สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน

3 – AXIS MOTION CONTROLLER

T 0 5 5 4 9 1

โดย

นางสาวศิริรัตน์ ศรีเพ็ง

นายอาทิตย์ ไตรบัญญัติกุล

นายอิทธิฤทธิ์ ตันตระรุ่งโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่
เลขทะเบียน 55491
วัน,เดือน,ปี 1 0 พ.ค. 2548
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน
3 – AXIS MOTION CONTROLLER

โดย

นางสาวศิริรัตน์ ศรีเพ็ง รหัส 43010433

นายอาทิตย์ ไตรบัญญัติกุล รหัส 43010541

นายอิทธิฤทธิ์ ตันตระรุ่งโรจน์ รหัส 43010546

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน

(3 – AXIS MOTION CONTROLLER)

ผู้จัดทำ

นางสาวศิริรัตน์ ศรีเพ็ง

นายอาทิตย์ ไตรบัญญัติกุล

นายอิทธิฤทธิ์ ตันตระรุ่งโรจน์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน

3 – AXIS MOTION CONTROLLER

นางสาวศิริรัตน์ ศรีเพ็ง

นายอาทิตย์ ไตรบัญญัติกุล

นายอิทธิฤทธิ์ ตันตระรุ่งโรจน์

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน

นางสาวศิริรัตน์ ศรีเพ็ง
นายอาทิตย์ ไตรบัญญัติกุล
นายอิทธิฤทธิ์ ตันตระรุ่งโรจน์
รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครื่องจักรกลที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ เข้ามามีบทบาทในการทำงานแทนแรงงานคนมากขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องจักรต่าง ๆ ต้องมีการเคลื่อนที่ได้ในสามมิติ ทำให้สามารถปฏิบัติงานได้ในลักษณะที่ซับซ้อนขึ้น โครงงานนี้จึงเกิดขึ้นมาเพื่อเป็นพื้นฐานในศึกษาและประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ของการควบคุมการเคลื่อนที่สามแกน การศึกษาผู้ศึกษาใช้ FPGA (FPGA: Field Programmable Gate Array) เป็นอุปกรณ์ควบคุมโดย ได้ทำการออกแบบวงจรดิจิตอลเพื่อโปรแกรมลงใน FPGA ให้ควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ในแต่ละแกน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 – AXIS MOTION CONTROLLER

Ms.Sirirat Sriphang

Mr.Artit Tribanyatkul

Mr.Itthirit Tantrarungroj

Assoc.Prof.Dr.Surapan Airphaiboon (Advisor)

Academic Year 2003

ABSTRACT

During the past few year, mostly various equipment used in the industrials have insteaded a labor. There are necessity moving three dimension for working complicate. This project to study a basic learning of three axis motion. And the system also used as an application for tracking system. These motions are controlled by digital logic circuit on FPGA (FPGA: Field Programmable Gate Array).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โปรเจคเรื่องการควบคุมการเคลื่อนที่สามแนวแกนนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ รวมถึงอาจารย์หลายท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนช่วยอบรมให้ความรู้ทางวิชาการและการประกอบอาชีพทางวิศวกรรม ขอบคุณเพื่อนๆภาคอิเล็กทรอนิกส์ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านแนวความคิดและการดำเนินความสะดวกในการทำโปรเจค ทั้งทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องคอมพิวเตอร์ หนังสือและอาหารการกินต่างๆ คณะผู้จัดทำมีความประทับใจในความอบอุ่นและความมีน้ำใจเหล่านี้ และนำความรู้สึกเหล่านี้เป็นกำลังใจในการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิต ตลอดจนการถ่ายทอดให้แก่น้องๆรุ่นต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การดำเนินงาน	1
1.3 รายละเอียดโครงงาน	1
1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	2
2.1 การผลิตวงจรรวม (ASIC: Application Specific Integrated Circuit)	2
Field programmable	3
พีแอลดี (PLD)	3
2.2 เอฟพีจีเอ (FPGA: Field Programmable Gate Array)	4
2.2.1 การใช้งาน FPGA	5
2.2.2 การออกแบบโดยใช้ภาษาอธิบายการทำงานของฮาร์ดแวร์	7
2.2.3 การจำลองการทำงานของวงจร (Simulation)	8
2.2.4 การสังเคราะห์วงจร(Synthesis)	8
2.2.5 การแบ่งวงจร (Partitioning)	10
2.2.6 การวางอุปกรณ์(Placement)	10
2.2.7 การเชื่อมต่อสัญญาณ (Routing)	10
2.2.8 การ โปรแกรมอุปกรณ์เอฟพีจีเอ (Configuration)	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.3 วงจรดิจิตอล (Digital Circuit)	13
2.3.1อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	13
2.3.2 ออร์เกท (OR Gate)	13
2.3.3 แอนเกท (AND Gate)	14
2.3.4 แนนเกท (NAND Gate)	15
2.3.5 นอร์เกท (NOR Gate)	15
2.3.6 เจเคฟลิบฟลอฟ (JK Flip-Flop)	16
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำและการออกแบบ	18
3.1 การออกแบบ	21
3.1.1 Pulse Generator	22
3.1.1.1 ส่วนเปรียบเทียบความถี่	22
3.1.1.2 ส่วนสร้างความถี่	25
3.1.1.3 ส่วนขยาย Pulse	26
3.2 Seven Segment (7 Segment)	27
3.2.1 ส่วนแปลงเลขฐานสองเป็น BCD	28
3.2.2 ส่วนแสดง 7 Segment (Show BCD)	29
3.2.2.1 ส่วนสร้างสัญญาณ Common	30
3.2.2.2 ส่วน Common	31
3.3 วงจรหารความถี่	32
3.4 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์	34
3.4.1 ส่วนรับค่า Port 37A	34
3.4.2 วงจร Latch	35
3.5 ส่วนควบคุม Limit Switch	37
3.6 ส่วนโปรมภาษาซี	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.7 การสร้างพล็อตเตอร์	41
3.7.1 ส่วนควบคุมการพล็อตเตอร์	41
3.7.2 ส่วนขับสเตปปิ้งมอเตอร์	41
3.7.3 โครงของพล็อตเตอร์และสเตปปิ้งมอเตอร์	41
3.8 วงจร Opto Isolator	42
3.9 วงจรขับกระสำหรับโซลีนอย	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	44
ความถี่ที่ได้จากค่าอินพุทต่างๆ	44
ผลการวัดที่ค่าความถี่ต่างๆ	48
ผลการ Simulate วงจร Delay สัญญาณ	51
ภาพผลการทดลองวาดโดยใช้เครื่องควบคุม 3 แนวแกน	53
บทที่ 5 ปัญหา และ การแก้ไข	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าความจริงของอินเวอร์เตอร์ 13

ตารางที่ 2.2 ตารางค่าความจริงของออร์เกท 14

ตารางที่ 2.3 ตารางค่าความจริงของแอนเกท 14

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าความจริงของแนนเกท 15

ตารางที่ 2.5 ตารางค่าความจริงของนอร์เกท 16

ตารางที่ 2.6 สถานะการทำงานของ JK-FF 16

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำและการออกแบบ

ตารางที่ 3.1 ตารางค่าความจริง 22

ตารางที่ 3.2 ค่า Port 37A 34

บทที่ 4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ความถี่ที่ได้จากอินพุทค่าต่าง ๆ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

รูปที่ 2.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของวงจรรวม ASIC 2

รูปที่ 2.2 บอร์ดเอฟพีจีเอ 5

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการใช้งานเอฟพีจีเอ 6

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการออกแบบ 7

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสังเคราะห์วงจร 9

รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างภายในของเอฟพีจีเอ ตระกูล FLEX 10K 11

รูปที่ 2.7 อินเวอร์เตอร์ 13

รูปที่ 2.8 ออร์เกท 13

รูปที่ 2.9 แอนเกท 14

รูปที่ 2.10 แนนเกท 15

รูปที่ 2.11 รูปนอร์เกท 15

รูปที่ 2.12 JK-FF 16

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำและการออกแบบ

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องควบคุมพิกัดสามแนวแกน 18

รูปที่ 3.2 แสดงการเคลื่อนที่ 2 แนวแกนด้วยความเร็วคงที่ 19

รูปที่ 3.3 แสดงการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม 20

รูปที่ 3.4 แสดงการเคลื่อนที่แบบพาราโบลา 20

รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรม ภายใน FPGA 21

รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของ Pulse Generator 22

รูปที่ 3.7 K-Map 23

รูปที่ 3.8 วงจรที่ได้จาก K-Map 23

รูปที่ 3.9 เขียนวงจรจาก K-Map ทุกกรณี 24

รูปที่ 3.10 Box ที่ได้จากสมการจากตาราง K-Map 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.11 วงจร Counter 7 บิต 25
รูปที่ 3.12 Box วงจร Counter 25
รูปที่ 3.13 ตัวเปรียบเทียบค่าระหว่าง Counter กับ Computer 26
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงผลของการทำงานระหว่าง Counter กับ Computer 26
รูปที่ 3.15 วงจร Delay 26
รูปที่ 3.16 Box วงจร delay 27
รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบของส่วน 7 Segment 27
รูปที่ 3.18 วงจรแปลงเลขฐานสองเป็น BCD 28
รูปที่ 3.19 Box Binary to BCD 28
รูปที่ 3.20 แสดงจุดเชื่อมต่อของส่วน 7 Segment
กับ Box รับสัญญาณจาก Computer 29
รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบของ ส่วน Show BCD 29
รูปที่ 3.22 กราฟสัญญาณ Common ที่ได้จาก Selector 30
รูปที่ 3.23 แสดงการต่อ Counter 4 บิต กับ Selector 30
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรในส่วนของ Common 31
รูปที่ 3.25 แสดงการต่อวงจรในส่วน Show BCD 31
รูปที่ 3.26 แสดงส่วนของ 7 Segment 32
รูปที่ 3.27 แสดงวงจรหารความถี่ 33
รูปที่ 3.28 วงจรสมบูรณ์ 33
รูปที่ 3.29 วงจรรับสัญญาณจาก Port 37A 34
รูปที่ 3.30 บล็อกวงจรรับสัญญาณจาก Port 37A 35
รูปที่ 3.31 ส่วนประกอบของวงจร Latch 35
รูปที่ 3.32 วงจร Latch 8 bit 36
รูปที่ 3.33 วงจร Latch สำหรับสามแนวแกน 36
รูปที่ 3.34 วงจรควบคุม Limit switch 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.35 บล็อกวงจรควบคุม Limit switch 37
รูปที่ 3.36 รูปวงจรสมบรูณ์เครื่องควบคุมสามแนวแกน 39
รูปที่ 3.37 วงจร Opto Isolator 42
รูปที่ 3.38 วงจร MAX 4420 43

บทที่ 4 ผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 เมื่อป้อนค่าเป็น 0 48
รูปที่ 4.2 เมื่อป้อนค่าเป็น-1 48
รูปที่ 4.3 เมื่อป้อนค่าเป็น +3 48
รูปที่ 4.4 เมื่อป้อนค่าเป็น -3 48
รูปที่ 4.5 เมื่อป้อนค่าเป็น +10 49
รูปที่ 4.6 เมื่อป้อนค่าเป็น -10 49
รูปที่ 4.7 เมื่อป้อนค่าเป็น +50 49
รูปที่ 4.8 เมื่อป้อนค่าเป็น -50 49
รูปที่ 4.9 เมื่อป้อนค่าเป็น +100 50
รูปที่ 4.10 เมื่อป้อนค่าเป็น -100 50
รูปที่ 4.11 เมื่อป้อนค่าเป็น +127 50
รูปที่ 4.12 เมื่อป้อนค่าเป็น -127 50
รูปที่ 4.13 ผลการ Simulate วงจร Delay สัญญาณ 51
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของความถี่ตั้งแต่ 1- 127 51
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของความถี่ตั้งแต่ 2 – 40 52
รูปที่ 4.16 วาดรูป 4 เหลี่ยม ครั้งที่ 1 53
รูปที่ 4.17 ภาพการวาดรูป 4 เหลี่ยม ครั้งที่ 2 54
รูปที่ 4.18 การวาดวงกลม วงใหญ่ 3 รูป วงเล็ก 2 รูป 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5 ปัญหา และ การแก้ไข

รูปที่ 5.1 การวาดภาพดาว แสดงความผิดพรากจากการปัดค่าในโปรแกรม 57

รูปที่ 5.2 การวาดรูปดาว 2 ครั้ง 58

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเครื่องจักรกลที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ เข้ามามีบทบาทในการทำงานแทนแรงงานคนมากขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องจักรต่าง ๆ ต้องมีการเคลื่อนที่ได้ในสามมิติ ทำให้สามารถปฏิบัติงานได้ในลักษณะที่ซับซ้อนขึ้น และสเตปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อดีที่เด่น ๆ คือสามารถควบคุมตำแหน่งการหมุน หยุดหมุนและมีความเร็วที่แน่นอนได้ซึ่งมอเตอร์ทั่วๆ ไปไม่สามารถทำได้ จึงนำมาประยุกต์กับอุปกรณ์ควบคุมวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์ อุปกรณ์เอฟพีจีเอ (FPGA : FPGA : Field Programmable Gate Array) เป็นตัวควบคุม ซึ่งเราสามารถออกแบบวงจรและแก้ไขส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ตามที่เราต้องการ และสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง ซึ่งสะดวกในการพัฒนาเป็นระบบที่ใหญ่ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โครงงานนี้ศึกษาการออกแบบวงจรเพื่อโปรแกรมลงบนเอฟพีจีเอ เพื่อให้สามารถสร้างความถี่ขึ้นมาควบคุมวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์ทั้งสามแกนทำงาน เพื่อประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อื่น ๆ

1.3 รายละเอียดโครงงาน

ออกแบบวงจรดิจิตอลแล้วโปรแกรมลงบนเอฟพีจีเอให้สร้างความถี่มาควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ โดยให้มีส่วนที่รับอินพุทจากภายนอก และส่วนที่จ่ายเอาท์พุทให้กับมอเตอร์

1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน

ส่วนฮาร์ดแวร์ : รางของสเตปปิ้งมอเตอร์ 3 แกน

ส่วนซอฟแวร์ : ส่วนควบคุม

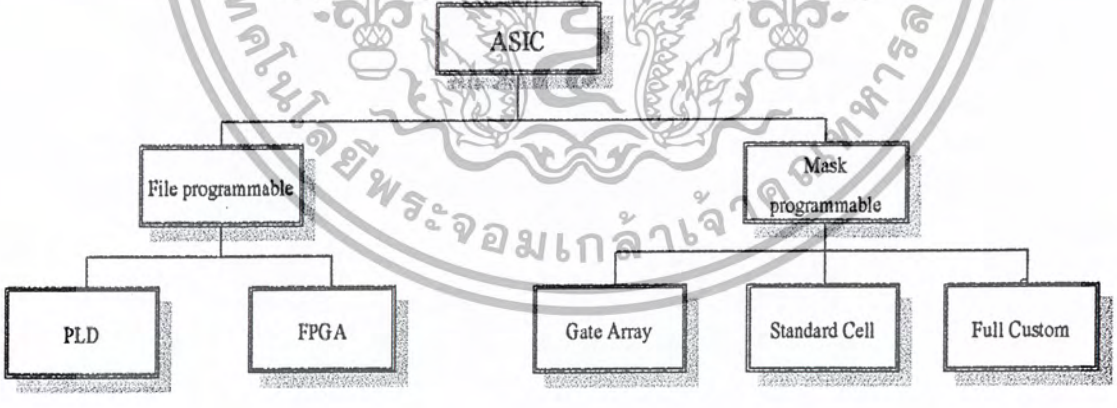
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 การผลิตวงจรรวม (ASIC: Application Specific Integrated Circuit)

ความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบัน ทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถของอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย ซึ่งทำให้เกิดการลดค่าใช้จ่าย การสิ้นเปลืองพลังงานและขนาด ในขณะเดียวกันก็มีการเพิ่มประสิทธิภาพและระดับความเชื่อถือของวงจรรวมที่สูงขึ้น เห็นได้ชัดจากเทคโนโลยีไมโครโพรเซสเซอร์ และหน่วยความจำ

ปัจจุบันทุกครั้งที่มีการพัฒนาขึ้นก่อให้เกิดช่องว่างของวงจรรวมและไอซีมาตรฐานมากขึ้น ในการพัฒนาเพิ่มความหนาแน่นและจำนวนฟังก์ชั่นลอจิกที่เหมาะสม นักออกแบบอุปกรณ์ทางด้านดิจิตอลได้พิจารณาถึงการผลิตให้ได้ขนาดมากๆ และการผลิตวงจรรวม (ASIC: Application Specific Integrated Circuit) ซึ่งวงจรรวม จะแบ่งตามการสร้างออกเป็น 2 กลุ่มคือ Field programmable และ Mask programmable ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการแบ่งกลุ่มของวงจรรวม ASIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Field programmable

อุปกรณ์วงจรรวม ASIC แบบ Field programmableมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่มีลักษณะการสร้างหรือการกำหนดการทำงานวงจรที่เหมือนกัน กล่าวคือผู้ใช้งานสามารถออกแบบและสร้างวงจรที่ต้องการใช้ลงในตัวอุปกรณ์เองโดยไม่ต้องไปโรงงานเพื่อผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจุบันมีเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบและสร้างวงจรร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงในการพัฒนาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ การจำลองการทำงาน จนถึงการจัดสร้างวงจรลงในอุปกรณ์ รวมทั้งอุปกรณ์ Field programmableเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ง่าย ทำให้การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จนถึงระบบไมโครโพรเซสเซอร์หันมาใช้อุปกรณ์จำพวกนี้ เป็นอุปกรณ์ประกอบในวงจรแทนอุปกรณ์ย่อย ๆ แยกชิ้น (Discrete component)มาก

พีแอลดี (PLD)

ภายในพีแอลดีเป็นวงจรพื้นฐานทางด้านลอจิกต่อกันอยู่เป็นกลุ่ม มีทั้งวงจรคอมบิเนชั่น (Combination) และแบบซีเควลเชียล(Sequential) ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นวงจรภายใน เทคโนโลยีของวงจรที่ใช้สร้างพีแอลดีมีทั้ง ทีทีแอล(TTL)และอีซีแอล(ECL)และซีมอส(CMOS) ตามความเหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์ พีแอลดีมีหลักการพื้นฐานของวงจรภายในที่เหมือนกัน โดยมีวงจรหลักเป็นวงจรคอมบิเนชั่นที่ให้ผลเป็นผลคูณร่วมบวก (Sum of product) ประกอบด้วยชุดแอนเกท ต่อร่วมกับออเกท การโปรแกรมคือ การเลือกว่าจะให้มีการต่ออินพุทภายในของแอนเกทกับสัญญาณอินพุทใดบ้าง ซึ่งมีทั้งจากภายนอกและสัญญาณป้อนกลับจากเอาท์พุทภายในเอง การต่ออินพุตจากออเกทกับเอาท์พุตตัวต่าง ๆ วิธีการเลือกหรือการโปรแกรมทางกายภาพ อินพุทของอุปกรณ์ทุกตัวจะถูกต่อผ่านฟิวส์เข้ากับแหล่งกำเนิดสัญญาณ ซึ่งถ้าไม่ต้องการใช้สัญญาณใดจะตัดฟิวส์ทำให้สามารถโปรแกรมได้ครั้งเดียว อุปกรณ์พีแอลซีบางชนิดใช้มอสทรานซิสเตอร์แทนฟิวส์ ทำให้สามารถโปรแกรมโดยใช้กระแสไฟฟ้าสามารรถลบและโปรแกรมใหม่ได้อีก

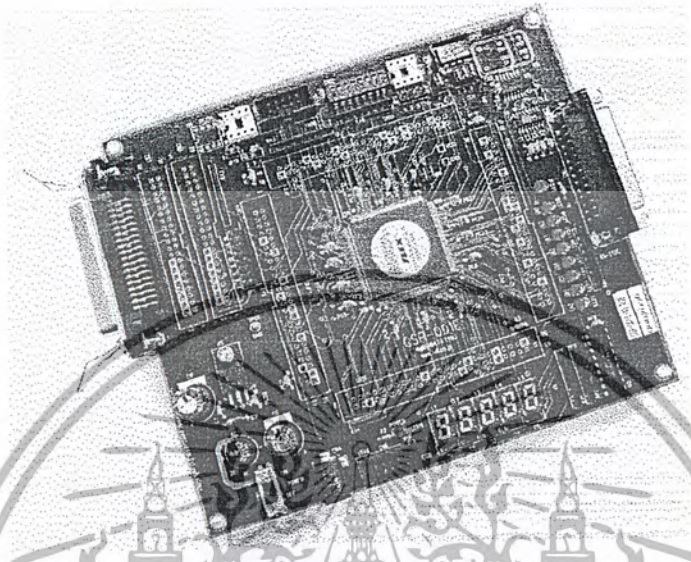
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เอฟพีจีเอ (FPGA: Field Programmable Gate Array)

อุปกรณ์ เอฟพีจีเอ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรมวงจรที่ได้ออกแบบลงไปเพื่อให้อุปกรณ์เอฟพีจีเอมีฟังก์ชั่นการทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ ในการทำเอฟพีจีเอซึ่งเป็นวิธีการออกแบบไอซี (IC : Integrated Circuit) แบบ Semicostom อีกวิธีหนึ่ง เมื่อเทียบกับการทำ ASICs แล้วนั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสีย คือการทำเอฟพีจีเอ จะมีข้อจำกัดในด้านขนาดของวงจรเพราะอุปกรณ์ เอฟพีจีเอจะมีจำนวนเกทให้ใช้จำนวนจำกัด และการทำเอฟพีจีเอ เหมาะสำหรับการทำอุปกรณ์ต้นแบบหรือเพื่อผลิตในปริมาณต่ำ ส่วนข้อดีของการทำเอฟพีจีเอ คือระยะเวลาที่ใช้ในการทำตั้งแต่เขียนรหัส (Code) อธิบายฮาร์ดแวร์จนกระทั่งดาวน์โหลดน้อยกว่าการทำ ASIC มาก การตรวจสอบและแก้ไขการออกแบบทำได้สะดวก โดยมีประสิทธิภาพการทำงานและมีความหนาแน่นของเกทสูง สามารถจะกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้โดยผ่านการโปรแกรม เอฟพีจีเอได้รวบรวมข้อดีทั้งหมดของการทำคัสตัมวีแอลเอสไอ (Costom VLSI) มารวมไว้ทั้งหมดได้แก่ การออกแบบการผลิต ลดเวลาที่จะส่งตัวผลิตภัณฑ์ออกตลาด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการผลิตวงจรเป็นอย่างมากนักออกแบบเพียงกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานของวงจร ดังนั้นการออกแบบโดยใช้เอฟพีจีเอสามารถออกแบบและทดสอบภายในเวลาสองถึงสามวันเท่านั้น ตรงข้ามกับการใช้เกทอาร์เรย์ซึ่งใช้เวลาหลายสัปดาห์ การเปลี่ยนแปลงและแก้ไขก็เช่นเดียวกัน จากประโยชน์เอฟพีจีเอ ดังที่กล่าวมาทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก เพราะลดความเสี่ยงที่ต้องแก้ไขวงจร การเลื่อนเวลาการออกผลิตภัณฑ์ ลดค่าเอ็นอาร์อี (NRE : Nonrecurring Engineering Cost) ลงไปด้วย

การทำเอฟพีจีเอ ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพและสะดวกมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากบริษัทผู้ผลิตได้เพิ่มความสามารถของอุปกรณ์เอฟพีจีเอ โดยการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ภายใน หรือปรับปรุงโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายใน และยังได้เพิ่มประสิทธิภาพของซอฟแวร์ที่ใช้ทำ PPR (Partitioning, Placement and Routing) สำหรับอุปกรณ์นั้นๆด้วย ลักษณะของตัวเอฟพีจีเอและการนำไปใช้งานแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

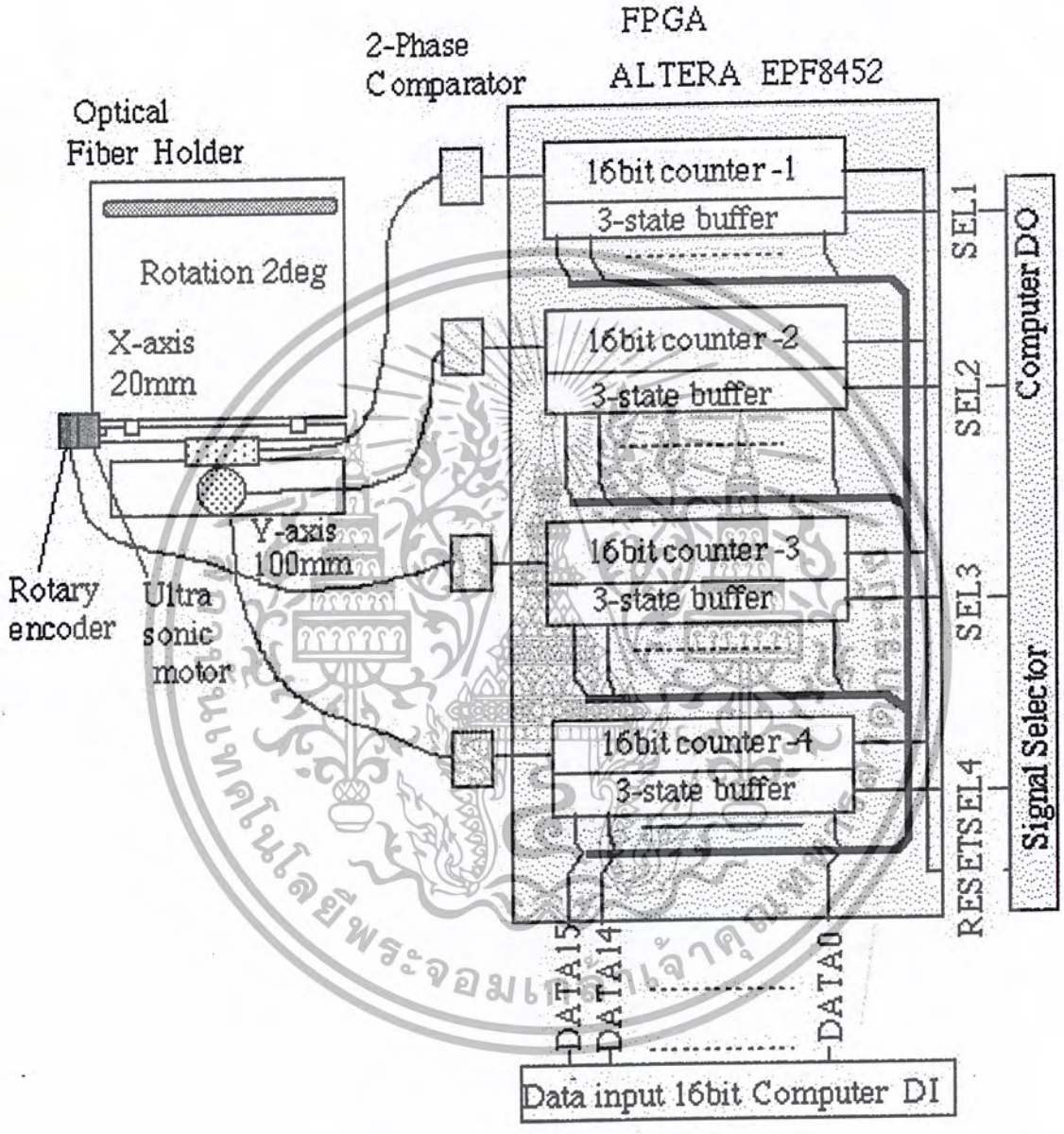


รูปที่ 2.2 บอร์ดเอฟพีจีเอ

2.2.1 การใช้งาน FPGA

สำหรับอุปกรณ์เอฟพีจีเอ มีโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีที่ใช้สร้างตลอดจนเทคนิควิธีการโปรแกรมที่แตกต่างกันสำหรับผู้ผลิตแต่ละราย นอกจากนั้นอุปกรณ์เอฟพีจีเอ ของแต่ละผู้ผลิตก็มีโครงสร้างและความสามารถที่แตกต่างกันบางส่วน อุปกรณ์เอฟพีจีเอ สามารถประยุกต์ใช้งานได้ เช่น การประมวลผลสัญญาณเชิงตัวเลข (DSP: Digital Signal Processing) การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น

