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์โดยแรงดันรวมลบแรงดันไดโอด จะได้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ปริมาณกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงมีผลต่อความสว่างของหลอด หากกระแสไหลผ่านน้อย ความสว่างก็น้อยถ้ากระแสไหลผ่านมากก็จะสว่างมาก

### 2.5.2 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการแสดงผลเช่นเดียวกับไดโอดเปล่งแสงทั่วไป แต่ต่างตรงที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน เป็นการนำเอาไดโอดเปล่งแสงจำนวน 7 ตัวมาต่อกันเป็นรูปตัวเลข เพื่อนำมาแสดงผลเป็นตัวเลข 0 ถึง 9 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเป็นการนำเอาไดโอดเปล่งแสงจำนวน 7 ตัวมาต่อกันเป็นรูปตัวเลขโดยมีชื่อเรียกแต่ละส่วน คือ a,b,c,d,e,f,g และ dp



รูปที่ 2.22 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน



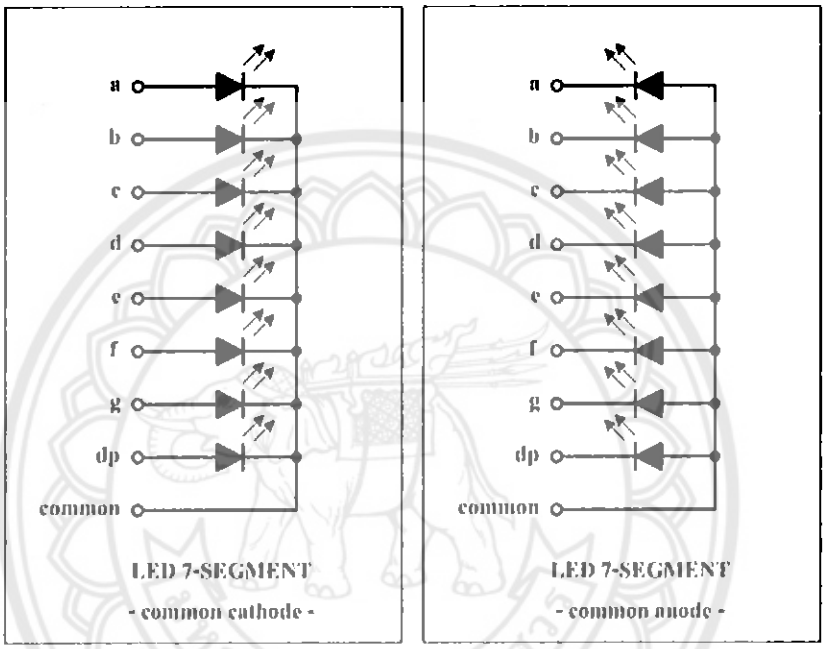

รูปที่ 2.23 โครงสร้างและขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนสามารถแบ่งตามลักษณะการต่อหลอดได้ 2 ชนิด ดังนี้

1. ชนิดต่อแบบแอโนดร่วม หรือ คอมมอนแอโนด (Common Anode)

2. ชนิดต่อแบบแคโทดร่วม หรือ คอมมอนแคโทด (Common Cathode)

โดยโครงสร้างการต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนทั้ง 2 ชนิด

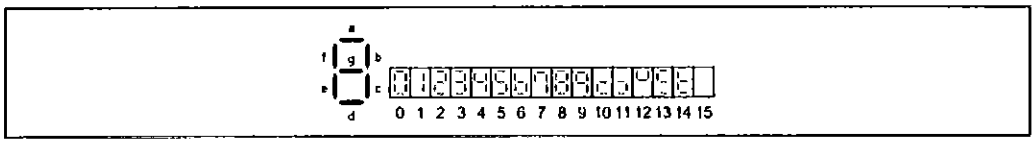



รูปที่ 2.24 โครงสร้างการต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

รูปซ้ายมือ เป็นการต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแบบแอโนดร่วม โดยต้องป้อนไฟบวกที่ขาร่วมที่หรือขาคอมมอนและถ้าต้องการให้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงผลหรือให้สว่าง ต้องป้อนไฟลบหรือส่งลอจิก "0" มาที่ขาแคโทด

ส่วนรูปขวามือ เป็นการต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม โดยต้องป้อนไฟลบหรือกราวด์ที่ขาร่วมหรือขาคอมมอน และถ้าต้องการให้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงผลหรือสว่างต้องป้อนไฟบวกหรือส่งลอจิก "1" มาที่ขาแอโนด

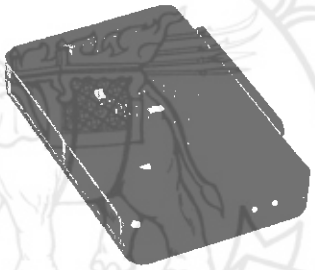
การแสดงผลเลขฐานสิบหกของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเป็นดังรูปที่ 2.25




**รูปที่ 2.25** การแสดงผลเลขฐานสิบหกของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

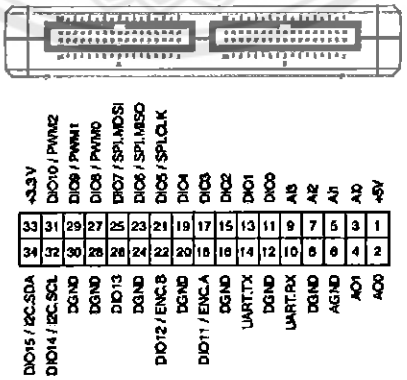
### 2.5.3 เอ็นไอ มายริโอ้

เอ็นไอ มายริโอ้ เป็นอุปกรณ์รุ่นล่าสุดที่ใช้สถาปัตยกรรม RIO ที่ย่อมาจาก Reconfigurable I/O และเป็นเทคโนโลยีที่ถูกอ้างอิงถึงในหลายๆ ผลิตภัณฑ์ของเอ็นไอโดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยี RIO และ FPGA นั้นสามารถถูกโปรแกรมได้ด้วยซอฟต์แวร์เอ็นไอแลบวิวสามารถปรับเปลี่ยนอินพุตเอาท์พุตได้ สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านบัสต่างๆ และเซนเซอร์ภายนอกได้



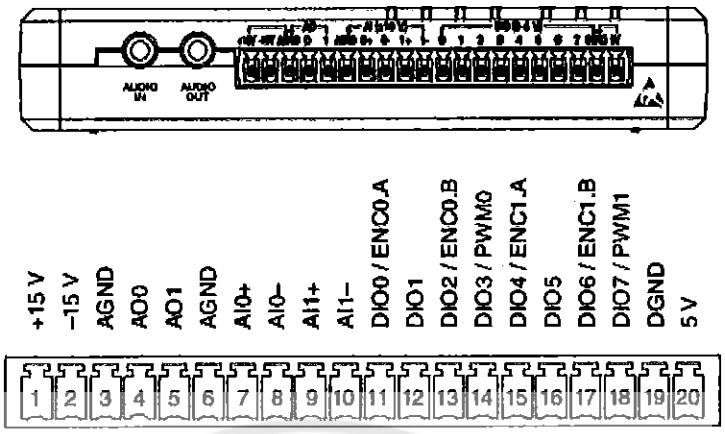
**รูปที่ 2.26** เอ็นไอ มายริโอ้

- ตำแหน่งพอร์ต MYRIO EXTENSION PORTS : MXP A,B




**รูปที่ 2.27** ตำแหน่งพอร์ต

- ตำแหน่ง MSP C: (mini System port)




รูปที่ 2.28 ตำแหน่ง MSP

2.5.3.1 การใช้งานเอ็นไอ มายริโอ้กับแลบวิว

เอ็นไอ มายริโอ้เป็นฮาร์ดแวร์แบบฝังตัวเป็นระบบปฏิบัติการแบบเรียลไทม์ และชิป FPGA ที่สามารถโปรแกรมด้วยแลบวิวได้ ทำให้สามารถออกแบบระบบที่ซับซ้อนและฝังโปรแกรมเข้าไปยังตัวฮาร์ดแวร์ได้อย่างรวดเร็ว สำหรับขั้นตอนการโปรแกรมเอ็นไอ มายริโอ้ด้วยแลบวิวจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์อย่างน้อย 3 โปรแกรมดังต่อไปไปนี้

- LabVIEW

- LabVIEW Real-Time Module

- LabVIEW for myRIO Module

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการดำเนินงาน

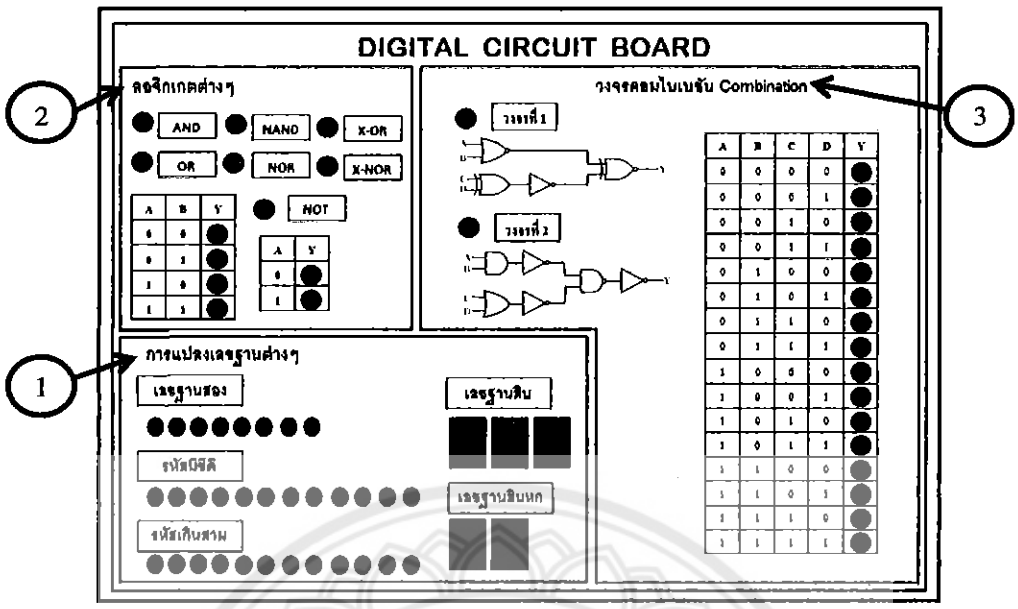
ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ ขั้นตอนดำเนินงาน การทำงาน และส่วนประกอบต่างๆของแผงวงจรดิจิตอลซึ่งมีเอ็นไอมายริโอ้เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแผงวงจรดิจิตอลกับโปรแกรมแลบวิว ดังนั้นจึงแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างของแผงวงจรดิจิตอล
2. การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของแผงวงจรดิจิตอล
3. การสร้างแผงวงจรดิจิตอล
4. การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลกับโปรแกรมควบคุมแลบวิว

## 3.1 การออกแบบโครงสร้างของแผงวงจรดิจิตอล

ในการออกแบบแผงวงจรดิจิตอลนั้นจะประกอบไปด้วย ส่วนของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนและไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในการแสดงส่วนของเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี และรหัสเกินสาม แสดงสถานะส่วนของลอจิกเกตพื้นฐาน และแสดงสถานะต่างๆของแผงวงจรดิจิตอล ซึ่งจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาด 21 × 29.7 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1 แผงวงจรดิจิตอลสามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

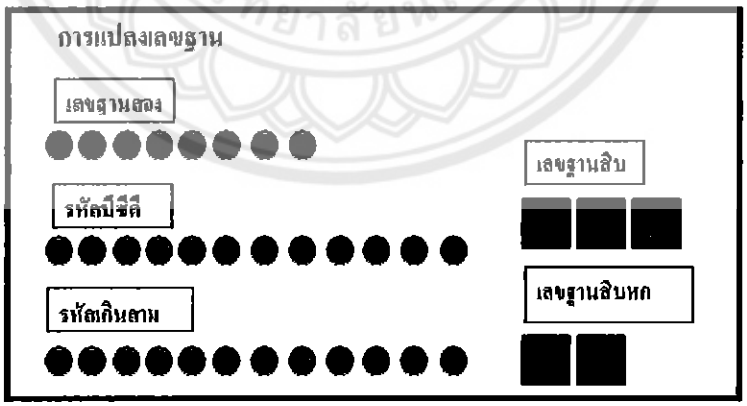
1. ส่วนแสดงผลการแปลงเลขฐาน
2. ส่วนแสดงสถานะของลอจิกเกต
3. ส่วนแสดงสถานะวงจรคอมไบเนชัน




รูปที่ 3.1 แผงวงจรดิจิตอล

**3.1.1 ส่วนแสดงผลการแปลงเลขฐาน**

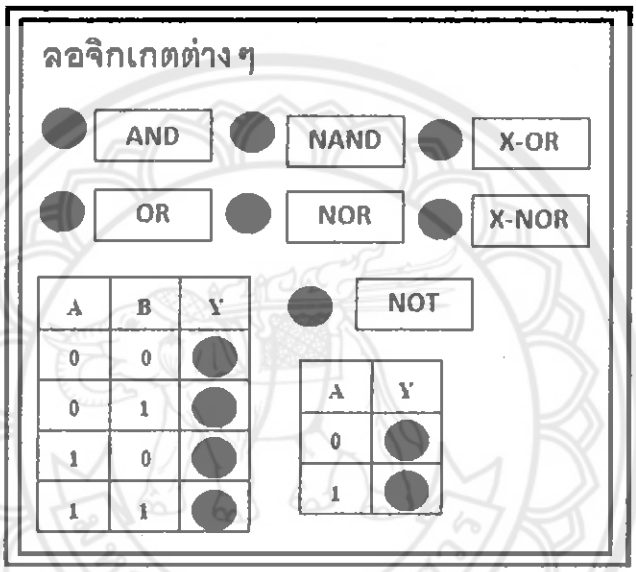
ในส่วนนี้แผงวงจรดิจิตอลจะแสดงเลขฐานคือเลขฐานสอง เลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก รหัสบีซีดี และรหัสเกินสาม โดยเลขฐานสอง รหัสเกินสาม และรหัสบีซีดีจะแสดงผ่านไดโอดเปล่งแสง ส่วนเลขฐานสิบและเลขฐานสิบหกจะแสดงผ่านตัวแสดงผลเจ็ดส่วนดังรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.2** แสดงผลการแปลงเลขฐาน

### 3.1.2 ส่วนแสดงสถานะของลอจิกเกต

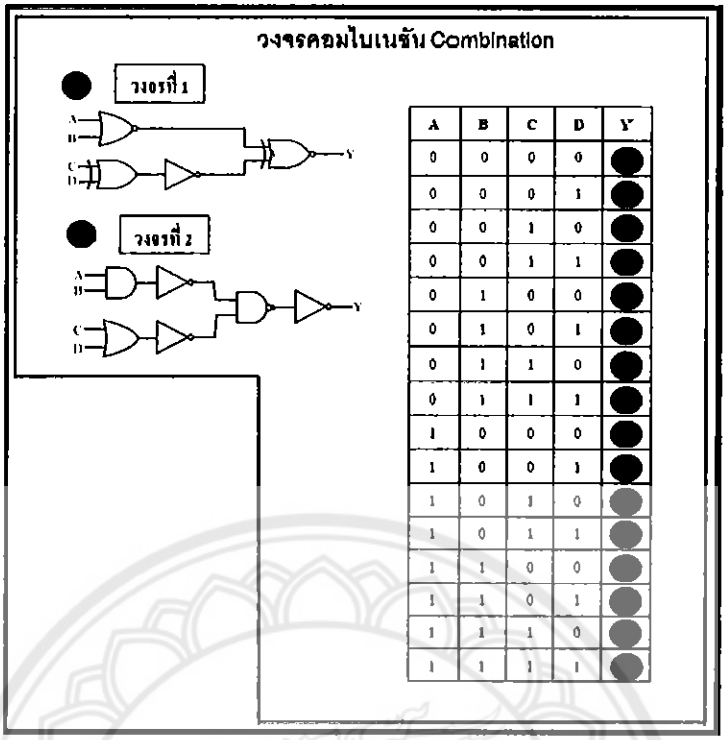
การแสดงสถานะของลอจิกเกตนั้นจะแสดงผ่านไดโอดเปล่งแสงสีเขียวและสีแดงโดยที่ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวจะแสดงการเลือกการทำงานของลอจิกเกตต่างๆ ส่วนไดโอดเปล่งแสงสีเขียวจะแสดงการสถานะตามการทำงานของลอจิกเกตที่ถูกควบคุมจากโปรแกรมแลบวิว ซึ่งแอนด์เกต ออร์เกต นอร์เกต แนนด์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และเอ็กซ์คลูซิฟนออร์เกต จะมีสองอินพุตส่วนนอตเกตจะมีเพียงอินพุตเดียว ดังรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 แสดงสถานะลอจิกเกตต่างๆ

