สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจธนบัตร

BANKNOTE DETECTOR

นายธวัช ศรีมหาโชตะ

นายสุพิสิษฐ์ เสมอจิตร

นายอิศรชัย จิระนันทิพร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42542
วัน, เดือน, ปี 24 พ.ค. 2545

,b.....
,i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BANKNOTE DETECTOR

Thawat Srimahachota

Supisit Samerchit

Itsarachai Jiranantiporn

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL INSTRUMENTATION TECHNOLOGY

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตรวจธนบัตร

BANKNOTE DETECTOR

นักศึกษาผู้จัดจำ

นายธวัช ศรีมหาโชตะ	**รหัสประจำตัว**	40010313
นายสุพิสิษฐ์ เสมอจิตร	**รหัสประจำตัว**	40010894
นายอิศรชัย จิระนันทิพร	**รหัสประจำตัว**	40011016

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2543

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์ รศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 9 เมษายน พ.ศ.2544

สถานที่สอบ ณ. ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชา ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตรวจธนบัตร

BANKNOTE DETECTOR

นักศึกษาผู้จัดทำ นายธวัช ศรีมหาโชตะ

นายสุพิสิษฐ์ เสมอจิตร

นายอิศรชัย จิระนันทิพร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ประภาศ อุดคกิมาพันธุ์

รศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอต้นแบบเครื่องตรวจธนบัตร ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่รับธนบัตรเข้าออก และส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบธนบัตร ซึ่งนำวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพโดยวิธีตรวจสอบฮิสโตแกรม (Histrogram) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสีของธนบัตรที่ได้รับจากเครื่องสแกนเนอร์(Scanner) แทนการตรวจสอบธนบัตรที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันซึ่งใช้แสงจากแบล็กไลท์ในการตรวจสอบเนื้อกระดาษธนบัตรที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างจากกระดาษทั่วไป ซึ่งเป็นข้อด้อยหากมีการปลอมแปลงกระดาษให้มีคุณสมบัติเหมือนธนบัตรที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันการตรวจสอบธนบัตรภายใต้แสงแบล็กไลท์อาจไม่สามารถให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Banknote Detector	
Authers	Mr.Thawat	Srimahachota
	Mr.Supisit	Samerchit
	Mr.Itsarachai	Jiranantiporn
Thesis Adviser	Asst.Prof.Prapard	Ukkakimaphan
	Assoc.Prof.Kaset	Sirisantisamrid
Year	2000	

ABSTRACT

A prototype machine to detect banknote has been used to proposed in this thesis. It consists of the intake and outtake part and other part that detect banknote. By using image processing technique has been used to analyze the histrogram of the color of banknote received from scanner. This technique is different from the present method that used black light to detect the special property of banknote paper. Fake banknote made from paper that has the same property of real banknote cannot be detected by using black light anymore.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้คงจะไม่ประสบความสำเร็จได้หากปราศจากบุคคลหนึ่งบุคคลใดดังต่อไปนี้ อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ จัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ ทำให้ส่วนของฮาร์ดแวร์ของปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและอาจารย์เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับ Image Processing และแนะนำหนังสือที่ใช้ในการค้นคว้าหาข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาลาดกระบังที่ให้ยืมธนบัตรปลอม ในการนำมาทำการวิเคราะห์และเป็นตัวอย่างของธนบัตรปลอมที่นำมาวิเคราะห์ผลด้วยรวมทั้งให้ความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับธนบัตรปลอมเป็นอย่างดี

เอกสิทธิ์ (เอก) และต่อลาภ (ต่อ) ที่ให้คำปรึกษาทุกอย่างเกี่ยวกับ Assembly รวมทั้งแนะนำและอธิบายข้อสงสัยต่างๆเกี่ยวกับวงจรต่างๆ ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ อริศรา (ไมร์) และสมเจตน์ (เจ็ต) ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับ Visual Basic จิรวัสส์ (จิ) ,อภิรดี (บัว) ,อรรณพ (มด) , โกศล(ศล) ,ธีรศักดิ์(ที) ที่ไปบ้านหม้อซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในยามฉุกเฉินให้ สุธี (เหม่ง) ,สมศักดิ์ (น้องเป็ด) และขรรค์ชัย(น้องขัน) ที่ไปวงเวียน 22 ซื้ออะคริลิคประกอบฮาร์ดแวร์จนสำเร็จ และเพื่อนๆ อีกหลายคนที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ให้ความช่วยเหลือและคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบคุณ หอนาคฯ 6 ห้อง 303 ,หอนาคฯ 7 ห้อง 204 และหอถาวร ห้อง 234 และ 326 ที่เป็นที่พักผ่อนในช่วงที่ทำปริญญานิพนธ์ตลอดมา และที่สำคัญที่สุด คือความรัก ความห่วงใยและกำลังใจจากบุพการีของคณะผู้จัดทำ จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายขอขอบคุณห้อง B306 และ ห้องโครงงานภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ที่ให้สถานที่ในการทำปริญญานิพนธ์นี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....**1**

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปริญญานิพนธ์.....1

1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการทำงานของส่วนต่างๆ.....**3**

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....4

2.1.1 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างภายในของ MCS-51.....4

2.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51.....5

2.1.3 การจัดขาต่างๆของ MCS-51.....6

2.1.4 หน่วยความจำ.....8

2.1.5 พอร์ตอินพุต / เอาท์พุตของ MCS-51.....8

2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์.....13

2.2.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์.....14

2.2.2 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์.....18

2.2.3 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์.....20

2.3 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ.....22

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง.....**32**

3.1 การศึกษาวิธีการและขั้นตอน.....32

3.2 การออกแบบ.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....38

4.1 การทดลอง Edge Detection.....38

4.2 ผลการทดลองด้วยการหา Edge Detection..... 38

4.3 การตรวจสอบฮิสโตแกรม..... 40

4.4 ผลการทดลองการตรวจสอบฮิสโตแกรม.....41

บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ.....47

5.1 บทสรุปและวิจารณ์.....47

5.2 ข้อจำกัดของปริญญานิพนธ์.....47

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....48

บรรณานุกรม.....49

ภาคผนวก.....50

ภาคผนวก ก.....51

ภาคผนวก ข.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.....5
2.2 แสดงตำแหน่งและการใช้งานรีจิสเตอร์ SCON.....10
2.3 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ TMOD.....11
2.4 แสดงค่า Baud Rate และค่า Reload Value.....12
2.5 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ IE.....12
2.6 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ IP.....13
2.7 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ.....19
2.8 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส.....19
2.9 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมอธิบายการทำงานของเครื่องตรวจธนบัตร.....3

2.2 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51.....4

2.3 แสดงขาต่างๆของ MCS51.....6

2.4 แสดงการหมุนเป็นสเต็ป.....14

2.5 แสดงการหมุนแบบต่อเนื่อง.....14

2.6 แสดงภาพตัดขวางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์.....15

2.7 แสดงตำแหน่งสมดุลย์เมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งถูกกระตุ้น.....15

2.8 แสดงโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร.....16

2.9 แสดงโครงสร้างของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์.....17

2.10 แสดงสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องตรวจธนบัตร.....21

2.11 แสดง Step Motor Driver Module.....21

2.12 แสดงขดลวดและไฟเลี้ยงสเต็ปปิ้งมอเตอร์.....22

2.13 แสดงส่วนควบคุมและไฟเลี้ยงโมดูลของสเต็ปปิ้งมอเตอร์.....22

2.14 แสดง enhancement of the lower part of an image.....23

2.15 แสดง enhancement of the higher part of an image.....23

2.16 แสดง enhancement of the middle part of an image.....23

2.17 แสดง inversion of an image.....24

2.18 แสดงความชัดเจนของลวดลายและภาพ.....26

2.19 แสดงพระบรมฉายาลักษณ์.....27

2.20 แสดงตัวอักษรในเส้นใยใสกันปลอม.....27

2.21 แสดงแนวของเส้นใยใส.....28

2.22 แสดงบริเวณที่สามารถด้วยโดยวิธีสัมผัส.....28

2.23 แสดงเลขไทยบอกราคา.....29

2.24 แสดงตัวเลขแฝง.....29

2.25 แสดงการตรวจสอบพระครุฑพ่าห์และเส้นกรอบรูปสี่เหลี่ยม.....30

2.26 แสดงการตรวจสอบด้วยแบล็กไลท์.....30

3.1 แสดง Schematic ภาคจ่ายไฟของเครื่องตรวจธนบัตร.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.2	แสดงรูปหม้อแปลงและวงจรภาคจ่ายไฟ	34
3.3	แสดงส่วนรับธนบัตร	34
3.4	แสดงขั้นตอนการนำธนบัตรไปตรวจสอบ	35
3.5	แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก	36
3.6	แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่	36
3.7	แสดงส่วนของนิวแมติก	37
4.1	ตัวอย่างภาพธนบัตรต้น	38
4.2	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Sobel	38
4.3	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Kirch	39
4.4	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Robinson	39
4.5	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Prewist	39
4.6	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Laplace 4	39
4.7	เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Laplace 8	40
4.8	แสดงตัวอย่างภาพธนบัตรจริง	41
4.9	แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรจริง	41
4.10	แสดงภาพธนบัตรปลอม	42
4.11	แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรปลอม	42
4.12	แสดงภาพธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง	43
4.13	แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง	43
4.14	แสดงภาพธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสี	44
4.15	แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรถ่ายเอกสารสี	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันเครื่องขายของอัตโนมัติจัดได้ว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเครื่องเหล่านี้ใช้ได้กับเหรียญเท่านั้นจึงเกิดปัญหาตามมาว่าคนนี้ต้องการใช้บริการของเครื่องขายของอัตโนมัตินั้นบ่อยครั้งที่ไม่มีเหรียญเพื่อใช้หยอดและไม่สามารถหาที่ที่สามารถแลกเหรียญได้ จึงได้เกิดแนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ขึ้นเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องขายของอัตโนมัติเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นเครื่องแลกเหรียญหรือเครื่องขายของอัตโนมัติที่สามารถรับธนบัตรได้ ตลอดจนเป็นเครื่องตรวจธนบัตรได้อีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพิมพ์ธนบัตรปลอมมากขึ้นและยิ่งมีความเหมือนใกล้เคียงกับธนบัตรจริงมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นลายเส้นที่ละเอียดมากขึ้น,เส้นใยใสกันปลอมก็สามารถปลอมได้ ซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้ก็อาจจะมีการปลอมกระดาษที่มีเนื้อกระดาษเหมือนกับธนบัตรที่ใช้อยู่และจะทำให้แบล็กไลท์ไม่สามารถตรวจธนบัตรได้อีกต่อไป ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาการตรวจธนบัตรด้วยวิธีอื่นขึ้นมาเพื่อนำมาศึกษาและพัฒนาเป็นโครงงานที่เกิดประโยชน์และนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงต่อไป

1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์

จุดประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์เครื่องตรวจธนบัตรขึ้นมา มีดังนี้

1. เพื่อศึกษาการประมวลผลภาพ (Image Processing)
2. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมและการประยุกต์ใช้งาน
4. ศึกษาการออกแบบ นำส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน
5. เพื่อพัฒนาโครงงานให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างของธนบัตรจริงและธนบัตรปลอมที่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบได้

2. ออกแบบระบบการทำงานของโครงงานเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบธนบัตร รวมทั้งการติดต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์เพื่อทำการจำลองการทำงานของเครื่องตรวจธนบัตร

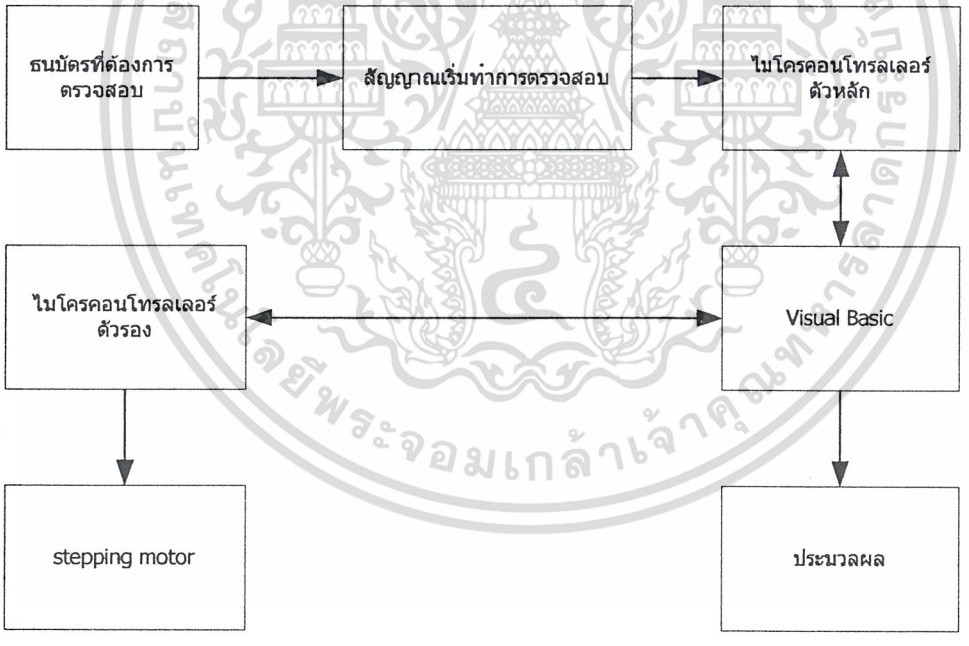
4. เขียนโปรแกรม Visual Basic และ Assembly เพื่อใช้ในการควบคุมและลำดับทำงานของฮาร์ดแวร์

5. นำปริญญานิพนธ์ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการทำงานของส่วนต่างๆ

ปริญญานิพนธ์เครื่องตรวจธนบัตรนี้มีการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ติดต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมฮาร์ดแวร์ในส่วนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์รวมถึงใช้ในการประมวลผลธนบัตรที่ได้รับมานั้นว่าเป็นธนบัตรจริงหรือปลอม ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีอยู่สองตัวด้วยกันโดยตัวหนึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพียงอย่างเดียว โดยทำการส่งสัญญาณ clock ทำการควบคุมจำนวนสเต็ปและ direction ทำการกำหนดทิศทางโดยรับข้อมูลจาก Visual Basic ทำการติดต่อสื่อสารผ่าน RS232 ส่วนอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนที่รับธนบัตรและทำหน้าที่ควบคุมคอนโทรลวาล์วกำหนดทิศทางของลมรวมถึงติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ด้วยเช่นกัน การทำงานทั้งหมดนี้สามารถแสดงได้ด้วยบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมอธิบายการทำงานของเครื่องตรวจธนบัตร

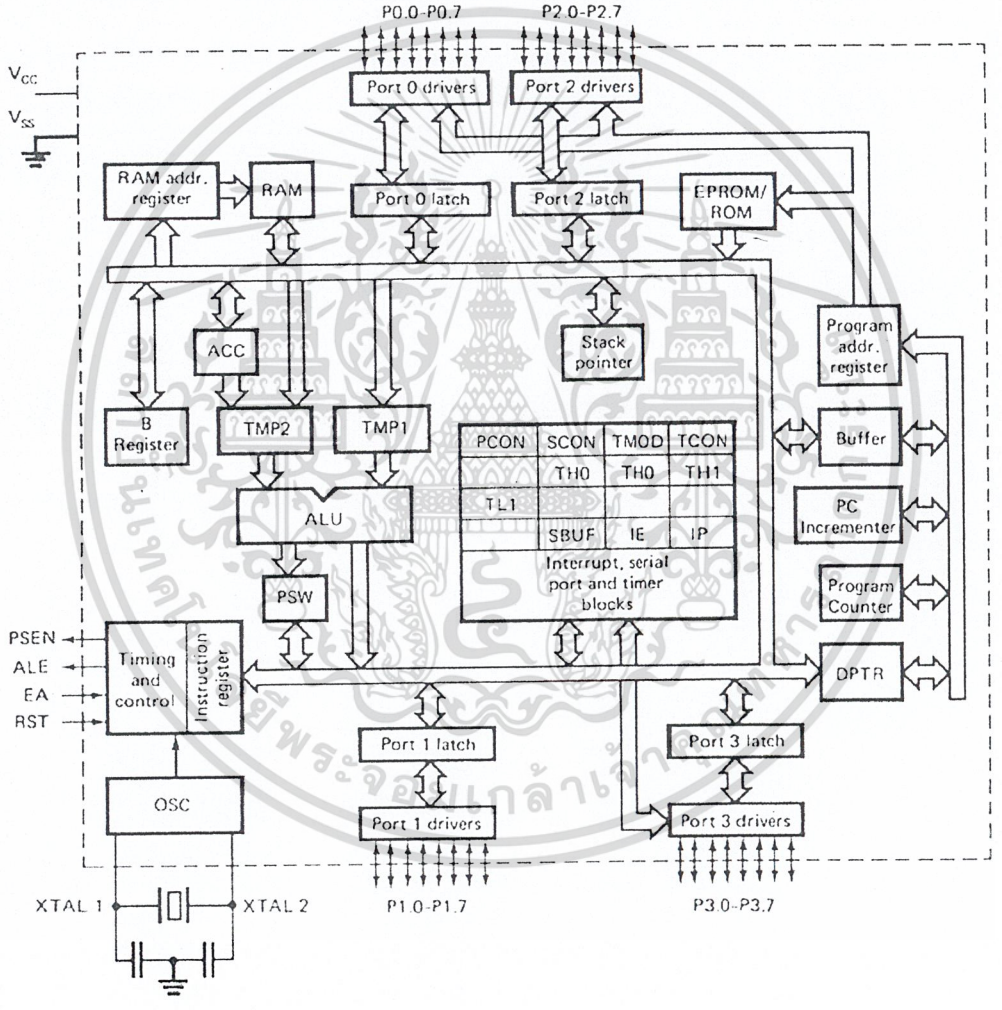
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในโครงงานอันได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และทฤษฎีการประมวลผลที่ใช้ในการตรวจธนบัตร

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.1.1 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างภายในของ MCS-51

ภายใน MCS-51 ประกอบด้วยโครงสร้างต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุมได้ง่ายและมีประสิทธิภาพโดยโครงสร้างภายในของMCS-51 จะมีสถาปัตยกรรมภายในเป็นดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของขาต่างๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญมีดังนี้

