

สำนักหอสมุดสง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวัดระดับของเหลว



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

76649

- 3 S.A. 2550

b. 118 50401
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2549
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liquid Level Measurement Device



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the degree of
Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Academic Year 2006
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง

เครื่องมือวัดระดับของเหลว

นักศึกษา

นายสามารถ พึ่งพิพจน์

นายสุรวุฒิ วิจารณ์

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

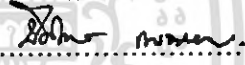

สาขาวิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์	
กรรมการ ดร.ปิติพร ถนอมงาม	
กรรมการ อ.ภูมิินทร์ จินดาจิราวัฒน์	
กรรมการที่ปรึกษา ผศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม	



(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชศิธิระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	เครื่องมือวัดระดับของเหลว
นักศึกษา	นายสามารถ พึ่งพิพัฒน์ นายสุรวุฒิ วิจารณ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ - เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือวัดระดับของเหลวเพื่อนำไปใช้ประยุกต์ในส่วนของการประหยัดน้ำภายในอุตสาหกรรมที่ใช้ในปัจจุบัน โดยอาศัยวิธีการวัดระดับด้วยคลื่นอุลตราโซนิก ซึ่งทำการแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาการจับวางอุปกรณ์ของเครื่องมือ โดยทำการวางระดับของเซนเซอร์กับระดับน้ำให้มีระดับ ตั้งแต่ที่ระดับ 5 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตรและทำการจับเวลาการเคลื่อนที่ไปและกลับของคลื่นอุลตราโซนิกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางจอ LCD ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำเครื่องมือไปใช้ทดสอบกับอุตสาหกรรมจริง โดยทำการแบ่งระดับการทดสอบออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับที่ 10 เซนติเมตร เป็นการทำความสะอาดก่อนใช้งาน ที่ระดับ 15 เซนติเมตร เป็นการทำความสะอาดภายหลังปีสภาวะ และที่ระดับ 25 เซนติเมตร เป็นการทำความสะอาดภายหลังถ่ายอุจจาระ ซึ่งในแต่ละระดับจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระดับที่เลือกไว้และแสดงให้รู้ว่าถึงระดับที่เลือกไว้ด้วยไดโอดเปล่งแสง

Special Project Title	Liquid Level Measurement Device
Name	Mr.Samart Phuengpipat Mr.Surawut Wicham
Department	Applied Physics
Program	Applied Physics – Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2006
Special Project Adviser	Asst.Prof.Sarai Lekchaum

ABSTRACT

This special project is studying about construction of liquid level measurement device for water saving application in sanitary ware by using ultrasonic technique. The studying is divided in 2 steps , first step is a set up device in ranges of 5 – 50 cm and measure the traveling time of ultrasonic wave between ultrasonic transmitter - reciever and liquid surface. Microcontroller is used to calculate the level of water and display its on LCD module. Last step, device is installed in sanitary ware by divide the testing level in 3 levels. First level at 10 cm is general cleaning level, second level at 15 cm is cleaning of urine and final level at 25 cm is cleaning after stool. Microcontroller is used to detect selected level when selected level is reached , LED which join with microcontroller are bright.

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากการได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ดังนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทราย เล็กชะอุม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ แนวทางเกี่ยวกับการศึกษาในรายละเอียดของโครงการพิเศษ ข้อมูลต่างๆ ในศึกษาโครงการพิเศษ อีกทั้ง หนังสือหลายๆเล่มที่มีส่วนการเก็บเป็นข้อมูลของโครงการพิเศษที่อาจารย์แนะนำและให้ยืม ท่าน อาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนตลอดระยะเวลา 4 ปีที่กำลังจะผ่านไป ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาที่หล่อเลี้ยง คณะที่หล่อหลอม สถาบันอันทรงเกียรติที่โอบอุ้ม มอบความรู้อันล้ำค่าให้มากมายทั้งด้านวิชาการและการดำรงชีวิต ทำให้พวกเราภาคภูมิใจในเกียรติ ชิมชัยในศักดิ์ศรีและจงรักภักดีต่อสายเลือดชาวเทคโนโลยี เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน ที่ช่วยกันทำให้ภาพข่าวคำในจินตนาการกลายเป็นภาพสีในเป็นความจริงตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามด้วยใจจริง

นายสามารถ พึ่งพิพัฒน์
นายสุรวุฒิ วิจารณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 หลักการวัดระดับ	4
2.1.1 วิธีการวัดระดับ	4
2.1.1.1 วิธีการวัดระดับโดยตรง (Direct)	4
2.1.1.2 วิธีการวัดระดับโดยหลักการทางวิทยาศาสตร์	5
2.2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ถึงพักน้ำและการติดตั้งโอสูษภณช์	6
2.3 หลักการของการวัดระดับของชุดอุปกรณ์วัดระดับ	11
2.3.1 อุลตราโซนิค (Ultrasonic Wave)	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 การทำงานของเครื่องมือวัดระดับด้วยอุลตราโซนิค	18
3.2 หลักการทำงานของวงจร	18
3.2.1 หลักการทำงานของวงจรภาคส่งสัญญาณ	18
3.2.2 หลักการทำงานของวงจรของภาครับสัญญาณ	19
3.2.3 หลักการทำงานของส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนแสดงผล	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การทำงานของโปรแกรม	21
บทที่ 4 การทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การทดลองในส่วนของวงจร	25
4.1.1 ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ	25
4.1.2 ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณ	26
4.2 การทดลองในส่วนของ การ set อุปกรณ์	32
4.3 การทดลองในส่วนการนำไปใช้งานกับการวิเคราะห์คีย์ภายในโดเมน	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	38
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวรับสัญญาณ และที่ผ่านวงจรมอดูเลชันสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ	34
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระยะทางที่วัดได้ด้วยเครื่องมือเปรียบเทียบกับระยะจริง	35
ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาที่คลื่นใช้เดินทางจากการคำนวณ เปรียบเทียบกับเวลาที่คลื่นใช้เดินทางจริง	36
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าระยะทางที่วัดได้ด้วยเครื่องมือเปรียบเทียบกับระยะจริง	38



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการวางตำแหน่งของ โดสุภภัณฑ์	6
รูปที่ 2.2 แสดงการติดตั้งวาล์วของ โดสุภภัณฑ์	6
รูปที่ 2.3 แสดงการติดตั้งท่อระบายน้ำของ โดสุภภัณฑ์	7
รูปที่ 2.4 แสดงการติดตั้งท่อกับ โดสุภภัณฑ์	8
รูปที่ 2.5 แสดงการติดตั้งทางระบายน้ำเข้าของ โดสุภภัณฑ์	8
รูปที่ 2.6 การติดตั้ง โดสั้วกับหน้าแปลน โดสั้ว	9
รูปที่ 2.7 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ถังพักน้ำ	9
รูปที่ 2.8 แสดงการติดตั้งถังพักน้ำเข้ากับตัว โดสุภภัณฑ์	10
รูปที่ 2.9 การติดตั้งสายน้ำคิเข้ากับชุดวาล์วเปิดปิด	10
รูปที่ 2.10 การปรับตั้งระดับน้ำในถังพักน้ำ	11
รูปที่ 2.11 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นเสียง	12
รูปที่ 2.12 แสดงการแพร่กระจายของคลื่นเสียง	13
รูปที่ 2.13 (ก) โครงสร้างภายในตัวอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	14
แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก	14
รูปที่ 2.13 (ข) เมื่อร้อนแรงดันให้กับมันจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโค้งงอไปมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงอุลตราโซนิกกระจายไปในอากาศ	14
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	15
แบบต่างๆ กัน	15
รูปที่ 2.15 แสดงเทคนิคการวัดระดับของของเหลวด้วยอุลตราโซนิก	16
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน โดยรวมของเครื่องมือวัดระดับ	17
รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่งของอุลตราโซนิก	18
รูปที่ 3.3 วงจรภาครับของอุลตราโซนิก	19
รูปที่ 3.4 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรม	21
รูปที่ 3.5 ภาพแสดงวงจรที่ใช้ในการศึกษา	23
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณจาก NE555P ด้วย Digital Oscilloscope	24
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณความถี่ 40 kHz ที่ได้จาก ไอซีเบอร์ NE555P	24
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งอุลตราโซนิกด้วย	25
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งอุลตราโซนิกที่วัดด้วย	25

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับ และที่ผ่านวงจรมายาสัญญาณ	26
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 5 cm	26
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 10 cm	27
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 15 cm	27
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 20 cm	28
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 25 cm	28
รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 30 cm	29
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 35 cm	29
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 40 cm	30
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 45 cm	30
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับและวงจรมายาสัญญาณที่ระยะ 50 cm	31
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะการวัดความถี่ในการวัดระดับน้ำ	31
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่วัดได้จริงกับ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการวัด	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

โถสุขภัณฑ์นับว่าเป็นอุปกรณ์ด้านอุปโภคที่สำคัญอีกประเภทหนึ่งในปัจจุบันที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการใช้งานที่ถูกสุขลักษณะและใช้ง่ายสะดวก ภายหลังจากการติดตั้ง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าระบบการทำงานภายในของโถสุขภัณฑ์ในปัจจุบันนั้นจะมีความซับซ้อนค่อนข้างน้อย ซึ่งทำให้การออกแบบและติดตั้งได้ง่าย แต่จากการที่ระบบการทำงานภายในของโถสุขภัณฑ์มีความซับซ้อนค่อนข้างน้อยนี้ ได้ส่งผลกระทบต่อการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ นั่นก็คือทรัพยากรน้ำ ในระดับหนึ่ง กล่าวคือ การทำงานของระบบโถสุขภัณฑ์นั้นจะมีการปล่อยน้ำออกจากถังน้ำหมดถึงทุกครั้งที่มีการกดโถสุขภัณฑ์ภายหลังจากการใช้งานผ่านไป แล้ว ซึ่งบางครั้งการใช้งานโถสุขภัณฑ์นี้ไม่ได้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำในถังน้ำในโถสุขภัณฑ์ทั้งหมด เช่นในกรณีของการทำความสะอาด โถสุขภัณฑ์ก่อนการใช้งานหรือแม้กระทั่งการทำความสะอาด โถสุขภัณฑ์ภายหลังจากถ่ายเบร (ปัสสาวะ) เป็นต้น แต่ถ้าเป็นกรณีของการถ่ายหนักก็ถือว่าสมควรที่จะใช้น้ำภายในถังของโถสุขภัณฑ์หมดถึง

ซึ่งจากข้อดีของโถสุขภัณฑ์นี้ จึงมีการศึกษาและออกแบบระบบการทำงานของโถสุขภัณฑ์แบบใหม่ เพื่อที่จะช่วยให้สามารถประหยัดทรัพยากรน้ำและเพิ่มความสะอาดสบายเพิ่มขึ้นด้วย โดยการศึกษาและออกแบบระบบการทำงานของโถสุขภัณฑ์แบบใหม่จะมีการใช้ทฤษฎีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้มากขึ้น โดยมีการใช้สวิทช์ด้วยกัน 3 ระดับ เพื่อเป็นการเลือกกระดืบของการทำงานของระบบ ดังต่อไปนี้ คือ ระดับที่หนึ่งเป็นการทำงานของระบบในส่วนของการทำความสะอาดโถสุขภัณฑ์ก่อนการใช้งาน ระดับที่สองเป็นการทำงานของระบบในส่วนของการทำความสะอาดโถสุขภัณฑ์ภายหลังจากถ่ายเบร(ปัสสาวะ)และระดับที่สามเป็นการทำงานของระบบในส่วนของการทำความสะอาดโถสุขภัณฑ์ภายหลังจากถ่ายหนัก ซึ่งในแต่ละระดับจะมีการใช้น้ำภายในถังของโถสุขภัณฑ์ที่ต่างกัน โดยภายหลังจากการเลือกกระดืบการใช้งานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการออกแบบไว้ จะทำการจับเวลาตั้งแต่คลื่นอุลตราโซนิคออกจากตัวส่งและสะท้อนกลับเข้ามายังตัวรับและทำการคำนวณเวลาที่คลื่นอุลตราโซนิคใช้ในการเดินทาง ไปถึงกลับจากตัวส่งถึงตัวรับและแสดงผลระยะเวลาที่ทำการคำนวณออกผ่านแสดงผลผ่านจอ LCD ที่ได้ออกแบบไว้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษาระบบของเครื่องมือวัดระดับและการประยุกต์ให้สามารถใช้งานวัดระดับร่วมกับระบบอื่นได้
2. เพื่อทำการศึกษาถึงระบบการวัดระดับของของเหลว
3. เพื่อทำการศึกษารอกแบบระบบของเครื่องมือวัดระดับของของเหลว
4. เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการออกแบบเครื่องมือวัดระดับของของเหลว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของกลศาสตร์ของไหล
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของเครื่องมือวัดระดับ
3. ศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการออกแบบระบบเพื่อวัดระดับของของไหล
4. สรุปผลการศึกษา

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ช่วงเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
เมษายน – มิถุนายน พ.ศ. 2549	- ศึกษาทฤษฎีและหลักการของเครื่องมือวัดระดับ กลศาสตร์ของไหล - ศึกษาวิธีการวัดระดับของของไหล
กรกฎาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2549	- ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบระบบการวัดและการสร้างแบบจำลองสมการของระบบของระบบการวัดระดับของของไหล
กันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2549	- ทำการติดตั้งระบบการวัดระดับของของไหลและทำการทดสอบระบบ
พฤศจิกายน - ธันวาคม พ.ศ. 2549	- ศึกษาวิเคราะห์ผลการออกแบบระบบ
มกราคม – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549	- ทำการสรุปผลการศึกษาโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการวัดระดับของของไหลโดยใช้เครื่องมือวัดระดับ
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้ที่เรียนมาให้เหมาะสมกับการใช้งานประเภทอื่นได้
3. ทำให้มีความรู้เพิ่มเติมในการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือวัดระดับประเภทต่างๆ กลศาสตร์ของไหล การออกแบบระบบที่ทำการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการวัดระดับ

ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทมีงานวัดระดับแทรกอยู่ด้วยเสมอ เช่น การวัดระดับน้ำมัน น้ำในถังพัก การวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ โดยอาศัยการวัดด้วยวิธีโดยตรง ที่ใช้ลูกตอย หรือดิพสติค (Dipsticks) ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่ายๆ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับในภาชนะที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็นสารเคมีที่มีอันตราย หรือต้องการสัญญาณระดับเพื่อไปใช้ในงานอย่างอื่น เช่น เพื่อการควบคุม บันทึกราคา ดังนี้ จะใช้การวัดโดยตรงไม่ได้ จะต้องประยุกต์หลักการวิทยาศาสตร์อื่นๆเข้าช่วย เพื่อให้งานการวัดระดับบรรลุผลตามความมุ่งหมาย

2.1.1 วิธีการวัดระดับแบ่งเป็นหลักการใหญ่ๆ ได้สองประเภท คือ

2.1.1.1 วิธีการวัด โดยตรง (Direct) เป็นวิธีที่ประหยัด ง่าย และเชื่อถือได้ ที่มีข้ออยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ดิพสติค, แบบกระจกมองระดับและแบบลูกตอย

ก. ดิพสติค

ดิพสติค เป็นก้านโลหะที่มีขีดบอกระดับเป็นระยะๆ สำหรับจุ่มลงไปวัดระดับของเหลวที่อยู่ในภาชนะต่างๆ เช่น อ่างน้ำมันเครื่องของรถยนต์ ภาชนะเก็บน้ำมันสำรองสำหรับหล่อลื่นเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น ปีม ของเหลวที่ต้องการวัดระดับจะต้องมีความหนืดและระเหยช้า ค่าระดับที่บอกส่วนใหญ่จะ ไม่บอกเป็นตัวเลขแต่จะบอกเป็นระดับ สูงสุด และ ต่ำสุด ถ้าระดับน้ำมันที่อยู่ในช่วงนี้ถือว่าปกติการวัดเพื่อดูอัตราการใช้น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักรกลและสามารถวิเคราะห์การรั่วไหล สภาพเครื่องยนต์ ช่วงเวลาการเติมน้ำมันหล่อลื่นครั้งต่อไป ข้อควรระวังคือ ขณะสอดเข้าไปวัดระดับจะต้องสอดเข้าไปให้สุดและพยายามดึงออกมาตรงๆ อย่าให้เสียดสีกัน ขอบถึง

ข. กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกมองระดับเป็นวิธีที่สามารถดูระดับของเหลวได้โดยตรง ใช้นากับภาชนะที่ท่าสูงนัก แบบพิเศษสามารถใช้งานได้กับภาชนะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เช่น ในหม้อน้ำเลี้ยง (Drum) ของหม้อไอน้ำ (Boiler) การอ่านระดับจะอ่านได้เฉพาะจุดที่ติดตั้งกระจกมองระดับเท่านั้น ถ้าต้องการดูระดับในจุดที่ห่างออกไปจากตัววัด เช่น ในห้องควบคุม อาจทำได้โดยใช้โทรทัศน์วงจรปิด เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและปลอดภัยต่อการใช้งาน กระจกมองระดับจะถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ มีวาล์วปิดทั้งทางด้านบนและด้านล่าง เพื่อตัดส่วนนี้ออกขณะต้องการซ่อมบำรุง กระจก

แก้วมอระดับแบ่งแยกตามลักษณะโครงสร้างได้เป็น 3 แบบคือ แบบท่อแก้ว (Tubular Glass), แบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass), และแบบแบ่งเป็นช่อง (Multiport)

ค. แบบแบ่งเป็นช่อง (Multiport)