### 3.1.3 ส่วนแสดงสถานะวงจรคอมไบเนชัน

วงจรคอมไบเนชันจะมีสองวงจรคือวงจรที่ 1 และวงจรที่ 2 ซึ่งถูกแสดงด้วยไดโอดเปล่งแสงสีเขียว ในแต่ละวงจรจะมีสี่อินพุตซึ่ง ในการแสดงสถานะนั้นจะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงเป็นตัวแสดงผลและสามารถแสดงผลได้ทั้งหมดสิบหกแบบดังรูปที่ 3.4



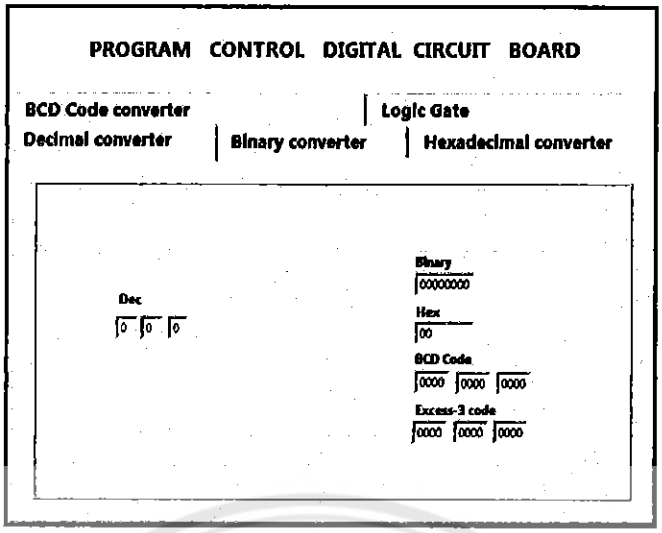

| A | B | C | D | Y |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | |

รูปที่ 3.4 แสดงสถานะของวงจรคอมไบเนชัน

## 3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของแผงวงจรดิจิตอล

หน้าต่างโปรแกรมแลบวิวที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานสามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

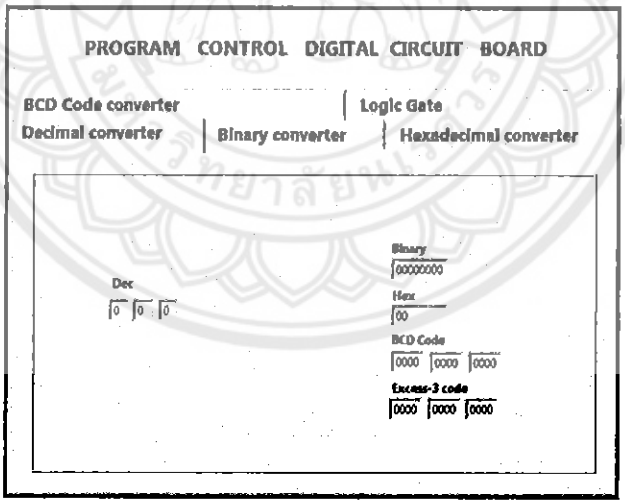
1. ตัวแปลงเลขฐานสิบ
2. ตัวแปลงเลขฐานสอง
3. ตัวแปลงเลขฐานสิบหก
4. ตัวแปลงรหัสบีซีดี
5. ลอจิกเกต




รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน

3.2.1 ตัวแปลงเลขฐานสิบ

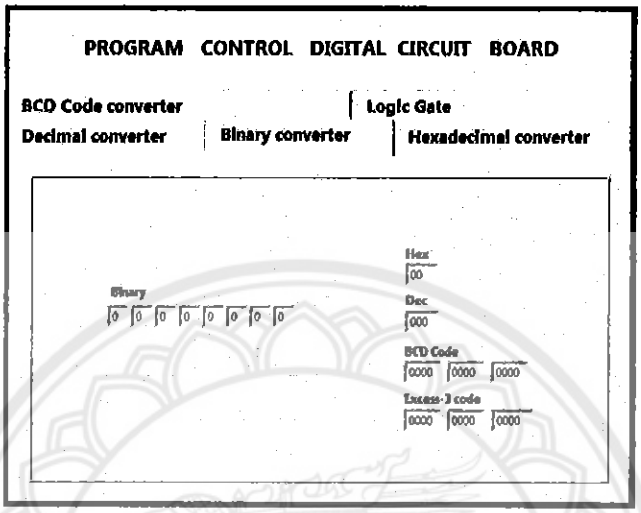
เป็นหน้าต่างสำหรับการแปลงเลขฐานสิบไปเป็นเลขฐานอื่นๆ โดยผู้ใช้งานสามารถใส่ค่าเลขฐานสิบที่ต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานอื่นๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.6




**รูปที่ 3.6** ตัวแปลงเลขฐานสิบ

**3.2.2 ตัวแปลงเลขฐานสอง**

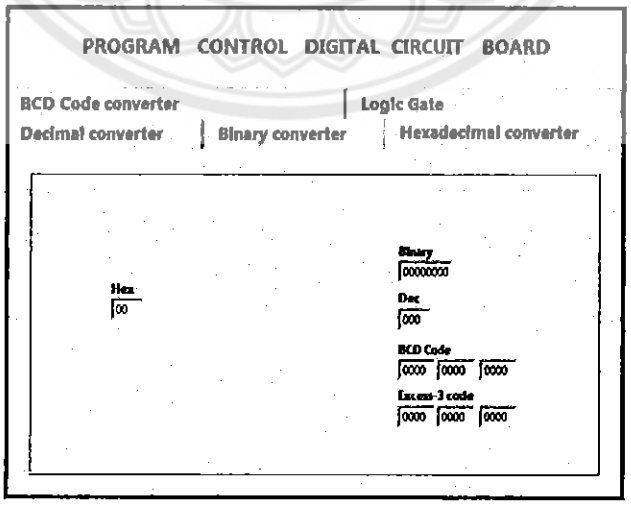
เป็นหน้าต่างสำหรับการแปลงเลขฐานสองไปเป็นเลขฐานอื่นๆ โดยผู้ใช้งานสามารถใส่ค่าเลขฐานสองแปดบิตที่ต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานอื่นๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.7




รูปที่ 3.7 ตัวแปลงเลขฐานสอง

**3.2.3 ตัวแปลงเลขฐานสิบหก**

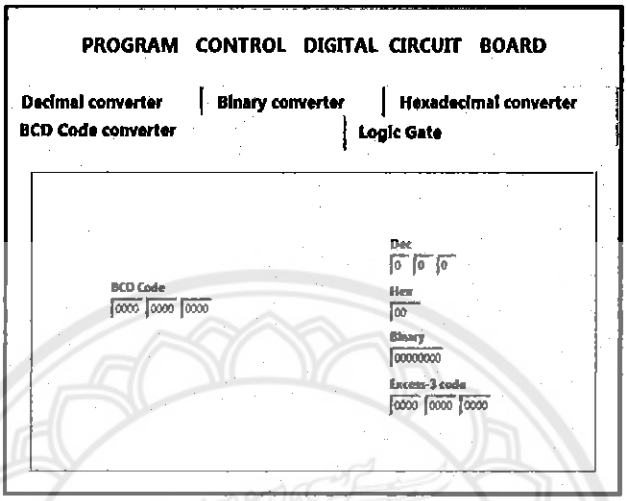
เป็นหน้าต่างสำหรับการแปลงเลขฐานสิบหกไปเป็นเลขฐานอื่นๆ โดยผู้ใช้งานสามารถใส่ค่าเลขฐานสิบหกที่ต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานอื่นๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.8 ตัวแปลงเลขฐานสิบหก**

**3.2.4 ตัวแปลงรหัสบีซีดี**

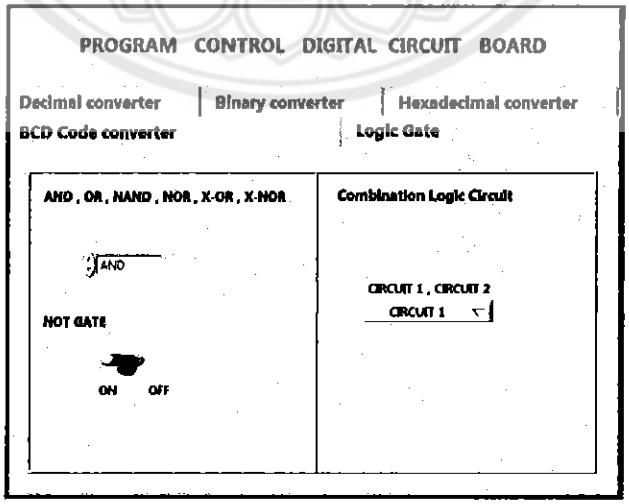
เป็นหน้าต่างสำหรับการแปลงรหัสบีซีดีไปเป็นเลขฐานอื่นๆ โดยผู้ใช้งานสามารถใส่รหัสบีซีดีที่ต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานอื่นๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.9




รูปที่ 3.9 ตัวแปลงรหัสบีซีดี

**3.2.5 ลอจิกเกต**

เป็นหน้าต่างสำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกดูการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและรวมถึงการทำงานของวงจรคอมไบเนชันทั้งสองวงจร ดังรูปที่ 3.10



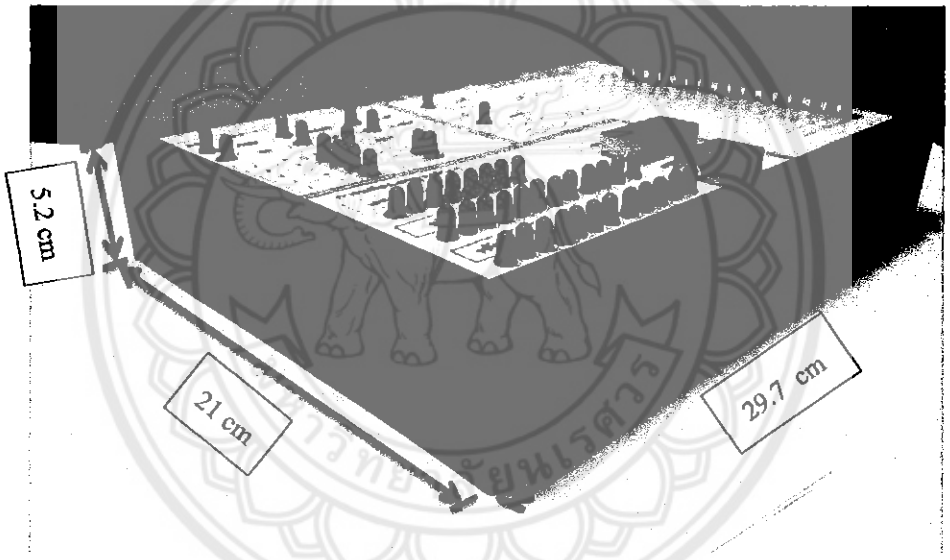

**รูปที่ 3.10 ลอจิกเกต**

## 3.3 การสร้างแผงวงจรดิจิตอล

โครงสร้างของแผงวงจรดิจิตอลนั้นจะเน้นใช้วัสดุที่เบา และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย โดยแผงวงจรดิจิตอลนั้นจะประกอบไปด้วย ส่วนของกล่องเก็บแผงวงจรดิจิตอล ส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้แสดงสถานะต่างๆของแผงวงจรดิจิตอล และส่วนของวงจรที่เกี่ยวข้อง

### 3.3.1 ส่วนของกล่องเก็บแผงวงจรดิจิตอล

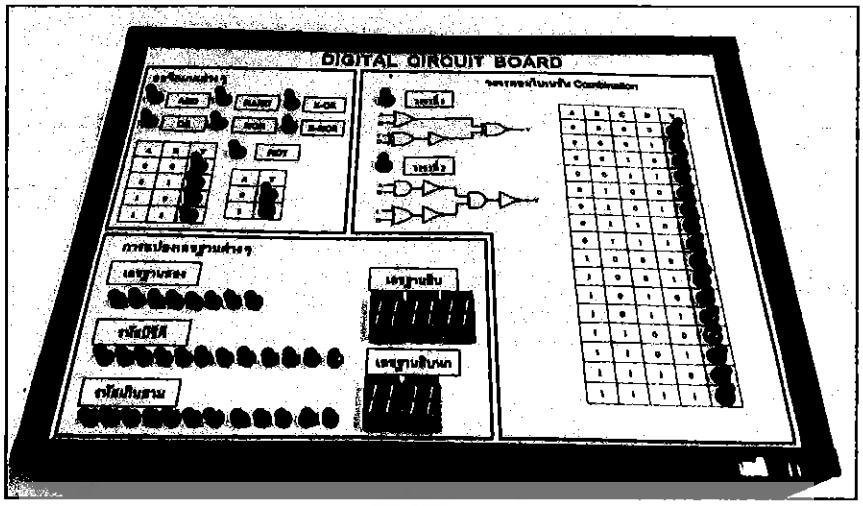
ส่วนของกล่องเก็บแผงวงจรดิจิตอลนั้นจะใช้แผ่นอะคริลิกในการสร้าง และขนาดของกล่องเก็บแผงวงจรมีขนาดเท่ากับ 21 × 29.7 × 5.2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.11




รูปที่ 3.11 แสดงขนาดของกล่องเก็บแผงวงจร

### 3.3.2 ส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงสถานะ

ส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้แสดงสถานะนั้นจะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวทั้งหมด 9 ตัวโดยใช้แสดงสถานะของลอจิกเกตต่างๆ 7 ตัว และแสดงสถานะของวงจรคอมไบเนชัน 2 ตัว ไดโอดเปล่งแสงสีแดงใช้ทั้งหมด 54 ตัว โดยใช้แสดงสถานะของลอจิกเกตต่างๆ 6 ตัว แสดงสถานะของวงจรคอมไบเนชัน 16 ตัว และแสดงสถานะ การทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆ 32 ตัว และตัวแสดงผลเจ็ดส่วนที่ใช้แสดงสถานะ การทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆอีก 5 ตัวดังรูปที่ 3.12

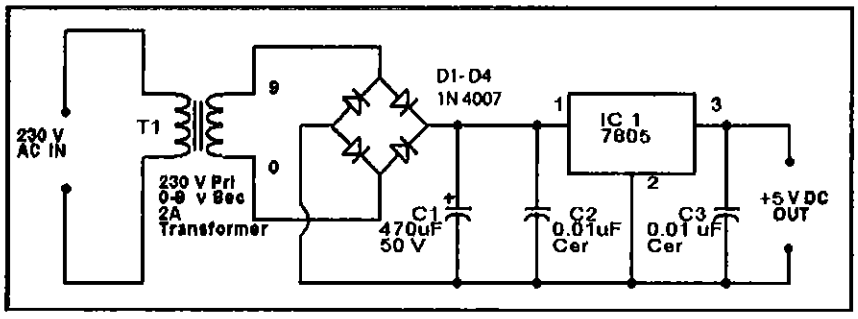



รูปที่ 3.12 แผงวงจรดิจิตอล

### 3.3.3 ส่วนของวงจรที่เกี่ยวข้อง

#### 3.3.3.1 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

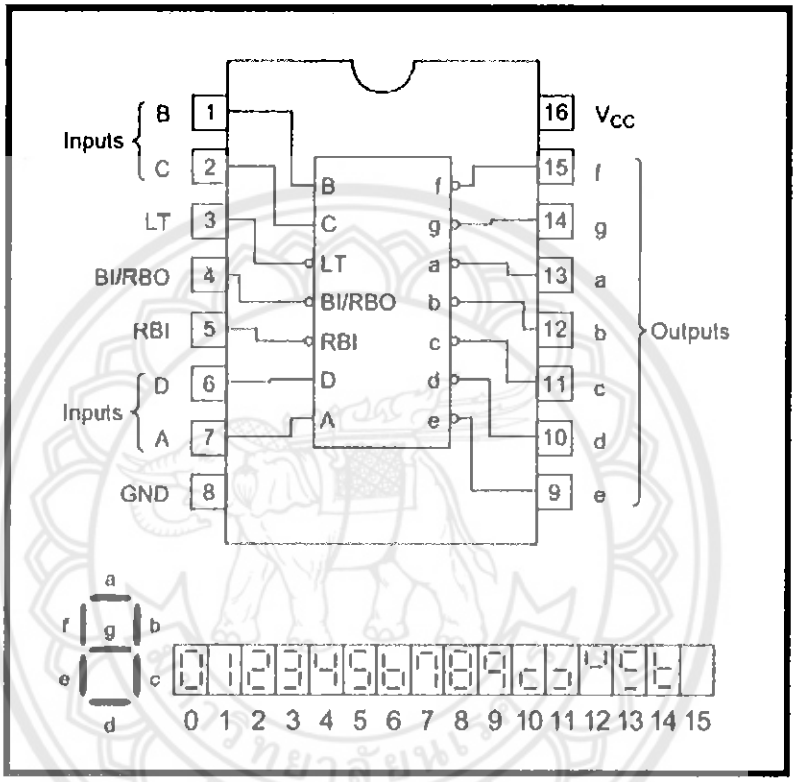
วงจรแปลงไฟ คือ วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับแผงวงจรดิจิตอลแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นกระแสตรง 9 โวลต์ จ่ายไฟผ่านหม้อแปลงเพื่อลดทอนแรงดัน ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่าย และต่อตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด เพื่อให้แรงดันที่ออกมามีค่าคงที่มากขึ้นและเป็นอินพุตของไอซีหมายเลข 7805 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดัน ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด 5โวลต์ เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับแผงวงจรดิจิตอลแสดงในรูปที่ 3.13




