สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดแสดงผลสัญญาณเครื่องส่งวิทยุเอฟ-เอ็ม สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ทางอินเตอร์เน็ต

FM STEREO MULTIPLEX STATUS ON INTERNET

โดย

นายปริญญา พรมมาสุขสกุล

ว่าที่ ร.ต.วันชนะ ศรีทอง

นายสมศักดิ์ ทูลบุญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61773
วัน,เดือน,ปี 2 1 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FM STEREO MULTIPLEX STATUS ON INTERNET

BY

MR.PARINYA PROMMASUKSAKUL

Act 2, LT.WANCHANA SRITHONG

Mr.SOMSAK THOOLBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ชุดแสดงผลสัญญาณเครื่องส่งวิทยุเอฟ-เอ็ม สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ทางอินเตอร์เน็ต

FM STEREO MULTIPLEX STATUS ON INTERNET

นักศึกษา	นายปริญญา	พรมมาสุขสกุล	รหัสนักศึกษา 45015803
	ว่าที่ ร.ต.วันชนะ	ศรีทอง	รหัสนักศึกษา 45015817
	นายสมศักดิ์	ทูลบุญ	รหัสนักศึกษา 45015820
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. สมภพ	แก้วมีชัย	
	อ. กฤดากร	กล่อมการ	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

.....

(อ. สมภพ แก้วมีชัย)

.....

(อ. กฤดากร กล่อมการ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดแสดงผลสัญญาณเครื่องส่งวิทยุเอฟ-เอ็ม สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ทางอินเตอร์เน็ต	
	FM STEREO MULTIPLEX STATUS ON INTERNET	
นักศึกษา	นายปริญญา พรมมาสุขสกุล	รหัสนักศึกษา 45015803
	ว่าที่ ร.ต.วันชนะ ศรีทอง	รหัสนักศึกษา 45015817
	นายสมศักดิ์ ทูลบุญ	รหัสนักศึกษา 45015820
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. สมภพ แก้วมีชัย	
	อ. กฤดากร กล่อมการ	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์กในการทำชุดแสดงผล ของการทำงานของเครื่องส่งวิทยุและชุดเข้ารหัสสัญญาณสเตอริโอในภาคต่างๆ โดยใช้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ดึงสัญญาณการทำงานของเครื่องส่งวิทยุในภาคต่างๆ ทั้งในช่วงสภาวะปกติและช่วงสภาวะในการเกิดการผิดพลาดของเครื่องส่งวิทยุออกมาแสดงผลที่จอแสดงผล และเก็บเป็นข้อมูล โดยจัดแสดงสถานะดังกล่าวออกทางหน้าเวปเพจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	FM STEREO MULTIPLEX STATUS ON INTERNET		
Student	Mr. Parinya	Prommasuksakul	ID 45015803
	Act 2, LT. Wanchana	Srithong	ID 45015817
	Mr. Somsak	Thoolboon	ID 45015820
Advisor	Mr. Somphop	Keawmeechai	
	Mr. Kitdakorn	Klomkarn	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering		
Department	Information Engineering		
Academic Year	2004		

ABSTRACT

The purpose of this project is show status of FM Stereo Multiplex Transmitter with Stereo Encoder by Microcontroller to get signal of FM Stereo Multiplex Transmitter with Stereo Encoder to show normal and fault status and keep in database. With to show on Web Page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ สมภพ แก้วมีชัย และอาจารย์กฤษดากร กล่อมการ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ริเริ่มโครงงานนี้ และได้ให้คำปรึกษาช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงานนี้ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจตลอดจนสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในระหว่างการทำโครงงานมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงานนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมาย	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องมือวัดความถี่	3
2.1.1 หลักการเบื้องต้น	3
2.1.2 วงจรนับ	4
2.1.3 วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ	4
2.1.4 วงจรนับแบบเข้าจังหวะ	5
2.1.5 วงจร Binary Ripple Counter	6
2.1.6 โมโนสเตเบิล	9
2.1.7 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดความถี่	12
2.1.7.1 ความผิดพลาดจากช่วงการนับ	12
2.1.7.2 ความผิดพลาดของระบบ	12
2.1.7.3 ความผิดพลาดจากฐานเวลา	13
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	13
2.2.1 อะไรคือไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.2.2 ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์	14
2.2.3 จะเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อใด	16
2.2.4 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	17
2.2.5 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง		หน้า
	2.2.6 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	20
	2.2.7 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	24
	2.2.8 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	26
	2.2.9 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุต	26
	2.2.10 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต	27
	2.2.11 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	27
	2.2.12 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์	30
	2.2.13 หน่วยความจำโปรแกรม	30
	2.2.14 หน่วยความจำข้อมูล	32
	2.2.15 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	36
	2.2.17 แอกคิวมูเลเตอร์	38
	2.2.18 รีจิสเตอร์ B	38
	2.2.19 สแตกพอยน์เตอร์	39
	2.2.20 รีจิสเตอร์ข้อมูล	39
	2.2.21 รีจิสเตอร์พอร์ต	39
	2.2.22 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม	39
	2.2.23 รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์	40
	2.2.24 รีจิสเตอร์แคปเจอร์	40
	2.2.25 รีจิสเตอร์ควบคุม	41
2.3	วงจรเอดีซี (Analog-to-Digital Converter)	41
	2.3.1 หลักการเบื้องต้นของวงจรเอดีซี	42
	2.3.2 ความละเอียดของเอดีซี	42
	2.3.3 เอดีซีแบบรวมค่า	44
	2.3.4 เอดีซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง	45
	2.3.5 เอดีซีแบบที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์	46
2.4	PHP	47
	2.4.1 ความเป็นมาของ PHP	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.2 ความสามารถของ PHP	48
2.4.3 จุดเด่นของ PHP	48
2.4.4 หลักการทำงานของ PHP	49
2.4.5 เวปเซิร์ฟเวอร์	50
2.4.6 PHP กับฐานข้อมูล	51
2.4.7 การติดต่อฐานข้อมูลผ่าน ODBC	51
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบโครงงาน	53
3.1 หลักการทำงานของโครงงาน	53
3.2 เครื่องนับความถี่	53
3.2.1 วงจรหารความถี่	54
3.2.1.1 วงจรหารความถี่สูง	54
3.2.1.2 วงจรหารความถี่ต่ำ	55
3.2.2 วงจรนับความถี่	55
3.3 วัตต์มิเตอร์	57
3.3.1 วงจรวัตต์มิเตอร์	58
3.3.2 วงจรแปลอนาลอกเป็นดิจิตอล	58
3.3.3 จอแสดงผล	58
3.3.4 พอร์ตอนุกรม	59
3.4 COMPUTER SERVER	59
3.4.1 แอพพลิเคชั่น	59
3.4.2 ฐานข้อมูล	59
3.4.3 เวปเพจ	60
บทที่ 4 ผลการทดลอง	61
บทที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดความถี่พื้นฐาน	3
รูปที่ 2.2 แสดงแผนผังการต่อวงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ	4
รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังต่อวงจรนับ	5
รูปที่ 2.4 วงจรนับ โดยใช้ทีฟลิปฟลอป 2 ตัว	6
รูปที่ 2.5 Timing diagram ของวงจรนับ 4	7
รูปที่ 2.6 วงจรนับ 16 โดยใช้ทีฟลิปฟลอป 4 ตัว	8
รูปที่ 2.7 วงจรนับ 16 โดยใช้ดีฟลิปฟลอป 4 ตัว	9
รูปที่ 2.8 วงจรนับ 16 โดยใช้ เจ-เค ฟลิปฟลอป 4 ตัว	9
รูปที่ 2.9 การตอบสนองของสัญญาณกระตุ้นของวงจรโมโนสเตเบิลสองแบบ	10
รูปที่ 2.10 ไอซีเบอร์ 555 เป็นโมโนสเตเบิลแบบหนึ่ง	11
รูปที่ 2.11 แสดงความผิดพลาดจากช่วงการนับ	12
รูปที่ 2.12โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์	14
รูปที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	15
รูปที่ 2.14 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx	18
รูปที่ 2.15โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx	19
รูปที่ 2.16 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmal	20
รูปที่ 2.17 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	21
รูปที่ 2.18 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	25
รูปที่ 2.19 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์	28
รูปที่ 2.20 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	30
รูปที่ 2.21 การเชื่อมต่อหน่วยคว่ามจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรเลอร์	32
รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครโทรเลอร์แบบแฟลช	32

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้นำไปเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.23 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	33
รูปที่ 2.24 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	34
รูปที่ 2.25 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรเลอร์	35
รูปที่ 2.26 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR)	36
รูปที่ 2.27 แสดงกราฟคุณสมบัติของเอดีซีขนาด 3 บิต	42
รูปที่ 2.28 แสดงแผนผังวงจรดีเอซี	44
รูปที่ 2.29 แสดงแผนผังและรูปของวงจรดีเอซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง	45
รูปที่ 2.30 แสดงแผนผังและรูปของวงจรดีเอซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง (ต่อ)	46
รูปที่ 2.31 แสดงวงจรเอดีซีที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์	47
รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะ การทำงานของ PHP	50
รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของโครงงาน	53
รูปที่ 3.2 บล็อกแสดงการทำงานของ FREQUENCY COUNTER	53
รูปที่ 3.3 วงจรหารความถี่สูง	54
รูปที่ 3.4 วงจรหารความถี่ต่ำ	55
รูปที่ 3.5 วงจรนับความถี่	56
รูปที่ 3.6 บล็อกแสดงการทำงานของวัตต์มิเตอร์	57
รูปที่ 3.7 วงจรวัตต์มิเตอร์	58
รูปที่ 3.8 บล็อกแสดงการทำงานของ COMPUTER SERVER	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางการนับ 4	7
ตารางที่ 2.2 ตารางการนับ 16	8
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	16
ตารางที่ 2.4 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	24
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของรีจีสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW	37
ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบดีเอซีแบบต่างๆ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบัน วิทยุชุมชนได้เข้ามามีบทบาทในการกระจายข่าวสารภายในชุมชน และระบบอินเตอร์เนตก็ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นเช่นกัน คณะผู้จัดทำจึงเกิดแนวคิดในการประยุกต์ใช้ทั้งสองเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน โดยในโครงงานนี้จะเป็นการนำเอาสถานะการทำงานของเครื่องส่งมาแสดงออกผ่านทางอินเตอร์เนต ซึ่งจะทำให้สามารถรู้ถึงสถานการณ์ทำงานภาคต่างๆ ของเครื่องส่งโดยดูผ่านทางอินเตอร์เนต และสามารถรู้ได้ว่าเครื่องส่งมีสถานะการทำงานเป็นอย่างไรมีข้อผิดพลาดตรงส่วนใดจุดใดบ้าง ทำให้สามารถรู้จุดที่ต้องแก้ไขได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องอยู่บริเวณที่ตั้งของเครื่องส่ง ซึ่งในโครงงานนี้จะทำการทดลองแสดงสถานะของเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็มเสตอริโอมัลติเพล็กซ์ย่านความถี่ 107.5 MHz ของทางภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อเป็นต้นแบบให้กับวิทยุชุมชนในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมาย

1.2.1 เพื่อศึกษาชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.2 เพื่อนำสัญญาณออกมาแสดงผลที่จอแสดงผลได้

1.2.3 เพื่อสามารถดูสถานะในภาคต่างของชุดเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์พร้อมชุดเข้ารหัสสัญญาณได้

1.2.4 เพื่อสามารถนำสถานะต่างๆ ดังกล่าวแสดงออกทางหน้าเวปเพจได้

1.2.5 เพื่อสามารถแก้ไขปรับปรุงเครื่องส่งได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดปัญหา

1.2.6 เพื่อเป็นต้นแบบให้กับวิทยุชุมชนในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 มีจอแสดงผลของสัญญาณในภาคต่างๆ ของเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็มเสตอริโอมัลติเพล็กซ์พร้อมชุดเข้ารหัสสัญญาณ

1.3.2 มีการแสดงสถานะของเครื่องส่งวิทยุออกทางหน้าเวปเพจเพื่อสามารถดูได้ทุกสถานที่ที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เนต

1.3.3 มีการจัดทำฐานข้อมูลบนหน้าเวปเพจเพื่อเก็บสถานะของเครื่องส่งวิทยุและเป็นข้อมูลทางสถิติได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เข้าใจถึงหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการนำสัญญาณออกมาแสดงผลทางจอแสดงผล

1.4.2 รู้ถึงปัญหาและทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องส่งวิทยุ

1.4.3 รู้ถึงสถานะการทำงานของเครื่องส่งวิทยุในภาคการทำงานต่างๆ

1.4.4 เข้าใจถึงหลักการออกแบบเวปเพจและการทำฐานข้อมูลบนเวปเพจที่ใช้ในการแสดงผลและเก็บข้อมูลของเครื่องส่งวิทยุ

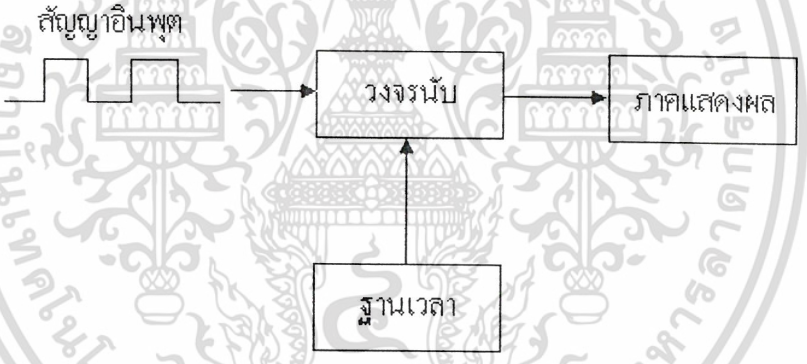
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องมือวัดความถี่

2.1.1 หลักการเบื้องต้น

ความถี่ 1 เฮิร์ท หรือไซเคิลต่อวินาที (Cycle/second) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแล้วกลับคืนมายังตำแหน่งเดิมอีก 1 รอบพอดีในเวลา 1 วินาที นั่นคือถ้าเรามีวงจรนับแล้วเราควบคุมให้วงจรนับนั้นทำงานใน 1 วินาที จำนวนพัลส์ที่นับได้ก็จะเป็นความถี่ของสัญญาณที่เราต้องการวัด โดยเราต้องทำการสร้างสัญญาณฐานเวลา (Time Base) เพื่อควบคุมการทำงานของวงจรนับ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความถี่พื้นฐาน

