

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## การศึกษาและพัฒนาเครื่องับรณบัตรระบบอัตโนมัติ



รฟ.  
จ 486ก  
9549

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **76641**  
วัน,เดือน,ปี..... **3 S.ก. 2550**

b..... **11850A62**  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A study and development of methods for automatic bank note  
counting**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor  
of Science**

**Department of Applied Physics**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**Academic Year 2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการพิเศษเรื่อง**

การศึกษาและพัฒนาเครื่องนับธนบัตรระบบ  
อัตโนมัติ

**นักศึกษา**

นางสาววารุณี โกลงฉันท์

นายวิภูวัต อุดมสกุลเลิศ

**ภาควิชา**

ฟิสิกส์ประยุกต์

**สาขาวิชา**

ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และ  
อุตสาหกรรม




**อาจารย์ที่ปรึกษา**

รศ.อนุพงศ์ สรงประภา

**อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

รศ.สุวรรณ กุศลาราม

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.วิชาญ เดชดิธีระ	
กรรมการ	อ.เบญจพล ดันธุ์	
กรรมการ	อ.วิฑูรย์ ยินดีสุข	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.อนุพงศ์ สรงประภา	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	รศ.สุวรรณ กุศลาราม	



(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชดิธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

**ลิขิตrixของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการพิเศษเรื่อง**

การศึกษาและพัฒนาเครื่องนับชนบัตรระบบ  
อัตโนมัติ

**นักศึกษา**

นางสาววารุณี โกลงฉันท์  
นายวิญวัติ อุดมสกุลเลิศ

**ภาควิชา  
สาขาวิชา**

ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และ  
อุตสาหกรรม

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

รศ.อนุพงศ์ สรงประภา

**อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

รศ.สุวรรณ กุศลาราม

**บทคัดย่อ**

โครงการพิเศษนี้เป็นการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องนับชนบัตรระบบอัตโนมัติประกอบด้วยระบบลูกระนาดซึ่งมีล้อยางเพื่อใช้ในการดึงแผ่นชนบัตรให้ออกมาทีละฉบับ, ระบบลำเลียงชนบัตรมีล้อยาง 2 คู่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชนบัตรผ่านตัวตรวจจับแล้วกลับเป็นปึกอย่างเดิม, ระบบตรวจนับชนบัตรด้วยวิธีทางแสง โดยใช้ตัวตรวจจับ(sensor)อินฟราเรด ในทุกระบบถูกควบคุมและสั่งงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วผลการตรวจนับที่ได้จะแสดงผลมายังหน้าจอแอลซีดี ความสัมพันธ์ของระบบลูกระนาดและระบบลำเลียงชนบัตรสามารถขับเคลื่อนได้โดยใช้สเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Special Project Title</b>	<b>A study and development of methods for automatic bank note counting</b>
<b>Name</b>	<b>Miss.varunee Klongchan Mr.Wisuwat Udomsakullert</b>
<b>Department</b>	<b>Applied Physics</b>
<b>Program</b>	<b>Applied Physics-Science and Industry Instrumenttation</b>
<b>Academic Year</b>	<b>2006</b>
<b>Special Project Advisor</b>	<b>Assoc.Prof.Anupong Srongprapa</b>
<b>Special Project co-advisor</b>	<b>Assoc.Prof.Suwarn Kusumlean</b>

### ABSTRACT

Automatic banknote counting comprises a feeding system having rollers for drawing banknote out of the input store, transport system having two pair of roller use for transmission banknote through detector , and a banknote detection system by using an optical technique. The system is controlled by microcontroller and result of detection system show on LCD. The relative of feeding system and transport system are driven by step motor

## กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

อาจารย์อนุพงศ์ สรวงประภา ที่ให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือแนะนำแนวทางแก้ปัญหา  
 อาจารย์สุวรรณ กุศลาราย ที่คอยให้คำปรึกษา บิดา-มารดา ที่ให้กำลังใจเสมอมาและคอย  
 ให้การสนับสนุนในด้านการเรียนการเงินอย่างไม่มีข้อบกพร่อง พี่ระวีวัฒน์ ที่ให้ความ  
 ช่วยเหลือเป็นอย่างดีให้คำปรึกษาในทุกเรื่อง เพื่อน ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ให้ยิ้มของมาใช้  
 ต่างๆ แม่บ้าน ช่วยปัดกวาดเก็บของเรียบร้อย และอำนวยความสะดวกต่างๆ



นางสาววราณี ไคลงฉันท

นายวิมุติ อุดมสกุลเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 หลักการและเหตุผล	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตการทำงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 การวางแผนการทำงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ชนิดชนบัตรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน	4
2.2 หลักการทำงานและประเภทของเครื่องนับธนบัตรในปัจจุบัน	7
2.3 เครื่องนับธนบัตรสามารถแบ่งตามลักษณะการนับได้เป็น 2 ประเภท	10
2.4 ตัวตรวจจับด้วยแสง	12
2.5 มอเตอร์ (MOTOR)	19
2.6 AT89S ISP(In-System Programming)	21
2.7 จอแสดงผลแบบแอลซีดี(LCD)	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.แนวทางการออกแบบเครื่องนับธนบัตร	24
3.1 การออกแบบเครื่องนับธนบัตร	24
3.2 การทำงานของระบบ (Block Diagram)	33
3.3 ส่วนประกอบของเครื่องนับธนบัตร	35
1. ส่วนของวงจร	35
2. ส่วนแสดงการทำงานของโปรแกรม	38
3. กลไกการทำงานด้านเชิงกล	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย**

4.1 ขั้นตอนการทดลองตรวจนับชนบัตรจำนวน 100 ใบ	44
4.2 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณตัวตรวจจับ(sensor)เมื่อมีชนบัตรผ่าน	45
4.3 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์	48

**บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ**

50

**เอกสารอ้างอิง**

**ภาคผนวก**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง	17
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการนับธนบัตร	44
ตารางที่ 4.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์เมื่อได้รับ การกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป ( Full step) หนึ่งเฟส	48



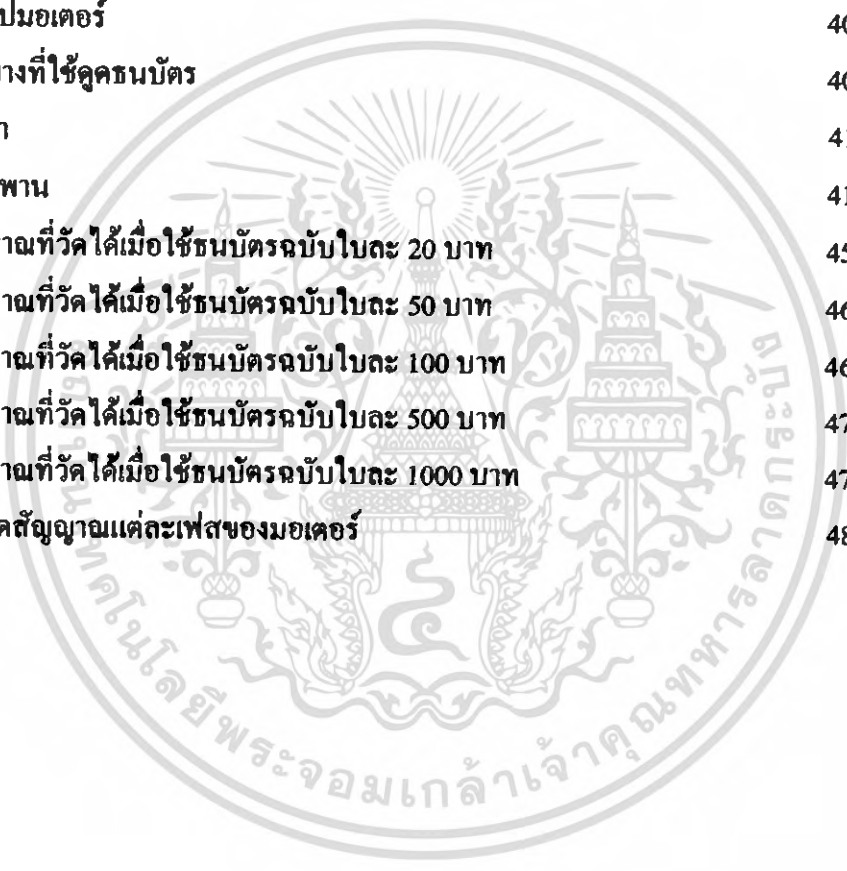
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องนับธนบัตรที่ไม่กระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ	11
รูปที่ 2.2 เครื่องนับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ	12
รูปที่ 2.3 ตัวตรวจจับแบบ LDR	13
รูปที่ 2.4 โฟโตโวลทาทิกเซลล์	13
รูปที่ 2.5 ไลโอคเปล่งแสง	14
รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานใช้ขับไลโอคเปล่งแสง (LED )	15
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโฟโตไลโอคชนิดต่างๆ	15
รูปที่ 2.8 การต่อโฟโตไลโอค	16
รูปที่ 2.9 สเต็ปมอเตอร์	19
รูปที่ 2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	20
รูปที่ 2.11 แสดงขาสัญญาณ AT89S52	21
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะจอแสดงผลแอลซีดี	22
รูปที่ 3.1 การออกแบบอาคารรองรับธนบัตรและล็อกคธนบัตร	24
รูปที่ 3.2 การออกแบบบล็อกคธนบัตร	25
รูปที่ 3.3 การออกแบบบล็อกลำเลียงธนบัตร	25
รูปที่ 3.4 การออกแบบตำแหน่งของตัวตรวจจับ(sensor)ตรวจนับจำนวนธนบัตร	26
รูปที่ 3.5 การออกแบบการวางและตำแหน่งของมอเตอร์	26
รูปที่ 3.6 การออกแบบส่วนขับเคลื่อน	27
รูปที่ 3.7 ภาพโครงสร้างโดยรวมภายใน (ก) และ(ค) ด้านซ้าย, (ข) ด้านขวา	27
รูปที่ 3.8 การออกแบบโครงสร้างภายนอก (ก)ด้านข้าง,(ข)ด้านบน,(ค)ด้านหน้า	29
รูปที่ 3.9 แสดงภาพภายในของเครื่องนับธนบัตรในส่วนการลำเลียงธนบัตร	30
รูปที่ 3.10 แสดงภาพภายในของเครื่องนับธนบัตรในส่วนล็อกคแยกธนบัตร	31
รูปที่ 3.11 แสดงภาพด้านบนของเครื่องนับธนบัตร	31
รูปที่ 3.12 แสดงภาพ โครงสร้างภายนอกโดยรวมด้านซ้าย	31
รูปที่ 3.13 แสดงภาพ โครงสร้างภายนอกโดยรวมด้านขวา	32
รูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบส่วนของวงจรต่างๆของเครื่องนับธนบัตร	32
รูปที่ 3.15 แสดงส่วนของวงจรต่างๆของเครื่องนับธนบัตร	33
รูปที่ 3.16 แสดงการออกแบบการทำงานของระบบ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.17 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52	35
รูปที่3.18 แสดงลักษณะจอแสดงผลแอลซีดี	35
รูปที่3.19 วงจรเป็นรับข้อมูล	36
รูปที่3.20 แสดงวงจรตรวจจับชนบัตร	37
รูปที่3.21 แสดงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	37
รูปที่3.22 แสดงแผนภาพของการทำงาน โปรแกรม	38
รูปที่3.23 แสดงการออกแบบตำแหน่งและอุปกรณ์ภายในเครื่องนับชนบัตร	39
รูปที่3.24 แสดงสเค็มอเตอร์	40
รูปที่3.25 แสดงตัวอย่างที่ใช้คูชชนบัตร	40
รูปที่3.26 แสดงเพลลา	41
รูปที่3.27 แสดงสายพาน	41
รูปที่4.1 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 20 บาท	45
รูปที่4.2 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 50 บาท	46
รูปที่4.3 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 100 บาท	46
รูปที่4.4 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 500 บาท	47
รูปที่4.5 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 1000 บาท	47
รูปที่4.6 แสดงการวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์	48



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากเงินได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก เช่น การค้าขาย การธนาคาร องค์กรต่างๆ ซึ่งในองค์กรเหล่านี้จะมีเงินหมุนเวียนเข้าออกในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ก็ยังมีปัญหาของการที่ต้องมีการระมัดระวังตรวจสอบธนบัตรปลอม จึงจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบและนับจำนวนเงินจึงมีการประดิษฐ์เครื่องนับธนบัตรขึ้น เพื่อความรวดเร็วในสถานะเร่งรีบ สามารถลดความเสี่ยงในการนับจำนวนธนบัตรที่ผิดพลาดจากมนุษย์ได้ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะทางอารมณ์ของมนุษย์ การทำงานซ้ำซากเป็นเวลานานหรือมาจากสาเหตุอื่นๆ และลดความเสียหายที่เกิดจากการได้รับธนบัตรปลอมแปลง

เครื่องนับธนบัตรในปัจจุบันยังสามารถนับจำนวนของธนบัตรได้ด้วยความเร็วสูงและมีประสิทธิภาพมากกว่ารุ่นก่อนๆ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเครื่องนับธนบัตรแต่ละรุ่นแต่ละบริษัท ที่จัดทำเครื่องนับธนบัตรชนิดนั้นขึ้นมา ซึ่งเครื่องนับธนบัตรที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 ประเภท คือ เครื่องนับธนบัตรที่ไม่กระจายออกเป็นฉบับและเครื่องนับแบบกระจายออกเป็นฉบับ เครื่องนับธนบัตรในปัจจุบันยังมีการเพิ่มความหลากหลายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับเครื่องนับธนบัตรอีกด้วย เครื่องนับธนบัตรได้มีการนำมาใช้กันมากขึ้น มีการใช้มากในสถานที่ที่ต้องมีการแลกเปลี่ยนเงินตราผู้ซื้อหรือฝากเงินเป็นจำนวนมากหรือตามสถานที่ที่ใช้ตัวหรือเอกสารสำคัญต่างๆ ตัวอย่าง เช่น ธนาคาร, บริษัท, ห้างสรรพสินค้า, สถานบันเทิง, โน้ตคลับ, ร้านอาหาร, ร้านค้า, หน่วยราชการ, รัฐวิสาหกิจ, โรงเรียนหรือทุกแห่งที่ต้องการนับธนบัตร เครื่องนับธนบัตรเป็นสินค้าที่ต้องสั่งเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นเครื่องนับธนบัตรจึงมีราคาที่สูง จึงเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการผลิตและพัฒนาเครื่องนับธนบัตรขึ้นใช้ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบที่หาและทำขึ้นได้ภายในประเทศเพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่าย

### 1.2 หลักการและเหตุผล

หลักการดำเนินงานเบื้องต้นของเครื่องนับธนบัตร ซึ่งการทำงานของเครื่องนับธนบัตรทุกประเภทนั้นมีการทำงานที่สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การทำงานทางด้านเชิงกล และการทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

1. การทำงานทางด้านเชิงกล ในส่วนของการทำหน้าที่ทางด้านเชิงกลนั้นจะทำหน้าที่แยกธนบัตรออกเป็นฉบับๆหรือกรีดธนบัตรที่ปลายของธนบัตรในลักษณะของการกรีดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะทำหน้าที่นับจำนวนของชนบัตร ตรวจสอบชนบัตร และทำหน้าที่แสดงผลการนับออกมาอยู่ในรูปของตัวเลข เครื่องนับชนบัตรสามารถแบ่งตามลักษณะการนับได้เป็น 2 ประเภท

1. เครื่องนับชนบัตรที่นับชนบัตรแบบไม่กระจายชนบัตรออกเป็นฉบับ คือ สามารถนับชนบัตรโดยการกรีดปลายของชนบัตรในลักษณะของการกรีดไฟ
2. เครื่องนับชนบัตรที่นับชนบัตรแบบกระจายชนบัตรออกเป็นฉบับ คือ สามารถนับชนบัตรโดยแยกชนบัตรออกเป็นฉบับและทำการลำเลียงชนบัตรทีละฉบับผ่านตัวตรวจจับ(Sensor) เมื่อผ่านขั้นตอนการนับแล้ว ชนบัตรจะถูกรวมกลับเข้าด้วยกันเป็นปึกเหมือนเดิม

### 1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงหลักการการทำงานของเครื่องนับชนบัตรประเภทต่างๆ
2. เพื่อใช้ความรู้ที่เรียนมานำมาประยุกต์ออกแบบเครื่องนับชนบัตร
3. สามารถผลิตเครื่องนับชนบัตรออกมาได้มีประสิทธิภาพในระดับหนึ่ง
4. สามารถผลิตเครื่องนับชนบัตรที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ
5. สามารถผลิตเครื่องนับชนบัตร โดยนำวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆเข้ามาประยุกต์เพื่อนำไปใช้
6. เรียนรู้การทำงานจริง การทำงานเป็นหมู่คณะ

### 1.4 ขอบเขตการทำงาน

ศึกษาหลักการการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องนับชนบัตร เพื่อมาเป็นแนวทางในการออกแบบและจัดหาวัสดุที่เหมาะสมนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเครื่องนับชนบัตร และเครื่องนับชนบัตรนั้นยังสามารถพัฒนาให้ทำการตรวจสอบชนบัตรปลอมได้

### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลิตเครื่องนับชนบัตรที่สามารถนับจำนวนชนบัตรได้ นับชนบัตรได้ด้วยความเร็วในระดับหนึ่ง แต่ใช้เงินลงทุนในการผลิตเครื่องนับชนบัตรที่มีต่ำ ได้ความรู้ในการทำงานจริงและสามารถนำวัสดุต่างๆมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และได้ความคิดใหม่ๆเพื่อที่จะได้มีการนำไปพัฒนาให้ดีกว่า

## 1.6 การวางแผนการทำงาน

	2549							2550		
ขั้นตอนและวิธีการ ดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ค.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ศึกษาและค้นคว้า หาข้อมูล										
2.ออกแบบและ จัดหาอุปกรณ์										
3.ประกอบระบบ และทดสอบระบบ ที่ประกอบขึ้น										
4.ทดลองเครื่องและ ปรับปรุงแก้ไข ข้อผิดพลาด										
5.วิเคราะห์และ สรุปผล										
6.วิเคราะห์และ สรุปผล จัดทำ รายงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

ในปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องนับธนบัตรที่สามารถนับจำนวนของธนบัตรและตรวจสอบความถูกต้องของธนบัตร ได้เพื่อความสะดวกรวดเร็วและในการตรวจสอบความถูกต้องของธนบัตรนั้นต้องทราบถึงรายละเอียดเกี่ยวกับธนบัตรแต่ละชนิดว่ามีจุดที่ต้องสังเกตที่ใดบ้างที่ทำให้ทราบว่า เป็นธนบัตรจริง

#### 2.1 ชนิดธนบัตรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

การจัดทำและนำธนบัตรออกใช้หมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของธนาคารแห่งประเทศไทยแต่เพียงผู้เดียว โดยธนบัตรที่จัดพิมพ์และนำออกใช้ในปัจจุบันมี 5 ชนิดด้วยกัน

##### 2.1.1.ธนบัตรฉบับละ 1,000 บาท



ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ  
ภาพประธานด้านหลัง พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวขณะทรงประกอบพระราชกรณียกิจ ทางซ้ายมีภาพเขียนป่าสักชลสิทธิ์  
ฉายหีบ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายพุ่มข้าวบิณฑ์ ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวเส้นปรากฏให้เห็นเป็นระยะเฉพาะที่ด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นตัวเลขและตัวอักษร โปร่งแสง

ขนาด กว้าง ๑.๒ เซนติเมตร ยาว ๑๖.๒

เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลักษณะพิเศษ

- ▶ แลปพอยล์สีเงิน มีรูปพระครุฑพ่าห์ ตัวเลข "๑๐๐๐" และ "1000" มองเห็นเป็นหลายมิติ จะเปลี่ยนสีและสะท้อนแสงวาววับเมื่อพลิกธนบัตรไปมา
- ▶ ตัวเลขแฝง "1000" บริเวณด้านหน้ามุมซ้ายล่าง ซ่อนในลายไทยมองเห็นได้เมื่อยกธนบัตร เอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหาทึ่งกลางของธนบัตร
- ▶ ตัวเลข "1000" บริเวณมุมขวาบน พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษ มองเห็นส่วนบนเป็นสีทองส่วนล่างเป็นสีเขียว เมื่อพลิกขอบล่างธนบัตรขึ้น จะเห็นเป็นสีเขียวทั้งหมด
- ▶ ลายรูปดอกบัว พิมพ์แยกส่วนไว้บนด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นรูปดอกบัวที่สมบูรณ์

### ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

- ▶ สีเหลืองบริเวณลายประดิษฐ์รูปวงกลม และในลายเส้นรัศมีตอนกลาง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษ จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเรืองแสง
- ▶ หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
- ▶ มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

### วันประกาศออกใช้

- ▶ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ ๒๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๘
- ▶ เริ่มจ่ายแลก วันที่ ๒๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๘

### 2.1.2.ธนบัตรฉบับละ 500 บาท



ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

ภาพประธานด้านหลัง พระบรมราชานุสาวรีย์ พระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว

ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจน เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายประจํายาม ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวฮัน ปรากฏให้เห็นเป็นระยະเฉพาะที่ด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นตัวเลขและตัวอักษร โปร่งแสง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด กว้าง ๗.๒ เซนติเมตร ยาว ๑๕.๖ เซนติเมตร

### ลักษณะพิเศษ

- ▶ แลปพอยต์สีเงิน มีตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "ภ.ป.ร." และตัวเลข "๕๐๐" มองเห็นเป็นหลายมิติ จะเปลี่ยนสี และสะท้อนแสงวาววับเมื่อพลิกธนบัตรไปมา
- ▶ ตัวเลขแฝง "500" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง ซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร
- ▶ ตัวเลข "500" บริเวณมุมขวาบน พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษ มองเห็นเป็นสีเขียว เมื่อพลิกขอบล่างของธนบัตรขึ้นจะเห็นเป็นสีม่วง
- ▶ ลายรูปดอกพุดตาน พิมพ์แยกไว้บนด้านหลังและด้านหน้า เมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นรูปดอกพุดตานที่สมบูรณ์

### ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

- ▶ ลายพื้นสีเขียวเบื้องหลังพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเรืองแสง
- ▶ หมวดยกอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
- ▶ มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

### วันประกาศออกใช้

- ▶ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ ๒๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๔
- ▶ เริ่มจ่ายแลก วันที่ ๑ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

### 2.1.3.ธนบัตรฉบับละ 100 บาท



ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์  
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรง  
เครื่องแบบจอมทัพ

ภาพประธานด้านหลัง ภาพพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์  
พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวในฉลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พระองค์เต็มยศทหารเรือ บริเวณตอนล่างของพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มีลายประดิษฐ์ และลายไทยสีแดงเข้ม ได้ลายไทยมีข้อความว่า "โทษฐานปลอมหรือแปลงธนบัตร คือจำคุกตลอดชีวิต หรือจำคุกอย่างสูงยี่สิบปี และปรับอย่างสูงสี่หมื่นบาท" ขนาดเล็กพิมพ์ด้วยหมึกสีแดงเข้ม อ่านได้โดยใช้แว่นขยาย ตอนกลางเบื้องซ้าย มีภาพพระราชกรณียกิจเกี่ยวกับการเลิกทาสลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายประจำยามซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

**เส้นใยสีโลหะ** ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวขึ้น เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

ขนาด กว้าง ๘.๒ เซนติเมตร ยาว ๑๕.๐ เซนติเมตร

#### ลักษณะพิเศษ

- ▶ แอบฟอยล์สีเงิน มีพระราชลัญจกรประจำพระองค์รัชกาลที่ ๙ ตัวเลข "๑๐๐" และ "100" มองเห็นเป็นหลายมิติ จะเปลี่ยนสี และสะท้อนแสงวาวแวบเมื่อพลิกธนบัตรไปมา
- ▶ ตัวเลขแฝง "100" บริเวณมุมล่างซ้าย ซ่อนในลายไทย มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเฉียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหาทึ่งกลางของธนบัตร
- ▶ ตัวเลข "100" พิมพ์แยกไว้บนด้านหน้า และด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นตัวเลข "100" ที่สมบูรณ์

#### ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

- ▶ ลายพื้นสีส้มและสีเขียว พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีส้มและสีเขียว
- ▶ หมวกอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
- ▶ มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

#### วันประกาศออกใช้

- ▶ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ ๑๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๘
- ▶ เริ่มจ่ายแลก วันที่ ๒๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.4.ธนบัตรฉบับละ 50 บาท



ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์  
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรง  
เครื่องแบบจอมทัพ

ภาพประธานด้านหลัง พระบรมราชานุสาวรีย์  
พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจน  
เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายดอกกลอย  
ซึ่งมีความ โปร่งแสงเป็นพิเศษ

เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ผังในเนื้อกระดาษตามแนวขึ้น เมื่อยก  
ธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษร  
"50 BAHT" ทั้งสองด้าน

ขนาด กว้าง ๗.๒ เซนติเมตร ยาว ๑๔.๔ เซนติเมตร

### ลักษณะพิเศษ

- ▶ ตัวเลขแฝง "50" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง ซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตร  
เอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหาที่กลางของธนบัตร
- ▶ ตัวเลข "50" บริเวณเบื้องซ้ายตอนกลางภายในรูวงกลมสีขาว พิมพ์แยกไว้บนด้านหน้า และด้านหลัง  
เมื่อยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นตัวเลข "50" ที่สมบูรณ์

### ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็คไลท์)

- ▶ ลายพื้นสีเหลือง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีเหลือง
- ▶ หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
- ▶ มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

### วันประกาศออกใช้

- ▶ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ ๑๕ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๗
- ▶ เริ่มจ่ายแลก วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5.ธนบัตรฉบับละ 20 บาท



ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์  
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรง  
เครื่องแบบจอมทัพ

ภาพประธานด้านหลัง พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์  
พระบาทสมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดล พระ  
อัฐมรามาธิบดินทร ซ้อนทับบนภาพสะพานพระราม ๘  
ตอนกลางเบื้องซ้ายเป็นภาพพระราชกรณียกิจเมื่อครั้ง  
เสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมราษฎรที่ลำเพ็ญ มุมบนด้านซ้าย  
มีพระราชลัญจกรประจำพระองค์พระบาทสมเด็จพระ  
เจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๙



ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็น ได้ชัดเจน  
เมื่อขยกรธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายดอกจอก  
ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

เส้นใยดีโอฟะ ฟังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน เมื่อยก  
ธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษร  
โปร่งแสง

ขนาด กว้าง ๑๖.๒ เซนติเมตร ยาว ๑๓.๘ เซนติเมตร

#### ลักษณะพิเศษ

- ▶ ตัวเลขแฝง "20" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง โดยซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยก  
ธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหาทึ่งกลางของธนบัตร
- ▶ ตัวเลข "20" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายในวงกลม พิมพ์แยกส่วนไว้บนด้านหน้า และด้านหลัง เมื่อ  
ยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็น เป็นตัวเลข "20" ที่สมบูรณ์

#### ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

- ▶ ลายพื้นสีเหลือง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีเหลือง
- ▶ หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
- ▶ มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

#### วันประกาศออกใช้

- ▶ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๔๖
- ▶ เริ่มจ่ายแลก วันที่ ๓ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หลักการทำงานและประเภทของเครื่องนับธนบัตรในปัจจุบัน

ในส่วนของหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องนับธนบัตร ซึ่งการทำงานของเครื่องนับธนบัตรทุกประเภทนั้นมีการทำงานที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การทำงานทางด้านเชิงกล และการทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1. การทำงานทางด้านเชิงกล ในส่วนของการทำหน้าที่ทางด้านเชิงกลนั้นจะทำหน้าที่แยกธนบัตรออกเป็นฉบับๆหรือกริดธนบัตรที่ปลายของธนบัตรในลักษณะของการกริดไฟ เพื่อให้เกิดพื้นที่ว่างเพียงพอในการตรวจสอบ และนับจำนวนของธนบัตร (ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอนการนับธนบัตรนั้นจะเป็นหน้าที่การทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์) จากนั้นก็ทำการลำเลียงธนบัตร (ในกรณีที่แยกธนบัตรออกเป็นฉบับๆ) เพื่อให้ธนบัตรกลับเข้าสู่สภาพเดิม (สภาพเดิมหมายถึง การใส่ธนบัตรเข้าไปในเครื่องนับแบบเป็นลักษณะมัดๆหรือเป็นปึกๆ) หรืออาจแยกธนบัตรออกเป็นปึกๆย่อยลงมาจากเดิม เพื่อให้ได้สะดวกในการใช้งาน(อาจจะได้จำนวนธนบัตรปึกละ 100 ฉบับหรือได้ตามจำนวนที่ตั้งค่าของเครื่องนับไว้) ส่วนในกรณีของการคลี่ธนบัตรในลักษณะของการกริดไฟนั้น รูปแบบของธนบัตรไม่ได้ถูกทำให้เปลี่ยนแปลง จึงไม่มีการลำเลียงธนบัตรแต่อย่างใด ทั้งนี้ทั้งนั้นการทำงานด้านเชิงกลจะรวมถึงการทกรอบของมอเตอร์ให้หมุนลูกยาง (เพื่อทำการลำเลียงธนบัตร) ได้ด้วยความเร็วที่เหมาะสม

2.2.2. การทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะทำหน้าที่นับจำนวนของธนบัตร ตรวจสอบธนบัตร (การตรวจสอบธนบัตรนั้น เครื่องนับธนบัตรจะทำการตรวจสอบว่ามีธนบัตรปลอมเข้ามาปะปนหรือไม่ตรวจสอบว่ามีการติดซ้อนกันของธนบัตรระหว่างการนับธนบัตรหรือไม่) และทำหน้าที่แสดงผลการนับออกมาอยู่ในรูปของตัวเลข ทั้งนี้ทั้งนั้นการทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้นยังรวมถึงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ การจ่ายไฟเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาด และความเสียหายของอุปกรณ์

## 2.3 เครื่องนับธนบัตรสามารถแบ่งตามลักษณะการนับได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.1. เครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบไม่กระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ คือ สามารถนับธนบัตร โดยการกริดปลายของธนบัตรในลักษณะของการกริดไฟ ในปัจจุบันเครื่องนับธนบัตรแบบไม่กระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ จะใช้ระบบสุญญากาศ(Feed system: vacuum) และการควบคุมลม (Counting system: pneumatic control) โดยหลักการทำงาน คือ เมื่อนำปึกธนบัตรที่ปลายอิสระด้านหนึ่ง วางบนตัวเครื่อง เครื่องจะเริ่มทำงานโดยการทำปึกปลายแผ่นกระดาษเบนออกจากจุดเดิมทีละใบ โดยใช้ระบบสุญญากาศและทำการนับแผ่นกระดาษที่เบนออกทีละใบ ผลที่ได้แสดงออกทางหน้าจอ


**Key Specifications/Special Features:**

- High speed counting
- Add and batch counting
- Low-working noise
- Floor standing design
- With auto door protection
- Counting system pneumatic control
- Counting speed 100pcs / 4sec.
- Counting display 5 digit LED
- Batch display 3 digit LED
- Hopper capacity 200 notes
- Power sources AC220V 50hz or AC110V 60hz


**Specifications:**

- 1) Counting speed: 100 notes/4.5secs
- 2) Counting speed: 100 notes/4.5secs
- 3) Dimensions: 37 x 42 x 33cm
- 4) Weight: 28kg

รูปที่ 2.1 เครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบไม่กระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ

2.3.2. เครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ คือ สามารถนับธนบัตรโดยแยกธนบัตรออกเป็นฉบับและทำการถ้าวัดธนบัตรทีละฉบับผ่านตัวตรวจจับ(Sensor) เมื่อผ่านขั้นตอนการนับแล้ว ธนบัตรจะถูกรวมกลับเข้าด้วยกันเป็นปึกเหมือนเดิม

ในส่วนเครื่องนับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกทีละฉบับในปัจจุบันพบว่าส่วนใหญ่ได้ใช้ระบบแรงเสียดทาน หรือระบบใบปัด (Feed system: Roller Friction System) โดยทำงานรวดเร็วทั้งการนับและตรวจจับธนบัตรปลอมด้วยระบบอัลตราไวโอเลตและระบบตรวจสอบแม่เหล็กในระบบพิมพ์ ระบบการนับแบบใบปัดผู้ใช้สามารถใส่ธนบัตรลงไปในช่วงใส่ธนบัตร เครื่องจะทำการนับและตรวจจับธนบัตรปลอมได้ทันที เมื่อพบธนบัตรที่สงสัยว่าเป็นธนบัตรปลอมเครื่องจะหยุดโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้ดึงธนบัตรดังกล่าวออก ก่อนจะเริ่มนับใหม่เครื่องนับธนบัตรสามารถปรับระดับ

ความไวในการตรวจจับธนบัตรปลอมได้ตามความต้องการ หน้าจอนับจำนวนได้ 3 หลัก ความเร็วในการนับ 500-1000 ฉบับต่อนาที ธนบัตรบางชนิดจะพิมพ์ด้วยหมึกพิเศษที่มีแม่เหล็กบางจุดบนธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ โดยกลุ่ม MG เพื่อให้เครื่องตรวจสอบโดยอัตโนมัติ ซึ่งในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการคัดกระดาษ ประกอบด้วยวิธีแถบถ้อยขาง(stipper) สำหรับดึงกระดาษออกจากถาดรองรับแล้วลำเลียงโดยคู่ถ้อยขาง โดยผ่านตัวตรวจจับโดยใช้เทคนิคทางแสงแล้วผลที่ได้ไปแสดงออกหน้าจอแสดงผล



#### Features:

- 13) Automatic memorize the settings
- 14) Abnormity message display
- 15) Ambient temperature: 0-40°C
- 16) Ambient humidity: 20-80%
- 17) Feed system: roller friction system
- 18) Hopper capacity: 300 sheets/notes
- 19) Stacker capacity: 100 sheets/notes
- 20) Size of countable note: 50 x 100-90 x 185mm



#### Specifications

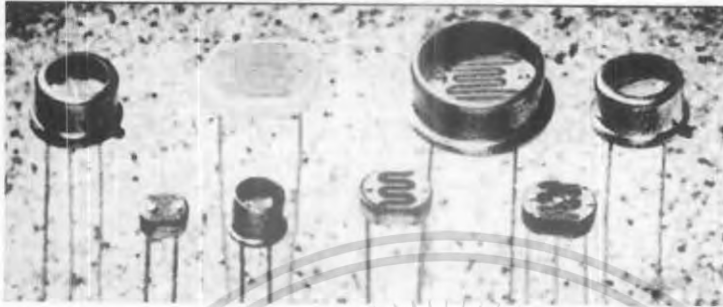
- Double note detection (DEN) Size detection; Width (DD)
- UV counterfeit detection
- Feed system: Roller Friction System
- Hopper Capacity: 400 sheets/notes
- Stacker Capacity: 200 sheets/notes
- Size of countable note: 50 x 90 ~ 110 x 185 (mm)
- Thickness of countable note: 0.075~0.15 (mm)
- Counting speed: 600/1000/1600 notes/min
- Power supply: AC100~240V, 50~60HZ
- Power Consumption: 40W
- Dimension: 272x235x239mm
- Net weight: 5.3kg

รูป 2.2 เครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ

## 2.4 ตัวตรวจจับด้วยแสง

2.4.1 ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR :Light Dependent Resistor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงตัวต้านทานตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ มีสัญลักษณ์ และรูปร่างหน้าตา แสดงในรูปที่ 2.3 โดยทั่วไปตัวต้านทานแปรค่าตามแสง(LDR) จะมีค่าความต้านทานประมาณ 2 เมกะโอห์มเมื่ออยู่ในที่มืดหรือไม่มีแสงมาตกกระทบ และจะมีค่าความต้านทานลดลง เมื่อมีแสงตกกระทบ (ต่ำสุดไม่เกิน 100 โอห์ม) โดยทั่วไปตัวต้านทานแปรค่าตามแสง(LDR) จะตอบสนองได้ดีที่สุดกับแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ซึ่งจะอยู่ในขอบของสเปกตรัมแสงสีเอกลีลาเป็นเอกสารที่สว่างไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง(LDR) เป็นตัวตรวจจับที่มีความไวในการทำงานต่ำ (การตอบสนองต่อแสงช้าอยู่ในช่วงมิลิวินาที) นอกจากนั้นการตอบสนองมีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นเชิงเส้น จึงนิยมนำไปใช้เป็นตัวตรวจจับแสงสำหรับ ปิด - เปิด อุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 2.3 ตัวตรวจจับแบบตัวต้านทานแปรค่าตามแสง(LDR)

2.4.2 โฟโตโวลตาอิก (Photo voltaic) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ผลิตกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำเมื่อมีแสงมาตกกระทบ โฟโตโวลตาอิกเซลล์มีชื่อที่คุ้นเคยคือ เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ Solar Cell สัญลักษณ์และรูปร่างแสดงในรูปที่ 2.4 โดยทั่วไปโฟโตโวลตาอิกเซลล์ 1 เซลล์ จะผลิตแรงดันไปประมาณ 0.3 - 0.4 โวลต์ และสามารถอ่านกระแสได้ 20 - 100 มิลลิแอมป์ เมื่อได้รับแสงสว่างในตอนกลางวัน ปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะแปรผันแบบลอการิทึมตามปริมาณแสงอาทิตย์ แต่ปริมาณการจ่ายกระแสจะเป็นเชิงเส้น อุปกรณ์ตรวจจับแสงชนิดนี้มีความไวในการตรวจจับสูงกว่า LDR และจะมีราคาแพงกว่า



รูปที่ 2.4 โฟโตโวลตาอิกเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo transistor)

อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้เป็นการประยุกต์เอาโฟโตไดโอดมารวมกับทรานซิสเตอร์ทั้งนี้เพื่อเพิ่มกระแสเอาต์พุต เนื่องจากทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณนั่นเอง

### 2.4.4 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode ย่อว่า LED) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางแสง อิเล็กทรอนิกส์ ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง โครงสร้างพื้นฐานเป็นรอยต่อชนิด p-n ของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งไดโอดเปล่งแสง(LED) ที่เปล่งแสงมองเห็นนิยมใช้ในสิ่งประดิษฐ์แสดงผล(display) ส่วน ไดโอดเปล่งแสง(LED) ที่เปล่งแสงอินฟราเรด(Infrared)นิยมใช้ในการสื่อสารด้วยแสง สำหรับการนำ ไดโอดเปล่งแสง(LED) ไปใช้งาน จะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าแบบไบอัสตาม (forward bias) เข้าสู่ ไดโอดเปล่งแสง(LED) ผ่านขา 2 ขา นั่นคือ ป้อนแรงดันบวกเข้าด้านขาชนิด p (ขาขาว) และป้อนแรงดันลบเข้าด้านขาชนิด n (ขาสั้น)

หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง

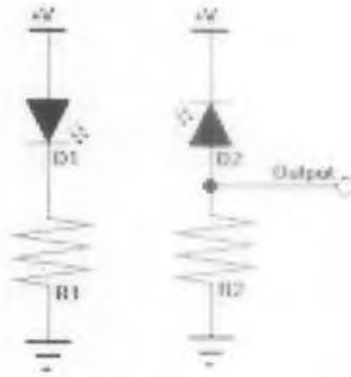


รูปที่ 2.5 แสดงรูปไดโอดเปล่งแสง

โดยพื้นฐานแล้ว การใช้งานไดโอดเปล่งแสง จะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าคงที่ ไม่ใช่แรงดันคงที่ เนื่องจากความเข้มแสงของแสงจากไดโอดเปล่งแสง จะแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้า จากรูป 2.9 เป็นวงจรพื้นฐานที่ใช้ขับ ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจะสามารถหาตัวต้านทาน ที่จะนำมาใช้ในวงจรได้จากสูตร

$$I_F = (V_{CC} - V_F) / R$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานที่ใช้ขับไดโอดเปล่งแสง(LED)

โดย  $V_{cc}$  คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่มีค่าแรงดันคงที่

$V_F$  คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง(LED) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

$I_F$  คือ ค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง(LED)

### โฟโตไดโอด(Photodiode)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ p-n เมื่อมีแสงตกกระทบที่รอยต่อ p-n จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันขึ้น

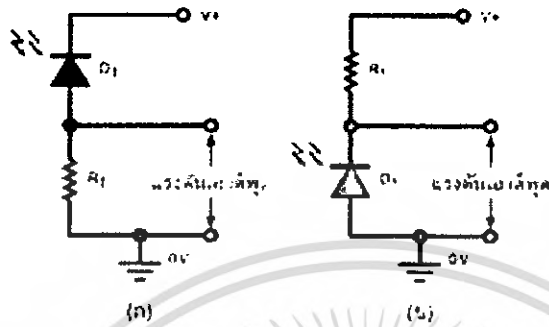
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างภาพโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ

### หลักการทำงานของโฟโตไดโอด

เนื่องจากโฟโตไดโอดใช้หลักการโฟโตโวลตาอิก(photovoltaic) ในการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ก็คือ จะมีอิมพีแดนซ์สูงเมื่ออยู่ในที่มืดและจะมีอิมพีแดนซ์ต่ำเมื่ออยู่ในแสงสว่าง สำหรับการนำไปใช้งานโฟโตไดโอดจะต้องถูกต่อในลักษณะที่ได้รับการไบอัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับ และต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน โดยแรงดันเอาต์พุตที่จะนำไปใช้จะเป็นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ดังรูป 2.11(ก) หรือเป็นแรงดันที่ตกคร่อมไฟโตไดโอด ดังรูป 2.11(ข) ก็ได้



รูปที่ 2.8 การต่อไฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

### ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจรับด้วยแสง

ชนิดของอุปกรณ์	ข้อดี	ข้อเสีย
LDR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ราคาถูก</li> <li>- เกิดการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขณะทำงาน</li> <li>- ใช้งานง่าย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไวต่ออุณหภูมิ</li> <li>- ใช้งานช้ามาก</li> <li>- ใช้งานไม่เชิงเส้น</li> </ul>
โซลาร์เซลล์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้งานเป็นเชิงเส้น และลดการที่ม</li> <li>- ใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ราคาแพง</li> <li>- ใช้งานช้า</li> </ul>
โฟโตไดโอด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้งานเป็นเชิงเส้น</li> <li>- ใช้งานเร็วมาก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่ชัดเจนขณะทำงาน</li> <li>- สัญญาณเอาต์พุตต่ำ</li> </ul>
โฟโตทรานซิสเตอร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สัญญาณเอาต์พุตสูงพอใช้งานได้ทันที</li> <li>- ใช้งานเร็ว</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่เป็นเชิงเส้น</li> <li>- ไวต่ออุณหภูมิ</li> </ul>

#### 2.4.5 อินฟราเรด(Infrared)

##### หลักการของอินฟราเรด

แสงอินฟราเรด คือ แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าแสงสีแดงลงไป ดังนั้นจึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาของมนุษย์ ซึ่งคุณสมบัตินี้เอง จึงทำให้ตัวตรวจจับชนิดที่ใช้แสงอินฟราเรด เป็นที่นิยมนำมาใช้กันมาก โดยจะอาศัยหลักการของการสะท้อนของแสง กล่าวคือ ใช้อุปกรณ์ส่งแสง เป็นแหล่งกำเนิดปล่อยแสงออกไป และเมื่อแสงกระทบกับวัตถุด้านหน้า มันก็จะสะท้อนแสงกลับมา เข้าที่ตัวรับแสง ส่วนอัตราของการสะท้อนกลับนั้น ขึ้นอยู่กับสี และสภาพความมัน ของวัตถุที่จะสะท้อน เช่น สีดำ จะมีอัตราการสะท้อนกลับน้อยกว่าสีขาว หรือสภาพพื้นผิวที่มีความราบเรียบ จะสามารถสะท้อนแสงได้ดีกว่า พื้นผิวที่มีลักษณะด้าน และขรุขระ เป็นต้น

วงจรภาคส่ง จะประกอบไปด้วยไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด(LED infrared) ตัวส่ง D1 ทำงานร่วมกับค่าความต้านทาน R1 ที่มีหน้าที่จำกัดกระแสให้กับไดโอดเปล่งแสงตัวส่ง ไม่ให้เสียหาย

วงจรภาครับ จะประกอบไปด้วยไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด(LED infrared) ตัวรับ D2 และค่าความต้านทาน R2 สำหรับการใช้งานไดโอดเปล่งแสงตัวรับ ให้นำกระแส เราจะต้องต่อแบบขั้อนกลับ (Revers) เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบบที่ตัวมัน จะมีค่าความต้านทานเป็นอนันต์ จึงไม่สามารถนำกระแสได้ แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ ค่าความต้านทานจะลดลงจนสามารถนำกระแสได้

อินฟราเรด (Infrared) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง  $10^{11}$  -  $10^{14}$  เฮิรตซ์ (HZ) หรือความยาวคลื่น  $10^{-3}$  -  $10^{-6}$  เมตร เรียกว่า รังสีอินฟราเรด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นความถี่สั้น (Millimeter waves) ซึ่งจะมีย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟอยู่บ้าง วัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า  $10^4$  เมตรออกมา ประชาชนสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรด

รังสีอินฟราเรดสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในระหว่างแสงที่ตามองเห็น
2. ลำแสงอินฟราเรดเดินทางเป็นเส้นตรงไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสงและสามารถสะท้อนแสงในวัตถุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไป
3. ใช้มากในการสื่อสารระยะใกล้ เช่น รีโมทคอนโทรลของเครื่องรับโทรทัศน์
4. ปัจจุบันถูกพัฒนาใช้ในการสื่อสารไร้สายสำหรับเครือข่ายเฉพาะบริเวณ
5. เมื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายสามารถส่งสัญญาณได้ในระยะ 30 – 80 ฟุตหรือ 10 – 30 เมตร
6. เป็นสื่อที่มีช่องสัญญาณกว้างพอประมาณ ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสายยูทีพี
7. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีช่องสื่อสารอินฟราเรด เรียกว่า IrDa (Infrared Data Association) สามารถส่งงานระยะไกลได้ประมาณ 1 - 5 เมตร
8. เป็นระบบสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆจากระยะไกล โดยรังสีอินฟราเรดจะเป็นตัวนำคำสั่งจากเครื่องควบคุมไปยังเครื่องตัวรับ

คุณสมบัติเด่นของอินฟราเรด

- คลื่นสั้นทางเดินของแสงเป็นแนวตรง
- ราคาถูก
- ง่ายต่อการผลิต
- ปลอดภัยต่อการดักสัญญาณ
- ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุทำให้สามารถติดตั้งอินฟราเรดในห้องทำงานติดกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

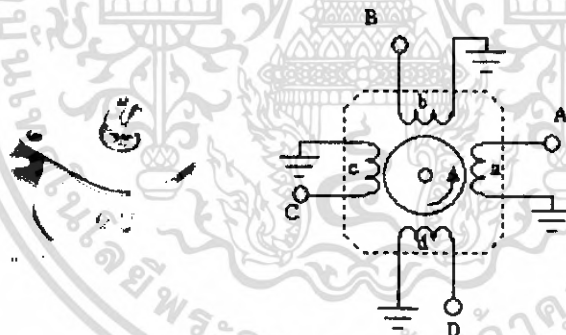
## ข้อดี-ข้อเสีย

- ข้อดี คือ สร้างได้ง่าย ราคาถูก และมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลดีกว่าคลื่นวิทยุ
- ข้อเสีย คือ ไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสงได้

## 2.5 มอเตอร์ (Motor)

### 2.5.1 Stepping Motor

Stepping Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการป้อน(input) เป็นกลุ่ม ของ Binary Voltage และ ส่งออก(Output)เป็น การเคลื่อนที่ในเชิงมุม (หมุน) แกนหมุน (Shaft) เป็น จังหวะ(Step) โดยความละเอียด(Resolution)ของ Stepping Motor อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.1- 30 องศาซึ่งขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของ Stepping Motor หรือบอกเป็นจำนวนจังหวะ(Step) ต่อ 1 รอบ Stepping Motor สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนได้ ซึ่งจะมีความละเอียดของมุมในการหมุนและจังหวะ(Step) ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของมอเตอร์และลักษณะการส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ ทำให้ Stepping Motor มีความยืดหยุ่นในการนำมาใช้งาน ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์หรือแขนกลต่างๆ เนื่องจากมีความแม่นยำในการควบคุมตำแหน่งสูง



รูปที่ 2.9 สเต็ปมอเตอร์

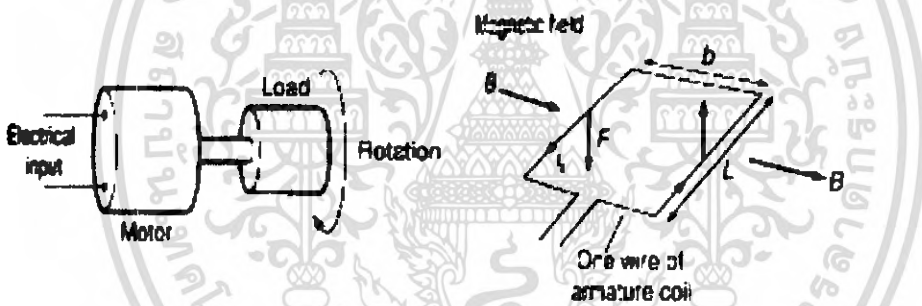
โครงสร้างของ Stepping Motor มีลักษณะดังรูป ซึ่งประกอบด้วย ขดลวด stator 4 ขด ล้อมรอบแกนหมุน หลักการทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด Stator Coil a, b, c, d ไม่พร้อมกันนั้น คือ ถ้าเราจ่ายกระแสให้ a ก่อน โดยไม่จ่ายให้ขดอื่น แล้วตามด้วย b, c และ d เรียงตามลำดับ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หมุนวนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งส่วนของ Rotor ที่เป็นแม่เหล็กถาวรก็จะหมุนตามสนามแม่เหล็กไปด้วย คือ ทวนเข็มนาฬิกา ในทำนองเดียวกันถ้าเราจ่ายกระแสให้ขด a, d, c, b, a ..... ก็จะทำให้ สนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้ Rotor หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วย การกำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น การกำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น

### 2.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, D.C. Motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุต และมีเอาต์พุตเป็นพลังงานกลก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน หรือ armature coil ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด(field coils.) เมื่อมีกระแสไฟฟ้า  $i$  ไหลผ่าน armature coil ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักดันให้ armature นี้เกิดการหมุน ตามที่แสดงในรูป



รูป 2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)

ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) คือ

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC motor) ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC motor) ที่มีขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่ที่มีสารไวไฟได้

### 2.6 AT89S ISP(In-System Programming)

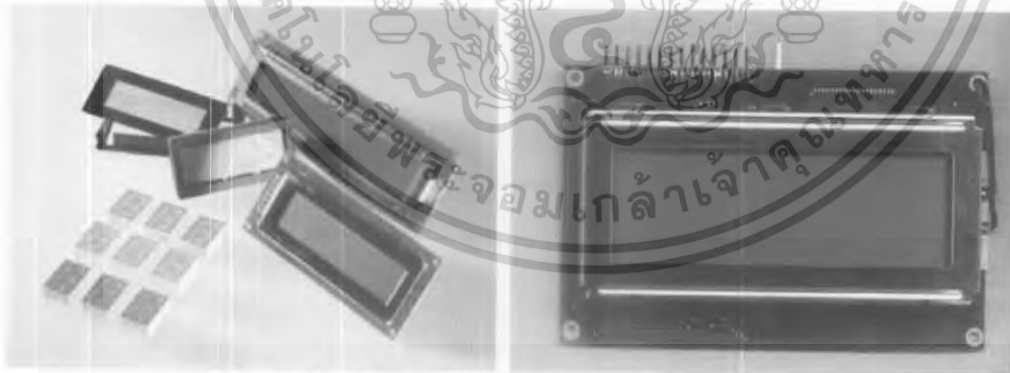
ปัจจุบันไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล 8051 ที่ขึ้นต้นด้วยเบอร์ AT89S ของบริษัท ATMEL ได้มีรูปแบบการโปรแกรมโดยใช้วิธีการที่เรียกว่า ISP (In-System Programming) โดยใช้สามารถทำการโปรแกรมโดยใช้ไฟเลี้ยงแค่ 5 โวลต์ ใช้สายสัญญาณ แค่สามเส้นคือ MOSI(Master output - Slave Input) , MISO (Master Input - Slave Output) และ SCK(Serial Clock) มีรูปแบบการส่งแบบ SPI ซึ่งก่อนทำการโปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการสั่งให้เกิดการเริ่มใหม่(reset) เพื่อให้ไมโครคอนโทรเลอร์อยู่ในสถานะที่พร้อมจะโปรแกรมเสียก่อน ดังนั้นในวงจรจึงต้องมีการต่อสายสัญญาณมาที่ขา reset ของ ไมโครคอนโทรเลอร์ด้วย

