สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ

EXAMINATION COINS MACHINE

โดย

นายปริญญา เกิดปัญญา

นายปริญญา ทองแสง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46439
วัน, เดือน, ปี - 1 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานภาษาไทย	**เครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ**
TITLE	**EXAMINATION COINS MACHINE**
โดย	**นายปริญญา เกิดปัญญา**
	นายปริญญา ทองแสง
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ**
ภาควิชา	**วิศวกรรมสารสนเทศ**
ปีการศึกษา	**2544**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

.....

( )

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายปริญญา เกิดปัญญา รหัสประจำตัว 43015732
	นายปริญญา ทองแสง รหัสประจำตัว 43015733
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
ระดับกาศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอ การสร้างเครื่องนับเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องนี้จะมีความสามารถในการแยกแยะขนาดและตรวจสอบเหรียญจริง เหรียญปลอมได้ โดยมีส่วนประกอบหลักใหญ่ 3 ส่วน คือ การนับ, การคัดแยก และการตรวจสอบเหรียญ โดยนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานส่วนของการนับและควบคุม Stepping Motor ส่วนการตรวจสอบเหรียญนั้นได้นำเอา Sensor แบบ Inductive มาเป็นตัวตรวจสอบเหรียญจริงเหรียญปลอม จากผลการทดลองเครื่องมีประสิทธิภาพประมาณ 90 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT TITLE	EXAMINATION COINS MACHINE
STUDENT	Mr. Prarinya Kerdpanya No 43015732
	Mr. Prarinya Tongsang No 43015733
ADVISER	Assoc.Prof. Chawalit Benjangkaprasert
COURSE	Bachhelor of Industrial Technology
DEPARTMENT	Information Engineering
YEAR	2001

Abstract

This project presents a making of Examination coins machine which this machine ables to analyze sizes and examine the real or fake coins. By having 3 main elements as following : Coins counting, Coins detecting, Coins examination. Microcontroller is being used in the part of coins counting and control stepping motor while the coins examination part we use the inductive sensor to be the coins examiner. It has efficiency about 90 percent from test's result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

จากความสำเร็จในการสร้าง เครื่องตรวจนับเหรียญอัตโนมัติ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่ได้ให้คำชี้แนะ และให้ความสนับสนุนในทุกๆด้าน และขอขอบพระคุณ ผศ. มานพ ทองแสง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและวัสดุในการสร้างโครงงานนี้ขึ้น ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา และขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เพื่อนๆ ที่ให้ความสนับสนุนเป็นอย่างดี จนกระทั่งโครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี ขอบคุณครับ

นาย ปริญญา เกิดปัญญา

นาย ปริญญา ทองแสง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียน	3
2.1.1 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว ราคา ๑ บาท	3
2.1.2 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท	4
2.1.3 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๕๐ สตางค์	4
2.1.4 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๒๕ สตางค์	5
2.1.5 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑๐ สตางค์	6
2.1.6 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๕ สตางค์	7
2.1.7 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑ สตางค์	8
2.1.8 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท	9
2.1.9 เหรียญกษาปณ์โลหะสองสี (สีขาวและสีทอง) ชนิดราคา ๑๐ บาท	10
2.2 การเปรียบเทียบเหรียญของรัฐบาลและเหรียญปลอม	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	12
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AAT89XX	13
2.3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	14
2.3.3 โครงสร้างและทำงานของพอร์ต	18
2.3.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบแฟลช	24
บทที่ 3 การออกแบบและวงจร	
3.1 Block Diagram ของโครงงานเครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ	36
3.2 ส่วนประกอบหลัก ๆ ของส่วน Mechchanic	37
3.2.1 ส่วนของการคัดขนาดเหรียญ	38
3.2.2 ส่วนของการแยกเหรียญจริงและเหรียญปลอม	40
3.2.3 การติดตั้งระบบกลไกรวม	41
3.3 วงจร Sensor แบบ Inductive	43
3.4 วงจรในส่วนของภาค Control	45
3.5 วงจรในส่วนของภาค Counter & Memory	46
บทที่ 4 การทดลองและผลของการทดลอง	
4.1 การทดลอง และผลการทดลอง Sensor	47
4.1.1 การทดลองวัดแรงดันขดตรวจจับ	47
4.1.2 การทดลองวัดแรงดันขดเปรียบเทียบ	47
4.1.3 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่าง เหรียญ 10 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา	48
4.1.4 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่าง เหรียญ 5 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.5 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 1 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา	49
4.1.6 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 10 กับ เหรียญ 10	49
4.1.7 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 5 กับ เหรียญ 5	50
4.1.8 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 1 กับ เหรียญ 1	50
4.1.9 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันกรณีไม่มีเหรียญทั้ง 2 ขดลวด	51
4.2 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่อง	51
บทที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	53
5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน	53
5.3 ข้อเสนอแนะ	53

ภาคผนวก ก. Flowchart , Program, ลาย PCB

ภาคผนวก ข รูปภาพโครงงาน

ภาคผนวก ค Data sheet

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว ราคา ๑ บาท	3
รูปที่ 2 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท	4
รูปที่ 3 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๕๐ สตางค์	5
รูปที่ 4 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๒๕ สตางค์	5
รูปที่ 5 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑๐ สตางค์	6
รูปที่ 6 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๕ สตางค์	7
รูปที่ 7 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑ สตางค์	8
รูปที่ 8 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท	8
รูปที่ 9 เหรียญกษาปณ์โลหะสองสี (สีขาวและสีทอง) ชนิดราคา ๑๐ บาท	10
รูปที่ 10 โครสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx	14
รูปที่ 11 โครสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx	15
รูปที่ 12 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel	16
รูปที่ 13 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x	17
รูปที่ 14 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	20
รูปที่ 15 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	21
รูปที่ 16 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	22
รูปที่ 17 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	23
รูปที่ 18 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	26
รูปที่ 19 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	
รูปที่ 20 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	28
รูปที่ 21 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	29
รูปที่ 22 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่าง ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	29
รูปที่ 23 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูล ภายในส่วนบนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	30
รูปที่ 24 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	30
รูปที่ 25 รายละเอียดของรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW	33
รูปที่ 26 Block Diagram ของโครงงานเครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ	36
รูปที่ 27 ภาพลักษณะโดยทั่วๆไปของระบบกลไก	37
รูปที่ 28 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 10 บาท	38
รูปที่ 29 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 5บาท	38
รูปที่ 30 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 10 บาท	38
รูปที่ 31 แสดงการยึดกล่องทั้ง 3 ชิ้นเข้าด้วยกัน	39
รูปที่ 32 แสดงโครงสร้างชุดคัดเหรียญมองจากด้านบน	39
รูปที่ 33 แสดงชุดคัดเหรียญมองจากด้านข้าง	40
รูปที่ 34 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 10	40
รูปที่ 35 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 5	40
รูปที่ 36 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 1	40
รูปที่ 37 แสดงการต่อชิ้นงานทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน	41
รูปที่ 38 แสดงภาพรวมของโครงงาน	41
รูปที่ 39 แสดงลักษณะการติดตั้ง เซนเซอร์ และโซลินอยล์	42
รูปที่ 40 แสดงวงจรSensor	43
รูปที่ 41 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคควบคุม	45
รูปที่ 42 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคนับและเก็บค่า	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 43 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 3.3 Vp-p	47
รูปที่ 44 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 3.3 Vp-p	47
รูปที่ 45 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.6 Vp-p	48
รูปที่ 46 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 1.2 Vp-p	48
รูปที่ 47 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.65 Vp-p	49
รูปที่ 48 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.44 Vp-p	49
รูปที่ 49 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.128 Vp-p	50
รูปที่ 50 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.16 Vp-p	50
รูปที่ 51 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 40m Vp-p	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่1 การเปรียบเทียบเหรียญของรัฐบาลและเหรียญปลอม	11
ตารางที่2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
ตารางที่ 3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
ตารางที่ 4 การเลือกแบงค์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อ กับรีจิสเตอร์แบงก์ R0-R7	32
ตารางที่ 5 การทดสอบเครื่องตรวจสอบเหรียญ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบัน การแลกเปลี่ยนเงินตรามีเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นตามเวลา โดยเหรียญกษาปณ์นั้นจะถูกแบ่งเป็น 3 ชนิด ที่เรานำมาใช้กันในการจับจ่ายซื้อขาย นั้นเป็นเหรียญกษาปณ์แบบหมุนเวียน ซึ่งทางกรมธนารักษ์เป็นหน่วยงานทางราชการที่รับผิดชอบในการผลิต เราจะพบเห็นเหรียญกษาปณ์เหล่านั้นในราคาต่าง ๆ กัน เครื่องอำนวยความสะดวกทางการบริการส่วนใหญ่ เช่น เครื่องจำหน่ายน้ำอัดลมกระป๋อง ตู้โทรศัพท์ ตู้เกมส์ ฯลฯ จะใช้เหรียญหยอด เพราะสามารถที่จะตรวจเช็คได้ง่าย ซึ่งเราจะเห็นตามสถานที่ต่างๆ ทั่วไป

เหรียญกษาปณ์นั้นสามารถ แลกคืนได้ โดยจะมีการคัดแยกประเภทของเหรียญในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นชำรุดแลกได้เต็มราคาและครึ่งราคา แบบแลกค่าไม่ได้ จนถึงเหรียญปลอม การปลอมแปลง ลอกเลียนเหรียญนั้นมีความผิดทางกฎหมาย โดยจะมีความผิดตามมาตรา 9 และมาตรา 35 แห่งพระราชบัญญัติเงินตรา พ.ศ. 2501 ซึ่งกล่าวไว้ว่า

มาตรา 9 ห้ามมิให้ผู้ใดทำ จำหน่าย ใช้ หรือนำออกใช้ซึ่งวัตถุหรือเครื่องหมายใดๆ แทนเงินตรา เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลัง

มาตรา 35 ผู้ใดฝ่าฝืน มาตรา 9 ต้องระวางโทษจำคุก ไม่เกิน3 ปี หรือปรับไม่เกิน 50,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำ จึงมีความคิดที่จะสร้าง "เครื่องตรวจนับเหรียญอัตโนมัติ (Examination Coins Machine)" โดยมีความคิดที่จะนำเครื่องนี้ไปใช้กับ โรงกษาปณ์ หน่วยงานต่างๆ ธนาคาร ซึ่งจะมีการนับในจำนวนเหรียญมากๆ เพื่อความสะดวก ประหยัดเวลา และตรวจสอบเหรียญปลอมได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ และนำมาประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อศึกษาการทำงานและ โปรแกรมควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเหรียญกษาปณ์
4. เพื่อค้นคว้า และแก้ปัญหาของเครื่องตรวจนับเหรียญอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. เครื่องสามารถใช้ได้กับเหรียญ 1 บาท 5 บาท 10 บาท
2. เครื่องสามารถแยกขนาดเหรียญได้
3. เครื่องสามารถตรวจสอบเหรียญจริง – ปลอมได้
4. เครื่องสามารถแสดงจำนวนเหรียญที่นับได้
5. เครื่องสามารถปฏิเสธเหรียญปลอมได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเครื่องนี้ไปใช้ใน ธนาคาร โรงกษาปณ์ได้
2. สามารถนำไปประยุกต์กับหน่วยงานที่ต้องการได้
3. สามารเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องได้
4. สามารถสร้างเครื่องตรวจสอบเหรียญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียน

2.1.1 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว ราคา ๑ บาท

รูปที่ 1 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว ราคา ๑ บาท

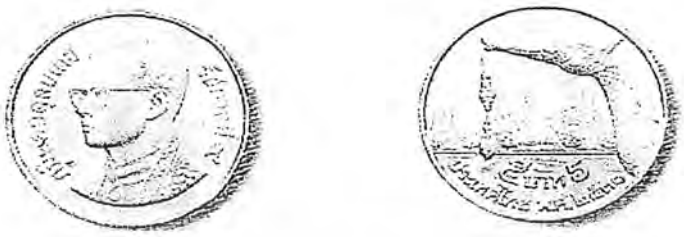
ชนิด	เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล)
ลักษณะ	เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักร
ราคา	๑ บาท
โลหะและอัตราเนื้อโลหะ	นิเกิลร้อยละ ๒๕ ทองแดงร้อยละ ๗๕
น้ำหนัก	๓.๕ กรัม
ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๐ มิลลิเมตร
ลวดลาย	

ด้านหน้า กลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงขอบเหรียญด้านขวามีข้อความว่า "ภูมิพลอดุลยเดช" ด้านซ้ายมีข้อความว่า "รัชกาลที่ ๙"

ด้านหลัง เบื้องขวาของเหรียญมีรูปพระเจดีย์ทอง วัดพระศรีรัตนศาสดาราม ในพระบรมมหาราชวัง เบื้องซ้ายมีข้อความว่า "ประเทศไทย" ใต้ข้อความประเทศไทยมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ ใต้ปีพ.ศ. มีเลขไทยและเลขอารบิคบอกราคาว่า "1 บาท"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท



รูปที่ 2 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท

ชนิด เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิเกิล) เคลือบไส้ทองแดง

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักร

ราคา ๕ บาท

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ โลหะส่วนที่เคลือบมีส่วนผสมของ นิกเกิลร้อยละ ๒๕ ทองแดงร้อยละ ๗๕ โลหะส่วนที่เป็นไส้มีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ ๙๙.๕

น้ำหนัก ๗.๕ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๔ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า กลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงขอบเหรียญด้านขวามีข้อความว่า “ภูมิพลอดุลยเดช” ด้านซ้ายมีข้อความว่า “รัชกาลที่ ๙”

ด้านหลัง มีรูปส่วนหัวของเรือพระที่นั่งสุพรรณหงส์ ที่ปากหงส์ห้อยพวงแก้วพู่จามรี และ มีรูปพระบรมมหาราชวังเป็นส่วนประกอบอยู่เบื้องหลัง ภายในวงขอบเหรียญ เบื้องล่างมีข้อความบอกราคาว่า “๕ บาท 5 “ ใต้ข้อข้อความบอกราคามีข้อความ ว่า “ประเทศไทย” พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๕๐ สตางค์

รูปที่ 3 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๕๐ สตางค์

ชนิด เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักร

ราคา ๕๐ สตางค์

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ ทองแดงร้อยละ ๙๒ นิกเกิลร้อยละ ๒ อลูมิเนียมร้อยละ ๖

น้ำหนัก ๒๔ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๘ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า เช่นเดียวกับลวดลายด้านหน้าของเหรียญกระษาปณ์ชนิดโลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท

ด้านหลัง กลางเหรียญมีรูปพระเจดีย์ วัดพระธาตุดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ภายในวงขอบเหรียญเบื้องมีข้อความว่า "ประเทศไทย" ด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีคำว่า "สตางค์" ด้านขวาของรูปพระเจดีย์มีเลขไทยบอกราคาว่า " ๕๐ " ด้านซ้ายมีเลขอารบิคบอกราคาว่า " 50 "

2.1.4 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๒๕ สตางค์

รูปที่ 4 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์ ๒๕ สตางค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียมบรอนซ์

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักร

ราคา ๒๕ สตางค์

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ ทองแดงร้อยละ ๙๒ นิกเกิลร้อยละ ๒ อลูมิเนียมร้อยละ ๖

น้ำหนัก ๑๙ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๖ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า เช่นเดียวกับลวดลายด้านหน้าของเหรียญกระษาปณ์ชนิดโลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท

ด้านหลัง กลางเหรียญมีรูปพระเจดีย์วัดพระมหาธาตุ ภายในวงขอบเหรียญเบื้องมีข้อความว่า "ประเทศไทย" และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีคำว่า "๒๕ สตางค์ 25 " และจุดกลมคั่นระหว่างข้อความทั้งสอง

2.1.5 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑๐ สตางค์

รูปที่ 5 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑๐ สตางค์

ชนิด เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอก

ราคา ๑๐ สตางค์

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ อลูมิเนียมร้อยละ ๙๗.๕ แมกนีเซียมร้อยละ ๒.๕

น้ำหนัก ๐.๘ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๗.๕ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า เช่นเดียวกับลวดลายด้านหน้าของเหรียญกระษาปณ์ชนิดโลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหลัง กลางเหรียญมีรูปพระเจดีย์วัดพระธาตุเชิงชุม จังหวัดสกลนคร ภายในวงขอบเหรียญเบื้องมีข้อความว่า "ประเทศไทย" ด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ ด้านขวาของรูปพระเจดีย์มีเลขไทยบอกราคาว่า " ๑๐ "

สตางค์

10

2.1.6 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๕ สตางค์

รูปที่ 6 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๕ สตางค์

ชนิด เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกเรียบ

ราคา ๕ สตางค์

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ อลูมิเนียมร้อยละ ๙๗.๕ แมกนีเซียมร้อยละ ๒.๕

น้ำหนัก ๐.๖ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๖ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า เช่นเดียวกับลวดลายด้านหน้าของเหรียญกระษาปณ์ชนิดโลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง

ด้านหลัง กลางเหรียญมีรูปพระปฐมเจดีย์ จังหวัดนครปฐม ภายในวงขอบเหรียญเบื้องมีข้อความว่า "ประเทศไทย" ด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีข้อความบอกราคาว่า " ๕ สตางค์ 5 "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑ สตางค์

รูปที่ 7 เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม ๑ สตางค์

ชนิด เหรียญกระษาปณ์อลูมิเนียม

ลักษณะ เป็นรูปกลมแบน วงขอบนอกเรียบ

ราคา ๑ สตางค์

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ อลูมิเนียมร้อยละ ๙๗.๕ แมกนีเซียมร้อยละ ๒.๕

น้ำหนัก ๐.๕ กรัม

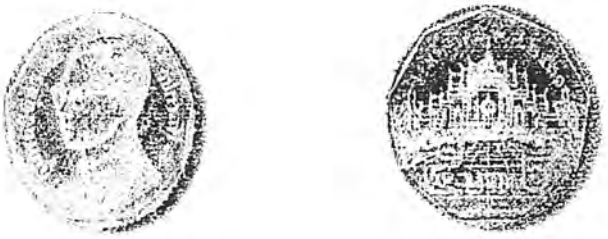
ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๕ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า เช่นเดียวกับลวดลายด้านหน้าของเหรียญกระษาปณ์ชนิดโลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง

ด้านหลัง กลางเหรียญมีรูปพระธาตุหริภุญชัย จังหวัดลำพูน ภายในวงขอบเหรียญเบื้องมีข้อความว่า " ประเทศไทย " ด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีคำว่า " สตางค์ " ด้านขวาของรูปพระเจดีย์ มีเลขไทยบอกราคาว่า " ๑ " ด้านซ้ายมีเลขอารบิคบอกว่า "1"

2.1.8 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท



รูปที่ 8 เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดง ราคา ๕ บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด เหรียญกระษาปณ์โลหะสีขาว (ทองแดงผสมนิเกิล) เคลือบไส้ทองแดง

ลักษณะ กลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักร

ราคา ๕ บาท

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ โลหะส่วนที่เคลือบมีส่วนผสมของ นิกเกิลร้อยละ ๒๕ ทองแดงร้อยละ ๗๕ โลหะส่วนที่เป็นไส้มีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ ๙๙.๕

น้ำหนัก ๗.๕ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๔ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า วงขอบเหรียญวงในเป็นรูปเก้าเหลี่ยม กลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงขอบเหรียญด้านขวามีข้อความว่า “ภูมิพลอดุลยเดช” ด้านซ้ายมีข้อความว่า “รัชกาลที่ ๙”

ด้านหลัง วงขอบเหรียญวงในเป็นรูปเก้าเหลี่ยม กลางเหรียญมีรูปพระอุโบสถวัดเบญจมบพิตรดุสิตวนาราม ภายในวงขอบเหรียญ เบื้องบนมีข้อความว่า “ประเทศไทย” พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีข้อความบอกราคาว่า “๕ บาท 5”

2.1.9 เหรียญกษาปณ์โลหะสองสี (สีขาวและสีทอง) ชนิดราคา ๑๐ บาท

รูปที่ 9 เหรียญกระษาปณ์โลหะสองสี (สีขาวและสีทอง) ชนิดราคา ๑๐ บาท

ชนิด เหรียญกระษาปณ์โลหะสองสี (สีขาวและสีทอง)

ลักษณะ กลมแบน วงขอบนอกมีเฟืองจักรสลับเรียบ

ราคา ๑๐ บาท

โลหะและอัตราเนื้อโลหะ โลหะสีขาว (วงนอก) มีส่วนผสมของ นิกเกิลร้อยละ ๒๕ ทองแดงร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ ๗๕ โลหะสีทอง (วงใน) มีส่วนผสมของ ทองแดงร้อยละ ๘๒ นิกเกิลร้อยละ ๒ อลูมิเนียมร้อยละ ๖

น้ำหนัก ๘.๕ กรัม

ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๖ มิลลิเมตร

ลวดลาย

ด้านหน้า วงขอบเหรียญวงในเป็นรูปเก้าเหลี่ยม กลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงขอบเหรียญด้านขวามีข้อความว่า "ภูมิพลอดุลยเดช" ด้านซ้ายมีข้อความว่า "รัชกาลที่ ๙"

ด้านหลัง กลางเหรียญวงในซึ่งเป็นโลหะสีทอง มีรูปพระปรางค์วัดอรุณราชวราราม ภายในวงนอกของเหรียญซึ่งเป็นโลหะสีขาว เบื้องบนมีอักษรเบรลล์บอกราคาว่า "๑๐ บาท 10" ด้านขวามีข้อความว่า "ประเทศไทย" และด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ.ที่จัดทำเหรียญ

2.2 วิธีการตรวจพิสูจน์เหรียญกษาปณ์การเปรียบเทียบเหรียญของรัฐบาลและเหรียญปลอม

วิธีการตรวจพิสูจน์เหรียญกษาปณ์ การเปรียบเทียบเหรียญของรัฐบาลและเหรียญปลอม	
เหรียญกษาปณ์ของรัฐบาล	เหรียญปลอม
1. ผลิตโดยรัฐบาล (กระทรวงการคลัง รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังมีอำนาจตามมาตรา 10 แห่งพระราบัญญัติเงินตรา พ.ศ. 2501 มอบหมายให้กรมธนารักษ์เป็นผู้ผลิต)	- เอกชนเป็นผู้ผลิต โดยลอกเลียนแบบของรัฐบาล เพื่อให้ประชาชนหลงเชื่อว่าเป็นเหรียญกษาปณ์ของรัฐบาล
2. มีการ กำหนด ชนิด ราคา โลหะ อัตราเนื้อโลหะ น้ำหนัก ลวดลาย และลักษณะอื่นๆ (ถ้ามี) ของเหรียญกษาปณ์ รวมทั้งอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดตามกฎกระทรวง	- ไม่ได้กำหนด ชนิด โลหะ อัตราเนื้อโลหะ ขนาดลวดลาย และอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด
3. เหรียญกษาปณ์ในชนิดราคาเดียวกันจะมีขนาด น้ำหนัก ลวดลาย และอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด เป็นมาตฐานเท่ากันทุกๆ เหรียญ	- เหรียญในราคาเดียวกันจะมีชนิดของโลหะ อัตราเนื้อโลหะ น้ำหนักและขนาดที่แตกต่างกัน บางรุ่นน้ำหนักมากกว่า บางรุ่นน้อยกว่าเหรียญของรัฐบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สีของเหรียญกษาปณ์จะมีลักษณะเดียวและเสมอกันทุกเหรียญของชนิดราคานั้นๆ	- สีของเหรียญในราคาชนิดเดียวกันจะแตกตามกันแต่เนื้อโลหะที่ใช้ผสมในการหลอมทำเหรียญแต่ละครั้งและสีจะหมองคล้ำ
5. ลวดลายและตัวอักษรบนเหรียญกษาปณ์จะเด่นคม สวยงาม ชัดเจน เสมอกันทุกเหรียญ	- ลวดลายและตัวอักษรไม่เด่นคม มีลักษณะเบลอไม่ชัดเจน บางเหรียญลวดลายและตัวอักษรจะลบเลือน
6. พื้นผิวของเหรียญฯ เรียบ ลวดลายละเอียดกลมกลืนตัวหนังสือคมชัด	- พื้นผิวของเหรียญหยาบ ลวดลายขาดความคมชัดและความกลมกลืน มองเห็นความแตกต่างชัดเจน บางส่วนของลวดลายลบเลือน
7. สามารถชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ตามที่กำหนดในกฎกระทรวง	- ไม่สามารถชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ผู้ผลิต จำหน่าย หรือ นำออกใช้ มีความผิดตามมาตรา 9 และมาตรา 35 แห่งพระราชบัญญัติเงินตรา พ.ศ. 2501