**รูปที่ 3.13** วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

### 3.3.3.2 วงจรถอดรหัสที่ใช้ขับตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

ไอซีที่ใช้เป็นวงจรถอดรหัสและเป็นตัวขับตัวแสดงผลเจ็ดส่วน คือ เบอร์ 7447 มีข้อมูลแสดงในรูปที่ 3.14 เป็นไอซีถอดรหัสที่มี 4 อินพุต และเอาท์พุตมี 7 ขา มีขาควบคุม 2 ขา คือ $\overline{LT}$ และ $\overline{RBI}$



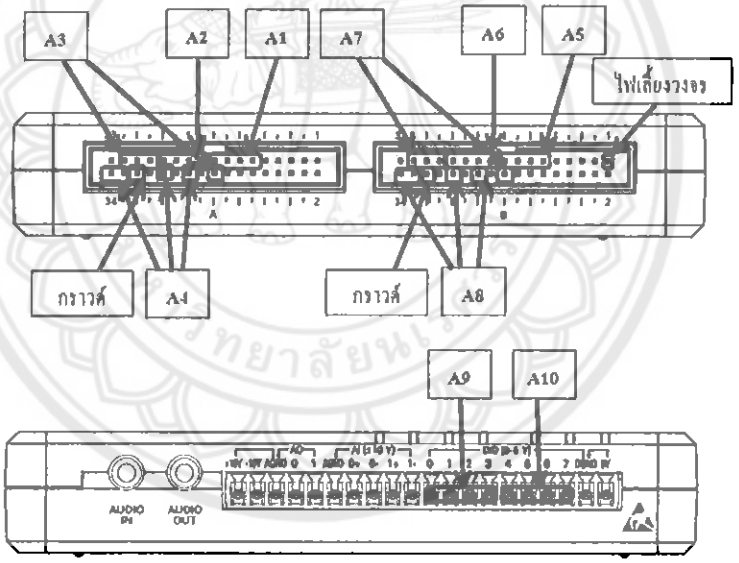

รูปที่ 3.14 ข้อมูลของไอซีเบอร์ 7447

## 3.4 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลกับโปรแกรมควบคุม

การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลเข้ากับโปรแกรมควบคุมจะแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็นสองชุด คือ การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนการแปลงเลขฐานต่างๆเป็นชุด A กับโปรแกรมควบคุม และการเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและวงจรคอมไบเนชันเป็นชุด B เพราะเอาท์พุตของเอ็นไอมายริโอมีเอาท์พุตเพียง 40 ขาเท่านั้น

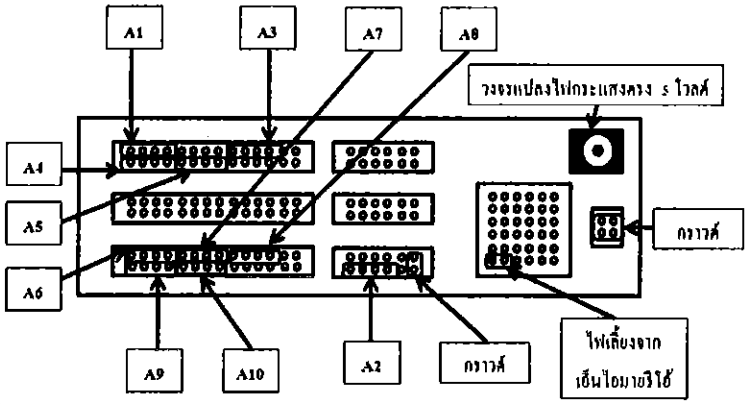
### 3.4.1 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนการแปลงเลขฐานต่างๆ

การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนแปลงเลขฐานต่างๆนั้นจะใช้เอาท์พุตจากเอ็นไอมายริโอ้ทั้งหมด 40 พินประกอบไปด้วย A1 ถึง A10 และพินไฟเลี้ยงออกจากเอ็นไอมายริโอ 5 โวลต์ 1 พิน และกราวด์อีก 2 พินซึ่งจะนำไปต่อกับแผงวงจรดิจิตอล ดังรูปที่ 3.15




**รูปที่ 3.15** การเชื่อมต่อเอาท์พุตจากเอ็นไอ มายริโอ้ A

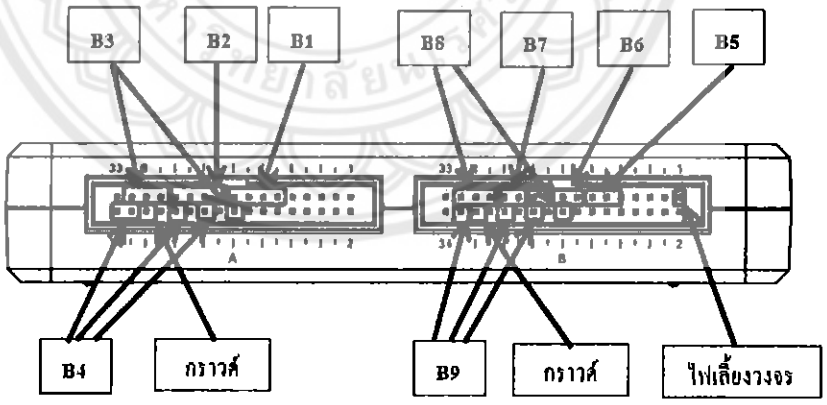
การเชื่อมต่อเข้าอินพุตของแผงวงจรดิจิตอลใช้อินพุตทั้งหมด 40 พินประกอบไปด้วย A1 ถึง A10 ไฟเลี้ยงรับจากเอ็นไอมายริโอ้ 5 โวลต์ 1 พิน กราวด์ 2 พิน และไฟเลี้ยงจากวงจรแปลงไฟกระแสตรงอีก 5 โวลต์ซึ่งจะนำไปต่อกับเอ็นไอ มายริโอ้ ดังรูปที่ 3.16




**รูปที่ 3.16** การเชื่อมต่ออินพุตเข้าแผงวงจรดิจิตอล A

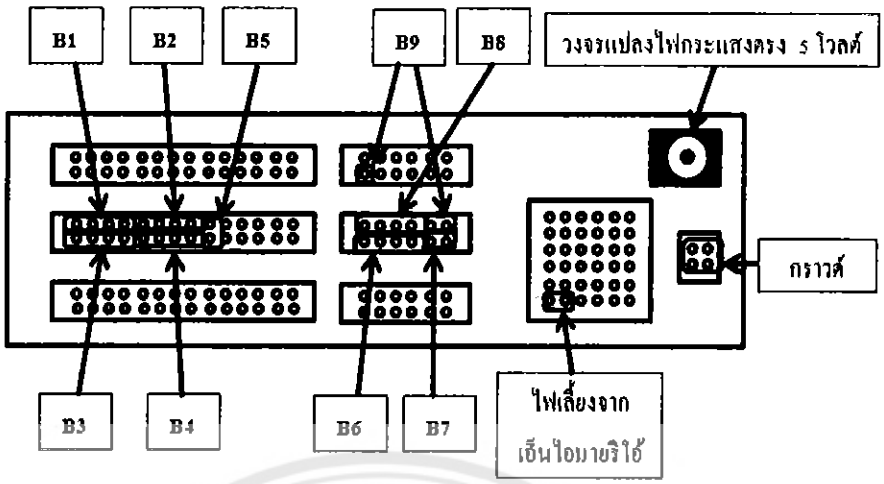
### 3.4.2 การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนของลอจิกเกต และวงจรคอมไบเนชัน

การเชื่อมต่อแผงวงจรดิจิตอลในส่วนของลอจิกเกต และวงจรคอมไบเนชันนั้นจะใช้เอาท์พุตจากเอ็นไอมายริโอ้ทั้งหมด 31 พินประกอบไปด้วย B1 ถึง B9 และพินไฟเลี้ยงออกจากเอ็นไอมายริโอ 5 โวลต์ 1 พิน และกราวด์อีก 1 พินซึ่งจะนำไปต่อกับแผงวงจรดิจิตอล ดังรูปที่ 3.17




**รูปที่ 3.17** การเชื่อมต่อเอาท์พุตจากเอ็นไอ มายริโอ้ B

การเชื่อมต่อเข้าอินพุตของแผงวงจรดิจิตอลใช้อินพุตทั้งหมด 31 พินประกอบไปด้วย B1 ถึง B9 ไฟเลี้ยงรับจากเอ็นไอมายริโอ้ 5 โวลต์ 1 พิน กราวด์ 1 พิน และไฟเลี้ยงจากวงจรแปลงไฟกระแสตรงอีก 5 โวลต์ซึ่งจะนำไปต่อกับเอ็นไอ มายริโอ้ ดังรูปที่ 3.18




**รูปที่ 3.18** การเชื่อมต่ออินพุตเข้าแผงวงจรดิจิตอล B

# บทที่ 4

# ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการทำงานและได้ลงมือสร้างแผงวงจรดิจิตอล โดยในบทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของแผงวงจรดิจิตอลโดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและวงจรคอมไบเนชัน

2. การทดสอบการทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆ

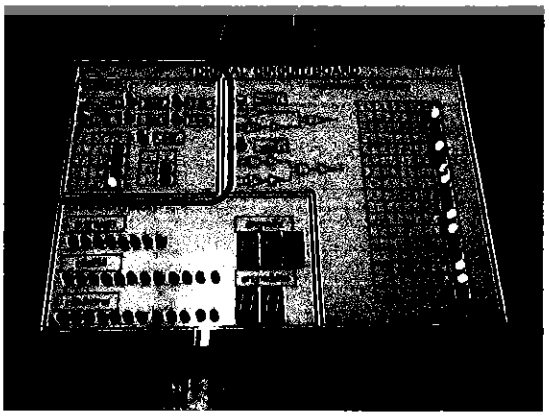
## 4.1 การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและวงจรคอมไบเนชัน

การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆและวงจรคอมไบเนชันนั้นจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆ และการทำงานของวงจรคอมไบเนชัน

### 4.1.1 การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆ

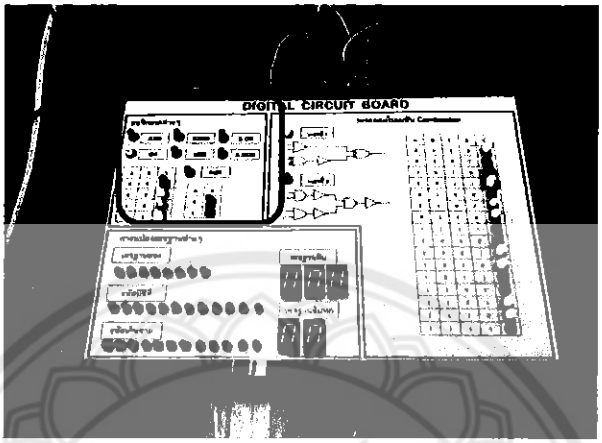
การทดสอบการทำงานของลอจิกเกตต่างๆนั้นจะทดสอบลอจิกเกตทั้งหมด 7 เกตคือแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และนอตเกตตามที่เขียนโปรแกรมในแลบวิว

การทดสอบการทำงานของแอนด์เกตเมื่อผู้ใช้งานเลือกแอนด์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงแอนด์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของแอนด์เกต ดังรูปที่ 4.1



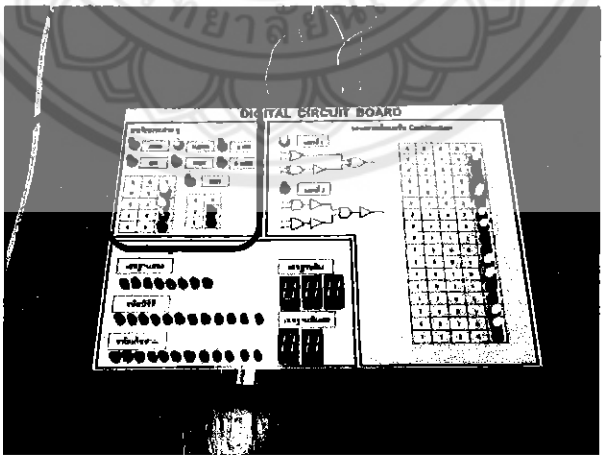
**รูปที่ 4.1** แสดงการทำงานของแอนด์เกต

การทดสอบการทำงานของออร์เกตเมื่อผู้งานใช้เลือกออร์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงออร์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของออร์เกต ดังรูปที่ 4.2



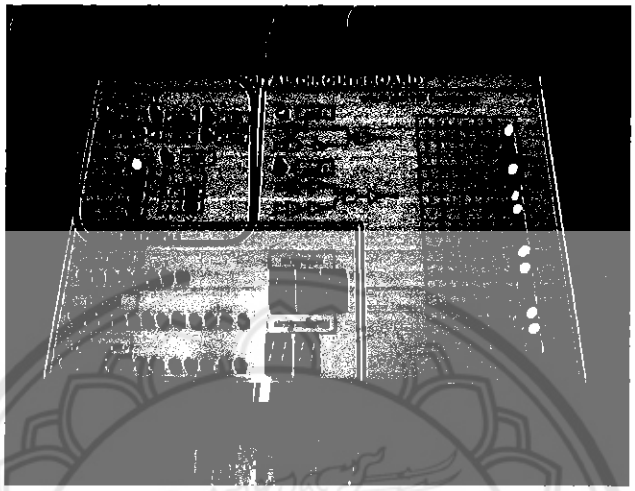

**รูปที่ 4.2** แสดงการทำงานของออร์เกต

การทดสอบการทำงานของแนนด์เกตเมื่อผู้ใช้งานเลือกแนนด์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงแนนด์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของแนนด์เกต ดังรูปที่ 4.3



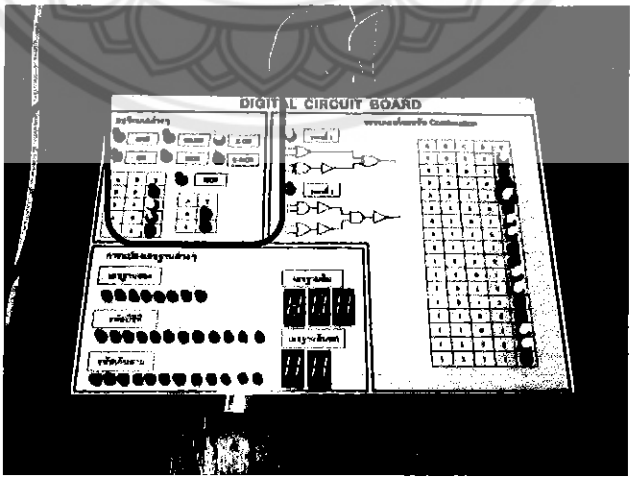

**รูปที่ 4.3** แสดงการทำงานของแนนด์เกต

การทดสอบการทำงานของนอร์เกตเมื่อผู้ใช้งานเลือกนอร์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงนอร์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของนอร์เกต ดังรูปที่ 4.4