PDIP	
1	VCC
2	PC0 AD0
3	PC1 AD1
4	PC2 AD2
5	PC3 AD3
6	PC4 AD4
7	PC5 AD5
8	PC6 AD6
9	PC7 AD7
10	EA/VP
11	PC8 AD8
12	PC9 AD9
13	PC10 AD10
14	PC11 AD11
15	PC12 AD12
16	PC13 AD13
17	PC14 AD14
18	PC15 AD15
19	PC16 AD16
20	PC17 AD17
21	PC18 AD18
22	PC19 AD19
23	PC20 AD20
24	PC21 AD21
25	PC22 AD22
26	PC23 AD23
27	PC24 AD24
28	PC25 AD25
29	PC26 AD26
30	PC27 AD27
31	PC28 AD28
32	PC29 AD29
33	PC30 AD30
34	PC31 AD31
35	PC32 AD32
36	PC33 AD33
37	PC34 AD34
38	PC35 AD35
39	PC36 AD36
40	PC37 AD37
41	PC38 AD38
42	PC39 AD39
43	PC40 AD40
44	PC41 AD41
45	PC42 AD42
46	PC43 AD43
47	PC44 AD44
48	PC45 AD45
49	PC46 AD46
50	PC47 AD47
51	PC48 AD48
52	PC49 AD49
53	PC50 AD50
54	PC51 AD51
55	PC52 AD52
56	PC53 AD53
57	PC54 AD54
58	PC55 AD55
59	PC56 AD56
60	PC57 AD57
61	PC58 AD58
62	PC59 AD59
63	PC60 AD60
64	PC61 AD61
65	PC62 AD62
66	PC63 AD63
67	PC64 AD64
68	PC65 AD65
69	PC66 AD66
70	PC67 AD67
71	PC68 AD68
72	PC69 AD69
73	PC70 AD70
74	PC71 AD71
75	PC72 AD72
76	PC73 AD73
77	PC74 AD74
78	PC75 AD75
79	PC76 AD76
80	PC77 AD77
81	PC78 AD78
82	PC79 AD79
83	PC80 AD80
84	PC81 AD81
85	PC82 AD82
86	PC83 AD83
87	PC84 AD84
88	PC85 AD85
89	PC86 AD86
90	PC87 AD87
91	PC88 AD88
92	PC89 AD89
93	PC90 AD90
94	PC91 AD91
95	PC92 AD92
96	PC93 AD93
97	PC94 AD94
98	PC95 AD95
99	PC96 AD96
100	PC97 AD97
101	PC98 AD98
102	PC99 AD99
103	PC100 AD100
104	PC101 AD101
105	PC102 AD102
106	PC103 AD103
107	PC104 AD104
108	PC105 AD105
109	PC106 AD106
110	PC107 AD107
111	PC108 AD108
112	PC109 AD109
113	PC110 AD110
114	PC111 AD111
115	PC112 AD112
116	PC113 AD113
117	PC114 AD114
118	PC115 AD115
119	PC116 AD116
120	PC117 AD117
121	PC118 AD118
122	PC119 AD119
123	PC120 AD120
124	PC121 AD121
125	PC122 AD122
126	PC123 AD123
127	PC124 AD124
128	PC125 AD125
129	PC126 AD126
130	PC127 AD127
131	PC128 AD128
132	PC129 AD129
133	PC130 AD130
134	PC131 AD131
135	PC132 AD132
136	PC133 AD133
137	PC134 AD134
138	PC135 AD135
139	PC136 AD136
140	PC137 AD137
141	PC138 AD138
142	PC139 AD139
143	PC140 AD140
144	PC141 AD141
145	PC142 AD142
146	PC143 AD143
147	PC144 AD144
148	PC145 AD145
149	PC146 AD146
150	PC147 AD147
151	PC148 AD148
152	PC149 AD149
153	PC150 AD150
154	PC151 AD151
155	PC152 AD152
156	PC153 AD153
157	PC154 AD154
158	PC155 AD155
159	PC156 AD156
160	PC157 AD157
161	PC158 AD158
162	PC159 AD159
163	PC160 AD160
164	PC161 AD161
165	PC162 AD162
166	PC163 AD163
167	PC164 AD164
168	PC165 AD165
169	PC166 AD166
170	PC167 AD167
171	PC168 AD168
172	PC169 AD169
173	PC170 AD170
174	PC171 AD171
175	PC172 AD172
176	PC173 AD173
177	PC174 AD174
178	PC175 AD175
179	PC176 AD176
180	PC177 AD177
181	PC178 AD178
182	PC179 AD179
183	PC180 AD180
184	PC181 AD181
185	PC182 AD182
186	PC183 AD183
187	PC184 AD184
188	PC185 AD185
189	PC186 AD186
190	PC187 AD187
191	PC188 AD188
192	PC189 AD189
193	PC190 AD190
194	PC191 AD191
195	PC192 AD192
196	PC193 AD193
197	PC194 AD194
198	PC195 AD195
199	PC196 AD196
200	PC197 AD197
201	PC198 AD198
202	PC199 AD199
203	PC200 AD200
204	PC201 AD201
205	PC202 AD202
206	PC203 AD203
207	PC204 AD204
208	PC205 AD205
209	PC206 AD206
210	PC207 AD207
211	PC208 AD208
212	PC209 AD209
213	PC210 AD210
214	PC211 AD211
215	PC212 AD212
216	PC213 AD213
217	PC214 AD214
218	PC215 AD215
219	PC216 AD216
220	PC217 AD217
221	PC218 AD218
222	PC219 AD219
223	PC220 AD220
224	PC221 AD221
225	PC222 AD222
226	PC223 AD223
227	PC224 AD224
228	PC225 AD225
229	PC226 AD226
230	PC227 AD227
231	PC228 AD228
232	PC229 AD229
233	PC230 AD230
234	PC231 AD231
235	PC232 AD232
236	PC233 AD233
237	PC234 AD234
238	PC235 AD235
239	PC236 AD236
240	PC237 AD237
241	PC238 AD238
242	PC239 AD239
243	PC240 AD240
244	PC241 AD241
245	PC242 AD242
246	PC243 AD243
247	PC244 AD244
248	PC245 AD245
249	PC246 AD246
250	PC247 AD247
251	PC248 AD248
252	PC249 AD249
253	PC250 AD250
254	PC251 AD251
255	PC252 AD252
256	PC253 AD253
257	PC254 AD254
258	PC255 AD255
259	PC256 AD256
260	PC257 AD257
261	PC258 AD258
262	PC259 AD259
263	PC260 AD260
264	PC261 AD261
265	PC262 AD262
266	PC263 AD263
267	PC264 AD264
268	PC265 AD265
269	PC266 AD266
270	PC267 AD267
271	PC268 AD268
272	PC269 AD269
273	PC270 AD270
274	PC271 AD271
275	PC272 AD272
276	PC273 AD273
277	PC274 AD274
278	PC275 AD275
279	PC276 AD276
280	PC277 AD277
281	PC278 AD278
282	PC279 AD279
283	PC280 AD280
284	PC281 AD281
285	PC282 AD282
286	PC283 AD283
287	PC284 AD284
288	PC285 AD285
289	PC286 AD286
290	PC287 AD287
291	PC288 AD288
292	PC289 AD289
293	PC290 AD290
294	PC291 AD291
295	PC292 AD292
296	PC293 AD293
297	PC294 AD294
298	PC295 AD295
299	PC296 AD296
300	PC297 AD297
301	PC298 AD298
302	PC299 AD299
303	PC300 AD300
304	PC301 AD301
305	PC302 AD302
306	PC303 AD303
307	PC304 AD304
308	PC305 AD305
309	PC306 AD306
310	PC307 AD307
311	PC308 AD308
312	PC309 AD309
313	PC310 AD310
314	PC311 AD311
315	PC312 AD312
316	PC313 AD313
317	PC314 AD314
318	PC315 AD315
319	PC316 AD316
320	PC317 AD317
321	PC318 AD318
322	PC319 AD319
323	PC320 AD320
324	PC321 AD321
325	PC322 AD322
326	PC323 AD323
327	PC324 AD324
328	PC325 AD325
329	PC326 AD326
330	PC327 AD327
331	PC328 AD328
332	PC329 AD329
333	PC330 AD330
334	PC331 AD331
335	PC332 AD332
336	PC333 AD333
337	PC334 AD334
338	PC335 AD335
339	PC336 AD336
340	PC337 AD337
341	PC338 AD338
342	PC339 AD339
343	PC340 AD340
344	PC341 AD341
345	PC342 AD342
346	PC343 AD343
347	PC344 AD344
348	PC345 AD345
349	PC346 AD346
350	PC347 AD347
351	PC348 AD348
352	PC349 AD349
353	PC350 AD350
354	PC351 AD351
355	PC352 AD352
356	PC353 AD353
357	PC354 AD354
358	PC355 AD355
359	PC356 AD356
360	PC357 AD357
361	PC358 AD358
362	PC359 AD359
363	PC360 AD360
364	PC361 AD361
365	PC362 AD362
366	PC363 AD363
367	PC364 AD364
368	PC365 AD365
369	PC366 AD366
370	PC367 AD367
371	PC368 AD368
372	PC369 AD369
373	PC370 AD370
374	PC371 AD371
375	PC372 AD372
376	PC373 AD373
377	PC374 AD374
378	PC375 AD375
379	PC376 AD376
380	PC377 AD377
381	PC378 AD378
382	PC379 AD379
383	PC380 AD380
384	PC381 AD381
385	PC382 AD382
386	PC383 AD383
387	PC384 AD384
388	PC385 AD385
389	PC386 AD386
390	PC387 AD387
391	PC388 AD388
392	PC389 AD389
393	PC390 AD390
394	PC391 AD391
395	PC392 AD392
396	PC393 AD393
397	PC394 AD394
398	PC395 AD395
399	PC396 AD396
400	PC397 AD397
401	PC398 AD398
402	PC399 AD399
403	PC400 AD400
404	PC401 AD401
405	PC402 AD402
406	PC403 AD403
407	PC404 AD404
408	PC405 AD405
409	PC406 AD406
410	PC407 AD407
411	PC408 AD408
412	PC409 AD409
413	PC410 AD410
414	PC411 AD411
415	PC412 AD412
416	PC413 AD413
417	PC414 AD414
418	PC415 AD415
419	PC416 AD416
420	PC417 AD417
421	PC418 AD418
422	PC419 AD419
423	PC420 AD420
424	PC421 AD421
425	PC422 AD422
426	PC423 AD423
427	PC424 AD424
428	PC425 AD425
429	PC426 AD426
430	PC427 AD427
431	PC428 AD428
432	PC429 AD429
433	PC430 AD430
434	PC431 AD431
435	PC432 AD432
436	PC433 AD433
437	PC434 AD434
438	PC435 AD435
439	PC436 AD436
440	PC437 AD437
441	PC438 AD438
442	PC439 AD439
443	PC440 AD440
444	PC441 AD441
445	PC442 AD442
446	PC443 AD443
447	PC444 AD444
448	PC445 AD445
449	PC446 AD446
450	PC447 AD447
451	PC448 AD448
452	PC449 AD449
453	PC450 AD450
454	PC451 AD451
455	PC452 AD452
456	PC453 AD453
457	PC454 AD454
458	PC455 AD455
459	PC456 AD456
460	PC457 AD457
461	PC458 AD458
462	PC459 AD459
463	PC460 AD460
464	PC461 AD461
465	PC462 AD462
466	PC463 AD463
467	PC464 AD464
468	PC465 AD465
469	PC466 AD466
470	PC467 AD467
471	PC468 AD468
472	PC469 AD469
473	PC470 AD470
474	PC471 AD471
475	PC4

## 2.7 จอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD)

จอแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display) เป็นส่วนแสดงผลที่นิยมใช้ในปัจจุบันแทนการแสดงผลแบบเดิมที่ใช้ LED 7-Segment การทำงานนั้นจะใช้หลักการเปิดและปิดตัวเองกับแสงภายนอกของผลึกเหลวที่บรรจุอยู่ในกระจกบรรจุผลึก สามารถแสดงผลเป็นตัวเลข ตัวอักษร และกราฟิกได้ ที่ตัวแอลซีดี นั้นจะมีองค์ประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือส่วนที่เป็นจอแสดงผล ส่วนขั้วแอลซีดี และส่วนควบคุมการทำงาน อุปกรณ์แสดงผลแอลซีดีนี้ บางครั้งจะเรียกว่า แอลซีดีโมดูล เนื่องจากภายในประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆหลายส่วน เช่น รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) ทำหน้าที่รับคำสั่งควบคุมการแสดงผล หน่วยความจำแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลที่จะนำมาแสดงผล หน่วยความจำรวมตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำที่เก็บสัญลักษณ์และอักขระต่างๆที่จะแสดงผล ถ้าหากแอลซีดีโมดูลต้องการแสดงผลอะไรบางอย่างมันจะนำเอาข้อมูลแต่ละตัวออกไปจากหน่วยความจำส่วนนี้ หน่วยความจำรวมตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้สร้างตัวอักษรเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ได้

ปัจจุบันตัวแอลซีดีมีการแสดงผลตัวอักษรอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบ 16x2 จะแสดงผลได้สองบรรทัด แต่ละบรรทัดแสดงผล 16 บรรทัด แบบ 20x1 จะแสดงผล 20 ตัวอักษรบรรทัดเดียว เป็นต้น ขาต่างๆของแอลซีดีโมดูลจะมี 14 ขา (แต่บางยี่ห้อจะมีขาเพิ่มอีก 2 ขา สำหรับไฟส่องสว่างในที่มืด) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะจอแสดงผลแอลซีดี

หน้าที่ของขาต่างๆของจอแสดงผลแอลซีดี

ขา  $V_{CC}$  จะใช้ต่อกับไฟเลี้ยง +5 โวลต์

ขา  $V_{SS}$  จะใช้ต่อกับกราวด์

ขา  $V_{EE}$  จะใช้เป็นขาปรับแรงดันไฟฟ้าเพื่อควบคุมความสว่างของจอแสดงผล

ขา RS (Register Select) เนื่องจากภายในแอลซีดี โมดูลจะมีรีจิสเตอร์ที่สำคัญภายในสองตัว

คือ รีจิสเตอร์เก็บคำสั่ง และเก็บข้อมูล ขา RS นี้จะเป็นตัวเลือกว่าข้อมูลที่ส่งเข้าไปจะเป็นคำสั่งหรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล โดยถ้า  $RS = 0$  หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นคำสั่ง และถ้า  $RS = 1$  หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นค่าข้อมูลที่แสดงผลบนจอแอลซีดี

ขา R/W(Read/Write) เป็นขาอินพุต ถ้าขานี้เป็นลอจิก 1 จะเป็นการอ่านข้อมูลจากแอลซีดี ถ้าขานี้เป็น 0 จะเป็นการเขียนข้อมูลลงในแอลซีดี

ขา E (Enable) เป็นขาที่ทำให้แอลซีดี ทำงานโดยป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปหนึ่งลูก โดยพัลส์นี้จะต้องมีความกว้างตามที่กำหนดไว้

ขา D0-D7 เป็นขาที่รับส่งข้อมูลระหว่างแอลซีดี ไมครोकับอุปกรณ์ภายนอก



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3. แนวทางการออกแบบเครื่องนับธนบัตร

การดำเนินงานวิจัยโดยเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการทำโครงการแล้วค้นหาแหล่งข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆและรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งศึกษาข้อมูลเมื่อได้ศึกษาหาข้อมูลจนครบถ้วนแล้วจึงทำการออกแบบ โครงการเพื่อเป็นแนวทางในการประดิษฐ์ชิ้นงานจากนั้นหาวัสดุที่เหมาะสมกับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ แล้วทำการประดิษฐ์ชิ้นงานขึ้นเมื่อชิ้นงานนั้นเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงทำการทดลองพร้อมบันทึกผลเมื่อทำการบันทึกผลเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองว่าเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ถ้าเป็นไปตามขอบเขตก็เป็นอันเสร็จสมบูรณ์แต่ถ้ายังไม่เป็นไปตามขอบเขตต้องทำการแก้ไขปรับปรุงแล้วทำการทดลองอีกครั้งเพื่อให้เป็นไปตามขอบเขต

#### 3.1 การออกแบบเครื่องนับธนบัตร

##### 3.1.1 การออกแบบส่วนเชิงกล

1. ภาครองรับธนบัตร โดยสามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้เพื่อให้สามารถรองรับธนบัตรจำนวนมากได้และมีคว่ำล้อเพื่อค้ำคานบนของธนบัตรไว้ไม่ให้เคลื่อนที่พร้อมกันหลายใบ

**รูปที่ 3.1** การออกแบบภาครองรับธนบัตรและล้อคานบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ล้อคัดรณบัตรทำหน้าที่ในการคัดรณบัตรที่ละฉบับที่วัสดุที่ใช้ต้องมีความหนืดเพื่อให้รณบัตรติดกับตัวล้อ

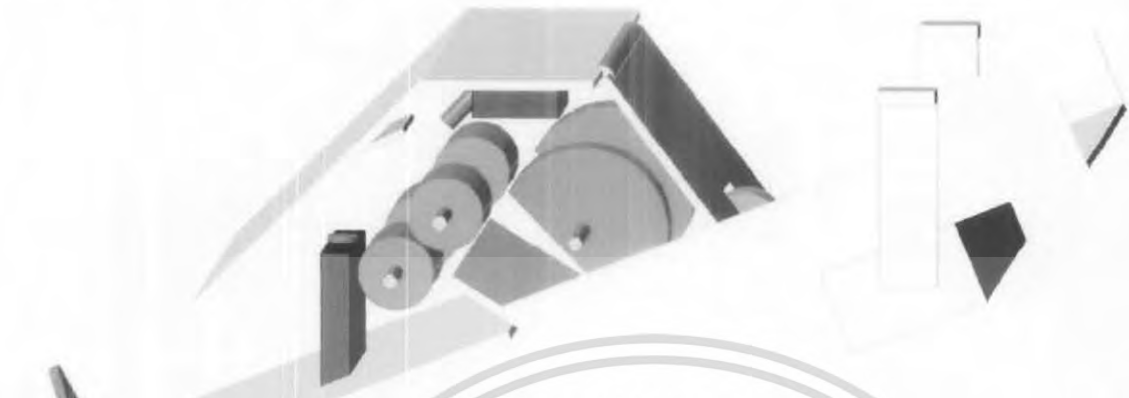
รูปที่ 3.2 การออกแบบล้อคัดรณบัตร

3. ล้อลำเลียงรณบัตรเพื่อลำเลียงรณบัตรออกจากล้อคัดรณบัตรแล้วตกลงสู่ถาดรับรณบัตรด้านหน้าของเครื่อง

รูป 3.3 การออกแบบล้อลำเลียงรณบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ตัวตรวจจับ(sensor)ตรวจนับจำนวนธนบัตรวางอยู่ด้านหน้าของล้อลำเลียงธนบัตรเมื่อธนบัตรถูกลำเลียงมาผ่านตัวตรวจจับ(sensor)ตัวนี้ก่อนตกสู่ถาดรับธนบัตร



รูปที่ 3.4 การออกแบบตำแหน่งของตัวตรวจจับ(sensor)ตรวจนับจำนวนธนบัตร

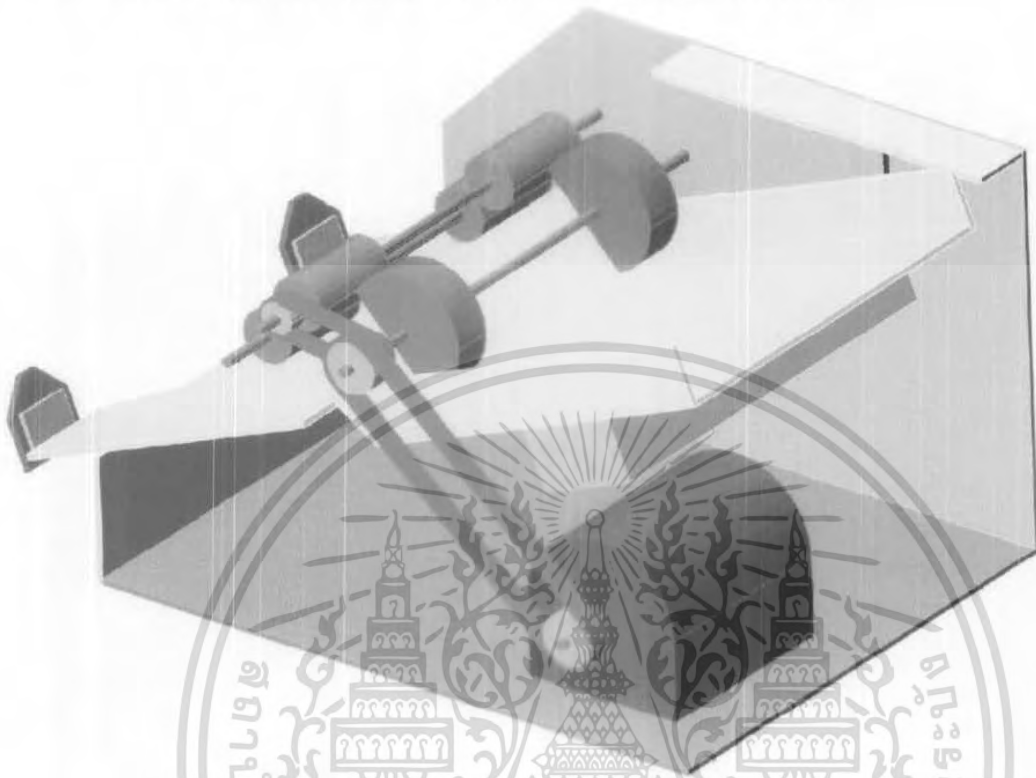
5.มอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนล้อคัตและล้อลำเลียงธนบัตรเพื่อให้หมุนไปตามจังหวะที่ต้องการ



รูปที่ 3.5 การออกแบบการวางและตำแหน่งของมอเตอร์

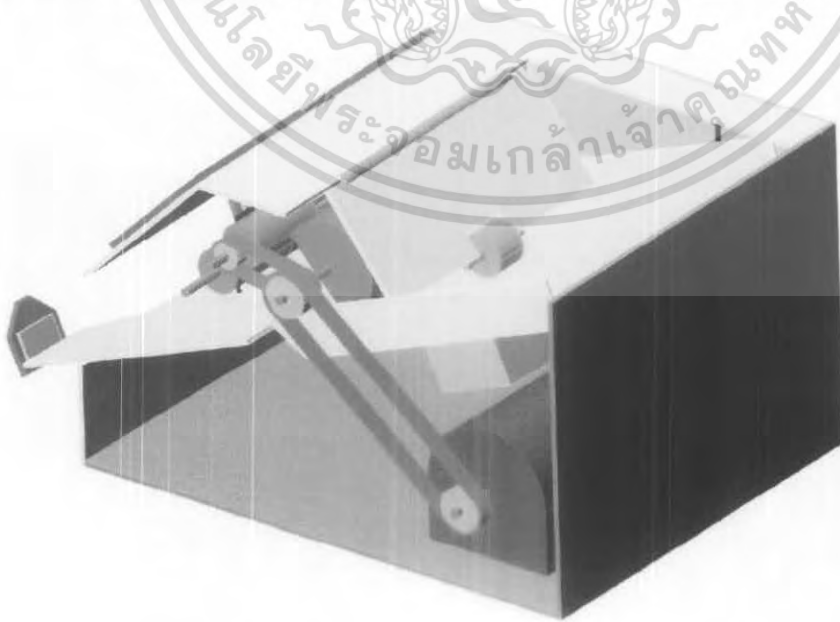
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เพื่อใช้ในเชื่อมต่อระหว่างแกนเหล็กและสายพานให้หมุนสัมพันธ์กัน



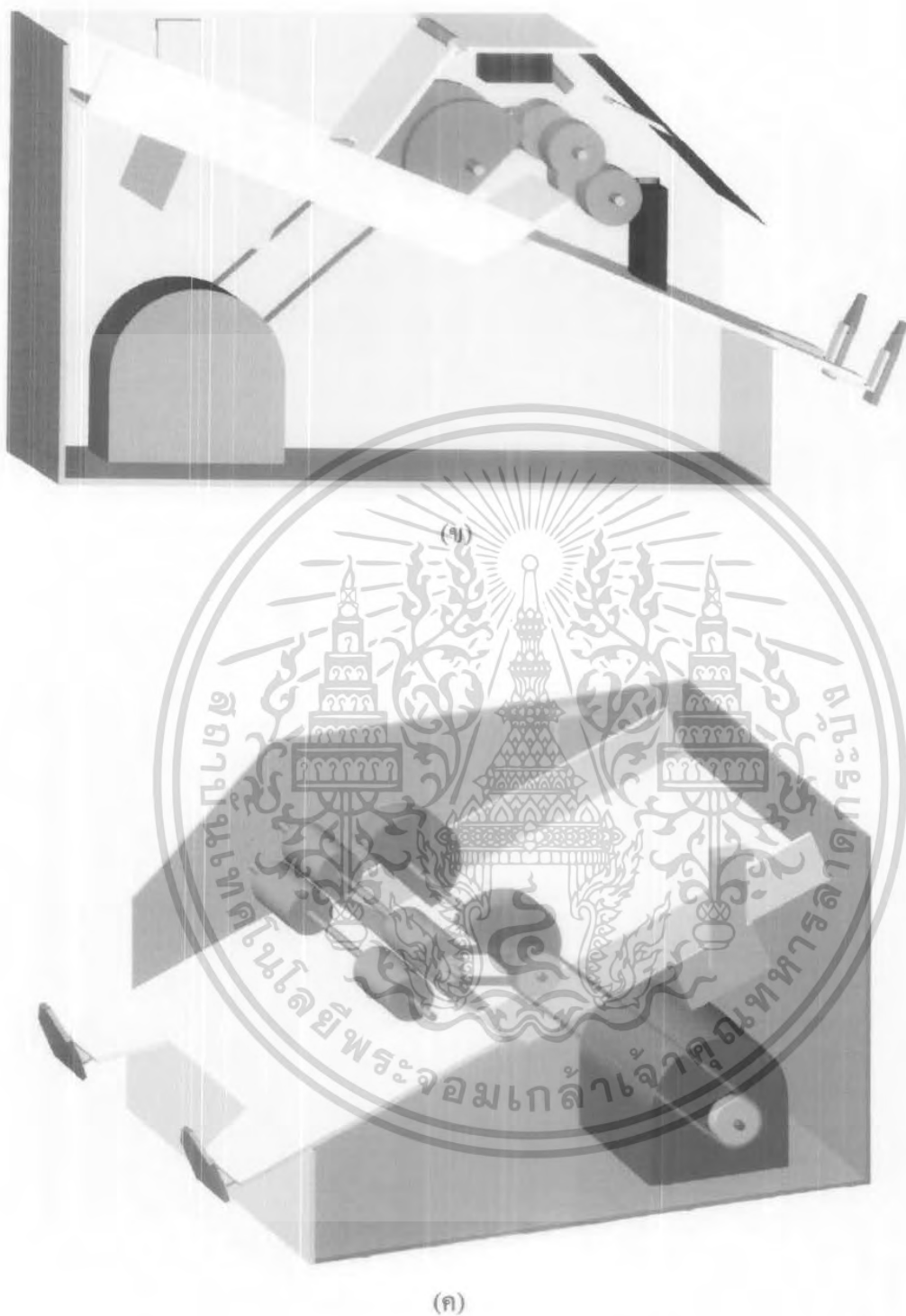
รูปที่ 3.6 การออกแบบขบวนขับเคลื่อน

7. ภาพโครงสร้างโดยรวมภายในด้านต่างๆ



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.7** ภาพโครงสร้างโดยรวมภายใน (ก) และ(ค) ด้านซ้าย, (จ) ด้านขวา