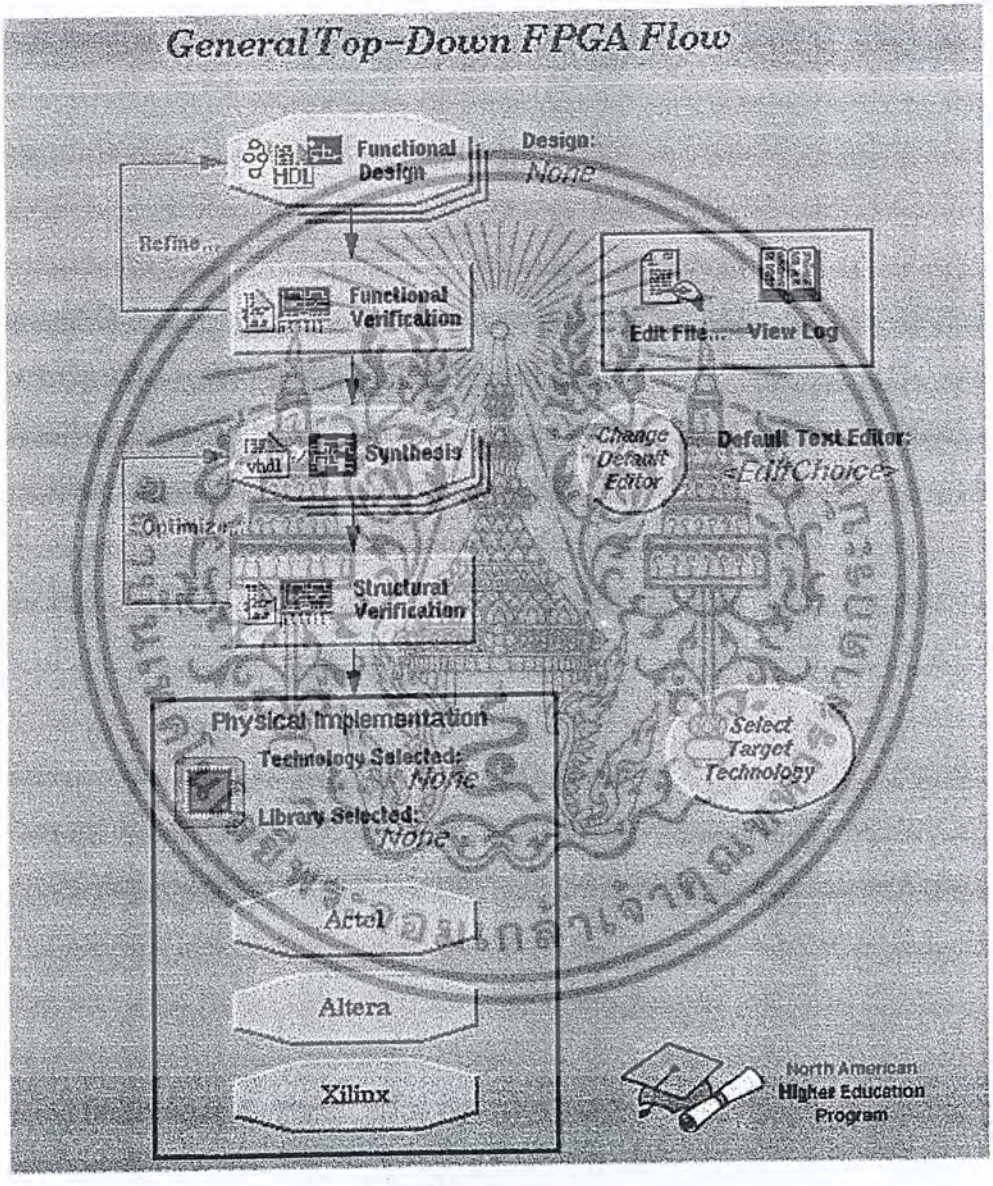
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการใช้งานเอฟพีจีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การออกแบบโดยใช้ภาษาอธิบายการทำงานของฮาร์ดแวร์



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบวงจรเชิงเลขนั้นทำได้โดยการวาดวงจร หรือใช้ภาษาอธิบายฮาร์ดแวร์ ในกรณีที่ใช้ภาษาอธิบายฮาร์ดแวร์เป็นขั้นตอนที่ไม่แตกต่างกันระหว่างการออกแบบด้วยเอฟพีจีเอ และ ASIC แต่กรณีทีออกแบบโดยการวาดวงจรจะแตกต่างกัน โดยที่การใช้วิธีนี้จะต้องคำนึงถึงเทคโนโลยี (Technology independence) ที่จะใช้ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีมีความแตกต่างกันไป จะเห็นว่าการออกแบบโดยใช้อธิบายฮาร์ดแวร์ทำได้สะดวกกว่า เพราะการใช้วิธีนี้ไม่ต้องคำนึงถึงเทคโนโลยีที่จะใช้ ที่สำคัญสามารถแก้ไขโมเดล (Model) หรือเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีได้สะดวกกว่าเพราะไม่ต้องวาดวงจรใหม่ นั่นคือการออกแบบโดยใช้ภาษาอธิบายฮาร์ดแวร์จะได้โมเดลที่ไม่ขึ้นกับเทคโนโลยี

การเขียนโค้ดสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ เขียนอย่างไรจึงสามารถสังเคราะห์วงจรได้และให้คุณสมบัติของวงจรตามที่กำหนด เพราะลักษณะการเขียนโค้ดจะมีผลโดยตรงกับวงจรที่ได้ เนื่องจากการสังเคราะห์วงจรนั้นซอฟแวร์จะสังเคราะห์วงจร (Synthesis Tool) ตามโค้ดที่เขียน ถ้าอธิบายการทำงานของวงจรเดียวกันแต่เขียนโค้ดในลักษณะที่ต่างกัน เมื่อสังเคราะห์จะได้วงจรที่ต่างกัน จากวงจรที่ต่างกันเมื่อนำไปเป็นต้นแบบด้วยเอฟพีจีเอหรือASIC จะได้ไอซีที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งในด้านของขนาดหรือความเร็ว ส่วนการเขียนโค้ดลักษณะใดให้ได้ผลลัพธ์ดีนั้น ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ออกแบบ

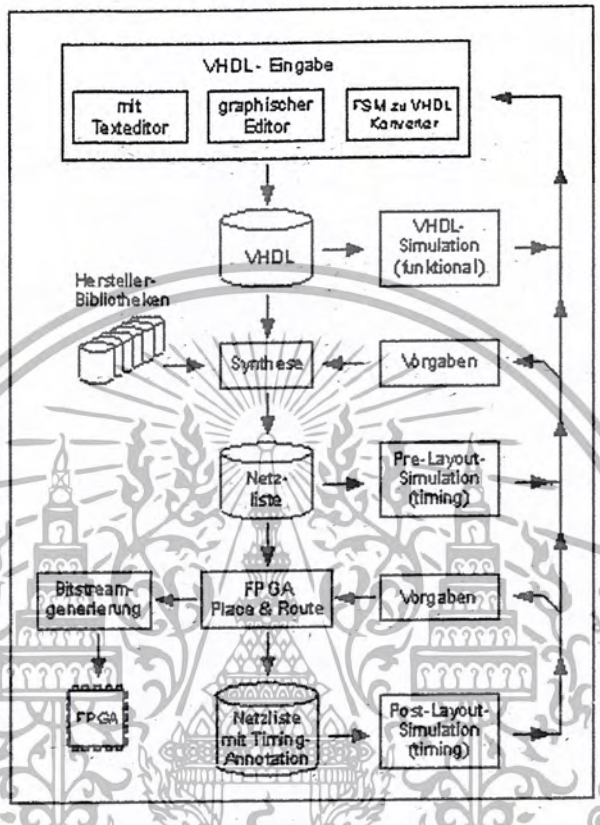
2.2.3 การจำลองการทำงานของวงจร (Simulation)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะใช้ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของวงจรว่าถูกต้องหรือไม่ รวมถึงมีข้อผิดพลาดตรงไหน เพื่อที่จะทำการแก้ไขให้ถูกต้อง ขั้นตอนนี้จะใช้ซอฟแวร์สำหรับจำลองขั้นตอนการทำงาน เช่น V – System ModelSim และ MAX PlusII เป็นต้น

2.2.4 การสังเคราะห์วงจร(Synthesis)

ในขั้นตอนนี้จะใช้ซอฟแวร์ในการสังเคราะห์วงจร เพื่อให้ได้เป็นวงจรขึ้นมา แต่ต้องตรวจสอบว่าซอฟแวร์นั้น ๆ สนับสนุนเทคโนโลยีเอฟพีจีเอ (FPGA Library) ที่ต้องการใช้หรือไม่ โดยเอฟพีจีเอที่นิยมใช้งานเช่น Xilinx ตระกูล XC4000 และบริษัท Altera ตระกูล FLEX 10K ซอฟแวร์สังเคราะห์วงจรที่นิยมใช้เช่น โปรแกรม Leonardo Spectrum ของบริษัท Exemplar Logic ซึ่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสังเคราะห์วงจร

ขั้นตอนนี้ซอฟแวร์สังเคราะห์วงจรจะแปลงโค้ดและทำการออปติไมซ์(Optimization) เพื่อให้ได้วงจรตามที่เทคโนโลยีเลือกใช้ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดข้อบังคับสำหรับวงจรได้ เช่นข้อบังคับเรื่องเวลา (time constraints) ข้อบังคับเรื่องของพื้นที่ ข้อบังคับเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในขั้นตอนออปติไมซ์เพื่อให้วงจรที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนด ส่วนสำคัญในการออปติไมซ์คือการเทียบ(mapping) วงจรให้เข้ากับเทคโนโลยีที่ใช้ เพื่อให้ได้วงจรที่เหมาะสมกับโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ ในกรณี Xilinx ตระกูล XC4000 และ Altera ตระกูล FLEX 10K จะเทียบโดยวิธี LUT (Look Up Table) เมื่อทำการสังเคราะห์วงจรเสร็จแล้วซอฟแวร์สังเคราะห์ วงจรจะมีการรายงานผลว่าวงจรที่ออกแบบไว้นั้นเป็นอย่างไร เช่น มีการหน่วงเวลา (delay) เท่าไร ใช้ทรัพยากรในเอฟพีจีเอ อะไรบ้าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การแบ่งวงจร (Partitioning)

ขั้นตอนนี้เป็นการแบ่งวงจรที่ได้จากการสังเคราะห์ให้เป็นส่วนย่อย ๆ สำหรับลงใน CLBs, IOBs หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ภายอุปกรณ์เอฟพีจีเอ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งคือ ให้แต่ละส่วนที่แยกออกจากกันมีจำนวนสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างกันน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่จะช่วยลดความหนาแน่นในการเชื่อมต่อสัญญาณ(routing)ในขั้นนี้จะใช้ซอฟแวร์ทำ โดยซอฟแวร์จะเทียบส่วน - ประกอบของวงจร เช่น เกท (gate) ฟลิปฟลอป (flip-flop) ลงในทรัพยากรต่างๆที่มีในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ (CLBs, IOBs, BUFT, และ edge decoder) หลังจากที่ทำขั้นตอนนี้เสร็จแล้วสามารถทราบได้ว่าวงจรนี้ใช้ทรัพยากรในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ ไปเท่าไร ส่วนซอฟแวร์ที่ใช้ในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับตัวเอฟพีจีเอ ที่ใช้งาน เช่น ของบริษัท Xilinx จะใช้ Xilinx Foundation Series 2.1i ซึ่งซอฟแวร์ตัวนี้จะรวมเอาซอฟแวร์ย่อยอื่น ๆ อีก เพื่อให้การทำ PPR(Partitioning , Placement and Routing) เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ส่วน เอฟพีจีเอ ของบริษัท Altera จะใช้ Altera MAX plus II

2.2.6 การวางอุปกรณ์(Placement)

ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกที่ตั้งของแต่ละส่วนของวงจรที่ผ่านการแบ่งของวงจร (Partitioning) ว่าควรอยู่ตำแหน่งใดของอุปกรณ์เอฟพีจีเอ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ดีที่สุด เช่นวงจรไหนความอยู่ใกล้กันเพื่อค้นหาเส้นทางได้ง่ายช่วยลดความหน่วง จะเห็นได้ว่าตำแหน่งภายในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ มีความสำคัญ เพราะถ้าจัดวางวงจรในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดความหน่วงเพิ่มขึ้นหรือตัว Router ทำการค้นหาเส้นทางสัญญาณได้ไม่หมด

2.2.7 การเชื่อมต่อสัญญาณ (Routing)

ในขั้นตอนนี้เป็นการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ เช่น ระหว่าง CLBs หรือ CLBs กับ IOBs ขั้นตอนนี้จะทำการต่อเนื่องจากการวางอุปกรณ์ ในกรณีที่ทำการวางอุปกรณ์ไม่ดีซอฟแวร์จะทำการเชื่อมต่อสัญญาณได้ไม่หมด หรือเกิดความหน่วงเกินค่าที่กำหนดในข้อบังคับ สามารถทำขั้นตอนนี้โดยใช้ซอฟแวร์เช่นกัน หรือทำการเชื่อมต่อด้วยตนเองก็ได้ (manual layout)ก็ได้ แต่ทางที่ดีควรใช้ซอฟแวร์ทำจะดีกว่า ทำให้ค้นหาเส้นทางได้หลายครั้งเพื่อหาครั้งที่ดีที่สุด นอกจากนั้นการกำหนดข้อบังคับทางเวลาจะช่วยให้ผลที่ได้จากการเชื่อมต่อสัญญาณดีขึ้น

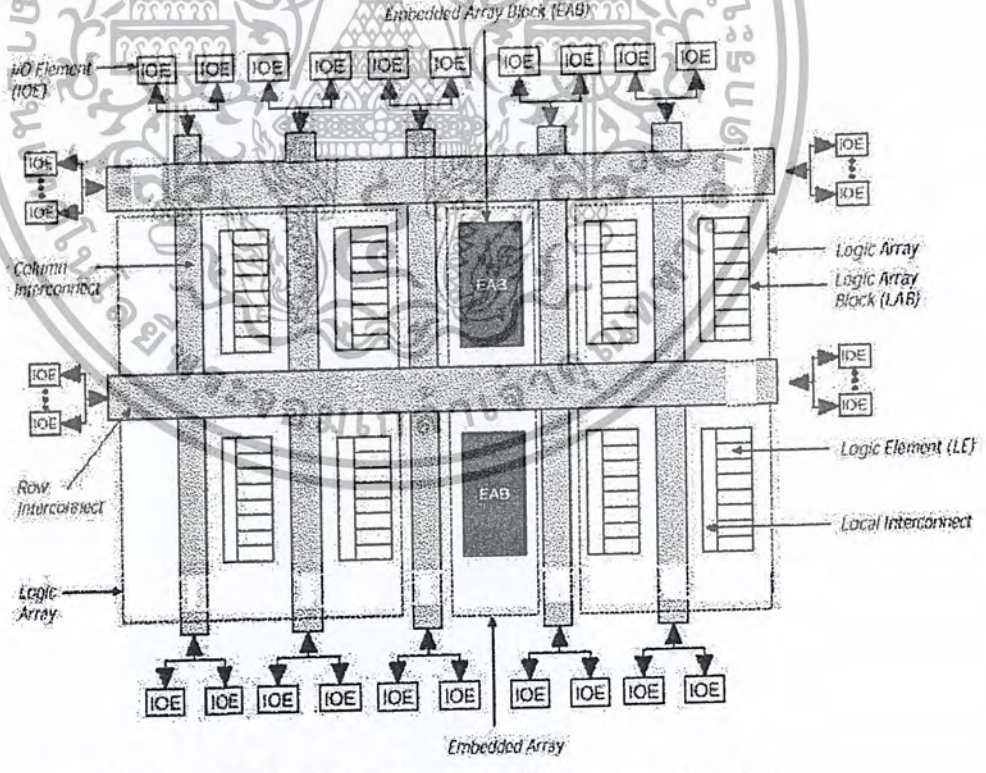
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 การโปรแกรมอุปกรณ์เอฟพีจีเอ (Configuration)

หลังจากที่วงจรผ่านขั้นตอนต่างๆจนกระทั่งผ่านการทำ PPR(Partitioning , Placement and Routing)แล้วนั้น ถึงขั้นตอนนี้สามารถที่จะดาวน์โหลดลงในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ ได้แล้ว ในการดาวน์โหลดก่อนอื่นต้องแปลงแบบวงจรรวมที่ได้ให้เป็นข้อมูลวงจร(Configuration data) ซึ่งอยู่ในรูปของบิตสตรีม(Bit-stream)ก่อนจึงดาวน์โหลดลงไปเพื่อให้อุปกรณ์เอฟพีจีเอมีฟังก์ชั่นการทำงานตามที่ออกแบบไว้

จากที่อธิบายมาเห็นว่าการออกแบบเพื่อทำเอฟพีจีเอ นั้นสะดวกกว่าการทำ ASIC มาก เพราะใช้เวลาน้อยกว่ามาก ส่วนสำคัญที่ใช้ในการทำเอฟพีจีเอ คือซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนโค้ดอธิบายฮาร์ดแวร์จนกระทั่งดาวน์โหลดลงในอุปกรณ์เอฟพีจีเอ ซึ่งซอฟแวร์ที่ใช้ต้องเป็นซอฟแวร์ที่ทำงานต่อเนื่องกัน

Figure 1. FLEX 10K Device Block Diagram



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างภายในของเอฟพีจีเอ ตระกูล FLEX 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FPGA ของบริษัท Altera ตระกูล FLEX 10K เป็นอุปกรณ์ที่มีความหนาแน่นเกทประมาณตั้งแต่ 10,000 – 250,000 เกท โดยการจัดโครงสร้างจะใช้วิธีโหลดโครงสร้างเข้าไปใน SRAM ภายในซึ่งหมายความว่าถ้าไม่ได้มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้ โครงสร้างที่จัดเอาไว้ก็จะหายไปเอฟพีจีเอ ประเภทนี้สามารถโปรแกรมซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง และทำงานตามลอจิกฟังก์ชั่นจะใช้วิธีการเปิดตาราง (LUT: Look up Table) โดยโครงสร้างของเอฟพีจีเอ ตระกูล FLEX 10K

โครงสร้างของเอฟพีจีเอ ตระกูล FLEX 10K สามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้

- ลอจิกอิเลเม้นท์ (Logic Element: LE)

ในรูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างภายในของลอจิกอิเลเม้นท์ (LE) โดยการกระทำทางบูลีนของลอจิกเกทจะสร้างด้วยวิธีการเปิดตารางหรือที่เรียกว่าลุกอัพเทเบิ้ล (LUT) โดยลุกอัพเทเบิ้ลคือ 1 x 16 SRAM ซึ่งแอลยูทีเพียงตัวเดียวสามารถนำมาสร้างโครงข่ายของลอจิกเกทมี 4 อินพุท และ 1 เอาท์พุท โดยโครงข่ายลอจิกเกทจะถูกแปลงไปเป็นตารางค่าความจริง (Truth table)

ถ้าโครงข่ายลอจิกเกทมีความซับซ้อนขึ้นจะต้องใช้ลุกอัพเทเบิ้ลของแต่ละลอจิกอิเลเม้นท์เป็นจำนวนหลายตัว โดยเอาท์พุทของลุกอัพเทเบิ้ลจะส่งต่อไปยังฟลิบฟลอบและต่อไปยังโครงข่ายการเชื่อมต่อ (Interconnection Network)

- ลอจิกอาเรย์บล็อก (Logic Array block: LAB)

ลอจิกเรย์บล็อก 1 ตัว ประกอบด้วย 8 อิเลเม้นท์

- เอ็มเบดเดอเรย์บล็อก (Embedded Array Block: EAB)

สถาปัตยกรรมทั่วไปของ FLEX 10K จะมีลักษณะของลอจิกเรย์บล็อกที่มีการจัดเรียงแบบเมตริกซ์และเอ็มเบดเดอเรย์บล็อก ซึ่งมีการเชื่อมต่อผ่านทางแถวและคอลัมน์ โดยในแต่ละแถวจะมี 1 เอ็มเบดเดอเรย์บล็อก ซึ่ง 1 เอ็มเบดเดอเรย์บล็อกจะมีขนาด 2048 บิต และสามารถกำหนดความกว้าง (Width) และความลึก (Depth) ของเอ็มเบดเดอเรย์บล็อกโดยไม่ส่งผลต่อความเร็ว

- อินพุทเอาท์พุทอิเลเม้นท์ (Input Output Element: IOE)

ส่วนนี้จะถูกต่ออยู่กับขา I/O โดยจะประกอบด้วยส่วนของวงจรที่เป็นไตรสเตท (Tri State) และส่วนที่เป็นฟลิบฟลอบซึ่งเป็นส่วนที่เสริมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรดิจิตอล (Digital Circuit)

วงจรดิจิตอลเป็นการรวมเอาเกทหลาย ๆตัวมาต่อเป็นวงจรรวมที่สามารถใช้งานได้และให้เอาท์พุตคือ 0 และ 1 ซึ่งมีเกทพื้นฐานคือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter), ออร์ (OR), แอน (AND), แนน (NAND) และ นอร์(NOR) การเขียนวงจรในรูปของบูลีนอัลจีบรา (Boolean algebra) คือการเขียนเอาท์พุทในรูปของอินพุต

2.3.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เป็นเกทที่มีอินพุทเดียว เอาท์พุทจะมีค่าตรงข้ามกับอินพุท

รูปที่ 2.7 อินเวอร์เตอร์

อินพุต	เอาท์พุต
A	Y
0	1
1	0

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าความจริงของอินเวอร์เตอร์

2.3.2 ออร์เกท (OR Gate)

เป็นเกทที่ที่ให้เอาท์พุทเป็น 1 เมื่ออินพุทใดๆเป็นหนึ่ง

รูปที่ 2.8 ออร์เกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต		เอาท์พุต
B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

ตารางที่ 2.2 ตารางค่าความจริงของออร์เกท

2.3.3 แอนเกท (AND Gate)

เป็นเกทที่ให้เอาท์พุทเป็น 1 เมื่ออินพุทเป็น 1 ทั้งหมด

รูปที่ 2.9 แอนเกท

อินพุต		เอาท์พุต
B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ตารางที่ 2.3 ตารางค่าความจริงของแอนเกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 แนนเกท (NAND Gate)

เป็นเกทที่ให้เอาท์พุทเป็น 0 เมื่ออินพุทเป็น 1 ทั้งหมด

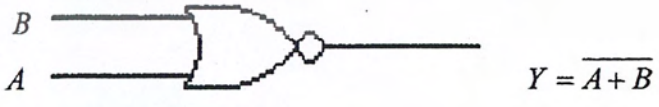
รูปที่ 2.10 แนนเกท

อินพุต		เอาท์พุต
B	A	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าความจริงของแนนเกท

2.3.5 นอร์เกท (NOR Gate)

เป็นเกทที่ให้เอาท์พุทเป็น 1 เมื่ออินพุทเป็น 0 ทั้งหมด



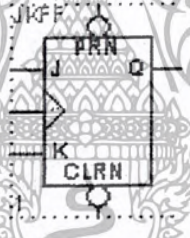
รูปที่ 2.11 รูปนอร์เกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต		เอาท์พุต
B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ตารางที่ 2.5 ตารางค่าความจริงของนอร์เกท

2.3.6 เจเคฟลิบฟลอป (JK flip-flop)



รูปที่ 2.12 JK-FF

PRESET	CLEAR	J	K	C	Q	Q	
0	1	X	X	X	1	0	
1	0	X	X	X	0	1	
0	0	X	X	X	1	1	Unused state
1	1	0	1	⌐	0	1	
1	1	1	2	⌐	1	0	
1	1	0	0	X	Q		Unchanged state
1	1	1	1	⌐	Toggle		

ตารางที่ 2.6 สถานะการทำงานของ JK-FF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

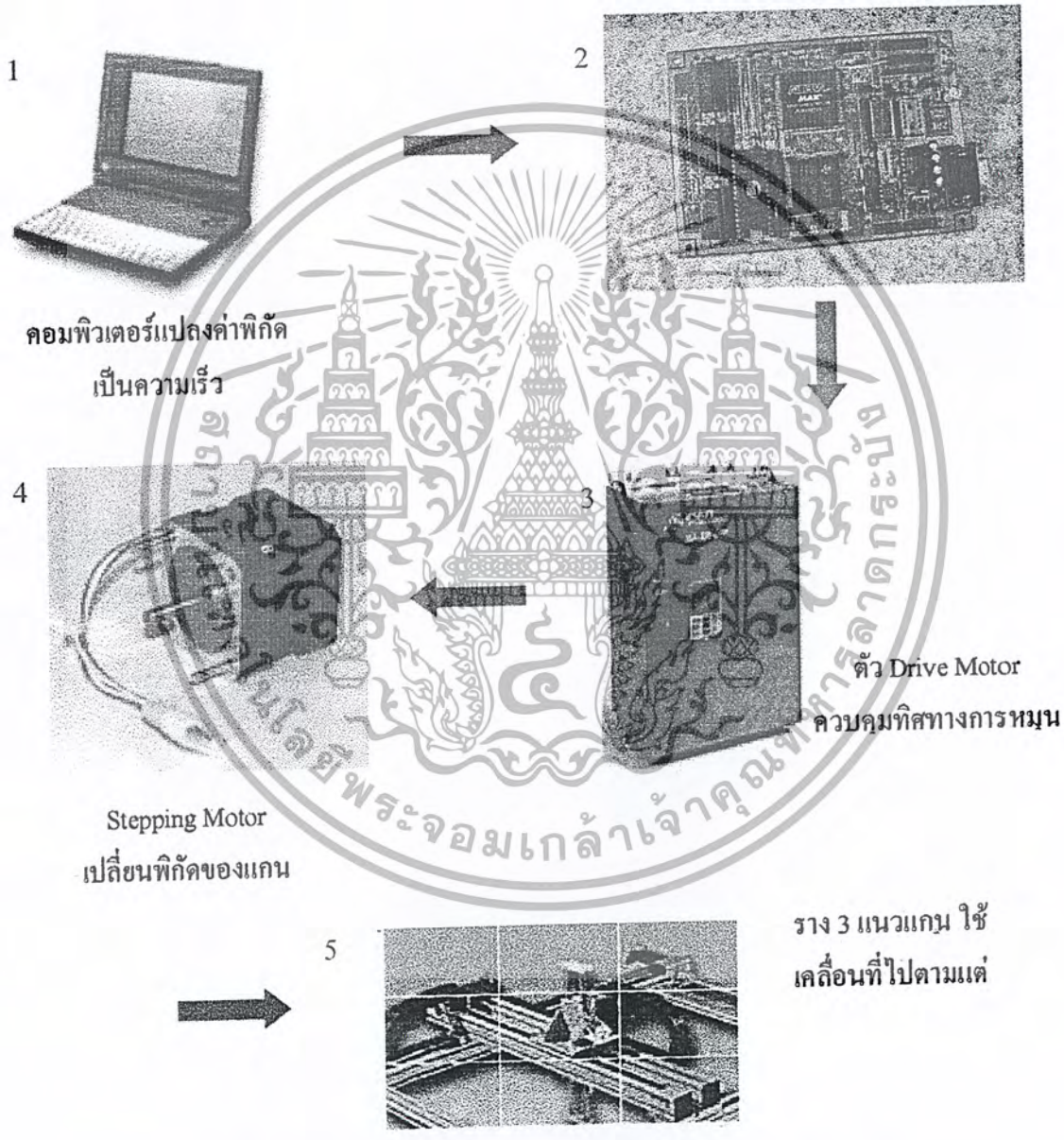
หลักการทำงานมีดังนี้ คือ

1. J = 0, K = 0 จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ
2. J = 0, K = 1 เอาท์พุท Q จะเป็น 0
3. J = 1, K = 0 เอาท์พุท Q จะเป็น 1
4. J = 1, K = 1 เอาท์พุท Q จะ Toggle (คือเปลี่ยนเป็นค่าตรงข้าม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55491

บทที่ 3
ขั้นตอนการทำและการออกแบบ



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องควบคุมพิกัดสามแนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมพิกัดสามแนวแกน ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 5 ส่วนคือ

1. คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่นำค่าพิกัดที่ได้จากภาพ มาแปลงเป็นความเร็ว โดยจะแบ่งให้มีความเร็ว 127 ระดับ นั่นคือแทนข้อมูลความเร็วด้วยเลขฐานสองเป็นจำนวน 7 บิต

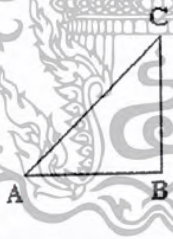
2. บอร์ด FPGA รุ่น FLEX 10k ทำหน้าที่แปลงเลขฐานสองที่ได้ ให้เป็นสัญญาณ Pulse ที่มีความถี่ค่าต่างๆ โดยกำหนด ค่าความถี่สูงสุดไว้ที่ 10 kHz เพื่อป้องกันไม่ให้ Stepping Motor เกิดความเสียหาย

3. ตัว Drive Motor ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณ Pulse ความถี่ต่างๆ ให้แก่ Stepping Motor และควบคุมทิศทางการหมุน โดย Stepping Motor 1 ตัวจะใช้ ตัว Drive 1 ตัว

4. Stepping Motor เป็นตัวหมุนเพื่อเลื่อนรางเลื่อนไปที่พิกัดต่างๆ โดยในแต่ละแนวแกนจะใช้ Stepping Motor 1 ตัว เป็นตัวควบคุม

5. รางเลื่อน จะเป็นตัวเคลื่อนที่ไปยังพิกัดค่าต่างๆ ตามข้อมูลที่ส่งมา

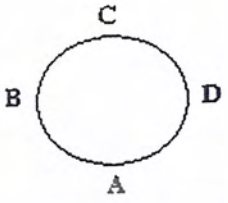
สาเหตุที่เลือกใช้บอร์ด FPGA



รูปที่ 3.2 แสดงการเคลื่อนที่ 2 แนวแกนด้วยความเร็วคงที่

- จาก A ไป B จะมีการเคลื่อนที่เพียง 1 แนวแกนนั่นคือแกน X และแกน Y มีความเร็วเป็น 0
- จาก B ไป C จะมีการเคลื่อนที่เพียง 1 แนวแกนนั่นคือแกน Y และแกน X มีความเร็วเป็น 0
- จาก A ไป C จะมีการเคลื่อนที่ 2 แนวแกนด้วยความเร็วคงที่เท่าๆกันทั้งแกน X และแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการ

- ที่จุด A แกน X จะมีความเร็วสูงสุดไปทางทิศ –X และแกน Y จะมีความเร็วเป็น 0
- ที่จุด B แกน Y จะมีความเร็วสูงสุดในทิศ +Y และแกน X จะมีความเร็วเป็น 0
- ที่จุด C แกน X จะมีความเร็วสูงสุดในทิศ +X และแกน Y จะเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลมความเร็วเป็น 0
- ที่จุด D แกน Y จะมีความเร็วสูงสุดในทิศ –Y และแกน X จะมีความเร็วเป็น 0