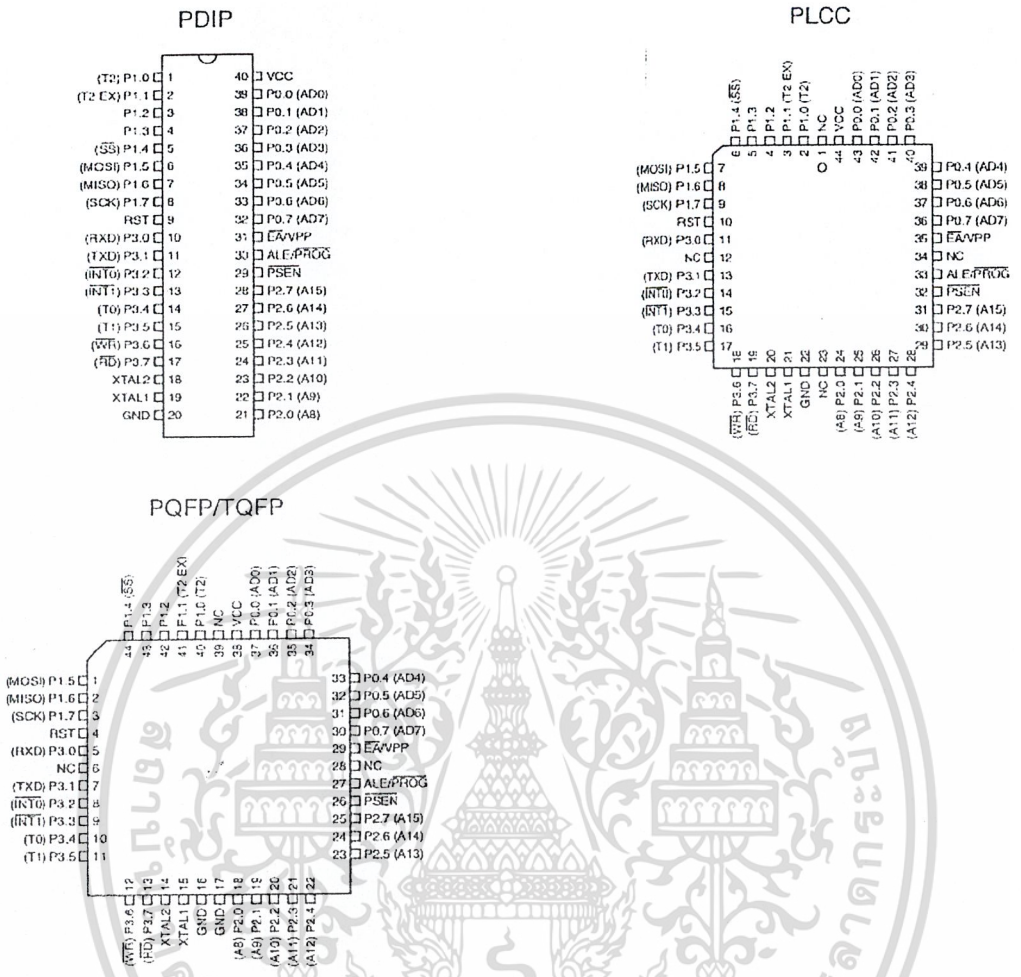
1. ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงในการสร้าง โดยมีทั้งประเภท HMOS CMOS และ CHMOS ทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟ +5 Vdc เพียงแหล่งเดียว
2. มีหน่วยประมวลผลขนาด 8 บิต
3. สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกทั้งหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุด 64,000 ไบต์
4. มีพอร์ตรับส่งข้อมูลแบบสองทาง (Full Duplex) จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิตและสามารถอ้างถึงได้ในระดับบิตและมีลักษณะที่คงค้างข้อมูลไว้ได้ (Latch)
5. มีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม
6. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิป
7. สามารถประมวลผลทีละบิตได้
8. สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
9. หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz
10. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ทั้งเลข ฐานสอง และ ฐานสิบหก

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

Features	89C1051	89C2051	80C31	80C32	89C51	89C52	89LV51	89LV52	89C55	89S8252
Flash Memory	1K	2K	-	-	4K	8K	4K	8K	20K	8K
Ram	64	128	128	256	128	256	128	256	256	256
EEPROM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2K
Programming	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Timers/Counters	1	2	2	3	2	3	2	3	3	4
Serial UART	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Power supply	2.7-6.0	2.7-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	2.7-6.0	2.7-6.0	2.7-6.0	2.7-6.0
Frequency	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-33	0-33
I/O Pins	15	15	32	32	32	32	32	32	32	32
External address / Data bus	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Pin Count	20	20	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การจัดขาต่างๆของ MCS-51



รูปที่ 2.3 แสดงขาต่างๆของ MCS51

ไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 ถ้าโครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP จะมีขาทั้งหมด 40 ขา โดยขาต่างๆ จะแบ่งเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มขาไฟเลี้ยงและสัญญาณนาฬิกา
2. ใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต เอาต์พุต ทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม
3. ขาสัญญาณควบคุมตัวมัน
4. ขาสำหรับอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ

ความหมายของขาต่างๆ มีดังนี้

(ถ้ามีเครื่องหมาย / แสดงว่าขานั้นจะทำงานเมื่อสัญญาณเป็น 0 Active Low)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พอร์ต 0 ได้แก่ ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุต เอาต์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขาแอดเดรสบัสและดาต้าบัสอีกด้วย

2. พอร์ต 1 ได้แก่ ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0 , P1.1,...

3. พอร์ต 2 ได้แก่ ขาที่ 21-28 จะใช้งาน 2 หน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ต 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิต ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ต 3 ได้แก่ ขาที่ 10-17 ใช้งาน 2 หน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็น ควบคุมต่างๆ ดังตาราง

บิต	ชื่อ	หน้าที่
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0/	อินเทอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1/	อินเทอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	WR/	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD/	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

5. PSEN/ (Program Store Enable) คือขาที่ 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN/ จะต่อกับขาเอาต์พุท Enable (OE) ของ EPROM ขานี้จะไม่ส่งสัญญาณในขณะติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

6. ALE , PROG/ (Address Latch Enable,Programmable) เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้มัลติเพล็กซ์สัญญาณแอดเดรสบัสของพอร์ต 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับพอร์ต 0 ที่ทำหน้าที่แลตช์สัญญาณแอดเดรสบัส เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณแอดเดรสบัสออกมาก่อนทางพอร์ต 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มาแลตช์ อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่าแอดเดรสบัสของพอร์ต 0 ไว้เพื่อใช้พอร์ต 0 เป็นดาต้าบัสต่อไป นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. EA (External Access) คือขาที่ 31 ขานี้จะใช้กับเบอร์ที่มีหน่วยความจำภายใน ถ้าเป็นลอจิก 1 ให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก 0 ให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น 0 ขา PSEN จะแอคทีฟ)

8. RST (Reset) คือขาที่ 9 จะใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานอยู่จึงจะรีเซตระบบได้

9. ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิป (On-chip Oscillator Inputs) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิป ได้แก่ ขา 18-19 โดยต่อคริสตัลเข้ากับขานี้ โดยปกติมักจะใช้คริสตอลความถี่ 12 Mhz (ความถี่นี้จะทำให้เวลาทำงานของ MCS51 เร็วขึ้นหรือช้าลงได้โดย 1 Machine cycle = (12/X-TAL) กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

10. Power Connections ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 V ต่อเข้ากับขา Vcc (ขา 40) ส่วนขา Vss (ขา 20)จะต่อลงกราวนด์

2.1.4 หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย

1. หน่วยความจำโปรแกรม(ROM)(Read Only Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงไม่สูญหาย สำหรับใน เบอร์ 89S8252 นั้นจะมีส่วนของ ROM อยู่สองส่วนคือ

1.1 EEPROM โดย EEPROM จะเป็นหน่วยความจำที่สามารถลบและเขียนใหม่ด้วยไฟฟ้า ทำให้สะดวกในการใช้งานโดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 100,000 ครั้ง

1.2 Flash Memory จะมีลักษณะเหมือน EEPROM แต่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เร็วกว่าโดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 1,000 ครั้ง

2. หน่วยความจำข้อมูล(RAM)(Random Access Memory)

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้ชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้น เมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป

2.1.5 พอร์ตอินพุต / เอาต์พุตของ MCS51

ใช้ส่งข้อมูลเข้าและออกจากตัว MCS51 โดยมีทั้งแบบขนานและแบบอนุกรมได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ 0 และ 1 สามารถใช้ให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS51(C,T/ =0) หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS51 ก็ได้ (C,T/ =1) โดยสามารถเลือกใช้โดยการควบคุม รีจิสเตอร์ TMOD ความเร็วสูงสุดที่สามารถนับได้คือ 500 kHz เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz

2. อินพุต / เอาต์พุต พอร์ตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต (P0-P3) พอร์ตละ 8 บิตโดยจะรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS51บางพอร์ตจะทำงานมากกว่า 1 อย่างได้

3. พอร์ตอนุกรม (Serial Port) ใน MCS51 มีพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)อยู่ภายในอยู่แล้ว ทำให้ใช้งานได้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน โดยการทำงานมีทั้งหมด 4 โหมดโดยมี 3 โหมดที่เป็น UART ได้แก่

3.1 ***8 Bit Shift Register (โหมด 0)*** ในโหมดนี้จะใช้ขา RXD ในการรับส่งข้อมูลโดยต่อกับ shift register ภายนอกส่วนขา TXD จะใช้เป็น Output Shift Clockโดยมีอัตราเร็วในการรับส่ง(Baud Rate)เป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

3.2 ***8 Bit UART with Variable Baud Rate (โหมด 1)*** ในโหมดนี้เป็นการส่งข้อมูลทั้ง 10 บิตโดยมี บิตเริ่มต้น 1 บิตซึ่งจะเป็น “0” ข้อมูล 8 บิตและบิตลงท้ายอีก 1 บิตซึ่งจะเป็น “1” ซึ่งในในการส่งนั้นจะเขียนข้อมูลที่ต้องการส่งลงไปในรีจิสเตอร์ SBUF โหมดนี้สามารถกำหนด Baud Rate ในการรับส่งได้ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

3.3 ***9 Bit UART with Fixed Baud Rate (โหมด 2)*** ในโหมดนี้จะส่งข้อมูลทั้งหมด 10 บิต โดยจะส่งบิตเริ่มต้นและข้อมูลต่อด้วยบิตที่สามารถโปรแกรมได้เองอีก 1 บิตตามด้วยบิตลงท้ายโดยบิตที่โปรแกรมได้มักจะเป็นบิตตรวจสอบ (Parity Bit) โดยจะต้องเขียนบิตนี้ลงไปใน บิตTB8 ในรีจิสเตอร์ SCONส่วนในการรับนั้นจะนำบิตนี้มาใส่ใน RB8 สำหรับในโหมดนี้ไม่สามารถกำหนด Baud Rate ได้โดยจะมีอยู่สองค่าคือ 1/64, 1/32 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ โดยกำหนดได้จากรีจิสเตอร์ PCOD บิต SMOD(SMOD = 1 Baud Rate=1/32,SMOD = 0 Baud Rate=1/64)

3.4 ***9 Bit UART with Variable Baud Rate (โหมด3)*** การทำงานในโหมดนี้เหมือนในโหมด 2 แต่สามารถปรับ Baud Rate ได้

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีดังนี้

1. SBUF (Serial Data Buffer) ใช้ในการรับและส่งชุดข้อมูลอนุกรมโดยตัวซีพียูจะทำการควบคุมการใช้งานรีจิสเตอร์ SBUF ทั้งในการรับ ส่งชุดข้อมูลโดยอัตโนมัติ ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. SCON (Serial Port Control Register) สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตโดย การกำหนดโหมดจะกำหนดที่บิต SM0 ,SM1 และจะมีบิต REN เป็นบิตกำหนดว่าจะให้รับข้อมูลจากภายนอกได้หรือไม่ นอกจากนี้ยังมีบิต TB8 ,RB8,TI และRIโดย TI และRI จะเป็น 1 เมื่อมีการส่งหรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการจะส่งหรือรับข้อมูลใหม่ต้องมีการ เคลียร์ค่าก่อน ตำแหน่งของบิตและการใช้งานนั้นเป็นไปตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ SCON

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0	SCON.7	Serial port mode specifier. (Note 1)
SM1	SCON.6	Serial port mode specifier. (Note 1)
SM2	SCON.5	Enables the multiprocessor communication feature in modes 2 and 3. In mode 2 or 3, if SM2 is set to 1 then RI will not be activated if the received ninth data bit (RB8) is 0. In mode 1, if SM2 = 1 then RI will not be activated if a valid stop bit was not received. In mode 0, SM2 should be 0.
REN	SCON.4	Set/cleared by software to enable/disable reception.
TB8	SCON.3	The ninth bit that will be transmitted in modes 2 and 3. Set/cleared by software.
RB8	SCON.2	In modes 2 and 3 if the ninth data bit that was received. In mode 1, if SM2 = 0, RB8 is the stop bit that was received. In mode 0, TB8 is not used.
TI	SCON.1	Transmit interrupt flag. Set by hardware at the end of the eighth bit time in mode 0, or at the beginning of the stop bit in the other modes. Must be cleared by software.
RI	SCON.0	Receive interrupt flag. Set by hardware at the end of the eighth bit time in mode 0, or halfway through the stop bit time in the other modes (except see SM2). Must be cleared by software.

Note 1:

SM0	SM1	Mode	Description	Baud rate
0	0	0	shift register	$F_{osc}/12$
0	1	1	8-bit UART	variable
1	0	2	9-bit UART	$F_{osc}/64$ OR $F_{osc}/32$
1	1	3	9-bit UART	variable

3. TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) ใช้ในการกำหนด Baud Rate ของการรับส่งโดยจะต้องเลือกใช้ไทม์เมอร์ตัวใดตัวหนึ่งก่อนเนื่องจากมี 2 ตัวโดยทั่วไปใช้เบอร์ 1 และต้องมีการเลือกโหมดเป็นโหมด 2(8 Bit Auto Reload Mode)(โดยการจะให้ Timer เริ่มทำงานนั้นจะต้องมีการเซตบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON) โดยจะใช้ร่วมกับรีจีสเตอร์ PCON (ไม่สามารถควบคุมได้ในระดับบิต)โดยจะมีบิตที่ชื่อ SMOD โดยถ้า SMOD = 1 ค่า Baud Rate ที่ได้จะมีค่าเป็น 2 เท่าจากปกติ นอกจากนี้ยังมีรีจิสเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ TH0,TH1 จะใช้เก็บค่า Reload Valueซึ่งใช้ในการกำหนดค่า Baud Rate ด้วยโดยค่า Baud rate และค่าของ TH0 และ TH1 เป็นไปตามสมการนี้

$$BAUDRATE = \frac{K * F_{OSC}}{32 * 12 * [256 - (TH1)]}$$

$$TH1 = 256 - \left(\frac{K * F_{OSC}}{384 * BAUDRATE}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K = 2^{SMOD}$$

Fosc.:Oscillator Frequency

โดยตำแหน่งของบิตและการใช้งานของรีจิสเตอร์ TMOD นั้นเป็นไปตามตารางที่2.3 และค่า Baud Rate และค่า Reload Value เป็นไปตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 แสดงตำแหน่งและการใช้งานรีจิสเตอร์ TMOD

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1	TCON. 7	Timer 1 overflow flag. Set by hardware when the counter-timer 1 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine.
TR1	TCON. 6	Timer 1 run control bit. Set/cleared by software to turn counter-timer 1 ON/OFF.
TF0	TCON. 5	Timer 0 overflow flag. Set by hardware when the counter-timer 0 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the service routine.
TR0	TCON. 4	Timer 0 run control bit. Set/cleared by software to turn counter-timer 0 ON/OFF.
IE1	TCON. 3	External interrupt 1 edge flag. Set by hardware when external interrupt edge is detected, cleared by hardware when interrupt is processed.
IT1	TCON. 2	Interrupt 1 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupt.
IE0	TCON. 1	External interrupt 0 edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected, cleared by hardware when interrupt is processed.
IT0	TCON. 0	Interrupt 0 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupt.

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
TIMER 1				TIMER 0			

GATE	When TRx (in TCON) is set and GATE = 1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE = 0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx = 1 (software control).
C/T	Timer or counter selector. Cleared for timer operation (input from internal system clock). Set for counter operation (input from Tx input pin).
M1	Mode selector bit. (Note 1)
M0	Mode selector bit. (Note 1)

Note 1:

M1	M0		Operating mode
0	0	0	13-bit timer
0	1	1	16-bit counter-timer
1	0	2	8-bit auto-reload counter-timer
1	1	3	(Timer 0) TL0 is an 8-bit counter-timer controlled by the standard timer 0 control bits, TH0 is an 8-bit timer and is controlled by timer 1 control bits.
1	1	3	(Timer 1) counter-timer 1 stopped.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่า Baud Rate และค่า Reload Value

Baud rate	f_{osc}	SMOD	Timer 1		
			C/$\overline{T}$	Mode	Reload value
Mode 0 MAX: 1MHZ	12 MHZ	X	X	X	X
Mode 2 MAX: 375K	12 MHZ	1	X	X	X
Modes 1,3:62.5K	12 MHZ	1	0	2	FFH
19.2K	11.059 MHZ	1	0	2	FDH
9.6K	11.059 MHZ	0	0	2	FDH
4.8K	11.059 MHZ	0	0	2	FAH
2.4K	11.059 MHZ	0	0	2	F4H
1.2K	11.059 MHZ	0	0	2	E8H
137.5	11.986 MHZ	0	0	2	1DH
110	6 MHZ	0	0	2	72H
110	12 MHZ	0	0	1	FEEBH

ใน MCS51 มีอินเทอร์รัปต์ที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 แบบคือ

1. INT0/เป็นสัญญาณจากภายนอก (IE0)
2. INT1/เป็นสัญญาณจากภายนอก (IE1)
3. อินเทอร์รัปต์จาก Timer 0 (TF0)
4. อินเทอร์รัปต์จาก Timer 1 (TF1)
5. อินเทอร์รัปต์จากการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (RI,TI)

การที่จะทำให้ MCS51 ทำงานในลักษณะอินเทอร์รัปต์นั้นจะต้องมีการ เซตค่าต่างๆใน รีจิสเตอร์ IE(Interrupt enable) และนอกจากนี้ยังมีการจัดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัพท์ด้วยโดย สามารถกำหนดได้โดยกำหนดค่าที่ รีจิสเตอร์ IP(Interrupt Priority) โดยจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ IE

EA	—	—	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt will be acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
ES	IE.4	Enable or disable the serial port interrupt.
ET1	IE.3	Enable or disable the timer 1 overflow interrupt.
EX1	IE.2	Enable or disable external interrupt 1.
ET0	IE.1	Enable or disable the timer 0 overflow interrupt.
EX0	IE.0	Enable or disable external interrupt 0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงตำแหน่งและการใช้งาน รีจิสเตอร์ IP

—	—	—	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

PS	IP. 4	Defines the serial port interrupt priority level.
PT1	IP. 3	Defines the timer 1 interrupt priority level.
PX1	IP. 2	Defines the external interrupt 1 priority level.
PT0	IP. 1	Defines the timer 0 interrupt priority level.
PX0	IP. 0	Defines the external interrupt 0 priority level.