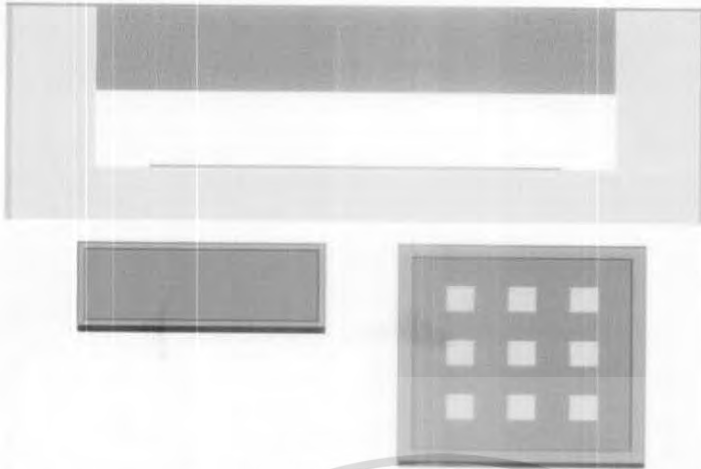
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. ภาพโครงสร้างภายนอก



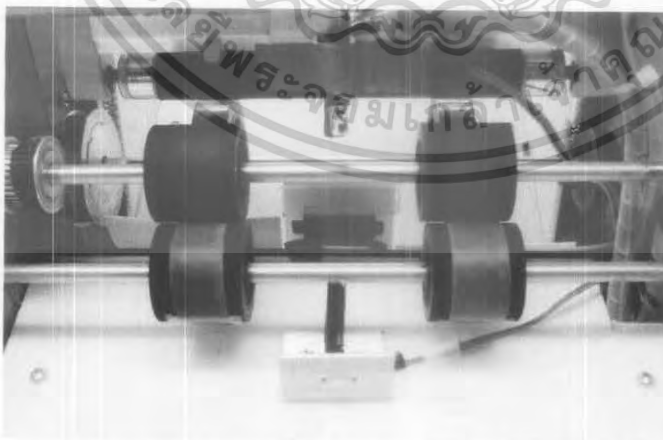
(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



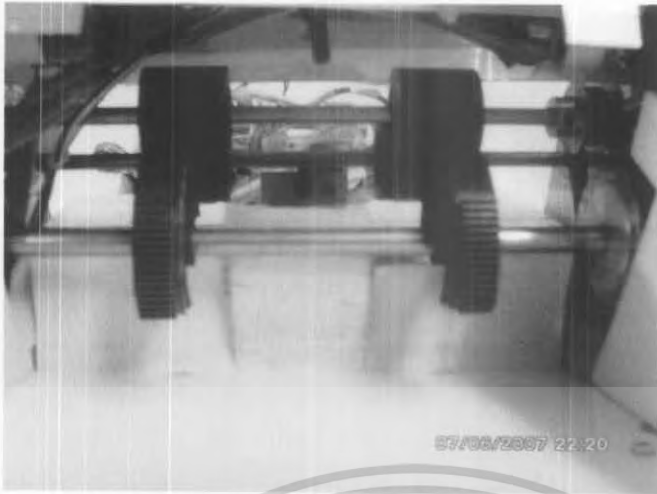
รูปที่ 3.8 การออกแบบโครงสร้างภายนอก (ก)ด้านข้าง,(ข)ด้านบน,(ค)ด้านหน้า

### 3.1.2 ภาพเครื่องนับธนบัตรที่ประดิษฐ์ขึ้น



รูปที่ 3.9 แสดงภาพภายในของเครื่องนับธนบัตรในส่วนการลำเลียงธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงภาพภายในของเครื่องน้บรณบัตรในส่วนล่อดัดแยกธนบัตร



รูปที่ 3.11 แสดงภาพด้านบนของเครื่องน้บรณบัตร



รูปที่ 3.12 แสดงภาพ โครงสร้างภายนอกโดยรวมด้านซ้าย

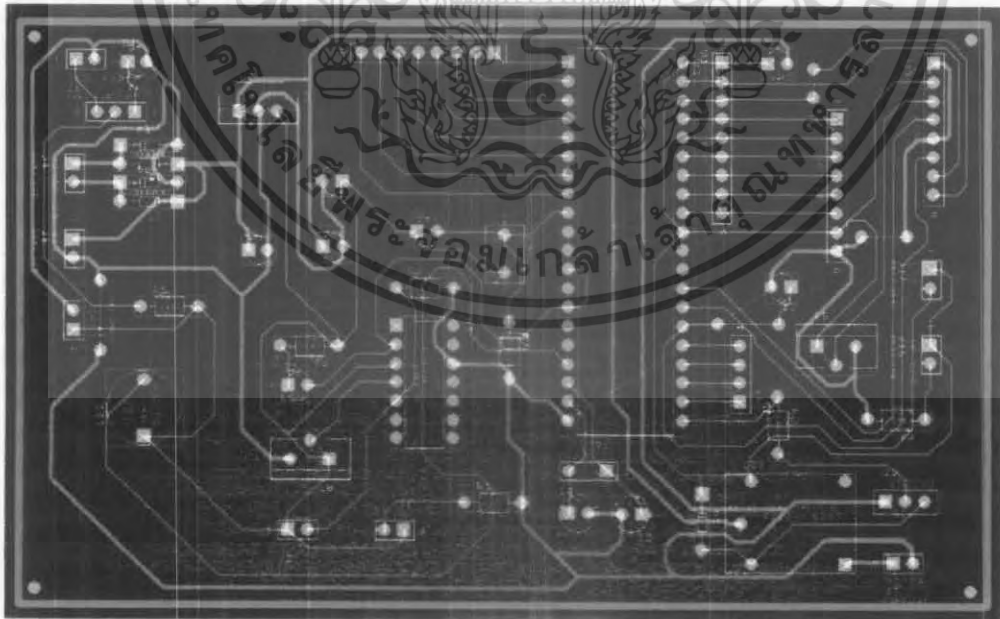
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงภาพโครงสร้างภายนอกโดยรวมด้านขวา

### 3.1.3 การออกแบบส่วนอิเล็กทรอนิกส์

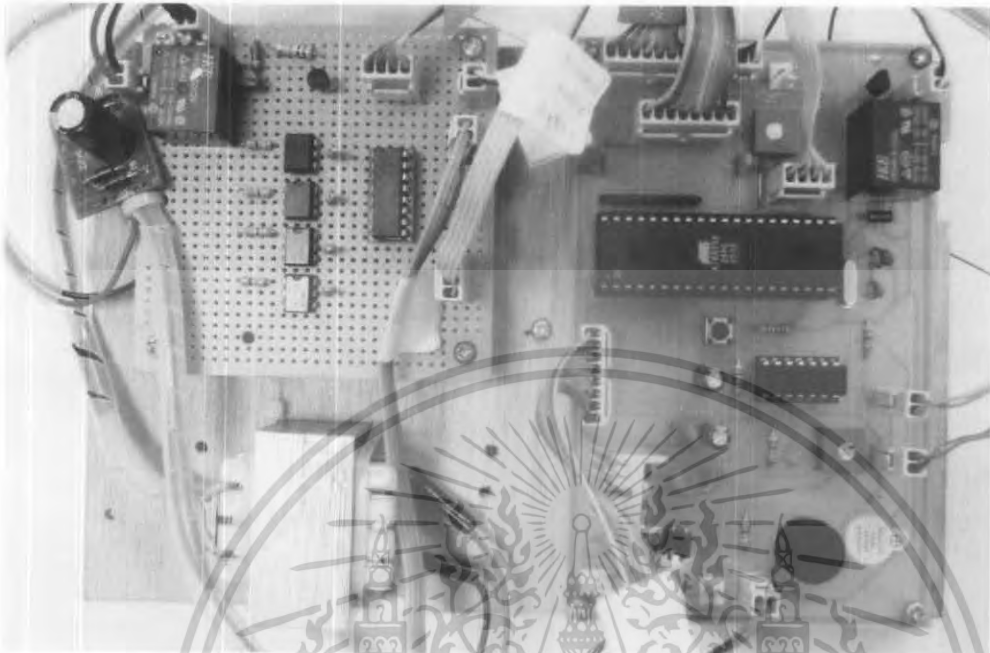
เป็นการออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยรวมซึ่งประกอบไปด้วยวงจรต่างๆเช่นวงจรควบคุม, วงจรแอลซีดี, วงจรเซ็นเซอร์, วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ เป็นต้นซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบส่วนของวงจรต่างๆของเครื่องนับธนบัตร

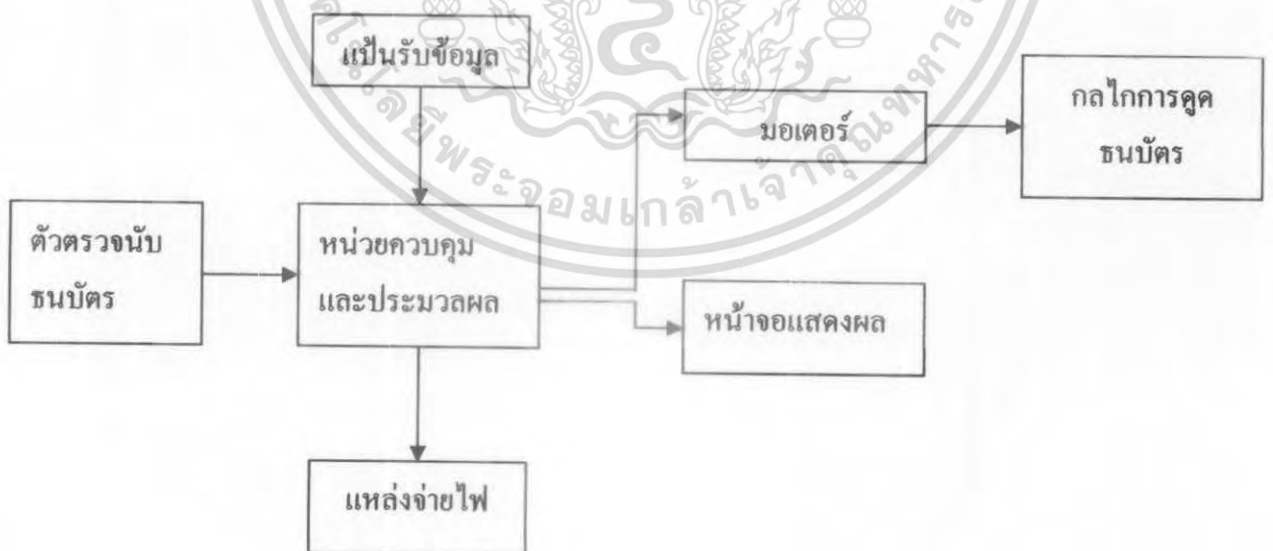
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 ภาพส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ที่ประดิษฐ์ขึ้น



รูปที่ 3.15 แสดงส่วนของวงจรต่างๆของเครื่องนับธนบัตร

### 3.2 การทำงานของระบบ (Block Diagram)



รูปที่ 3.16 แสดงการออกแบบการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 อธิบายการทำงานของระบบ

- หน่วยควบคุมและประมวลผลของระบบ (Processor Unit) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการทำงาน เพราะเป็นส่วนที่ผู้สร้างจะต้องกำหนดการทำงานให้มันโดยการโปรแกรมลงไปเพื่อให้ระบบทำงานได้ตามต้องการ

- วงจรตรวจจับจำนวนธนบัตร (Banknote Counting Sensor) จะทำหน้าที่เป็นอินพุตให้กับ หน่วยควบคุม และประมวลผล โดยส่งจำนวนของธนบัตรเป็นจำนวนสัญญาณนาฬิกา

- แป้นรับข้อมูล (Keypad) ทำหน้าที่เป็นส่วนรับข้อมูลที่จะเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับเครื่อง

- แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) คือแหล่งพลังงาน 12 โวลต์กระแสตรง ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งหมด

- มอเตอร์ (Motor) คือ ส่วนขับเคลื่อนแกนป้อนธนบัตร ที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนเป็นเอาต์พุตของระบบ

- ส่วนแสดงผล (Display) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากหน่วยควบคุมและประมวลผลมาแสดง ซึ่งค่าที่นำมาแสดงนั้นก็คือ จำนวนธนบัตรที่นับได้เป็นต้น

- กลไกการดูดธนบัตร (Banknote Feeding Mechanism) คือกลไกที่เกี่ยวกับการลำเลียงธนบัตรออกมาทีละใบ ซึ่งในการประดิษฐ์จะต้องคำนึงถึงจุดนี้เป็นอย่างมาก สามารถบอกถึงความมีประสิทธิภาพในการตรวจนับได้

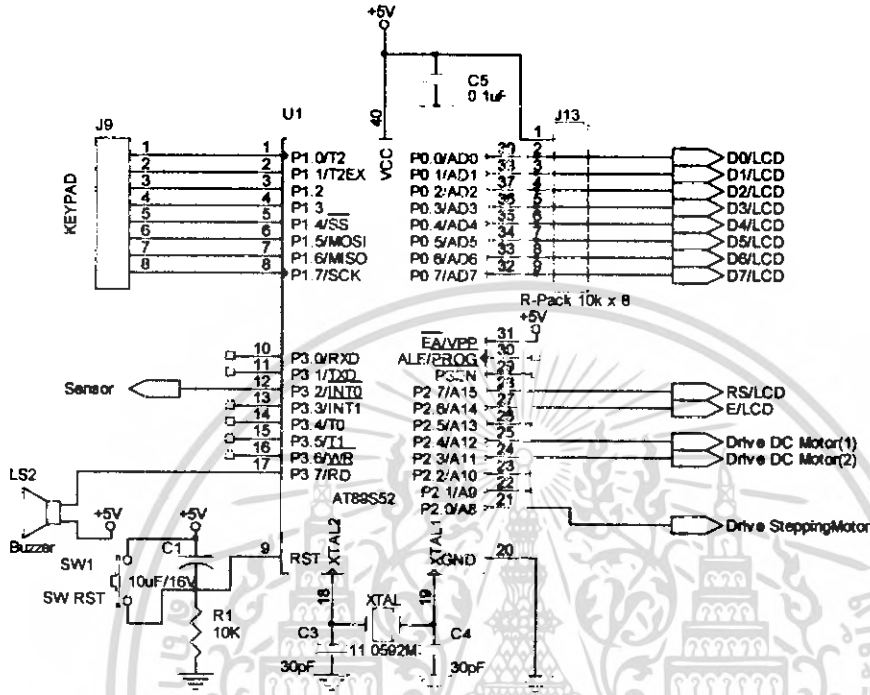
### 3.2.2 อธิบายหลักการทำงาน

เครื่องนับธนบัตรนี้จะเริ่มการนับเมื่อ ผู้ใช้นำปึกธนบัตรวางลงด้านบน (ช่องรับธนบัตร) ของเครื่อง หลังจากที่วางธนบัตรแล้วกดปุ่มเริ่มการทำงาน เครื่องจะทำการป้อนธนบัตรจากด้านบนของปึกเข้าไปนับในเครื่องทีละใบอย่างต่อเนื่องจนหมด ในขณะเครื่องกำลังนับอยู่นั้น หน้าจอแสดงผลจะแสดงข้อความ (...Please wait...) พร้อมจำนวนของธนบัตร และหลังจากที่เครื่องนับเสร็จแล้ว เครื่องจะทำการแสดงผลจำนวนของธนบัตรที่นับได้ออกมา พร้อมกับเสียงบี๊บหนึ่งครั้ง

### 3.3 เครื่องนับธนบัตรมีตัวประกอบ ดังนี้

#### 1. ส่วนของวงจรที่ประกอบในเครื่องนับธนบัตร ดังนี้

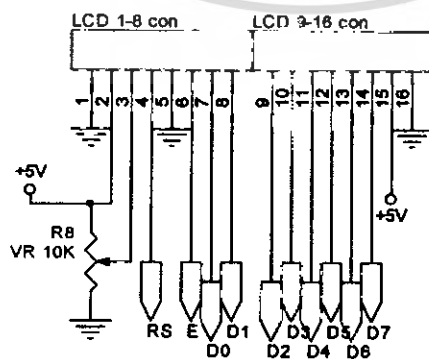
##### 1.1 วงจรควบคุม



รูปที่ 3.17 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52

วงจรควบคุมนี้เป็นวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52 ซึ่งจะเป็นหน่วยควบคุมและประมวลผล โดยจะมีอินพุตส่วนคือจากวงจรเซ็นเซอร์ ซึ่งสัญญาณอินพุตมีลักษณะเป็น Clock จำนวนของธนบัตร และ วงจรเป็นรับข้อมูล (Keypad) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างผู้ใช้กับระบบการทำงานของเครื่อง ส่วนเอาต์พุตมีด้วยกัน 2 ส่วนคือ ส่วนควบคุมมอเตอร์ และ ส่วนแสดงผลแอลซีดี

##### 1.2 วงจรแอลซีดี



รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะจอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของขาต่างๆของจอแสดงผลแอลซีดี

ขา  $V_{CC}$  จะใช้ต่อกับไฟเลี้ยง +5 โวลต์

ขา  $V_{SS}$  จะใช้ต่อกับกราวด์

ขา  $V_{EE}$  จะใช้เป็นขาปรับแรงดันไฟฟ้าเพื่อควบคุมความสว่างของจอแสดงผล

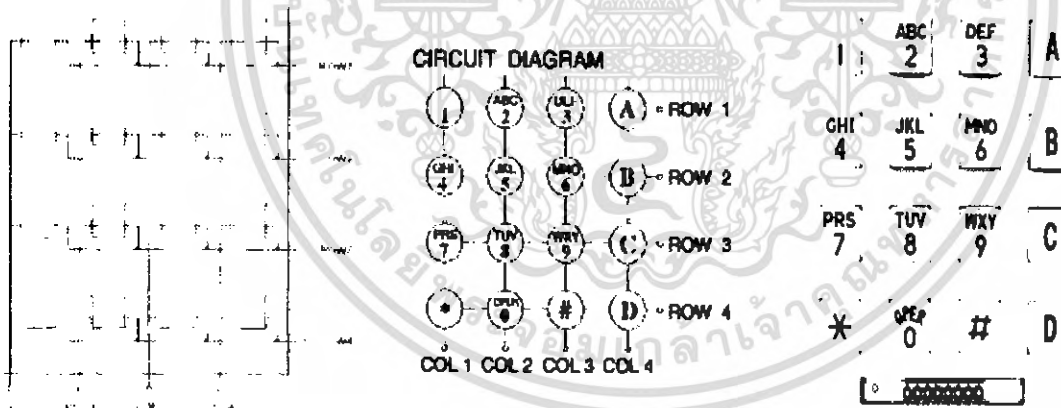
ขา RS(Register Select) เนื่องจากภายในแอลซีดี โมดูลจะมีรีจิสเตอร์ที่สำคัญภายในสองตัว คือ รีจิสเตอร์เก็บคำสั่ง และเก็บข้อมูล ขา RS นี้จะเป็นตัวเลือกว่าข้อมูลที่ส่งเข้าไปจะเป็นคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้า RS = 0 หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นคำสั่ง และถ้า RS = 1 หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นค่าข้อมูลที่แสดงผลบนจอแอลซีดี

ขา R/W(Read/Write) เป็นขาอินพุต ถ้าขานี้เป็นลอจิก 1 จะเป็นการอ่านข้อมูลจากแอลซีดี ถ้าขานี้เป็น 0 จะเป็นการเขียนข้อมูลลงในแอลซีดี

ขา E (Enable) เป็นขาที่ทำให้แอลซีดี ทำงานโดยป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปหนึ่งลูก โดยพัลส์นี้จะต้องมีความกว้างตามที่กำหนดไว้

ขา D0-D7 เป็นขาที่รับส่งข้อมูลระหว่างแอลซีดี โมดูลกับอุปกรณ์ภายนอก

### 1.3 วงจรแป้นรับข้อมูล(KEYPAD)

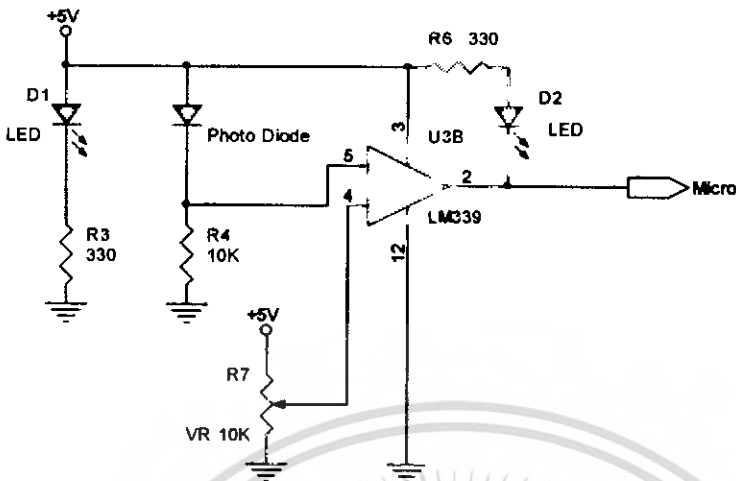


รูปที่3.19 วงจรแป้นรับข้อมูล

ในการต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์นี้ สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวตั้ง และแนวนอน โดยแนวตั้งเรียกว่า หลัก (Column) แนวนอนเรียกว่า แถว (row) ซึ่งข้อดีของการต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์นี้คือใช้พอร์ตในการเชื่อมต่อน้อยกว่าคือ ถ้าเราต้องการต่อสวิตช์จำนวน 16 อัน ถ้าเราใช้การต่อโดยตรง เราต้องใช้ พอร์ตถึง 2 พอร์ตแต่ถ้าใช้การต่อแบบ เมตริกซ์จะใช้พอร์ตแค่ 1 พอร์ตแต่ในการต่อแบบ เมตริกซ์ เราต้องเขียน โปรแกรมเพื่อ (scan) อ่านค่าข้อมูลซึ่งจะยุ่งยากกว่าการต่อแบบ โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.4 วงจรเซ็นเซอร์

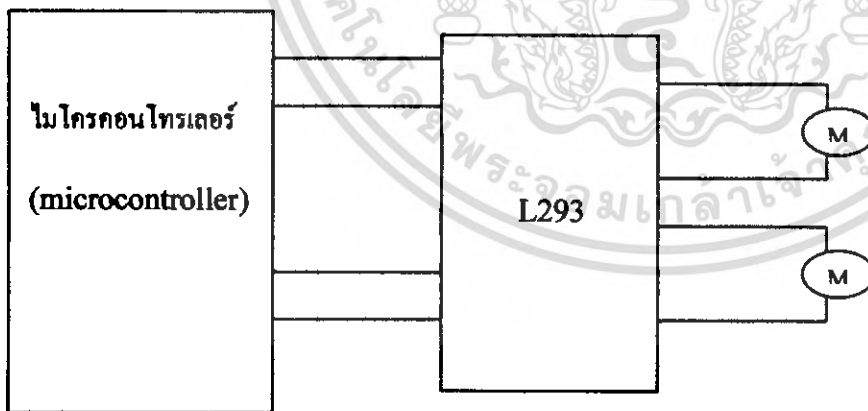


รูปที่ 3.20 แสดงวงจรตรวจจับชนบัตร

จากวงจรเป็นวงจรเซ็นเซอร์แสง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับชนบัตรที่เคลื่อนที่ตัดผ่านระหว่างตัวรับกับตัวส่ง โดยหลักการทำงานของวงจรจะเริ่มจากเมื่อมีชนบัตรตัดผ่านเซ็นเซอร์จะทำให้กระแสผ่านโฟโตไดโอดน้อยลงจึงทำให้แรงดันตกคร่อม R4 น้อยลงและส่งผลให้เอาต์พุตของ LM339 มีค่าเป็นสถานะลอจิก “0” ทำนองเดียวกัน เมื่อไม่มีชนบัตรตัดผ่าน เอาต์พุตที่ได้คือ “1”

### 1.5 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (DC motor)

วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง จะใช้ IC L293 เป็นตัวขับ โดย IC ตัวนี้สามารถขับ มอเตอร์ ได้ 2 ตัวซึ่งจะต้องใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้นในการควบคุม



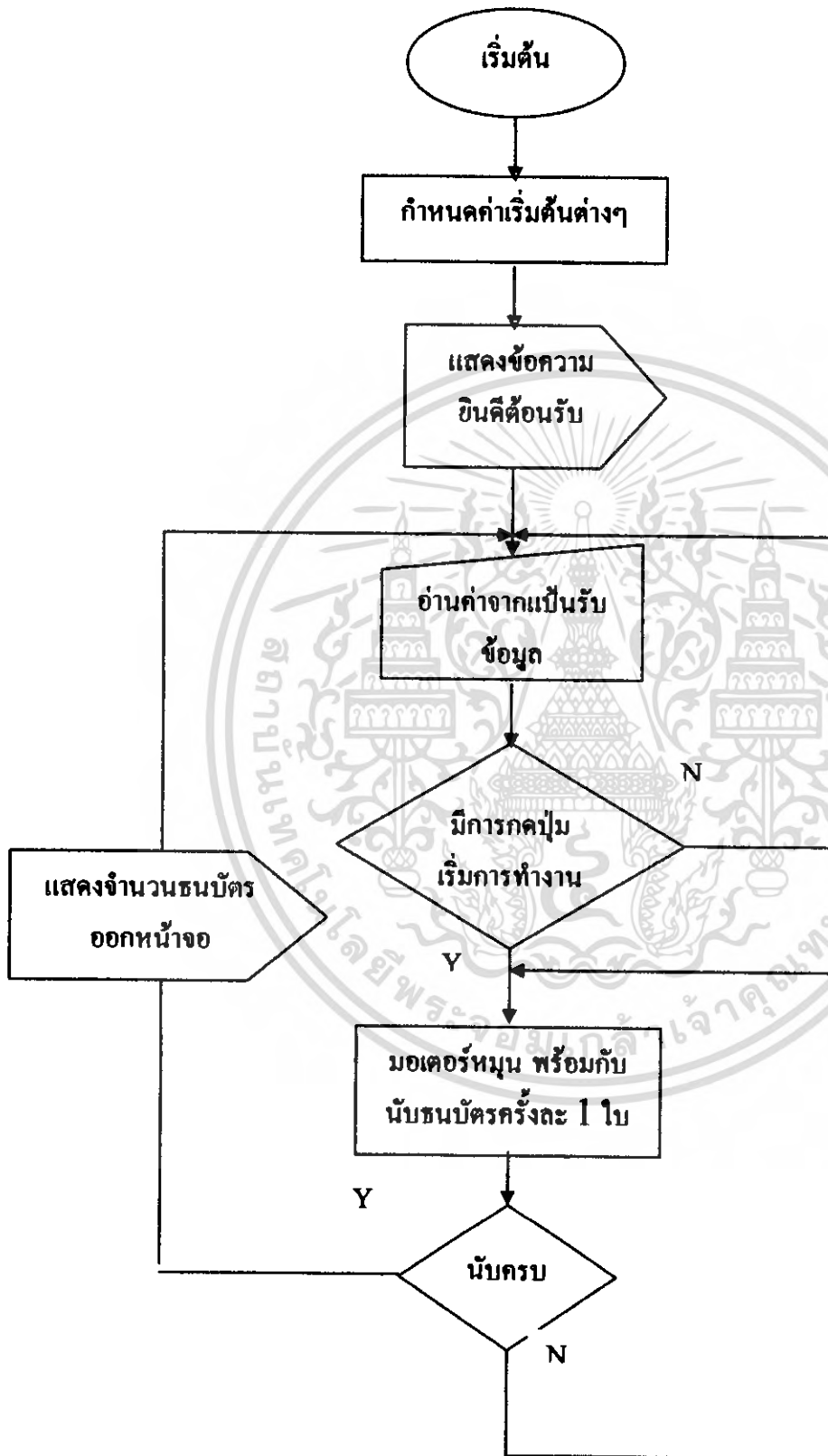
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