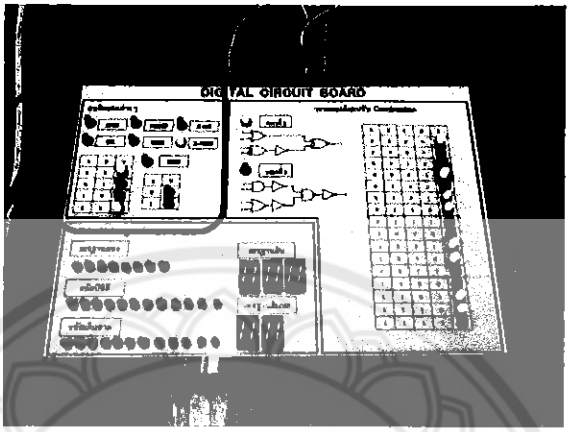
รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานของนอร์เกต

การทดสอบการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตเมื่อผู้ใช้งานเลือกเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต ดังรูปที่ 4.5



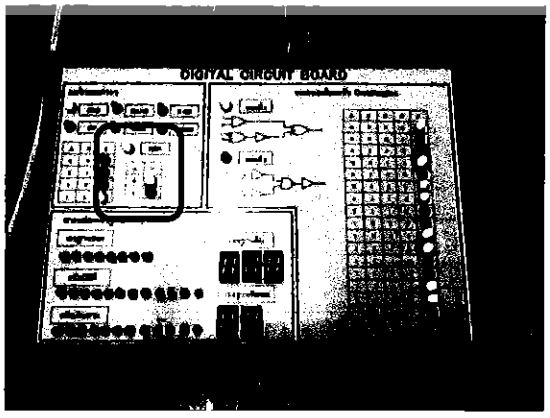

**รูปที่ 4.5** แสดงการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต

การทดสอบการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตเมื่อผู้ใช้งานเลือกเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต ดังรูปที่ 4.6




**รูปที่ 4.6** แสดงการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต

การทดสอบการทำงานของนอตเกตเมื่อผู้ใช้งานต้องการดูการทำงานของนอตเกต ในโปรแกรมแลบวิวมีสองสถานะคือ เปิดการทำงาน (ON) ของนอตเกต ปิดการทำงาน (OFF) ของนอตเกต ถ้าเลือกปิดการทำงาน ไดโอดเปล่งแสงทั้งสีเขียวและสีแดงจะดับ ถ้าเลือกเปิดการทำงาน ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงนอตเกตจะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะ การทำงานของนอตเกต ดังรูปที่ 4.7




**รูปที่ 4.7** แสดงการทำงานของนอตเกต

**สรุปผลการทดสอบ**

การทดสอบการทำงานของแอนด์เกต จากรูปที่ 4.1 สรุปได้ว่า แอนด์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ดับ ดับ ดับ ติด ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 1 (ไดโอดเปล่งแสงไฟติด) ได้เพียงกรณีเดียวคือทุกๆอินพุตจะต้องเป็นลอจิก 1 และเอาท์พุตจะเป็นลอจิก 0 (ไดโอดเปล่งแสงไฟดับ) ถ้าแม้เพียงตัวเดียวของอินพุตเป็นลอจิก 0

การทดสอบการทำงานของออร์เกต จากรูปที่ 4.2 สรุปได้ว่า ออร์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ดับ ติด ติด ติด ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงถ้าอินพุตตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมดเป็นลอจิก 1 เอาท์พุตจะเป็นลอจิก 1 ทันที และเอาท์พุตจะเป็นลอจิก 0 เพียงกรณีเดียวคือทุกๆอินพุตของออร์เกตเป็นลอจิก 0

การทดสอบการทำงานของแนนด์เกต จากรูปที่ 4.3 สรุปได้ว่า แนนด์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ติด ติด ติด ดับ ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 0 ได้เพียงกรณีเดียวคือทุกๆอินพุตจะต้องเป็นลอจิก 1 และเอาท์พุตจะเป็นลอจิก 1 ถ้าแม้เพียงตัวเดียวของอินพุตเป็นลอจิก 0 ซึ่งจะพบว่าแนนด์เกตมีการทำงานตรงข้ามกับแอนด์เกต

การทดสอบการทำงานของนอร์เกต จากรูปที่ 4.4 สรุปได้ว่า นอร์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ติด ดับ ดับ ดับ ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงเอาท์พุตจะเป็นลอจิก 1 ได้เพียงกรณีเดียวคือทุกๆอินพุตจะต้องเป็นลอจิก 0 และเอาท์พุตจะเป็นลอจิก 0 ถ้าแม้เพียงตัวเดียวของอินพุตเป็นลอจิก 1 ซึ่งจะพบว่านอร์เกตมีการทำงานตรงข้ามกับออร์เกต

การทดสอบการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต จากรูปที่ 4.5 สรุปได้ว่า เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ดับ ติด ติด ดับ ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงถ้าอินพุตเหมือนกันเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าอินพุตไม่เหมือนกันเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 1

การทดสอบการทำงานของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต จากรูปที่ 4.6 เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ติด ดับ ดับ ติด ตามลำดับ

จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงถ้าอินพุตเหมือนกันเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 1 แต่ถ้าอินพุตไม่เหมือนกันเอาท์พุตที่ได้จะเป็นลอจิก 0 ซึ่งจะพบว่าเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกตมีการทำงานตรงข้ามกับเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต

การทดสอบการทำงานของนอตเกต จากรูปที่ 4.7 สรุปได้ว่า นอตเกตซึ่งมีเพียงอินพุต 1 อินพุต เอาท์พุตที่ได้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะเป็น ติด ดับ ตามลำดับ จากการแสดงสถานะของไดโอดเปล่งแสงเอาท์พุตที่ได้จะตรงข้ามกับอินพุตเสมอ

จากการทดสอบการทำงานจองลอจิกเกตต่างๆสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

**ตารางที่ 4.1** แสดงผลการทดสอบการทำงานของแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต

| อินพุต | | เอาต์พุต | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | แอนด์เกต | ออร์เกต | แนนด์เกต | นอร์เกต | เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต | เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต |
| A | B | Y | Y | Y | Y | Y | Y |
| 0 | 0 | ดับ | ดับ | ติด | ติด | ดับ | ติด |
| 0 | 1 | ดับ | ติด | ติด | ดับ | ติด | ดับ |
| 1 | 0 | ดับ | ติด | ติด | ดับ | ติด | ดับ |
| 1 | 1 | ติด | ติด | ดับ | ดับ | ดับ | ติด |

หมายเหตุ: ติด หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟสว่าง

ดับ หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟไม่สว่าง

**ตารางที่ 4.2** แสดงผลการทดสอบการทำงานของนอตเกต

| อินพุต | เอาท์พุต | ไฟแสดงผล |
|---|---|---|
| A | Y | Y |
| 0 | 1 | ติด |
| 1 | 0 | ดับ |

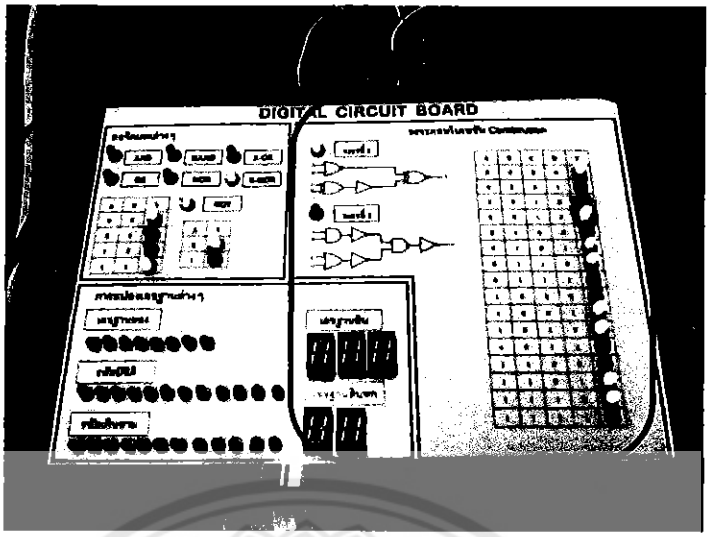
หมายเหตุ: ติด หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟสว่าง

ดับ หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟไม่สว่าง

### 4.1.2 การทดสอบการทำงานวงจรคอมไบเนชัน

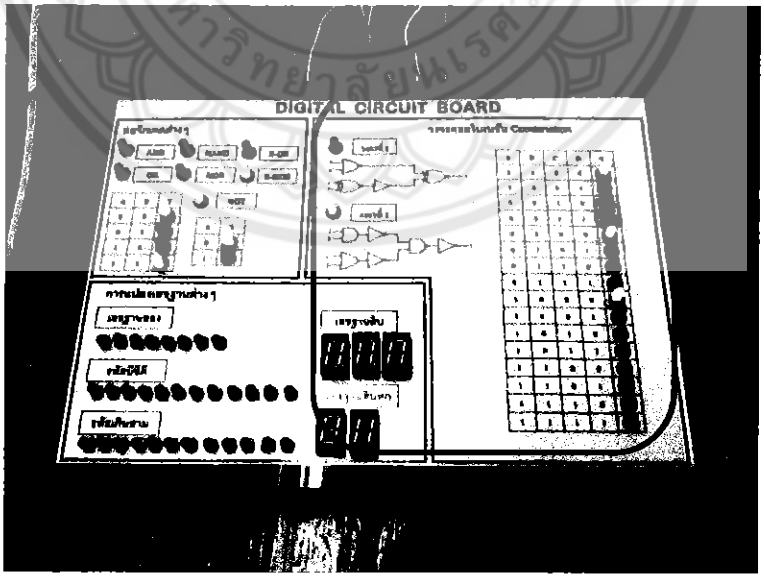
การทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันนั้นจะทดสอบโดยการนำลอจิกเกตทั้งหมด 7 เกตคือแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต และนอตเกตมาต่อกันเป็นวงจรเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการมี 2 วงจรคือวงจรที่ 1 และวงจรที่ 2 การตามที่เขียนโปรแกรมในแลบวิว

การทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันเมื่อผู้ใช้งานเลือกวงจรที่ 1 ในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงวงจรที่ 1 จะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะการทำงานของวงจรที่ 1 ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยนอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต และนอตเกตต่อรวมกันซึ่งมีอินพุต 4 อินพุต เอาท์พุตที่ได้มีทั้งหมด 16 รูปแบบดังรูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.8** แสดงการทำงานของวงจรที่ 1

การทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันเมื่อผู้ใช้งานเลือกวงจรที่ 2 ในโปรแกรมแลบวิว ผลที่ได้คือ ไดโอเปล่งแสงสีเขียวตรงวงจรที่ 2 จะติด และไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะแสดงสถานะการทำงานของวงจรที่ 2 ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต และนอตเกตต่อรวมกันซึ่งมีอินพุต 4 อินพุต เอาท์พุตที่ได้มีทั้งหมด 16 รูปแบบดังรูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.9** แสดงการทำงานของวงจรที่ 2

จากการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** แสดงผลการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชัน

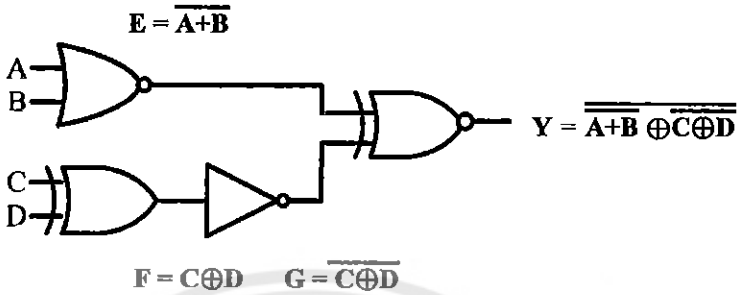
| อินพุต | | | | เอาท์พุต | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 |
| A | B | C | D | Y | Y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | ติด | ติด |
| 0 | 0 | 0 | 1 | ดับ | ดับ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | ดับ | ดับ |
| 0 | 0 | 1 | 1 | ติด | ดับ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | ดับ | ติด |
| 0 | 1 | 0 | 1 | ติด | ดับ |
| 0 | 1 | 1 | 0 | ติด | ดับ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | ดับ | ดับ |
| 1 | 0 | 0 | 0 | ดับ | ติด |
| 1 | 0 | 0 | 1 | ติด | ดับ |
| 1 | 0 | 1 | 0 | ติด | ดับ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | ดับ | ดับ |
| 1 | 1 | 0 | 0 | ดับ | ดับ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | ติด | ดับ |
| 1 | 1 | 1 | 0 | ติด | ดับ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | ดับ | ดับ |

หมายเหตุ: ติด หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟสว่าง

ดับ หมายถึง ไดโอดเปล่งแสงไฟไม่สว่าง

<u>วิธีตรวจการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันโดยใช้ทฤษฎี</u>

วิธีตรวจสอบวงจรที่ 1 โดยใช้ทฤษฎีวงจรคอมไบเนชันเป็นวงจรที่เกิดจากการนำลอจิกเกตต่างๆมาต่อรวมกันทำให้เกิดฟังชันก์ลอจิกขึ้นมาใหม่แสดงรูปที่ 4.10




รูปที่ 4.10 วงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 1 จากทฤษฎี

หมายเหตุ: ⊕ สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต $\overline{\ldots+\ldots}$ สัญลักษณ์ของนอร์เกต

$\overline{\ldots\oplus\ldots}$ สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซิฟนอร์เกต $\overline{\ldots}$ สัญลักษณ์ของนอตเกต

วงจรคอมไบเนชันที่เกิดขึ้นจะถูกวิเคราะห์จากอินพุตไปเอาท์พุตมีสมการดังนี้

$$E = \overline{A+B} \tag{4.1}$$

$$F = C \oplus D \tag{4.2}$$

$$G = \overline{C \oplus D} \tag{4.3}$$

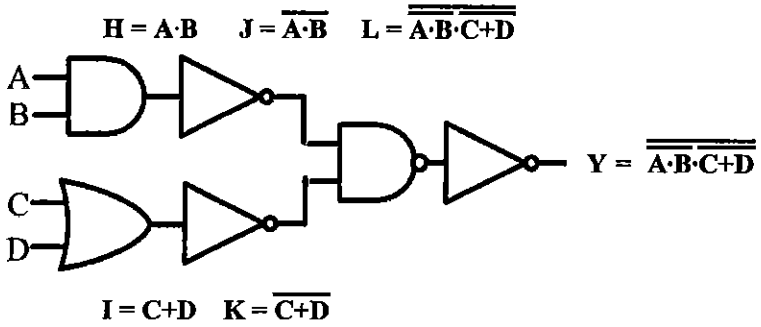
$$Y = \overline{\overline{A+B} \oplus \overline{C \oplus D}} \tag{4.4}$$

จากสมการสามารถแสดงตารางค่าความจริงได้ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** แสดงตารางค่าความจริงของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 1

| อินพุต | | | | | | | เอาท์พุต |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | วงจรที่ 1 |
| A | B | C | D | E | F | G | Y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

วิธีตรวจสอบวงจรที่ 2 โดยใช้ทฤษฎีวงจรคอมไบเนชันเป็นวงจรที่เกิดจากการนำลอจิกเกต ต่างๆมาต่อรวมกันทำให้เกิดฟังชันก์ลอจิกขึ้นมาใหม่แสดงรูปที่ 4.11




**รูปที่ 4.11** วงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 2 จากทฤษฎี

หมายเหตุ: · สัญลักษณ์ของแอนด์เกต + สัญลักษณ์ของออร์เกต

$\overline{\cdots\cdot\cdots}$ สัญลักษณ์ของแนนด์เกต $\overline{\cdots}$ สัญลักษณ์ของนอตเกต

วงจรคอมไบเนชันที่เกิดขึ้นจะถูกวิเคราะห์จากอินพุตไปเอาท์พุตมีสมการดังนี้

$$H = A \cdot B \tag{4.5}$$

$$I = C + D \tag{4.6}$$

$$J = \overline{A \cdot B} \tag{4.7}$$

$$K = \overline{C + D} \tag{4.8}$$

$$L = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{C + D}} \tag{4.9}$$

$$Y = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{C + D}} \tag{4.10}$$

จากสมการสามารถแสดงตารางค่าความจริงได้ดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** แสดงตารางค่าความจริงของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 2

| อินพุต | | | | | | | | | เอาท์พุต |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | วงจรที่ 2 |
| A | B | C | D | H | I | J | K | L | Y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

**สรุปผลการทดสอบ**

จากการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 1 ตารางที่ 4.3 ไดโอดเปล่งแสงแสดงผลเป็นติด ดับ ซึ่งไดโอดเปล่งแสงไฟติดเทียบเท่ากับลอจิก 1 ในทฤษฎี และไดโอดเปล่งแสงไฟดับเทียบเท่ากับลอจิก 0 ในทฤษฎี ผลที่ได้จากตารางที่ 4.3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.4