รูปที่ 3.4 แสดงการเคลื่อนที่แบบพาราโบลา

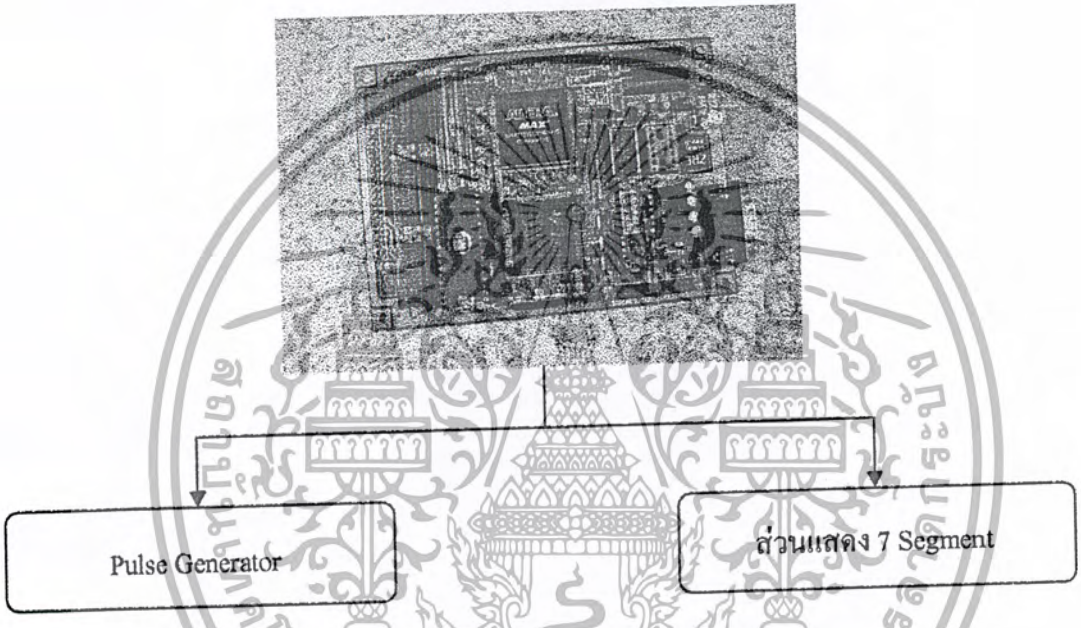
- พาราโบลาแกน X จะมีความเร็วคงที่แต่แกน Y จะมีความเร่งคงที่

เนื่องจากเราต้องการควบคุมพิกัด 2 แนวแกนไปพร้อมๆกัน ถ้าเกิดใช้บอร์ด MCS-51 การทำงาน 2 แกนพร้อมๆกันจะสามารถทำได้ยาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกเราจึงใช้ FPGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบ

ในขั้นตอนแรกจะสร้างตัวกำเนิดความถี่ก่อน ค่าความถี่ที่ได้นั้นจะต้องเปลี่ยนแปลงได้ เป็น127 ระดับ ในที่นี้จะใช้ บอร์ด FPGA รุ่น FLEX 10k เป็นตัวสร้างความถี่



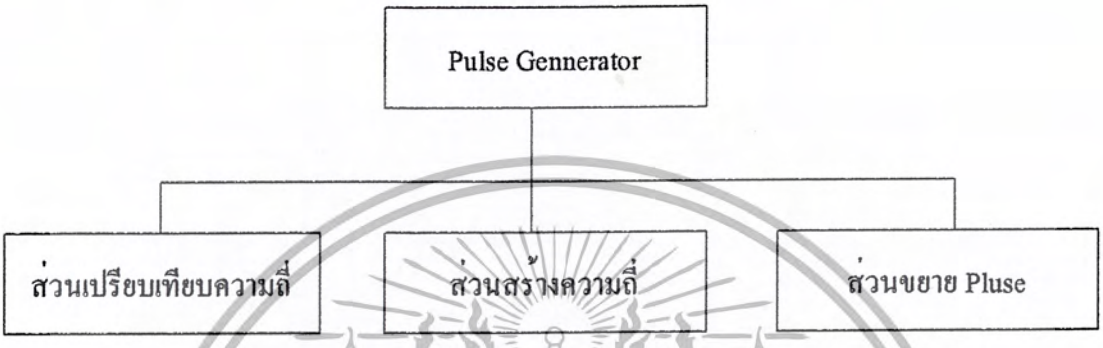
รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรม ภายใน FPGA

สามารถแบ่งส่วนประกอบได้ 2 ส่วน ดังนี้

1) Pulse Generator จะเป็นตัวสร้างความถี่
2) 7 Segment จะเป็นตัวแสดงค่าความถี่ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 Pulse Generator



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของ Pulse Generator

มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1) ส่วนเปรียบเทียบความถี่
2) ส่วนสร้างความถี่
3) ส่วนขยาย Pulse

3.1.1.1 ส่วนเปรียบเทียบความถี่

	A	B	C	D	E	F	G	O/P
0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0	0	0	1	1	1
4	0	0	0	0	1	0	0	1
5	0	0	0	0	1	0	1	1
6	0	0	0	0	1	1	0	1
.								
126	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 3.1 ตารางค่าความจริง

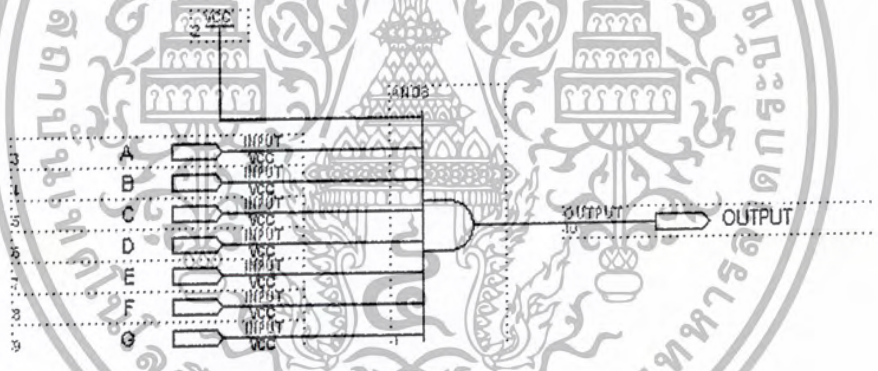
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{A}\ \overline{B}\ C$

DE/FG	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

รูปที่ 3.7 K-Map

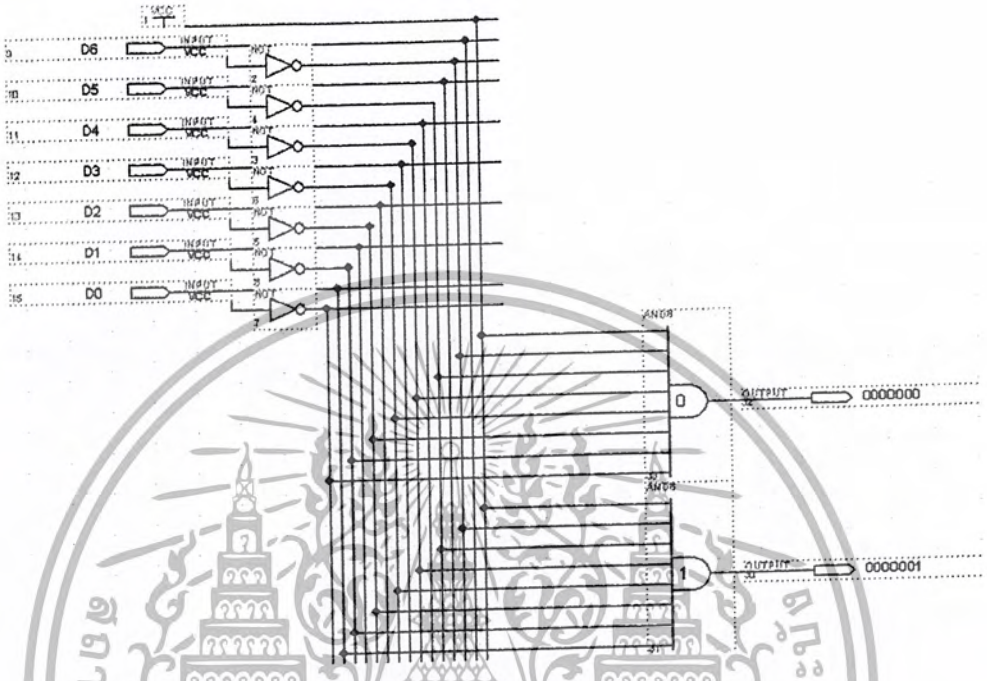
ได้มาจากการนำข้อมูลเลขฐานสองมาเขียน True Table ของระดับความเร็วทั้ง 127ระดับ ซึ่งจะมีตั้งแต่ระดับ 0 ถึง 126 ทำให้มีความถี่แตกต่างกัน 127 ค่า นำค่า O/P ที่ได้จาก True Table มาเขียน K-Map เพื่อนำมาลดรูป แล้วเขียนเป็นวงจร จาก O/P ที่ได้ ไม่มีความเกี่ยวเนื่องกัน ดังนั้นจึงมีสมการ 127 สมการ นั่นคือมี 127 กรณี



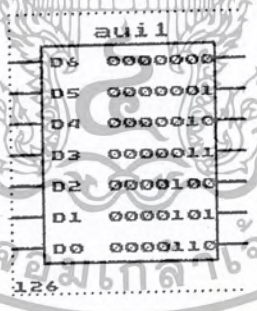
รูปที่ 3.8 วงจรที่ได้จาก K-Map

จากตาราง K-Map จะได้สมการ คือ $Y = \overline{A\ B\ C\ D\ E\ F\ G}$ นั่นคือเราจะใช้AND Gate 7 เอาท์พุทมาช่วย แต่ AND 7 INPUT ไม่เป็นที่นิยมใช้จึงใช้ แบบ 8 INPUT แทน ขาที่เหลือจะใส่ Logic 1 (ไฟเลี้ยงขนาด 5V) เข้าไป นำวงจรที่ได้จาก K-Map ทั้ง 127 กรณีมาต่อรวมกัน แล้วทำการสร้างเป็น Box อุปกรณ์ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 เขียนวงจรจาก K-Map ทุกกรณี



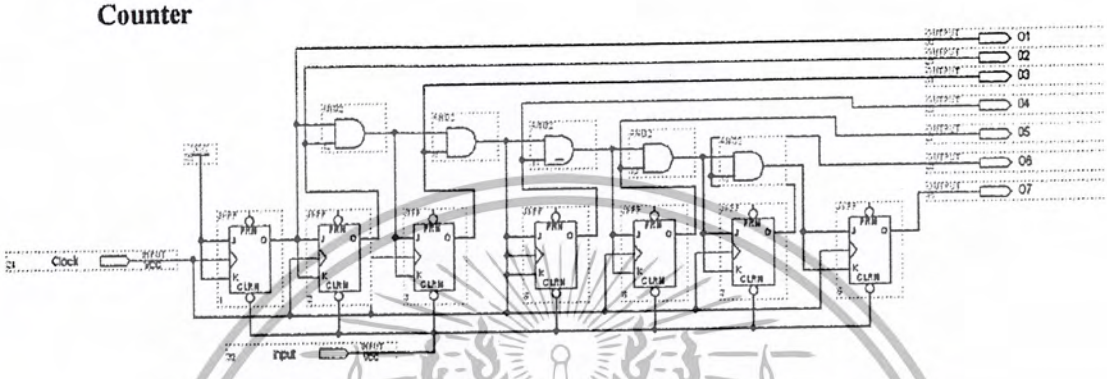
รูปที่ 3.10 Box ที่ได้จากสมการจากตาราง K-Map

เมื่อสร้าง Box ครบ 127 ระดับแล้วก็จะนำแต่ละ Box มาเปรียบเทียบกับค่าจาก Counter ซึ่ง Counter จะเป็นตัวสร้างความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

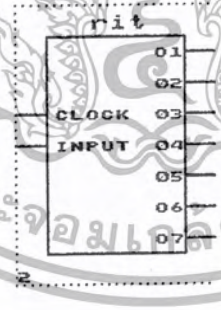
3.1.1.2 ส่วนสร้างความถี่

Counter



รูปที่ 3.11 วงจร Counter 7 บิต

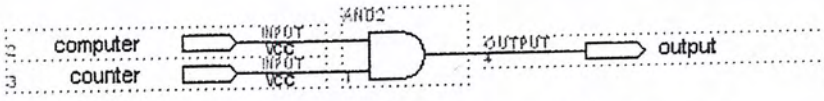
รูปที่ 3.11 เป็นวงจร Counter ขนาด 7 บิต สามารถสร้างเป็น Box วงจร Counter ได้ดังรูป 3.12 วงจร Counter จะเป็นตัวกำหนดความถี่ได้โดยป้อนสัญญาณ Clock ขนาด 10 kHz และขาอินพุทจะเป็นสัญญาณเคลียร์ Counter เพื่อให้Counter



รูปที่ 3.12 Box วงจร Counter เริ่มนับใหม่

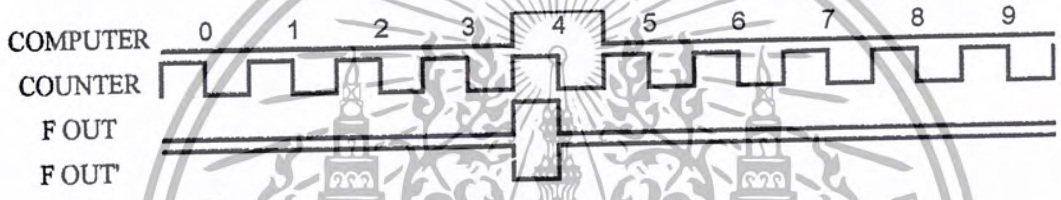
ความถี่จะถูกกำหนดได้จากการเปรียบเทียบค่าระหว่างสัญญาณเลขฐาน 2 ที่ได้จากคอมพิวเตอร์กับสัญญาณจาก Counter โดยการใช้ AND GATE 2 อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ตัวเปรียบเทียบค่าระหว่าง Counter กับ Computer

เมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าระหว่าง Counter กับ Computer แล้วตรงกันจะมีสัญญาณ Pulse เล็กๆ เกิดขึ้น ความถี่ของสัญญาณที่ได้ เกิดจากการเอา 10 kHz หารด้วยผลรวมของเลขฐาน 2

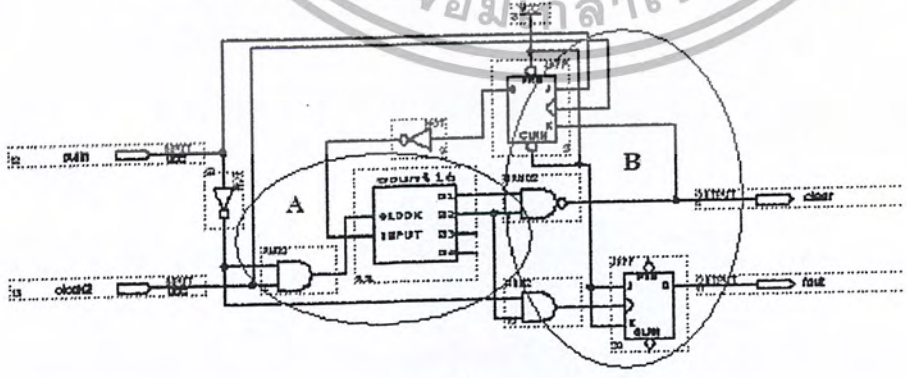


รูปที่ 3.14 กราฟแสดงผลของการทำงานระหว่าง Counter กับ Computer

Counter จะทำการนับค่าขึ้นตลอดเวลา เมื่อมีค่าตรงกับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์จะ Generate Pulse ลูกเล็กๆออกมาดังรูปที่ 3.14 จากนั้นสัญญาณที่ได้จะนำไปขยายด้วยวงจร Delay

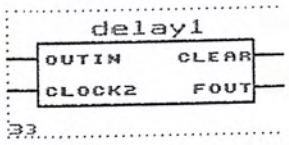
จากนั้นนำ F OUT ของทุก Box มารวมกัน โดยใช้ AND GATE 2 อินพุท ดังนั้นจึงต้องทำการ Invert สัญญาณ F OUT เป็น F OUT'

3. 1.1.3 ส่วนขยาย Pulse



รูปที่ 3.15 วงจร Delay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



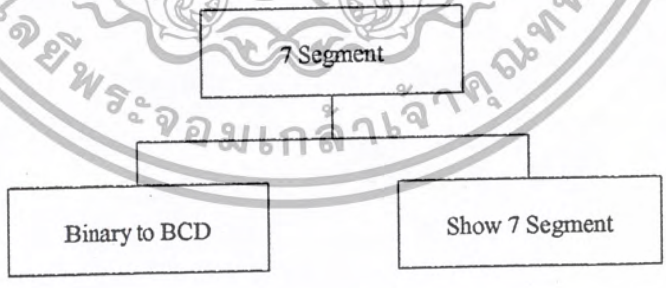
รูปที่ 3.16 Box วงจร delay

ในวงจร Delay จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. วงจร A ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ Clear ไปที่ Counter 7 บิต โดยสัญญาณนี้จะส่งออกมาเมื่อค่า F OUT เป็น 0 ขณะที่ค่า F OUT เป็น 0 สัญญาณ Clock2 ที่มีความถี่ 100 kHz จะส่งให้ Counter 4 บิต ทำการนับ เมื่อนับค่า 3 (Q1 และ Q2 เป็น 1) สัญญาณ Clear จะถูกส่งออกไป Clear Counter 7 บิต

2. วงจร B ทำหน้าที่ขยาย Pulse ที่เกิดจาก F OUT จะทำงานโดยใช้สัญญาณ Q2 ของ Counter 4 บิต เมื่อ Counter 4 บิต เริ่มนับ (F OUT เป็น 0) จนถึงค่า 2 Q2 จะส่งค่าไป Trig JK-FF ให้ทำการ Toggle สัญญาณเอาท์พุท จึงได้เอาท์พุทที่มี Duty Cycle เท่ากันแต่ความถี่เปลี่ยนแปลงไป จากนั้นจะส่งไปที่ตัว Drive Stepping Motor ต่อไป

3.2 Seven Segment (7 Segment)



รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบของส่วน 7 Segment

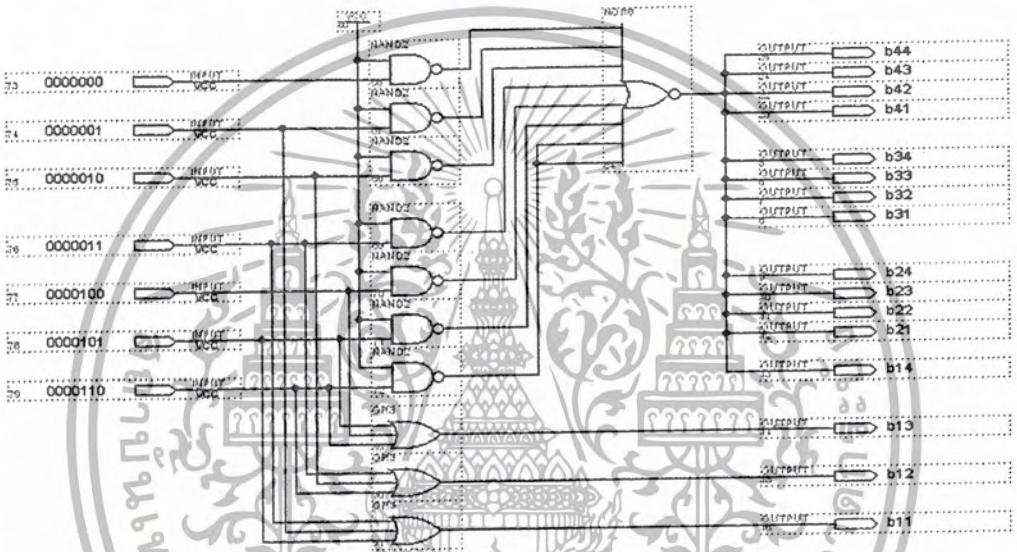
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วน 7 Segment จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

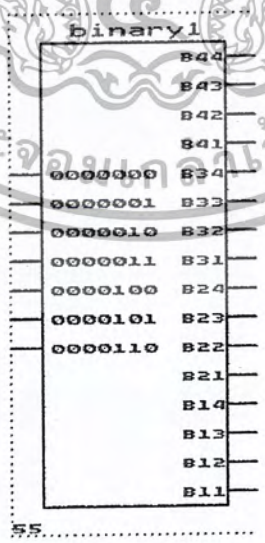
1) ส่วนแปลงเลขฐานสองเป็น BCD (Binary to BCD)

2) ส่วนแสดง 7 Segment

3.2.1 ส่วนแปลงเลขฐานสองเป็น BCD



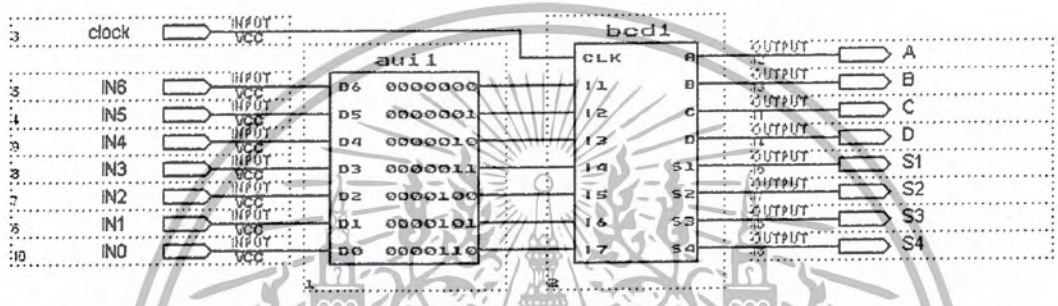
รูปที่ 3.18 วงจรแปลงเลขฐานสองเป็น BCD



รูปที่ 3.19 Box Binary to BCD

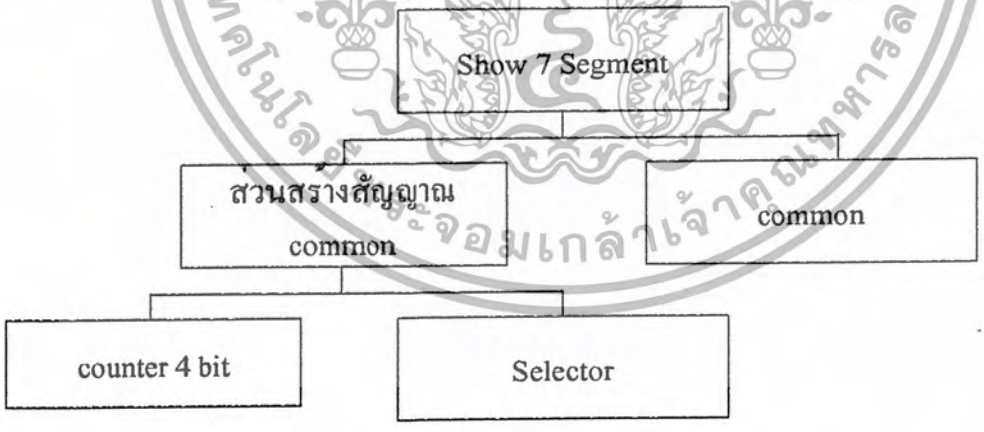
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้จะสร้างสัญญาณ BCD ออก โดยการเปรียบเทียบกับสัญญาณเลขฐานสอง ที่ได้จาก Box ข้อมูลเลขฐานสอง ซึ่งรับข้อมูลจาก Computer โดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีตัวเปรียบค่านี้ 127 ค่า จึงควรสร้างเป็น Box ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ตำแหน่งการวางวงจร Binary to BCD จะอยู่ต่อจาก Box เลขฐานสอง ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงจุดเชื่อมต่อของส่วน 7 Segment กับ Box รับสัญญาณจาก Computer

3.2.2 ส่วนแสดง 7 Segment (Show BCD)

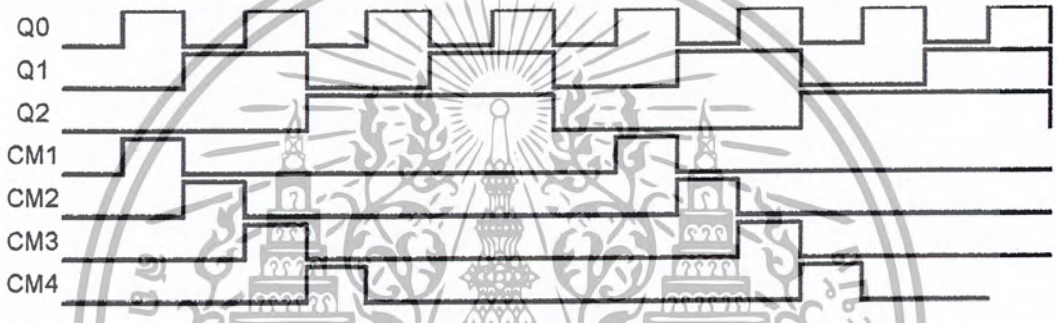


รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบของ ส่วน Show BCD

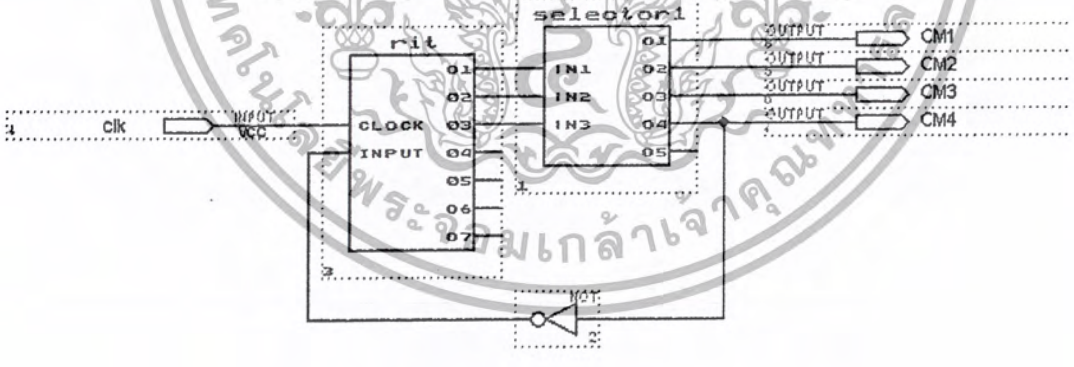
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีส่วนประกอบดังนี้ คือ

3.2.2.1 ส่วนสร้างสัญญาณ Common เพื่อสลับหลักของ 7 Segment โดยจะใช้ Counter 4 บิต เป็นตัวสลับ หลักที่ต้องแสดงมี 3 หลัก ดังนั้น จึงใช้เพียง 3 บิต จากนั้น จึงส่งข้อมูลไปให้ Selector ซึ่ง Selector จะเลือกให้สัญญาณเฉพาะค่าเท่านั้น เมื่อสัญญาณ CM4 ถูกส่งออกมาจาถูกนำไป Clear Counter 4 บิต ให้เริ่มนับใหม่



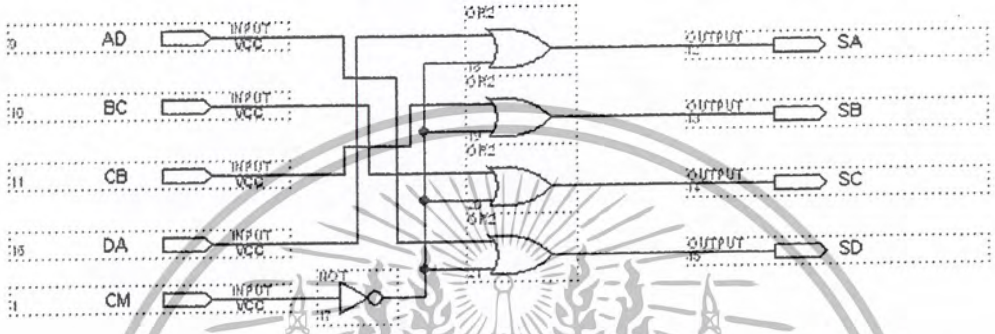
รูปที่ 3.22 กราฟสัญญาณ Common ที่ได้จาก Selector



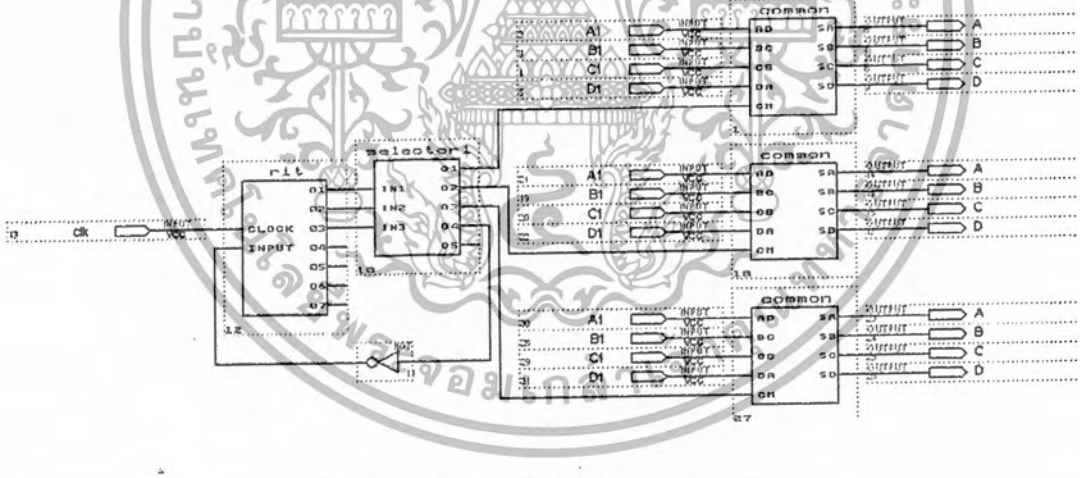
รูปที่ 3.23 แสดงการต่อ Counter 4 บิต กับ Selector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 ส่วน Common ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นประตู เปิดให้สัญญาณที่แปลงเป็น BCD แล้วผ่านไปได้ โดยจะให้ผ่านเมื่อมีสัญญาณ Common เข้ามาเท่านั้น



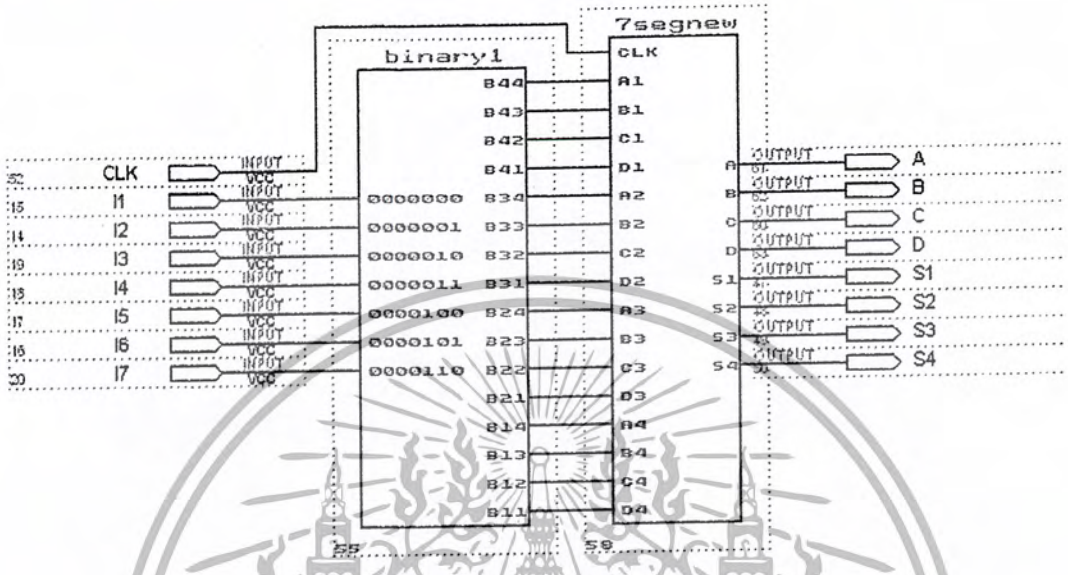
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรในส่วนของ Common