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเหรียญของรัฐบาลและเหรียญปลอม

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่ใช้จะพูดถึงไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำแบบแฟลช(flash memory) ของ Atmel corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนเลอร์ ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1.หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครลคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

4.ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้อย่างดี

5.ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยที่ไมต้องถอดตัวไมโครลคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ(In-system programming) ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรืออัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้อย่างสะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6.ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรล MCS-51 ของผู้ผลิตอื่นไม่ว่าจะเป็นอินเทล ซีเมนต์ หรือ ดัสลัส

2.3.1คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

ในรูปที่ 10 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากแตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟรชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครลคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์โปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

สำหรับในรูปที่ 11 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่า มีส่วนประกอบเพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89Cxx อยู่หลายส่วน อาทิ วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่าการโปรแกรมภายในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็นไทเมอร์ 2 และวงจรวอชด็อกใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

ในตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้น และมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

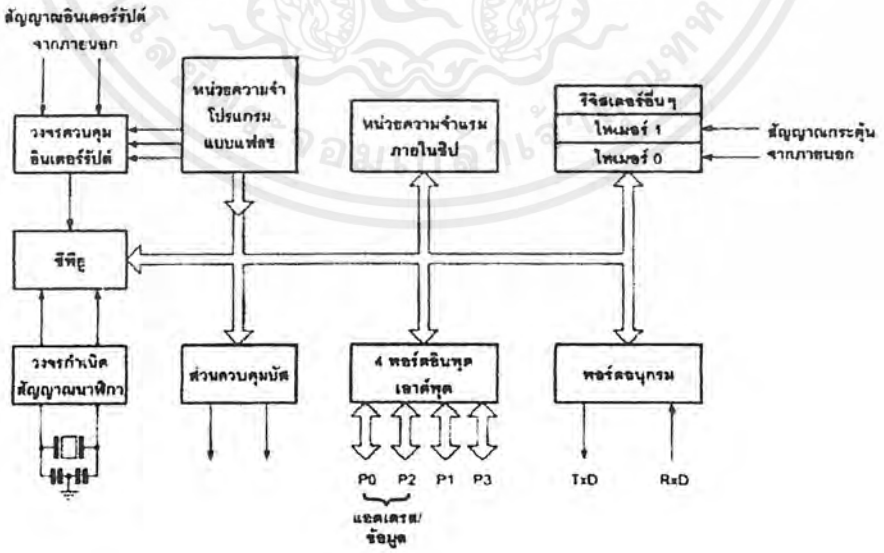
2.3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

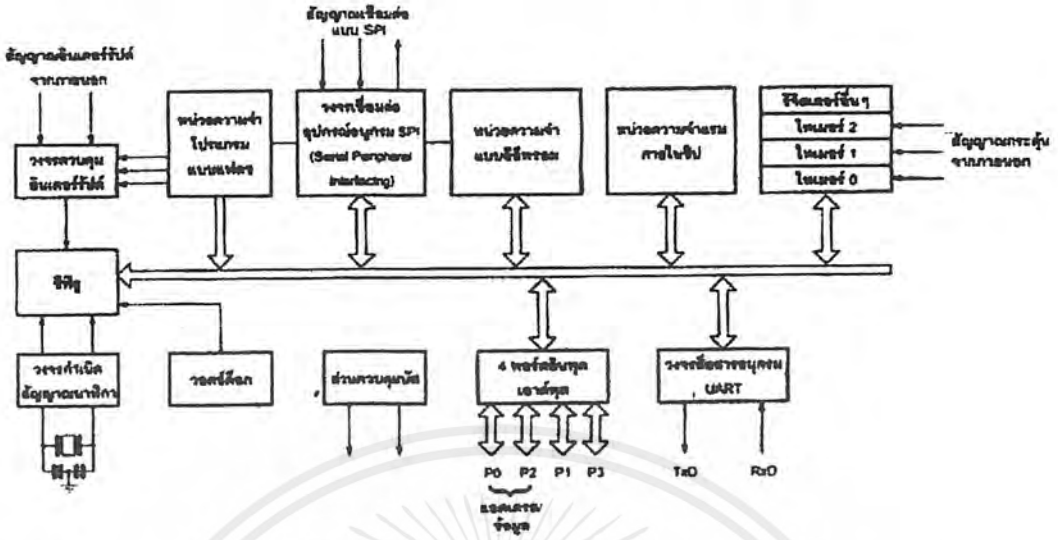
ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก(A0-A7)และขาข้อมูล(D0-D7)โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กเข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล



รูปที่ 10 โครสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 โครสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

ตารางที่ 2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิต

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ

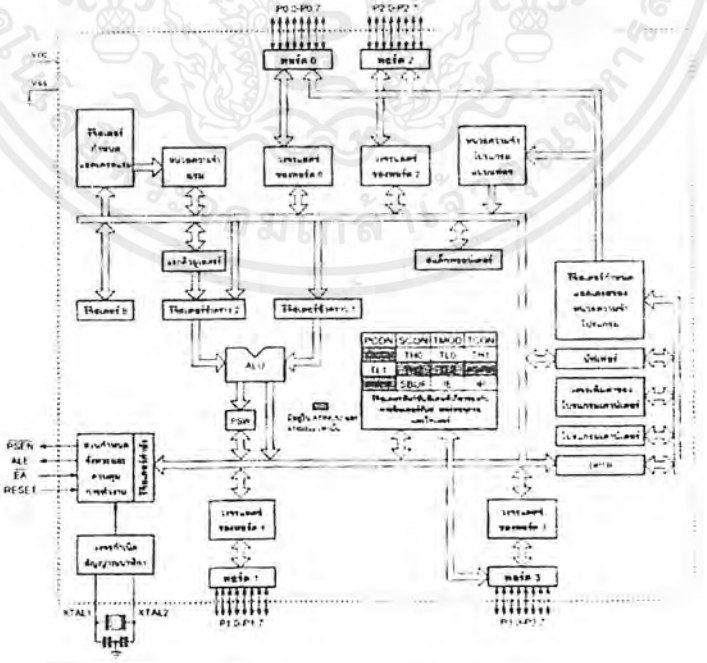
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P1.1 เป็นขาอินพุททริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4-P1.7 เป็นขาเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่ใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

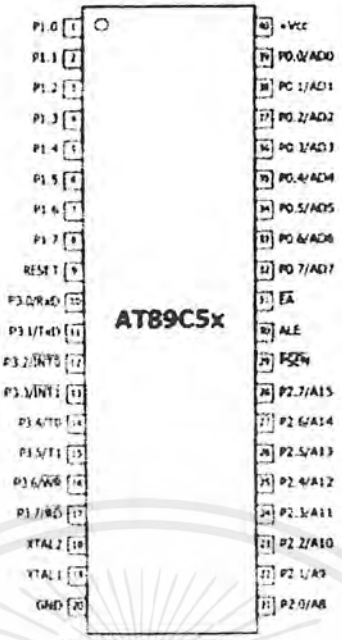
- **P3.0** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD
- **P3.1** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD
- **P3.2** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือ ขา INT0
- **P3.3** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ ขา INT1



รูปที่ 12 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 13 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x

- **P3.4** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือ ขา T0
- **P3.5** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ ขา T1
- **P3.6** ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีใช้กับหน่วยความจำภายนอก
- **P3.7** ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีใช้กับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา ALE /PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลซ์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อขอร้องติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
46439

ขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.3 โครงสร้างและทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาท์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออกทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 3

ในรูปที่ 14 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 14 (ก)เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่าต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติหรือใช้การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 14 (ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจร มัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน ส่วนรายละเอียดของวงจรพูลอัป แสดงในรูปที่ 15

ในรูปที่ 14 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเข้ามาส่วนในรูปที่ 14 (ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาท์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดหารทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรงส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกให้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับอินพุตพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" จะดีและสะดวกที่สุด(ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก "0" แล้ว)

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขา
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	และควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	AT89Sxx	ขา SS (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output, Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data input, Slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

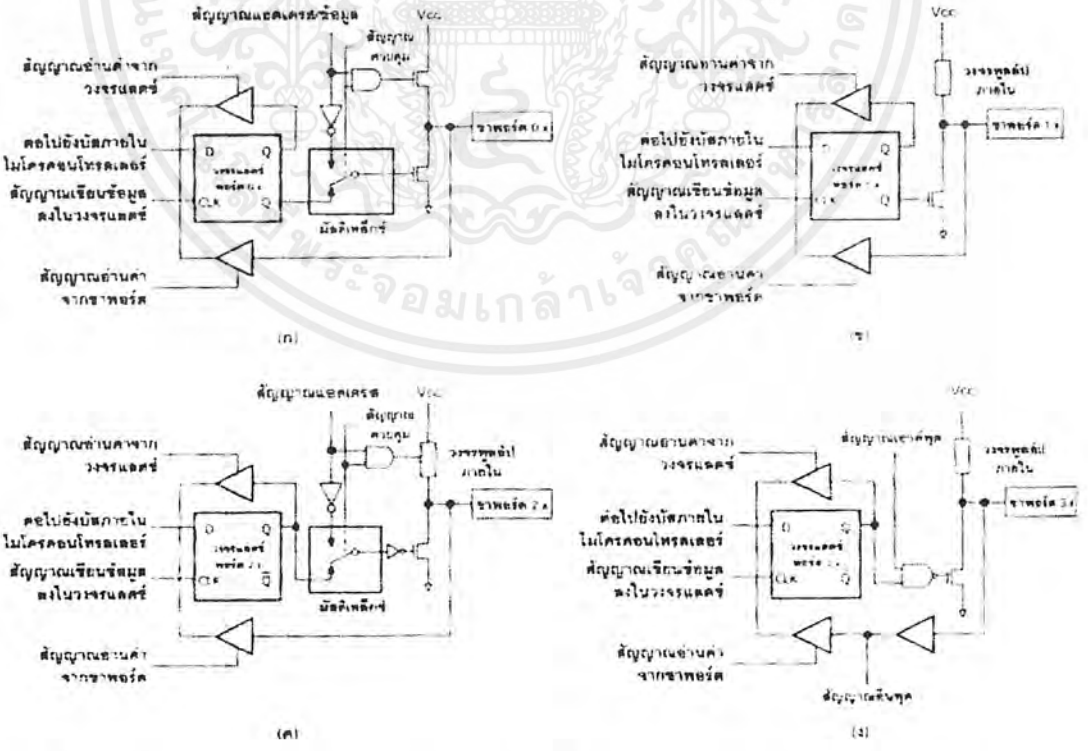
ตารางที่ 3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

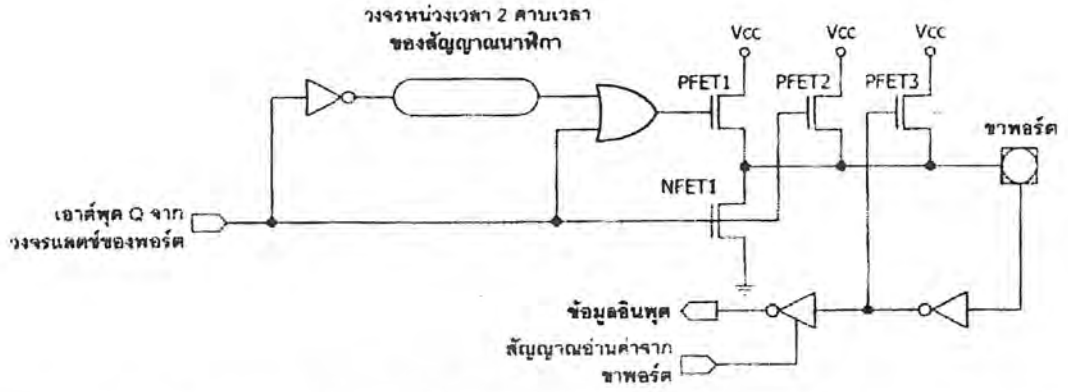
โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล "0" ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก "0" ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล "1" ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล "1" ไปยังวงจรแลตช์วงจรก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก "1" ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่กรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา (หรือละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า **กระแสซอร์ส (source current)** ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสควรต่อวงจรสบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง



รูปที่ 14 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรพูลอัปประกอบด้วยเฟตชนิดพีแชนเนล 3 ตัวคือ PFET1-PFET3 โดย NFET1 จะทำงานเมื่อได้รับลอจิก "1" จากขา Q และหยุดทำงานเมื่อได้รับลอจิก "0" วงจรพูลอัปจะเริ่มต้นทำงานเมื่อ NFET1 ได้รับลอจิก "1" PFET1 จะทำงานนานประมาณ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาภายใน หลังจากที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" ในขณะที่ PFET1 ทำงาน จะทำให้ PFET3 ทำงานตามไปด้วย ทำให้เกิดการพูลอัปขาพอร์ต

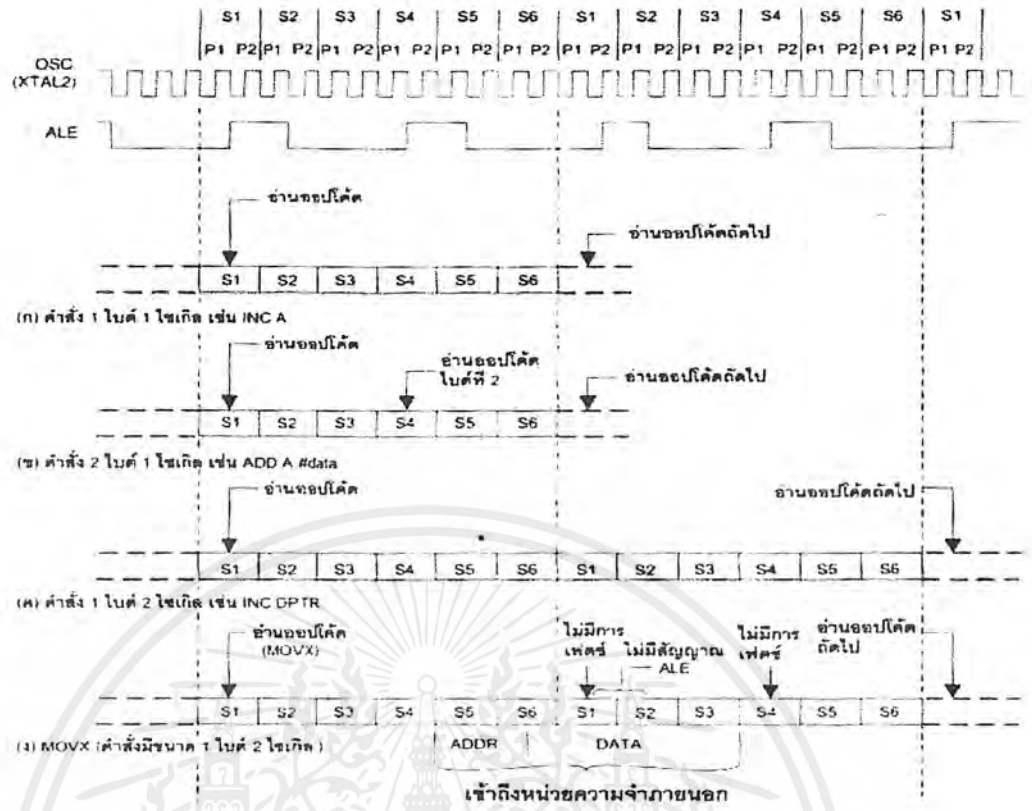
รูปที่ 15 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่หากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์ จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริงดังนั้น ในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

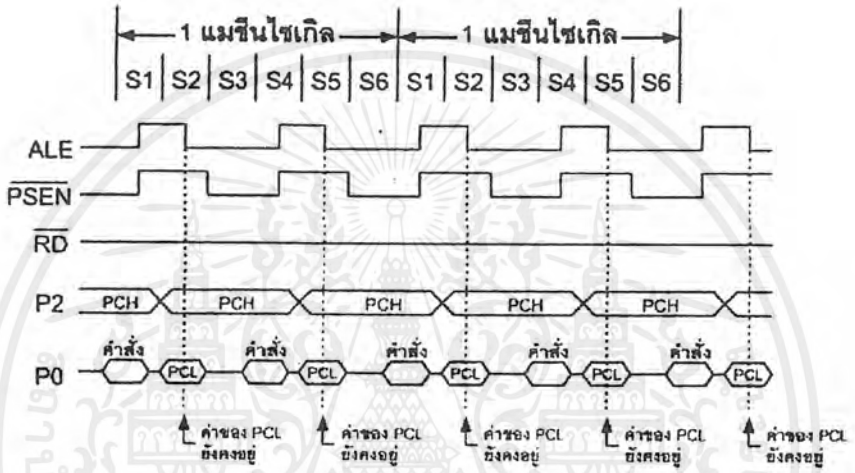
ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวณผลคำสั่ง ในการประมวณผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอนคือ **กระบวนการเฟตช์ (fetch)** *เป็นการเรียกคำออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวณผล* ขั้นตอนต่อมาคือ **กระบวนการเอ็กซิคิวต์ (execute)** *เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้* เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่า **เพาเวอร์ออนรีเซต (power on reset)** ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิล ในรูปที่ 16 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยในหนึ่งรอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

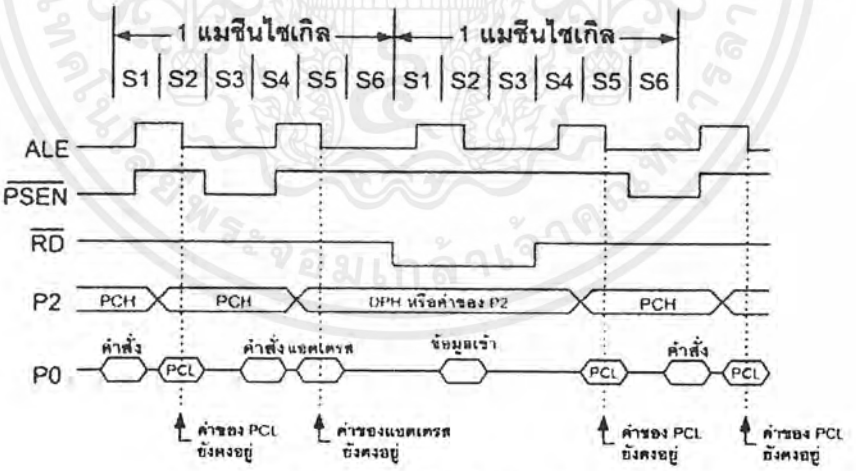
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่าเฟส 1 (phase 1) และเฟส 2 (phase 2)

ในรูปที่ 16(ก) และ (ข) จะเป็นการเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเกิลเริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register:IR) การเฟตครั้งที่ 2 จะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟตครั้งที่ 2 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตต 6 ของแมชีนไซเกิลเดียวกัน



(ก) เมื่อไม่กระทำคำสั่ง MOVX



(ข) เมื่อกระทำคำสั่ง MOVX

รูปที่ 17 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเกิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมชีนไซเกิลที่ 2 ดังในไดอะแกรมรูปที่ 16 (ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิล จะไม่มีการเฟตเกิดขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจากซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 16 (ง) จะหืนได้ว่าเวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

ในรูปที่ 17 แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยในรูปที่ 17 (ก) เป็นไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่มีการกระทำคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ขา ALE และ PSEN จะเกิดการแอคตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมชีนไซเกิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอคตีฟที่พอร์ต 0 (P0) จะมีค่าของรีจิสเตอร์ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ต 2 (P2) ก็มีค่าของ PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับขา PSEN ก็จะเกิดการแอคตีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่ขา PSEN จะไม่เกิดการแอคตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมชีนไซเกิลเนื่องจากบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลจะใช้ในการติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคงแอคตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จาก ค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว ในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา(ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2)/12

เวลา 1 แมชีนไซเกิล = 1/ความเร็วในการทำงานภายในนของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอรโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลักๆอยู่ 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งก็มีขนาดและการจัดสรรแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปแต่ละเบอร์ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการจัดสรรหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก และข้อมูลเบื้องต้นของรีจีสเตอร์ฟังชั่นพิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

หน่วยความจำโปรแกรม(Program memory)

ในรูปที่ 18 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในเบอร์ต่างๆที่นิยมใช้ อันประกอบด้วยเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่าทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือร่วมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังในรูปที่ 18 (ก) โดยภายใน AT89C51จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

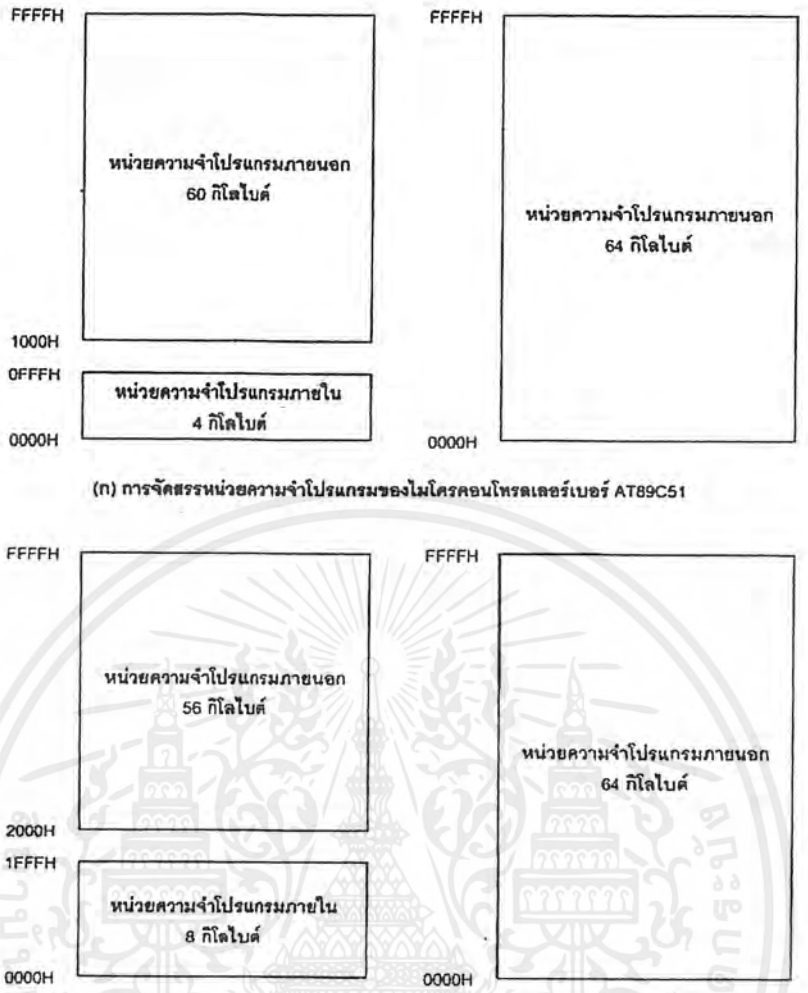
ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในภายนอกร่วมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า **โปรแกรมมอนิเตอร์(monitor program)** หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม(EPROM : Erasable Programmable Read-only Memory) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดแดรสเริ่มต้นที่ 000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดแดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัป 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H-0FFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