### 1.6 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ (Stepping motor)

เป็นวงจรสำเร็จรูปที่มีการทำงานแบบขับสเต็ปมอเตอร์ ทั่วไป แคว้งจรมีจะสามารถขับ สเต็ปมอเตอร์ ที่มีกระแสสูงได้ดี โดยการสั่งงานจะถูกสั่งงานจากวงจรควบคุมซึ่งจะใช้รีเลย์ ในการส่งคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ส่วนแสดงการทำงานของโปรแกรม

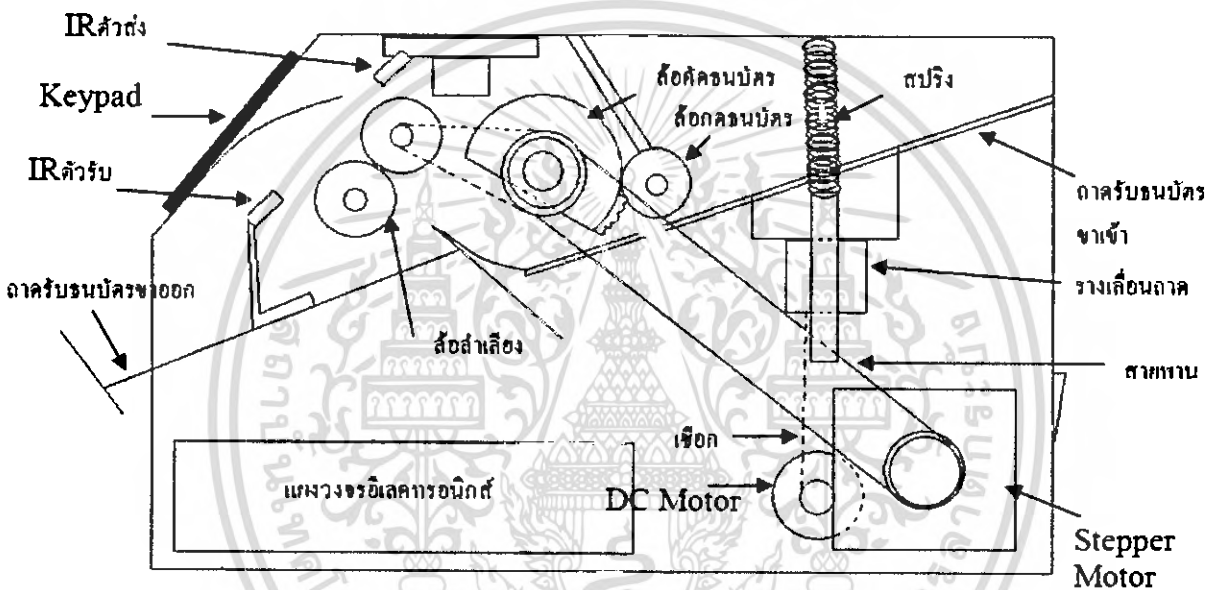


**รูปที่ 3.22** แสดงแผนภาพของการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพการทำงานโปรแกรม จะแสดงหลักการทำงานของหน่วยควบคุมและประมวลผล โดยจะเริ่มจากการตั้งค่าเริ่มต้นต่างๆ เมื่อเครื่องได้รับไฟเลี้ยงต่อมาจะแสดงผลหน้าจอเพื่อรายงานสถานะของเครื่องจากนั้นจะรอรับคำสั่งจากผู้ใช้งานโดยผ่านทางแป้นรับข้อมูล เมื่อได้รับคำสั่งเริ่มนับแล้วเครื่องจะทำการควบคุมส่วนต่างๆของเครื่องเพื่อให้กลไกต่างทำการลำเรียงขนบัตริ์เพื่อนับจำนวน

### 3. กลไกการทำงานด้านเชิงกล



รูปที่ 3.23 แสดงการออกแบบตำแหน่งและอุปกรณ์ภายในเครื่องนับขนบัตริ์

องค์ประกอบของกลไกการทำงานทางด้านเชิงกลนั้นประกอบไปด้วย

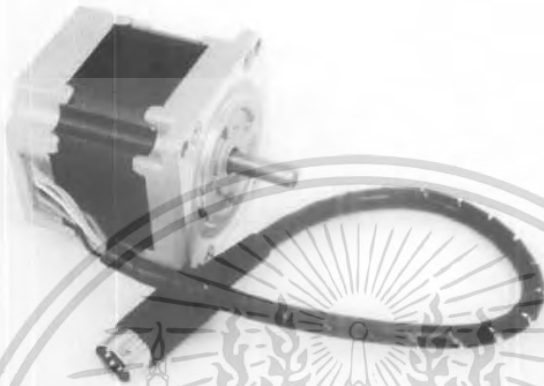
1. มอเตอร์
2. ลูกยาง
3. เฟลา
4. สายพาน
5. ลูกเบี้ยวและถาดสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 หน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ

#### 3.3.1.1 มอเตอร์

มอเตอร์มีด้วยกัน 2 ชนิดคือ สเต็ปมอเตอร์ และ มอเตอร์กระแสตรง โดย สเต็ปมอเตอร์เป็นตัวหมุนเพลาเพื่อหมุนสายพานและล้อยางให้ทำงาน ส่วนมอเตอร์กระแสตรง ทำหน้าที่ขับให้ถาดรับธนบัตรเข้าเคลื่อนที่ขึ้นลง



รูปที่ 3.24 แสดงสเต็ปมอเตอร์

#### 3.3.1.2 ล้อยาง

ล้อยางมีด้วยกัน 2 ส่วนคือ ล้อยางกักธนบัตรและล้อลำเลียง โดยล้อยางกักธนบัตรทำหน้าที่กักธนบัตรทีละ 1 ใบ เพื่อส่งไปยังล้อลำเลียง และล้อลำเลียงจะทำหน้าที่ลำเลียงธนบัตรผ่านตัวตรวจจับ(sensor) แล้วตกลงยังถาดรับธนบัตรขาออก



รูปที่ 3.25 แสดงล้อยางที่ใช้คูธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.3 เพลลา

เพลลาเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับลูกยางทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่และสายพานจากมอเตอร์ ทำหน้าที่รับแรงบิดจากสายพาน (จากมอเตอร์มาสู่สายพาน) นำมาสู่ล้อยาง ทำให้ล้อยางนั้นสามารถเคลื่อนที่ลำเลียงและคัดรณบัตร



รูป 3.26 แสดงเพลลา

### 3.3.1.4 สายพาน

เป็นส่วนที่เชื่อมติดกับมอเตอร์ ล้อยาง ล้อคัดรณบัตร โดยตรง มีหน้าที่เป็นตัวถ่ายทอดแรงบิดจากมอเตอร์มาใช้หมุนล้อยางและล้อคัดรณบัตร เพื่อแยกรณบัตรและลำเลียงรณบัตร

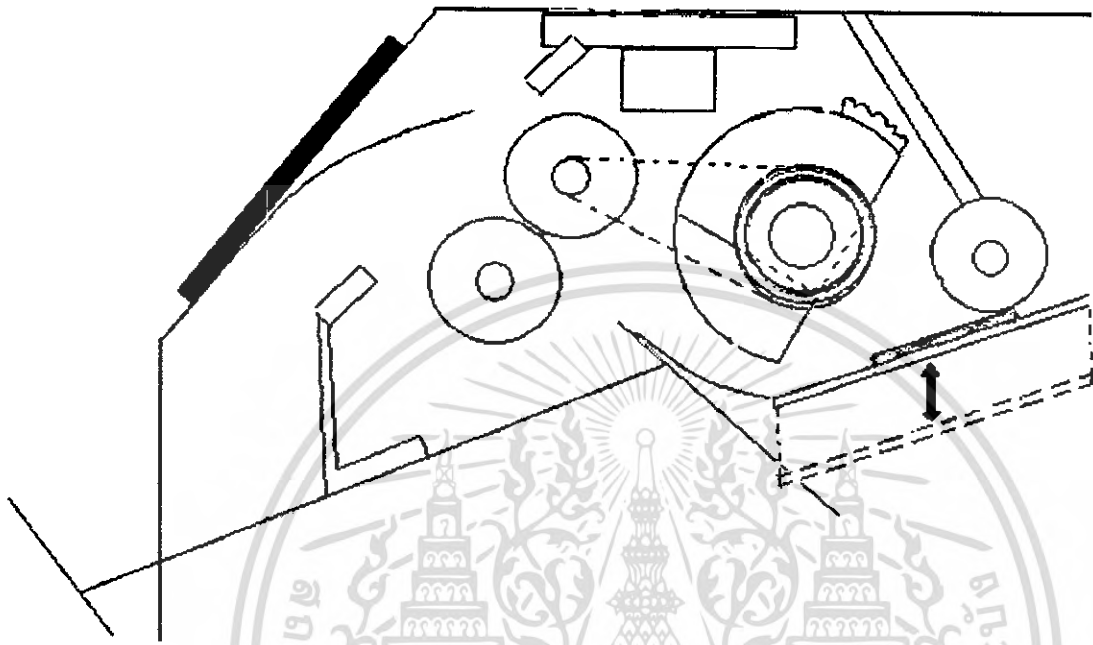
รูปที่ 3.27 แสดงสายพาน

### 3.3.1.5. ถาดรับรณบัตรขนเข้า

ถาดรับรณบัตรขนเข้า ทำหน้าที่รับรณบัตรและเคลื่อนที่ขึ้นไปให้รณบัตรได้สัมผัสกับล้อยางคัดรณบัตร เพื่อให้ ล้อคัดรณบัตรสามารถคัดรณบัตรออกทีละฉบับ

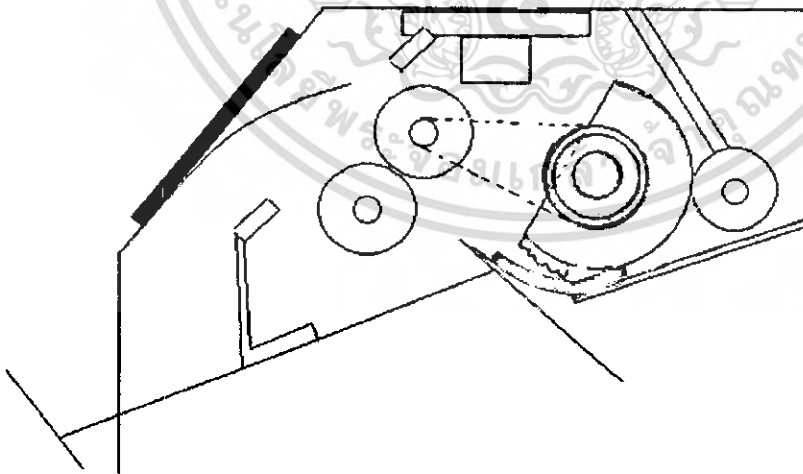
### 3.3.2 ขั้นตอนการดำเยิงธนบัตร

ขั้นที่ 1



ถาดรับธนบัตรขาเข้าเคลื่อนที่ขึ้น ธนบัตรแนบกับด็อกครนบัตร

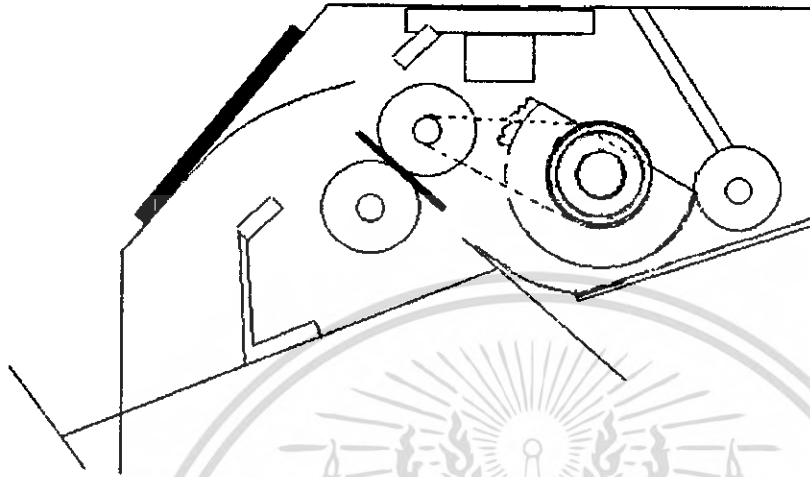
ขั้นที่ 2



### ด็อกครนบัตรหมุนคัดธนบัตรที่ละฉบับ

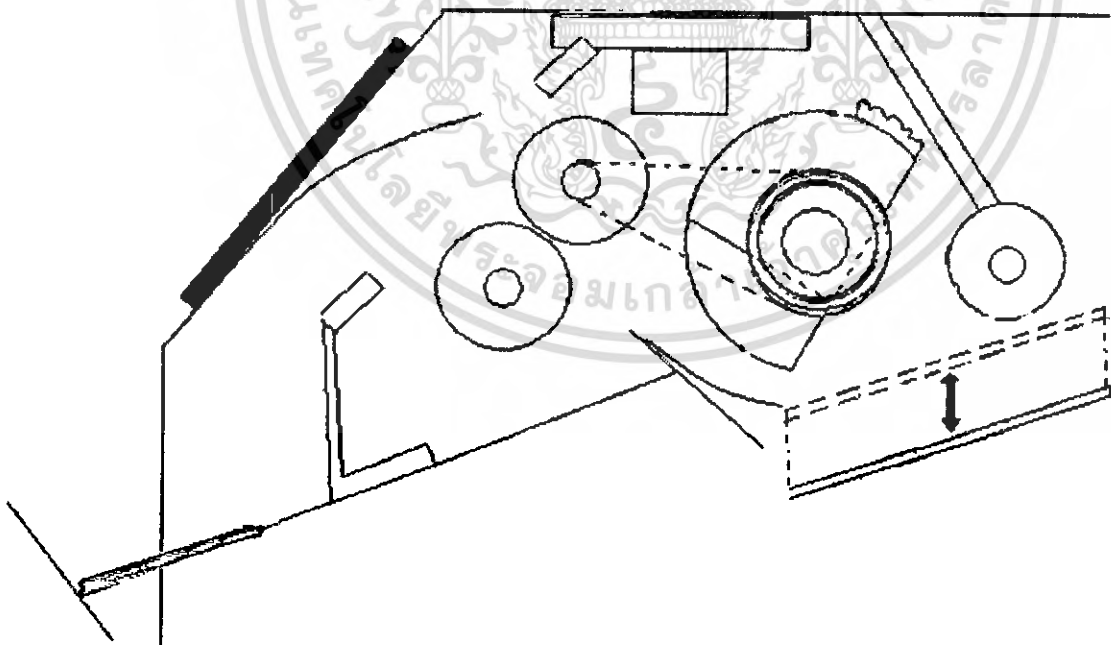
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 3



รบบขับเคลื่อนที่มายังล้อดำเพียง ผ่านเซ็นเซอร์

ชั้นที่ 4



รบบตรวจจับการรับรบบขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### แนวทางในการทดลอง

ในการทดลองนี้เป็นการตรวจนับธนบัตรจำนวน 100 ใบ เพื่อทำการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องนับธนบัตร ทดลองส่วนของสัญญาณตัวตรวจจับ(sensor) เมื่อมีธนบัตรชนิดต่างๆผ่านตัวตรวจจับ(sensor)และทดลองวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์

#### 4.1 ขั้นตอนการทดลองตรวจนับธนบัตรจำนวน 100 ใบ

1. เปิดเครื่อง ถาดรับธนบัตรจะลดต่ำลงจนเกิดช่องว่าง
2. นำธนบัตรใส่ลงในถาดรับธนบัตร จำนวน 10 ใบ
3. กดปุ่มให้เครื่องเริ่มทำการนับธนบัตร
4. แสดงผลการนับจำนวนธนบัตร
5. บันทึกผลการทดลอง ทำซ้ำ อีก 2 ครั้ง
6. จากนั้นเพิ่มจำนวนธนบัตรทีละ 10ใบ จนถึง 100ใบ
7. ทำการนับ แล้วบันทึกผล

#### ผลการทดลอง

ตาราง 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการนับธนบัตร

การทดลอง จำนวนธนบัตร	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เวลา เฉลี่ย
10 ใบ	10	9	10	14 วินาที
20 ใบ	18	20	19	28 วินาที
30 ใบ	30	29	28	42 วินาที
40 ใบ	39	38	40	56 วินาที
50 ใบ	48	50	50	70 วินาที
60 ใบ	60	59	59	84 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขัน เพื่อการศึกษา เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

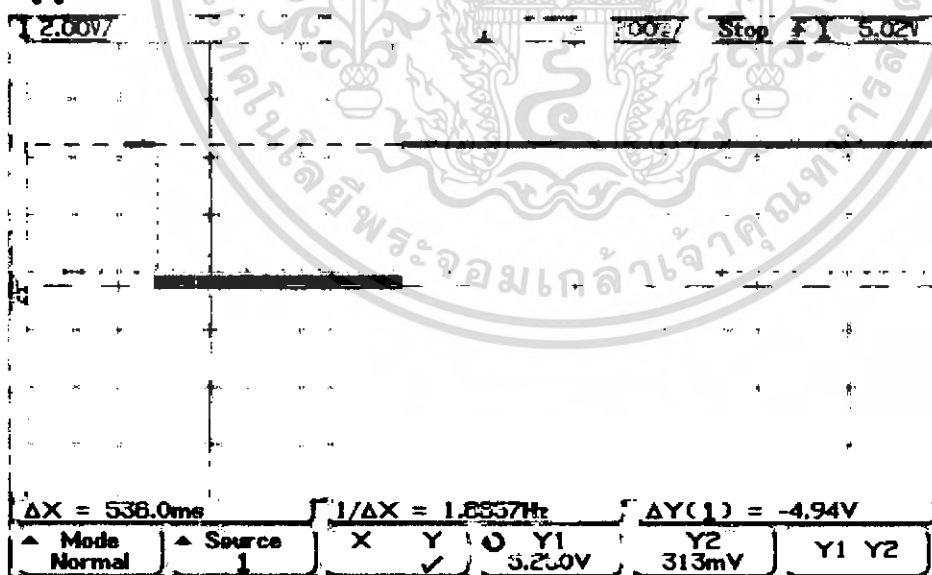
70 ใบ	70	68	69	98 วินาที
80 ใบ	79	79	80	112 วินาที
90 ใบ	89	89	90	126 วินาที
100 ใบ	99	100	98	140 วินาที

#### 4.2 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณตัวตรวจจับ(sensor)เมื่อมีธนบัตรผ่าน

1. เปิดเครื่องนับธนบัตร
2. นำเครื่องวัดสัญญาณมาจับที่ขาเอาต์พุตของไอซี LM339
3. ใส่ธนบัตรลงในเครื่อง
4. กดปุ่มเริ่มทำงาน
5. บันทึกสัญญาณที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณ

#### ผลการทดลอง

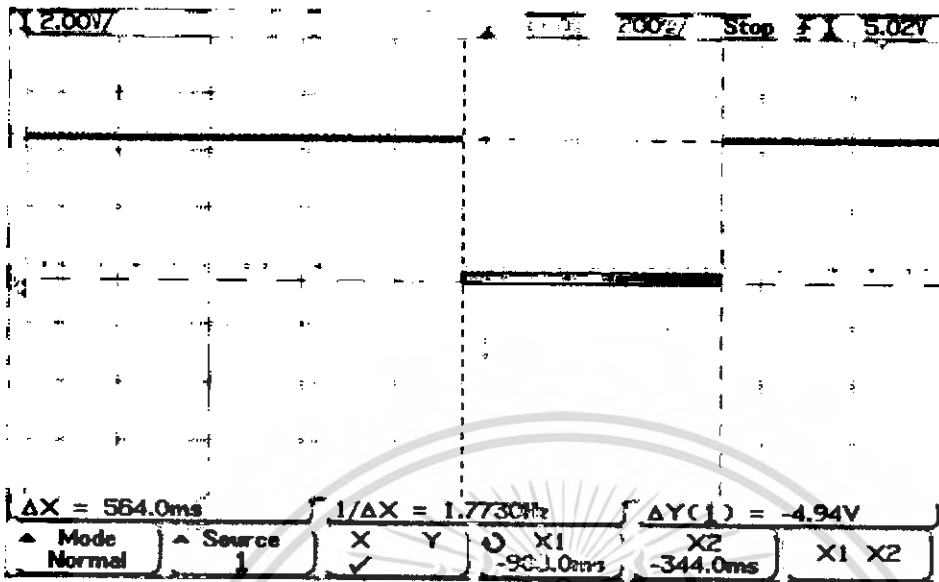
สัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ธนบัตรฉบับใบละ 20 บาท



รูปที่4.1 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ธนบัตรฉบับใบละ 20 บาท

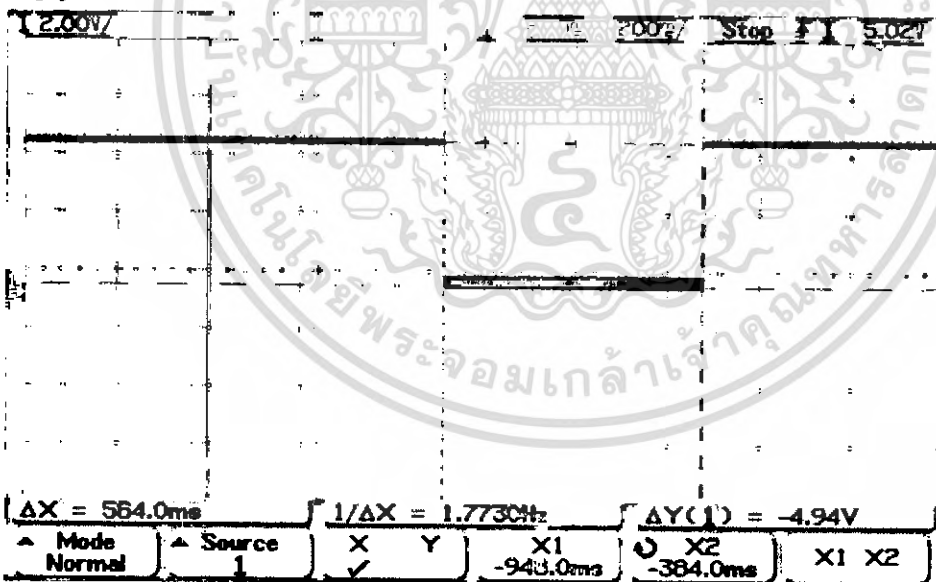
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้รณบัตรฉบับใบละ 50 บาท



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้รณบัตรฉบับใบละ 50 บาท

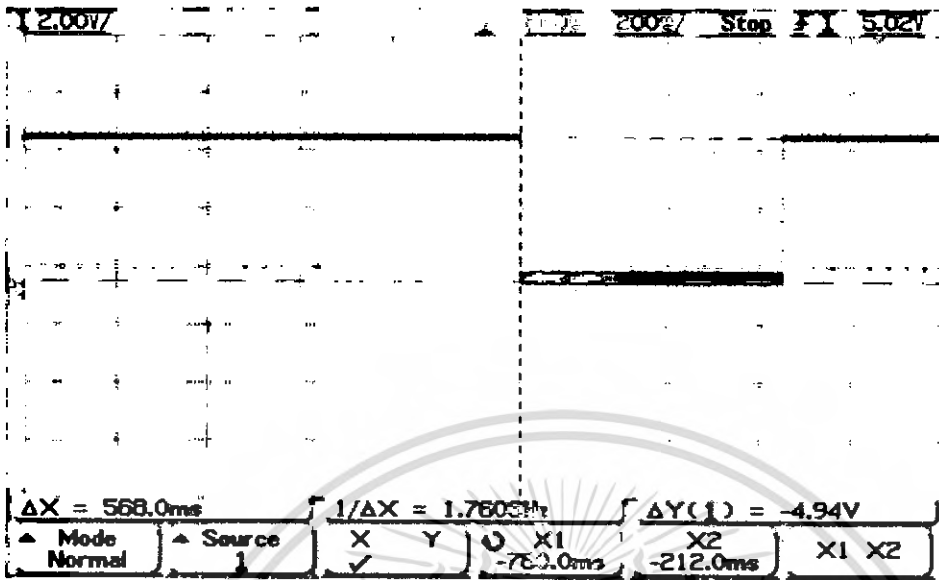
สัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้รณบัตรฉบับใบละ 100 บาท



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้รณบัตรฉบับใบละ 100 บาท

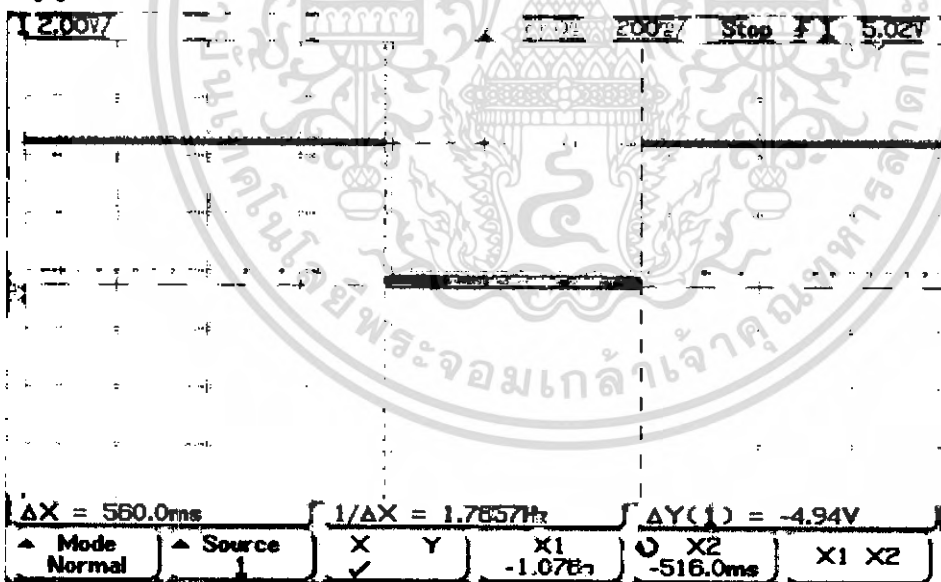
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 500 บาท



