ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธีควิน แม็กคลูสกี้

Boolean Expression Minimization Program by Quine Mc-Cluskey Method

ชื่อนักศึกษา 1. นายสมชาย ทองคำใส รหัสประจำตัว 43035355

2. นายศราวุธ ตรีอินทอง รหัสประจำตัว 43035362

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์กิติพงค์ มะโน

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	.....
2. อาจารย์กิติพงค์	มะโน	.....
3. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
4. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....
5. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2545 เวลา 16.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.312 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 2 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2545

<BT4402142>

โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธีควิน แม็กคลูสกี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้

BOOLEAN EXPRESSION MINIMIZATION PROGRAM BY QUINE MCCLUSKEY METHOD

นายสมชาย ทองคำใส

นายศราวุธ ตรีอินทอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43149
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้

Boolean Expression Minimization Program by Quine McCluskey Method

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการลดรูปสมการวงจรดิจิตอลโดยวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้
2. เพื่อออกแบบโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอล
3. เพื่อสร้างโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอล
4. เพื่อทดสอบโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอลโดยวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้
5. เพื่อนำโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอล ไปใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจถึงวิธีการลดรูปสมการวงจรดิจิตอลโดยวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้
2. ได้แบบโปรแกรม ลดรูปสมการวงจรดิจิตอลได้
3. ได้โปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอลได้
4. ได้ผลของโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอลด้วยวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้
5. สามารถนำโปรแกรมลดรูปสมการวงจรดิจิตอลไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้
นักศึกษา	นายสมชาย ทองคำใส
	นายศราวุธ ตรีอินทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์กิติพงค์ มะโน
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้ ซึ่งสามารถลดรูปสมการวงจรดิจิตอล ได้ตั้งแต่ 2 – 12 ตัวแปร แสดงผลในรูปแบบของสมการวงจรดิจิตอลทั้งแบบ ผลบวกของผลคูณ และ ผลคูณของผลบวก และแสดงผลในรูปแบบของวงจรเกททั้งแบบ วงจรที่ประกอบด้วย แอนด์เกท ,ออร์เกท และ นอทเกท หรือ วงจร แนนด์เกท อย่างเดียว หรือ นอร์เกท อย่างเดียว และยังสามารถแปลงสมการวงจรดิจิตอลให้อยู่ในรูปของ ภาษา VHDL ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	Boolean Expression Minimization Program by Quine McCluskey Method
Students	Mr.Somchai Tongkamsai
	Mr.Sarawoot Treeinthong
Advisor	Mr.Piya Jitthammapirom
Co-advisor	Mr.Kitipong Mano
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronic and Computer
Academic Year	2001

ABSTRACT

The thesis presents Boolean Expression Minimization Program by Quine McCluskey Method. The program can minimize boolean expression, which contains 2 – 12 variables. It can also display minimized boolean expression in the form of sum of product and product of sum, show circuit, made up of and gates, or gates and not gates,or only nand gates or only nor gates. Moreover, it can translate minimized boolean expression to VHDL files.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของเพื่อนๆ และ รุ่นพี่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ อาจารย์กิติพงค์ มะโน และอาจารย์ทุกท่านของภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ที่ ให้ข้อชี้แนะและแนวทางต่างๆ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาผู้เป็นแรงกำลังอันยิ่งใหญ่ ทั้งกำลังใจ กำลังทรัพย์ และเป็นผู้ให้มาโดยตลอด

อนึ่งประโยชน์และความดีใดๆ ก็ตามที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้ แก่ บิดา มารดา และอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชามาตั้งแต่ต้น จนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	3
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 แบบมาตรฐานของสวิทชิ่งฟังก์ชัน	6
2.1.1 Canonical form	7
2.1.2 การแทนมินเทอม และแม็กเทอมด้วยเลขเลขฐานสอง	7
2.2 แนวความคิดของการลดทอนฟังก์ชันให้น้อยที่สุด	8
2.3 วิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน	13
2.3.1. การใช้ทฤษฎีของพีชคณิตบูลีน	13
2.3.2 แผนผังคาร์โนห์	17
2.3.3 การลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันโดยใช้หลักการของ ควิน แม็กคลูสกี้	25
2.3.4 ข้อดีและข้อเสียของการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ	38
2.4 เซลล์ C (CELL C)	39
2.4.1 โครงสร้างของ Cellular (The Cellular Struction)	40
2.4.2 THE N-CUBE	40
2.4.3 การแปลงเป็นเลขฐานสิบ (The decimal transform)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 แนะนำภาษา VHDL (VHSIC Hardware Description Language)	43
2.5.1 ลักษณะการทำงานแบบต่างๆของ VHDL	43
2.5.2 ลักษณะของรูปแบบ (model styles)	43
2.5.3 ข้อดีของ VHDL	44
2.5.4 ลักษณะของภาษา VHDL	44
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	47
3.1 ทฤษฎีการเขียนโปรแกรม	47
3.1.1 ความหมายของอะเรย์	47
3.1.2 การอ้างถึงแต่ละเซลล์ของอะเรย์	48
3.1.3 ความหมายของเรคอร์ด	49
3.1.4 ความหมายของไฟล์	50
3.1.5 เท็กซ์ไฟล์	50
3.2 คุณสมบัติของการบรรจุ (Containment properties)	52
3.2.1 อัลกอริธึมของการบรรจุ (Containment algolithm)	52
3.3 สรุปความสัมพันธ์ของทฤษฎี	57
3.4 อัลกอริธึมของการลดรูปสมการบูลีน (Minimization algorithm)	58
3.5 การแสดงโปรแกรมโดยใช้ โฟล์วชาร์ต	61
3.6 แสดงการทำงานโดยโฟล์วชาร์ตของการแปลงสมการเป็นไฟล์ VHDL	63
3.7 แสดงการทำงานโดยโฟล์วชาร์ตของวงจร	64
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	65
4.1 การทดลองที่ 1 ป้อนสมการขนาด 2 ตัวแปร	65
4.2 การทดลองที่ 2 ป้อนสมการขนาด 3 ตัวแปร	69
4.3 การทดลองที่ 3 ป้อนสมการขนาด 4 ตัวแปร	73
4.4 การทดลองที่ 4 ป้อนสมการขนาด 5 ตัวแปร	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.5 การทดลองที่ 5 ป้อนสมการขนาด 6 ตัวแปร	81
4.6 การทดลองที่ 6 ป้อนสมการขนาด 7 ตัวแปร	85
4.7 การทดลองที่ 7 ป้อนสมการขนาด 8 ตัวแปร	89
4.8 การทดลองที่ 8 ป้อนสมการขนาด 9 ตัวแปร	93
4.9 การทดลองที่ 9 ป้อนสมการขนาด 10 ตัวแปร	97
4.10 การทดลองที่ 10 ป้อนสมการขนาด 11 ตัวแปร	101
4.11 การทดลองที่ 11 ป้อนสมการขนาด 12 ตัวแปร	105
4.12 การทดลอง VHDL	109
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	113
5.1 บทสรุป	113
5.2 ปัญหา	115
5.3 แนวทางแก้ไขและพัฒนา	116
ภาคผนวก ก การใช้งานของโปรแกรมต้นแบบ	117
ภาคผนวก ข ผังแสดงการทำงานและโปรแกรมการทำงาน	124
บรรณานุกรม	186
ประวัติผู้แต่ง	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 n-cube n-0,1,2,3,4	10
รูปที่ 2.2 (ก) 3-cube (ข) 4-cube ให้อยู่ในระนาบเดียวกัน	11
รูปที่ 2.3 การแทนเทอมของฟังก์ชันในรูปทรงเรขาคณิต	11
รูปที่ 2.4 คาร์โนห์ ชนิด 2 ตัวแปร	18
รูปที่ 2.5 ค่าตัวแปร 2 ตัว ใน คาร์โนห์	19
รูปที่ 2.6 คาร์โนห์ ชนิด 3 ตัวแปร	21
รูปที่ 2.7 คาร์โนห์ ชนิด 4 ตัวแปร	22
รูปที่ 2.8 คาร์โนห์ ชนิด 5 ตัวแปร	23
รูปที่ 2.9 คาร์โนห์ ชนิด 6 ตัวแปร	24
รูปที่ 2.10 การรวมตัว มินเทอม ตาม คาร์โนห์	27
รูปที่ 2.11 รูป Cellular 4-Cubes	41
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการลดรูปของโปรแกรม	61
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม VHDL	63
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนในการวาดรูปวงจรเกท	64
รูปที่ 4.1 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	65
รูปที่ 4.2 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	65
รูปที่ 4.3 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	66
รูปที่ 4.3 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	66
รูปที่ 4.4 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	67
รูปที่ 4.4 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	67
รูปที่ 4.4 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	68
รูปที่ 4.5 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	68
รูปที่ 4.6 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	69
รูปที่ 4.7 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.8 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	70
รูปที่ 4.8 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	70
รูปที่ 4.9 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	71
รูปที่ 4.9 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	71
รูปที่ 4.9 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	72
รูปที่ 4.10 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	72
รูปที่ 4.11 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	73
รูปที่ 4.12 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	73
รูปที่ 4.13 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	74
รูปที่ 4.13 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	74
รูปที่ 4.14 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	75
รูปที่ 4.14 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	75
รูปที่ 4.14 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	76
รูปที่ 4.15 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	76
รูปที่ 4.16 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	77
รูปที่ 4.17 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	77
รูปที่ 4.18 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	78
รูปที่ 4.18 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	78
รูปที่ 4.19 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	79
รูปที่ 4.19 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	79
รูปที่ 4.19 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	80
รูปที่ 4.20 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	80
รูปที่ 4.21 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	81
รูปที่ 4.22 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.23 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	82
รูปที่ 4.23 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	82
รูปที่ 4.24 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	83
รูปที่ 4.24 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	83
รูปที่ 4.24 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	84
รูปที่ 4.25 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	84
รูปที่ 4.26 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	85
รูปที่ 4.27 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	85
รูปที่ 4.28 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	86
รูปที่ 4.28 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	86
รูปที่ 4.29 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	87
รูปที่ 4.29 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	87
รูปที่ 4.29 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	88
รูปที่ 4.30 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	88
รูปที่ 4.31 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	89
รูปที่ 4.32 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	89
รูปที่ 4.33 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	90
รูปที่ 4.33 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	90
รูปที่ 4.34 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	91
รูปที่ 4.34 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “แนนด์เกท”	91
รูปที่ 4.34 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	92
รูปที่ 4.35 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	92
รูปที่ 4.36 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	93
รูปที่ 4.37 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.38 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	94
รูปที่ 4.38 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	94
รูปที่ 4.39 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	95
รูปที่ 4.39 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “เแนนด์เกท”	95
รูปที่ 4.39 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	96
รูปที่ 4.40 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	96
รูปที่ 4.41 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	97
รูปที่ 4.42 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	97
รูปที่ 4.43 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	98
รูปที่ 4.43 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	98
รูปที่ 4.44 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	99
รูปที่ 4.44 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “เแนนด์เกท”	99
รูปที่ 4.44 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	100
รูปที่ 4.45 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	100
รูปที่ 4.46 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	101
รูปที่ 4.47 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	101
รูปที่ 4.48 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม”	102
รูปที่ 4.48 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม”	102
รูปที่ 4.49 (ก) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “วงจรรวม”	103
รูปที่ 4.49 (ข) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “เแนนด์เกท”	103
รูปที่ 4.49 (ค) หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “นอร์เกท”	104
รูปที่ 4.50 หน้าต่าง “รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน” และหน้าต่าง “ VHDL”	104
รูปที่ 4.51 หน้าต่าง “รับจำนวนตัวแปร”	105
รูปที่ 4.52 หน้าต่าง “รับฟังก์ชัน”	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.53 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"	106
รูปที่ 4.53 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม"	106
รูปที่ 4.54 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"	107
รูปที่ 4.54 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"	107
รูปที่ 4.54 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"	108
รูปที่ 4.55 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"	108
รูปที่ 4.56 รูปแบบการบันทึกไฟล์ VHDL	109
รูปที่ 4.57 รูปแบบของไฟล์ VHDL	109
รูปที่ 4.58 รูปแบบของโปรแกรม ModelSim SE/EE PLUS Evaluation 5.4	110
รูปที่ 4.59 การ complie ไฟล์ VHDL	110
รูปที่ 4.60 หน้าต่างของการ Load Design	111
รูปที่ 4.61 หน้าต่างของการตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรม	111
รูปที่ 4.62 ผลการทดสอบของโปรแกรม	112
รูปที่ ก.1 หน้าต่างโปรแกรมหลัก	118
รูปที่ ก.2 หน้าต่างรับจำนวนตัวแปร	118
รูปที่ ก.3 หน้าต่างรับฟังก์ชัน	119
รูปที่ ก.4 หน้าต่างการแสดงผลหลัก	119
รูปที่ ก.5 สมการบูลีน มินเทอม	120
รูปที่ ก.6 สมการบูลีน แม็กเทอม	120
รูปที่ ก.7 วงจรเกทรวม แอนด์เกท ออร์เกท และ นอทเกท	121
รูปที่ ก.8 วงจรเกท แนนด์เกท	121
รูปที่ ก.9 วงจร นอร์เกท	122
รูปที่ ก.10 รูปแบบไฟล์ VHDL	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.11 ประสิทธิภาพของการลดจำนวนอุปกรณ์	123
รูปที่ ก.12 ยืนยันการจบการทำงานของโปรแกรม	123
รูปที่ ข.1 ผังการลดรูปสมการบูลีน	125
รูปที่ ข.2 ผังการลดรูปสมการบูลีน	126
รูปที่ ข.3 ผังงานการแปลงเป็นไฟล์ VHDL	127
รูปที่ ข.4 ผังแปลงเป็นวงจรเกท	128
รูปที่ ข.5 โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนทั้งหมด	185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดง มินเทอม และ แม็กเทอม จากตัวแปร 2 ตัว	8
ตารางที่ 2.2 ระดับสัญญาณของค่าบูลีน	13
ตารางที่ 2.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของลอจิก	29
ตารางที่ 2.4 รูปแบบการจับคู่มินเทอม	30
ตารางที่ 2.5 การจับคู่มินเทอมส่วนที่เหลือ	31
ตารางที่ 2.6 การกำหนดค่า PI	32
ตารางที่ 2.7 การบรรจุค่า PI ลงตาราง	32
ตารางที่ 2.8 ลักษณะการเลือกค่า EPI	33
ตารางที่ 2.9 รูปแบบการจัดกลุ่มของลอจิก	34
ตารางที่ 2.10 การจับคู่และการกำหนดค่า PI	35
ตารางที่ 2.11 รูปแบบการเลือกค่า EPI	35
ตารางที่ 2.12 รูปแบบการจัดกลุ่มมินเทอม	36
ตารางที่ 2.13 การจับคู่มินเทอมและการหนดค่า PI	37
ตารางที่ 2.14 การเลือกค่า EPI	37
ตารางที่ 2.15 ข้อดีการลดรูป สวิทชิ่งฟังก์ชัน แบบต่างๆ	38
ตารางที่ 2.16 ข้อเสียการลดรูป สวิทชิ่งฟังก์ชัน แบบต่างๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การลดรูปสมการดิจิตอลเป็นขั้นตอนหนึ่งทีสำคัญมากในการออกแบบวงจรดิจิตอล ขั้นตอนดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการลดรูปสมการดิจิตอล โดยเครื่องมือในการลดรูปสมการดิจิตอลจะมีคุณลักษณะในการใช้งาน ความถูกต้องแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องมือให้ถูกต้องและเหมาะตามสถานการณ์ต่างๆ

เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องจากนักคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ และนักประดิษฐ์หลายคนด้วยกัน ซึ่งมีวิวัฒนาการมานานไม่ว่าในยุคของหลอดสูญญากาศ ยุคของทรานซิสเตอร์ (เกิดจากพัฒนาสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ในปี พ.ศ. 2491 ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Bell Telephone) ยุคของวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) จนถึงปัจจุบัน แต่ถ้าหากพิจารณาแล้วสามารถแบ่งเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ได้ 2 ประเภท คือ เทคโนโลยีแอนะลอก และเทคโนโลยีดิจิตอล

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิตอลได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการ คือ ข้อมูลข่าวสารในระบบดิจิตอลมีเพียง สองระดับ (ข้อมูลมีอยู่ 2 ระดับซึ่งง่ายต่อการประมวลผลข้อมูล ผิดกับข้อมูลในระบบแอนะลอกที่ข้อมูลมีลักษณะต่อเนื่องทำใช้การประมวลผลยากกว่า) สัญญาณดิจิตอลมีความทนทานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์สูง (เป็นผลต่อเนื่องจากข้อมูลในระบบดิจิตอลมีเพียง 2 ระดับ เมื่อมีพารามิเตอร์ใดๆ ที่มีผลกระทบสัญญาณ หรือสัญญาณรบกวนก็สามารถสร้างสัญญาณให้มีลักษณะเหมือนสัญญาณเดิมทุกประการได้ แต่ระบบแอนะลอกสัญญาณที่ถูกพารามิเตอร์ใดๆ รบกวนไม่สามารถทำให้เหมือนสัญญาณเดิมได้ทุกประการ) การประมวลข้อมูลเชิงตัวเลขในระบบดิจิตอลสามารถทำได้แม่นยำ และ สามารถแทนข้อมูลจำนวนมากได้โดยการเพิ่มจำนวนบิตของข้อมูลเข้าไป หรืออาจจะกล่าวถึงโดยรวมของข้อดีของระบบดิจิตอลได้ คือ มีความแม่นยำและมีเสถียรภาพที่มากกว่าระบบแอนาลอก

ในระบบอุตสาหกรรมจำเป็นต้องคำนึงผลของการดำเนินการทางธุรกิจ การที่ทำให้ผลดำเนินการทางธุรกิจมีผลกำไรนั้นมีวิธีการอยู่หลายวิธีด้วยกัน การลดต้นทุนการผลิตก็ถือว่าเป็นวิธีการวิธีหนึ่งที่ใช้ในทุกอุตสาหกรรมในปัจจุบัน การลดต้นทุนการผลิตดังกล่าวจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของสินค้าด้วย จึงจะทำให้การดำเนินการธุรกิจประสบความสำเร็จ ในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับระบบดิจิตอลนั้น ก็จะต้องคำนึงถึงผลของการดำเนินการทางธุรกิจเช่นกัน การลดรูปสมการดิจิตอล หรือสมการบูลีนถือว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบวงจรดิจิตอล ทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวด้วย และยังไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของของผลิตภัณฑ์ แถมยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมด้วย เช่น วงจรที่ผ่านขั้นการลดรูปสมการบูลีนจะทำให้ความเร็วในการทำงานเร็วขึ้น เป็นต้น

การลดรูปสมการบูลีนสามารถกระทำได้หลายวิธีโดยอาศัยเครื่องมือต่างๆ เช่น แผนผังคาร์โนห์ (Karnaugh map: K - map), พีชคณิตบูลีน (Boolean expression) และ ควิน แม็กคลูสกี้ (Quine McCluskey Method)โดยเครื่องมือนี้จะถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากน้อย ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ทักษะ และความสามารถของผู้ใช้เป็นสำคัญ

เครื่องมือเหล่านี้จะมีคุณลักษณะในการใช้งาน ความถูกต้องแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะตามสถานการณ์ต่างๆ ในการออกแบบเชิงธุรกิจอุตสาหกรรม หรืองานที่ต้องคำนึงความถูกต้อง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำและสะดวกในการใช้งาน จำเป็นต้องประยุกต์เครื่องมือต่างๆ เหล่านี้กับเทคโนโลยีในปัจจุบัน)

แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในลดรูปสมการดิจิตอลได้ เครื่องมือนี้ก็คือ คอมพิวเตอร์ (Computer) นั้นเอง โดยการป้อนสวิทชิ่งฟังก์ชัน (Switching Function) เข้าไป เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผล ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นสมการบูลีนที่ประหยัดที่สุด วิธีการนี้สามารถทำได้โดยเราประยุกต์ขั้นตอนการลดรูปสมการบูลีนให้อยู่ในรูปของโปรแกรมซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการออกแบบเป็นอย่างมาก และลดข้อผิดพลาดจากการลดรูปสมการบูลีนโดยวิธีการของแผนผังคาร์โนห์, พีชคณิตบูลีน และ ควิน แม็กคลูสกี้ ทั้งยังสามารถมองเห็นผลลัพธ์ในรูปสมการ และวงจรต้นแบบได้อีกด้วย

รูปแบบของควิน แม็กคลูสกี้ สามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้ เนื่องจากหลักการของควิน แม็กคลูสกี้ มีขั้นตอนที่ง่ายเหมาะสำหรับการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ จึงใช้หลักการของควิน แม็กคลูสกี้ ในการสร้างโปรแกรมลดรูปสมการบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีความสามารถดังนี้ คือ

1. สามารถลดรูปสมการวงจรดิจิตอลได้ตั้งแต่ 2 - 12 ตัวแปร

2. สามารถเลือกการแสดงผลของสมการได้ทั้งแบบผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) และแบบผลคูณของผลบวก (Product of Sum)

3. สามารถแปลงสมการในข้อ 1 ให้อยู่ในรูป ไฟล์ VHDL ได้

4. สามารถแปลงสมการในข้อ 1 ให้อยู่ในรูปวงจรเกทที่ประกอบด้วย นอทเกท (NOT GATE), แอนด์เกท (AND GATE) และ ออร์ (OR GATE),วงจรแนนด์เกท (NAND GATE) อย่างเดียว และวงจรนอร์เกท (NOR GATE) อย่างดียว

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการแบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจได้ง่าย ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาสำคัญดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาของแนวความคิดในการคิดโครงงานนี้ขึ้นมาและเหตุผลในการสร้างโครงงานและรายละเอียดของข้อดีในการสร้างโครงงานนี้โดยยกตัวอย่างวิธีการในลักษณะเดียวกันแต่ต่างวิธีเพื่อให้เห็นถึงความเหมาะสม และกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของขีดความสามารถของโครงงานนี้เพื่อบ่งบอกถึงความสามารถเบื้องต้นของโครงงานนี้ และในส่วนท้ายบทจะอธิบายถึงรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละบทพอสังเขป

บทที่ 2 กล่าวในเรื่องพื้นฐานของสวิทชิ่งฟังก์ชัน เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของสวิทชิ่งฟังก์ชันซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณ แบบที่ 2 เขียนอยู่ในรูปของผลคูณของผลบวก และ อธิบายถึงความหมายของ มินเทอม (Mintrem) และ แม็กเทอม (Maxterm) เพื่อใช้อ้างอิงในบทต่อๆ ไป และในส่วนที่สองจะเป็นแนวความคิดในการลดรูปฟังก์ชันให้น้อยที่สุด โดยในการอธิบายจะใช้โครงสร้างของรูปทรงเรขาคณิตเพื่อให้มองเห็นภาพได้ง่าย และในส่วนที่สามของบทจะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการลดรูปสมการบูลีนโดยทั่วไปโดยใช้วิธีต่างๆเช่น การลดรูปสมการบูลีนโดยใช้กฎของพีชคณิตบูลีน, การลดรูปสมการบูลีนโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ และ การลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้ โดยในส่วนของวิธีการลดรูปโดยใช้กฎของพีชคณิตบูลีน จะอธิบายถึงกฎข้อต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามทฤษฎี ที่ใช้ในการลดรูปสมการบูลีนโดยยกตัวอย่างประกอบ ส่วนการลดรูปสมการโดยใช้วิธีของแผนผังคาร์โนห์ ส่วนแรกจะอธิบายถึงรูปแบบของการบรรจุ เทอมลงไปในตาราง ทั้ง มินเทอมและแม็กเทอม ส่วนตัวอย่างที่แสดงให้เห็นจะยกตัวอย่างตั้งแต่ 2 ตัวแปร จนถึง 6 ตัวแปร ส่วนการลดรูปสมการบูลีนโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้ จะเริ่มอธิบายตั้งแต่ไพรมอิมพลีเค้นท์ (Prime Implicant: PI) หรือ เรียกว่า PI และ เอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ (Essential Prime Implicant: Essential PI) หรือเรียกว่า EPI เพื่อสามารถนำเทอมของฟังก์ชันมาสร้างเป็น PI หรือ EPI ได้ ในส่วนของตัวอย่างจะเริ่มตั้งแต่รูปแบบของตารางและรายละเอียดของการนำค่าของเทอมในฟังก์ชันไปลงในตาราง และการจับคู่ของมินเทอม อธิบายถึงกฎในการจับคู่ของมินเทอมที่สามารถรวมตัวกันได้ และการบรรจุค่าของ PI ลงตาราง การเลือกค่า EPI ตลอดจนการเลือกค่าของ PI ที่เหลือเพื่อให้ฟังก์ชันสามารถลดรูปได้น้อยที่สุด และกล่าวถึงลักษณะของการบรรจุเทอมในฟังก์ชันและทฤษฎีในการแปลงเลขฐานที่ใช้ในส่วนของโปรแกรม ในส่วนสุดท้ายของบทจะเป็นการกล่าวถึงลักษณะของภาษาที่ใช้บรรยายการทำงานของฮาร์ดแวร์ หรือภาษา VHDL นั่นเอง ซึ่งจะอธิบายถึงลักษณะต่างๆ ของรูปแบบการเขียนของภาษา และข้อดีของภาษา VHDL และลักษณะของโครงส่วนประกอบของการเขียนภาษา VHDL ที่ใช้งานในโปรแกรม

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีในการเขียนโปรแกรม โดยจะอธิบายรายละเอียดในการทำงานในส่วนหลักๆ ของโปรแกรม เช่นในส่วนของการเก็บข้อมูลโดยใช้รูปแบบของหน่วยความจำแบบอะเรย์ในการเก็บข้อมูลรูปแบบในการเข้าหาข้อมูลภายในอะเรย์ และการเก็บข้อมูลแบบเรคอร์ดการกำหนดประเภทของข้อมูลในเรคอร์ด (Record type) การเขียนเท็กซ์ไฟล์ (Text file) และสแตนดาร์ดโพซีเดอร์ของเท็กซ์ไฟล์ การเขียนไฟล์ VHDL และลักษณะของการบรรจุค่าเทอมของฟังก์ชัน ที่ใช้ในการลดรูปสมการส่วนท้ายของบทจะอธิบาย อัลกอริธึม (Algorithm) ของการลดรูปสมการโดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้ และสรุปเป็นผังการทำงานแสดงไว้ในท้ายบท

บทที่ 4 กล่าวถึงรายละเอียดของการทดลองของโปรแกรมลดรูปสมการบูลีน โดยโปรแกรมที่ใช้งานจริงโดยการทดลองจะแบ่งตามลำดับของจำนวนตัวแปรที่สามารถลดรูปได้ โดยผลลัพธ์ที่แสดง จะประกอบด้วย สมการบูลีนที่ได้จากการลดรูปแล้วในรูปแบบของ ผลบวกของผลคูณ และผลคูณของผลบวก และในรูปแบบของวงจรเกทที่ได้จากสมการที่ลดรูปแล้ว ซึ่งแสดงในรูปแบบของวงจรที่ประกอบด้วย แอนด์เกท, ออร์เกท และ นอทเกท หรือ วงจรที่ประกอบด้วย แนนด์เกทเพียงอย่างเดียว หรือ วงจรที่ประกอบด้วย นอร์เกทเพียงอย่างเดียว และจากสมการที่ลดรูปแล้วสามารถแปลงเป็นภาษาที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของวงจรนั้นในรูปแบบของภาษา VHDL ซึ่งสามารถใช้งานได้จริง และในส่วนท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของบท จะเป็นวิธีการทดสอบการทำงานของ VHDL file ที่ได้จาก การทดสอบของโปรแกรมที่ใช้งานจริง

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปของการทำงานเกี่ยวกับโปรแกรมของโครงงานและวิธีการใช้งานรวมทั้งขีดความสามารถในการทำงานของโปรแกรมว่ามีความสามารถโดยรวมอย่างไร ในส่วนที่สองจะกล่าวถึงปัญหาต่างๆที่เป็นอุปสรรคต่อการสร้างโครงงานนี้ และมีแนวทางแก้ไขของปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งแนวทางแก้ไขที่ได้อาจไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ในส่วนตอนท้ายของบทจะเป็นแนวความคิดหรือข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อในอนาคต เพื่อเป็นพื้นฐานให้การพัฒนาโครงงานให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นต่อๆ ไป

และในภาคผนวก จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ภาคผนวก ก และภาคผนวก ข ซึ่งในรายละเอียดของภาคผนวก ก จะอธิบายในส่วนของการใช้งานโปรแกรมต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบอย่างในการใช้งานโครงงานโปรแกรมลดรูปสมการบูลีนนี้ ส่วนในส่วนที่สองจะเป็นภาคผนวก ข ซึ่งจะประกอบไปด้วยผังการทำงานทั้งหมดของโครงงานซึ่งผังงานหลักก็คือ ผังงานที่ใช้ในการลดรูปสมการบูลีน และในตอนท้ายของภาคผนวกส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดของโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้สร้างโครงงานนี้ขึ้นมา ซึ่งในการสร้างโครงงานโปรแกรมนี้ขึ้นมาได้โดยอาศัยโปรแกรม Delphi 5 เพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

การออกวงจรดิจิตอลซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกับสวิทชิ่ง จะต้องอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการออกแบบทางวิศวกรรมโดยทั่วไป ซึ่งจะต้องอาศัยหลักการทางเศรษฐศาสตร์ คือ จะต้องคำนึงเรื่องราคาต้นทุน โดยทั่วไปแล้วการที่ได้วงจรที่ประหยัดที่สุดจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าวงจรที่ไม่ผ่านขั้นตอนการลดทอนสวิทชิ่งฟังก์ชัน ไม่ว่าเรื่องความเร็วในการทำงานของวงจร แฟนอิน (FAN-IN) และ แฟนเอาต์ (FAN-OUT) ดังนั้นขั้นตอนการออกแบบวงจรดิจิตอลเบื้องต้นจะทำการลดรูปสวิงชิ่งให้น้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นการลดจำนวนเกทนั้นเอง จากนั้นก็จะพิจารณาเรื่องการใช้งาน ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการลดสมการบูลีนโดยวิธีควิน แม็คคลูสกี้

2.1 แบบมาตรฐานของสวิทชิ่งฟังชันก์ (Switching function)

การเขียนสวิทชิ่งฟังก์ชัน หรือ สมการบูลีนมีมาตรฐานการเขียนอยู่ 2 แบบคือ แบบที่ 1 เขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณ แบบที่ 2 เขียนอยู่ในรูปของผลคูณของผลบวก

ผลบวกของผลคูณ หมายถึง การออร์กันระหว่างตัวแปรที่แอนด์กัน เช่น

$$F(A,B,C) = A\bar{B}C + A\overline{BC} + ABC$$

$$F(A,B,C,D) = A\bar{B} + AB\bar{C} + \bar{A}BC\bar{D} + ABCD$$

ผลคูณของผลบวก หมายถึง การแอนด์กันระหว่างตัวแปรที่ออร์กัน เช่น

$$F(A,B,C) = (\bar{A}+B+\overline{C})\,(A+\bar{B}+\bar{C})\,(\bar{A}+B+C)\,(\bar{A}+\bar{B}+\bar{C})$$

$$F(A,B,C,D) = (\bar{A}+B)\,(\bar{A}+\bar{B}+C)\,(A+\bar{B}+\bar{C}+D)\,(A+B+C+D)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Canonical form

Canonical form สำหรับสมการบูลีน หรือ สวิทชิ่งฟังก์ชันที่เขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณ หรือ ผลคูณของผลบวกโดยที่แต่ละ คอมไบน์เนชั่น (Combination) มีตัวแปรอยู่เต็มจำนวน ถ้าเขียนอยู่ในรูปของ ผลคูณของผลบวกก็เรียกว่า Canonical product of sum form และถ้าเขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณก็เรียกว่า Canonical sum of product form ก่อนที่เราจะเขียนฟังก์ชันทั้งสองรูปแบบนี้ควรทำความเข้าใจความหมายของมินเทอม และแม็กเทอมเสียก่อน

มินเทอม หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลคูณของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ตัว ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n ตัวนั้น โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้ง ในรูปปกติ หรือในรูปของ Complement ก็ได้ เช่นฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C มี มินเทอม คือ $\overline{ABC}$, $\overline{A}BC$, $\overline{A}B\overline{C}$, $\overline{A}BC$, $A\overline{BC}$, $A\overline{B}C$, $AB\overline{C}$, ABC เป็นต้น

แม็กเทอม หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลบวกของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ตัว ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n ตัวนั้น โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้ง ในรูปปกติ หรือในรูปของคอมพลีเม้นท์ ก็ได้เช่น ฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C มี แม็กเทอม คือ $A+B+C$, $A+B+\overline{C}$, $A+\overline{B}+C$, $A+\overline{B}+\overline{C}$, $\overline{A}+B+C$, $\overline{A}+B+\overline{C}$, $\overline{A}+\overline{B}+C$, $\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$ เป็นต้น

2.1.2 การแทนมินเทอม และแม็กเทอมด้วยเลขฐานสอง

ตัวแปรใน มินเทอม และ แม็กเทอม มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ 2 ค่า คือ 0 หรือ 1 ดังนั้น ในกรณีที่เป็นมินเทอม เราจะกำหนดว่า

ตัวแปรในรูปแบบปกติ เช่น A,B,C..... จะแทนด้วย 1

ตัวแปรในรูปคอมพลีเม้นท์ เช่น $\overline{A},\overline{B},\overline{C}$..... จะแทนด้วย 0

ในกรณีที่เป็นแม็กเทอม เราจะกำหนดว่า

ตัวแปรในรูปปกติ เช่น A,B,C..... จะแทนด้วย 0

ตัวแปรในรูป คอมพลีเม้นท์ เช่น $\overline{A},\overline{B},\overline{C}$..... จะแทนด้วย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการเขียนมินเทอม และแม็กเทอมจากตัวแปร 2 ตัว

ตารางที่ 2.1 มินเทอม และแม็กเทอมจากตัวแปร 2 ตัว

เลขฐาน 10	ตัวแปร		มินเทอม	มินทอม
	A	B		
0	0	0	$\overline{A}\,\overline{B}$	$A + B$
1	0	1	$\overline{A}B$	$A + \overline{B}$
2	1	0	$A\overline{B}$	$\overline{A} + B$
3	1	1	AB	$\overline{A} + \overline{B}$

2.2 แนวความคิดของการลดทอนฟังก์ชันให้น้อยที่สุด

การลดทอนสวิทชิ่งฟังก์ชัน เป็นวิธีที่พยายามลดจำนวนเทอม (อาจเป็นเทอมผลบวก หรือ เทอมผลคูณ) ลดจำนวนตัวอักษร (ทั้งรูปปกติและรูปคอมพลีเม้นท์) หรือลดผลรวมของจำนวนเทอม และ ตัวอักษรของนิพจน์ทางพีชคณิตให้น้อยลง จนไม่สามารถลดทอนได้อีก และถ้าหากยังลดตัวอักษร หรือ เทอมต่อไปอีกก็จะทำให้ค่าฟังก์ชันผิดไป การลดตัวอักษรและเทอมจะเป็นการลดแฟนอิน และ จำนวนเกทของวงจรนั่นเอง ทำให้ราคาต้นทุนของวงจรต่ำลงลองพิจารณาการลดทอน

$$F(X,Y,Z) = (1,2,3,4,5,6)$$

$$F(X,Y,Z) = \overline{X}\,\overline{Y}Z + \overline{X}Y\overline{Z} + \overline{X}YZ + X\overline{Y}\,\overline{Z} + X\overline{Y}Z + XY\overline{Z}$$

$$F(X,Y,Z) = \overline{X}Z + \overline{X}Y + X\overline{Z} + X\overline{Y} \qquad (2.1)$$

นิพจน์ของฟังก์ชันที่ถูกลดทอนมาข้างบน เราจะเรียกว่าเป็นนิพจน์ที่ไม่สามารถลดทอนได้อีก (Irredundant Irreducible Expression) เพราะถ้าเราตัดตัวอักษร หรือ ตัดเทอมก็ทำให้ค่าฟังก์ชันเปลี่ยนไป นิพจน์ที่ไม่สามารถลดทอนได้อีกอาจมีได้หลายรูป เช่น เมื่อลดทอนโดยรวมเทอมที่ 1 กับ 2,3 กับ 4,5 กับ 6 ของฟังก์ชันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F(X,Y,Z) = \overline{X}Z + YZ + X\overline{Y} \qquad (2.2)$$

และเมื่อลดทอนโดยรวมเทอมที่ 2 กับ 3,4 กับ 5,6 กับ 1 จะได้

$$F(X,Y,Z) = \overline{X}Y + X\overline{Z} + \overline{Y}Z$$

นิพจน์ของฟังก์ชันที่ได้ใหม่ทั้งสอง ต่างเป็นนิพจน์ที่ไม่สามารถลดทอนได้อีกในจำนวนนิพจน์ของฟังก์ชันที่ลดทอนไม่ได้อีกทั้งสามของนิพจน์หลังจะเป็นนิพจน์ที่น้อยที่สุด

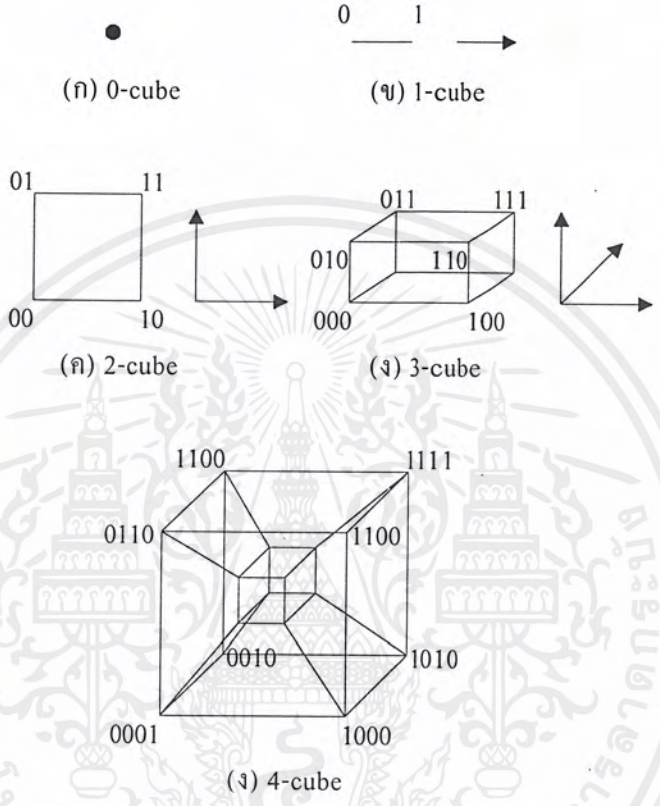
การออกแบบวงจรสวิทชิ่งที่ประหยัด หรือราคาต้นทุนต่ำจะต้องพยายามลดทอนฟังก์ชันให้นิพจน์ทางพีชคณิตน้อยที่สุด เพื่อจำนวนแฟนอินและจำนวนเกท ของวงจรจะได้น้อยที่สุดจากนิพจน์ของฟังก์ชันข้างต้นทั้งสามเราสร้างเป็นวงจร 2 ระดับ แอนด์-ออร์ นิพจน์แรกใช้ แอนด์เกท 4 ตัว และ ออร์เกท 4 แฟนอิน 1 ตัว ส่วนสองนิพจน์หลังใช้แอนด์เกท 3 ตัว และออร์เกท 3 แฟนอิน 1 ตัว แนวความคิดการลดทอนฟังก์ชันให้น้อยที่สุดที่กล่าวมานี้เป็นฟังก์ชันแบบผลบวกของเทอมผลคูณ สำหรับฟังก์ชันแบบผลคูณของเทอมผลบวกก็มีแนวความคิดทำนองเดียวกัน และเมื่อสร้างเป็นวงจรลอจิกจะเป็นวงจร 2 ระดับ แอนด์-ออร์เกท

การลดทอนสวิทชิ่งฟังก์ชันโดยวิธีแผนผังคาร์โนห์และวิธีตาราง QM จะมีแนวความคิดมาจากรูปทรงทางเรขาคณิตของการแทนเลขไบนารี เลขไบนารี N บิทมีค่า 0 ถึง 2^{N-1} แสดงด้วยจุดต่าง ๆ 2^N จุดใน N-Space ถ้าตัวแปรสวิทชิ่ง 1 ตัว จะแทนด้วยจุด 2 จุดใน 1-Space จุดหนึ่งแทน 0 และอีกจุดจะแทน 1 มีเส้นเชื่อมจุดทั้งสองเหมือนแกนเดียวเรียก 1-Cube ตัวแปร สวิทชิ่ง 2 ตัวจะแทนด้วยจุด 4 จุด ใน 2- Space ตามการจัดหมู่ของตัวแปร ($2^2 = 4$) แต่ละจุด แทน 00,01,10,11 เขียนได้เหมือน 2 แกนที่ตั้งฉากกัน (รูปที่ 2.1 ข) เป็นรูปสี่เหลี่ยมแรก 2-Cube สำหรับตัวแปร

สวิทชิ่ง 3 ตัวจะแทนด้วยจุด 8 จุด ใน 3-Space แต่ละจุดแทนเลขฐานสอง 0 ถึง 7 เขียนได้เหมือนแกน 3 แกน ที่ตั้งฉากกัน (รูปที่ 2.1 ค) เป็นลูกบาศก์เรียก 4-Cube เมื่อตัวแปรสวิทชิ่งมากขึ้น การแสดงรูปเรขาคณิตยิ่งยากขึ้น เพราะต้องใช้แกนมากขึ้นแต่วิธีการ จะเหมือนแบบที่อธิบายมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

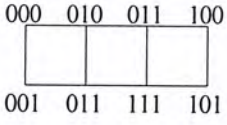
ข้อสังเกตจากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าเส้นตรงที่ใช้เชื่อมจุดสองจะมีบิทที่ต่างกันเพียงบิทเดียวเท่านั้น และภายใน N-Cube หนึ่งจะประกอบด้วย Sub-cube หลายแบบเช่น 3-Cube จะประกอบด้วย 2-Sub-cube เป็นสี่เหลี่ยม 6 รูป หรือ 1- Sub-cube เป็นเส้นตรง 12 เส้น



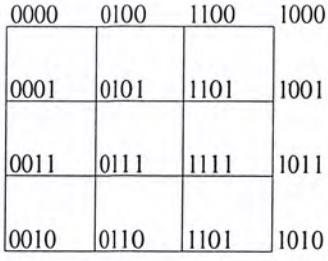
รูปที่ 2.1 n-cube n-0,1,2,3,4

4-Cube จะประกอบด้วย 3-Sub-cube เป็นลูกบาศก์ 8 รูป หรือ 2-Sub-cube เป็นสี่เหลี่ยม 24 รูป หรือ 1-Sub-cube เป็นเส้นตรง 32 เส้น รูปทรงเรขาคณิตของการแทนเลขไบนารี่ หรือตัวแปรสวิทชิ่ง อาจแสดงให้อยู่ในระนาบเดียวกันได้ อย่างเช่นกรณีตัวแปรสวิทชิ่ง 3 ตัวลบเส้นเชื่อมจุดออกก่อน แล้วจึงค่อยมา เชื่อมภายหลังด้วยเส้นปะตามรูปที่ 2.1 (ก) ถ้าตัวแปรสวิทชิ่ง 4 ตัว ก็ทำในลักษณะเดียวกันตามรูปที่ 2.2 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) 3-cube ในระนาบเดียวกัน



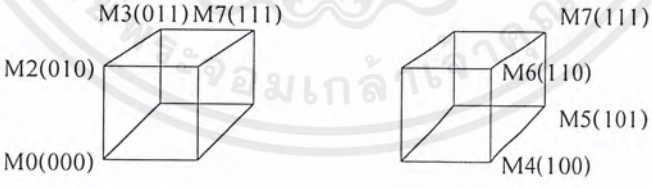
(ข) 4-cube ในระนาบเดียวกัน

รูปที่ 2.2 (ก) 3-cube (ข) 4-cube ให้อยู่ในระนาบเดียวกัน

จุดต่าง ๆ ของรูปทรงเรขาคณิตเลขฐานสองก็คือ มินเทอม (เขียนในรูปเต็มแบบ SP) หรือแม็กเทอม (เขียนในรูปเต็มแบบ PS) เมื่อสวิทชิ่งฟังก์ชันกำหนดเป็นมินเทอมมาเราจะเขียนในจุดตามที่กำหนดในรูปทรงเรขาคณิตและเชื่อมจุดตามที่กระทำได้ พิจารณาการรวมกันเป็น Sub-cube ของ จุดซึ่งจะช่วยลดทอนฟังก์ชันตามตัวอย่าง

$$F1(X,Y,Z) = m(0,2,3,7)$$

$$F2(X,Y,Z) = m(4,5,6,7)$$



(ก) f1(X,Y,Z) (ข) f2(X,Y,Z)

รูปที่ 2.3 การแทนเทอมของฟังก์ชันในรูปทรงเรขาคณิต

จากฟังก์ชัน F1 (3-Cube) ที่แทนเทอมในรูปเรขาคณิตตามรูปที่ 2.3 เราสามารถเชื่อม M0 กับ M2, M3, และ M3, M7 เป็นเส้นตรง 3 เส้น (1-Sub-cube) ในเส้นตรงแต่ละเส้น จะแสดงที่บิทที่เหมือนกัน 2 บิท แตกต่างกัน 1 บิท สามารถรวมเทอมลดตัวแปรจาก 3 ตัว เป็น 2 ตัว โดยตัดตัวแปรของบิทที่ต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F1(X,Y,Z) = M0 + M2 + M3 + M7$$
$$= \overline{XYZ} + \overline{XYZ} + \overline{X}YZ + XYZ$$
$$= \overline{XZ} + \overline{X}Y + YZ$$

นิพจน์ของฟังก์ชันที่หาได้นี้เห็นนิพจน์ที่ลดทอนไม่ได้อีกแล้ว แต่ไม่ใช่น้อยที่สุด เพราะถ้าเราตัดเส้นตรงที่เชื่อม M2 กับ M3 คิดเฉพาะเส้นตรงที่เชื่อม M0 กับ M2 และ M3 กับ M7 จะได้นิพจน์ที่น้อยที่สุดเหลือเพียง $\overline{X}\overline{Y} + YZ$ ซึ่งครอบคลุมถึง หรือมินเทอมทั้ง 4 ได้ครบ รายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ฟังก์ชัน F2(3-Cube) ที่แทนมินเทอมในรูปทรงเรขาคณิตตามรูปที่ 2.3 ข. สามารถเชื่อม M4 M5 M6 และ M7 เป็นสี่เหลี่ยม 1 รูป (2-Sub-cube) มินเทอมทั้ง 4 ในสี่เหลี่ยมจะแสดงบิทที่เหมือนกัน 1 บิท แตกต่างกัน 2 บิท สามารถรวมเทอมลดตัวแปรจาก 3 ตัวเป็น 1 ตัว โดยตัดตัวแปร ของบิทที่ต่างออกไป

$$F2(X,Y,Z) = M4 + M5 + M6 + M7$$
$$= X\overline{YZ} + X\overline{Y}Z + XY\overline{Z} + XYZ$$
$$= X\overline{Y} + XY$$
$$= X$$

เราอาจกล่าวสรุปได้ว่า "ฟังก์ชัน" F(N-Cube) ใด ๆ ที่แทนเทอมในรูปทรงเรขาคณิต เมื่อประกอบด้วย P-Sub-cube จะมีบิทที่เหมือนกัน N-P แตกต่างกัน P บิท สามารถรวมเทอมลดตัวแปรจาก N ตัว ให้มีเทอมที่เหลือตัวแปรเพียง N-P บิท โดยตัดตัวแปรของบิทที่แตกต่างกันออกไป การรวมจุดหรือเทอมให้เป็น Sub-cube เราจะพิจารณา Sub-cube ที่ใหญ่กว่าก่อน โดยไม่พิจารณาถึง Sub-cube ย่อยที่ประกอบเป็น Sub-cube ใหญ่นั้นเพราะ Sub-cube ใหญ่จะครอบคลุมถึง Sub-cube ย่อยได้ เช่น รูปที่ 2.3 ข. เราจะพิจารณาถึงสี่เหลี่ยม 2- Sub-cube M4 M5 M6 M7 เพียงรูปเดียว โดยไม่ต้องพิจารณาถึงเส้นตรง 1-Sub-cube ที่ประกอบกันเป็นสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน

1) การใช้ทฤษฎีของพีชคณิตบูลีน

2) การใช้แผนผังคาร์โนห์

3) การใช้หลักการควิน แม็กคลูสกี้

2.3.1. การใช้ทฤษฎีของพีชคณิตบูลีน

พีชคณิตบูลีน แตกต่างกับพีชคณิตธรรมดาตรงที่ ค่าคงที่บูลีนมีเพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 ส่วนตัวแปรระดับของแรงดันไฟฟ้า 0 หรือ 1 ที่เวลาต่างกัน หรือเรียกว่า ระดับลอจิก (Logic Level) ของค่าบูลีน

ตารางที่ 2.2 ระดับสัญญาณของค่าบูลีน

Logic 0	Logic 1
False	Ture
Off	On
Low	High
No	Yes
Open switch	Closed switch

ปฏิบัติการพื้นฐานของพีชคณิตบูลีนมี 3 แบบ

1) การรวมการทางลอจิก (Logical Addition) เรียกว่า การรวมแบบออร์ หรือปฏิบัติการออร์ มีสัญลักษณ์คือ เครื่องหมายบวก (+)

2) การคูณทางลอจิก (Logical Multiplication) เรียกว่า การคูณแบบแอนด์ หรือปฏิบัติการแอนด์ มีสัญลักษณ์คือ เครื่องหมายคูณแบบจุด (.)