(a)

Interrupt priority level	With PS and PT0 set and PT1, PX1, and PX0 cleared	With all priority bits at the same level
1st	PS	PS
2d	PT0	PT1
3d	PT1	PX1
4th	PX1	PT0
5th	PX0	PX0
	(b)	(c)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 สามารถบริการอินเทอร์รัปต์ โดยการจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเทอร์รัปต์นั้นๆโดยแต่ละอินเทอรัปต์จะมีเวกเตอร์ของตัวเองดังนี้

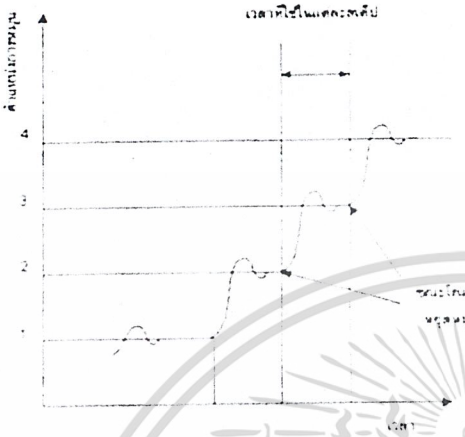
ชนิดของอินเทอร์รัปต์	อินเทอร์รัปต์เวกเตอร์
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
RI ,TI	0023H

2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

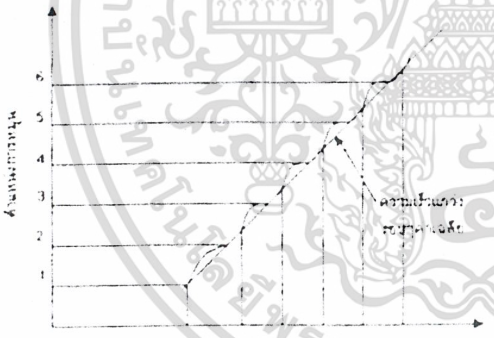
สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นการเคลื่อนที่ทางกล มีการหมุนเป็นแบบสเต็ปตามจังหวะของสัญญาณที่ป้อนให้ ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้สามารถควบคุมจำนวนสเต็ปของการหมุนได้ด้วยการควบคุมการป้อนสัญญาไฟฟ้า หรือสามารถควบคุมการหมุนแบบลูปเปิด (OPEN LOOP) ได้ และถ้านำสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปต่อใช้งานกับเครื่องมือบางประเภท เช่น พล็อตเตอร์ เครื่องเจาะอัตโนมัติ ก็จะทำให้การควบคุมตำแหน่งเป็นไปตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามอัตราเร็วของแต่ละสเต็ปจะแบ่งออกเป็น 2 โหมด การทำงานคือ โหมดของการหมุนเป็นสเต็ป (Discrete Mode) และโหมดของการหมุนแบบต่อเนื่อง (Slewing Mode) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ



รูปที่ 2.4 แสดงการหมุนเป็นสเต็ป



รูปที่ 2.5 แสดงการหมุนแบบต่อเนื่อง

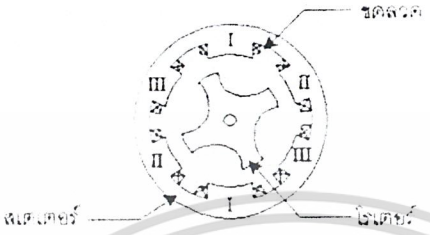
2.2.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างและการใช้งานได้ดังนี้

- **สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE STEPPING MOTOR)**

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัดขวางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส โดยที่สเตเตอร์มีฟันทั้งหมด 6 ซี่ โดยซี่ที่ทำมุม 180 องศาจะเป็นเฟสเดียวกัน ขดลวดที่พันอยู่ที่ฟันของสเตเตอร์ในแต่ละเฟสจะต่ออนุกรมหรือขนานกันก็ได้ ส่วน โรเตอร์นั้นมีฟัน 4 ซี่ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์ทำมาจากโลหะซิลิกอน ซึ่งมีสภาพซึมซับทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กสูงและยอมให้สนามแม่เหล็กจำนวนมากไหลผ่านได้ ฟันของสเตเตอร์ในเฟสเดียวกันจะมีขั้วต่างกันหลังจากถูกกระตุ้น และรูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งของสถานะที่สมดุลย์เมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่งของมอเตอร์



รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัดขวางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์

รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งสมดุลย์เมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งถูกกระตุ้น

กระแสที่ไหลในแต่ละเฟสถูกควบคุมโดยสวิทซ์ปิด/เปิด ถ้าเฟส I ถูกกระตุ้นจะมีกระแสไหลและเกิดฟลักซ์แม่เหล็ก แกนโรเตอร์จะอยู่ตำแหน่งเดียวกับซี่ I และ I' ทำให้ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์อยู่ในแนวเดียวกัน กรณีนี้จะทำให้ค่ารีลักแตนซ์มีค่าน้อยที่สุดซึ่งเป็นตำแหน่งที่สมดุลย์ ถ้าโรเตอร์ถูกกระทำจากแรงภายนอกจะทำให้เปลี่ยนตำแหน่งไปโดยแรงบิดกระทำกับโรเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกาทำให้ตำแหน่งเปลี่ยนไป มีผลทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่จากซี่ของโรเตอร์และสเตเตอร์ เมื่อโรเตอร์และสเตเตอร์ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกันแล้วค่ารีลักแตนซ์จะมีค่ามาก จากนั้นสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะทำให้มีค่ารีลักแตนซ์น้อยที่สุด การย้ายจากมุมที่เกิดการกระตุ้นแต่ละครั้งให้กลับไปยังตำแหน่งเดิมเรียกว่า สเต็ป

คุณสมบัติพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์

1. ช่องว่างระหว่างฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ต้องเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ทอร์คที่เกิดขึ้นมีค่ามากและมีความแม่นยำทางตำแหน่งมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

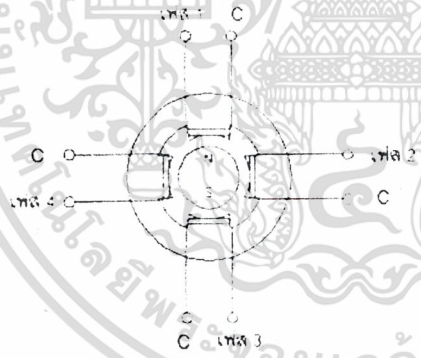
2. จะต้องมีมุมของการสเต็ปเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มจำนวนขั้วของโรเตอร์และสเตเตอร์ ความสัมพันธ์ของมุมของการสเต็ป θ_s , มุมเฟส m , จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ Nr, จำนวนสเต็ป S แสดงดังสมการ

$$S = \frac{360}{\theta_S} = mN_r$$

3. การสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้มีโครงสร้างหลายสเต็ปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมี 1 เฟส โดยที่โรเตอร์และสเตเตอร์มีซี่ฟันเหมือนกันซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านทอร์คต่อหน่วยปริมาตรของโรเตอร์

- **สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (PERMANENT MAGNET STEPPING MOTOR)**

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ใช้แม่เหล็กถาวรเป็นโรเตอร์และมีซี่ฟันของสเตเตอร์ล้อมรอบซี่ฟันของสเตเตอร์ถูกพันด้วยขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีขนาดมุมของสเต็ปเล็กลงจะต้องเพิ่มขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์และจำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ แต่ก็มีขีดจำกัดในการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ เนื่องจากการสร้างแม่เหล็กถาวรสร้างโดยมีขั้วหลายขั้วทำได้ยาก



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

ตัวอย่างการทำงานสมมติว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขนาด 4 เฟส มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรทรงกระบอกและสเตเตอร์มี 4 ซี่ฟันซึ่งรอบๆพันด้วยขดลวด มีรูปแบบของการทำงานคือ เมื่อสร้างสัญญาณกระตุ้นตามลำดับเฟส โรเตอร์จะหมุนไปตามทิศทางของการกระตุ้น

ข้อเสียคือ มีขนาดมุมสเต็ปใหญ่ทำให้ความละเอียดของสเต็ปต่อรอบน้อย จากโครงสร้างของโรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวร การให้มีขั้วหลายขั้วทำได้ยาก ไม่สามารถสร้างสเต็ปขนาดเล็กได้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างขนาดเล็ก ทำให้ค่าทอร์คที่ได้ต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มีปริมาณต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของทอร์ค แม่เหล็กถาวรที่ใช้ต้องทำจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง

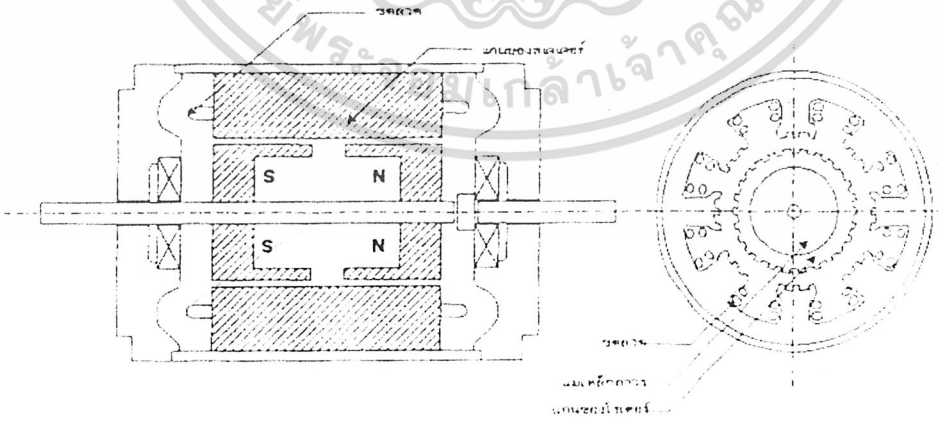
- **สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ (HYBRIDGE STEPPING MOTOR)**

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีแกนโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร โดยมีการทำงานร่วมกันของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรและมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ได้ โดยมีโครงสร้างของสเตเตอร์คล้ายกับโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ แต่ต่างกันที่การต่อขดลวดโดยที่แต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์จะมีขดลวด 2 ขดแต่ละขดมีขั้วต่างกัน แต่ไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ขดลวดทั้ง 2 จะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันเรียกว่าไบโพลาร์(BIPOLAR) ซึ่งในการกระตุ้นแต่ละครั้งจะให้ขั้วที่แตกต่างกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

โครงสร้างของมอเตอร์จะมีแม่เหล็กถาวรอยู่ตรงกลางระหว่างเฟสทั้งสอง การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กทำได้โดยใช้สนามแม่เหล็กที่สร้างจากสเตเตอร์ซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กแบบเฮทเทอโรโพลาร์ (HETEROPOLAR FIELD) ดังนั้นทอร์คเกิดจากการทำงานร่วมกันของสนามแม่เหล็ก 2 ชนิด คือ สนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดจากการกระตุ้นของขดลวดแต่ละขด โครงสร้างของซี่ฟันของสเตเตอร์จะใหญ่กว่าซี่ฟันของโรเตอร์เล็กน้อยเพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำทางตำแหน่งของการเคลื่อนที่

หลักการทำงานของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่แตกต่างจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์คือ แรงบิดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กจะไม่ขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของซี่ฟันด้วย ซึ่งถูกออกแบบเพื่อให้ได้โครงสร้างเล็กและใช้แม่เหล็กถาวรเป็นแกนกลางเพื่อลดผลของการออสซิลเลททางแมคคานิคส์



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42542

ข้อดีของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์คือ สเต็ปมีขนาดเล็ก มีความละเอียดของสเต็ปต่อรอบสูง มีค่าทอร์คสูงกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ แต่สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีแรงเฉื่อยทางแมคคานิคส์น้อยกว่าไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

นอกจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาแล้วยังมีสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงอีกเช่น ลิเนียร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ได้รับการออกแบบให้มีการเคลื่อนที่แบบเป็นเชิงเส้น อิเล็คโตรคไฮดรอลิคสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์กำลังสูงใช้ในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.2.2 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถแบ่งโครงสร้างทางกายภาพออกได้เป็น 2 ส่วนคือสเตเตอร์ (STATOR) และโรเตอร์ (ROTOR) ตัวสเตเตอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วยขดลวดทองแดงซึ่งพันอยู่รอบแกนเหล็ก เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กเมื่อมีการจ่ายกระแสผ่านขดลวด ส่วนโรเตอร์เป็นส่วนที่เคลื่อนที่มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กทรงกลม และที่ผิวรอบนอกมีลักษณะเป็นซี่ฟันซึ่งทำจากแม่เหล็กถาวร การที่มีจำนวนสเต็ปมากๆนี้ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อรอบทั้งหมดขึ้นอยู่กับผลคูณระหว่างจำนวนขั้วของสเตเตอร์และโรเตอร์

เมื่อยังไม่จ่ายกระแสให้กับขดลวดของมอเตอร์ซี่ฟันอันใดอันหนึ่งของโรเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกันกับซี่ฟันอันใดอันหนึ่งของสเตเตอร์ ทั้งนี้เป็นเพราะแม่เหล็กถาวรที่ตัวของโรเตอร์พยายามที่จะทำให้ค่าความต้านทานทางแม่เหล็กไฟฟ้า(RELUCTANCE) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจุดที่ซี่ฟันของตัวโรเตอร์และสเตเตอร์ตรงกันนั้นมีค่าความต้านทานทางแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยที่สุดทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด เส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ขึ้นมา 2 คู่ทั้งที่ตัวสเตเตอร์และตัวโรเตอร์ดังรูป ค่าทอร์ค (TORQUE) ที่ทำให้ตัวโรเตอร์สามารถยึดอยู่ในตำแหน่งดังกล่าวนี้เรียกว่า ดีเท็นท์ทอร์ค (DETENT TORQUE) หมายความว่าการที่จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ในขณะที่ไม่ได้จ่ายกระแสให้กับขดลวดของมอเตอร์จะต้องออกแรงมากกว่าค่าของดีเท็นท์ทอร์คจึงจะทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ได้

เมื่อจ่ายกระแสให้กับขดลวดที่อยู่ในสเตเตอร์คู่ใดคู่หนึ่ง จะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ที่ซี่ฟันของตัวสเตเตอร์ ซึ่งจะดึงดูดซี่ฟันของตัวโรเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กที่มีศักย์ต่างกันที่อยู่ใกล้ที่สุดเข้าไว้ตำแหน่งนี้เรียกว่า สเตเบิ้ลโพสซิชั่น (STABLE POSITION) ของโรเตอร์จะมีจำนวนตำแหน่งเท่ากับจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ และแรงที่จะทำให้โรเตอร์เปลี่ยนตำแหน่งไปจากตำแหน่งสเตเบิ้ลโพสซิชั่นได้นี้เรียกว่า โฮลดิ้งทอร์ค (HOLDING TORQUE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละเสต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือ แบบเวฟ, แบบ 2 เฟส และแบบครึ่งเสต็ป ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปแบบเวฟเป็นแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขด ณ เวลาหนึ่งเรียงถัดไป ดังเช่น ขดที่ 1, 2, 3, 4, 1 หรือ 1, 4, 3, 2, 1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการหมุน

ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวที่ถูกกระตุ้นเท่านั้นในแต่ละสเต็ป วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆ ในเวลาแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบที่ 2 เฟส เป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟแต่เป็นคู่คือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12, 23, 34, 41, 12 หรือ 14, 43, 32, 21, 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันและต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3 แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปตามลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1 , 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1, 14, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดจากแรงดึงของขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งจะมีมากขึ้น แต่ต้องระวังเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุน 2 สเต็ปจึงจะได้เท่ากับ 1 สเต็ปเต็มเหมือนกับการควบคุมใน 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟสจึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

2.2.3 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (DRIVE CIRCUITS)

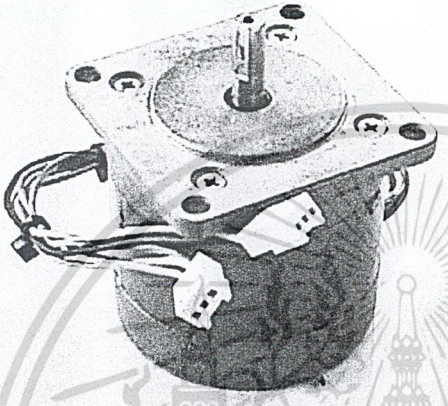
ในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ดังรูปที่ 2.10 นั้น เราได้ใช้ Module Step Motor Driver ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งมีส่วนประกอบ 2 ส่วนที่สำคัญคือ

1. ส่วนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ในส่วนนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนอีกเช่นกันคือ
   1.1 ส่วนของขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด
   1.2 ส่วนของไฟเลี้ยงสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทั้งหมดแสดงไว้ดังรูปที่ 2.12
2. ส่วนที่ใช้ในการควบคุม ซึ่งในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญคือ
   2.1 ไฟเลี้ยงตัวไดรว์ฟซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลท์
   2.2 สัญญาณทิศทาง ซึ่งสัญญาณนี้จะกำหนดทิศทางการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์
   2.3 สัญญาณนาฬิกา ซึ่งสัญญาณนี้จะกำหนดจำนวนสเต็ปที่เราต้องการหมุน ทั้งหมดแสดงไว้