การต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงดังในรูปที่ 19 ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรแลตช์ ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PS EN ในการเลือกใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ต เพียง 16 บิต คือ ที่ขาพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7

หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

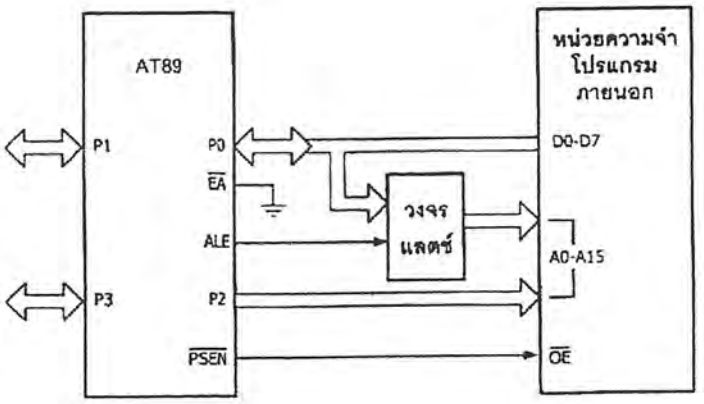
มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชแสดงดังรูปที่ 20 จะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา RD และ WR

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม(RAM : Ramdom Access Memory) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาดแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ **หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง(lower),ส่วนบน(upper)** และ**รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR : Special Function Register)** แต่ละส่วนมีขนาด 128ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรในรูปที่ 21

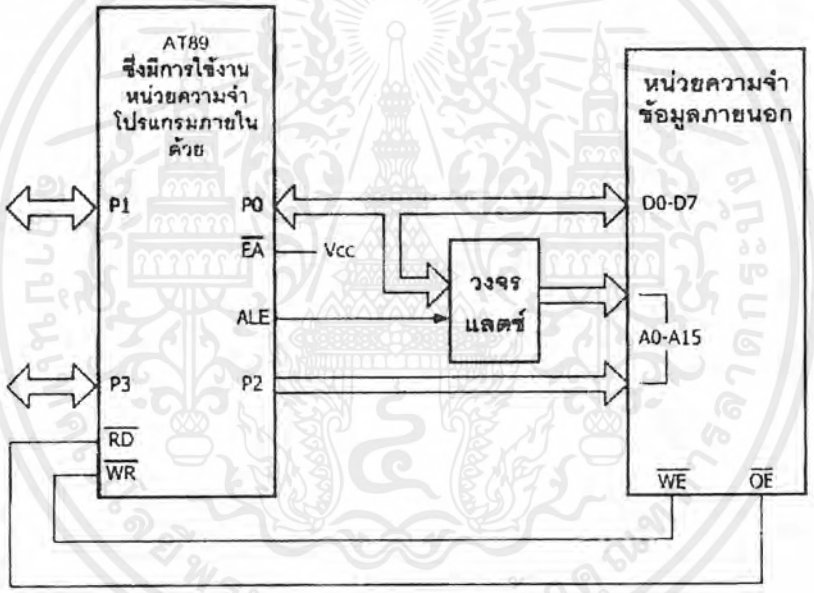
จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำส่วนบนและรีจีสเตอร์ฟังชันพิเศษมีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการที่เข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเสมือนว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมได้เท่านั้น ในขณะที่รีจีสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจีสเตอร์ SFR ใช้ในการเข้าถึงแบบโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 20 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

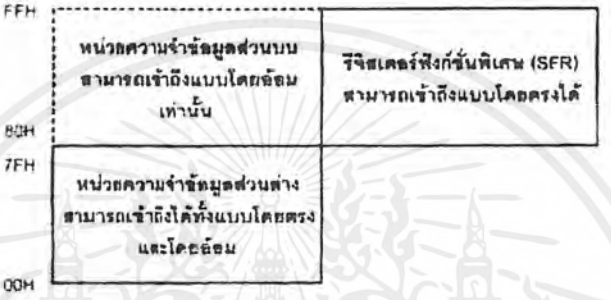
ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจีสเตอร์ SFR

ในรูปที่ 22 แสดงการจัดสรรข้อมูลส่วนล่าง หน่วยความจำ 32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงก์(bank) แต่ละแบงก์มีรีจีสเตอร์ 8 ตัวคือ R0-R7 การติดต่อกับหน่วยความจำในแบงก์ใดให้กำหนดที่รีจีสเตอร์ PSW (Program Status Word register)

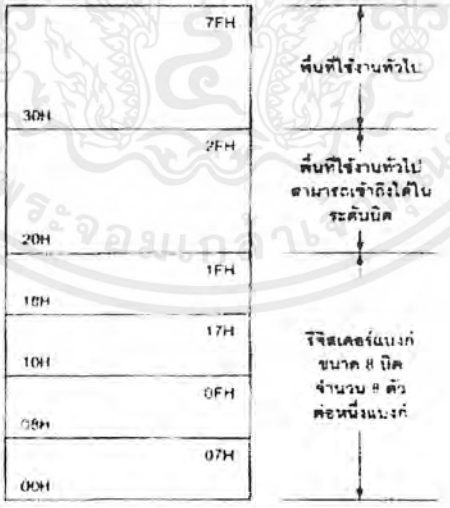
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20H-2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต(Bit addressable) และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งไว้สำรองพื้นที่ของสแต็ค(Stack : ที่พักชั่วคราวในกรณีที่ซีพียูมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย) การเข้าถึงความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระดับไบต์

ในรูปที่ 23 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากในแต่ 80 ไบต์บนไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแต็ค และต้องใช้การเข้าถึงในลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น



รูปที่ 21 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช



รูปที่ 22 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

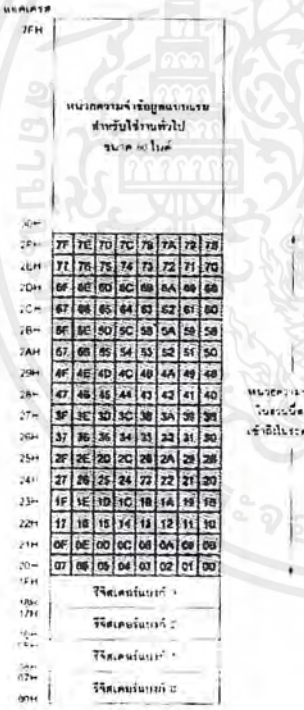
รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR : Special Function Register)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วยกัน 22 ตัวสำหรับเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89S5xx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89S5xx มีจำนวนไทเมอร์เคาท์เตอร์มากกว่า AT89C51

รีจีสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง(direct addressing) ในรูปที่ 24 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจีสเตอร์ SFRแต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจีสเตอร์ SFRมีดังนี้

รีจีสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม(Program Status Word : PSW)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ มีแอดเดรสที่ **D0H** ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่างๆของโปรแกรมว่า แฟลก(flag)



รูปที่ 23 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูล ภายในฟังก์ชั่นในส่วนบนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รูปที่ 24 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์พิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมาปรากฏที่บิตต่างๆของรีจีสเตอร์ PSW รายละเอียดของแต่ละบิตในรีจีสเตอร์ PSW แสดงในรูปที่ 25

จะเห็นได้ว่า นอกจากรีจีสเตอร์ PSW ถูกใช้ในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้ว ที่บิต RS0 และ RS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ R0-R7 ด้วย ดังมีรายละเอียดแสดงในตาราง 4 โดยปกติแล้วในการใช้งานรีจีสเตอร์ R0-R7 ด้วย มักนิยมใช้แบงก์ 0 เป็นลำดับแรก หากไม่เพียงพอจึงเลือกแบงก์อื่นๆมาใช้ แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่าและลำดับการติดต่อให้ดี มิเช่นนั้น อาจทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดการสับสน ดังนั้น สำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51จึงควรเลือกใช้รีจีสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ 0 เพียงเบอร์เดียวให้ชำนาญเสียก่อน

การกำหนดค่าของรีจีสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งานรีจีสเตอร์ R0-R7 ควรกำหนดไว้ตอนต้นของโปรแกรมเสมอ เพื่อจะได้เขียนโปรแกรมติดต่อกับนรีจีสเตอร์ R0-R7 ได้อย่างสะดวกและไม่เกิดความผิดพลาด

แอกคิวมูเลเตอร์(Accumulator : ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกสั้นๆว่า รีจีสเตอร์ A หรือ ACC รีจีสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้

รีจีสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือการหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจีสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีการคูณหรือการหารข้อมูล สามารถใช้รีจีสเตอร์ B นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้เหมือนกับรีจีสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้เช่นเดียวกับรีจีสเตอร์ A

โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter : PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจีสเตอร์ PC เป็นรีจีสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับรีจีสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจีสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

RS1	RS2	แบงก์ของรีจีสเตอร์	ช่วงแอดเดรส
0	0	แบงก์0	00H-07H
0	1	แบงก์1	08H-0FH
1	0	แบงก์2	10H-17H
1	1	แบงก์3	18H-0FH

ตารางที่ 4 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจีสเตอร์แบงก์ R0-R7

สแต็กพอยเตอร์(Stack pointer : SP)

หรือรีจีสเตอร์ตัวชี้สแต็ก มีขนาด 8 บิต **มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 81H** ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็กซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น(รีเซต : การกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น) ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
CY	AC	F0	RS1	RS2	OV	-	P

CY : แฟลกทด(Carry flag) เป็น "1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วค่าของแอกคิวมูเลเตอร์เกิน 255 (ฐานสิบ) หรือ FFH

AC : แฟลกทดเสริม(Auxiliary Carry flag) เป็น "1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้เกิดหารทดข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4

F0 : แฟลกใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้ว ไม่ว่าจะทำคำสั่งใดๆ ที่บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

RS1 : บิตเลือกรีจีสเตอร์แบงก์(Register Select1)ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจีสเตอร์ R0-R7

RS2 : บิตเลือกรีจีสเตอร์แบงก์(Register Select0)ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจีสเตอร์ R0-R7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OV : บิตเกิน เป็น "1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิก แล้วทำให้เกิดการทดข้ามบิต 6 มายังบิต 7 ของแอกคิวมูเลเตอร์ หรือแอกคิวมูเลเตอร์มีค่าเกิน 127 (ฐานสิบ) นอกจากนั้นยังมีการใช้แสดงเป็นค่าลบด้วย

- : บิตนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้อย่างอิสระ

P : บิตพาราตี้ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า "1" ภายในแอกคิวมูเลเตอร์ ถ้าหากในแอกคิวมูเตอร์มี

จำนวนบิตที่เป็น "1"รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น "0" ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่ บิตนี้จะเป็น "1"

รูปที่ 25 รายละเอียดของรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW

รีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์(Data Pointer : DPTR)

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจีสเตอร์ DPTR นี้ใช้การเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

รีจีสเตอร์พอร์ต(Port register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มี 4 ตัว คือ **รีจีสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H ,รีจีสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H**

รีจีสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H,รีจีสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจีสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องทำการผ่านรีจีสเตอร์นี้ทุกครั้ง

รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม(Serial Data Buffer : SBUF)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต **มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H** ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยภายในรีจีสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (recieve buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือ P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ไทเมอร์(Timer register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจีสเตอร์ DPTR รีจีสเตอร์ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์(counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างเวลา,จับเวลา หรือนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในบางทีเรียกรีจีสเตอร์ตัวนี้ว่า **รีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์**

ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 มีรีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 และ T1 หรือ Timer 1 ในรีจีสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ(TL) และ รีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ(TH) เหมือนกัน โดย**รีจีสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจีสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH** ในขณะที่ **TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH** สำหรับในเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx
จะมีรีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดนมี**รีจีสเตอร์ TL2 และ TH2 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH**
เพิ่มเติมเข้ามา

รีจีสเตอร์แคปเจอร์(Capture register)

รีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น เนื่องจากใช้ร่วมกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 (Timer 2) โดยรีจีสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกย่อว่า **รีจีสเตอร์ RCAP2 ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2Lมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูง คือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH**

รีจีสเตอร์แคปเจอร์นี้จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ และการเปลี่ยนแปลงสัญญาณพัลซ์ที่ขา T2EX

รีจีสเตอร์ควบคุม(Control register)

รีจีสเตอร์ PCON เป็นรีจีสเตอร์ที่เกียวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ SCON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

รีจีสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

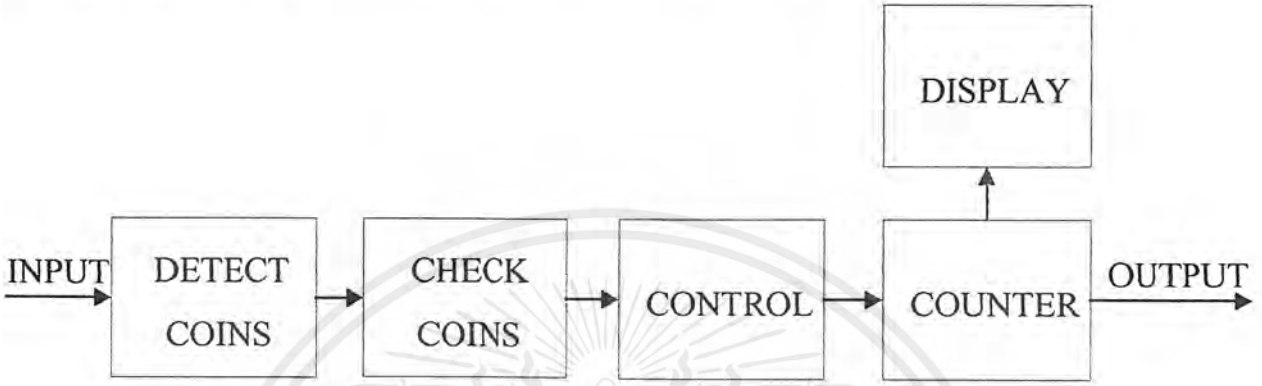
รีจีสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (interrupt : การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเอ็นเนเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะก่อนหรือหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและวงจร

3.1 Block Diagram ของโครงงานเครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ



รูปที่ 26 Block Diagram ของโครงงานเครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ

- Input

จะนำเอาเหรียญ 1,5,10 บาท และเหรียญปลอม มาเป็น Input ของโครงงาน ซึ่งเหรียญทั้งหมดนี้จะรวมคละกันเข้ามา

- Detect Coins

ภาคนี้จะเป็นส่วนของระบบ Mechanic ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแยกขนาดเหรียญออกจากกัน โดยจะแบ่งเป็นขนาดเหรียญ 1,5 และเหรียญ 10 ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญแต่ละเหรียญ มาเป็นตัวแบ่ง แล้วนำไปตรวจสอบในลำดับต่อไป

- Check Coins

ภาคนี้ได้นำเอา Sensor แบบ Inductive ซึ่งจะใช้หลักการของการเปรียบเทียบแรงดัน มาเป็นตัวตรวจสอบ ว่าเหรียญที่เข้ามานั้นเหรียญไหนเป็นเหรียญจริงเหรียญไหนเป็นเหรียญปลอม ออกจากกัน หลังจากที่ได้ผ่านกระบวนการแยกขนาดเหรียญออกมาแล้ว

- Control

ภาคนี้จะใช้ microcontroller เบอร์ AT89c52 เป็นตัวควบคุม ซึ่งเมื่อทราบเหรียญที่เข้ามาว่าเป็นเหรียญจริงหรือเหรียญปลอมแล้ว จะใช้ Controller ไปควบคุม Motor ในการจำแนกเหรียญจริงเหรียญปลอม และยังทำหน้าที่ควบคุม Solinoid ในการปล่อยเหรียญภายในรางอีกด้วย

- Counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคนี้จะเป็นส่วนของการนับจำนวนเหรียญ ซึ่งจะเก็บค่าเหรียญจริงไว้ เพื่อจะแสดงบน Display ซึ่งแบ่งเป็น การนับค่าเหรียญ 10,5,1 ออกจากกัน

- Display

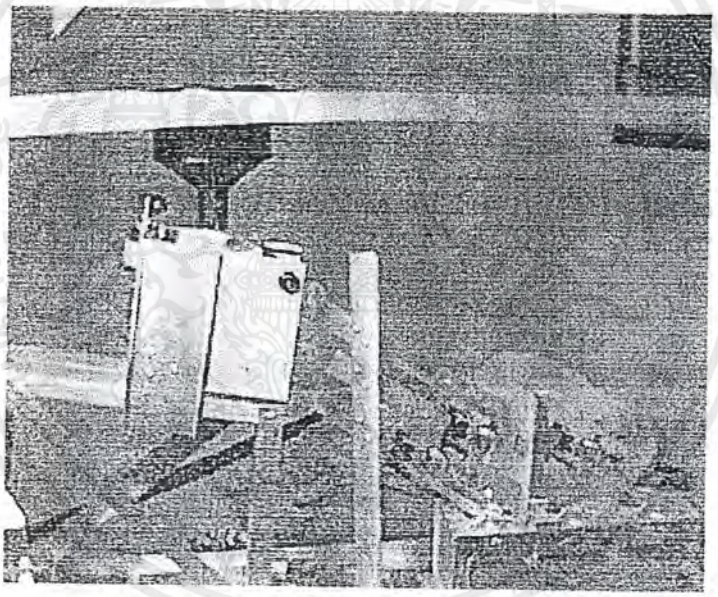
เป็นส่วนของการแสดงผล ซึ่งจะใช้ 7-Segment จำนวน 3 หลัก เป็นตัวแสดงผลที่ได้ โดยจะแสดงจำนวนเหรียญที่นับได้ อย่างละ 1 หลัก ทั้งเหรียญ 1,5,10

- Output

Output ที่ได้จะเป็นเหรียญที่ได้จำแนกขนาดและแบ่งจำนวนเหรียญ 1,5 และเหรียญ 10 ออกจากกันแล้ว พร้อมทั้งจำแนกว่าเหรียญไหนจริง เหรียญไหนปลอมด้วย

3.2 ส่วนประกอบหลักๆ ของ Mechanic

ลักษณะโดยทั่วๆไปของระบบกลไก



รูปที่ 27 ภาพลักษณะโดยทั่วๆไปของระบบกลไก

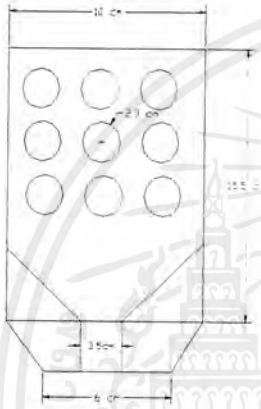
ในส่วนของกลไกนั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของการคัดขนาดเหรียญ และส่วนของการแยกเหรียญจริงและเหรียญปลอม โดยโครงสร้างของงานโดยส่วนหลักใหญ่จะใช้อลูมิเนียม, พลาสติก ในการประกอบ เนื่องจากมีน้ำหนักเบา สามารถจัดหาได้ง่าย และไม่เป็นสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

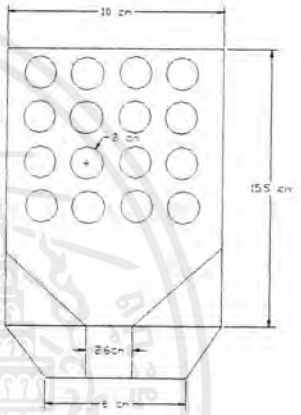
3.2.1 ส่วนของการคัดขนาดเหรียญ

- ภาพส่วนประกอบของชุดคัดขนาดเหรียญ

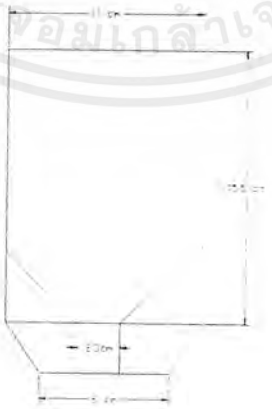
ในส่วนของการคัดขนาดเหรียญนั้นจะใช้หลักการของการเขย่าโดยจะเป็นรางอลูมิเนียมเจาะรูในขนาดของเหรียญที่ไม่ต้องการเพื่อที่จะแยกแยะขนาดของเหรียญได้ โดยจะใช้ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางในการแยกเหรียญออกจากกัน ลักษณะของเหรียญที่เข้ามาจะอยู่ในลักษณะของการนอน เข้ามา โดยตัวเครื่องนั้นจะทำมุม 10 องศาจากพื้นระนาบเพื่อให้เหรียญไหลลงสู่ทางออกได้ โดยตัวสั่นนั้นจะใช้มอเตอร์ DC 12 Volt เป็นตัวแกว่งราง โดยจะติดก้านเบี้ยวที่เพลาของมอเตอร์



รูปที่ 28 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 10 บาท



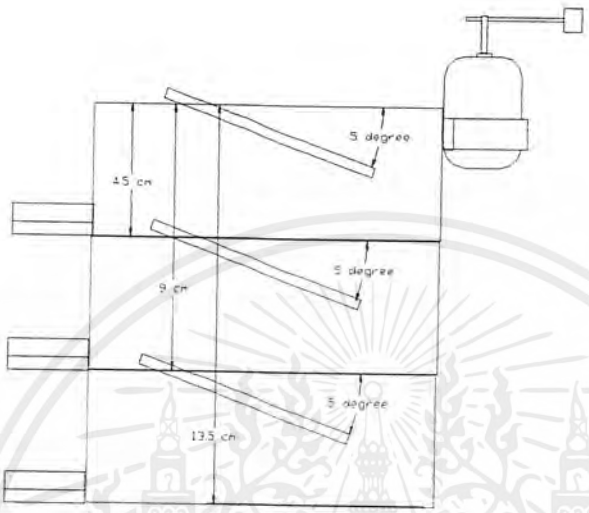
รูปที่ 29 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 5 บาท



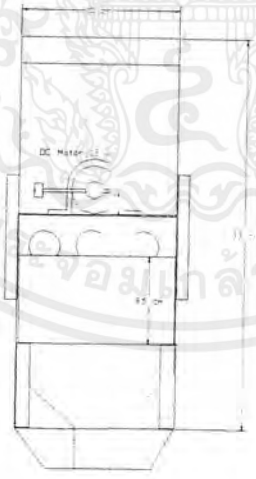
รูปที่ 30 แสดงลักษณะด้านบนของชุดคัดเหรียญ 1 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 28-30 จะเป็นรูปภาพที่มองจากด้านบนซึ่งทั้ง 3 ส่วนนั้นจะนำมาซ้อนกัน โดยจะนำ ชิ้นที่คัดขนาดเหรียญ 10 ไว้ด้านบนสุด ต่อด้วยเหรียญ 5 และเหรียญบาท ไล่เรียงกันลงมา เพื่อที่ต้องการให้เหรียญที่มีขนาดเล็กกว่ารูที่เจาะไว้ไหลลงมาสู่ชั้นถัดลงมา