เป็นแบบที่เหมาะสมสำหรับของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิสูงโดยเฉพาะ ภายในช่องระดับมีทรงเป็นรูปกลม จุดที่ต้องการระดับจะติดตั้งแผ่นแก้วไว้เป็นช่องๆ ระดับที่อยู่ระหว่างช่องทั้งสองจะมองไม่เห็น เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตระดับได้มีผู้คิดกำหนดสีของของเหลวและส่วนที่เป็นช่องว่างให้แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยใช้หลักการหักเหของแสงในน้ำและในอากาศไม่เหมือนกันประกอบกับช่องภายในเป็นรูปกลมทำหน้าที่เหมือนปริซึม ส่วนใหญ่มักกำหนดให้ น้ำหรือของเหลวเป็นสีเขียวอากาศหรือไอน้ำเป็นสีแดง

ง. ลูกลอย

การวัดระดับของของเหลวที่นิยมมากที่สุดอีกวิธีหนึ่ง ก็คือ การวัดระดับของของเหลวโดยใช้ลูกลอยวัดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกลอย (Float) เครื่องวัดแบบลูกลอย (Float Type Meter) เป็นเครื่องวัดที่มีโครงสร้างง่าย ๆ สามารถใช้ได้กับงานในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง และภายใต้สภาพความดันสูง ๆ ง่ายต่อการใช้ สะดวกต่อการปรับแต่ง (Calibrate) มีความเที่ยงตรงสูง การวัดระดับโดยลูกลอย ในการวัดระดับของของเหลวโดยอาศัยการลอยตัวของลูกลอย การที่ลูกลอยสามารถลอยได้นิ่งอยู่บนของเหลว แสดงว่าแรงที่กดลงมาซึ่งก็คือน้ำหนักของลูกลอยซึ่งถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลก จะต้องมิต่ำเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่ลูกลอยจมในของเหลว เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามไปด้วย จึงสามารถต่อแกนขึ้นในแนวตั้งเพื่อชี้บอกค่าระดับได้ โดยการบอกระดับอาจบอกด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้เทปประกอบการอ่านระดับ การใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ และการใช้คันช่วยในการอ่านระดับ เป็นต้น

2.1.1.2 วิธีการวัดโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างอื่นเข้าช่วย (Inferential) ในสภาพงานที่มีปัญหา เช่น การวัดระดับน้ำใต้ดินในการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล การวัดระดับของน้ำในหม้อไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิเพื่อควบคุมการป้อนน้ำเลี้ยงในอัตราที่เหมาะสม หรือการวัดระดับของผงถ่าน เมล็ดพืชในถังเก็บ เหล่านี้จะต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วย ในปัจจุบันที่มีใช้อยู่ในวงการอุตสาหกรรม ได้แก่

- หลักการของแรงและความดัน (Force and Pressure)
- หลักการทางไฟฟ้า (Resistance, Capacitance and Conductance)
- หลักการการเดินทางของเสียง (Ultrasonic)
- หลักการแผ่รังสี (Radiation) และดูดซับพลังงานของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

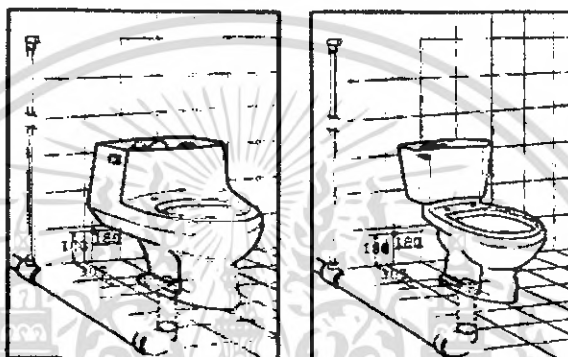
2.2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ถังพักน้ำและการติดตั้งโถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมระบบสุขาภิบาล

ท่อน้ำดี ขนาด R15 (Ø ½ นิ้ว) สำหรับประเภทใช้ถังพักน้ำ และขนาด R25 (Ø 1 นิ้ว) สำหรับประเภทฟลัชวาล์ว

ท่อน้ำทิ้ง ขนาด 4 นิ้ว (ท่อพีวีซี ชั้น 8.5 หรือ ท่อเหล็กหล่อ) มีความลาดเอียง 2 ซม. ต่อความยาว 100 ซม.

ท่อระบายอากาศ ขนาดไม่น้อยกว่า Ø 1½ นิ้ว และควรแยกออกจากท่อน้ำทิ้งของโถส้วม โดยตรง



รูปที่ 2.1 แสดงการวางตำแหน่งของ โถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งวาล์วเปิดปิดน้ำ

ประกอบชุดวาล์วเปิดปิดน้ำเข้ากับท่อน้ำดีที่เตรียมไว้ (ควรล้างท่อน้ำดีเพื่อไล่สิ่งสกปรกภายในท่อน้ำก่อนประกอบ)



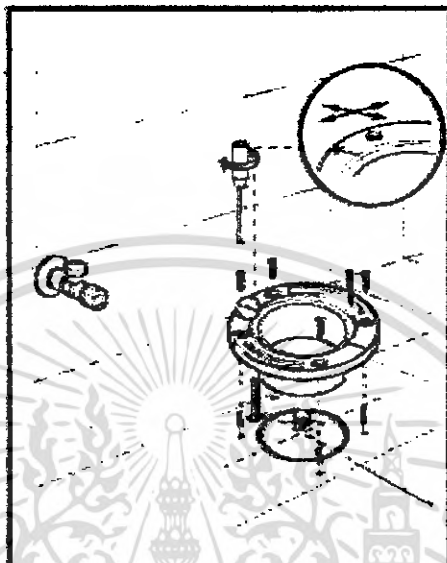
รูปที่ 2.2 แสดงการติดตั้งวาล์วของ โถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งหน้าแปลนโถส้วม

ส่วนปลายของท่อน้ำทิ้ง จะต้องไม่ยื่นเกินผิวหน้าของพื้นที่สำเร็จ ประกอบหน้าแปลนโถส้วมเข้ากับท่อน้ำทิ้ง โดยการยึดชุดสกรู (และในกรณีท่อน้ำทิ้งเป็นท่อพีวีซีควรใช้น้ำยาเชื่อมพีวีซี หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

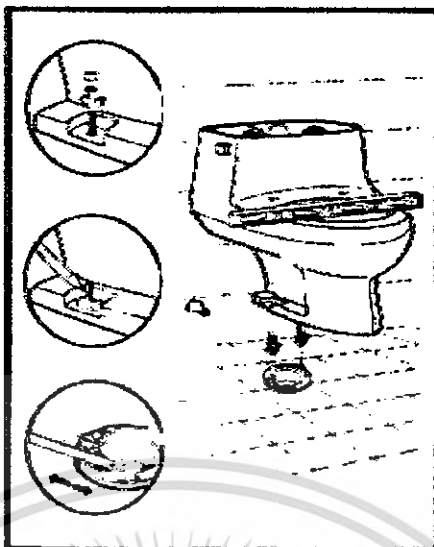
กรณีท่อเหล็กหล่อ ควรใช้ซิลิโคนโดยรอบท่อน้ำทิ้งก่อนการประกอบ) โดยให้ถูกรในหน้าแปลน โถส้วมอยู่ตรงแนวฉากกับผนัง สอดน็อตหัวสี่เหลี่ยมผืนผ้าเข้าไปในช่องหน้าแปลน โถส้วม และจัดให้อยู่ในแนวขนานกับผนัง



รูปที่ 2.3 แสดงการติดตั้งท่อระบายน้ำของโถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 ความยาวเกลียวของน็อตหัวสี่เหลี่ยมผืนผ้า

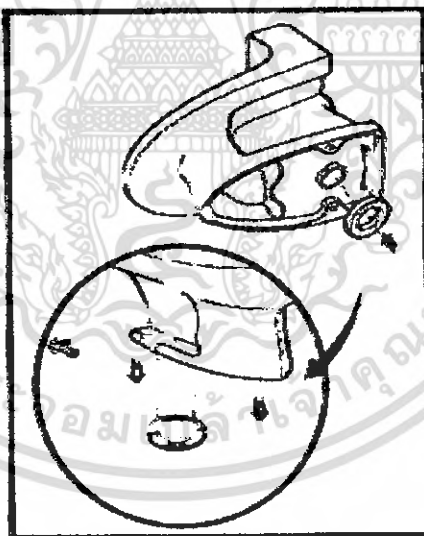
นำโถส้วมมาสวม โดยให้ตำแหน่งฐานโถส้วมตรงกับตำแหน่งของน็อตที่เตรียมไว้ ประกอบแปลนยึดแวนและน็อตยึดด้วยการขันด้วยมือ ทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งความยาวเกลียวของน็อตหัวสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ยาวเกินน็อตยึด คลายน็อตและแป้นยึดออกเพื่อยกโถส้วมออก และนำน็อตหัวสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาตัด ตรงจุดที่ทำเครื่องหมายไว้และประกอบเข้าไป ตรงตำแหน่งเดิม



รูปที่ 2.4 แสดงการติดตั้งท่อกับ โถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 5 จัดเตรียมโถ้วมเพื่อติดตั้ง

ประกอบแหวนกันซึมเข้าบริเวณรอบนอกทางน้ำออกของโถ้วม

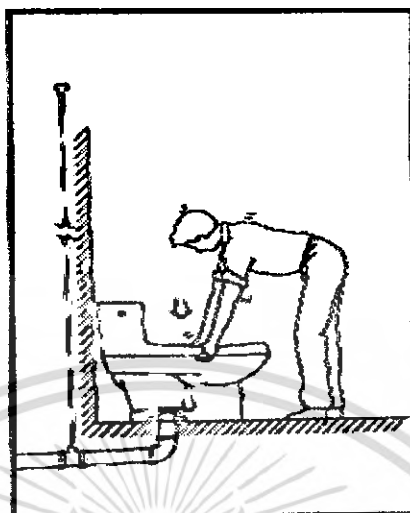


รูปที่ 2.5 แสดงการติดตั้งทางระบายน้ำเข้าของ โถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้งโถ้วมกับหน้าแปลนโถ้วม

ประกอบโถ้วมกับหน้าแปลน โถ้วม โดยให้ศูนย์กลางทางน้ำออกของโถ้วมตรงกับจุดศูนย์กลางของท่อน้ำทิ้ง กดบริเวณริมด้านบนของโถ้วมทุกจุดเพื่อให้ฐานของโถ้วมแนบสนิทกับพื้น ประกอบแป้นยึดแหวนและน็อตยึด โดยการขันด้วยมือทั้งสองจุดจนแน่น ใช้ประแจขันยึดอีก

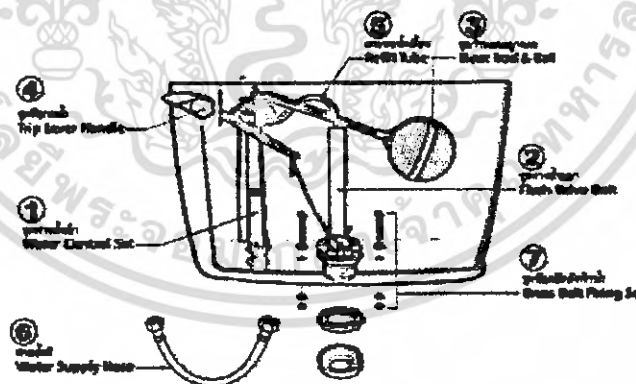
ครั้งที่สองจุด ให้แน่นจนโถส้วมไม่โยกคลอน ประกอบฝาครอบเป็นขีด ใช้ซิลิโคนยาแนวลยฐานโถส้วม



รูปที่ 2.6 การติดตั้งโถส้วมกับหน้าแปลนโถส้วม

ข้อควรระวัง ไม่ควรขันน็อตยึดจนแน่นเกินไป จะทำให้ฐานโถส้วมแตกและควรใช้ระดับน้ำตรวจสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าโถส้วมถูกติดตั้งได้ระดับ

ขั้นตอนที่ 7 ขันคอตติดตั้งชุดอุปกรณ์ดังพิกน้ำ



รูปที่ 2.7 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ดังพิกน้ำ

1. ประกอบชุดทางน้ำเข้า กับรูน้ำเข้าดังพิกน้ำ
2. ประกอบชุดทางน้ำออก กับรูน้ำออกดังพิกน้ำ โดยให้แนวท่อน้ำสันเป็นไปตามภาพ
3. ประกอบชุดก้านและลูกกลอย เข้ากับชุดฝาครอบของชุดทางน้ำเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ประกอบชุดมือกดน้ำ เข้ากับถังพักน้ำ นำสายดึงชุดทางน้ำออกประกอบเข้ากับชุดมือกดน้ำ โดยการปรับระยะสายดึงให้เหมาะสมที่สามารถเปิดปิด ชุดทางน้ำออก ได้อย่างถูกต้อง

5. นำสายท่อน้ำเลี้ยง ประกอบเข้าด้วยกันระหว่างชุดทางน้ำเข้าและชุดทางน้ำออก (ยกเว้น โถส้วมประเภททอรัชคาร์วท์ที่ไม่มีสายท่อน้ำเลี้ยง)

6. ประกอบชุดสายน้ำดี เข้ากับชุดทางน้ำเข้า และนำชุดน็อดยึดถังพักน้ำประกอบเข้าไปที่รูยึดของถังพักน้ำ

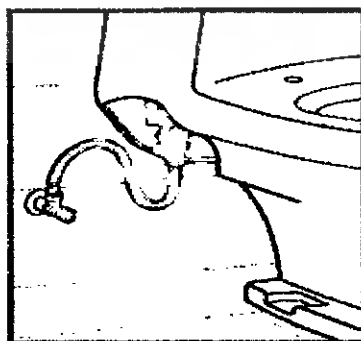
7. นำถังพักน้ำประกอบเข้า ณ ตำแหน่งชุดวางถังพักน้ำของ โถส้วมน้ำแขวนและน้ดขันเข้ากับน็อดยึดสลักกันทั้งสองด้านให้แน่นตรวจสอบถังพักน้ำให้ได้เนวระดับ



รูปที่ 2.8 แสดงการติดตั้งถังพักน้ำเข้ากับตัว โถสุขภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 8 การติดตั้งสายน้ำดีเข้ากับชุดวาล์วเปิดปิด

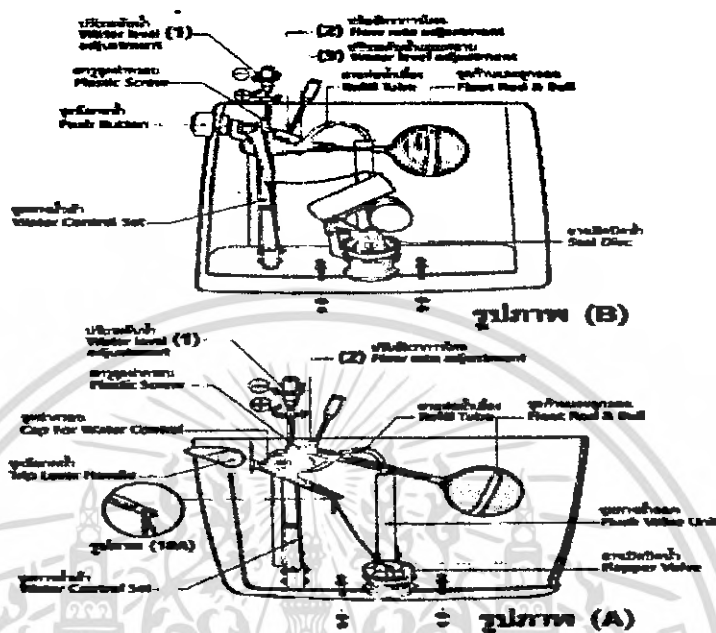
ประกอบสายน้ำดีเข้ากับวาล์วเปิดปิด และอุปกรณ์ชุดวาล์วควบคุมน้ำเข้าของถังพักน้ำ ต่อจากนั้น ขันยึดด้วยมือให้แน่น เปิดน้ำเพื่อทดสอบการรั่ว กรณีพบการรั่วซึม ใช้ประแจขันยึดด้วยความระมัดระวัง จนน้ำหยุดการรั่วซึม ปรับระดับน้ำในถังพักน้ำให้ได้ตามระดับน้ำที่มีเครื่องหมายที่ระบุไว้ที่ตำแหน่งด้านในของถังพักน้ำ



รูปที่ 2.9 การติดตั้งสายน้ำดีเข้ากับชุดวาล์วเปิดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 9 การปรับตั้งระดับน้ำในถังพักน้ำ



รูปที่ 2.10 การปรับตั้งระดับน้ำในถังพักน้ำ

1. ทดสอบระดับน้ำในถังพักน้ำ โดยการเปิดชุดฟลัชวาล์วให้น้ำไหลลงสู่โถส้วม น้ำที่เข้าสู่ถังพักน้ำ จะต้องได้ระดับภายในเวลา 30 – 60 วินาที
2. กรณีต้องปรับระดับน้ำ ใช้ไขควงปากแบนปรับที่จุด (1) หมุนทวนเข็มนาฬิกาต้องเพิ่มตามน้ำ หมุนตามเข็มนาฬิกาต้องลดระดับน้ำ (เฉพาะรุ่นตามภาพปี สามารถปรับระดับน้ำแบบหยวนได้ที่จุดสาม และละเอียดที่จุดหนึ่ง)
3. กรณีต้องการปรับอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังพักน้ำ (ให้เร็วหรือช้า) ใช้ไขควงปากแบนปรับที่จุด (2) หมุนตามเข็มนาฬิกาต้องการให้ไหลเข้าถังพักน้ำเข้าช้า หมุนทวนเข็มนาฬิกาต้องการให้ไหลเข้าถังพักน้ำเร็วขึ้น
4. หากระดับน้ำได้มาตรฐาน แต่ผลชำระไม่มีประสิทธิภาพ อาจเกิดจากไขห้อยยกลงไป ขอให้ปรับแต่งตามภาพ (10 A)

2.3 หลักการของการวัดระดับประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ชุดตราโซนิค (Ultrasonic)

ก. คลื่นชุดตราโซนิค (Ultrasonic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. คลื่นอุลตราโซนิก (Ultrasonic)