เนื่องจากวงจรนับที่ใช้มีการจำกัดความถี่ที่ทำการนับได้มีค่าไม่เกิน 28 MH_Zแต่เราต้องการวัดความถี่ที่สูงถึง 200 MHz จึงต้องมีการใช้ตัวปรีสเกลเลอร์ เพื่อหารความถี่ลงให้เหลือในย่านที่สามารถวัดได้

ในภาคแสดงผลเราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาเป็นตัวแสดงผลโดยแสดงผ่าน LED ตัวเลขเจ็ดส่วนจำนวน 7 หลัก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ครั้งละ 8 บิต แต่ผลจากการวัดความถี่ 200 MHz จะได้ข้อมูลที่มีจำนวน 21 บิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีตัวแลทช์ (Latch) เพื่อทำการพักข้อมูลหลังจากการนับเสร็จ แล้วรอการอ่านจากไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

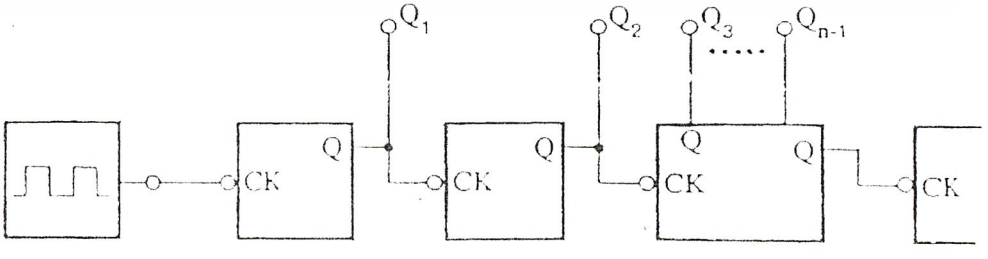
ในการสร้างสัญญาณฐานเวลาเนื่องจากเราใช้ปรีสเกลเลอร์ ในการหารความถี่ลงให้อยู่ในช่วงที่สามารถวัดได้ ซึ่งเราใช้วงจรหาร 64 มาเป็นตัวปรีสเกลเลอร์ และการแสดงผลเป็นตัวเลข 7 หลัก ซึ่งเป็นจำนวนเต็ม 3 ตำแหน่ง และทศนิยมอีก 4 ตำแหน่ง ซึ่งจะมีความละเอียดถึง 100200 MHz หรือคาบเวลาเท่ากับ 0.1 ms ดังนั้นฐานเวลาที่สร้างขึ้นเพื่อชดเชยการปรีสเกลจึงมีคาบเวลาเท่ากับ 64 × 10 ms โดยฐานเวลานี้จะสร้างสัญญาณ 3 สัญญาณแลทช์ สัญญาณรีเซทเพื่อควบคุมวงจรนับ และสัญญาณอินเตอร์รัปต์ เพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณคือวงจรโมโนสเตเบิล

2.1.2 วงจรนับ(Counter)

วงจรนับปกตินั้นจะประกอบด้วยวงจรฟลิปฟลอปจำนวนหลายๆตัวนำมาต่อเข้าด้วยกันซึ่งการต่อโดยทั่วๆไปนั้นจะต่อได้ 2 แบบ คือต่อวงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ(Asynchronous Counter) หรือเรียกอีกอย่างว่า วงจรนับแบบริปเปิล(Ripple Counter) ส่วนอีกวงจรหนึ่งเรียกว่าการนับแบบเข้าจังหวะ(Synchronous Counter) ในขณะเดียวกันการนับจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบย่อยๆ คือ วงจรนับขึ้นหรือนับเดินหน้า(UP Counter) หมายถึงการนับที่เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก โดยพิจารณาจากรหัสเลขฐานสอง เช่น วงจรนับ 4 บิต เริ่มจาก 0000 ไปจนถึง 1111 หากวงจรนับเริ่มนับจากรหัสเลขฐานสองจาก 1111 ถอยจนมาถึง 0000 อย่างนี้เรียกว่า วงจรนับถอยหลัง(Down Counter)

2.1.3 วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ

วงจรนับแบบนี้โดยทั่วไปเรียกว่า วงจรนับแบบริปเปิล การต่อวงจรแบบนี้ปกติจะใช้ T ฟลิปฟลอป ขณะเดียวกันลักษณะการต่อให้ต่อกันเป็นวงจรเชิงอนุกรม โดยต่อเอาท์พุทของตัวแรกไปยังอินพุทของตัวที่ 2 และเรียงกันไปเรื่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



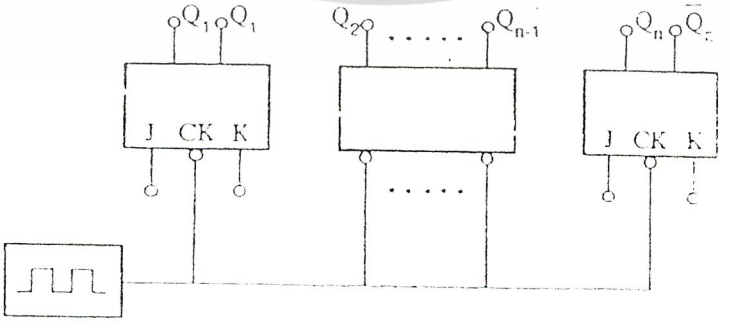
รูปที่ 2.2 แผนผังการต่อวงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังที่แสดงในรูปที่ 2.2 เห็นว่าเอาท์พุทของฟลิปฟลอปตัวแรกจะเปลี่ยนแปลงในทุกๆครั้งที่มีสัญญาณคล็อค และกลายเป็นสัญญาณอินพุทให้กลับฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ดังนั้นเอาท์พุทของฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ก็จะเปลี่ยนระดับลอจิกทุก 2 ครั้งของสัญญาณคล็อคและตัวถัดไปเรื่อยๆจะเปลี่ยนสถานะของเอาท์พุทตามกฎ 2^{n-1} โดยให้ n คือฟลิปฟลอปที่ต่อกันในวงจรนับ เช่น ถ้าหากเราใช้ฟลิปฟลอป 4 ตัว ซึ่งเรียกว่า วงจรนับ 4 บิต ตัวที่ 4 จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาท์พุททุกๆ 2^{4-1} หรือเท่ากับ 8 ของสัญญาณคล็อคทางด้านอินพุท ส่วนจำนวนนับรหัสเลขฐานสองสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 2^{n} กำหนดให้ n คือจำนวนฟลิปฟลอป ถ้าฟลิปฟลอป 4 ตัว จะนับได้สูงสุด 2^{4} คือ 16(0000-1111) ดังนั้นถ้าใช้ฟิปฟลอป n ตัว จำนวนนับสูงสุด 2^{n} ครั้งแล้ววงจรจะย้อนกลับมาเริ่มนับใหม่อีกถ้าหากยังคงมีสัญาณคล็อคทางด้านอินพุทต่อไป

2.1.4 วงจรนับแบบเข้าจังหวะ

การรต่อวงจรนับแบบเข้าจังหวะนั้น ต้องต่ออินพุทคล็อคร่วมกัน หรือกล่าวได้ว่าการต่อวงจรนับแบบนี้ต่อในเชิงขนานกัน และวงจรแบบนี้จะใช้ทีฟลิปฟลอปไม่ได้ เพราะจะต้องออกแบบการนับหรือควบคุมการนับโดยวิธีการควบคุมอินพุทอื่นๆเช่นขั้วอาร์-เอสหรือขั้วเจ-เค ของฟลิปฟลอปควบคู่ไปกับอินพุทคล็อค ข้อดีของการต่อวงจรนับแบบนี้ คือการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุทเนื่องจากสัญญาณควบคุมคล็อค แต่ละพัลส์นั้น จะเกิดขึ้นพร้อมกันทุกตัวถ้าฟลิปฟลอปแต่ละตัวได้รับสัญญาณอินพุทที่เหมาะสมแล้ว เราสามารถออกแบบวงจรให้วงจรมีการนับอย่างไรก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับตามเลขฐานสอง แต่ข้อเสียของวงจรเหล่านี้คือถ้าต่อวงจรนับหลายๆบิตวงจรจะไม่ประหยัดและการออกแบบวงจรทำได้ค่อนข้างยาก ซึ่งวิธีการต่อวงจรแบบนี้ดูได้จากรูปที่ 2.3

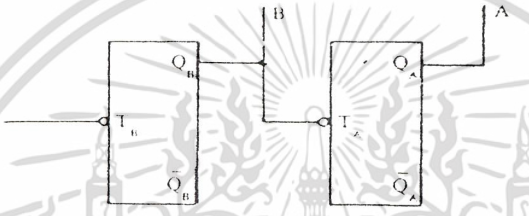


รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังต่อวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 วงจร Binary Ripple counter

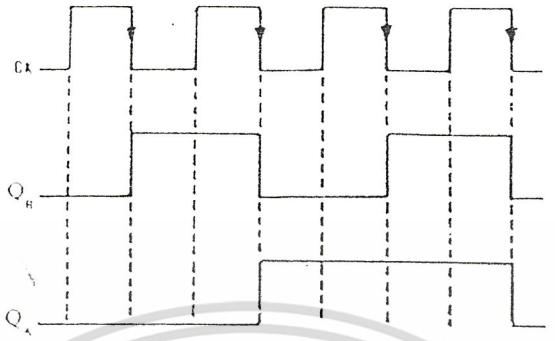
วงจรนับเป็นการประยุกต์ใช้งานของฟลิปฟลอป โดยถือหลักการว่าฟลิปฟลอป 1 ตัว จะเป็นการนับได้ 2 (0 ถึง 1) คือสภาวะหนึ่งอาจจะเป็น 0 เมื่อมีการTriggerอีกครั้งจะเป็น1 สลับกันไป เช่นนี้นั่นคือ ฟลิปฟลอป 1 ตัว สามารถนับได้ 2 เลขคือ 0 กับ 1 ดังนั้นถ้าฟลิปฟลอป 2 ตัวต่อกัน เช่นมีทีฟลิปฟลอป 2 ตัว โดยที่แต่ละตัวทำงานเมื่อมีการทริกเกอร์ที่ขอบขาลงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรนับ โดยใช้ทีฟลิปฟลอป 2 ตัว

จากรูปที่ 2.4 เป็นทีฟลิปฟลอป 2 ตัวต่อในลักษณะขา T ของตัวหลังต่อกับ Q ของตัวหน้า สมมุติว่า ขณะที่ Q_A และ Q_B เป็น 0 ทั้งคู่เมื่อ Clock Pulse ที่ขาของ Clock Input เปลี่ยนระดับจาก 0 เป็นทีฟลิปฟลอปตัวแรก (T_A) ยังไม่มีการเปลี่ยนสภาวะ เพราะเป็นการTriggerที่ขอบขาตั้งขึ้น จนกระทั่งเมื่อ Clock Pulse เปลี่ยนระดับจาก 1 เป็น 0 Q_B จะเปลี่ยนสภาวะเป็น เป็น 1 ถึงแม้ T_A จะต่ออยู่กับ Q_B ก็ตาม แต่ทีฟลิปฟลอปตัวหลังไม่ทำงานเพราะเป็นขอบขาขึ้น ซึ่งมันจะสนใจเฉพาะขอบขาลงเท่านั้นหลังจาก Clock Pulse ลูกแรกผ่านไป ขณะที่ Q_B เป็น 1 ในขณะมี่ Q_A เป็น 0 คือเลข $(01)_2$ หรือเลข$(1)_{10}$ นั่นเอง ต่อมาเมื่อ Clock Pulse ลูกที่สองผ่านไป Q_B จะเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ในขณะที่ Clock Pulse เปลี่ยนสภาวะที่ขาลงเมื่อ Q_B เปลี่ยนสภาวะจาก 1 เป็น 0 Q_A จะเปลี่ยนสภาวะจาก 0 เป็น 1 บ้างเพราะ T_A ได้รับการ Trigger ที่ขอบขาลง Q_B นั่นเอง ในขณะที่ Q_A เป็น 1 และ Q_B เป็น 0 คือเลข$(10)_2$ หรือ $(2)_{10}$ เมื่อ Clock pulse ลูกที่ 3 ผ่านไป Q_B จะเปลี่ยนสภาวะ 1 ใหม่ แต่ Q_A ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจาก T_A ได้รับการ Trigger ที่ขอบขาขึ้น ซึ่งก็คือ $Q_A = 1$ และ $Q_B = 1$ คือเลข $(11)_2$ หรือ $(3)_{10}$ จนกระทั่ง Clock pulse ลูกที่ 4 ผ่านไป Q_B เปลี่ยนกลับมาเป็นสภาวะ 0 ใหม่ ทำให้ Q_A กลับเปลี่ยนมาเป็นสภาวะ 0 ด้วย การทำงานจะเห็นได้ชัดจาก Timing diagram ตามรูปที่ 2.5 และตารางการนับตามตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Timing diagram ของวงจรนับ 4

Inputpulse	Q_A	Q_B
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1
4(หรือ 0)	0	0

ตารางที่ 2.1 ตารางการนับ 4

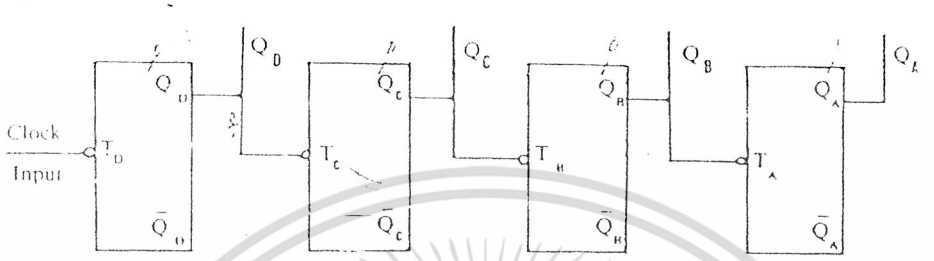
เราจะคิดกันอย่างง่าย ๆ จำนวนเลขฐานที่นับได้ เท่ากับจำวน 2^n เมื่อ n เป็นจำนวน Stage เพียงแต่ว่าจำนวนฟลิปฟลอป ในที่นี้ ฟลิปฟลอปมี 2 ตัว จำนวนที่นับได้ทั้งหมดจึงเท่ากับ 2^2 หรือเท่ากับ 4 คือ นับจาก 0 ถึง 3 แล้วกลับมานับ 0 ใหม่