3) การคอมพลีเม้นท์ทางลอจิกหรือการกลับค่า (Logical Complementation or Inversion) เรียกว่า ปฏิบัติการนอท มีสัญลักษณ์คือ ขีดบน (¯) หรือ (')

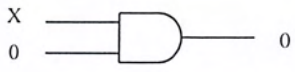
ทฤษฎีบูลีน (Boolean Theorems)

ทฤษฎีบูลีนสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยทฤษฎีที่ (1) ถึง (8) และกลุ่มที่สองประกอบด้วยทฤษฎีที่ (9) ถึง (15)

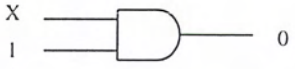
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีกลุ่มแรกประกอบด้วย

(1) $X \cdot 0 = 1$

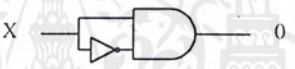


(2) $X \cdot 1 = X$



(3) $X \cdot X = X$

(4) $X \cdot \overline{X} = 0$

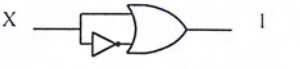


(5) $X + 0 = X$

(6) $X + 1 = 1$

(7) $X + X = X$

(8) $X + \overline{X} = 1$



ทฤษฎีที่ (1) ถ้าตัวแปรใดทำการแอนด์ กับ 0 ผลลัพธ์จะเป็น 0 ทฤษฎีนี้จำได้ง่าย เพราะการแอนด์ เหมือนกับการคูณธรรมดา ซึ่งเราทราบดีว่าค่าใดก็ตามคูณกับ 0 จะได้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลัพธ์ 0 ดังนั้น เมื่อใดก็ตามที่อินพุตของแอนด์เกท เป็น 0 เอาต์พุตของแอนด์เกทจะเป็น 0

ทฤษฎีที่ (2) เหมือนกับการคูณธรรมดาเช่นเดียวกับทฤษฎี (1)

ทฤษฎีที่ (3) พิสูจน์ได้ดังนี้ ถ้า $X = 0$ จะได้ $0 . 0 = 0$ และถ้า $X . 1$ จะได้ $1 . 1 = 1$ ดังนั้น $X . X = X$

ทฤษฎีที่ (4) เราทราบว่า ไม่ X หรือ $\overline{X}$ ตัวใดตัวหนึ่งเป็น 0 ดังนั้นเอาต์พุตของแอนด์เกท จึงมีค่าเป็น 0

ทฤษฎีที่ (5) เหมือนกับการบวกเลขธรรมดา เพราะว่า 0 บวกกับค่าใดก็ตามจะไม่มีผลกับค่านั้น

ทฤษฎีที่ (6) ถ้าตัวแปรใดทำการออร์ กับ 1 ผลลัพธ์จะเป็นได้ 1 ตรวจสอบได้จาก $0 + 1 = 1$ และ $1 + 1 = 1$

ทฤษฎีที่ (7) พิสูจน์ได้จาก $0 + 0 = 0$ และ $1 + 1 = 1$

ทฤษฎีที่ (8) เราทราบว่า X หรือ $\overline{X}$ ตัวใดตัวหนึ่งต้องเป็น 1 จึงทำให้ทำให้เอาต์พุตของออร์เกท มีค่าเป็น 1

X ในทฤษฎีอื่น อยากเน้นว่าค่า X ในทฤษฎีที่ (1) ในทฤษฎีที่ (8) อาจแทนตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวแปรได้ เช่น ถ้า $A\overline{B}(\overline{A\overline{B}})$ สามารถใช้ทฤษฎีที่ (4) ได้ โดยกำหนดให้ $X = A\overline{B}$ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า $A\overline{B}(\overline{A\overline{B}}) = 0$ เป็นต้น

กลุ่มที่สองประกอบด้วยทฤษฎีที่ (9) ถึง (15)

(9) $X + Y = Y + X$

(10) $X . Y = Y . X$

(11) $X + (Y + Z) = (Y + X) + Z = X + Y + Z$

(12) $X(YZ) = (XY)Z$

(13a) $X(Y + Z) = XY + XZ$

(13b) $(W + X)(Y + Z) = WY + XY + WZ + XZ$

(14) $X + XY = X$

(15) $X + \overline{X}Y = X + Y$

ทฤษฎีที่ (9) และ (10) เรียกว่า **กฎการสลับที่** (Commutative Lawe) ซึ่งเรียกว่า ลำดับของตัวแปรที่ ออร์ หรือ แอนด์ ไม่ใช่สิ่งสำคัญ เพราะผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่ (11) และ (12) เรียกว่า **กฎการจัดหมู่** (Associative Laws) ซึ่งเรียกว่า สามารถจัดกลุ่มตัวแปรในสมการแอนด์ หรือ สมการออร์ได้ตามที่ต้องการ

ทฤษฎีที่ (13) เรียกว่ากฎการกระจาย (Distributive Lows) ซึ่งเรียกว่า สมการหนึ่งกระจายได้โดยการคูณตัวแปรเหมือนกับพีชคณิตธรรมดา ทฤษฎีนี้ยังชี้ให้เห็นว่าสามารถแบ่งสมการเป็นส่วนย่อย ๆ และ ดึงตัวแปรร่วมออกมาได้เหมือนในพีชคณิต เช่น

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

และ $$ABC + ABD = AB(C + D)$$

ทฤษฎีที่ (9) ถึง (13) นั้นจำได้ง่ายเพราะมีหลักการเหมือนกับพีชคณิตศาสตร์ธรรมดาทุกอย่าง แต่สำหรับทฤษฎี (14) และ (15) นั้นไม่ส่วนใดเหมือนพีชคณิตธรรมดาเลยการพิสูจน์ทฤษฎีที่ (14) และ (15) ต้องแยกเป็นกรณี ๆ ไป โดยขึ้นอยู่กับค่า X และ Y ที่แปรเปลี่ยนไป

ทฤษฎีที่ (14) สามารถอธิบายได้ดังนี้

กรณีที่ 1 $X = 0, Y = 0$

$$X + XY = X$$
$$0 + 0.0 = 0$$
$$0 = 0$$

กรณีที่ 2 $X = 0, Y = 1$

$$X + XY = X$$
$$0 + 0.1 = 0$$
$$0 + 0.0 = 0$$
$$0 = 0$$

กรณีที่ 3 $X = 1, Y = 0$

$$X + XY = X$$
$$1 + 1.0 = 1$$
$$1 + 0 = 1$$
$$1 = 1$$

กรณีที่ 4 $X = 1, Y = 1$

$$X + XY = X$$
$$1 + 1.1 = 1$$
$$1 + 1 = 1$$
$$1 = 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทฤษฎีที่ (14) นี้พิสูจน์ได้โดยการดึงตัวแปรร่วม และใช้ทฤษฎีที่ (2) มาร่วมพิจารณาได้ดังนี้

$$X + XY = X(1 + Y)$$
$$= X.1$$
$$= X$$

สำหรับการพิสูจน์ทฤษฎีที่ (15) ทำได้โดยหลักการคล้ายกับการพิสูจน์ทฤษฎีที่ (14)

ทฤษฎีบูลีนทั้งหมดนี้ ช่วยลดจำนวนเทอมในสมการบูลีนได้ ส่งผลให้วงจรที่เกิดจากสมการดังกล่าวลดความซับซ้อนลง

ทฤษฎีของ DeMorgan (DeMorgan's Theorems)

ทฤษฎีของ DeMorgan เป็นทฤษฎี 2 ทฤษฎี คือทฤษฎีที่ (16) และ (17) ที่มีประโยชน์อย่างมากในการทำการสมการบูลีนให้อยู่ในรูปง่ายซึ่งมาจากแนวความคิดของนักคณิตศาสตร์ ชื่อ DeMorgam เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

(16) $\overline{(X + Y)} = \overline{X}.\overline{Y}$

(17) $\overline{(X.Y)} = \overline{X} + \overline{Y}$

ทฤษฎีที่ (16) กล่าวว่าเมื่อตัวแปรสองตัวทำการออร์กันแล้วกับค่า ย่อมมีค่าเท่ากับค่าตัวแปรซึ่งนำมาแอนด์กัน

ทฤษฎีที่ (17) กล่าวว่าเมื่อตัวแปรสองตัวทำการแอนด์กันแล้วกลับค่า ย่อมมีค่าเท่ากับการกลับค่าตัวแปรซึ่งนำมาออร์กัน

2.3.2 แผนผังคาร์โนห์

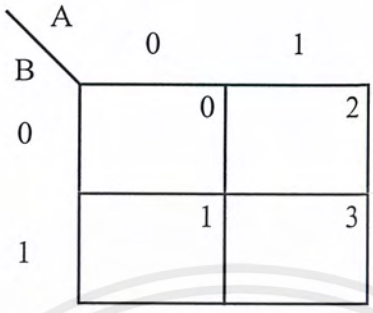
การลดรูปสมการบูลีน หรือ สวิทชิ่งฟังก์ชันให้สั้นที่สุดนั้น สามารถทำได้โดยใช้ทฤษฎีของบูลีน ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่แล้ว แต่ดูเหมือนจะยากในกรณีที่มีตัวแปรหลาย ๆ ตัวแปร การใช้แผนผังคาร์โนห์ ช่วยในการแก้ปัญหาจะเป็นการง่ายกว่า และมีข้อผิดพลาดน้อยกว่า วิธีการเทคนิคของแผนผังคาร์โนห์ มีดังนี้

ก. แผนพังคาร์โนห์ชนิด 2 ตัวแปร

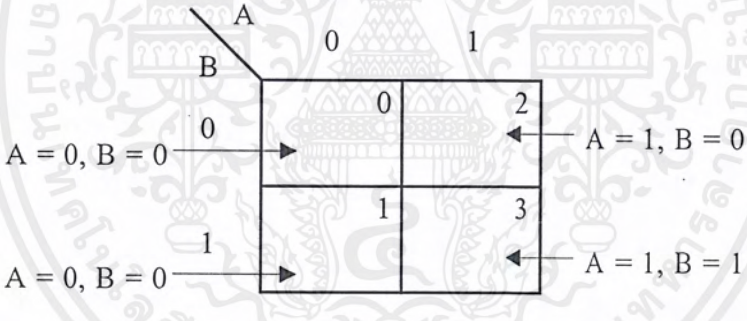
แผนผังคาร์โนห์ชนิด 2 ตัวแปร ประกอบด้วยช่องซึ่งแทนค่าของตัวแปรนั้น ๆ จำนวน $2^2 = 4$ ช่อง (ค่ายกกำลัง คือจำนวนตัวแปร) ดังแสดงตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43149



(ก) แผนผังคาร์โนห์ชนิด 2 ตัวแปร



(ข) ค่าของตัวแปรในแต่ละช่อง

รูปที่ 2.4 แผนผังคาร์โนห์ชนิด 2 ตัวแปร

จากรูปที่ 2.4

ช่องที่ 0 $A = 0, B = 0$ แสดงค่าของมินเทอม ได้เป็น $\overline{A}\,\overline{B}$ และแม็กเทอม คือ $A + B$

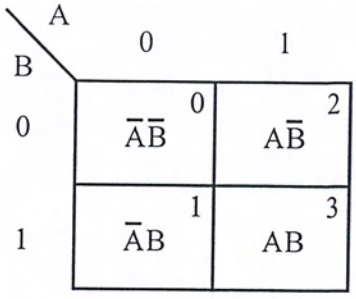
ช่องที่ 1 $A = 0, B = 1$ แสดงค่าของมินเทอม ได้เป็น $\overline{A}B$ และแม็กเทอม คือ $A + \overline{B}$

ช่องที่ 2 $A = 1, B = 0$ แสดงค่าของมินเทอม ได้เป็น $A\overline{B}$ และแม็กเทอม คือ $\overline{A} + B$

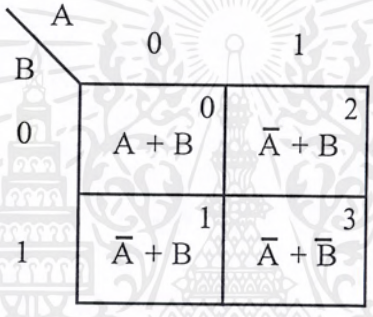
ช่องที่ 3 $A = 1, B = 1$ แสดงค่าของมินเทอม ได้เป็น AB และแม็กเทอม คือ $\overline{A} + \overline{B}$

ใส่ค่าของตัวแปรในแต่ละช่องของแผนผังคาร์โนห์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ค่าของตัวแปรในรูปของมินเทอม



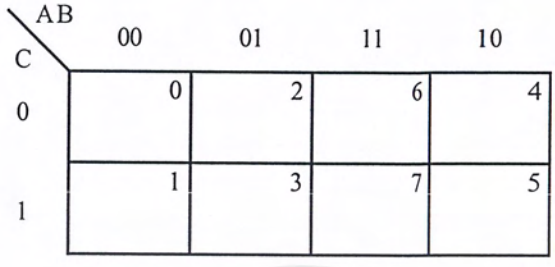
(ข) ค่าของตัวแปรในรูปของแม็กเทอม

รูปที่ 2.5 ค่าตัวแปร 2 ตัว ในแผนผังคาร์โนห์

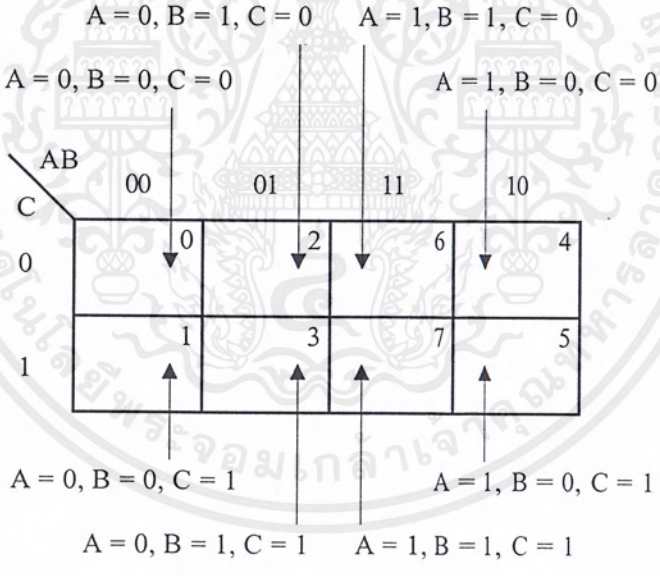
ข. แผนผังคาร์โนห์ชนิด 3 ตัวแปร

แผนผังคาร์โนห์ชนิด 3 ตัวแปร ประกอบด้วยช่องซึ่งแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ จำนวน $2^3 = 8$ ช่อง ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แผนผังคาร์โนห์ชนิด 3 ตัวแปร



(ข) ค่าของตัวแปรในแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C \ AB	00	01	11	10
0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ 0	$\bar{A}B\bar{C}$ 2	$AB\bar{C}$ 6	$A\bar{B}\bar{C}$ 4
1	$\bar{A}\bar{B}C$ 1	$\bar{A}BC$ 3	ABC 7	$A\bar{B}C$ 5

(ค) ค่าของตัวแปรในรูปของมินเทอม

รูปที่ 2.6 แผนผังคาร์โนห์ชนิด 3 ตัวแปร

ค. แผนผังคาร์โนห์ชนิด 4 ตัวแปร

แผนผังคาร์โนห์ชนิด 4 ตัวแปร ประกอบด้วยช่องซึ่งแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ จำนวน $2^4 = 16$ ช่อง ดังรูปที่ 2.7

AB \	00	01	11	10
00	0	4	12	8
01	1	5	13	9
11	3	7	14	11
10	2	6	15	10

(ก) แผนผังคาร์โนห์ชนิด 4 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AB \ CD	00	01	11	10
00	0 0000	4 0100	12 1100	8 1000
01	1 0001	5 0101	13 1101	9 1001
11	3 0011	7 0111	14 1111	11 1011
10	2 0010	6 0110	15 1110	10 1010

(ข) ค่าของตัวแปรแต่ละช่อง

(ค)

รูปที่ 2.7 แผนผังคาร์โนห์ชนิด 4 ตัวแปร

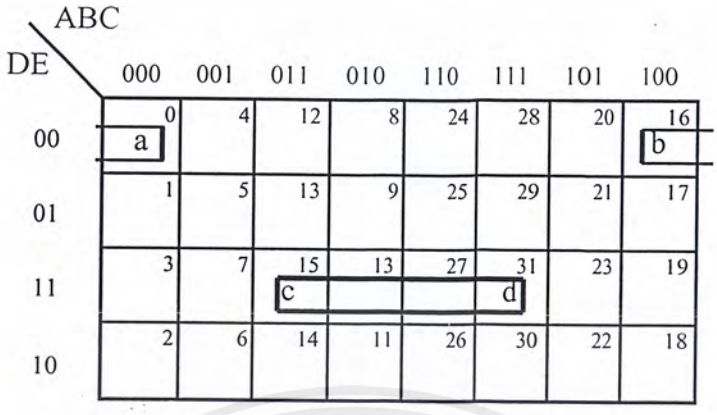
ง. แผนผังคาร์โนห์ชนิด 5 ตัวแปร

แผนผังคาร์โนห์ชนิด 5 ตัวแปร ประกอบด้วยช่องซึ่งแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ จำนวน $2^5 = 32$ ช่อง ดังรูปที่ 2.8

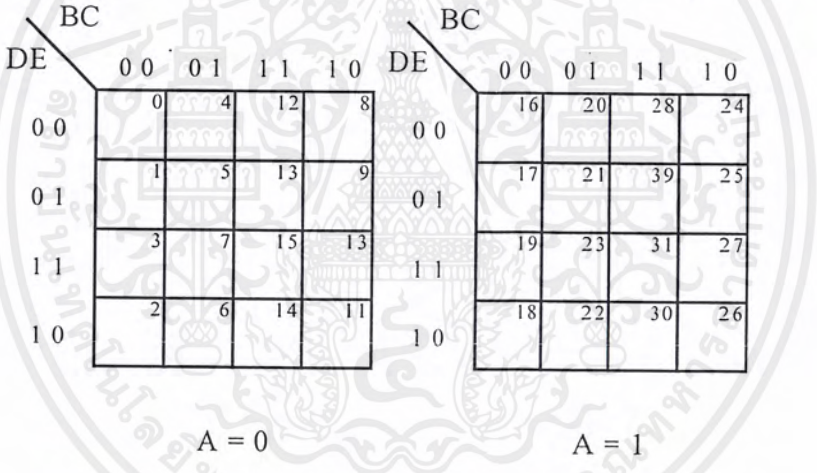
DE \ ABC	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	4	12	8	24	28	20	16
01	1	5	13	9	25	29	21	17
11	3	7	15	13	27	31	23	19
10	2	6	14	11	26	30	22	18

(ก) ค่าของตัวแปรแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) แผนผังคาร์โนห์ชนิด 5 ตัวแปร แบบที่ 1



(ค) แผนผังคาร์โนห์ชนิด 5 ตัวแปร แบบที่ 2

รูปที่ 2.8 แผนผังคาร์โนห์ชนิด 5 ตัวแปร

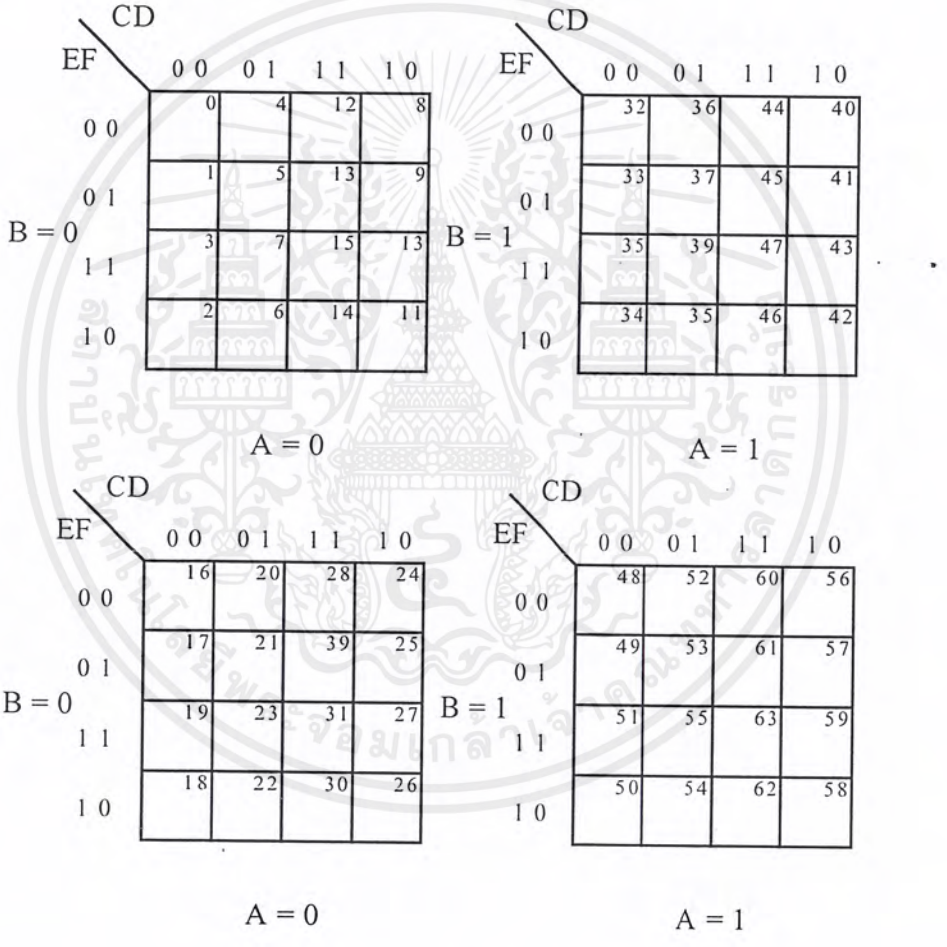
แบบที่ 1 นี้จะเขียนตัวแปรด้านบน 3 ตัวคือ ABC ด้านข้างมี 2 ตัวแปร ซึ่งเราจะเห็นว่าด้านบนจะมีทั้งหมด 8 สภาพวะและเมื่อดูค่าในช่องจะเห็นว่าจะมีการพิจารณาได้ยาก เพราะมี 2 ตาราง และตำแหน่งก็วางสลับกันซึ่งทางส่วนของ BC ก็วางสลับกัน ซึ่งในการจับคู่เราต้องคำนึงถึงด้วย ดังนั้น รูปแบบที่ 2จะพิจารณาได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบที่ 2 จะเห็นว่าเราจะพับครึ่งของตารางเพื่อให้สภาวะของ B และ C ตรงกันจากนั้นเราจะเห็นว่า เมื่อพับแล้วจะมีสภาวะ A ที่ยังเป็น 0 และ 1 เราจึงจะแยกตารางอีกครั้งเพื่อแยก A = 0 และ A = 1 ออกจากกันดังรูป

จ. แผนผังคาร์โนห์ชนิด 6 ตัวแปร

แผนผังคาร์โนห์ชนิด 6 ตัวแปร ประกอบด้วยช่องซึ่งแทนด้วยค่าของตัวแปรนั้น ๆ จำนวน $2^6 = 64$ ช่อง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แผนผังคาร์โนห์ชนิด 6 ตัวแปร

การลดรูปโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ 6 ตัวแปร ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันแต่จำนวนช่องมีทั้งหมด $2^6 = 64$ ดังนั้น เราต้องพับ 2 ครั้ง และแยก A กับ B ออกมา ต่างจากการทำ 5 ตัวแปร จะดึง A = 0 และ A = 1 ออกมาดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. การลดรูปสมการดิจิตอล หรือ สวิทชิ่งฟังก์ชันโดยใช้ แผนผังคาร์โนห์

การลดรูปสมการบูลีนหรือ สวิทชิ่งฟังก์ชันโดยใช้ แผนผังคาร์โนห์ มีวิธีดังนี้

1) ใส่ มินเทอม (Logical 1) หรือ แม็กเทอมลอจิก (Logic) 0 ลงใน แผนผังคาร์โนห์ตามช่องของค่าของมัน

2) จับคู่ตัวที่อยู่ติดกัน โดยมีหลักเกณฑ์ที่ว่า จับคู่ได้ครั้งละ 2^n ตัว คือ 1 ตัว หรือ 2 ตัว หรือ 4 ตัว หรือ 8 ตัว หรือ 16 ตัว

3) การจับคู่จะต้องจับให้ได้มากที่สุด เช่น ถ้าจับได้ 8 ตัว ก็อย่าจับแบบ 4 ตัว 2 ครั้ง เพราะอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไม่น้อยที่สุด

4) ตัวที่ถูกจับไปแล้ว ก็สามารถนำไปจับคู่กับตัวอื่นได้ถ้าจำเป็น

5) เมื่อจับคู่ได้แล้วก็ดำเนินการหาผลลัพธ์ วิธีการหาผลลัพธ์ทำได้โดย นำตัวถูกจับคู่นั้นมองดูค่าทางด้านบนและข้าง ค่าที่ซ้ำกันคือผลลัพธ์ที่ต้องการ

2.3.3 การลดรูปฟังก์ชันโดยใช้หลักการของควิน แม็กคลูสกี้

การออกแบบวงจรดิจิตอลสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือความถูกต้องของวงจรและจำนวนเกท ที่ใช้ในวงจรควรมีน้อยที่สุดเท่าที่เป็นได้ โดยที่วงจรยังทำงานได้ตามต้องการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดเวลาหน่วง (Delay Time) ของวงจรให้มีน้อยที่สุด การลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันหรือ Logic Equation โดยวิธีของพีชคณิตบูลีน หรือ แผนผังคาร์โนห์ ก็เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ถ้าสวิทชิ่งฟังก์ชันที่ประกอบด้วยตัวแปรจำนวนมาก เช่น มีตัวแปร 5 ตัว หรือมากกว่า การลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันด้วยวิธีดังกล่าวอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายเนื่องจากฟังก์ชันมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ยังมีวิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่ประกอบด้วยตัวแปรจำนวนมาก วิธีการนี้คือวิธีการของควิน แม็กคลูสกี้

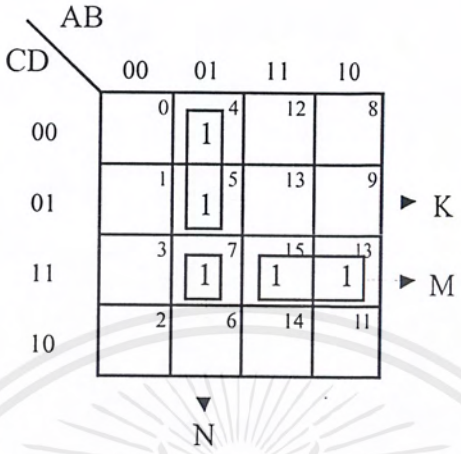
1) ไพรมอิมพลีเค้นท์

ก่อนที่จะทำการศึกษาวิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน ที่มีจำนวนมากโดยใช้วิธีการของควิน แม็กคลูสกี้ นั้นควรจะต้องทำความเข้าใจความหมายของคำว่าไพรมอิมพลีเค้นท์ และเอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ก่อน

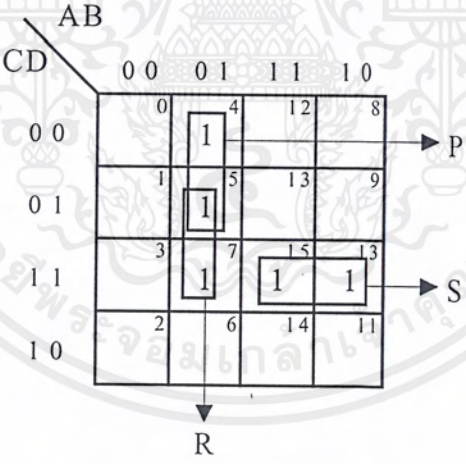
ไพรมอิมพลีเค้นท์เขียนย่อ ๆ ว่า PI หมายถึง เทอมผลคูณของตัวแปรใด ๆ เทอมหนึ่ง ที่เกิดขึ้นมาจากการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน โดยที่เทอมผลคูณนั้นไม่สามารถรวมกับเทอมผลคูณอื่นเพื่อให้เทอมผลคูณใหม่ที่มีตัวแปรน้อยกว่าเดิมเพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้น จึงขออธิบายตามตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้ $f(A,B,C,D)=\sum m(4, 5, 7, 11, 15)$ ดังนั้นเมื่อเรานำมินเทอมใส่ลงในแผนผังคาร์โนห์ จะได้เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การรวมตัวมินเทอมตามแผนผังคาร์โนห์



(ข) การเลือกรวมตัวมินเทอมตามแผนผังคาร์โนห์

รูปที่ 2.10 การรวมตัวมินเทอมตามแผนผังคาร์โนห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 หากเรารวมตัวมินเทอม ตามแผนผังคาร์โนห์ รูปที่ 2.10 (ก) ซึ่งจะทำให้ได้ $K = (m_4, m_5)$ $M = (m_{11}, m_{15})$ $N = (m_7)$ เราเรียก K และ M ว่าเป็น PI เพราะทั้ง K และ M เป็นเทอมผลคูณของตัวแปรที่ไม่สามารถลดรูปลงได้อีก ส่วน N จะไม่เรียกมันว่าเป็น PI เพราะมันสามารถรวมกับเทอมอื่นๆ ได้คือ อาจรวมกับ m_5 หรือ m_{15} ตัวใดตัวหนึ่งทำให้ตัวแปรมีจำนวนลดลง

หากทำการรวมตัวมินเทอม ตามแผนผังคาร์โนห์ รูปที่ 2.10 (ข) ซึ่งจะได้ $P = (m_4, m_5)$ $Q = (m_5, m_7)$ $R = (m_7, m_{15})$ และ $S = (m_{11}, m_{15})$ ในขั้นต้นเราเรียก P, Q, R และ S เป็นเทอมผลคูณของตัวแปรที่ไม่สามารถลดรูปลงได้ ขั้นต่อไปจงสังเกตว่า m_7 อาจเลือกรวมกับ m_5 หรือ m_{15} ก็ได้ แต่ m_4 ต้องรวมกับ m_5 เท่านั้นและ m_{11} ต้องรวมกับ m_{15} เท่านั้นเช่นเดียวกับมินเทอมตัวใดตัวหนึ่งจำเป็นต้องรวมกับมินเทอมอีกตัวหนึ่ง โดยไม่มีโอกาสเลือกรวมกับมินเทอมตัวอื่น จะเรียกคู่ของมินเทอมนั้นๆ ว่าเป็น Essential PI ในที่นี้ P และ S เป็น Essential PI

จากตัวอย่าง เราจะได้คำตอบ 2 แบบคือ

$$f(A,B,C,D) = \sum m(4,5,7,11,15)$$
$$= P + S + Q \text{ หรือ } P + S + R$$

จากคำตอบทั้งสองแบบที่ได้จะเห็นว่าไม่ว่าเป็นคำตอบใด คำตอบนั้นจะประกอบด้วย Essential PI อยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน โดยวิธีควิน แม็กคลูสกี้ จึงต้องหา Essential PI ก่อน แล้วจึงเลือก PI ที่จำเป็นต้องเลือกเพื่อทำให้ครอบคลุม (Cover) มินเทอมทั้งหมด เช่น เมื่อเลือก Essential PI P และ S ก็ต้องเลือก PI ตัวใดตัวหนึ่ง เพื่อให้ครอบคลุม m_7 เป็นต้น

2) หลักการลดรูปสมการบูลีนโดยควิน แม็กคลูสกี้

ในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน โดยใช้หลักการของแผนผังคาร์โนห์ นั้นต้องใช้ความชำนาญในการเลือกรวมตัวมินเทอมต่างๆ เพื่อให้ได้ฟังก์ชันที่สั้นที่สุดแต่การใช้หลักการควิน แม็กคลูสกี้ เพื่อลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันจะทำให้ทราบได้ทันทีว่ามินเทอมตัวใดจะต้องรวมกัน แล้วทำให้ได้ฟังก์ชันที่สั้นที่สุด

ควิน แม็กคลูสกี้ ได้คิดค้นวิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน โดยอาศัยหลักการทางพีชคณิตบูลีนที่กล่าวว่า $AB + A\overline{B} = A(B + \overline{B})$ ดังนั้นจึงได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัว Canonical Term หรือ มินเทอมที่จัดเป็นกลุ่ม โดยที่มินเทอมในแต่ละกลุ่ม เมื่อเขียนอยู่ในรูปของเลข ฐานสอง จะมีจำนวนลอจิก 1 เท่ากัน เมื่อเทียบความแตกต่างของตัวมินเทอมทุกตัวในแต่ละกลุ่มที่อยู่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว หากพบว่ามีจำนวน Logic 1 ต่างกันเพียงบิทเดียวเท่านั้น ก็แสดงว่า มินเทอมคู่นั้นสามารถรวมกันได้ นอกจากนี้การหาผลต่างของมินเทอมทุกตัวในแต่ละกลุ่มที่อยู่ติดกัน ถ้าผลต่างมีเท่ากับ 2^n (n คือตัวเลขจำนวนเต็มบวก) แสดงว่า มินเทอมคู่นั้นสามารถรวมกันได้ จากนั้นให้หา Essention PI และ PI ที่จำเป็นต้องเลือกดังกล่าวมาแล้ว จึงทำให้ได้สวิทชิ่งฟังก์ชันที่สั้นที่สุด

ในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันใดๆ โดยใช้วิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้ ให้ขั้นตอนการดำเนินตามขั้นตอนต่างๆ ดังอธิบายต่อไป และเพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายจึงขอยกตัวอย่างสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีเพียง 4 ตัวแปรก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.3.3.1 จงลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่กำหนดให้ต่อไปนี้ โดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้

$$f(A,B,C,D)= \sum m(2,4,6,8,,9,10,12,13,15)$$

วิธีทำ

ตารางที่ 2.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของลอจิก

ช่อง 1		
มินเทอม	ABCD	
2	0010	กลุ่มที่ 1 มินเทอม ที่ประกอบด้วย ลอจิก 1 จำนวน 1 ตัว
4	0100	
8	1000	
6	0110	กลุ่มที่ 2 มินเทอม ที่ประกอบด้วย ลอจิก 1 จำนวน 2 ตัว
9	1001	
10	1010	
12	1100	
13	1101	กลุ่มที่ 3 มินเทอม ที่ประกอบด้วย ลอจิก 1 จำนวน 3 ตัว
15	1111	กลุ่มที่ 4 มินเทอม ที่ประกอบด้วย ลอจิก1 จำนวน 4 ตัว

ขั้นตอนที่ 1 ให้แบ่งมินเทอมจาก ฟังก์ชันที่กำหนดออกแป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยตัวมินเทอมที่มีจำนวนลอจิก 1 เท่ากัน ดังแสดงตามตารางในช่อง

ขั้นตอนที่ 2 ให้เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวมินเทอมระหว่างกลุ่มที่อยู่ติดกัน คือ กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 กับกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 กับกลุ่มที่ 3 (ถ้าแบ่งจำนวนกลุ่มได้มากกว่านี้ก็ให้เปรียบเทียบความแตกต่างทั้งหมดทุกกลุ่ม) วิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างทำได้โดยการหาผลต่างระหว่างมินเทอมทุกๆ ตัวในแต่ละกลุ่มกับมินเทอมทุกตัวในกลุ่มที่อยู่ติดกัน ถ้าผลต่างที่ได้มีค่าเท่ากับ 2^n (n คือเลขจำนวนเต็มบวก) แสดงว่า มินเทอมคู่นั้นรวมกันได้ เช่น

$6 - 2 = 4$ แสดงว่า m_2 กับ m_6 สามารถรวมกันได้

$6 - 4 = 2$ แสดงว่า m_4 กับ m_6 สามารถรวมกันได้

$6 - 8 = -2$ แสดงว่า m_8 กับ m_6 ไม่สามารถรวมกันได้

$9 - 2 = 7$ แสดงว่า m_2 กับ m_9 ไม่สามารถรวมกันได้

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของมินเทอม ดังกล่าวแล้ว จึงเขียนเป็นตารางช่อง 2 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 รูปแบบการจับคู่มินเทอม

ช่อง 1	ช่อง 2
มินเทอม	มินเทอม
2 ✓	2,6
4 ✓	4,6
8 ✓	8,9
6 ✓	2,10
9 ✓	8,10
10 ✓	4,12
12 ✓	8,12
13 ✓	9,13
15 ✓	12,13
	13,15

มินเทอมในช่อง 1 เมื่อถูกนำไปเขียนไว้ในช่อง 2 ก็ใส่เครื่องหมายเพื่อเป็นการแสดงว่า มินเทอมตัวนั้นได้ถูกรวมไปแล้ว และจะไม่เป็น PI อีกต่อไป

ขั้นที่ 3 ให้ทำซ้ำเช่นเดียวกับขั้นที่ 2 กล่าวคือนำคู่ของมินเทอมในช่อง 2 มาเปรียบเทียบความแตกต่างอีกครั้ง โดยผลต่างทั้งคู่ต้องมีค่าเท่ากันและมีค่าเท่ากับ 2^n ด้วยมินเทอมทั้ง 4 ตัวนั้นจึงจะรวมกันได้ เช่น

$9 - 2 = 7$, $13 - 6 = 7$ ได้ผลต่างเท่ากับ 7 ทั้งสองชุดแต่ไม่เท่ากับ 2^n ดังนั้น m_8, m_{12}, m_9 และ m_{13} ไม่สามารถรวมกันได้

$9 - 8 = 1$, $13 - 12 = 1$ ได้ผลต่างเท่ากับ 1 ทั้งสองชุดและเท่ากับ 2^n ด้วยดังนั้น m_8, m_{12}, m_9 และ m_{13} จึงสามารถรวมกันได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การจับคู่มินเทอมส่วนที่เหลือ

ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 2
มินเทอม	มินเทอม	มินเทอม
2 ✓	2,6	8,9,12,13
4 ✓	4,6	
8 ✓	8,9 ✓	
6 ✓	2,10	
9 ✓	8,10	
10 ✓	4,12	
12 ✓	8,12 ✓	
13 ✓	9,13 ✓	
15 ✓	12,13 ✓	
	13,15	

เราจึงเขียน m_8, m_{12}, m_9 และ m_{13} ลงในช่อง 3 และใส่เครื่องหมาย ✓ ที่ตัว มินเทอมในช่อง 2 ซึ่งได้ถูกนำไปเขียนไว้ในช่อง 3 แล้ว

ขั้นที่ 4 เมื่อมินเทอมในช่อง 3 คือ m_8, m_{12}, m_9 และ m_{13} มีชุดเดียวและไม่มีกลุ่มของมินเทอม อื่นให้เปรียบเทียบความแตกต่างกันอีกแล้ว ดังนั้นมินเทอมที่ไม่มีเครื่องหมาย (กำกับอยู่จึงเป็น PI ทั้งหมด และให้กำหนดอักษรใดๆ เพื่อใช้เป็นชื่อของ PI ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 การกำหนดค่า PI

ช่อง 1		ช่อง 2		ช่อง 3	
มินเทอม	PI	มินเทอม	PI	มินเทอม	PI
2	✓	2,6	a	8,12,9,13	g
4	✓	4,6	b		
8	✓	8,9	✓		
6	✓	2,10	c		
9	✓	8,10	d		
10	✓	4,12	e		
12	✓	8,12	✓		
13	✓	9,13	✓		
15	✓	12,13	✓		
		13,15	f		

ขั้นตอนที่ 5 ให้เขียนตาราง PI แล้วจึงเลือก Essential PI และ PI ที่จำเป็นต้องเลือกโดยมีหลักเกณฑ์คือ เมื่อเลือก Essential PI ได้แล้ว ให้ตรวจสอบว่ามินเทอมตัวใดที่ยังไม่ได้ถูกเลือก จากนั้นก็ให้พิจารณาเลือก PI ใดๆ ที่มีจำนวนน้อยที่สุด แต่สามารถครอบคลุมมินเทอมที่เหลือทั้งหมดได้

ตารางที่ 2.7 การบรรจุค่า PI ลงตาราง

มินเทอม /	2	4	6	8	9	10	12	13	15
a	✓		✓						
b		✓	✓						
c	✓					✓			
d				✓		✓			
e		✓					✓		
f								✓	⊘
g				✓	⊘		✓	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตรวจสอบตาราง PI จะเห็นว่า PI f และ g จะเป็น Essential PI เนื่องจาก m_{15} เป็นมินเทอมเดี่ยวที่ต้องรวมกับ m_{13} ส่วน m_9 เป็นมินเทอมเดี่ยวที่ต้องรวมกับ m_8, m_{12}, m_{13} เช่นกัน นั่นคือ มินเทอมที่ได้ถูกเลือกไปแล้วจำนวน 5 ตัว คือ m_8, m_9, m_{12}, m_{13}, m_{15} และยังมีมินเทอมที่ยังไม่ได้ถูกเลือกอีก 4 ตัว คือ m_2, m_4, m_6, m_{10} และเพื่อให้ง่ายขึ้นจึงควรทำเครื่องหมาย ✓ ไว้ที่ใต้ตัว มินเทอมที่ถูกเลือกไปแล้วในตาราง PI

ตารางที่ 2.8 ลักษณะการเลือกค่า EPI

มินเทอม	2	4	6	8	9	10	12	13	15
a	✓		✓						
b		✓	✓						
c	✓					✓			
d				✓		✓			
e		✓					✓		
f								✓	⊘
g				✓	⊘		✓	✓	
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

มินเทอมที่เหลือคือ m_2, m_4, m_6 และ m_{10} เราต้องเลือก PI b และ จึงจะทำให้ครอบคลุมตัว มินเทอมที่เหลือทั้งหมดได้ หากเลือก PI อื่นๆ จะเห็นว่าต้องเลือก PI อย่างน้อยที่สุด 3 ตัว จึงจะครอบคลุมมินเทอมที่เหลือทั้งหมด เช่นถ้าเลือก PI a ก่อน ก็ต้องเลือก PI b หรือ e ตัวใดตัวหนึ่งเพื่อให้ครอบคลุม m_4 และจะต้องเลือก PI c หรือ d ตัวใดตัวหนึ่งอีก เพื่อให้ครอบคลุม m_{10} นั่นคือต้องเลือก PI a,b,c หรือ PI a,b,d หรือ PI a,e,c หรือ PI a,e,d อย่างใดอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วย PI 3 ตัว ทำให้ไม่เป็นการลดจำนวนเกทให้น้อยที่สุดในการออกแบบสร้างวงจร ดังนั้นจึงต้องเลือก PI b และ c ซึ่งจะเป็น PI ที่มีค่าน้อยที่สุดและทำให้ครอบคลุมมินเทอม มินเทอมที่เหลือทั้งหมดด้วย จากนั้นจึงหาสวิทชิ่งฟังก์ชันที่สั้นที่สุดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(A,B,C,D) = \sum m(2, 4, 6, 8, 9, 10, 12,13, 15)$$

$$= b + c + f + g$$

$$= (4, 6) + (2, 10) + (13, 15) + (8, 9 ,11, 12)$$

$$= (\bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}) + (\bar{A}\bar{B}CD + A\bar{B}\bar{C}\bar{D}) + (AB\bar{C}D + ABCD) +$$

$$(\bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + AB\bar{C}D + AB\bar{C}\bar{D})$$

$$= \bar{A}B\bar{D} + \bar{B}C\bar{D} + ABD + A\bar{C}$$

ตัวอย่างที่ 2.3.3.2 จงลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันต่อไปนี้ให้สั้นที่สุด โดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้

$$f(A,B,C,D,E) = \sum m(0, 1, 2, 7, 9, 11, 12, 15, 23, 27, 28, 31)$$

วิธีทำ แบ่งกลุ่มของตัวมินเทอม และเขียนลงในช่อง 1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.9 รูปแบบการจัดกลุ่มของลอจิก

ช่อง 1	
มินเทอม	ABCDE
0	00000
1	00001
2	00010
9	01001
12	01101
7	00111
11	01011
28	11100
15	01111
23	10111
27	11011
31	11111

ขั้นตอนต่อไปให้เปรียบเทียบความแตกต่างของมินเทอมทุกตัวในกลุ่มที่อยู่ติดกัน และเขียนเป็น ช่อง 1, ช่อง 2, ช่อง 3 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 การจับคู่และการกำหนดค่า PI

ช่อง 1		ช่อง 2		ช่อง 3	
มินเทอม	PI	มินเทอม	PI	มินเทอม	PI
0	✓	0,1	a	3,19,7,23	f
1	✓	0,2	b	3,19,11,27	g
2	✓	1,9	c		
9	✓	9,11	d		
12	✓	12,28	e		
7	✓	7,15	✓		
11	✓	11,15	✓		
28	✓	7,23	✓		
15	✓	11,27	✓		
23	✓	15,31	✓		
27	✓	23,31	✓		
31	✓	27,31	✓		

เมื่อกำหนดชื่อของ PI แต่ละตัวแล้ว ก็ให้สร้างตาราง PI และทำการเลือก PI ที่จำเป็นต้องเลือกต่อไป

ตารางที่ 2.11 รูปแบบการเลือกค่า EPI

	มินเทอม 0	1	2	7	9	11	12	15	23	27	28	31
a	✓	✓										
** b	✓		✓									
* c		✓			✓							
d					✓	✓						
** e							⊘				✓	
** f				⊘				✓	✓			✓
** g					**	✓		✓		⊘		✓
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง PI จะเห็นว่า Essential PI คือ b, e, f และ g สำหรับ PI ที่ควรเลือกอีกเพื่อให้ครอบคลุมมินเทอมที่เหลือทั้งหมดคือ PI c ดังนั้นจะได้

$$f(A,B,C,D,E) = \sum m(0, 1, 2, 7, 9, 11, 12, 15, 23, 27, 28, 31)$$

$$= b + c + e + f + g$$

$$= (0, 2) + (1, 9) + (12, 28) + (7, 15, 23, 31) + (11, 15, 27, 31)$$

$$= (\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}E + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E}) + (\bar{A}\bar{B}\bar{C}DE + \bar{A}B\bar{C}DE) + (\bar{A}B\bar{C}\bar{D}\bar{E} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D}\bar{E}) + (\bar{A}B\bar{C}DE + \bar{A}\bar{B}CDE + A\bar{B}CDE + ABCDE) + (\bar{A}B\bar{C}DE + \bar{A}BCDE + AB\bar{C}DE + ABCDE)$$

$$= \bar{A}\bar{B}\bar{C}E + \bar{A}C\bar{D}E + B\bar{C}\bar{D}E + CDE + BDE$$

ตัวอย่างที่ 2.3.3.3 จงลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันต่อไปนี้ให้สั้นที่สุด โดยวิธี ควิน แม็กคลูสกี้

$$f(A,B,C,D,E) = \sum m(3, 9, 11, 12, ,19, 23, 29) + d(5, 7, 13, 27, 28)$$

วิธีทำ แบ่งกลุ่มของตัวมินเทอม และเขียนลงในช่อง 1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.12 รูปแบบการจัดกลุ่มมินเทอม

ช่อง 1	
มินเทอม	ABCDE
3	00011
5	00101
9	01001
12	01100
7	00111
11	01011
13	01011
19	11100
28	11110
23	10111
27	11011
29	11101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อไปให้เปรียบเทียบความแตกต่างของมินเทอมทุกตัวในกลุ่มที่อยู่ติดกัน และเขียนเป็น ช่อง 1, ช่อง 2, ช่อง 3 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.13 การจับคู่มินเทอมและการหนดค่า PI

ช่อง 1		ช่อง 2		ช่อง 3	
มินเทอม	PI	มินเทอม	PI	มินเทอม	PI
3	✓	3,7	✓	3,19,7,23	e
5	✓	5,7	a	3,19,11,27	f
9	✓	3,11	✓	12,28,13,29	g
12	✓	9,11	b		
7	✓	5,13	c		
11	✓	9,13	✓		
13	✓	12,13	✓		
19	✓	3,19	✓		
28	✓	12,28	✓		
23	✓	7,23	✓		
27	✓	19,23	✓		
29	✓	11,27	✓		
		19,27	✓		
		13,29	✓		
		28,29	✓		

เมื่อกำหนดชื่อของ PI แต่ละตัวแล้ว ก็ให้สร้างตาราง PI และทำการเลือก PI ที่จำเป็นต้องเลือกต่อไป

ตารางที่ 2.14 การเลือกค่า EPI

มินเทอม	3	9	11	12	19	23	29	5	7	13	27	28
a								✓	✓			
* b		✓	✓									
c								✓		✓		
d	✓									✓		
** e	✓				✓	⊘			✓			
f	✓		✓		✓						✓	
** g				⊘			✓			✓		✓
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(A,B,C,D,E) = \sum m(3, 9, 11, 12, ,19, 23, 29) + d(5, 7, 13, 27, 28)$$

$$= b + e + g$$

$$= (9, 11) + (3, 19, 7, 23) + (12, 29, 13, 28)$$

$$(\bar{A}BC\bar{D}E + \bar{A}BC\bar{D}\bar{E}) + (\bar{A}\bar{B}\bar{C}DE + A\bar{B}\bar{C}DE + \bar{A}\bar{B}CDE + A\bar{B}CDE) + (\bar{A}BC\bar{D}\bar{E} + ABC\bar{D}E + \bar{A}BCD\bar{E} + ABC\bar{D}\bar{E})$$

$$= \bar{A}BC\bar{E} + \bar{B}DE + BC\bar{D}$$

2.3.4 ข้อดีและข้อเสียของการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ

ข้อดีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ

ตารางที่ 2.15 ข้อดีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ

รูปแบบ	ข้อดี
1. ทฤษฎีของพีชคณิตบูลีน	1. สะดวกในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีจำนวนตัวแปรไม่มาก และจำนวนเทอมที่น้อย 2. สามารถทำการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันได้รวดเร็วถ้าผู้ใช้มีทักษะในการใช้งาน
2. แผนผังคาร์โนห์	1. สะดวกในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีจำนวนตัวแปรน้อยกว่า 5 ตัวแปร 2. ผู้ใช้ไม่ต้องมีทักษะในการใช้มากนักในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชัน (กรณีที่จำนวนตัวแปรน้อยกว่า 5 ตัวแปร ขึ้นไป) 3. เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดน้อยกว่าแบบอื่นๆ (กรณีที่จำนวนตัวแปรน้อยกว่า 5 ตัวแปร ขึ้นไป)
3. หลักการควิน แม็กคลูสกี้	1. สะดวกกว่าการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันมากกว่าแบบอื่นในการที่มีจำนวนตัวแปรมากๆ 2. ทำให้ได้สวิทชิ่งฟังก์ชันที่สั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ

ตารางที่ 2.16 ข้อเสียการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันแบบต่างๆ

รูปแบบ	ข้อเสีย
1. ทฤษฎีของพีชคณิตบูลีน	1. ไม่สะดวกในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีจำนวนตัวแปรมาก และจำนวนเทอมที่มาก 2. ผู้ใช้ต้องมีทักษะในการใช้จึงจะสามารถลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันได้น้อยที่สุด และรวดเร็วได้ 3. เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดปานกลาง
2. แผนผัง คาร์โนห์	1. ไม่สะดวกในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีจำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 ตัวแปรขึ้นไป 2. ผู้ใช้จะมีทักษะในกรณีที่ใช้ลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันที่มีจำนวนตัวแปรตั้งแต่ 5 ตัวขึ้นไป
3. หลักการควิน แม็กคลูสกี้	1. มีเงื่อนไขในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันมากกว่าแบบอื่น 2. ไม่สะดวกในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรน้อย 3. เกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายในการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันกว่าแบบอื่นๆ

จากตารางจะเห็นว่าวิธีการลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันทั้ง 3 แบบจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไปในลักษณะต่างๆ ดังนั้นการเลือกใช้วิธีใดๆ ก็ต้องดูที่เงื่อนไขจำนวนตัวแปรของสวิทชิ่งฟังก์ชัน และจำนวนของมินเทอมด้วย แต่วิธีดังกล่าวก็จะต้องขึ้นอยู่กับทักษะ และความชำนาญของผู้ใช้เองจึงจะทำให้ได้สวิทชิ่งฟังก์ชันที่ถูกต้องและน้อยที่สุดด้วย

2.4 เซลล์ C (CELL C)

ในการเขียนโปรแกรมลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันซึ่งจะมีการกล่าวถึงโครงสร้างการเขียนโปรแกรมและการแปลงเลขฐานสิบ เพื่อจะอยู่ในรูปของเซลล์ C เพื่อที่จะนำไปใช้กล่าวในคุณสมบัติของการบรรจุ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ซึ่งนำไปประยุกต์เป็นทฤษฎีที่จะคำนวณหาค่าไพรมอิมพลีเค้นท์ และเอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ ซึ่งจะใช้ในการลดรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 โครงสร้างของ Cellular (The Cellular Struction)

ในการใช้ ควิน แม็กคลูสกี้ นั้นตัวแปรที่เป็นคอมพลีเม้นท์จะแสดงค่าเป็น 0 และตัวแปรที่ไม่อยู่ในรูปของคอมพลีเมนต์จะแทนค่าด้วย 1 สุดท้ายในตำแหน่งที่ไม่มีการการแสดงค่าของตัวแปรจะถูกแทนด้วย – เมื่อมีการแสดงเทอมผลของบูลีน ฟังก์ชันอาจจะถูกเขียนได้เป็น

$$C = (C_n C_{n-1} \dots C_1) \tag{2.3}$$

เมื่อ C เป็นสมาชิกของเซ็ต (0,1,-) และเทอมผลคูณ C จะเรียกว่า เซลล์ของ Cellular Struction

ตัวอย่าง

$$F(A,B,C,D) = \bar{A}BC\bar{D} + A\bar{B}\bar{D} + \bar{A}\bar{D} + \bar{B}C$$
$$= C1 + C2 + C3 + C4$$
$$= (1101) + (10\text{-}1) + (0\text{- -}0) + (\text{-}01\text{-})$$

2.4.2 THE N-CUBE

เซ็ตของ C = {0,1,0} เป็นส่วนหนึ่งของเซ็ตที่ถูกจัดลำดับ ซึ่งลำดับของความสัมพันธ์ (> =) ถูกกำหนดดังนี้

$$0,0 >= 1,0 \qquad 0,0 >= 0,1$$
$$1 >= 1,0 \qquad 0 >= 0,1$$

ความสัมพันธ์ > = อาจจะถูกขยายไปถึงเซลล์ เช่น ถ้า X = (XnXn-1…X1) และY = Yn Yn-1 … Y1) เป็น CELL และ Xi > = Yi สำหรับ L = 1 , n เราจะสามารถบอกได้ว่า X $\supseteq$Y หรือ X บรรจุใน Y เขียนอยู่ในรูปทั่วไปได้ว่า

$$C^n = \{ (C_n C_{n-1} \dots C_1 | = \{ C | C \quad C \}$$

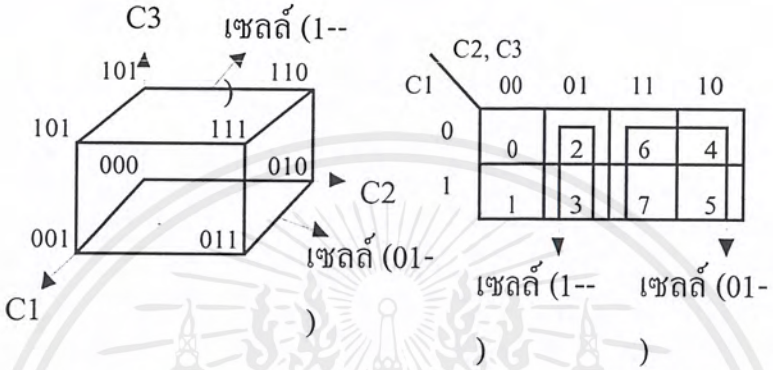
ตัวอย่าง

สมมุติ (X) = (11-1) และ (Y) = (1101) เป็นสมาชิกของ CELULAR 4-CUBES ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X \supseteq Y$ เพราะว่า 1 > = 1 , 1 > = 1 , -> = 0, 1 > = 1

สังเกตุได้ว่าความสัมพันธ์ของเครื่องหมายนั้นไม่ใช่ทางด้านคณิตศาสตร์ แต่มีความหมายว่าเป็นความสัมพันธ์ทางลำดับ (C^4 , $\supseteq$) (C^n , $\supseteq$)



รูปที่ 2.11 รูป Cellular 4-Cubes

2.4.3 การแปลงเป็นเลขฐานสิบ (The decimal transform)

พิจารณามินเทอม V = (Vn-1 ... V1) N-CUBLE (C^n , $\supseteq$)

$$\delta(V) = \sum_{i=1}^{n} Vi * 2^{i-1}$$

เมื่อ Vi เป็นค่า 0 หรือ 1

ในทำนองเดียวกัน ในแต่ละเซลล์ ของ N-CUBE (C^n ,$\subseteq$) จะแสดงว่าเป็นเลขฐานสิบได้ดังนี้

$$D(c) = (\delta(\min(c)).(\delta(\max(c)))$$

ตัวอย่าง กำหนดค่ามินเทอม V = (1001) ทำเป็นเลขฐานสิบ คือ

$$\delta(V) = (1*2^3)+(0*2^2)+(0*2^1)+(1*2^0)$$

$$= (9)_{10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงหาค่าของเลขฐานสิบที่แทน เซลล์ C = (10-1)

$$\max(c) = (1011) \qquad \delta(\max(c)) = 11$$
$$\min(c) = (1001) \qquad \delta(\min(c)) = 9$$