รูปที่ 3.25 แสดงการต่อวงจรในส่วน Show BCD

จากนั้นรวมส่วน Binary to BCD และ Show BCD เข้าด้วยกัน ก็จะได้ ส่วนของ 7 Segment จะได้ดังรูปที่ 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

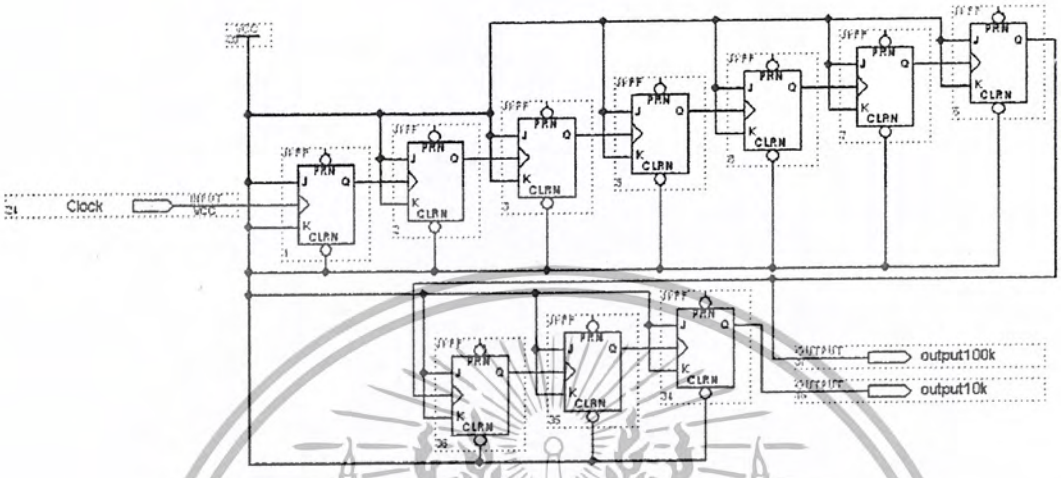


รูปที่ 3.26 แสดงส่วนของ 7 Segment

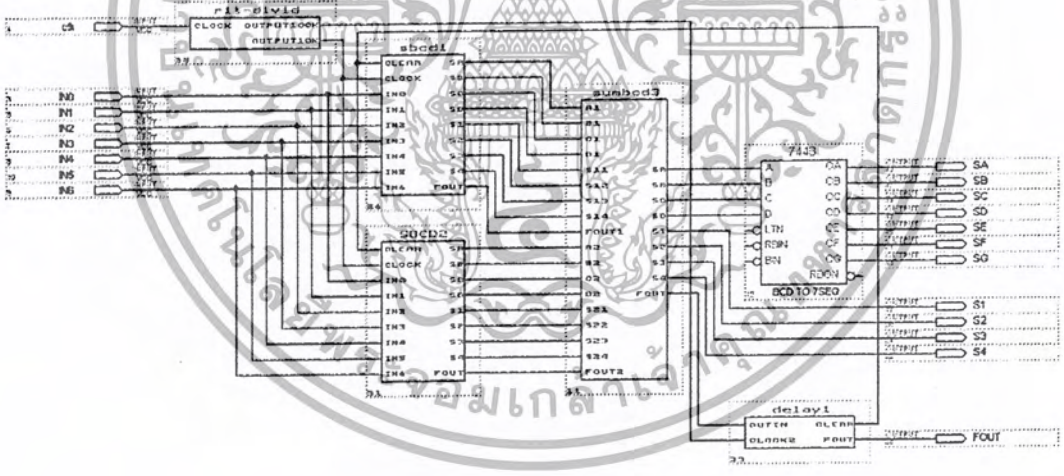
3.3 วงจรหารความถี่

เนื่องจากความถี่ของ Oscillator ในบอร์ด FPGA มีค่าประมาณ 12 MHz ดังนั้นเราจึงต้องนำวงจรหารความถี่มาใช้ วงจรหารความถี่เกิดจากการใช้ JK-FF มาต่อในโหมด Toggle สัญญาณเอาท์พุทจะเป็นสัญญาณ Clock ของตัวถัดไป จำนวนของJK-FF จะเป็นเลขชี้กำลังของ 2 โดยต้องหารประมาณ 2^{11}(ใช้ JK-FF 11 ตัว) เพื่อให้ได้ความถี่ 10 kHz และหารด้วย 2^{7} (ใช้ JK-FF 7 ตัว) เพื่อให้ได้ความถี่ 100 kHz ดังแสดงในภาพที่ 3.26 นำวงจรนี้ต่อที่ส่วนของสัญญาณ Clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แสดงวงจรหารความถี่



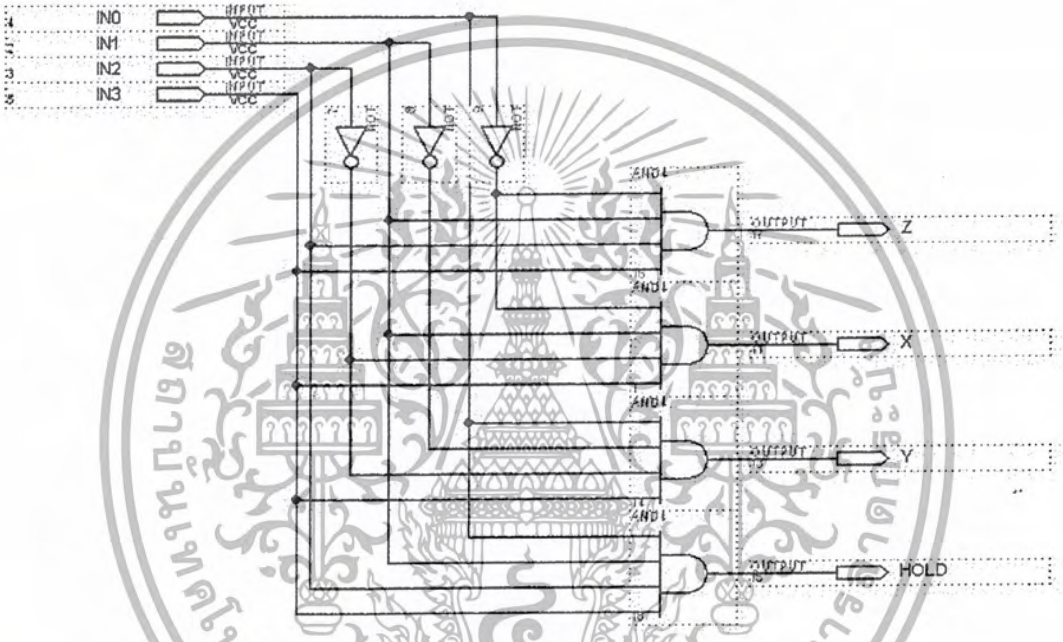
รูปที่ 3.28 วงจรสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์

การรับค่าจากคอมพิวเตอร์ที่ Port 378 นั้นจะทำได้เพียงทีละแกน (8bit) เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องใช้ Port 37A กับ วงจร Latch เข้าช่วย

3.4.1 ส่วนรับค่า Port 37A



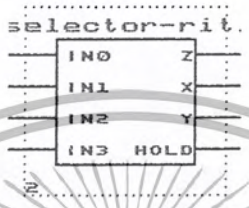
รูปที่ 3.29 วงจรรับสัญญาณจาก Port 37A

ตารางที่ 3.2 ค่า Port 37A

ค่าที่ Port 37A ที่ป้อน	ค่า Port 37 A ที่ได้	ได้สัญญาณควบคุมแกน
5	1110	Z
1	1010	X
2	1001	Y
4	1111	HOLD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

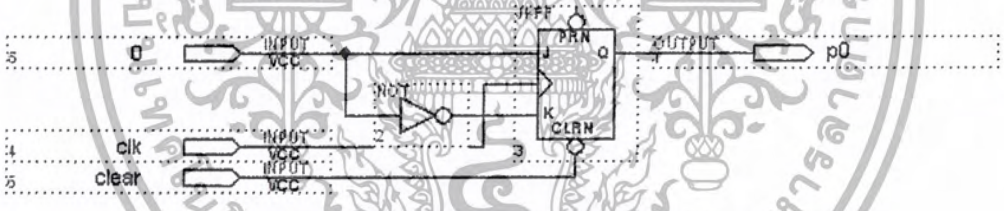
วงจรรับค่าจาก Port 37A แสดงดังรูปที่ 3.29 ในที่นี้จะกำหนดค่าดังดังตารางที่ 3.1 ค่าที่ได้จะเอาไปควบคุมการทำงานของ Latch แต่เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน จึงสร้างเป็นบล็อก ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 บล็อกวงจรรับสัญญาณจาก Port 37A

3.4.2 วงจร Latch

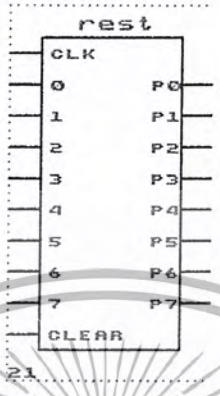
วงจร Latch เป็นวงจรที่ได้จากการนำ JK-FF มาต่อ เพื่อทำการพักข้อมูล แล้วจึงมีสัญญาณ Enable มาทริกให้สัญญาณส่งออกไปได้ ส่วนประกอบของวงจร Latch แสดงดังรูปที่ 3.31



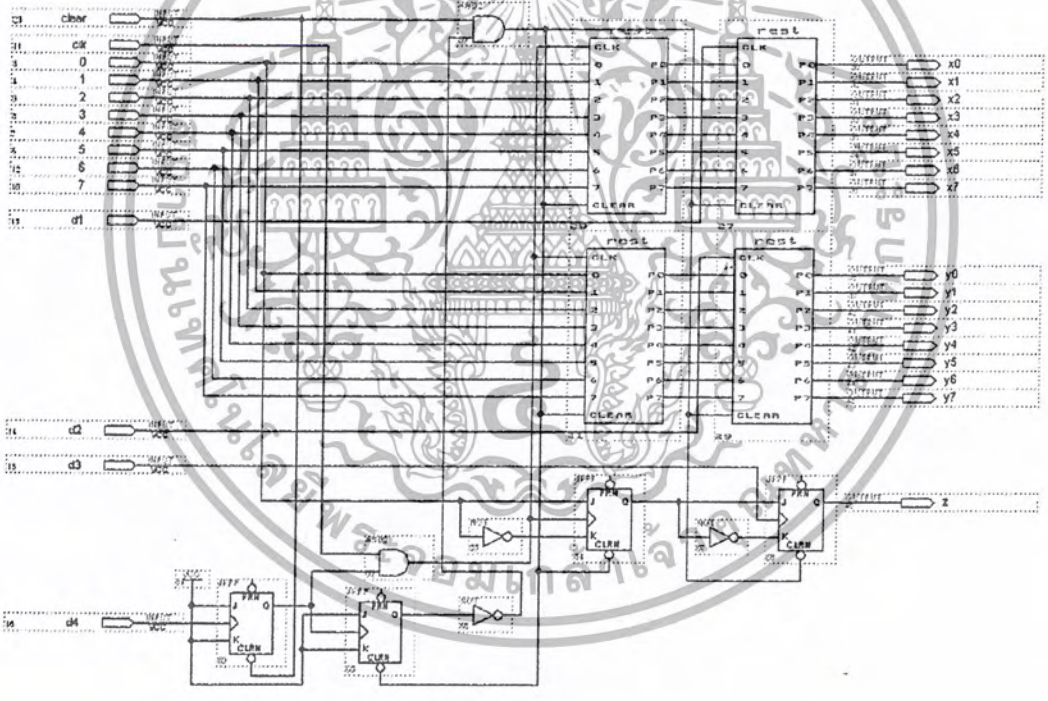
รูปที่ 3.31 ส่วนประกอบของวงจร Latch

จากนั้นเมื่อสร้างทั้ง 8 bit แล้วสร้างเป็นบล็อกจะได้ดังรูปที่ 3.32 จากนั้นสร้างรวมสำหรับ 3 แกนจะได้ดังรูปที่ 3.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 วงจร Latch 8 bit



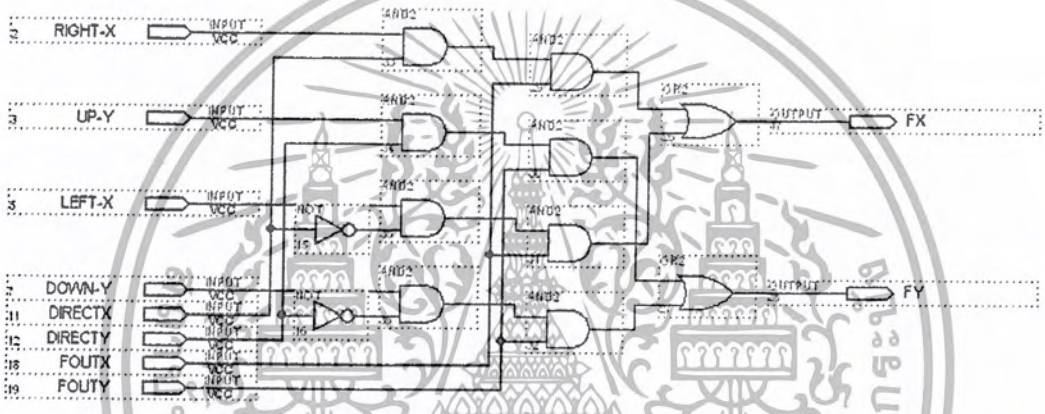
รูปที่ 3.33 วงจร Latch สำหรับสามแนวแกน

การทำงานของวงจร Latch มีดังนี้ คือ เมื่อมีสัญญาณ Hold ส่งมา จะเป็นการปล่อยให้ความถี่ไหลผ่านส่วนพักค่า เพื่อรอสัญญาณแกนที่จะส่งมาให้สัญญาณส่งผ่านออกไปยังส่วนสร้างความถี่ของ

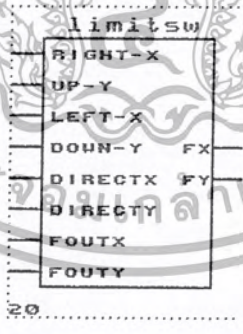
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละแนวแกน ในที่นี้แกน Z นั้นจะใช้เพียง Solenoid จึงมีเพียงสัญญาณ 0 กับ 1 เมื่อวาดรูปเสร็จแล้วจะมีสัญญาณ Hold ส่งมาอีกครั้งเพื่อไม่ให้มีความถี่ไปรับค่ามาอีก หรือกล่าวได้ว่าเป็นการเตรียมพร้อมรับค่าชุดต่อไป

3.5 ส่วนควบคุม Limit Switch



รูปที่ 3.34 วงจรควบคุม Limit switch



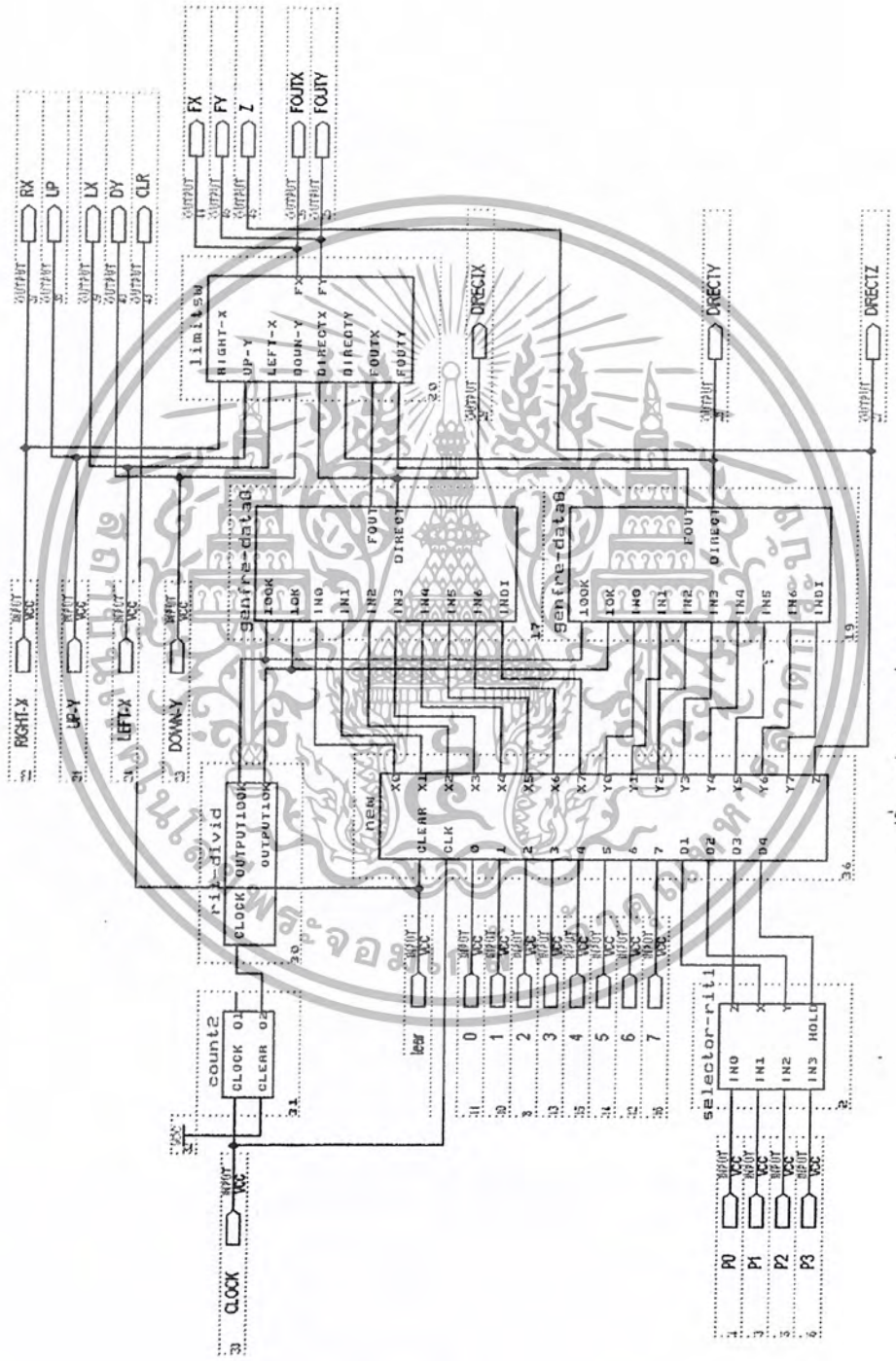
รูปที่ 3.35 บล็อกวงจรควบคุม Limit switch

วงจรควบคุม Limit switch แสดงดังรูปที่ 3.34 มีไว้เพื่อตรวจสอบว่ามอเตอร์เคลื่อนที่ไปสุดรางแล้วหรือยัง ถ้าสุดแล้วจะทำการหยุดส่งความถี่ เพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรมีดังนี้ คือ วงจรจะนำสัญญาณ Direct มาทำการตรวจสอบว่า มอเตอร์เคลื่อนที่ไปทางไหน จากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณจาก Limit switch ถ้าสัญญาณจาก Limit switch หายไปความถี่จะถูกหักล้างให้เป็น Low ตลอด มอเตอร์จึงหยุดหมุน จากนั้นนำส่วนต่างๆ มาต่อรวมกัน โดยสร้างวงจรส่วนสร้างความถี่ให้เป็นบล็อก เพื่อความสะดวกในการนำมาเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

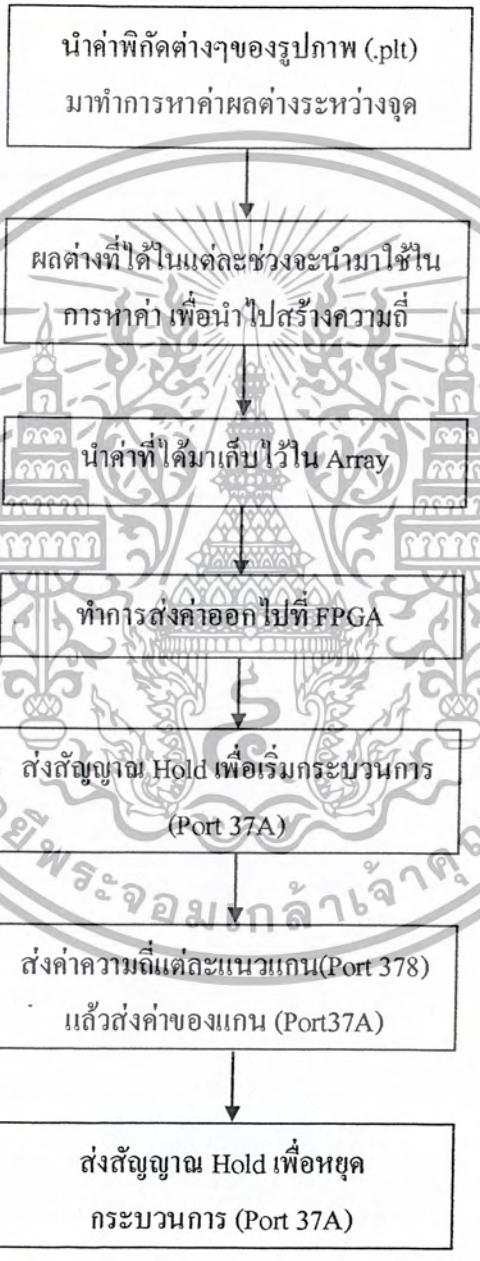


รูปที่ 3.36 รูปวงจรของชุดวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนโปรมภาษาซี

สามารถแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การสร้างพล็อตเตอร์

3.7.1 ส่วนควบคุมการพล็อตเตอร์ โดยใช้เอฟพีจีเอในการสร้างความถี่ควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งสามารถสร้างความถี่หลายแกนพร้อมกันและความถี่ที่ได้คงที เพราะถ้าหากใช้ตระกูล MCS-51 อาจมีการคลาดเคลื่อนที่เกิดจากดีเลย์ การส่งค่าใช้โปรแกรม Coreldraw สร้างแบบภาพและแสดงพิกัดเป็นไฟล์พล็อตเตอร์ (.plt) จากนั้นใช้โปรแกรม C++ Builder นำค่าพิกัดมาคำนวณหาค่าความถี่แล้วส่งระดับความถี่ไปยังบอร์ดเอฟพีจีเอสร้างพัลส์ เพื่อควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

3.7.2 ส่วนขับสเตปปิ้งมอเตอร์

ส่วนนี้ทำหน้าที่ในการขับสเตปปิ้งมอเตอร์ โดยใช้Compumotor รุ่น EOM650 ของบริษัท Paker ซึ่งสามารถปรับความละเอียดของการขับได้เป็นจำนวนตำแหน่งต่อการหมุน1รอบ ซึ่งในโครงงานนี้จะกำหนดความละเอียดไว้ที่ 1000 ตำแหน่ง/รอบ โดยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือชุดของแกน X และแกน Y

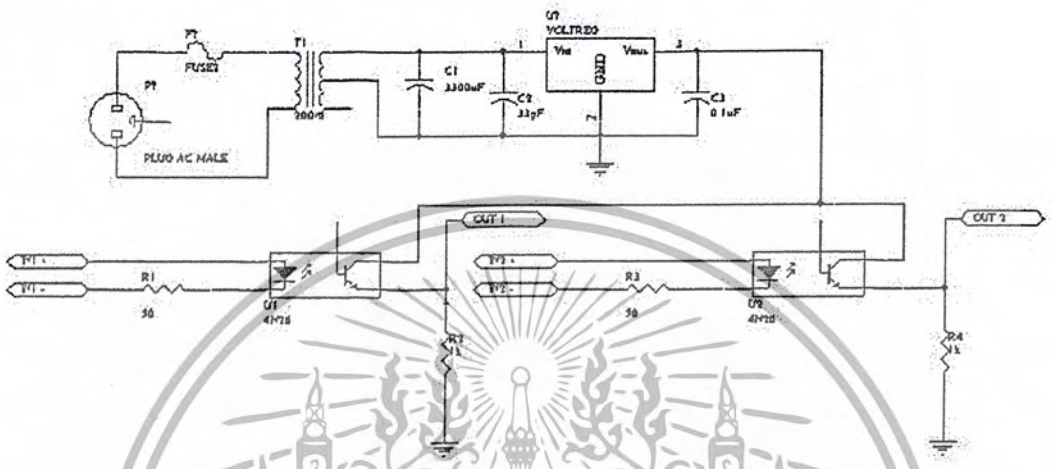
ในการทำงานนั้น Compumotor ต้องการอินพุต 2 ค่า คือ อินพุตที่กำหนดทิศทาง (Direction) การเคลื่อนที่ของสเตปปิ้งมอเตอร์และอินพุตที่กำหนดสเตปการเคลื่อนที่ โดยกำหนดการป้อนพัลส์ 1 พัลส์ต่อการเคลื่อนที่ 1 สเตป

3.7.3 โครงของพล็อตเตอร์และสเตปปิ้งมอเตอร์

โครงสร้างประกอบด้วยส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน X และแกน Y และสเตปปิ้งมอเตอร์จำนวน 2 ตัวที่ทำหน้าที่เลื่อนส่วนที่เคลื่อนที่ในแนวแกน X และ แนวแกน Y รวมไปถึงลิมิตสวิตซ์จำนวน 4 ตัว ที่ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตในการพล็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจร Opto Isolator



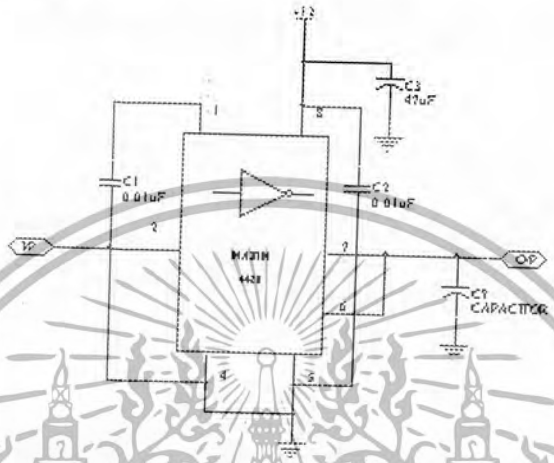
รูปที่ 3.37 วงจร Opto Isolator

วงจร Opto Isolator จะต่อที่ส่วนของความถี่เอาท์พุท และส่วน Direct เพื่อป้องกันไม่ให้ บอร์ด FPGA เสียหาย และยังเป็นการ Pull up สัญญาณ พร้อมยังลดการกระเพื่อมขณะเป็น Logic 1 ได้อีกด้วย

เนื่องจากการต่อวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยตรงจะมีการดึงกระแสภายในบอร์ด FPGA ส่งผลทำให้แรงดันตกลง ไม่พอที่จะทำให้ตัวขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานได้แบบปกติ และอาจส่งผลให้บอร์ด FPGA เกิดความเสียหายได้ วงจร Opto Isolator จะช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับบอร์ด FPGA พร้อมยังเป็นการ Pull up ระดับของแรงดันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรขับกระแสสำหรับโซลีนอย



รูปที่ 3.38 วงจร MAX 4420

เป็นวงจรที่ใช้สำหรับขับโซลีนอย (Solenoid) ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก FPGA แล้วส่งไปควบคุมแกน Z โดยมีหลักการทำงานดังนี้

รับสัญญาณดิจิตอล จาก FPGA ที่ผ่านออปโตไอโซเลเตอร์แล้ว เมื่อวัญญาณเป็น 1 จะให้แรงดัน เอาท์พุทเป็น 12V เพื่อนำไปขับโซลีนอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ความถี่ที่ได้จากค่าอินพุทต่างๆ

ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)
0	0	19	646.97	38	323.48
1	12.292k	20	614.62	39	315.19
2	6.1462k	21	585.36	40	307.31
3	4.0975k	22	558.75	41	299.81
4	3.0731k	23	534.45	42	292.68
5	2.4585k	24	512.19	43	285.87
6	2.0487k	25	491.7	44	279.37
7	1.7560k	26	472.79	45	273.16
8	1.5365k	27	455.28	46	267.22
9	1.3658k	28	439.02	47	261.54
10	1.2292k	29	423.88	48	256.09
11	1.1175k	30	409.75	49	250.86
12	1.0243k	31	396.53	50	245.85
13	945.58	32	384.14	51	241.03
14	878.04	33	372.5	52	236.39
15	819.5	34	361.54	53	231.93
16	768.28	35	351.21	54	227.64
17	723.09	36	346.46	55	223.5
18	682.92	37	332.23	56	219.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)
57	215.65	79	155.6	101	121.7
58	211.94	80	153.65	102	120.51
59	208.34	81	151.76	103	119.34
60	204.87	82	149.9	104	118.19
61	201.51	83	148.1	105	117.07
62	198.26	84	146.34	106	115.96
63	195.12	85	144.61	107	114.88
64	192.07	86	142.93	108	113.82
65	189.11	87	141.29	109	112.77
66	186.25	88	139.68	110	111.75
67	183.47	89	138.11	111	110.74
68	180.77	90	136.58	112	109.75
69	178.15	91	135.08	113	108.78
70	175.6	92	133.61	114	107.82
71	173.13	93	132.17	115	106.89
72	170.73	94	130.77	116	105.97
73	168.39	95	129.39	117	105.06
74	166.11	96	128.04	118	104.17
75	163.9	97	126.72	119	103.29
76	161.74	98	125.43	120	102.43
77	159.64	99	124.16	121	101.59
78	157.59	100	122.92	122	100.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