ถ้าหากต้องการนับ 16 (จาก 0 ถึง 15 หรือ 0000 ถึง 1111) ก็ต้องใช้ฟลิปฟลอป จำนวน 4 ตัว ต่อแบบอันดับ ตามรูป 1.6

จากรูปที่ 1.6 เป็นวงจรนับ 16 หรือ วงจรนับ 4 ซึ่งมีลักษณะการต่อเหมือนวงจรนับ 4 stage เพียงแต่ว่าจำนวนฟลิปฟลอปเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถนับจำนวนได้มากขึ้นด้วย เราอาจเปรียบฟลิปฟลอปเป็น บิต ของเลขฐานสองได้ คือ 1 บิต มีการเปลี่ยนแปลงได้สองสถานะ คือ 0 กับ 1 ถ้ามี 2 บิต (ฟลิปฟลอป 2 ตัว) ก็จะมีสถานะที่ไม่เหมือนกันได้ 4 สถานะคือ 00, 01, 10, 11 หากเป็น 3 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ฟลิปฟลอป 3 ตัว) ก็จะมีสถานะที่ไม่เหมือนกันได้ 8 สถานะ คือ 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 เป็นต้น



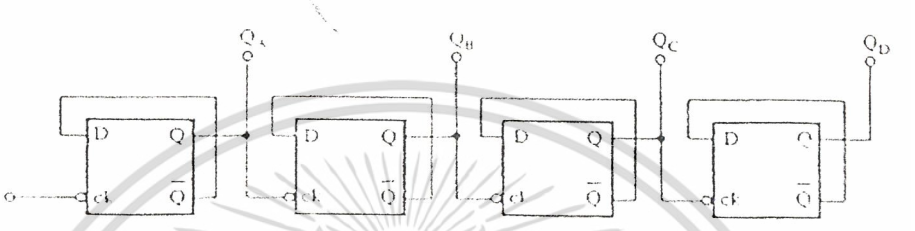
รูปที่ 2.6 วงจรนับ 16 โดยใช้ทีฟลิปฟลอป 4 ตัว

Input pulse	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16(หรือ 0)	0	0	0	0

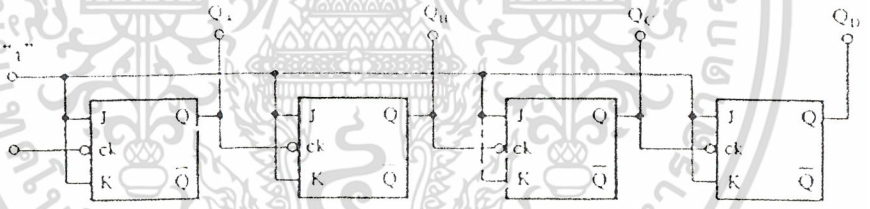
ตารางที่ 2.2 ตารางการนับ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางการนับ 4 stages (ตารางที่ 2.2) จะสังเกตว่า Q_P จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ของขาลงของ Clock pulse แต่สำหรับ Q_C การเปลี่ยนแปลงสถานะจะเกิดขึ้นเมื่อ Q_P เปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 เท่านั้น ในทำนองเดียวกัน Q_A และ Q_B ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะก็ต่อเมื่อ Q_C และ Q_B เปลี่ยนสถานะในช่วงของขาลง ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 วงจรนับ 16 โดยใช้ดีฟลิปฟลอป 4 ตัว



รูปที่ 2.8 วงจรนับ 16 โดยใช้ เจ-เค ฟลิปฟลอป 4 ตัว

2.1.6 โมโนสเตเบิล (Monostable)

ในการใช้งานวงจรดิจิตอลนั้น มีบ่อยครั้งที่เราต้องการสร้างสัญญาณตัวเดียวที่สามารถปรับความกว้างของพัลซ์ได้ตามความต้องการ แหล่งกำเนิดสัญญาณพัลซ์ตัวเดียวนี้มีชื่อเรียกกันมากมาย แต่ชื่อที่นิยมมากที่สุดคือ โมโนสเตเบิล (Monostable) ซิงเกิลช็อท (single – Shot) หรือ วันช็อท (One-Shot) หลักการของโมโนสเตเบิลขึ้นกับการนำเอาวงจรไบสเตเบิลและวงจรอะสเตเบิลมารวมกัน วงจรสามารถอยู่ในสถานะที่คงที่ได้เพราะคุณสมบัติของไบสเตเบิล สัญญาณพัลซ์เป็นตัวกระตุ้นให้วงจรออกจากสถานะที่คงที่ไปยังสถานะกึ่งกลาง (Quasi-stable) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของอะสเตเบิล

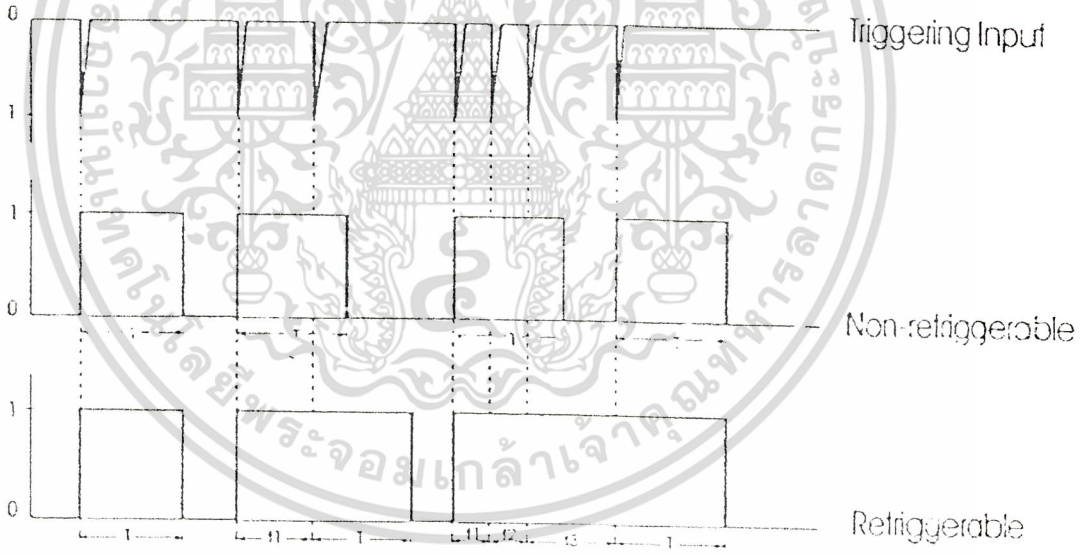
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโมโนสเตเบิลนั้นสามารถสร้างขึ้นได้อย่างง่าย ๆ โดยใช้แนนด์เกต ซึ่งทำให้มีราคาถูก แต่วงจรที่สร้างจากแนนด์เกตนั้นจะมีประสิทธิภาพทางด้านความกว้างของสัญญาณที่ได้ไม่แน่นอนนัก สำหรับการนำไป ใช้งานที่ต้องการความแน่นอนของความกว้างของสัญญาณ จำเป็นต้องใช้วงจรเฉพาะที่สร้างมาสำหรับโมโนสเตเบิล

วงจรโมโนสเตเบิลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ (Non-retriggerable)
2. แบบยอมรับการกระตุ้นซ้ำ (Retriggerable)

ทั้ง 2 แบบมีหลักการทำงานคล้ายกัน จะต่างกันที่มีการยอมรับการกระตุ้นของอินพุทซ้ำอีกหรือไม่ ดังแสดงในรูป 1.9



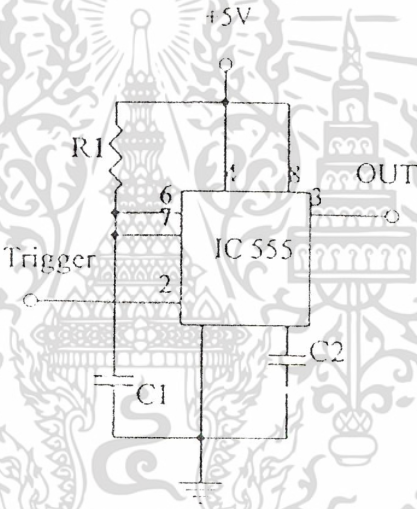
รูปที่ 2.9 การตอบสนองของสัญญาณกระตุ้นของวงจรโมโนสเตเบิลสองแบบ

วงจรที่ไม่รับการกระตุ้นซ้ำจะเริ่มทำงานตั้งแต่สัญญาณกระตุ้นอันแรก และในขณะที่อยู่ในสถานะกึ่งเสถียรนั้น จะไม่สนใจสัญญาณกระตุ้นอีก จนกว่าจะกลับเข้าสู่สถานะปกติแล้ว จึงยอมรับการกระตุ้นใหม่ ส่วนวงจรที่ยอมรับการกระตุ้นซ้ำนั้น คาบเวลา T จะเริ่มนับใหม่ทุกครั้งที่ได้รับสัญญาณกระตุ้น จะเห็นได้ว่า คาบเวลาทั้งหมดของสถานะกึ่งเสถียรแตกต่างกันในกรณีทั้งสอง กล่าวคือ โมโนสเตเบิลแบบยอมรับการกระตุ้นซ้ำจะไม่คงที่ โดยขึ้นอยู่กับสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโมโนสเตเบิลที่เป็นไอซีสำเร็จรูปให้เลือกใช้หลายแบบเช่น ไอซีเบอร์ 555 ไอซีทีทีแอลและซีมอส เป็นต้น ไอซีเบอร์ 555 จัดอยู่ในจำพวก Linear IC (คำว่า Linear ในที่นี้หมายถึงแอนะล็อก) ออกแบบมาสำหรับใช้เป็นวงจรจับเวลา (Timer) มีลักษณะการทำงานเป็นวงจรโมโนสเตเบิลแบบไม่รับการกระต้นซ้ำดังรูป 1.10 คาบเวลา (T) ของเอาท์พุทที่เป็น "1" ขึ้นอยู่กับค่า R_1, C_1 โดยคำนวณได้จากสมการ $T = 1.1(R_1,C_1)$(วินาที) โมโนสเตเบิลที่เป็น ไอซีทีทีแอล มีทั้งแบบที่ยอมรับการกระตุ้นซ้ำ และแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ

ประโยชน์ของวงจรโมโนสเตเบิลคือ ใช้ควบคุมความกว้างของพัลซ์ให้มีค่าแน่นอน และใช้ปรับสภาพสัญญาณดิจิตอลในเชิงเวลา

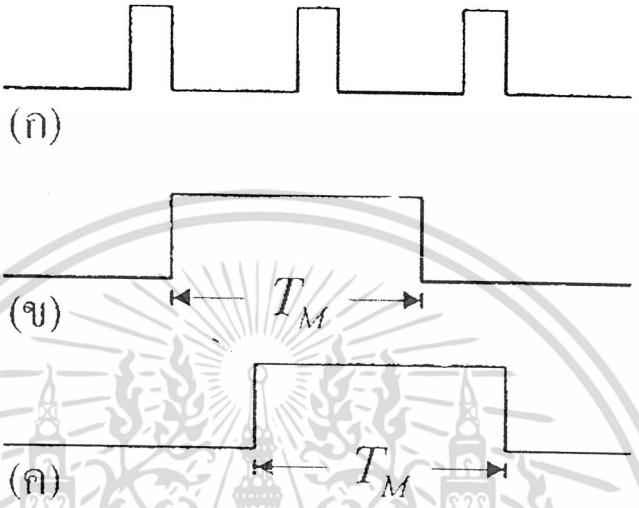


รูปที่ 2.10 ไอซีเบอร์ 555 เป็นโมโนสเตเบิลแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดความถี่

2.1.7.1 ความผิดพลาดจากช่วงการนับ (Quantizing error)



รูปที่ 2.11 แสดงความผิดพลาดจากช่วงการนับ
ก. สัญญาณอินพุท
ข. ช่วงการนับครั้งที่ 1
ค. ช่วงการนับครั้งที่ 2

จากรูปการนับสัญญาณด้วยช่วงการนับครั้งที่ 1(ข) จะนับสัญญาณได้ 1 ลูก แต่เมื่อเปลี่ยนมาเป็นช่วงการนับครั้งที่ 2(ค) ซึ่งมีคาบเวลาเท่ากับช่วงการนับครั้งแรก พบว่าจะนับสัญญาณได้ 2 ลูก แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้คาบเวลาในช่วงการนับจะเท่ากัน ความถี่ที่ได้อาจไม่เท่ากันทุกครั้ง ในการวัดความผิดพลาดเช่นนี้เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก

2.1.7.2 ความผิดพลาดของระบบ (Systematic error)

ความผิดพลาดจากระบบ เกิดขึ้นเนื่องมาจากอุปกรณ์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดนั่นเอง เช่น การหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ภายใน ความยาวของสายที่ทำการวัดทำให้ไม่แมตช์กันระหว่างสายโพรบกับเครื่องวัด ฯลฯ เหล่านี้ล้วนทำให้เกิดความผิดพลาดได้ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.3 ความผิดพลาดจากฐานเวลา (Time-base error)

ฐานเวลาเป็นส่วนที่สำคัญมากในเครื่องมือวัดความถี่ หากเกิดความผิดพลาดแม้เล็กน้อย จะทำให้การวัดผิดพลาดไปมาก ในเครื่องมือวัดความถี่ทั่ว ๆ ไปแล้ว มักจะใช้วงจรกำเนิดความถี่ด้วยแร่คริสตัล (Crystal Oscillator) เพราะมีความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบอื่น ๆ วงจรกำเนิดความถี่ด้วยแร่คริสตัลที่พบเห็นมี 3 แบบ คือ

1. คริสตัลออสซิเลเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง
2. คริสตัลออสซิเลเตอร์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ
3. คริสตัลออสซิเลเตอร์ที่มีการชดเชยอุณหภูมิ

ออสซิเลเตอร์แบบแรกเป็นแบบง่าย ๆ ออกแบบได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แบบที่ 2 จะมีการควบคุมอุณหภูมิภายในวงจร ส่วนแบบที่ 3 เป็นการออกแบบที่มีการพยายามที่จะปรับและชดเชยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อลดผลของอุณหภูมิอันอาจทำให้การกำเนิดค่าความถี่ผิดพลาดไปได้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51