ดังนั้น D(c) = (9,11)
ถ้ากำหนดให้

$$V = \delta(V)$$

การแปลงค่าเป็นเลขฐานสิบใน (2) นั้น นำมาแทนค่าลงใน (3) อาจเขียนใหม่ได้ว่า

$$D(c) = (I,J)$$

เมื่อ $I = \delta(\min(c))$

$J = \delta(\max(c))$

ตัวอย่าง จงหามินเทอมของเซลล์ C = (0-1-01) และหาค่าของการแปลงเลขฐานสิบ

$V_1 = \min(c) = (001001) = V_1 = 9 = I$
$V_2 = \min(c) = (001101) = V_2 = 13$
$V_3 = \min(c) = (011001) = V_3 = 25$
$V_4 = \min(c) = (011101) = V_4 = 29 = J$

ดังนั้นการแปลงเลขฐานสิบคือ

$$D(c) = (I,J) = (9,29)$$

สังเกตเห็นได้ว่า $9 < 13 < 25 < 29$
ดังนั้นเราเขียนอยู่ในรูปตัวแปรว่า

$$I < Vi < J$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทุกๆ VERTEX Vi ของ CELL C ใน n-CUBEc ($C^n, \subseteq$)

2.5 ภาษา VHDL (VHSIC Hardware Description Language)

VHDL คือ โปรแกรมภาษาที่สามารถสร้างรูปแบบการทำงานของระบบสัญญาณดิจิตอล (VHDL สามารถใช้กับระบบดิจิตอลเท่านั้น)

2.5.1 ลักษณะการทำงานแบบต่างๆของ VHDL

1) สร้างแบบจำลองการทำงานของระบบตั้งแต่เกทง่ายๆ จนถึงระดับ ไมโครโปรเซสเซอร์

2) สังเคราะห์ระบบจากแบบจำลอง คือ เมื่อได้แบบจำลองระบบที่เป็นโปรแกรมภาษา VHDL สามารถที่จะแปลงเป็นวงจรซึ่งอาจจะเขียนลงในชิพแล้ว ชิพนั้นก็มีคุณสมบัติตามที่เขียนโปรแกรม เช่น Xilinx หรืออาจจะเป็นขบวนการผลิตในโรงงานเลย

3) ทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น เช่น มีการเขียนวงจรการนับขึ้นมา ก็จะมีการสร้าง Seven Segment จาก VHDL เพื่อที่จะเอามาทดสอบการทำงานของวงจรนับ

4) เป็นมาตรฐานโปรแกรมที่จำลองการทำงานของระบบดิจิตอลภาษาต่างๆ

2.5.2 ลักษณะของรูปแบบ(model styles)

ลักษณะของการเขียนรูปแบบ (model) ด้วยภาษา VHDL สามารถแบ่งได้เป็น

1. Behavioral Model: หรือเรียกอีกอย่างได้ว่า algorithmic description เป็นรูปแบบที่บรรยายพฤติกรรมของระบบดิจิตอล ในส่วนที่บรรยายมีโครงสร้างคล้ายกับภาษาชั้นสูง (high level language) ทั่วๆ ไป เช่น PASCAL หรือ C เป็นต้น ในการจำลองการทำงาน (simulation) คำสั่งแต่ละคำสั่ง (statement) จะถูกประเมินผลเป็นไปตามลำดับ (sequential) จากบนลงล่าง ยกเว้นในกรณีของคำสั่ง LOOP หรือการเรียกใช้โปรแกรมย่อย รูปแบบลักษณะนี้จะไม่ให้รายละเอียดที่เกี่ยวกับผลิต หรือโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ (hardware) แต่ในทางตรงข้อมที่จะให้รายละเอียดเกี่ยวกันความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (input) กับ เอาต์พุต (output) ที่ดี

2. Dataflow Model: หรือเรียกอีกอย่างได้ว่า "Register Transfer Level" (RTL) เป็นรูปแบบที่ถูกเขียนขึ้น เพื่อจุดประสงค์ที่จะใช้เครื่องมือสำหรับสังเคราะห์วงจรอัตโนมัติ รูปแบบลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะเป็น procedural constructs และ functional operators

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Structural Model: เป็นรูปแบบที่แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นวงจรหรือระบบดิจิตอล และสามารถเรียกอีกอย่างได้ว่า "netlist representation" เป็นการเขียนที่แสดงให้เห็นโครงสร้างของฮาร์ดแวร์

2.5.3 ข้อดีของ VHDL

1) สามารถสร้างระบบต่างๆ ตามความต้องการได้ง่ายเพราะเป็นการจำลองไม่เหมือนที่ต้องไปสร้างระบบจริงเลย

2) การส่งข้อมูลของการผลิตเป็นไปได้ง่ายเพราะอยู่ในรูปของไฟล์

3) สามารถสร้างระบบต่างๆได้ราคาถูกและประหยัดเวลา

4) สามารถทำระบบให้อยู่ในรูปของชิพตัวเดียวได้โดยการ โปรแกรมชิพพวก Xilinx

2.5.4 ลักษณะของภาษา VHDL

ภาษา VHDL นั้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญเป็นพื้นฐานของการเขียนรูปแบบระบบดิจิตอลที่สำคัญ 4 หน่วยคือ

1. Entity Design Unit หน่วยของแบบ (design unit) ส่วนที่ใช้สำหรับติดต่อระหว่างโลกภายนอกกับรูปแบบ (model) ที่จะเขียนขึ้น ส่วนนี้เรียกว่า "entity design unit" ในส่วนนี้ใช้กำหนดจุดต่อ (connection point) ของรูปแบบ กำหนดทิศทางการไหลของสัญญาณ (mode) และประกอบของค่า (type of value) ที่สามารถกำหนดใช้กับสัญญาณตามจุดต่างๆ (PORT) ของข้อมูลที่ไหลผ่านจุดต่อเหล่านั้น รูปแบบโครงสร้างอย่างง่ายของ entity design unit ดังนี้

```
ENTITY component_name IS
        input and output ports
        physical and other parameters
END [component_name];
```

2. Architecture Design Unit คือส่วนที่ใช้เขียนบรรยายกำหนดพฤติกรรมของรูปแบบ ในมุมมองของการจำลองการทำงาน พฤติกรรมต่างๆ ที่บรรยายในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้า-ออก ตรงช่องทางตลอดจนพารามิเตอร์ต่างๆ (ports and generics) ที่กำหนดใน entity design unit รูปแบบโครงสร้างอย่างง่ายๆ ของ architecture design unit

```
ARCHITRCTURE identifier OF component_name IS
  [ declaration ]
BEGIN
  specification of the functionality of the
  component in terms of its input lines and as
  influenced by physical and other parameters
END [ identifier ];
```

3. Package Design Unit ข้อมูลต่างๆ ตลอดจนโปรแกรมย่อย (subprogram) ที่เป็นประโยชน์ต่อการเขียนรูปแบบบรรยายระบบดิจิตอล สามารถเก็บไว้ในส่วนที่เรียกว่า package ได้ และข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ได้โดย entity design unit, architecture design unit หรือจาก package design unit อื่นๆ ด้วยชุดคำสั่ง USE statement นอกจากนั้นสิ่งที่นิยมทำกันมากคือรูปแบบ (model) มาตรฐานต่างๆ อาทิเช่น standerd components (model ของ IC ตระกูล 74xx) จะถูกเก็บไว้ใน package ที่ทุกคนสามารถเข้าถึง และนำไป ใช้ได้ สิ่งที่สามารถประกาศหรือบรรจุได้ใน package โดยปกติแล้ว package จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ

1) Package declaration

2) Package body

4. Configuration Design Unit ในการจำลองการทำงานของรูปแบบ (model) นั้น simulator จะนำ architecture ไปใช้งานได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับการกำหนด และในรูปแบบ VHDL นั้น การบอกหรือกำหนดคือการใช้ CONFIGURATION ประกอบ entity กับ architecture design unit ที่ต้องการเข้าด้วยกัน รูปแบบของการใช้งาน Configuration design unit คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONFIGURATION identifier OF entity_name IS
        Configuration_declarative_part
END;
```

VHDL Module ประกอบด้วย Statements และ code segment

```
--Interface
entity  XOR2_OP is
--Input / Output ports
 port
      (A,B : in BIT; Z: out BIT);
end XOR2_OP;
--Body
architecture EX_DISJUNCTION of XOR2_OP is
begin
    z <= A xor B;
end EX_DISJUNCTION;
```

1) รูปแบบการใช้ port

1) ชื่อ

2) ทิศทางการไหลของข้อมูล

3) ชนิดของข้อมูลที่สัญญาณ

2) ทิศทางการไหลหรือเรียกว่า mode มีอยู่ด้วยกัน 5 mode คือ

1) in ข้อมูลไหลเข้า design entity อย่างเดียว

2) out ข้อมูลไหลออกจาก design entity อย่างเดียว

3) inout ข้อมูลทั้งไหลเข้าและออกจาก design entity

4) linkage

5) buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

ในบทนี้เป็นส่วนของการออกแบบการสร้างและการทำงานรูปแบบของการจัดการกับข้อมูล เพื่อให้สามารถทำการเขียนโปรแกรมในรูปแบบที่เหมาะสมกัน วิธี ควิน แม็กคลูสกี้ และรูปแบบของการแสดงผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการลดรูป ซึ่งได้แก่ สมการบูลีนวงจรเกทแบบต่าง ๆ และในรูปแบบของไฟล์ VHDL อีกด้วย

3.1 ทฤษฎีการเขียนโปรแกรม

ในบทนี้เป็นการแนะนำทฤษฎีที่จะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมลดรูปสวิทชิ่งฟังก์ชันซึ่งจะมีการกล่าวถึงโครงสร้างการเขียนโปรแกรมและลักษณะของการจัดเก็บข้อมูล เพื่อจะอยู่ในรูปของข้อมูลซึ่งสามารถนำไปเข้าขบวนการของการลดรูป และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ซึ่งนำไปประยุกต์เป็นทฤษฎีที่จะคำนวณหาค่าไพรมอิมพลีเค้นท์ และเอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ ซึ่งจะใช้ในการลดรูป

3.1.1 ความหมายของอะเรย์

อะเรย์ คือ ที่ประกอบด้วยรายการข้อมูลชนิดเดียวกันจำนวนหนึ่ง และแต่ละรายการข้อมูลเรียกว่า เซลล์ (cell) ของอะเรย์ แต่ละเซลล์ของอะเรย์ก็จะมีอินเด็กซ์ (index) สำหรับใช้เพื่อการอ้างถึง ซึ่งอินเด็กซ์เป็นข้อมูลชนิดออร์ดินอล (ยกเว้น LongInt)

ยกตัวอย่างอะเรย์หนึ่งชื่อ Sales ประกอบด้วยข้อมูลชนิดอินทีเจอร์ ถ้าอะเรย์นี้มีรายการข้อมูล 5 จำนวน ลักษณะของอะเรย์จะเป็นดังนี้

Sales[1]	Sales[2]	Sales[3]	Sales[4]	Sales[5]
73	24	38	62	51

ตัวเลขที่อยู่ในเครื่องหมาย [ ] ของแวเรียเบิล เซลส์ และตัวเรียกว่า "อินเด็กซ์" ในกรณีนี้ 1, 2, 3, 4 และ 5 แต่ละตัวเรียกว่า "ค่าอินเด็กซ์" (Index value) ซึ่งเป็นข้อมูลชนิดอินทีเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการกำหนดอะเรย์ โดยใช้คำสั่ง ARRAY.....OF ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

TYPE

ชื่อ อะเรย์ = **ARRAY** [ค่าอินเด็กซ์แรก .... ค่าอินเด็กซ์สุดท้าย] **OF** ชนิดข้อมูล

ตัวอย่าง

```
TYPE
    IntegerArray  = ARRAY  [0..10000 ] OF Integer;
    WordArray     = ARRAY [-3 ..17 ] OF Word;
    CharIndex     = ARRAY [ 'a'..'z' ] OF  Real;
    StringArray   = ARRAY [-4..4 ] OF STRING;
```

3.1.2 การอ้างถึงแต่ละเซลล์ของอะเรย์

การอ้างถึงแต่ละเซลล์ทำได้โดยการระบุอะเรย์แวเรียเบิล และค่าอินเด็กซ์

ตัวอย่าง

```
VAR
    Freqs : ARRAY [1..100 ] OF Integer;
```

การอ้างถึง เซลล์ ที่ 6 ได้แก่ Freqs[6]
เซลล์ ที่ 7 ได้แก่ Freqs[7]

การกำหนดค่าให้ Freqs [6] เป็น 49 ทำได้ดังนี้

```
Freqs [6] := 49;
```

การกำหนดค่าให้ Freqs [7] เป็น 87 ทำได้ดังนี้

```
Freqs [7] := 87;
```

ถ้า Freqs[6] มีค่า 49 และ Freqs [7] มีค่าเป็น 87
การแสดงค่าของ Freqs [6] ที่จอภาพทำได้ดังนี้

```
Write (Freqs[6]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงค่าใน Freqs [6] สมมุติว่าต้องการเพิ่มขึ้นอีก 1 สามารถทำได้ดังนี้

Freqs [6] := Freqs [6] + 1;

ซึ่งค่าใน Freqs [6] จะเป็น 50

มีข้อสังเกตุว่าสำหรับ สเตตเมนต์ต่อไปนี้

Freqs [6] := Freqs [6 + 1]

หมายถึงการกำหนดค่าที่มีใน Freqs [7] ให้แก่ Freqs [6] ซึ่งทำให้ Freqs [6] มีค่าเป็น 87 ด้วย

3.1.3 ความหมายของเรคอร์ด

เรคอร์ด (Record type) เป็นข้อมูลซึ่งประกอบด้วยรายการข้อมูลที่มีจำนวนแน่นอนชุดหนึ่ง เรียกว่า " ฟิลด์" (Field) แต่ละฟิลด์อาจจะเป็นข้อมูลซึ่งมีชนิดแตกต่างกันได้

วิธีกำหนดข้อมูลให้เป็นชนิดเรคอร์ด ประกอบด้วย คำว่า RECORD ของชุดฟิลด์และ จบด้วย END ; ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

```
TYPE
    ชื่อ เรคอร์ด = RECODE
            ชื่อฟิลด์ : ชนิดข้อมูล
        END;
```

ตัวอย่าง

```
TYPE
    Person = RECODE
            Name : STRING [30];
            Sex  : Char;
            Age  : Byte;
        END;
```

วิธีการอ้างถึงและกำหนดค่าให้กับฟิลด์แบ่งออกเป็นได้ 2 แบบคือ

วิธีการอ้างและกำหนดค่าแบบแยกแต่ละฟิลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการอ้างถึงและกำหนดค่าโดยใช้สเตตเมนต์ WITH ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

WITH แวเรียเบิลชนิดเรคอร์ด **DO** สเตตเมนต์

3.1.4 ความหมายของไฟล์

ไฟล์ (file) คือ ข้อมูลชุดหนึ่งซึงบันทึกอยู่ในสื่อเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ เช่น ดิสก์หรือเทป

ประเภทของไฟล์ในเบอร์แลนด์ปาสคาล มี 3 ประเภท คือ เท็กซ์ไฟล์ (Text file) ไทป์ไฟล์ (Typed file) และอันไทป์ไฟล์ (Untyped file) ไฟล์แต่ละประเภทมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไป ในปริญญานิพนธ์จะกล่าวเฉพาะส่วนที่นำมาใช้งานจริงคือ เท็กซ์ไฟล์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.5 เท็กซ์ไฟล์

3.1.5.1 ลักษณะของเท็กซ์ไฟล์

เท็กซ์ไฟล์ หมายถึงชุดของอักษรซึ่งจัดเรียงเป็นบรรทัด (line) แต่ละบรรทัดจะจบด้วยเครื่องหมายจบบรรทัด (end-of-line) เครื่องหมายจบบรรทัดคือ CR/LF (Carriage Return / Line Feed) และจบด้วยเครื่องหมายจบไฟล์ เครื่องหมายจบไฟล์ คือ Ctrl-Z

3.1.5.2 สแตนดาร์ดโพรซีเดอร์ของเท็กซ์ไฟล์

มีสแตนดาร์ดโพรซีเดอร์สำหรับใช้กับเท็กซ์ไฟล์ ดังต่อไปนี้

1) Assign (FilVar ,Str) ใช้สำหรับกำหนดชื่อไฟล์ (ในที่นี้คือ Str) ที่อยู่ในดิสก์ให้แก่ FilVar
2) Rewrite(FilVar) ใช้สำหรับสร้างไฟล์คือ FilVar และเปิดไฟล์ FilVar
3) Reset (FilVar) ใช้สำหรับเปิดไฟล์ ชื่อ FilVar ที่มีอยู่
4) Append(FilVar) ใช้สำหรับเปิดไฟล์ชื่อ FilVar ที่มีอยู่เพื่อบันทึกข้อมูลเพิ่มเข้าตอนท้ายของ Filvar
5) Write(FilVar, Var) ใช้สำหรับบันทึก Var เข้าใน FilVar
6) WriteLn(FilVar, Var) ใช้สำหรับบันทึก Var เข้าใน FilVar และเติมเครื่องหมายจบบรรทัดที่ปลายบรรทัด
7) Read (FilVar, Var) ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก FilVar เข้ามาใน Var

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ReadLn(FilVar, Var) ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก FilVar เข้ามาใน Var แล้วเลื่อนไปที่บรรทัดต่อไป

9) Close(FilVar) ใช้สำหรับปิดไฟล์ชื่อ FilVar

3.1.5.3 สแตนดาร์ดฟังก์ชันของเท็กซ์ไฟล์

มีสแตนดาร์ดฟังก์ชันสำหรับใช้กับเท็กไฟล์ดังต่อไปนี้

1) Eof(FilVar) จะเป็น ture ถ้าไฟล์พอยน์เตอร์ (File pointer) อยู่ที่ท้ายไฟล์มิฉะนั้นจะเป็น False

2) Eoln(FilVar) จะเป็น ture ถ้าไฟล์พอยน์เตอร์อยู่ที่ท้ายบรรทัด มีฉะนั้นจะเป็น false

3.1.5.4 วิธีการดำเนินการเกี่ยวกับเท็กซ์ไฟล์

มีวิธีดำเนินการกับเท็กไฟล์ดังต่อไปนี้

1) การกำหนดข้อมูลให้เป็นชนิดเท็กซ์ไฟล์ ทำได้โดยใช้คำ Text ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

```
TYPE
    ชื่อ = Text;
```

ตัวอย่าง

```
TYPE
    LetterFile = Text;
```

2) การสร้างและบันทึกข้อมูลเข้าไฟล์สมมุติว่าต้องการเขียวโปรแกรมเพื่อสร้างไฟล์เพิ่มข้อมูลเข้าไฟล์ และอ่านข้อมูลจากไฟล์ โดยเป็นไฟล์ชนิดเท็กซ์ไฟล์ เริ่มโปรแกรมด้วยการรับชื่อไฟล์ รับข้อมูลและจบโปรแกรมเมื่อรับเครื่องหมาย \

3) การเพิ่มข้อมูลเข้าในไฟล์ วิธีเพิ่มข้อมูลเข้าในไฟล์ที่มีอยู่แล้ว

4) วิธีอ่านข้อมูลจากไฟล์ที่มีอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 คุณสมบัติของการบรรจุ (Containment properties)

กำหนดให้ตัวอักษรตัวแปรใหญ่เป็นการแสดงแทนค่าของเลขฐานสิบและตัวอักษรตัวเล็กแทนค่าของ Component ตั้งแต่ 1 , n คุณสมบัติบางประการของการแสดงแทนค่าของเลขฐานสิบเซลล์ ของ n-CUBE เป็นประโยชน์ในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ และมินเทอมได้ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในอัลกอริธึมที่จะลดรูปตัวแปรให้ต่ำสุด โดยไม่มีการซ้ำซ้อนลอจิก แอนด์ของค่าตัวแปรบูลีนนั้นเป็นการปฏิบัติการของระหว่าง 2 มินเทอมที่มีไม่ขึ้นต่อกันจะได้มินเทอม อื่นขึ้นมา ดังนั้น

$$Vi * Vj = Vk$$

อย่างไรก็ตามการแปลงค่าเลขฐานสิบของ Vi และ Vj จะต้องถูกแปลงกลับไปเป็นส่วนประกอบของเลขฐานเพื่อที่จะกระทำการปฏิบัติทางแอนด์ได้

ตัวอย่าง กำหนดให้สองมินเทอม ของ 5- CUBE เป็น

$$V1 = (10011)\ ,\ V2 = (10101)$$

ทำการแอนด์จะได้ $V1\text{-}V2 = (10011) * (10101)$

$$= (1*1,0*0,0*1,1*1)$$

$$= (10001)$$

หรือจะเขียนได้ว่า $Vi * Vj = Vk$

3.2.1 อัลกอริธึมมของการบรรจุ (Containment algolithm)

ถ้ามินเทอม 2 มินเทอม V1 และ V2 ของ n-CUBE และถ้าความสัมพันธ์ปรากฏ เป็น

$$V1 * V2 = V1$$

จะกล่าวได้ว่า V1 ถูกสัมพันธ์กับ V2 เขียนเป็น

$$V2 \text{ ----------> } V1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่า V1 เป็น CONTAINED ใน V2 ในการแปลงฐานสิบจะได้

$$V1 * V2 = V1$$

$$V2 \text{ ----------} > V1$$

การปฏิบัติการของแอนด์จะถูกใช้แสดงการบรรจุ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่จำเป็นในการหาค่าในโปรแกรม ในการหาค่าต่ำสุดของอัลกอริธึมต่อไปจะเป็นทฤษฎีบทที่จะเป็นส่วนประกอบของการออกแบบอัลกอริธึม

ทฤษฎี ที่ 1

สำหรับทุกๆเซลล์ C ของ n-CUBE $(C^n, \subseteq)$,max (c) ---> min (c) หรือ I*J = I

เมื่อ

$$D(c) = (I,J)$$

ทฤษฎีนี้เป็นการคำนวณหาคู่ของมินเทอมของบูลีนฟังก์ชันที่จะสามารถฟอร์มตัวกันเป็นเซลล์ ได้

ตัวอย่าง กำหนดให้ 2 มินเทอม 10 และ 14 ของลำดับ ที่มี 4 ลำดับ คำนวณว่าจะเป็นเซลล์ของ $(C, \supseteq)$ หรือไม่จาก

$$I = 10, \quad i = (1010)$$

$$J = 14 \quad j = (1110)$$

$$I*J, i*j = (1010) * (1110)$$

$$= (1010) = i$$

ดังนั้น I * J = I,J ---> I (โดยความสัมพันธ์ J จะสัมพันธ์กับ I) ดังนั้น (10,14) เป็นเซลล์ของ (10) เพราะมินเทอม คือ (1010) และมินเทอม คือ (1110), เซลล์ (I,J) ถูกแทนด้วย (1-10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่ 2

ถ้า VERTEX V จะถูกบรรจุในเซลล์ C จะถูกแสดงเป็น

$$C \supseteq V$$

$$(I,J) \supseteq V$$

และถ้า Max (c)-----> V ----> Min(c)

หรือ I * V = I , V * J = V

ทฤษฎีบทนี้เป็นการใช้ในการคำนวณหาถ้ามินเทอมใดๆ ของ n-CUBE เป็นการถูกบรรจุในเซลล์ (I,J) หนึ่งใน CELL นี้จะถูกแทนค่าด้วยการแสดงเป็นกลุ่มของมินเทอม

ตัวอย่าง จงหาค่ามินเทอม m11 ถูกคลุม (COVERED) โดยเซลล์ (10,15) มินเทอมเขียนอยู่ในรูปฐานสิบและไบนารีได้เป็น

I = 10, i = (1010)

V = 11, v = (1011)

J = 15, j = (1111)

เพราะว่า

$$I * V = 10 * 11 = 10 = I$$

$$V * J = 11 * 15 = 11 = V$$

ดังนั้นมินเทอม V ถูกบรรจุในเซลล์ (I , J) เขียนได้เป็น

$$(10 , 15) \supseteq 11$$

ทฤษฎีที่ 3

ถ้า Min(C2) ----> Min (C1)

Max(C1) ----> Max (C2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$C1 \supseteq C2$$

ในการสังเกตในเลขฐานสิบ

$$I_1 * I_2 = I_1 \text{ และ } J_2 * J_1 = J_2$$

เมื่อ $(I_1,J_1) \supseteq (I_2,J_2)$

ทฤษฎีบทนี้จะให้กฎเกณฑ์สำหรับการบรรจุของเซลล์หนึ่งในอีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งเป็นพื้นฐานของลอจิกในการปฏิบัติทางแอนด์ ทำให้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ทำการทดสอบได้ถ้าเพียงแต่มี Product term เทอมหนึ่งเทอมใดของบูลีนฟังก์ชันบรรจุเทอมอื่นๆและทฤษฎีบทนี้เป็นการใช้ปฏิบัติกับงานที่สมบูรณ์เพื่อที่จะให้สร้างตารางของการลดรูปต่ำสุดได้และรายชื่อของไพรมอิมพลีเค้นท์

ตัวอย่าง ให้แสดงว่า $(10,15) \supseteq (14,15)$ ในเลขฐานสิบและไบนารี

$$(I_1,J_1) = (10,15) \text{ , } C1 = (101\text{-})$$

$$(I_2,J_2) = (14,15) \text{ , } C2 = (111\text{-})$$

จาก

$$I_1 * J_1 = (10) * (14) = (1010) * (1110) = (1010) = I_1$$

$$I_2 * J_2 = (15) * (15) = (1111) * (1111) = (1111) = J_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่ 3

$$(10,15) \supseteq (14,15)$$

จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่าเซลล์ C1 และ C2 ทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันของตำแหน่งเพียง 1 COMPONENT คือ เซลล์ C1 มี ในตำแหน่งนี้ C2 มีค่าเป็น 1 ดังนั้นจาก -> = 1 , C1 _ C2

ทฤษฎีที่ 4

ถ้า V1 และ V2 เป็น VERTICS ของ n-CUBE หนึ่ง และ V2 --- > V 1

ดังนั้น $\delta(V1) <= \delta(V2)$ หรือ V1 <= V2

เมื่อ < = เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หมายถึง “น้อยกว่าหรือเท่ากับ”

ทฤษฎีนี้ใช้เพื่อจะให้ VERTEX V2 CONTAIN VERTEX V1 ซึ่งเป็นการแปลงเลขฐานสิบอย่างหนึ่ง

ทฤษฎีที่ 5

ถ้า C_1 และ C_2 เป็น เซลล์ของ n-CUBE หนึ่ง และ $C_1 \supseteq C_2$

ดังนั้น

$$\delta(\min(c1)) <= \delta(\min(c2))$$
$$\delta(\min(c2)) <= \delta(\min(c1))$$

หรือสังเกตจากเลขฐานสิบถ้า

$$(I_1 , J_1) \supseteq (I_2 , J_2)$$

ดังนั้น

$$I_1 <= I_2 <= J_2 <= J_1$$

ตัวอย่าง จากเซลล์ของ

$$C_1 = (10,15),\ C_2 = (14,15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราทราบว่า $(10,15) \supseteq (14,15)$

$$10 <= 14 <= 15 <= 15$$

3.3 สรุปความสัมพันธ์ของทฤษฎี

ในการรวบรวมความสัมพันธ์ของทฤษฎีบทที่ 3 ,4 และ 5 นี้ ใช้ในการทดสอบเงื่อนไข ต่อไปนี้

1) VERTEX V ใดๆ ถูกคลุมโดยเซลล์ (I , J) ถ้าเพียงแต่

$$I <= V <= J$$

$$I * V = I$$

และ $V * J = V$

2) เซลล์ (I2 ,J2) ถูกครอบคลุมโดยเซลล์ (I1,J1) อีกเซลล์หนึ่งได้ถ้า

$$I1 <= I2 <= J2 <= J1$$

$$I1 * I2 = I1 \ , J2 * J1 = J2$$

ในสมการที่อยู่ในข้อ 1 และ 2 จะถูกใช้ในการคำนวณหา ไพรมอิมพลีเค้นท์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

พิจารณาบูลีนฟังก์ชัน

$$F(W,X,Y,Z) = 1,3,5,7$$

จะสังเกตเห็นว่าเป็นฟังก์ชันที่มี VERTICES ของ 4 – CUBE โดยให้

$$V1 = 1 \ , V2 = 3 \ , V3 = 5 \ , V4 = 7$$

จะใช้ทฤษฎีที่ 1 ในการหาเซลล์ต่างๆ โดยทดสอบกันเป็นคู่ๆ ไปในแต่ละคู่ของ VERTICES ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1*7 = (0001) * (0111) = (0001) = 1

(1,7) เป็นเซลล์ (0 -- 1)

1*5 = (0001) * (0101) = (0001) = 1

(1,5) เป็นเซลล์ (0 -01)

1*3 = (0001) * (0011) = (0001) = 1

(1,3) เป็นเซลล์ (00 -1)

3*7 = (0011) * (0111) = (0001) = 3

(3 ,7) เป็นเซลล์ (0 -11)

3*5 = (0011) * (0101) = (0001) = 1

(3 , 5) ไม่เป็นเซลล์

5*7 = (0101) * (0111) = (0101) = 5

(5,7) เป็นเซลล์ (01- 1)

หรือ เซลล์อาจจะถูกหาได้จากการใช้สมการในข้อ 2 ทดสอบหาการบรรจุดังต่อไปนี้

เซ็ตคู่ของ (1,7) และ (1,5)

1 <= 1 <= 5 <= 7

1 * 1 = 1

5 * 7 = 5

ดังนั้น (1,7) --- > (1,5) และยังอาจจะแสดงได้อีกอย่างว่า (1,7) นั้นยัง CONTAIN คู่ของ (1,3) (3,7) และ (5,7) อีกด้วย ดังนั้นเซลล์ (1, 7) CONTAIN MINTERM ทั้งหมดของฟังก์ชัน ถ้าเมื่อมันคลุมได้หมดอย่างสมบูรณ์ก็จะมีเพียง ไพรมอิมพลีเค้นท์ ตัวเดียวดังนั้น

F(W,X,Y,Z) = (1,7) = (0- -1)

$= \overline{W}\, Z$

3.4 อัลกอริธึมของการลดรูปสมการบูลีน (Minimization algorithm)

จากหลักการและทฤษฎีที่ได้ศึกษามาตั้งแต่ต้น ทำให้เราสามารถเขียนโปรแกรมได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนโดยจะมีการอธิบายโดยย่อของแต่ละขั้นตอน ซึ่งเป็นหลักการใหญ่ๆ ในการเขียนโปรแกรมให้ลดรูปสมการบูลีนได้เป็นผลสำเร็จ ดังต่อไปนี้

1) ขั้นที่ 1 ทำการตรวจสอบค่าของอินพุททั้งหมด ฟังก์ชันที่เป็นค่าของมินเทอม โดยมีการตรวจสอบเพื่อให้ค่าของอินพุทที่รับเข้ามาสามารถนำไปใช้ในการลดรูปสมการของโปรแกรมได้เลย

2) ขั้นที่ 2 เลือกคู่ (II,JJ) เมื่อ II เป็นเทอมที่มีขนาดต่ำสุดและเทอม JJ เป็นเทอมที่มีลำดับต่อมา

3) ขั้นที่ 3 เช็คคู่ (II,JJ) ว่าจะฟอร์มตัวเป็นเซลล์ได้หรือไม่ โดยใช้สมการ

$$II*JJ = II$$

ถ้าคู่ที่กำลังพิจารณานั้นฟอร์มเป็นเซลล์ก็จะผ่านไปยังขั้นที่ 4 และถ้าไม่สามารถฟอร์มตัวเป็นเซลล์ได้ก็ให้มีการเลือกค่าสูงสุดถัดเข้ามาโดยเก็บค่าเป็น JJ แล้วก็กระทำการเช็คดูว่าฟอร์มตัวเป็นเซลล์ได้หรือไม่อีกครั้ง

4) ขั้นที่ 4 เป็นขั้นที่ต้องหาค่าของเทอมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจาก CeII ที่ได้จากขั้นที่ 3 ว่าค่าของเทอมที่ได้จากการฟอร์มมานั้นสามารถนำไปรวมกับฟอร์มก่อนหน้านั้นที่ฟอร์มตัวมาได้หรือไม่ถ้าได้ก็กลับไปขั้นตอนที่ 3 ใหม่ แต่ถ้าไม่ได้ก็ผ่านไปขั้นตอนที่ 5

5) ขั้นที่ 5 ทำการเช็คเซลล์ (II,JJ) เพื่อที่จะสังเกตว่าเซลล์ นั้นจะถูกบรรจุภายในตารางไพรมอิมพลีเค้นท์ได้หรือไม่ (ข้อสังเกต สำหรับเซลล์ตัวแรกที่ผ่านอัลกอริธึมนี้ ค่าของตาราง PI นั้นจะว่างเปล่า) โดยการเปรียบเทียบกับค่าที่เป็น PI เดิมอยู่แล้วว่ามีอยู่ซ้ำกันหรือไม่ ถ้าไม่มีก็ผ่านไปขั้นตอนต่อไป ถ้ามีอยู่แล้วก็กลับไปขั้นตอนที่ 3 อีก

6) ขั้นที่ 6 หลังจากผ่านขั้นที่ 5 แล้วเซลล์ (II,JJ) จะเป็น PI ตัวใหม่และจะนำเข้าไปเก็บที่
ตาราง จากนั้นต้องตรวจสอบต่อว่าค่าของเทอม II เป็นตัวสุดท้ายหรือไม่ ถ้ายังก็กลับไปทำตามขั้นตอนที่ 3 อีกจนกว่าจะครบทุกตัว แต่ถ้าครบแล้วก็ผ่านไปยังขั้นตอนที่ 7 ต่อไป

7) ขั้นที่7 เช็คจำนวนของไพรมอิมพลีเค้นท์ แล้วทำการนำค่าของ PI ที่ได้แต่ละตัวไปทำการบันทึกค่าของจำนวนสมาชิกของฟอร์มเซลล์ แต่ละตัว ลงในตารางของ PI อีกครั้งเพื่อจะใช้ในการหาค่าเอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ หรือ EPI

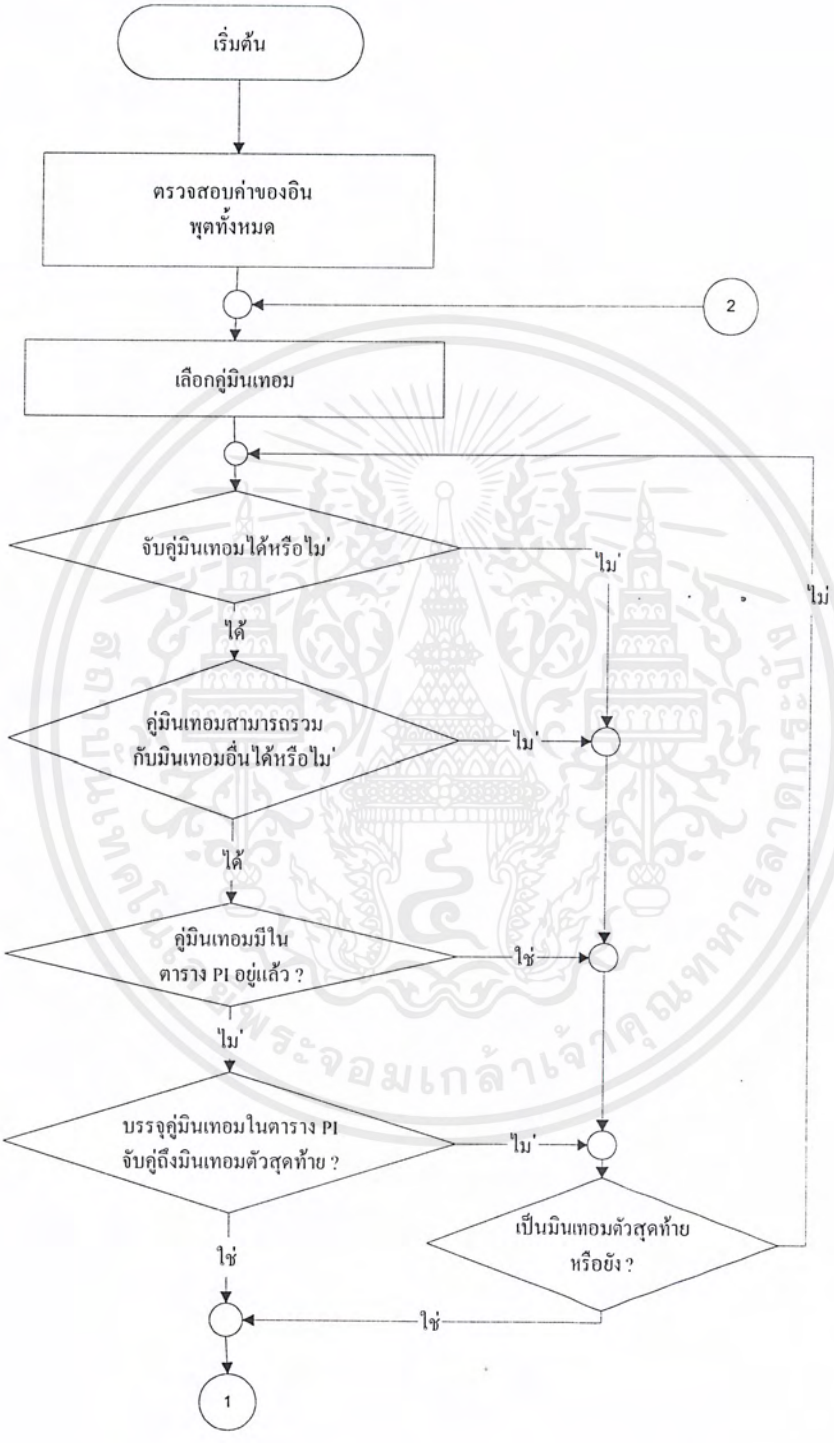
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ขั้นที่ 8 เช็คว่าค่าของสดมภ์ใดของตาราง PI นั้นมีค่าของสมาชิกร่วมสดมภ์เพียงตัวเดียว เช็คว่าตรงกับค่าของ PI ตัวใด PI ตัวนั้นคือ EPI จากนั้นทำการเคลียร์ค่าของทุกสดมภ์ที่มีสมาชิกตรงกับแถวที่ EPI นั้นมีสมาชิกอยู่ ทำการหา EPI ตัวต่อไปจนหมด

9) ขั้นที่9 เป็นการหามินเทอมทั้งหมดที่ไม่ได้ถูกคลุมด้วยเอสเซนเชียลไพรมอิมพลีเค้นท์ คือ การหาค่าของ PI ที่สามารถครอบคลุมทุกเทอมของสมาชิกที่เหลือ เพื่อให้ผลของการทำงานของโปรแกรมไม่เปลี่ยนแปลง โดยจำนวนเทอมของ PI ที่จะเลือกนั้นต้องน้อยที่สุด ทำได้โดยการเลือกค่า PI มีจำนวนสมาชิกมากที่สุดก่อน แล้วใช้การเคลียร์ค่าแบบ EPI ทำการหา PI จนกว่าจะครอบคลุมทุกตัว คือ ค่าของทุกสดมภ์ถูกเคลียร์หมดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การแสดงโปรแกรมโดยใช้ Flowchart



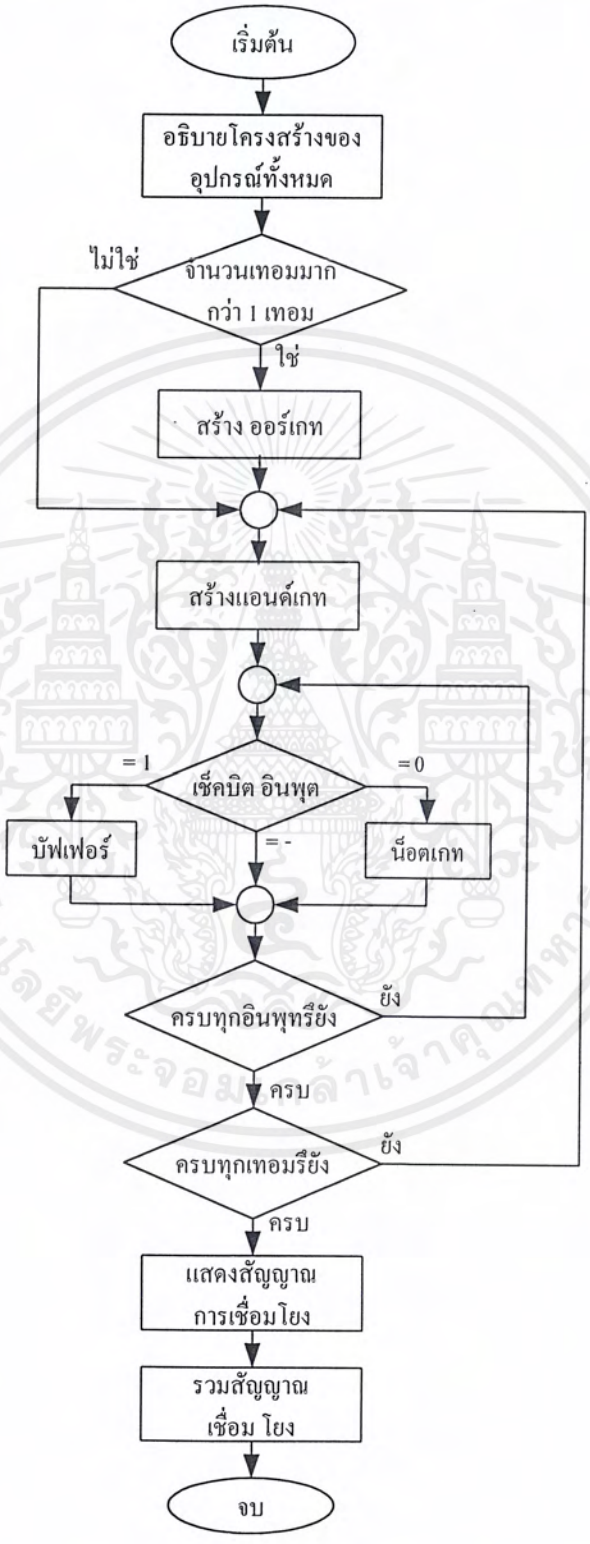
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการลดรูปของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 (ต่อ) ขั้นตอนการลดรูปของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

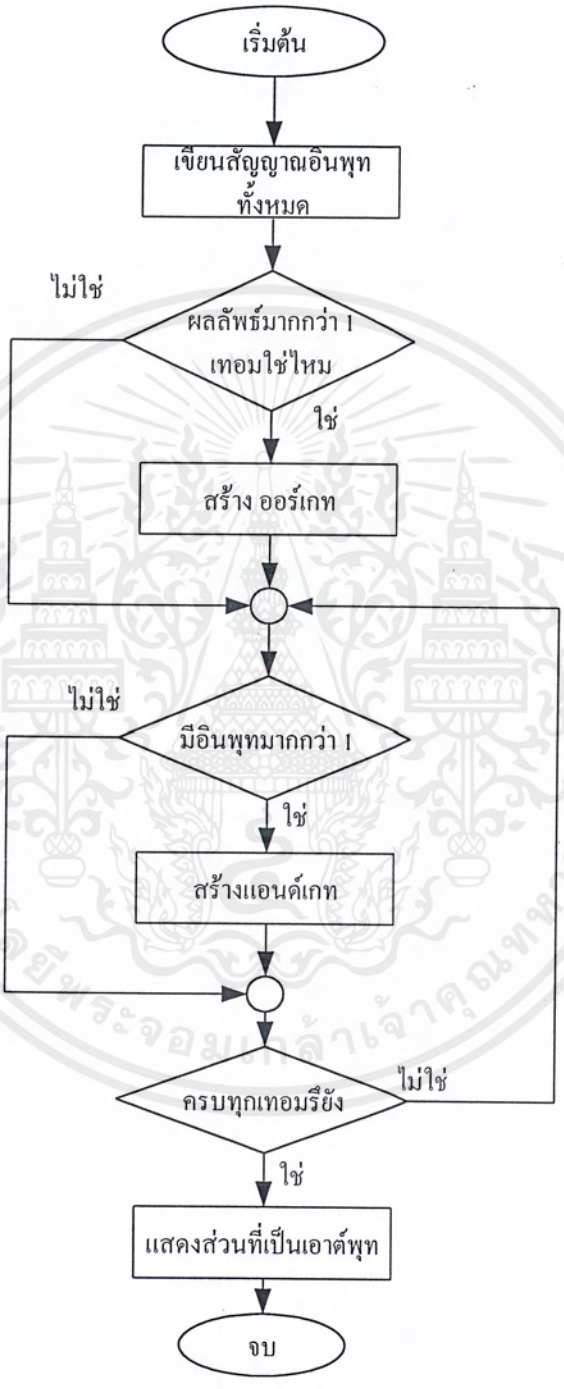
3.6 แสดงการทำงานโดยโฟล์ชาร์ตของการแปลงสมการเป็นไฟล์ VHDL



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม VHDL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แสดงการทำงานโดยโฟล์ชาร์ตของวงจร



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนในการวาดรูปวงจรเกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

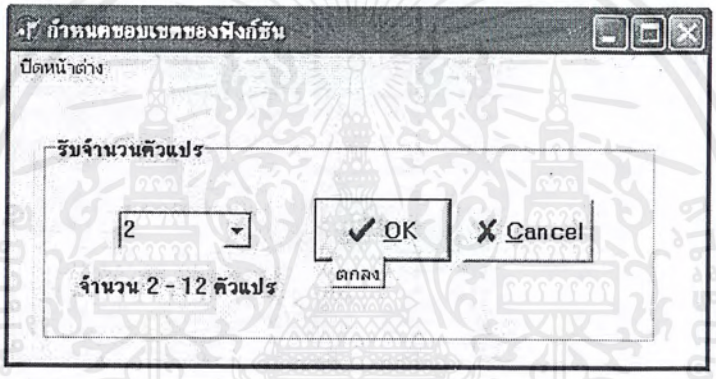
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ป้อนสมการขนาด 2 ตัวแปร

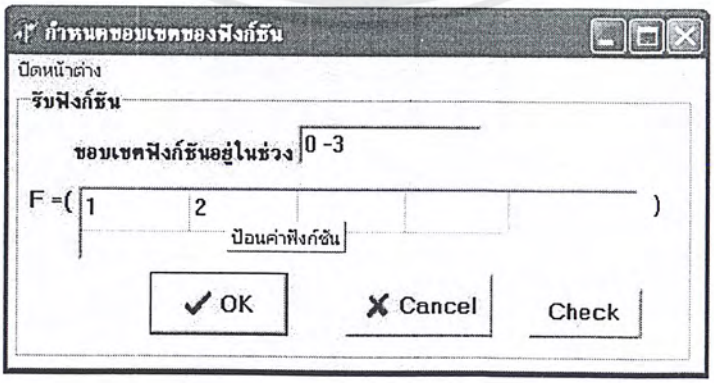
$$\sum m(A, B) = (1,2)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 2 ตัวแปรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

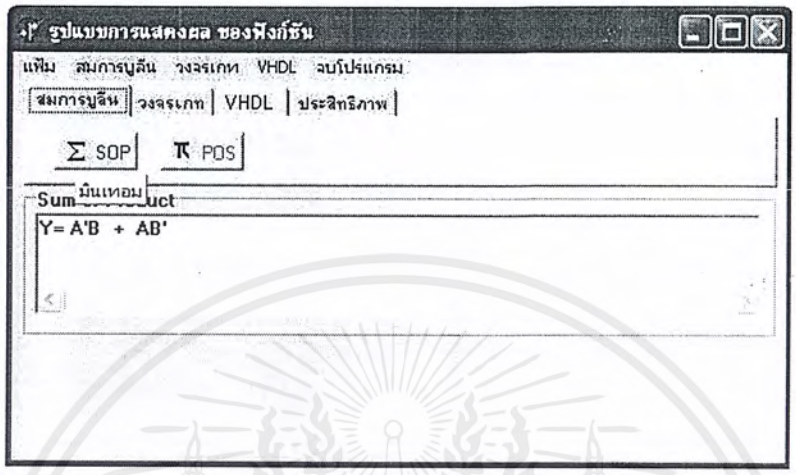
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 1 และ 2 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.2



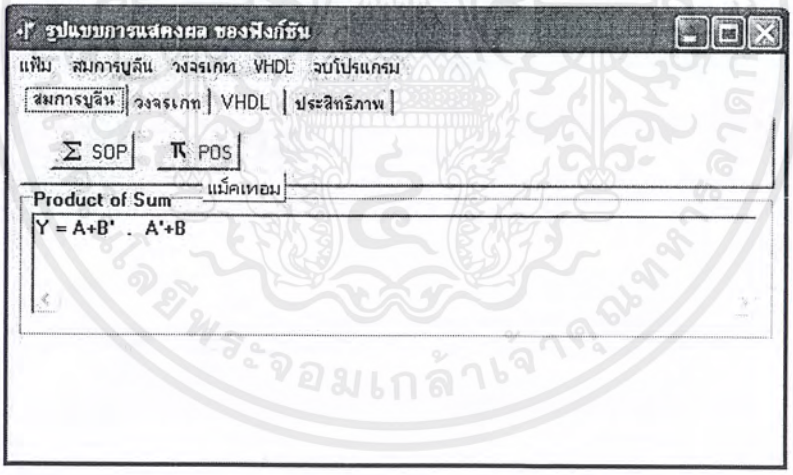
รูปที่ 4.2 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.3



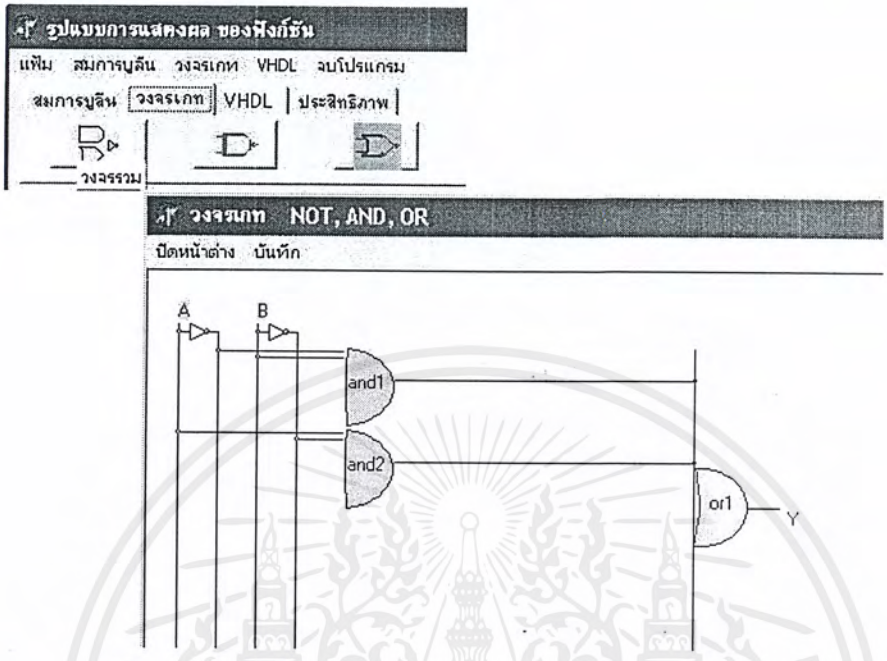
รูปที่ 4.3 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



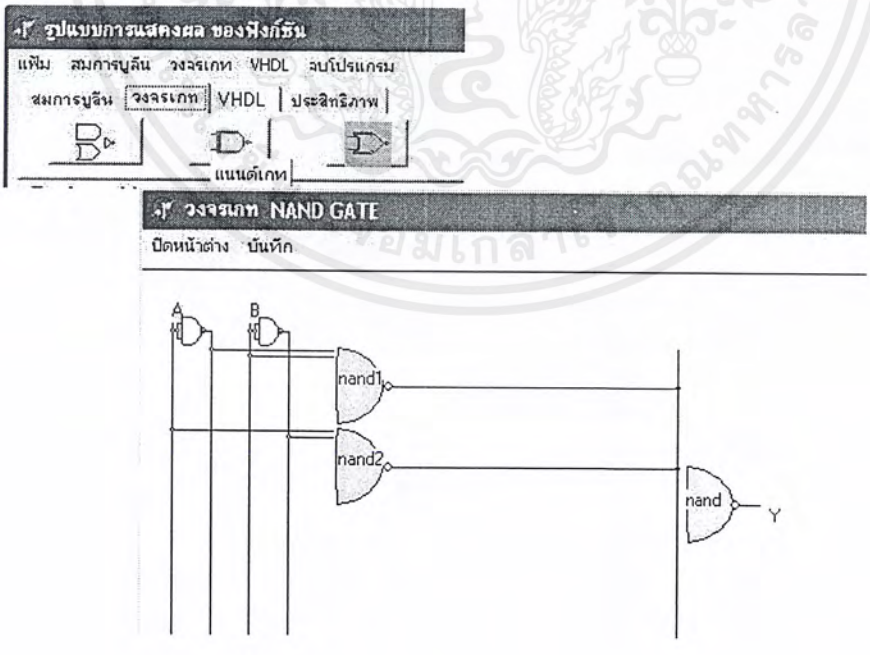
รูปที่ 4.3 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม"