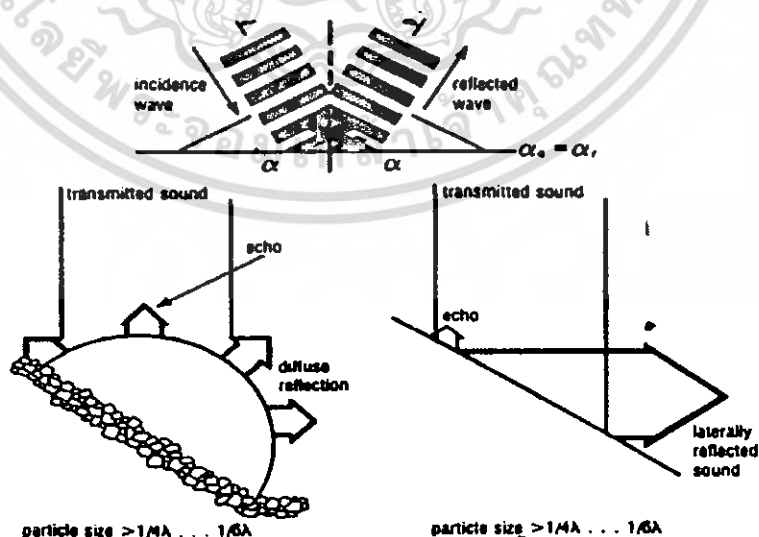
คลื่นอุลตราโซนิกโดยปกติจะมีความถี่สูงกว่า 20 KHz ซึ่งเป็นย่านที่หูมนุษย์ไม่ได้ยินและมีระดับต่ำมากเพียงไม่กี่มิลลิวัตต์เท่านั้น ความเร็วในการแพร่กระจายของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของคลื่นที่ถูกส่งออกไป ความหนาแน่น และค่าความยืดหยุ่นของตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่าน

คลื่นเสียง คือ ปรากฏการณ์ของการสั่น การวัดเสียงสะท้อนจะเกี่ยวข้องกับความเร็วของเสียงและระดับความดันของเสียง ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มและระดับความดันเฉลี่ยของเสียงที่ได้ยินเบาที่สุดที่ความถี่ 1000 Hz

เมื่อคลื่นเสียงมีการเคลื่อนที่ แล้ว ไปตกกระทบกับตัวกลาง เช่น กำแพง หรือ พื้นผิวของของเหลว จะมีคลื่นเสียงเพียงส่วนเล็กน้อยเท่านั้นที่ทะลุผ่านเข้าไปในสิ่งกีดขวางหรือตัวกลางเสียง โดยเสียงส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับออกมาซึ่งเรียกว่า เอคโค่ (Echo) แต่ถ้าคลื่นเสียงชนกับตัวกลางที่อยู่กับที่ ดังเช่นฟุ้งระยงที่อยู่ออย่างหลวมๆ คลื่นเสียงจะถูกดูดกลืนเกือบทั้งหมด โดยมีการสะท้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานของคลื่นเสียงที่ถูกวัสดุดูดกลืน กับพื้นที่ผิวที่คลื่นเสียงตกกระทบ นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นเสียงและคุณสมบัติของตัวกลาง เช่น ลักษณะพื้นผิว ความหนา และความแข็งของวัสดุ การสะท้อนของคลื่นเสียงมีลักษณะเช่นเดียวกับการสะท้อนของแสง คือ

มุมตกกระทบ – มุมสะท้อน

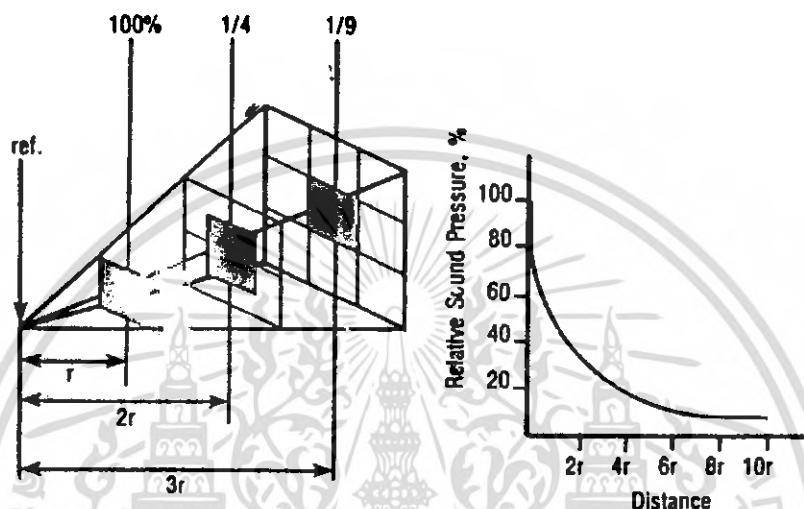
ลักษณะการสะท้อนของคลื่นเสียงเมื่อเสียงตกกระทบของแข็งที่ลักษณะเป็นทรงกลม ทิศทางการสะท้อนขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ ทำให้เสียงกระจายออกไปในทิศทางต่างๆ แต่สำหรับวัตถุที่มีพื้นผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกมาจากระนาบอย่างมีระเบียบ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิด จะมีค่าลดลงตามระยะทางที่เสียงเดินทางผ่าน เนื่องจากเมื่อระยะทางไกลขึ้นพื้นที่รับเสียงก็จะมีค่ามากขึ้น จากรูปที่ 2.12 ที่ระยะทาง r พื้นที่รับเสียงมีค่าเท่ากับ 1 ขณะที่ระยะทาง $3r$ พื้นที่รับเสียงเพิ่มขึ้นเป็น 9 เท่า ดังนั้น ความเข้มของเสียงจะลดลงเป็นกำลังสองของระยะทาง ($1/r^2$) เสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางเช่น ฝุ่นตะออง ไอน้ำในอากาศจะถูกดูดกลืนไปบ้าง ซึ่งพลังงานส่วนนี้จะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน



รูปที่ 2.12 แสดงการแพร่กระจายของคลื่นเสียง

ข. ตัวส่งและตัวรับอุลตราโซนิก

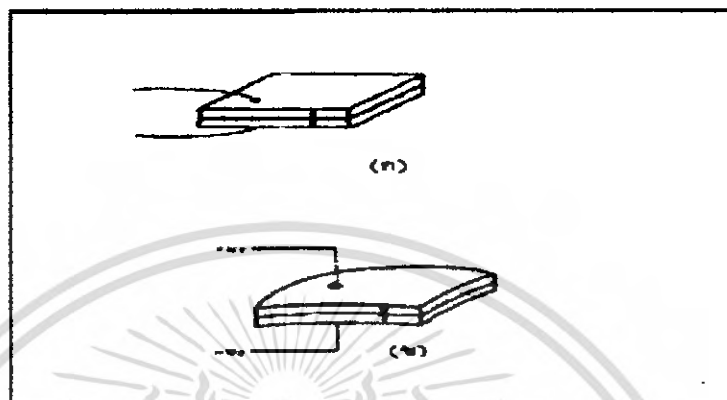
อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

- ทรานสดิวเซอร์ชนิดเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง
- ทรานสดิวเซอร์ชนิดแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
- ทรานสดิวเซอร์ชนิดอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

สำหรับทรานสดิวเซอร์ชนิดเพียโซอิเล็กทริก ภายในตัวอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ชนิดเพียโซอิเล็กทริก แบบที่มีใช้กันในปัจจุบันซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาในระดับหนึ่งแล้วจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยชั้นสารเซรามิกสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชั้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชั้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วโคโพลทางไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกันดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 (ก). โครงสร้างภายในตัวอุตสาหกรรมเซรามิกแบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก

รูปที่ 2.13 (ข). เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมันจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโค้งงอไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียงอุตสาหกรรมกระจายไปในอากาศ

เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชั้นสารเซรามิกดังรูปที่ 2.13 (ข) จะทำให้ชั้นสาร โค้งงอมากหรือน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณนั้น ๆ ทำให้เกิดการกดอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นออกไป โดยทั่ว ๆ ไปกำลังเอาต์พุตที่ออกมาจะตกประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป แต่กำลังเอาต์พุตจะสูงสุดที่ค่าประมาณนี้ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งมีความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชั้นสารเซรามิกนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาต์พุตจะลดลงกว่านี้มาก ในทำนองกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์

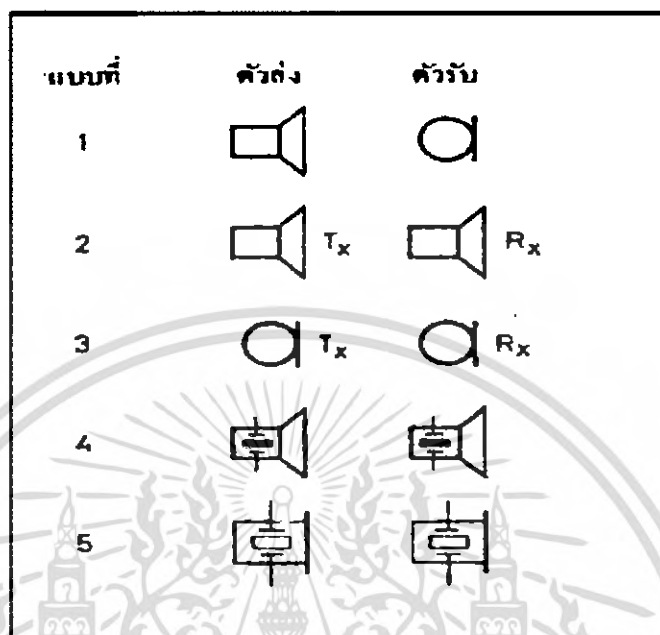
ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก (หรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่าอุตสาหกรรมเซรามิกทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิก) จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่งหรือ Transmitter และ ตัวรับ (เสียง) หรือ Receiver

ตัวส่ง คืออุตสาหกรรมเซรามิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมัน ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอุตสาหกรรม หน้าทีของตัวส่งจึงคล้าย ๆ กับเป็นลำโพง

ตัวรับ คืออุตสาหกรรมเซรามิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอุตสาหกรรมที่มากกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าทีของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอุตครำโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลักษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟน ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอุตครำโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กัน

อุตครำโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิกที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 KHz ขึ้นไปจนถึง 40 KHz แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 KHz, 25 KHz, และ 40 KHz โดยความถี่ 40 KHz เป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า

ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน ± 1 KHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้ ส่วนทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า $20 V_{rms}$ ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะอยู่ในขีดจำกัดอันนี้ และอุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง $-20^{\circ}C$ ถึง $+60^{\circ}C$

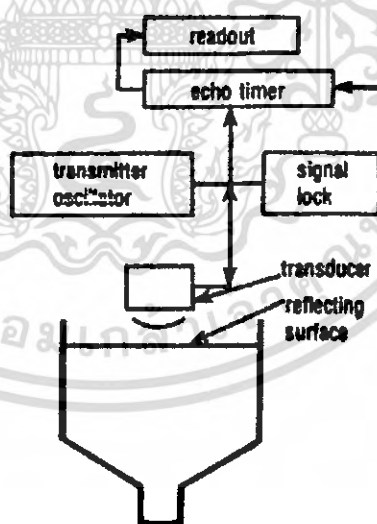
ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมากถ้าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็ลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากน้อย เพราะคลื่นเสียงอุตราโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

ค. เทคนิคการวัดระดับด้วยอุตราโซนิก

รูปที่ 2.15 แสดงระบบที่อยู่บนพื้นฐานของเสียงสะท้อน ซึ่งทรานส์มิชเชอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งพัลส์ติดตั้งอยู่ที่สูงกว่าภาชนะที่ต้องการวัดระดับของเหลว พื้นผิวของของเหลวจะทำหน้าที่เหมือนกับตัวสะท้อนเสียงและทรานส์มิชเชอร์จะรับพัลส์ที่สะท้อนกลับมา ทรานส์มิชเชอร์ถูกต่อเข้ากับตัวส่งซึ่งเป็นตัวกำเนิดพัลส์ของสัญญาณและต่อกับตัวรับเพื่อรับคลื่นอุตราโซนิกที่สะท้อนกลับมา โดยตัวส่งและตัวรับทั้งคู่ถูกต่อเข้ากับเคาน์เตอร์แสดงระยะห่างของเวลา (time-interval counter) ซึ่งจะวัดเวลาที่ผ่านไประหว่างเวลาที่ส่งคลื่นอุตราโซนิกและรับคลื่นอุตราโซนิกที่สะท้อนกลับมา เวลาที่ผ่านไปสามารถนำมาคำนวณหาระดับของของเหลวในภาชนะได้ โดยเมื่อเริ่มส่งพัลส์สัญญาณ เคาน์เตอร์จะเริ่มนับ และเมื่อมีสัญญาณสะท้อนกลับมาที่ตัวรับเคาน์เตอร์จะหยุดนับ



รูปที่ 2.15 แสดงเทคนิคการวัดระดับของของเหลวด้วยอุตราโซนิก

ระบบที่อยู่บนพื้นฐานของเสียงสะท้อนจะวัดระยะทางในรูปของความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกเพราะฉะนั้น ความผิดพลาดในการวัดสามารถเกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ภายนอก ความผิดพลาดอันนี้ตามปกติจะอยู่ที่ 0.18% ต่อ °C ดังนั้น ระบบนี้โดยทั่วไปจึงบรรจุ
ด้วย โพรบวัดอุณหภูมิเพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



76649

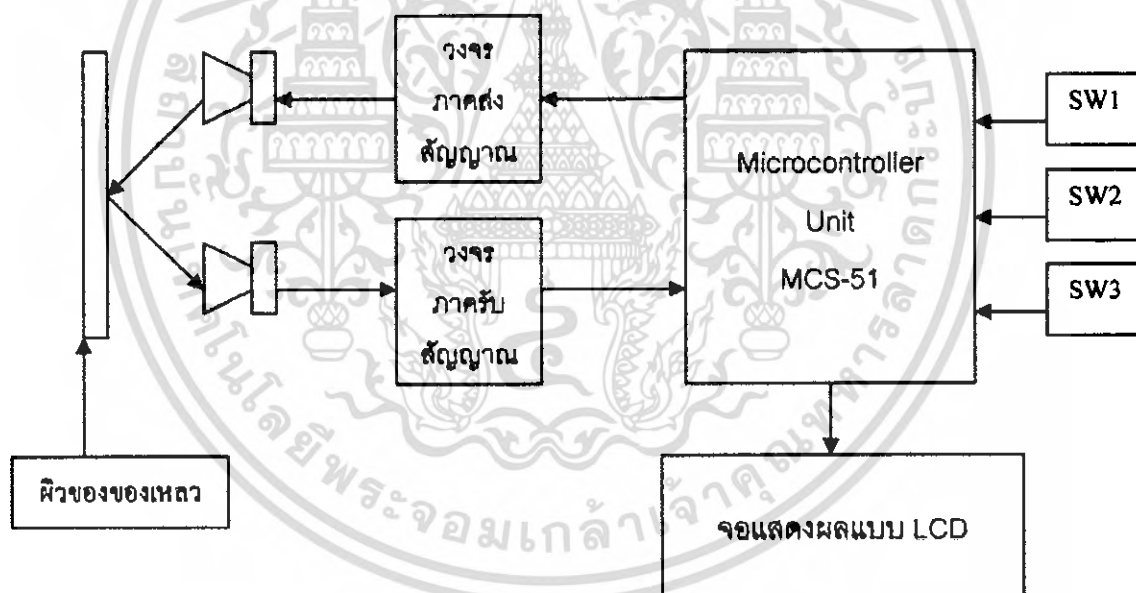
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของวงจร

3.1 การทำงานของเครื่องมือวัดระดับด้วยอุณหภูมิตัวรับ

เครื่องมือวัดระดับด้วยอุณหภูมิตัวรับอาศัยหลักการการสะท้อนของคลื่นอุณหภูมิตัวรับ ซึ่งเมื่อตกกระทบที่ผิวของของเหลว แล้วจับเวลาที่คลื่นอุณหภูมิตัวรับใช้ในการเดินทางไปกลับจากตัวส่งถึงตัวรับด้วยไมโครเมตรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงอาศัยซอฟต์แวร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณหาระดับของของเหลวที่มีการเปลี่ยนแปลงไปและแสดงผลผ่านทางหน้าจอ LCD โดยระยะห่างระหว่างตัวส่ง-ตัวรับอุณหภูมิตัวรับกับผิวของเหลวต่ำสุดที่สามารถตรวจจับได้คือ 5 เซนติเมตร และระยะทางสูงสุดที่สามารถตรวจจับได้คือ 50 เซนติเมตร โดยบล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรนี้เป็นดังรูป



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจรรวมของเครื่องมือวัดระดับ

3.2 หลักการทำงานของวงจร

3.2.1 หลักการทำงานของวงจรภาคส่งสัญญาณ

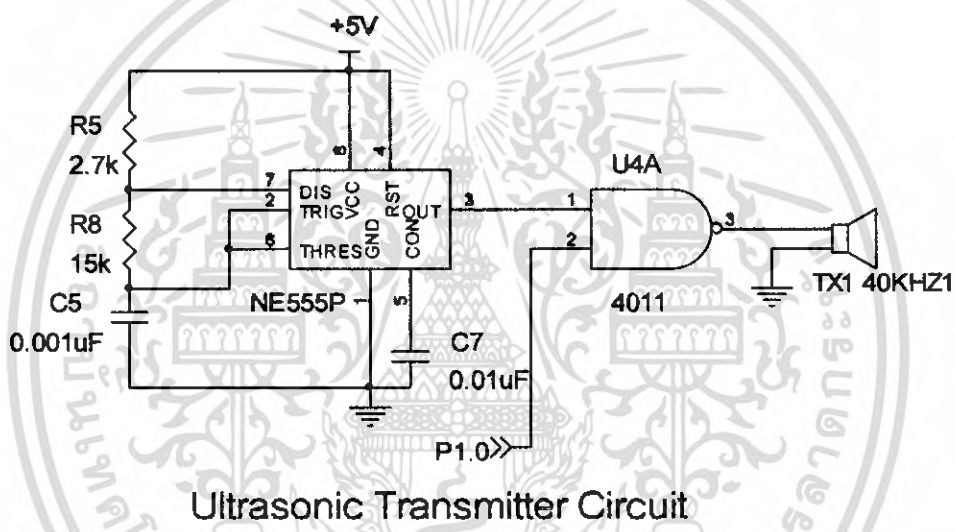
ในส่วนของภาคส่งสัญญาณอุณหภูมิตัวรับ จะใช้ไอซีออสซิลเลเตอร์เบอร์ NE555P เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ถี่ประมาณ 40 kHz นอกจากนี้ภายในวงจรยังประกอบไปด้วยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านทานและตัวเก็บประจุจึ่รูปที่ 3.2 โดยสัญญาณความถี่ 40 kHz จะถูกส่งออกมาทางขาที่ 3 ของไอซีเบอร์ NE555P