ซึ่งเป็นตารางที่ได้จากทฤษฎี จะเห็นได้ว่า มีค่าตรงกันดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวงจรที่ 1 สามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎี

จากการทดสอบการทำงานของวงจรคอมไบเนชันวงจรที่ 2 ตารางที่ 4.3 ไดโอดเปล่งแสงแสดงผลเป็นติด ดับ ซึ่งไดโอดเปล่งแสงไฟติดเทียบเท่ากับลอจิก 1 ในทฤษฎี และไดโอดเปล่งแสงไฟดับเทียบเท่ากับลอจิก 0 ในทฤษฎี ผลที่ได้จากตารางที่ 4.3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นตารางที่ได้จากทฤษฎี จะเห็นได้ว่า มีค่าตรงกันดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวงจรที่ 2 สามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎี

## 4.2 การทดสอบการทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆนั้นจะแบ่งการทดสอบตามตัวแปลงเลขฐานดังนี้ ตัวแปลงเลขฐานสิบ ตัวแปลงเลขฐานสอง ตัวแปลงเลขฐานสิบหก และตัวแปลงรหัสบีซีดี การทดสอบนั้นจะทดสอบโดยการสุ่มตัวเลขมา 5 ค่าสำหรับการทดสอบของแต่ละตัวแปลงเลขฐานดังตารางที่ 4.6

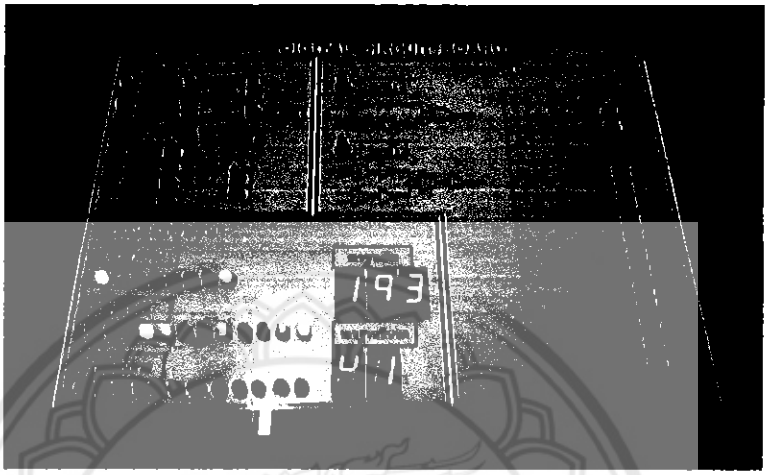
ตารางที่ 4.6 ตัวเลขที่ใช้ในการทดสอบการแปลงเลขฐานต่างๆ

| เลขฐานสิบ | เลขฐานสอง | เลขฐานสิบหก | รหัสบีซีดี |
|---|---|---|---|
| 193 | 11001001 | 7B | 0001 0010 0101 |
| 087 | 00000011 | A9 | 0000 0011 1001 |
| 162 | 10001000 | 56 | 0000 0010 0110 |
| 183 | 01010110 | F3 | 0000 0101 0000 |
| 235 | 01011101 | C6 | 0000 0100 1000 |

### 4.2.1 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบ

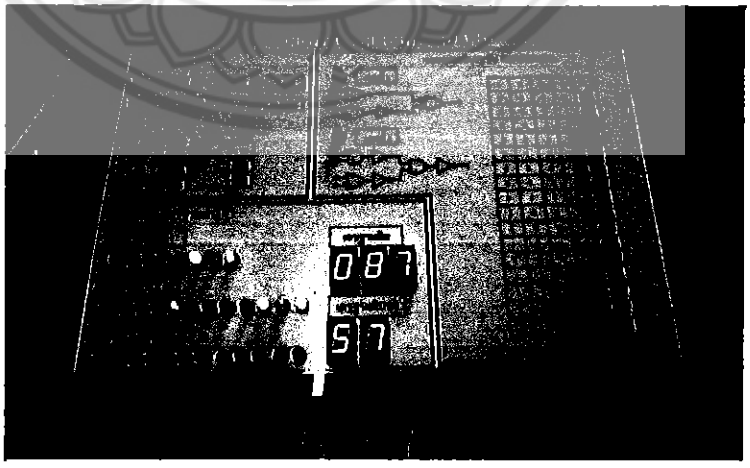
การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบจะใช้ตัวเลขทั้งหมด 5 ค่าตามตารางที่ 4.6 ซึ่งมีตัวเลขดังต่อไปนี้ 193 87 162 183 และ 235 ซึ่งเป็นเลขฐานสิบใส่ตัวเลขแต่ละค่าลงในโปรแกรมแลบวิวเพื่อต้องการแปลงเป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสิบใส่ค่า 193 ผลที่ได้เลขฐานสองเป็น 11000001 เลขฐานสิบหกเป็น C1 รหัสบีซีดีเป็น 0001 1001 0011 รหัสเกินสามไม่แสดงเนื่องจากเอาท์พุทของเอ็นไอมายริโอ้ไม่เพียงพอ ดังรูปที่ 4.12



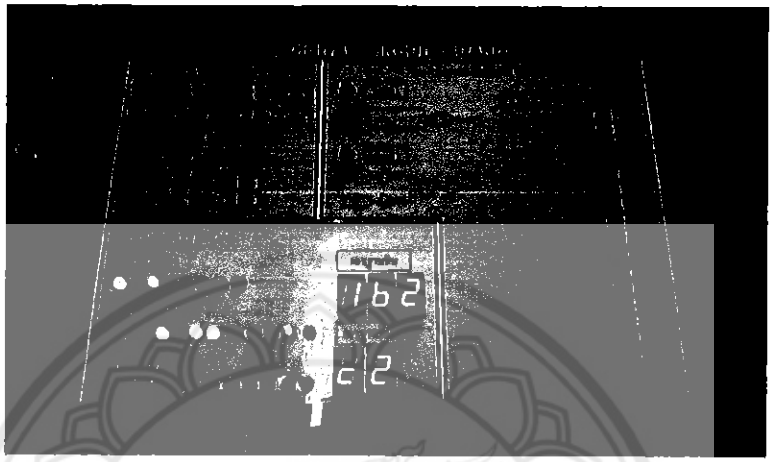

**รูปที่ 4.12** แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 193 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสิบใส่ค่า 087 ผลที่ได้เลขฐานสองเป็น 01010111 เลขฐานสิบหกเป็น 57 รหัสบีซีดีเป็น 0000 1000 0111 ดังรูปที่ 4.13




**รูปที่ 4.13** แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 087 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสิบใส่ค่า 162 ผลที่ได้เลขฐานสองเป็น 10100010 เลขฐานสิบหกเป็น A2 รหัสบีซีดีเป็น 0001 0110 0010 ดังรูปที่ 4.14

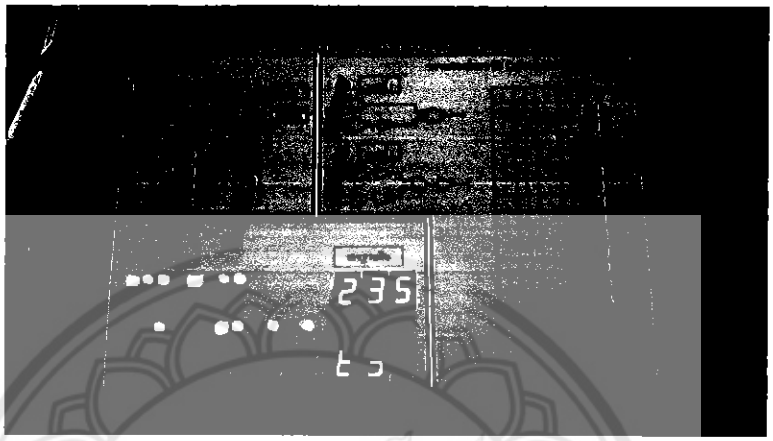


**รูปที่ 4.14** แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 162 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสิบใส่ค่า 183 ผลที่ได้เลขฐานสองเป็น 10110111 เลขฐานสิบหกเป็น B7 รหัสบีซีดีเป็น 0001 1000 0011 ดังรูปที่ 4.15

**รูปที่ 4.15** แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 183 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสิบใส่ค่า 235 ผลที่ได้เลขฐานสองเป็น 11101011 เลขฐานสิบหกเป็น EB รหัสบีซีดีเป็น 0010 0011 0101 ดังรูปที่ 4.16




รูปที่ 4.16 แสดงการแปลงเลขฐานสิบ 235 เป็นเลขฐานต่างๆ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ

| ค่าเริ่มต้น | ค่าที่ได้จากการแปลง | | | |
|---|---|---|---|---|
| เลขฐานสิบ | เลขฐานสอง | เลขฐานสิบหก | รหัสบีซีดี | รหัสเกินสาม |
| 193 | 11000001 | C1 | 0001 1001 0011 | 0100 1100 0110 |
| 087 | 01010111 | 57 | 0000 1000 0111 | 0011 1011 1010 |
| 162 | 10100010 | A2 | 0001 0110 0010 | 0100 1001 0101 |
| 183 | 10110111 | B7 | 0001 1000 0011 | 0100 1011 0110 |
| 235 | 11101011 | EB | 0010 0011 0101 | 0101 0110 1000 |

<u>วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสิบโดยทฤษฎี</u>

วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานต่างๆนั้นจะยกตัวอย่างค่าที่ทำการทดสอบมาตรวจสอบความถูกต้องโดยค่าที่ใช้ตรวจสอบคือ 193 การแปลงเลขฐานสิบไปเป็นเลขฐานสองสามารถทำได้ได้โดยการนำเลขฐานสิบเป็นตัวตั้งและนำ 2 มาหารสั้น เศษที่ได้จากการหารจะเป็นค่าเลขฐานสิบสอง

ตัวอย่าง

2 | 193 เศษ 1

2 | 96 เศษ 0

2 | 48 เศษ 0

2 | 24 เศษ 0

2 | 12 เศษ 0

2 | 6 เศษ 0

2 | 3 เศษ 1

2 | 1 เศษ 1

0

ดังนั้น $(193)_{10} = (11000001)_2$

การแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสิบหกนำเลขฐานสิบมาเป็นตัวตั้งแล้วนำ 16 มาหาร เศษที่ได้จากการหารจะเป็นค่าเลขฐานสิบหก

ตัวอย่าง

16 | 193 เศษ 1

16 | 12 เศษ 12 = C

0

C 1

ดังนั้น $(193)_{10} = (C1)_{16}$

การแปลงเลขฐานสิบเป็นรหัสบีซีดีสามารถทำได้โดยการแทนแต่ละดิจิตของฐานสิบด้วยรหัสบีซีดีจำนวนสี่บิตได้เลย

ตัวอย่าง 193 1=0001 9=1001 3=0011

ดังนั้น $(193)_{10} = (0001\ 1001\ 0011)_{\text{บีซีดี}}$

การแปลงเลขฐานสิบเป็นรหัสเกินสามก็เช่นเดียวกันกับรหัสบีซีดีแต่จะแตกต่างจากรหัสบีซีดีโดยที่รหัสเกินสามจะบวก 3 เข้าไปที่ค่าแต่ละค่าของรหัสบีซีดี

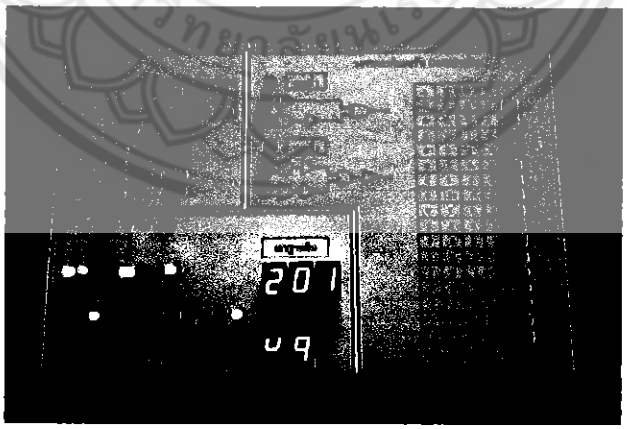
ตัวอย่าง 193 (1+3)=4 (9+3)=12 (3+3)=6 แปลงเป็นรหัสเกินสามจะได้ 4=0100 12=1100 6=0110 ดังนั้น $(193)_{10} = (0100\ 1100\ 0110)_{\text{รหัสเกินสาม}}$

จากการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานต่างๆค่าที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 4.7 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีพบว่ามีค่าตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าตัวแปลงเลขฐานสิบสามารถแปลงเป็นเลขฐานต่างๆได้

### 4.2.2 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสอง

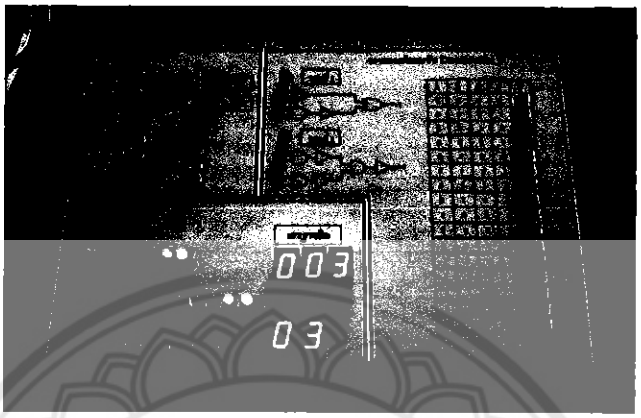
การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสองจะใช้ตัวเลขทั้งหมด 5 ค่าตามตารางที่ 4.5 ซึ่งมีตัวเลขดังต่อไปนี้ 11001001 00000011 10001000 01010110 และ01011101 ใส่ตัวเลขแต่ละค่าลงในโปรแกรมแลบวิว เพื่อต้องการแปลงเป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า 11001001 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 201 เลขฐานสิบหกเป็น C9 รหัสบีซีดีเป็น 0010 0000 0001 ดังรูปที่ 4.17




**รูปที่ 4.17** แสดงการแปลงเลขฐานสอง 11001001 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสอง ใส่ค่า 00000011 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 003 เลขฐานสิบหกเป็น 03 รหัสบีซีดีเป็น 0000 0000 0011 ดังรูปที่ 4.18




**รูปที่ 4.18** แสดงการแปลงเลขฐานสอง 00000011 เป็นเลขฐานต่างๆ

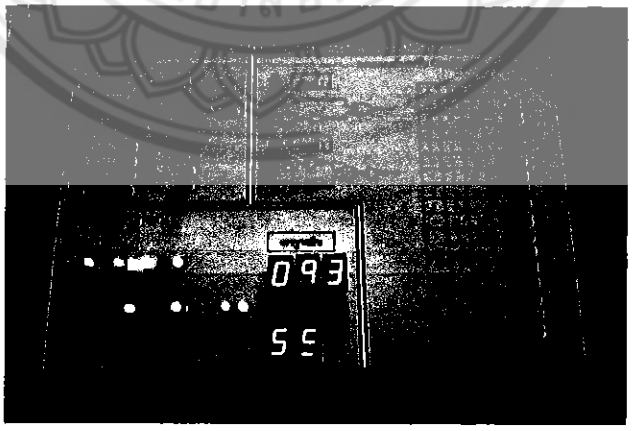
การทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสอง ใส่ค่า 10001000 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 136 เลขฐานสิบหกเป็น 88 รหัสบีซีดีเป็น 0001 0011 0110 ดังรูปที่ 4.18

**รูปที่ 4.19** แสดงการแปลงเลขฐานสอง 10001000 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสอง ใส่ค่า 01010110 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 086 เลขฐานสิบหกเป็น 56 รหัสบีซีดีเป็น 0000 1000 0110 ดังรูปที่ 4.19

**รูปที่ 4.20** แสดงการแปลงเลขฐานสอง 01010110 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสอง ใส่ค่า 01011101 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 093 เลขฐานสิบหกเป็น 5D รหัสบีซีดีเป็น 0000 1001 0011 ดังรูปที่ 4.20