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

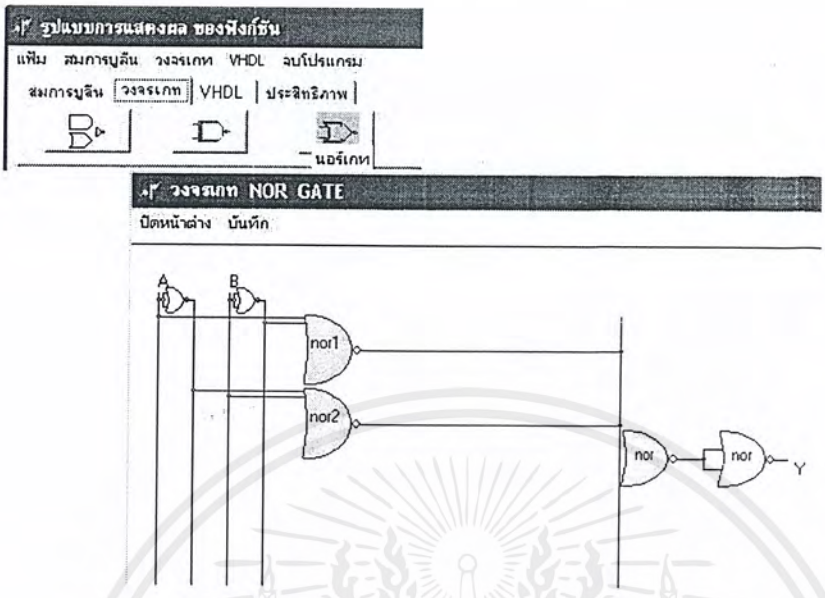


รูปที่ 4.4 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



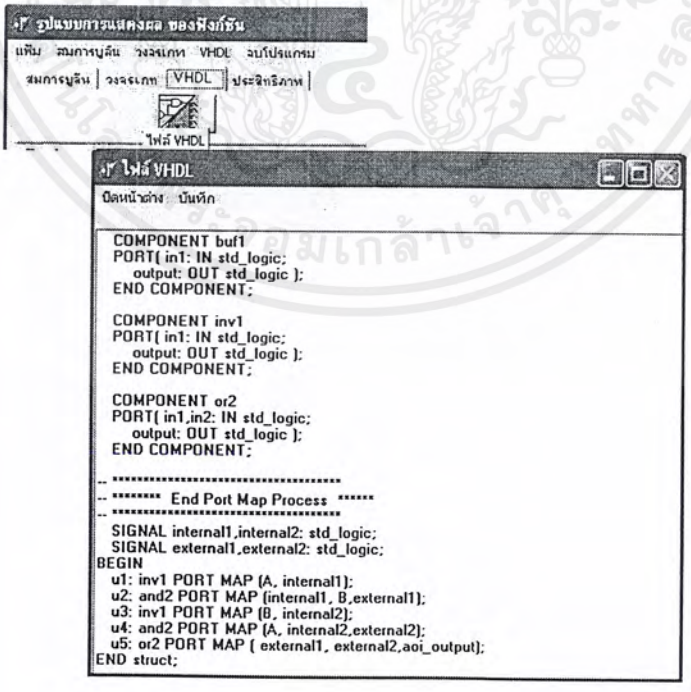
รูปที่ 4.4 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.5



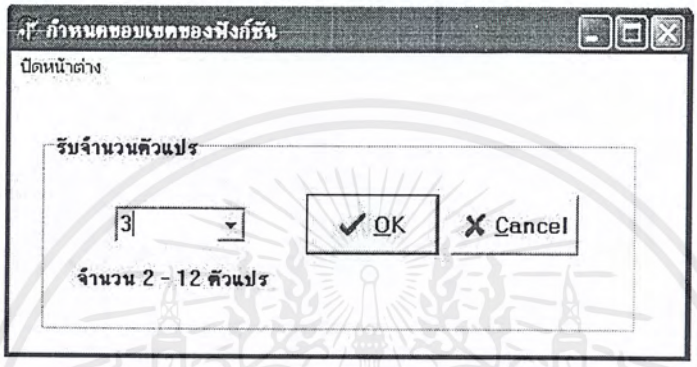
รูปที่ 4.5 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ป้อนสมการขนาด 3 ตัวแปร

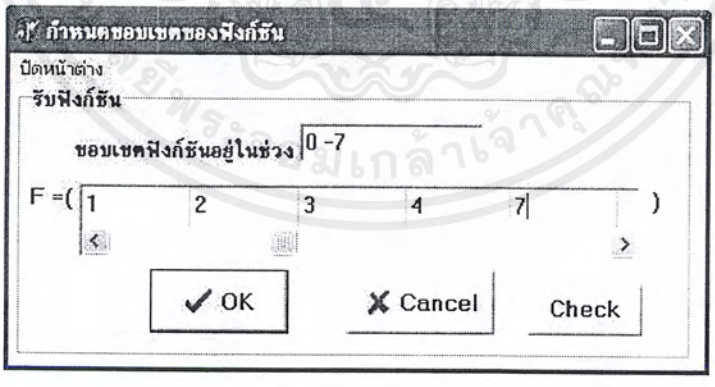
$$\sum m(A,B,C) = (0,1,2,3,4,7)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 3 ตัวแปรดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

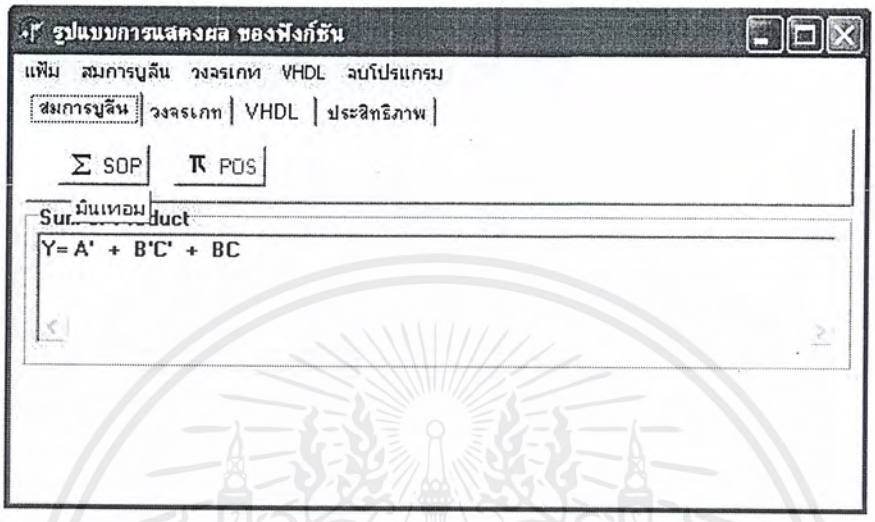
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,4 และ 7 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.7



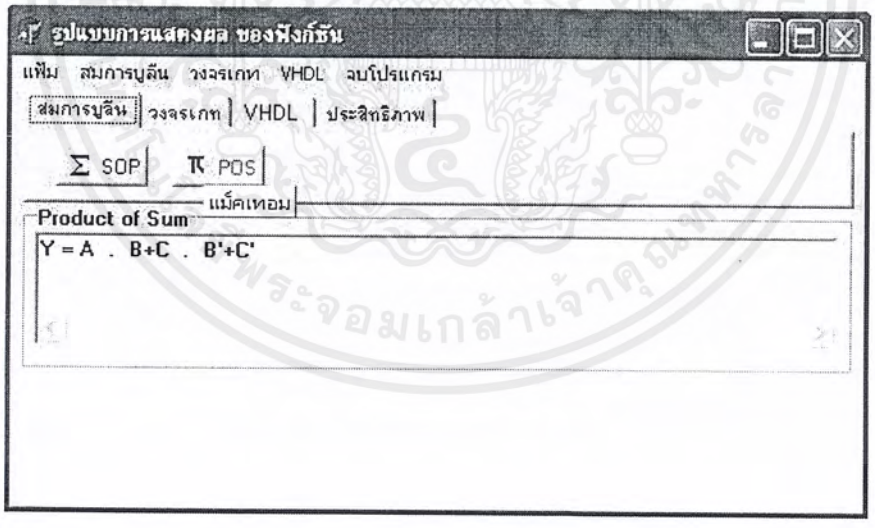
รูปที่ 4.7 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.8



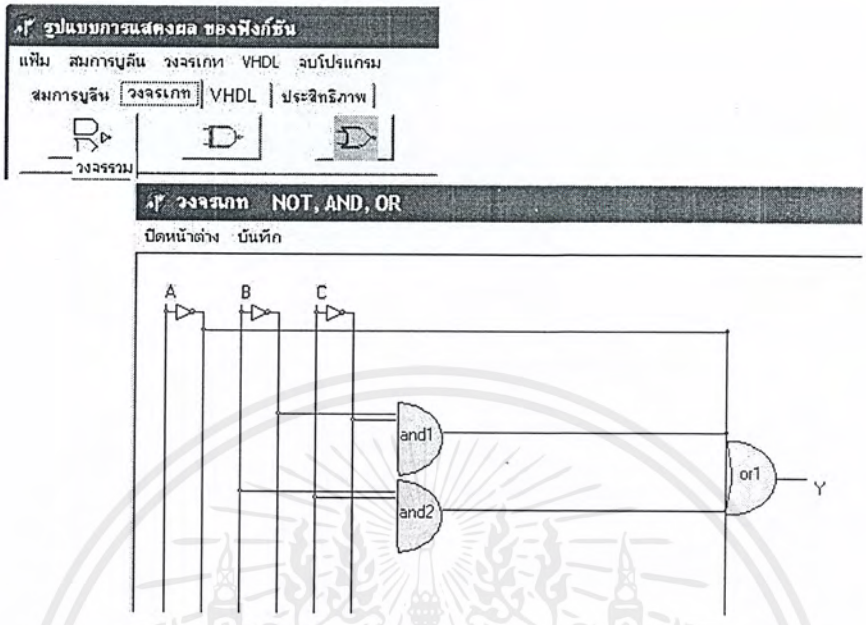
รูปที่ 4.8 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



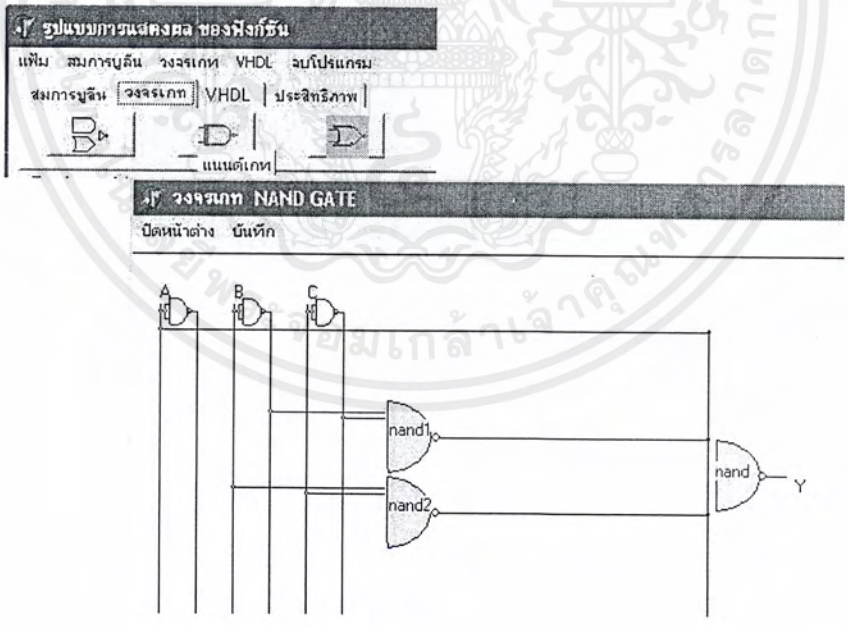
รูปที่ 4.8 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

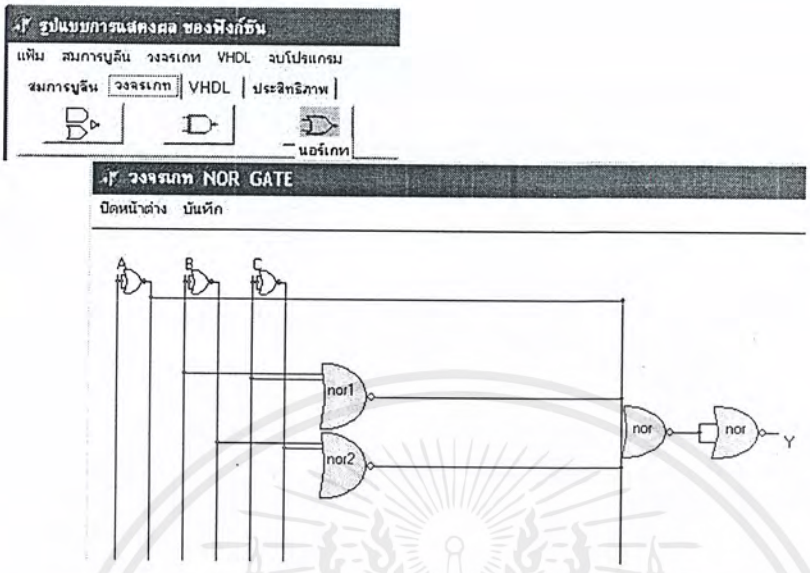


รูปที่ 4.9 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



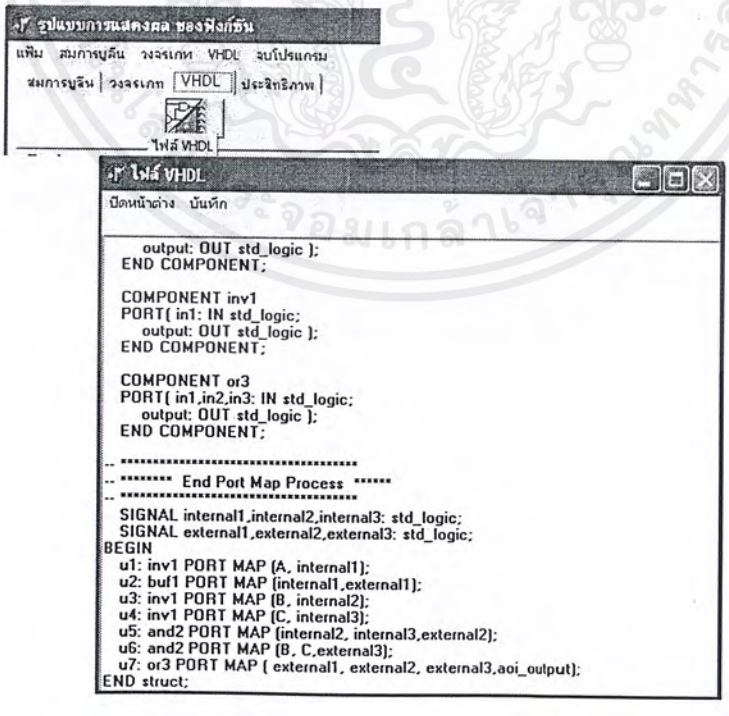
รูปที่ 4.9 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.10



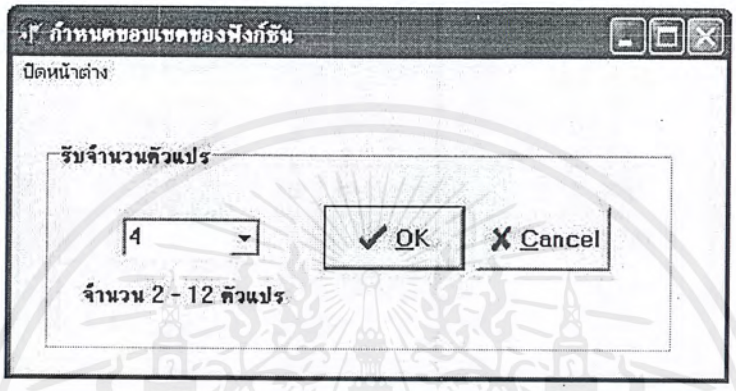
รูปที่ 4.10 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 ป้อนสมการขนาด 4 ตัวแปร

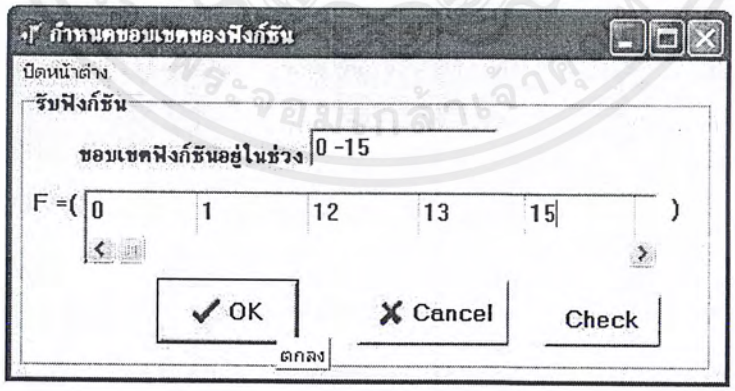
$$\sum m(A,B,C,D) = (0,1,12,13,15)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 4 ตัวแปรดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

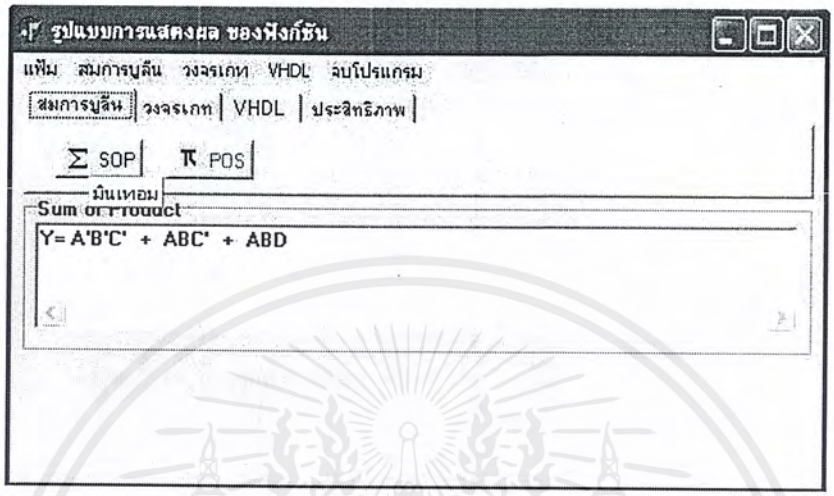
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,12,13 และ 15 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.12



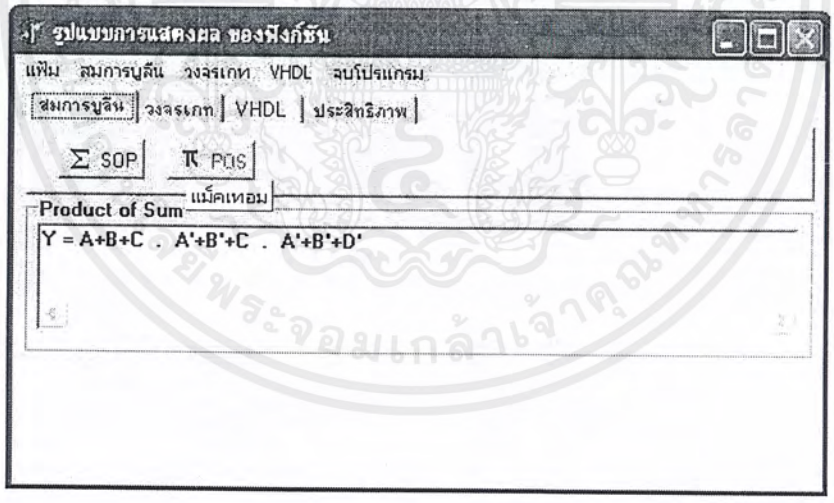
รูปที่ 4.12 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.13



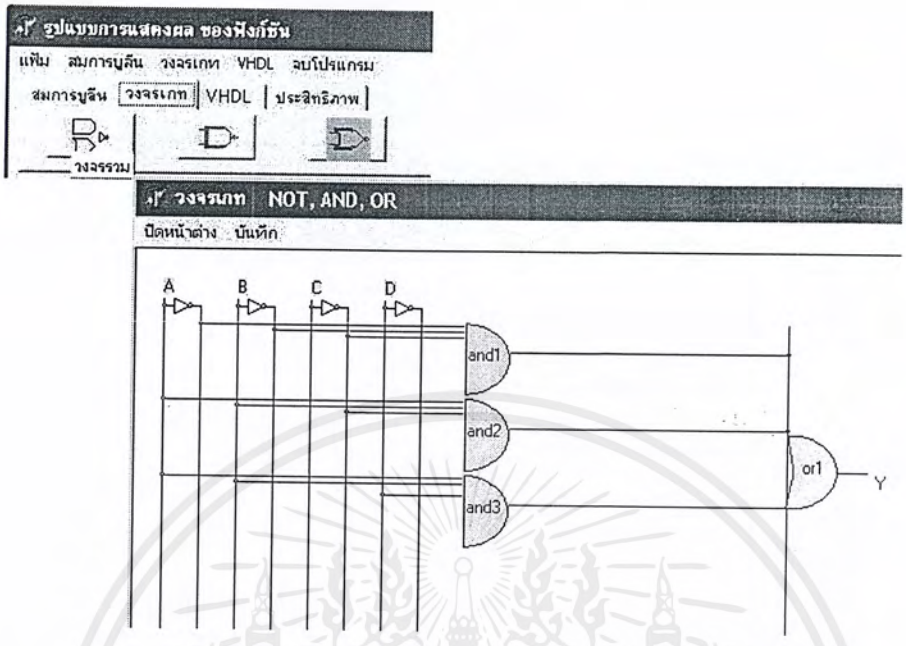
รูปที่ 4.13 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



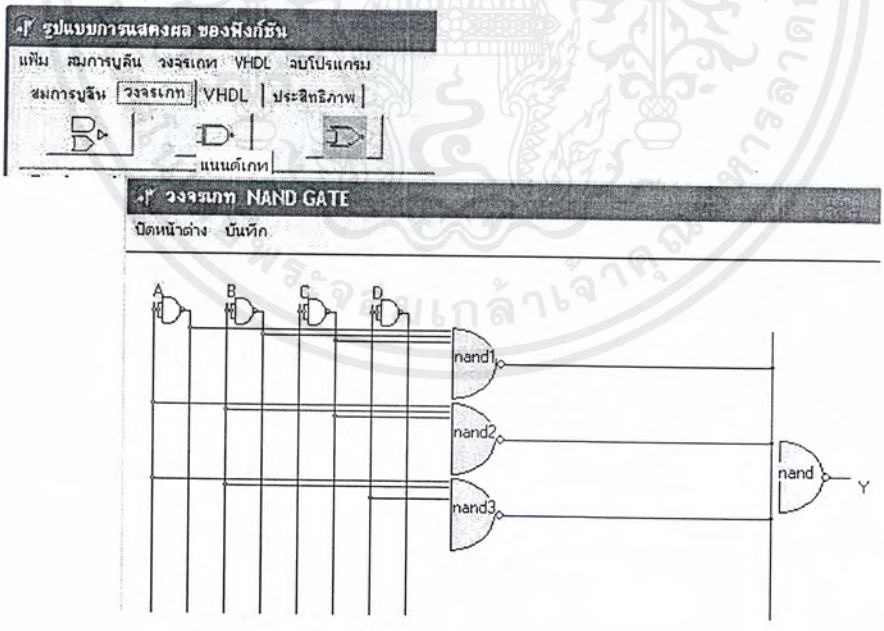
รูปที่ 4.13 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

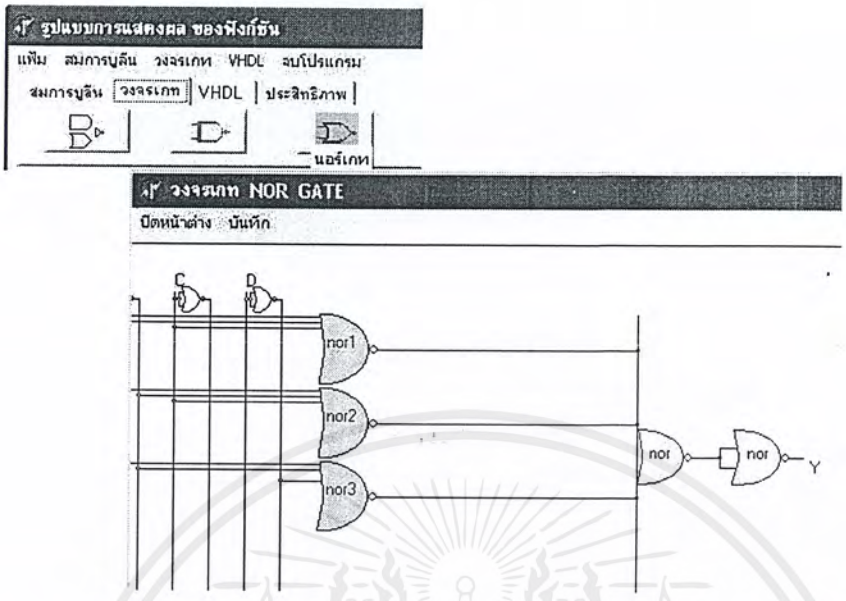


รูปที่ 4.14 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



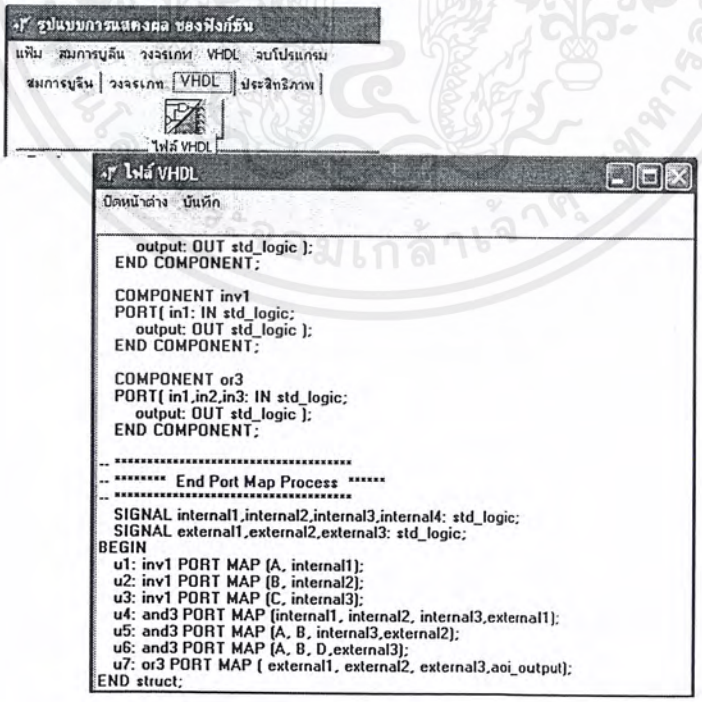
รูปที่ 4.14 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.15



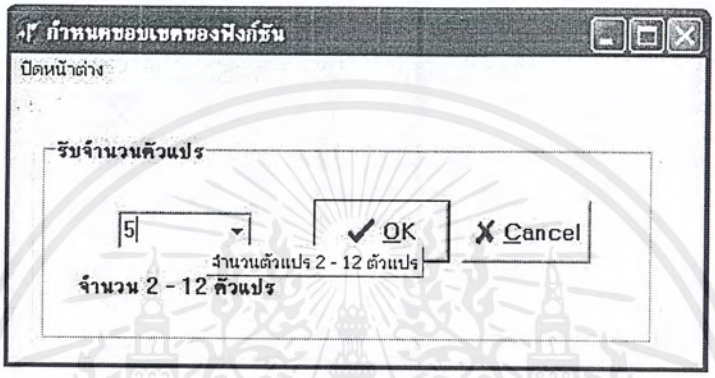
รูปที่ 4.15 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 ป้อนสมการขนาด 5 ตัวแปร

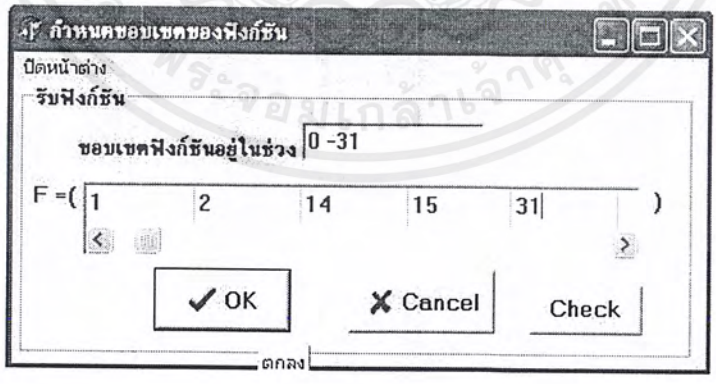
$$\sum m(A,B,C,D,E) = (0,1,2,14,15,31)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 5 ตัวแปรดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

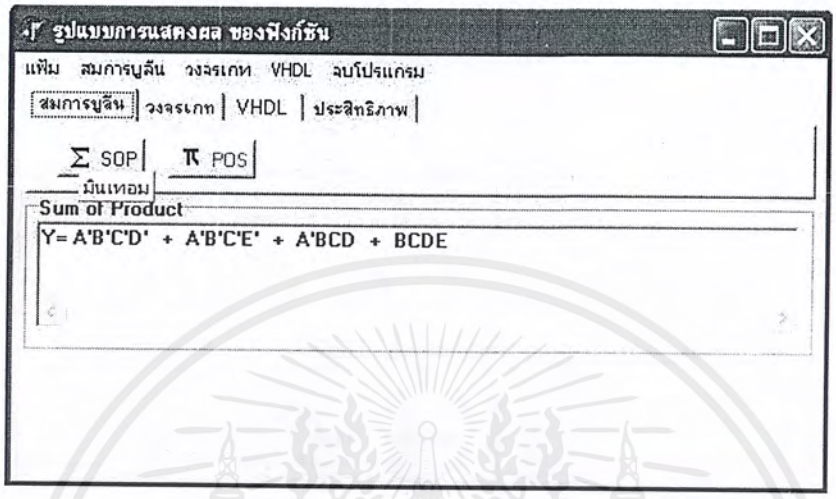
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,14,15 และ 31 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.17



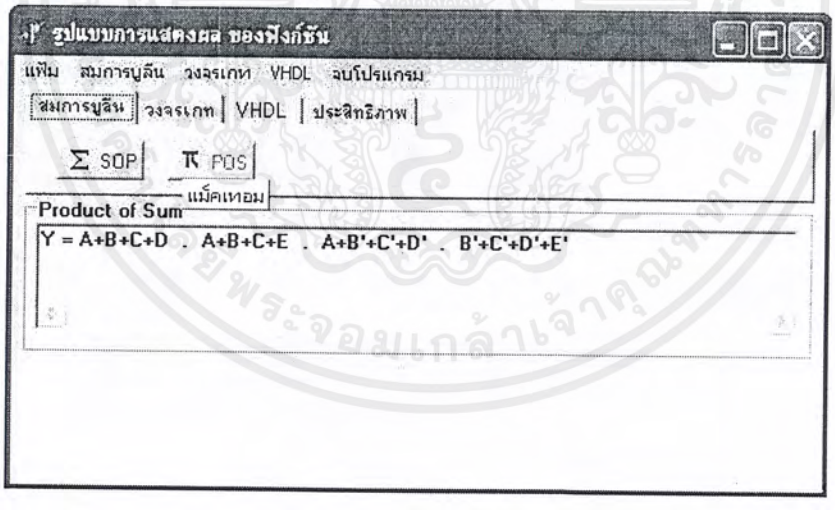
รูปที่ 4.17 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.18



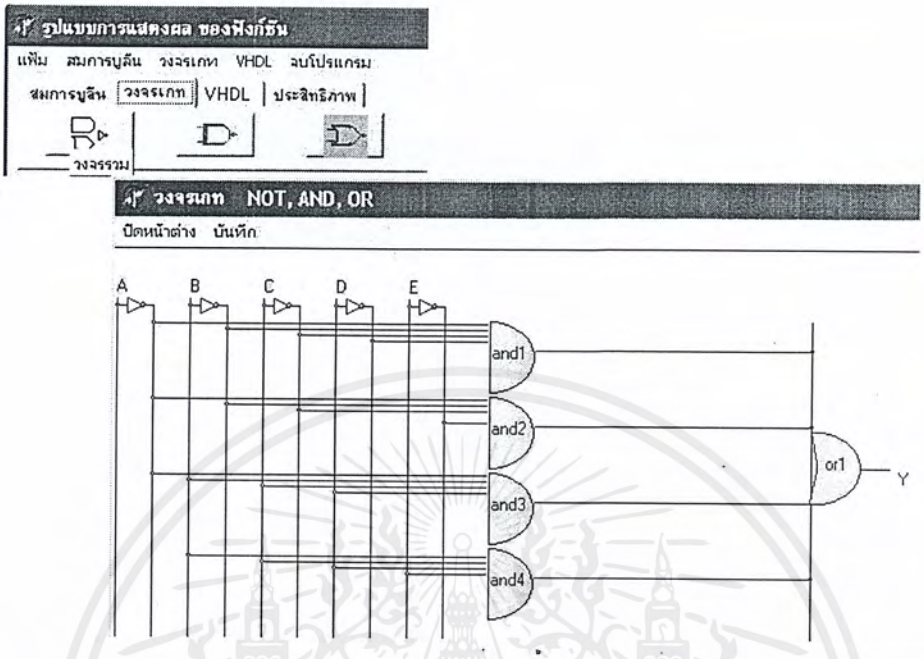
รูปที่ 4.18 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



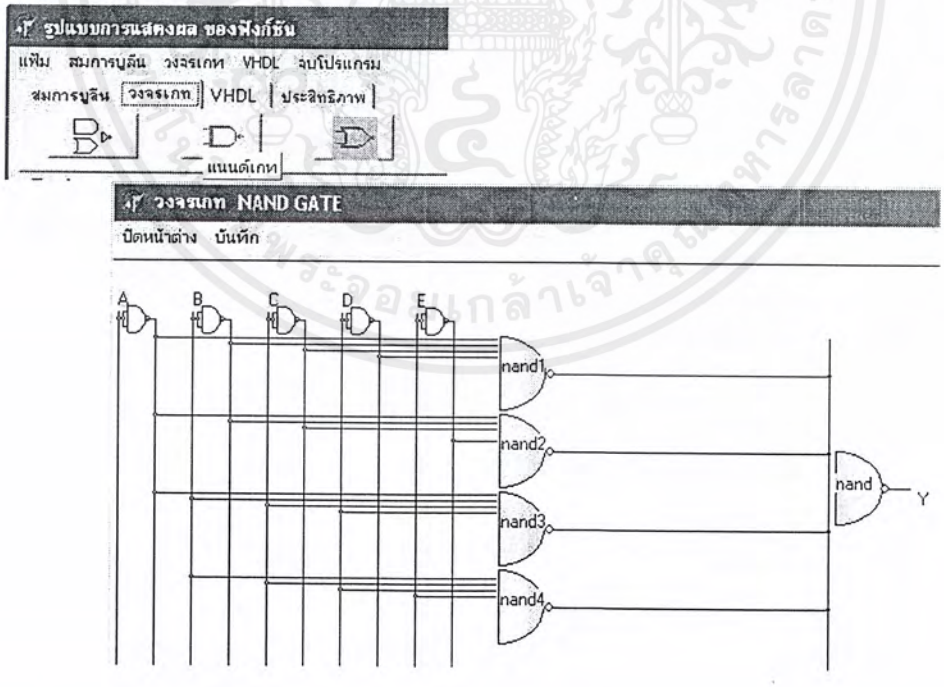
รูปที่ 4.18 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

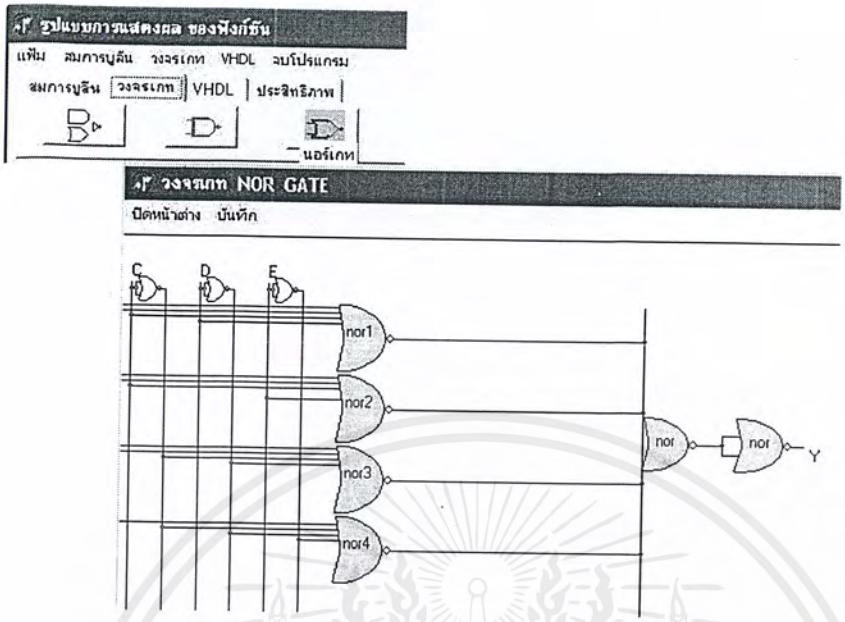


รูปที่ 4.19 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



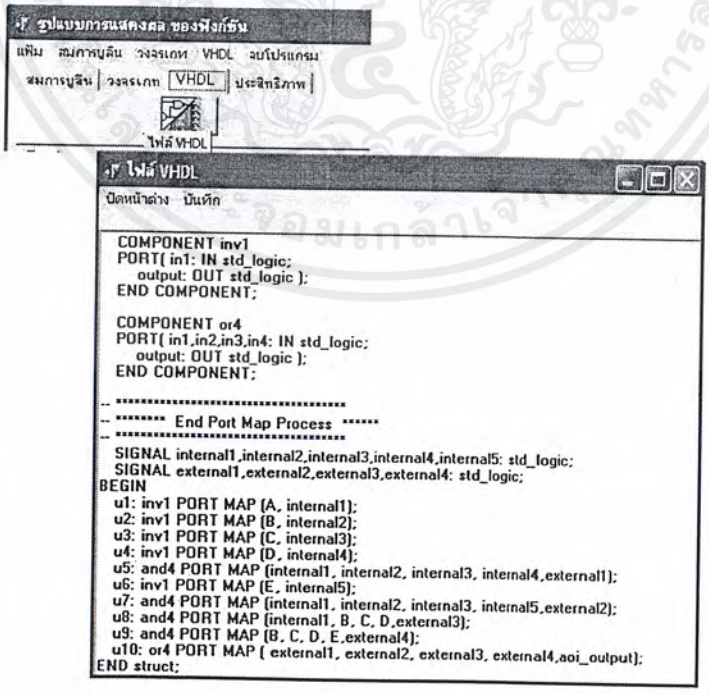
รูปที่ 4.19 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.20



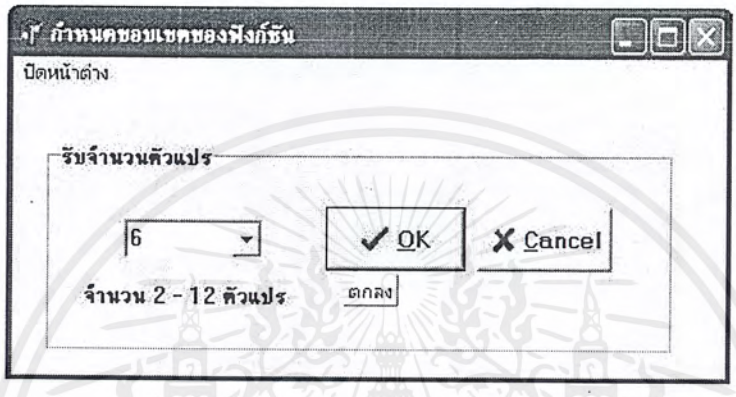
รูปที่ 4.20 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองที่ 5 ป้อนสมการขนาด 6 ตัวแปร

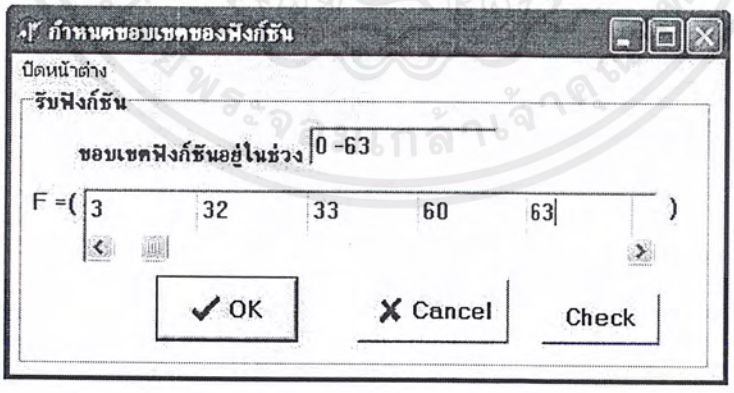
$$\sum m(A, B, C, D, E, F) = (0,1,2,3,32,33,60,63)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 6 ตัวแปรดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

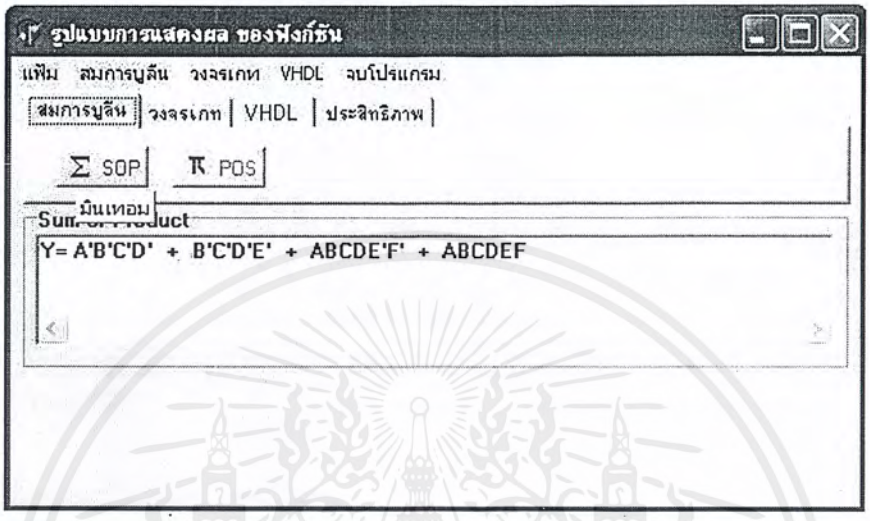
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,30,31,32,33,60 และ 63 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.22



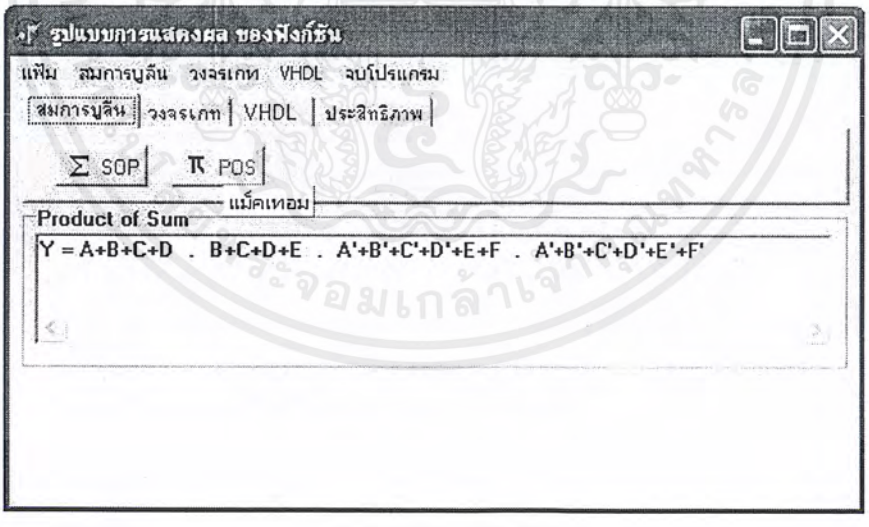
รูปที่ 4.22 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.23



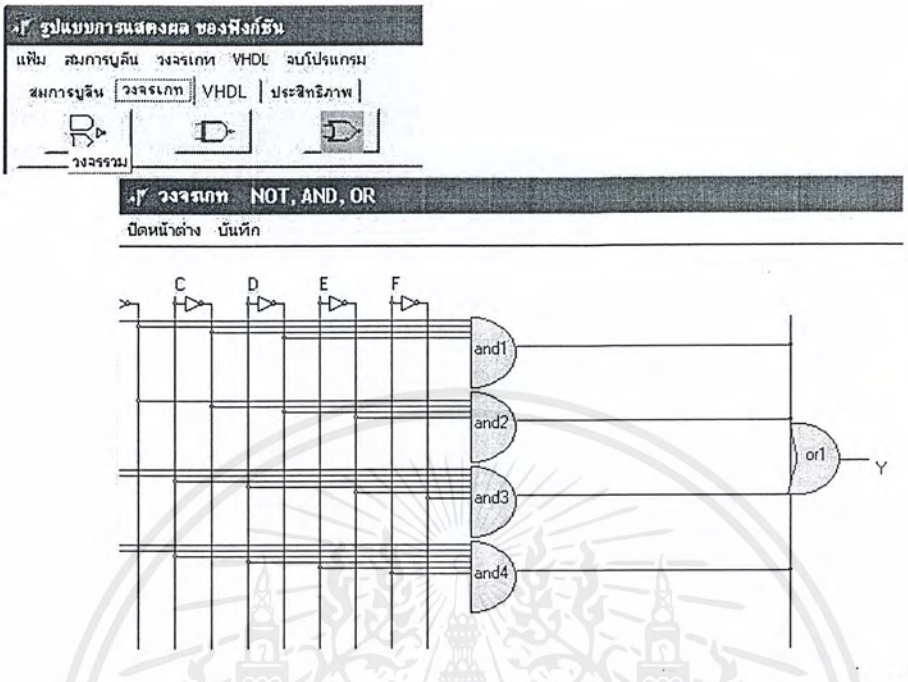
รูปที่ 4.23 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



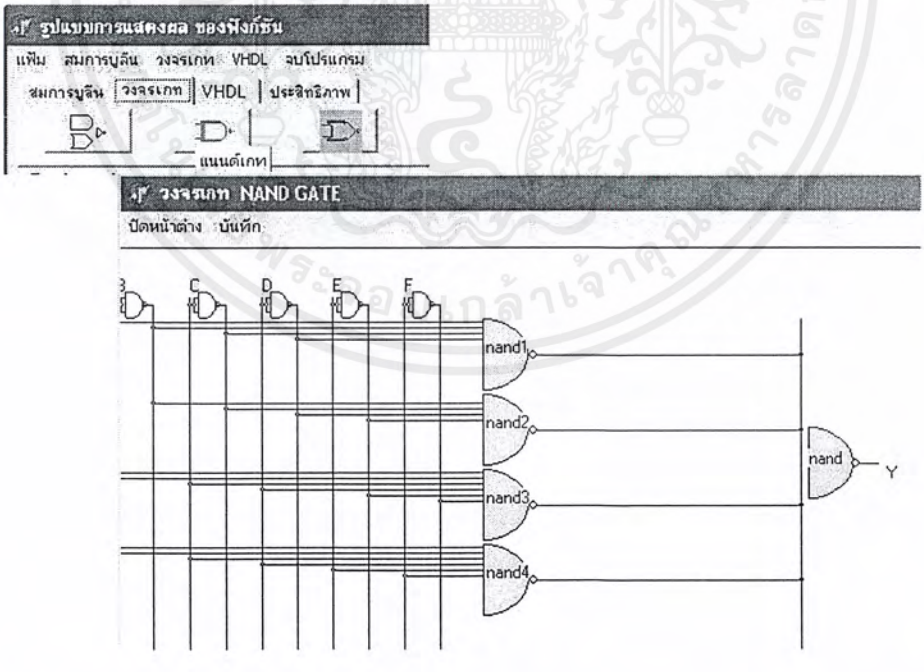
รูปที่ 4.23 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

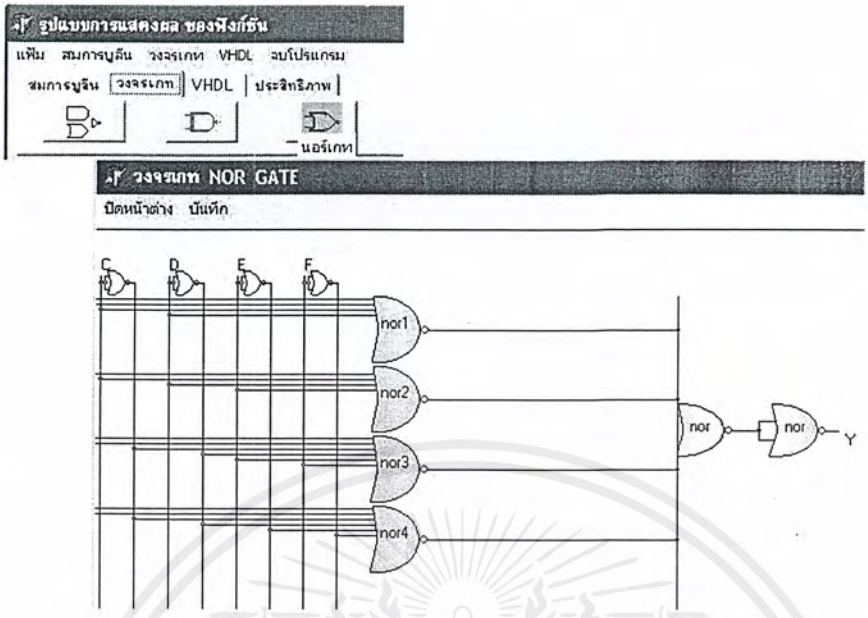


รูปที่ 4.24 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



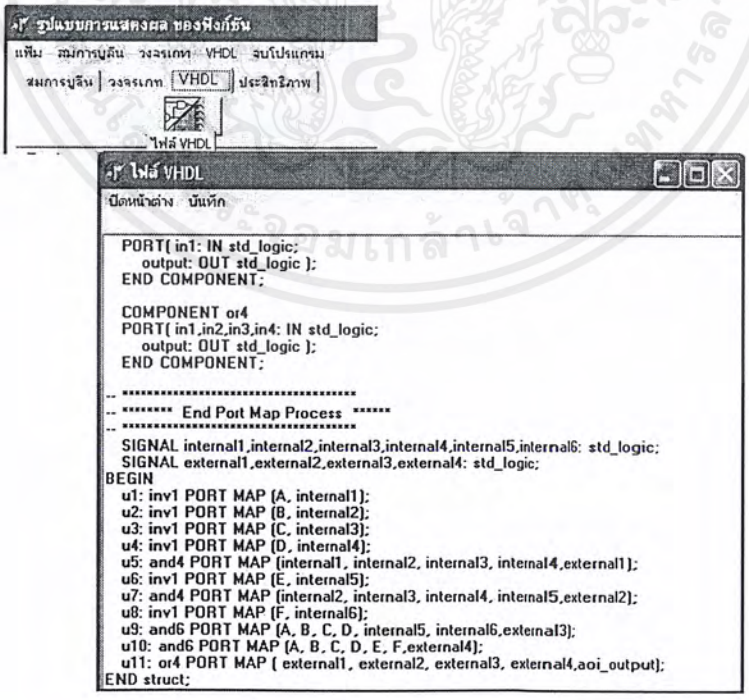
รูปที่ 4.24 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.25



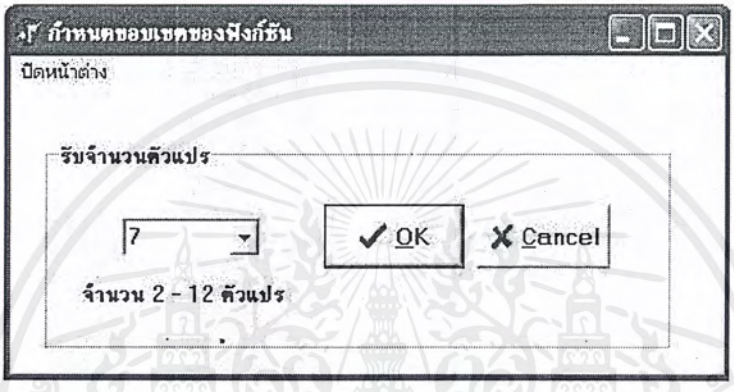
รูปที่ 4.25 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองที่ 6 ป้อนสมการขนาด 7 ตัวแปร

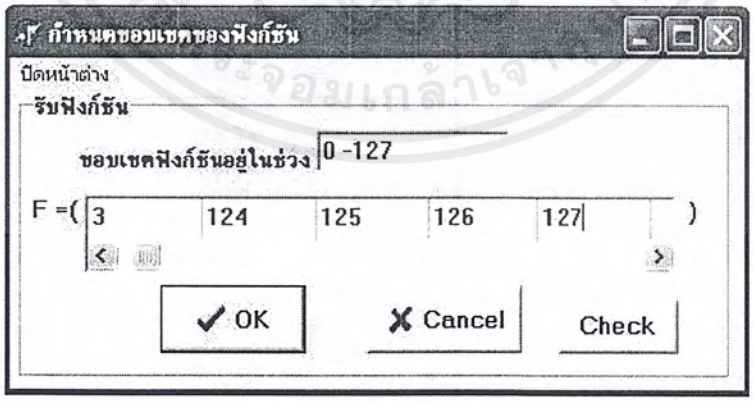
$$\sum m(A,B,C,D,E,F,G) = (0,1,2,3,124,125,126,127)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 7 ตัวแปรดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