เมื่อได้สัญญาณความถี่ 40 kHz แล้ว สัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังแแนค์เกตเบอร์ CD4011BE ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์ โดยแแนค์เกตจะให้เอาท์พุทออกมาทางขา 3 ก็ต่อเมื่อมีการส่งสัญญาณลอจิก 1 จากไมโครคอนโทรลเลอร์มาทริกที่ขา 2 ของแแนค์เกตเปรียบเสมือนสถานะ on ของสวิทช์แแนค์เกต

สัญญาณความถี่ 40 kHz ที่ออกมาจากแแนค์เกตจะไปจับให้ตัวส่งสัญญาณอุลตราโซนิคทำงานคือการส่งคลื่นอุลตราโซนิคออกไปในอากาศและไทม์เมอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มนับหรือจับเวลาด้านนั้นเอง ภาคส่งอุลตราโซนิคมีลักษณะวงจรจึ่รูป 3.2



Ultrasonic Transmitter Circuit

รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่งของอุลตราโซนิค

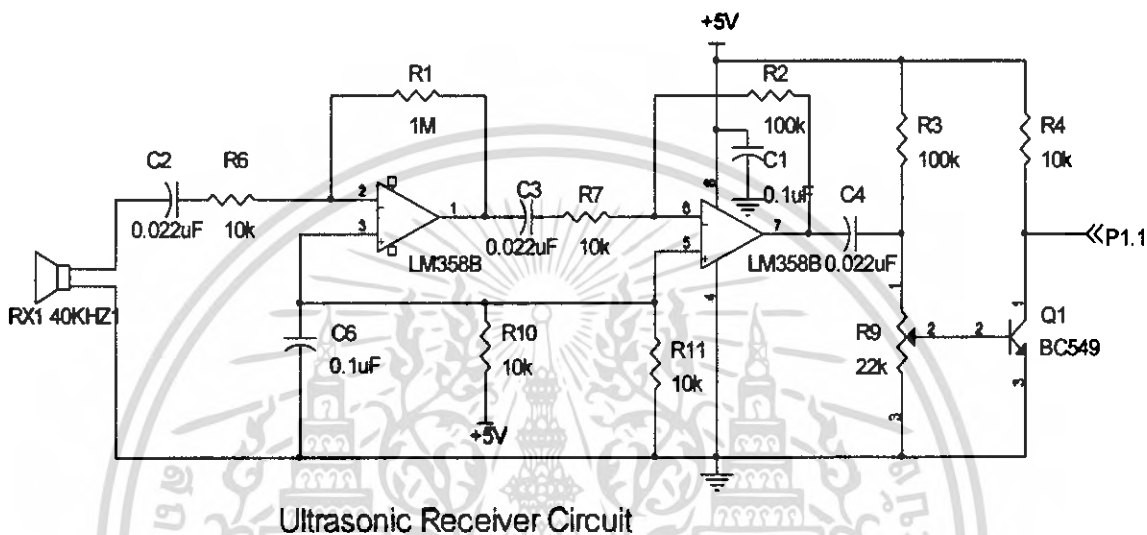
3.2.2 หลักการทำงานของภาครับสัญญาณ

สำหรับการทำงานของภาครับสัญญาณอุลตราโซนิคจึ่รูปที่ 3.3 เริ่มจากเมื่อมีสัญญาณของอุลตราโซนิคที่สะท้อนมาจากผิวหน้าของของเหลว สัญญาณที่สะท้อนกลับมานี้จะมีขนาดเล็กมาก จึงจำเป็นต้องขยายสัญญาณ สัญญาณที่ตกคร่อมตัวรับอุลตราโซนิค จะเข้ามาที่ส่วนการขยายสัญญาณ ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส 2 สเตจ โดยใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM358B โดยที่สเตจแรกมีอัตราขยายสัญญาณเป็น 100 เท่า และสเตจที่สองมีอัตราขยายเป็น 10 เท่า ทำให้อัตราขยายรวมของระบบเป็น 1000 เท่า ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ มีลักษณะเป็นสัญญาณรูปไซน์

ส่วนเอาท์พุทสุดท้ายของวงจรขยายสัญญาณจะต่อเข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์เบอร์ BC549 ซึ่งทรานซิสเตอร์ตัวนี้จะถูกใช้เป็นตัวทริกสัญญาณให้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ ทรานส์ซิสเตอร์จะถูกไบอัสเพื่อให้ที่ขาคอลเลกเตอร์ให้เอาท์พุทออกมาในช่วงตอจิก 1 หรือประมาณ +4.7V และถูกต่อไว้ที่ขา P1.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ จากนั้นเมื่อมีสัญญาณออกจากวงจรขยายเข้ามาที่ขาเบสของทรานส์ซิสเตอร์ ทำให้ทรานส์ซิสเตอร์อยู่ในสถานะนำกระแส ที่ขาคอลเลกเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับขาไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปลี่ยนจากตอจิก 1 เป็นตอจิก 0 และเป็นสัญญาณที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้และให้ไทม์เมอร์หยุดนับ โดยสามารถปรับเซนซิวิตีของวงจรถ่ายกลับได้ด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้



Ultrasonic Receiver Circuit

รูปที่ 3.3 วงจรภากรับของอัลตราโซนิค

อัตราขยายของวงจร $(A) = A_1 \times A_2$

$$A_1 = -\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

โดย

$$R_3 = 1M\Omega$$

$$R_2 = 10M\Omega$$

$$\therefore A_1 = -\left(\frac{1M\Omega}{10M\Omega}\right)$$

$$= -100$$

$$A_2 = -\left(\frac{R_5}{R_4}\right)$$

โดย

$$R_5 = 100K\Omega$$

$$R_4 = 10K\Omega$$

$$\therefore A_2 = -\left(\frac{100K\Omega}{10K\Omega}\right)$$

$$= -10$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore A = (-100) \times (-10)$$

$$A = 1000$$

3.2.3 หลักการทำงานของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนแสดงผล

ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้ไอซีเบอร์ AT89S52 หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาเป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องมือวัดระดับนี้ การคำนวณระดับน้ำจะอาศัยการจับเวลาของไทม์เมอร์ภายใน MCS-51 โดยเมื่อมีการกดสวิทช์ที่ขา P1.2 ให้เริ่มมีการส่งสัญญาณอุลตราโซนิก ไทม์เมอร์จะเริ่มนับและจะนับจนกระทั่งขา P1.1 ของ MCS-51 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ไทม์เมอร์จะหยุดนับ จากนั้นอาศัยซอฟต์แวร์ช่วยในการคำนวณหาระยะทางแต่ละระยะทางที่คำนวณได้เป็นระยะห่างระหว่างตัวส่ง-รับอุลตราโซนิกกับผิวน้ำ ระดับน้ำที่ได้นี้ จะแสดงผลออกมทางจอ LCD ชนิด 16x2 ในหน่วยเซนติเมตร

นอกจากนี้ยังมีการต่อสวิทช์เลือกระดับน้ำที่ต้องการใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็นสามระดับ โดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับได้ว่าถึงระดับน้ำที่ต้องการ ก็จะแสดงออกมาด้วย LED แสดงสถานะ ซึ่งมีด้วยกันสามดวง โดย LED นี้แทนการนำเอาไปใช้งานต่อ เช่น การนำไปต่อกับรีเลย์สำหรับควบคุมการทำงานของปั๊มหรือวาล์ว

3.3 การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดการทำงานของเครื่องมือวัด จะเขียนด้วยภาษาซีซึ่งเป็นภาษาในระดับกลางและง่ายต่อการเขียนคำสั่ง โดยการทำงานของโปรแกรมของเครื่องมือ อาศัยการนับของไทม์เมอร์ 0 โหมด 1 โดยไทม์เมอร์ทำการนับจำนวนแมกซ์ซินไซเคิล โดยที่ 1 แมกซ์ซินไซเคิล = 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ โดยการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้เริ่มจากมีการส่งสัญญาณอุลตราโซนิก ไทม์เมอร์จะเริ่มนับจนกระทั่งมีสัญญาณสะท้อนกลับมาทริกขาไมโครคอนโทรลเลอร์ ไทม์เมอร์จะหยุดนับ โดยระยะเวลาที่ไทม์เมอร์นับได้ถูกนำไปคำนวณระยะทางต่อไป

ค่าเวลาที่ได้จากการนับของไทม์เมอร์ ซึ่งระยะเวลาที่นับได้เป็นระยะเวลาที่อุลตราโซนิกใช้ในการเดินทางไปกลับจากตัวส่งมายังผิวของของเหลวและสะท้อนกลับเข้าไปในตัวรับ ระยะทางระหว่างตัวรับกับผิวของของเหลวและนำไปลบกับระดับของของเหลวสูงสุดที่ระบุไว้คือ 50 เซนติเมตรเมตร ดังนั้นการคำนวณระดับของของเหลวหาได้จากสมการ

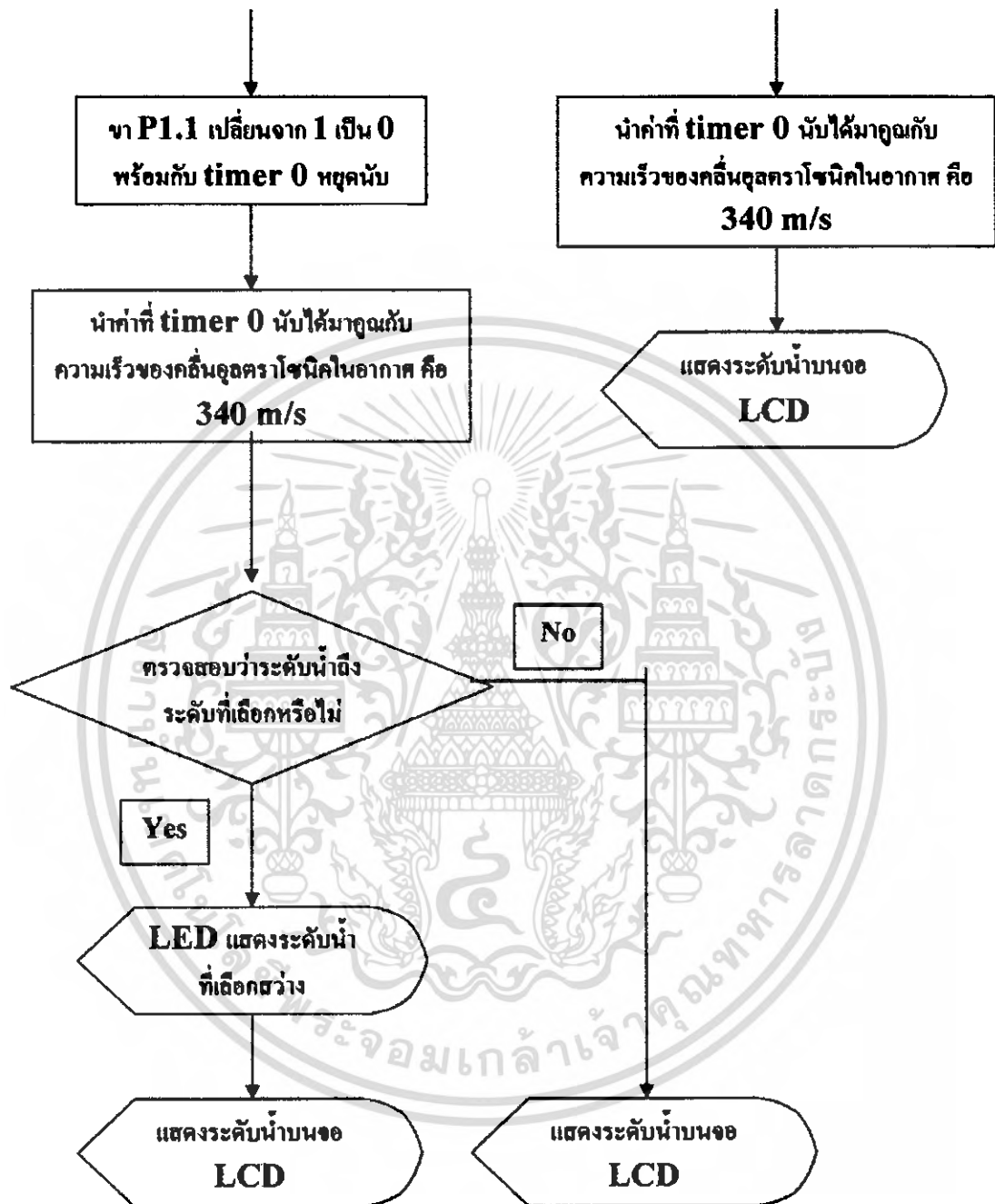
$$D = 0.5vt$$

โดย D = ระดับของของเหลว

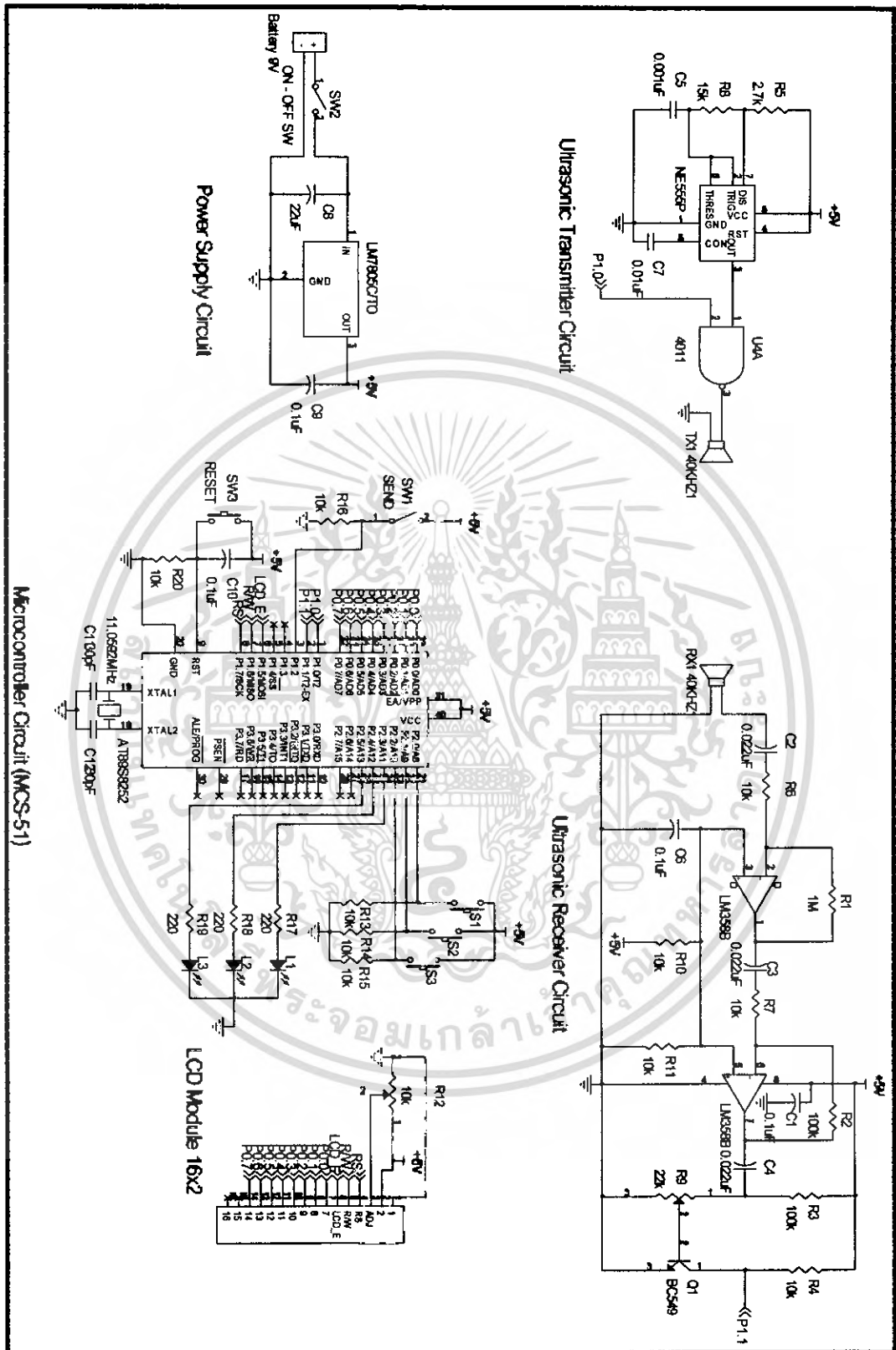
v = ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (340 m/s)

t = ระยะเวลาที่ไทม์เมอร์นับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงวงจรที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