2.2.1 อะไรคือไมโครคอนโทรลเลอร์

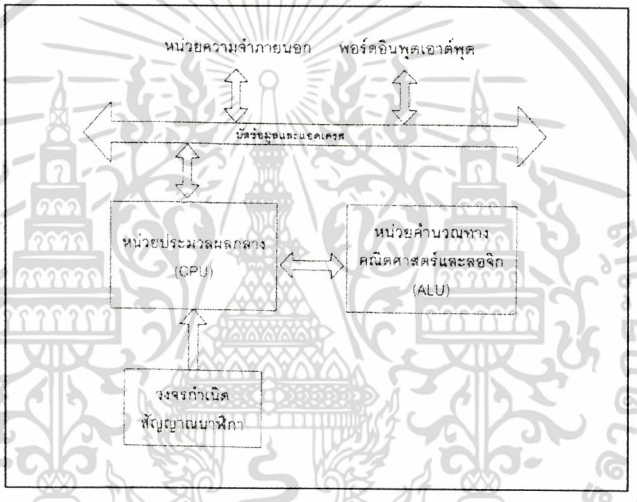
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่บรรจุความสามารถมากมายไม่ว่าจะเป็นหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุท วงจรขับสัญญาณออกทางเอาท์พุท หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดีโดยช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบลง ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือ ซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวนทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุมโดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

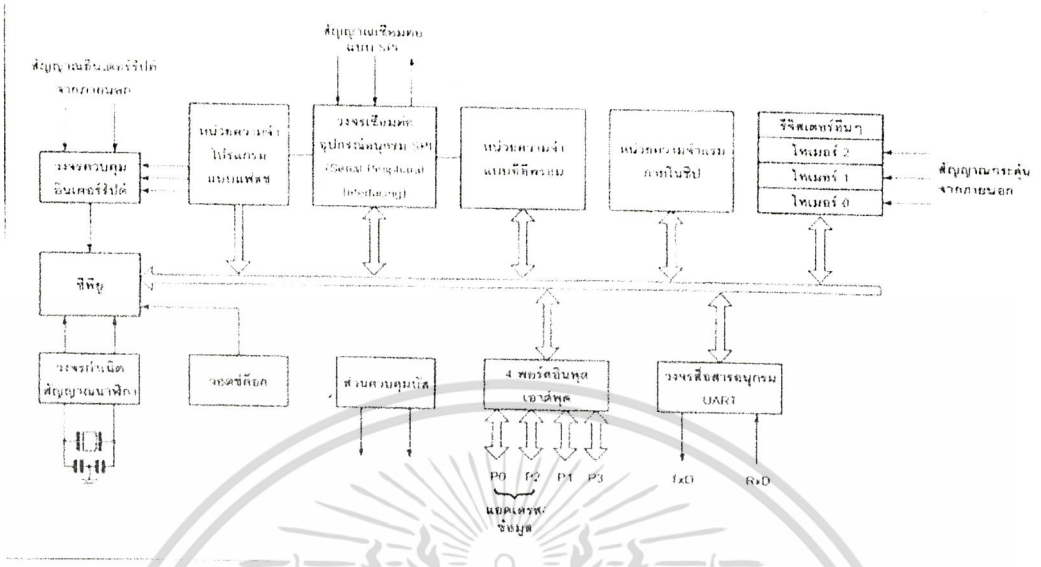
2.2.2 ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์

จากรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก บัสข้อมูลและแอดเดรสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นั่นหมายความว่า การใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ไอซีพอร์ตขยาย (port expander) ทำให้การสร้างระบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์จึงมีความต้องการอุปกรณ์จำนวนมาก ส่งผลให้ขนาดของระบบใหญ่พอสมควร



รูปที่ 2.12 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ หากแต่จะบรรจุหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และพอร์ตอินพุทเอาท์พุทไว้ภายในพร้อมสรรพ ผู้ใช้งานจึงเพียงแต่เขียนโปรแกรมควบคุมลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อาทิ คริสตอล ตัวเก็บประจุ เป็นต้น สุดท้ายเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทที่ต้องการเข้ากับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงเท่านี้ก็สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แล้วส่งผลให้ขนาดและราคาของระบบลดลงอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	ไมโครโปรเซสเซอร์	ไมโครคอนโทรลเลอร์
ขนาดของหน่วยประมวลผล กลาง	ไม่น้อยกว่า 8 บิท	ส่วนใหญ่จะมีขนาด 8บิท
หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก	**มีอยู่ภายใน**	**มีอยู่ภายใน**
วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	มีอยู่ภายใน	มีอยู่ภายใน
การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม	เชื่อมต่อภายนอกท่านั้น	ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูล	เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น	ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุทเอาท์พุท	เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น	มีอยู่ภายในสามารถขยายได้
ไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์	ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว ขนาด 8-16 บิท
วอตช์ด็อกไทม์เมอร์	ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว
จำนวนขาต่อใช้งาน	ไม่น้อยกว่า 40 ขา	มีตั้งแต่ 8 ขึ้นไป

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์

อย่างไรก็ตาม ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้เช่นกัน โดยพิจารณาให้หน่วยความจำภายนอกนั้นเป็นอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทตัวหนึ่ง แล้วใช้ขาพอร์ตที่มีอยู่ทำการติดต่อ ในตารางที่2.1 เป็นตารางสรุปความแตกต่างที่สำคัญระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.3 จะเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อใด

ถ้าเป็นการสร้างระบบควบคุมขนาด 8 บิท มีความต้องการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไม่มากนัก (น้อยกว่า 10 แบบ) ควรเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และถ้าหากต้องมีการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ต้องใช้หน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 8 กิโลไบต์ ทั้งยังมีความต้องการเก็บรักษาข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลมากเป็นกิโลไบต์ ควรออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบควบคุมนี้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ถ้าหากต้องใช้งานกับข้อมูลมากกว่า 8 บิทตลอดเวลา และต้องการความเร็วในการทำงานสูงๆสามารถติดต่อหน่วยความจำได้เป็นจำนวนมากๆ ติดต่อกับอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทได้จำนวนมากมายในเวลาเดียวกัน ควรเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ดังจะเห็นได้จากในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหัวใจหลักในการทำงาน ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำได้มาก เป็นหน่วย กิกกะบิท ขนาดของข้อมูลสูงถึง 64 บิท ความเร็วสูงเป็นหลายร้อยเมกะเฮิรตซ์ เป็นต้น

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์เหมาะสมสำหรับการสร้างระบบควบคุมในขณะที่ไมโครโปรเซสเซอร์เหมาะสำหรับการสร้างระบบประมวลผลข้อมูลความเร็วสูงและระบบควบคุมที่มีขนาดใหญ่มากๆ

2.2.4 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ของ Atmel Corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้มาใช้งานมีด้วยกันหลายประการดังนี้

2.2.4.1 หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้งจึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุทเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.2.4.2 ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

2.2.4.3 บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์และมีความสามารถต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

2.2.4.4 ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำเป็นอย่างดี

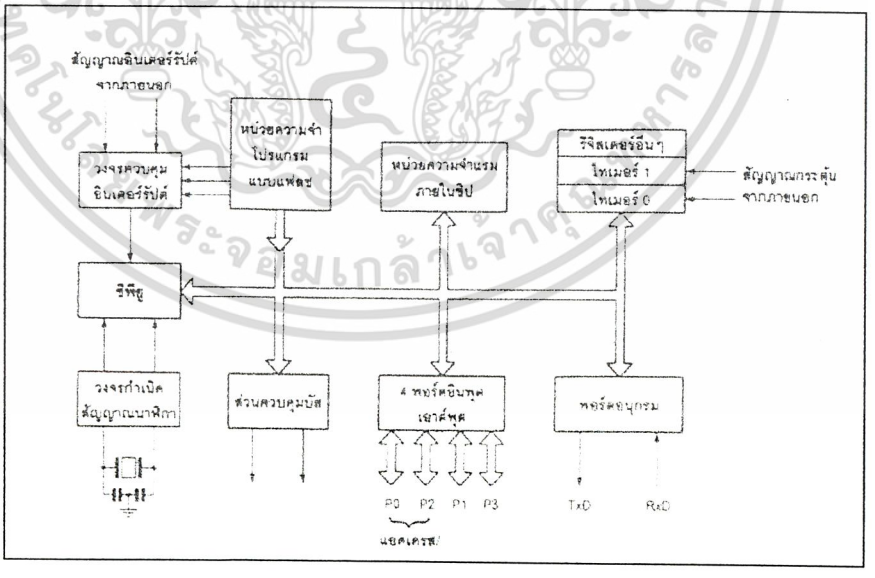
2.2.4.5 ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถโปรแกรมข้อมูลในหน่วย ความจำได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร หรือในระบบ (In-system programming) โดยใช้ลักษณะการติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำให้การพัฒนาหรือซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรืออัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำทำได้อย่างสะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

2.2.4.6 ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับ ไมโครคอนโทรลลเอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่นไม่ว่าจะเป็น อินเทล, ซีเมนส์, หรือดัลลัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61773

2.2.5 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

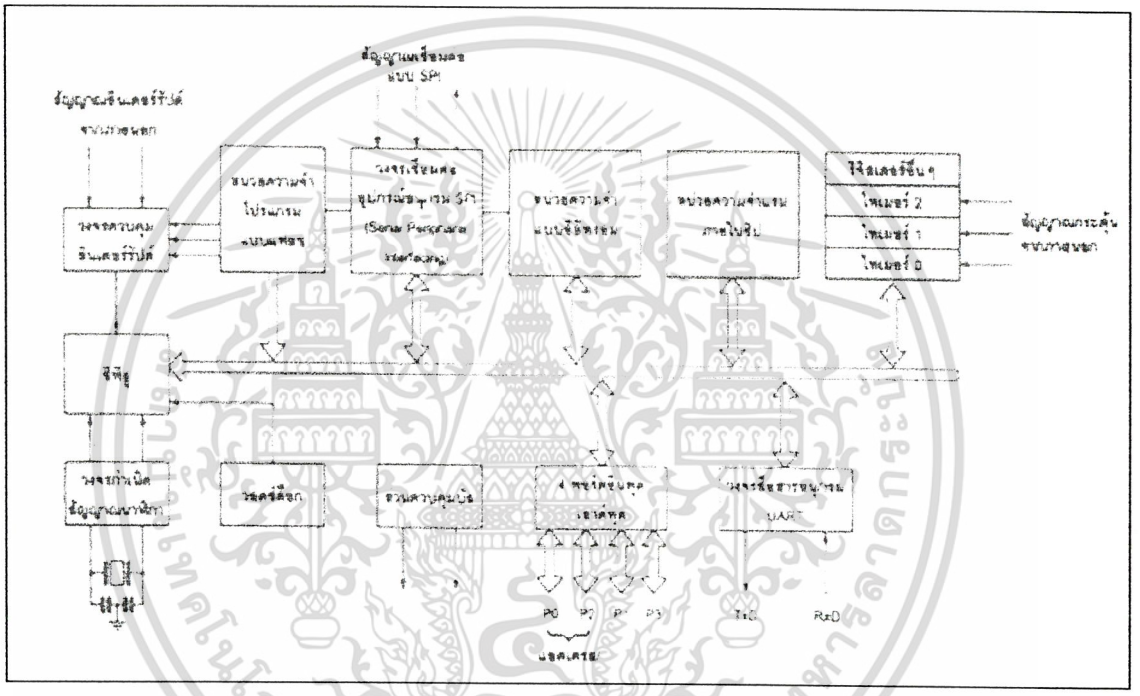
- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตแบบ สองทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพลกซ์
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อน 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารข้อมูลแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ด็อกไทม์เมอร์ในตัวสำหรับ AT89Sxx



รูปที่ 2.14 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐานหากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำภายในจะเป็นแบบ อีพรอมและบางเบอร์สามารถเขียนโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว



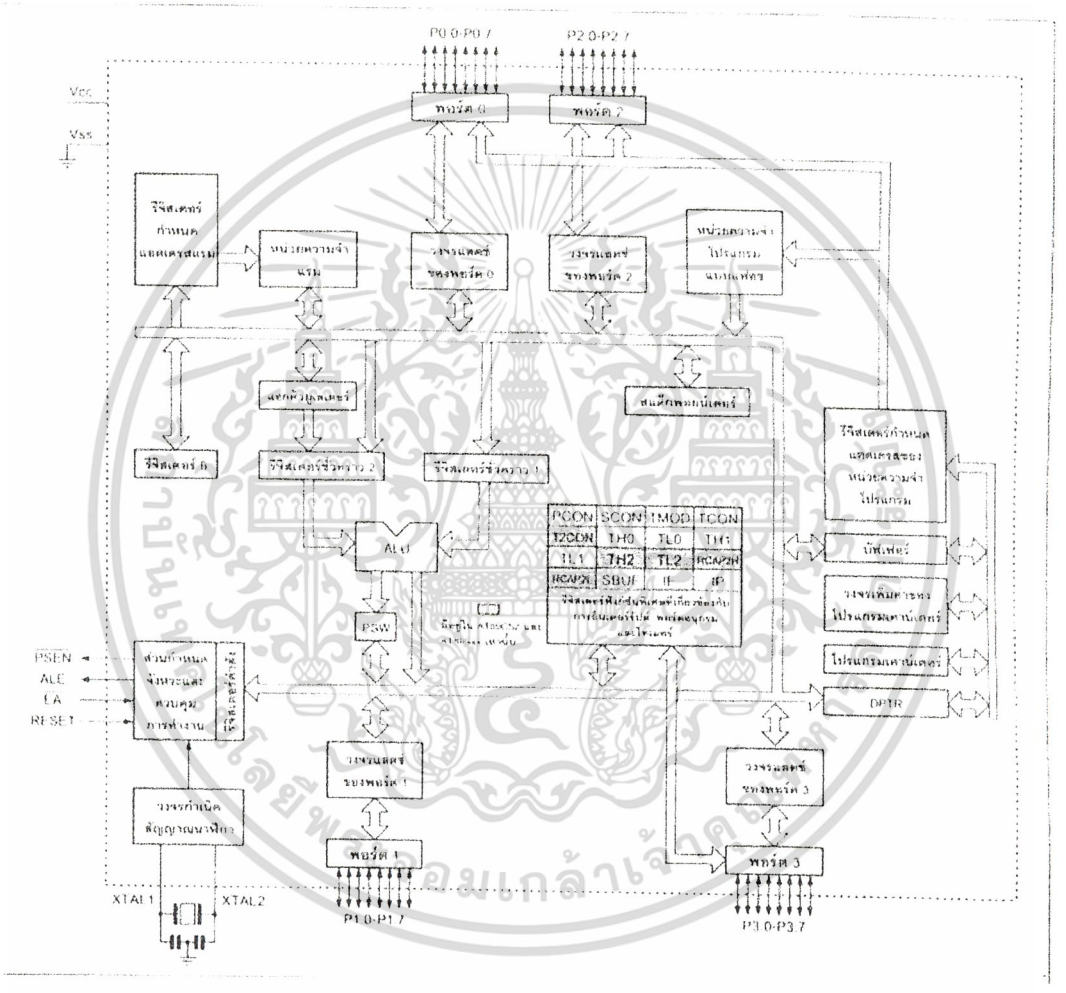
รูปที่ 2.15โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