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 500 บาท

สัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 1000 บาท



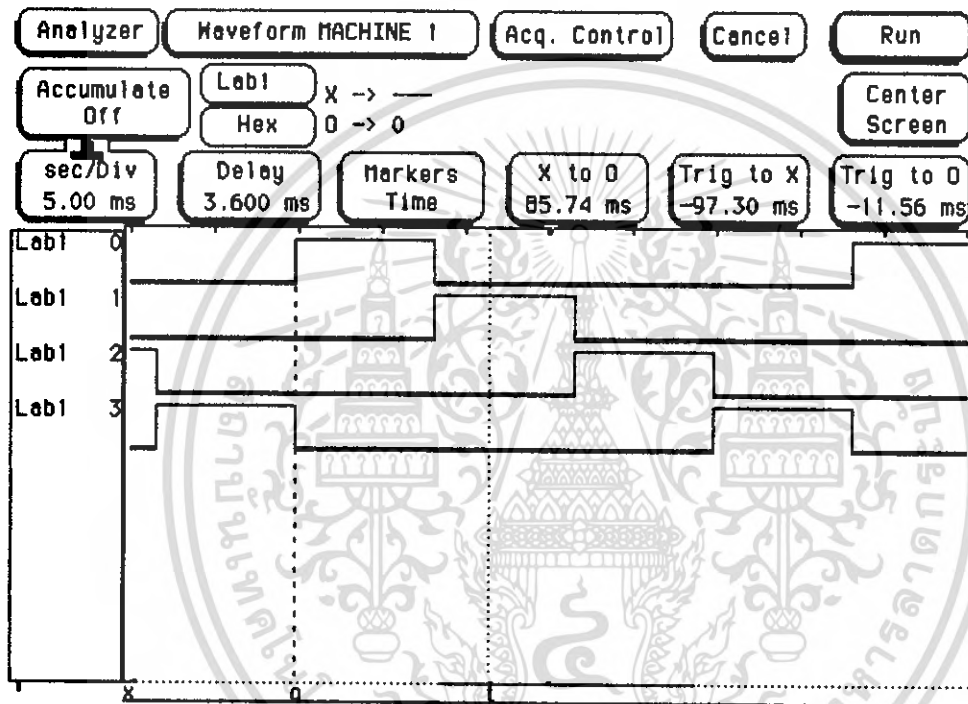
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ชนบัตรฉบับใบละ 1000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์

1. เปิดเครื่องนับชนับคร
2. นำเครื่องวิเคราะห์สัญญาณดิจิทัล (LOGIC ANALYZER) มาวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์
3. กดปุ่มเริ่มทำงานที่เครื่องนับชนับคร ให้มอเตอร์ทำการหมุน
4. บันทึกสัญญาณ

#### ผลการทดลอง



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดสัญญาณแต่ละเฟสของมอเตอร์

ตารางที่ 4.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป (Full step) หนึ่งเฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง การทำงานของเครื่องโคจรรวมสามารถทำงานได้เป็นปกติ คือสามารถนับและลำเลียงธนบัตรผ่านส่วนการตรวจนับออกมาได้ โดยช่องรับธนบัตรสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้เป็นอย่างดี ส่วนแสดงผลและการรับข้อมูลจากแป้นรับข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง การทำงานของส่วนขับเคลื่อนมีความแรงและคงทนสามารถขับเพลาล้อหรือได้ไม่คืดขัดและในขณะที่ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับแหล่งจ่ายไฟก็สามารถทำงานได้สัมพันธ์กับระบบกลไกของเครื่อง ผลของการนับจำนวนธนบัตรเมื่อเพิ่มจำนวนธนบัตรที่ละ 10 ใบจนถึง 100 ใบผลที่ได้ยังมีความผิดพลาดอยู่ประมาณ 5% ความเร็วในการนับประมาณ 3 วินาทีต่อใบในส่วน of ตัวตรวจจับ(sensor) มีความไวอยู่ในระดับหนึ่งสามารถตรวจจับธนบัตรได้แต่บางครั้งก็มีความผิดพลาดอยู่ ส่วนของมอเตอร์มีการสั่นจึงมีผลทำให้เกิดเสียงขณะเครื่องทำงาน การทำงานของระบบชุดกระดาษสามารถชุดกระดาษได้ที่ละหนึ่งฉบับหรือในบางครั้งการชุดกระดาษอาจทำให้ธนบัตรเอียงแล้วทำให้เกิดการชุดกระดาษซ้อนออกมา

## วิจารณ์

จากผลการทดลองในการนับจำนวนธนบัตรมีความผิดพลาดอยู่ ส่วนใหญ่มักเกิดมาจากส่วนของกลไกการชุดกระดาษและตัวตรวจจับ(sensor) การทำงานของมอเตอร์มีความช้าและสั่นมีผลทำให้เกิดเสียงในระหว่างที่เครื่องทำงาน ในส่วนการแสดงผลสามารถมองเห็นตัวเลขและตัวหนังสือได้อย่างชัดเจนแม้ในที่มืด ในส่วนของตัวเครื่องอาจมีรอยต่อมากไปจึงทำให้ต้องใช้น็อตยึดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงเป็นจำนวนมากแต่ลักษณะโคจรรวมของตัวเครื่องมีความสวยงาม ขนาดกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุปการวิจัย

เครื่องนับธนบัตรในปัจจุบัน แบ่งตามลักษณะการนับได้ 2 ลักษณะ คือ เครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบไม่กระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ จากการค้นหาส่วนใหญ่เครื่องนับธนบัตรแบบนี้จะใช้ระบบสุญญากาศ และเครื่องนับธนบัตรที่นับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ จากที่ได้ค้นหาการนับธนบัตรแบบนี้จะใช้ระบบแรงเสียดทาน

ส่วนเครื่องนับธนบัตรเครื่องนี้ ใช้วิธีการนับธนบัตรแบบกระจายธนบัตรออกเป็นฉบับ มีส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนการทำงานทางด้านเชิงกล จะประกอบไปด้วย มอเตอร์จะเป็นตัวหมุนทำให้แกนหมุนที่ติดลูกเบี้ยวไว้หมุน ส่งผลให้น้ำสัมผัสของลูกเบี้ยวสัมผัสกับพื้นผิวของธนบัตร แล้วลำเลียงธนบัตรผ่านคู่ลูกยาง แล้วจึงผ่านตัวตรวจจับ(sensor)
2. ส่วนการทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบไปด้วย การควบคุมสเต็ปมอเตอร์ การควบคุมตัวตรวจจับ(sensor) การนับธนบัตร

#### ข้อเสนอแนะ

ในการซื้อสินค้าต่างๆมาทำวัสดุอุปกรณ์ควรตรวจสอบให้คึกก่อนตัดสินใจการทำงานควรจะมีการทำการออกแบบให้เรียบร้อยเสียก่อน และควรจะทำแบบไว้หลายๆแบบแผน และอุปกรณ์ที่ใช้ไม่ควรที่จะจำกัดตายตัว เพราะการทำงานจริงอาจเกิดข้อผิดพลาดที่ถือเกิดการหาอุปกรณ์ที่จะใช้ไม่ได้ และจะได้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆด้วย

จากปัญหาที่พบในการสร้างเครื่องนับธนบัตรนั้นมักเกิดปัญหาจากการทำงานทางด้านเชิงกล เนื่องจากการหาวัสดุมาทำใช้เป็นตัวแยกธนบัตรที่ละเอียดยาก ตัวเครื่องของธนบัตรอาจจะใช้วัสดุชนิดอื่นในการทำและไม่ควรที่จะมีรอยการต่อมากเพื่อที่จะได้ไม่เกิดการสั่นสะเทือนของตัวเครื่อง การทำตัวเครื่อง การเจาะรู การวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ควรที่จะทำให้มีความแม่นยำอย่างมาก ไม่ควรที่จะมีความคลาดเคลื่อนในการวางตำแหน่งของอุปกรณ์เลย อาจจะใช้ระบบอื่นๆแทนการใช้ระบบสปริง และปัญหาที่พบทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่พบมักเป็นปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการนำมาใช้ เช่น ตัวตรวจจับ(sensor) โดยใช้ ตัวตรวจจับ(sensor)แบบแสงและเนื่องจากแสงที่ใช้นั้นเป็นแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงไม่ทราบว่าตัวตรวจจับ(sensor) ที่ซื้อมาใช้ได้หรือไม่(ตอนซื้อ)อาจง่ายในการถูกหลอกขายของเสียมาได้ การคิดตั้งตัวตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(sensor) การที่จะทำการบีดัดคิให้แน่น ไม่มีการเคลื่อนที่ ขยับ หรือสั่นสะเทือน ซึ่งอาจจะทำให้ตัวตรวจจับ(sensor) ตรวจจับผิดพลาด อาจจะใช้ระบบอื่นๆแทนการใช้ระบบสปริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: เว็อนแก้วการพิมพ์  
ประภิต อ่องสร้อย.เทคโนโลยีฉบับรวมวงจ

เบญจพล คันธุ์. ไมโครโปรเซสเซอร์และการออกแบบเบื้องต้น

Kenjo, Takashi: 1984. Stepping Motors and their Microprocessor Control.1.

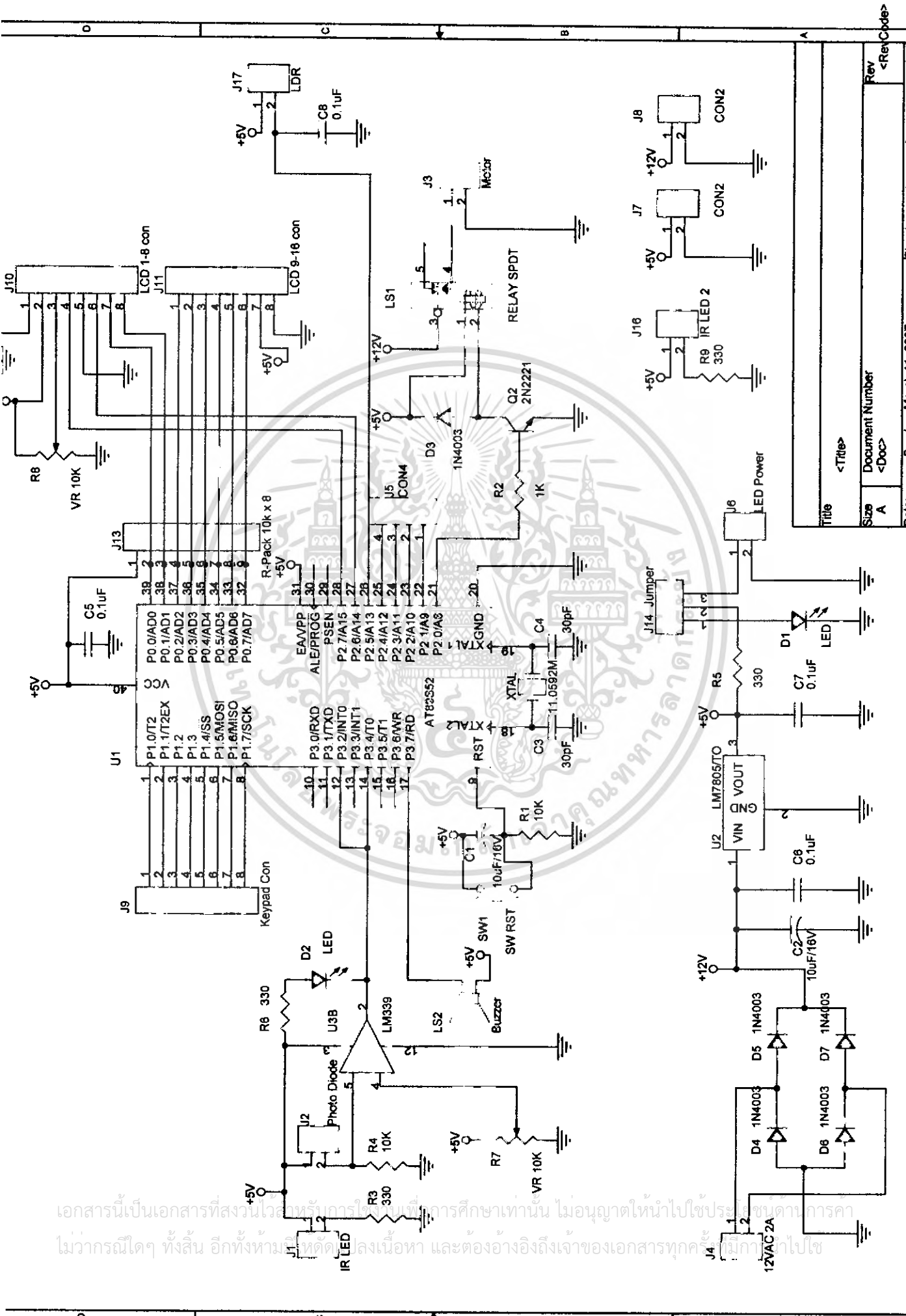
Northern Ireland: The Universities Press(Belfast)Ltd.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	<Title>
Size	A
Document Number	<Doc>
Rev	<Rev Code>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำเนื้อหาไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

MAIN

```

#include <AT89X52.H>
#include <STDIO.H>

Initail(void);
DisplayLCD(unsigned char DispIndex);
Delay(unsigned int D);
LoadBank(void);
StartCountBank(unsigned char sRMn);
StopCountBank(unsigned char sPMn);
Function(void);
***** LCD Function *****/
Lcd_init(void);
Print_lcd(unsigned char *Low1,unsigned char *Low2);
Potx_lcd(bit R,unsigned char Addr,unsigned char dat);
Lcd_command(unsigned char com);
igned char Display[16]=0;
***** KEYPAD Function *****/
igned char ScanKey(void);
igned char TmrRdy[]={0,0},TmrEnable[]={0,0},k=0;
igned int TmrInit[]={23,5000},TmrCntr[]={23,5000}; // 23 Tick=5ms,5000
=1S
igned char Datakeypad=0;
ne KeyNum1      1
ne KeyNum2      2
ne KeyNum3      3
ne KeyNum4      4
ne KeyNum5      5
ne KeyNum6      6
ne KeyNum7      7
ne KeyNum8      8
ne KeyNum9      9
ne KeyNum0     10
ne KeyClear     11
ne KeyEsc       12
ne KeyEnter     13
ne KeyUp        14
ne KeyDown      15
ne KeyFunc      16
ne NoKey        0
*****/
ne Buzzer_ON    P3_7=0
ne Buzzer_OFF   P3_7=1
ne Relay_ON     P2_0=1
ne Relay_OFF    P2_0=0

ne BackLight    P2_4 // BackLight
ne Motor_3A     P2_2 // Load back
ne Motor_4A     P2_1 //

ne Limit        P3_6
ne RCTime       P2_5

unsigned char Dispwait[]={ "   Please wait   "};
unsigned char DispCntr[]={ "   Counting     "};
unsigned char DispNumb[]={ " Number of bank "};

unsigned char DispFuc1[]={ "   Banknote   "};
unsigned char DispFuc2[]={ "   Seperate  "};
unsigned char DispFuc3[]={ "   Total     "};
unsigned char DispFuc4[]={ " Counterfile "};
unsigned char DispCntrMode[]={ " Counter Mode "};
unsigned char DispPutTaget[]={ "   PutTaget   "};
unsigned char DispTagetCount[]={ "   TagetCount  "};

igned char DispNumbk[16]=0;
igned int NumBank=0,BufNum=0;
igned char TimeOut=0;

```

```

                                MAIN
gnd char Menu=0,Mode=1;
StrFlag=0,FuncFlag=0;
gnd char TagetCntrSep=0;
gnd char ChkBnk=0;
gnd int RCComp=0;
gnd char CntrFile=0;
gnd char TagetQ[2] = 0,TagetCntrQ=0;
RstrRCTime=0;
main(void)

Initail();
while(1)
{
    if(TmrRdy[1] == 1)
    {
        ETO = 0;
        TmrRdy[1] = 0;
        EX0 = 0;
        if(++TimeOut == 5)
        {
            StopCountBank(Mode);
        }
        EX0 = 1;
        ETO = 1;
    }
    else if(StrFlag == 1 && Mode == 4) // Counterfile Mode
    {
        EX0 = 0;
        if(NumBank > ChkBnk)
        {
            ChkBnk = NumBank;
            EX0 = 1;

            Relay_ON; // Stop Motor Feed
            Delay(30000);
            Relay_OFF;

            RCTime = 0;
            TH1 = TL1 = 0;
            RCTime = 1;
            TR1 = 1;
            while(RCTime == 0);
            TR1 = 0;
            RCComp = (TH1*256)+TL1;
            if(RCComp > 1000)
            {
                CntrFile++;
            }
            Relay_ON; //Start Motor Feed
            Delay(2000);
            Relay_OFF;
        }
        EX0 = 1;
    }
    else if(StrFlag == 1 && Mode == 2) // Seperate Mode
    {
        EX0 = 0;
        if(NumBank == TagetCntrSep)
        {
            StopCountBank(Mode);
        }
        EX0 = 1;
    }
    else if(TmrRdy[0] == 1)
    {
        ETO = 0;
        TmrRdy[0] = 0;
        Datakeypad = ScanKey();
    }
}

```



## MAIN

```
layLCD(8);
tCntrQ = 0;
tCntrSep = 0;

if(Mode == 2 && TagetCntrSep != 0) /*

layLCD(9);
Flag = 0;

if(Mode == 5)

tCntrSep = 0;
Flag = 0;
layLCD(Mode);

= 0;

break;
}
DataKeypad = NoKey;
ETO = 1;
}
if(StrFlag == 1)
{
EX0 = 0;
if(BufNum < NumBank)
{
BufNum = NumBank;
EX0 = 1;
sprintf(DispNumbk, "%04u", BufNum);
Print_lcd(Dispwait,DispNumbk);
}
EX0 = 1;
}
else if(StrFlag == 0)
{
BackLight = 1;
RCTime = 0;
TH1 = TL1 = 0;
RCTime = 1;
TR1 = 1;
while(RCTime == 0);
```

```

                                MAIN
                                TR1 = 0;
                                RComp = (TH1*256)+TL1;
                                sprintf(DispNumbk," %04u ",RComp);
                                Print_lcd("      Test      ",DispNumbk);
}
/* else if(TestRCTime == 1)
{
    BackLight = 1;
    RCTime = 0;
    TH1 = TL1 = 0;
    RCTime = 1;
    TR1 = 1;
    while(RCTime == 0);
    TR1 = 0;
    RComp = (TH1*256)+TL1;
    sprintf(DispNumbk," %04u ",RComp);
    Print_lcd("      Test      ",DispNumbk);
}*/
}

```

Initail(void)

```

Relay_ON;
BackLight = Motor_3A = Motor_4A = 0;

```

```

EA = 1; ETO = 1; EX0 = 0;
ITO = 1;
TMOD = 0x12;
TH0 = TLO = 0x37;
TRO = 1;
Lcd_init();

```

```

Buzzer_ON;
Delay(2000);
Buzzer_OFF;

```

```

Print_lcd(" WELCOME TO ", " KMITL ");
Delay(40000);
Print_lcd(" ", " ");
LoadBank();
DisplayLCD(1);
Relay_OFF;

```

DisplayLCD(unsigned char DispIndex)

```

switch(DispIndex)
{
    case 1: Print_lcd(DispFuc1,DispCntrMode);
            break;
    case 2: Print_lcd(DispFuc2,DispCntrMode);
            break;
    case 3: Print_lcd(DispFuc3,DispCntrMode);
            break;
    case 4: Print_lcd(DispFuc4,DispCntrMode);
            break;
    case 5: Print_lcd(Dispwait,DispCntr);
            break;
    case 6: sprintf(DispNumbk," %04u ",NumBank);
            Print_lcd(DispNumb,DispNumbk);
            break;
    case 7: sprintf(DispNumbk," %04u;%04bu; ",NumBank,CntrFile);
            Print_lcd(DispNumb,DispNumbk);
}

```

MAIN

```
break;
case 8: Print_lcd(DispPutTaget,"          ");
        Potx_lcd(1,7,' ');
break;
case 9: sprintf(DispNumbk,"          %04bu          ",TagetCntrSep);
        Print_lcd(DispTagetCount,DispNumbk);
break;
}
```

Delay(unsigned int D)

```
unsigned int i;
while(D)
{
    D--;
    for(i=0;i<1;i++);
}
```

LoadBank(void)

```
while(Limit == 1)
{
    Motor_3A = 1;
    Motor_4A = 0;
}
Motor_3A = 0;
Motor_4A = 0;
```

StartCountBank(unsigned char SrMn)

```
StrFlag = 1;
BufNum = 0;
switch(SrMn)
{
    case 1: DisplayLCD(5);
            TmrEnable[0] = 0;          // Stop Keypad
            Motor_3A = 0;
            Motor_4A = 1;
            Delay(60000);
            Motor_3A = 0;
            Motor_4A = 0;

            NumBank = 0;
            EX0 = 1;

            Relay_ON; //Start Motor Feed
            Delay(2000);
            Relay_OFF;

            TmrEnable[1] = 1;

            break;
    case 2: DisplayLCD(5);
            TmrEnable[0] = 0;          // Stop Keypad
            Motor_3A = 0;
            Motor_4A = 1;
            Delay(60000);
            Motor_3A = 0;
            Motor_4A = 0;

            NumBank = 0;
            EX0 = 1;

            Relay_ON; //Start Motor Feed
            Delay(2000);
```

Page 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                MAIN
                Relay_OFF;

                TmrEnable[1] = 1;
break;
case 3: DisplayLCD(5);
                TmrEnable[0] = 0;           // Stop Keypad
                Motor_3A = 0;
                Motor_4A = 1;
                Delay(60000);
                Motor_3A = 0;
                Motor_4A = 0;

                // NumBank = 0;
                EX0 = 1;

                Relay_ON; //Start Motor Feed
                Delay(2000);
                Relay_OFF;

                TmrEnable[1] = 1;
break;
case 4: DisplayLCD(5);
                BackLight = 1;
                TmrEnable[0] = 0; // Stop Keypad
                Motor_3A = 0;
                Motor_4A = 1;
                Delay(60000);
                Motor_3A = 0;
                Motor_4A = 0;

                NumBank = 0;
                ChkBnk = 0;
                CntrFile = 0;
                EX0 = 1;

                Relay_ON; //Start Motor Feed
                Delay(2000);
                Relay_OFF;

                TmrEnable[1] = 1;
break;
}

```

StopCountBank(unsigned char SpMn)

```

StrFlag = 0;
switch(SpMn)
{
    case 1: TimeOut = 0;
            EX0 = 0;

            Relay_ON;           // Stop Motor Feed
            Delay(30000);
            Relay_OFF;

            DisplayLCD(6);
            TmrEnable[1] = 0;
            TmrCntr[1] = TmrInit[1];

            break;
    case 2: TimeOut = 0;
            EX0 = 0;

            Relay_ON;           // Stop Motor Feed
            Delay(30000);
            Relay_OFF;

```

```

                MAIN
                TagerCntrSep = 0;
                DisplayLCD(6);
                TmrEnable[1] = 0;
                TmrCntr[1] = TmrInit[1];
break;
case 3: TimeOut = 0;
        EX0 = 0;

        Relay_ON;           // Stop Motor Feed
        Delay(30000);
        Relay_OFF;

        DisplayLCD(6);
        TmrEnable[1] = 0;
        TmrCntr[1] = TmrInit[1];
break;
case 4: TimeOut = 0;
        EX0 = 0;

        Relay_ON;           // Stop Motor Feed
        Delay(30000);
        Relay_OFF;

        DisplayLCD(7);
        TmrEnable[1] = 0;
        TmrCntr[1] = TmrInit[1];
        BackLight = 0;
break;
}
Buzzer_ON;
Delay(1500);
Buzzer_OFF;
Delay(1500);
Buzzer_ON;
Delay(1500);
Buzzer_OFF;
Delay(1500);
Buzzer_ON;
Delay(1500);
Buzzer_OFF;
LoadBank();
TmrEnable[0] = 1; // Start Keypad

```

Function(void)

```

FuncFlag = 1;
TagerCntrQ = 0;
TagerCntrSep = 0;
BackLight = 0;
switch(Menu)
{
    case 1: DisplayLCD(Menu);
            Potx_lcd(1,16,'>');
            break;
    case 2: DisplayLCD(Menu);
            Potx_lcd(1,1,'<');
            Potx_lcd(1,16,'>');
            break;
    case 3: DisplayLCD(Menu);
            Potx_lcd(1,1,'<');
            Potx_lcd(1,16,'>');
            break;
    case 4: DisplayLCD(Menu);
            Potx_lcd(1,1,'<');
            Potx_lcd(1,16,'>');
            break;
    /*
    case 5: TestRCTime = 1;

```