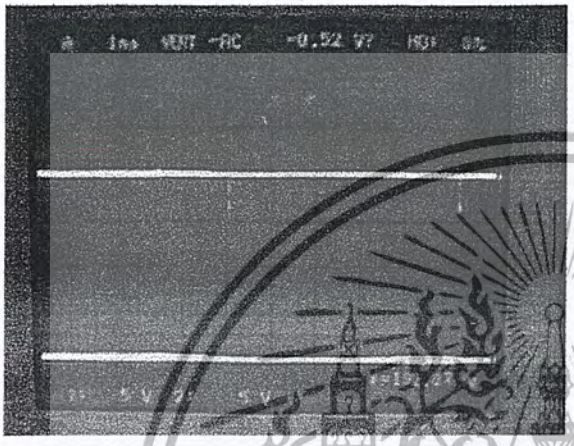
ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)
123	99.939	-18	682.92	-40	307.31
124	99.133	-19	646.97	-41	299.81
125	98.34	-20	614.62	-42	292.68
126	97.56	-21	585.36	-43	285.87
127	96.791	-22	558.75	-44	279.37
-1	12.292k	-23	534.45	-45	273.16
-2	6.1462k	-24	512.19	-46	267.22
-3	4.0975k	-25	491.7	-47	261.54
-4	3.0731k	-26	472.79	-48	256.09
-5	2.4585k	-27	455.28	-49	250.86
-6	2.0487k	-28	439.02	-50	245.85
-7	1.7560k	-29	423.88	-51	241.03
-8	1.5365k	-30	409.75	-52	236.39
-9	1.3658k	-31	396.53	-53	231.93
-10	1.2292k	-32	384.14	-54	227.64
-11	1.1175k	-33	372.5	-55	223.5
-12	1.0243k	-34	361.54	-56	219.51
-13	945.58	-35	351.21	-57	215.65
-14	878.04	-36	346.46	-58	211.94
-15	819.5	-37	332.23	-59	208.34
-16	768.28	-38	323.48	-60	204.87
-17	723.09	-39	315.19	-61	201.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

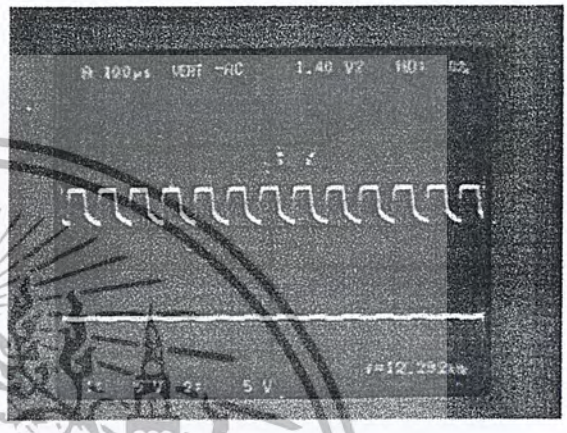
ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)	ค่าจาก Computer	ความถี่ (Hz)
-62	198.26	-84	146.34	-106	115.96
-63	195.12	-85	144.61	-107	114.88
-64	192.07	-86	142.93	-108	113.82
-65	189.11	-87	141.29	-109	112.77
-66	186.25	-88	139.68	-110	111.75
-67	183.47	-89	138.11	-111	110.74
-68	180.77	-90	136.58	-112	109.75
-69	178.15	-91	135.08	-113	108.78
-70	175.6	-92	133.61	-114	107.82
-71	173.13	-93	132.17	-115	106.89
-72	170.73	-94	130.77	-116	105.97
-73	168.39	-95	129.39	-117	105.06
-74	166.11	-96	128.04	-118	104.17
-75	163.9	-97	126.72	-119	103.29
-76	161.74	-98	125.43	-120	102.43
-77	159.64	-99	124.16	-121	101.59
-78	157.59	-100	122.92	-122	100.75
-79	155.6	-101	121.7	-123	99.939
-80	153.65	-102	120.51	-124	99.133
-81	151.76	-103	119.34	-125	98.34
-82	149.9	-104	118.19	-126	97.56
-83	148.1	-105	117.07	-127	96.791

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

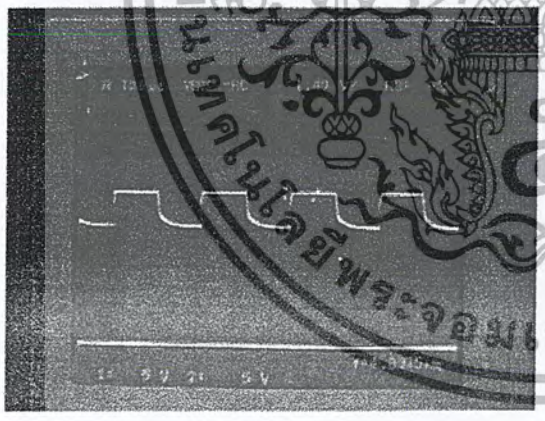
4.1 ผลการวัดที่ค่าความถี่ต่างๆ



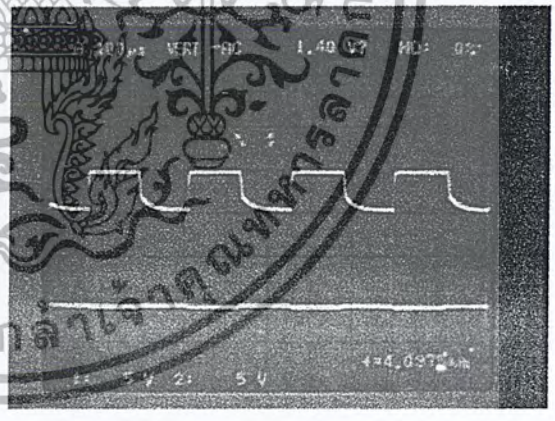
รูปที่ 4.1 เมื่อป้อนค่าเป็น 0



รูปที่ 4.2 เมื่อป้อนค่าเป็น-1

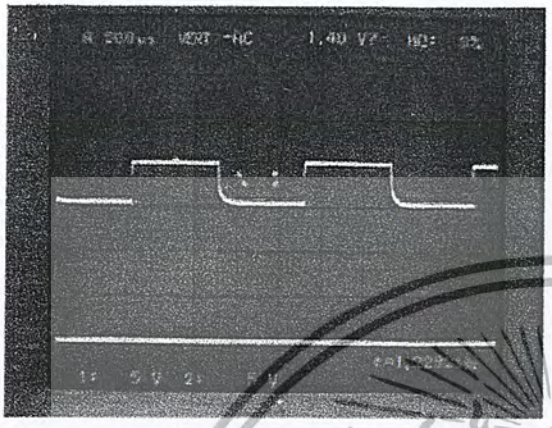


รูปที่ 4.3 เมื่อป้อนค่าเป็น +3

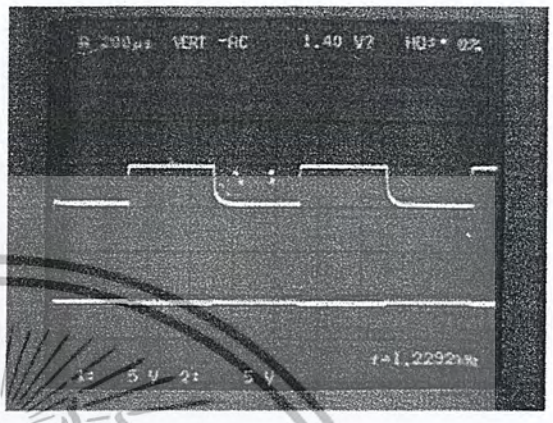


รูปที่ 4.4 เมื่อป้อนค่าเป็น -3

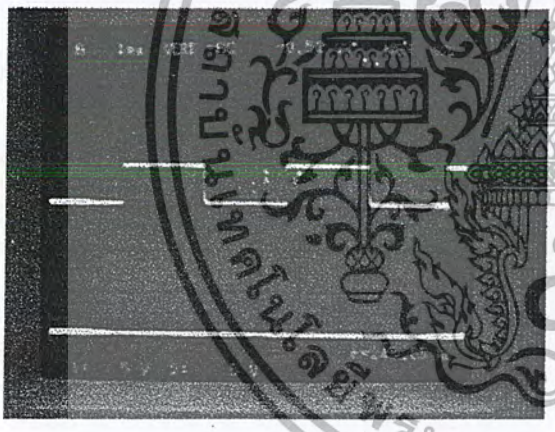
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



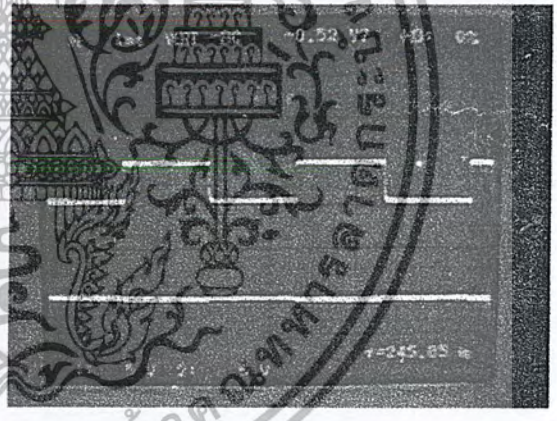
รูปที่ 4.5 เมื่อป้อนค่าเป็น +10



รูปที่ 4.6 เมื่อป้อนค่าเป็น -10

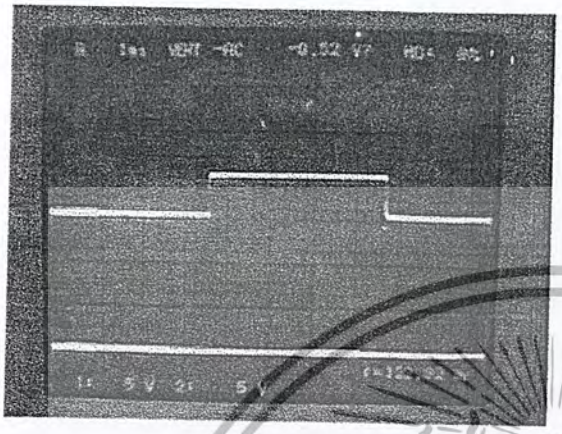


รูปที่ 4.7 เมื่อป้อนค่าเป็น +50

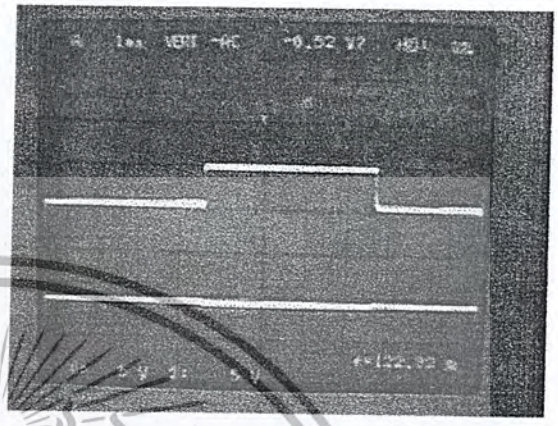


รูปที่ 4.8 เมื่อป้อนค่าเป็น -50

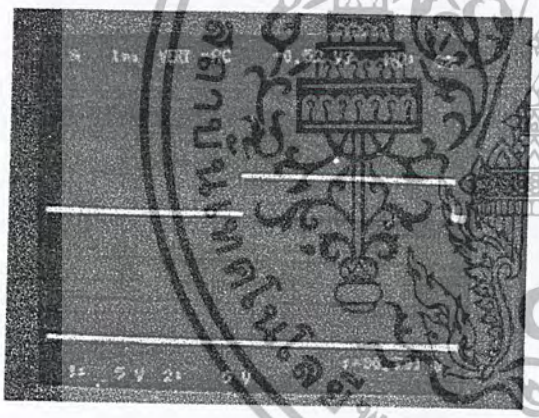
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



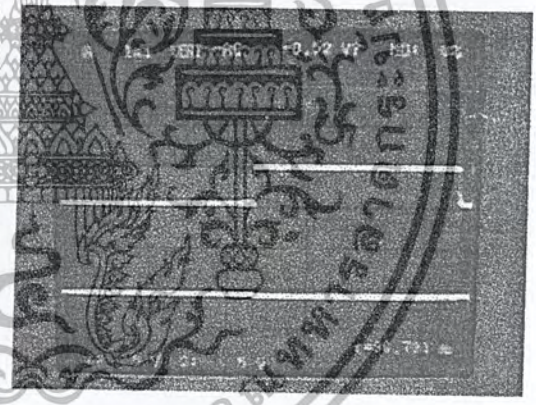
รูปที่ 4.9 เมื่อป้อนค่าเป็น +100



รูปที่ 4.10 เมื่อป้อนค่าเป็น -100



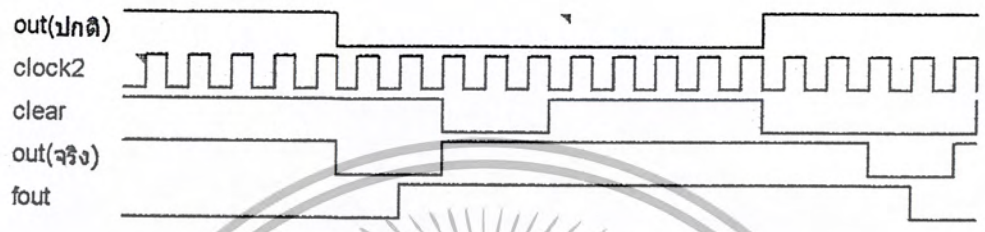
รูปที่ 4.11 เมื่อป้อนค่าเป็น +127



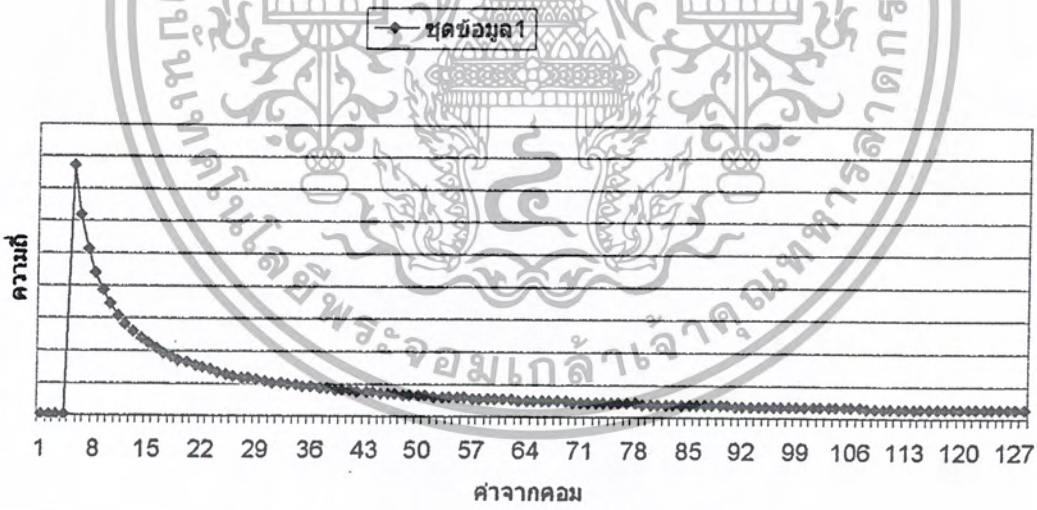
รูปที่ 4.12 เมื่อป้อนค่าเป็น -127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการ Simulate วงจร

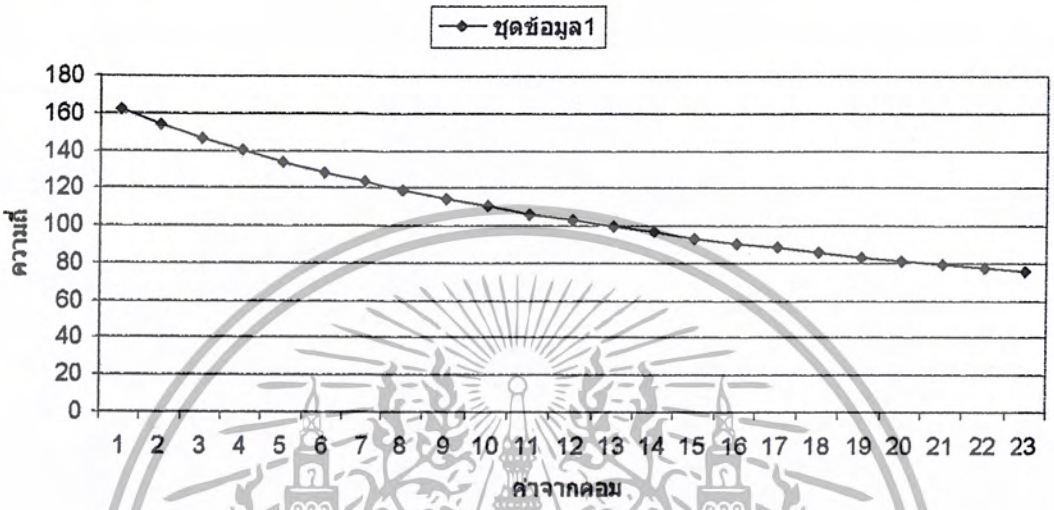


รูปที่ 4.13 ผลการ Simulate วงจร Delay สัญญาณ



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของความถี่ตั้งแต่ 1 – 127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

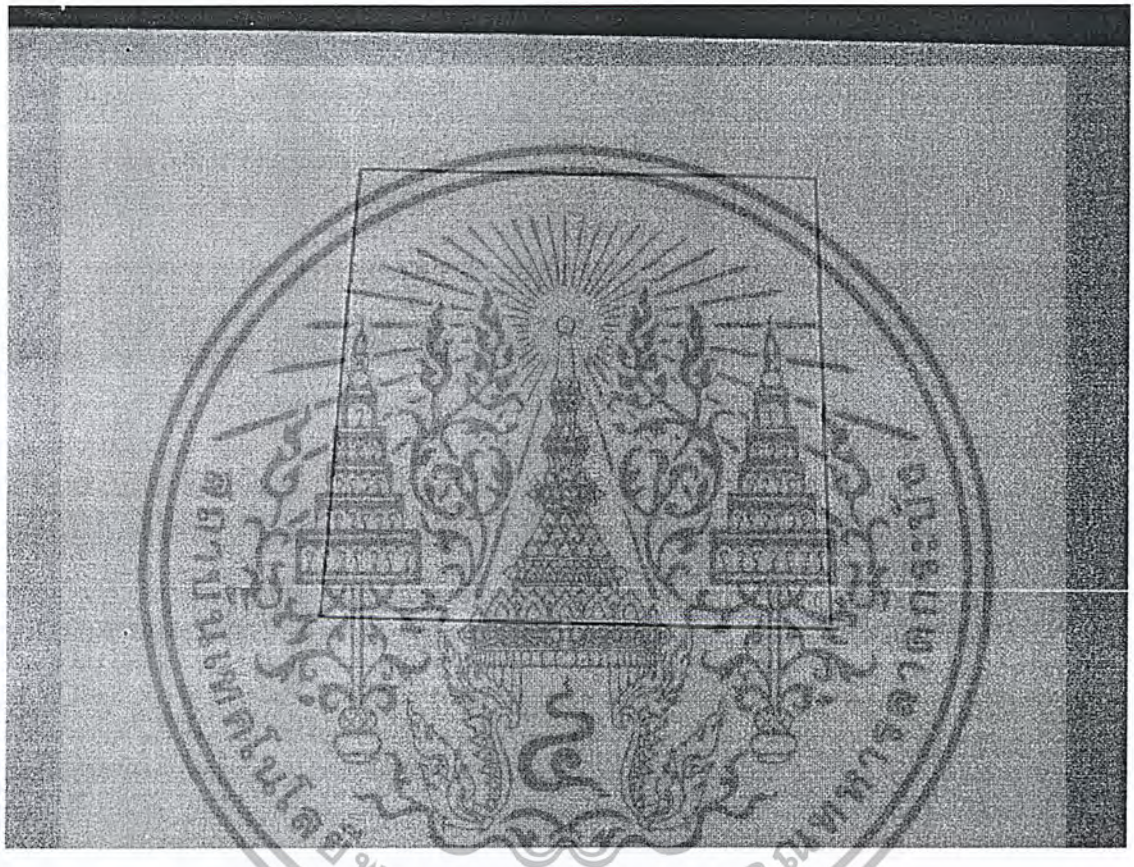


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของความถี่ตั้งแต่ 2 – 40

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าความถี่ต่างๆมาพล็อตเป็นการ เราจะได้ความสัมพันธ์ว่าความถี่ที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ดังนั้นในการนำไปใช้งานเราจึงใช้ความถี่เพียงบางช่วง โดยหลักการเลือกใช้เราจะทดลองที่มอเตอร์ว่ามอเตอร์สามารถใช้งานได้ที่ช่วงความถี่ค่าใด ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ภาพผลการทดลองวาดโดยใช้เครื่องควบคุม 3 แนวแกน



รูปที่ 4.16 วาดรูป 4 เหลี่ยม ครั้งที่ 1

จากภาพที่ 4.16 แสดงการวาดภาพรูป 4 เหลี่ยมโดยใช้ Plotter ขั้นตอนการวาด คือ วาดภาพโดยใช้โปรแกรม Coreldraw แล้ว บันทึกเป็น file plotter (.plt) จากนั้นให้โปรแกรมซีนำค่าพิกัดมาคำนวณและส่งต่อไปยังเอฟพีจีเอให้สร้างพัลล์ เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้วาดภาพดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 ภาพการวาดรูป 4 เหลี่ยม ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.16 และ 4.17 จะเห็นได้ว่าการวาดภาพ 2 ครั้ง จะคลาดเคลื่อนเล็กน้อยซึ่งเป็นผลมาจากความผิดพลาดในโปรแกรม และการทำงานของมอเตอร์

ความผิดพลาดจากโปรแกรม เกิดจากการปัดค่าภายในในโปรแกรม ทำให้บางครั้งความถี่ที่ได้ทั้งสองแกนไม่สัมพันธ์กัน

ความผิดพลาดจากมอเตอร์ เกิดจากตัวขับสเตปมอเตอร์เกิดข้อผิดพลาดในการสร้างความถี่ เกิดจาก2 สาเหตุ คือ

1. ตัวขับมอเตอร์เกิดการดึงกระแสกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เกิดการเปลี่ยนความถี่รวดเร็วเกินไป เป็นผลมาจากการปรับค่าตัวขับสเตปมอเตอร์ ทั้งการปรับ HARMONIC และ ค่ากระแส ไม่สัมพันธ์กัน

รูปที่ 4.18 การวาดวงกลม วงใหญ่ 3 รูป วงเล็ก 2 รูป

จากภาพที่ 4.18 แสดงถึงการปรับเวลาในการส่งค่าจากคอมพิวเตอร์ ถ้าให้เวลาในการส่งค่าเป็นช่วงสั้นๆ ภาพที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาต่อ

- เครื่องสามารถเขียนภาพที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมด้านเท่าได้ถูกต้อง โดยจุดเริ่มต้นและจุดลงท้ายจะจบที่จุดเดียวกัน
- สามารถย่อหรือขยายขนาดของภาพได้โดยการปรับเวลาในการส่ง
- ความไม่ต่อเนื่องของความถี่ที่สร้างขึ้นทำให้ไม่สามารถเขียนภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งได้

การพัฒนา ต้องสร้างให้สามารถสร้างความถี่ได้มาขึ้น

- ในส่วนสร้างความถี่มีลักษณะเป็นวงจรทำให้เมื่อต้องการแก้ไขทำได้ยาก

การพัฒนา นำเอาภาษา VHDL มาช่วยในการเขียน โปรแกรม เพื่อให้การแก้ไขทำได้ง่ายและมีระเบียบมากขึ้น

- ระยะพิกัดที่ได้ยังขาดความแม่นยำ

การพัฒนา นำภาษา VHDL มาช่วยในการเก็บค่าเข้า RAM และการดึงค่าออกจาก RAM แล้วสร้างวงจรที่คอยนับ Plus ของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหา และ การแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากหลายสาเหตุ คือ

5.1 ออกแบบวงจรผิดพลาด มีการแก้ไขหลายครั้ง โดยเริ่มจากใช้การตรวจเช็คความถูกต้องด้วยตา จากนั้นก็ Compile โดยโปรแกรมอีกครั้ง จากนั้นก็ทำการ Simulate วงจร แล้วจึงทดลองกับ ตัว Drive Stepping Motor จริงๆ

5.2 ลืมตรวจเช็คว่าอุปกรณ์ Active High หรือ Low แก้ไขโดยการเปิด Data Sheet จากนั้นลอง Simulate วงจร แล้วทดลองจริง

5.3 มีการตั้งค่าเลือกอุปกรณ์ภายในโปรแกรมผิด เช่น End Time, Grid Side, CPU, Pin locate Ship

5.4 ในการนำไปใช้งานตอนแรกได้มีการสร้างให้บอร์ด FPGA สามารถเก็บค่าไว้ภายใน RAM แล้วดึงข้อมูลออกมาสร้างความถี่ได้โดยอัตโนมัติ แต่เมื่อออกแบบวงจรดึงค่าออกจาก RAM ค่าที่ได้มีความไม่แน่นอนสูง ทำให้ค่าไม่ตรง บางครั้งทำงานได้ บางครั้งทำงานไม่ได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์บางตัวที่เราต้องการให้ทำงานโดยอัตโนมัติได้ จึงมีการแก้ไขโดยเปลี่ยนวิธีการเก็บค่า โดยให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆ แล้วค่อยๆส่งมาเป็นช่วงๆ

5.5 การตั้งค่า สเตปปิ้งมอเตอร์ทำได้ยาก เนื่องจากใช้แหล่งจ่ายไฟแหล่งเดียวกัน ทำให้มีการดึงการแสกัน จึงทำการแก้ไขโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกัน

5.6 การต่อตัวขับมอเตอร์ผิดพลาดที่บริเวณสายจั้ม (POWER LINE, SIGNAL LINE)

5.7 ค่าแรงดันตกลง ทุกที่ที่เกิดเหตุการณ์นี้แก้ได้โดยการต่อวงจร Pull up และใช้วงจร Opto isolator แต่ที่บริเวณ INPUT SIGNAL ของตัวไดร์ฟไม่สามารถแก้ไขได้ จึงแก้ไขโดยการเอา Port COM ออก แล้วใช้สายไฟต่อโดยตรง

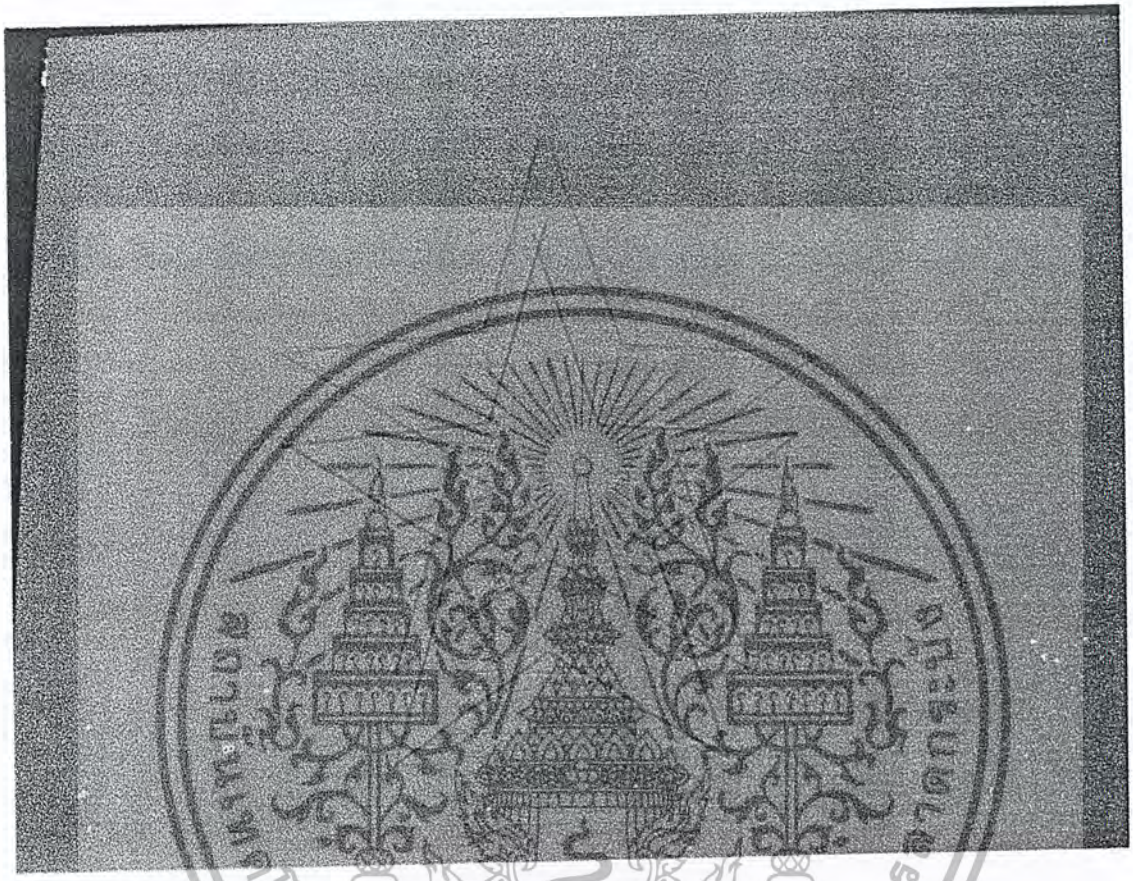
5.8 หม้อแปลงที่ใช้จ่ายกระแสให้ FPGA มีขนาดของกระแสน้อยเกินไปจึงไม่เพียงพอต่อการใช้งาน แก้ไขได้โดยเปลี่ยนหม้อแปลงที่สามารถจ่ายกระแสได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 การวาดภาพดาวแสดงความผิดพลาดจากการปัดค่าในโปรแกรม

5.9 เนื่องจากความถี่ได้จากการปัดค่าภายในโปรแกรม ทำให้มีความไม่ต่อเนื่องระหว่างจุดเกิดขึ้น การแก้ไขมีความซับซ้อนมากเนื่องจากต้องปรับความเร็วในการส่งข้อมูลให้สัมพันธ์กับความถี่ที่สร้างขึ้น และความถี่บางความถี่ไม่สามารถขับตัวขับมอเตอร์ได้และอาจทำให้ใช้เวลาในการวาดรูปนานเกิดไปแสดงดังรูปที่ 5.1 จะเห็นจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้ายคลาดเคลื่อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การวาดรูปดาว 2 ครั้ง