สำหรับรูปที่ 2.15 เป็นโครสรางพื้นฐานของอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89Cxx อยู่หลายส่วนอาทิ วงจรเชื่อมอนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่าโปรแกรมในวงจร ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต ที่เพิ่มเติมเข้ามาอีก หนึ่งตัวเป็นไทม์เมอร์ 2 และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

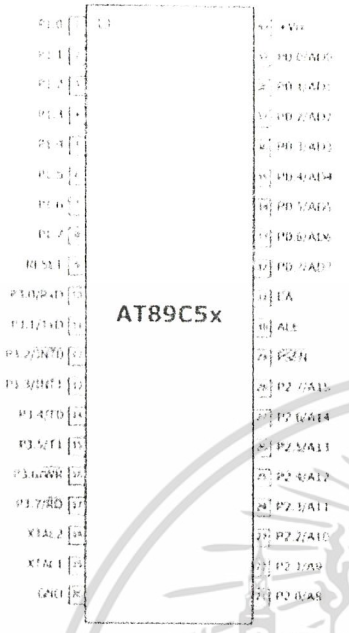
2.2.6 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.16 และ รูปที่ 2.17 โดยมีรายละเอียดข้างต้นดังนี้



รูปที่ 2.16 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2..17 การจัดขามาตรฐาน
ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5

ขา GND เป็นขากราวด์สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต (P0.0-P0.7) มี 8 ขาแต่ละขากำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถ ทำได้โดยการเขียนข้อมูลเป็น 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสภาวะปล่อยลอยจึงมีอิมพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยการใช้กระบวนการมัลติเพลกซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทม์เมอร์ 2 และขา P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทม์เมอร์2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับต่อเชื่อม SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขาแต่ละสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอยจึงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการให้ขาพอร์ต 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขานั้นมีสถานะปล่อยลอยจึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกากนั้นขาพอร์ต 3 ยังทำหน้าที่พิเศษ ดังมีรายละเอียดข้างต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา $\overline{\text{INT}}$ O

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา $\overline{\text{INT}}$ 1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทม์เมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทม์เมอร์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา ALE/$\overline{\text{PROG}}$ (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลซ์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นอีอีพรอม

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอยโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา $\overline{\text{EA}}$/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หรือหากขานี้เป็น 0 เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น 1 เป็นการเลือกให้ไมโคร โครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แฟลชต้องการแรงดันสำหรับโปรแกรม +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.7 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับข้อมูลเข้าและเอาท์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลชมีวงจรแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2.5

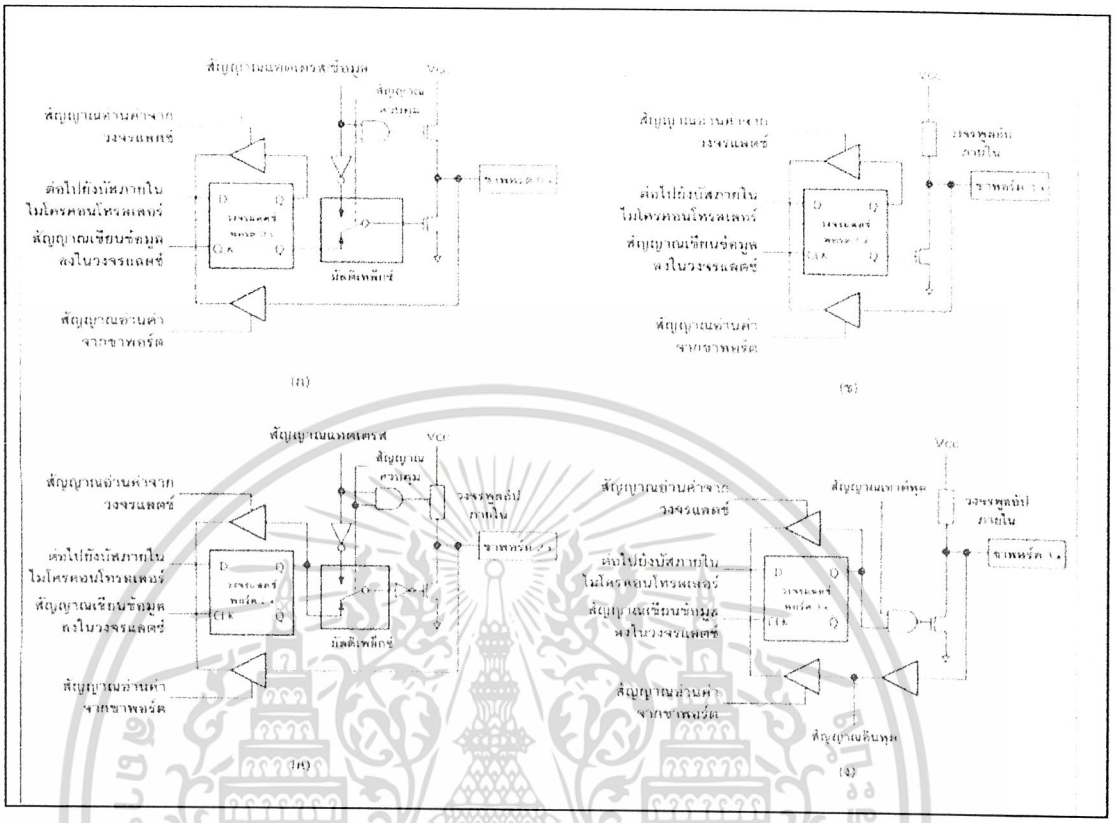
ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตสำหรับงานทั่วไปและใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	**AT89C52/AT89Sxx**	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขาเอาท์พุตของการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยไทม์เมอร์ 2 (clock out)
P1.1	**AT89C52/AT89Sxx**	ขา T2EXเป็นขาอินพุตทริกเกอร์สำหรับการแคปเจอร์/รีโหลดและควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	**AT89Sxx**	ขา $\overline{SS}$ (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	**AT89Sxx**	ขา MOSI (Master data output,Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	**AT89Sxx**	ขา MISO (Master data input.Slavedata output)ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	**AT89Sxx**	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

ตารางที่ 2.4 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

โดยรูปที่ 2.18(ก) เป็นวงจรพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิบฟลอบนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระต่อกันด้วยสัญญาณที่แยกออกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ตและสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิบฟลอบในขณะที่ข้อมูลจะส่งผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิบฟลอบ

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพลกซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติ หรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายในหากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตขาอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2.18(ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพลกซ์เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.18 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในภาพที่ 2.7(ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้คล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัพเฟอร์ และวงจรอินพุตเอาท์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกสาขา

2.2.8 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล 1 มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาท์พุตของบิตนั้นๆทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น 1 สามารถรับสัญญาณลิจิก 0 จากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัพเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไปเมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก 0 จะดีและสะดวกที่สุด(ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก 0 แล้ว)

2.2.9 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาท์พุตอยู่แล้วดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมากล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล 0 ออกไปทางเอาท์พุตก็ให้เขียนข้อมูล 0 ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งจะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก 0 ขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าหากต้องการส่งข้อมูล 1 ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล 1 ไปยังวงจรแลตช์วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ขาพอร์ตที่ต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก 1 ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณอ่านข้อมูลที่บัพเฟอร์แต่ถ้าเป็นเอาท์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัพเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเป็นพอร์ตเอาท์พุต แต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (Source Current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต(ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ได้สูงสุด 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อบัพเฟอร์ทางเอาท์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

2.2.10 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคืออ่านค่าจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล 1 ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตเป็น 0 เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ทำให้หากอ่านลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มาต่อด้วย

2.2.11 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

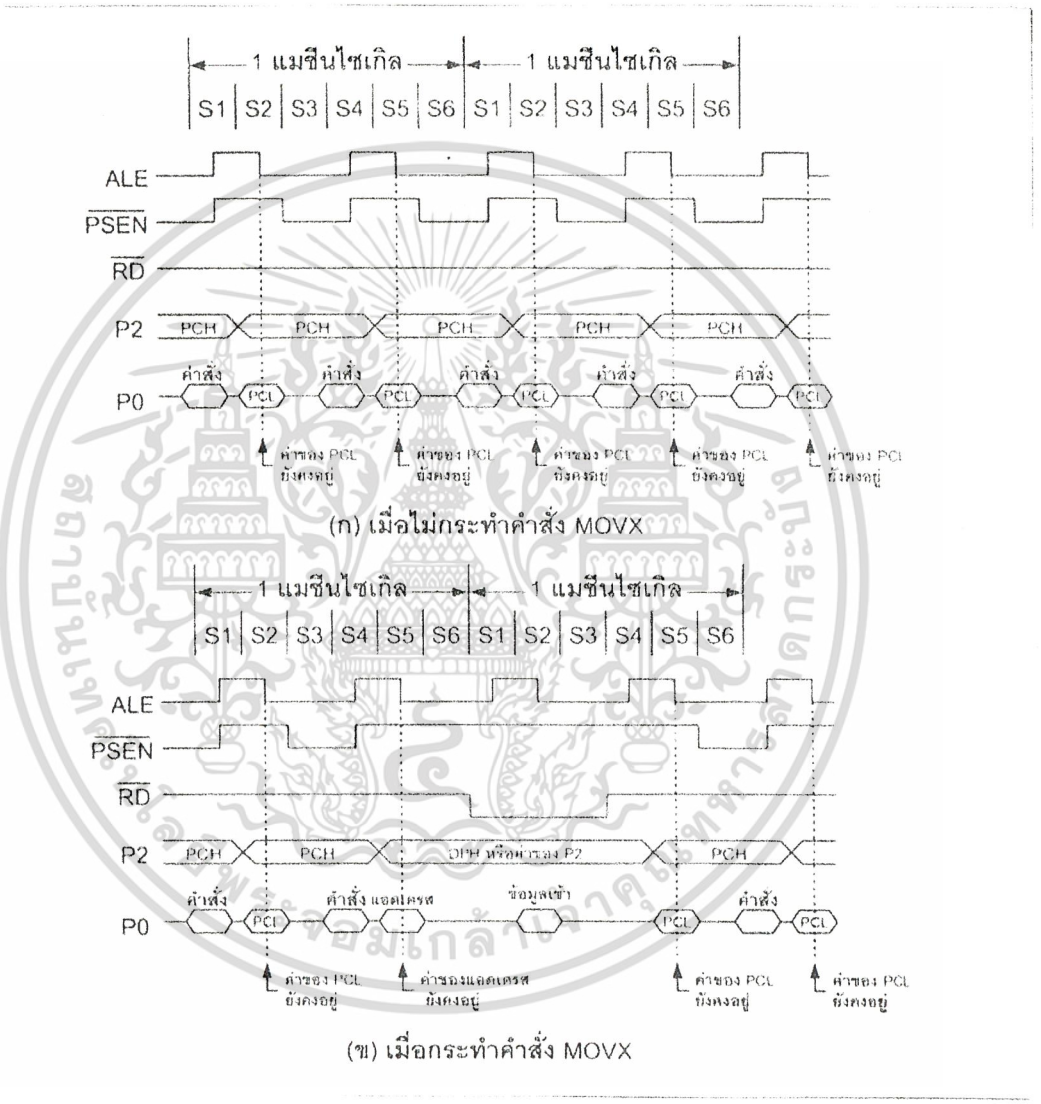
ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมรขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอนคือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกมาจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือกระบวนการเอ็กซิคิวต์

กระบวนการเอ็กซิคิวต์ (Execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่า เพาเวอร์ออนรีเซต (power-on reset) ทำให้ซีพียูไปเริ่มต้นทำงานที่แอดเดรส 0000h ของหน่วยความจำโปรแกรมจังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชชีนไซเคิล (machine cycle) ในรูปที่ 2.8 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชชีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดให้ชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตจะมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส1 (Phase 1) และเฟส 2 (Phase 2)



รูปที่ 2.19 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์

การเอ็กคิวช์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเกิลเริ่มต้นที่สเตต 1 เป็นการอ่านออปโค้ต อันเป็นการแลตช์ค่าของออปโค้ตส่งไปให้รีจีสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register: IR) การเฟตช์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตตที่ 4 ภายในแมชชีนไซเกิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟตช์ครั้งที่ สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