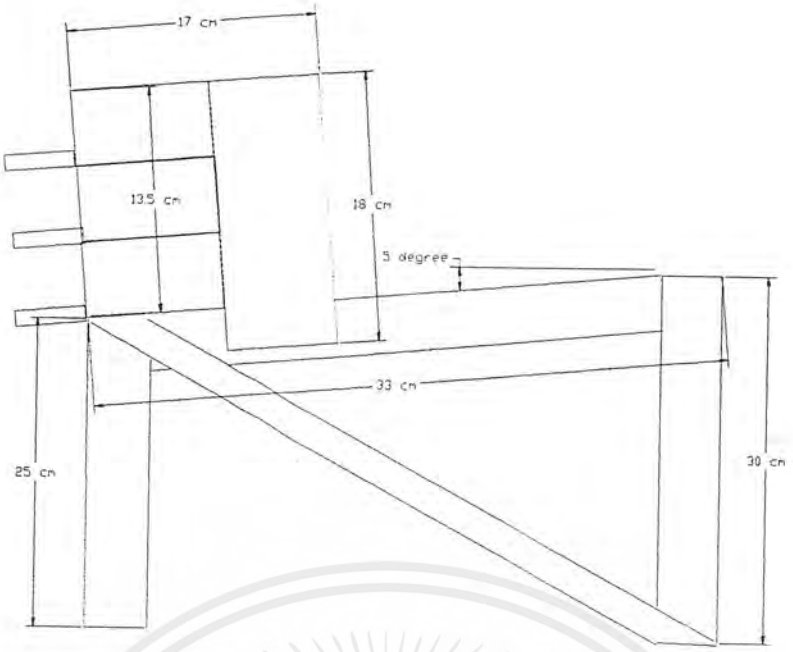


รูปที่ 31 แสดงการยึดกล้องทั้ง 3 ชิ้นเข้าด้วยกัน



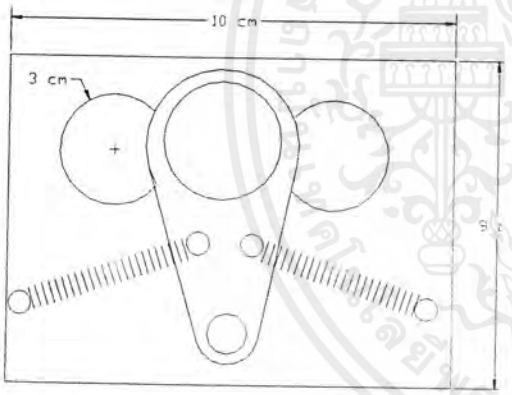
รูปที่ 32 แสดงโครงสร้างชุดคัดเหรียญมองจากด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

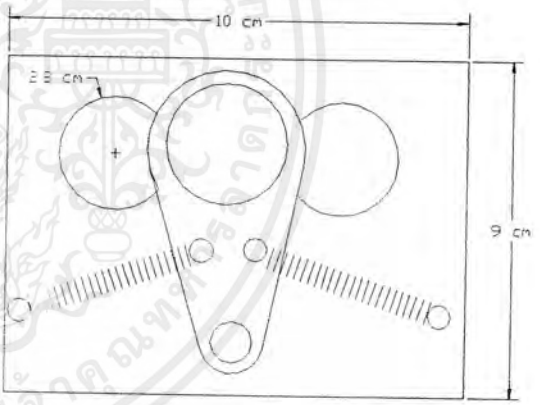


รูปที่ 33 แสดงชุดคัดเหรียญมองจากด้านข้าง

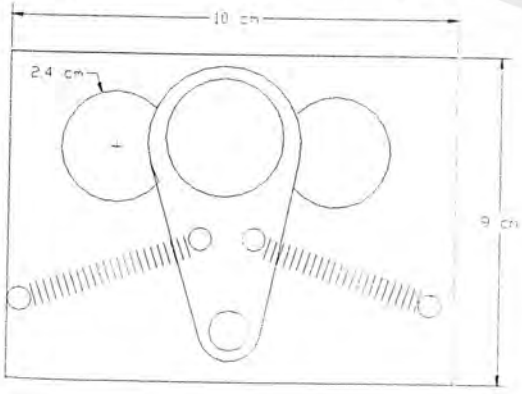
3.2.2 ส่วนของการแยกเหรียญจริงและเหรียญปลอมออกจากกัน



รูปที่ 34 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 10



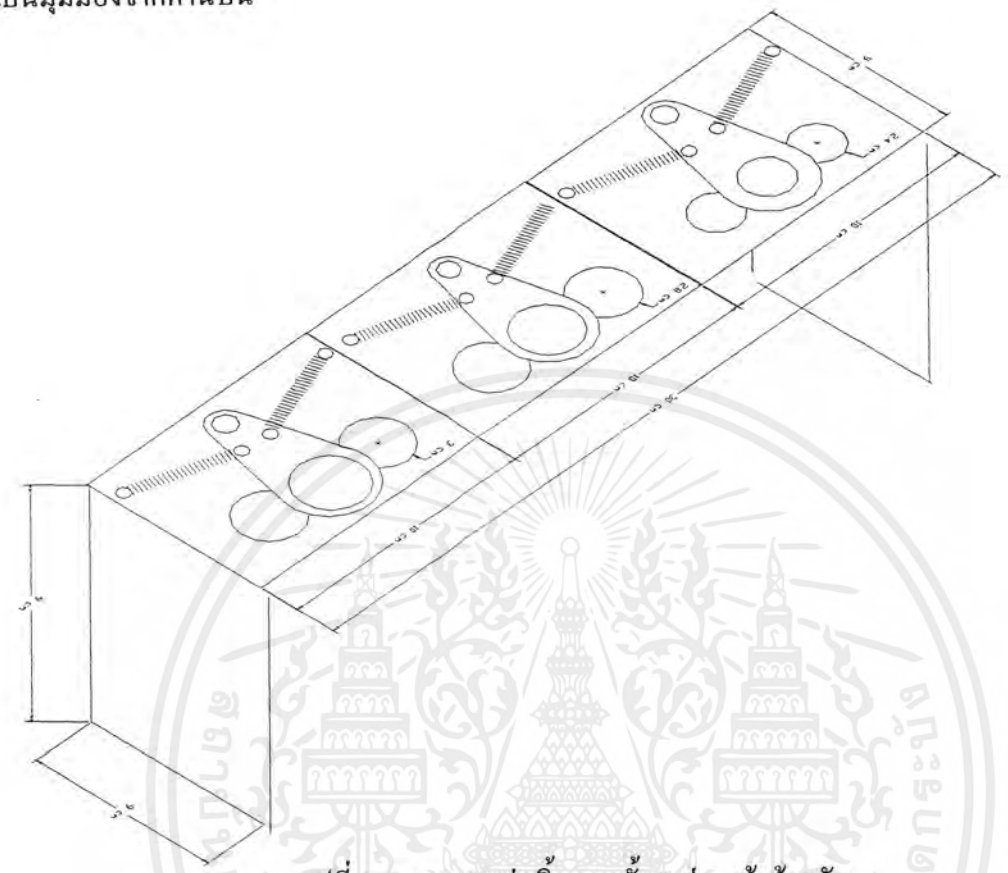
รูปที่ 35 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 5



รูปที่ 36 แสดงรูปชุดแยกเหรียญ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

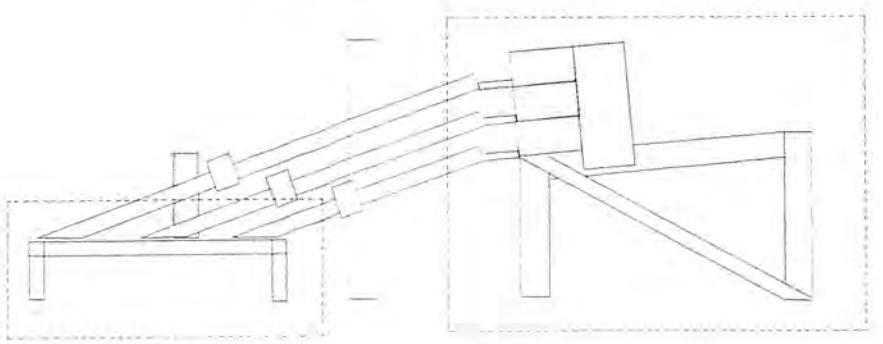
จากรูปด้านบนเป็นการแสดงขนาดของส่วนชุดการคัดแยกเหรียญจริงและปลอมออกจากกัน ซึ่งเป็นมุมมองจากด้านบน



รูปที่ 37 แสดงการต่อชิ้นงานทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน

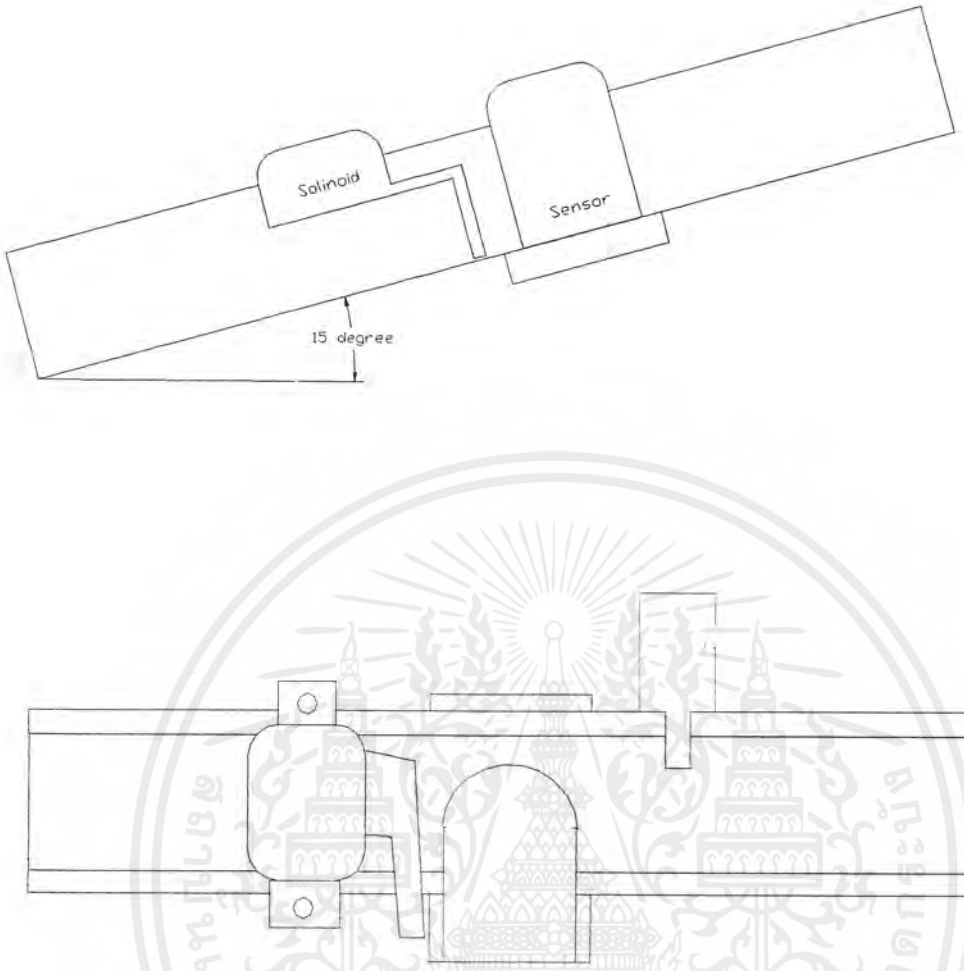
ในส่วนนี้จะใช้ Stepping Motor โดยเมื่อได้รับค่าจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบังคับมอเตอร์ให้หมุนซ้าย และขวา สำหรับเป็นตัวแยกเหรียญลงช่องเก็บเหรียญด้านล่าง โดยจะมีสปริงยึดไว้ 2 ข้าง เพื่อการกลับมาสู่จุดที่เหรียญจะไหลลงมาจากรางสามารถลงได้ในตำแหน่งที่แน่นอน

3.2.3 การติดตั้งระบบกลไกรวม



รูปที่ 38 แสดงภาพรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

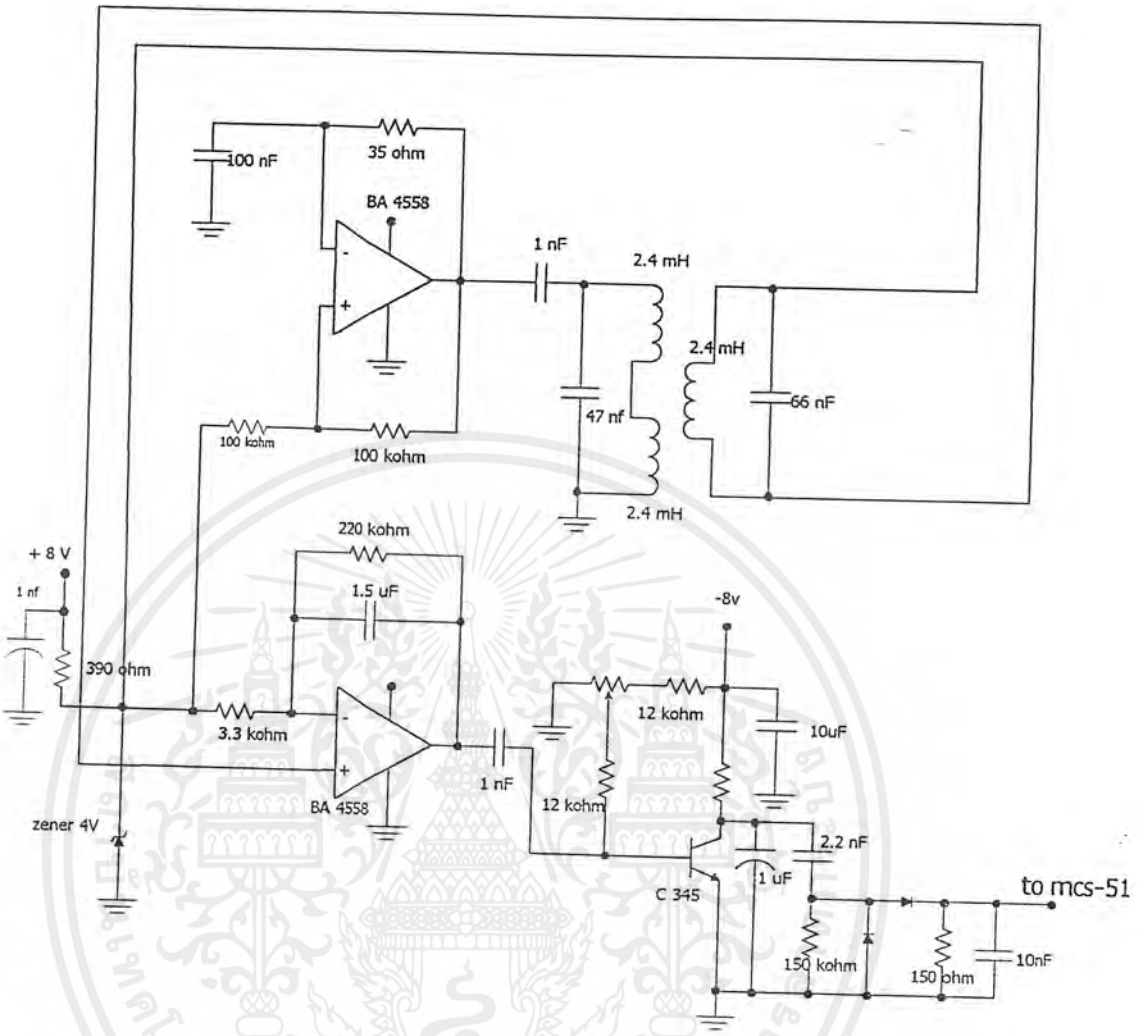


รูปที่ 39 แสดงลักษณะการติดตั้ง เซนเซอร์ และ โซลินอยล์

นำส่วนของการคัดแยกเหรียญและคัดขนาดเหรียญรวมเข้าด้วยกัน โดยเมื่อเหรียญไหลออกจากช่องคัดเหรียญแล้วจะไหลผ่านท่อ ซึ่งได้มีการติดตั้ง ชุดเซนเซอร์ และ โซลินอยล์ เข้าไว้ ซึ่งเซนเซอร์จะเป็นตัวตรวจสอบเหรียญ แล้วจะส่งต่อเข้าสู่ชุดคัดแยกเหรียญซึ่งจะมีลักษณะเป็นรู ซ้าย ขวา เพื่อดีดเข้าสู่ช่องเก็บเหรียญต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจร Sensor



รูปที่ 40 แสดงวงจรSensor

หลักการทำงาน

จากรูปวงจร แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของ Oscillator และส่วนของวงจรเปรียบเทียบ หรือ Comparator

ส่วนของ Oscillator จะเป็นวงจร Astable โดยสร้างจากวงจร Op-Amp โดยมี R และ C เป็นตัวกำหนดความถี่ของวงจร โดยคำนวณจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f = \frac{1}{2\ C_2R_2}$$

คำนวณจากค่าอุปกรณในวงจรจะได้ความถี่เท่ากับ

$$\frac{1}{2 \times 100nF \times 35\ ohm} = 14\ KHz$$

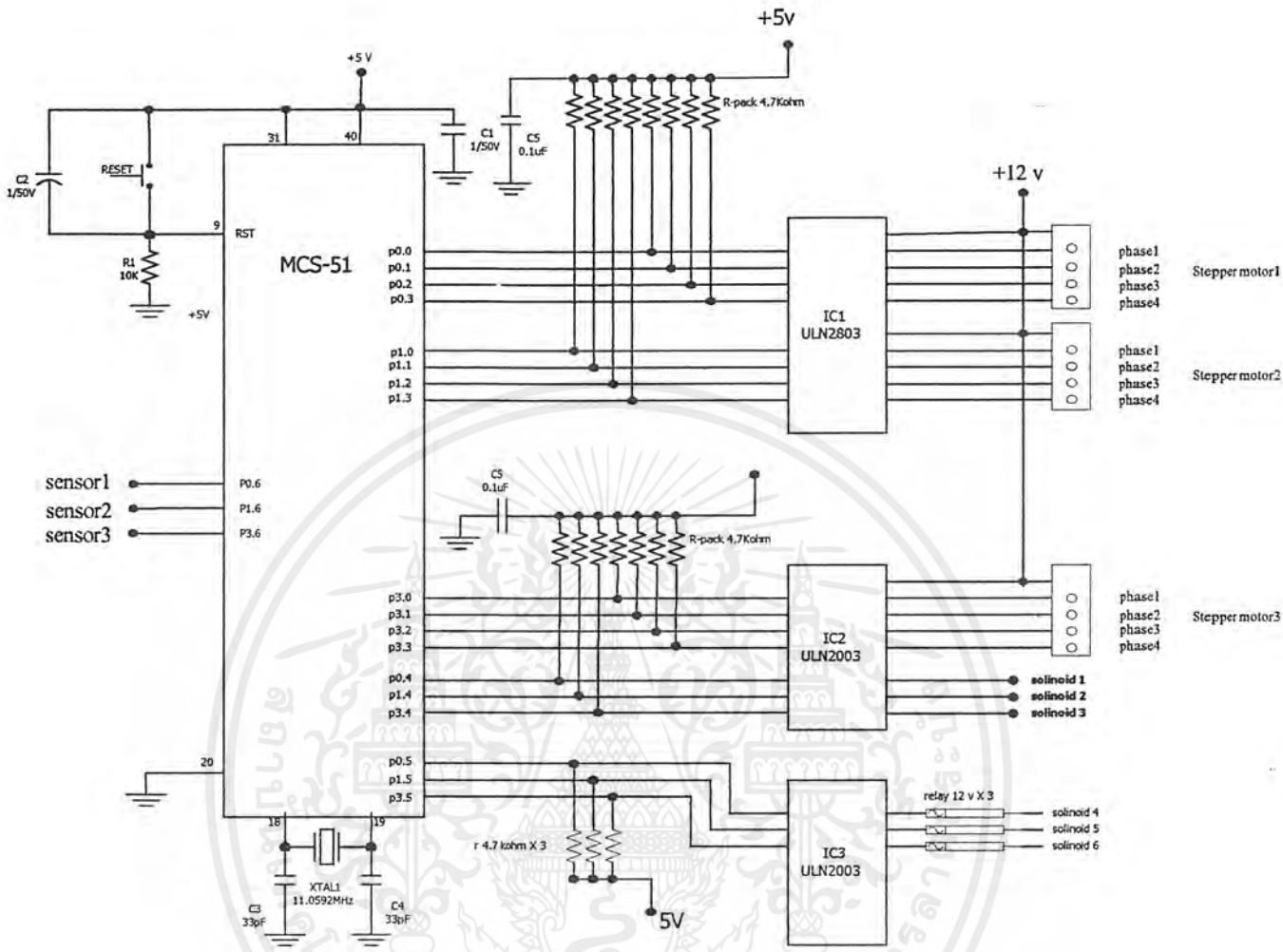
สัญญาณจะป้อนให้กับ L1 และ L2 ด้วยแรงดันที่เท่ากันซึ่ง L1, L2 และ L3 นี้จะเป็นเซนเซอร์สำหรับตรวจเหรียญ โดย L1, L2 จะปล่อยสนามแม่เหล็กออกมาหักล้างกันเอง และ L3 จะเป็นตัวรับค่าสนามแม่เหล็กที่เหลือ หรือ รับผลต่าง ของสนามแม่เหล็กจากขดลวดทั้ง 2 มาให้กับกับวงจรเปรียบเทียบ โดยปกติ เราจะมีเหรียญจริงติดไว้ที่ L1 เพื่อเป็นค่าอ้างอิง ส่วน L2 จะให้เป็นตัวตรวจจับเหรียญที่ลอดผ่านเข้ามาหากเป็น เหรียญจริงเข้ามา ทั้ง L1 และ L2 จะเกิดการ Loss ที่เท่ากัน ทำให้ค่าความแตกต่างเป็น 0 และหากเป็นเหรียญปลอมเข้ามา หรือเป็นอากาศ (กรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา) L1 และ L2 จะเกิดการ Loss ไม่เท่ากันทำให้เกิดสัญญาณผลต่างมาที่ L3

ส่วนของวงจรเปรียบเทียบจะรับค่าความแตกต่างที่ได้จาก L3 มาเปรียบเทียบกับแรงดันที่อ้างอิงไว้ ซึ่งอ้างอิงไว้ที่ 4V โดยมี Zener Diode เป็นตัวกำหนด ในกรณีที่เป็นเหรียญจริงค่าความแตกต่างที่ส่งให้ L3 จะเท่ากับ 0 รวมกับแรงดันที่ L3 คือ 4V สัญญาณที่ได้ก็จะเป็นแรงดันไฟตรง 4V ล้วนๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันที่ขา Non-inverting ของ Op-Amp ซึ่งเท่ากับ 4V เช่นกันจึงทำให้เอาท์พุตเท่ากับ 0 V

เมื่อ output ของ Op-Amp = 0 V จึงทำให้วงจร TR off แรงดันที่ output สุดท้ายจึงเป็น Hi-Logic (ประมาณ 7-8 V) แต่ถ้าหากมีเหรียญปลอมเข้ามา จะเกิดสัญญาณความแตกต่างมาที่ L3 เป็นสัญญาณ AC ที่ยกระดับด้วยไฟ DC 4 V จึงเกิดความแตกต่าง กันขึ้น แม้ว่าสัญญาณ AC จะเล็ก แต่ก็เพียงพอที่จะทำให้ OP-Amp ทราบถึงความแตกต่าง Output ที่วงจร OP-Amp จะเป็นสัญญาณอินทิเกรเตอร์ ซึ่งมียอดคลื่นสูดสุดเท่ากับ Vsat ซึ่งเท่ากับ 90 % ของ VCC นั้นก็คือประมาณ 7.2 V ด้วยสัญญาณนี้จึงทำให้ TR ON มีแรงดัน output ที่ต่ำและถูกลดระดับการสวิง ด้วยอุปกรณที่เอาท์พุตของวงจร ทรานซิสเตอร์ เอาท์พุตที่ได้สุดท้ายจะเท่ากับ 0 V หรือเป็น Low-Logic ซึ่งจริงๆ แล้ววงจร TR เป็นวงจรจัดลอจิก ให้แก่ Microcontroller นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรในส่วนของภาค Control