5.10 เกิดความผิดพลาดในการวาดรูป แสดงดังรูปที่ 5.2 เกิดจากสาเหตุ คือ มอเตอร์เกิดการสะดุด จึงเคลื่อนที่ได้ระยะทางไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ดอนสัน ปงผาบ, การเขียนภาษาซีในการควบคุม ISBN : 974-9569-16-4 ,จัดพิมพ์โดยสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),พิมพ์ครั้งที่ 5 ,2546
2. นุกูล กระจาย, การเขียนโปรแกรมระบบวิชวลด้วย C++Builder 5 ISBN : 974-289-069-1, จัดพิมพ์โดย สุวีริยาสาสน์, พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2544
3. ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ , Electronics Laboratory 3,จัดพิมพ์โดยภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์,2545
4. วรรณวิภา ติตถะสิริ, การเขียนโปรแกรม C ด้วยตนเอง ISBN : 974-512-164-9,จัดพิมพ์โดย บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน),2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//---------------------------------------------------------------------------

#include <vcl.h>
#pragma hdrstop
#include "BadMenu.h"
#include "stdio.h"
//---------------------------------------------------------------------------
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
int xx,yy,i,A,B,C,D,E,F,G,H,K;
int fx,fy,Cx,Cy,Cxx,Cyy,Sx,Sy;
int Dx,Dy,Dhx,Dhy,fhx,fhy;//.....
int acharx[2000],achary[2000],xyz[2000];
char acharz[2000];
const char FormName[6] = "File";
//---------------------------------------------------------------------------
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
 Memo1->Clear();
 Memo2->Clear();
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::ExitClick(TObject *Sender)
{
 Close();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void Outp(unsigned short pAddress,unsigned char pValue)
 {
 asm {
     mov dx,pAddress
     mov al,pValue
     out dx,al
    }
 }
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TForm1::FileOpenClick(TObject *Sender)
{
  Memo1->Clear();
  Memo2->Clear();
  Edit1->Clear();
  Edit2->Clear();
  Edit3->Clear();
  Edit4->Clear();
  Edit5->Clear();
  Edit6->Clear();
  Edit7->Clear();
  Edit8->Clear();
  ListBox1->Clear();
  ListBox2->Clear();
  ListBox3->Clear();
  ListBox4->Clear();
  ListBox5->Clear();
  ListBox6->Clear();
  ListBox7->Clear();
  ListBox8->Clear();
  ListBox9->Clear();
  ListBox10->Clear();
  ListBox11->Clear();
  ListBox12->Clear();
  ListBox13->Clear();
  ListBox14->Clear();
  ListBox15->Clear();
  ListBox16->Clear();
  ListBox17->Clear();
  ListBox18->Clear();
  ListBox19->Clear();
  ListBox20->Clear();
  ListBox21->Clear();
  ListBox22->Clear();
  ListBox23->Clear();
  ListBox24->Clear();
  ListBox25->Clear();
  ListBox26->Clear();
  ListBox27->Clear();
  ListBox28->Clear();
  ListBox29->Clear();
  ListBox30->Clear();
  ListBox31->Clear();
  ListBox32->Clear();
  ListBox33->Clear();
  ListBox34->Clear();
  ListBox35->Clear();
  ListBox36->Clear();
  ListBox37->Clear();
  ListBox38->Clear();
  ListBox39->Clear();
  ListBox40->Clear();
  ListBox41->Clear();
  ListBox42->Clear();
  ListBox43->Clear();
  ListBox44->Clear();
  ListBox45->Clear();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ListBox46->Clear();
ListBox47->Clear();
ListBox48->Clear();
ListBox49->Clear();
ListBox50->Clear();
ListBox51->Clear();
ListBox52->Clear();
ListBox53->Clear();
ListBox54->Clear();
ListBox55->Clear();
ListBox56->Clear();
ListBox57->Clear();
ListBox58->Clear();
ListBox59->Clear();
ListBox60->Clear();
ListBox61->Clear();
ListBox62->Clear();
ListBox63->Clear();
ListBox64->Clear();
ListBox65->Clear();
ListBox66->Clear();
ListBox67->Clear();
ListBox68->Clear();
ListBox69->Clear();
ListBox70->Clear();
ListBox71->Clear();
ListBox72->Clear();
ListBox73->Clear();
ListBox74->Clear();
ListBox83->Clear();
if(OpenDialog1->Execute())
{
if(Memo1->Lines->Count>0) Memo1->Clear();
Memo1->Lines->LoadFromFile(OpenDialog1->FileName);
Memo1->Lines->SaveToFile("plotter1.tmp");
}
Edit1->Text=OpenDialog1->FileName;
FILE *fp;
FILE *hp;
int j=1,k=1;
int x[1023],y[1023];
char d[1000],c;
fp=fopen("Plotter1.tmp","r");
hp=fopen("Plotter2.tmp","w");

 j=1;
 while (j<=166)
 {
  fscanf(fp, "%c", &d[j]);
  j=j++;
 }
 j=k=1;
 A=0;
 C=0;
 do
 {
 fscanf(fp, "%c", &d[j]);
 if (d[j]=='P')
  {
  fscanf(fp,
"%c%d%c%d%c%c",&d[j+1],&x[k],&d[j+2],&y[k],&d[j+3],&d[j+4]);
  fprintf(hp, "%c%c%d%c%d%c%c",
d[j],d[j+1],x[k],d[j+2],y[k],d[j+3],d[j+4]);
  acharx[A]=x[k];
  achary[A]=y[k];
  acharz[A]=d[j+1];
  A++;
  }
 else
  {
  fprintf(hp, "%c", d[j]);
  do
  {
  fscanf(fp, "%c", &d[j]);
  fprintf(hp, "%c",d[j]);
  }
 while (d[j]!=';');
  {
  fscanf(fp, "%c", &d[j]);
  fprintf(hp, "%c", d[j]);
  };
 };
 }
 while (!feof(fp));
 fclose(fp);
 fclose(hp);
 if(Memo2->Lines->Count>0)  Memo1->Clear();
 Memo2->Lines->LoadFromFile("plotter2.tmp");
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
 Timer1->Enabled=false;
 Timer2->Enabled=false;
 Edit6->Text=A;
 H=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dhx=acharx[0];
Dhy=achary[0];
if(Dhx>Dhy)//--------------------------Home
{
 fhx=Dhx;
 fhy=Dhy;
 if(fhx>700)
 { do
  { fhx=fhx/2;
   D++;
  } while(fhx>700);
   xx=1;
   for(B=1;B<=D;B++){xx=xx*2;}
     if(fhx>=501 && fhx<=700){Cx=2;}
     if(fhx>=351 && fhx<=500){Cx=3;}
     if(fhx>=271 && fhx<=350){Cx=4;}
     if(fhx>=181 && fhx<=270){Cx=5;}
     if(fhx>=91 && fhx<=180){Cx=10;}
     if(fhx>=46 && fhx<=90){Cx=20;}
     if(fhx>=42 && fhx<=45){Cx=21;}
     if(fhx>=39 && fhx<=41){Cx=22;}
     if(fhx>=36 && fhx<=38){Cx=23;}
     if(fhx>=33 && fhx<=35){Cx=24;}
     if(fhx>=31 && fhx<=32){Cx=25;}
     if(fhx>=29 && fhx<=30){Cx=26;}
     if(fhx>=27 && fhx<=28){Cx=27;}
     if(fhx>=25 && fhx<=26){Cx=28;}
     if(fhx>=23 && fhx<=24){Cx=29;}
     if(fhx>=21 && fhx<=22){Cx=30;}
     if(fhx>=19 && fhx<=20){Cx=31;}
     if(fhx>=17 && fhx<=18){Cx=32;}
     if(fhx>=15 && fhx<=16){Cx=33;}
     if(fhx>=13 && fhx<=14){Cx=34;}
     if(fhx>=11 && fhx<=12){Cx=35;}
     if(fhx>=9 && fhx<=10){Cx=36;}
     if(fhx>=7 && fhx<=8){Cx=37;}
     if(fhx>=5 && fhx<=6){Cx=38;}
     if(fhx>=3 && fhx<=4){Cx=39;}
     if(fhx>=1 && fhx<=2){Cx=40;}
     if(fhx==0){Cx=0;}          ////////////////////////X-1
 fhy=fhy/xx;
     if(fhy>=501 && fhy<=700){Cy=2;}
     if(fhy>=351 && fhy<=500){Cy=3;}
     if(fhy>=271 && fhy<=350){Cy=4;}
     if(fhy>=181 && fhy<=270){Cy=5;}
     if(fhy>=91 && fhy<=180){Cy=10;}
     if(fhy>=46 && fhy<=90){Cy=20;}
     if(fhy>=42 && fhy<=45){Cy=21;}
     if(fhy>=39 && fhy<=41){Cy=22;}
     if(fhy>=36 && fhy<=38){Cy=23;}
     if(fhy>=33 && fhy<=35){Cy=24;}
     if(fhy>=31 && fhy<=32){Cy=25;}
     if(fhy>=29 && fhy<=30){Cy=26;}
     if(fhy>=27 && fhy<=28){Cy=27;}
     if(fhy>=25 && fhy<=26){Cy=28;}
     if(fhy>=23 && fhy<=24){Cy=29;}
     if(fhy>=21 && fhy<=22){Cy=30;}
     if(fhy>=19 && fhy<=20){Cy=31;}
     if(fhy>=17 && fhy<=18){Cy=32;}
     if(fhy>=15 && fhy<=16){Cy=33;}
     if(fhy>=13 && fhy<=14){Cy=34;}
     if(fhy>=11 && fhy<=12){Cy=35;}
     if(fhy>=9 && fhy<=10){Cy=36;}
     if(fhy>=7 && fhy<=8){Cy=37;}
     if(fhy>=5 && fhy<=6){Cy=38;}
     if(fhy>=3 && fhy<=4){Cy=39;}
     if(fhy>=1 && fhy<=2){Cy=40;}
     if(fhy==0){Cy=0;}     ////////////////////////y-1
     for(G=1;G<=xx;G++)
     {
     E=0;
     xyz[H]=E;
     H++;
     Cxx=Cx;
     xyz[H]=Cxx;
     H++;
     Cyy=Cy;
     xyz[H]=Cyy;
     H++;
     Edit2->Text=Cx;
     Edit3->Text=Cy;
     Edit4->Text=xx;
     Edit5->Text=Cyy;
     ListBox63->Items->Add(E);
     ListBox67->Items->Add(Cxx);
     ListBox71->Items->Add(Cyy);
    }////////////////////////Home 1
}
else
{
     if(fhx>=501 && fhx<=700){Cx=2;}
     if(fhx>=351 && fhx<=500){Cx=3;}
     if(fhx>=271 && fhx<=350){Cx=4;}
     if(fhx>=181 && fhx<=270){Cx=5;}
     if(fhx>=91 && fhx<=180){Cx=10;}
     if(fhx>=46 && fhx<=90){Cx=20;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(fhx>=42 && fhx<=45){Cx=21;}
if(fhx>=39 && fhx<=41){Cx=22;}
if(fhx>=36 && fhx<=38){Cx=23;}
if(fhx>=33 && fhx<=35){Cx=24;}
if(fhx>=31 && fhx<=32){Cx=25;}
if(fhx>=29 && fhx<=30){Cx=26;}
if(fhx>=27 && fhx<=28){Cx=27;}
if(fhx>=25 && fhx<=26){Cx=28;}
if(fhx>=23 && fhx<=24){Cx=29;}
if(fhx>=21 && fhx<=22){Cx=30;}
if(fhx>=19 && fhx<=20){Cx=31;}
if(fhx>=17 && fhx<=18){Cx=32;}
if(fhx>=15 && fhx<=16){Cx=33;}
if(fhx>=13 && fhx<=14){Cx=34;}
if(fhx>=11 && fhx<=12){Cx=35;}
if(fhx>=9 && fhx<=10){Cx=36;}
if(fhx>=7 && fhx<=8){Cx=37;}
if(fhx>=5 && fhx<=6){Cx=38;}
if(fhx>=3 && fhx<=4){Cx=39;}
if(fhx>=1 && fhx<=2){Cx=40;}
if(fhx==0){Cx=0;}          ////////////////////X-2
if(fhy>=501 && fhy<=700){Cy=2;}
if(fhy>=351 && fhy<=500){Cy=3;}
if(fhy>=271 && fhy<=350){Cy=4;}
if(fhy>=181 && fhy<=270){Cy=5;}
if(fhy>=91 && fhy<=180){Cy=10;}
if(fhy>=46 && fhy<=90){Cy=20;}
if(fhy>=42 && fhy<=45){Cy=21;}
if(fhy>=39 && fhy<=41){Cy=22;}
if(fhy>=36 && fhy<=38){Cy=23;}
if(fhy>=33 && fhy<=35){Cy=24;}
if(fhy>=31 && fhy<=32){Cy=25;}
if(fhy>=29 && fhy<=30){Cy=26;}
if(fhy>=27 && fhy<=28){Cy=27;}
if(fhy>=25 && fhy<=26){Cy=28;}
if(fhy>=23 && fhy<=24){Cy=29;}
if(fhy>=21 && fhy<=22){Cy=30;}
if(fhy>=19 && fhy<=20){Cy=31;}
if(fhy>=17 && fhy<=18){Cy=32;}
if(fhy>=15 && fhy<=16){Cy=33;}
if(fhy>=13 && fhy<=14){Cy=34;}
if(fhy>=11 && fhy<=12){Cy=35;}
if(fhy>=9 && fhy<=10){Cy=36;}
if(fhy>=7 && fhy<=8){Cy=37;}
if(fhy>=5 && fhy<=6){Cy=38;}
if(fhy>=3 && fhy<=4){Cy=39;}
if(fhy>=1 && fhy<=2){Cy=40;}
if(fhy==0){Cy=0;}     ////////////////////y-2
E=0;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=xx;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox64->Items->Add(E);
ListBox68->Items->Add(Cxx);
ListBox72->Items->Add(Cyy);////////////////////Home 2
};
}//----------------------------------else Home
else
{
fhx=Dhx;
fhy=Dhy;
if(fhy>700)
{   do
   { fhy=fhy/2;
   D++;
   } while(fhy>700);
   yy=1;
   for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
   if(fhy>=501 && fhy<=700){Cy=2;}
   if(fhy>=351 && fhy<=500){Cy=3;}
   if(fhy>=271 && fhy<=350){Cy=4;}
   if(fhy>=181 && fhy<=270){Cy=5;}
   if(fhy>=91 && fhy<=180){Cy=10;}
   if(fhy>=46 && fhy<=90){Cy=20;}
   if(fhy>=42 && fhy<=45){Cy=21;}
   if(fhy>=39 && fhy<=41){Cy=22;}
   if(fhy>=36 && fhy<=38){Cy=23;}
   if(fhy>=33 && fhy<=35){Cy=24;}
   if(fhy>=31 && fhy<=32){Cy=25;}
   if(fhy>=29 && fhy<=30){Cy=26;}
   if(fhy>=27 && fhy<=28){Cy=27;}
   if(fhy>=25 && fhy<=26){Cy=28;}
   if(fhy>=23 && fhy<=24){Cy=29;}
   if(fhy>=21 && fhy<=22){Cy=30;}
   if(fhy>=19 && fhy<=20){Cy=31;}
   if(fhy>=17 && fhy<=18){Cy=32;}
   if(fhy>=15 && fhy<=16){Cy=33;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if(fhy>=13 && fhy<=14){Cy=34;}
  if(fhy>=11 && fhy<=12){Cy=35;}
  if(fhy>=9 && fhy<=10){Cy=36;}
  if(fhy>=7 && fhy<=8){Cy=37;}
  if(fhy>=5 && fhy<=6){Cy=38;}
  if(fhy>=3 && fhy<=4){Cy=39;}
  if(fhy>=1 && fhy<=2){Cy=40;}
  if(fhy==0){Cy=0;}    ////////////////////y-3
 fhx=fhx/yy;
  if(fhx>=501 && fhx<=700){Cx=2;}
  if(fhx>=351 && fhx<=500){Cx=3;}
  if(fhx>=271 && fhx<=350){Cx=4;}
  if(fhx>=181 && fhx<=270){Cx=5;}
  if(fhx>=91 && fhx<=180){Cx=10;}
  if(fhx>=46 && fhx<=90){Cx=20;}
  if(fhx>=42 && fhx<=45){Cx=21;}
  if(fhx>=39 && fhx<=41){Cx=22;}
  if(fhx>=36 && fhx<=38){Cx=23;}
  if(fhx>=33 && fhx<=35){Cx=24;}
  if(fhx>=31 && fhx<=32){Cx=25;}
  if(fhx>=29 && fhx<=30){Cx=26;}
  if(fhx>=27 && fhx<=28){Cx=27;}
  if(fhx>=25 && fhx<=26){Cx=28;}
  if(fhx>=23 && fhx<=24){Cx=29;}
  if(fhx>=21 && fhx<=22){Cx=30;}
  if(fhx>=19 && fhx<=20){Cx=31;}
  if(fhx>=17 && fhx<=18){Cx=32;}
  if(fhx>=15 && fhx<=16){Cx=33;}
  if(fhx>=13 && fhx<=14){Cx=34;}
  if(fhx>=11 && fhx<=12){Cx=35;}
  if(fhx>=9 && fhx<=10){Cx=36;}
  if(fhx>=7 && fhx<=8){Cx=37;}
  if(fhx>=5 && fhx<=6){Cx=38;}
  if(fhx>=3 && fhx<=4){Cx=39;}
  if(fhx>=1 && fhx<=2){Cx=40;}
  if(fhx==0){Cx=0;}    ////////////////////X-3
for(G=1;G<=yy;G++)
  {
  E=0;
  xyz[H]=E;
  H++;
  Cxx=Cx;
  xyz[H]=Cxx;
  H++;
  Cyy=Cy;
  xyz[H]=Cyy;
  H++;
  Edit2->Text=Cx;
  Edit3->Text=Cy;
  Edit4->Text=xx;
  Edit5->Text=Cyy;
  ListBox65->Items->Add(E);
  ListBox69->Items->Add(Cxx);
  ListBox73->Items->Add(Cyy);
  }////////////////////////////////Home 3
 }
else
{
  if(fhx>=501 && fhx<=700){Cx=2;}
  if(fhx>=351 && fhx<=500){Cx=3;}
  if(fhx>=271 && fhx<=350){Cx=4;}
  if(fhx>=181 && fhx<=270){Cx=5;}
  if(fhx>=91 && fhx<=180){Cx=10;}
  if(fhx>=46 && fhx<=90){Cx=20;}
  if(fhx>=42 && fhx<=45){Cx=21;}
  if(fhx>=39 && fhx<=41){Cx=22;}
  if(fhx>=36 && fhx<=38){Cx=23;}
  if(fhx>=33 && fhx<=35){Cx=24;}
  if(fhx>=31 && fhx<=32){Cx=25;}
  if(fhx>=29 && fhx<=30){Cx=26;}
  if(fhx>=27 && fhx<=28){Cx=27;}
  if(fhx>=25 && fhx<=26){Cx=28;}
  if(fhx>=23 && fhx<=24){Cx=29;}
  if(fhx>=21 && fhx<=22){Cx=30;}
  if(fhx>=19 && fhx<=20){Cx=31;}
  if(fhx>=17 && fhx<=18){Cx=32;}
  if(fhx>=15 && fhx<=16){Cx=33;}
  if(fhx>=13 && fhx<=14){Cx=34;}
  if(fhx>=11 && fhx<=12){Cx=35;}
  if(fhx>=9 && fhx<=10){Cx=36;}
  if(fhx>=7 && fhx<=8){Cx=37;}
  if(fhx>=5 && fhx<=6){Cx=38;}
  if(fhx>=3 && fhx<=4){Cx=39;}
  if(fhx>=1 && fhx<=2){Cx=40;}
  if(fhx==0){Cx=0;}    ////////////////////X-4
  if(fhy>=501 && fhy<=700){Cy=2;}
  if(fhy>=351 && fhy<=500){Cy=3;}
  if(fhy>=271 && fhy<=350){Cy=4;}
  if(fhy>=181 && fhy<=270){Cy=5;}
  if(fhy>=91 && fhy<=180){Cy=10;}
  if(fhy>=46 && fhy<=90){Cy=20;}
  if(fhy>=42 && fhy<=45){Cy=21;}
  if(fhy>=39 && fhy<=41){Cy=22;}
  if(fhy>=36 && fhy<=38){Cy=23;}
  if(fhy>=33 && fhy<=35){Cy=24;}
  if(fhy>=31 && fhy<=32){Cy=25;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if(fhy>=29 && fhy<=30){Cy=26;}
            if(fhy>=27 && fhy<=28){Cy=27;}
            if(fhy>=25 && fhy<=26){Cy=28;}
            if(fhy>=23 && fhy<=24){Cy=29;}
            if(fhy>=21 && fhy<=22){Cy=30;}
            if(fhy>=19 && fhy<=20){Cy=31;}
            if(fhy>=17 && fhy<=18){Cy=32;}
            if(fhy>=15 && fhy<=16){Cy=33;}
            if(fhy>=13 && fhy<=14){Cy=34;}
            if(fhy>=11 && fhy<=12){Cy=35;}
            if(fhy>=9 && fhy<=10){Cy=36;}
            if(fhy>=7 && fhy<=8){Cy=37;}
            if(fhy>=5 && fhy<=6){Cy=38;}
            if(fhy>=3 && fhy<=4){Cy=39;}
            if(fhy>=1 && fhy<=2){Cy=40;}
            if(fhy==0){Cy=0;}     ////////////////////////y-4
            E=0;
            xyz[H]=E;
            H++;
            Cxx=Cx;
            xyz[H]=Cxx;
            H++;
            Cyy=Cy;
            xyz[H]=Cyy;
            H++;
            Edit2->Text=Cx;
            Edit3->Text=Cy;
            Edit4->Text=xx;
            Edit5->Text=Cyy;
            ListBox66->Items->Add(E);
            ListBox70->Items->Add(Cxx);
            ListBox74->Items-
>Add(Cyy);////////////////////Home 4
          };
     };
 for(F=0;F<=A-2;F++)
{
  Dx=acharx[F+1]-acharx[F];
  Dy=achary[F+1]-achary[F];
  ListBox1->Items->Add(Dx);
  ListBox23->Items->Add(Dy);
  D=0;
if(Dx>Dy)
 {
   if(Dy>=0)
    {//---------------------------------Dx>0,Dy>0
      fx=abs(Dx);
      fy=abs(Dy);

 if(fx>700)
 { do
  { fx=fx/2;
   D++;
  } while(fx>700);
   xx=1;
   for(B=1;B<=D;B++){xx=xx*2;}
     if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
     if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
     if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
     if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
     if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
     if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
     if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
     if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
     if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
     if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
     if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
     if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
     if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
     if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
     if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
     if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
     if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
     if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
     if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
     if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
     if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
     if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
     if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
     if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
     if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
     if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
     if(fx==0){Cx=0;}     ////////////////////////x-5
    fy=fy/xx;
     if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
     if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
     if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
     if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
     if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
     if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
     if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
     if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
     if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
     if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
     if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
     if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
     if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
    if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
    if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
    if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
    if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
    if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
    if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
    if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
    if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
    if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
    if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
    if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
    if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
    if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-5
   for(G=1;G<=xx;G++)
   {
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
    Cyy=Cy;
    xyz[H]=Cyy;
    H++;
    Edit2->Text=Cx;
    Edit3->Text=Cy;
    Edit4->Text=xx;
    Edit5->Text=Cyy;
    ListBox22->Items->Add(E);
    ListBox2->Items->Add(Cxx);
    ListBox24->Items->Add(Cyy);
   }////////////////////////1
}
else
{
    if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
    if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
    if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
    if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
    if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
    if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-6
    if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
    if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
    if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
    if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
    if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
    if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
    if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
    if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
    if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
    if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
    if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
    if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
    if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
    if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
    if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
    if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
    if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
    if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
    if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
    if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
    if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
    if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
    if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
    if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
    if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
    if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
    if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-6
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Cyy=Cy;
      xyz[H]=Cyy;
      H++;
      Edit2->Text=Cx;
      Edit3->Text=Cy;
      Edit4->Text=xx;
      Edit5->Text=Cyy;
      ListBox44->Items->Add(E);
      ListBox3->Items->Add(Cxx);
      ListBox25->Items->Add(Cyy);//////////////////////2
  };
 }//-------------------------------------------Dx>0,Dy>0

  if(Dx>=0 && Dy<0)
{//--------------------------------Dx>=0,Dy<0
   if(abs(Dx)>=abs(Dy))
{     fx=abs(Dx);
      fy=abs(Dy);
    if(fx>700)
    { do{ fx=fx/2;
     D++;
     } while(fx>700);
     xx=1;
     for(B=1;B<=D;B++){xx=xx*2;}
     if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
     if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
     if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
     if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
     if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
     if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
     if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
     if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
     if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
     if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
     if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
     if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
     if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
     if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
     if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
     if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
     if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
     if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
     if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
     if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
     if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
     if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
     if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
     if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
     if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
     if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
     if(fx==0){Cx=0;}     //////////////////////x-7
    fy=fy/xx;
     if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
     if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
     if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
     if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
     if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
     if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
     if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
     if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
     if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
     if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
     if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
     if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
     if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
     if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
     if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
     if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
     if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
     if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
     if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
     if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
     if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
     if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
     if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
     if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
     if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
     if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
     if(fy==0){Cy=0;}     //////////////////////y-7
     for(G=1;G<=xx;G++)
     {
     E=1;
     xyz[H]=E;
     H++;
     Cxx=Cx;
     xyz[H]=Cxx;
     H++;
     Cyy=Cy+128;
     xyz[H]=Cyy;
     H++;
     Edit2->Text=Cx;
     Edit3->Text=Cy;
     Edit4->Text=xx;
     Edit5->Text=Cyy;
     ListBox45->Items->Add(E);
     ListBox4->Items->Add(Cxx);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 ListBox26->Items->Add(Cyy);
 }////////////////3
}
else
{
 if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
 if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
 if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
 if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
 if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
 if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
 if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
 if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
 if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
 if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
 if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
 if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
 if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
 if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
 if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
 if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
 if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
 if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
 if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
 if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
 if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
 if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
 if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
 if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
 if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
 if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
 if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-8
 if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
 if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
 if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
 if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
 if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
 if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
 if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
 if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
 if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
 if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
 if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
 if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
 if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
 if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
 if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
 if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
 if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
 if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
 if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
 if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
 if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
 if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
 if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
 if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
 if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
 if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
 if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-8
 E=1;
 xyz[H]=E;
 H++;
 Cxx=Cx;
 xyz[H]=Cxx;
 H++;
 Cyy=Cy+128;
 xyz[H]=Cyy;
 H++;
 Edit2->Text=Cx;
 Edit3->Text=Cy;
 Edit4->Text=xx;
 Edit5->Text=Cyy;
 ListBox46->Items->Add(E);
 ListBox5->Items->Add(Cxx);
 ListBox27->Items->Add(Cyy);////////////////////////4
 };
}
else
{  fy=abs(Dy);
 fx=abs(Dx);
 if(fy>700)
 {  do{fy=fy/2;
 D++;
 } while(fy>700);
 yy=1;
 for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
 if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
 if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
 if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
 if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
 if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
 if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
 if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
 if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
 if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
 if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
 if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
 if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
 if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
 if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
 if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
 if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
 if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
 if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
 if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
 if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
 if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
 if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
 if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
 if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
 if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
 if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-9
fx=fx/yy;
 if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
 if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
 if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
 if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
 if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
 if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
 if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
 if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
 if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
 if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
 if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
 if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
 if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
 if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
 if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
 if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
 if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
 if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
 if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
 if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
 if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
 if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
 if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
 if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
 if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
 if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
 if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-9
for(G=1;G<=yy;G++)
{
E=1;
 xyz[H]=E;
 H++;
 Cxx=Cx;
 xyz[H]=Cxx;
 H++;
 Cyy=Cy+128;
 xyz[H]=Cyy;
 H++;
 Edit2->Text=Cx;
 Edit3->Text=Cy;
 Edit4->Text=yy;
 Edit5->Text=Cyy;
ListBox47->Items->Add(E);
 ListBox6->Items->Add(Cxx);
 ListBox28->Items->Add(Cyy);
 }////////////////////////5
}
else
{
 if(abs(Dx)>=501 && abs(Dx)<=700){Cx=2;}
 if(abs(Dx)>=351 && abs(Dx)<=500){Cx=3;}
 if(abs(Dx)>=271 && abs(Dx)<=350){Cx=4;}
 if(abs(Dx)>=181 && abs(Dx)<=270){Cx=5;}
 if(abs(Dx)>=91 && abs(Dx)<=180){Cx=10;}
 if(abs(Dx)>=46 && abs(Dx)<=90){Cx=20;}
 if(abs(Dx)>=42 && abs(Dx)<=45){Cx=21;}
 if(abs(Dx)>=39 && abs(Dx)<=41){Cx=22;}
 if(abs(Dx)>=36 && abs(Dx)<=38){Cx=23;}
 if(abs(Dx)>=33 && abs(Dx)<=35){Cx=24;}
 if(abs(Dx)>=31 && abs(Dx)<=32){Cx=25;}
 if(abs(Dx)>=29 && abs(Dx)<=30){Cx=26;}
 if(abs(Dx)>=27 && abs(Dx)<=28){Cx=27;}
 if(abs(Dx)>=25 && abs(Dx)<=26){Cx=28;}
 if(abs(Dx)>=23 && abs(Dx)<=24){Cx=29;}
 if(abs(Dx)>=21 && abs(Dx)<=22){Cx=30;}
 if(abs(Dx)>=19 && abs(Dx)<=20){Cx=31;}
 if(abs(Dx)>=17 && abs(Dx)<=18){Cx=32;}
 if(abs(Dx)>=15 && abs(Dx)<=16){Cx=33;}
 if(abs(Dx)>=13 && abs(Dx)<=14){Cx=34;}
 if(abs(Dx)>=11 && abs(Dx)<=12){Cx=35;}
 if(abs(Dx)>=9 && abs(Dx)<=10){Cx=36;}
 if(abs(Dx)>=7 && abs(Dx)<=8){Cx=37;}
 if(abs(Dx)>=5 && abs(Dx)<=6){Cx=38;}
 if(abs(Dx)>=3 && abs(Dx)<=4){Cx=39;}
 if(abs(Dx)>=1 && abs(Dx)<=2){Cx=40;}
 if(abs(Dx)==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-10
if(abs(Dy)>=501 && abs(Dy)<=700){Cy=2;}
if(abs(Dy)>=351 && abs(Dy)<=500){Cy=3;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(abs(Dy)>=271 && abs(Dy)<=350){Cy=4;}
if(abs(Dy)>=181 && abs(Dy)<=270){Cy=5;}
if(abs(Dy)>=91 && abs(Dy)<=180){Cy=10;}
if(abs(Dy)>=46 && abs(Dy)<=90){Cy=20;}
if(abs(Dy)>=42 && abs(Dy)<=45){Cy=21;}
if(abs(Dy)>=39 && abs(Dy)<=41){Cy=22;}
if(abs(Dy)>=36 && abs(Dy)<=38){Cy=23;}
if(abs(Dy)>=33 && abs(Dy)<=35){Cy=24;}
if(abs(Dy)>=31 && abs(Dy)<=32){Cy=25;}
if(abs(Dy)>=29 && abs(Dy)<=30){Cy=26;}
if(abs(Dy)>=27 && abs(Dy)<=28){Cy=27;}
if(abs(Dy)>=25 && abs(Dy)<=26){Cy=28;}
if(abs(Dy)>=23 && abs(Dy)<=24){Cy=29;}
if(abs(Dy)>=21 && abs(Dy)<=22){Cy=30;}
if(abs(Dy)>=19 && abs(Dy)<=20){Cy=31;}
if(abs(Dy)>=17 && abs(Dy)<=18){Cy=32;}
if(abs(Dy)>=15 && abs(Dy)<=16){Cy=33;}
if(abs(Dy)>=13 && abs(Dy)<=14){Cy=34;}
if(abs(Dy)>=11 && abs(Dy)<=12){Cy=35;}
if(abs(Dy)>=9 && abs(Dy)<=10){Cy=36;}
if(abs(Dy)>=7 && abs(Dy)<=8){Cy=37;}
if(abs(Dy)>=5 && abs(Dy)<=6){Cy=38;}
if(abs(Dy)>=3 && abs(Dy)<=4){Cy=39;}
if(abs(Dy)>=1 && abs(Dy)<=2){Cy=40;}
if(abs(Dy)==0){Cy=0;}  ////////////////////y-10
E=1;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy+128;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=yy;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox48->Items->Add(E);
ListBox7->Items->Add(Cxx);
ListBox29->Items->Add(Cyy);////////////////////////6
  };
 };
}//------------------------------Dx>=0,Dy<0