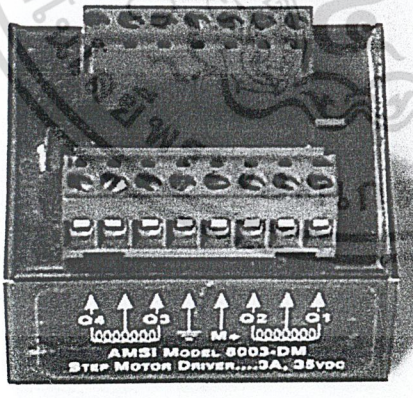
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูปที่ 2.13

ทั้งสัญญาณทิศทางและสัญญาณนาฬิกานี้จะได้รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกซึ่งตัวโปรแกรมที่กำหนดสัญญาณทั้งสองนี้คือโปรแกรมพีซีพลัส ซึ่งควบคุมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการกำหนด อัตราเร่ง ลูป ตำแหน่ง ทิศทาง และความเร็ว ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

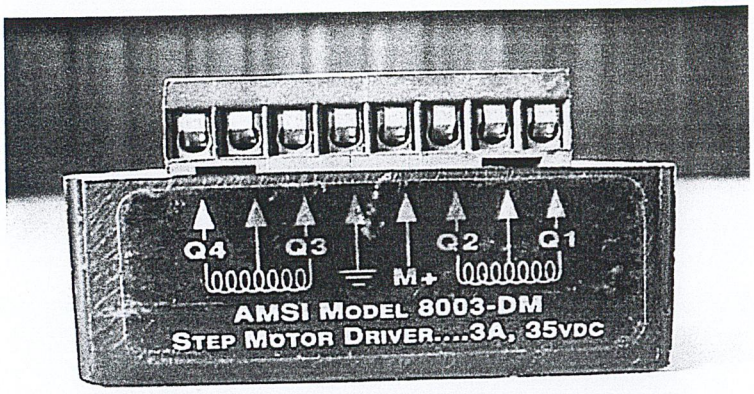


รูปที่ 2.10 รูปสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องตรวจธนบัตร

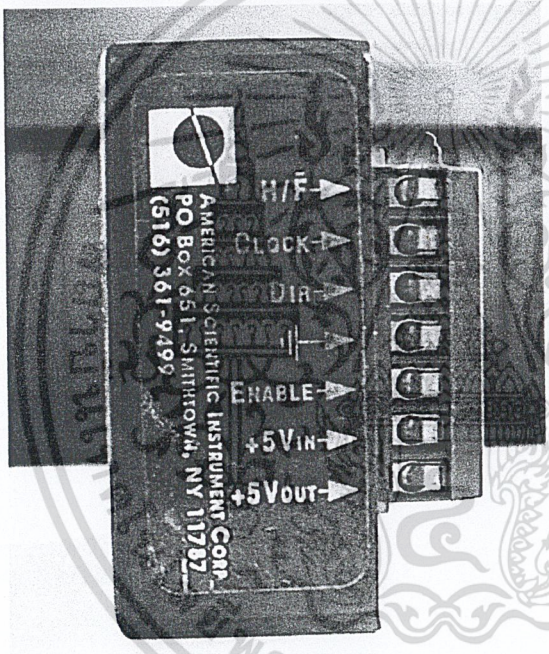


รูปที่ 2.11 รูป Step Motor Driver Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงขดลวดและไฟเลี้ยงสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 2.13 แสดงส่วนควบคุมและไฟเลี้ยงโมดูลของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.3 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (Image Processing)

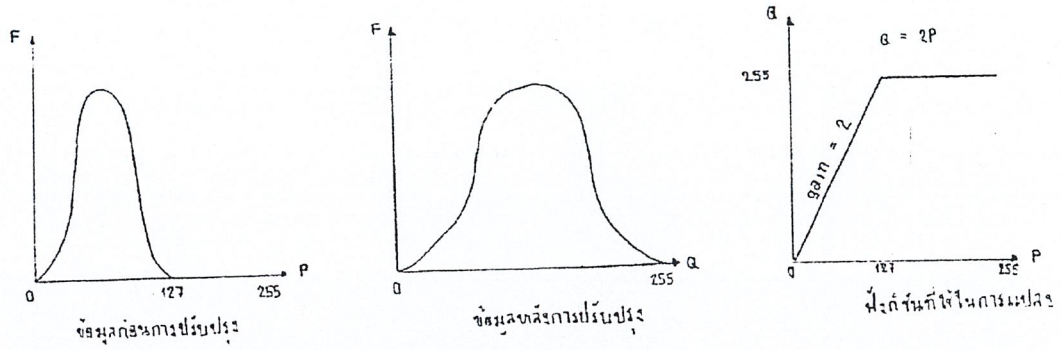
- **การปรับปรุงคุณภาพของภาพ(image enhancement)**

  การปรับปรุงคุณภาพของภาพ มีอยู่ 4 รูปแบบด้วยกันคือ

1. enhancement of the lower part of an image

   โดยให้อัตราขยาย(m) เท่ากับ 2 และค่าออฟเซท(b) เท่ากับ 0 แสดงไว้ดังรูปที่ 2.14

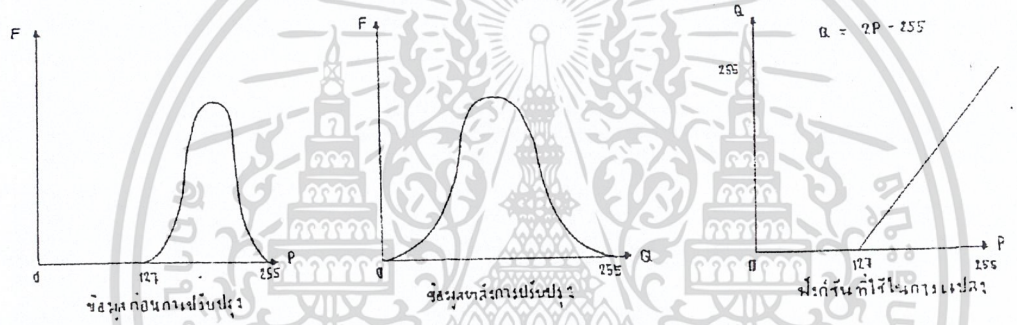
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดง enhancement of the lower part of an image

2. enhancement of the higher part of an image

โดยให้อัตราขยายเท่ากับ 2 และค่าออฟเซทเท่ากับ –255 แสดงไว้ดังรูปที่ 2.15



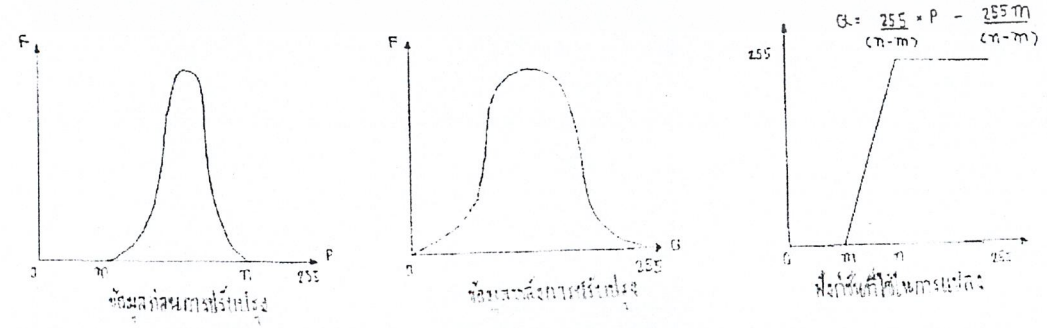
รูปที่ 2.15 แสดง enhancement of the higher part of an image

3. enhancement of the middle part of an image

โดยบริเวณตรงกลางนั้นอยู่ในช่วงระหว่างค่า $m < P < n$ โดย

$$gain = \frac{-255}{(n-m)} \qquad offset = \frac{-255 * m}{(n-m)}$$

แสดงไว้ดังรูปที่ 2.16

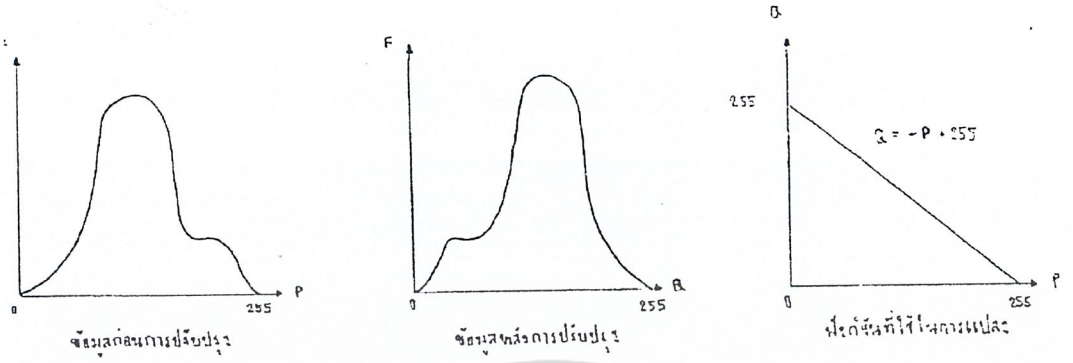


รูปที่ 2.16 แสดง enhancement of the middle part of an image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. inversion of an image

โดยอัตราขยายเท่ากับ –1 และค่าออฟเซทเท่ากับ 255 แสดงไว้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดง inversion of an image

- **การหาขอบ (edge detection)**

การหาขอบนั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกันเช่น โซเบลโอเปอเรเตอร์ เคิร์ชโอเปอเรเตอร์ พรีวิซโอเปอเรเตอร์ โรบินสันโอเปอเรเตอร์ ลาปลาซโอเปอเรเตอร์ โดยเรามีค่าระดับสีในแต่ละพิกเซลโดยนำมาซ้อนกับแมสก์ของโอเปอเรเตอร์ที่ทุกๆตำแหน่งของภาพ

Sobel

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

บริเวณภาพขนาด 3*3

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

รูป a

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

รูป b

โดยรูป a เป็นแมสก์ที่ใช้ในการคำนวณหา G_x ของจุดตรงกลางของบริเวณภาพขนาด 3*3

โดยรูป b เป็นแมสก์ที่ใช้ในการคำนวณหา G_y ของจุดตรงกลางของบริเวณภาพขนาด 3*3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\nabla f = |G_x| + |G_y|$

แล้วเราจึงนำค่า ∇f ไปกำหนดค่าเทรชโฮล จะทำให้ได้ขอบภาพออกมา

Kirsch

3	3	3
3	0	3
-5	-5	-5

-5	3	3
-5	0	3
-5	3	3

Robinson

1	1	1
1	-2	1
-1	-1	-1

-1	1	1
-1	-2	1
-1	1	1

Prewist

1	1	1
0	0	0
-1	-1-	-1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Laplace 4

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Laplace 8

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

ซึ่งตัวแปรดังต่อไปนี้ เคิร์ชโอเปอเรเตอร์ พรีวิซโอเปอเรเตอร์ โรบินสันโอเปอเรเตอร์ จะอาศัยการหาค่า ∇f คล้ายๆกับ โซเบลโอเปอเรเตอร์ ส่วนลาปลาซโอเปอเรเตอร์นั้นแบ่งออกเป็นสองแบบคือ 4 neighborhood และ 8 neighborhood ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับบริเวณรอบข้างของจุดที่เรานำไปเทียบว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **เทรชโฮล(thresholding)**

การทำเทรชโฮลมีประโยชน์ในการทำภาพขาวดำ โดยการแปลงใช้ฟังก์ชันง่ายๆคือค่าระดับสีของจุดใดที่มีค่าเกิน R (ค่าเทรชโฮล) จะมีค่าเท่ากับ 1 โดยแสดงเป็นสีดำ ส่วนค่าระดับสีของจุดใดที่น้อยกว่า R จะมีค่าเท่ากับ 0 ให้แสดงเป็นสีขาว

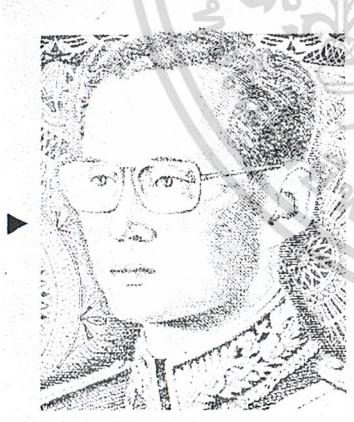
- **ฮิสโตรแกรม (Histrogram)**

แสดงการกระจายค่าระดับความสว่าง 256 ระดับคือตั้งแต่ 0 ถึง 255

วิธีการตรวจสอบธนบัตรปลอมมูลค่า 100 บาทมีด้วยกันหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. ตรวจความชัดเจนของลวดลายและภาพ

โดยการสังเกตดูความสวยงาม ความคมชัดเจนของเส้นลวดลายกนกหรือลวดลายประดิษฐ์ต่างๆบนธนบัตรเป็นของธรรมดาที่ว่า เส้นลวดลายต่างๆของธนบัตรรัฐบาลย่อมมีความคมชัดเจนสวยงามกว่าธนบัตรปลอม จุดเด่นของธนบัตรรัฐบาลอีกจุดหนึ่งคือบริเวณพระพักตร์ของพระบรมฉายาลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชการปัจจุบัน ธนบัตรรัฐบาลจะมีลายเส้นละเอียดชัดเจน เส้นพระเกศาแยกละเอียดเป็นเส้นๆไม่มีรอยเลอะเลือน ถ้าเป็นธนบัตรปลอมจะมีลักษณะดังนี้ ที่บริเวณพระพักตร์ของพระบรมฉายาลักษณ์มีลายเส้นหรือจุดค่อนข้างใหญ่ มีจุดบางจุดหายไปหรือเส้นพระเกศาค่อนข้างทึบ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 รูปแสดงความชัดเจนของลวดลายและภาพ

2. ตรวจลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์

บริเวณที่ว่างสีขาวในธนบัตรเป็นบริเวณที่บรรจุลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวราชการปัจจุบัน ลายน้ำของธนบัตรรัฐบาลเป็นลายน้ำที่มีอยู่ในเนื้อ

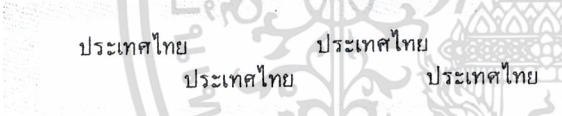
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษมาตั้งแต่ออกจากโรงงานผลิตกระดาษ ไม่ว่าจะส่องดูทางด้านหน้าหรือด้านหลังของธนบัตร จะเห็นลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์ชัดเจน แต่ถ้าเป็นธนบัตรปลอม จะเห็นในลักษณะเป็นภาพพิมพ์ปรากฏอยู่ที่ด้านหน้าหรือด้านหลังอย่างชัดเจนหรืออาจเห็นเลือนลางหรือไม่มีภาพอยู่เลย ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 รูปแสดงพระบรมฉายาลักษณ์

3. ตรวจเส้นใยใสกันปลอม

ธนบัตรรัฐบาลทุกชนิดราคามีเส้นใยใสฝังอยู่ในเนื้อกระดาษตามแนวยืนมาตั้งแต่ออกจากโรงงานผลิตกระดาษ โดยจะมีตัวอักษรคำว่า"ประเทศไทย" ขนาดจิ๋ว พิมพ์อยู่บนเส้นใยใสเป็นระยะๆ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงตัวอักษรในเส้นใยใสกันปลอม

สำหรับธนบัตรปลอมจะไม่มีเส้นใยใสที่กล่าวอยู่ในเนื้อกระดาษ แต่จะใช้วิธีพิมพ์ให้ดูเป็นเส้นแทนซึ่งจะไม่มีคำว่า "ประเทศไทย" ปรากฏให้เห็น ในกรณีที่จำเป็นต้องพิสูจน์ถึงขั้นว่ามีเส้นใยใสฝังอยู่ในเนื้อกระดาษจริงหรือไม่ ก็อาจจะใช้ปลายเข็มหมุดสะกิดดูที่แนวเส้นใยใสหรือใช้วิธีฉีกริมธนบัตรเล็กน้อย ให้ขาดผ่านแนวเส้นใยใสดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

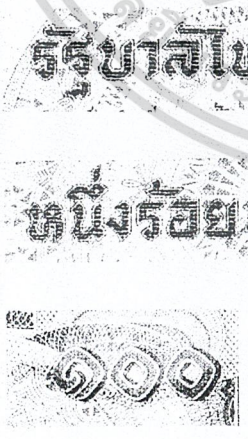
รูปที่ 2.21 แสดงแนวของเส้นใยใส

ถ้าเป็นธนบัตรรัฐบาล รอยฉีกจะสะดุดอยู่ตรงแนวเส้นใยใสทันที แต่ถ้าเป็นธนบัตรปลอมก็จะฉีกผ่านแนวเส้นไปได้โดยไม่สะดุดเลย

4. ตรวจโดยวิธีสัมผัส

ตัวอักษรคำว่า รัฐบาลไทย ตัวอักษรแจ้งราคาและตัวเลขแจ้งราคา ที่หน้ามุมบนขวาของธนบัตรรัฐบาลทุกชนิดราคา พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์เส้นนูน แต่ธนบัตรปลอมพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ธรรมดาทั้งฉบับ

ฉะนั้น ถ้าท่านใช้ปลายนิ้วมือหรือปลายเล็บมือลูบ หรือใช้วัตถุแหลมลากเบาๆ ที่อักษรคำว่า รัฐบาลไทย ตัวอักษรแจ้งราคาและตัวเลขแจ้งราคาที่หน้ามุมบนขวาของธนบัตรรัฐบาลทุกชนิดราคาจะรู้สึกว่านูนสะดุดมือ แตกต่างกับการลูบธนบัตรปลอมซึ่งจะราบเรียบไม่รู้สึกว่านูนสะดุดมือ ดังรูปที่ 2.22