รูปที่ 41 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคควบคุม

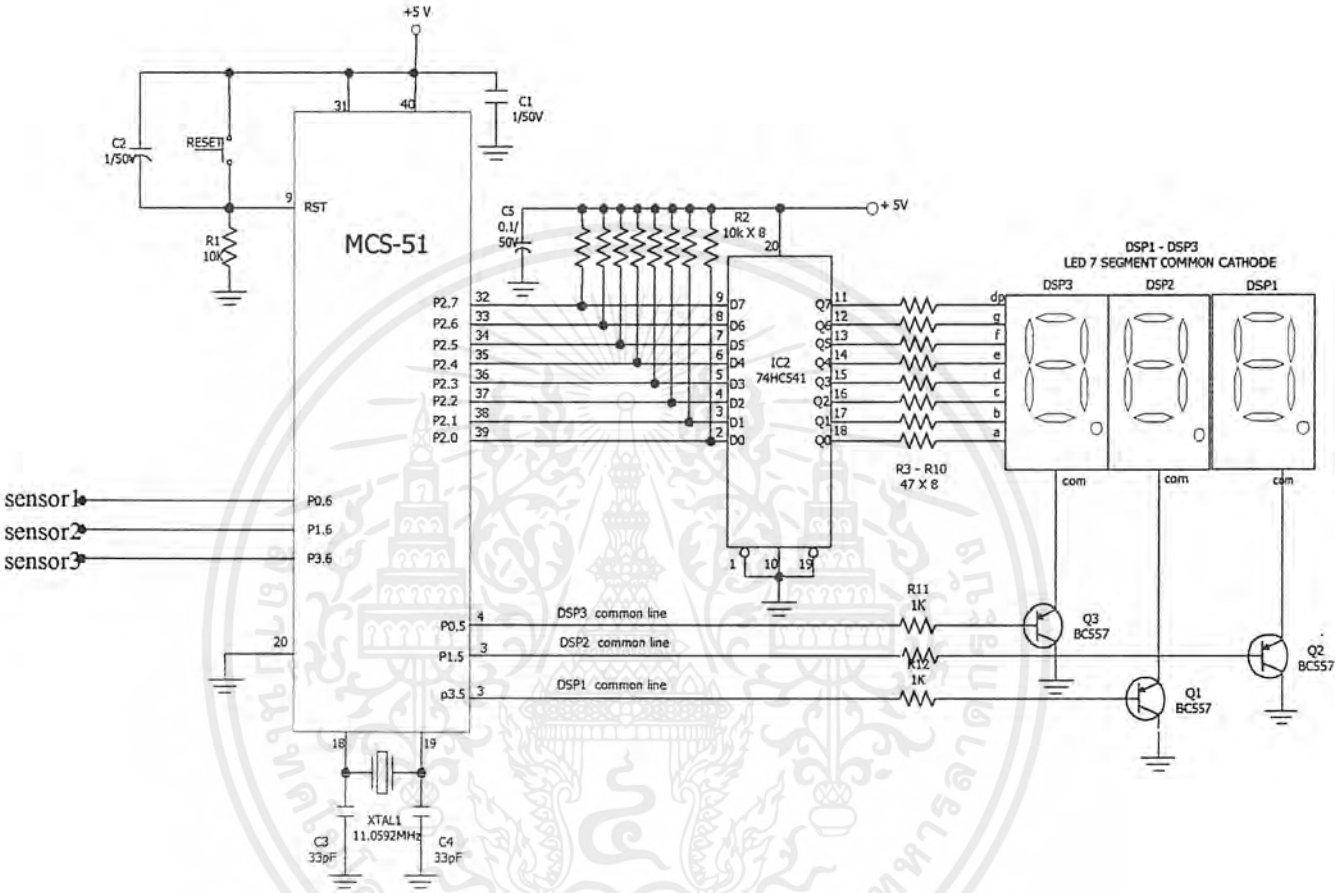
หลักการทำงาน

ภาคนี้จะมีอินพุทคือ สัญญาณจาก Sensor โดยจะมีจำนวน Sensor ทั้งหมด 3 ตัว ซึ่งจะเป็นของเหรียญ 1 , 5 และเหรียญ 10 ในด้านเอาท์พุตนั้นก็จะมี สเต็ปปิ้งมอเตอร์จำนวน 3 ตัว และโซลินอยย์อีก 6 ตัว ซึ่งจะเป็นลักษณะการต่อและการสั่งงาน ออกเป็น 3 ชุด ตามจำนวนของเหรียญที่ได้คัดขนาดมาแล้ว โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้ คือเมื่อมีสัญญาณอินพุตจาก Sensor เข้ามา คอนโทรลเลอร์นั้นจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของโซลินอย์ชุดแรก ให้เปิดช่องทางเดินเหรียญออก หลังจากนั้นเหรียญจะไหลในราง โดยโซลินอย์ชุดแรกนี้ จะทำหน้าที่กักเหรียญ เพื่อให้เหรียญผ่านชุดเซนเซอร์ ทีละ 1 เหรียญ ในจังหวะที่เหรียญผ่านเซนเซอร์ จะมีโซลินอยล์ อีกชุดเป็นตัวดักเหรียญไว้ เพื่อรอการตรวจค่าของเหรียญจากเซนเซอร์ ก่อนแล้วค่อยปล่อยเหรียญออกไปสู่ชุดของการแยกเหรียญจริงแลเหรียญปลอมออกจากันเมื่อเหรียญไหลออกจากรางลงสู่ ช่องรับเหรียญ คอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ สเต็ปปิ้ง มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนซ้ายถ้าตรวจพบว่าเป็นเหรียญปลอม และจะสั่งให้สเต็ปปิ้ง มอเตอร์ หมุนขวา เมื่อเซนเซอร์ ตรวจพบว่า เหรียญที่ไหลผ่านนั้นเป็นเหรียญจริง โดยการเขียนโปรแกรมจะให้ สเต็ปปิ้ง มอเตอร์ ทำงานสเต็ปละ 2 เฟส

3.5 วงจรในส่วนของภาค Counter



รูปที่ 42 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคนับ

หลักการทำงาน

ในส่วนนี้จะมี อินพุท คือ Sensor จำนวน 3 ชุด และ เอาท์พุต คือ Seven-Segment จำนวน 3 หลัก การทำงานในภาคนี้ จะเป็นส่วนของการแสดงค่าของเหรียญจริงที่ตรวจพบ ซึ่ง เซกเมนต์ ในแต่ละหลัก ก็จะแสดงจำนวนของเหรียญที่พบ โดย 1 หลักของ เซกเมนต์ จะแสดงค่าของเหรียญที่พบในแต่ละชุด (1,5,10) โดย DSP1 จะเป็นหลักในการแสดงจำนวนเหรียญจริงในค่าเหรียญบาท DSP2 จะเป็นหลักในการแสดงจำนวนเหรียญจริงในค่าเหรียญ5 และ DSP3 จะเป็นหลักในการแสดงจำนวนเหรียญจริงในค่าเหรียญ10

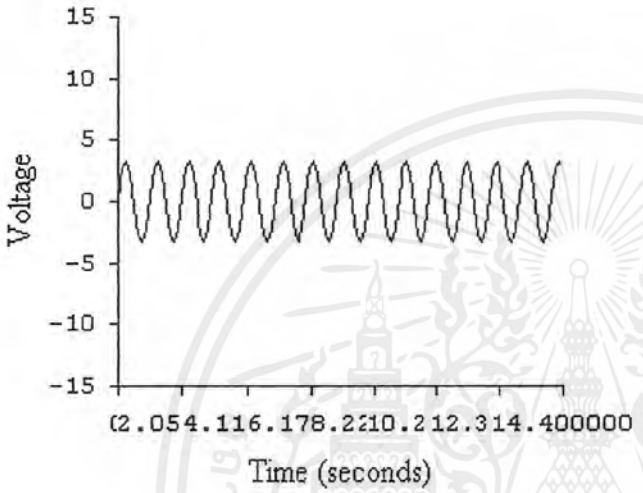
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

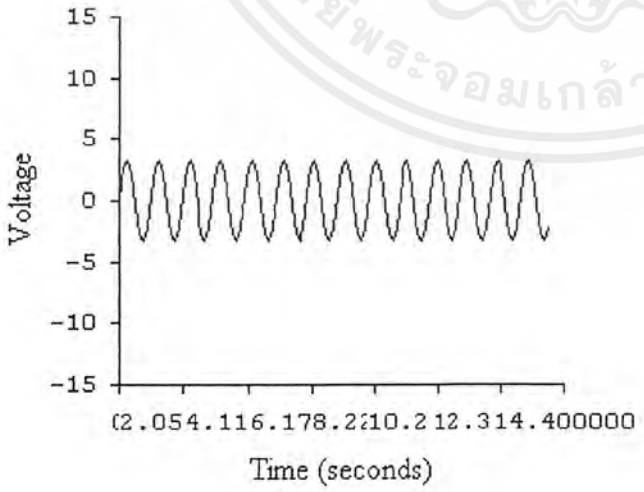
4.1 การทดลอง Sensor ผลการทดลอง Sensor

4.1.1 การทดลองวัดแรงดันขดตรวจจับ



รูปที่ 43 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 3.3 Vp-p

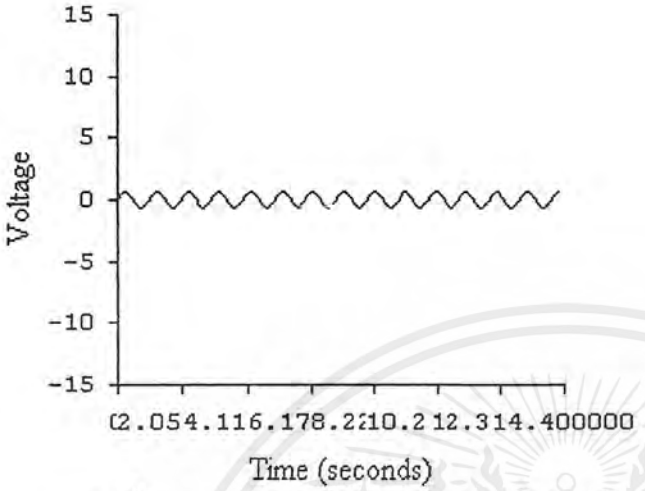
4.1.2 การทดลองวัดแรงดันขดเปรียบเทียบ



รูปที่ 44 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 3.3 Vp-p

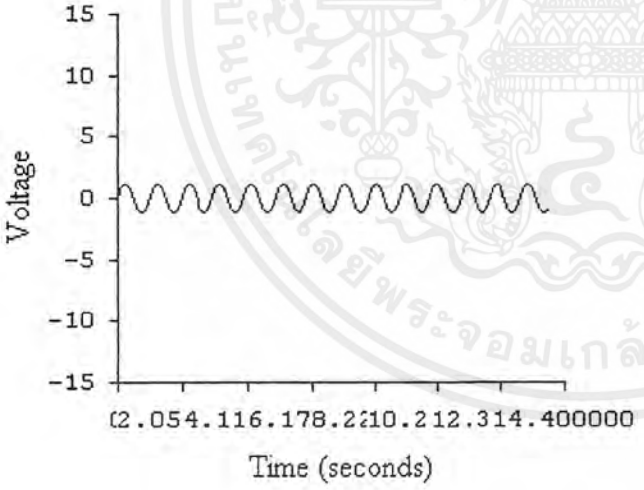
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 10 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา



รูปที่ 45 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.6 Vp-p

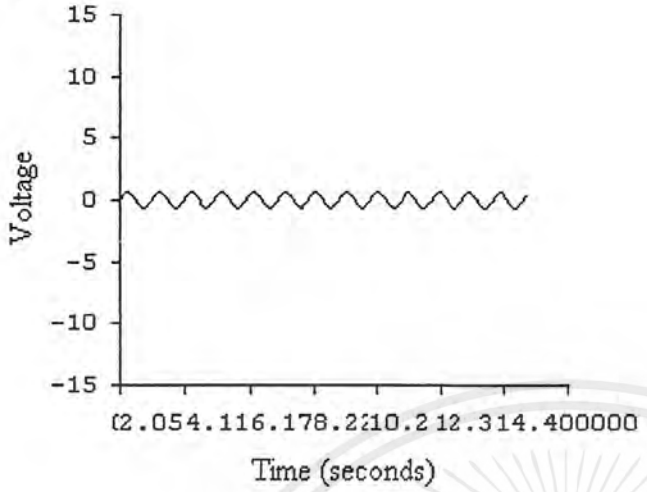
4.1.4 การทดลอง วัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 5 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา



รูปที่ 46 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 1.2 Vp-p

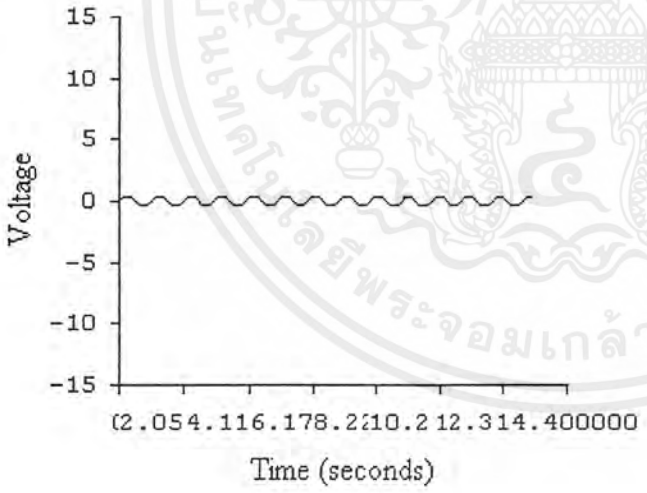
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 1 กับกรณีที่ไม่มีเหรียญเข้ามา



รูปที่ 47 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.65 Vp-p

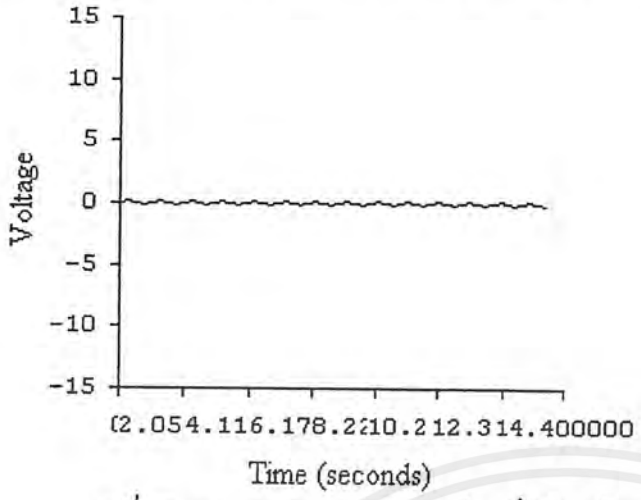
4.1.6 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 10 กับ เหรียญ 10



รูปที่ 48 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.44 Vp-p

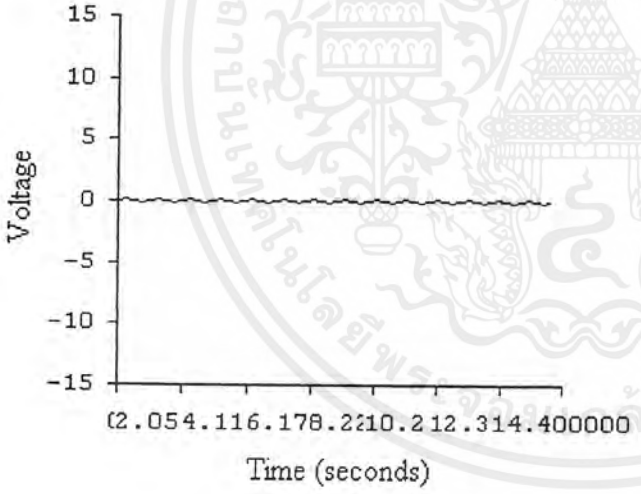
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 5 กับ เหรียญ 5



รูปที่ 49 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.128 Vp-p

4.1.8 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันเปรียบเทียบระหว่างเหรียญ 1 กับ เหรียญ 1

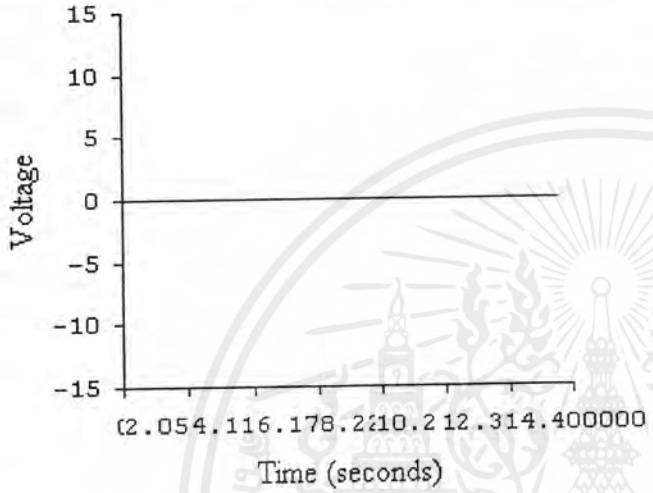


รูปที่ 50 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.16 Vp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 50 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 0.16 Vp-p

4.1.9 การทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันกรณีไม่มีเหรียญทั้ง 2 ขดลวด



รูปที่ 51 แสดงผลการทดลอง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแรงดันขนาด 40m Vp-p

สรุปผลการทดลอง

จากวงจร sensor ตรวจสอบเหรียญจริงปลอมที่ได้ทดลองมาก็พบปัญหาอยู่ 1 อย่าง คือ หากเหรียญที่ตรวจเช็ค เป็นเหรียญจริง แต่เป็นเหรียญที่เก่าและมีคราบสกปรก หรือเป็นเหรียญที่สึกมากๆ วงจร sensor จะประมาณว่าเป็นเหรียญปลอมทันที เนื่องจากเกิดการ สูญเสีย ที่แตกต่างกัน ระหว่าง L1 และ L2 สรุปก็คือ เหรียญที่ตรวจต้องมีคุณสมบัติที่เหมือนกับเหรียญอ้างอิง จึงทำให้เกิดการผิดพลาดในการเว็คทั้งที่เหรียญที่ตรวจเป็นเหรียญจริง

4.2 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่อง

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ช่องเก็บเหรียญ 1 บาท		ช่องเก็บเหรียญ 5 บาท		ช่องเก็บเหรียญ 10 บาท	
	จริง	ปลอม	จริง	ปลอม	จริง	ปลอม
1	5	0	5	0	5	0
2	4	1	4	1	4	1
3	4	1	5	0	4	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ช่องเก็บเหรียญ 1 บาท		ช่องเก็บเหรียญ 5 บาท		ช่องเก็บเหรียญ 10 บาท	
	จริง	ปลอม	จริง	ปลอม	จริง	ปลอม
7	5	0	5	0	4	1
8	4	1	4	1	4	1
9	5	0	5	0	5	0
10	4	1	5	0	4	1

ตารางที่ 5 การทดลองเครื่องตรวจสอบเหรียญ

การทดลองนี้จะนำเอาเหรียญจริงทั้งหมด 15 เหรียญรวมกัน เข้าสู่เครื่องตรวจสอบเหรียญ โดยจะแบ่งเป็น เหรียญ 1 บาท จำนวน 5 เหรียญ เหรียญ 5 บาท จำนวน 5 เหรียญ และเหรียญ 10 บาท จำนวน 5 เหรียญ โดยจะทำการทดลองทั้งสิ้นเป็นจำนวน 10 ครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง ผลจากการทดลองจะแสดงลักษณะของเหรียญที่ตรวจพบว่าเป็นเหรียญจริงหรือเหรียญปลอม

ซึ่งจากการทดลองแล้วจะพบว่าเกิดปัญหาในการตรวจสอบ ส่วนของชุดแยกเหรียญนั้นจังหวะที่เหรียญกำลังขยับตัวออกสู่รางนั้น เหรียญที่มีขนาดเล็กกว่า มีบางจังหวะจะขึ่มาบนเหรียญที่มี ขนาดใหญ่กว่า เป็นปัญหาที่พบอยู่บ่อยครั้ง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องสามารถสรุปได้ดังนี้

ครั้งที่ 1 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 0 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 0%
ครั้งที่ 2 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 3 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 20%
ครั้งที่ 3 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 2 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 13%
ครั้งที่ 4 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 0 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 0%
ครั้งที่ 5 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 1 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 6%
ครั้งที่ 6 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 1 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 6%
ครั้งที่ 7 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 1 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 6%
ครั้งที่ 8 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 3 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 20%
ครั้งที่ 9 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 0 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 0%
ครั้งที่ 10 ใส่ทั้งหมด 15 เหรียญ เป็นเหรียญปลอมจำนวน 2 เหรียญความผิดพลาดเท่ากับ 13%

ได้ค่าความผิดพลาดรวมเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 % ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องจึงเท่ากับ 91.6 % และเครื่องสามารถรับเหรียญได้มากที่สุดอย่างละ 9 เหรียญต่อหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

เครื่องตรวจสอบเหรียญอัตโนมัติ สามารถทำการคัดแยกขนาดเหรียญ ตรวจสอบเหรียญจริง-ปลอม และแสดงค่าจำนวนเหรียญจริงที่ตรวจพบของแต่ละเหรียญได้ จากการทดลองพบว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่บ้าง ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องจึงได้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของเป้าหมายที่ตั้งไว้ และเครื่องสามารถรับเหรียญได้มากที่สุดอย่างละ 9 เหรียญต่อหนึ่งครั้ง

5.1 ปัญหาในการทำงาน

- การขาดพื้นฐานและความเข้าใจทางด้านระบบกลไกทำให้เกิดปัญหาในการสร้าง
- ระยะเวลาในการสร้างระบบกลไกใช้เวลานานมาก
- การกำหนดตำแหน่งและมุมมีผลอย่างมากในส่วนของการผลิต
- เนื่องจากในส่วนของชุดคัดแยกเหรียญใช้หลักการของการเขย่ามาใช้งาน ทำให้เกิดปัญหาตัวเครื่องเกิดการสั่นสะเทือน ทำให้มีผลต่อส่วนของการตรวจสอบ
- ในส่วนของชุดคัดแยกเหรียญ ลักษณะของชั้นอลูมิเนียมมีขนาดเล็กเกินไปทำให้เกิดปัญหาของการที่เหรียญที่มีน้ำหนักเบากว่านั้นซ้อนอยู่บนเหรียญใหญ่ เช่น เหรียญบาทมักจะชอบซ้อนอยู่บนเหรียญสิบ
- สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเนื่องจากเป็นแหล่งชุมชน ซึ่งในขั้นตอนการสร้างเครื่อง นั้นจะเกิดเสียงดัง