if(Dx<0)
{//-------------------------------Dx<0,Dy<0
if(abs(Dx)>=abs(Dy))
{   fx=abs(Dx);
    fy=abs(Dy);
 if(fx>700)
 {  do{ fx=fx/2;
    D++;
    } while(fx>700);
    xx=1;
    for(B=1;B<=D;B++){xx=xx*2;}
    if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
    if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
    if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
    if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
    if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
    if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}  ////////////////////////x-11
   fy=fy/xx;
    if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
    if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
    if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
    if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
    if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
    if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
    if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
    if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
    if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
    if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
    if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
    if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
    if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
    if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
    if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
    if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
    if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
    if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
    if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
    if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
    if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
    if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
    if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
    if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
    if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
    if(fy==0){Cy=0;}     ////////////////////////y-11
   for(G=1;G<=xx;G++)
    {
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx+128;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
    Cyy=Cy+128;
    xyz[H]=Cyy;
    H++;
    Edit2->Text=Cx;
    Edit3->Text=Cy;
    Edit4->Text=xx;
    Edit5->Text=Cyy;
    ListBox49->Items->Add(E);
    ListBox8->Items->Add(Cxx);
    ListBox30->Items->Add(Cyy);
    }////////////////////////7
}
else
{
    if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
    if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
    if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
    if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
    if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
    if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}     ////////////////////////x-12
    if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
    if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
    if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
    if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
    if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
    if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
    if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
    if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
    if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
    if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
    if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
    if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
    if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
    if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
    if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
    if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
    if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
    if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
    if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
    if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
    if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
    if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
    if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
    if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
    if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
    if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
    if(fy==0){Cy=0;}     ////////////////////////y-1
   E=1;
   xyz[H]=E;
   H++;
   Cxx=Cx+128;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      xyz[H]=Cxx;
      H++;
      Cyy=Cy+128;
      xyz[H]=Cyy;
      H++;
      Edit2->Text=Cx;
      Edit3->Text=Cy;
      Edit4->Text=xx;
      Edit5->Text=Cyy;
      ListBox50->Items->Add(E);
      ListBox9->Items->Add(Cxx);
      ListBox31->Items->Add(Cyy);//////////////////////8
  };
}
else
{    fy=abs(Dy);
     fx=abs(Dx);
  if(fy>700)
  {   do{fy=fy/2;
     D++;
     } while(fy>700);
     yy=1;
     for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
     if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
     if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
     if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
     if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
     if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
     if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
     if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
     if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
     if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
     if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
     if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
     if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
     if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
     if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
     if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
     if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
     if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
     if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
     if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
     if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
     if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
     if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
     if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
     if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
     if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
     if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
     if(fy==0){Cy=0;}     //////////////////////y-13
    fx=fx/yy;
     if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
     if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
     if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
     if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
     if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
     if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
     if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
     if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
     if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
     if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
     if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
     if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
     if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
     if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
     if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
     if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
     if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
     if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
     if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
     if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
     if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
     if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
     if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
     if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
     if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
     if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
     if(fx==0){Cx=0;}     //////////////////////x-13
  for(G=1;G<=yy;G++)
     {
      E=1;
      xyz[H]=E;
      H++;
     Cxx=Cx+128;
      xyz[H]=Cxx;
      H++;
      Cyy=Cy+128;
      xyz[H]=Cyy;
      H++;
      Edit2->Text=Cx;
      Edit3->Text=Cy;
      Edit4->Text=yy;
      Edit5->Text=Cyy;
      ListBox51->Items->Add(E);
      ListBox10->Items->Add(Cxx);
      ListBox32->Items->Add(Cyy);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }////////////////////////////9
}
else
{
    if(abs(Dx)>=501 && abs(Dx)<=700){Cx=2;}
    if(abs(Dx)>=351 && abs(Dx)<=500){Cx=3;}
    if(abs(Dx)>=271 && abs(Dx)<=350){Cx=4;}
    if(abs(Dx)>=181 && abs(Dx)<=270){Cx=5;}
    if(abs(Dx)>=91 && abs(Dx)<=180){Cx=10;}
    if(abs(Dx)>=46 && abs(Dx)<=90){Cx=20;}
    if(abs(Dx)>=42 && abs(Dx)<=45){Cx=21;}
    if(abs(Dx)>=39 && abs(Dx)<=41){Cx=22;}
    if(abs(Dx)>=36 && abs(Dx)<=38){Cx=23;}
    if(abs(Dx)>=33 && abs(Dx)<=35){Cx=24;}
    if(abs(Dx)>=31 && abs(Dx)<=32){Cx=25;}
    if(abs(Dx)>=29 && abs(Dx)<=30){Cx=26;}
    if(abs(Dx)>=27 && abs(Dx)<=28){Cx=27;}
    if(abs(Dx)>=25 && abs(Dx)<=26){Cx=28;}
    if(abs(Dx)>=23 && abs(Dx)<=24){Cx=29;}
    if(abs(Dx)>=21 && abs(Dx)<=22){Cx=30;}
    if(abs(Dx)>=19 && abs(Dx)<=20){Cx=31;}
    if(abs(Dx)>=17 && abs(Dx)<=18){Cx=32;}
    if(abs(Dx)>=15 && abs(Dx)<=16){Cx=33;}
    if(abs(Dx)>=13 && abs(Dx)<=14){Cx=34;}
    if(abs(Dx)>=11 && abs(Dx)<=12){Cx=35;}
    if(abs(Dx)>=9 && abs(Dx)<=10){Cx=36;}
    if(abs(Dx)>=7 && abs(Dx)<=8){Cx=37;}
    if(abs(Dx)>=5 && abs(Dx)<=6){Cx=38;}
    if(abs(Dx)>=3 && abs(Dx)<=4){Cx=39;}
    if(abs(Dx)>=1 && abs(Dx)<=2){Cx=40;}
    if(abs(Dx)==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-14
    if(abs(Dy)>=501 && abs(Dy)<=700){Cy=2;}
    if(abs(Dy)>=351 && abs(Dy)<=500){Cy=3;}
    if(abs(Dy)>=271 && abs(Dy)<=350){Cy=4;}
    if(abs(Dy)>=181 && abs(Dy)<=270){Cy=5;}
    if(abs(Dy)>=91 && abs(Dy)<=180){Cy=10;}
    if(abs(Dy)>=46 && abs(Dy)<=90){Cy=20;}
    if(abs(Dy)>=42 && abs(Dy)<=45){Cy=21;}
    if(abs(Dy)>=39 && abs(Dy)<=41){Cy=22;}
    if(abs(Dy)>=36 && abs(Dy)<=38){Cy=23;}
    if(abs(Dy)>=33 && abs(Dy)<=35){Cy=24;}
    if(abs(Dy)>=31 && abs(Dy)<=32){Cy=25;}
    if(abs(Dy)>=29 && abs(Dy)<=30){Cy=26;}
    if(abs(Dy)>=27 && abs(Dy)<=28){Cy=27;}
    if(abs(Dy)>=25 && abs(Dy)<=26){Cy=28;}
    if(abs(Dy)>=23 && abs(Dy)<=24){Cy=29;}
    if(abs(Dy)>=21 && abs(Dy)<=22){Cy=30;}
    if(abs(Dy)>=19 && abs(Dy)<=20){Cy=31;}
    if(abs(Dy)>=17 && abs(Dy)<=18){Cy=32;}
    if(abs(Dy)>=15 && abs(Dy)<=16){Cy=33;}
    if(abs(Dy)>=13 && abs(Dy)<=14){Cy=34;}
    if(abs(Dy)>=11 && abs(Dy)<=12){Cy=35;}
    if(abs(Dy)>=9 && abs(Dy)<=10){Cy=36;}
    if(abs(Dy)>=7 && abs(Dy)<=8){Cy=37;}
    if(abs(Dy)>=5 && abs(Dy)<=6){Cy=38;}
    if(abs(Dy)>=3 && abs(Dy)<=4){Cy=39;}
    if(abs(Dy)>=1 && abs(Dy)<=2){Cy=40;}
    if(abs(Dy)==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-14
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx+128;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
    Cyy=Cy+128;
    xyz[H]=Cyy;
    H++;
    Edit2->Text=Cx;
    Edit3->Text=Cy;
    Edit4->Text=yy;
    Edit5->Text=Cyy;
    ListBox52->Items->Add(E);
    ListBox11->Items->Add(Cxx);
    ListBox33->Items->Add(Cyy);////////////////////////////10
   };
  };
 }//-------------------------Dx<0,Dy<0
 }
else //-------------------------------------------Main
 {
  if(Dx>=0)
  {//-------------------------Dy>0,Dx>0

  fx=abs(Dx);
  fy=abs(Dy);
  if(fy>700)
  {    do
       { fy=fy/2;
       D++;
       } while(fy>700);
       yy=1;
       for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
       if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
       if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
       if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
       if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
if(fy==0){Cy=0;}    //////////////////////y-15
fx=fx/yy;
if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
if(fx==0){Cx=0;}    //////////////////////x-15
for(G=1;G<=yy;G++)
{
E=1;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=xx;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox53->Items->Add(E);
ListBox12->Items->Add(Cxx);
ListBox34->Items->Add(Cyy);
}//////////////////////11
}
else
{
if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-16
if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-16
E=1;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=xx;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox54->Items->Add(E);
ListBox13->Items->Add(Cxx);
ListBox35->Items->Add(Cyy);////////////////////////12
    };
}//----------------------------------------Dx>0,Dy>0

  if(Dy>=0 && Dx<0)
{//----------------------------------Dy>=0,Dx<0
    if(abs(Dy)>=abs(Dx))
    {   fx=abs(Dx);
        fy=abs(Dy);
     if(fy>700)
     { do{ fy=fy/2;
         D++;
       } while(fy>700);
       yy=1;
       for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
     if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
     if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
     if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
     if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
     if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
     if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
     if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
     if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
     if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
     if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
     if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
     if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
     if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
     if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
     if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
     if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
     if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
     if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
     if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
     if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
     if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
     if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
     if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
     if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
     if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
     if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
     if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-17
    fx=fx/yy;
     if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
     if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
     if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
     if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
     if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
     if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////x-17
    if(fx>=6 && fx<=45){Cx=40;}
    if(fx>=0 && fx<=5){Cx=0;}
  for(G=1;G<=yy;G++)
    {
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx+128;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
    Cyy=Cy;
    xyz[H]=Cyy;
    H++;
    Edit2->Text=Cx;
    Edit3->Text=Cy;
    Edit4->Text=yy;
    Edit5->Text=Cyy;
    ListBox55->Items->Add(E);
    ListBox14->Items->Add(Cxx);
    ListBox36->Items->Add(Cyy);
    }////////////////////////////13
}
else
{
    if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
    if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
    if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
    if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
    if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
    if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////x-18
    if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
    if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
    if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
    if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
    if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
    if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
    if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
    if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
    if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
    if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
    if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
    if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
    if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
    if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
    if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
    if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
    if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
    if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
    if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
    if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
    if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
    if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
    if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
    if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
xx=1;
for(B=1;B<=D;B++){xx=xx*2;}
if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////////x-21
fy=fy/xx;
if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
if(fy==0){Cy=0;}    ////////////////////////y-21
for(G=1;G<=xx;G++)
{
E=1;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx+128;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy+128;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=xx;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox59->Items->Add(E);
ListBox18->Items->Add(Cxx);
ListBox40->Items->Add(Cyy);
}////////////////////////////17
}
else
{
if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
if(fx==0){Cx=0;}    //////////////////////x-22
if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
if(fy==0){Cy=0;}    //////////////////////y-22
E=1;
xyz[H]=E;
H++;
Cxx=Cx+128;
xyz[H]=Cxx;
H++;
Cyy=Cy+128;
xyz[H]=Cyy;
H++;
Edit2->Text=Cx;
Edit3->Text=Cy;
Edit4->Text=xx;
Edit5->Text=Cyy;
ListBox60->Items->Add(E);
ListBox19->Items->Add(Cxx);
ListBox41->Items->Add(Cyy);//////////////////////////18
};
}
else
{ fy=abs(Dy);
fx=abs(Dx);
if(fy>700)
{ do{fy=fy/2;
D++;
} while(fy>700);
yy=1;
for(B=1;B<=D;B++){yy=yy*2;}
if(fy>=501 && fy<=700){Cy=2;}
if(fy>=351 && fy<=500){Cy=3;}
if(fy>=271 && fy<=350){Cy=4;}
if(fy>=181 && fy<=270){Cy=5;}
if(fy>=91 && fy<=180){Cy=10;}
if(fy>=46 && fy<=90){Cy=20;}
if(fy>=42 && fy<=45){Cy=21;}
if(fy>=39 && fy<=41){Cy=22;}
if(fy>=36 && fy<=38){Cy=23;}
if(fy>=33 && fy<=35){Cy=24;}
if(fy>=31 && fy<=32){Cy=25;}
if(fy>=29 && fy<=30){Cy=26;}
if(fy>=27 && fy<=28){Cy=27;}
if(fy>=25 && fy<=26){Cy=28;}
if(fy>=23 && fy<=24){Cy=29;}
if(fy>=21 && fy<=22){Cy=30;}
if(fy>=19 && fy<=20){Cy=31;}
if(fy>=17 && fy<=18){Cy=32;}
if(fy>=15 && fy<=16){Cy=33;}
if(fy>=13 && fy<=14){Cy=34;}
if(fy>=11 && fy<=12){Cy=35;}
if(fy>=9 && fy<=10){Cy=36;}
if(fy>=7 && fy<=8){Cy=37;}
if(fy>=5 && fy<=6){Cy=38;}
if(fy>=3 && fy<=4){Cy=39;}
if(fy>=1 && fy<=2){Cy=40;}
if(fy==0){Cy=0;}    //////////////////////y-23
fx=fx/yy;
if(fx>=501 && fx<=700){Cx=2;}
if(fx>=351 && fx<=500){Cx=3;}
if(fx>=271 && fx<=350){Cx=4;}
if(fx>=181 && fx<=270){Cx=5;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(fx>=91 && fx<=180){Cx=10;}
    if(fx>=46 && fx<=90){Cx=20;}
    if(fx>=42 && fx<=45){Cx=21;}
    if(fx>=39 && fx<=41){Cx=22;}
    if(fx>=36 && fx<=38){Cx=23;}
    if(fx>=33 && fx<=35){Cx=24;}
    if(fx>=31 && fx<=32){Cx=25;}
    if(fx>=29 && fx<=30){Cx=26;}
    if(fx>=27 && fx<=28){Cx=27;}
    if(fx>=25 && fx<=26){Cx=28;}
    if(fx>=23 && fx<=24){Cx=29;}
    if(fx>=21 && fx<=22){Cx=30;}
    if(fx>=19 && fx<=20){Cx=31;}
    if(fx>=17 && fx<=18){Cx=32;}
    if(fx>=15 && fx<=16){Cx=33;}
    if(fx>=13 && fx<=14){Cx=34;}
    if(fx>=11 && fx<=12){Cx=35;}
    if(fx>=9 && fx<=10){Cx=36;}
    if(fx>=7 && fx<=8){Cx=37;}
    if(fx>=5 && fx<=6){Cx=38;}
    if(fx>=3 && fx<=4){Cx=39;}
    if(fx>=1 && fx<=2){Cx=40;}
    if(fx==0){Cx=0;}    ////////////////////x-23
  for(G=1;G<=yy;G++)
    {
    E=1;
    xyz[H]=E;
    H++;
    Cxx=Cx+128;
    xyz[H]=Cxx;
    H++;
    Cyy=Cy+128;
    xyz[H]=Cyy;
    H++;
    Edit2->Text=Cx;
    Edit3->Text=Cy;
    Edit4->Text=yy;
    Edit5->Text=Cyy;
    ListBox61->Items->Add(E);
    ListBox20->Items->Add(Cxx);
    ListBox42->Items->Add(Cyy);
    }////////////////////////////19
}
else
{
    if(abs(Dx)>=501 && abs(Dx)<=700){Cx=2;}
    if(abs(Dx)>=351 && abs(Dx)<=500){Cx=3;}
    if(abs(Dx)>=271 && abs(Dx)<=350){Cx=4;}
    if(abs(Dx)>=181 && abs(Dx)<=270){Cx=5;}
    if(abs(Dx)>=91 && abs(Dx)<=180){Cx=10;}
    if(abs(Dx)>=46 && abs(Dx)<=90){Cx=20;}
    if(abs(Dx)>=42 && abs(Dx)<=45){Cx=21;}
    if(abs(Dx)>=39 && abs(Dx)<=41){Cx=22;}
    if(abs(Dx)>=36 && abs(Dx)<=38){Cx=23;}
    if(abs(Dx)>=33 && abs(Dx)<=35){Cx=24;}
    if(abs(Dx)>=31 && abs(Dx)<=32){Cx=25;}
    if(abs(Dx)>=29 && abs(Dx)<=30){Cx=26;}
    if(abs(Dx)>=27 && abs(Dx)<=28){Cx=27;}
    if(abs(Dx)>=25 && abs(Dx)<=26){Cx=28;}
    if(abs(Dx)>=23 && abs(Dx)<=24){Cx=29;}
    if(abs(Dx)>=21 && abs(Dx)<=22){Cx=30;}
    if(abs(Dx)>=19 && abs(Dx)<=20){Cx=31;}
    if(abs(Dx)>=17 && abs(Dx)<=18){Cx=32;}
    if(abs(Dx)>=15 && abs(Dx)<=16){Cx=33;}
    if(abs(Dx)>=13 && abs(Dx)<=14){Cx=34;}
    if(abs(Dx)>=11 && abs(Dx)<=12){Cx=35;}
    if(abs(Dx)>=9 && abs(Dx)<=10){Cx=36;}
    if(abs(Dx)>=7 && abs(Dx)<=8){Cx=37;}
    if(abs(Dx)>=5 && abs(Dx)<=6){Cx=38;}
    if(abs(Dx)>=3 && abs(Dx)<=4){Cx=39;}
    if(abs(Dx)>=1 && abs(Dx)<=2){Cx=40;}
    if(abs(Dx)==0){Cx=0;}    ////////////////////x-24
    if(abs(Dy)>=501 && abs(Dy)<=700){Cy=2;}
    if(abs(Dy)>=351 && abs(Dy)<=500){Cy=3;}
    if(abs(Dy)>=271 && abs(Dy)<=350){Cy=4;}
    if(abs(Dy)>=181 && abs(Dy)<=270){Cy=5;}
    if(abs(Dy)>=91 && abs(Dy)<=180){Cy=10;}
    if(abs(Dy)>=46 && abs(Dy)<=90){Cy=20;}
    if(abs(Dy)>=42 && abs(Dy)<=45){Cy=21;}
    if(abs(Dy)>=39 && abs(Dy)<=41){Cy=22;}
    if(abs(Dy)>=36 && abs(Dy)<=38){Cy=23;}
    if(abs(Dy)>=33 && abs(Dy)<=35){Cy=24;}
    if(abs(Dy)>=31 && abs(Dy)<=32){Cy=25;}
    if(abs(Dy)>=29 && abs(Dy)<=30){Cy=26;}
    if(abs(Dy)>=27 && abs(Dy)<=28){Cy=27;}
    if(abs(Dy)>=25 && abs(Dy)<=26){Cy=28;}
    if(abs(Dy)>=23 && abs(Dy)<=24){Cy=29;}
    if(abs(Dy)>=21 && abs(Dy)<=22){Cy=30;}
    if(abs(Dy)>=19 && abs(Dy)<=20){Cy=31;}
    if(abs(Dy)>=17 && abs(Dy)<=18){Cy=32;}
    if(abs(Dy)>=15 && abs(Dy)<=16){Cy=33;}
    if(abs(Dy)>=13 && abs(Dy)<=14){Cy=34;}
    if(abs(Dy)>=11 && abs(Dy)<=12){Cy=35;}
    if(abs(Dy)>=9 && abs(Dy)<=10){Cy=36;}
    if(abs(Dy)>=7 && abs(Dy)<=8){Cy=37;}
    if(abs(Dy)>=5 && abs(Dy)<=6){Cy=38;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if(abs(Dy)>=3 && abs(Dy)<=4){Cy=39;}
            if(abs(Dy)>=1 && abs(Dy)<=2){Cy=40;}
            if(abs(Dy)==0){Cy=0;}     ////////////////////////y-24
            E=1;
            xyz[H]=E;
            H++;
            Cxx=Cx+128;
            xyz[H]=Cxx;
            H++;
            Cyy=Cy+128;
            xyz[H]=Cyy;
            H++;
            Edit2->Text=Cx;
            Edit3->Text=Cy;
            Edit4->Text=yy;
            Edit5->Text=Cyy;
            ListBox62->Items->Add(E);
            ListBox21->Items->Add(Cxx);
            ListBox43->Items-
>Add(Cyy);////////////////////////////20
          };
        };
    }//-------------------------Dx<0,Dy<0
};
}
 xyz[H]=0;
 H++;
 xyz[H]=0;
 H++;
 xyz[H]=0;
 H++;
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TForm1::Close1Click(TObject *Sender)
{
  Memo1->Clear();
  Memo2->Clear();
  Edit1->Clear();
  Edit2->Clear();
  Edit3->Clear();
  Edit4->Clear();
  Edit5->Clear();
  Edit6->Clear();
  Edit7->Clear();
  Edit8->Clear();
  ListBox1->Clear();
  ListBox2->Clear();
  ListBox3->Clear();
  ListBox4->Clear();
  ListBox5->Clear();
  ListBox6->Clear();
  ListBox7->Clear();
  ListBox8->Clear();
  ListBox9->Clear();
  ListBox10->Clear();
  ListBox11->Clear();
  ListBox12->Clear();
  ListBox13->Clear();
  ListBox14->Clear();
  ListBox15->Clear();
  ListBox16->Clear();
  ListBox17->Clear();
  ListBox18->Clear();
  ListBox19->Clear();
  ListBox20->Clear();
  ListBox21->Clear();
  ListBox22->Clear();
  ListBox23->Clear();
  ListBox24->Clear();
  ListBox25->Clear();
  ListBox26->Clear();
  ListBox27->Clear();
  ListBox28->Clear();
  ListBox29->Clear();
  ListBox30->Clear();
  ListBox31->Clear();
  ListBox32->Clear();
  ListBox33->Clear();
  ListBox34->Clear();
  ListBox35->Clear();
  ListBox36->Clear();
  ListBox37->Clear();
  ListBox38->Clear();
  ListBox39->Clear();
  ListBox40->Clear();
  ListBox41->Clear();
  ListBox42->Clear();
  ListBox43->Clear();
  ListBox44->Clear();
  ListBox45->Clear();
  ListBox46->Clear();
  ListBox47->Clear();
  ListBox48->Clear();
  ListBox49->Clear();
  ListBox50->Clear();
  ListBox51->Clear();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 ListBox52->Clear();
 ListBox53->Clear();
 ListBox54->Clear();
 ListBox55->Clear();
 ListBox56->Clear();
 ListBox57->Clear();
 ListBox58->Clear();
 ListBox59->Clear();
 ListBox60->Clear();
 ListBox61->Clear();
 ListBox62->Clear();
 ListBox63->Clear();
 ListBox64->Clear();
 ListBox65->Clear();
 ListBox66->Clear();
 ListBox67->Clear();
 ListBox68->Clear();
 ListBox69->Clear();
 ListBox70->Clear();
 ListBox71->Clear();
 ListBox72->Clear();
 ListBox73->Clear();
 ListBox74->Clear();
 ListBox83->Clear();
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Timer1Timer(TObject *Sender)
{
 int HH,Lz,Lx,Ly,KK;
 Edit7->Text=H;
 HH=H/3;
 Edit8->Text=HH;
if(K<=HH-1)
 {
 KK=K*3;
 Lz=xyz[KK];
 Outp(0x378,Lz);
 Outp(0x37A,5);
 ListBox83->Items->Add(Lz);
 Lx=xyz[KK+1];
 Outp(0x378,Lx);
 Outp(0x37A,1);
 ListBox83->Items->Add(Lx);
 Ly=xyz[KK+2];
 Outp(0x378,Ly);
 Outp(0x37A,2);
 ListBox83->Items->Add(Ly);
 K++;
 }
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
 Outp(0x37A,4);
 Timer1->Enabled=true;
 Timer2->Enabled=false;
 Outp(0x37A,4);
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Timer2Timer(TObject *Sender)
{
 int HH,Lz,Lx,Ly,KK;
 Edit7->Text=H;
 HH=H/3;
 Edit8->Text=HH;
 if(K<=HH-1)
 {
 KK=K*3;
 Lz=xyz[KK];
 Outp(0x378,Lz);
 Outp(0x37A,5);
 ListBox83->Items->Add(Lz);
 Lx=xyz[KK+1];
 Outp(0x378,Lx);
 Outp(0x37A,1);
 ListBox83->Items->Add(Lx);
 Ly=xyz[KK+2];
 Outp(0x378,Ly);
 Outp(0x37A,2);
 ListBox83->Items->Add(Ly);
 K++;
 }
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject *Sender)
{
 Outp(0x378,0);
 Outp(0x37A,5);
 Outp(0x378,130);
 Outp(0x37A,1);
 Outp(0x378,131);
 Outp(0x37A,2);
 Outp(0x37A,4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