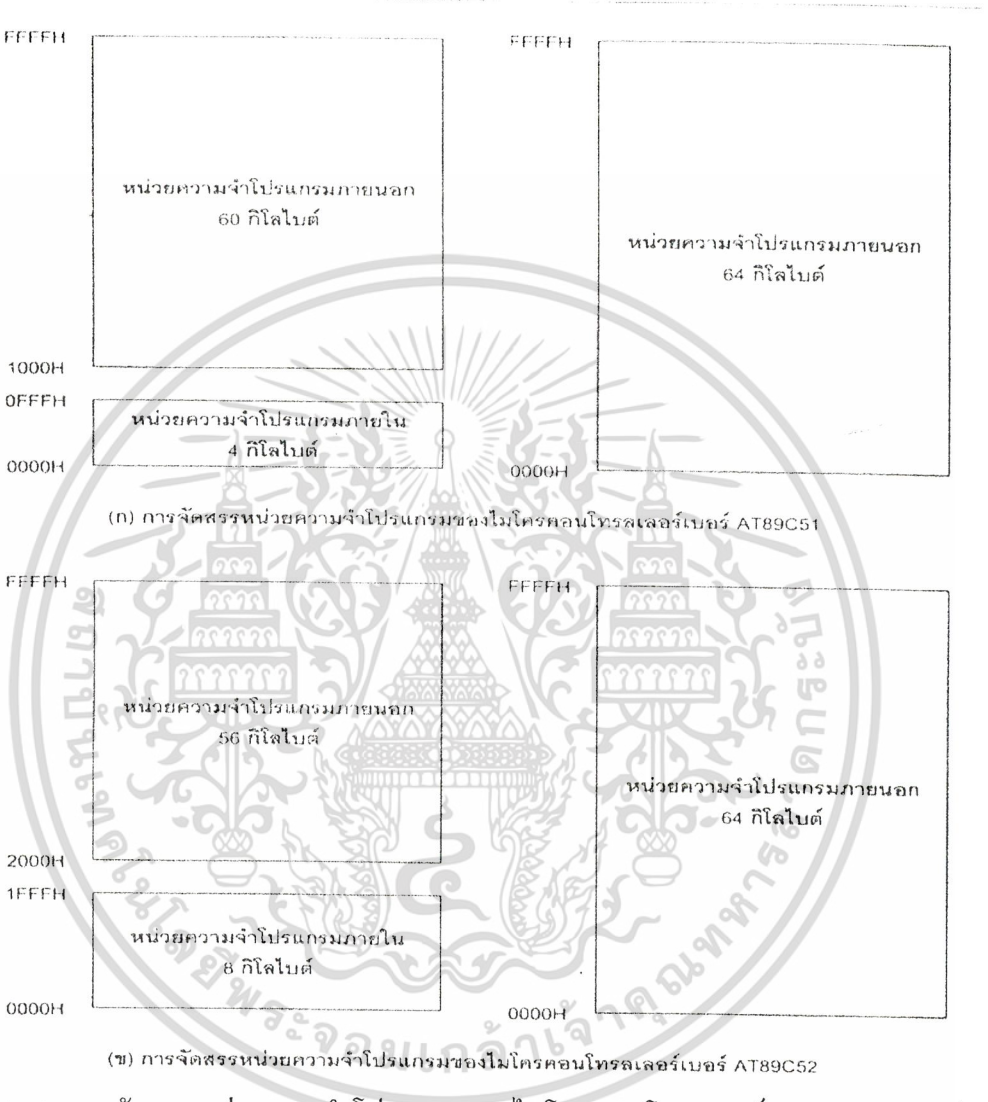
ภายในแมชชีนไซเกิลเดียวจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิลจะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตตที่ 6 ของแมชชีนไซเกิลเดียวกัน

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเกิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตตที่ 6 ของแมชชีนไซเกิลที่สอง ดังในไดอะแกรมรูปที่ 2.8 (ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิล จะไม่มีการเฟตช์เกิดขึ้นในไซเกิลที่ 2 ของคำสั่งMOVX นี้เนื่องจาก ซีพียูจะทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 2.8(ง) จะเห็นได้ว่าเวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายใน

จากไดอะแกรมทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกานั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็วในการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12 การจัดหน่วยความจของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช



รูปที่ 2.20 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.2.13 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ในรูปที่ 2.20 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในเบอร์ต่างๆ ที่นิยมใช้งาน อันประกอบด้วย เบอร์ At89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่าทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ดังรูปที่2.20 (ก) โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกันหากใช้ AT89C51 ก็สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

หากหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) หากใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม (EPROM: Erasable Programmable Read-only Memory)ซึ่งสามารถกระทำการอ่านได้อย่างเดียว

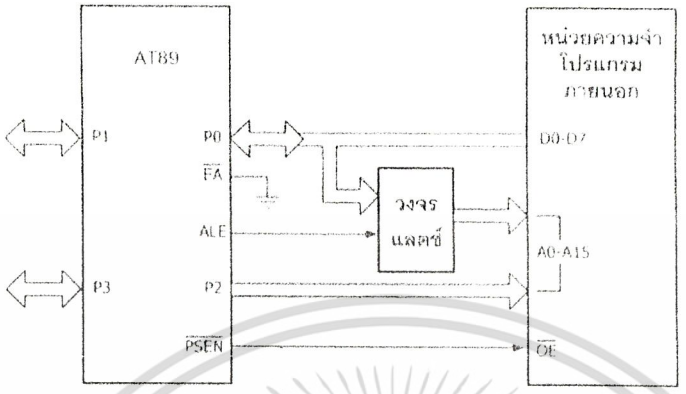
หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000h เมื่อซีพียูรีเซตให้เริ่มต้นทำงานจะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000h นี้เสมอ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประกอบด้วย

- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003h
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทม์เมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000bh
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอกกำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013h
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทม์เมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส1001Bh
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารพอร์ตอนุกรมกำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023h
- พื้นที่สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์จากไทม์เมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002Bh

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000h-ffffh เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ช่วง 1000h-ffffh1

การต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงดังรูป 2.21 จะเห็นได้ว่าพอร์ต P0.0-P0.7 จะถูกใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรแลตช์ ซึ่งปกติไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PSEN ในการเลือกว่าต้องการใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรสในขณะที่ P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตใช้งานเพียง 16 บิติคือพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7

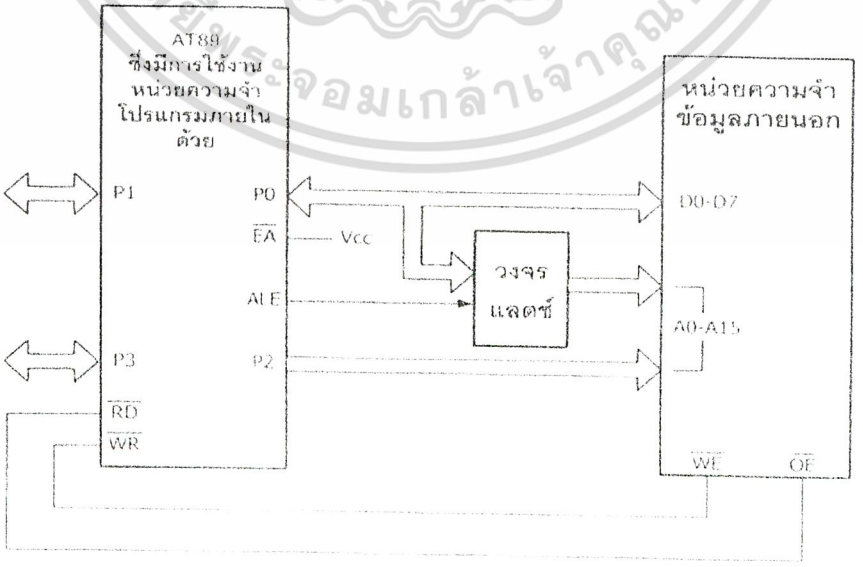
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การเชื่อมต่อหน่วยคว่ามจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรเลอร์

2.2.14 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายในโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชดังรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายกับการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแตกต่างที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกนั่นคือ ขา $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$



รูป 2.22 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครโทรเลอร์แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลชอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM: Random Access Memory) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันออกไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (lower), ส่วนบน(Upper) และรีจีสตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR :Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรร

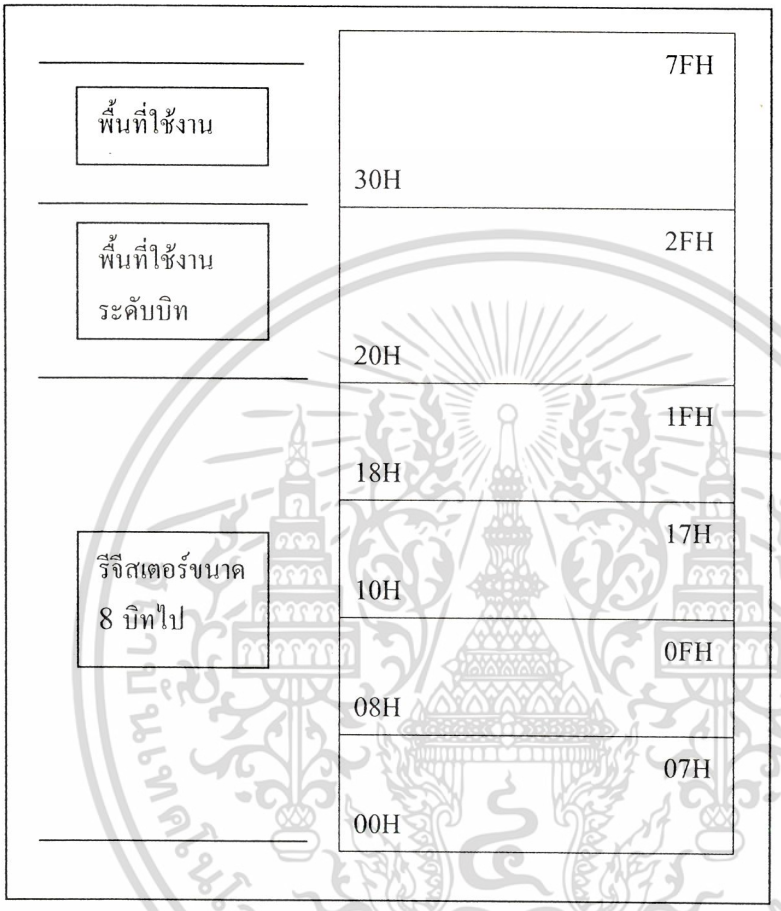
รูปที่ 2.23 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ มีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกันจึงดูเสมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 00h-7Fh สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80h-FFh สามารถเข้าถึงข้อมูลโดยอ้อมเท่านั้น แต่สำหรับรีจีสเตอร์ SFR ใช้ในการเข้าถึงแบบโดยตรง

ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่าย ตลอดจนป้องกันการสับสนในการเขียนสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจีสเตอร์ SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



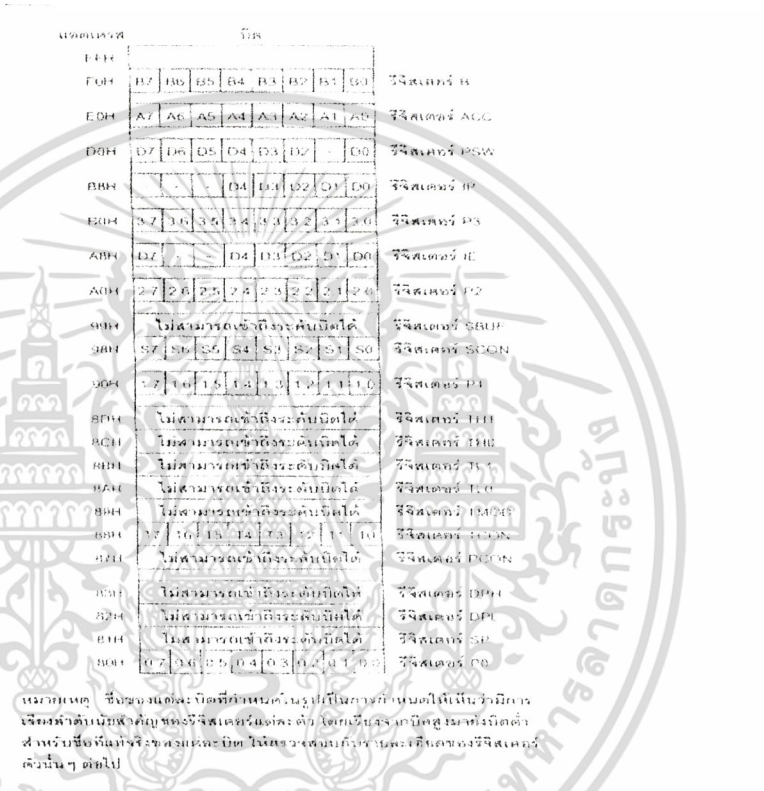
รูปที่ 2.24 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในรูปที่ 2.24 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หน่วยความจำ32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00h-1Fh แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงค์ (bank) แต่ละแบงค์มีรีจีสเตอร์ 8 ตัวคือ R0-R7 การติดต่อกับหน่วยความจำในแบงค์ใดให้กำหนดที่รีจีสเตอร์ PSW (Program Status Word Register) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20h-2Fh เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (Bit addressable) และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์ จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งสำรองไว้เป็นพื้นที่ของสแต็ก (Stack: ที่พักข้อมูลชั่วคราวในกรณีที่ ซีพียูมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย) การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระดับไบต์

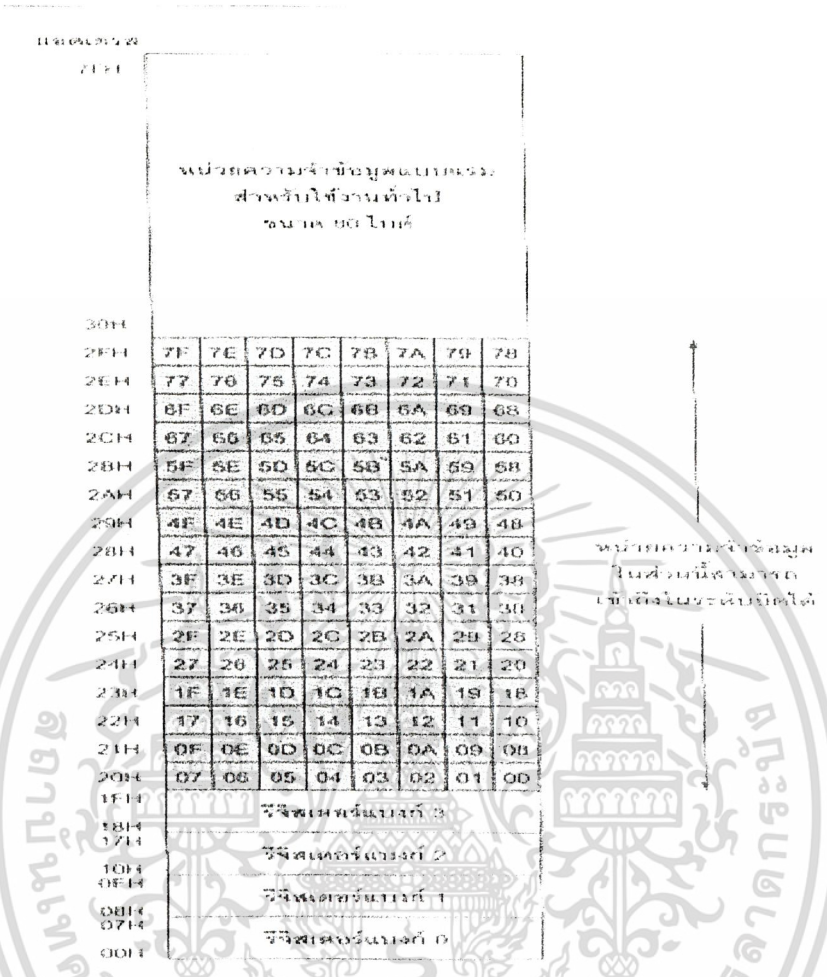
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนกลาง หากแต่ใน 80 ไบต์นไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแต็ก และต้องใช้การเข้าถึงลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น