5.3 ข้อเสนอแนะ

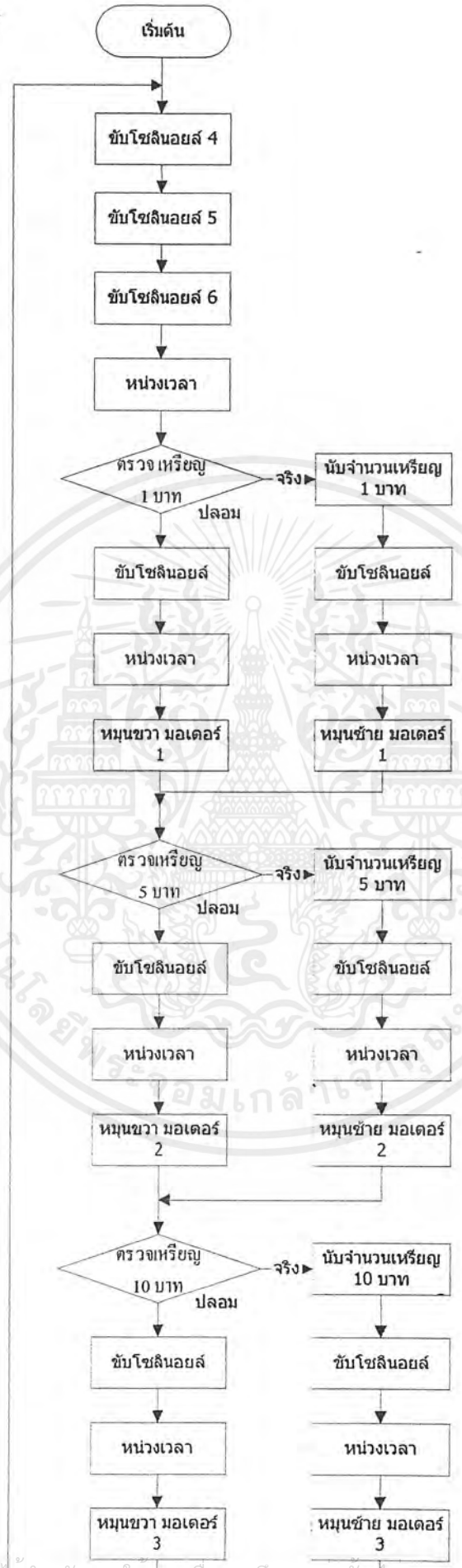
- ควรมีการศึกษาด้านกลไกมาก่อน
- มีความรู้และความเข้าใจในวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- หากต้องการความเที่ยงตรงมากๆ ควรแก้ไขโดย นำสัญญาณความแตกต่างจาก L3 มาทำการ Rectifier แล้ว เข้าวงจร ADC เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Digital แล้วทดลองหาค่าของเหรียญจริง เพื่อหาขอบเขตข้อมูลของเหรียญจริงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปวิเคราะห์อีกที
- สามารถเข้าใจและการออกแบบ ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอย่างดี
- ในขั้นตอนการสร้างควรมีความระมัดระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAIN FLOWCHART



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************************************;
;* PROGRAM: EXAMINATION COIN MACHINE PROJECT    *;
;* FOR    : MICROCONTROLLER MCS-51              *;
;* BY     : PRINYA GERDPANYA 43015732 2N &      *;
;*        PRINYA TONGSANG  43015733 2N          *;
;************************************************;

        ORG     0000H

        MOV     31H,#00H
        MOV     32H,#00H
        MOV     33H,#00H
        MOV     P2,#00H

;**************MAIN PROGRAM****************

START: MOV      P0,#11100000B
        MOV     P1,#11100000B
        MOV     P3,#11100000B
        SETB    P0.5
        LCALL   DELAY1
        CLR     P0.5
        SETB    P1.5
        LCALL   DELAY2
        CLR     P1.5
        SETB    P3.5
        LCALL   DELAY3
        CLR     P3.5
        LCALL   DELAY4
TEST1:  JB      P0.6,TRUE1
        ACALL   SOLI1
        ACALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ACALL   MOT1_R
TEST2:  JB      P1.6,TRUE2
        ACALL   SOLI2
        ACALL   DELAY
        ACALL   MOT2_R
TEST3:  JB      P3.6,TRUE3
        ACALL   SOLI3
        ACALL   DELAY
        ACALL   MOT3_R
        SJMP    START


TRUE1:  ACALL   COUNT1
        ACALL   SOLI1
        ACALL   DELAY
        ACALL   MOT1_F
        SJMP    TEST2

TRUE2:  ACALL   COUNT2
        ACALL   SOLI2
        ACALL   DELAY
        ACALL   MOT2_F
        SJMP    TEST3

TRUE3:  ACALL   COUNT3
        ACALL   SOLI3
        ACALL   DELAY
        ACALL   MOT3_F
        SJMP    START

;****************************************;
;*      SUBROUTINE      *;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;****************************************;

;*******SUBROUTINE DRIVE SOLINOIL***********

SOLI1:      SETB     P0.4
            ACALL    DELAY1
            CLR      P0.4
            RET

SOLI2:      SETB     P1.4
            ACALL    DELAY2
            CLR      P1.4
            RET

SOLI3:      SETB     P3.4
            ACALL    DELAY3
            CLR      P3.4
            RET

;******SUBROUTINE DRIVE MOTOR REVERSE*******

MOT1_R:     MOV      P0,#0ECH     ;TO TURN REVERSE MOTOR1
            ACALL    DELAY_M
            MOV      P0,#0E6H
            ACALL    DELAY_M
            MOV      P0,#0E3H
            ACALL    DELAY_M
            MOV      P0,#0E9H
            ACALL    DELAY_M
            MOV      P0,#0E0H
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOT2_R:     MOV    P1,#0ECH     ;TO TURN REVERSE MOTOR2
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P1,#0E6H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P1,#0E3H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P1,#0E9H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P1,#0E0H
            RET

MOT3_R:     MOV    P3,#0ECH     ;TO TURN REVERSE MOTOR3
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P3,#0E6H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P3,#0E3H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P3,#0E9H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P3,#0E0H
            RET

;******SUBROUTINE DRIVE MOTOR FORWARD*******

MOT1_F:     MOV    P0,#0E3H     ;TO TURN FORWARD MOTOR1
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P0,#0E6H
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P0,#0ECH
            ACALL  DELAY_M
            MOV    P0,#0E9H
            ACALL  DELAY_M
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     P0,#0E0H
        RET

MOT2_F:  MOV    P1,#0E3H    ;TO TURN FORWARD MOTOR2
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P1,#0E6H
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P1,#0ECH
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P1,#0E9H
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P1,#0E0H
        RET

MOT3_F:  MOV    P3,#0E3H    ;TO TURN FORWARD MOTOR3
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P3,#0E6H
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P3,#0ECH
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P3,#0E9H
        ACALL   DELAY_M
        MOV     P3,#0E0H
        RET

;**********SUBROUTINE COUNT COINS**********

COUNT1:  INC    31H
        MOV     A,31H
        CJNE    A,#0AH,END1
        MOV     31H,#00H
END1:   RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COUNT2:     INC     32H
            MOV     A,32H
            CJNE    A,#0AH,END2
            MOV     32H,#00H
END2:       RET

COUNT3:     INC     33H
            MOV     A,33H
            CJNE    A,#0AH,END3
            MOV     33H,#00H
END3:       RET

;*********SUBROUTINE SHOW DISPLAY**********

SHOW:       MOV     A,31H
            MOV     DPTR,#SEGM
            MOVC    A,@A+DPTR
            MOV     P2,A
            CLR     P0.5
            SETB    P0.5
            MOV     A,32H
            MOV     DPTR,#SEGM
            MOVC    A,@A+DPTR
            MOV     P2,A
            CLR     P1.5
            SETB    P1.5
            MOV     A,33H
            MOV     DPTR,#SEGM
            MOVC    A,@A+DPTR
            MOV     P2,A
            CLR     P3.5
```

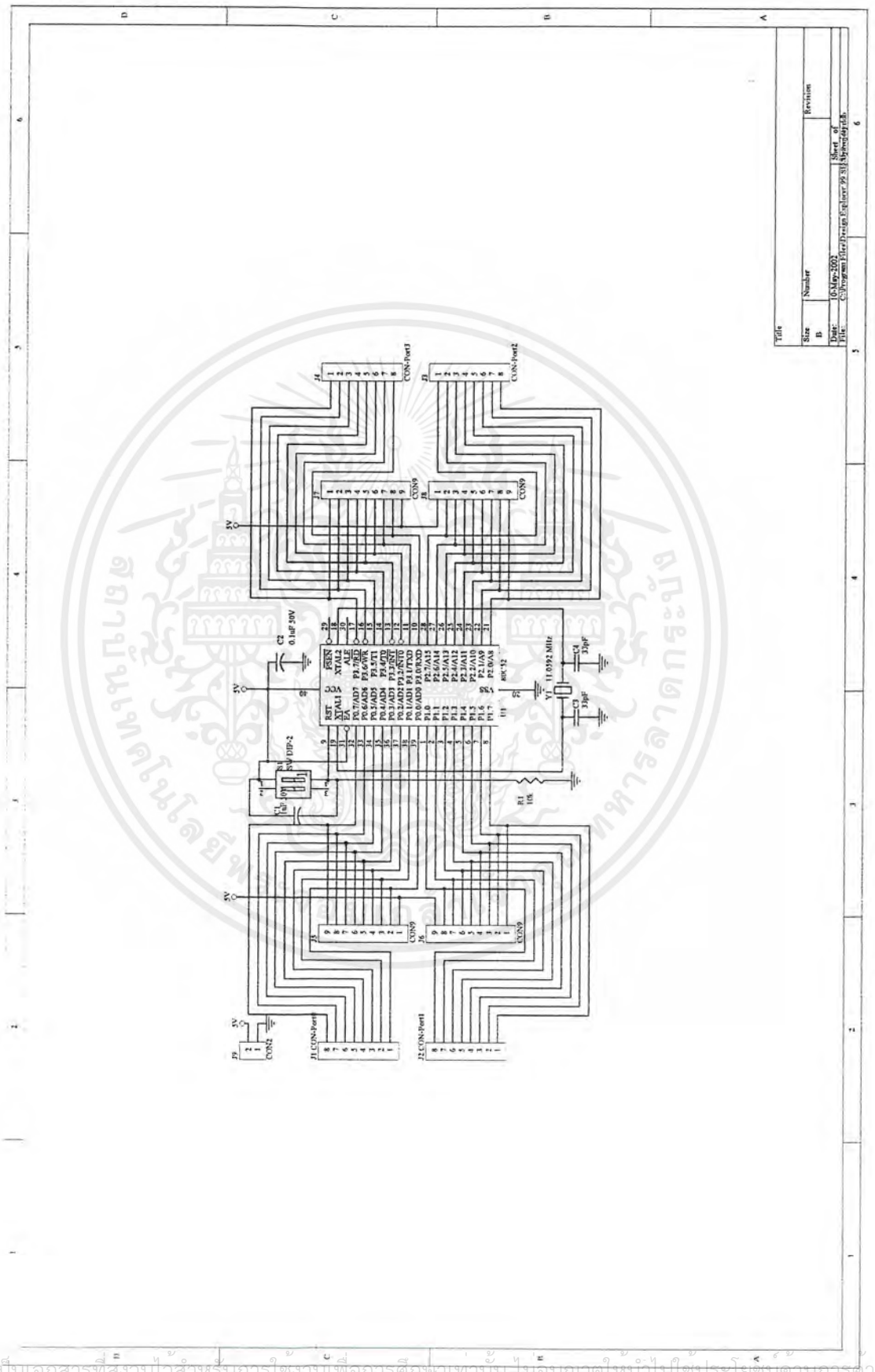
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB    P3.5
        RET

;*************SUBROUTINE DELAY**************

DELAY10MS:  MOV     R6,#40
LOOP10MS :  LCALL   SHOW
            DJNZ    R6,LOOP10MS
            RET
DELAY_M :   MOV     R7,#100
LOOP_M :    ACALL   DELAY10MS
            DJNZ    R7,LOOP_M
            RET
DELAY1 :    MOV     R7,#100
LOOP1 :     ACALL   DELAY10MS
            DJNZ    R7,LOOP1
            RET
DELAY2 :    MOV     R7,#100
LOOP2 :     ACALL   DELAY10MS
            DJNZ    R7,LOOP2
            RET
DELAY3 :    MOV     R7,#100
LOOP3 :     ACALL   DELAY10MS
            DJNZ    R7,LOOP3
            RET
DELAY4 :    MOV     R3,#03
LOOP4 :     ACALL   DELAY_M
            DJNZ    R5,LOOP4
            RET
```

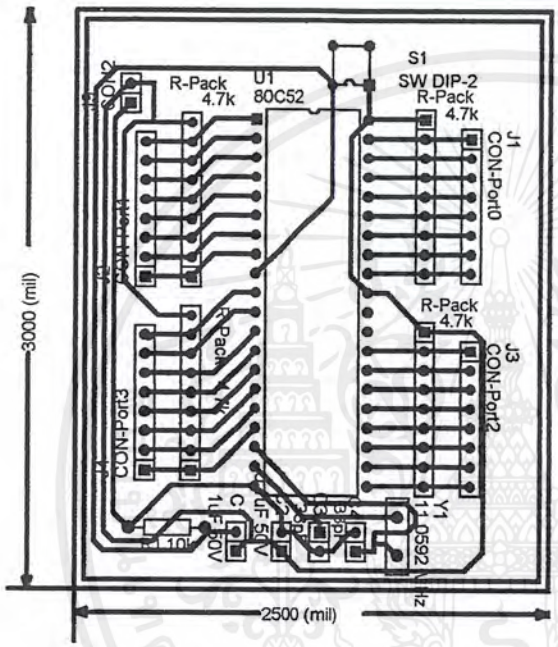
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**********TABLE CODE OF 7-SEGMENT**********

SEGM:       DB     0BFH,86H,0DBH,0CFH,0E6H,0EDH,0FDH,87H,0FFH,0EFH
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

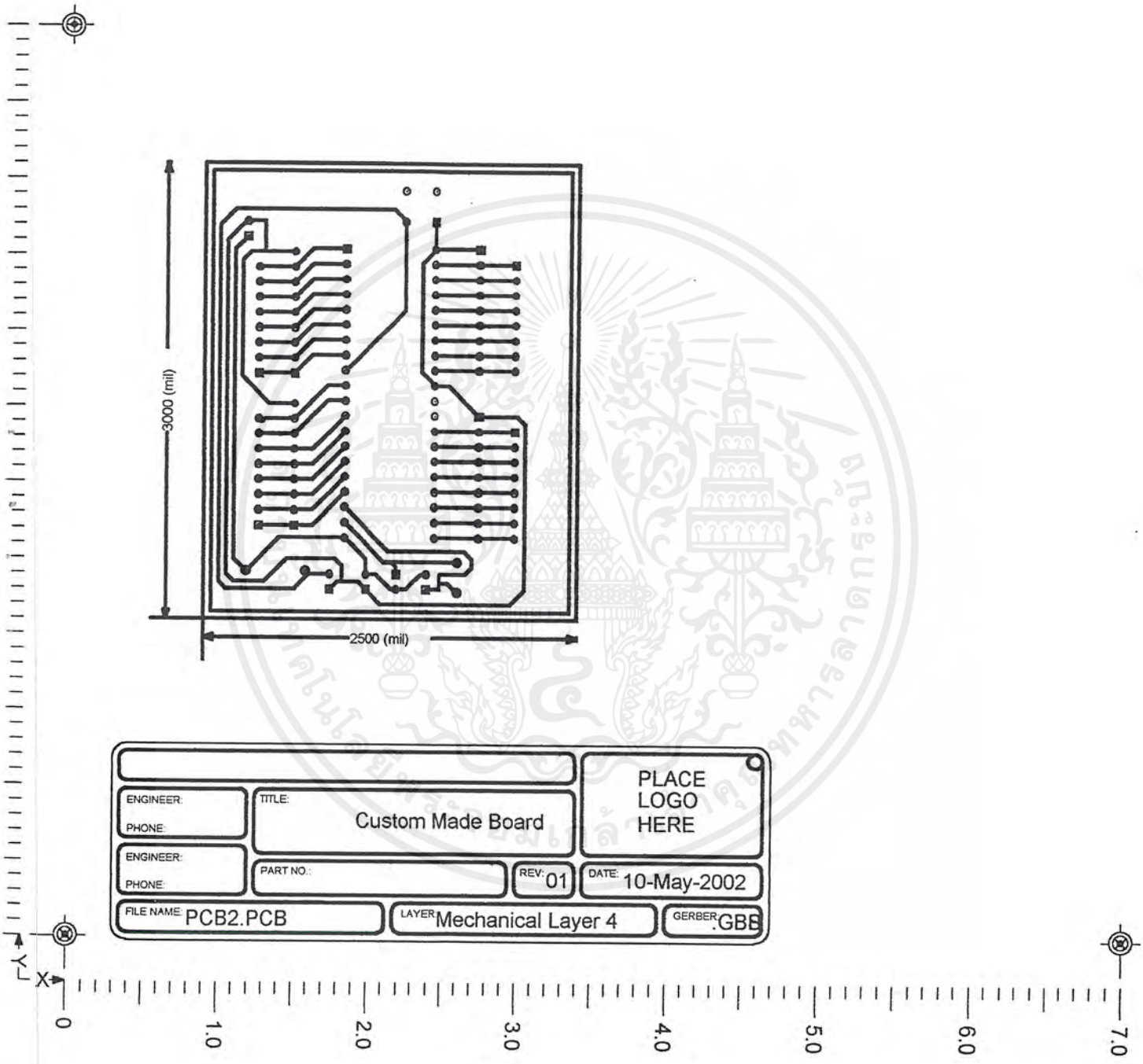


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

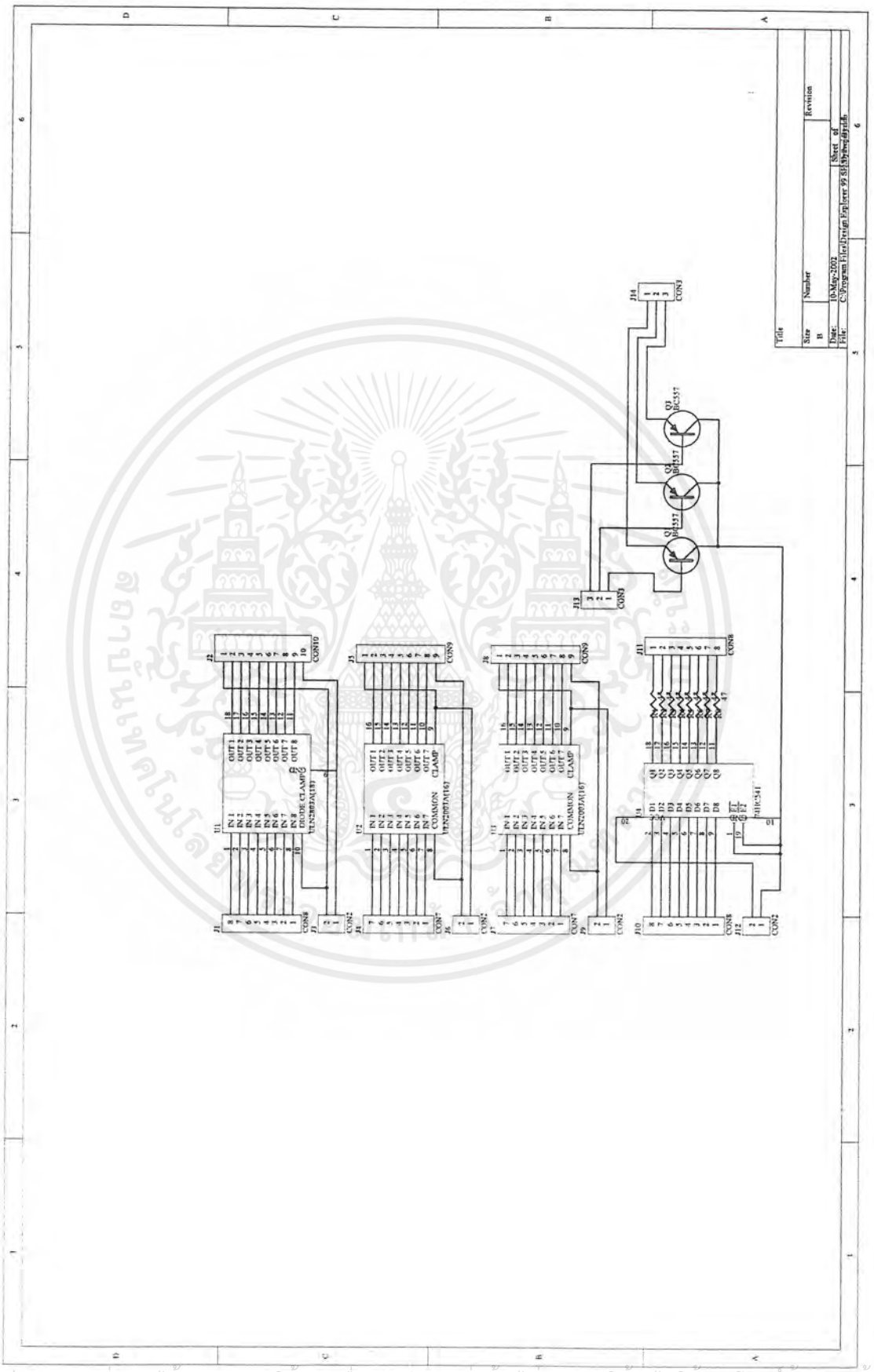


ENGINEER: PHONE:	TITLE: Custom Made Board	PLACE LOGO HERE
ENGINEER: PHONE:	PART NO.:	REV: 01
		DATE: 10-May-2002
FILE NAME: PCB2.PCB	LAYER: Mechanical Layer 4	GERBER: .GBE

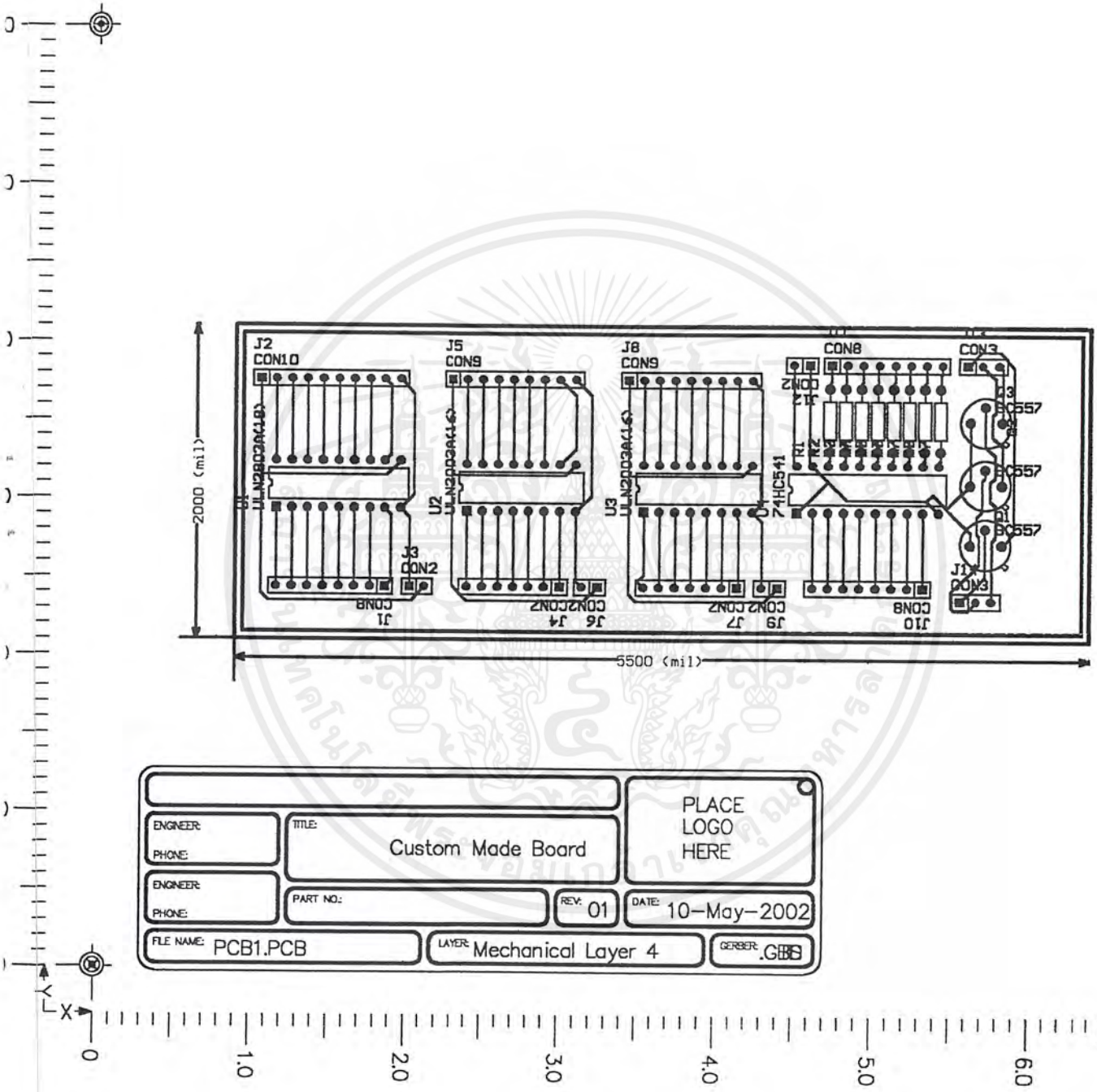
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