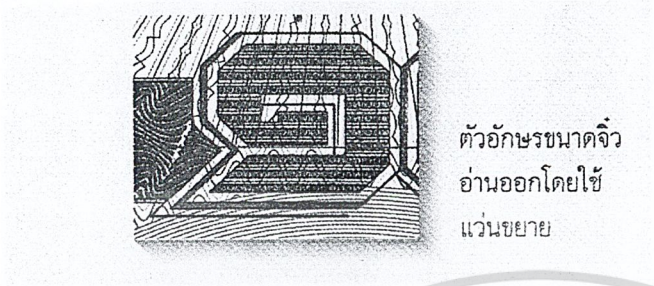


รูปที่ 2.22 แสดงบริเวณที่สามารถด้วยโดยวิธีสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจภายในเลขไทยบอกราคา

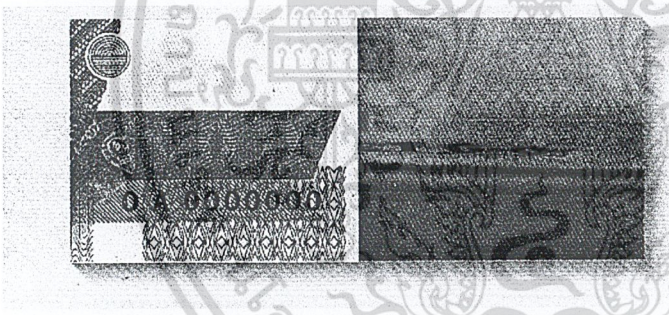
การตรวจภายในเลขไทยบอกราคา มีตัวเลขและอักษร "๑๐๐ บาท 100 บาท" ขนาดจิ๋ว พิมพ์เส้นนูน ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงเลขไทยบอกราคา

6. ตรวจตัวเลขแฝง

การตรวจตัวเลขแฝงภายในลวดลายเส้นนูน เมื่อเอียงธนบัตรเข้าหาแสงสว่างและได้มุมมองที่เหมาะสมจะปรากฏเลข "100" ให้เห็น ดังรูปที่ 2.24

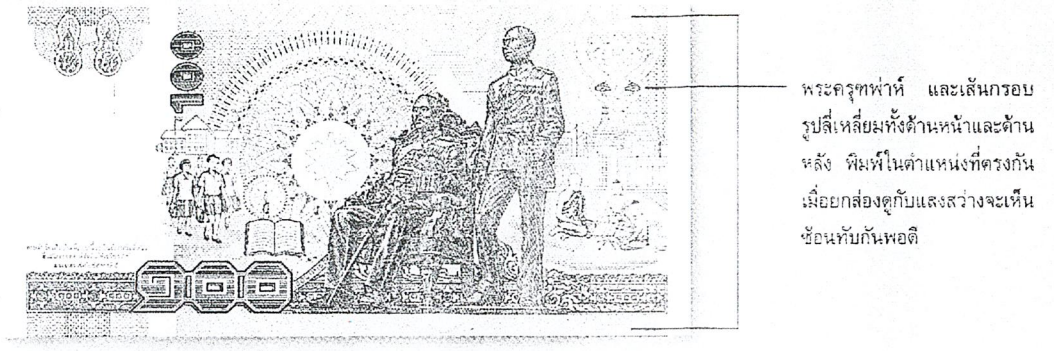


รูปที่ 2.24 แสดงตัวเลขแฝง

7. ตรวจสอบพระครุฑพ่าห์และเส้นกรอบรูปสี่เหลี่ยม

การตรวจสอบพระครุฑพ่าห์และเส้นกรอบรูปสี่เหลี่ยมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง พิมพ์ในตำแหน่งที่ตรงกันเมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นซ้อนทับกันพอดี ดังรูป 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงการตรวจสอบพระครุฑพ่าห์และเส้นกรอบรูปสี่เหลี่ยม

8. ตรวจสอบด้วยแบล็กไลท์

การตรวจสอบด้วยแบล็กไลท์ จะมีลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วงดังนี้

1. หมวดอักษรและเลขหมายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีม่วงเรืองแสง
2. สีแดงในรูปพระครุฑพ่าห์ ลายไทยและลายพื้นเบื้องซ้าย รวมทั้งลายประดิษฐ์รูปวงกลมบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีส้มเรืองแสง
3. เห็นเส้นใยเรืองแสง สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินในเนื้อกระดาษ

ซึ่งการตรวจสอบด้วยแบล็กไลท์แสดงไว้ดังรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 แสดงการตรวจสอบด้วยแบล็กไลท์

ซึ่งจากหัวข้อดังกล่าวข้างต้นนั้นพอจะสรุปออกมาเป็น 3 หัวข้อใหญ่ๆด้วยกันคือ

- คุณสมบัติของกระดาษ
- เทคนิคในการทำ
- น้ำหมึกที่ใช้พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **คุณสมบัติของกระดาษ**

กระดาษที่ใช้พิมพ์ธนบัตรนั้นมีคุณสมบัติพิเศษตรงที่เนื้อกระดาษจะต่างจากกระดาษทั่วๆไป และเมื่อนำกระดาษนั้นเมื่อนำไปตรวจสอบกับแบล็กไลท์ แสงแบล็กไลท์จะส่องทะลุธนบัตรและแสดงลักษณะพิเศษดังนี้

1. หมวดอักษรและเลขหมายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีม่วงเรืองแสง
2. สีแดงในรูปพระครุฑพ่าห์ ลายไทยและลายพื้นเบื้องซ้าย รวมทั้งลายประดิษฐ์รูปวงกลมบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีส้มเรืองแสง
3. เห็นเส้นใยเรืองแสง สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินในเนื้อกระดาษ

ซึ่งจากคุณสมบัติที่แสงแบล็กไลท์จะส่องทะลุธนบัตร ปัจจุบันจึงได้นำมาทำเป็นเครื่องตรวจธนบัตรที่พบเห็นได้ทั่วไป เนื่องจากตรวจสอบได้ง่ายและรวดเร็ว

- **เทคนิคในการทำ**

ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อย่อยๆได้ดังนี้

1. ความชัดเจนของลวดลายและภาพ
2. ลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์
3. ตรวจเส้นใยใสกันปลอม
4. ระบบการพิมพ์เส้นนูน
5. ตรวจภายในเลขไทยบอกราคา
6. ตรวจตัวเลขแฝง
7. ตรวจสอบพระครุฑพ่าห์และเส้นกรอบรูปสี่เหลี่ยม

ซึ่งจากหัวข้อดังกล่าวข้างต้นนั้นจะเห็นว่าตรวจสอบโดยใช้วิธีสังเกตุและสัมผัสจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้

- **น้ำหมึกที่ใช้พิมพ์**

น้ำหมึกที่ใช้พิมพ์เป็นน้ำหมึกพิเศษที่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้สีที่พิมพ์ออกมามีความสดต่างกัน และวิธีนี้เป็นวิธีที่เรานำมาวิเคราะห์ เมื่อเรามาดู histrogram ของธนบัตรจะปรากฏว่า histrogram ของธนบัตรจริงกับธนบัตรปลอมมีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

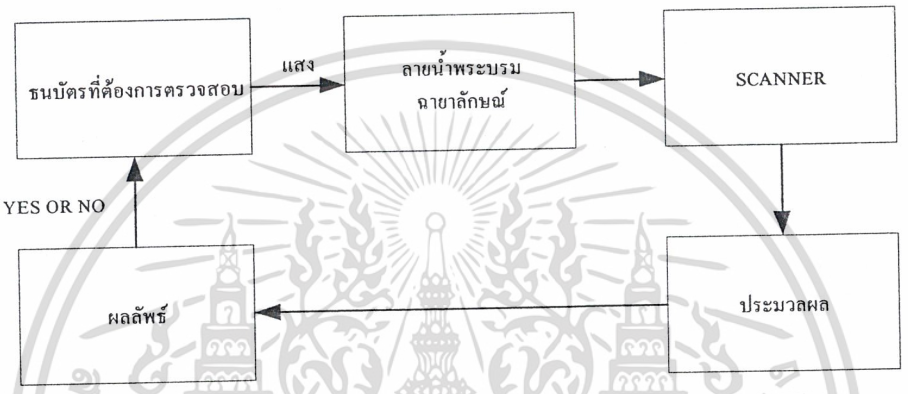
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 การศึกษาวิธีการและขั้นตอน

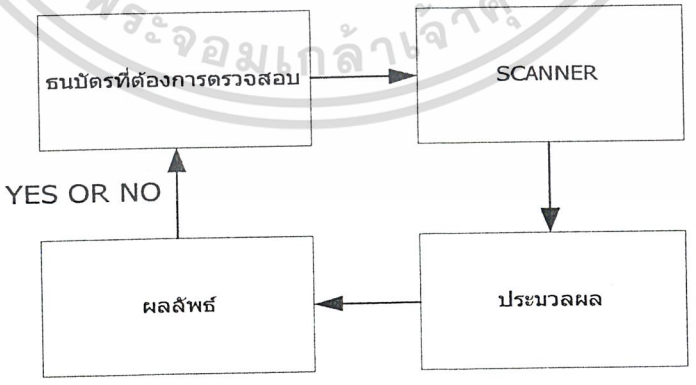
การตรวจสอบที่ทำการตรวจสอบธนบัตรได้ทดลองทำทั้งหมด 2 วิธีคือการตรวจลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์และการตรวจสอบโดยใช้ฮิสโตแกรม

การตรวจลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์



การตรวจลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์เริ่มต้นด้วยการนำธนบัตรที่ต้องการตรวจมาฉายแสงบริเวณที่มีลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์แล้วนำสแกนเนอร์มาอ่านข้อมูลภาพแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลโดยใช้หลักการของ Edge Detection ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นไม่มีความละเอียดพอที่จะนำไปตรวจได้จึงใช้การตรวจแบบฮิสโตแกรมแทน ซึ่งสาเหตุที่ตรวจไม่ได้นั้นจะกล่าวในบทต่อไป

การตรวจสอบโดยใช้ฮิสโตแกรม



การตรวจโดยใช้ฮิสโตแกรมเริ่มต้นด้วยการนำธนบัตรที่ต้องการตรวจมาอ่านข้อมูลภาพโดยใช้สแกนเนอร์แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลโดยตรวจจากข้อมูลของฮิสโตแกรมที่กำหนดไว้ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาว่าธนบัตรที่รับเข้าไปนั้นเป็นธนบัตรจริงหรือปลอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบ

1. เตรียมธนบัตรที่ต้องการตรวจสอบ
2. กดสวิตช์ส่วนที่ใช้รับธนบัตร จะทำให้ CDROM ออกมารับธนบัตรที่ต้องการตรวจสอบ เมื่อทำการใส่ธนบัตรในช่องเสร็จก็ทำการสวิตช์นี้อีกครั้ง CDROM ก็จะนำธนบัตรนี้ไปตรวจสอบ
3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะวิ่งพาธนบัตรเข้าไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ แล้วสเต็ปปิ้งอีกตัวก็จะมาทำการการดูดธนบัตรให้ติดกับเพลท แล้วพาธนบัตรนี้ไปวางบนสแกนเนอร์แล้วทำการอ่านข้อมูล
4. ทำการประมวลผลข้อมูล
5. แสดงผลลัพธ์

ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดดังกล่าวนี้จะกล่าวต่ออีกครั้งในหัวข้อการออกแบบ

3.2 การออกแบบ

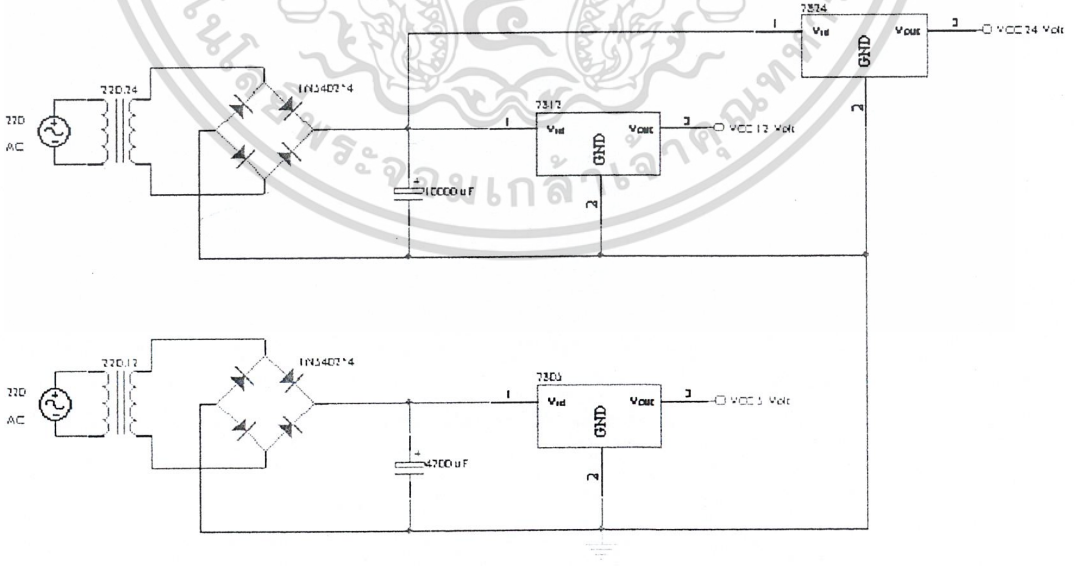
การออกแบบเครื่องตรวจธนบัตรนี้ได้แบ่งส่วนประกอบต่างๆออกเป็น 5 ส่วนด้วยกันคือ

- ภาคจ่ายไฟ

ในส่วนของโครงงานนี้ได้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด 3 ระดับด้วยกันคือ

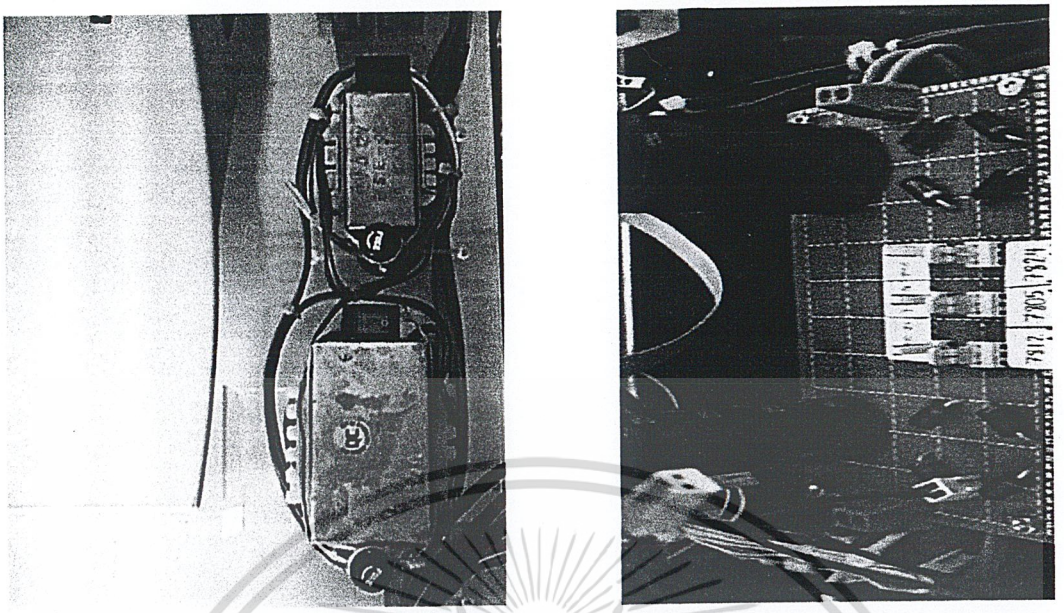
1. 5 โวลท์ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และไฟเลี้ยงของ Step Motor Driver Module
2. 12 โวลท์ใช้เป็นไฟเลี้ยงของรีเลย์และไฟเลี้ยงของสเต็ปปิ้งมอเตอร์
3. 24 โวลท์ใช้เป็นไฟเลี้ยงของรีเลย์และส่วนของคอนโทรลวาล์ว

ซึ่งโครงสร้างของภาคจ่ายไฟแสดงดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 แสดง Schematic ภาคจ่ายไฟของเครื่องตรวจธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงรูปหม้อแปลงและวงจรภาคจ่ายไฟ

➢ ส่วนรับธนบัตร

ในส่วนรับธนบัตรนี้ได้ไอเดียมาจากถาดซีดีรอม โดยจะเปิดออกมารับธนบัตรเมื่อกดสวิทช์และเมื่อกดสวิทช์อีกครั้งก็จะปิด ดังรูปที่ 3.3