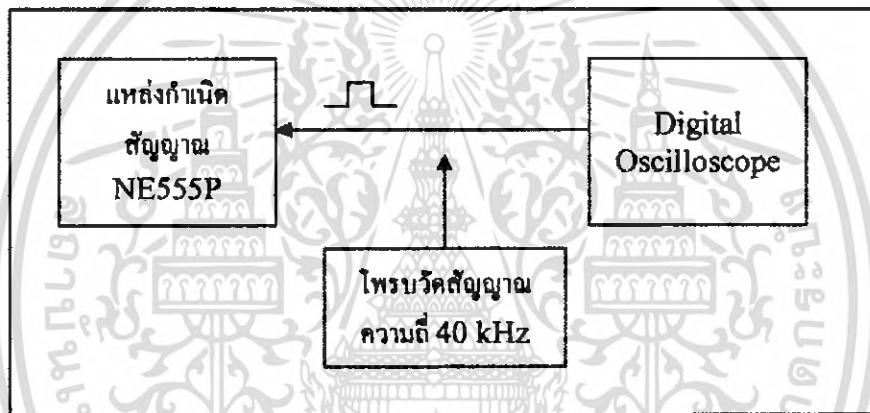
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

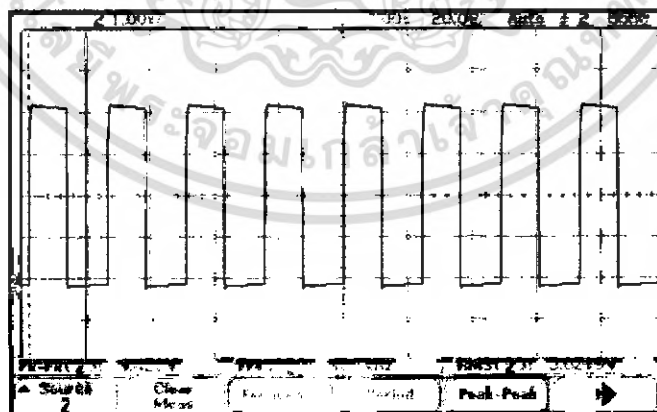
4.1 การทดลองในส่วนของวงจร

4.1.1 ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ

ในส่วนของวงจรส่งสัญญาณนี้ ต้องทำการสร้างสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ประมาณ 40 kHz ซึ่งความถี่นี้จะตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของตัวส่งออกตราโซนิค โดยความถี่ที่ได้ถูกสร้างจากไอซีเบอร์ NE555P โดยทำการต่อวงจรที่มีส่วนประกอบของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 3.2 รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณ และรูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่ได้จาก NE555P



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณจาก NE555P ด้วย Digital Oscilloscope



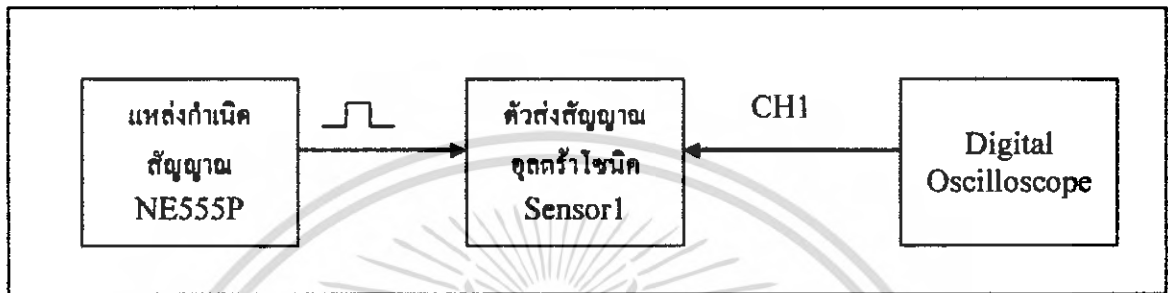
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณความถี่ 40 kHz ที่ได้จาก ไอซีเบอร์ NE555P

เมื่อค่า : Volt/Div = 1 V

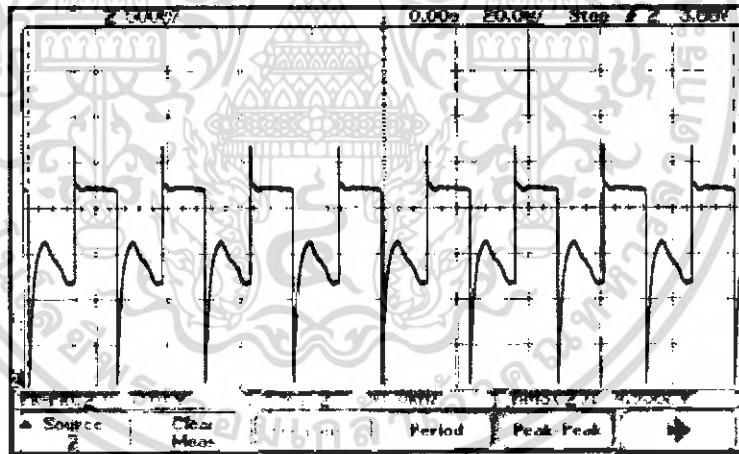
Time/Div = 20 μ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวส่งสัญญาณอุลตราโซนิกได้รับสัญญาณ 40 kHz จาก NE555P แล้ว ต่อมาจึงทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวส่งสัญญาณอุลตราโซนิก ตัวส่งสัญญาณจะสร้างคลื่นอุลตราโซนิกออกมาสู่อากาศ รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณ ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งอุลตราโซนิกด้วย Digital Oscilloscope



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งอุลตราโซนิกที่วัดด้วย Digital Oscilloscope

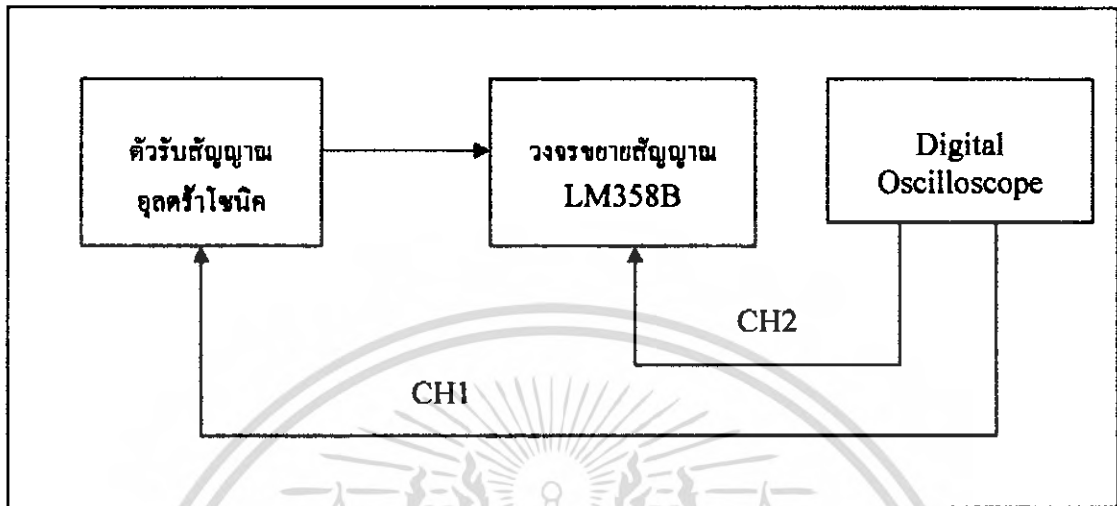
เมื่อค่า : Volt/Div = 500 mV

Time/Div = 20 μ S

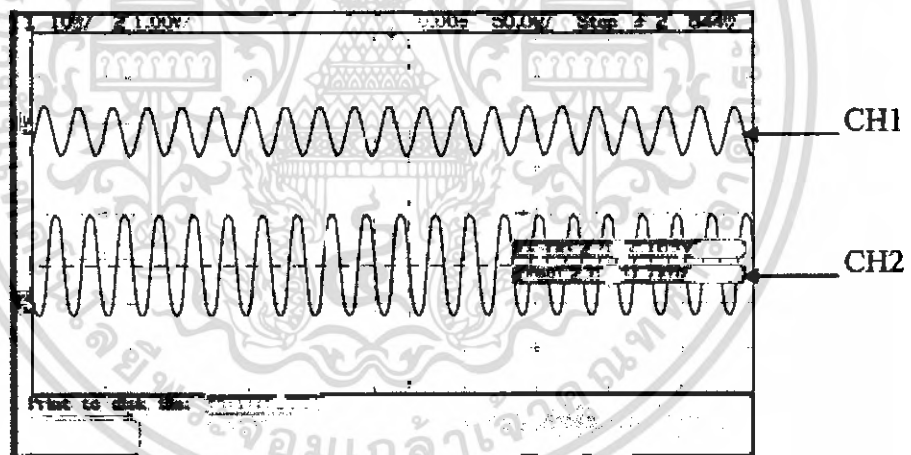
4.1.2 ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณ

สัญญาณที่ตกคร่อมที่ส่วนของวงจรภาครับจะเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากๆ จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณที่สร้างจากไอซีออปแอมป์เบอร์ LM358B โดยนำมาต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสชนิด 2 สเตจ ดังรูปที่ 3.3 โดยได้ทำการทดลองวัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่คกร้อมตัวรับอุลตราโซนิค (Chanel1) และสัญญาณที่ผ่านวงจรขยายสัญญาณและกรองสัญญาณ (Chanel2) ที่ระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณกับตัวรับที่ระยะต่างๆดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการวัดสัญญาณที่คกร้อมตัวรับและที่ผ่านวงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่คกร้อมตัวรับและวงจรขยายสัญญาณที่ระยะ 5 cm

เมื่อค่า : Volt/Div = 10 mV (CH1)

Volt/Div = 1 V (CH2)

Time/Div = 50 μ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองคอน 4.1 ซึ่งเป็นการทดลองเกี่ยวกับวงจรของเครื่องมือวัดระดับ เมื่อตัวส่งสัญญาณอุลตราโซนิก ได้รับสัญญาณความถี่ 40 kHz จากวงจรกำเนิดสัญญาณซึ่งใช้ไอซีเบอร์ NE555P เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ตัวส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณเป็นคลื่นอุลตราโซนิกออกไปยังอากาศ คลื่นอุลตราโซนิกนี้จะเดินทางไปสะท้อนกับผิวน้ำที่ต้องการวัดระดับ และกลับมาที่ตัวรับ

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างผิวน้ำกับตัวส่งสัญญาณมีค่ามากขึ้นหรือระดับน้ำมีค่าลดลง ความเข้มของคลื่นอุลตราโซนิกที่สะท้อนกลับมายังตัวรับจะมีค่าลดลงไป ซึ่งที่ระยะ 5 cm ความเข้มของสัญญาณอุลตราโซนิกที่ตัวรับสัญญาณมีค่าสูงที่สุด หรือค่าสูงสุดที่เครื่องมือสามารถวัดได้ โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวรับเป็น 2.219 mV เมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณค่าแรงดันไฟฟ้าถูกขยายได้เป็น 2.189 V ในขณะที่ระยะห่างเป็น 50 cm ความเข้มของสัญญาณอุลตราโซนิกจะมีค่าน้อยที่สุด โดยค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวรับเป็น 295 μ V และเมื่อผ่านวงจรขยายแล้วค่าแรงดันไฟฟ้าเป็น 0.338 V ซึ่งไม่พอที่จะไปทริกขาเบสของทรานซิสเตอร์ได้ เนื่องจากทรานซิสเตอร์ที่ใช้ต้องมีแรงดันไฟฟ้าอย่างน้อย 0.58 V มาทริกจึงจะนำกระแสได้ ดังนั้น จากตาราง 4.1 จึงกำหนดได้ว่า ช่วงการวัดของเครื่องมือคือ 5 – 30 cm

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อนำอุปกรณ์วัดระดับมาใช้ในการวัดระดับจริงๆ จะเกิดความผิดพลาดในการวัดขึ้นไม่เกิน 1% โดยแนวโน้มของการเกิดความผิดพลาดในการวัดจะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างระหว่างตัวรับตัวส่งกับผิวน้ำ เนื่องจากยิ่งระยะห่างเพิ่มมากขึ้นความเข้มของสัญญาณสะท้อนจะยิ่งลดลง รวมทั้งความไม่เรียบของผิวน้ำทำให้การสะท้อนของคลื่นอุลตราโซนิกมีระยะทางเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ซึ่งแสดงออกมาในรูปของค่าความผิดพลาดนั่นเอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ สามารถระบุแนวทางในการพัฒนาได้ดังนี้

1. สามารถนำอุปกรณ์วัดระดับน้ำที่ได้พัฒนามาติดตั้งกับระบบวาล์วและปั๊มต่างๆ เพื่อทำให้ระบบประหยัดน้ำในอุตสาหกรรมนี้ เพื่อสามารถที่นำไปใช้งานได้จริง
2. สามารถนำอุปกรณ์วัดระดับน้ำที่ได้พัฒนาขึ้น ไปประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมระดับของเหลวในทางอุตสาหกรรมได้ โดยทำการเพิ่มกำลังการส่งสัญญาณอุลตราโซนิกให้สามารถส่งได้ไกลขึ้น โดยอาจต่อทรานซิสเตอร์หรือไอซีบีฟเฟอร์เพื่อช่วยในการขับกระแสให้แก่ตัวส่งสัญญาณอุลตราโซนิกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์.หลักการเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมภาควิชาวิศวกรรมการวัด
คุม:คณะวิศวกรรมศาสตร์ ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. สมศักดิ์ กิรวิฑูมิเศรษฐ์.หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม:พิมพ์ครั้งที่ 17 ,
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2545
3. Alan S Morris. Measurement & Instrumentation Principles:Reed Educational and
Professional Publishing Ltd,2001
4. <http://www.americanstandrad.co.th>
5. <http://www.rmutphysics.com>
6. <http://hyperphysics.phy-astr.edu>
7. <http://www.wikipedia.org>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของอุปกรณ์วัดระดับ

```
#include<reg52.h>
```

```
#include<stdio.h>
```

```
sbit IN=P1^2;
```

```
sbit OUT=P1^0;
```

```
sbit STOP=P1^1;
```

```
sbit E =P1^5;
```

```
sbit RW=P1^6;
```

```
sbit RS=P1^7;
```

```
sbit ch1=P2^0;
```

```
sbit ch2=P2^1;
```

```
sbit ch3=P2^2;
```

```
sbit led1=P2^3;
```

```
sbit led2=P2^4;
```

```
sbit led3=P2^5;
```

```
char buffer[20];
```

```
char cputick,limit;
```

```
float total;
```

```
void timer0int (void) interrupt 1 using 1
```

```
{
```

```
    TH0 |= 0xDC;
```

```
    TL0 |= 0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    cputick++;

}

pause(int j)
{
    int i;
    for (i=0;i<j;i++)
        continue;
}

void pulesE(void)
{
    E =1;
    ;
    E =0;
}

void delay(int m)
{
    int j;
    for(j=0;j<=m;j++)
        continue;
}

LCDWI (char n)
{

```

```

    RW =0;

```

```

    RS=0;

```

```

    E =0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    P0=n;
    E =1;
    E =0;
    pause(50);
}

```

```

LCDWD(char n)

```

```

{
    RW=0;
    RS=1;
    E=0;
    P0=n;
    E=1;
    E=0;
    pause(50);
}

```

```

print_LCD(char a,char *s)

```

```

{
    LCDWI(a);
    while(*s != 0)
        LCDWD(*s++);
}

```

```

i_LCD()