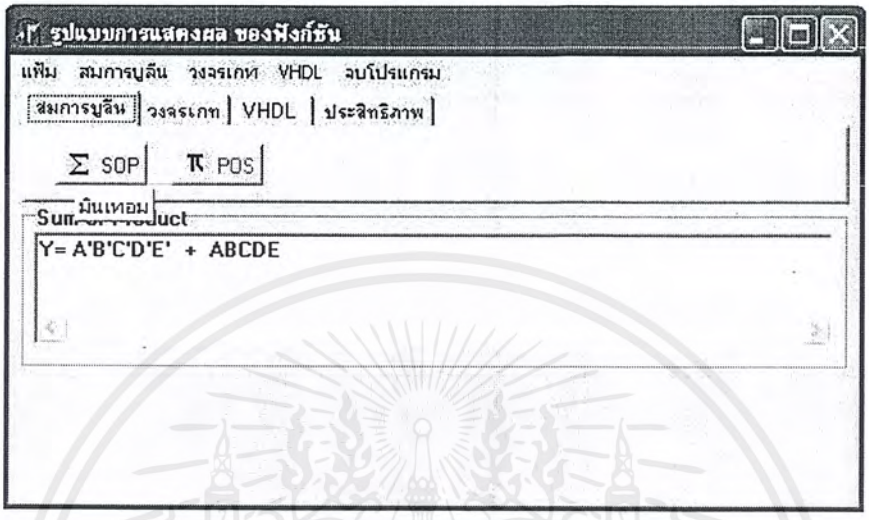
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,4,5,6,124,125,126 และ 127 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.27



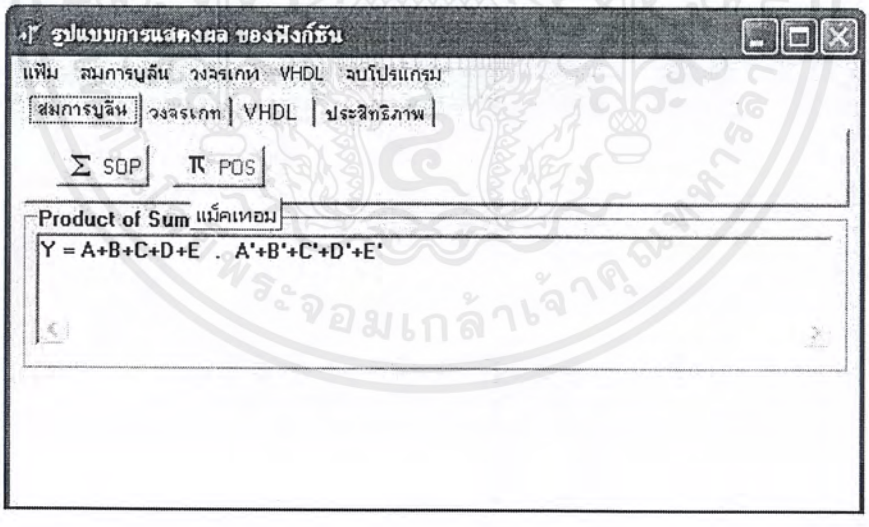
รูปที่ 4.27 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.28



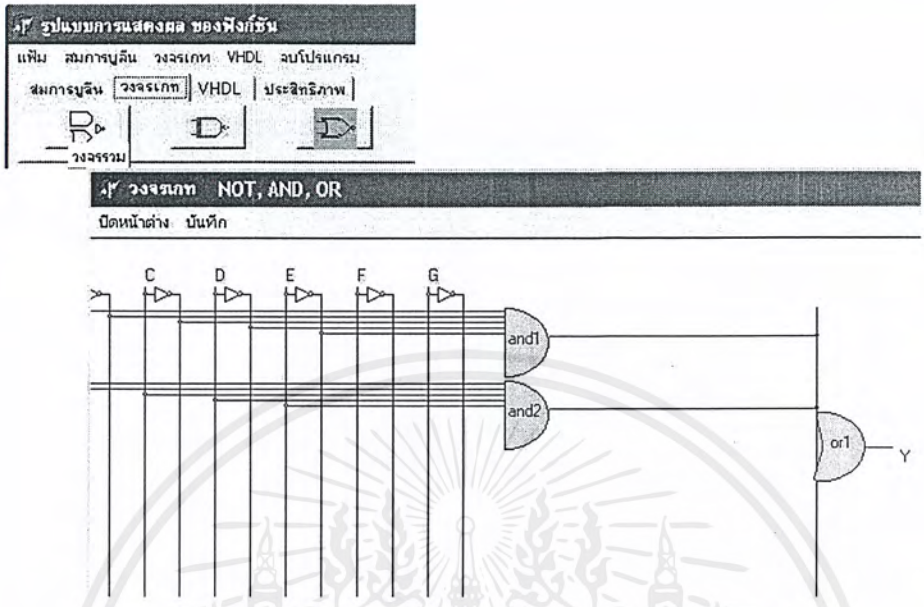
รูปที่ 4.28 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



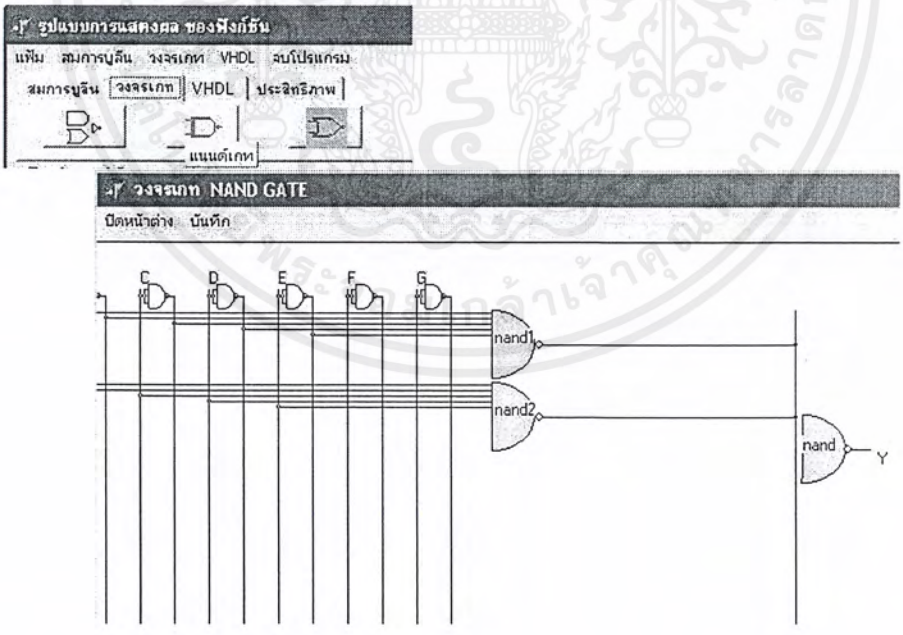
รูปที่ 4.28 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

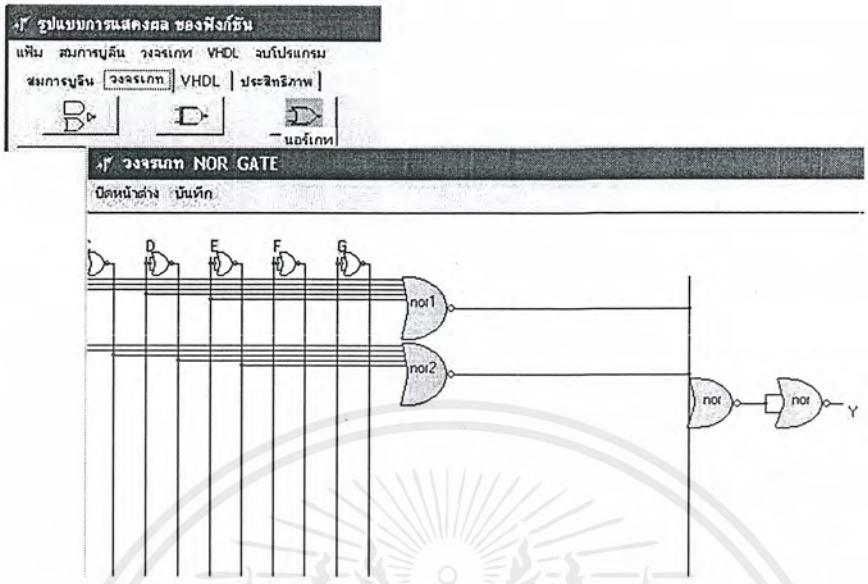


รูปที่ 4.29 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



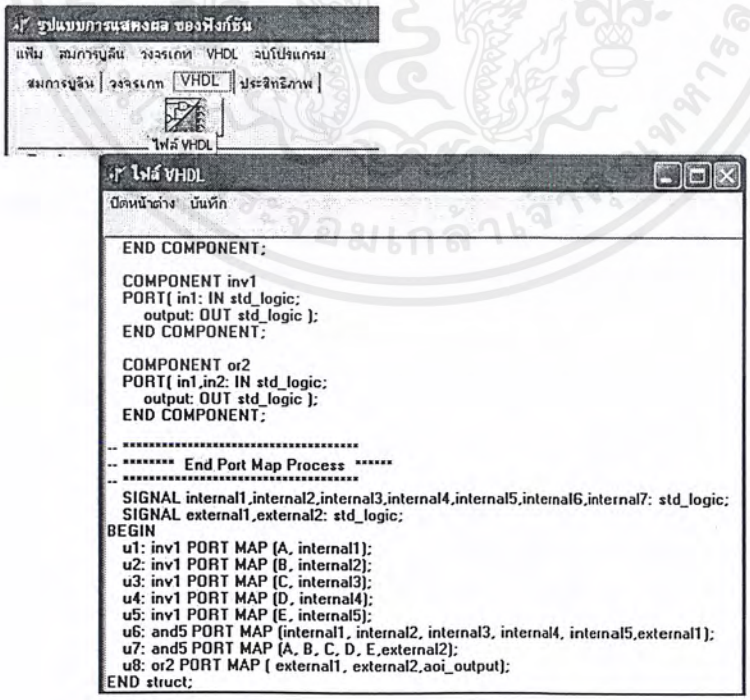
รูปที่ 4.29 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.30



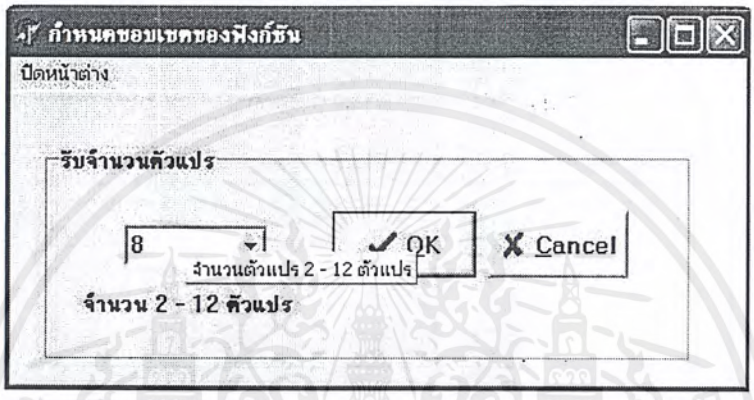
รูปที่ 4.30 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองที่ 7 ป้อนสมการขนาด 8 ตัวแปร

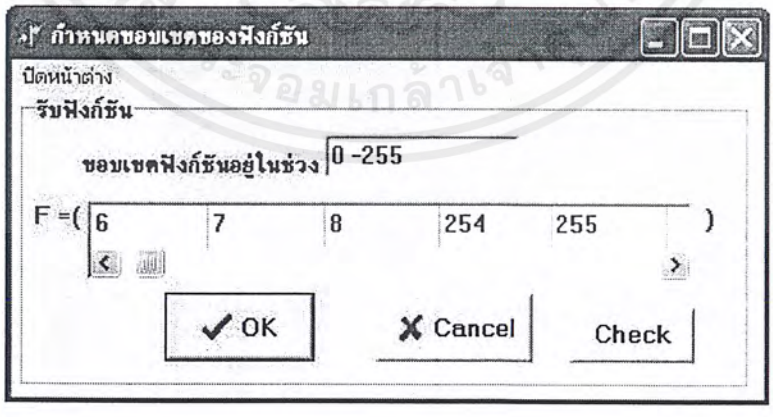
$$\sum m(A,B,C,D,E,F,G,H) = (0,1,2,3,4,5,6,7,8,254,255)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 8 ตัวแปรดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

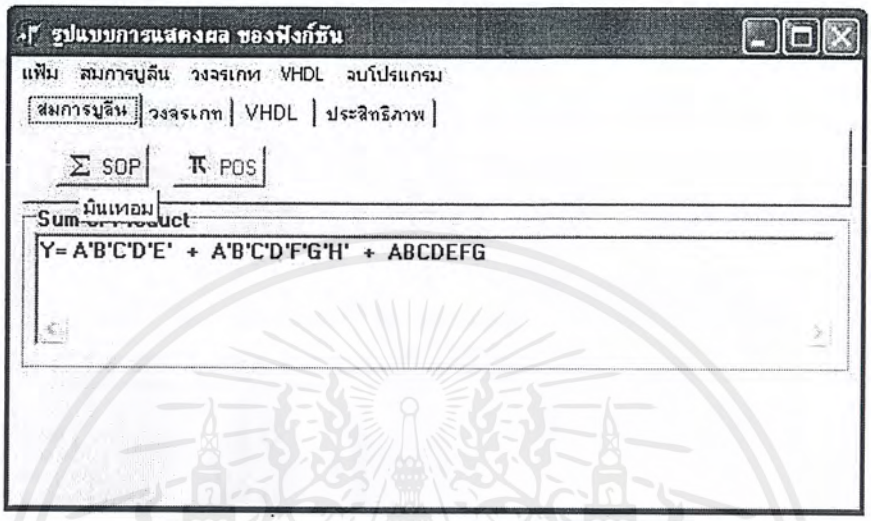
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,4,5,6,7,8,254 และ 255 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.32



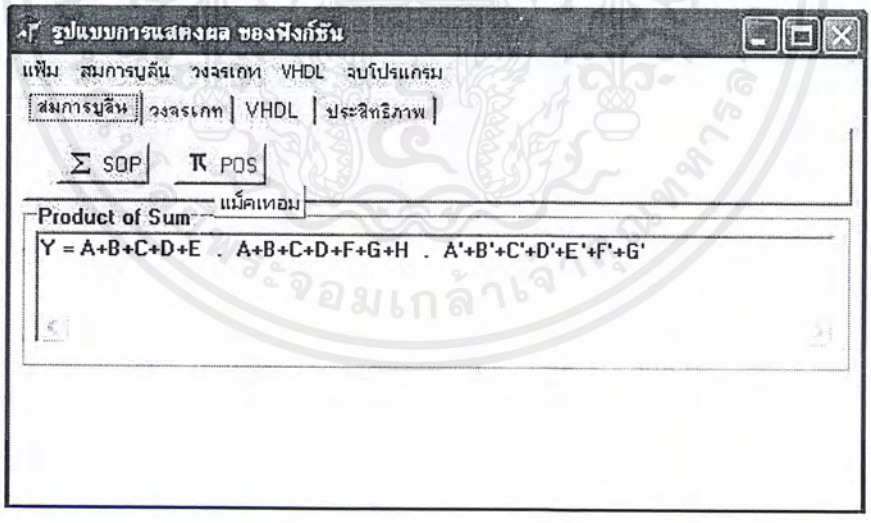
รูปที่ 4.32 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.33



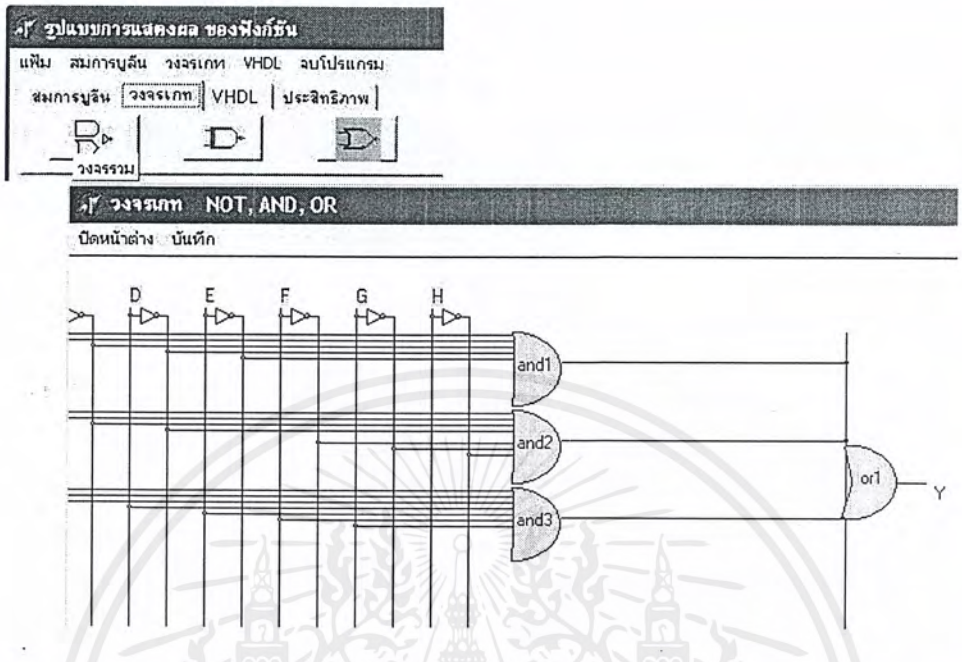
รูปที่ 4.33 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



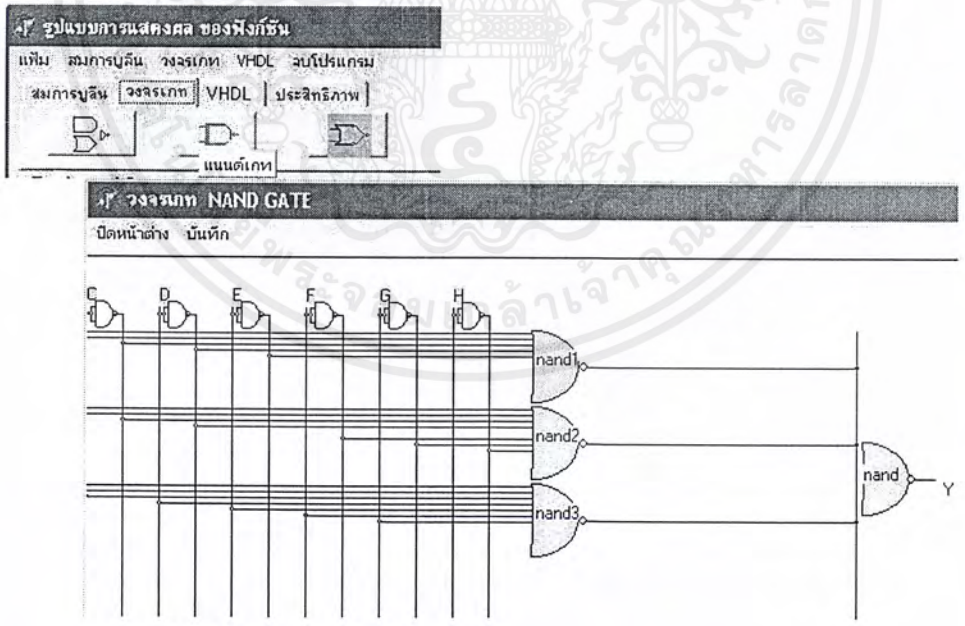
รูปที่ 4.33 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

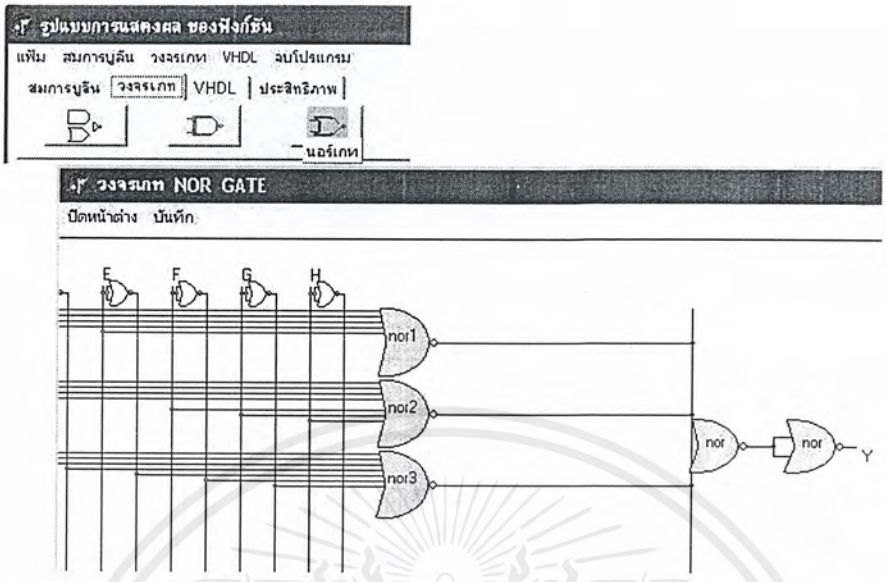


รูปที่ 4.34 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



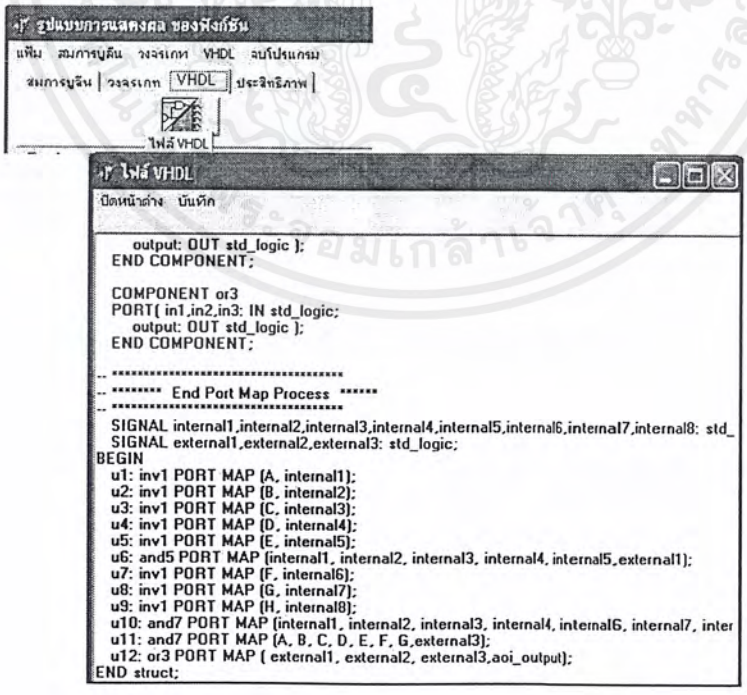
รูปที่ 4.34 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.35



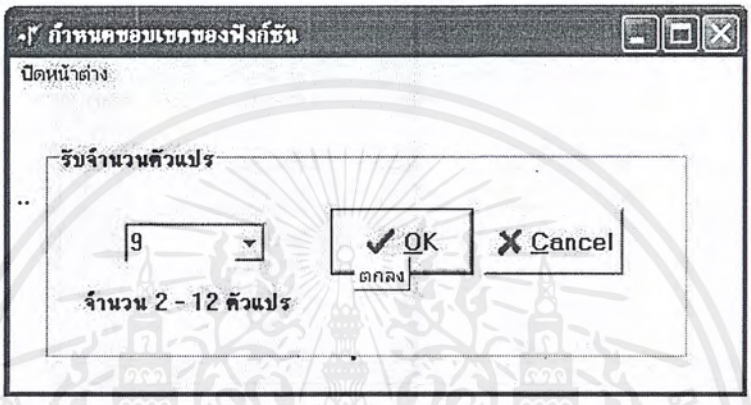
รูปที่ 4.35 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การทดลองที่ 8 ป้อนสมการขนาด 9 ตัวแปร

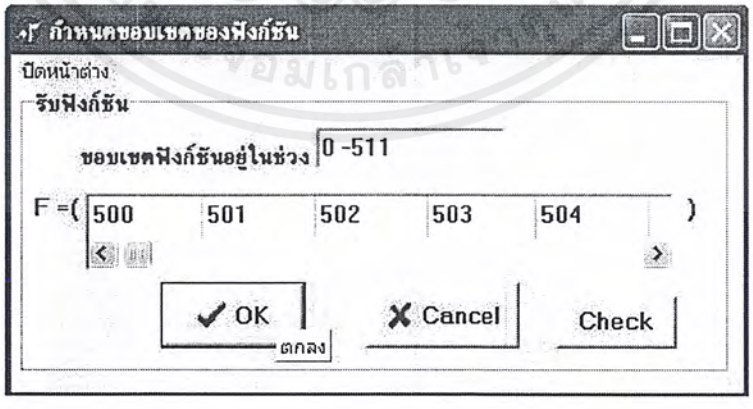
$$\sum m(A,B,C,D,E,F,G,H,I) = (0,1,2,3,500,501,502,503,504)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 9 ตัวแปรดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

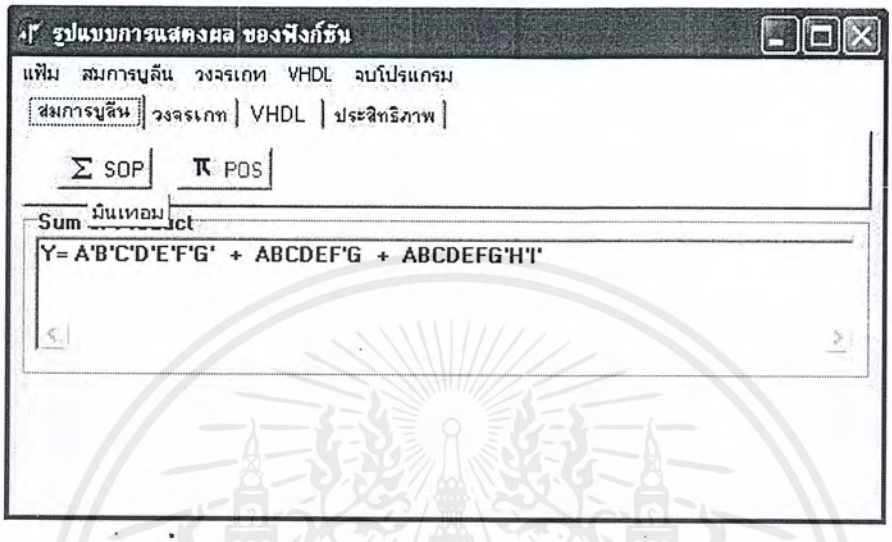
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3100,101,102,103,500,501,502,503 และ 504 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.37



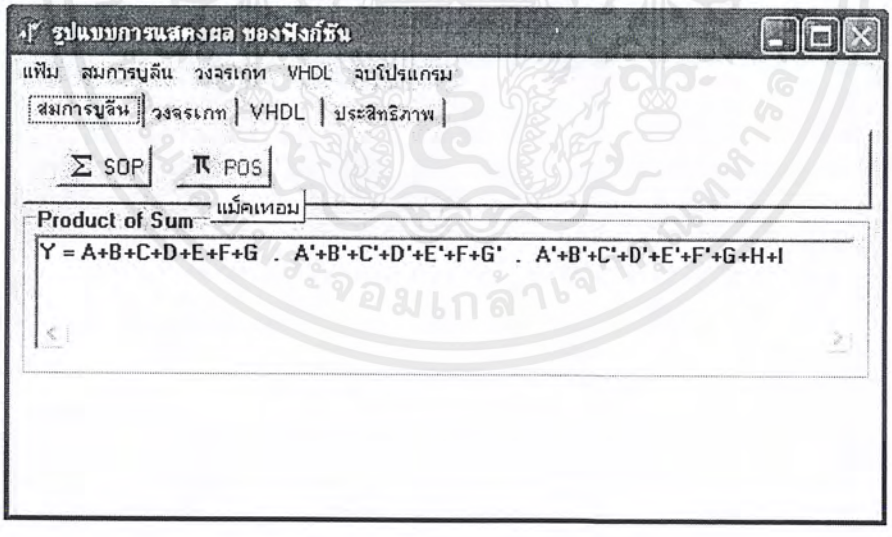
รูปที่ 4.37 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.38



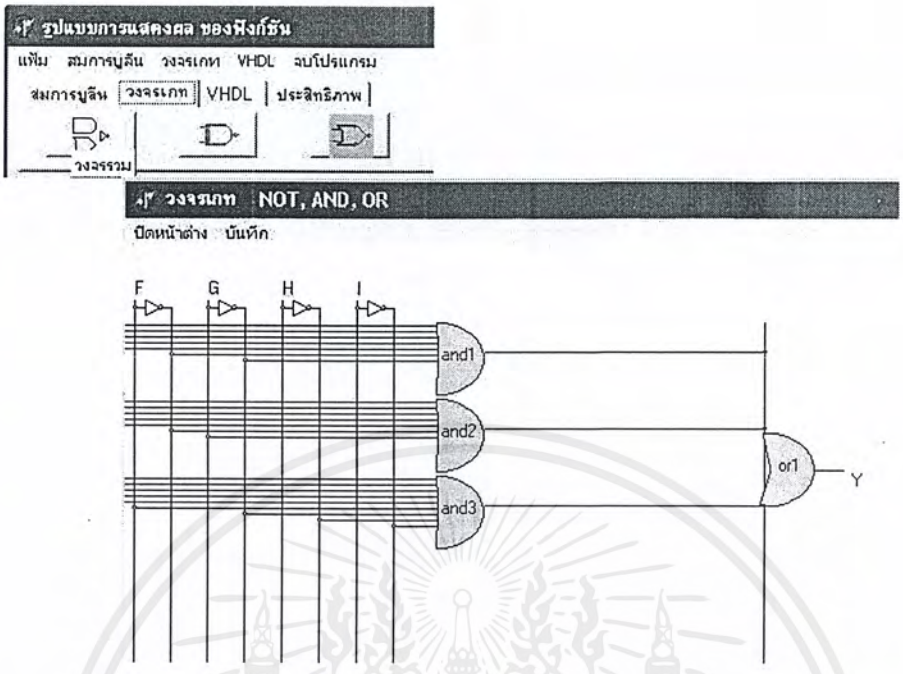
รูปที่ 4.38 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



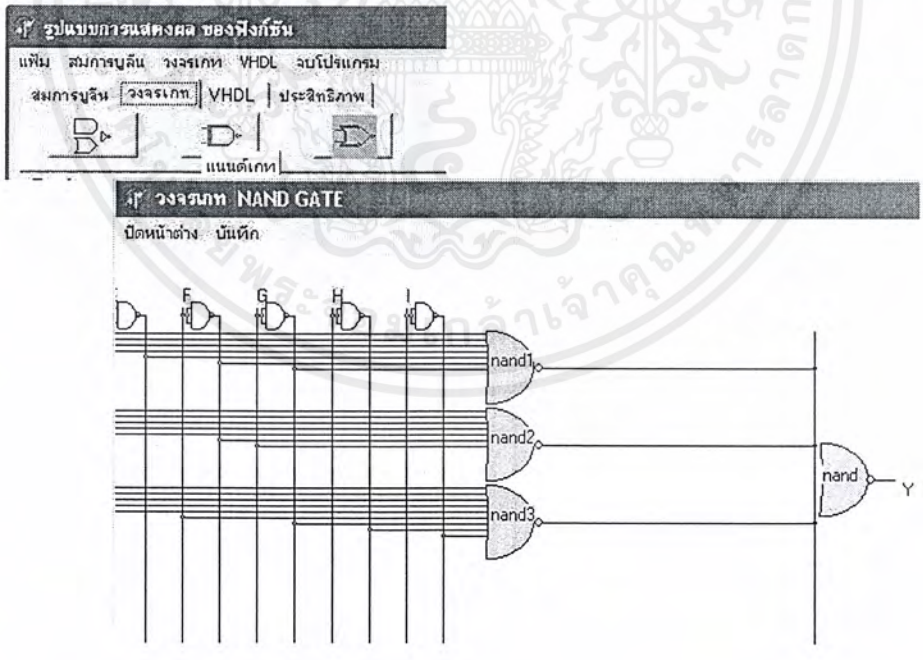
รูปที่ 4.38 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

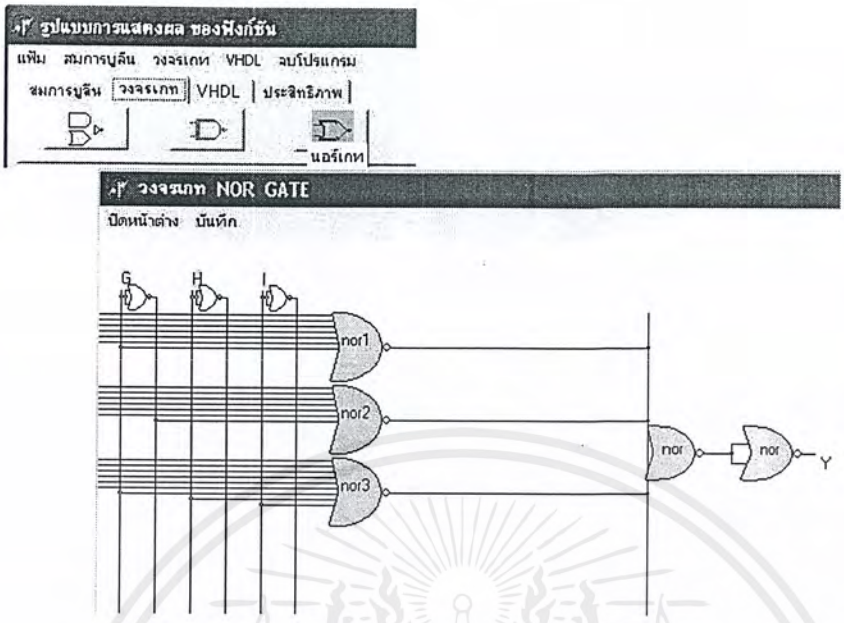


รูปที่ 4.39 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



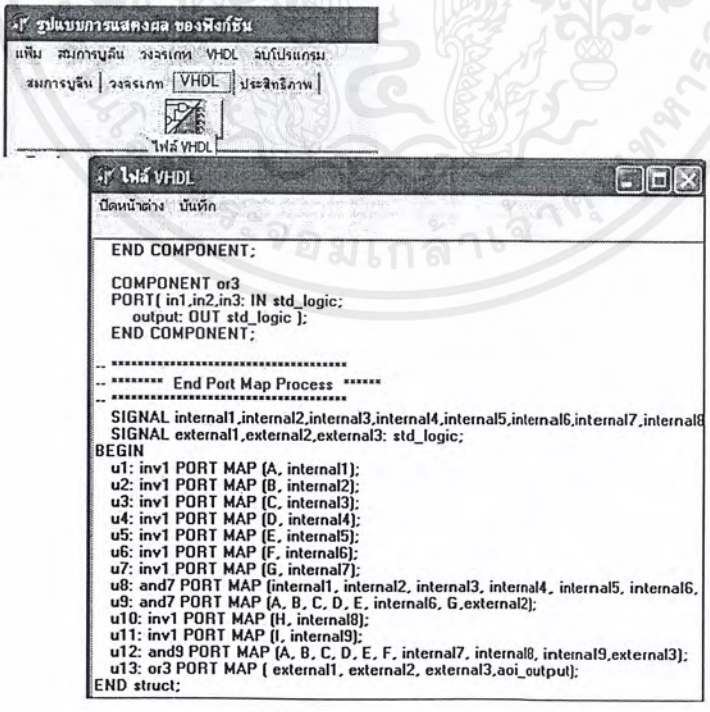
รูปที่ 4.39 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.40



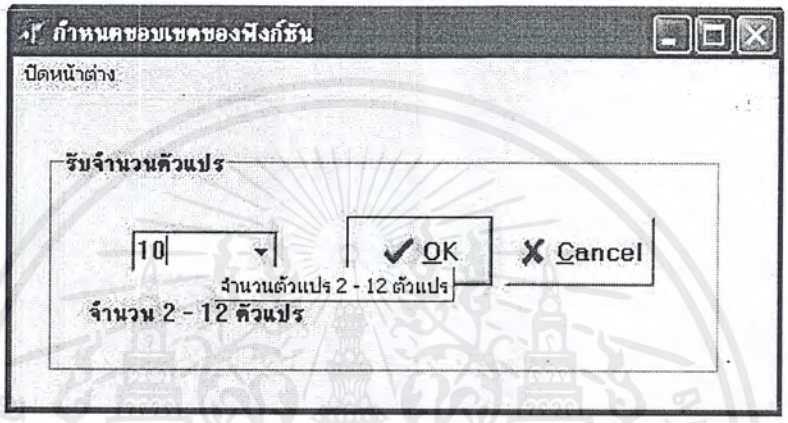
รูปที่ 4.40 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การทดลองที่ 9 ป้อนสมการขนาด 10 ตัวแปร

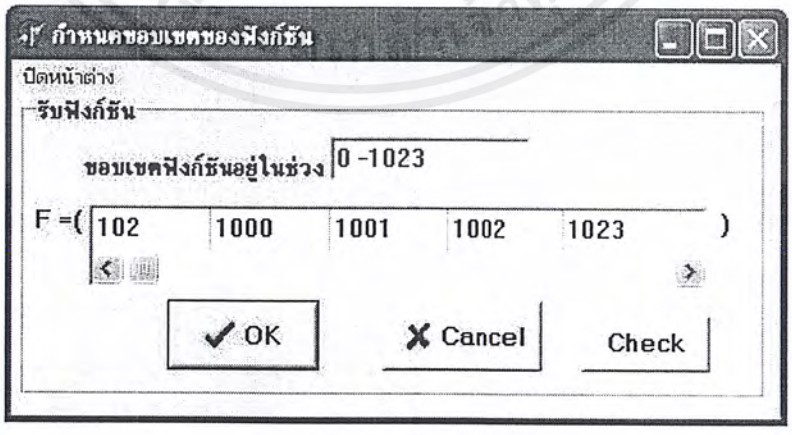
$$\sum m(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J) = (0,1,2,100,101,102,1000,1001,1002,1023)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 10 ตัวแปรดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

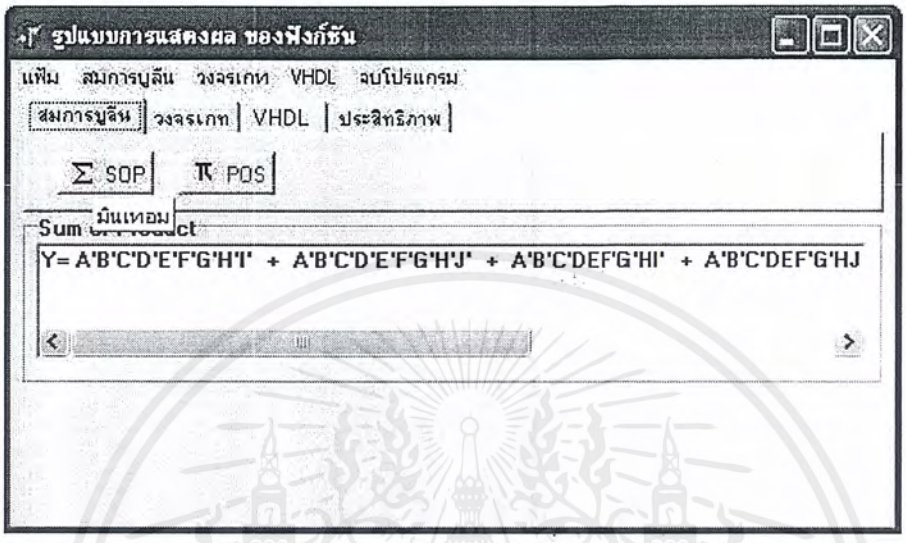
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,100,101,102,1000,1001,1002 และ 1023 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.42



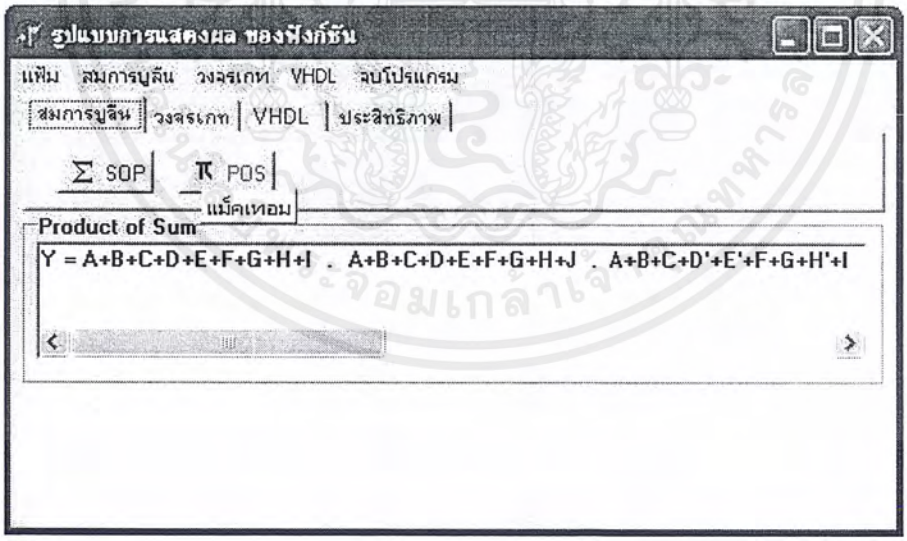
รูปที่ 4.42 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.43



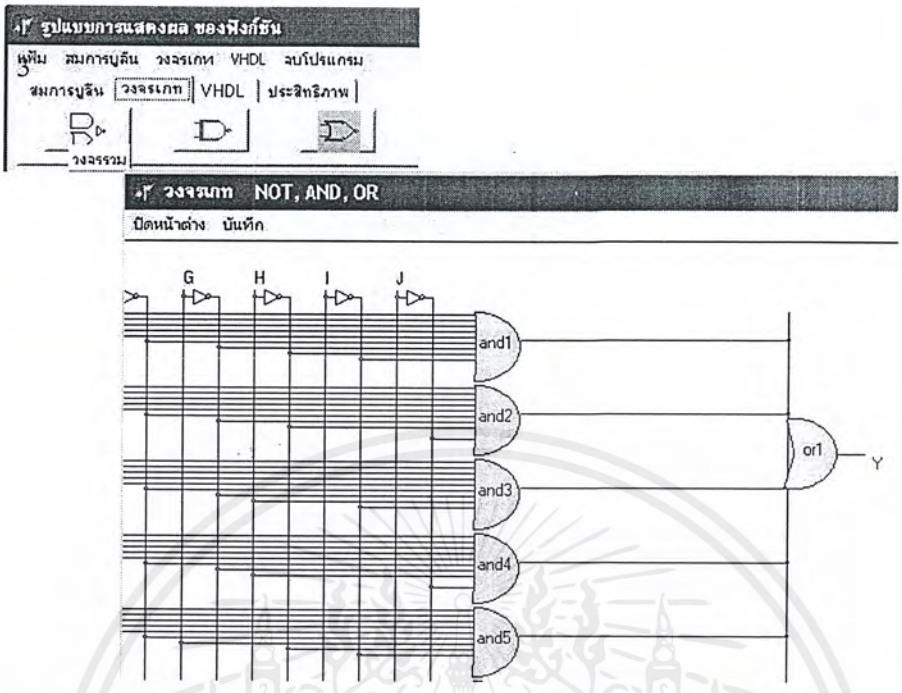
รูปที่ 4.43 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



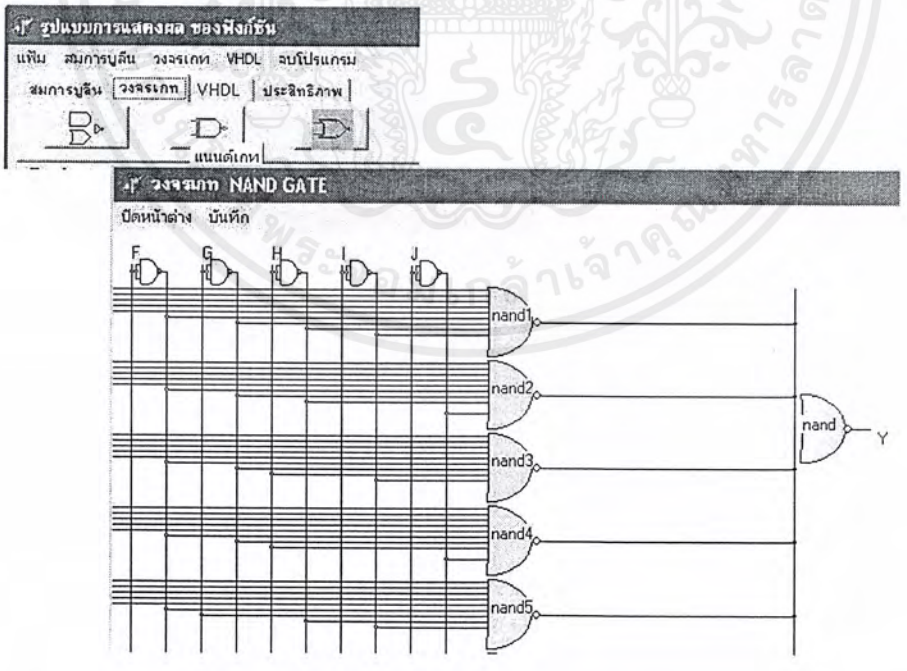
รูปที่ 4.43 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

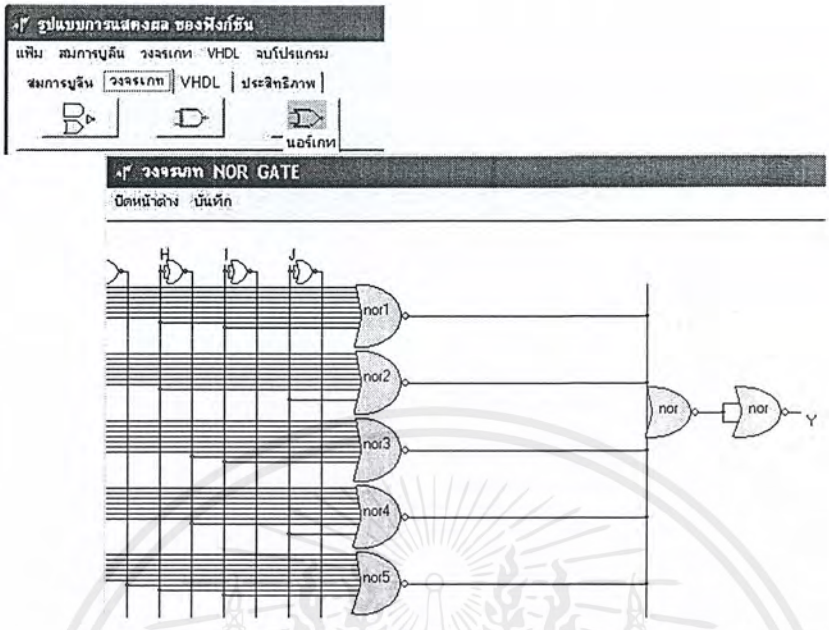


รูปที่ 4.44 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



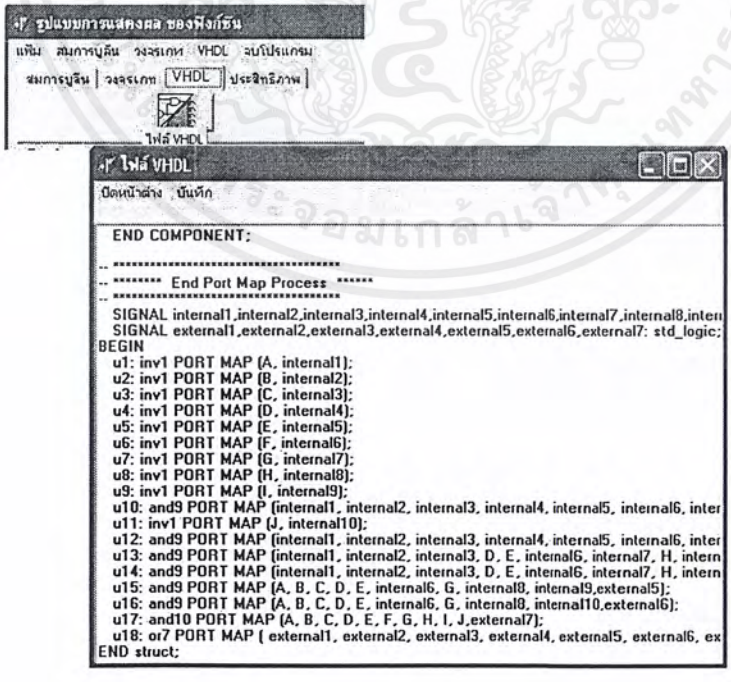
รูปที่ 4.44 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.45



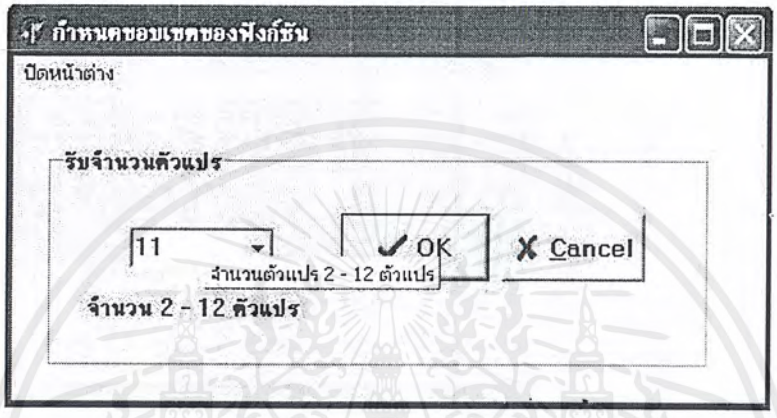
รูปที่ 4.45 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การทดลองที่ 10 ป้อนสมการขนาด 11 ตัวแปร

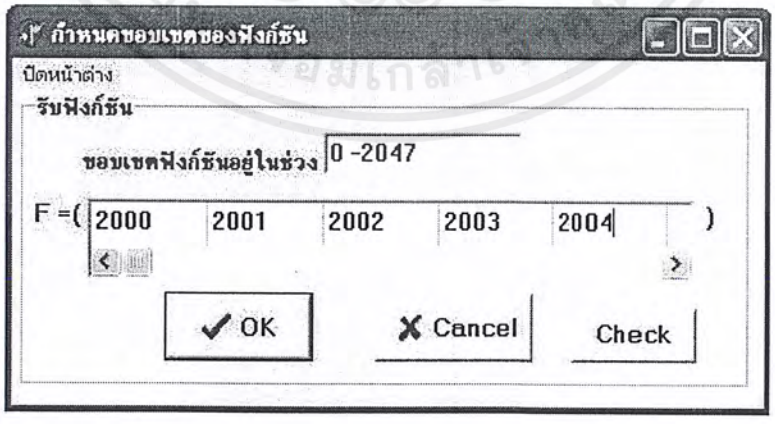
$$\sum m(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K) = (0,1,2,3,2000,2001,2002,2003,2004)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 11 ตัวแปรดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

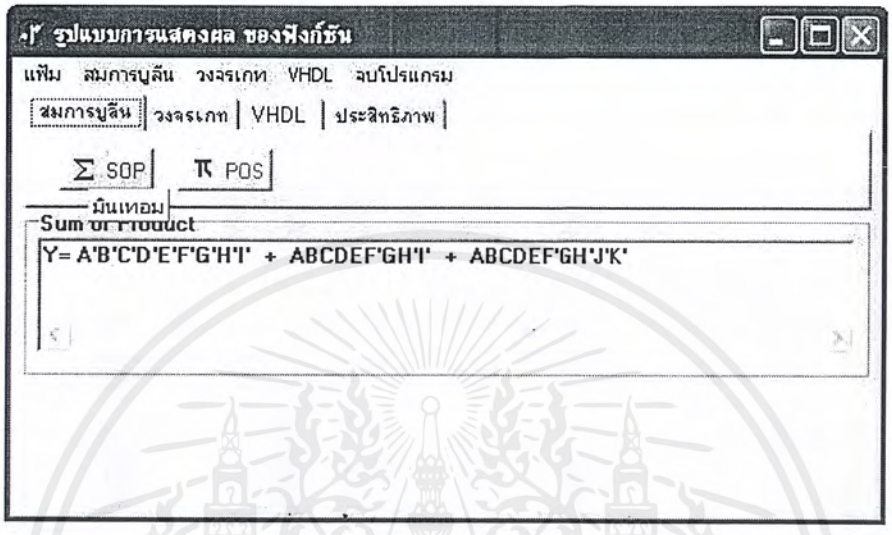
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,4,5,6,7,8,2000,2001,2002,2003,2004,2005 และ 2006 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.47



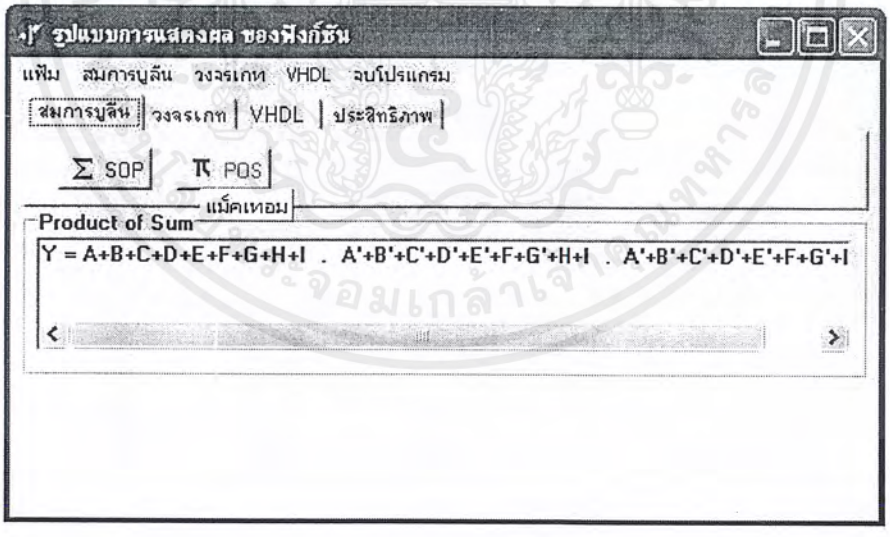
รูปที่ 4.47 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.48