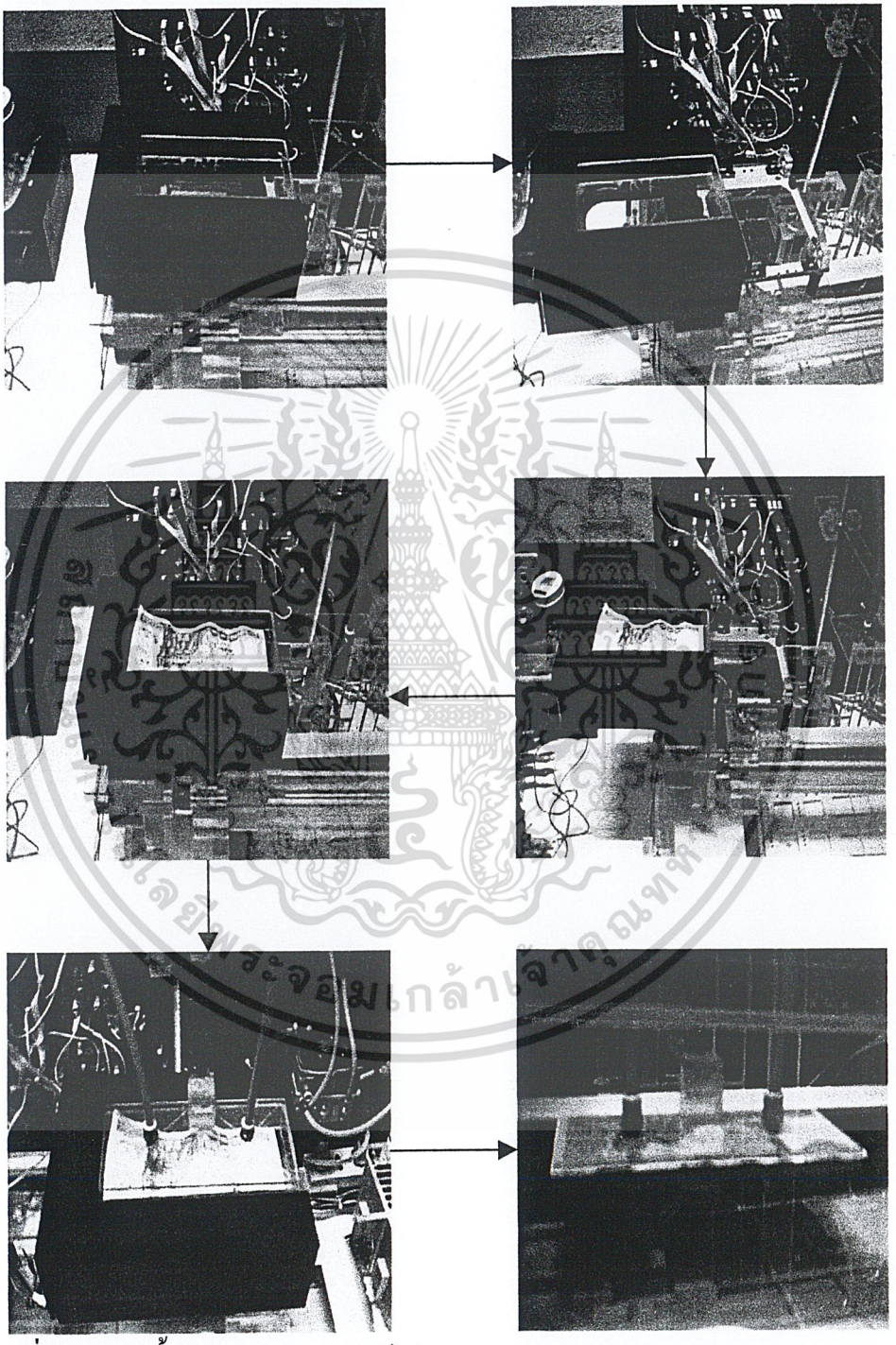
รูปที่ 3.3 แสดงส่วนรับธนบัตร

➢ ส่วนนำธนบัตรไปวางบนสแกนเนอร์

ในส่วนนี้นั้นจะประกอบการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัวใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และในแนวแกน Y เมื่อทำการรับธนบัตรเสร็จสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวแรกก็จะทำงานโดยเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X จนถึงตำแหน่งที่สแกนก็จะหยุด แล้วสเต็ปปิ้งตัวที่สองก็จะ เคลื่อนที่ในแนวแกน Y ลงมาจนถึงธนบัตรแล้วจึงหยุด แล้วจึงทำการดูดธนบัตรให้ติดกับเพลท เมื่อธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อธนบัตรติดกับเพลทแล้วจะเคลื่อนที่ในแนวแกน Y อีกครั้งโดยจะเคลื่อนที่ให้พ้นส่วนรับธนบัตรหลังจากนั้นส่วนรับธนบัตรนั้นจะเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งเดิม แล้วเพลทที่ดูดธนบัตรนั้นก็จะเคลื่อนที่ไปยังสแกนเนอร์ ซึ่งแสดงขั้นตอนต่างๆไว้ดังรูป 3.4

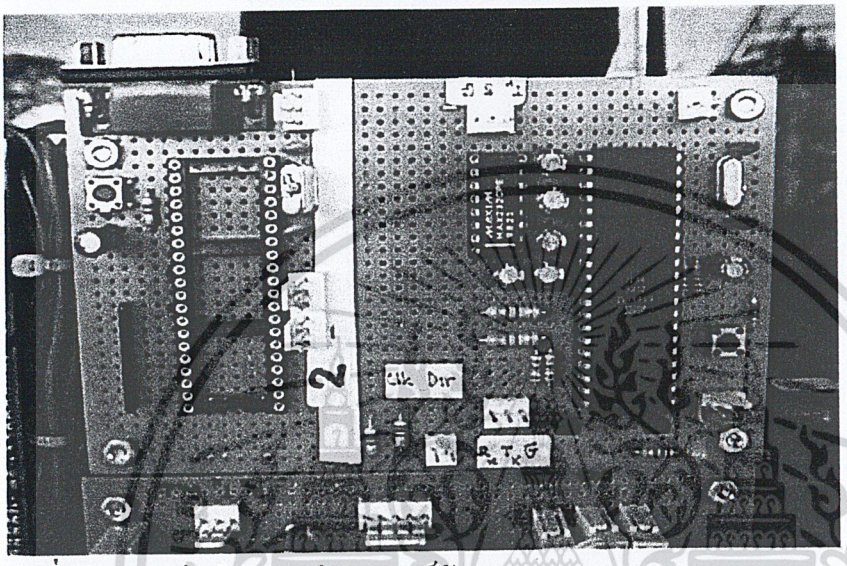


รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการนำธนบัตรไปตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

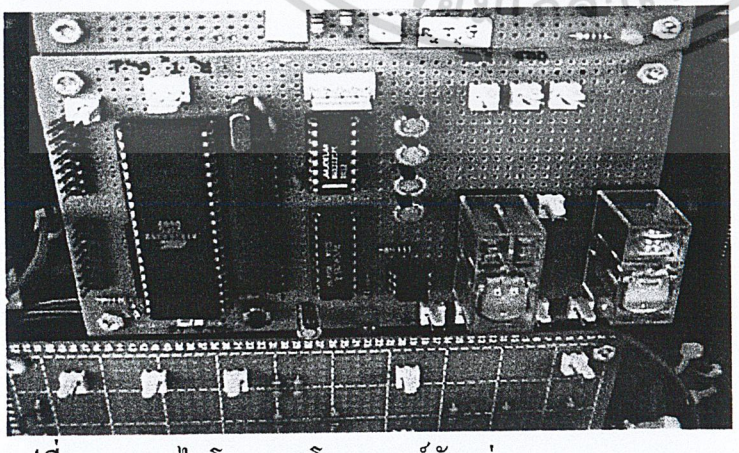
➢ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้นั้นจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน 2 ตัวคือไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่และไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกนั้นจะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพียงอย่างเดียว โดยจะรับคำสั่งจากโปรแกรม Visual Basic โดยรูปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกนั้นแสดงไว้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่นั้นทำการรับสัญญาณอินพุตของส่วนรับธนบัตร,และทำการควบคุมสัญญาณนาฬิกาและทิศทางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์รวมถึงควบคุมคอนโทรลวาล์วและการติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรมกับ Visual Basic ซึ่งรูปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่นั้นแสดงดังรูปที่ 3.6

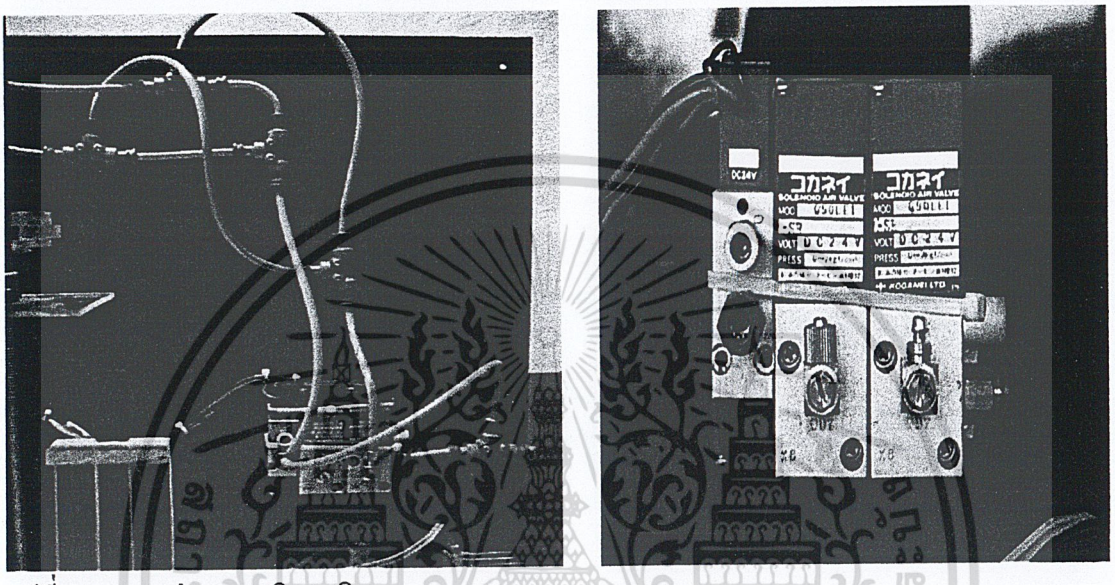


รูปที่ 3.6 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ ส่วนของนิวแมติก

ส่วนของนิวแมติกนี้จะทำการกำหนดสัญญาณลมว่าจะทำการดูดหรือทำการให้แรงดัน โดยจะทำการดูดหลังจากรับธนบัตรเข้ามาและทำการให้แรงดันเมื่อธนบัตรแปะอยู่บนสแกนเนอร์ การควบคุมสัญญาณลมนั้นจะถูกกำหนดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ รูปของส่วนนิวแมติกแสดงดังรูป 3.7



รูปที่ 3.7แสดงส่วนของนิวแมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

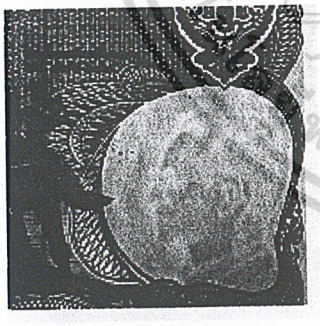
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

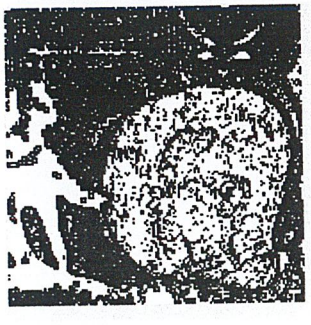
4.1 การทดลอง Edge Detection

เริ่มต้นทำการสแกนภาพธนบัตรเข้ามาก่อน หลังจากนั้นเราตัดเอาเฉพาะบริเวณที่เราต้องการนำไปวิเคราะห์ เนื่องจากตอนแรกที่ทำการทดลองโดยไม่มีการปรับปรุงคุณภาพภาพนั้น ภาพที่ออกมาปรากฏว่าได้ภาพที่ไม่ชัดเจน จึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพภาพก่อน โดยเรานำภาพนั้น ไปเปิดดูด้วย photoshop ดูฮิสโตแกรมปรากฏว่าฮิสโตแกรมของภาพนั้นเกาะกลุ่มอยู่ในช่วงบริเวณ 185-225 จึงต้องการกระจายโดยใช้สมการ $y = mx + b$ ซึ่งอธิบายไว้ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องข้างต้น เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพเสร็จจึงทำการหาค่า rgb ในแต่ละพิกเซลแล้วในไปเก็บไว้ในอาเรย์สองมิติ หลังจากนั้นนำไปทำการหาขอบ โดยได้ทำการทดลองโดยใช้โอเปอเรเตอร์ในการหาขอบหลายตัวดังต่อไปนี้ โซเบลโอเปอเรเตอร์ เคิร์ชโอเปอเรเตอร์ พรีวิซโอเปอเรเตอร์ โรบินสันโอเปอเรเตอร์ ลาปลาซโอเปอเรเตอร์ หลังจากนั้นทำการกำหนดเทรชโฮลซึ่งได้ผลจากการหาขอบออกมาดังรูปที่ 1 ซึ่งได้ผลลัพธ์ออกมาได้ไม่ค่อยสมบูรณ์ในการจะนำไปวิเคราะห์ สมมติฐานเบื้องต้นเกิดจากภาพที่ได้ออกมานั้นไม่มีความชัดเจนเพียงพอเนื่องจากเป็นภาพที่ถูกพิมพ์ซ่อนไว้ในธนบัตร จึงยังไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ โดยผลการทดลองแสดงไว้ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.7

4.2 ผลการทดลองด้วยการหา EDGE DETECTION

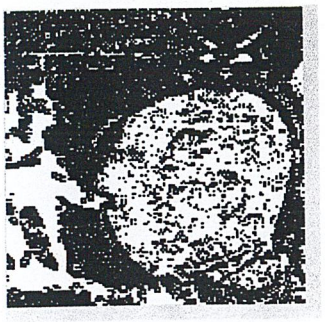


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพธนบัตรต้น

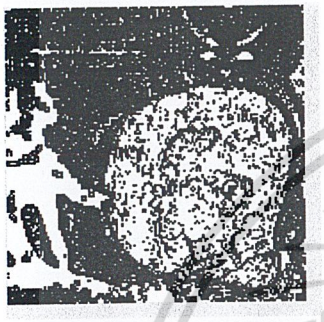


รูปที่ 4.2 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Sobel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Kirch

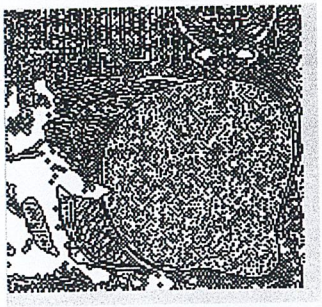


รูปที่ 4.4 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Robinson

รูปที่ 4.5 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Prewist

รูปที่ 4.6 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Laplace 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 เมื่อนำมาหาขอบโดยใช้สมการ Laplace 8

การหาขอบภาพนั้นจะได้ผลก็ต่อเมื่อภาพที่ได้มานั้นมีความคมชัดเจน แต่จากการทดลองภาพที่ได้หลังจากการหาขอบมานั้นยังไม่ดีพอจึงไม่สามารถนำไปวิเคาะห์ต่อได้ จึงเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบเป็นการตรวจสอบฮิสโตแกรมแทน

4.3 การตรวจสอบฮิสโตแกรม

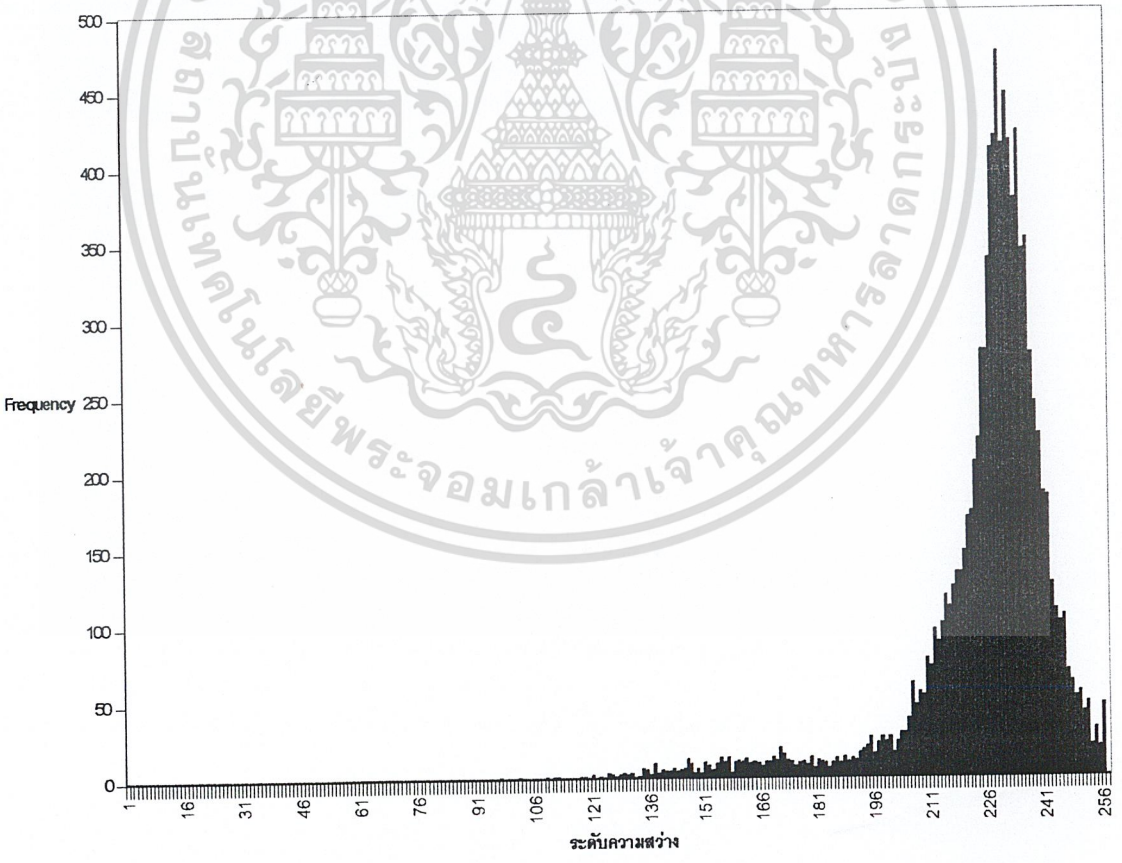
จากการศึกษาถึงสิ่งที่แตกต่างระหว่างระหว่างธนบัตรจริงและธนบัตรปลอมนั้นพบว่า สิ่งแตกต่างกันอีกสิ่งนึงนั้นคือหมึกที่ใช้พิมพ์ทำให้สีที่ออกมานั้นไม่เหมือนกับสีที่ใช้ในการพิมพ์ธนบัตรปลอม จากการทดลองพบว่ามีความแตกต่าง โดยแสดงรายละเอียดของผลการทดลองดังรูปที่ 4.8 ถึงรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองการตรวจสอบฮิสโตแกรม

➤ *ธนบัตรจริง*

รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างภาพธนบัตรจริง

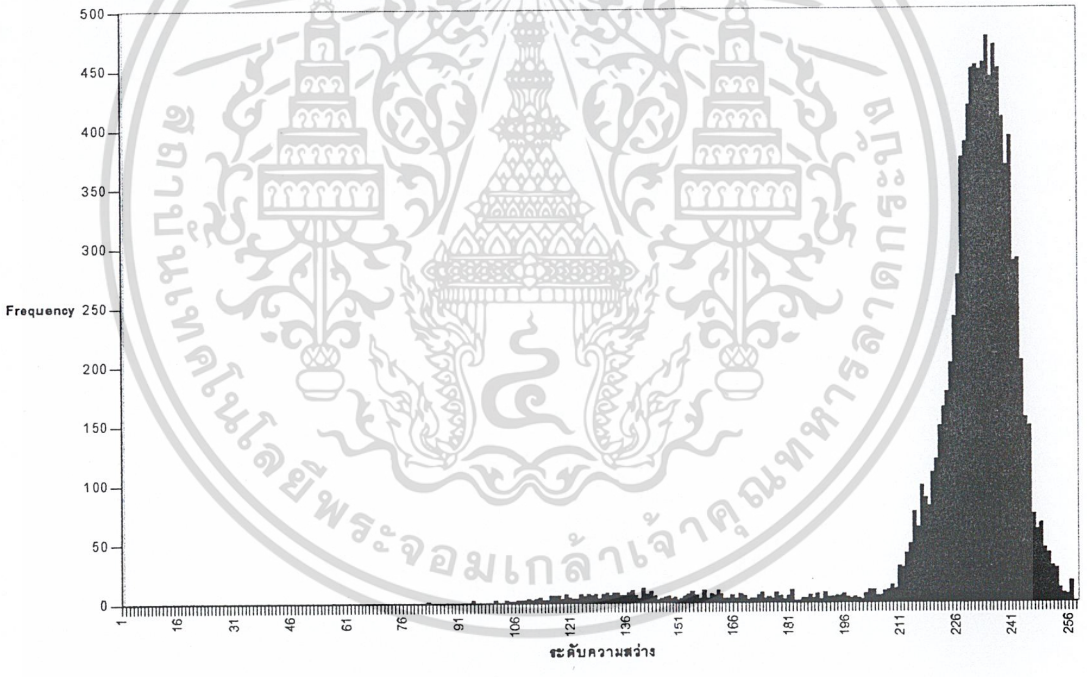


รูปที่ 4.9 แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ *ธนบัตรปลอม*

รูปที่ 4.10 แสดงภาพธนบัตรปลอม

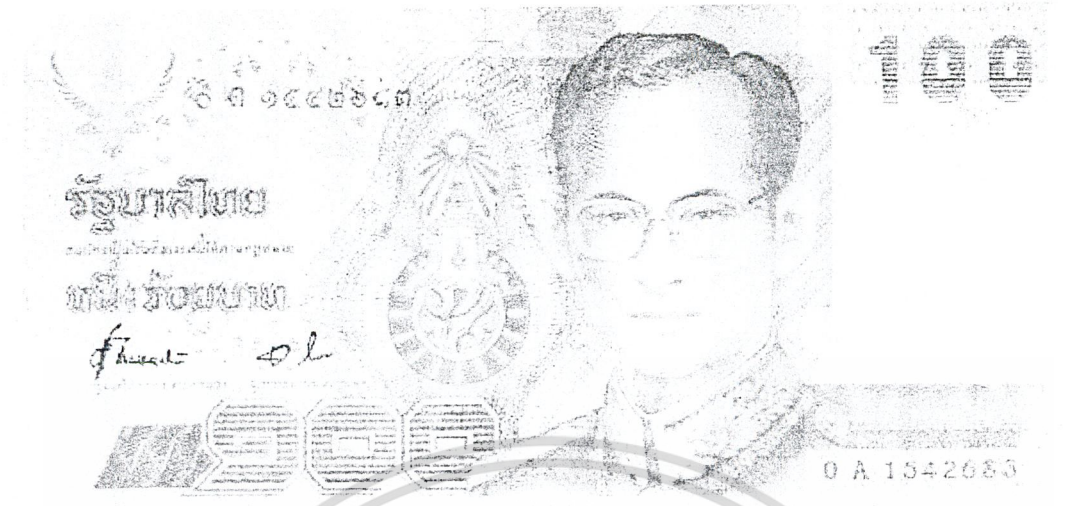


รูปที่ 4.11 แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรปลอม

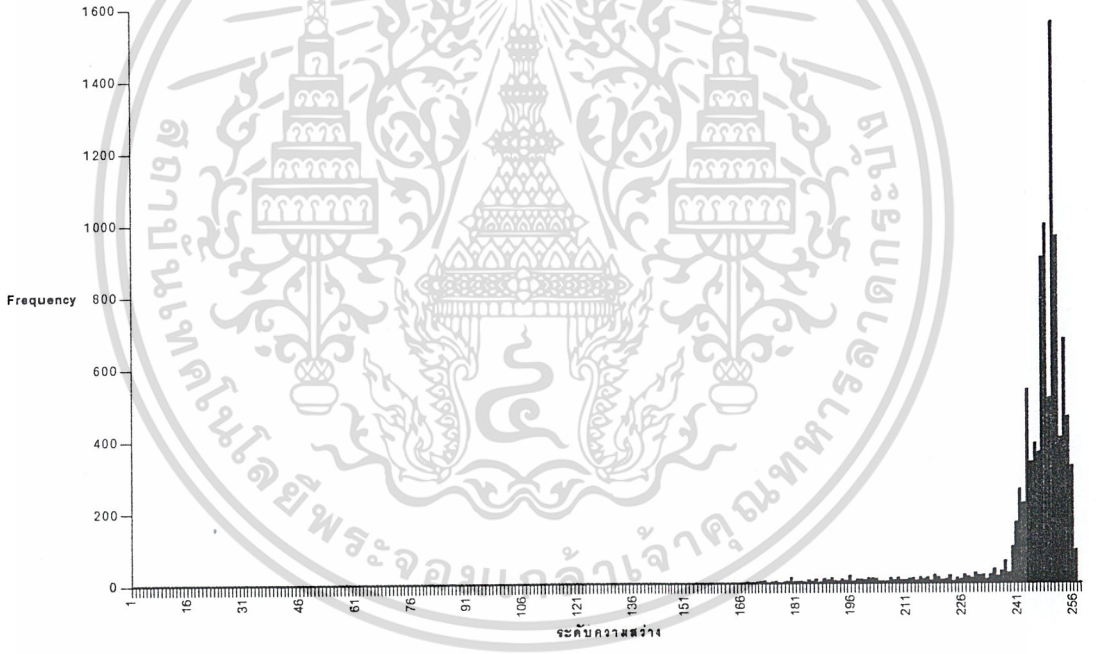
จากฮิสโตแกรมของธนบัตรจริงและธนบัตรปลอม จะเห็นว่าสิ่งที่แตกต่างกันก็คือ ระดับความสว่างของธนบัตรจริงและธนบัตรปลอมตรงบริเวณช่วงระดับความสว่างที่ 76 นั้นธนบัตรปลอมที่ทำการเก็บตัวอย่างมาจะมีค่าระดับความสว่างเริ่มต้นโดยประมาณที่ระดับนี้ ขณะที่ธนบัตรจริงนั้นยังไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ *ธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง*



รูปที่ 4.12 แสดงภาพธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง



รูปที่ 4.13 แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง

จากฮิสโตแกรมของธนบัตรจริงและธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง จะเห็นว่าสิ่งที่แตกต่างกันก็คือ ระดับความสว่างของธนบัตรจริงและธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลองนั้น ตรงบริเวณช่วงระดับความสว่างที่ 140 นั้นธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลองที่ทำการเก็บตัวอย่างมาจะมียังไม่มีค่าระดับความสว่างเริ่มต้นที่ระดับนี้ ขณะที่ธนบัตรจริงนั้นมีแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ *ธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสี*

รูปที่ 4.14 แสดงภาพธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสี

รูปที่ 4.15 แสดงภาพฮิสโตแกรมของธนบัตรถ่ายเอกสารสี

จากฮิสโตแกรมของธนบัตรจริงและธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสี จะเห็นว่าสิ่งที่แตกต่างกันก็คือ ระดับความสว่างของธนบัตรจริงและธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสีนั้น ตรงบริเวณช่วงระดับความสว่างที่ 255 นั้นธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสีที่ทำการเก็บตัวอย่างมาจะมีค่าระดับความสว่างที่ระดับนี้สูงมาก ขณะที่ธนบัตรจริงนั้นมีเช่นกันแต่ไม่สูงมากเท่าธนบัตรที่ทำการถ่ายเอกสารสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจสอบด้วยฮิสโตแกรมในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจสอบเฉพาะสีแดงเท่านั้น โดยจุดที่นำมาทำการตรวจสอบนั้นได้แสดงไว้ในส่วนของ SOURCE CODE โดยจะใช้การเช็คจุดเริ่มต้นของฮิสโตแกรมของแต่ละธนบัตรว่าเริ่มต้นที่ระดับความสว่างเท่าใด รวมถึงความถี่ในระดับความสว่างที่ 255 ด้วยโดยใช้ SOURCE CODE ต่อไปนี้ในการแยก

```
If CHECK_TOTAL_PIXEL(76) > 0   Then RESULT = "ERROR"
```

ตัวนี้จะใช้ในการกำหนดธนบัตรปลอม

```
If CHECK_TOTAL_PIXEL(141) = 0 Then RESULT = "ERROR"
```

ตัวนี้จะใช้ในการกำหนดธนบัตรที่พิมพ์เพื่อทำการทดลอง

```
If FREQUENCY(256) > 4550          Then RESULT = "ERROR"
```

ตัวนี้จะใช้ในการกำหนดธนบัตรถ่ายเอกสารสี

ซึ่งความละเอียดในการสแกนและคุณภาพของสแกนเนอร์นั้นมีผลต่อผลการตรวจสอบธนบัตรที่ระดับหนึ่ง ซึ่งในส่วนนี้ต้องทำการปรับปรุง,แก้ไขและพัฒนาต่อไปโดยเมื่อเพิ่ม RESOLUTION จะทำให้ใช้เวลาในสแกนมากขึ้น ส่วนคุณภาพของสแกนเนอร์ที่พูดถึงนั่นก็คือคุณภาพของหัวอ่านนั่นเอง ซึ่งเมื่อทำการทดลองกับสแกนเนอร์ที่คุณภาพพอใช้(hp scanjet 3300c ที่ resolution = 150 dpi) นั้นทำให้ผลการตรวจสอบนั้น ทำให้ความถูกต้องลดลงถึง 30% ทีเดียว จึงต้องทำการแก้ไขโปรแกรมใหม่ โดยเปลี่ยนจุดที่ตรวจสอบใหม่ดังนี้

```
If CHECK_TOTAL_PIXEL(213) > 101
Then RESULT = "ERROR"
If ((MEAN < 253 And MEAN > 242) And CHECK_TOTAL_PIXEL(186) = 0)
Then RESULT = "REAL"
Else RESULT = "ERROR"
```

เมื่อทำการแก้ไขโปรแกรมแล้วทำให้ความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็น 90% ซึ่งในส่วนนี้ต้องทำการพัฒนาต่อไปโดยใช้โปรแกรมเดียวกันในการตรวจสอบ โดยสามารถใช้ได้กับสแกนเนอร์ทุกรุ่น โดยแนวทางในการพัฒนานั้นมีดังต่อไปนี้ ทำการศึกษาฮิสโตแกรมของธนบัตรในสแกนเนอร์แต่ละรุ่นโดยใช้ RESOLUTION เดียวกันแล้วมาศึกษาฮิสโตแกรมอย่างละเอียด รวมทั้งตรวจสอบฮิสโตแกรมของสีเขียวและสีน้ำเงินเพิ่มด้วยเพื่อเพิ่มความถูกต้องโดยคณะผู้จัดได้มีแนวความคิดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมึกที่ใช้พิมพ์ธนบัตรจริงกับธนบัตรปลอมนั้นเป็นคนละตัวกันและมีคุณสมบัติแตกต่างกัน จึงอาจจะทำให้ฮิสโตแกรมของบางสีมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ

5.1 บทสรุปและวิจารณ์

จากการทดลองมานั้นการตรวจสอบด้วยวิธี Edge Detection นั้นไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ว่าเป็นธนบัตรจริงหรือปลอมได้ วิธีนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อรูปลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์ที่นำมาตรวจสอบต้องมีความชัดเจนของภาพค่อนข้างสูง อีกทั้งขั้นตอนในการทำให้เกิดลายน้ำพระบรมฉายาลักษณ์ที่ชัดเจนขณะสแกนนั้นทำได้ค่อนข้างยาก แต่การตรวจสอบด้วยฮิสโตแกรมนั้นสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบธนบัตรโดยได้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องในระดับหนึ่ง โดยตัวแปรที่จะทำให้ผลการตรวจสอบคลาดเคลื่อนนั้นมีดังต่อไปนี้

- ตัวอย่างของข้อมูลตัวอย่าง

  เนื่องจากทำการเก็บข้อมูลประมาณ 200 ตัวอย่าง ซึ่งในตัวอย่างเหล่านี้มีธนบัตรใหม่และเก่าปนๆกันไป ซึ่งอาจจะทำให้ข้อมูลที่เก็บได้ไม่ครอบคลุมในการตรวจธนบัตรทั้งหมดได้

- ประเภทของสแกนเนอร์

  เนื่องจากสแกนเนอร์แต่ละยี่ห้อและแต่ละรุ่นนั้นมีความละเอียดในการอ่านไม่เท่ากัน จึงทำให้ข้อมูลภาพที่ได้ออกมานั้น เมื่อนำมาทำการตรวจสอบจะทำให้ได้ผลการตรวจสอบที่คลาดเคลื่อน

5.2 ข้อจำกัดของโครงงาน

แบบจำลองการตรวจธนบัตรนี้มีข้อจำกัดดังต่อไปนี้

- ธนบัตรที่นำมาตรวจสอบต้องมีความเรียบ

  ธนบัตรที่นำมาตรวจสอบนั้นต้องมีความเรียบเนื่องจากถ้าธนบัตรที่นำมาตรวจสอบไม่เรียบงอ ยับหรือมีการพับนั้นจะทำให้เวลานำธนบัตรที่งอไปวางบนสแกนเนอร์นั้น ไม่สามารถนำไปวางได้ เนื่องจากธนบัตรไม่สามารถถูกดูดให้ติดเข้ากับเพลทได้ ถ้านำธนบัตรที่ยับหรือมีรอยพับไปทำการตรวจสอบก็อาจทำให้ข้อมูลที่อ่านเข้ามานั้นผิดพลาดอีกด้วย

- รูปแบบในการใส่

  การใส่ธนบัตรในส่วนรับธนบัตรนั้น สามารถใส่ในรูปแบบที่ถูกกำหนดเท่านั้น ไม่สามารถใส่ในรูปแบบอื่นได้ ถ้าทำการใส่ในรูปแบบอื่นจะทำให้ตำแหน่งที่เรานำมาทำการตรวจสอบนั้นเปลี่ยนไปจึงทำให้ข้อมูลที่จะนำมาทำการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผลการตรวจสอบที่ได้นั้นอาจผิดพลาดได้

- ประเภทของธนบัตรที่นำมาตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถตรวจสอบได้เฉพาะธนบัตรที่มีมูลค่าหนึ่งร้อยบาทเท่านั้น ธนบัตรราคาอื่นไม่สามารถนำมาตรวจสอบได้

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาต่อนั้นสามารถนำไปพัฒนาได้ 2 ส่วนคือในส่วนของฮาร์ดแวร์และอีกส่วนคือส่วนของซอฟต์แวร์ โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นสามารถพัฒนาได้โดยทำการออกแบบการใช้งานของเครื่องธนบัตรให้ง่ายขึ้นกว่าเครื่องตัวอย่างนี้ โดยออกแบบขั้นตอนการทำงานให้น้อยลงและสามารถนำเอาไปใช้ได้จริง ส่วนของซอฟต์แวร์นั้นสามารถพัฒนาโดยทำให้สามารถตรวจธนบัตรได้ทุกราคาและสามารถนำไปใช้กับสแกนเนอร์ได้หลายๆรุ่นและที่สำคัญที่สุดคือความถูกต้องของการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Remote Sensing Technology Center Of Japan (RESTEC) , “Personal-Computer System And Programming For Image Processing” ,P.5.22-5.25
2. Rafael C. Gonzalez and Richard E. woods , “Digital Image Processing” ,Addison Wesley , 1993, P.416-423,443-444
3. Milan Sonka,Vaclav Hlavac and Roger Boyle , “Image Processing ,Analysis and Machine Vision” , 1993, P.76-82
4. Charles M. Gilmore, “The Microprocessors Principles and Application ”, Mcgraw-Hill ,P.189-217
5. ธาริน สิทธิธรรมชารี, “คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0” , บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด, หน้าที่ 222-251
6. ไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ , “เซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิกส์ สเต็ปปิ้งมอเตอร์และการควบคุม” , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2541 , หน้าที่ 102-110
7. วันสุระ ศรีใสดี , “ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคปฏิบัติ” , สำนักพิมพ์ดวงกมล, หน้าที่ 7-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.