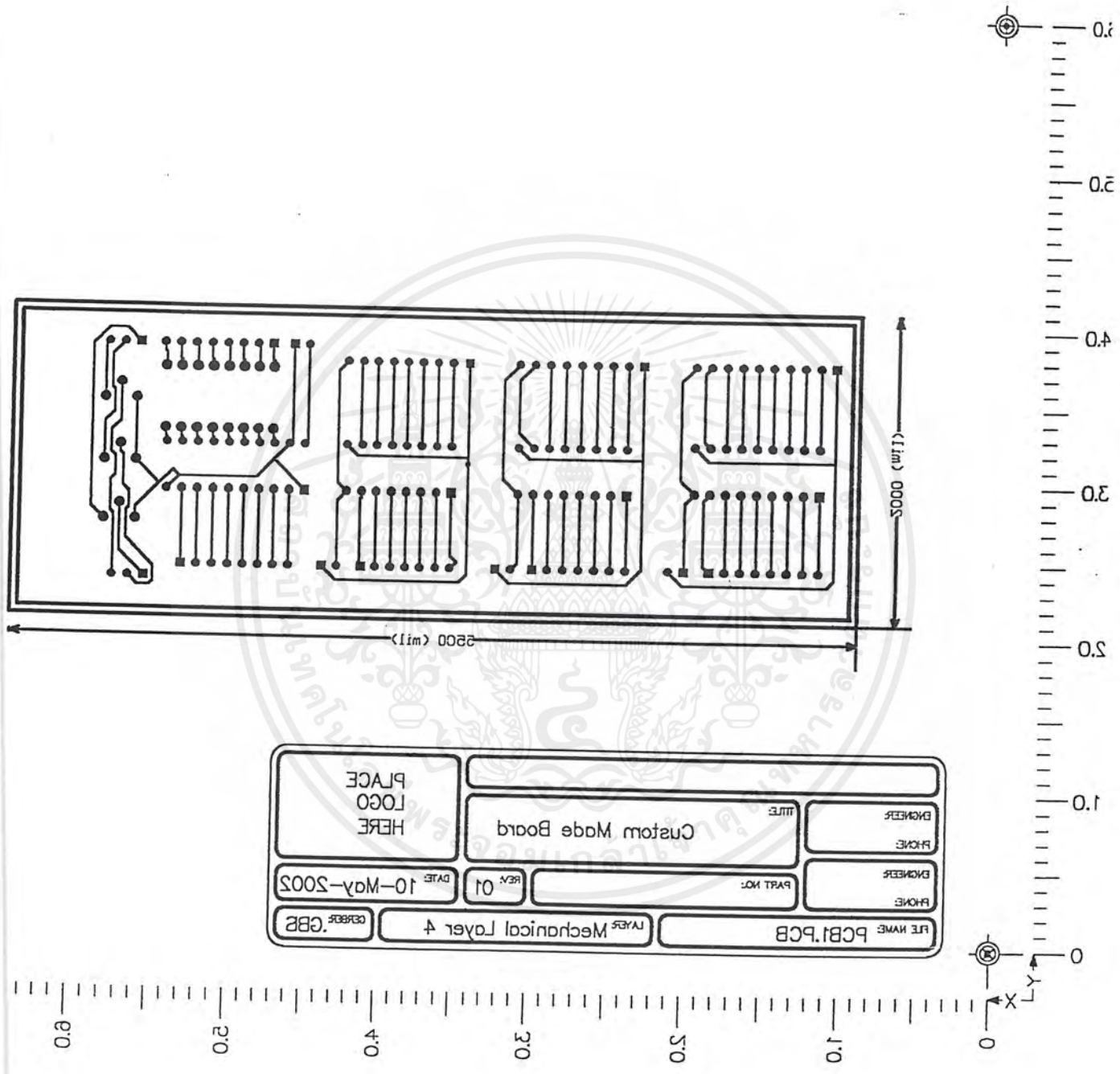
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

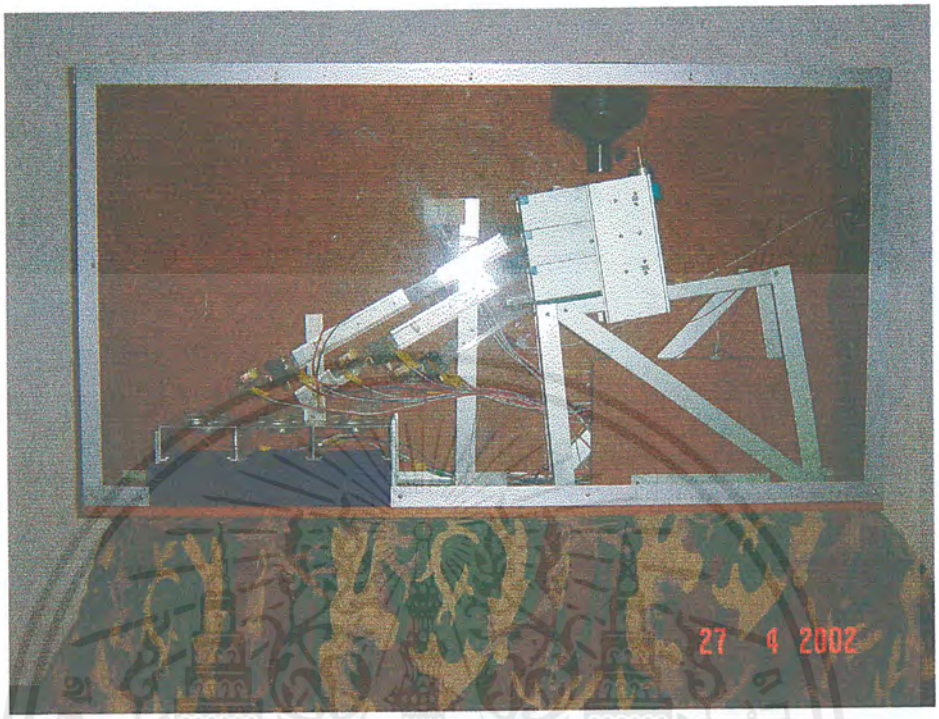


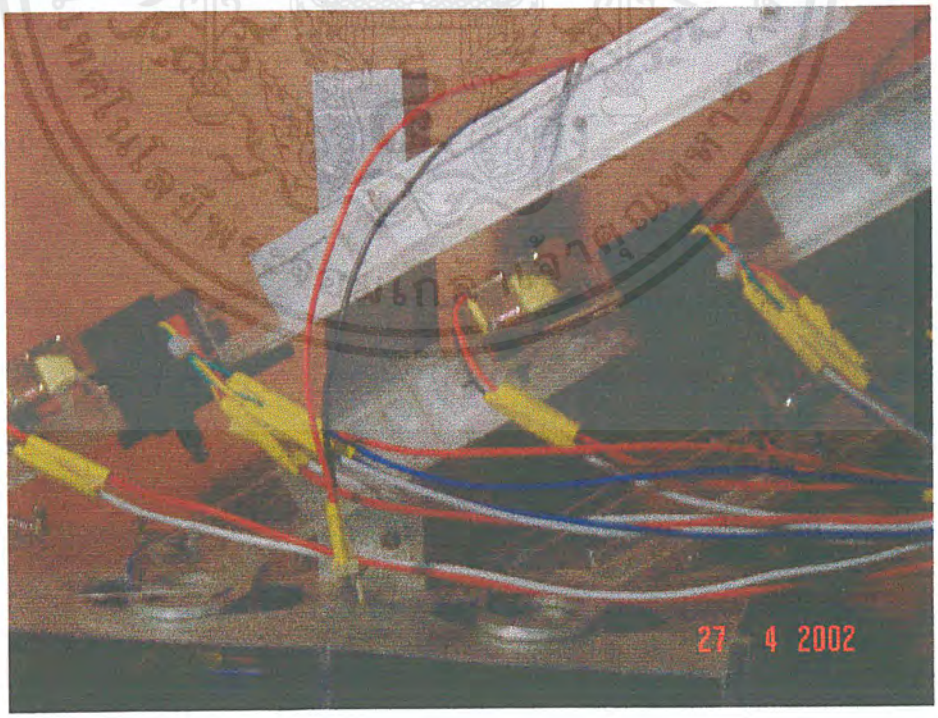
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปชิ้นงานของโครงงาน





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

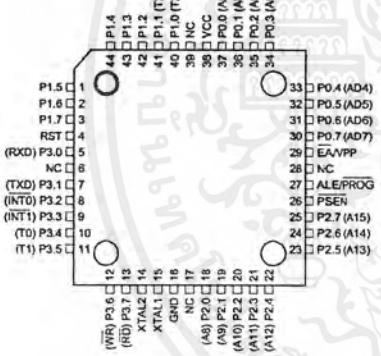
Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

(continued)

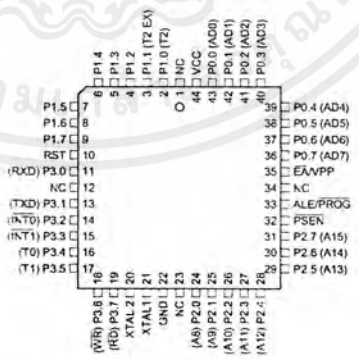
Pin Configurations

PQFP/TQFP



PDIP

PLCC



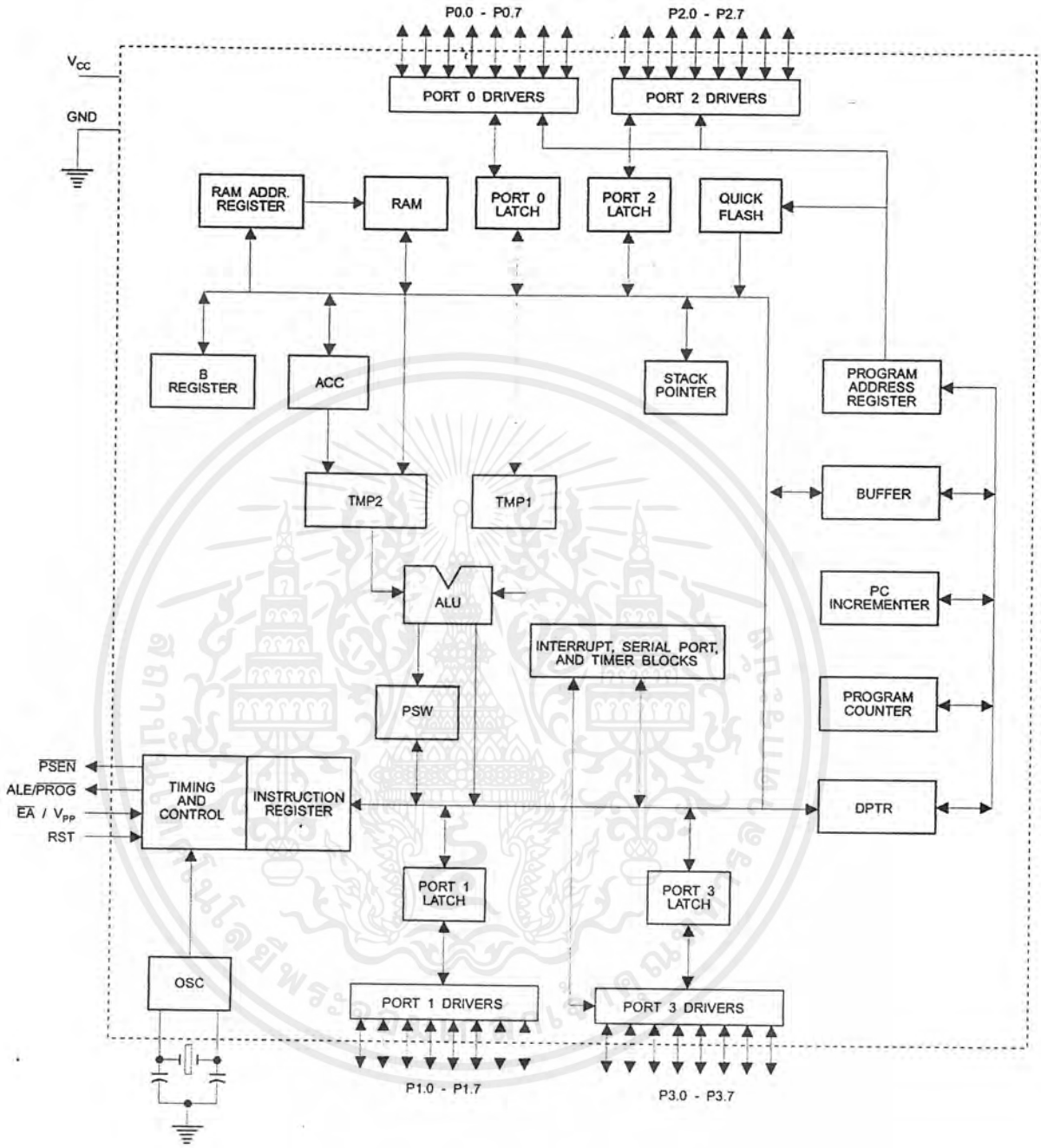
8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

Rev. 0313G–04/99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.
Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2

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

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

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

Port 3

Port 3 is an 8-bit 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 AT89C51, as shown in the following table.

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pulse is skipped during each access to external data memory.

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

$\overline{\text{PSEN}}$

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

When the AT89C52 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA}}$/V_{PP}

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. 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 when 12-volt programming is selected.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

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

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

User software should not write 1s to these unlisted locations, since 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 4) 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.

Table 2. T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	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.
EXF2	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).
RCLK	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.
TCLK	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.
EXEN2	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.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 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.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically 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 that use direct addressing access 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

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/$\overline{T2}$ 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/$\overline{RL2}$	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)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator 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 full machine cycle.

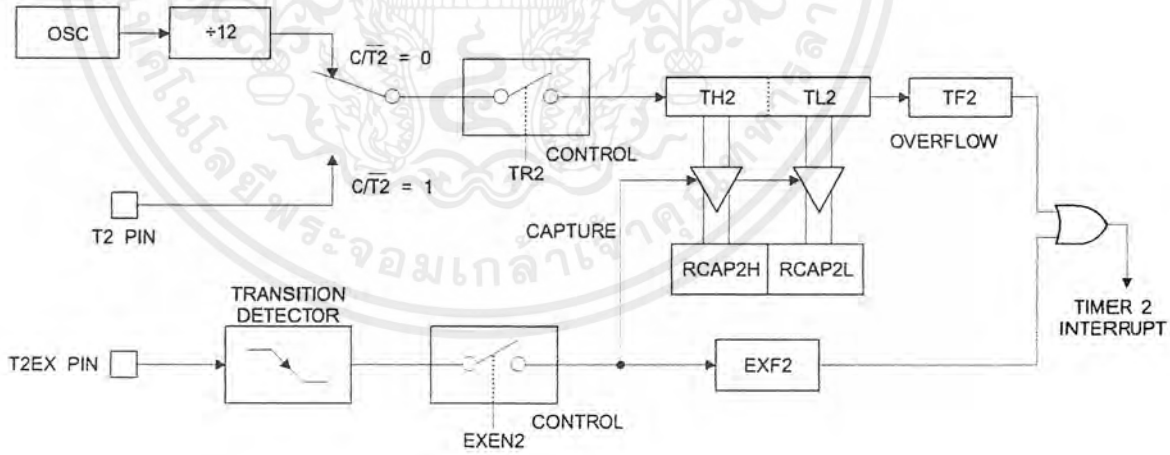
Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. 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 1.

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.

Figure 1. Timer in Capture Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture ModeRCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either 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.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH 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 0FFFFH 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.

Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

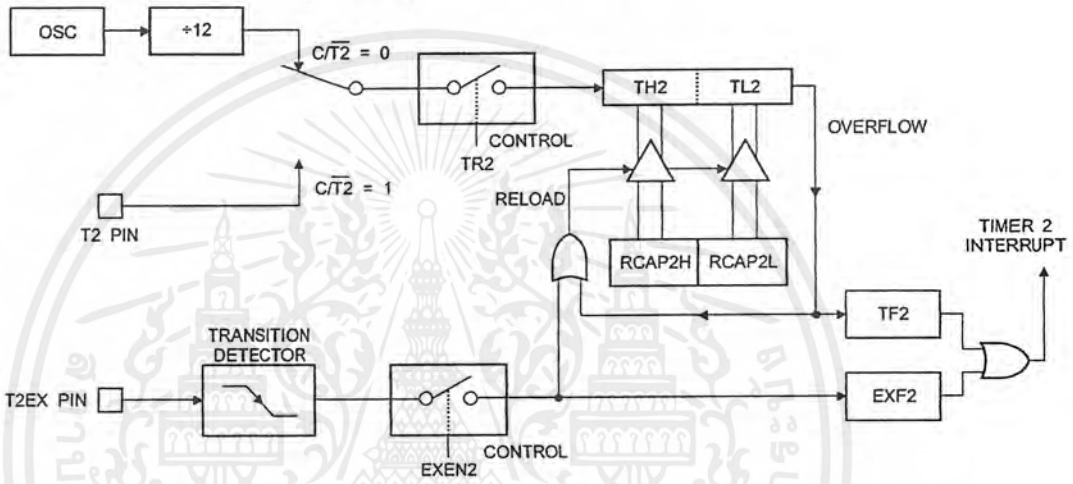


Table 4. T2MOD—Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

	—	—	—	—	—	—	T2OE	DCEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
—	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

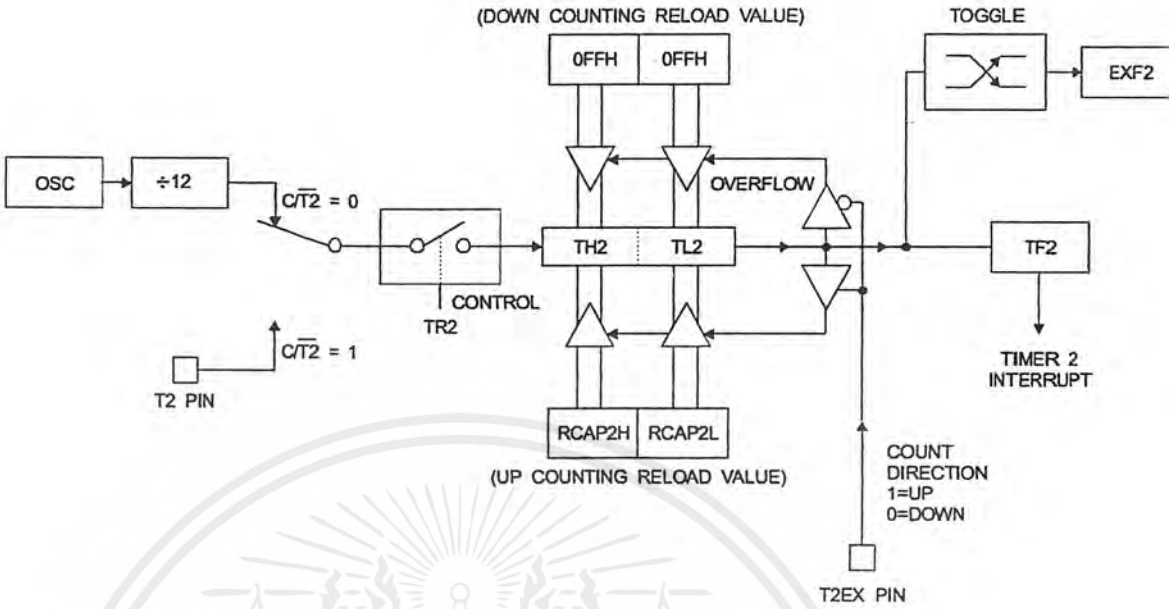
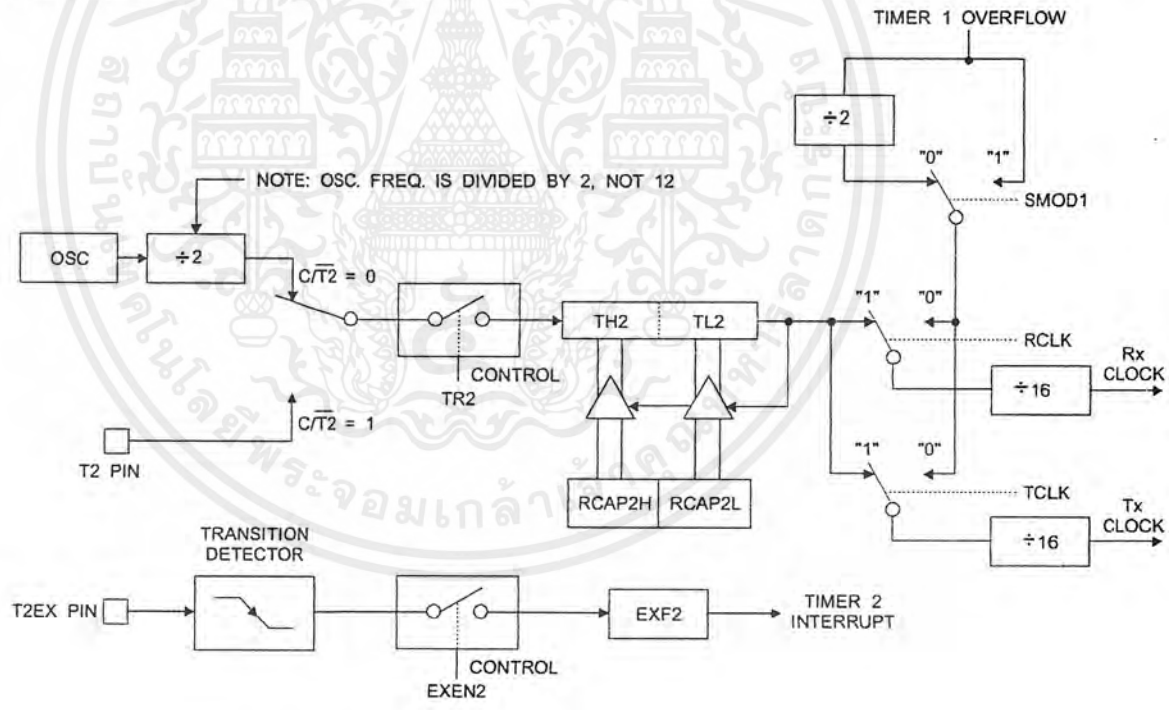


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, 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 at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/$\overline{T2}$ (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 (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

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

In the 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. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of 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.