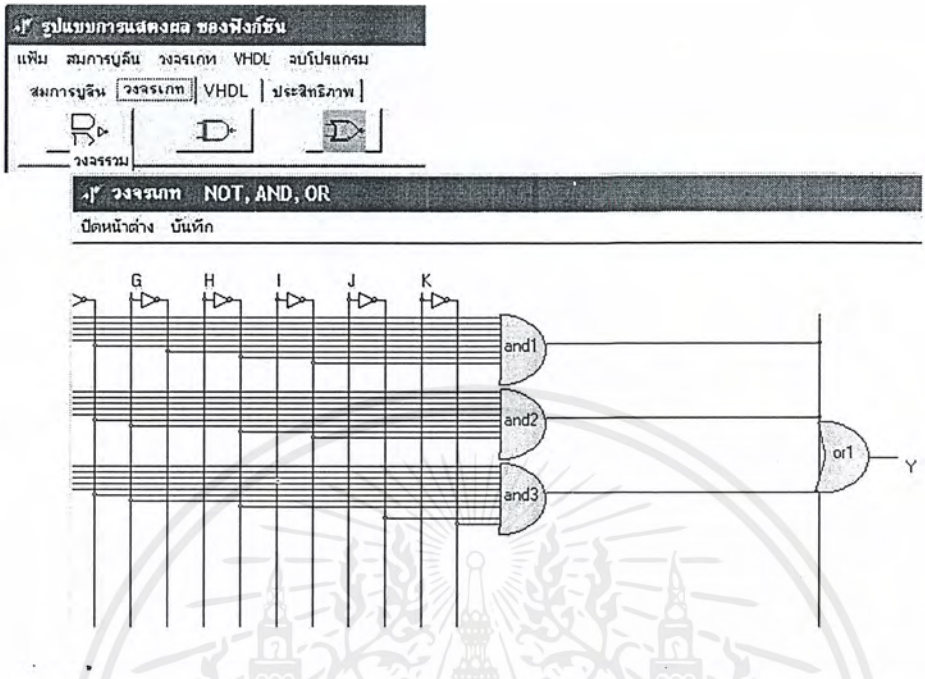
รูปที่ 4.48 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



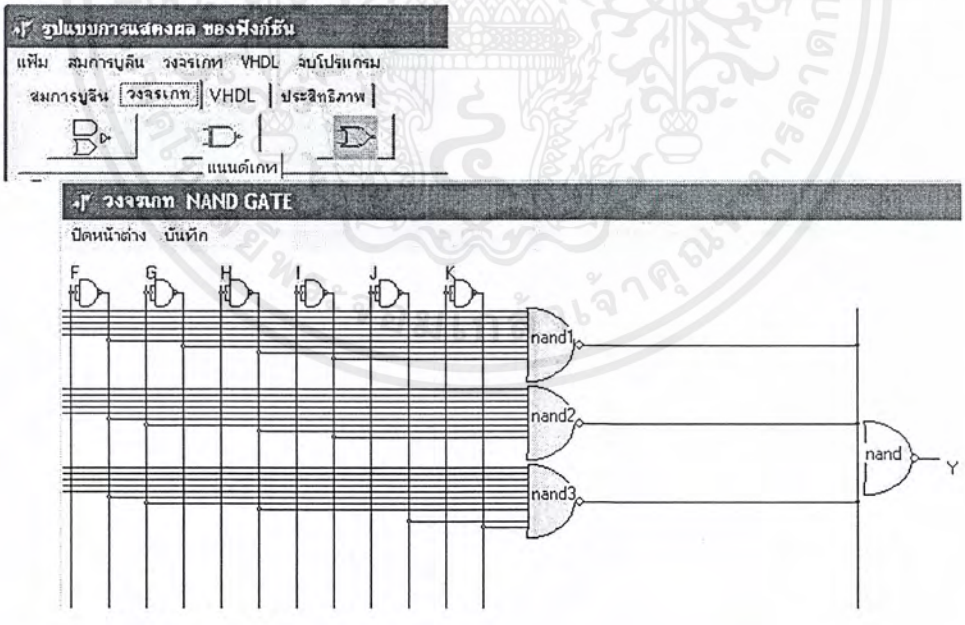
รูปที่ 4.48 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

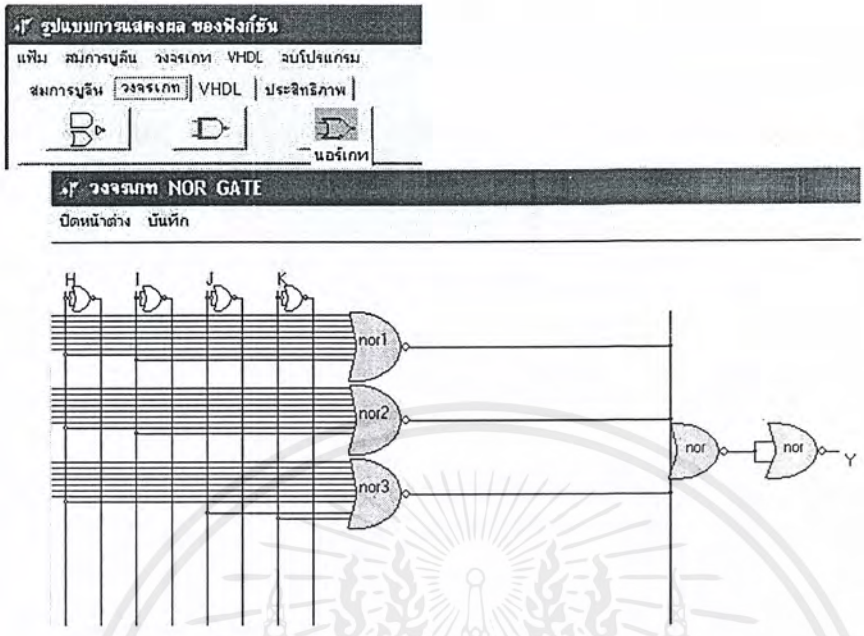


รูปที่ 4.49 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



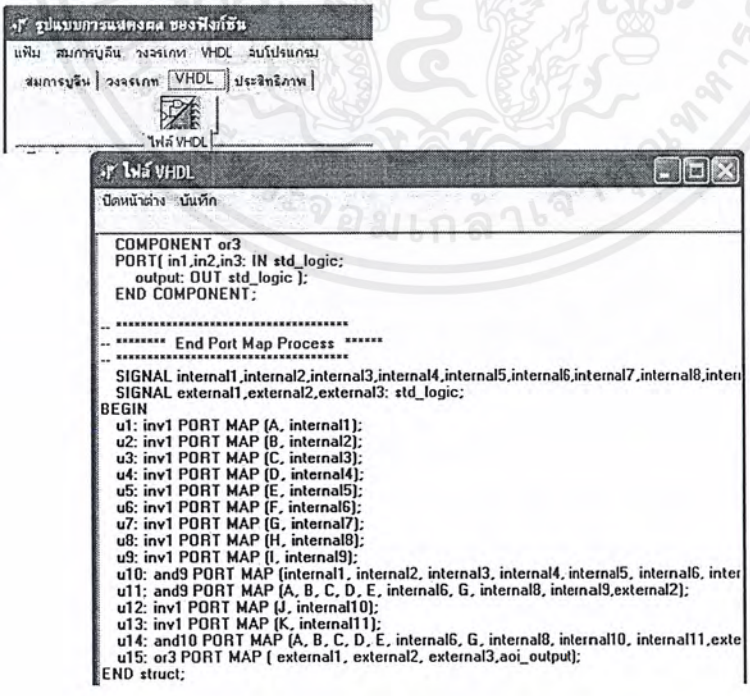
รูปที่ 4.49 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.49 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.50



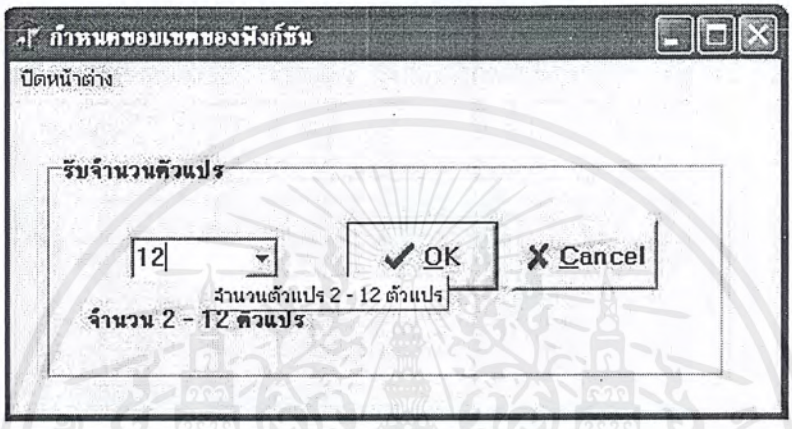
รูปที่ 4.50 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การทดลองที่ 11 ป้อนสมการขนาด 12 ตัวแปร

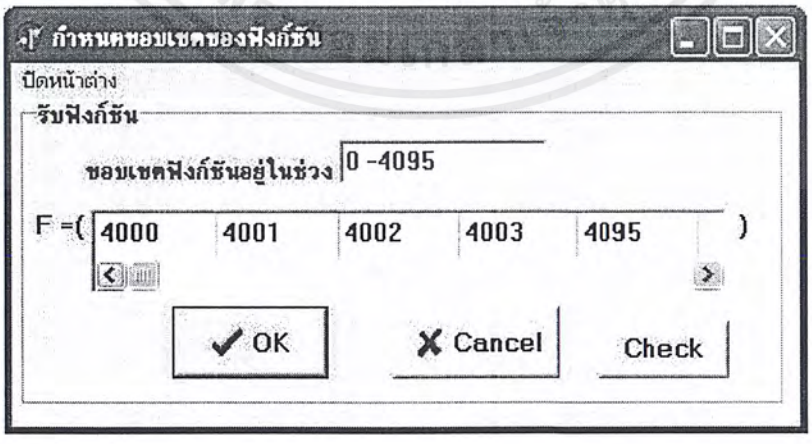
$$\sum m(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L) = (0,1,2,3,4000,4001,4002,4003,4095)$$

ขั้นที่ 1 ป้อนจำนวนตัวแปรให้เท่ากับ 12 ตัวแปรดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 หน้าต่าง "รับจำนวนตัวแปร"

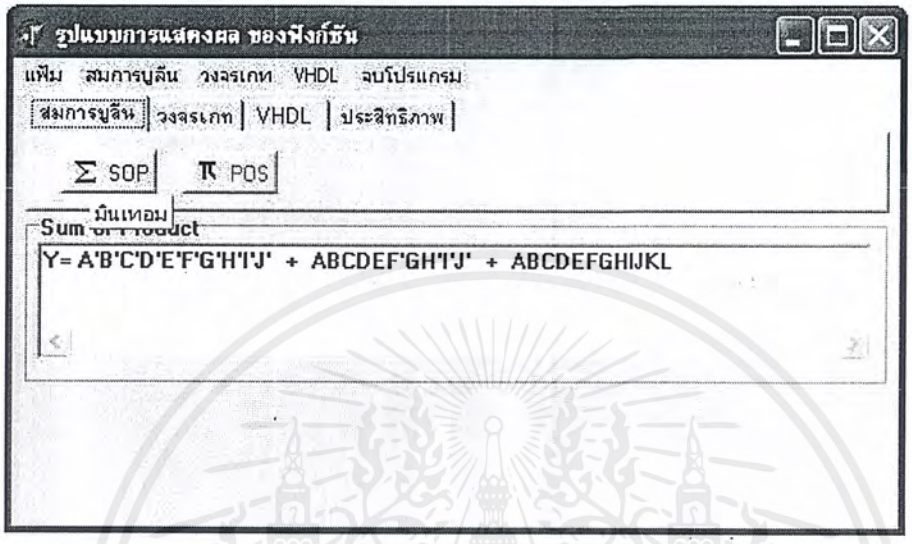
ขั้นที่ 2 พิมพ์ตัวเลข 0,1,2,3,4000,4001,4002,4003 และ 4095 ลงในตาราง แล้วกดปุ่ม "OK" ดังรูปที่ 4.52



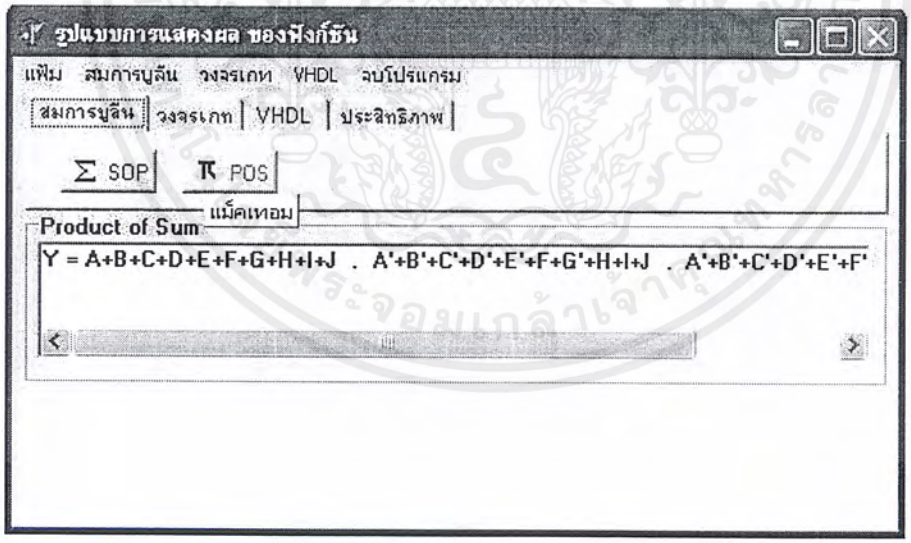
รูปที่ 4.52 หน้าต่าง "รับฟังก์ชัน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 จะปรากฏหน้าต่างเครื่องมือขึ้น ให้กดปุ่มเลือกที่แสดงสมการบูลีน จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก ระหว่าง มินเทอม และ แม็กเทอม ดังรูปที่ 4.53



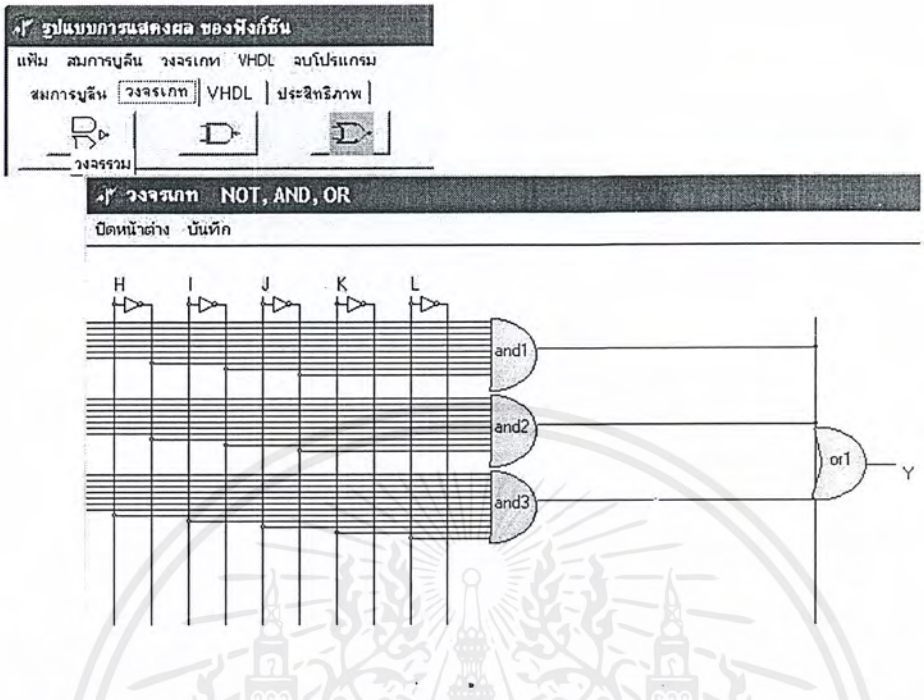
รูปที่ 4.53 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน มินเทอม"



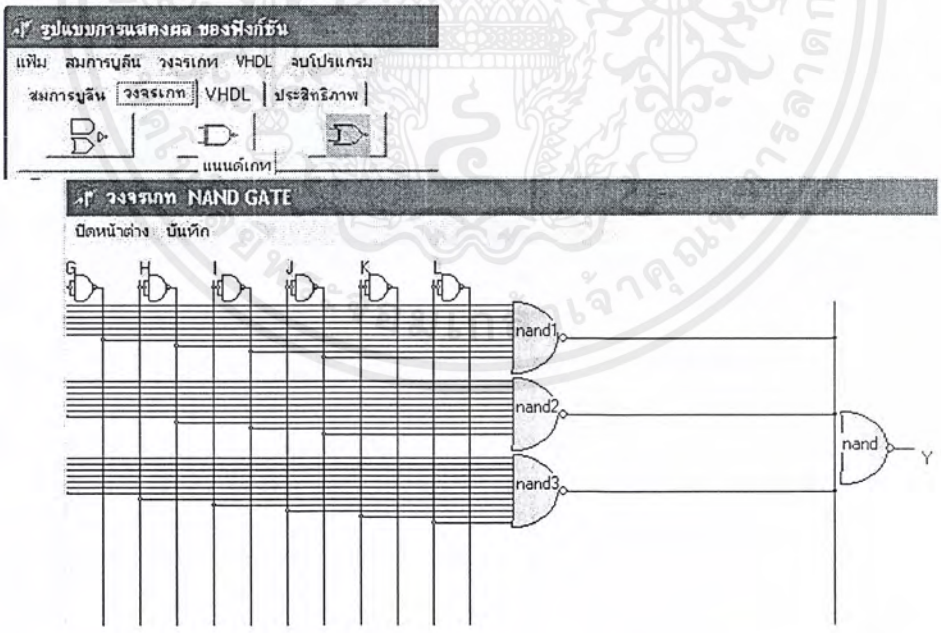
รูปที่ 4.53 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน แม็กเทอม "

ขั้นที่ 4 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "วงจรเกท" จะปรากฏหน้าต่าง " วงจรเกท " ให้เลือกการแสดงผล ระหว่าง วงจรรวม , แนนด์เกท หรือ นอร์เกท ดังรูปที่ 4.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

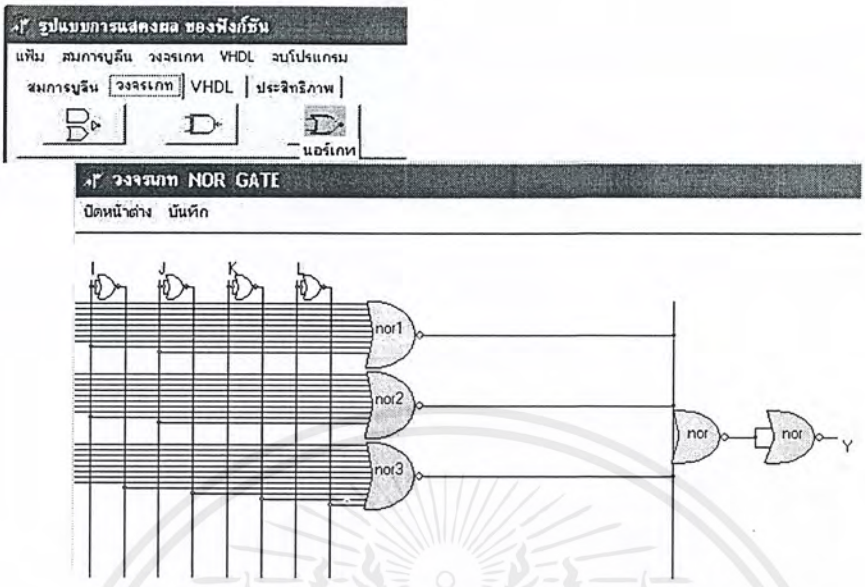


รูปที่ 4.54 (ก) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "วงจรรวม"



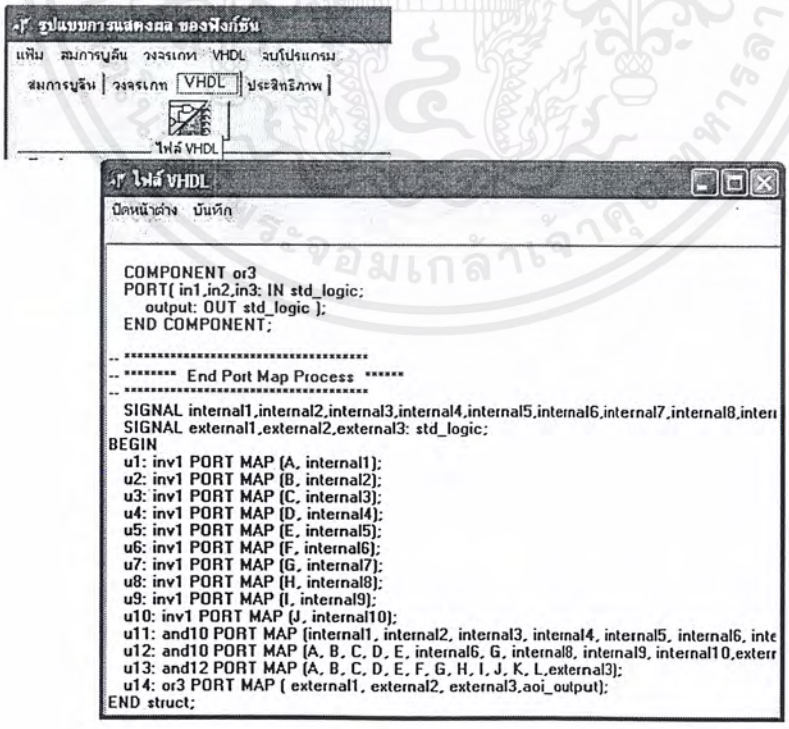
รูปที่ 4.54 (ข) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "แนนด์เกท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.54 (ค) หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง "นอร์เกท"

ขั้นที่ 5 จากหน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" กดที่เลือก "VHDL" จะปรากฏหน้าต่าง " VHDL " ให้เลือกการแสดงผล ดังรูปที่ 4.55



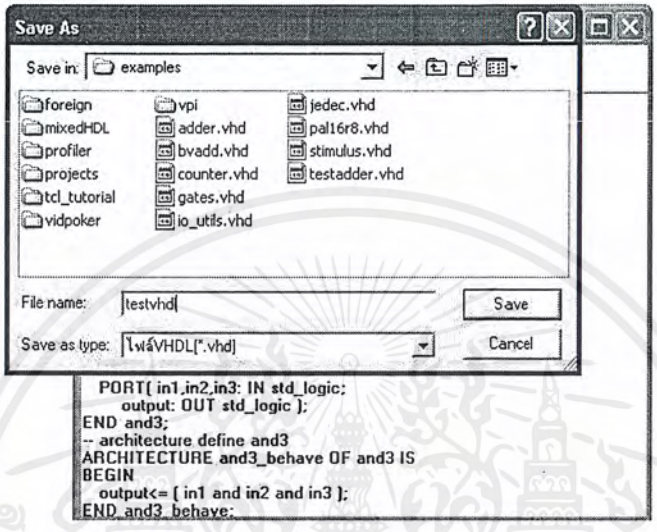
รูปที่ 4.55 หน้าต่าง "รูปแบบการแสดงผลของฟังก์ชัน" และหน้าต่าง " VHDL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 การทดลอง VHDL

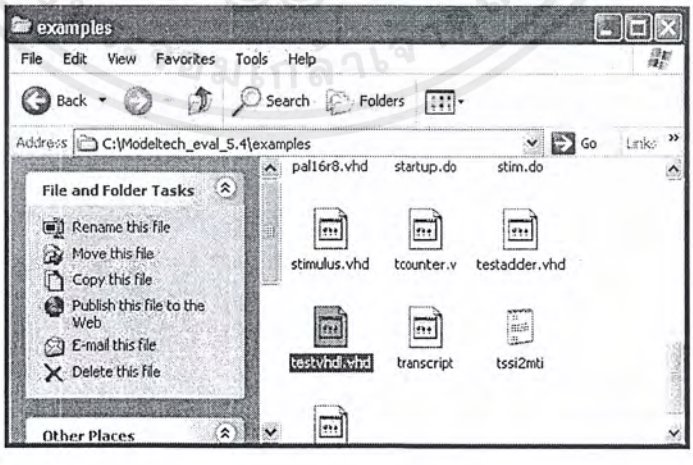
ไฟล์ VHDL จากเทอมของฟังก์ชัน คือ

$$F(A,B,C,D) = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$



รูปที่ 4.56 รูปแบบการบันทึกไฟล์ VHDL

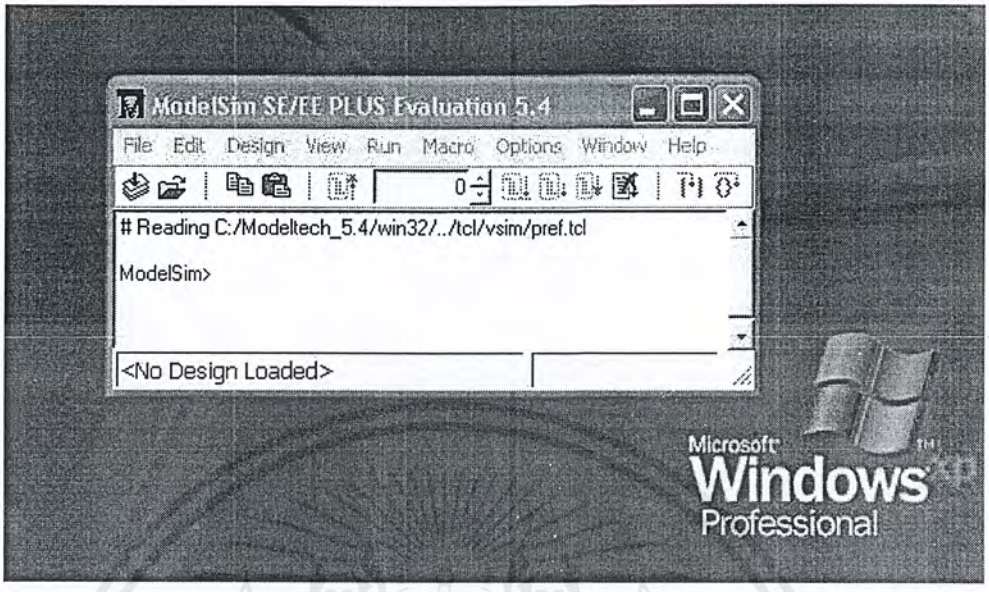
การทดสอบไฟล์ VHDL โดยใช้โปรแกรม ModelSim SE/EE PLUS Evaluation 5.4 ซึ่งใช้ในการทดสอบการทำงานของไฟล์ VHDL จากรูปเป็นการบันทึกไฟล์ ในแบบ VHDL โดยต้องระบุปลายทางที่ C:\Modeltech_eval_5.4\examples



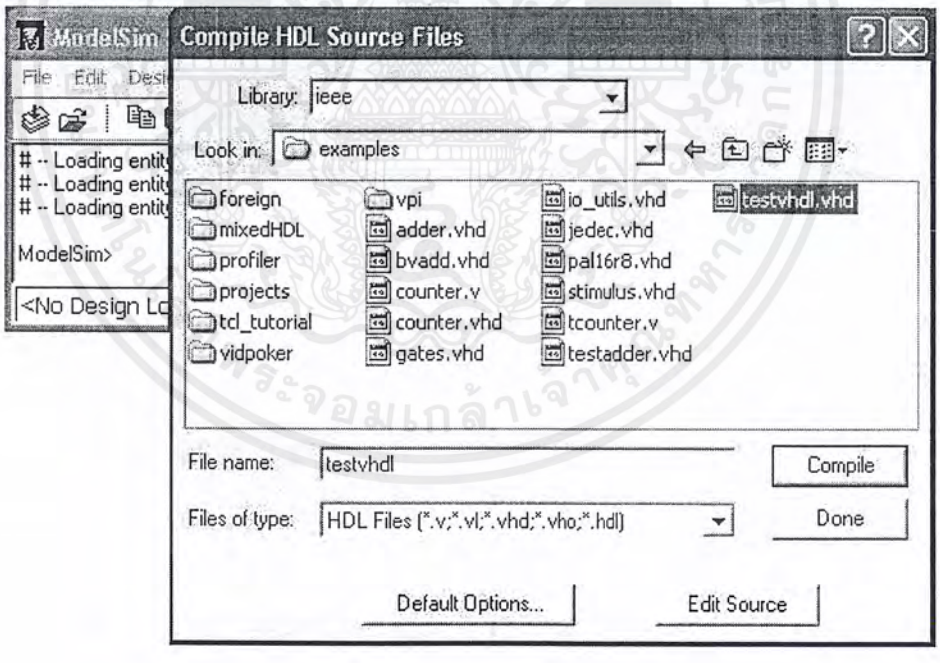
รูปที่ 4.57 รูปแบบของไฟล์ VHDL

รูปแบบของไฟล์ VHDL หลังการบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



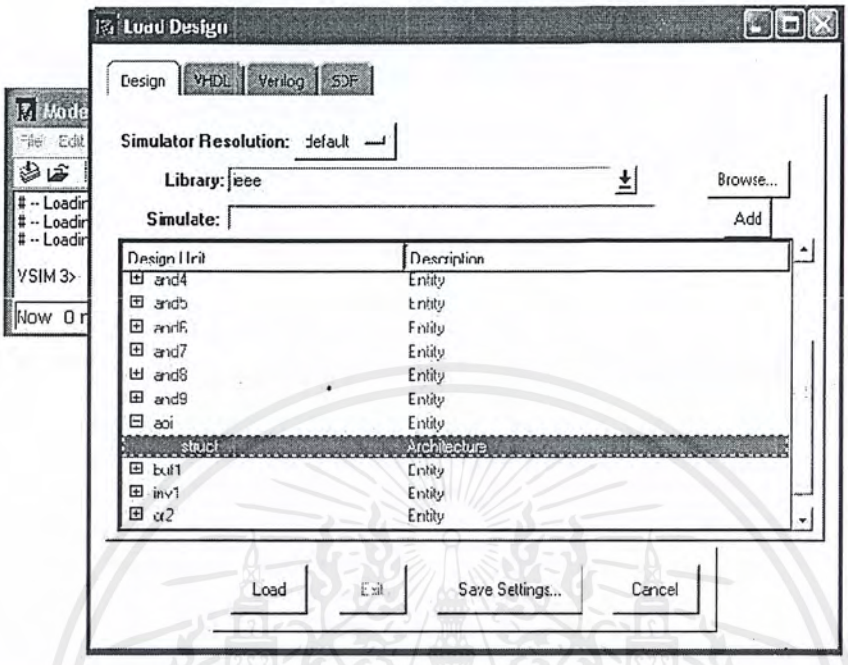
รูปที่ 4.58 รูปแบบของโปรแกรม ModelSim SE/EE PLUS Evaluation 5.4



รูปที่ 4.59 การ complie ไฟล์ VHDL

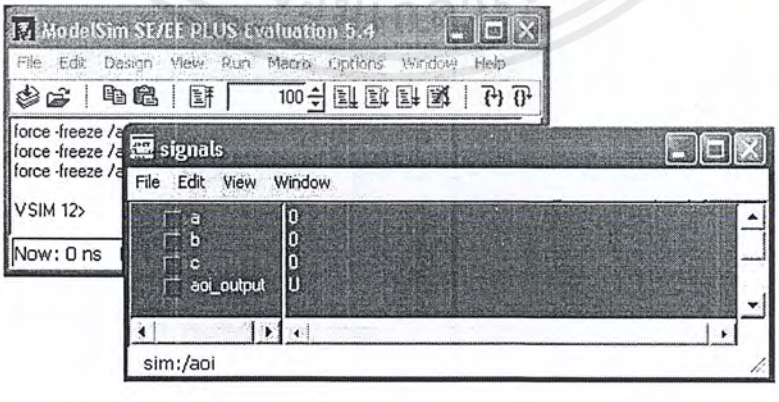
การทดสอบการทำงานของไฟล์ VHDL คือทำการเปิดโปรแกรม ทดสอบขึ้นมาทำการ complie file VHDL โดยเลือกที่ปุ่ม Complie เลือกไฟล์ ที่ต้องการทดสอบ แล้วกดปุ่ม Complie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.60 หน้าต่างของการ Load Design

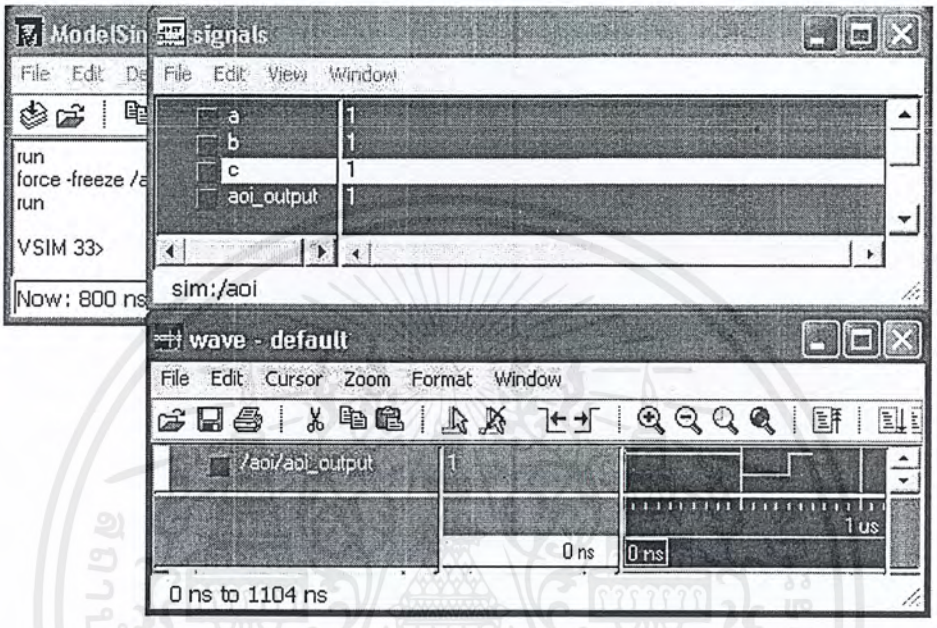
หลังจาก ทำการ Complie file VHDL จากนั้นก็ทำการ Load Design เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม โดยเลือกที่ปุ่ม Load Design ในส่วนของ Design เลือก Library: ieee ในส่วนของ Design Unit เลือกอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบ จากนั้นทำการ Load เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล และแสดงส่วนของการทดสอบการแสดงผล



รูปที่ 4.61 หน้าต่างของการตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกที่ เมนู View เลือกที่ Signals จะได้หน้าต่างของการตรวจสอบค่า โดยการป้อนอินพุท ที่ต้องการ โดยเลือกอินพุทที่ต้องการป้อนค่า แล้วเลือกที่ Edit แล้วเลือกที่ Force ป้อนค่าในส่วน ของ value การดูผลลัพธ์ โดยเลือกส่วนของเอาต์พุท แล้วเลือกที่ view \ wave \ selected signals



รูปที่ 4.62 ผลการทดสอบของโปรแกรม

ผลการทดสอบของโปรแกรมจากการป้อนอินพุททดสอบ ตั้งแต่ฟังก์ชันที่ 0 – 8 ผลลัพธ์ สามารถพิจารณาได้จาก สัญญาณลอจิกที่ เอาต์พุท และ สัญญาณคลื่นของเอาต์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากแนวความคิดที่ต้องการให้การทำงานเกี่ยวการกับการออกแบบวงจรดิจิตอล ในส่วนของการลดรูปสมการวงจรดิจิตอล มีข้อผิดพลาดในการออกแบบน้อยลง ใช้เวลาในการออกแบบสั้นลง ใช้ค่าใช้จ่ายในการออกแบบลดลง และผลลัพธ์จากการออกแบบเป็นฟังก์ชันที่ลดทอนได้มากที่สุด จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นต้นเหตุของแนวความคิดที่จะสร้างโครงงานเพื่ออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ เพื่อให้เป็นผลดีทั้งในด้านอุตสาหกรรมและ อำนวยความสะดวกด้านการศึกษา ซึ่งแนวความคิดที่กำหนดไว้คือ สามารถอำนวยความสะดวกในการลดรูปสมการวงจรดิจิตอล โดยโครงงานที่สร้างขึ้นนั้นสามารถลดรูปสมการให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถลดรูปได้อีก และสามารถนำสมการที่ลดรูปแล้วนั้นไปออกแบบเป็นวงจรเกทได้

จากแนวความคิดดังกล่าวจึงออกแบบโครงงานเพื่ออำนวยความสะดวกในรายละเอียดดังกล่าวโดยโครงงานเป็นไปในรูปของโปรแกรมซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้กับแนวความคิดดังกล่าว ซึ่งรูปแบบในการลดรูปของสมการวงจรดิจิตอลนั้นได้เลือกวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้ เพราะจากรูปแบบหลักการของวิธีการลดรูปของ ควิน แม็กคลูสกี้ นั้นสามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้ง่ายกว่าแบบอื่น ลักษณะของการสร้างโครงงานโดยใช้โปรแกรม Delphi ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถอำนวยความสะดวกในด้านการสร้างส่วนที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้งาน หรือเป็นไปในลักษณะของ วัตถุ (Object) ซึ่งรูปแบบของภาษาที่ใช้คือภาษา ปาสคาล ซึ่งเป็นภาษาระดับสูงสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและมีรูปแบบในการเขียนที่ง่ายต่อการตรวจสอบ

ในส่วนของโครงงานจะแบ่งเป็นส่วนหลักๆ 4 ส่วน คือ ส่วนแรกคือส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการ และตรวจสอบเกี่ยวกับข้อมูล ส่วนที่สามจะเป็นส่วนสำคัญของโครงงานคือส่วนที่ใช้ในการลดรูปสมการ ในส่วนที่ สี่เป็นส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถอธิบายในส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) จะเป็นรูปแบบของโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อติดต่อใช้งานกับผู้ใช้ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโปรแกรมซึ่งอยู่ในรูปแบบของ วัตถุ ซึ่งสามารถ กำหนดคุณสมบัติบางอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ส่วนที่ใช้ในการจัดการ ตรวจสอบเกี่ยวกับข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป จะเป็นในส่วนการทำงานที่รับข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบทางโปรแกรมเพื่อหารูปแบบที่เป็นมาตรฐานของข้อมูลในส่วนนี้การทำงานเมื่อเสร็จสิ้นจะต้องเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำเพื่อรอในส่วนต่อไป

ส่วนที่ 3 ส่วนที่ใช้ในการลดรูปสมการ ถือเป็นหัวใจสำคัญของโครงงานนี้ โดยการทำงานของส่วนนี้จะเป็นการรับข้อมูลเข้ามาเป็นเทอมของฟังก์ชันแล้วนำมาเข้าขบวนการลดรูปตามขั้นตอนของ ควิน แม็กคลูสกี้ โดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาล ในการสร้างขั้นตอนในส่วนต่างๆของการลดรูปขึ้นมา โดยเริ่มตั้งแต่การจับคู่เพื่อหาเทอมที่สามารถรวมตัวกันได้ สุดท้ายเทอมที่เหลือหลังจากการจับคู่หรือเทอมที่ไม่สามารถรวมกับเทอมอื่น ได้อีกแล้วจะได้เป็น PI จากนั้นจะนำเทอมของ PI ไปลงในตารางใหม่เพื่อหา EPI และ หา PI ที่ครอบคลุมมินเทอมได้ทุกตัวและเป็นเทอมที่ลดรูปได้มากที่สุด จากนั้นจะเก็บค่าของเทอมที่เป็น EPI และ PI ที่ได้ทำการเลือกไว้แล้ว เข้าในตารางใหม่เพื่อนำไปใช้ในส่วนแสดงผลต่อไป

ในส่วนที่ 4 คือส่วนของการแสดงผล คือจากค่าของ EPI และ PI ที่ได้เลือกและกำหนดลงในตารางใหม่แล้วก็นำค่าที่อยู่ในตารางใหม่นี้มาหาสมาชิกของเทอมเหล่านี้ว่ามีสมาชิกที่ไม่โดนลดรูปไปกี่ตัวก็นำสมาชิกเหล่านั้นมาหาตำแหน่งเพื่อที่จะแปลงเป็นสมการบูลีนออกมาทำเช่นนี้ทุกเทอมจนครบ ในส่วนของวงจรเกทก็มีลักษณะคล้ายกันคือ หาสมาชิกของเทอมว่าเกิดจากสมาชิกตัวใดถ้าสมาชิกตัวใดถูกลดรูปไปก็ไม่ต้องแสดงในส่วนตัวแปรนั้นออกมาหากมีมากกว่า 2 เทอมก็ต้องสร้าง ออร์เกทขึ้นมาด้วย ในส่วนของการแปลงเป็น ไฟล์ VHDL ก็จะทำการเขียนในส่วนของการกำหนดรูปแบบของการทำงานแต่ละตัวเท่ากับจำนวนสูงสุดที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงทำการเช็คว่าเทอมของสมาชิกประกอบด้วยตัวใดบ้างหากเป็นนอทเกทก็ต้องสร้างนอทเกทขึ้นมาสำหรับตัวนั้นในตอนสุดท้ายจะเป็นการรวมอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกันเพื่อให้โปรแกรมสามารถอธิบายการทำงานของฮาร์ดแวร์ได้สมบูรณ์

จากโปรแกรมดังกล่าวสามารถสรุปการทำงานและขอบเขตการใช้งานของโครงงานอย่างสรุปได้เป็นดังนี้

โปรแกรมลดรูปสมการบูลีน ด้วยวิธีของ ควิน แม็กคลูสกี้ เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ในการลดรูปสมการบูลีนที่สามารถใช้ในวงจรดิจิตอล ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับโปรแกรมที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยโปรแกรมมีรายละเอียดในการทำงานดังนี้คือ สามารถรูปสมการวงจรดิจิตอลได้ 2 –12 ตัวแปร โดยผลการทำงานของโปรแกรมจะสามารถแสดงผลให้อยู่ในรูปของสมการบูลีนซึ่งได้ทำการลดรูปแล้ว แบบ ผลบวกของผลคูณ และ ผลคูณของผลบวก ได้ และยังสามารถแสดงผลจากสมการที่ได้ให้อยู่ในรูปวงจรเกทได้ โดยสามารถเลือกรูปแบบของวงจรได้ 3 รูปแบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรวม ที่ประกอบด้วย แอนด์เกท , ออร์เกท และ นอทเกท หรือ วงจรแนนด์เกท อย่างเดียว และ

วงจรนอร์เกทอย่างเดียวซึ่งรูปทุกรูปสามารถบันทึกเก็บไว้ได้ นอกจากนั้นยังสามารถนำสมการที่ได้มาแปลงในรูปแบบของไฟล์ VHDL ซึ่งสามารถใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรมได้

5.2 ปัญหา

5.2.1 รูปแบบของภาษา ปาสคาล ในการกำหนดตัวแปรเพื่อใช้เก็บค่าเทอมของเทอม ที่สามารถ รวมตัวกันได้ โดยใช้รูปแบบของเซต ไม่สามารถคลอบคลุมได้ถึง 12 ตัวแปรคือ ตั้งแต่เทอม ที่ 0 – 4095 เพราะขีดความสามารถของเซตได้แต่ 8 ตัวแปร ตั้งแต่เทอมที่ 0 – 255 เทอม เท่านั้น

การแก้ไข

ใช้รูปแบบของการเก็บตัวแปรแบบ หน่วยความจำแบบอะเรย์เข้ามาจัดการ เพื่อให้การทำงานสามารถตรวจสอบได้ง่ายมากขึ้นทั้งยังสามารถเพิ่มขนาดของตัวแปรเพิ่มได้อีกด้วย ข้อเสียของการทำงานโดยอาศัยหน่วยความจำแบบอะเรย์ คือเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวแปรมาก จะทำให้จำนวนเทอมที่กำหนดนั้นมากขึ้นตามทำให้การทำงานของโปรแกรมในการตรวจสอบหรือ ค้นหาค่า นั้นทำได้ช้า

5.2.2 การวาดวงจรเกท โดยใช้ฟังก์ชันช่วยในการวาดรูปสำหรับตัวอุปกรณ์เมื่อจำนวนตัวแปรมากๆ ทำให้รูปแบบของตัวอุปกรณ์บางตัวเปลี่ยนไป เช่น แอนด์เกท ,แนนด์เกท และนอร์เกท เป็นต้น

การแก้ไข

โดยการกำหนดค่าบวกเพิ่มจากปกติเข้าไปในลักษณะสัมพันธ์กับจำนวนตัวแปรที่รับเข้าไป ซึ่งผลที่ได้ จะเป็นไปในลักษณะบวกเพิ่มอีก 25 พิกเซลล์ ต่อการเพิ่มตัวแปรขึ้นมา 1 ค่า

5.2.3 รูปแบบของการใช้งาน ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นการรับข้อมูลแบบ ป้อนค่าเป็นตัวเลข ซึ่งในการใช้งานจะง่ายสำหรับการตรวจสอบและการประมวลผลของโปรแกรม แต่ในการใช้งานถ้าผู้ใช้ไม่เข้าใจวิธีใช้งานอาจทำให้ค่าที่ป้อนเข้าไปผิดพลาดได้

การแก้ไข

เนื่องจากการทำงานของโปรแกรมจะทำได้ง่ายหากค่าที่ป้อนเข้าไป เป็นตัวเลข ดังนั้นในการแก้ไขจึงใช้การป้องกัน การทำงานที่อาจจะผิดพลาดจากการป้อนค่าของผู้ใช้แทนโดยการตรวจสอบที่ ป้องกันไว้คือ การป้อนค่าเกิน จำนวนเทอมที่สามารถระบุได้และการป้อนค่าซ้ำของเทอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางแก้ไขและพัฒนา

โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนโดยวิธีการ ควิน แม็กคลูสกี้ ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถลดรูปสมการบูลีนได้สูงสุด 12 ตัวแปร 1 ฟังก์ชัน ซึ่งยังมีขีดจำกัดอยู่ในหลายๆ ด้าน จึงอยากจะแนะนำให้ผู้ที่นำไปพัฒนาต่อได้แก้ไขและเพิ่มเติมส่วนต่างๆดังนี้

5.3.1 ให้สามารถลดรูปสมการบูลีนให้ได้มากกว่า 1 ฟังก์ชัน

5.3.2 ให้สามารถวาดวงจรเกทได้ทั้งเกทแบบโดยระบุจำนวนอินพุตของเกทที่ใช้ได้

5.3.3 ในการวาดวงจรเกท สามารถหารูปแบบของเกทแบบอื่นๆ ที่ทำให้ประหยัดจำนวนอุปกรณ์ได้มากที่สุด

5.3.4 สามารถเพิ่มในส่วนของการทดลอง VHDL เข้าไปในโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของไฟล์ VHDL ได้

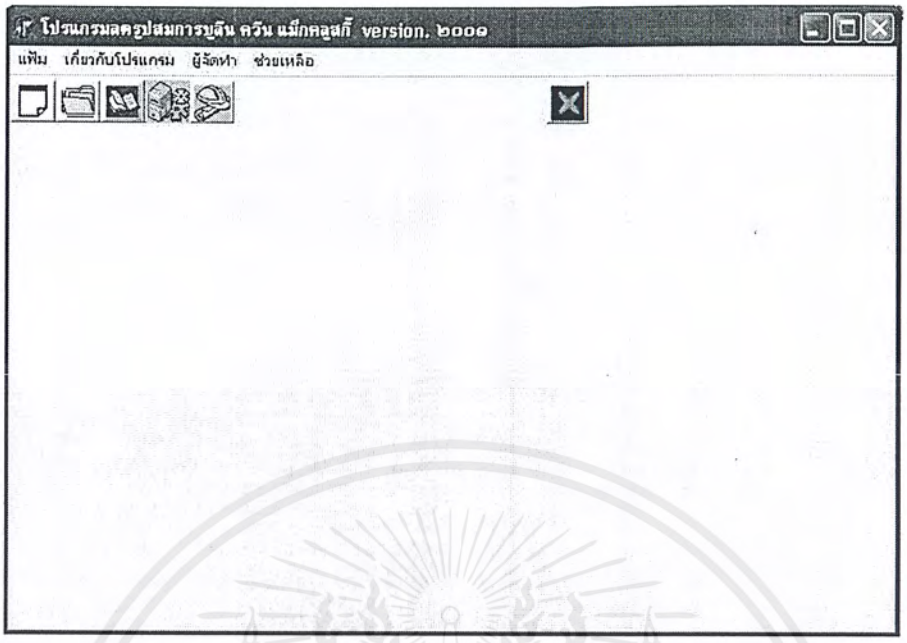
5.3.5 ในส่วนของอินพุทให้มีส่วนของการป้อนค่าแบบ “ไม่สนใจเทอมที่ป้อน (Don’t Care Term)”

5.3.6 สามารถนำวงจรเกทที่ได้จากโปรแกรมไปประมวลผลในโปรแกรม Potel ต่อเพื่อออกแบบในส่วนของลายวงจรต่อได้

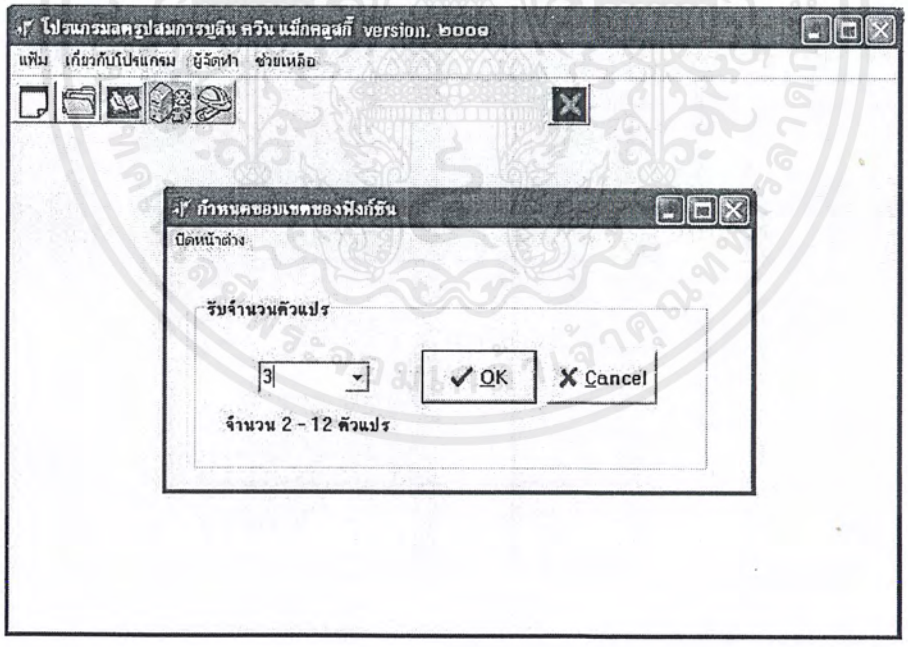
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