รูปที่ 2.25 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ

2.2.15 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register: SFR)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ทั้งหมดมีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในไมโรคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้ เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxxมีไทม์เมอร์/ เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51รีจีสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80h-FFh ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนสามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direct addressing) ในรูปที่ 2.26 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจีสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจีสเตอร์ SFRมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท 7	บิท 6	บิท 5	บิท 4	บิท 3	บิท 2	บิท 1	บิท 0
CY	**AC**	**F0**	**RS1**	**RS0**	**0V**	-	**P**

CY: แฟลกทด (Carry Flag) เป็น 1 เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ และลอจิก แล้วค่าของแอกคิวมูลเลเตอร์เกิน 255 (ฐานสิบ) หรือ FFh

AC: แฟลกทดเสริม (Auxiliary Carry Flag) เป็น 1 เมื่อมีการกระทำทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้เกิดการทดข้ามบิตจากบิต 3 มายัง บิท 4 มักใช้ในการแปลงค่าเป็นฐานสิบ

F0: แฟลกใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้วไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆที่บิทนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

RS1: บิตเลือกรีจีสเตอร์แบงค์ (Register Select 1) ใช้งานร่วมกับบิท RS0 เพื่อเลือกแบงค์ของรีจีสเตอร์ R0-R7

RS0: บิตเลือกรีจีสเตอร์แบงค์ (Register Select 2) ใช้งานร่วมกับบิท RS1 เพื่อเลือกแบงค์ของรีจีสเตอร์ R0-R7

0V: บิตเกิน (Over Flow) เป็น 1 เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วทำให้ เกิดการทดข้ามจากบิท 6 มายัง บิท 7 ของแอกคิวมูลเลเตอร์ หรือแอกคิงมูลเลเตอร์มีค่าเกิน 127 (ฐานสิบ)นอกจากนั้นยังเป็นการแสดงค่าลบด้วย

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของรีจีสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต สามรถเข้าถึงได้ในระดับบิท นั่นหมายความว่าสามารถกระทำคำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ มีแอดเดรสอยู่ที่ D0h เป็นรีจีสเตอร์ที่เก็บสถานะของโปรแกรมนั้น จะเรียกสถานะต่างของโปรแกรมว่า แฟลก (Flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนสถานะขึ้นผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะปรากฏที่บิตต่างๆของรีจีสเตอร์ PSW รายละเอียดของแต่ละบิทในรีจีสเตอร์ PSW แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า นอกจากรีจีสเตอร์ PSW ถูกใช้งานในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้วที่บิต RS0 และ RS1 ยังใช้เลือกแบงค์ของหน่วยความจำส่วนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ R0-R7 มักนิยมเลือกใช้แบงค์ 0 เป็นอันดับแรก หากไม่เพียงพอก็เลือกใช้แบงค์อื่นๆมาใช้แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่าและลำดับการติดต่อให้ดี มิเช่นนั้น อาจทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดความสับสน ดังนั้นสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงควรเลือกใช้รีจีสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ 0 เพียงแบงค์เดียวให้ชำนาญเสียก่อน

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

2.2.17 แอกคิวมูลเลเตอร์ (Accumulator: Acc)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0h เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้นั้นให้แก่ซีพียูเพื่อกระทำการคำนวณต่อไป อาจเรียกรีจีสเตอร์แอกคิวมูลเลเตอร์อย่างสั้นๆว่า รีจีสเตอร์ A หรือ ACC

รีจีสเตอร์ A นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้นั่นหมายความว่า สามารถกระทำคำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ

2.2.18 รีจีสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ F0h มีหน้าที่พิเศษคือ หากมีความต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ จะต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณนั้น มาเก็บไว้ที่รีจีสเตอร์ B แล้วกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจีสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีความต้องการคูณหรือหารข้อมูล สามารถใช้รีจีสเตอร์ B นี้ ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้ เหมือนกับรีจีสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงระดับบิตได้เช่นเดียวกันกับรีจีสเตอร์ A

2.12.7 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter: PC)

มีขนาด 16 บิตมีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจีสเตอร์ PC จะเป็นรีจีสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับ SFR ตัวอื่นๆการเปลี่ยนแปลงค่าของรีจีสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งแต่ละคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

รีจีสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.19 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer: SP)

หรือรีจีสเตอร์ตัวชี้สแต็กมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81h ใช้งานในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือการกระโดดจากโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น (รีเซต: การกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น) ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07h นั่นหมายความว่าตัวชี้สแต็กมีค่า 07h แอดเดรสของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กเท่ากับ 08h

2.2.20 รีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer: DPTR)

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

2.2.21 รีจีสเตอร์พอร์ต (Port Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 ตัวคือรีจีสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80h รีจีสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90h รีจีสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0h และรีจีสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0h รีจีสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องทำการผ่านรีจีสเตอร์ทุกครั้ง

2.2.22 รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer: SBUF)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ 99h ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ต้องการส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยภายในรีจีสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (Transmit buffer register)และรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล(Receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลสำหรับส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมายังขา RxD หรือขา P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.23 รีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ (Timer Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิ ตแต่จะจัดแบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจีสเตอร์ DPTR รีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (Counter) ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา, จับเวลา หรือนับจำนวณพัลซ์สัญญาณนาฬิกาภายในหรือบางทีเรียกรีจีสเตอร์ตัวนี้ว่า รีจีสเตอร์ไทม์เมอร์/ เคาน์เตอร์

ในไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 จะมีรีจีสเตอร์ DPTR รีจีสเตอร์ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 และ T1 หรือ Timer 1 ในรีจีสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ไบต์ต่ำ(TL) และรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ไบต์สูง (TH)เหมือนกัน โดยรีจีสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8Ah รีจีสเตอร์ TH0 มรแอดเดรสอยู่ที่ 8Bh ในขณะที่ TL1และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8Ch และ 8Dh ตามลำดับ

สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx จะมีรีจีสเตอร์ ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัวโดยมีรีจีสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ CCh และ CDh ตามลำดับเพิ่มเข้ามา

2.2.24 จีสเตอร์แคปเจอร์ (Capture register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้นเนื่องจากต้องใช้งานร่วมกับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์2 ซึ่งมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลช เบอร์ AT89C52และอนุกรมAT89Sxx โดยรีจีสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่า RCAP2H ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2Lมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

รีจีสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการวัดคาบเวลาความถี่ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลซ์ที่ขา T2EX นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.25 รีจีสเตอร์ควบคุม (Control Register)

รีจีสเตอร์ SFR ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลชยังมีหลายตัวประกอบกันด้วย

รีจีสเตอร์ PCON เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม และกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน ของมโครคอนโทรล-เลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ SCON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจีสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดย T2CON ใช้สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx

รีจีสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็รีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และ อรุกรม AT89Sxx

รีจีสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (interrupt: การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจีสเตอร์สำหรับอีนาเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจีสเตอร์สำหรับการลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่าจะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใด ก่อนหรือหลัง

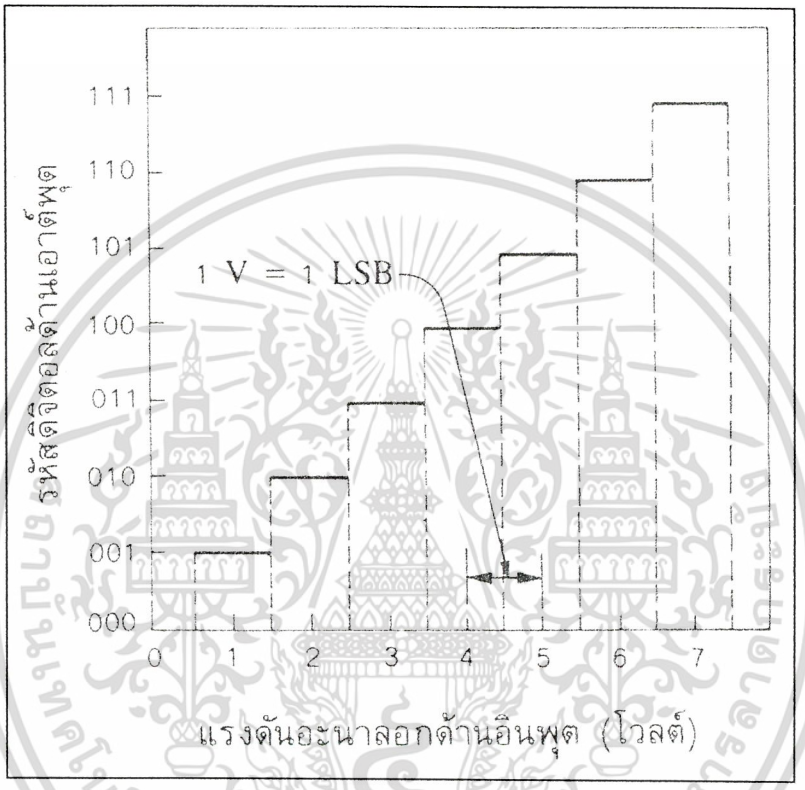
2.3 วงจรเอดีซี (Analog-to-Digital Converter)

กระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติส่วนใหญ่หากนำมาแปรค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามักเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปของแรงดันหรือกระแส หรือ ไม่ก็เป็นในลักษณะของค่าความต้านทาน ลักษณะสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งไม่สามารถไปใช้กับคอมพิวเตอร์โดยตรงได้จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เรียกวงจรที่ทำหน้าที่นี้ ว่า เอดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 หลักการเบื้องต้นของวงจรเอดีซี

หากนำเอาเอดีซีขนาด 3 บิต มาเขียนกราฟคุณสมบัติระหว่างสัญญาณอินพุทกับเอาท์พุท สมมติว่าแรงดันอินพุท Vi เปลี่ยนค่าจาก 0-7 โวลท์ และได้สัญญาณเอาท์พุทที่เป็นดิจิตอลจาก 000-111 ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 2.27 แสดงกราฟคุณสมบัติของเอดีซีขนาด 3 บิต

2.3.2 ค่าความละเอียดของเอดีซี

ค่าความละเอียดของเอดีซี หาได้จากการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุทแล้วทำให้สัญญาณดิจิตอลเปลี่ยนค่าบิตนัยสำคัญต่ำสุดไป

ความละเอียด = ค่าแรงดันอินพุทต่อบิต = ค่าเต็มสเกลหารด้วย $2^n - 1$

หรือ

ความละเอียด = 2^n

ถ้า n คือจำนวนบิตของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าขณะเอาท์พุทเป็น 001 แรงดันเอาท์พุทมีค่าเท่ากับ 1 โวลท์ ซึ่งค่านี้เกิดจากแรงดันค่าเฉลี่ยของ 0.5 โวลท์ ถึง 1.5 โวลท์ ซึ่งจะมีค่าผิดพลาดเท่ากับครึ่งบิตดังหากต้องการให้ค่าผิดพลาดลดลงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนบิตให้สูงขึ้น

วิธีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลมีหลายแบบ หากแบ่งตามความเร็วที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณมี 3 แบบ ซึ่งแสดงคุณสมบัติแต่ละแบบในตารางที่ 3.1

แบบ	ความเร็ว	ช่วงเวลาแปลงสัญญาณใน 1 รอบ	การใช้งาน
รวบรวมค่า (integrating)	ช้า	มิลลิวินาที	ดีซีโวลต์มิเตอร์
ประมาณค่าต่อเนื่อง (successive approximation)	เร็ว	ไมโครวินาที	สัญญาณเสียง
แฟลช (flash)	เร็วมาก	นาโนวินาที	สัญญาณภาพ