Note that Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, 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.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

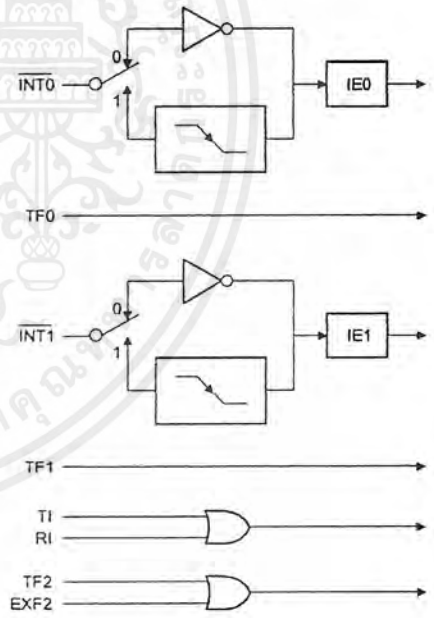
(MSB)							(LSB)
EA	—	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

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 6. Interrupt Sources



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

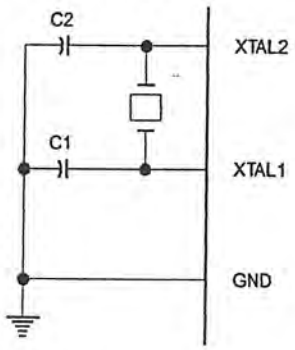
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

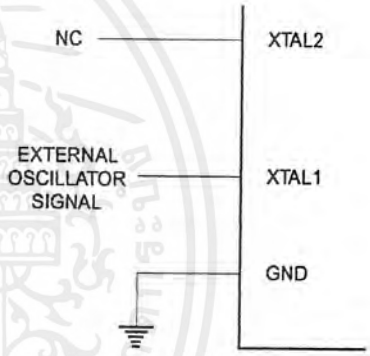
In the power down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



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

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC 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.
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled.

When 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 and holds that value until reset is activated. The latched value of $\overline{EA}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third- party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 9 and 10. To program the AT89C52, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{Data}$ Polling The AT89C52 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$ The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate $\overline{BUSY}$. P3.4 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 lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chip Erase The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.

Reading the Signature Bytes The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 52H indicates 89C52
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically 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

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9. Programming the Flash Memory

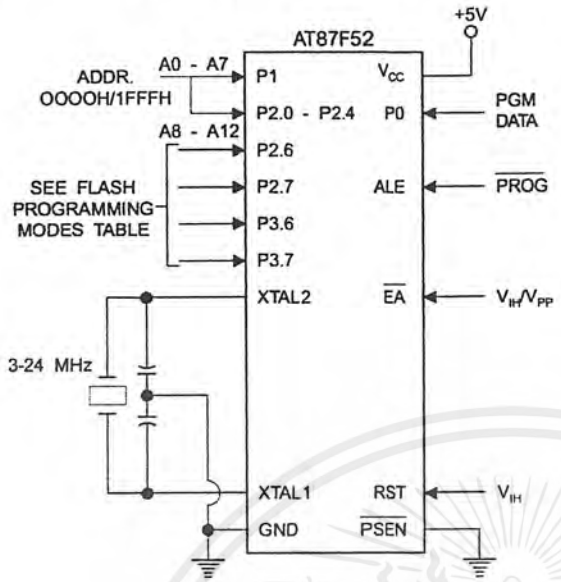
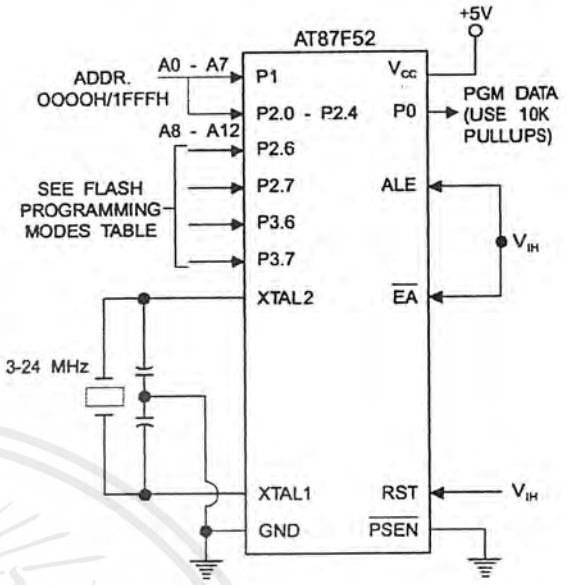


Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

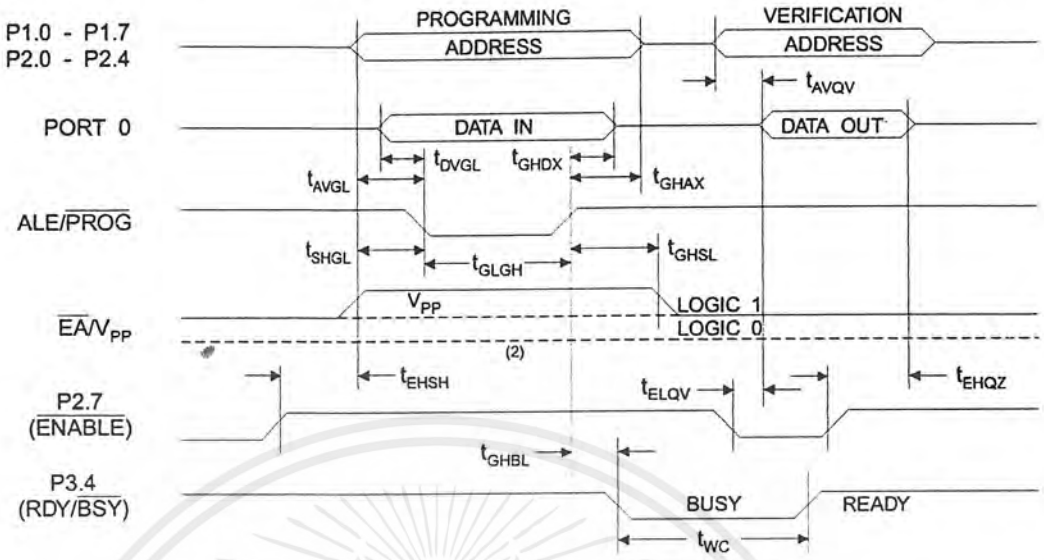
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

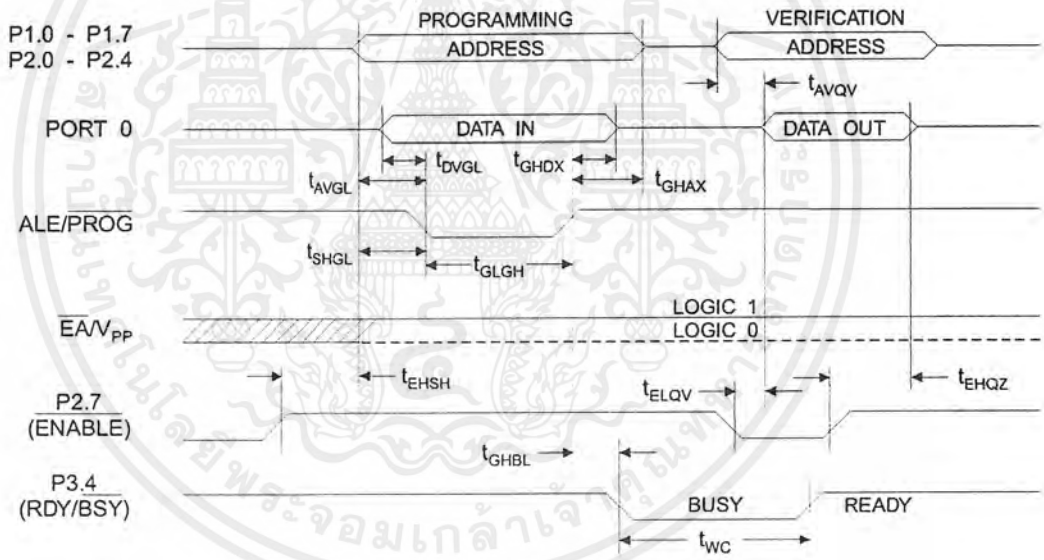
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP}=12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP}=5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating 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
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output 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 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.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power Down Mode(1)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. 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.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

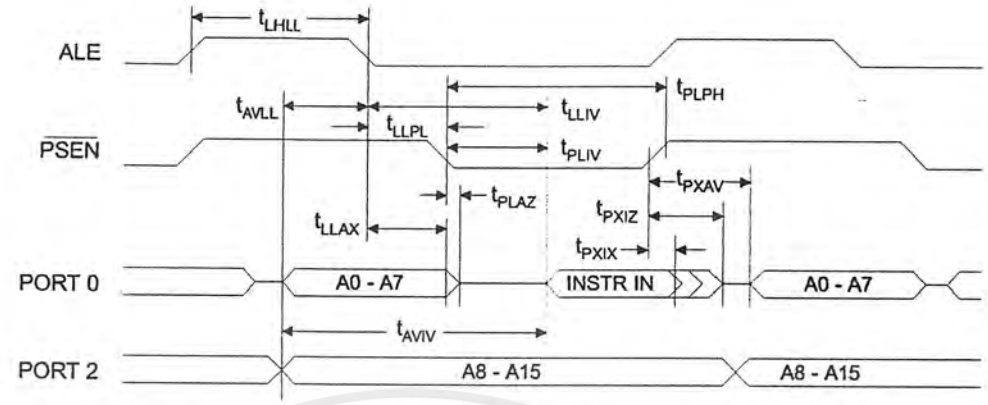
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

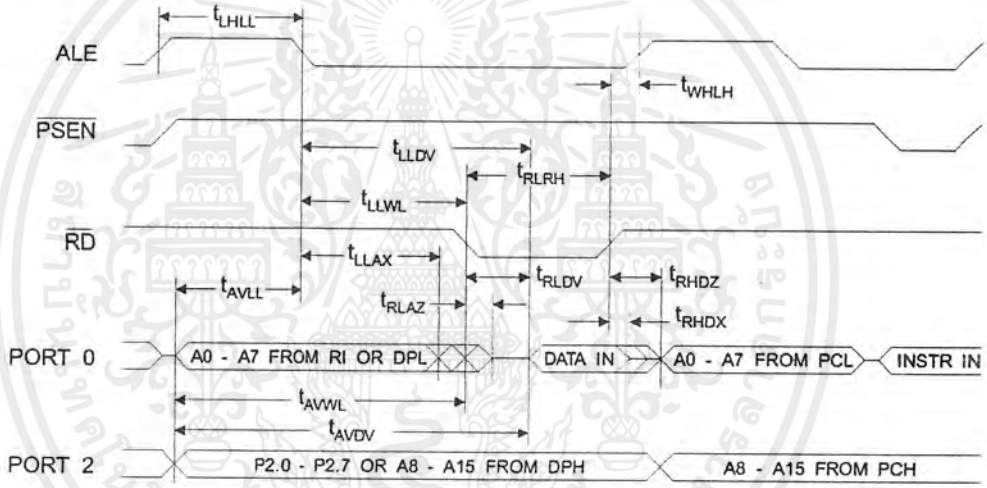
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}$-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}$-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}$-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

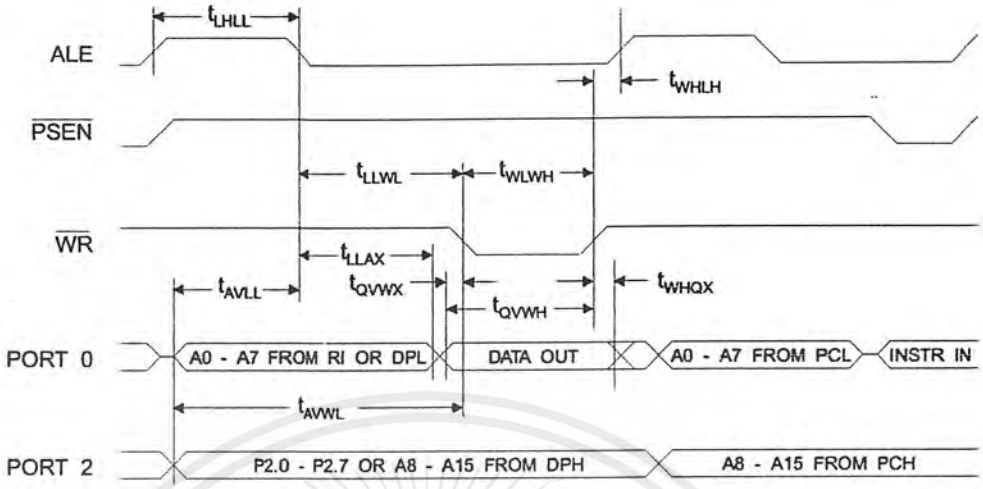


External Data Memory Read Cycle

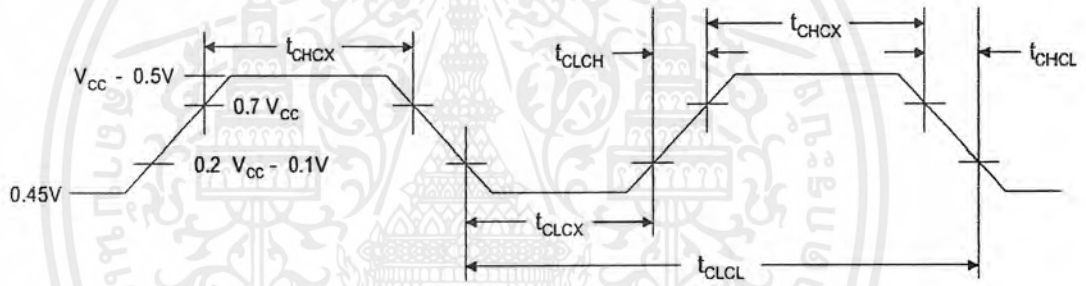


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

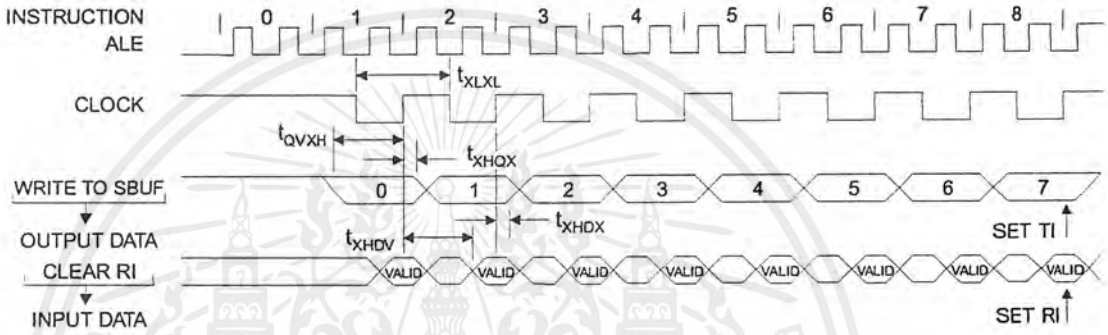
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

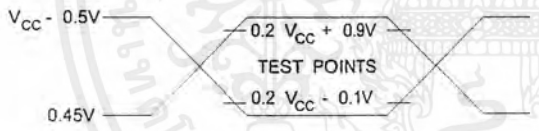
The values in this table are valid for V_{CC} = 5.0V ± 20% and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

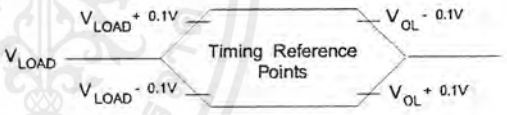


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 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.

Float Waveforms(1)



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC AT89C52-12JC AT89C52-12PC AT89C52-12QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-12AI AT89C52-12JI AT89C52-12PI AT89C52-12QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-12AA AT89C52-12JA AT89C52-12PA AT89C52-12QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 105°C)
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC AT89C52-16JC AT89C52-16PC AT89C52-16QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-16AI AT89C52-16JI AT89C52-16PI AT89C52-16QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-16AA AT89C52-16JA AT89C52-16PA AT89C52-16QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 105°C)
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC AT89C52-20JC AT89C52-20PC AT89C52-20QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-20AI AT89C52-20JI AT89C52-20PI AT89C52-20QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

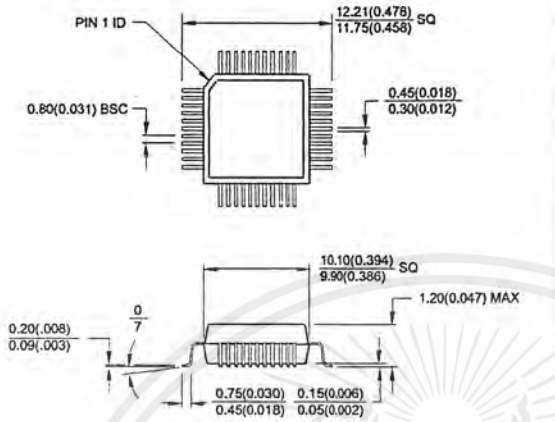
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-24JC	44J	
		AT89C52-24PC	40P6	
		AT89C52-24QC	44Q	
		AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-24JI	44J	
		AT89C52-24PI	40P6	
		AT89C52-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

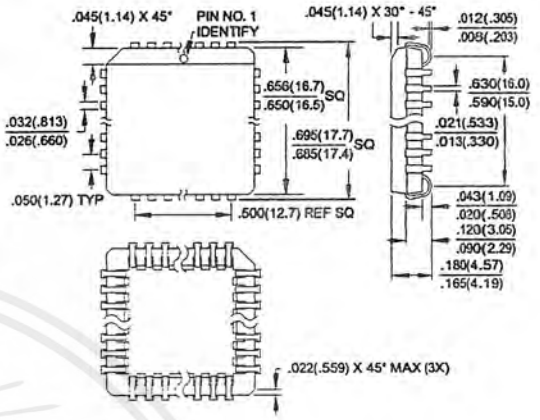
Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

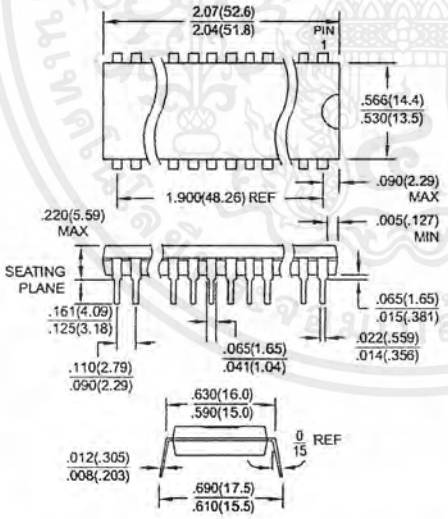


Controlling dimension: millimeters

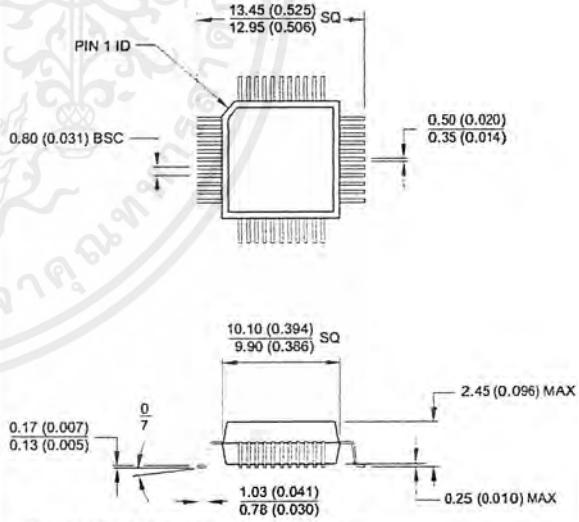
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC



40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe
Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia
Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan
Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

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

Atmel Rousset
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

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

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1999.
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard wa
rranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility f
any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time witho
notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual pro
erty of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products ar
not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.

Printed on recycled pape

0313G–04/99/x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud 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 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in 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's overflow rate according to the following equation.

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

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it 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.

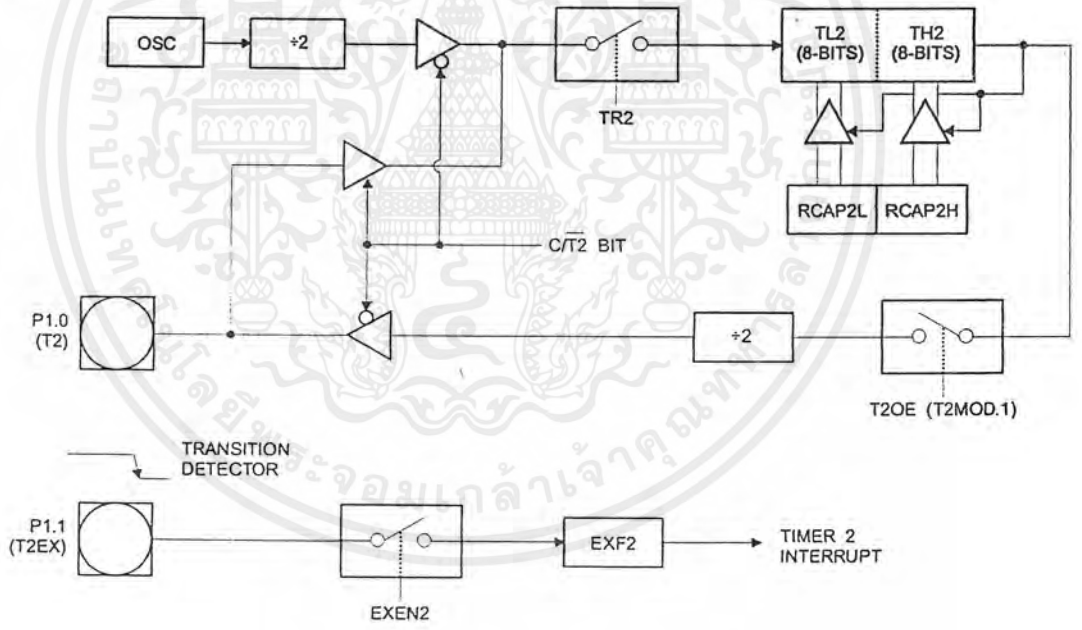
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

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 4. 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.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. เหรียญและเงินตราไทย ในรอบ 50 ปี,คณะกรรมการอำนวยการจัดงานฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี ,จัดพิมพ์เพื่อเฉลิมฉลองพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในมหาราชมงคลสิริราชสมบัติครบ 50 ปี
   จัดทำโดยคณะกรรมการเฉพาะกิจจัดทำหนังสือ เหรียญและเงินตราไทย ในรอบ 50 ปี สำนักนายกรัฐมนตรี พุทธศักราช 2539
2. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ AT89c5X ของ Atmel เรียบเรียงโดย วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล ,จัดพิมพ์โดย บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด,เลขที่ 3133/53 ซ.อุบลศรี (สุขุมวิท 101/2) ถ.สุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ
3. เขียนแบบด้วย Autocad 14 Visual Guide ,สนธยา จุ้ยยิ้ม
   บริษัท ว.เพ็ชรสกุล จำกัด 60/1 อาคารมนรินริน ห้อง A 204 ซอยสายลม ถนนพหลโยธิน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้