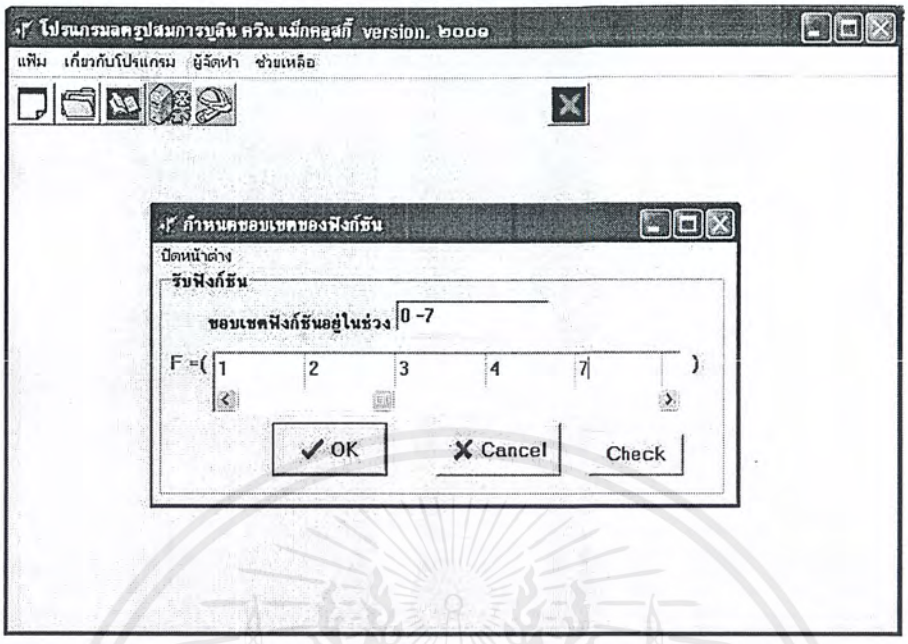


รูปที่ ก.1 หน้าต่างโปรแกรมหลัก

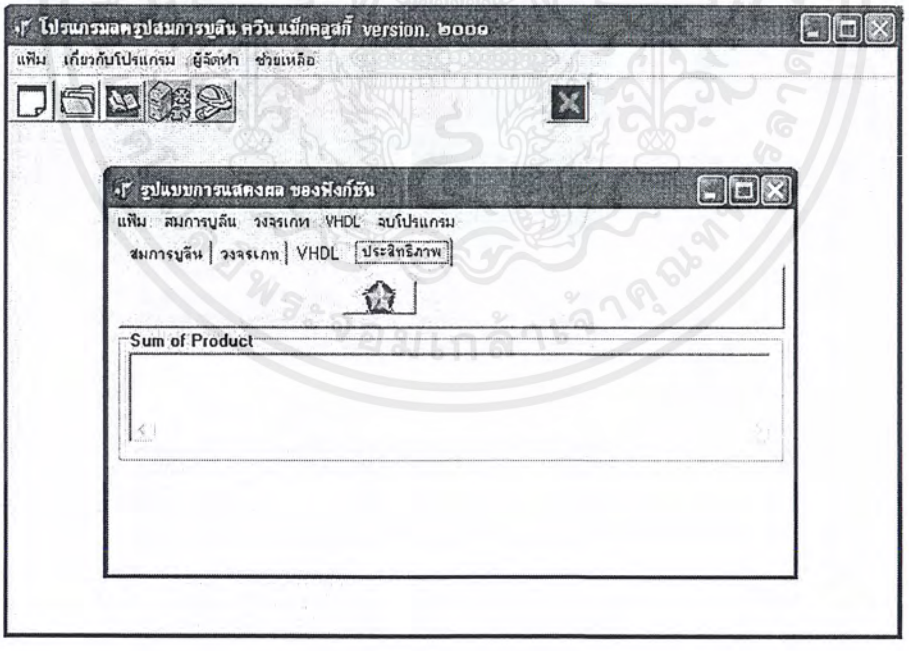


รูปที่ ก.2 หน้าต่างรับจำนวนตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

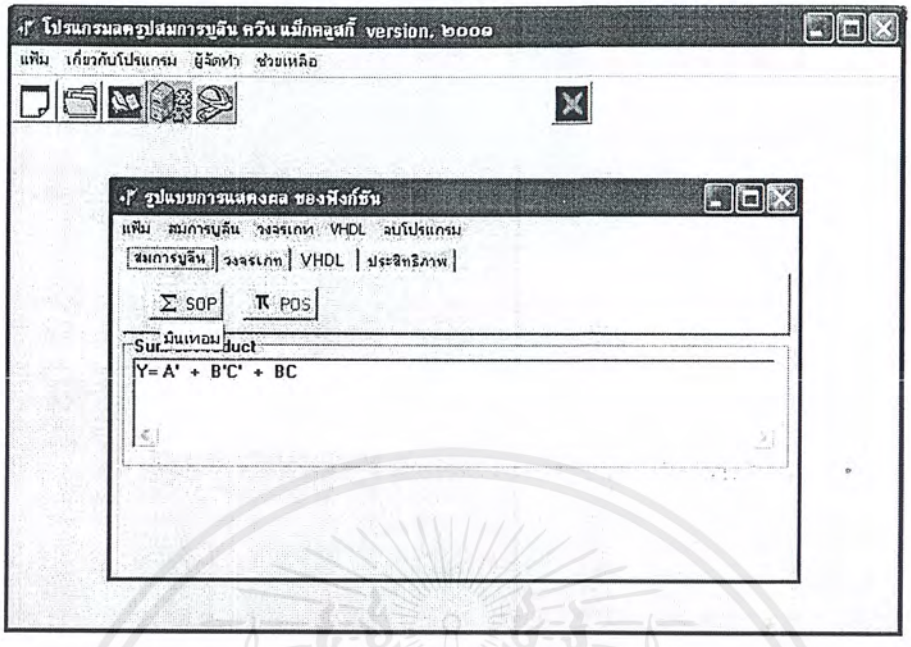


รูปที่ ก.3 หน้าต่างรับฟังก์ชัน

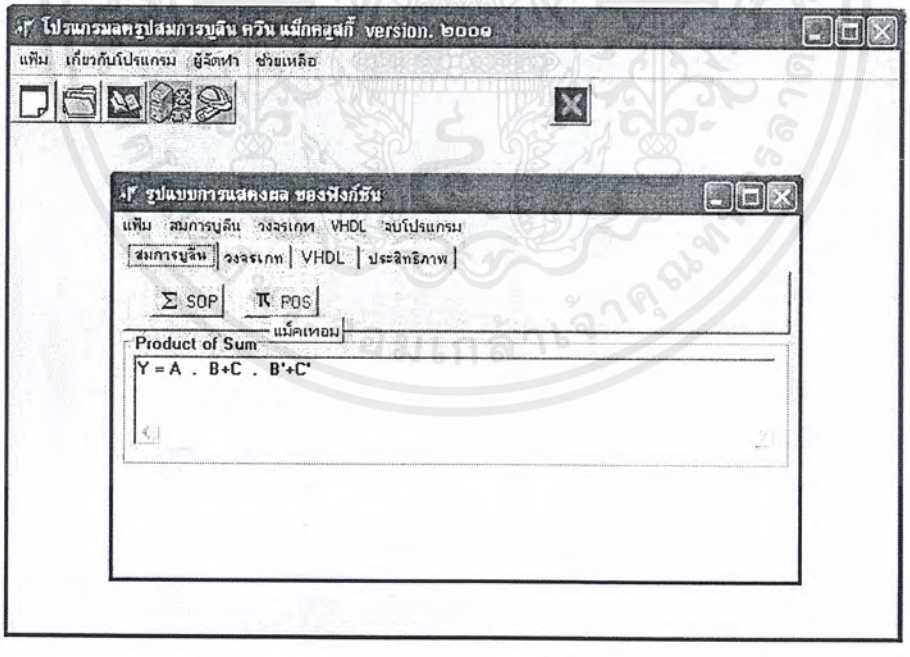


รูปที่ ก.4 หน้าต่างการแสดงผลหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

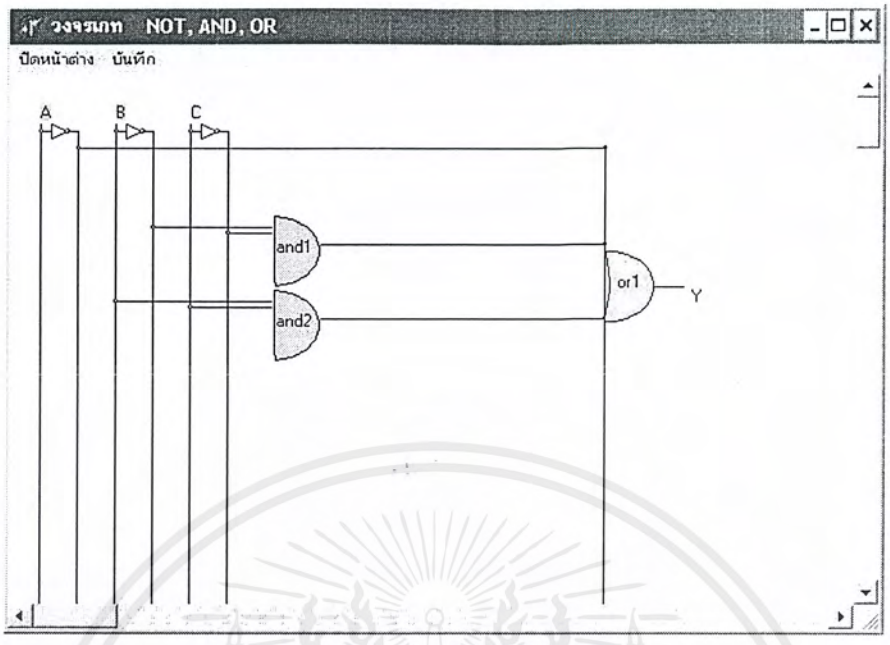


รูปที่ ก.5 สมการบูลีน มินเทอม

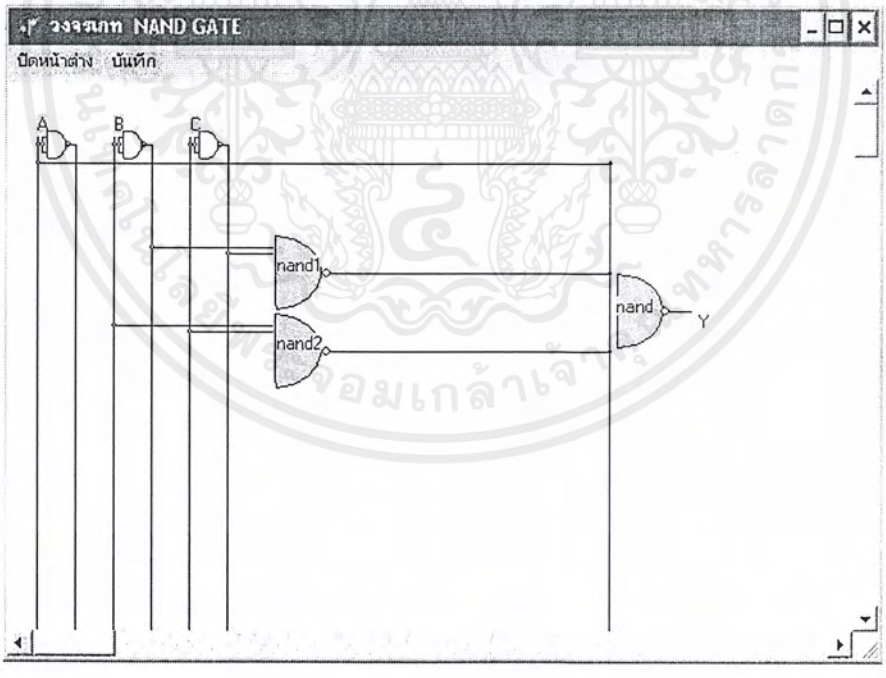


รูปที่ ก.6 สมการบูลีน แม็กเทอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

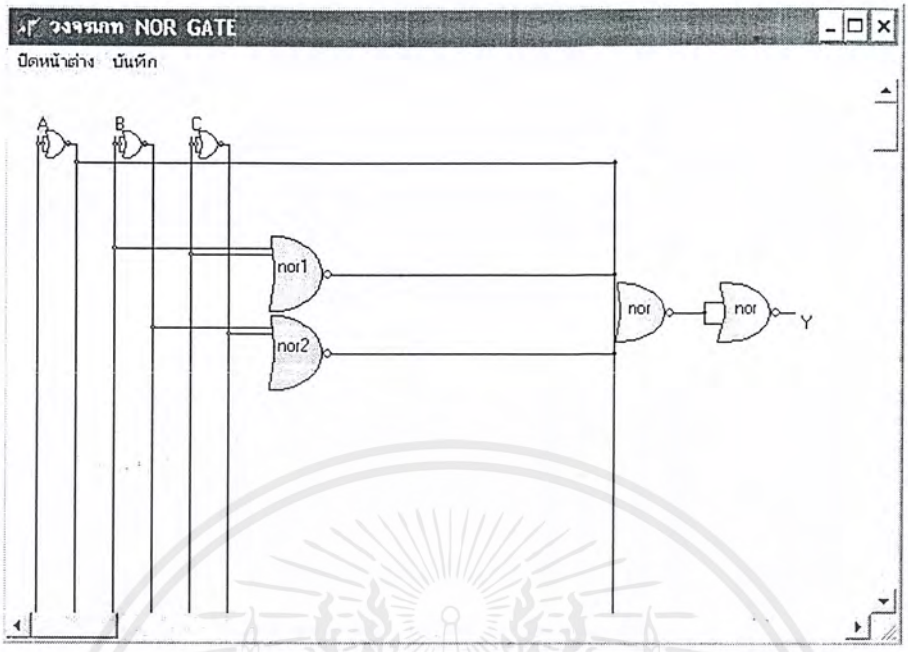


รูปที่ ก.7 วงจรเกทรวม แอนด์เกท ออร์เกท และ นอทเกท



รูปที่ ก.8 วงจรเกท แนนด์เกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



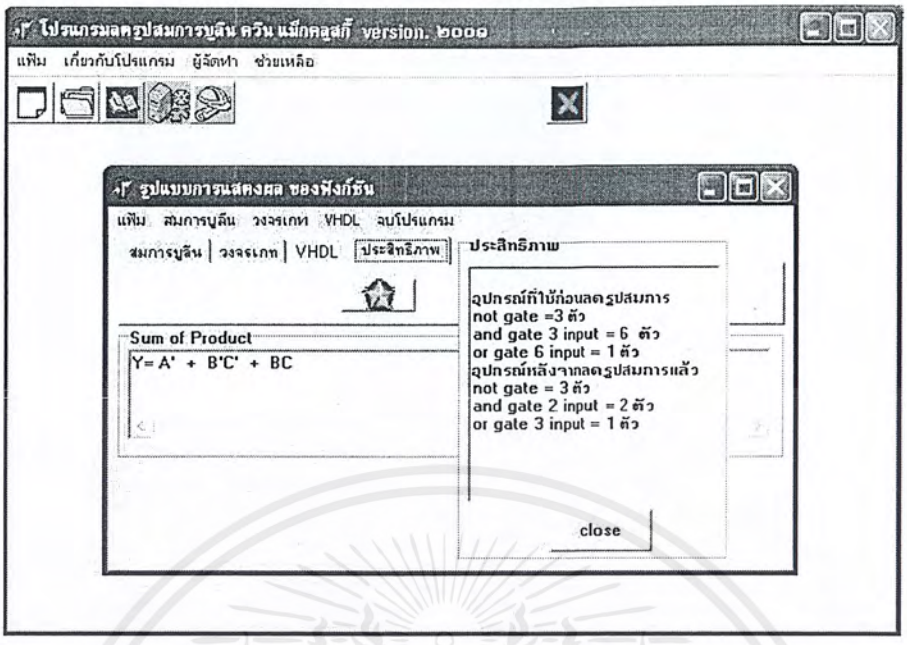
รูปที่ ก.9 วงจร นอร์เกท

ไฟล์ VHDL
ปิดหน้าต่าง บันทึก

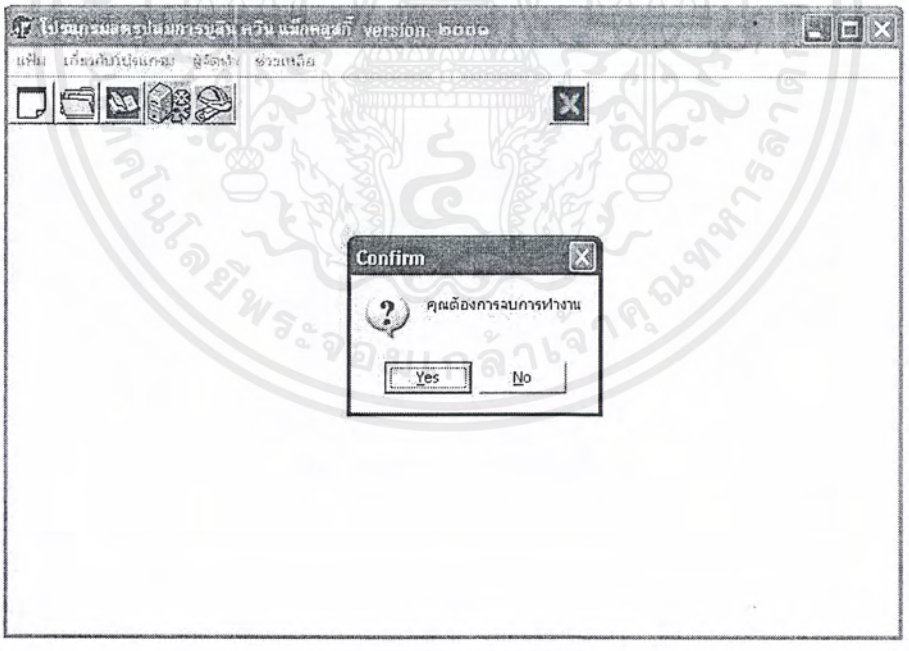
```
    output: OUT std_logic );
  END COMPONENT;

  COMPONENT inv1
  PORT( in1: IN std_logic;
    output: OUT std_logic );
  END COMPONENT;

  COMPONENT or3
  PORT( in1,in2,in3: IN std_logic;
    output: OUT std_logic );
  END COMPONENT;

-- ************************************
-- ******** End Port Map Process ******
-- ************************************
  SIGNAL internal1,internal2,internal3: std_logic;
  SIGNAL external1,external2,external3: std_logic;
BEGIN
  u1: inv1 PORT MAP (A, internal1);
  u2: buf1 PORT MAP (internal1,external1);
  u3: inv1 PORT MAP (B, internal2);
  u4: inv1 PORT MAP (C, internal3);
  u5: and2 PORT MAP (internal2, internal3,external2);
  u6: and2 PORT MAP (B, C,external3);
  u7: or3 PORT MAP ( external1, external2, external3,aoi_output);
END struct;
```

รูปที่ ก.10 รูปแบบไฟล์ VHDL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ประสิทธิภาพของการลดจำนวนอุปกรณ์



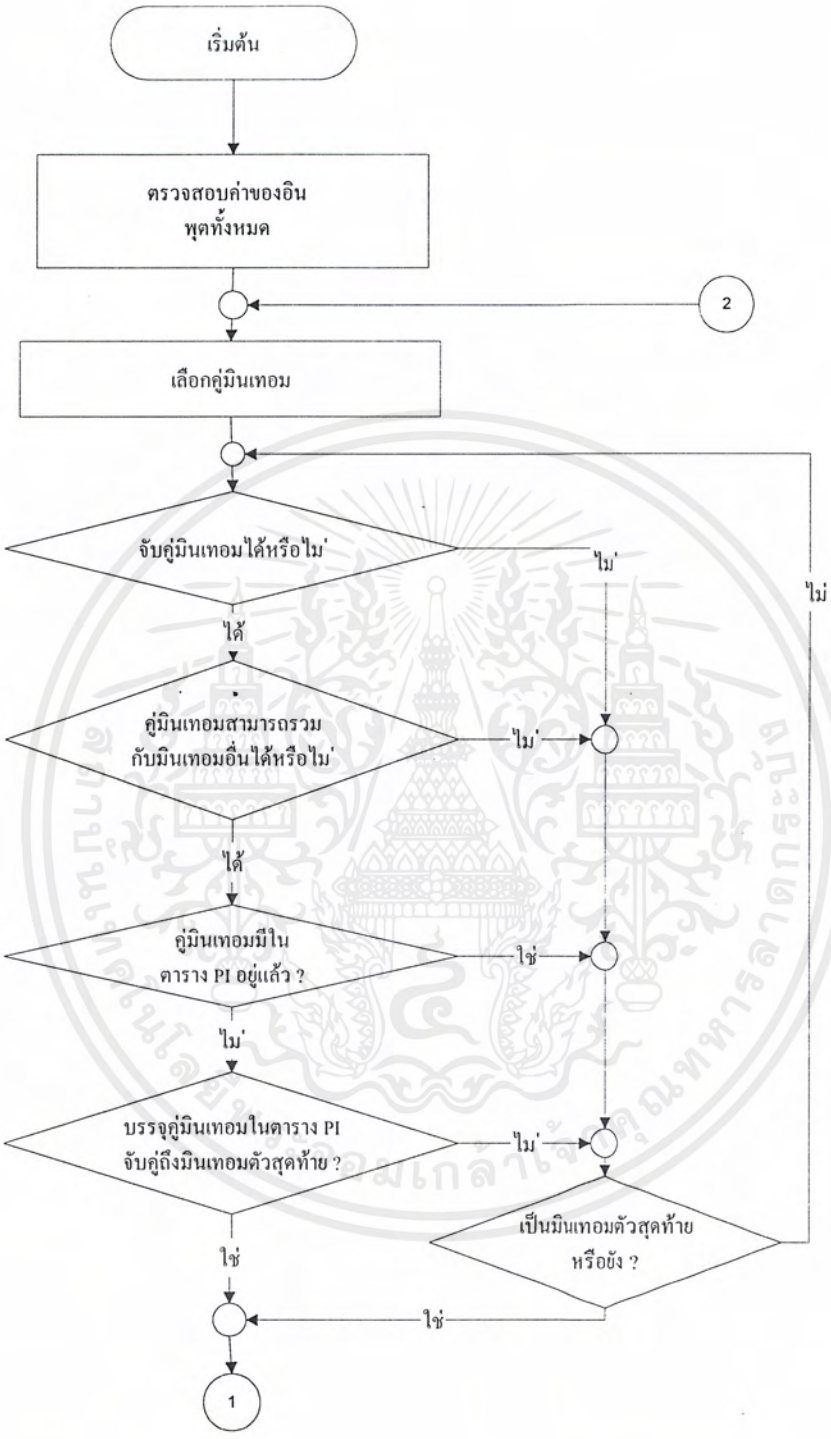
รูปที่ ก.12 ยืนยันการจบการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

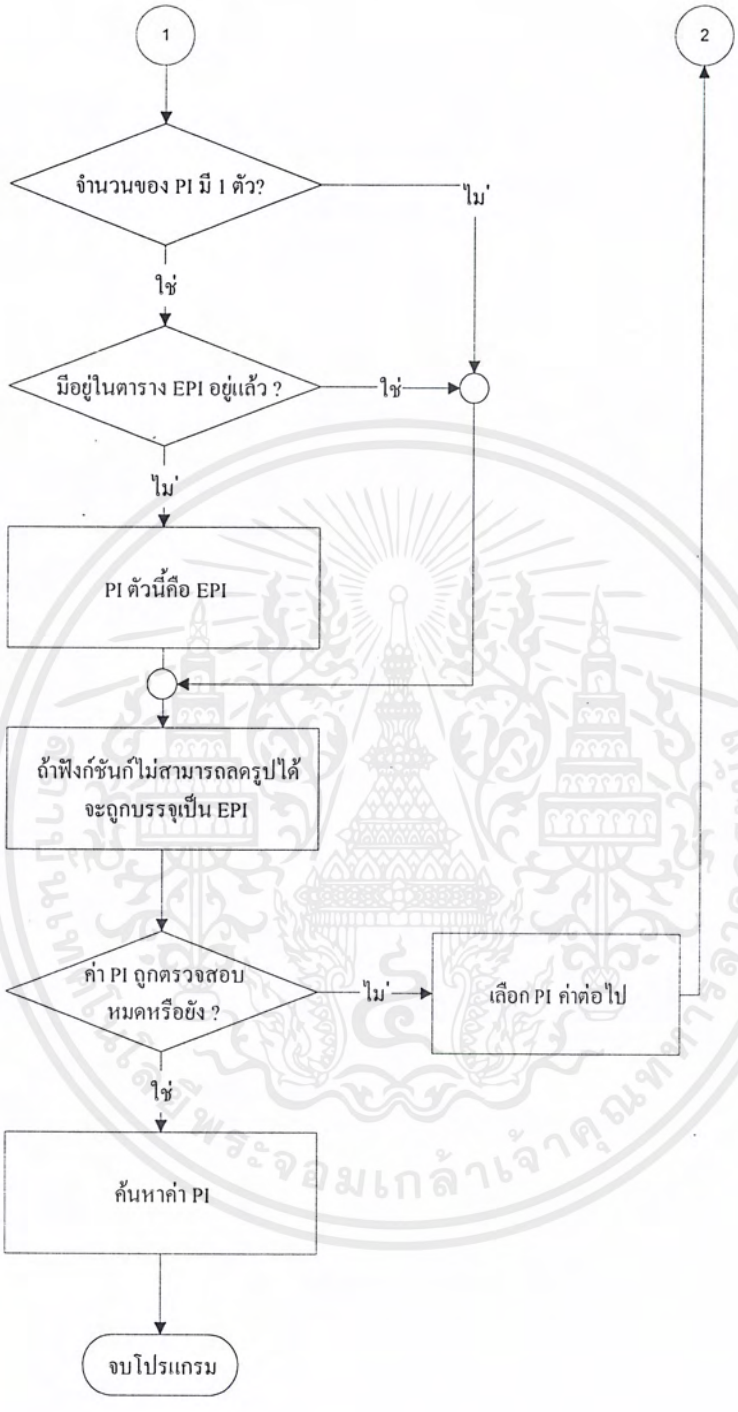
ผังงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



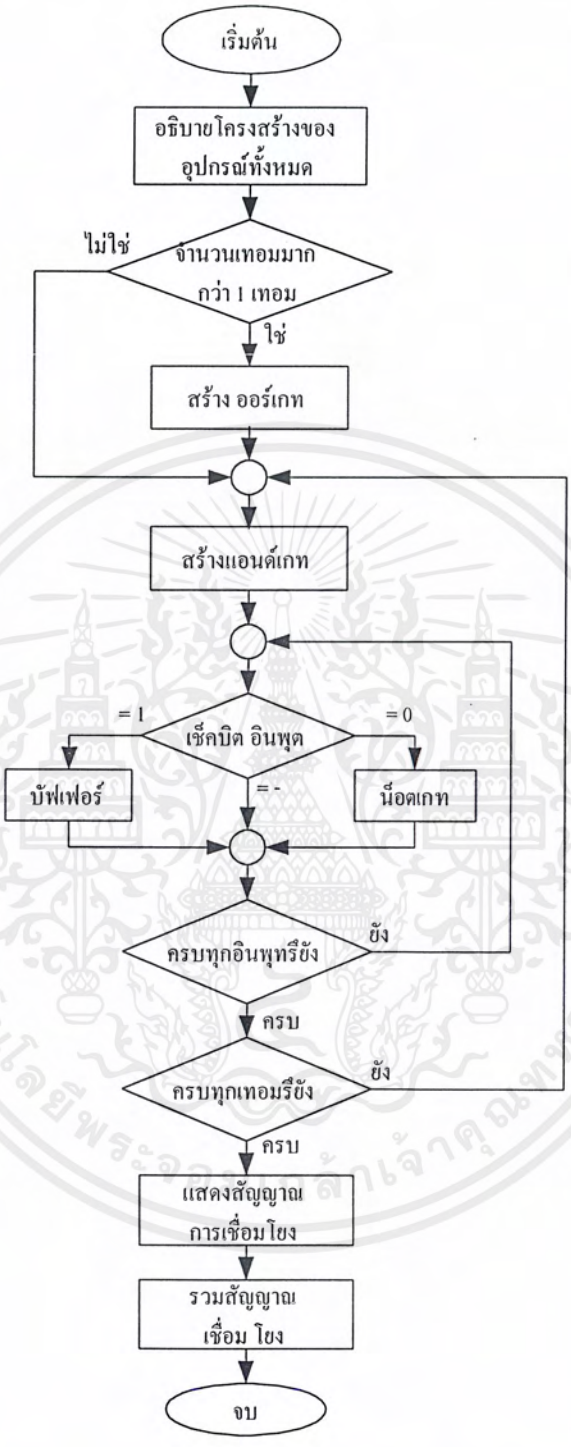
รูปที่ ข.1 ผังการลดรูปสมการบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



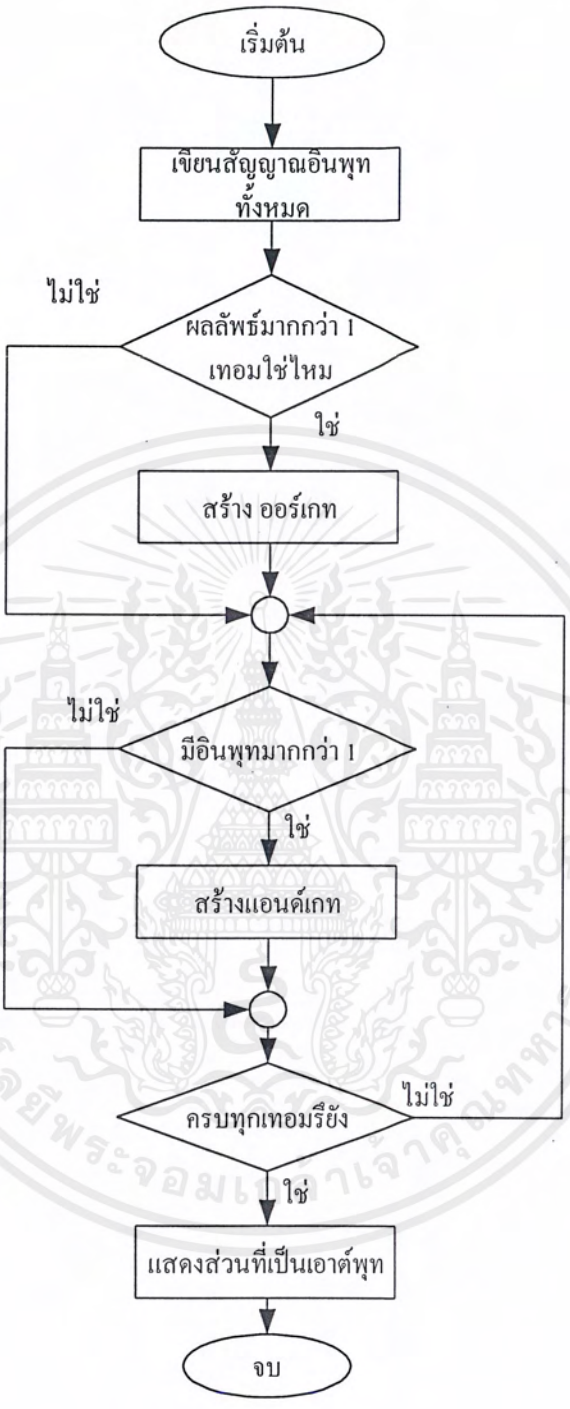
รูปที่ ข.2 ผังการลดรูปสมการบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ผังงานการแปลงเป็นไฟล์ VHDL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 ผังแปลงเป็นวงจรเกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit main;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Menus, ImgList, ExtCtrls, ComCtrls, ToolWin,
Buttons, jpeg;
type
  Tfrmmain = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    OpenDialog1: TOpenDialog;
    ImageList1: TImageList;
    ToolBar1: TToolBar;
    SpeedButton4: TSpeedButton;
    SpeedButton5: TSpeedButton;
    SpeedButton6: TSpeedButton;
    SpeedButton7: TSpeedButton;
    SpeedButton8: TSpeedButton;
    ToolButton1: TToolButton;
    ToolButton2: TToolButton;
    ToolButton3: TToolButton;
    ToolButton4: TToolButton;
    ToolButton5: TToolButton;
    ToolButton6: TToolButton;
    SpeedButton9: TSpeedButton;
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
    procedure N7Click(Sender: TObject);
    procedure N8Click(Sender: TObject);
    procedure N9Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton4Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton5Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton6Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton7Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton8Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton9Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
  var
  frmmain: Tfrmmain;
CONST
  maxClearArray = 5000;
  maxVars_ = 12;
  maxCint_ = 4095;
  maxCubes = 3000;
TYPE
  integer_ = 0..maxCint_;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  cube = RECORD  t: integer_;
                 f: integer_;
         END;
 TYPE
  integ_ = 0..maxCint_;
  epit = RECORD  t: integ_;
                 f: integ_;
         END;
TYPE
  logic = 0..2;
  Blogic = RECORD t: logic;
                  f: logic;
         END;
 VAR
 maxxSet :array[0..255]of 0..maxCint_;
TYPE
  maxSet =  0..255;
  Setopr = RECORD sa: SET OF maxSet;
  END;
VAR
  maxSett:ARRAY[0..200,0..200]OF 0..maxCint_;   //keep PI
  setepi : ARRAY[0..255]of epit;
  cubes : ARRAY[0..maxVars_,1..maxCubes] OF cube;
  covered : ARRAY[0..maxVars_,1..maxCubes] OF boolean;
  numCubes : ARRAY[0..maxVars_] OF 0..maxCubes;
  oprC : ARRAY[0..maxCint_] OF Blogic;
  m : 0..maxVars_;

abcd,total_,chk,tt,c,i,l,ck,q,Last,z,u,v,aaa,bbb,rrr,nnn,
mmm,lll,terr,temm : integer;
  j,k,p,daa : 1..maxCubes;
  tempCube : cube;
  found : boolean;
  CC  : SET OF maxSet;
  sara:array [0..12]of integer;
  sop :array [0..12]of integer;
  cop :array [0..12]of integer;
  PP,W,PPBuff : ARRAY[1..maxClearArray] OF Setopr;
  maxVars,maxCint,comado,zzz,ccbb,dcba,pop : integer;
  ChrOut : string;
  ChrOOO :  string;
  ChrOOP : string;   // new algo
  ChrOPP : string;   //new algo
  Mai:string;
  F,FBuff: TextFile;
  chkover : array[0..11] of boolean;
  chkoover : array[0..11] of boolean;
  chkloop:string;
PROCEDURE ClrArray;stdcall;
FUNCTION EqualCubes(C1,C2: cube): boolean;stdcall;
FUNCTION Combinable(C1,C2: cube): boolean;stdcall;
FUNCTION powC(c : integer): integer;stdcall;
PROCEDURE ProcessCover;stdcall;
PROCEDURE ShowSet;stdcall;
PROCEDURE Cover_;stdcall;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE FindPI;stdcall;
PROCEDURE SRCVHDL;stdcall;
Procedure ExpressionProc;stdcall;
Procedure CircuitProc;stdcall;

implementation
uses int,showo,shown,selc,vhdll,andd,nand,nor;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmmain.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
 ClrArray;
 frmmain.WindowState:=wsmaximized;
 frmint.Show;
 frmint.comboBox1.text:='';
 frmint.StringGrid1.TabOrder:=0;
 frmint.Groupbox1.enabled:=true;
 frmint.Groupbox2.Visible:=false;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
var conf_ : integer;
begin
   conf_:=messagedlg('คุณต้องการจบการทำงาน',mtconfirmation,
[mbyes,mbno],0);
if(conf_=mryes) then self.close;
end;

procedure Tfrmmain.N7Click(Sender: TObject);
begin
     frmshowo.show;
end;

procedure Tfrmmain.N8Click(Sender: TObject);
begin
   frmshowo.show;
end;

procedure Tfrmmain.N9Click(Sender: TObject);
begin
frmshown.show;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
 var
    jp: TJpegImage;
    Myexp : textfile;
    aline : string[80];
    amt   : integer;
begin
  if OpenDialog1.Execute then
  begin
     if OpenDialog1.FilterIndex=1 then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
    ////////////////////////
  ClrArray;
      amt:=0;CC:=[];numCubes[0]:=0;
      with frmmain do
      begin
        AssignFile(Myexp, opendialog1.FileName);
        Reset(Myexp);
        readln(Myexp,aline);
        maxVars:=strtoint(aline);// maxVars
        maxCint := powC(maxVars)-1;
        while not eof(Myexp) do
        begin
         readln(Myexp,aline);
         amt:=amt+1;
         Cubes[0,amt].t:=strtoint(aline);
         Cubes[0,amt].f:=maxCint-Cubes[0,amt].t;
         covered[0,amt]:=false;
         CC:=CC+[cubes[0,amt].t];
        end;
        numCubes[0]:=amt;
        closefile(Myexp);
//   showmessage(inttostr(maxvars));
  FindPI;
  Cover_;
  ExpressionProc;
  CircuitProc;
//   Form3.Close;
  frmmain.WindowState:=wsmaximized;
  frmselc.showmodal;
      end;
    ////////////////////////
    end
    else if OpenDialog1.FilterIndex=2 then
    begin
       frmselc.Memo1.lines.Delete(0);
       frmselc.Memo2.lines.Delete(0);
 with frmmain do
 begin
    AssignFile(Myexp, opendialog1.FileName);
    Reset(Myexp);
    readln(Myexp,ChrOut,ChrOOO);
    frmselc.memo1.Lines.Add('Y= '+ChrOut);
    frmselc.memo2.Lines.Add('Y= '+ChrOOO);
    closefile(Myexp);
    frmselc.ShowModal;
    end;
    end
    else if OpenDialog1.FilterIndex=3 then
    begin
        frmandd.ShowModal;
        jp := TJpegImage.Create;
        try
        with jp do
        begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Assign(frmandd.Image1.Picture.Bitmap);
            frmandd.image1.picture.LoadFromFile
            (opendialog1.FileName);
        end;
        finally
        jp.Free;
        end;
    end
    else if OpenDialog1.FilterIndex=4 then
    begin
    end;
  end;
end;

PROCEDURE SRCVHDL;
var

jj_,lll_,ll_,ff,z,z_,no,aa,u,mm,nnn,v,c,chkOne,datarun,no
_signal,dd,count_ : integer;
    StrPort : set of 'A'..'L';
BEGIN
//////////
   AssignFile(F, 'temppVHD.vhd');
   Rewrite(F);
   abcd:=0;
   for mm:=1 to q DO
   BEGIN
       // number of and gate
       if ((setepi[mm-1].t)+(setepi[mm-1].f))<>0 then
       abcd:=abcd+1;;
   END;
  no_signal:=0;dd:=1;jj_:=1;
     for no:=2 to 12 do
     begin
          Writeln(F,'');
          Writeln(F, 'LIBRARY IEEE;');
          Writeln(F, 'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
          Writeln(F,'ENTITY and',no,' IS');
          Write(F,'   PORT( ');
          aa:=1;
          while aa<no do
          begin
             Write(F,'in',aa,',');
             aa:=aa+1;
          end;
          Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
          Writeln(F,'       output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'END and',no,';');
          Writeln(F,'-- architecture define and',no);
          Writeln(F,'ARCHITECTURE and',no,'_behave OF
          and',no,' IS');
          Writeln(F,'BEGIN');
          Write(F,'   output<= ( ');
          aa:=1;
          while aa<no do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
           Write(F,'in',aa,' and ');
           aa:=aa+1;
        end;
        Writeln(F,'in',aa,' );');
        Writeln(F,'END and',no,'_behave;');
end;
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
        Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
        Writeln(F,'ENTITY buf1 IS');
        Writeln(F,'   PORT( in1: IN std_logic;');
        Writeln(F,'         output: OUT std_logic );');
        Writeln(F,'END buf1;');
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'-- architecture define buf1');
        Writeln(F,'ARCHITECTURE buf1_behave OF buf1
        IS');
        Writeln(F,'BEGIN');
        Writeln(F,'   output<=(in1);');
        Writeln(F,'END buf1_behave;');
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
        Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
        Writeln(F,'ENTITY inv1 IS');
        Writeln(F,'   PORT( in1: IN std_logic;');
        Writeln(F,'         output: OUT std_logic );');
        Writeln(F,'END inv1;');
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'-- architecture define inv1');
        Writeln(F,'ARCHITECTURE inv1_behave OF inv1
        IS');
        Writeln(F,'BEGIN');
        Writeln(F,'   output<=NOT(in1);');
        Writeln(F,'END inv1_behave;');
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
        Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
        Writeln(F,'ENTITY or',abcd,' IS');
        Write(F,'   PORT( ');
        aa:=1;
        while aa<abcd do
        begin
           Write(F,'in',aa,',');
           aa:=aa+1;
        end;
        Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic ;');
        Writeln(F,'       output: OUT std_logic );');
        Writeln(F,'END or',abcd,';');
        Writeln(F,'');
        Writeln(F,'-- architecture define or',abcd);
        Writeln(F,'ARCHITECTURE or',abcd,'_behave OF
        or',abcd,' IS');
        Writeln(F,'BEGIN');
        Write(F,'   output<= ( ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      aa:=1;
      while aa<abcd do
      begin
         Write(F,'in',aa,' or ');
         aa:=aa+1;
      end;
      Writeln(F,'in',aa,' );');
      Writeln(F,'END or',abcd,'_behave;');
      ////////////////////////////////////
      Writeln(F,'');
      Writeln(F,'-- ******************************');
      Writeln(F,'-- ********  Port Map Process  **');
      Writeln(F,'-- ******************************');
      Writeln(F,'LIBRARY ieee;');
      Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
      Writeln(F,'ENTITY aoi IS');
      Write(F,'PORT(');
      ////////////dangerous//////////////////////
      u:=0;v:=1;
      abcd:=0;
      for mm:=0 to q DO
      BEGIN
          // number of and gate
          if ((setepi[mm].t)+(setepi[mm].f))<>0 then
          abcd:=abcd+1;;
      END;
      /////////end dangerous//////////////////////
      ChkOne:=0;z:=0;c:=0;
      while chr(65+z)<> 'm' do
      begin
        if z<maxVars then
        begin
          WRITE(F,chr(65+z));
          c:=c+1;
          if c<= maxVars-1 then  WRITE(F,',');
        end;
      z:=z+1;
      end;
      WRITELN(F,': IN std_logic;');
      WRITELN(F,'   aoi_output: OUT std_logic );');
      WRITELN(F,'END aoi;');
      ////////////////////////////
      WRITELN(F,'ARCHITECTURE struct OF aoi IS');
for no:=2 to 12 do
 begin
      Writeln(F,'');
      Writeln(F,'   COMPONENT and',no);
      Write(F,'   PORT( ');
      aa:=1;
      while aa<no do
      begin
         Write(F,'in',aa,', ');
         aa:=aa+1;
      end;
      Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
    Writeln(F,'    END COMPONENT;');
end;
    Writeln(F,'    COMPONENT buf1');
    Writeln(F,'    PORT( in1: IN std_logic;');
    Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
    Writeln(F,'    END COMPONENT;');
    Writeln(F,'');
    Writeln(F,'    COMPONENT inv1');
    Writeln(F,'    PORT( in1: IN std_logic;');
    Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
    Writeln(F,'    END COMPONENT;');
    Writeln(F,'');
    Writeln(F,'    COMPONENT or',abcd);
    Write(F,'    PORT( ');
    aa:=1;
    while aa<abcd do
    begin
       Write(F,'in',aa,',');
       aa:=aa+1;
    end;
    Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
    Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
    Writeln(F,'    END COMPONENT;');
    Writeln(F,'');
    Writeln(F,'-- ******************************');
    Writeln(F,'-- ***  End Port Map Process*****');
    Writeln(F,'-- ******************************');
    no_signal:=no_signal+u;// total of signal
    Write(F,'    SIGNAL ');
    for aa:=1 to maxVars-1 do
    begin
        Write(F,'internal',aa);
        if aa<>no_signal then Write(F,',');
    end;
    write (F,'internal',maxVars );
    Writeln(F,': std_logic;');

    Write(F,'    SIGNAL ');
    for aa:=1 to abcd-1 do
    begin
        Write(F,'external',aa);
        if aa<>no_signal then Write(F,',');
    end;
    write(F,'external',abcd);
    Writeln(F,': std_logic;');
    Writeln(F,'BEGIN');
    ////////////////////////////
    ll_:=1;
for mm:=0 to q do
begin
  if ((setepi[mm].t)+(setepi[mm].f))<>0 then
  begin
     ff:=1;
     for c:=0 to maxVars-1 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
          if (setepi[mm].t and ff)=0 THEN
          oprC[c].t:=0
          else oprC[c].t:=1;
          if (setepi[mm].f and ff)=0 THEN
          oprC[c].f:=0
          else oprC[c].f:=1;
          ff:= ff shl 1;
        end;
        chkOne:=0;
          FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
          BEGIN
              IF (oprC[c].t=oprC[c].f)THEN
                  begin
                   oprC[c].t := 2;
                   chkOne:=chkOne+1;
                  end;
          END;
            if chkOne < maxVars-1  then
          begin
            z:=0;
            for c:=maxVars-1 downto 0 do
            begin
             if ((oprC[c].t=0) and
             (chkover[c]=false)) then
               begin
                 Writeln(F,'   u',dd,': inv1 PORT
                 MAP (',chr(65+z),', internal'
                 ,z+1,');');
                       chkover[c]:=true;
                       dd:=dd+1;
                       ll_:=ll_+1;
                end;
                  z:=z+1;
            end;
          end;
      no_signal:=0;//total leg signal and gate
      for c:=maxVars-1 downto 0 do
      begin
         if ((oprC[c].t=0) or (oprC[c].t=1)) then
         begin
            no_signal:=no_signal+1;
         end;
      end;
if (no_signal=0) then
begin
   Writeln(F,'u1: or1 PORT MAP ( 1,external1);');
end
else
  if (no_signal=1) then
  begin
    z:=0;
    for c:=maxVars-1 downto 0 do
    begin
       if oprC[c].t=0 then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            begin
              Writeln(F,'   u',dd,': inv1 PORT MAP
              (',chr(65+z),', internal',z+1,');');
              dd:=dd+1;
              Writeln(F,'   u',dd,': buf1 PORT MAP
              (','internal',z+1,',external',jj_,');');
              dd:=dd+1;
              jj_:=jj_+1;
            end;
              if oprC[c].t=1 then
              begin
                 Writeln(F,'   u',dd,': buf1 PORT MAP
                 (',chr(65+z),',external',jj_,');');
                 dd:=dd+1;
                 jj_:=jj_+1;
              end;
                 z:=z+1;
         end;
      end
      else
      if (no_signal>1) then
      begin
        Write(F,'u',dd,':and',no_signal,'PORT MAP (');
        z_:=0;aa:=1;
        lll_:=1;
        for c:=maxVars-1 downto 0 do
        begin
          if (oprC[c].t=0) then
          begin
             z_:=z_+1;
             Write(F,'internal',z_);
             if (aa<>no_signal) then Write(F,', ');
             aa:=aa+1;
          end;
          if (oprC[c].t=1) then
          begin
             Write(F,chr(65+z_));
             z_:=z_+1;
             if (aa<>no_signal) then Write(F,', ');
             aa:=aa+1;
          end;
          if (oprC[c].t=2) then z_:=z_+1;
        end;
        Write(F,',external',jj_,');');
        Writeln(F,'');dd:=dd+1;jj_:=jj_+1;
      end;
  end;
end;
begin
   Write(F,'   u',dd,': or',abcd,' PORT MAP (');
   for nnn:=1 to abcd do
   begin
      Write(F,' external',nnn,',');
   end;
      Writeln (F,'aoi_output',');');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;
            //////////////
    Writeln(F,'END struct;');
    CloseFile(F);
/////////
END;

PROCEDURE ClrArray;stdcall;
BEGIN
  {Initialize number of m-cubes at each level m.}
  CC:=[];
  FOR m:= 0 to maxVars DO numCubes[m]:=0;
  FOR l:=0 to 11 DO chkover[l]:=false;    //for  boolean
  FOR l:=0 to 11 DO chkoover[l]:=false;  //for file
  for l:=0 to 12 do sara[l]:= 0;
  for l:=0 to 12 do sop[l]:=0;
  for l:=0 to 12 do cop[l]:=0;
  for l:= 0 to 255 do
   begin
        maxxSet[l]:= 0;     //clear ROW EPI
        setepi[l].t:=0;
        setepi[l].f:=0;
   end;
  for l:=0 to 200 do
    m:=0;
  repeat
      maxSett[l,m]:=0 ;   //clear table PI
      m:=m+1;
  until m =201 ;
END;

FUNCTION EqualCubes(C1,C2: cube): boolean;
BEGIN
  EqualCubes := (C1.t = C2.t) and (C1.f = C2.f);
END;

FUNCTION Combinable(C1,C2: cube): boolean;
BEGIN
     tt := 1;chk:=0;
     FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
     BEGIN
       IF ((C1.t and tt) xor (C2.t and tt)) = 0 THEN
       oprC[c].t := 0
       ELSE oprC[c].t := 1;
       IF ((C1.f and tt) xor (C2.f and tt)) = 0 THEN
       oprC[c].f := 0
       ELSE oprC[c].f := 1;
       tt := tt shl 1;
     END;
   FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
     BEGIN
       IF (oprC[c].t and oprC[c].f)=1 THEN chk:=chk+1;
     END;
   IF chk <> 1 THEN Combinable := false
     ELSE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      BEGIN
      chk:=0;
    FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
      BEGIN
        IF (oprC[c].t = oprC[c].f) THEN BEGIN END
        ELSE chk:=chk+1;
      END;
    IF chk=0 THEN Combinable := true
      ELSE Combinable:=false;
      END;
END;

FUNCTION powC(c : integer): integer;stdcall;
BEGIN
     chk:=1;
     FOR i := 1 TO c DO chk := 2 * chk;
      powC := chk;
END;

PROCEDURE ProcessCover;
var
  two,zz,maxdata,ww,xx,no_shl,ii,jj,ss : integer;
BEGIN
{************* You number 2 **************}
 two:=0;
 for zz:=maxVars-1 downto 0 do
  begin
    if oprC[zz].t =2 then two:=two+1;
  end;
    if two=0 then
  begin
    ck:=0; jj:=0;
    for ii:= maxVars-1 downto 0 do ck:=ck+oprC[ii].t
    *powC(ii);
      while ck<>maxSett[0,jj]do jj:=jj+1;
        begin
          maxSett[q,jj]:=1;      //keep table PI
        end;
  end
  else
  begin
    maxdata:=0;
    maxdata:=powC(two);
    {****************************************}
   for ww:=0 to maxdata-1 do{posible of data which shift}
   begin
     {********* Store to buffer ************************}
     for ii:=0 to maxVars-1 do  oprC[ii].f:=oprC[ii].t;
     {************************************************}
     no_shl:=1;ii:=0;{}jj:=0;{<-scan 2 stay}
     repeat
     while oprC[jj].t<>2 do jj:=jj+1;
     //if oprC is not     found then inc 1 step
     if (ww and no_shl)=0 then oprC[jj].t:=0
     else oprC[jj].t:=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      no_shl:=no_shl shl 1;
      ii:=ii+1;                    //check complete for scan 2
      until ii=two;
     {*****************************************}
       ck:=0;  jj:=0;
       for ii:= maxVars-1 downto 0 do
           ck:=ck+oprC[ii].t*powC(ii);
       while ck<>maxSett[0,jj]do jj:=jj+1;
         begin
           maxSett[q,jj]:=1;          //keep table PI
         end;
   {********* Store to buffer ***************************}
     for ii:=0 to maxVars-1 do  oprC[ii].t:=oprC[ii].f;
   {*************************************************}
   end;
 end;
END;

PROCEDURE Cover_;stdcall;
var

oo,ll,mm,qq,rr,yy,xx,ss,vv,minrow,ii,jj,hh,chkCo,a1,a2:
integer;
   alfa,errSet : set of maxSet;
label cyclic,ovenn;
BEGIN
////////////////////////////////////////////////////////
/
   q := 1;
   terr:=0;
   comado:=aaa;
   for m:=0 to maxVars DO
   BEGIN
     FOR j:=1 TO numCubes[m] DO
     BEGIN
       IF NOT covered[m,j] THEN
       BEGIN
         tt:=1;
         for c:=0 TO maxVars-1 DO
         begin
           if ((Cubes[m,j].t and tt) = (Cubes[m,j].f and
           tt)) then oprC[c].t:=2
           else if (Cubes[m,j].t and tt) = 0 then
           oprC[c].t:=0
           else oprC[c].t:=1;
            tt := tt shl 1;
         end;
         ProcessCover;
         q:=q+1;
       END;
     END;
   END;
   q:=q-1;{****}
 ////////////////////////////////////////
// ShowSet;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//////////////// step 2 EPI Searching Process
//////////////
        for ii:=0 to aaa-1 do
            begin
            bbb:=0;
              for jj:=1 to q do
                begin
                  if maxSett[jj,ii]= 1 then bbb:=bbb+1;
                end;
                { check EPI 1 }
               if bbb=1 then
                  begin
                   for lll:=1 to q do
                    if  (maxSett[lll,ii] = 1) and
                    (bbb=1) then
                    begin
                      maxxSet[terr]:=lll ;
                      //  keep  EPI  in set
                      for yy:=0 to aaa-1 do
                      begin
                        if maxSett[lll,yy]=1 then
                        begin
                            comado:=comado-1;
                            for mmm:= 1 to q do
                            maxSett[mmm,yy]:=0;
                        end;
                      end;
                      terr:=terr+1;
                    end;
                end;
            end;
            if comado=0 then goto cyclic;
            { check EPI form PI }
      ovenn:
             temm:=0;
             for jj:=1 to q do
             begin
                 bbb:=0;
                 for ii:=0 to aaa-1 do
                 begin
                   if maxSett[jj,ii]=1 then bbb:=bbb+1;
                 end;
                 if (bbb>0)and (bbb<>0) then
                 begin
                   if bbb>temm then
                   begin
                      temm:=bbb;
                      maxxSet[terr]:=jj;
                   end;
                 end;
             end;
             for yy:=0 to aaa-1 do
             begin
                if maxSett[maxxSet[terr],yy]=1 then
                begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    comado:=comado-1;
                    for mmm:= 1 to q do
                    maxSett[mmm,yy]:=0;
                  end;
              end;
              terr:=terr+1;
              if comado<>0 then goto ovenn;
  cyclic:
////////////////////////////////////////////////////////
//
 END;

PROCEDURE ShowSet;stdcall;
var
    str : string;
    u,v : integer;
BEGIN
  for u := 1 to 12 do{row}
  begin
   str:='';
    for v:=0 to maxCint_ do{data}
    begin
      if v in W[u].sa then
      begin
         str:=str+inttostr(v)+',';
      end;
    end;
    showmessage(str);
  end;
END;