```

        MAIN
Print_lcd("                ",")
Potx_lcd(1,1,'<');
Potx_lcd(1,16,'>');
break;*/
case 5: Menu = 1;
DisplayLCD(Menu);
Potx_lcd(1,16,'>');
break;
}

```



ES

Compatible with MCS-51® Products  
8K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory  
Endurance: 1000 Write/Erase Cycles  
5.5V Operating Range  
Static Operation: 0 Hz to 33 MHz  
Write Protect Program Memory Lock  
64Kbit Internal RAM  
8 Programmable I/O Lines  
16-bit Timer/Counters  
8 Interrupt Sources  
Full Duplex UART Serial Channel  
Power Idle and Power-down Modes  
Fast Recovery from Power-down Mode  
Watchdog Timer  
Two Data Pointers  
Parity Flag

## Option

AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K Bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a single chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and logic circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation over a wide frequency range 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 content by freezing the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or reset.



## 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash

**AT89S52**

Rev. 1919A-07/01

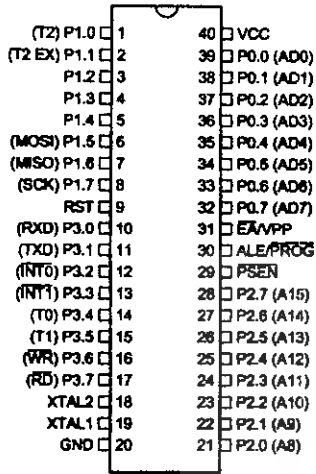


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

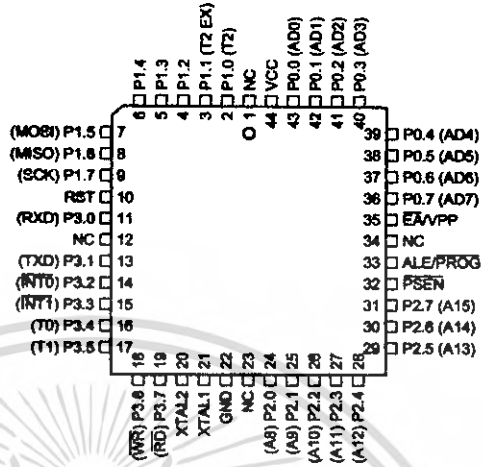


# Configurations

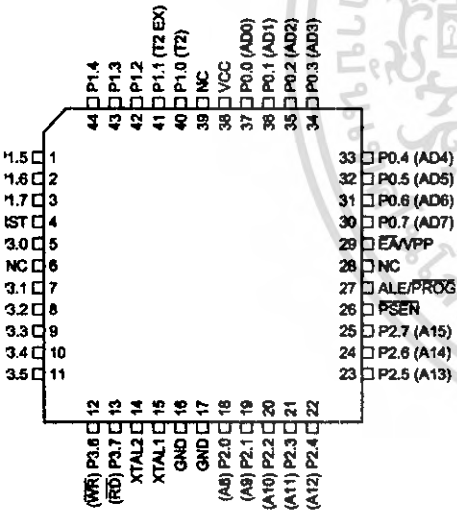
## PDIP



## PLCC



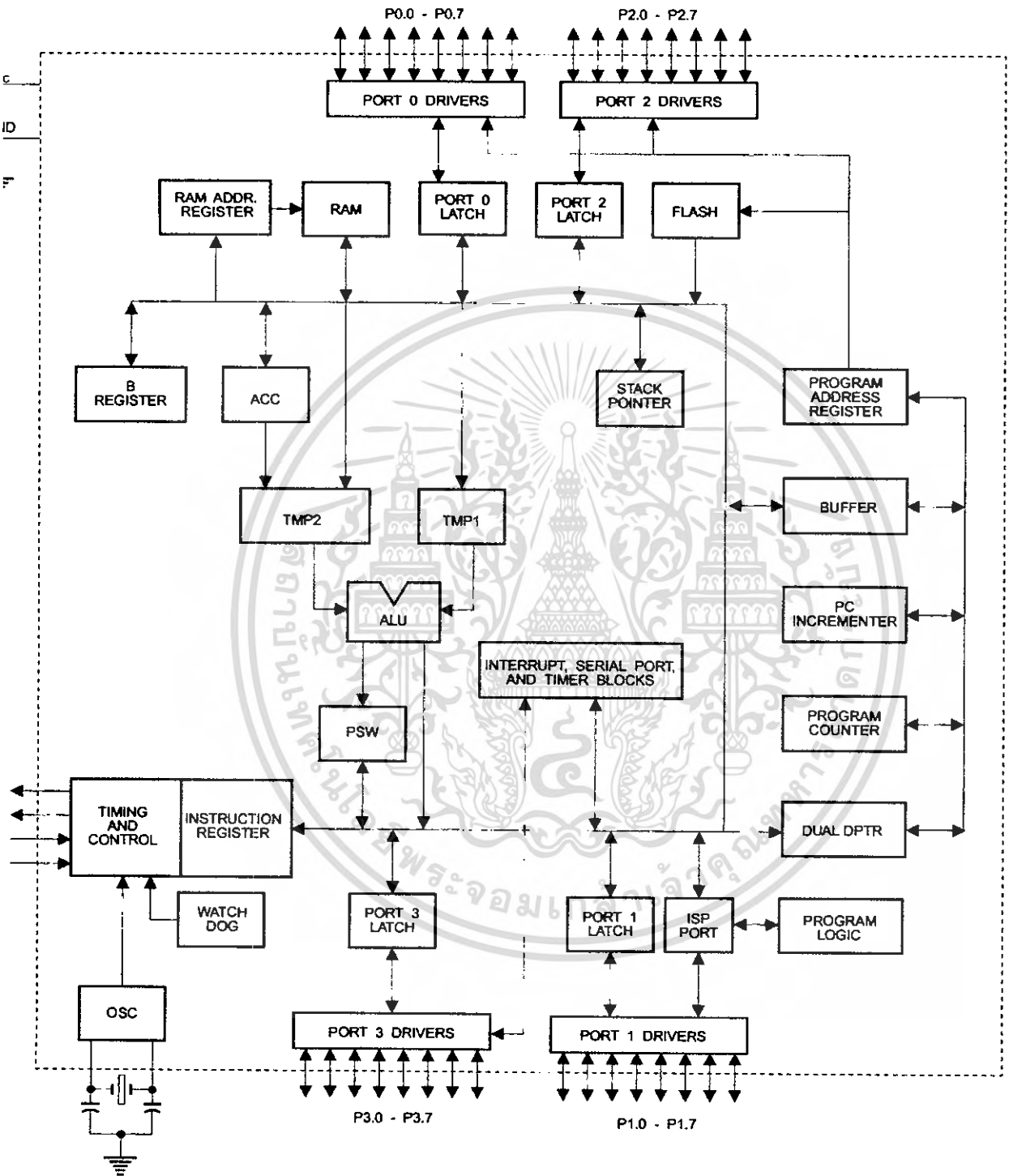
## TQFP



# AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## escription

ltage.

an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output, 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 data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

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

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

Ports P1.0 and P1.1 can be configured to be the Timer 2 external count input (P1.0/T2) and the Timer 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

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

	Alternate Functions
	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
	MOSI (used for In-System Programming)
	MISO (used for In-System Programming)
	SCK (used for In-System Programming)

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

Port 2 outputs the high-order address byte during fetches from 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 bidirectional 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 AT89S52, 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	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (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. This pin drives High for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

### ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) 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 ( $\overline{\text{PROG}}$ ) 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

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AT89S52

ulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

Store Enable ( $\overline{\text{PSEN}}$ ) is the read strobe to external data memory.

When the AT89S52 is executing code from external data memory,  $\overline{\text{PSEN}}$  is activated twice each machine cycle, except that two  $\overline{\text{PSEN}}$  activations are skipped during the first two machine cycles after access to external data memory.

Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external data memory locations starting at 0000H up to FFFFH.

## AT89S52 SFR Map and Reset Values

								0FFH
B 00000000								0F7H
								0EFH
ACC 00000000								0E7H
								0DFH
PSW 00000000								0D7H
T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
								0C7H
IP XX000000								0BFH
P3 11111111								0B7H
IE 0X000000								0AFH
P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0					WDTRST XXXXXXXX	0A7H
SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX							9FH
P1 11111111								97H
TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0		8FH
P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H

Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$  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.

### XTAL1

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

### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.





## Special Function Registers

The on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Accesses to these addresses will in general return garbage data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Software should not write 1s to these unlisted locations because they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Timer 2 Registers:** Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 3) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

**Interrupt Registers:** The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

### T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

16-bit I/O Address = 0C8H

Reset Value = 0000 0000B

Addressable

TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
7	6	5	4	3	2	1	0

#### Function

Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.

Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).

Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.

Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.

Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.

Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.

Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).

Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AUXR: Auxiliary Register

Address = 8EH

Reset Value = XXX00XX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

Disable/Enable ALE

DISALE Operating Mode

0 ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency

1 ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction

Disable/Enable Reset out

DISRTO

0 Reset pin is driven High after WDT times out

1 Reset pin is input only

Disable/Enable WDT in IDLE mode

WDIDLE

0 WDT continues to count in IDLE mode

1 WDT halts counting in IDLE mode

**Pointer Registers:** To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. should always initialize the DPS bit to the

appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.

**Power Off Flag:** The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

## AUXR1: Auxiliary Register 1

Address = A2H

Reset Value = XXXXXXX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

Data Pointer Register Select

DPS

0 Selects DPTR Registers DP0L, DP0H

1 Selects DPTR Registers DP1L, DP1H





## Memory Organization

AT89S52 devices have a separate address space for Program Memory and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program Memory and Data Memory can be addressed.

### Program Memory

When pin  $\overline{EA}$  is connected to GND, all program fetches are to external memory.

For AT89S52, if  $\overline{EA}$  is connected to  $V_{CC}$ , program fetches to addresses 0000H through 1FFFFH are directed to external memory and fetches to addresses 2000H through 7FFFH are directed to on-chip memory.

### Data Memory

AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The 128 bytes of RAM occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that the upper 128 bytes of RAM have the same addresses as the SFR space but are separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions which use direct addressing access the SFR space.

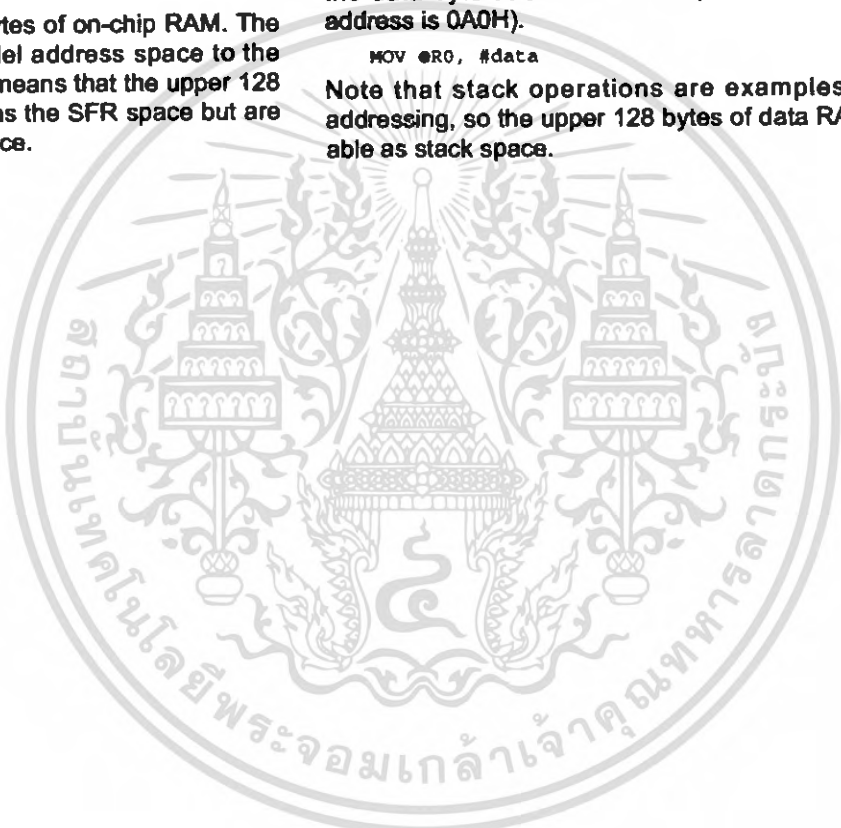
For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.



## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Watchdog Timer (WDT) Enabled with Reset-out

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 13-bit counter and the Watchdog Timer (WDT) SFR. The WDT is defaulted to disable the WDT on reset. To enable the WDT, a user must write 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external oscillator frequency. There is no way to disable the WDT without a hardware reset (either hardware reset or WDT overflow). When WDT overflows, it will drive an output pin (RST) pulse at the RST pin.

## Service the WDT

To service the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 13-bit counter overflows when it reaches 8191 and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT every 8191 machine cycles. To reset the WDT, the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read. When WDT overflows, it will generate a RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse width is approximately 96xTOSC, where TOSC=1/FOSC. To make the most of the WDT, it should be serviced in those seconds that will periodically be executed within the program to prevent a WDT reset.

## WDT during Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user must periodically service the WDT. There are two methods to service the WDT during Power-down mode: by a hardware reset or via a hardware reset external interrupt which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited without a hardware reset, servicing the WDT should occur as it does whenever the AT89S52 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The RST pin is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device during the interrupt service, the RST pin is held low. When the interrupt pin is pulled high, it is suggested that the WDT be serviced during the interrupt service for the interrupt before exiting Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from overflowing during IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

## UART

The UART in the AT89S52 operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/T2 in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

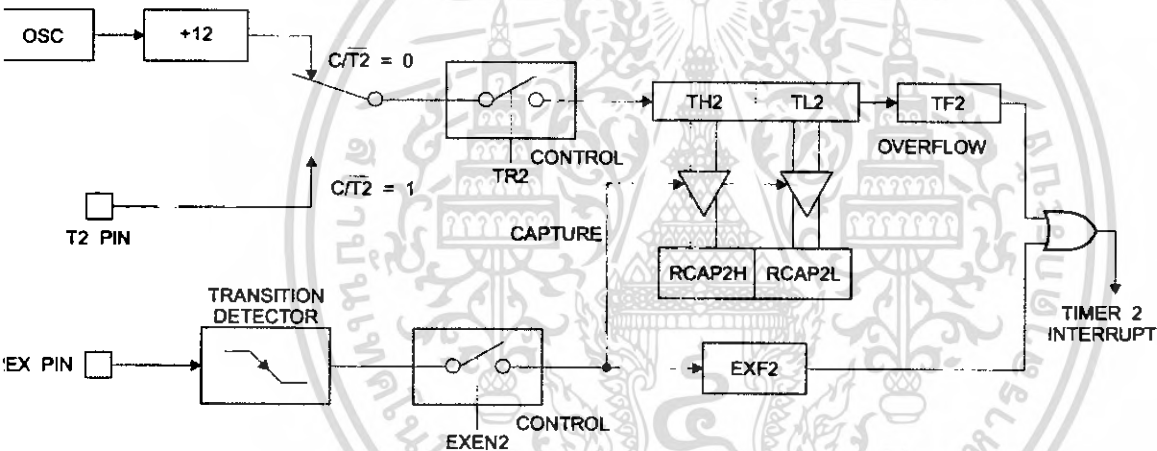
RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)



counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input T2EX. In this function, the external input is sampled at the beginning of every machine cycle. When the signal goes high in one cycle and a low in the next cycle, the counter is incremented. The new count value appears in the registers during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one machine cycle.

**Mode**  
In capture mode, two options are selected by bit C/T2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer which upon overflow sets bit TF2 in T2CON.

**Timer in Capture Mode**



shows Timer 2 automatically counting up when configured in its 16-bit auto-reload mode. In this mode, two options are selected by bit C/T2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0xFFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively. The values in RCAP2H and RCAP2L are preset to 0. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled. The DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 6. In this mode, the T2EX pin controls

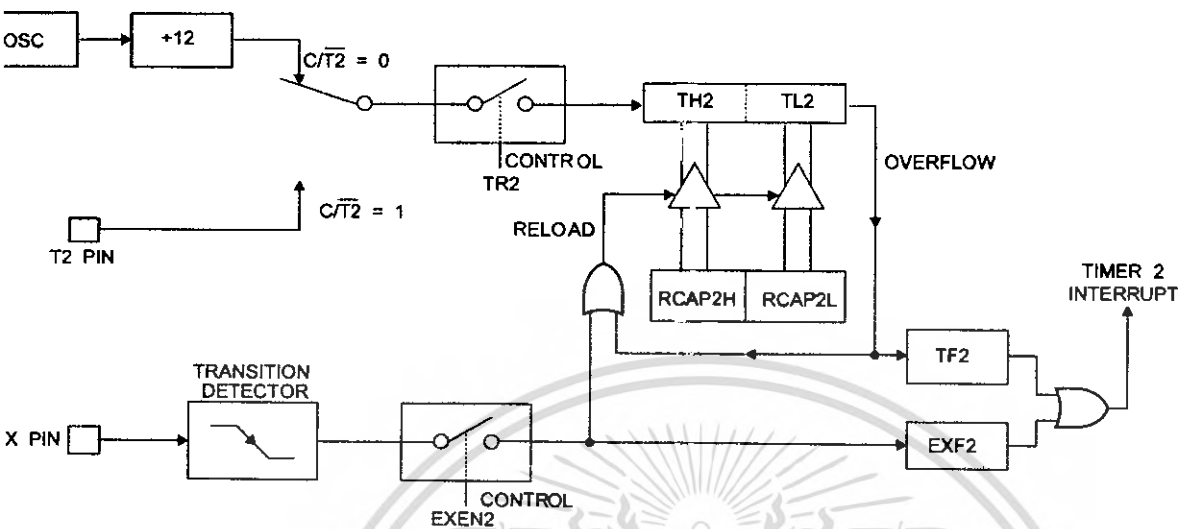
This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 5.

**Auto-reload (Up or Down Counter)**

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0xFFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively. A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0xFFFFH to be reloaded into the timer registers. The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

## Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)



## T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

IO Address = 0C9H

Reset Value = XXXX XX00B

Bit Addressable

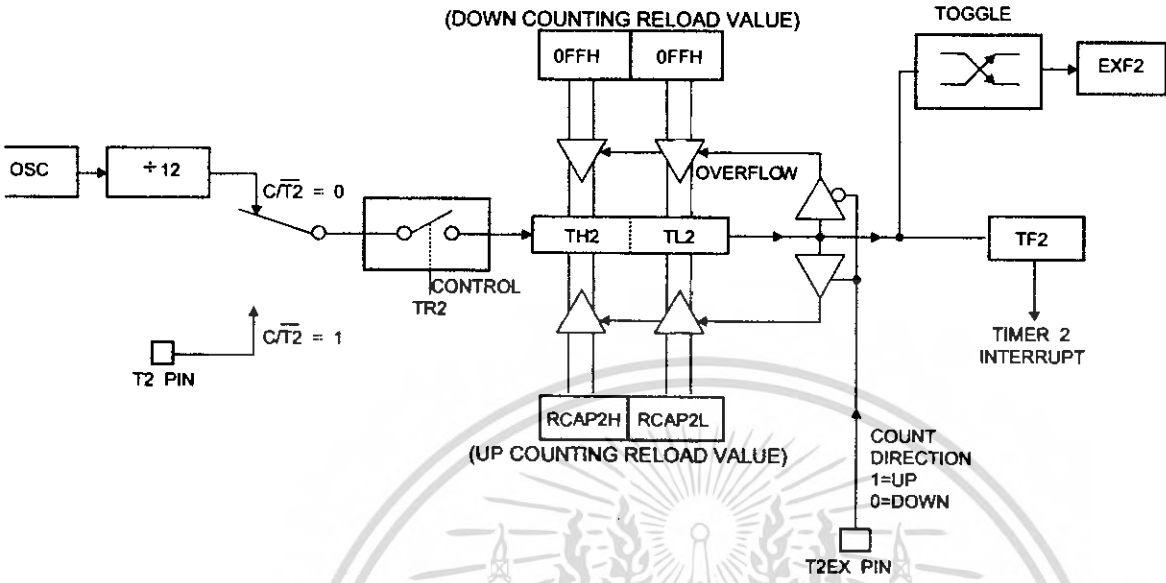
-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN
7	6	5	4	3	2	1	0

Bit	Function
7	Not implemented, reserved for future
6	Not implemented, reserved for future
5	Not implemented, reserved for future
4	Not implemented, reserved for future
3	Not implemented, reserved for future
2	Not implemented, reserved for future
1	Timer 2 Output Enable bit
0	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter

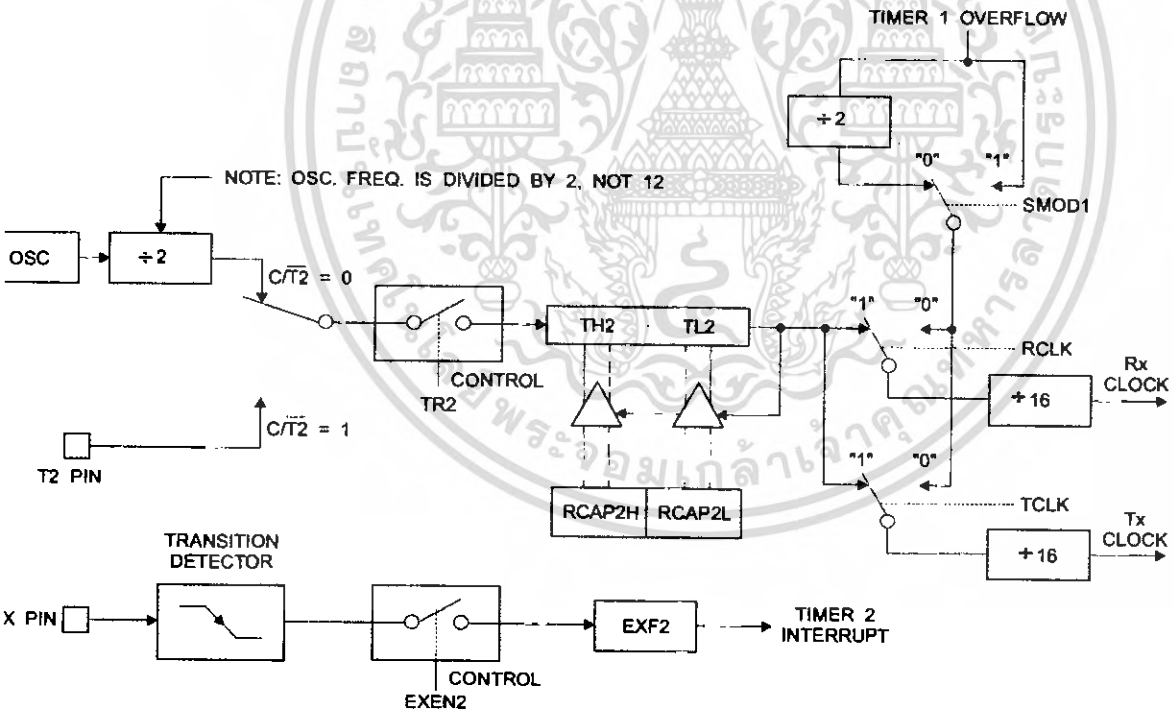




Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)



Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



AT89S52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Baud Rate Generator

is selected as the baud rate generator by setting RCLK or TCLK in T2CON (Table 2). Note that the rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 8.

Timer 2 in baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode. That a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2 overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

Timer 2 can be configured for either timer or counter. In most applications, it is configured for timer operation (CP/T2 = 0). The timer operation is different from counter operation when it is used as a baud rate generator. Normally, the counter increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

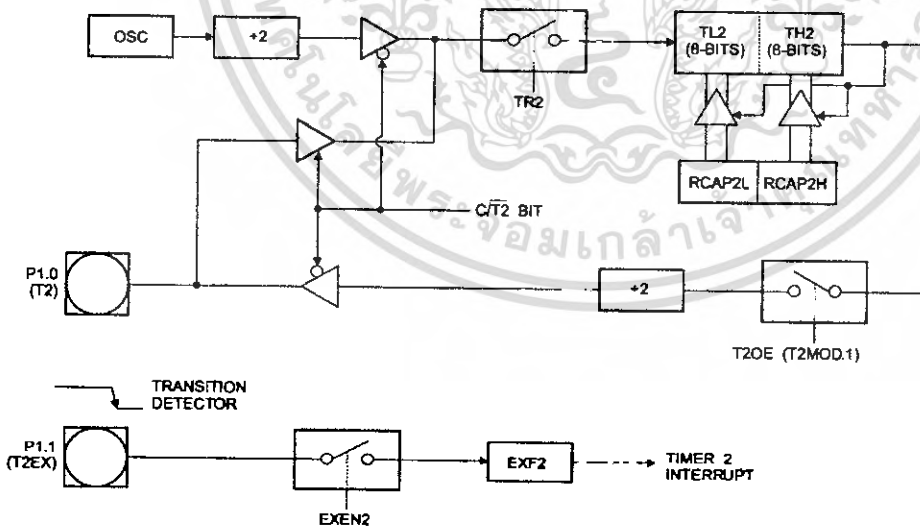
$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rate} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 8. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus, when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

### Timer 2 in Clock-Out Mode





## Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on pin RCAP2L. This pin, besides being a register output, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz operating frequency.

To use the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit T2CON.1 must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer. The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously, however, that the baud-rate and clock-out frequency cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

## Interrupts

The AT89S52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts (INT0 and INT1), three timer interrupts (Timer 0 and 2), and the serial port interrupt. These are all shown in Figure 10.

These interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented in the AT89S52, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions since they may be used in future AT89 products.

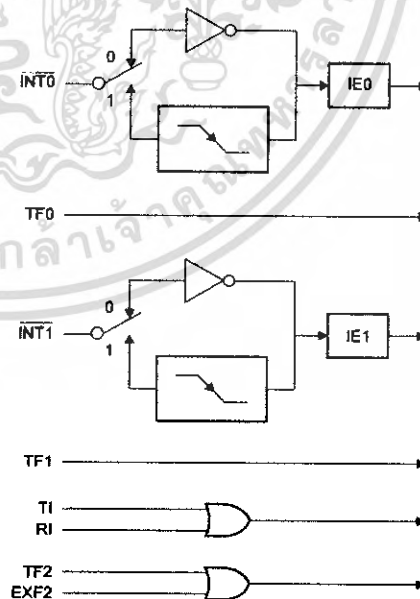
An interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and INT1 in register T2CON. Neither of these flags is cleared in hardware when the service routine is vectored to the interrupt. The service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and the interrupt flag will have to be cleared in software.

Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at the end of each cycle in which the timers overflow. The values are cleared by the circuitry in the next cycle. However, the overflow flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the next cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)								(LSB)
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
Enable Bit = 1 enables the interrupt.								
Enable Bit = 0 disables the interrupt.								
Symbol	Position	Function						
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.						
-	IE.6	Reserved.						
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.						
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.						
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.						
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.						
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.						
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.						
User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.								

Figure 10. Interrupt Sources



## AT89S52

IEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**for Characteristics**

and XTAL2 are the input and output, respectively, driving amplifier that can be configured for use as an oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz or ceramic resonator may be used. To drive the microcontroller from an external clock source, XTAL2 should be left floating while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low time specifications must be observed.