```

```

{
    RS=0;
    E=0;
    P0=0x30;pulesE();delay(10);pulesE();delay(1);pulesE();delay(1);
    P0=0x20;pulesE();pulesE();pulesE();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับสอนการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDWI(0x38);
LCDWI(0x0c);
LCDWI(0x06);
LCDWI(1);
delay(50);
}
void Check(void)
{
    if(ch1==0) limit = 1;
    if(ch2==0) limit = 2;
    if(ch3==0) limit = 3;
}
void Run(void)
{
    if(IN==0)
    {
        TR0=1;
        OUT=1;
    }
    if(STOP==0)
    {
        TR0=0;
        total=(cputick/100)*17000;
        sprintf(buffer,"= %1.2f",total);
        print_LCD(0x82,buffer);
    }
}
void Alert(void)
{
    if(limit==1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if(total>=9.5&&total<=10.5) led1 = 1;
    }
    if(limit==2)
    {
        if(total>=14.5&&total<=15.5) led2= 1;
    }
    if(limit==3)
    {
        if(total>=24.5&&total<=25.5) led3 = 1;
    }
}
void main()
{
    EA = 1;
    ET0 = 1;
    TMOD |= 0x01;
    i_LCD0;

    while(1)
    {
        Check();
        delay(10000);
        Run();
        Alert();
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 8K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 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
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 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 in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.



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

AT89S52

Rev. 1919A-07/01

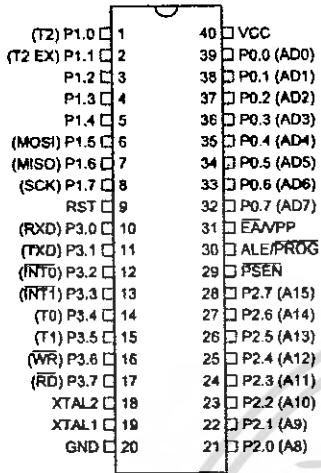


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

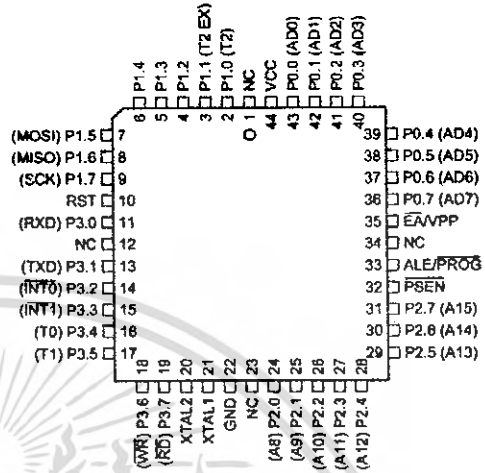


Pin Configurations

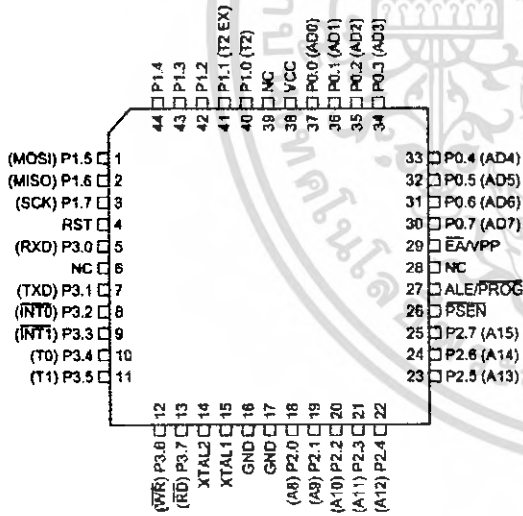
PDIP



PLCC

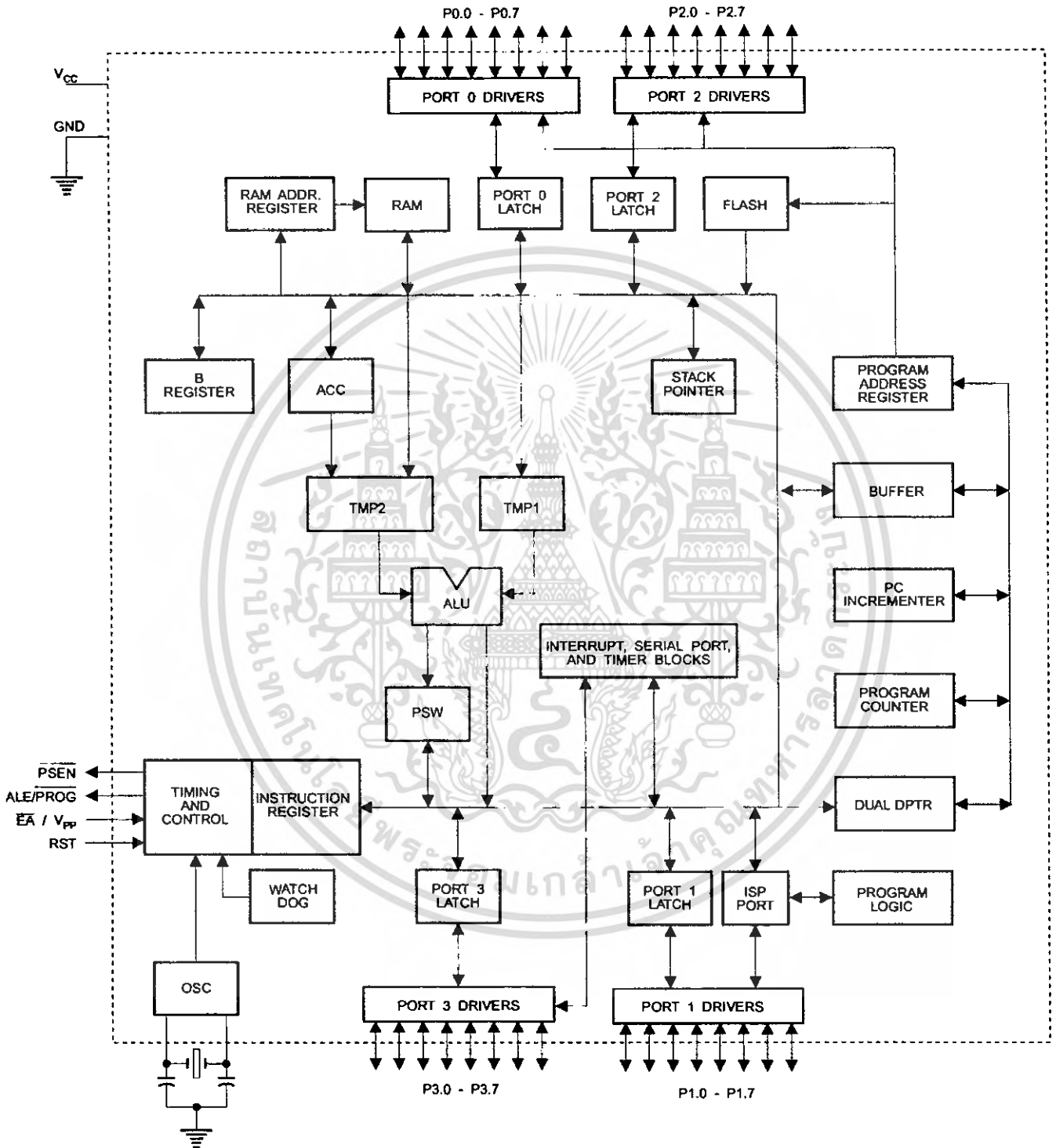


TQFP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram





Pin Description

VCC

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)
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

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 @ R1), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S52, as shown in the following table.

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

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	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. This pin drives High for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

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

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

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is

AT89S52

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

PSEN

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

When the AT89S52 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.

EA/VPP

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.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S52 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		AUXR1 XXXXXXX0				WDTRST XXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0		8FH
80H	P0 11111111	SP 00001111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H





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 3) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

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

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/T2	CP/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/T2	Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/RL2	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Table 3a. AUXR: Auxiliary Register

AUXR	Address = 8EH	Reset Value = XXX00XX0B																	
	Not Bit Addressable																		
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">WDIDLE</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">DISRTO</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">DISALE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Bit</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </table>		-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE											
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0											
-	Reserved for future expansion																		
DISALE	Disable/Enable ALE																		
	DISALE	Operating Mode																	
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency																	
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction																	
DISRTO	Disable/Enable Reset out																		
	DISRTO																		
	0	Reset pin is driven High after WDT times out																	
	1	Reset pin is input only																	
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode																		
	WDIDLE																		
	0	WDT continues to count in IDLE mode																	
	1	WDT halts counting in IDLE mode																	

Dual Data Pointer Registers: To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.

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

Table 3b. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1	Address = A2H	Reset Value = XXXXXXX0B																	
	Not Bit Addressable																		
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">-</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">DPS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Bit</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </table>		-	-	-	-	-	-	-	DPS	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	-	DPS											
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0											
-	Reserved for future expansion																		
DPS	Data Pointer Register Select																		
	DPS																		
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H																	
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H																	





Memory Organization

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

Program Memory

If the \overline{EA} pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S52, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through 1FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 2000H through FFFFH are to external memory.

Data Memory

The AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that 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 which use direct addressing access of the SFR space.

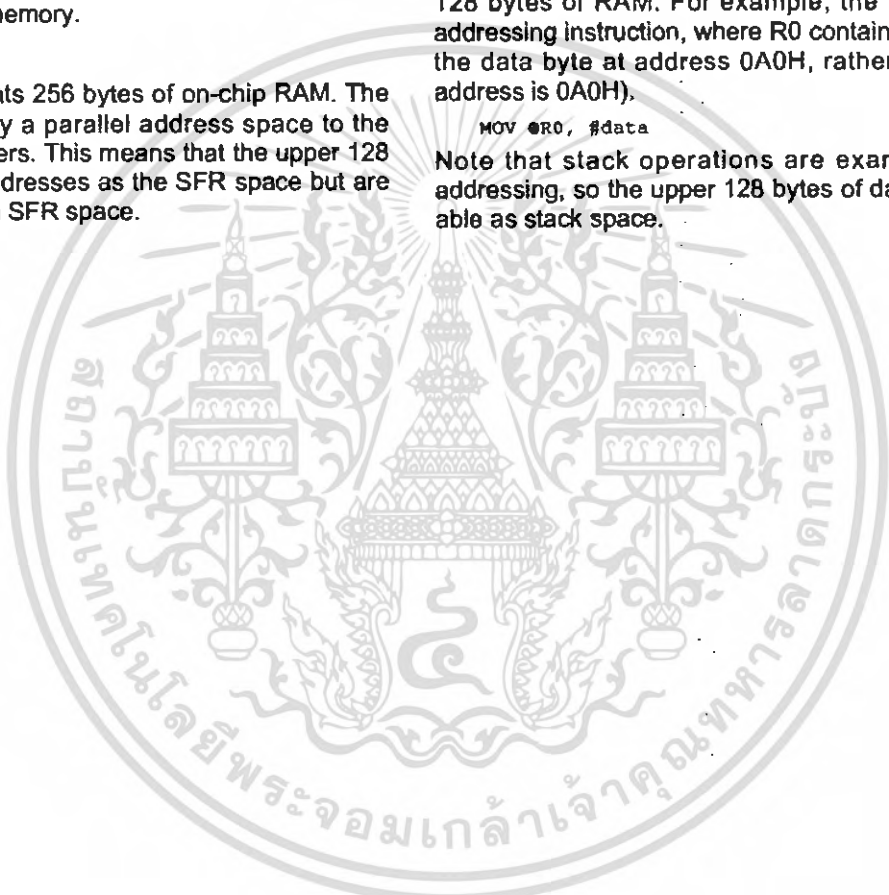
For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

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

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

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

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



AT89S52

Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 13-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 13-bit counter overflows when it reaches 8191 (1FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 8191 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $96 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S52 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

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

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S52 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

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

UART

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

Timer 0 and 1

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

Timer 2

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

Table 3. Timer 2 Operating Modes

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



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.

Figure 5. Timer in Capture Mode

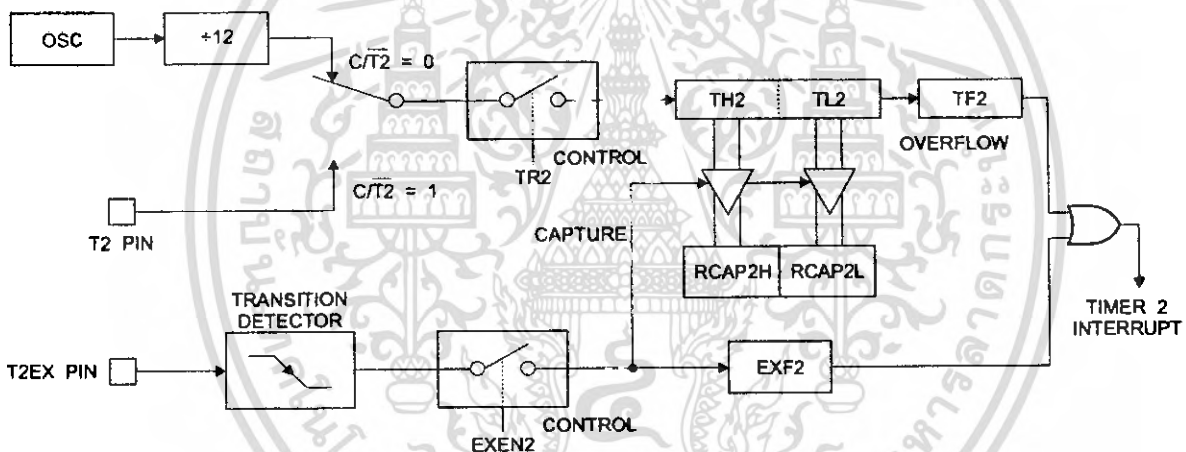


Figure 6 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN=0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H 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 6. In this mode, the T2EX pin controls

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

Auto-reload (Up or Down Counter)