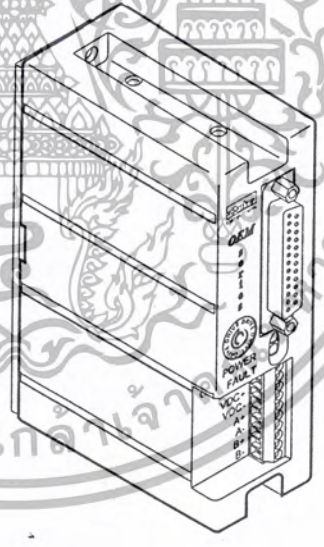
```
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject *Sender)
{
 Outp(0x37A,4);
 Timer2->Enabled=true;
 Timer1->Enabled=false;
 Outp(0x37A,4);
}
//---------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compumotor

OEM650/OEM650X
OEM350/OEM350X
Drive and Drive/Indexer
User Guide



Compumotor Division
Parker Hannifin Corporation
p/n 88-013157-02 A

Parker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Size	Current	Resistor	Voltage
OEM57-40-MOS	2.65A	21.0 kΩ	48 - 75VDC
OEM57-40-MOP	5.3A	5.76 kΩ	24 - 48VDC
OEM57-51-MOS	3.3A	15.8 kΩ	48 - 75VDC
OEM57-51-MOP	6.6A	2.05 kΩ	24 - 48VDC
OEM57-83-MOS	3.8A	12.7 kΩ	48 - 75VDC
OEM57-83-MOP	7.5A	0.00 kΩ	24 - 48VDC
OEM83-62-MO*	4.4A	9.53 kΩ	24 - 75VDC
OEM83-93-MO*	5.6A	4.87 kΩ	24 - 75VDC
OEM83-135-MO*	6.9A	1.27 kΩ	24 - 75VDC

S: Series Configuration P: Parallel Configuration
**34 size motors are internally wired in parallel*

Table 2-7. OEM Drive Motor Current (Compumotor Motors)

If you use a *non-Compumotor motor*, carefully follow the motor manufacturer's instructions regarding motor wiring and the proper operating current. Compumotor recommends a motor inductance of 2 mH measured in series or parallel (0.5 mH - 10 mH is acceptable). Table 2-8 shows resistor values that you must use to properly set motor current when using the **OEM650/ OEM650X** with a non-Compumotor motor. When the ***motor current range jumper*** (jumper 1—see Figure 2-1) is installed, the drive can generate 2.5 to 7.5 amps. When jumper 1 is removed, the drive can generate 0.83 to 2.5 amps. If you use the **OEM350/ OEM350X**, use Table 2-9 for resistor and current values to use with high-inductance (10 mH to 80 mH), low current motors.

Jumper #1 Installed				Jumper #1 Removed	
Current (Amps)	*Resistance (Ohms)*	*Current (Amps)*	*Resistance (Ohms)*	*Current (Amps)*	*Resistance (Ohms)*
7.5	0 Ω	4.9	7.32 kΩ	2.5	0 Ω
7.4	205 Ω	4.8	7.68 kΩ	2.4	619 Ω
7.3	412 Ω	4.7	8.06 kΩ	2.3	1.27 kΩ
7.2	619 Ω	4.6	8.45 kΩ	2.2	2.05 kΩ
7.1	825 Ω	4.5	8.87 kΩ	2.1	2.80 kΩ
7.0	1.02 kΩ	4.4	9.53 kΩ	2.0	3.57 kΩ
6.9	1.27 kΩ	4.3	10.0 kΩ	1.9	4.53 kΩ
6.8	1.54 kΩ	4.2	10.5 kΩ	1.8	5.49 kΩ
6.7	1.78 kΩ	4.1	10.0 kΩ	1.7	6.49 kΩ
6.6	2.05 kΩ	4.0	11.5 kΩ	1.6	7.68 kΩ
6.5	2.26 kΩ	3.9	12.1 kΩ	1.5	8.87 kΩ
6.4	2.55 kΩ	3.8	12.7 kΩ	1.4	10.5 kΩ
6.3	2.80 kΩ	3.7	13.3 kΩ	1.3	12.1 kΩ
6.2	3.09 kΩ	3.6	13.7 kΩ	1.2	13.7 kΩ
6.1	3.32 kΩ	3.5	14.3 kΩ	1.1	15.8 kΩ
6.0	3.57 kΩ	3.4	15.0 kΩ	1.0	18.2 kΩ
5.9	3.92 kΩ	3.3	15.8 kΩ	0.9	20.5 kΩ
5.8	4.22 kΩ	3.2	16.5 kΩ	0.83	22.6 kΩ
5.7	4.53 kΩ	3.1	17.4 kΩ		
5.6	4.87 kΩ	3.0	18.2 kΩ		
5.5	5.11 kΩ	2.9	19.1 kΩ		
5.4	5.49 kΩ	2.8	20.0 kΩ		
5.3	5.76 kΩ	2.7	20.5 kΩ		
5.2	6.19 kΩ	2.6	21.5 kΩ		
5.1	6.49 kΩ	2.5	22.6 kΩ		
5.0	6.81 kΩ				

*Table 2-8. **OEM650/650X** Resistor Selection for Motor Current*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

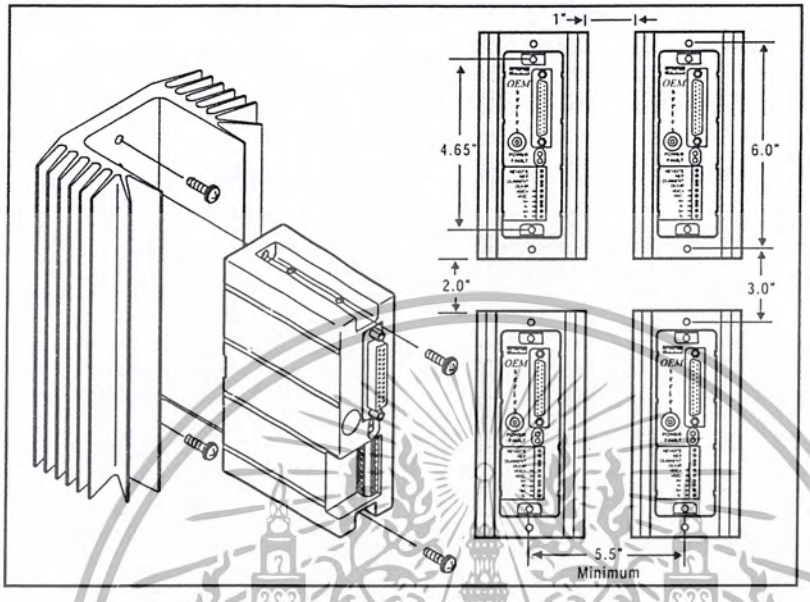


Figure 2-17. OEM650/OEM650X OEM-HS2 Minimum Area Panel Layout

Jumper Functions

Figure 2-1 shows the location and function of the 11 OEM650/OEM650X jumpers. When the unit is shipped to you, all 11 jumpers are installed. Each jumper's function is defined in this section.

Jumper #1: Motor Current Range

This jumper sets the range of user configurable motor current settings. *Refer to Tables 2-8 and 2-9 for motor current values with jumper 1 installed and removed.*

Jumpers #2 - #5: Motor Resolution

These jumpers control motor resolution (how many steps are in one revolution). *Although higher resolutions typically result in finer positioning and improved low-speed smoothness, it does not necessarily result in improved accuracy.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Resolution	JU2	JU3	JU4	JU5
50,800 Steps/Rev	on	on	on	off
50,000 Steps/Rev	on	on	off	on
36,000 Steps/Rev	on	on	off	off
25,600 Steps/Rev	on	off	on	on
25,400 Steps/Rev	on	off	on	off
25,000 Steps/Rev *	on	on	on	on
21,600 Steps/Rev	on	off	off	on
20,000 Steps/Rev	on	off	off	off
18,000 Steps/Rev	off	on	on	on
12,800 Steps/Rev	off	on	on	off
10,000 Steps/Rev	off	on	off	on
5,000 Steps/Rev	off	on	off	off
2,000 Steps/Rev	off	off	on	on
1,000 Steps/Rev	off	off	on	off
400 Steps/Rev	off	off	off	on
200 Steps/Rev	off	off	off	off

* *Default Setting*

Table 2-10. Motor Resolution Jumper Settings

Your indexer (if you are using an OEM650) and drive should be set to the same resolution. If the drive and indexer's motor resolution settings do not match, commanded accelerations and velocities will not be performed accurately.

Jumpers #6 - #8: Motor Waveform Shape

These jumpers control the shape or waveform of the commanded motor current. Motor waveforms can reduce resonance problems and allow the motor to run smoothly. This function will not operate when the 200-step or 400-step motor resolutions are used.

Motor Waveform	JU6	JU7	JU8
Pure sine	off	off	on
-2% 3rd Harmonic	off	on	off
-4% 3rd Harmonic*	on	on	on
-4% 3rd Harmonic	off	off	off
-4% 3rd Harmonic	off	on	on
-6% 3rd Harmonic	on	off	off
-8% 3rd Harmonic	on	off	on
-10% 3rd Harmonic	on	on	off

* *Default Setting*

Table 2-11. Motor Waveform Jumper Settings

Jumpers #9 - #10: Auto Standby

The Automatic Standby function allows the motor to cool when it is not moving. This function reduces the current to the motor when the drive does not receive a step pulse for one second. Full current is restored upon the first step pulse that the drive receives. *Do not use this function in systems that use an indexer and an encoder for position maintenance. If used in this environment, the system will go in and out of the Auto Standby mode.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standby Current	*JU9*	*JU10*
Full Current*	on	on
75% Current	off	on
50% Current	on	off
25% Current	off	off

* *Default Setting*

Table 2-12. Auto Standby Jumper Settings

Jumper #11: Auto Test

The Automatic Test function turns the motor shaft slightly less than six revolutions in Alternating mode at 1 rps. The Automatic Standby function and motor resolution settings are disabled when you use the Automatic Test function.

Auto Test	*JU11*
Enabled	off
Disabled*	on

* *Default Setting*

Table 2-13. Auto Test Jumper Settings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OEM650 Inputs and Outputs

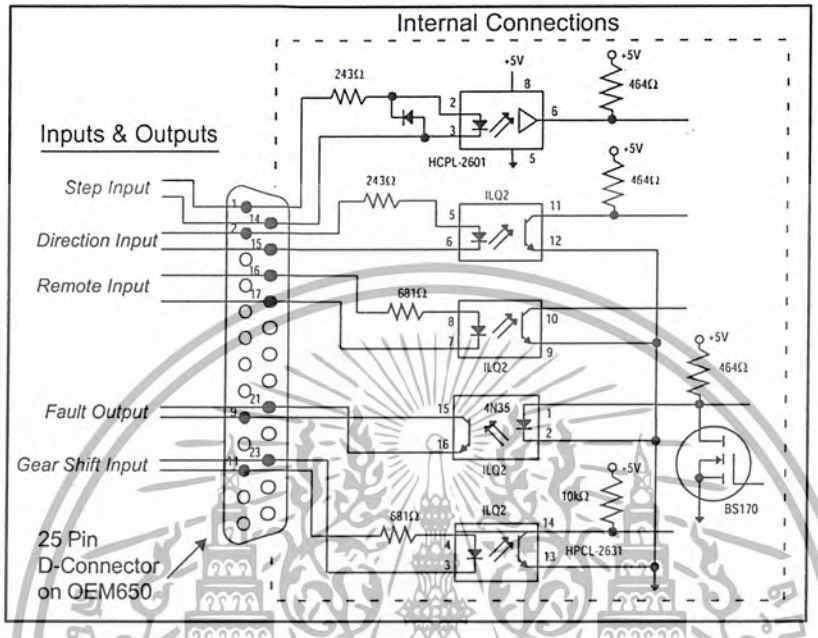


Figure 2-18. OEM650 Inputs & Output Schematic

Step Input Signal Specification

The OEM650's inputs are optically isolated and may be driven (activated) by providing a positive pulse to the plus input with respect to the minus input. This input may also be differentially driven. The input driver must provide a minimum of 6.5 mA—*approximately 3.5 VDC* (15 mA maximum).

Step Pulse Input

Operate the step pulse input within the following guidelines:

- ☐ 200 nanosecond-pulse minimum
- ☐ 40% - 60% duty cycle (2 MHz maximum pulse rate

Direction Input Signal Specification

The OEM650's inputs are optically isolated and may be driven (activated) by providing a positive pulse to the plus input with respect to the minus input. The input may also be differentially driven. The input driver must provide a minimum of 10 mA—*approximately 3.5 VDC*—to ensure adequate operation.

Direction Input

The direction may change polarity coincident with the last step pulse. The direction input must be stable for at least 120 µsec before the drive receives the first pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote Input

The Remote input is an optically isolated input that uses an ILQ2 quad OPTO isolator. The REMOTE+ terminal is connected to the anode of the OPTO lead via a 681Ω current limiting resistor. The REMOTE- terminal is connected to the cathode of the OPTO lead. The OPTO requires a minimum of 3.5 mA (≈3.5VDC) to ensure proper system operation.

This input allows you to reduce current to a motor from a remote location. This is accomplished by changing the current select resistor via the remote input. When the remote input is enabled, the open collector transistor connected to the REMOTE screw terminal will conduct to ground. If the CURRENT and REMOTE terminals are shorted together (with a wire) motor current will be reduced to zero.

Motor current can also be reduced by a percentage if CURRENT and REMOTE are shorted with the appropriate resistor. A remote motor current value must be selected (see Table 2-8) to set the operating current. Identify the current resistor associated with the operating current you select. Use the resistor values to determine the remote resistor that must be installed between the CURRENT and REMOTE terminals. Use the following equation to detemine R_{REMOTE}.

$$R_{REMOTE} = -13,300 (3650 + R_C) / (R_C - R_S)$$

R_C = Resistor associated with the operating current
R_S = Resistor associated with the desired standby current

Fault Output

This output is an open-collector, open emitter output from a ILQ2 OPTO isolator. The output transistor will conduct when the drive is functioning properly. The transistor will not conduct properly when any of the following conditions exist.

- ❑ No power is applied to the drive
- ❑ There is insufficient voltage (<24VDC)
- ❑ The driver detects a motor fault
- ❑ The remote input is enabled

This output has the following electrical characteristics:

- ❑ V_{CE} = 35VDC
- ❑ V_{CESAT} = 0.3VDC
- ❑ Collector Current = 10 mA maximum
- ❑ Dissipation = 100 mW maximum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0039; Rev 0; 11/92

MAXIM

High-Speed, 6A Single MOSFET Drivers

General Description

The MAX4420, MAX4429 and MXT429 are single-output MOSFET drivers designed to translate TTL/CMOS inputs to high-voltage/high-current outputs. The low 1.5Ω output impedance and 6A peak current output allow them to rapidly switch high-capacitance power MOSFETs, improving efficiency.

A 40ns delay time and a 25ns rise or fall time (while driving 2500pF to 18V) minimize power losses during MOSFET switching transitions.

The MAX4420/MAX4429/MXT429 interface easily with either CMOS or bipolar switch-mode controllers because their logic inputs draw under 10µA. The outputs swing to within 25mV of GND or the power-supply rail, which can be 4.5V to 18V for the MAX4420/MAX4429, and 7V to 18V for the MXT429.

Power-supply quiescent current is typically 45µA and 450µA for logic input low and high, respectively. The MAX4420 has a non-inverting output. The MAX4429 and MXT429 have inverting outputs.

For dual drivers, refer to the MAX626/MAX627/MAX628 and MAX4426/MAX4427/MAX4428 data sheets.

Applications

Switching Power Supplies
DC-DC Converters
Motor Controllers
Pin-Diode Drivers

Features

- ♦ TTL/CMOS Compatible (I_{IN} ≤ 10µA)
- ♦ 4.5V to 18V Supply Range (MAX4420/MAX4429)
- ♦ 1.5Ω Output Resistance
- ♦ 6A Peak Output Current
- ♦ 40ns Delay Time
- ♦ 25ns Rise and Fall Times (2500pF Load)
- ♦ Output Swings to within 25mV of V_{DD} and GND

Ordering Information

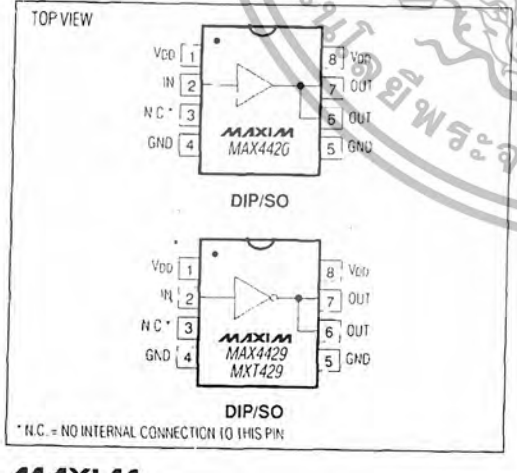
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX4420CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX4420CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX4420C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX4420EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX4420ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX4420MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**
MAX4429CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX4429CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX4429C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX4429EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX4429ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX4429MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

Ordering information continued on last page.

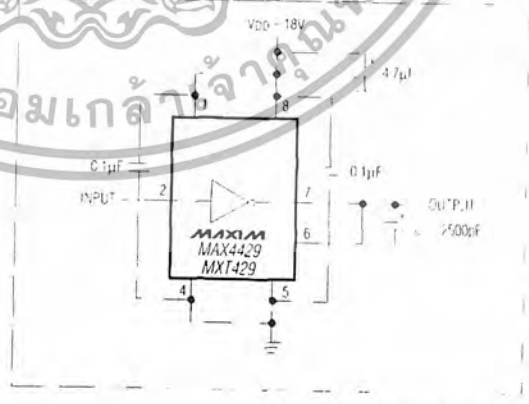
* Dice are specified at T_A = +25°C

** Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883 and DESC SMD

Pin Configurations



Typical Operating Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High-Speed, 6A Single MOSFET Drivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage V_{DD} to GND ..... +20V
Input Voltage V_{IN} ..... -0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) 727mW
SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW

Operating Temperature Ranges
MAX442_C__ , MXT429C__ ..... 0°C to +70°C
MAX442_E__ , MXT429E__ ..... -40°C to +85°C
MAX442_MJA, MXT429MJA ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(MAX4420/MAX4429 V_{DD} = +4.5V to +18V, MXT429 V_{DD} = +7V to +18V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

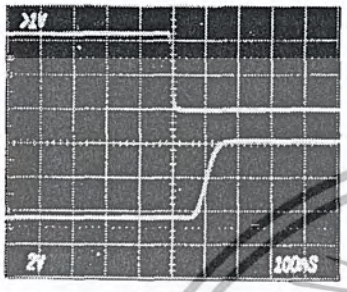
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MAX4420/MAX4429 MIN	TYP	MAX	MXT429 MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Range	V_{DD}			4.5		18	7		18	V
Power Supply Current	I_{DD}	V_{IN} = 3V	T_A = +25°C		0.45	1.5		0.45	5.0	mA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			3.0			12.0	
		V_{IN} = 0V	T_A = +25°C		0.045	0.150		0.045	0.5	
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			0.400			1.0	
Logic 1 Input Voltage	V_{IH}			2.4			2.4			V
Logic 0 Input Voltage	V_{IL}					0.8			0.8	V
IN Leakage Current	I_{IN}	V_{IN} = 0V to V_{DD}				±10			±10	µA
Output High Voltage	V_{OH}	No load		V_{DD} - 25			V_{DD} - 25			mV
Output Low Voltage	V_{OL}	No load				25			25	mV
Peak Output Current	I_{OUT}	V_{DD} = 18V	T_A = +25°C		6			6		A
Output Resistance	R_{OUT}	V_{DD} = 18V, I_{OUT} = 10mA, V_{IN} = 0.8V or 2.4V	T_A = +25°C		1.5	2.5		1.5	2.5	Ω
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			5.0			5.0	
Rise Time (Note 1)	t_R	Figure 1	T_A = +25°C		25	30		25	35	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			60			70	
Fall Time (Note 1)	t_F	Figure 1	T_A = +25°C		25	30		25	35	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			60			70	
Delay Time (Note 1)	t_{D1}	Figure 1	T_A = +25°C		35	60		35	75	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			100			100	
	t_{D2}	Figure 1	T_A = +25°C		40	60		40	75	
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			100			120	

Note 1: Switching times guaranteed by design, not tested. See Figure 1 for timing measurement circuit. V_{DD} = 18V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

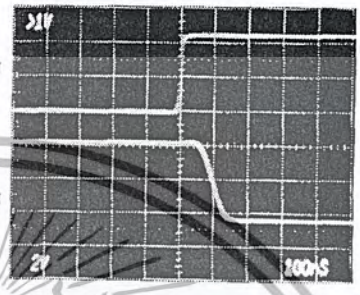
Typical Operating Characteristics

MAX4429 SWITCHING SPEED (INPUT HIGH TO LOW)



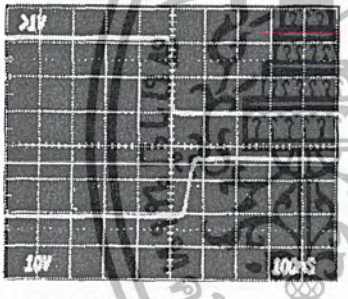
VDD = 4.5V, CL = 2500pF, TIME = 100ns/div.
VIN = 5V TO 0V.
TA = +25°C

MAX4429 SWITCHING SPEED (INPUT LOW TO HIGH)



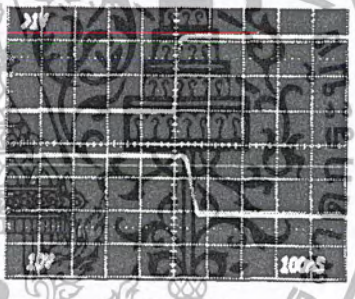
VDD = 4.5V, CL = 2500pF, TIME = 100ns/div
VIN = 0V TO 5V
TA = +25°C

MAX4429 SWITCHING SPEED (INPUT HIGH TO LOW)



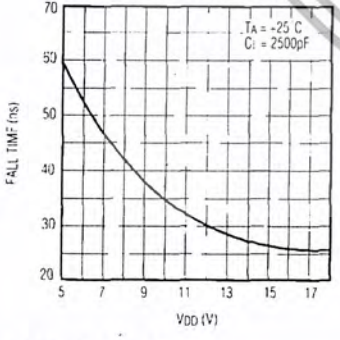
VDD = 18V, CL = 2500pF, TIME = 100ns/div
VIN = 5V TO 0V.
TA = +25°C

MAX4429 SWITCHING SPEED (INPUT LOW TO HIGH)

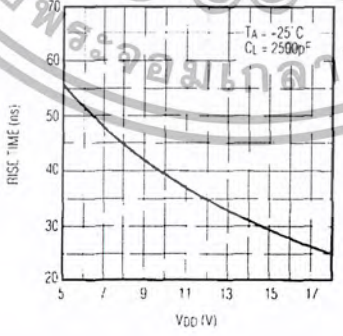


VDD = 18V, CL = 2500pF, TIME = 100ns/div.
VIN = 0V TO 5V
TA = +25°C

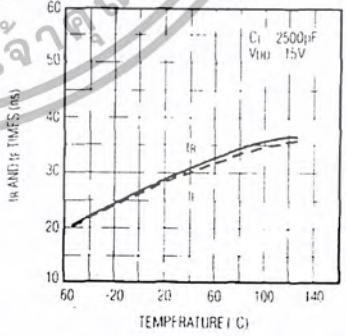
FALL TIME vs. POSITIVE SUPPLY VOLTAGE



RISE TIME vs. POSITIVE SUPPLY VOLTAGE



RISE AND FALL TIMES vs. TEMPERATURE

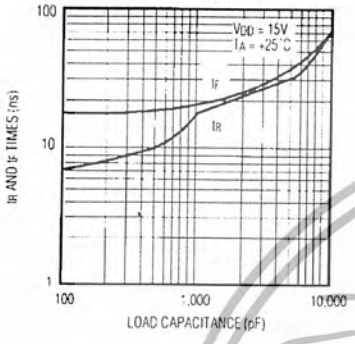


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

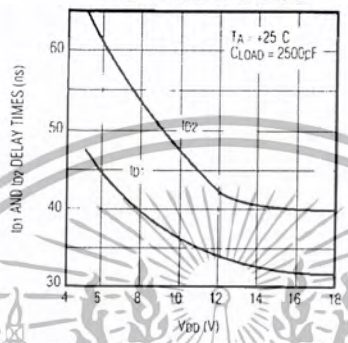
High-Speed, 6A Single MOSFET Drivers

Typical Operating Characteristics (continued)

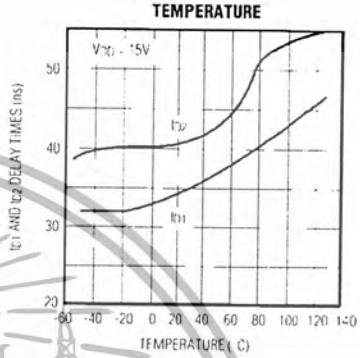
RISE AND FALL TIME vs. LOAD CAPACITANCE



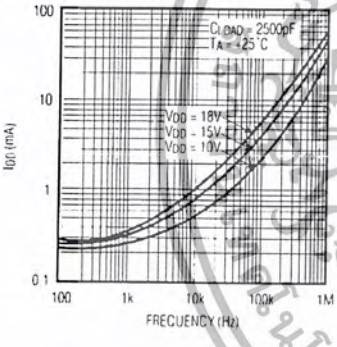
DELAY TIMES vs. POSITIVE SUPPLY VOLTAGE



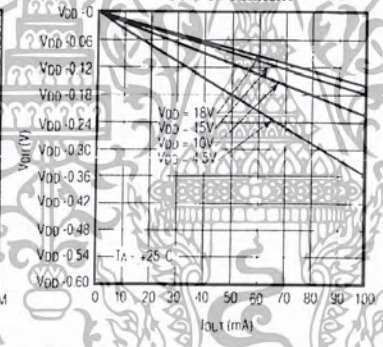
DELAY TIMES vs. TEMPERATURE



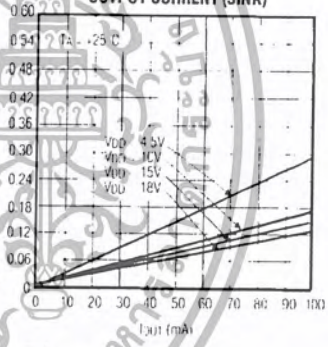
POSITIVE SUPPLY CURRENT vs. FREQUENCY



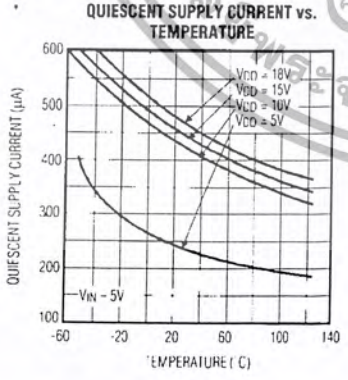
OUTPUT HIGH VOLTAGE vs. OUTPUT CURRENT



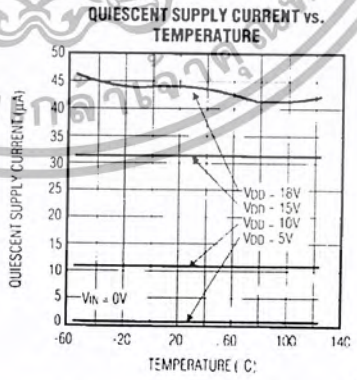
OUTPUT LOW VOLTAGE vs. OUTPUT CURRENT (SINK)



QUIESCENT SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE



QUIESCENT SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

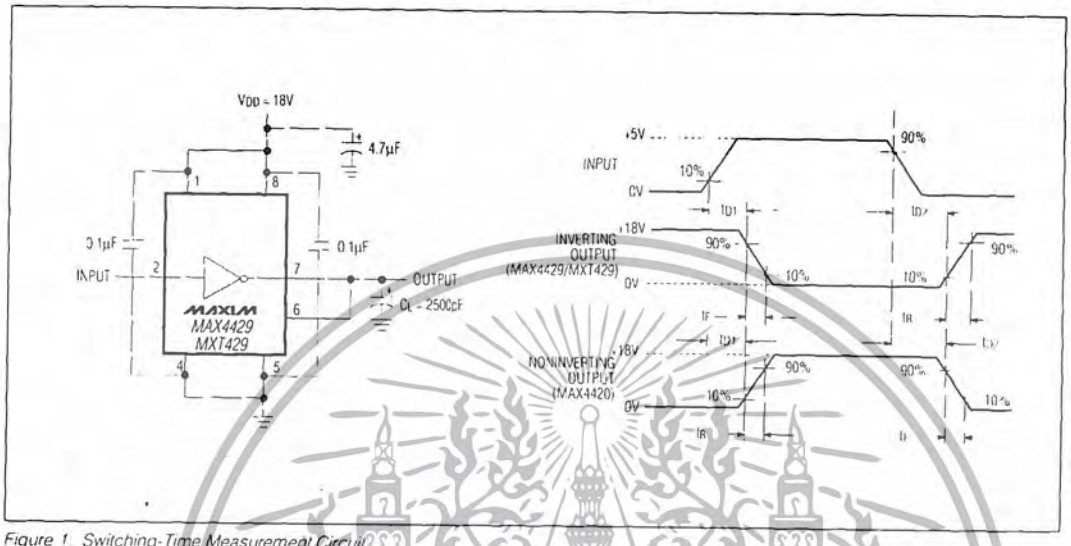


Figure 1. Switching-Time Measurement Circuit

Applications Information

The MAX4420/MAX4429/MXT429 have easy-to-drive inputs. However, the input must not be allowed to stay between V_{IH} and V_{IL} for more than 500ns. The power supply (V_{DD}) inputs must always be tied together, as should the outputs (OUT).

Supply bypassing and grounding are extremely important, as the peak supply and output currents can be greater than 6A. Ground drops are a form of negative feedback with inverters, and therefore will degrade the delay and transition time. Ringing may also be a problem with large $\Delta V/\Delta t$ and/or large AC currents.

Suggested bypass capacitors are a 4.7µF (low ESR) capacitor in parallel with 0.1µF ceramic capacitors, mounted as close as possible to the device. Use a ground plane if possible, or separate ground returns for inputs and outputs. Ringing can be minimized with a 5Ω resistor in series with the output, but this will degrade output transition time.

Power Dissipation

Power dissipation of the MAX4420/MAX4429/MXT429 consists of:

1) input inverter losses
2) crowbar current through the output devices
3) output current (either capacitive or resistive).

The sum of these must be kept below the maximum power-dissipation limit.

The DC input inverter losses are typically 45µA when the input is low and 450µA when the input is high.

The crowbar current through an output device making a transition is approximately 100mA for a few nanoseconds. This is a small portion of the total supply current, except for high switching frequencies or a small load capacitance (100pF).

The MAX4420/MAX4429/MXT429 power dissipation when driving a ground referenced resistive load is:

$$P = D \times R_{ON(max)} \times I_{LOAD}^2$$

where D is the percentage of time the MAX4420/MAX4429/MXT429 output pulls high, $R_{ON(max)}$ is the maximum on resistance of the device with the output high, and I_{LOAD} is the load current of the MAX4420/MAX4429/MXT429.

For capacitive loads, the power dissipation is:

$$P = C_{LOAD} \times V_{DD}^2 \times FREQ$$

where C_{LOAD} is the capacitive load, V_{DD} is the MAX4420/MAX4429/MXT429 supply voltage, and FREQ is the toggle frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

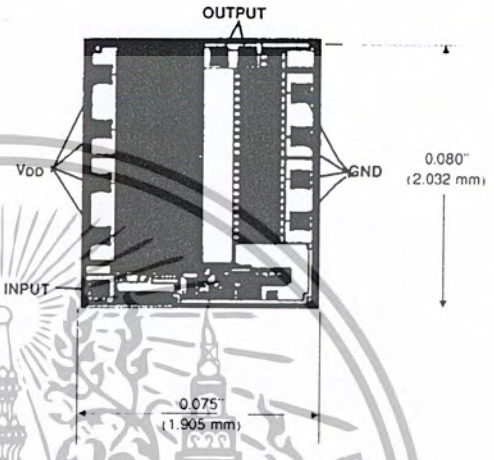
High-Speed, 6A Single MOSFET Drivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MXT429CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MXT429CSA	0°C to +70°C	8 SO
MXT429C/D	0°C to +70°C	Dice*
MXT429EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MXT429ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MXT429MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

* *Dice are specified at T_A = +25°C.*
** *Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883 and DESC-SMD.*

Chip Topography



TRANSISTOR COUNT: 16;
SUBSTRATE CONNECTED TO V_{DD}

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

© 1992 Maxim Integrated Products Printed USA **MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้