**Mode**

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the peripheral modules remain active. The mode is invoked by the IDLE instruction. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. Idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

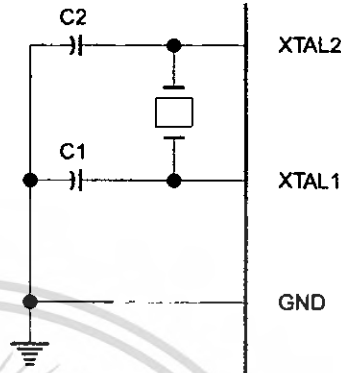
When idle mode is terminated by a hardware reset, the microcontroller normally resumes program execution as if it were never left off, up to two machine cycles before the next instruction takes control. On-chip hardware reset does not inhibit access to internal RAM in this event, but access to external RAM is not inhibited. To eliminate the possibility of an unintended write to a port pin when idle mode is terminated, the instruction following the one that enters idle mode should not write to a port pin or to external memory.

**Power-down Mode**

In power-down mode, the oscillator is stopped, and the microcontroller enters the lowest power state. The instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. The instruction that enters Power-down mode configures the SFRs but does not change the on-chip RAM. Power-down mode should not be activated before V<sub>CC</sub> is at its normal operating level and must be held there until the microcontroller is reset.

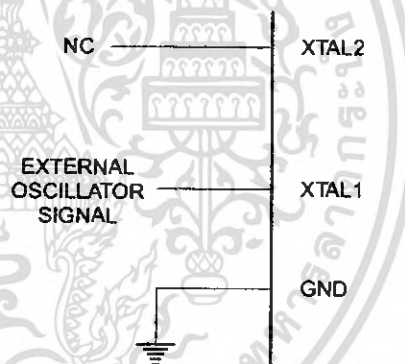
active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

**Figure 11. Oscillator Connections**



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

**Figure 12. External Clock Drive Configuration**



**Status of External Pins During Idle and Power-down Modes**

	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Idle	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data





## Flash Memory Lock Bits

AT89S52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the addresses listed in the following table.

### Flash Bit Protection Modes

Flash Lock Bits			Protection Type
LB1	LB2	LB3	
U	U	U	No program lock features
P	U	U	MOVX instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory. $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

Lock bit 1 is programmed, the logic level at the  $\overline{EA}$  pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value. The device holds that value until reset is activated. The value of  $\overline{EA}$  must agree with the current logic level in order for the device to function properly.

## Programming the Flash – Parallel Mode

The AT89S52 is shipped with the on-chip Flash memory array to be programmed. The programming interface consists of a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash programmers.

The AT89S52 code memory array is programmed byte-by-byte.

**Programming Algorithm:** Before programming the Flash, the address, data, and control signals should be programmed according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S52, take the following steps:

1. Program the desired memory location on the address lines.

2. Program the appropriate data byte on the data lines.

3. Program the correct combination of control signals.

4. Program  $\overline{EA}/V_{pp}$  to 12V.

5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is completed and typically takes no more than 50  $\mu$ s.

Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89S52 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/ $\overline{BSY}$  output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(100H) = 52H indicates 89S52

(200H) = 06H

**Chip Erase:** In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/PROG low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

## Programming the Flash – Serial Mode

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to  $V_{cc}$ . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK)

# AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

## Programming Algorithm

To program and verify the AT89S52 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

Power-up sequence:

1. Connect power between VCC and GND pins.

2. Set RST pin to "H".

3. If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

4. Begin serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin P1.5. The frequency of the shift clock support pin SCK/P1.7 needs to be less than the oscillator clock at XTAL1 divided by 16.

5. The code array is programmed one byte at a time by applying the address and data together with the

appropriate Write instruction. The write cycle is self-timed and typically takes less than 1 ms at 5V.

4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

Power-off sequence (if needed):

1. Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).

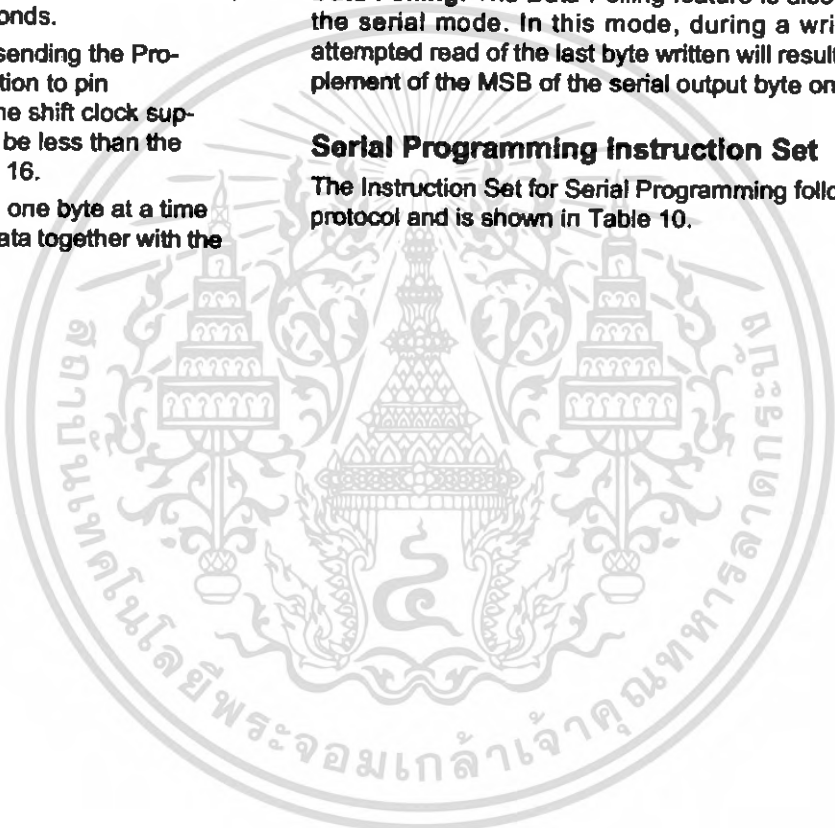
2. Set RST to "L".

3. Turn V<sub>CC</sub> power off.

**Data Polling:** The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

## Serial Programming Instruction Set

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 10.





## Programming Interface – Parallel Mode

Each byte in the Flash array can be programmed by appropriate combination of control signals. The programming cycle is self-timed and once initiated, will all time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

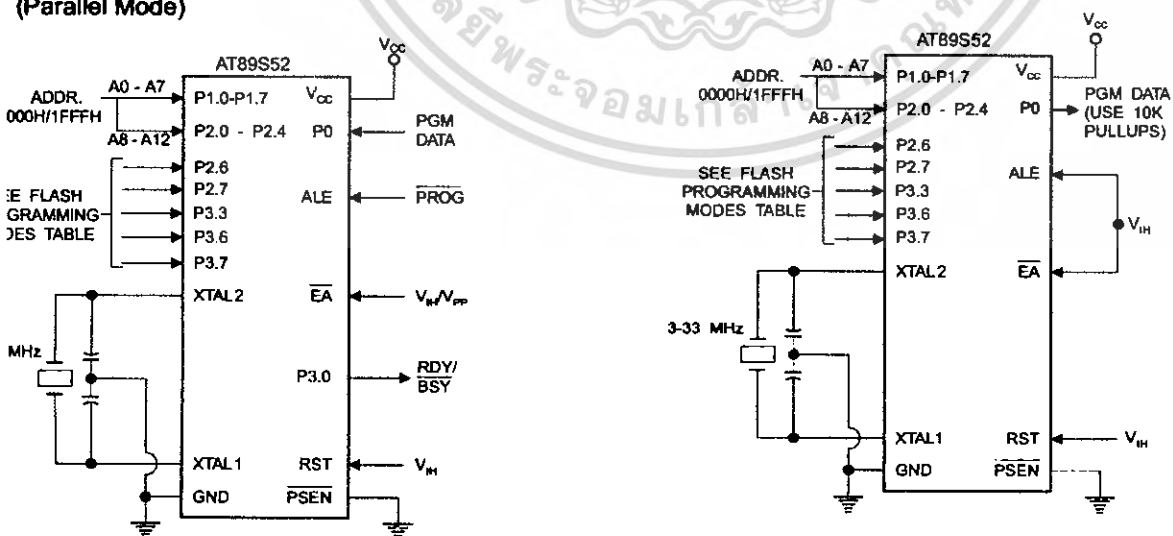
### Flash Programming Modes

	V <sub>cc</sub>	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V <sub>pp</sub>	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.4-0	P1.7-0
												Address	
Write Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D <sub>IN</sub>	A12-8	A7-0
Read Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D <sub>OUT</sub>	A12-8	A7-0
Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Bits	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	X 0000	00H
0 ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
1 ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 0010	00H

Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.  
 Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.  
 Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.  
 RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.  
 X = don't care.

### Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

Figure 14. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



## AT89S52

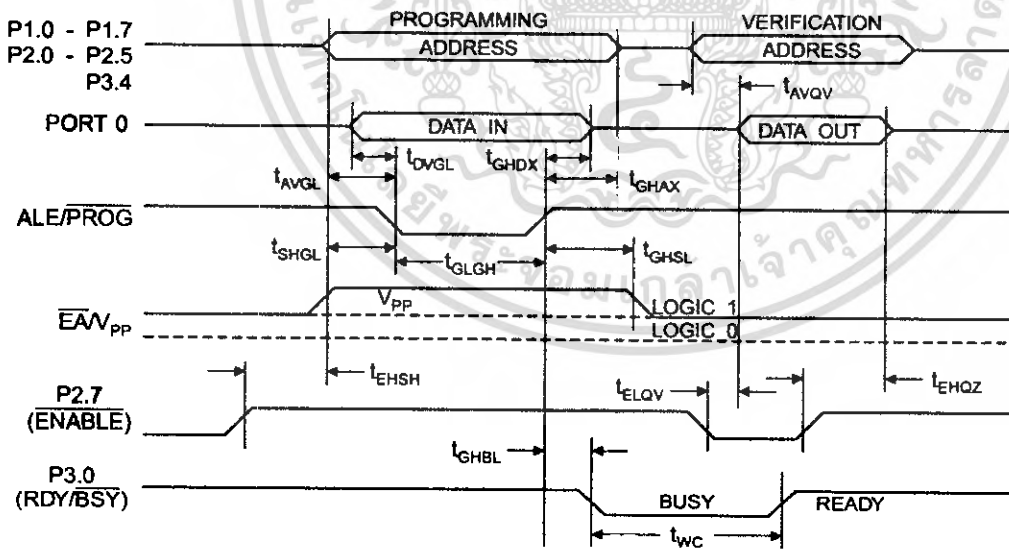
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)**

to 30°C, V<sub>CC</sub> = 4.5 to 5.5V

Parameter	Min	Max	Units
Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
Programming Supply Current		10	mA
V <sub>CC</sub> Supply Current		30	mA
Oscillator Frequency	3	33	MHz
Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t <sub>CLCL</sub>		
Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t <sub>CLCL</sub>		
Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t <sub>CLCL</sub>		
Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t <sub>CLCL</sub>		
P2.7 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to V <sub>PP</sub>	48t <sub>CLCL</sub>		
V <sub>PP</sub> Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
V <sub>PP</sub> Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
Address to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48t <sub>CLCL</sub>	
$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
Byte Write Cycle Time		50	μs

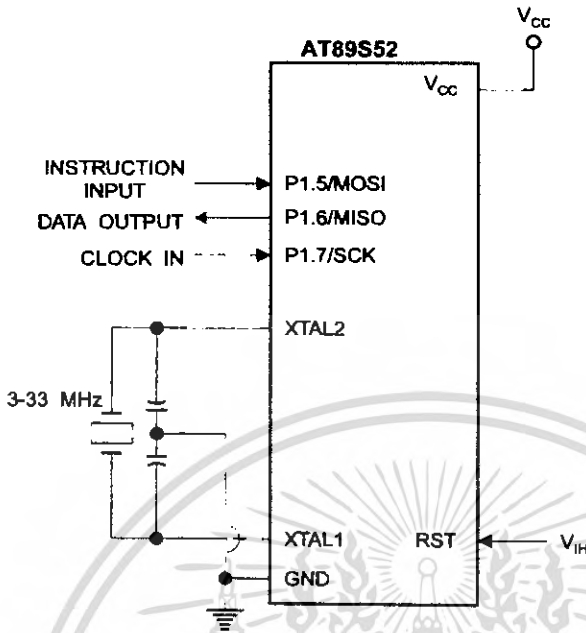
**Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

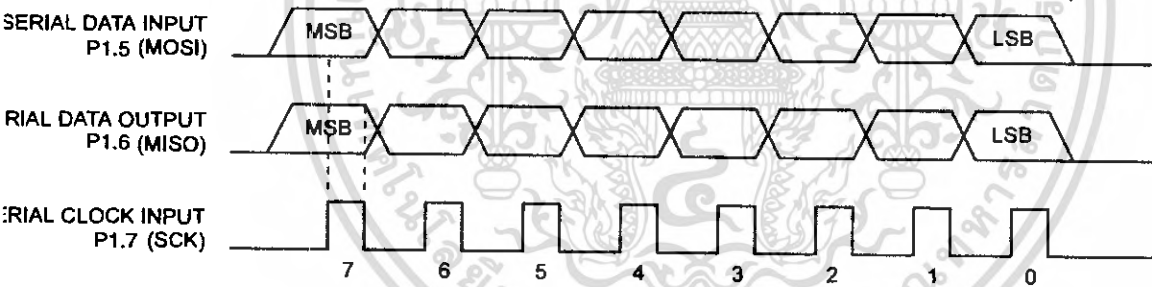


## Flash Memory Serial Downloading



## Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

### Serial Programming Waveforms



## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format		Byte 3	Byte 4	Operation
	Byte 1	Byte 2			
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (byte)	0010 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7 DDD DDDD 3 DDD DDDD	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (byte)	0100 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7 DDD DDDD 3 DDD DDDD	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(2)</sup>	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a '1')
Read Signature Bytes <sup>(1)</sup>	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1 A0	xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page)	0011 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page)	0101 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection  
 B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated  
 B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated  
 B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated

Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

When the  $\overline{CS}$  signal is high, SCK should be low for at least 64 clocks before it goes high to clock in the enable. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at

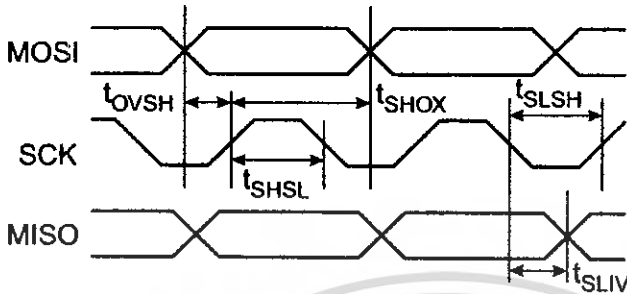
For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.





## Programming Characteristics

### Serial Programming Timing



Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless otherwise noted)

Parameter	Min	Typ	Max	Units
Oscillator Frequency	0		33	MHz
Oscillator Period	30			ns
SCK Pulse Width High	$2 t_{CLCL}$			ns
SCK Pulse Width Low	$2 t_{CLCL}$			ns
MOSI Setup to SCK High	$t_{CLCL}$			ns
MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings\*

Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Operating Voltage.....	6.6V
Maximum Current.....	15.0 mA

**\*NOTICE:** Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and does not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## Electrical Characteristics

Conditions shown in this table are valid for  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  and  $V_{CC} = 4.0\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ , unless otherwise noted.

Parameter	Condition	Min	Max	Units
Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
Reset Pulldown Resistor		10	30	$\text{K}\Omega$
Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
	Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
Power-down Mode <sup>(1)</sup>	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	$\mu\text{A}$

Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:

Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA

Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port:

Port 0: 26 mA      Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA

If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.





## Characteristics

Operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other 80 pF.

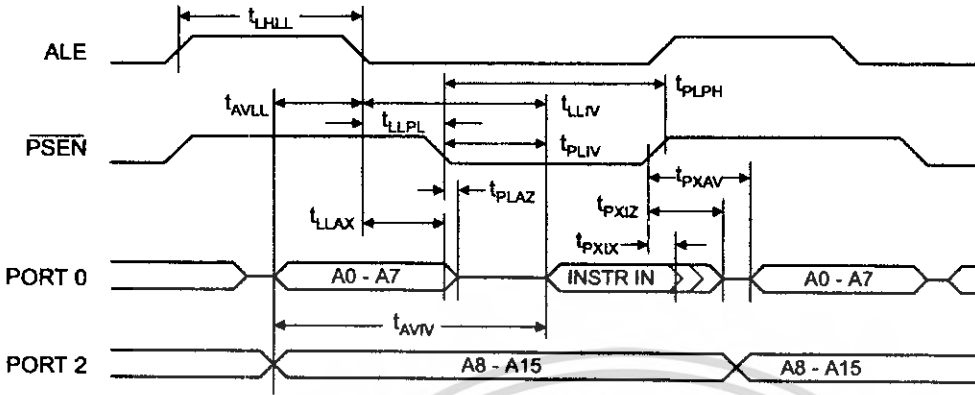
### Read Program and Data Memory Characteristics

Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
	Min	Max	Min	Max	
Oscillator Frequency			0	33	MHz
ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-45$		ns
PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-60$	ns
Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-25$	ns
PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-80$	ns
PSEN Low to Address Float		10		10	ns
RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
Data Hold After RD	0		0		ns
Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-30$		ns
Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-130$		ns
Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-25$		ns
RD Low to Address Float		0		0	ns
RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-25$	$t_{CLCL}+25$	ns

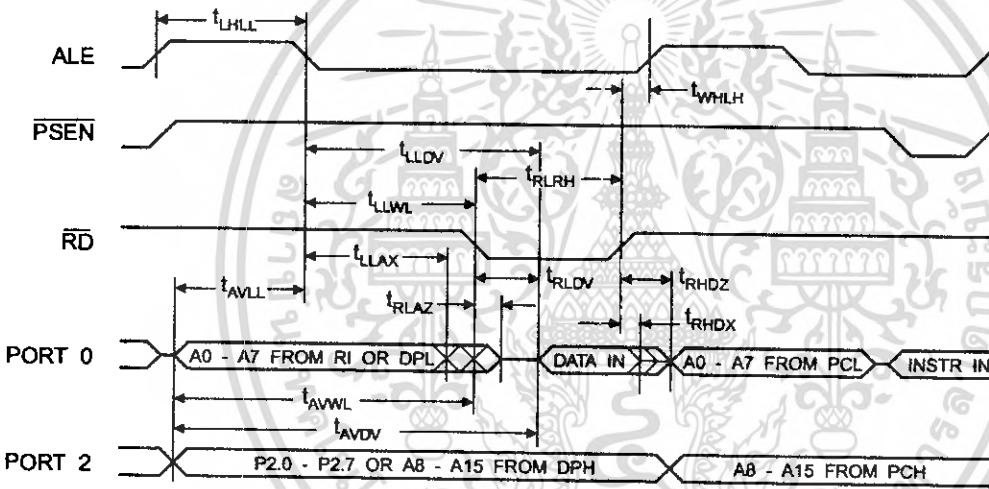
## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

al Program Memory Read Cycle

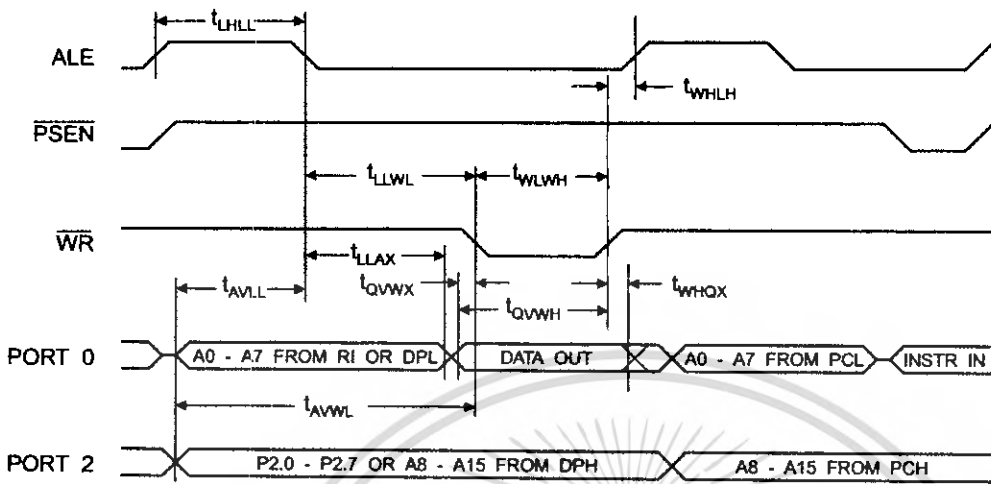


al Data Memory Read Cycle

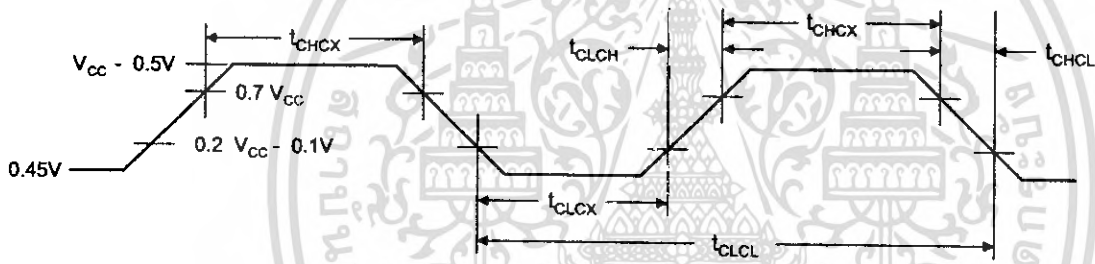




### al Data Memory Write Cycle



### al Clock Drive Waveforms



### al Clock Drive

Parameter	Min	Max	Units
Oscillator Frequency	0	33	MHz
Clock Period	30		ns
High Time	12		ns
Low Time	12		ns
Rise Time		5	ns
Fall Time		5	ns

## AT89S52

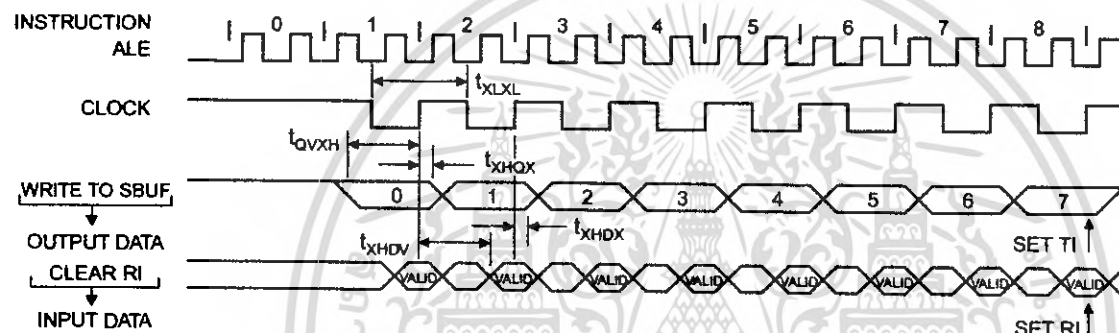
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

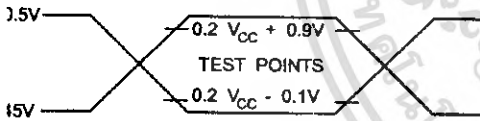
Conditions in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80\text{ pF}$ .

Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
	Min	Max	Min	Max	
Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

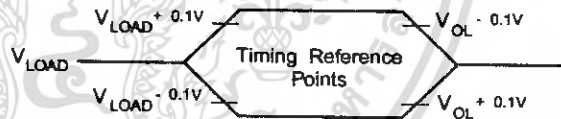
## Shift Register Mode Timing Waveforms



## Timing Input/Output Waveforms (1)



## Float Waveforms (1)



AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for a logic 1 and  $0.45V$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH}$  min. for a logic 1 and  $V_{IL}$  max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a  $100\text{ mV}$  change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a  $100\text{ mV}$  change from the loaded  $V_{OH}/V_{OL}$  level occurs.





## ing Information

Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
4.0V to 5.5V	AT89S52-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
	AT89S52-24JC	44J	
	AT89S52-24PC	40P6	
	AT89S52-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
	AT89S52-24JI	44J	
	AT89S52-24PI	40P6	
4.5V to 5.5V	AT89S52-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
	AT89S52-33JC	44J	
	AT89S52-33PC	40P6	

: Preliminary Availability



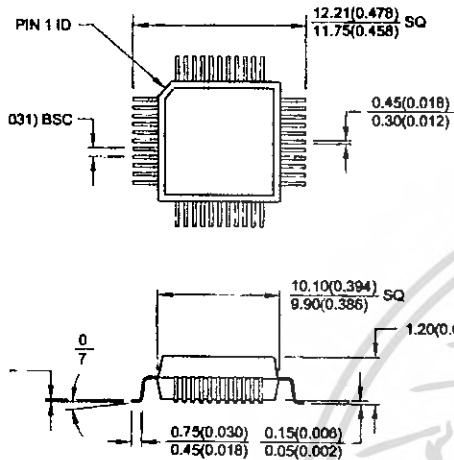
Package Type
44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

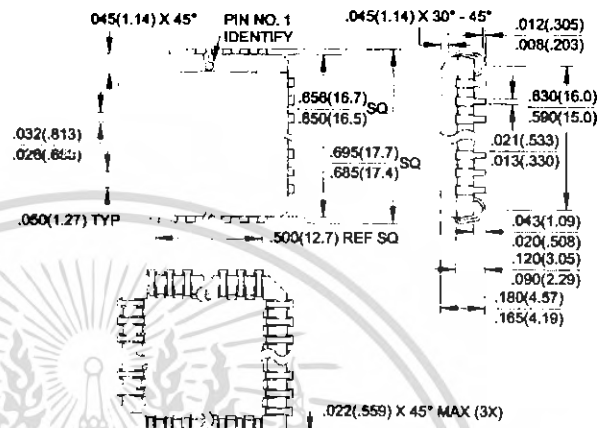
### ing Information

44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Package (TQFP)  
 Dimensions in Millimeters and (Inches)\*

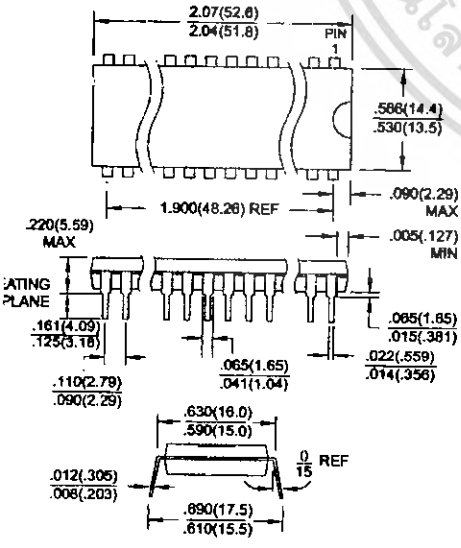


Dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 STANDARD MS-011 AC



## AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Headquarters

Atmel Headquarters  
 One Richardson Parkway  
 Santa Clara, CA 95131  
 (408) 441-0311  
 (408) 487-2600

Atmel (Thailand) Ltd.  
 111/111-111 Arsenaux 41  
 111/111-111 Postale 80  
 111/111-111 15 Fribourg  
 111/111-111 Land  
 (66) 26-426-5555  
 (66) 26-426-5500

Atmel (Singapore) Pte. Ltd.  
 111/111-111 219  
 111/111-111 Tem Golden Plaza  
 111/111-111 5 Road Tsimhatsui  
 111/111-111 Wooloon  
 111/111-111 Hong  
 (65) 2721-9778  
 (65) 2722-1369

Atmel (Japan) K.K.  
 111/111-111 111 Shinkawa Bldg.  
 111/111-111 Shinkawa  
 111/111-111 1, Tokyo 104-0033  
 (81) 3-3523-3551  
 (81) 3-3523-7581

## Atmel Product Operations

**Atmel Colorado Springs**  
 1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.  
 Colorado Springs, CO 80906  
 TEL (719) 576-3300  
 FAX (719) 540-1759

**Atmel Grenoble**  
 Avenue de Rochepleine  
 BP 123  
 38521 Saint-Egreve Cedex, France  
 TEL (33) 4-7658-3000  
 FAX (33) 4-7658-3480

**Atmel Heilbronn**  
 Theresienstrasse 2  
 POB 3535  
 D-74025 Heilbronn, Germany  
 TEL (49) 71 31 67 25 94  
 FAX (49) 71 31 67 24 23

**Atmel Nantes**  
 La Chantrerie  
 BP 70602  
 44306 Nantes Cedex 3, France  
 TEL (33) 0 2 40 18 18 18  
 FAX (33) 0 2 40 18 19 60

**Atmel Rousset**  
 Zone Industrielle  
 13106 Rousset Cedex, France  
 TEL (33) 4-4253-6000  
 FAX (33) 4-4253-8001

**Atmel Smart Card ICs**  
 Scottish Enterprise Technology Park  
 East Kilbride, Scotland G75 0QR  
 TEL (44) 1355-357-000  
 FAX (44) 1355-242-743

**Fax-on-Demand**  
 North America:  
 1-(800) 292-8635  
 International:  
 1-(408) 441-0732

**e-mail**  
[literature@atmel.com](mailto:literature@atmel.com)

**Web Site**  
<http://www.atmel.com>

**BBS**  
 1-(408) 436-4309

## Warranty

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty outlined in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors that appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by Atmel in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical life support devices or systems.

Atmel is a registered trademark of Atmel.

Atmel is a registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be used by others.



Rev.1919A-07/01/hm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้