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

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 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 6. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

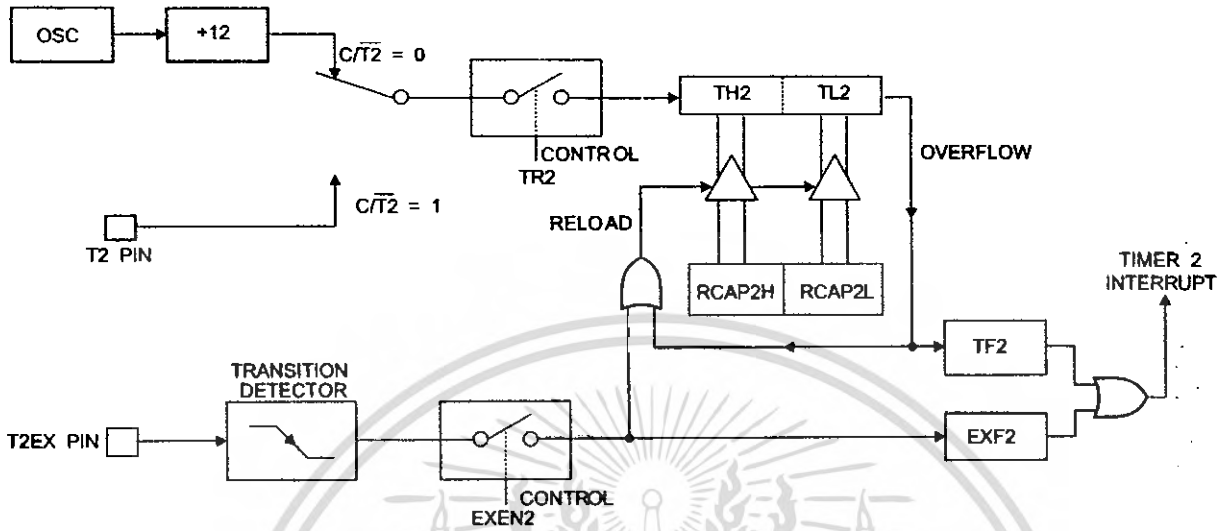


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H						Reset Value = XXXX XX00B		
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

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



Figure 7. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

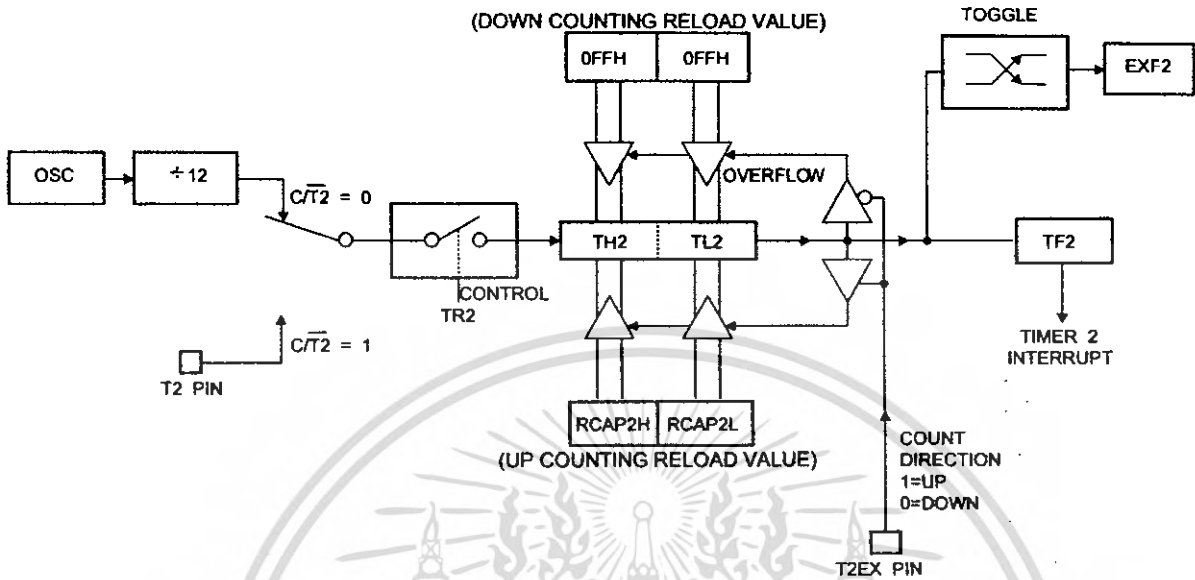
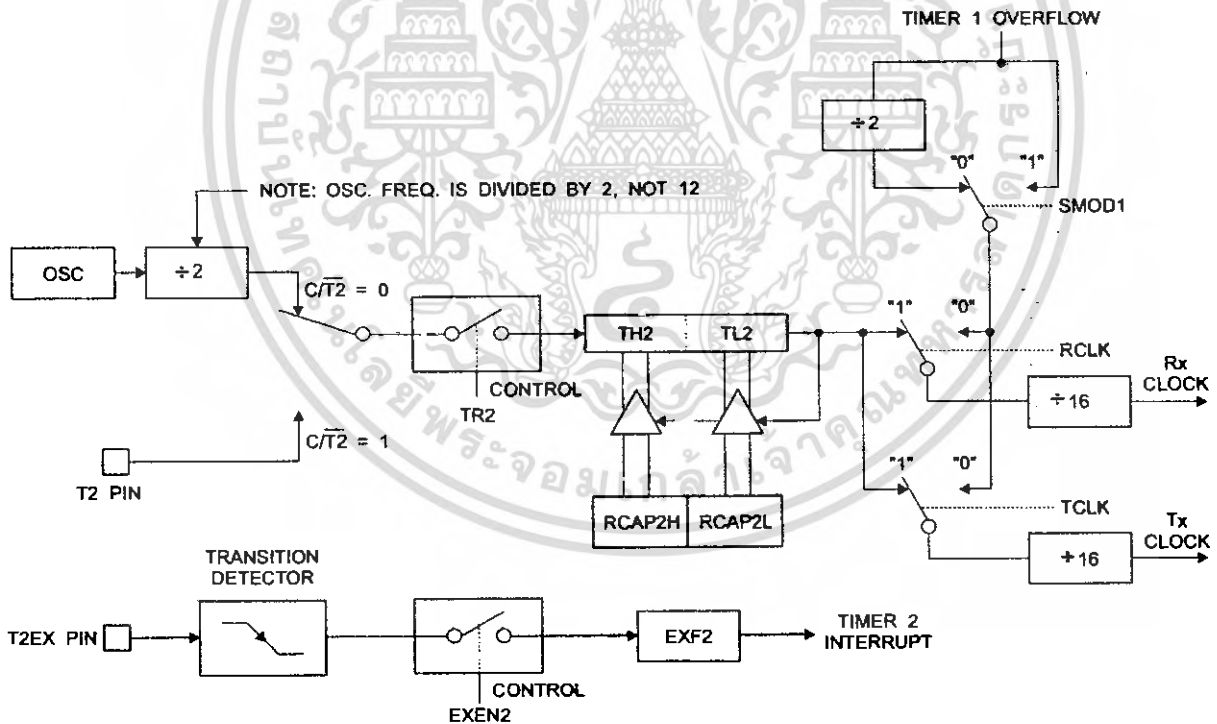


Figure 8. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



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 8.

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 ($CP/T2 = 0$). 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.

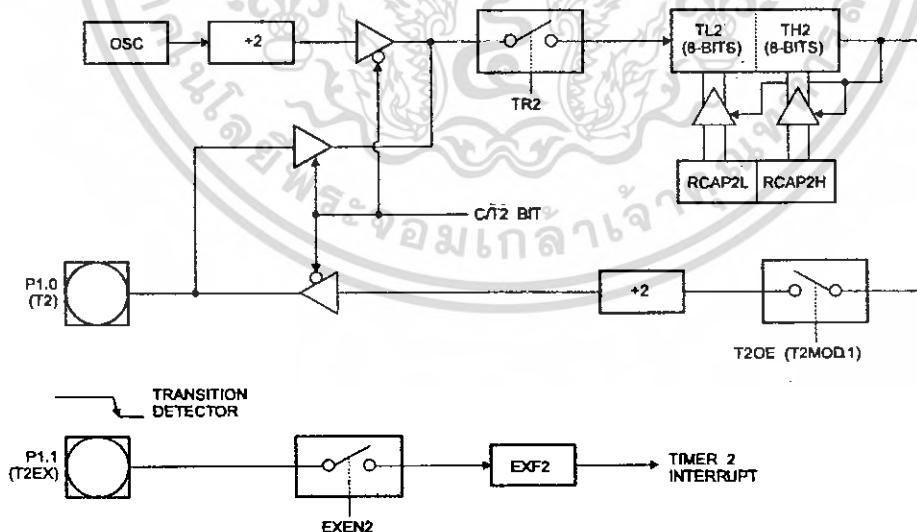
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - \text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

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

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

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

Figure 9. Timer 2 in Clock-Out Mode



Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 9. 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 $C/\overline{T}2$ (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.

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

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.

Interrupts

The AT89S52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{\text{INT0}}$ and $\overline{\text{INT1}}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

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

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.

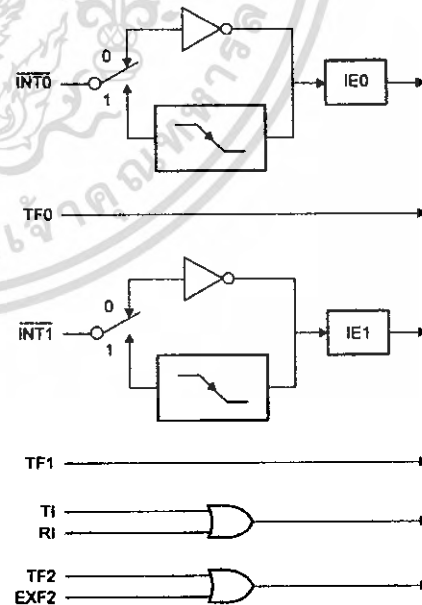
Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

(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 10. Interrupt Sources



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 11. 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 12. 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.

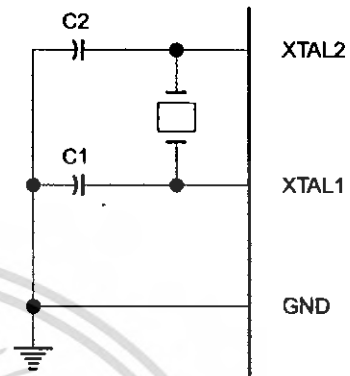
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is 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. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. 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 11. Oscillator Connections



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

Figure 12. External Clock Drive Configuration

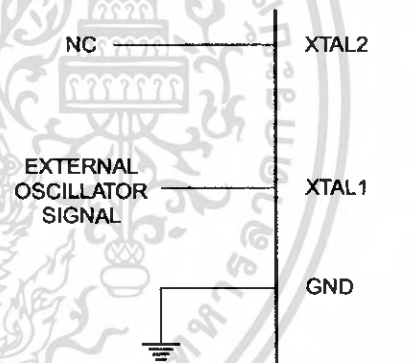


Table 6. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	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





Program Memory Lock Bits

The AT89S52 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.

Table 7. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVX instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
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 – Parallel Mode

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

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

Programming Algorithm: Before programming the AT89S52, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S52, 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.
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 50 μ s.

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

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

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

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

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

- (000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (100H) = 52H indicates 89S52
- (200H) = 06H

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

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

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

Programming the Flash – Serial Mode

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

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

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

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

Serial Programming Algorithm

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

1. Power-up sequence:
Apply power between VCC and GND pins.
Set RST pin to "H".
If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the

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

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

Power-off sequence (if needed):

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

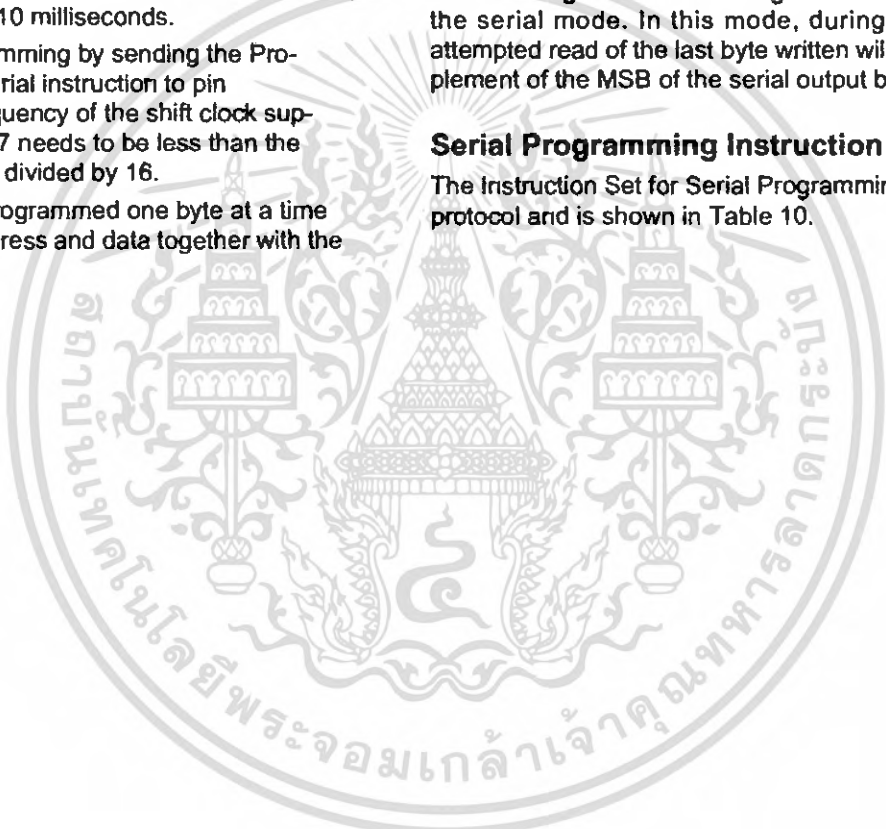
Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

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

Serial Programming Instruction Set

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





Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed 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.

Table 8. Flash Programming Modes

Mode	V _{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.4-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D _{IN}	A12-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D _{OUT}	A12-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	X 0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 0010	00H

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

Figure 13. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

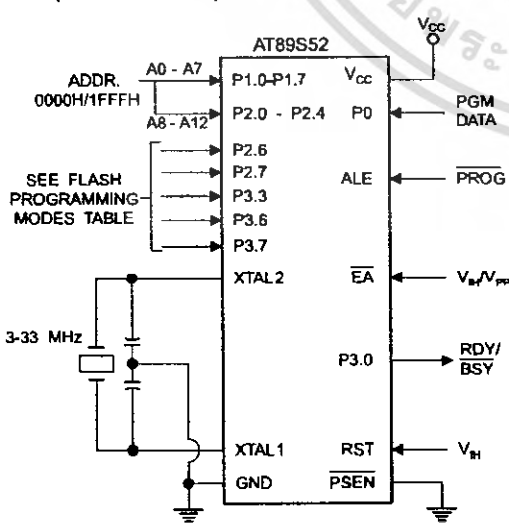
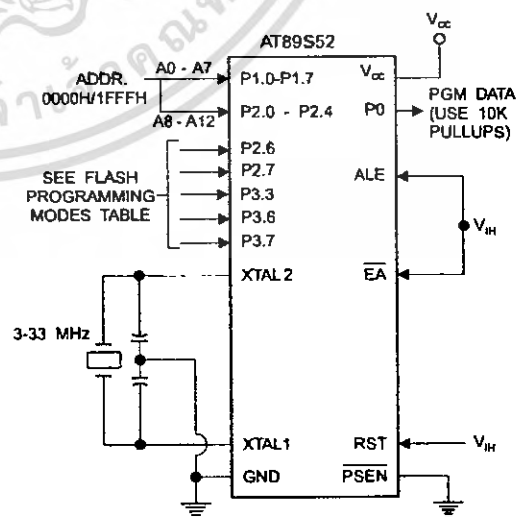


Figure 14. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

T_A = 20°C to 30°C, V_{CC} = 4.5 to 5.5V

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V _{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I _{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I _{CC}	V _{CC} Supply Current		30	mA
1/t _{CLCL}	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t _{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{EHS}	P2.7 (ENABLE) High to V _{PP}	48t _{CLCL}		
t _{SHGL}	V _{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t _{GHSL}	V _{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t _{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
t _{AVQV}	Address to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{EHQZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48t _{CLCL}	
t _{GHL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t _{WC}	Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 15. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

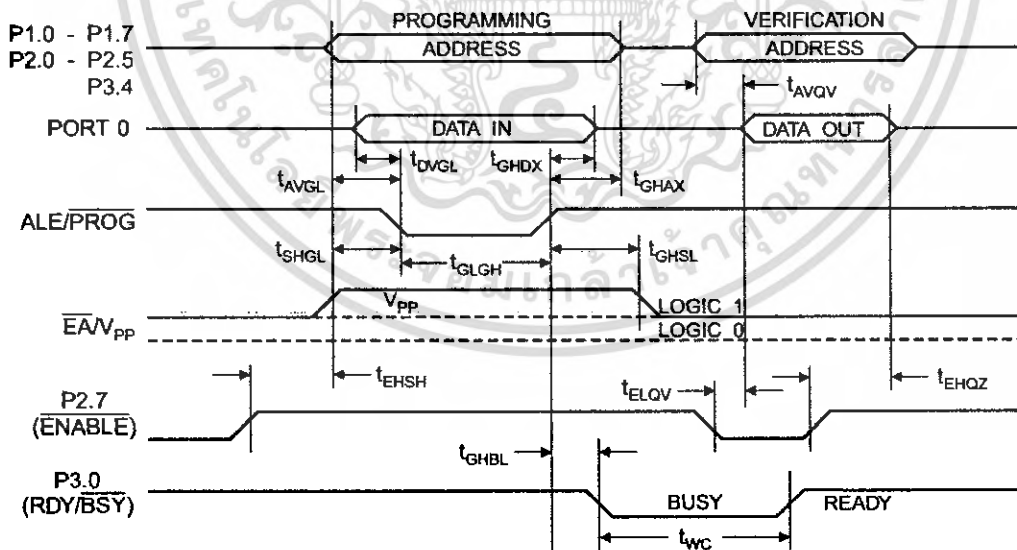
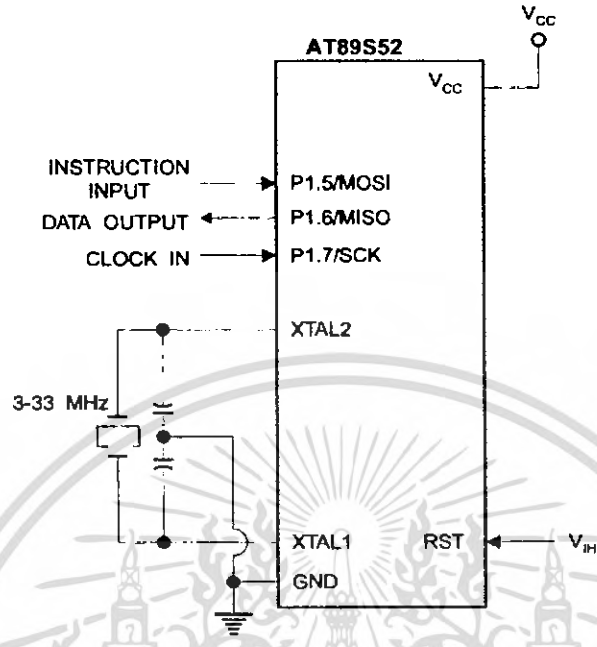




Figure 16. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 17. Serial Programming Waveforms

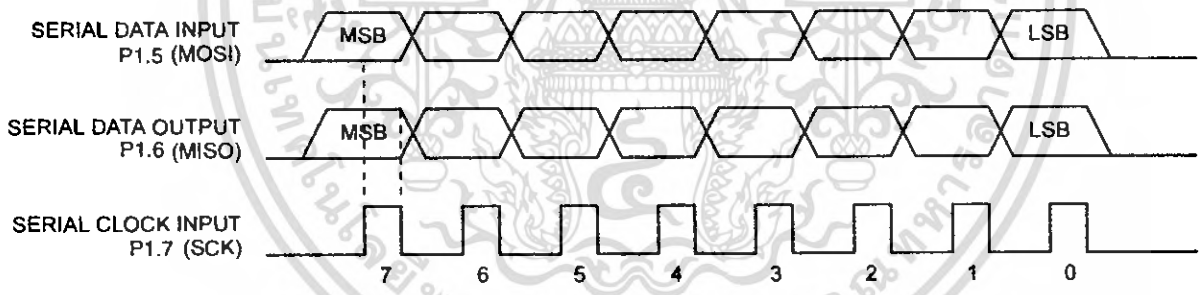


Table 9. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A9 A8 A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	DDDD DDD0 DDDD DDD0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A9 A8 A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	DDDD DDD0 DDDD DDD0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LE3 LE2 LE1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a '1')
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1 A0	xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Notes: 1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

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

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

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

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





Serial Programming Characteristics

Figure 18. Serial Programming Timing

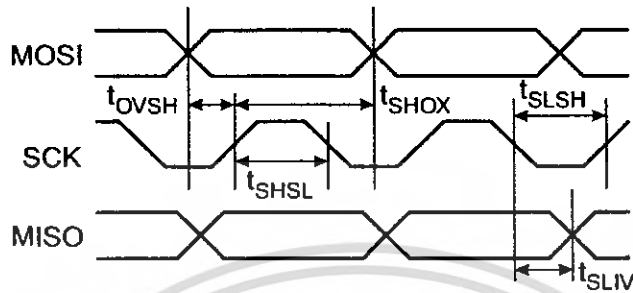


Table 10. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLSSH}	SCK Pulse Width Low	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs

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 $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , 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)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LU}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		10	30	$\text{k}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽¹⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	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.





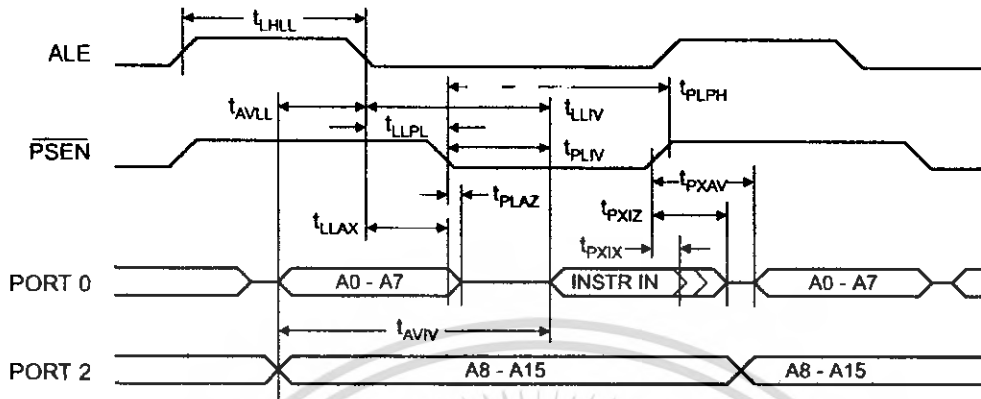
AC Characteristics

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

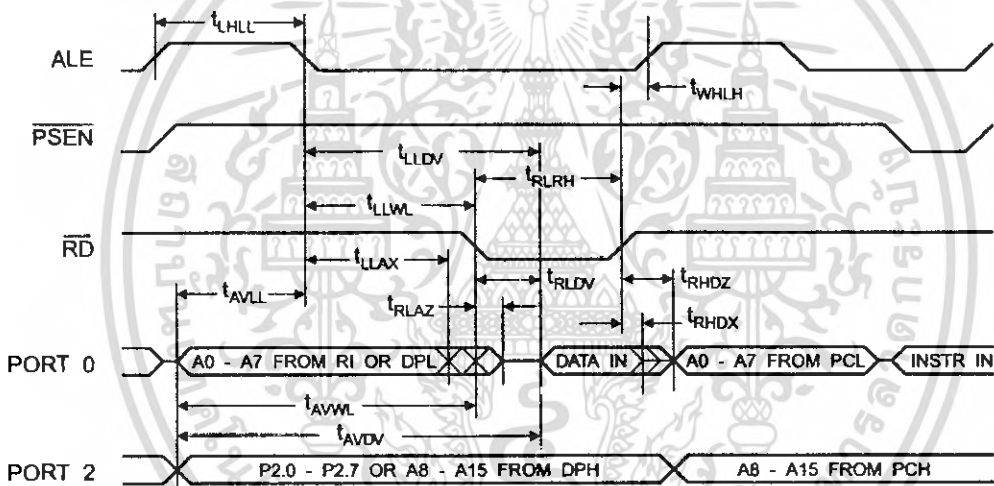
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
t_{WHOX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

External Program Memory Read Cycle

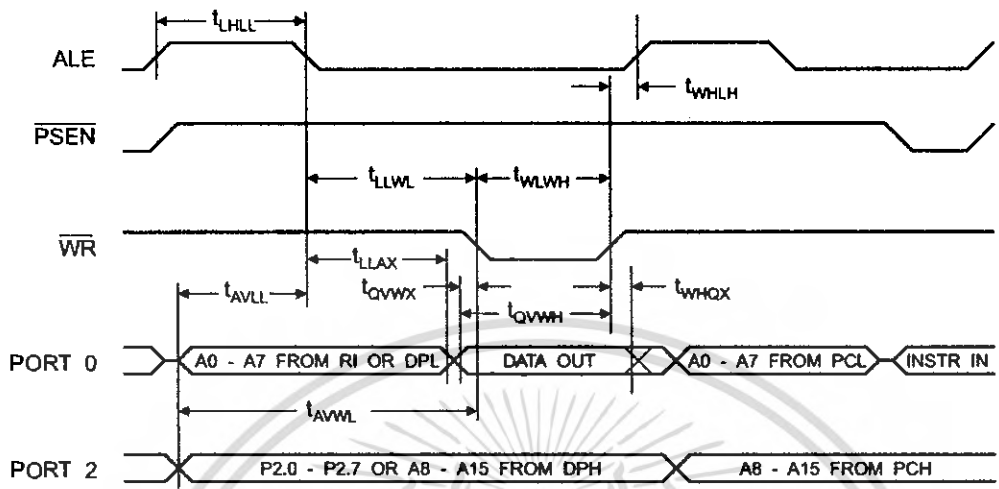


External Data Memory Read Cycle

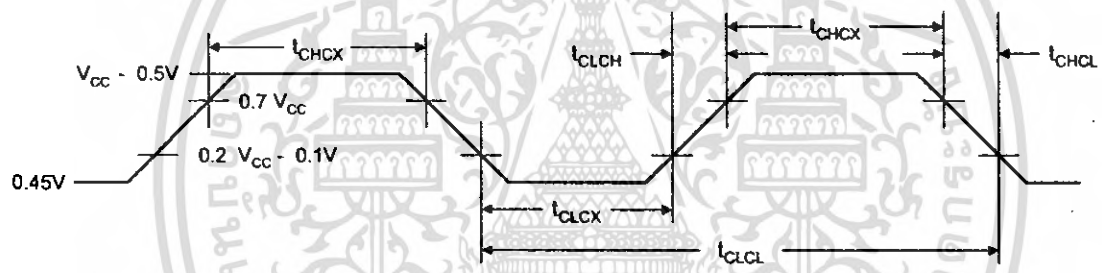




External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CLCX}	Low Time	12		ns
t_{CLCH}	Rise Time		5	ns
t_{CHCL}	Fall Time		5	ns

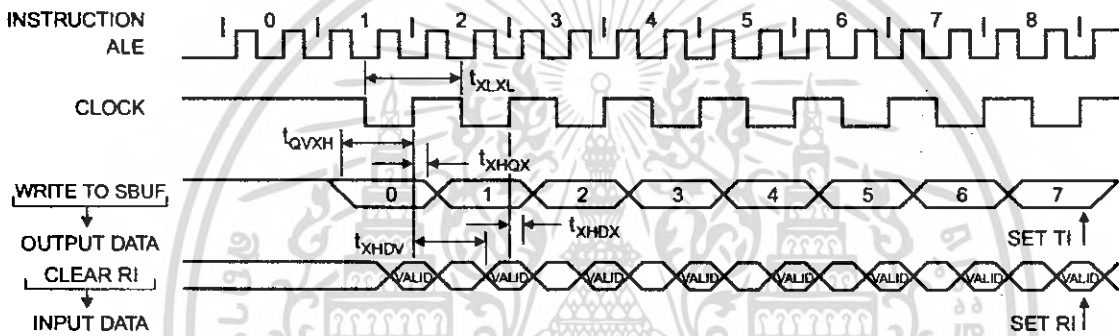
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

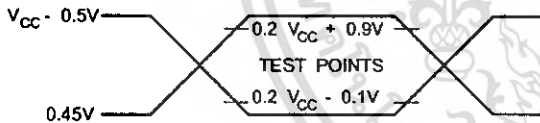
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHGV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

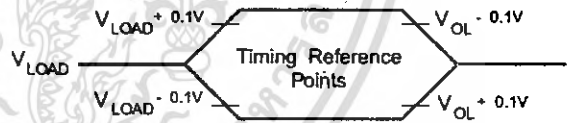


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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.





Ordering Information

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

= Preliminary Availability



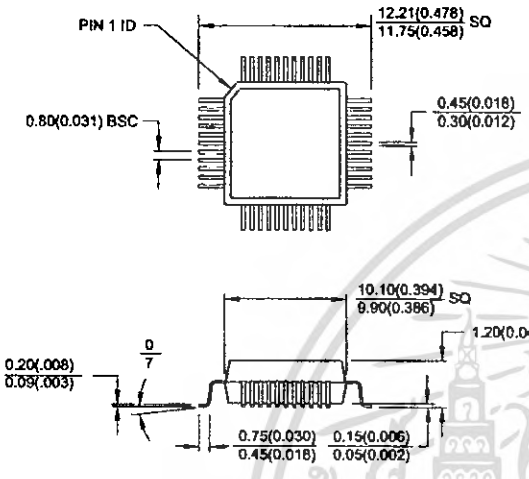
Package Type

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

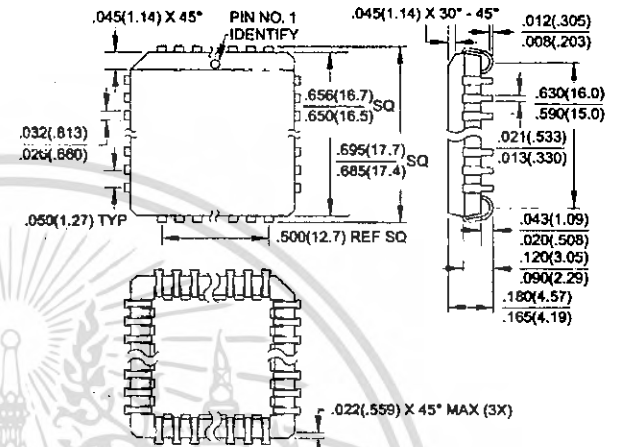
Packaging Information

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

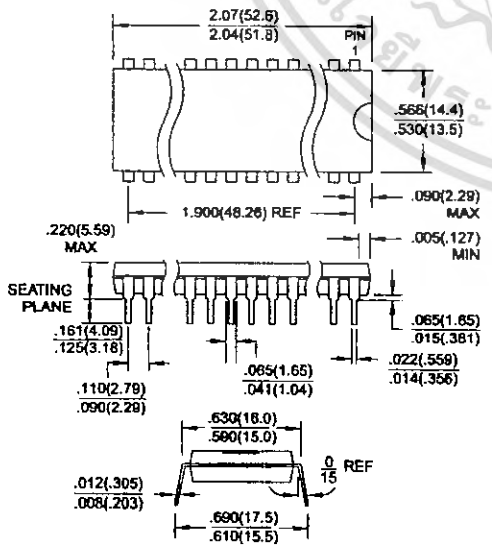


*Controlling dimension: millimeters

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



40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-011 AC





Atmel Headquarters

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

Europe

Atmel SarL
Route des Arsenaux 41
Casa Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-426-5555
FAX (41) 26-426-5500

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 Product Operations

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

Atmel Grenoble

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

Atmel Heilbronn

Theresienstrasse 2
POB 3635
D-74025 Heilbronn, Germany
TEL (49) 71 31 67 25 94
FAX (49) 71 31 67 24 23

Atmel Nantes

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

Atmel Rousset

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

Atmel Smart Card ICs

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

Fax-on-Demand

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

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2001.

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

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

MCS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.

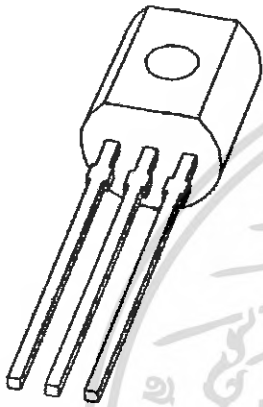


Printed on recycled paper.

Rev.1919A-07/01/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



BC549; BC550 NPN general purpose transistors

Product specification
Supersedes data of 1997 Jun 20

1999 Apr 22



NPN general purpose transistors

BC549; BC550

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

APPLICATIONS

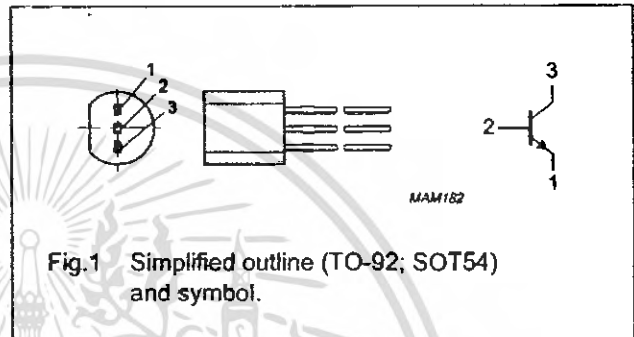
- Low noise stages in audio frequency equipment.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complements: BC559 and BC560.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CB0}	collector-base voltage	open emitter			
	BC549		-	30	V
	BC550		-	50	V
V _{CE0}	collector-emitter voltage	open base			
	BC549		-	30	V
	BC550		-	45	V
V _{EB0}	emitter-base voltage	open collector	-	5	V
I _C	collector current (DC)		-	100	mA
I _{CM}	peak collector current		-	200	mA
I _{BM}	peak base current		-	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C; note 1	-	500	mW
T _{stg}	storage temperature		-65	+150	°C
T _J	junction temperature		-	150	°C
T _{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	°C

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistors

BC549; BC550

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

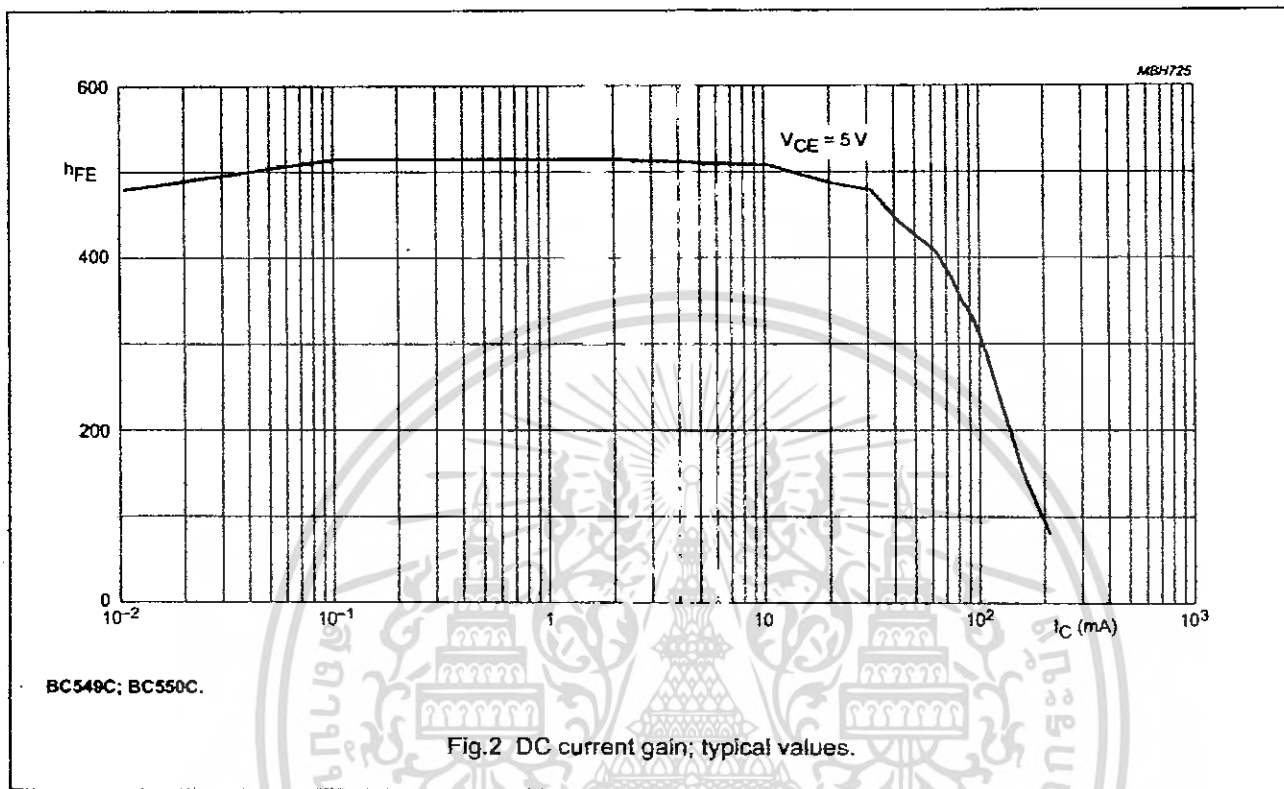
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = 30\text{ V}$	–	–	15	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 30\text{ V}; T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	5	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA
h_{FE}	DC current gain BC549C; BC550C	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; \text{ see Fig.2}$	–	270	–	
		$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; \text{ see Fig.2}$	420	520	800	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA}$	–	90	250	mV
		$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA}$	–	200	600	mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA}; \text{ note 1}$	–	700	–	mV
		$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA}; \text{ note 1}$	–	900	–	mV
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; \text{ note 2}$	580	660	700	mV
		$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; \text{ note 2}$	–	–	770	mV
C_c	collector capacitance	$I_E = I_B = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	1.5	–	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_E = 0; V_{EB} = 0.5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	11	–	pF
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz
F	noise figure	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega; f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$	–	–	4	dB
		$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega; f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	–	4	dB

Notes

1. V_{BEsat} decreases by about 1.7 mV/K with increasing temperature.
2. V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

NPN general purpose transistors

BC549; BC550



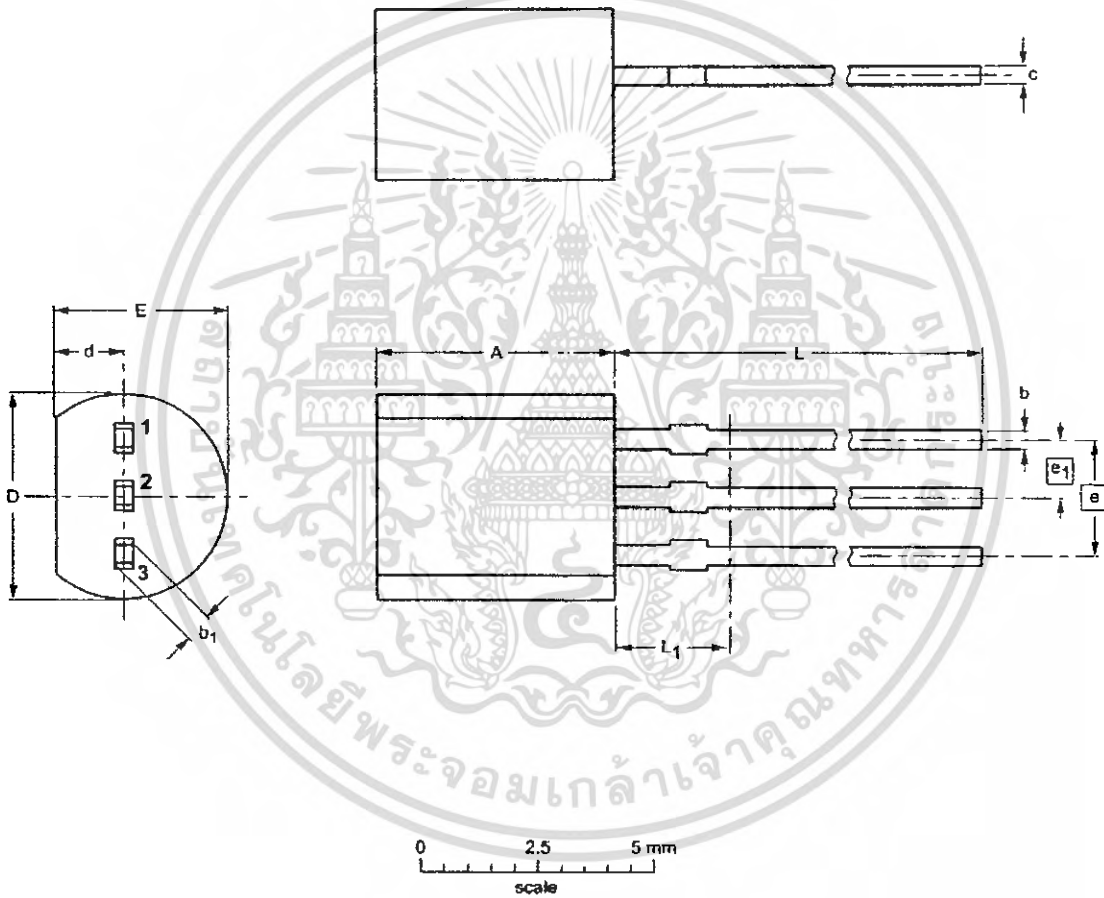
NPN general purpose transistors

BC549; BC550

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.56	0.45 0.40	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT54		TO-92	SC-43		97-02-28

NPN general purpose transistors

BC549; BC550

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

NPN general purpose transistors

BC549; BC550

NOTES



Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoprojekt, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tai Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V,
Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor,
254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025,
Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division,
Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510,
Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku,
TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukieka 10, PL 04-123 WARSZAWA,
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor,
04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Batmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-18485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Alimendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2885, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Talatpasa Csd. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL,
Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB8 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/V, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 62 5344, Fax. +381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors,
International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218,
5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1999

SCA63

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

11500200/03/pp8

Date of release: 1999 Apr 22

Document order number: 9397 750 05678

Let's make things better.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Philips
Semiconductors



PHILIPS