**รูปที่ 4.21** แสดงการแปลงเลขฐานสอง 01011101 เป็นเลขฐานต่างๆ

**ตารางที่ 4.8** แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสองทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ

| ค่าเริ่มต้น | ค่าที่ได้จากการแปลง | | | |
|---|---|---|---|---|
| เลขฐานสอง | เลขฐานสิบ | เลขฐานสิบหก | รหัสบีซีดี | รหัสเกินสาม |
| 11001001 | 201 | C9 | 0010 0000 0001 | 0101 0011 0100 |
| 00000011 | 003 | 03 | 0000 0000 0011 | 0011 0011 0110 |
| 10001000 | 136 | 88 | 0001 0011 0110 | 0100 0110 1001 |
| 01010110 | 086 | 56 | 0000 1000 0110 | 0011 1011 1001 |
| 01011101 | 093 | 5D | 0000 1001 0011 | 0011 1100 0110 |

<u>**วิธีตรวจ**สอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสองโดยทฤษฎี</u>

วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานต่างๆนั้นจะยกตัวอย่างค่าที่ทำการทดสอบมาตรวจสอบความถูกต้องโดยค่าที่ใช้ตรวจสอบคือ 10001000 การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบสามารถทำได้ได้โดยการนำค่าถ่วงน้ำหนักของทุกบิตที่มีค่าเป็น 1 มาบวกกัน

ตัวอย่าง $(10001000)_2 = (1\times2^7) + 0\times2^6) + (0\times2^5) + (0\times2^4) + (1\times2^3) + (0\times2^2) +$

$(0\times2^1) + (0\times2^0)$

$= 128 + 0 + 0 + 0 + 8 + 0 + 0 + 0$

$= (136)_{10}$

การแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหกสามารถทำได้โดยการแบ่งเลขฐานสองออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต

ตัวอย่างเช่น 10001000 $(10001000)_2 = (1000\ 1000)_2$

$= (88)_{16}$

การแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสบีซีดีสามารทำได้โดยการแปลงเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบแล้วแปลงจากเลขฐานสิบเป็นรหัสบีซีดีสามารถทำได้โดยการแทนแต่ละดิจิตของฐานสิบด้วยรหัสบีซีดีจำนวนสี่บิตได้เลย

ตัวอย่าง $(10001000)_2 = (136)_{10}$ = 1=0001 3=0011 6=0110

$= (0001\ 0011\ 0110)_{\text{บีซีดี}}$

การแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสเกินสามก็เช่นเดียวกันกับการแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสบีซีดีแต่จะแตกต่างจากการแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสบีซีดี เมื่อแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสบีซีดีแล้วต้องนำ 3 บวกเข้าไปที่ค่าแต่ละค่าของรหัสบีซีดีที่ได้จากการแปลงเลขฐานสองเป็นรหัสบีซีดี

ตัวอย่าง $(10001000)_2 = (136)_{10}$ = (1+3)=4 (3+3)=6 (6+3)=9

= 4=0100 6=0110 9=1001

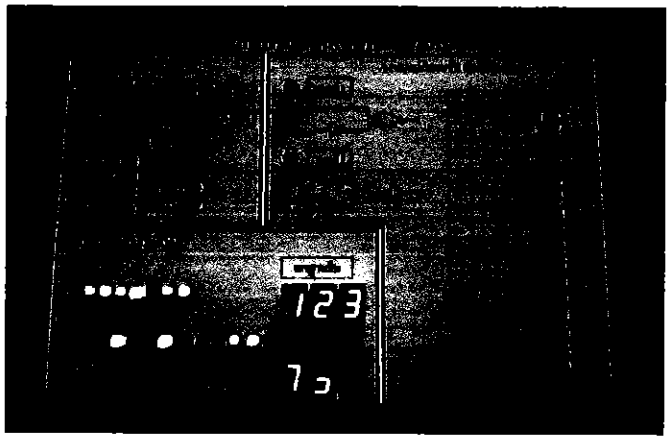
$= (0100\ 0110\ 1001)_{\text{รหัสเกินสาม}}$

จากการทดสอบการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานต่างๆค่าที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 4.8 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีพบว่ามีค่าตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าตัวแปลงเลขฐานสองสามารถแปลงเป็นเลขฐานต่างๆได้

### 4.2.3 การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบหก

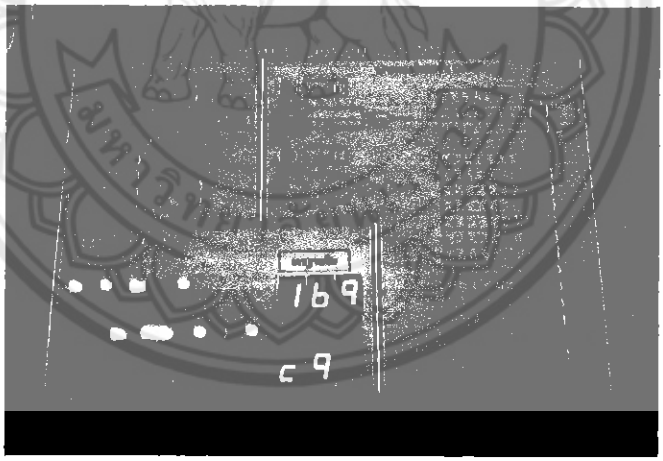
การทดสอบตัวแปลงเลขฐานสิบหกจะใช้ตัวเลขทั้งหมด 5 ค่าตามตารางที่ 4.5 ซึ่งมีตัวเลขดังต่อไปนี้ 7B A9 56 F3 และ C6 ใส่ตัวเลขแต่ละค่าลงในโปรแกรมแลบวิว เพื่อต้องการแปลงเป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า 7B ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 123 เลขฐานสิบสองเป็น 01111011 รหัสบีซีดีเป็น 0001 0010 0011 ดังรูปที่ 4.21



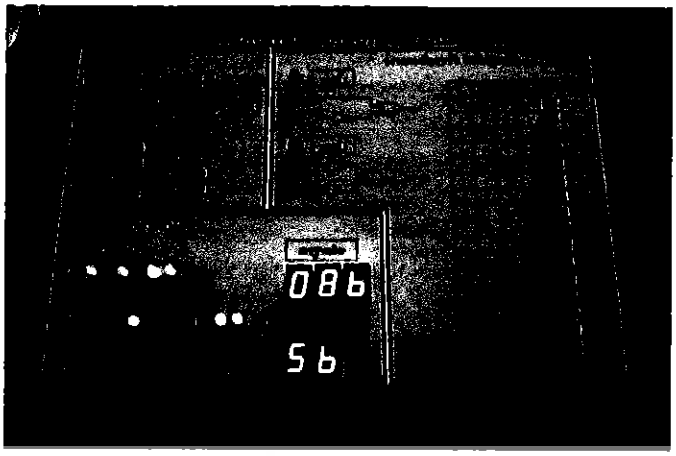

รูปที่ 4.22 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก 7B เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า A9 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 169 เลขฐานสิบสองเป็น 10101001 รหัสบีซีดีเป็น 0001 0110 1001 ดังรูปที่ 4.22



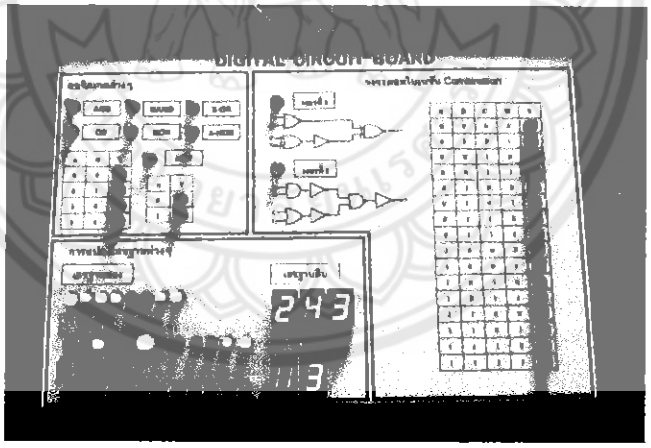

**รูปที่ 4.23** แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก A9 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า 56 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 086 เลขฐานสิบสองเป็น 01010110 รหัสบีซีดีเป็น 0000 1000 0110 ดังรูปที่ 4.23



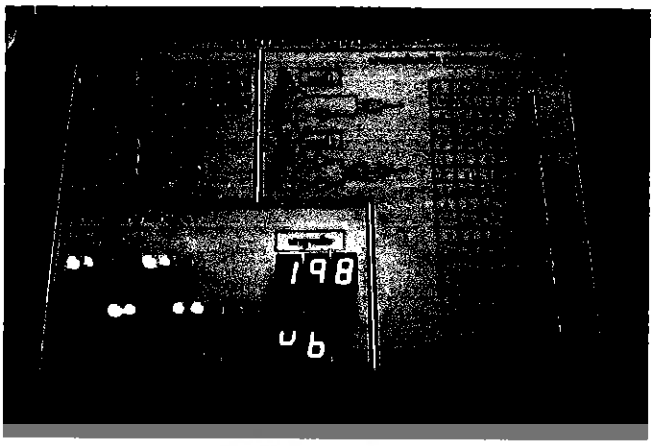

**รูปที่ 4.24** แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก 56 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า F3 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 243 เลขฐานสิบสองเป็น 11110011 รหัสบีซีดีเป็น 0010 0100 0011 ดังรูปที่ 4.24




**รูปที่ 4.25** แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก F3 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานอื่นๆเมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงเลขฐานสองใส่ค่า C6 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 198 เลขฐานสิบสองเป็น 11000110 รหัสบีซีดีเป็น 0001 1001 1000 ดังรูปที่ 4.25




รูปที่ 4.26 แสดงการแปลงเลขฐานสิบหก C6 เป็นเลขฐานต่างๆ

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ

| ค่าเริ่มต้น | ค่าที่ได้จากการแปลง | | | |
|---|---|---|---|---|
| เลขฐานสิบหก | เลขฐานสิบ | เลขฐานสอง | รหัสบีซีดี | รหัสเกินสาม |
| 7B | 123 | 01111011 | 0001 0010 0011 | 0100 0101 0110 |
| A9 | 169 | 10101001 | 0001 0110 1001 | 0100 1001 1100 |
| 56 | 086 | 01010110 | 0000 1000 0110 | 0011 1011 1001 |
| F3 | 243 | 11110011 | 0010 0100 0011 | 0101 0111 0110 |
| C6 | 198 | 11000110 | 0001 1001 1000 | 0100 1100 1011 |

<u>วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสิบหกโดยทฤษฎี</u>

วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานต่างๆนั้นจะยกตัวอย่างค่าที่ทำการทดสอบมาตรวจสอบความถูกต้องโดยค่าที่ใช้ตรวจสอบคือ A9 การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสิบสามารถทำได้ได้โดยนำค่าถ่วงน้ำหนักของเลขฐานสิบหกคูณด้วยเลขประจำหลักและนำผลที่ได้ทุกหลักมารวมกัน

ตัวอย่าง $(A9)_{16} = (10\times16^{1}) + (9\times16^{0})$

$= 160 + 9$

$= (169)_{10}$

การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสองสามารถทำได้โดยการแทนแต่ละดิจิตของเลขฐานสิบหกด้วยเลขฐานสองจำนวน 4 บิตได้ทันที

ตัวอย่าง $(A9)_{16}$ = (A=1010) (9=1001)

$= (10101001)_{2}$

การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสบีซีดีสามารถทำได้โดยการแปลงเลขฐานสิบหกให้เป็นเลขฐานสิบแล้วแปลงเลขฐานสิบให้เป็นรหัสบีซีดี

ตัวอย่าง $(A9)_{16} = (169)_{10}$ (1=0001) (6=0110) (9=1001)

$= (0001\ 0110\ 1001)_{\text{บีซีดี}}$

การแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสเกินสามก็เช่นเดียวกันกับการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสบีซีดีแต่จะแตกต่างจากการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสบีซีดี เมื่อแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสบีซีดีแล้วต้องนำ 3 บวกเข้าไปที่ค่าแต่ละค่าของรหัสบีซีดีที่ได้จากการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นรหัสบีซีดี

ตัวอย่าง $(A9)_{16}$ = $(169)_{10}$ (1+3)=4 (6+3)=9 (9+3)=12

= 4=0100 9=1001 12=1110

$= (0100\ 1001\ 1110)_{\text{รหัสเกินสาม}}$

จากการทดสอบการแปลงเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานต่างๆค่าที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 4.9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีพบว่ามีค่าตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าตัวแปลงเลขฐานสิบหกสามารถแปลงเป็นเลขฐานต่างๆได้

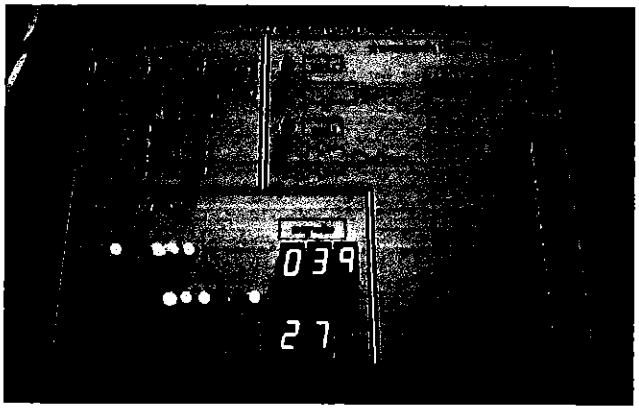
**4.2.4 การทดสอบตัวแปลงรหัสบีซีดี**

การทดสอบตัวแปลงรหัสบีซีดีจะใช้ตัวเลขทั้งหมด 5 ค่าตามตารางที่ 4.5 ซึ่งมีตัวเลขดังต่อไปนี้ (0001 0010 0101) (0000 0011 1001) (0000 0010 0110) (0000 0101 0000)และ (0000 0100 1000) ใส่ตัวเลขแต่ละค่าลงในโปรแกรมแลบวิว เพื่อต้องการแปลงเป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงรหัสบีซีดีใส่ค่า 0001 0010 0101 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 125 เลขฐานสิบสองเป็น 01111101 เลขฐานสิบหกเป็น 7D ดังรูปที่ 4.26

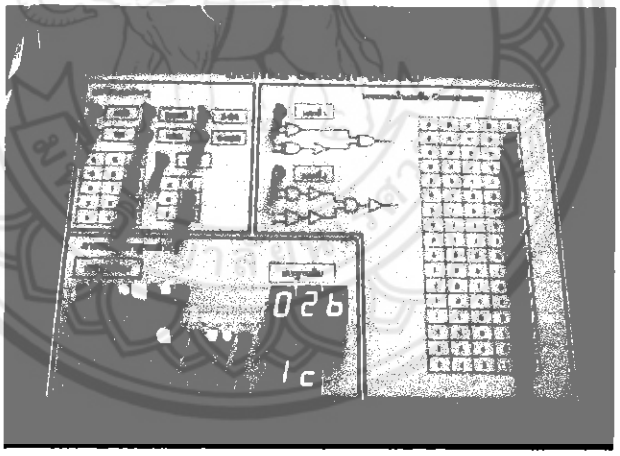
รูปที่ 4.27 แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0001 0010 0101 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงรหัสบีซีดีใส่ค่า 0001 0010 0101 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 039 เลขฐานสิบสองเป็น 00100111 เลขฐานสิบหกเป็น 27 ดังรูปที่ 4.27



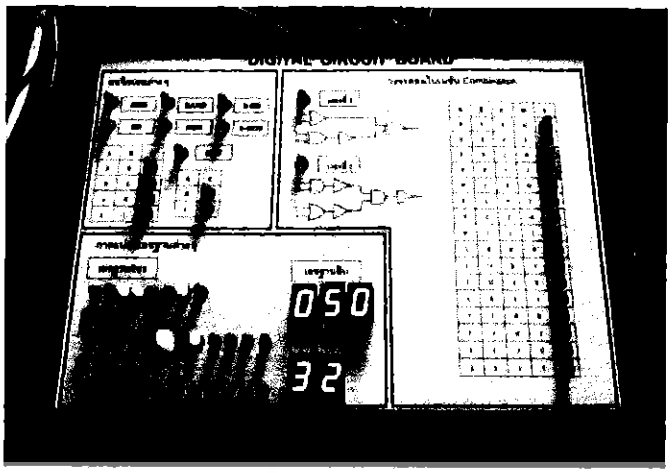

**รูปที่ 4.28** แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0011 1001 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงรหัสบีซีดีใส่ค่า 0000 0010 0110 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 026 เลขฐานสิบสองเป็น 00011010 เลขฐานสิบหกเป็น 1A ดังรูปที่ 4.28