PROCEDURE FindPI;stdcall;
var
  dcba:integer;
BEGIN
dcba:=0;ccbb:=0;
  FOR m:=0 to maxVars-1 DO
    begin
    FOR j:=1 TO numCubes[m] DO
    FOR k:=j+1 TO numCubes[m] DO
      BEGIN
         IF Combinable(cubes[m,j],cubes[m,k]) THEN
         BEGIN
            covered[m,j]:=true;covered[m,k]:=true;     {
{-------------------------------------------------------}
            tt := 1;
            FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
            BEGIN
              IF ((Cubes[m,j].t and tt) and (Cubes[m,k].t
              and tt)) = 0 THEN
              oprC[c].t := 0
              ELSE oprC[c].t := 1;
              IF ((Cubes[m,j].f and tt) and (Cubes[m,k].f
              and tt)) = 0 THEN
              oprC[c].f := 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
              ELSE oprC[c].f := 1;
              tt := tt shl 1;
            END;
            tempCube.t := 0;
            tempCube.f := 0;
            FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
            BEGIN
              tempCube.t := tempCube.t+oprC[c].t*powC(c);
              tempCube.f := tempCube.f+oprC[c].f*powC(c);
            END;
{-----------------------------------------------------}
            found:=false;
            FOR p:=1 TO numCubes[m+1] DO
               IF EqualCubes(cubes[m+1,p],tempCube) THEN
               BEGIN
                  found := true;
               END;
               IF NOT found THEN
               BEGIN
                  numCubes[m+1]:=numCubes[m+1]+1;
                  cubes[m+1,numCubes[m+1]]:=tempCube;
                  covered[m+1,numCubes[m+1]]:=false;
               END;
            END;
        END;
    end;
END;

Procedure ExpressionProc;stdcall;
var
   civ,u,v,vv,pp,mm,c,g,gg,ff,kk,no_and,datarun,chkOne,
   conn,keep,xxx,yyy : integer;
label setrew;
begin
   nnn:=0;u:=0;v:=1;vv:=1;ChrOut:='';ChrOOO:='';conn:=0;
   ChrOOP:=''; ChrOPP:='';
   for mm:=1 to q DO
   BEGIN
       // number of and gate
       if maxxSet[mm-1]<>0 then nnn :=nnn+1;
   END;
    { output term of boolean 555 happy very much }
   { start no set}
      keep:=0;
      pop:=0;
      xxx:=nnn;
      for zzz:=0 to nnn do
      begin
        if maxxSet[zzz]<>0 then
        begin
         keep:= maxxSet[zzz];
         for m:=0 to maxVars do
         begin
           for j:=1 to numCubes[m] do
           begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if NOT covered[m,j] then
keep:=keep-1;
if (keep=0)and (covered[m,j]=false) then
// check Row of term EPI
   begin
      setepi[zzz].t:=Cubes[m,j].t;
      setepi[zzz].f:=Cubes[m,j].f;
      tt:=1;
      for c:=0 TO maxVars-1 DO
      begin
         if ((Cubes[m,j].t and tt) =
         (Cubes[m,j].f and tt)) then
         begin
            cop[c]:=1;
            oprC[c].t:=2;
         end
    else if (Cubes[m,j].t and tt) = 0 then
    begin
       cop[c]:=1;
       oprC[c].t:=0;
    end
    else oprC[c].t:=1;
       tt := tt shl 1;
    end;
       gg:=0;
       chkOne:=0;
       FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
       BEGIN
          IF oprC[c].t=2THEN
          begin
             chkOne:=chkOne+1;
          end;
       END;
    if chkOne=maxVars then
    ChrOOP:=ChrOOP+'1';
    if chkOne=maxVars then
    ChrOPP:=ChrOPP+'1';
    if chkOne<>maxVars then
    begin
       gg:=chkOne;
       pp:=((maxVars-1)-gg);
       //begin Product of Sum
    end;
    kk:=0;
    z:=0;
    for c:=maxVars-1 downto 0 do
    begin
      if oprC[c].t=0 then
      Begin
        ChrOPP:=ChrOPP+chr(65+z);
        if((kk<pp)and ((maxVars)<>1)) then
        begin
           ChrOPP:=ChrOPP+chr(43);
           kk:=kk+1;
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    End;
                    if oprC[c].t=1 then
                    Begin
                       ChrOPP:=ChrOPP+chr(65+z)+Chr(39);
                    if ((kk<pp) and ((maxVars)<>1)) then
                    begin
                       ChrOPP:=ChrOPP+chr(43);
                       kk:=kk+1;
                    end;
                  End;
                  z:=z+1;
                end;
                z:=0;  civ:=0;
                //begin Sum of Product
                for c:=maxVars-1 downto 0 do
                begin
                   if (oprC[c].t=0)or (oprC[c].t=1) then
                   civ:=civ+1;
                   if oprC[c].t=0 then
                   begin
                      sara[c]:=1;
                      ChrOOP:=ChrOOP+chr(65+z)+Chr(39);
                   end;
                   if oprC[c].t=1 then
                   ChrOOP:=ChrOOP+chr(65+z);
                   z:=z+1;
                end;
                if civ>1 then sop[civ]:=sop[civ]+1;
                xxx:=xxx-1;
                if ((vv <= nnn-1)and (nnn<>1)) then
                begin
                  ChrOOP:=ChrOOP+'  '+chr(43)+'  ';
                  ChrOPP:=ChrOPP+'  '+chr(46)+'  ';
                vv:=vv+1;
              end;
              if xxx =0 then goto setrew;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
     {  test no set}
  setrew:
   for c:=maxVars-1 downto 0 do
   begin
      if sara[c]= 1 then pop:=pop+1;
      if cop[c]=1 then ccbb:=ccbb+1;
   end;
end;

Procedure CircuitProc;stdcall;
var
  nnn,eee,eeee,eeeee,ccc,xxx,uuu,keep,mm,no_and,ll,c,oo,
  yy,ooo,gg,ggg,datarun,ff,xx,rr,qq,vv,ss,chkOne,no_var
  mark: integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  label setreww;
  begin
////////////////
   frmandd.Image1.canvas.Brush.Color:=clYellow;
   frmnand.Image1.canvas.Brush.Color:=clYellow;
   frmnor.Image1.canvas.Brush.Color:=clYellow;
     u:=0;nnn:=0;mark:=0;
     for mm:=1 to q DO
     BEGIN
       // number of and gate
         if maxxSet[mm-1]<>0 then nnn :=nnn+1;
     END;
     no_and:=u;{********* }
      xxx:=nnn;
//////////////////////////////
          ll:=0;
          for oo:= 0 to maxVars-1 do
          begin
               frmandd.Image1.Width:=5500;
               frmandd.Image1.Height:=3500;
               frmnand.Image1.Width:=5500;
               frmnand.Image1.Height:=3500;
               frmnor.Image1.Width:=5500;
               frmnor.Image1.Height:=3500;
               with frmandd.Image1.Canvas do
               begin
                    TextOut(20+ll,20,chr(65+oo));
                    MoveTo(20+ll,35);//line 1
                    LineTo(20+ll,1950);
                    MoveTo(20+ll,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+7,40);
                    LineTo(20+ll+7,35);
                    LineTo(20+ll+18,40);
                    MoveTo(20+ll+7,40);
                    LineTo(20+ll+7,45);
                    LineTo(20+ll+18,40);
                    MoveTo(20+ll+18,40);//not gate
                    Ellipse(20+ll+16,38,20+ll+20,42);
                    MoveTo(20+ll+18,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+25,40);
                    MoveTo(20+ll+25,40);//line 2
                    LineTo(20+ll+25,1950);
               end;
               with frmnand.Image1.Canvas do
               begin
                    TextOut(20+ll,20,chr(65+oo));
                    MoveTo(20+ll,35);//line 1
                    LineTo(20+ll,1950);
                    MoveTo(20+ll,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+3,40);
                    LineTo(20+ll+3,35);
                    LineTo(20+ll+6,35);
                    MoveTo(20+ll+3,40);
                    LineTo(20+ll+3,45);
                    LineTo(20+ll+6,45);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MoveTo(20+ll+6,31);
                    LineTo(20+ll+6,49);
                    MoveTo(20+ll+6,31);
                    LineTo(20+ll+12,31);
                    LineTo(20+ll+15,33);
                    LineTo(20+ll+18,37);
                    LineTo(20+ll+18,43);
                    LineTo(20+ll+15,47);
                    LineTo(20+ll+12,49);
                    LineTo(20+ll+6,49);//not gate
                    Ellipse(20+ll+18,38,20+ll+22,42);
                    MoveTo(20+ll+18,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+25,40);
                    MoveTo(20+ll+25,40);//line 2
                    LineTo(20+ll+25,1950);
                end;
                with frmnor.Image1.Canvas do
                begin
                   TextOut(20+ll,20,chr(65+oo));
                    MoveTo(20+ll,35);//line 1
                    LineTo(20+ll,1950);
                    MoveTo(20+ll,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+3,40);
                    LineTo(20+ll+3,35);
                    LineTo(20+ll+6,35);
                    MoveTo(20+ll+3,40);
                    LineTo(20+ll+3,45);
                    LineTo(20+ll+6,45);
                    MoveTo(20+ll+5,31);
                    LineTo(20+ll+7,40);
                    LineTo(20+ll+5,49);
                    MoveTo(20+ll+5,31);
                    LineTo(20+ll+10,31);
                    LineTo(20+ll+15,35);
                    LineTo(20+ll+18,40);
                    LineTo(20+ll+15,45);
                    LineTo(20+ll+10,49);
                    LineTo(20+ll+5,49);//not gate
                    Ellipse(20+ll+18,38,20+ll+22,42);
                    MoveTo(20+ll+18,40);//not gate
                    LineTo(20+ll+25,40);
                    MoveTo(20+ll+25,40);//line 2
                    LineTo(20+ll+25,1950);
                end;
                ll:=ll+50;
            end;
///////start for hori line ////////////////////
            nnn:=0;u:=0;v:=1;uuu:=1;ooo:=52;
            for ccc:=1 to q DO
            BEGIN
                if maxxSet[ccc-1]<>0 then nnn :=nnn+1;
            END;
        ss:=50;yy:=0;mm:=(50*maxVars)+25;
        eee:=0;eeee:=0;eeeee:=0;keep:=0;xxx:=nnn;
        for oo:=3 to maxVars do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mark := mark + 30 ;
      mark := mark+(maxVars*2);
      if maxVars>9 then
       for oo:= 0 to (maxVars-9) do mark := mark+ 20;
for zzz:=0 to nnn do
  begin
    if maxxSet[zzz]<>0 then
    begin
      keep:= maxxSet[zzz];
      for m:=0 to maxVars do
      begin
      for j:=1 to numCubes[m] do
        begin
          if NOT covered[m,j] then
          keep:=keep-1;
          if (keep=0)and(covered[m,j]=false)  then
          // check Row of term EPI
          begin
             tt:=1;
             for c:=0 TO maxVars-1 DO
             begin
               if ((Cubes[m,j].t and tt) =
               (Cubes[m,j].f and tt)) then
                oprC[c].t:=2
                else if (Cubes[m,j].t and tt) =
                0 then oprC[c].t:=0
                else oprC[c].t:=1;
                tt := tt shl 1;
             end;
             chkOne:=0;
             FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
             BEGIN
                IF oprC[c].t=2THEN
                begin
                   chkOne:=chkOne+1;
                end;
             END;
                rrr:=chkOne;
                if (chkOne<>maxVars)  then
                begin
                  xx:=20;ll:=0;
                  rr:=0;
                  qq:=4;
                  vv:=0;
                  oo:=maxVars-1;no_var:=1;
                  if (chkOne=maxVars-1)then
                  begin
                    ss:=ss+50;
                    repeat
                    if(oprC[oo].t=2) then
                    begin
                      rr:=rr+qq;
                      ll:=ll+50;
                    end;
                    if(oprC[oo].t=0) then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                begin
                  ll:=ll+25;//inc x
                  frmandd.Image1.canvas.MoveTo
                  (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                  frmandd.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
                  frmnand.Image1.canvas.MoveTo
                  (xx+ll-25,ooo+rr);//--------1
                  frmnand.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
                  frmnor.Image1.canvas.MoveTo
                  (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                  frmnor.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
{**}              ll:=ll+25;
                  rr:=rr+qq;
              end;
              if(oprC[oo].t=1) then
              begin
                  frmandd.Image1.Canvas.MoveTo
                  (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                  frmandd.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
                  frmnand.Image1.Canvas.MoveTo
                  (xx+ll+25,ooo+rr);//--------1
                  frmnand.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
                  frmnor.Image1.Canvas.MoveTo
                  (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                  frmnor.Image1.canvas.LineTo
                  ((50*maxVars)+25+225,ooo+rr);
{**}              ll:=ll+50;
                  rr:=rr+qq;
              end;
            oo:=oo-1;
            until oo<0;
        end
        else
        begin
        if (chkOne<>maxVars)then
        repeat
            if(oprC[oo].t=2) then
            begin
               rr:=rr+qq;
               ll:=ll+50;
            end;
            if(oprC[oo].t=0) then
            begin
               ll:=ll+25;//inc x
                 frmandd.Image1.canvas.MoveTo
                 (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                 frmandd.Image1.canvas.LineTo
                 ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                 frmnand.Image1.canvas.MoveTo
                 (xx+ll,ooo+rr);//--------1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        frmnand.Image1.canvas.LineTo
                        ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                        frmnor.Image1.canvas.MoveTo
                        (xx+ll-25,ooo+rr);//--------1
                        frmnor.Image1.canvas.LineTo
                        ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                        ll:=ll+25;
                        rr:=rr+qq;//inc gap of leg gate
                     end;
                     if(oprC[oo].t=1) then
                     begin
                        frmandd.Image1.Canvas.MoveTo
                        (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                        frmandd.Image1.canvas.LineTo
                        ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                        frmnand.Image1.Canvas.MoveTo
                        (xx+ll,ooo+rr);//--------1
                        frmnand.Image1.canvas.LineTo
                        ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                        frmnor.Image1.Canvas.MoveTo
                        (xx+ll+25,ooo+rr);//--------1
                        frmnor.Image1.canvas.LineTo
                        ((50*maxVars)+25,ooo+rr);
                        rr:=rr+qq;
                        ll:=ll+50;
                     end;
                     oo:=oo-1;
                  until oo<0;
               end;
               ooo:=ooo+52;
            end;{**}
if (chkOne<>maxVars) and (chkOne<>maxVars-1)then
begin
 if (chkOne<>maxVars-1)then
 begin
    with frmandd.Image1.Canvas do
    begin
        Pie(mm-30,ss,mm+32,ss+50
        ,180+mark,1000,180+mark,-1000);
        TextOut(mm+2,ss+15,'and'+inttostr(eee+1));
        MoveTo(mm+32,ss+20);  LineTo(mm+225,ss+20);
        eee:=eee+1;
      END;
      with frmnand.Image1.Canvas do
      begin
        Pie(mm-30,ss,mm+32,ss+50
        ,180+mark,1000,180+mark,-1000);
        TextOut(mm+2,ss+13,'nand'+inttostr(eeee+1));
        Ellipse(mm+32,ss+22,mm+38,ss+28);
        MoveTo(mm+38,ss+25);   LineTo(mm+225,ss+25);
        eeee:=eeee+1;
      END;
      with frmnor.Image1.Canvas do
      begin
        Pie(mm-30,ss,mm+32,ss+50
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ,10+mark,1000,10+mark,-1000);
            TextOut(mm+2,ss+13,'nor'+inttostr(eeeee+1));
            Ellipse(mm+32,ss+22,mm+38,ss+28);
            MoveTo(mm+38,ss+25);
            LineTo(mm+225,ss+25);
            eeeee:=eeeee+1;
          END;
        end;
        ss:=ss+52;yy:=yy+4;
      end;
      xxx:=xxx-1;
      if xxx =0 then goto setreww;
     end;
    end;
   end;
  end;
end;
setreww:
     nnn:=0;
     if chkOne=maxVars then
     begin
        frmandd.Image1.Canvas.TextOut(mm+200,150,'Y=1');
        frmnand.Image1.Canvas.TextOut(mm+200,150,'Y=1');
        frmnor.Image1.Canvas.TextOut(mm+200,150,'Y=1');
     end
     else if chkOne<> maxVars then
     begin
        for mm:=1 to q DO
        BEGIN
          if maxxSet[mm-1]<>0 then nnn :=nnn+1;
        END;
        xxx:=nnn;
        if (xxx > 1)and (rrr<>maxVars)and(nnn>1) then
        begin
           ss:=50;yy:=0;mm:=(50*maxVars)+25;
           begin
              with frmandd.Image1.Canvas do
              begin
                 MoveTo(mm+225,50);
                 LineTo(mm+225,1250);
                 Pie(mm+200,125,mm+260,175
                 ,200+mark,1000,200+mark,-1000);
                 TextOut(mm+235,140,'or1');
                 MoveTo(mm+260,150);
                 LineTo(mm+280,150);
                 Brush.Color:=clWhite;
                 TextOut(mm+285,150,'Y');
              end;
              with frmnand.Image1.Canvas do
              begin
                 MoveTo(mm+225,50);
                 LineTo(mm+225,1250);
                 Pie(mm+200,125,mm+262,175
                 ,400+mark,1000,400+mark,-1000);
                 TextOut(mm+230,140,'nand');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Ellipse(mm+260,147,mm+266,153);
                    MoveTo(mm+266,150);
                    LineTo(mm+280,150);
                    Brush.Color:=clWhite;
                     TextOut(mm+285,150,'Y');
                end;
                with frmnor.Image1.Canvas do
                begin
                    MoveTo(mm+225,50);
                    LineTo(mm+225,1250);
                    Pie(mm+200,130,mm+260,170
                    ,200+mark,1000,200+mark,-1000);
                    TextOut(mm+235,140,'nor');
                    Ellipse(mm+260,147,mm+266,153);
                    MoveTo(mm+266,150);
                    LineTo(mm+285,150);
                    MoveTo(mm+298,143);
                    LineTo(mm+285,143);
                    LineTo(mm+285,157);
                    LineTo(mm+298,157);
                    Pie(mm+270,130,mm+330,170
                    ,200+mark,1000,200+mark,-1000);
                    TextOut(mm+305,140,'nor');
                    Ellipse(mm+330,147,mm+336,153);
                    MoveTo(mm+336,150);
                    LineTo(mm+346,150);
                    Brush.Color:=clWhite;
                    TextOut(mm+350,150,'Y');
                 end;
              end;
           end;
        end;
////////////////
end;
////////////////////

procedure Tfrmmain.SpeedButton4Click(Sender: TObject);
begin
  ClrArray;
  frmmain.WindowState:=wsmaximized;
  frmint.Show;
  frmint.comboBox1.text:='';
  frmint.StringGrid1.TabOrder:=0;
  frmint.Groupbox1.enabled:=true;
  frmint.Groupbox2.Visible:=false;
  frmint.Groupbox3.Visible:=false;
  frmint.Groupbox4.Visible:=false;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton5Click(Sender: TObject);
var
    jp: TJpegImage;
    Myexp : textfile;
    aline : string[80];
    amt   : integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
  if OpenDialog1.Execute then
  begin
     if OpenDialog1.FilterIndex=1 then
     begin
     ////////////////////////
   ClrArray;
       amt:=0;CC:=[];numCubes[0]:=0;
       with frmmain do
       begin
         AssignFile(Myexp, opendialog1.FileName);
         Reset(Myexp);
         readln(Myexp,aline);
         maxVars:=strtoint(aline);// maxVars
         maxCint := powC(maxVars)-1;
         while not eof(Myexp) do
         begin
            readln(Myexp,aline);
            amt:=amt+1;
            Cubes[0,amt].t:=strtoint(aline);
            Cubes[0,amt].f:=maxCint-Cubes[0,amt].t;
            covered[0,amt]:=false;
            CC:=CC+[cubes[0,amt].t];
         end;
         numCubes[0]:=amt;
         closefile(Myexp);
         FindPI;
         Cover_;
         ExpressionProc;
         CircuitProc;
         frmmain.WindowState:=wsmaximized;
         frmselc.showmodal;
       end;
     end
     else if OpenDialog1.FilterIndex=2 then
     begin
        frmselc.Memo1.lines.Delete(0);
        frmselc.Memo2.lines.Delete(0);
  with frmmain do
  begin
     AssignFile(Myexp, opendialog1.FileName);
     Reset(Myexp);
     readln(Myexp,ChrOut,ChrOOO);
     frmselc.memo1.Lines.Add('Y= '+ChrOOP);
     frmselc.memo2.Lines.Add('Y= '+ChrOPP);
     closefile(Myexp);
     frmselc.ShowModal;
     end;
   end
   else if OpenDialog1.FilterIndex=3 then
   begin
       frmandd.ShowModal;
       jp := TJpegImage.Create;
       try
       with jp do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
            Assign(frmandd.Image1.Picture.Bitmap);
            frmandd.image1.picture.LoadFromFile
            (opendialog1.FileName);
        end;
        finally
        jp.Free;
      end;
    end
    else if OpenDialog1.FilterIndex=4 then
    begin
    end;
  end;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton6Click(Sender: TObject);
begin
  frmshowo.show;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton7Click(Sender: TObject);
begin
  frmshowo.show;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton8Click(Sender: TObject);
begin
  frmshown.show;
end;

procedure Tfrmmain.SpeedButton9Click(Sender: TObject);
var conf_ : integer;
begin
   conf_:=messagedlg('คุณต้องการจบการทำงาน',
   mtconfirmation,[mbyes,mbno],0);
   if(conf_=mryes) then self.close;
end;
end.


unit int;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,StdCtrls, Buttons, Grids,
  Menus;
type
  Tfrmint = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    ComboBox1: TComboBox;
    BitBtn1: TBitBtn;
    BitBtn2: TBitBtn;
    GroupBox2: TGroupBox;
    StringGrid1: TStringGrid;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    BitBtn3: TBitBtn;
    BitBtn4: TBitBtn;
    GroupBox3: TGroupBox;
    Edit1: TEdit;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Button1: TButton;
    Memo1: TMemo;
    Button2: TButton;
    Edit2: TEdit;
    Memo2: TMemo;
    Button3: TButton;
    Label6: TLabel;
    GroupBox4: TGroupBox;
    StringGrid2: TStringGrid;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Label7: TLabel;
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
    procedure N1Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
    procedure GroupBox2Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmint: Tfrmint;
implementation
uses main,selc,vhdll,andd,nand,nor;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmint.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var
  cc : integer;
begin
with frmmain do
   begin
     if (ComboBox1.text='')then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
         begin
            showmessage('กรอกข้อมูลด้วยครับ');
         end;
      end
      else
      if (ComboBox1.text<>'') then
        begin
          maxVars :=strtoint( frmint.ComboBox1.text);
          if (maxvars <13) and (maxvars > 1) then
          begin
              maxCint := powC(maxVars)-1;
              frmint.StringGrid1.ColCount:=maxCint+1;
              frmint.StringGrid2.ColCount:=maxCint+1;
     for cc:=0 to maxCint+1 do
     begin
        frmint.StringGrid1.cells[cc,0]:='';
        frmint.StringGrid2.cells[cc,0]:='';
     end;
     frmint.Groupbox1.enabled:=false;
     frmint.Groupbox2.Visible:=true;
     Edit1.text:='0 -'+inttostr(maxCint);
   end
   else
      begin
        comboBox1.text:= '';
        showmessage('ข้อมูลไม่อยู่ในขอบเขต');
      end;
 end;
end;
  frmint.StringGrid1.TabOrder:=0;
  frmint.StringGrid2.TabOrder:=0;
  Groupbox1.Visible:=true;
end;

procedure Tfrmint.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
  comboBox1.text:='';
  Groupbox2.Visible:=false;
end;

procedure Tfrmint.N1Click(Sender: TObject);
begin
   Groupbox1.Visible:=true;
   Groupbox2.Visible:=false;
   self.close;
end;

procedure Tfrmint.FormCreate(Sender: TObject);
begin
with frmmain do
begin
  ClrArray;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;
  Groupbox1.visible:=true;
  Groupbox2.Visible:=false;
end;

procedure Tfrmint.BitBtn4Click(Sender: TObject);
begin
   Groupbox2.Visible:=false;
   Groupbox1.enabled:=true;
   Groupbox1.Visible:=true;
end;

procedure Tfrmint.BitBtn3Click(Sender: TObject);
var

abb,abc,ab,zz,qq,nn,ll,kk,jj,mm,bb,lll,uu,yy,sss,dd,conn,
conm,con_,hh : integer;
  done,kkk : integer;
  label commp;
begin
  ////////////////////
  nn:=0;uu:=0;done:=0;yy:=0;con_:=0;qq:=0;hh:=0;
  zz:=0;conm:=0;conn:=0;
with frmmain do
begin
   for ll:=0 to maxCint+1 do
   begin
     if (frmint.StringGrid1.cells[ll,0]='') then
uu:=uu+1;
   end;
     ab:=maxCint+1;
   while (ab>=0) and (frmint.StringGrid1.cells[ab,0]='')
do
   begin
     zz:=zz+1;
     ab:=ab-1;
   end;
   for ll:=0 to maxCint+1 do
   begin
     if (frmint.StringGrid1.cells[ll,0]<>'') then
       begin
         con_:=strtoint(frmint.StringGrid1.cells[ll,0]);
         if ((con_<0)or(con_>maxCint)) then nn:=nn+1;
       end;
   end;
   begin
      jj:=0;
    for bb:=1 to maxCint+1 do
    begin
     if (frmint.StringGrid1.Cells[bb,0]<>'') then
     begin
        conn:= strtoint(frmint.StringGrid1.cells[bb,0]);
      for kk:=0 to (bb-1) do
      begin
         if (frmint.StringGrid1.Cells[kk,0]<>'')then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          begin
            conm:=strtoint(frmint.StringGrid1.cells
            [kk,0]);
            if (conm=conn) then
            begin
               jj:=jj+1;
            end;
          end;
       end;
      end;
   end;
end;
    if (nn>0) then showmessage('ค่ามินเทอมที่ป้อนต้องอยู่ในช่วง 0
ถึง '+inttostr(maxCint)+' เท่านั้น')
    else if (uu-1)=maxCint+1 then showmessage('กรุณากรอก
 ข้อมูลด้วยครับ')
    else if  (jj>0) then showmessage('มีข้อความซ้ำกัน')
    else
    begin
       with Frmmain do
       begin
        numCubes[0]:=0;dd:=0;CC:=[];aaa:=0;abc:=0;abb:=0;
        for bb:=0 to maxCint+1 do
        begin
           if (frmint.StringGrid1.cells[bb,0]<>'') then
           begin
              numCubes[0]:=numCubes[0]+1;
              cubes[0,dd+1].t:=strtoint(frmint.
              StringGrid1.cells[bb,0]);
              cubes[0,dd+1].f:=maxCint-cubes[0,dd+1].t;
              covered[0,dd+1]:=false;
              maxSett[0,dd]:=strtoint(frmint.
              StringGrid1.cells[bb,0]);
              dd:=dd+1;
              aaa:=aaa+1;
           end
           else
           begin
              abb:=abb+1;
              if abb=15 then goto commp;
           end;
        end;
     end;
commp:
   FindPI;
   Cover_;
   ExpressionProc;
   CircuitProc;
   SRCVHDL;
   frmint.Close;
   for kkk:=frmselc.memo3.Lines.Count - 1 downto 1 do
     frmselc.memo3.Lines.delete(k);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      frmselc.GroupBox3.visible:=false;
      frmselc.showmodal;
   end;
 end;
//////////////////////
frmnand.Visible:=false;
frmnor.Visible:=false;
frmvhdll.Visible:=false;
frmandd.Visible:=false;
//////////////////////
end;

procedure Tfrmint.GroupBox2Click(Sender: TObject);
begin
  with frmmain do
   begin
     ClrArray;
   end;
end;

procedure Tfrmint.Button1Click(Sender: TObject);
var
   jjj,jj,bb,kk,conm,conn,daa:integer;
 begin
   Groupbox3.visible:=true;
   Groupbox4.visible:=false;
   daa:=0;
   Mai:= 'input term =';
   for jj:=0 to maxCint+1 do
   if  (stringGrid1.cells[jj,0])<>''then
      begin
         Mai := Mai+'  ' +(stringGrid1.cells[jj,0])+'  ';
         daa:=daa+1;
      end;
   chkloop:=' ';
   jjj:=0;
   for bb:=1 to maxCint+1 do
   begin
     if (frmint.StringGrid1.Cells[bb,0]<>'') then
     begin
        conn:= strtoint(frmint.StringGrid1.cells[bb,0]);
        for kk:=0 to (bb-1) do
        begin
          if (frmint.StringGrid1.Cells[kk,0]<>'')then
          begin
             conm:=strtoint(frmint.StringGrid1.cells
[kk,0]);
             if (conm=conn) then
             begin
               jjj:=jjj+1;
               if jjj>0 then
               begin
                 chkloop:=chkloop+'  '+inttostr(conm);
               end;
             end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
          end;
        end;
      end;
      Memo1.Lines.Add(Mai);
      edit2.text:=inttostr(daa);
      Memo2.Lines.Add(chkloop);
      for bb:=0 to maxCint+1 do
      begin
         frmint.StringGrid2.cells[bb,0]:='';
      end;
end;

procedure Tfrmint.Button2Click(Sender: TObject);
var
   bdc,bac:integer;
begin
  Mai:='';
  chkloop:='';
  for bdc:=0 to 10 do
  begin
    memo1.Lines.delete(bdc);
    memo2.lines.delete(bdc);
  end;
    memo2.Lines.add(chkloop);
    groupbox3.visible:=false;
end;

procedure Tfrmint.Button4Click(Sender: TObject);
var

abb,abc,ab,zz,qq,nn,ll,kk,jj,mm,bb,lll,uu,yy,sss,dd,conn,
conm,con_,hh : integer;
  done : integer;
begin
   abc:=0;
   for bb:=0 to maxCint+1do
   begin
      frmint.StringGrid1.cells[bb,0]:='';
   end;
   for zz:= 0 to maxCint+1 do
   begin
      if(frmint.StringGrid2.cells[zz,0] <> '') then
      begin
         frmint.StringGrid1.cells[abc,0]:=
         frmint.StringGrid2.cells[zz,0];
         abc:=abc+1;
      end;
   end;
   frmint.GroupBox4.visible:=false;
   frmint.groupbox3.visible:=false;
end;

procedure Tfrmint.Button5Click(Sender: TObject);
var
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   bb,zz:integer;
begin
   for bb:= 0 to maxCint+1do
   begin
     frmint.StringGrid2.Cells[bb,0]:='';
   end;
   frmint.groupbox4.visible:=false;
end;

procedure Tfrmint.Button3Click(Sender: TObject);
var

abb,abc,ab,zz,qq,nn,ll,kk,jj,mm,bb,lll,uu,yy,sss,dd,conn,
conm,con_,hh : integer;
  done : integer;
begin
   Groupbox3.visible:=false;
   Groupbox4.visible:=true;
   nn:=0;uu:=0;done:=0;yy:=0;con_:=0;qq:=0;hh:=0;
   zz:=0;conm:=0;conn:=0;
   for ll:=0 to maxCint+1 do
   begin
     if (frmint.StringGrid1.cells[ll,0]<>'') then
        begin
          frmint.StringGrid2.cells[uu,0]:=
          (frmint.StringGrid1.cells[ll,0]);
          uu:=uu+1;
        end;
   end;
   for ll:=0 to maxCint+1 do
    begin
       if (frmint.StringGrid2.cells[ll,0]<>'') then
       begin
          con_:=strtoint(frmint.StringGrid2.cells[ll,0]);
          if ((con_<0)or(con_>maxCint)) then
          frmint.stringGrid2.cells[ll,0]:='';
       end;
   end;
   begin
      jj:=0;
      for bb:=1 to maxCint+1 do
      begin
         if (frmint.StringGrid2.Cells[bb,0]<>'') then
         begin
            conn:= strtoint(frmint.StringGrid2.cells
            [bb,0]);
            for kk:=0 to (bb-1) do
            begin
               if (frmint.StringGrid2.Cells[kk,0]<>'')
               then
               begin
                  conm:=strtoint(frmint.StringGrid2.cells
                  [kk,0]);
                  if (conm=conn) then
                  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    frmint.StringGrid2.cells[bb,0]:= '';
                  end;
                end;
              end;
            end;
          end;
    end;
  frmint.GroupBox4.visible:=true;
end;
end.

unit selc;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  Buttons, ComCtrls, Menus,
  StdCtrls;
type
  Tfrmselc = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    SOP1: TMenuItem;
    POS1: TMenuItem;
    N2: TMenuItem;
    NOTANDOR1: TMenuItem;
    NAND1: TMenuItem;
    VHDL1: TMenuItem;
    N3: TMenuItem;
    N4: TMenuItem;
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    TabSheet2: TTabSheet;
    TabSheet3: TTabSheet;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    SpeedButton2: TSpeedButton;
    SpeedButton4: TSpeedButton;
    SpeedButton5: TSpeedButton;
    SpeedButton6: TSpeedButton;
    SpeedButton7: TSpeedButton;
    N5: TMenuItem;
    NOTANDOR2: TMenuItem;
    NAND2: TMenuItem;
    NOR1: TMenuItem;
    VHDL2: TMenuItem;
    N6: TMenuItem;
    N7: TMenuItem;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Memo1: TMemo;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Memo2: TMemo;
    TabSheet4: TTabSheet;
    SpeedButton3: TSpeedButton;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    GroupBox3: TGroupBox;
    Memo3: TMemo;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Button1: TButton;
    procedure N7Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton7Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton4Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton5Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton6Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
    procedure SOP1Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmselc: Tfrmselc;
implementation
uses main,int,vhdll,andd,nand,nor;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmselc.N7Click(Sender: TObject);
var
  k:integer;
begin
   for k:=memo3.Lines.Count - 1 downto 1 do
   memo3.Lines.delete(k);
   frmandd.Image1.canvas.Brush.Color:=clwhite;
   frmandd.Image1.Canvas.Rectangle(0,0,frmandd.
   Image1.Width,frmandd.Image1.Height);
   frmandd.close;
   frmnand.Image1.canvas.Brush.Color:=clwhite;
   frmnand.Image1.Canvas.Rectangle(0,0,frmnand.
   Image1.Width,frmnand.Image1.Height);
   frmnand.close;
   frmnor.Image1.canvas.Brush.Color:=clwhite;
   frmnor.Image1.Canvas.Rectangle(0,0,frmnor.
   Image1.Width,frmnor.Image1.Height);
   frmnor.close;
   frmselc.Memo1.text:='';
   frmselc.Memo2.text:='';
   frmmain.WindowState:=wsmaximized;
   ClrArray;
   self.Close;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton7Click(Sender: TObject);
begin
   frmandd.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.WindowState:=wsminimized;
   frmnor.WindowState:=wsminimized;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   frmvhdll.Visible:=true;
   frmvhdll.WindowState:=wsnormal;
   frmvhdll.Memo1.Lines.LoadFromFile('temppVHD.vhd');
end;

procedure Tfrmselc.FormCreate(Sender: TObject);
begin
   Groupbox1.Visible:=false;
   Groupbox2.Visible:=false;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
with frmmain do
 begin
   frmselc.Groupbox2.Visible:=false;
   frmselc.Groupbox1.Visible:=true;
   frmselc.Memo1.Enabled:=True;
   frmselc.Memo1.Lines.Delete(0);
   frmselc.Memo1.Lines.Add('Y= '+ChrOOP);
   frmvhdll.WindowState:=wsminimized;
   frmandd.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.WindowState:=wsminimized;
   frmnor.windowstate:=wsminimized;
   frmselc.Visible:=true;
   frmselc.WindowState:=wsnormal;
 end;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
with frmmain do
 begin
   frmselc.Groupbox1.Visible:=false;
   frmselc.Groupbox2.Visible:=true;
   frmselc.Memo2.Enabled:=True;
   frmselc.Memo2.Lines.Delete(0);
   frmselc.Memo2.Lines.Add('Y = '+ChrOPP);
   frmvhdll.WindowState:=wsminimized;
   frmandd.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.windowstate:=wsminimized;
   frmnor.windowstate:=wsminimized;
   frmselc.Visible:=true;
   frmselc.WindowState:=wsnormal;
 end;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton4Click(Sender: TObject);
begin
   frmvhdll.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.WindowState:=wsminimized;
   frmnor.WindowState:=wsminimized;
   frmandd.Visible:=true;
   frmandd.WindowState:=wsmaximized;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure Tfrmselc.SpeedButton5Click(Sender: TObject);
begin
   frmvhdll.WindowState:=wsminimized;
   frmandd.WindowState:=wsminimized;
   frmnor.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.Visible:=true;
   frmnand.WindowState:=wsmaximized;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton6Click(Sender: TObject);
begin
   frmvhdll.WindowState:=wsminimized;
   frmandd.WindowState:=wsminimized;
   frmnand.WindowState:=wsminimized;
   frmnor.Visible:=true;
   frmnor.WindowState:=wsmaximized;
end;

procedure Tfrmselc.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
var
  total_,mm : integer;
begin
   frmselc.GroupBox3.visible:=true;
   frmselc.Memo3.Lines.add('อุปกรณ์ที่ใช้ก่อนลดรูปสมการ');
   frmselc.Memo3.Lines.add('not gate =' + inttostr(ccbb)+
   ' ตัว');
   frmselc.memo3.Lines.add('and gate '+ inttostr
   (maxVars)+ ' input = '+inttostr(aaa)+'  ตัว');
   if aaa>1 then
   frmselc.Memo3.Lines.add('or gate '+ inttostr(aaa)+'
   input = 1 ตัว');
   frmselc.Memo3.Lines.add ('อุปกรณ์หลังจากลดรูปสมการแล้ว');
   frmselc.Memo3.Lines.add('not gate = '+inttostr(pop)+ '
    ตัว');
   for mm:=2 to 12 do
   begin
     if sop[mm]<>0 then
     frmselc.Memo3.lines.add('and gate '+ inttostr(mm)+ '
     input = '+ inttostr(sop[mm])+ ' ตัว ');
   end;
   total_:=0;
   for mm:=0 to q DO
   BEGIN
       IF maxxSet[mm]<>0 THEN total_:=total_+1;
       // number of and gate
   END;
     if(total_)>1 then
   frmselc.Memo3.Lines.add('or gate '+inttostr(total_)+'
   input = 1 ตัว');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

procedure Tfrmselc.SOP1Click(Sender: TObject);
var

abcd,jj_,lll_,ll_,ff,z,z_,no,aa,u,mm,nnn,v,c,chkOne,datar
un,no_signal,dd,count_ : integer;
   F: TextFile;
begin
    ////////////////
    if savedialog1.Execute then
    begin
       with frmmain do
       begin
          AssignFile(F,savedialog1.FileName+'.vhd');
          Rewrite(F);
          abcd:=0;
   for mm:=1 to q DO
   BEGIN
       // number of and gate
       if ((setepi[mm-1].t)+(setepi[mm-1].f))<>0 then
       abcd:=abcd+1;;
   END;
   no_signal:=0;dd:=1;jj_:=1;
     for no:=2 to 12 do
     begin
          Writeln(F,'');
          Writeln(F, 'LIBRARY IEEE;');
          Writeln(F, 'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
          Writeln(F,'ENTITY and',no,' IS');
          Write(F,'   PORT( ');
          aa:=1;
          while aa<no do
          begin
             Write(F,'in',aa,',');
             aa:=aa+1;
          end;
          Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
          Writeln(F,'       output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'END and',no,';');
          Writeln(F,'-- architecture define and',no);
          Writeln(F,'ARCHITECTURE and',no,'_behave OF
          and',no,' IS');
          Writeln(F,'BEGIN');
          Write(F,'   output<= ( ');
          aa:=1;
          while aa<no do
          begin
             Write(F,'in',aa,' and ');
             aa:=aa+1;
          end;
          Writeln(F,'in',aa,' );');
          Writeln(F,'END and',no,'_behave;');
     end;
          Writeln(F,'');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
Writeln(F,'ENTITY buf1 IS');
Writeln(F,'   PORT( in1: IN std_logic;');
Writeln(F,'         output: OUT std_logic );');
Writeln(F,'END buf1;');
Writeln(F,'');
Writeln(F,'-- architecture define buf1');
Writeln(F,'ARCHITECTURE buf1_behave OF buf1
IS');
Writeln(F,'BEGIN');
Writeln(F,'   output<=(in1);');
Writeln(F,'END buf1_behave;');
Writeln(F,'');
Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
Writeln(F,'ENTITY inv1 IS');
Writeln(F,'   PORT( in1: IN std_logic;');
Writeln(F,'         output: OUT std_logic );');
Writeln(F,'END inv1;');
Writeln(F,'');
Writeln(F,'-- architecture define inv1');
Writeln(F,'ARCHITECTURE inv1_behave OF inv1
IS');
Writeln(F,'BEGIN');
Writeln(F,'   output<=NOT(in1);');
Writeln(F,'END inv1_behave;');
Writeln(F,'');
Writeln(F,'LIBRARY IEEE;');
Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
Writeln(F,'ENTITY or',abcd,' IS');
Write(F,'   PORT( ');
aa:=1;
while aa<abcd do
begin
   Write(F,'in',aa,',');
   aa:=aa+1;
end;
Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic ;');
Writeln(F,'         output: OUT std_logic );');
Writeln(F,'END or',abcd,';');
Writeln(F,'');
Writeln(F,'-- architecture define or',abcd);
Writeln(F,'ARCHITECTURE or',abcd,'_behave OF
or',abcd,' IS');
Writeln(F,'BEGIN');
Write(F,'   output<= ( ');
aa:=1;
while aa<abcd do
begin
   Write(F,'in',aa,' or ');
   aa:=aa+1;
end;
Writeln(F,'in',aa,' );');
Writeln(F,'END or',abcd,'_behave;');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////
          Writeln(F,'');
          Writeln(F,'-- ******************************');
          Writeln(F,'-- *****  Port Map Process  *****');
          Writeln(F,'-- ******************************');
          Writeln(F,'LIBRARY ieee;');
          Writeln(F,'USE ieee.std_logic_1164.ALL;');
          Writeln(F,'ENTITY aoi IS');
          Write(F,'PORT(');
///////////dangerous//////////////////////////
    u:=0;v:=1;
    abcd:=0;
    for mm:=0 to q DO
    BEGIN
       // number of and gate
       if ((setepi[mm].t)+(setepi[mm].f))<>0 then
       abcd:=abcd+1;;
    END;
///////////end dangerous//////////////////////////
    z:=0;ChkOne:=0;
///////
    z:=0;c:=0;
while chr(65+z)<> 'm' do
begin
  //if chr(65+z) in StrPort then
  if z<maxVars then
  begin
    WRITE(F,chr(65+z));
    c:=c+1;
  if c<= maxVars-1{ChkOne-1} then  WRITE(F,',');
  end;
  z:=z+1;
end;
   WRITELN(F,': IN std_logic;');
   WRITELN(F,'   aoi_output: OUT std_logic );');
   WRITELN(F,'END aoi;');
////////////////////////////
   WRITELN(F,'ARCHITECTURE struct OF aoi IS');
     for no:=2 to 12 do
     begin
          Writeln(F,'');
          Writeln(F,'   COMPONENT and',no);
          Write(F,'   PORT( ');
          aa:=1;
          while aa<no do
          begin
             Write(F,'in',aa,', ');
             aa:=aa+1;
          end;
          Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
          Writeln(F,'       output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'   END COMPONENT;');
    end;
          Writeln(F,'   COMPONENT buf1');
          Writeln(F,'   PORT( in1: IN std_logic;');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'    END COMPONENT;');
          Writeln(F,'');
          Writeln(F,'    COMPONENT inv1');
          Writeln(F,'    PORT( in1: IN std_logic;');
          Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'    END COMPONENT;');
          Writeln(F,'');
          Writeln(F,'    COMPONENT or',abcd);
          Write(F,'    PORT( ');
          aa:=1;
          while aa<abcd do
          begin
             Write(F,'in',aa,',');
             aa:=aa+1;
          end;

          Writeln(F,'in',aa,': IN std_logic;');
          Writeln(F,'        output: OUT std_logic );');
          Writeln(F,'    END COMPONENT;');
          Writeln(F,'');
          Writeln(F,'-- ******************************');
          Writeln(F,'-- *****  End Port Map Process  *');
          Writeln(F,'-- ******************************');
          no_signal:=no_signal+u;// total of signal
          Write(F,'    SIGNAL ');
          for aa:=1 to maxVars-1{no_signal} do
          begin
              Write(F,'internal',aa);
              if aa<>no_signal then Write(F,',');
          end;
          write (F,'internal',maxVars );
          Writeln(F,': std_logic;');
          Write(F,'    SIGNAL ');
          for aa:=1 to abcd-1{no_signal} do
          begin
              Write(F,'external',aa);
              if aa<>no_signal then Write(F,',');
          end;
          write(F,'external',abcd);
          Writeln(F,': std_logic;');
          Writeln(F,'BEGIN');
//////////////////////////
     ll_:=1;
     for mm:=0 to q do
     begin
          if ((setepi[mm].t)+(setepi[mm].f))<>0 then
          begin
             ff:=1;
             for c:=0 to maxVars-1 do
               begin
                 if (setepi[mm].t and ff)=0 THEN oprC
                 [c].t:=0
                 else oprC[c].t:=1;
                 if (setepi[mm].f and ff)=0 THEN oprC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            [c].f:=0
            else oprC[c].f:=1;
            ff:= ff shl 1;
          end;
            chkOne:=0;
            FOR c:=0 TO maxVars-1 DO
            BEGIN
                IF (oprC[c].t=oprC[c].f)THEN
                    begin
                     oprC[c].t := 2;
                     chkOne:=chkOne+1;
                    end;
             END;
                   if chkOne < maxVars-1  then
             begin
               z:=0;
               for c:=maxVars-1 downto 0 do
               begin
                  if ((oprC[c].t=0) and (chkoover
                  [c]=false)) then
                  begin
                   Writeln(F,'   u',dd,':inv1 PORT
                   MAP (',chr(65+z),',internal',z+1,
                   ');');
                   chkoover[c]:=true;
                   dd:=dd+1;
                   ll_:=ll_+1;
                  end;
                  z:=z+1;
               end;
             end;
        no_signal:=0;//total leg signal and gate
        for c:=maxVars-1 downto 0 do
          begin
            if ((oprC[c].t=0) or (oprC[c].t=1)) then
              begin
               no_signal:=no_signal+1;
              end;
          end;
if (no_signal=0) then
begin
   Writeln(F,'u1: or1 PORT MAP ( 1,external1);');
end
else
   if (no_signal=1) then
   begin
      z:=0;
      for c:=maxVars-1 downto 0 do
      begin
         if oprC[c].t=0 then
         begin
            Writeln(F,'   u',dd,': inv1 PORT MAP
            (',chr(65+z),', internal',z+1,');');
            dd:=dd+1;
            Writeln(F,'   u',dd,': buf1 PORT MAP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    (','internal',z+1,',external',jj_,
                    ');');
                    dd:=dd+1;
                    jj_:=jj_+1;
                  end;
                  if oprC[c].t=1 then
                  begin
                     Writeln(F,'   u',dd,': buf1 PORT MAP
                     (',chr(65+z),',external',jj_,');');
                     dd:=dd+1;
                     jj_:=jj_+1;
                  end;
                  z:=z+1;
               end;
            end
         else
         if (no_signal>1) then
         begin
            Write(F,'   u',dd,': and',no_signal,' PORT
            MAP (');
            z_:=0;aa:=1;
            lll_:=1;
            for c:=maxVars-1 downto 0 do
            begin
               if (oprC[c].t=0) then
               begin
                  z_:=z_+1;
                  Write(F,'internal',z_);
                  if (aa<>no_signal) then Write(F,', ');
                  aa:=aa+1;
               end;
               if (oprC[c].t=1) then
               begin
                  Write(F,chr(65+z_));
                  z_:=z_+1;
                  if (aa<>no_signal) then Write(F,', ');
                  aa:=aa+1;
               end;
                  if (oprC[c].t=2) then z_:=z_+1;
            end;
            Write(F,',external',jj_,');');
            Writeln(F,'');dd:=dd+1;jj_:=jj_+1;
         end;
      end;
   end;
   begin
      Write(F,'   u',dd,': or',abcd,' PORT MAP (');
      for nnn:=1 to abcd do
      begin
         Write(F,' external',nnn,',');
      end;
      Writeln (F,'aoi_output',');');
   end;
//////////////
   Writeln(F,'END struct;');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CloseFile(F);
      end;
    end;
      ////////////////////
end;

procedure Tfrmselc.Button1Click(Sender: TObject);
var
 k:integer;
begin
   for k:=memo3.Lines.Count - 1 downto 1 do
   memo3.Lines.delete(k);
   frmselc.GroupBox3.visible:=false;
 end;
end.


unit shown;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  Menus, StdCtrls, jpeg,
  ExtCtrls;
type
  Tfrmshown = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Image1: TImage;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmshown: Tfrmshown;
implementation

{$R *.DFM}

procedure Tfrmshown.N1Click(Sender: TObject);
begin
  self.close;
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit showo;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, Menus;
type
  Tfrmshowo = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmshowo: Tfrmshowo;

implementation

{$R *.DFM}

procedure Tfrmshowo.N1Click(Sender: TObject);
begin
  self.close;
end;

end.



unit andd;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  StdCtrls, Menus, ImgList,
  ExtCtrls, ComCtrls, ToolWin, Buttons, jpeg,  ExtDlgs;
type
  Tfrmandd = class(TForm)
    Image1: TImage;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    N2: TMenuItem;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
    procedure N2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmandd: Tfrmandd;
implementation
uses selc,main;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmandd.N1Click(Sender: TObject);
begin
  frmselc.WindowState:=wsnormal;
  self.close;
end;

procedure Tfrmandd.N2Click(Sender: TObject);
var
  JP : TJpegImage;
begin
 with frmmain do
 begin
  if savepicturedialog1.Execute then
  begin
    JP := TjpegImage.Create;
      try
        with JP do
        begin
          Assign(frmandd.Image1.Picture.Bitmap);
          SavetoFile(savepicturedialog1.filename+'.jpg');
        end;
        finally
        JP.free;
       end;
    end;
  end;
end;

end.


unit nand;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  StdCtrls, Menus, ImgList,
  ExtCtrls, ComCtrls, ToolWin, Buttons, jpeg,
  ExtDlgs;
type
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Tfrmnand = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    Image1: TImage;
    N2: TMenuItem;
    SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
    procedure N2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmnand: Tfrmnand;

implementation

uses selc, main;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmnand.N1Click(Sender: TObject);
begin
  frmselc.WindowState:=wsnormal;
  self.close;
end;

procedure Tfrmnand.N2Click(Sender: TObject);
var
  JP : TJpegImage;
begin
 with frmmain do
 begin
  if savepicturedialog1.Execute then
  begin
    JP := TjpegImage.Create;
    try
      with JP do
       begin
         Assign(frmnand.Image1.Picture.Bitmap);
         SavetoFile(savepicturedialog1.filename}+'.jpg');
       end;
      finally
      JP.free;
      end;
   end;
  end;
end;

end.


unit nor;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  StdCtrls, Menus, ImgList,
  ExtCtrls, ComCtrls, ToolWin, Buttons, jpeg,
  ExtDlgs;
type
  Tfrmnor = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    Image1: TImage;
    N2: TMenuItem;
    SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
    procedure N2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmnor: Tfrmnor;

implementation
uses selc, main;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmnor.N1Click(Sender: TObject);
begin
   frmselc.WindowState:=wsnormal;
   self.close;
end;

procedure Tfrmnor.N2Click(Sender: TObject);
var
  JP : TJpegImage;
begin
 with frmmain do
  begin
    if savepicturedialog1.Execute then
    begin
       JP := TjpegImage.Create;
       try
         with JP do
       begin
         Assign(frmnor.Image1.Picture.Bitmap);
         SavetoFile(savepicturedialog1.filename+'.jpg');
       end;
        finally
        JP.free;
       end;
    end;
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

end.



unit vhdll;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,  StdCtrls, Menus;
type
  Tfrmvhdll = class(TForm)
    Memo1: TMemo;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    procedure N1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmvhdll: Tfrmvhdll;
implementation
uses selc;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmvhdll.N1Click(Sender: TObject);
begin
  frmselc.WindowState:=wsnormal;
  self.close;
end;

end.
```

รูปที่ ข.5 โปรแกรมลดรูปสมการบูลีนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลมาศ กำจรกิจการ. **คู่มือ Borland Delphi 5 ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น. 2543

ธวัชชัย เลื่อนฉวี. น.อ. **ดิจิตอลเทคนิค เล่ม 2** . กรุงเทพฯ : ศุภาลัย มีเดีย จำกัด. 2532

นุกูล กระจาย. **การเขียนโปรแกรมด้วย บอร์แลนด์ปาสคาล 7.0**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2537

นุกูล กระจาย. **การเขียนโปรแกรมและประมวลผลด้วยเทอร์โบปาสคาล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2541

มงคล ทองสงคราม. **ทฤษฎีดิจิตอล**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง. 2536

สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. **คู่มือการสร้างแอพพลิเคชันด้วย Delphi 5.0 ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสมชาย ทองคำใส
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
ภูมิลำเนาเดิม	217 หมู่ 5 ต. บางหญ้าแพรก อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000
ที่อยู่ปัจจุบัน	217 หมู่ 5 ต. บางหญ้าแพรก อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000
โทรศัพท์	-

ประวัติการศึกษา

ประถม	โรงเรียนวัดบางหญ้าแพรก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดบางหญ้าแพรก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร
ปริญญาตรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายศราวุธ ตรีอินทอง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	พิจิตร
ภูมิลำเนาเดิม	26 หมู่ 8 ต. หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร 66220
ที่อยู่ปัจจุบัน	26 หมู่ 8 ต. หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร 66220
โทรศัพท์	0-5669-2220

ประวัติการศึกษา

ประถม	โรงเรียนวัดกลางวงศ์มณี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนก่อกิจพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ปริญญาตรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	สู้ไว้ก่อน พ่อสอนไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้