ATMEL®

8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

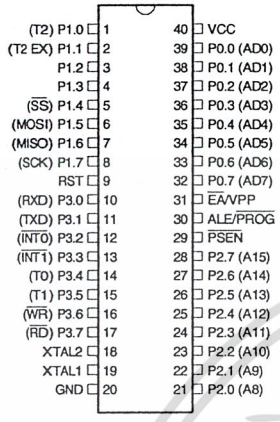
AT89S8252

Rev. 0401E–02/00

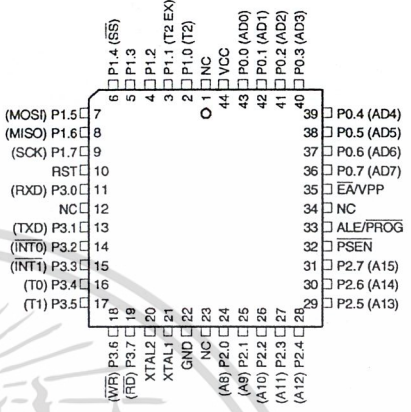
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

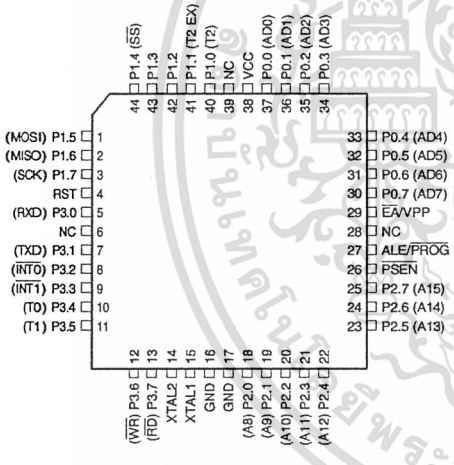
PDIP



PLCC



PQFP/TQFP



Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bbi-didirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

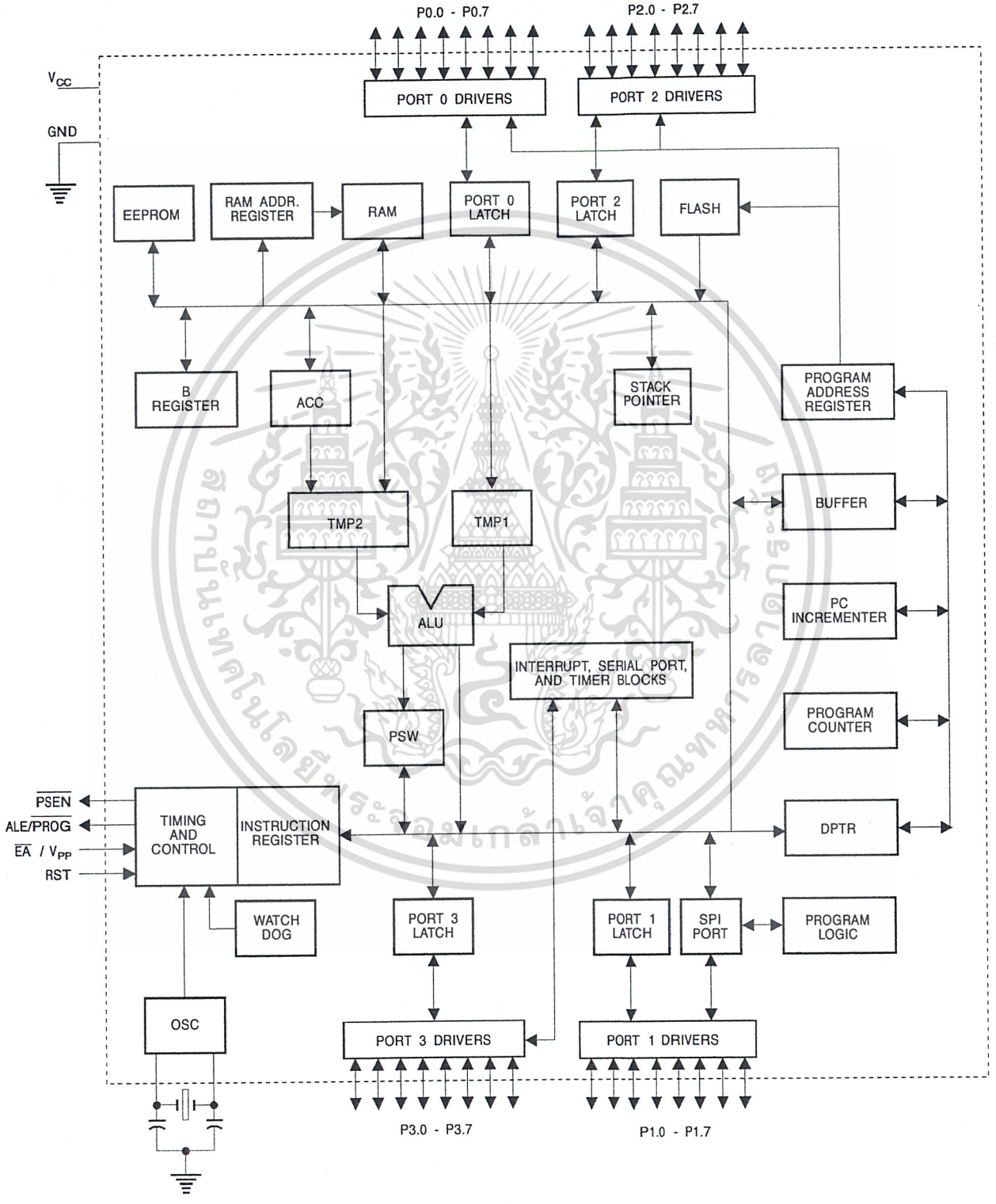
Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Pin Description

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	$\overline{SS}$ (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8 bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/VPP

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external pro-

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

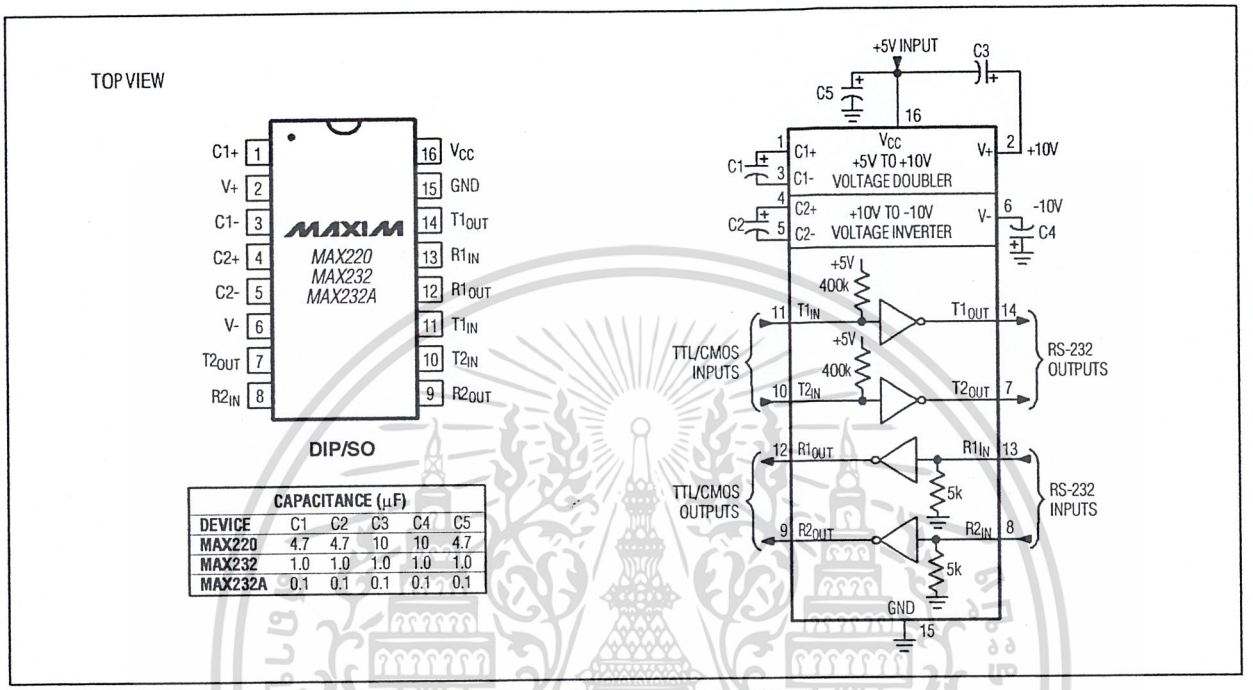
Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX		0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX					0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111						WMCON 00000010	97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ[illegible]ท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ[illegible]างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

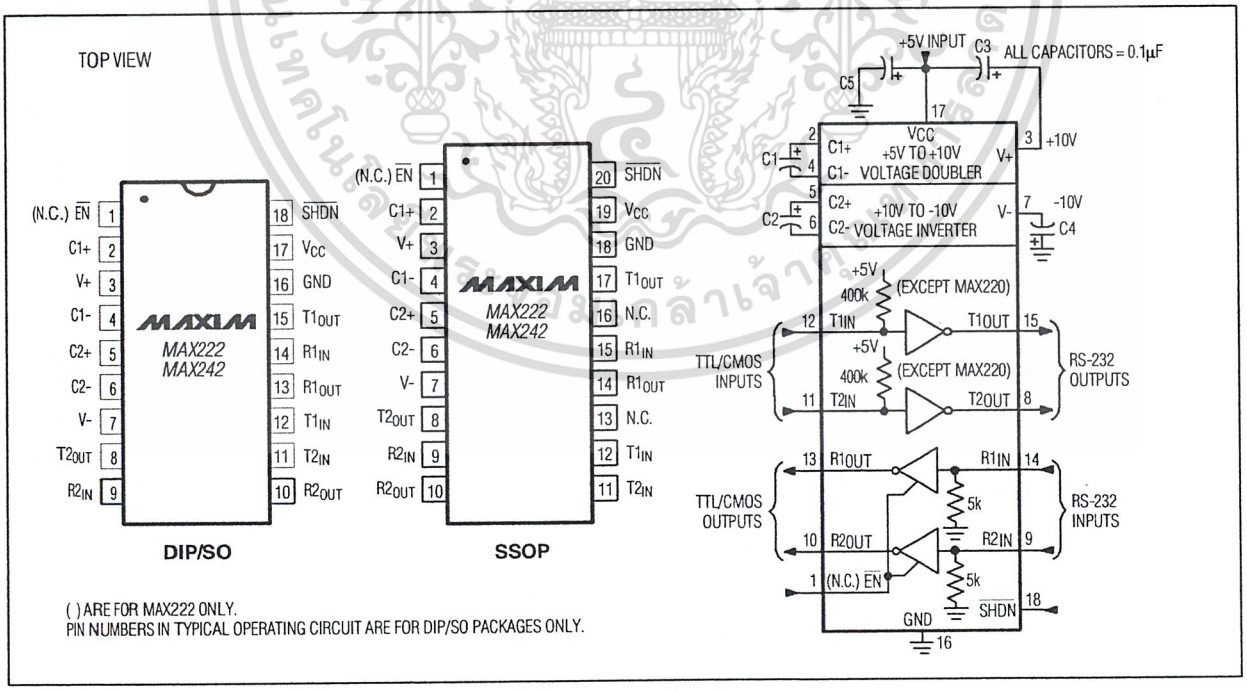


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Option Explicit
Private Declare Function BitBlt Lib "gdi32" (ByVal hDestDC As Long, ByVal X As Long,
ByVal Y As Long, ByVal nWidth As Long, ByVal nHeight As Long, ByVal hSrcDC As Long,
ByVal xSrc As Long, ByVal ySrc As Long, ByVal dwRop As Long) As Long
Private Declare Function GetPixel Lib "gdi32" (ByVal hdc As Long, ByVal X As Long, ByVal
Y As Long) As Long
Private Declare Function StretchBlt Lib "gdi32" (ByVal hdc As Long, ByVal X As Long, ByVal
Y As Long, ByVal nWidth As Long, ByVal nHeight As Long, ByVal hSrcDC As Long, ByVal
xSrc As Long, ByVal ySrc As Long, ByVal nSrcWidth As Long, ByVal nSrcHeight As Long,
ByVal dwRop As Long) As Long
Private Sub Form_Load()
Dim FSO As New FileSystemObject
Dim OBJFIL As File
Dim OBJTS As TextStream
Dim FILENAME
Dim TEXTFILE
Dim RGB_VALUE(100, 100)
Dim RED(100, 100)
Dim GREEN(100, 100)
Dim BLUE(100, 100)
Dim XRGB, YRGB As Integer
Dim i, j
For i = 1 To 100
'For j = 1 To 10
'FILENAME = i & "_" & j & ".BMP"
'TEXTFILE = i & "_" & j & ".TXT"
'FILENAME = i & "-" & j & ".BMP"
'TEXTFILE = i & "-" & j & ".TXT"
'FILENAME = "ZEROX" & i & ".BMP"
'TEXTFILE = "ZEROX" & i & ".TXT"
'FILENAME = "lwf" & i & ".BMP"
FILENAME = i & ".BMP"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEXTFILE = i & ".TXT"
'FILENAME = i & "j" & ".BMP"
'TEXTFILE = i & "J" & ".TXT"
'Picture1.Picture = LoadPicture("D:\Thawat\My Project\picture project\ZEROX-
ZEROX\ORIGINAL\" & FILENAME)
'Picture1.Picture = LoadPicture("C:\My Documents\BANK\REAL\" & FILENAME)
'Picture1.Picture = LoadPicture("C:\WINDOWS\TEMP\" & FILENAME)
'Picture1.Picture = LoadPicture("C:\My Documents\my report\" & FILENAME)
Picture1.Picture = LoadPicture("C:\My Documents\clear\bank note\final\" & FILENAME)
BitBlt Picture2.hdc, 0, 0, 100, 100, Picture1.hdc, 0, 0, &HCC0020
  Open "C:\MY DOCUMENTS\result1\" & TEXTFILE For Output As #2  'OPEN TEXTFILE
TO SAVE DATA
  'Open "C:\MY DOCUMENTS\4.TXT" For Output As #2  'OPEN TEXTFILE TO SAVE
DATA
  'Open "C:\MY DOCUMENTS\3.TXT" & TEXTFILE For Output As #1 'OPEN TEXTFILE
TO SAVE DATA
  For XRGB = 0 To 99
  For YRGB = 0 To 99
    RGB_VALUE(XRGB, YRGB) = GetPixel(Picture2.hdc, XRGB, YRGB) 'GET
RGB_VALUE
    Dim PIXEL
    Dim G_1, G_2, B_1, B_2 As Integer
      PIXEL = RGB_VALUE(XRGB, YRGB)
      B_1 = PIXEL \ 16 ^ 5
      PIXEL = PIXEL - B_1 * 16 ^ 5
      B_2 = PIXEL \ 16 ^ 4
      PIXEL = PIXEL - B_2 * 16 ^ 4
      G_1 = PIXEL \ 16 ^ 3
      PIXEL = PIXEL - G_1 * 16 ^ 3
      G_2 = PIXEL \ 16 ^ 2
      PIXEL = PIXEL - G_2 * 16 ^ 2
      BLUE(XRGB, YRGB) = B_1 * 16 + B_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        GREEN(XRGB, YRGB) = G_1 * 16 + G_2
        RED(XRGB, YRGB) = PIXEL
    Next
    Next
Dim MEAN, MEDIAN, MEDIAN_POSITION, DEVIATION
Dim FREQUENCY(256) As Long
Dim SIGMA_X
Dim GRAY_LEVEL
Dim CHECK_TOTAL_PIXEL(256) As Long
Dim XSQUARE
Dim OK
MEAN = 0
CHECK_TOTAL_PIXEL(0) = 0
FREQUENCY(1) = 0
SIGMA_X = 0
OK = 0
For GRAY_LEVEL = 0 To 255
FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) = 0
XSQUARE = 0
For XRGB = 0 To 99
For YRGB = 0 To 99
   If RED(XRGB, YRGB) = GRAY_LEVEL Then FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) =
FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) + 1 Else FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) =
FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1)
   XSQUARE = XSQUARE + (RED(XRGB, YRGB)) ^ 2
   Next 'CHECK THE FREQUENCY OF EACH GRAY_LEVEL FROM 0 TO 255 TO FIND
MEAN
Next
CHECK_TOTAL_PIXEL(GRAY_LEVEL + 1) = CHECK_TOTAL_PIXEL(GRAY_LEVEL) +
FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1)
If CHECK_TOTAL_PIXEL(GRAY_LEVEL) >= 5000 Then OK = OK + 1 'CHECK MEDIAN
If OK = 1 Then MEDIAN = GRAY_LEVEL - 1
```

เอกสารนี้มีเนื้อหาที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SIGMA_X = SIGMA_X + GRAY_LEVEL * FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) 'FIND
SIGMA_X
'Print #1, FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1)
If FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) > 0 Then Print #2, GRAY_LEVEL, "FREQUENCY =",
FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1), "TOTAL_PIXEL =",
CHECK_TOTAL_PIXEL(GRAY_LEVEL + 1)
'If FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1) <> 0 Then Print #1, GRAY_LEVEL, "FREQUENCY
=", FREQUENCY(GRAY_LEVEL + 1), "TOTAL_PIXEL =",
CHECK_TOTAL_PIXEL(GRAY_LEVEL + 1)
'Print #2, FREQUENCY
Next
If OK = 0 Then MEDIAN = 255
If CHECK_TOTAL_PIXEL(256) > 0 Then MEAN = SIGMA_X /
CHECK_TOTAL_PIXEL(256) Else MEAN = 0
MEDIAN_POSITION = Round(CHECK_TOTAL_PIXEL(256) / 2)
If CHECK_TOTAL_PIXEL(256) > 0 Then DEVIATION = (((XSQUARE - 2 * SIGMA_X *
MEAN + CHECK_TOTAL_PIXEL(256) * (MEAN ^ 2)) / CHECK_TOTAL_PIXEL(256))) ^
0.5 Else DEVIATION = 0
If CHECK_TOTAL_PIXEL(256) = 0 Then MEDIAN = 0
Print #2, "MEAN=", MEAN
Print #2, "MEDIAN_POSITION =", MEDIAN_POSITION
Print #2, "MEDIAN =", MEDIAN
Print #2, "DEVIATION =", DEVIATION
Print #2, "CHECK_TOTAL_PIXEL(76)=", CHECK_TOTAL_PIXEL(76)
Print #2, "CHECK_TOTAL_PIXEL(141) =", CHECK_TOTAL_PIXEL(141)
Print #2, "CHECK_TOTAL_PIXEL(181) =", CHECK_TOTAL_PIXEL(181)
Print #2, "FREQUENCY(256)=", FREQUENCY(256)
'Next
'Next
Dim RESULT
If CHECK_TOTAL_PIXEL(213) > 101 Then RESULT = "ERROR"
'If FREQUENCY(256) < 2000 Then RESULT = "ERROR"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If ((MEAN < 253 And MEAN > 242) And CHECK_TOTAL_PIXEL(186) = 0) Then RESULT =
"REAL" Else RESULT = "ERROR"
'If FREQUENCY(256) < 3500 Then RESULT = "ERROR" Else RESULT = "REAL"
'If (CHECK_TOTAL_PIXEL(76) = 0 And FREQUENCY(256) > 3500) Then RESULT =
"ERROR"
'If CHECK_TOTAL_PIXEL(76) > 0 Then RESULT = "ERROR"
'If CHECK_TOTAL_PIXEL(141) = 0 Then RESULT = "ERROR"
'If FREQUENCY(256) > 4550 Then RESULT = "ERROR"
If RESULT = "REAL" Then RESULT = "NO_ERROR"
If RESULT = "ERROR" Then Open "C:\MY DOCUMENTS\RESULT\" & TEXTFILE For
Output As #1
If RESULT = "ERROR" Then Print #1, "ERROR"
Close #1
Close #2
Next
'Next
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้