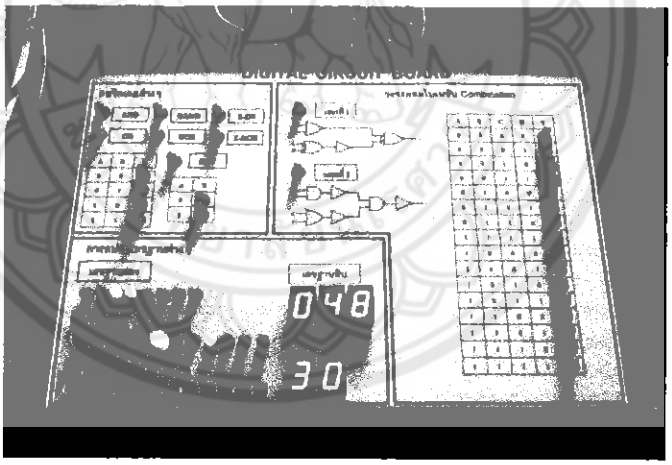

**รูปที่ 4.29** แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0010 0110 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงรหัสบีซีดีใส่ค่า 0000 0101 0000 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 050 เลขฐานสิบสองเป็น 00110010 เลขฐานสิบหกเป็น 32 ดังรูปที่ 4.29




**รูปที่ 4.30** แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0101 0000 เป็นเลขฐานต่างๆ

การทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานเลือกตัวแปลงรหัสบีซีดีใส่ค่า 0000 0100 1000 ผลที่ได้เลขฐานสิบเป็น 048 เลขฐานสิบสองเป็น 00110000 เลขฐานสิบหกเป็น 30 ดังรูปที่ 4.29




**รูปที่ 4.31** แสดงการแปลงรหัสบีซีดี 0000 0100 1000 เป็นเลขฐานต่างๆ

**ตารางที่ 4.10** แสดงผลการทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีทั้ง 5 ค่าเป็นเลขฐานอื่นๆ

| ค่าเริ่มต้น | ค่าที่ได้จากการแปลง | | | |
|---|---|---|---|---|
| รหัสบีซีดี | เลขฐานสิบ | เลขฐานสอง | เลขฐานสิบหก | รหัสเกินสาม |
| 0001 0010 0101 | 125 | 01111101 | 7D | 0100 0101 1000 |
| 0000 0011 1001 | 039 | 00100111 | 27 | 0011 0110 1100 |
| 0000 0010 0110 | 026 | 00011010 | 1A | 0011 0101 1001 |
| 0000 0101 0000 | 050 | 00110010 | 32 | 0011 1000 0011 |
| 0000 0100 1000 | 048 | 00110000 | 30 | 0011 0111 1011 |

<u>**วิธีตรวจ**สอบความถูกต้องของการแปลงรหัสบีซีดีโดยทฤษฎี</u>

วิธีตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานต่างๆนั้นจะยกตัวอย่างค่าที่ทำการทดสอบมาตรวจสอบความถูกต้องโดยค่าที่ใช้ตรวจสอบคือ 0001 0010 0101 การแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสิบโดยรหัสบีซีดี 4 บิต แทนด้วยเลขฐานสิบ 1 ดิจิต

ตัวอย่าง $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}}$ = 0001=1 0010=2 0101=5

$= (125)_{10}$

ดังนั้น $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (125)_{10}$

การแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสองทำได้โดยการแปล่งรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสิบแล้วแปลงเลขฐานสิบให้เป็นฐานสองด้วยการหารสั้น

**ตัวอย่าง** $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (125)_{10}$

2 | 125 เศษ 1

2 | 62 เศษ 0

2 | 31 เศษ 1

2 | 15 เศษ 1

2 | 7 เศษ 1

2 | 3 เศษ 1

2 | 1 เศษ 1

0

ดังนั้น $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (01111101)_2$

การแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสิบหกนั้นสามารถทำได้โดยการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสิบแล้วแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสิบหกด้วยการนำเลขฐานสิบมาเป็นตัวตั้งแล้วนำ 16 มาหาร

ตัวอย่าง $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (125)_{10}$

16 | 125 เศษ 13=D

16 | 7 เศษ 7

0

7 D

ดังนั้น $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (7D)_{16}$

การแปลงรหัสบีซีดีเป็นรหัสเกินสามสามารถทำได้โดยแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานสิบแล้วแปลงเลขฐานสิบเป็นรหัสเกินสามด้วยการนำ 3 บวกเข้าไปที่ค่าแต่ละค่าของรหัสบีซีดีได้

ตัวอย่าง $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (125)_{10}$

= (1+3)=4 (2+3)=5 (5+3)=8

= 4=0100 5=0101 8=1000

ดังนั้น $(0001\ 0010\ 0101)_{\text{บีซีดี}} = (0100\ 0101\ 1000)_{\text{รหัสเกินสาม}}$

จากการทดสอบการแปลงรหัสบีซีดีเป็นเลขฐานต่างๆค่าที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 4.10 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีพบว่ามีค่าตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าตัวแปลงรหัสบีซีดีสามารถแปลงเป็นเลขฐานต่างๆได้

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในโครงงานนี้ได้สร้างแผงวงจรดิจิตอลที่ควบคุมโดยใช้โปรแกรมแลบวิวมีเอ็นไอ มายริโอ้เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารซึ่งแผงวงจรดิจิตอลจะแสดงสถานะการทำงานต่างๆโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงและตัวแสดงผลเจ็ดส่วน จากผลการทดสอบแผงวงจรสามารถแสดงสถานะการทำงานของลอจิกเกตพื้นฐาน วงจรคอมไบเนชันและการแปลงเลขฐานต่างๆ ในบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดสอบโครงงาน พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

## 5.1 สรุปผลการทดสอบการทำงานของแผงวงจรดิจิตอล

จากการทดสอบการทำงานของลอกจิกเกตต่างๆที่ประกอบไปด้วยแอนด์เกต ออร์เกต แนนด์เกต นอร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต เอ็กซ์คลูซิฟออร์เกต และนอตเกตแผงวงจรดิจิตอลสามารถแสดงสถานะการทำงานของเกตต่างๆที่กล่าวมาได้ถูกต้องตรงตามทฤษฎี

จากการทดสอบทำงานของวงจรคอมไบเนชันทั้งสองวงจรแผงวงจรดิจิตอลสามารถแสดงสถานะการทำงานของวงจรคอมไบเนชันทั้งสองวงจรได้อย่างถูกต้องตามทฤษฎี

จากการทดสอบการทำงานของการแปลงเลขฐานต่างๆที่ประกอบไปด้วยตัวแปลงเลขฐานสิบ ตัวแปลงเลขฐานสอง ตัวแปลงเลขฐานสิบหก และตัวแปลงรหัสบีซีดีแผงวงจรดิจิตอลสามารถแสดงการแปลงเลขฐานต่างๆได้อย่างถูกต้องตามทฤษฎีและเนื่องจากเอาท์พุตเอ็นไอมายริโอมีไม่เพียงพอสำหรับรหัสเกินสามจึงไม่มีการแสดงผลที่แผงวงดิจิตอล

## 5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. โครงสร้างของแผงวงจรดิจิตอลวัสดุที่ใช้เป็นแค่แผงไขปลาทำให้ดูไม่เรียบร้อย วิธีการแก้ไขเปลี่ยนมาใช้แผ่นอะคริลิคทำเป็นกล่อง

2. เอาท์พุตของเอนไอมายริโอ้มีไม่เพียงพอสำหรับแผงวงจรดิจิตอล วิธีแก้ไขอาจจะต่อไอซีเพิ่มเติม เช่น มัลติเพล็กเซอร์

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากปัญหาที่พบในแผงวงจรจึงต้องมีการศึกษาแนวทางวิธีในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาแผงวงจรดิจิตอลซึ่งเป็นการพัฒนาในลักษณะดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากแผงวงจรดิจิตอลมีอินพุทมากและเอ็นมายริโอมีเอาท์พุตไม่เพียงพอควรมีการต่อวงจรเพิ่มเพื่อลดอินพุตของแผงวงจรดิจิตอลให้น้อยลง

2. สามารถพัฒนาโปรแกรมควบคุมของแผงวงจรดิจิตอลให้มีฟังก์ชันในการใช้งานที่หลากหลายโดยการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมได้

# เอกสารอ้างอิง


[1] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี.(2554).**LabVIEW ซอฟแวร์เพื่อการพัฒนาระบบการวัดและควบคุม.กรุงเทพฯ:ซีเอ็ด ยูเคชัน.**

[2] **ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.(2554).เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม LabVIEW.กรุงเทพฯ:สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.**

[3] **รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล.(2549).ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ท้อป**

[4] **https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_power/wiki/0a901/3_.html สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2557**

[5] http://engineeringkowlege.blogspot.com/2013/03/led-7-segment-micro-controller-pic-pic.html สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2557

[6] http://electronics.se-ed.com/contents/112s096/112s096_p07.asp สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2557

[7] http://documentation.renesas.com/doc/products/logic/rej03d0410_hd74ls47.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2557

[8] http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2558

# ภาคผนวก ก

# รายละเอียดของไอซีเบอร์ 7447

RENESAS

# HD74LS47

## BCD-to-Seven-Segment Decoder / Driver (with 15 V Outputs)

REJ03D0410-0301
Rev.3.01
May 10, 2006

HD74LS47 features active-low outputs designed for driving incandescent indicators directly. This device has full ripple-blanking input / output controls and a lamp test. Display patterns for BCD input counts above 9 are unique symbols to authenticate input conditions. This circuit incorporates automatic leading and / or trailing-edge zero-blanking control (RBI and RBO). Lamp test (LT) of these types may be performed at any time when the BI / RBO node is at a high level. It contains an overriding blanking input (BI) which can be used to control the lamp intensity of pulsing or to inhibit the outputs. Inputs and outputs are entirely compatible for use with TTL or DTL logic outputs.

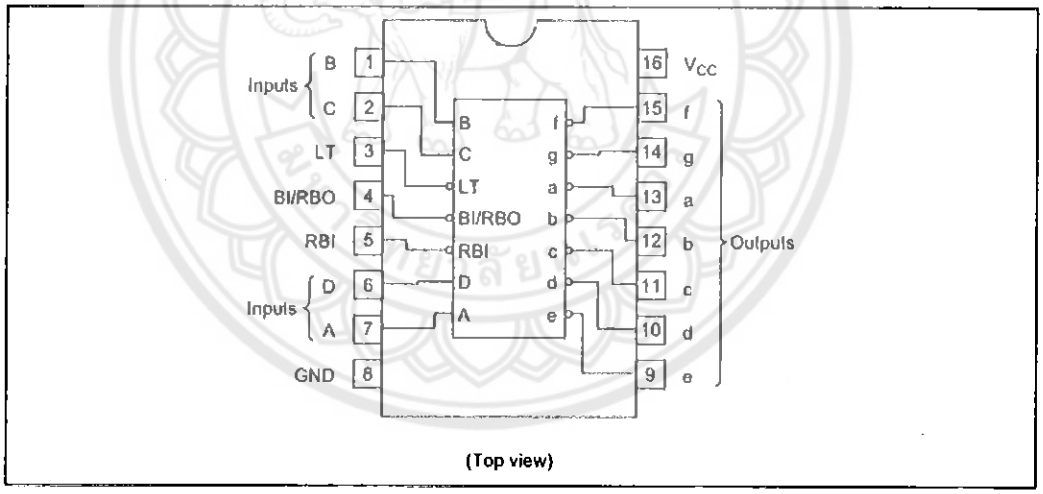
### Features

- Ordering Information

| Part Name | Package Type | Package Code (Previous Code) | Package Abbreviation | Taping Abbreviation (Quantity) |
|---|---|---|---|---|
| HD74LS47P | DILP-16 pin | PRDP0016AE-B (DP-16FV) | P | — |
| HD74LS47FPEL | SOP-16 pin (JEITA) | PRSP0016DH-B (FP-16DAV) | FP | EL (2,000 pcs/reel) |

Note: Please consult the sales office for the above package availability.

### Pin Arrangement




(Top view)



RENESAS

## Function Table

| Decimal or Function | Inputs | | | | | | BI/ RBO | Outputs | | | | | | | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LT | RBI | D | C | B | A | | a | b | c | d | e | f | g | |
| 0 | H | H | L | L | L | L | H | ON | ON | ON | ON | ON | ON | OFF | 1 |
| 1 | H | X | L | L | L | H | H | OFF | ON | ON | OFF | OFF | OFF | OFF | |
| 2 | H | X | L | L | H | L | H | ON | ON | OFF | ON | ON | OFF | ON | |
| 3 | H | X | L | L | H | H | H | ON | ON | ON | ON | OFF | OFF | ON | |
| 4 | H | X | L | H | L | L | H | OFF | ON | ON | OFF | OFF | ON | ON | |
| 5 | H | X | L | H | L | H | H | ON | OFF | ON | ON | OFF | ON | ON | |
| 6 | H | X | L | H | H | L | H | OFF | OFF | ON | ON | ON | ON | ON | |
| 7 | H | X | L | H | H | H | H | ON | ON | ON | OFF | OFF | OFF | OFF | |
| 8 | H | X | H | L | L | L | H | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | |
| 9 | H | X | H | L | L | H | H | ON | ON | ON | OFF | OFF | ON | ON | |
| 10 | H | X | H | L | H | L | H | OFF | OFF | OFF | ON | ON | OFF | ON | |
| 11 | H | X | H | L | H | H | H | OFF | OFF | ON | ON | OFF | OFF | ON | |
| 12 | H | X | H | H | L | L | H | OFF | ON | OFF | OFF | OFF | ON | ON | |
| 13 | H | X | H | H | L | H | H | ON | OFF | OFF | ON | OFF | ON | ON | |
| 14 | H | X | H | H | H | L | H | OFF | OFF | OFF | ON | ON | ON | ON | |
| 15 | H | X | H | H | H | H | H | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | |
| BI | X | X | X | X | X | X | L | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | 2 |
| RBI | H | L | L | L | L | L | L | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | 3 |
| LT | L | X | X | X | X | X | H | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | 4 |

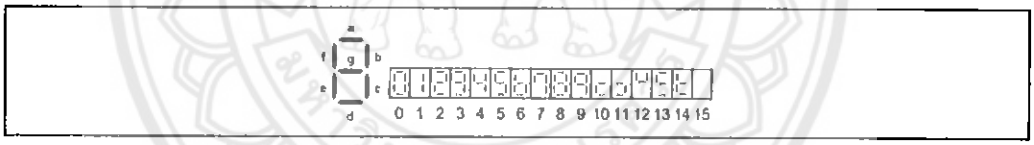
H; high level, L; low level, X; irrelevant

**Notes:** 1. The blanking input (BI) must be open or held at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired. The ripple-blanking input (RBI) must be open or high if blanking of a decimal zero is not desired.

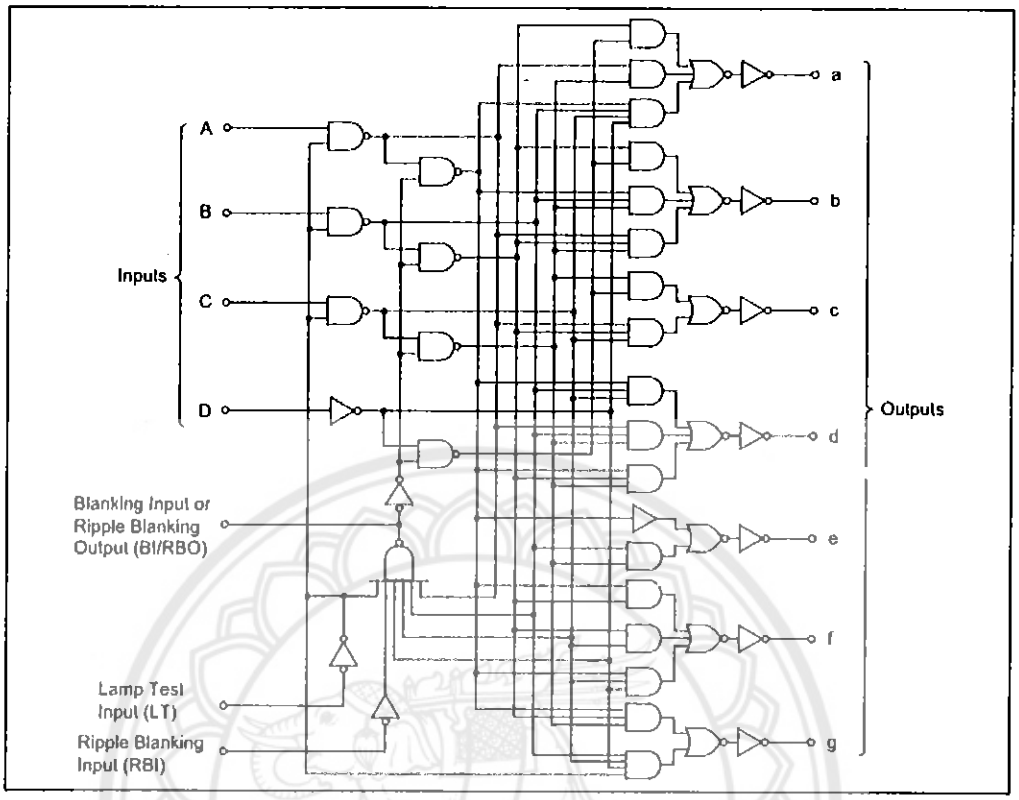
2. When a low logic level is applied directly to the blanking input (BI), all segment outputs are off regardless of the level of any other input.

3. When ripple-blanking input (RBI) and inputs A, B, C, and D are a low level with the lamp test input high, all segment outputs go off and the ripple-blanking output (RBO) goes to a low level (response condition).

4. When a blanking input / ripple blanking output (BI / RBO) is open or held high and a low is applied to the lamp-test input, all segment outputs are on.



## Block Diagram




## Absolute Maximum Ratings

| Item | Symbol | Ratings | Unit |
|---|---|---|---|
| Supply voltage | $V_{CC}$ | 7 | V |
| Input voltage | $V_{IN}$ | 7 | V |
| Output current (tw ≤ 1ms,duty cycle ≤ 10%) | $I_{O(peak)}$ | 200 | mA |
| Output current (off) | $I_{O(off)}$ | 1 | mA |
| Power dissipation | $P_T$ | 400 | mW |
| Operating temperature | Topr | −20 to +75 | °C |
| Storage temperature | Tstg | −65 to +150 | °C |

**Note:** Voltage value, unless otherwise noted, are with respect to network ground terminal.

## Recommended Operating Conditions

| Item | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| Supply voltage | $V_{CC}$ | 4.75 | 5.00 | 5.25 | V |
| Output voltage (off) | $V_{O(off)}$ | — | — | 15 | V |
| Input current (on) | $I_{O(on)}$ | — | — | 24 | mA |
| Output current | $I_{OH}$ | — | — | −50 | μA |
| | $I_{OL}$ | — | — | 3.2 | mA |
| Operating temperature | Topr | −20 | 25 | 75 | °C |

## Electrical Characteristics

($T_a$ = −20 to +75 °C)

| Item | | Symbol | min. | typ.* | max. | Unit | Condition | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input voltage | | $V_{IH}$ | 2.0 | — | — | V | | |
| | | $V_{IL}$ | — | — | 0.8 | V | | |
| Output voltage | BI / RBO | $V_{OH}$ | 2.4 | — | — | V | $V_{CC}$ = 4.75 V, $V_{IH}$ = 2 V, $V_{IL}$ = 0.8 V, $I_{OH}$ = −50 μA | |
| | | $V_{OL}$ | — | — | 0.4 | V | $I_{OL}$ = 1.6 mA | $V_{CC}$ = 4.75 V, $V_{IH}$ = 2 V, $V_{IL}$ = 0.8 V |
| | | | — | — | 0.5 | | $I_{OL}$ = 3.2 mA | |
| | a to g | $V_{O(on)}$ | — | — | 0.4 | V | $I_{O(on)}$ = 12 mA | $V_{CC}$ = 4.75 V, $V_{IH}$ = 2 V, $V_{IL}$ = 0.8 V |
| | | | — | — | 0.5 | | $I_{O(on)}$ = 24 mA | |
| Output current | a to g | $I_{O(off)}$ | — | — | 250 | μA | $V_{CC}$ = 5.25 V, $V_{IH}$ = 2 V, $V_{IL}$ = 0.8 V, $V_{O(off)}$ = 15 V | |
| Input current | | $I_{IH}$ | — | — | 20 | μA | $V_{CC}$ = 5.25 V, $V_I$ = 2.7 V | |
| | All input except BI / RBO | $I_{IL}$ | — | — | −0.4 | mA | $V_{CC}$ = 5.25 V, $V_I$ = 0.4 V | |
| | BI / RBO | | — | — | −1.2 | mA | | |
| | | $I_I$ | — | — | 0.1 | mA | $V_{CC}$ = 5.25 V, $V_I$ = 7 V | |
| Short-circuit output current | BI / RBO | $I_{OS}$ | −0.3 | — | −2 | mA | $V_{CC}$ = 5.25 V | |
| Supply current** | | $I_{CC}$ | — | 7 | 13 | mA | $V_{CC}$ = 5.25 V | |
| Input clamp voltage | | $V_{IK}$ | — | — | −1.5 | V | $V_{CC}$ = 4.75 V, $I_{IN}$ = −18 mA | |

Notes: * $V_{CC}$ = 5 V, Ta = 25°C

** $I_{CC}$ is measured with all outputs open and inputs at 4.5 V.

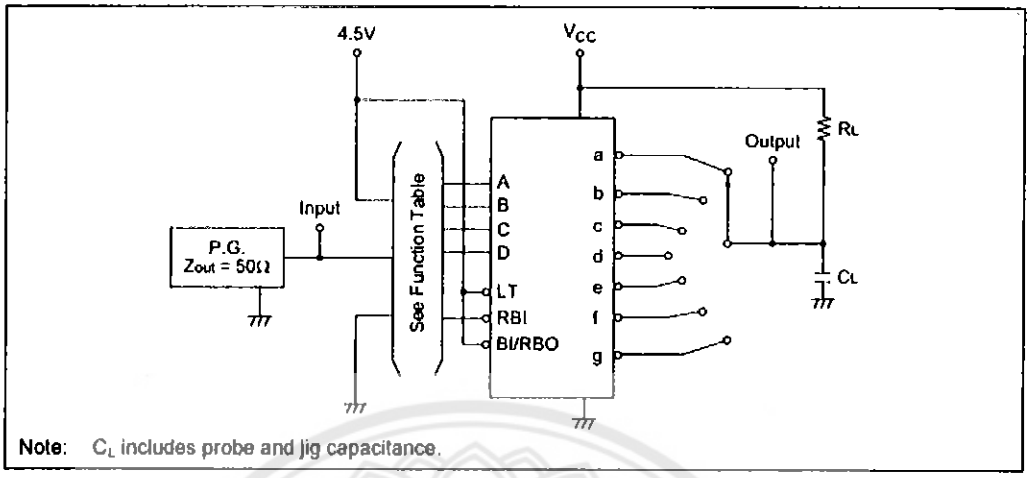
## Switching Characteristics

($V_{CC}$ = 5 V, Ta = 25°C)

| Item | Symbol | Input | min. | typ. | max. | Unit | Condition |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Turn-on time | $t_{on}$ | A | — | — | 100 | ns | $C_L$ = 15 pF, $R_L$ = 665 Ω |
| | | RBI | — | — | 100 | | |
| Turn-off time | $t_{off}$ | A | — | — | 100 | ns | |
| | | RBI | — | — | 100 | | |

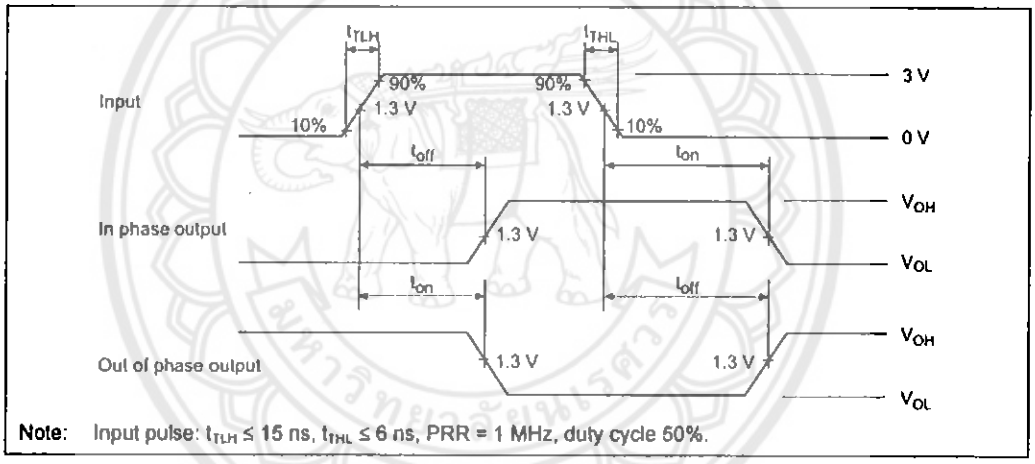
## Testing Method

### Test Circuit




Note: $C_L$ includes probe and jig capacitance.

### Waveform



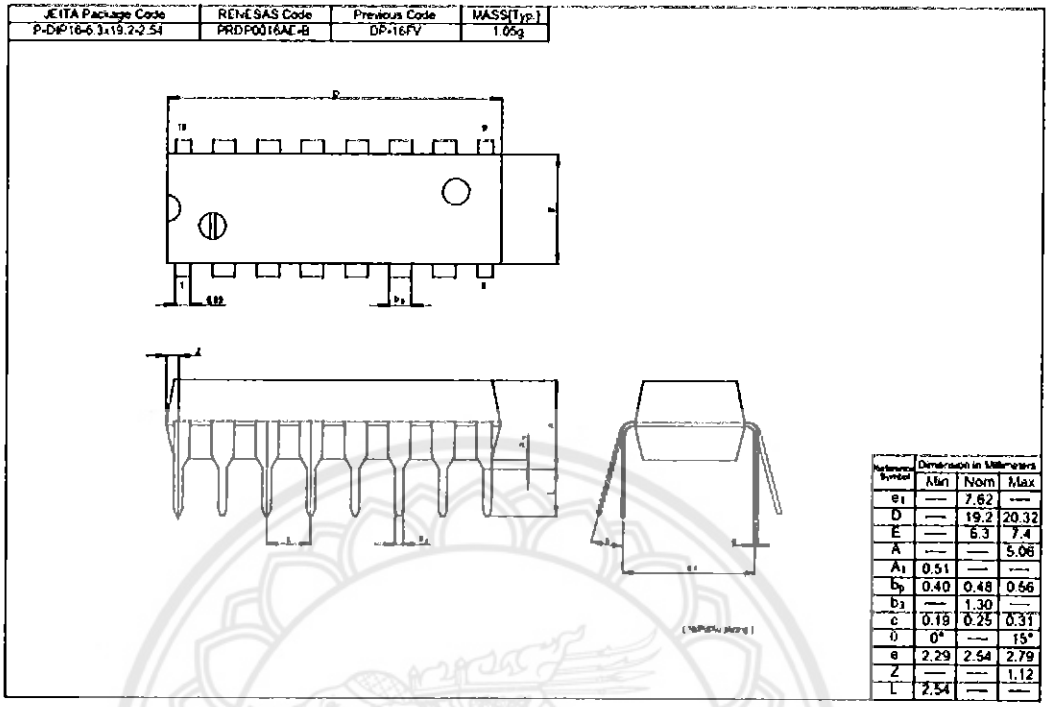

Note: Input pulse: $t_{TLH} \leq 15$ ns, $t_{THL} \leq 6$ ns, PRR = 1 MHz, duty cycle 50%.

## Testing Table

| Item | Inputs | | | | | Outputs | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RBI | D | C | B | A | a | b | c | d | e | f | g |
| $t_{on}$ $t_{off}$ | 4.5 V | GND | GND | GND | IN | OUT | — | — | OUT | OUT | OUT | — |
| | 4.5 V | GND | GND | 4.5 V | IN | — | — | OUT | — | OUT | — | — |
| | 4.5 V | GND | 4.5 V | 4.5 V | IN | OUT | OUT | — | OUT | OUT | OUT | OUT |
| | IN | GND | GND | GND | GND | OUT | OUT | OUT | OUT | OUT | OUT | — |

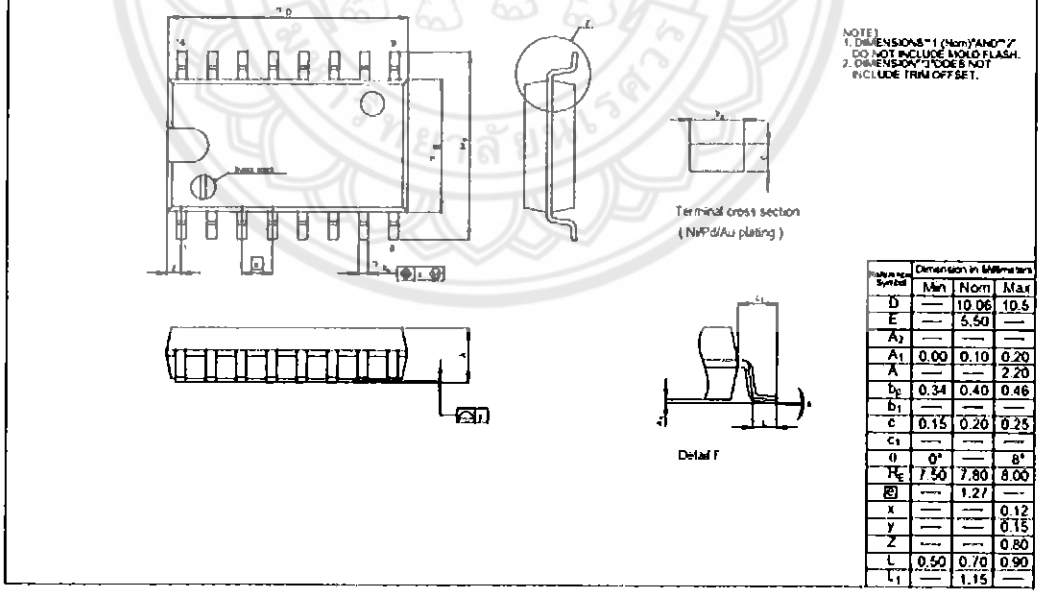
## Package Dimensions

| JEITA Package Code | RENESAS Code | Previous Code | MASS(Typ.) |
|---|---|---|---|
| P-DIP16-6.3x19.2-2.54 | PRDP0016AE-B | DP-16FV | 1.05g |



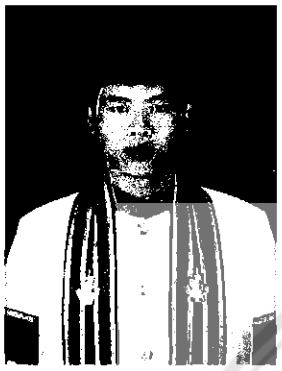
| Reference Symbol | Dimension in Millimeters | | |
|---|---|---|---|
| | Min | Nom | Max |
| $e_1$ | — | 7.62 | — |
| D | — | 19.2 | 20.32 |
| E | — | 6.3 | 7.4 |
| A | — | — | 5.06 |
| $A_1$ | 0.51 | — | — |
| $b_p$ | 0.40 | 0.48 | 0.56 |
| $b_3$ | — | 1.30 | — |
| c | 0.19 | 0.25 | 0.31 |
| θ | 0° | — | 15° |
| e | 2.29 | 2.54 | 2.79 |
| Z | — | — | 1.12 |
| L | 2.54 | — | — |

| JEITA Package Code | RENESAS Code | Previous Code | MASS(Typ.) |
|---|---|---|---|
| P-SOP16-5.5x10.06-1.27 | PRSP0016DH-B | FP-16DAV | 0.24g |




| Reference Symbol | Dimension in Millimeters | | |
|---|---|---|---|
| | Min | Nom | Max |
| D | — | 10.06 | 10.5 |
| E | — | 5.50 | — |
| $A_2$ | — | — | — |
| $A_1$ | 0.00 | 0.10 | 0.20 |
| A | — | — | 2.20 |
| $b_2$ | 0.34 | 0.40 | 0.46 |
| $b_1$ | — | — | — |
| c | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| $c_1$ | — | — | — |
| θ | 0° | — | 8° |
| $H_E$ | 7.50 | 7.80 | 8.00 |
| e | — | 1.27 | — |
| x | — | — | 0.12 |
| y | — | — | 0.15 |
| Z | — | — | 0.80 |
| L | 0.50 | 0.70 | 0.90 |
| $L_1$ | — | 1.15 | — |

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



**ชื่อ** นายธนกฤต เพิ่มชีวาวัน

**ภูมิลำเนา** 30 หมู่ 5 ต.ปอแดง อ.ชนบท จ.ขอนแก่น 40180

**ประวัติการศึกษา**

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **unto1992_@hotmail.com**