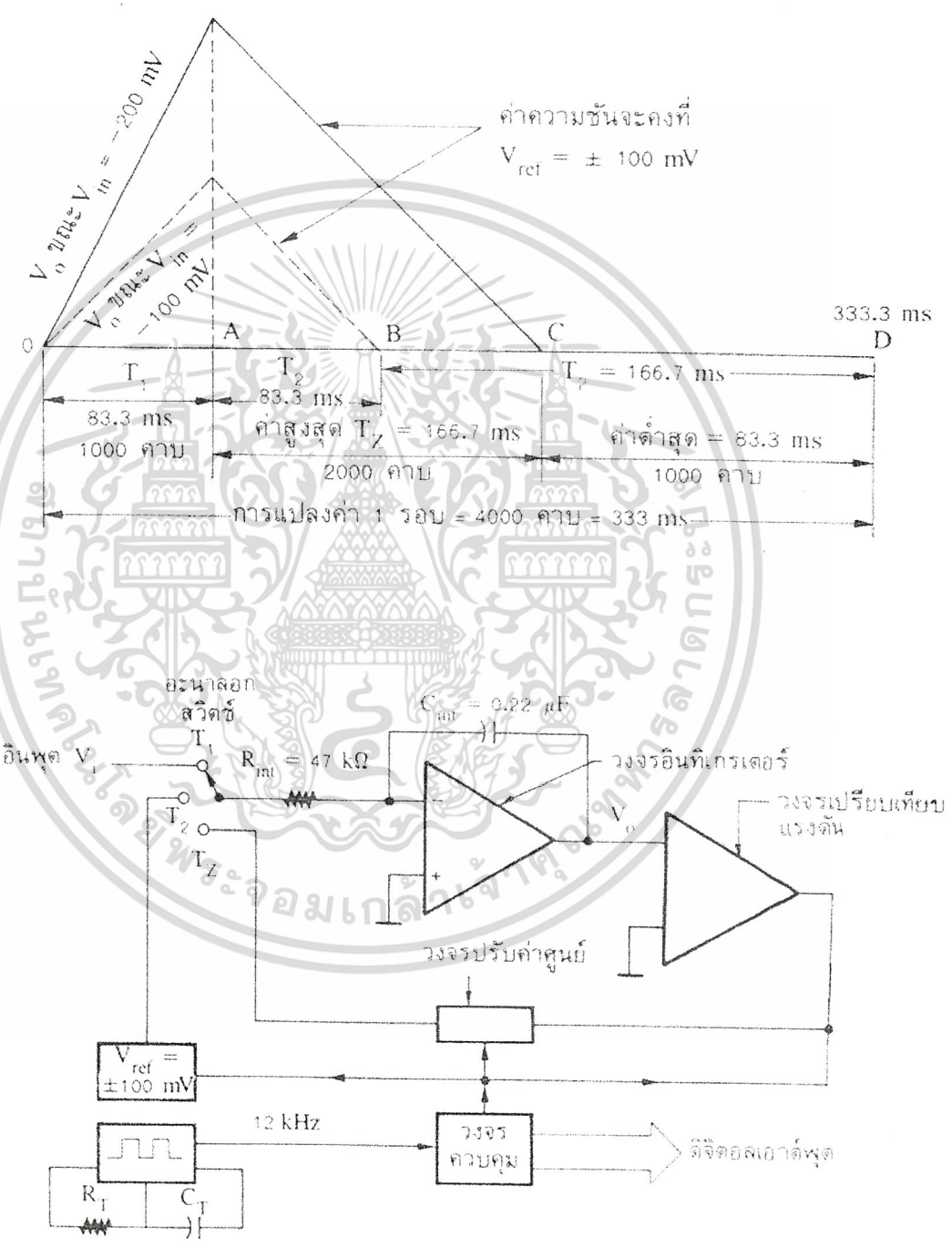
ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบดีเอซีแบบต่างๆ

เอดีซีที่ใช้งานทั่วไปมักเป็นสองแบบแรก เนื่องจากมีวงจรค่อนข้างง่ายราคาถูกและมีความแม่นยำพอสมควรสามารถนำไปใช้งานทั่วๆไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 เอดีซีแบบรวมค่า

เอดีซีแบบนี้เป็นแบบที่ใช้งานกับเครื่องมือวัดความเร็วต่ำวงจรภายในประกอบด้วยวงจรที่เป็น แบบอนาลอกและดิจิตอลรวมอยู่ในไอซีตัวเดียว เช่นเบอร์ 7106 และ 7107 เป็นต้น

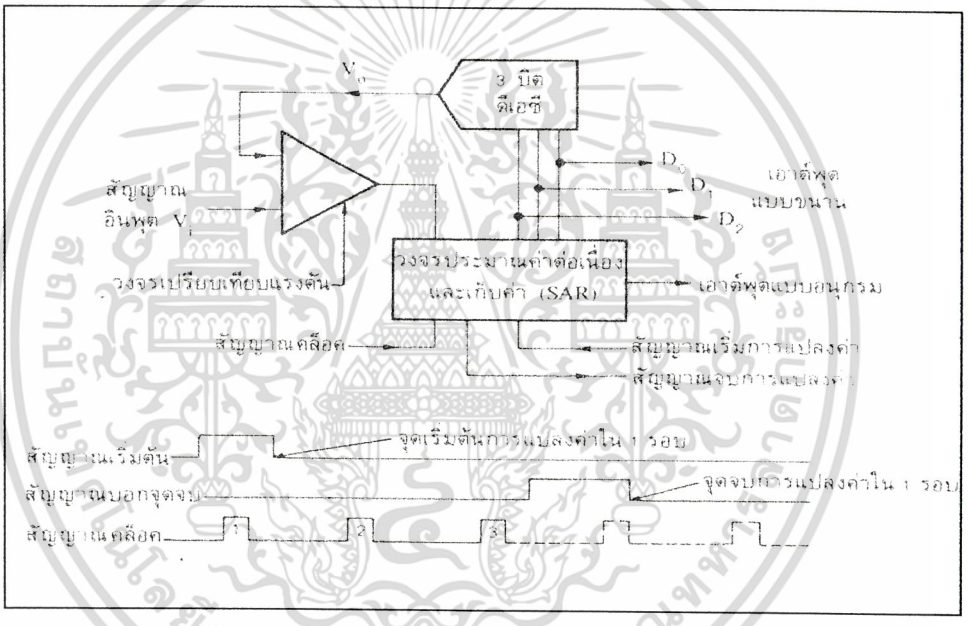


รูปที่ 2.28 แสดงแผนผังวงจรดีเอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

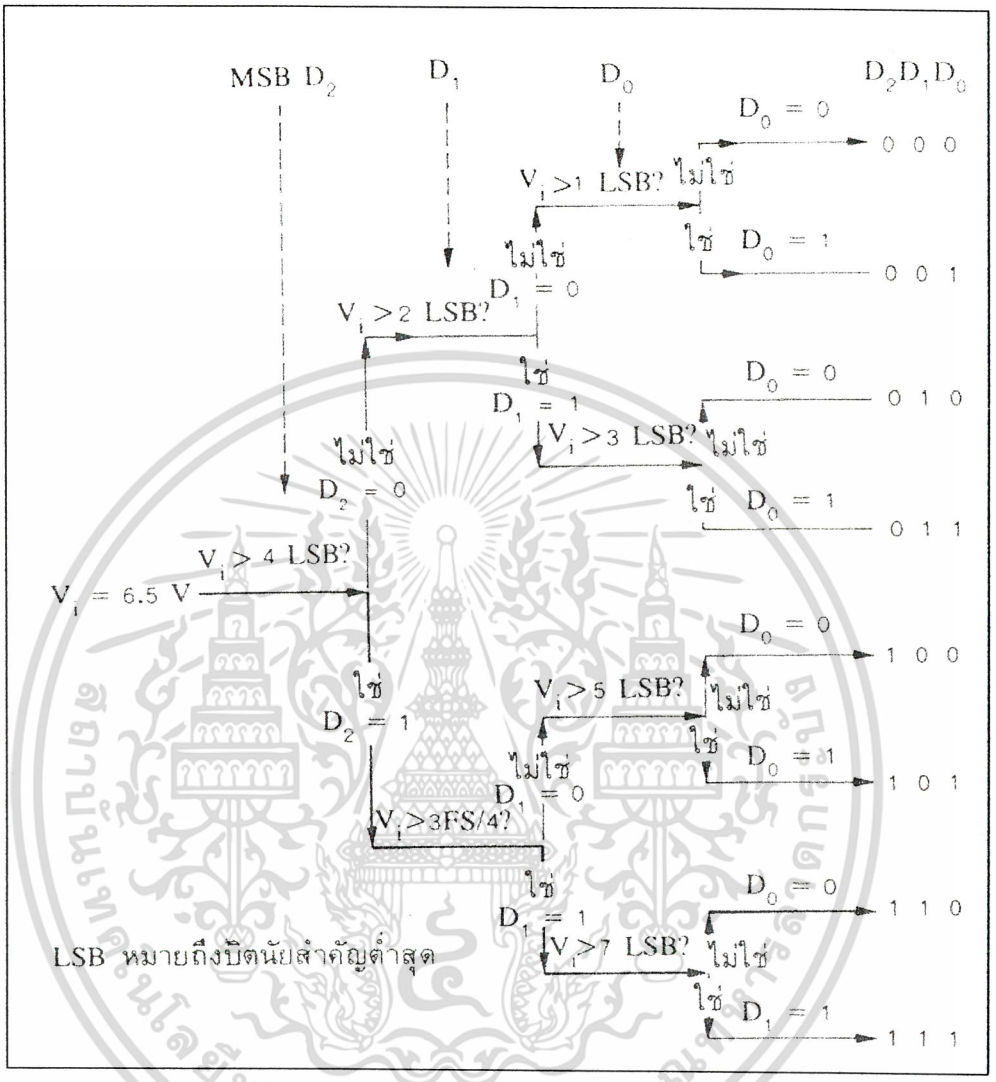
2.3.4 เอดีซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง

ประกอบด้วยวงจรเอดีซี วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรรีจีสเตอร์ เก็บค่าที่ได้หลังจากการประมาณค่าสัญญาณอินพุทที่รับเข้ามา (SAR = Successive Approximation Register) โดยวงจรรีจีสเตอร์มีขาอินพุท 1 ขา และขาควบคุมอีก 3 ขา คือ ขาแรกเป็นขาสัญญาณบอกจุดเริ่มกระบวนการแปลงค่า ขาที่ 2 เป็นขาเอาท์พุทบอกกระบวนการแปลงค่า ขาที่ 3 เป็นอินพุทรับสัญญาณ clock สำหรับควบคุมกระบวนการแปลงค่าในแต่ละรอบ ขาเอาท์พุทจะให้สัญญาณดิจิตอลมีทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.29 แสดงแผนผังและรูปของวงจรดีเอซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

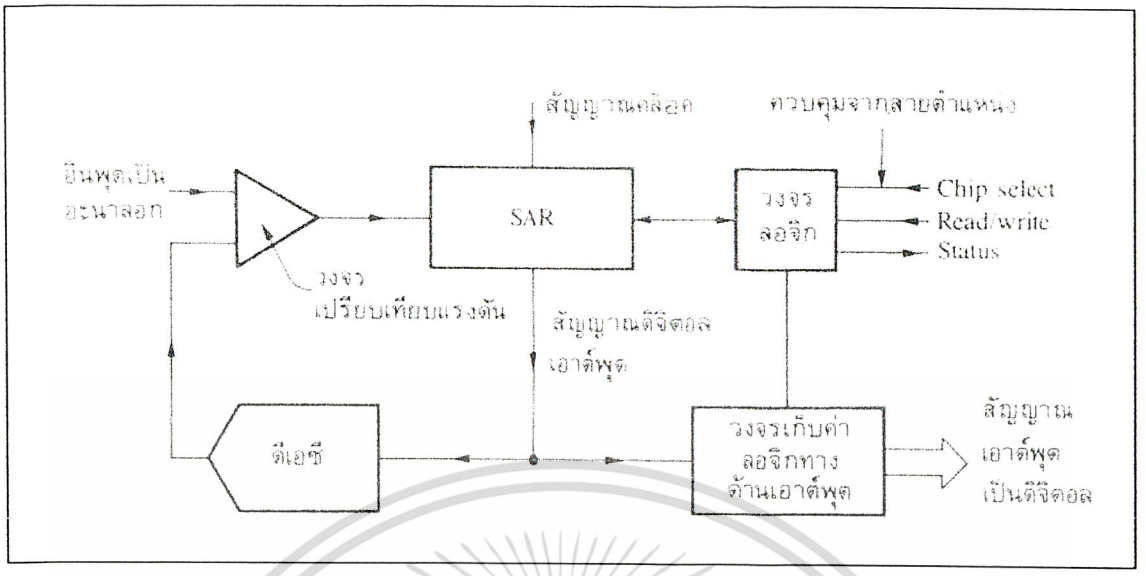


รูปที่ 2.30 แสดงแผนผังและรูปของวงจรดีเอซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง (ต่อ)

2.3.5 เอดีซีแบบที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์

เอดีซีแบบนี้จะมีวงจรเก็บสัญญาณเอาท์พุทเพิ่มเข้าไปด้วยเพื่อให้ค่าเอาท์พุทยังคงมีอยู่ถึงแม้วงจรจะถูกปลดออกจากระบบบัสในบางช่วงเวลาก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.29 ขณะที่วงจรทำการแปลงสัญญาณอยู่เอดีซีจะติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้นั้นต้องมีสัญญาณเลือกเป็นลอจิก "0" จากระบบไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมเอดีซี เมื่อขาอ่าน/เขียนเป็นลอจิก "0" เอดีซีจะแปลงค่า Vi เป็นสัญญาณดิจิตอลเก็บไว้ในบัฟเฟอร์เอาท์พุทและไมโครโปรเซสเซอร์จะอ่านข้อมูลจากเอดีซีเมื่อสัญญาณเลือกเป็นลอจิก "0" และ อ่าน/ เขียน เป็นลอจิก "1" พร้อมกันในแต่ละรอบของการแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงวงจรเอดีซีที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์

2.4 PHP

PHP เป็นภาษาที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกลุ่มของนักพัฒนา OpenSource เพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML โดยสามารถ สอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นจึงกล่าวว่า PHP เป็นภาษาที่เรียกว่า server-side หรือ HTML-embedded scripting language เป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่ง ที่ช่วยให้เราสามารถสร้างเอกสารแบบ Dynamic HTML ได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งาน จุดเด่นของ PHP คือสามารถทำงานกับ web server ได้หลายโปรแกรมและสามารถใช้งานกับร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows ของ Microsoft และระบบ UNIX อย่าง Linux และสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมฐานข้อมูลต่างๆไม่ว่าจะเป็น Adabas D, Ingres, Oracle (OCI7 and OCI8), dBase หรือ InterBaseได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะเมื่อทำงานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL

2.4.1 ความเป็นมาของ PHP

Rasmus Lerdorf สร้างภาษา PHP ขึ้นมาในปี ค.ศ.1994 เนื่องมาจากเขาต้องการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลของผู้ใช้ที่แวะเวียนเข้ามาเยี่ยมชมโฮมเพจส่วนตัวของเขาเอง เขาเรียกโปรแกรมนี้ว่า PHP ซึ่งย่อมาจาก Personal Home Page Tools ปัจจุบันกลุ่มผู้พัฒนา PHP ได้กำหนดให้ PHP ย่อมาจาก PHP : Hypertext Preprocessor ซึ่งเป็นคำย่อในลักษณะ recursive เพราะชื่อเต็มของ PHP ก็ยังคงมีตัวอักษรย่อ PHP ปรากฏอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความสามารถของ PHP

PHP ได้รับการพัฒนาความสามารถขึ้นมาเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เป็นเพราะมีการเปิดเผยซอร์สโค๊ดของ PHP สู่สาธารณะ ในลักษณะของ open source ทำให้มีหน่วยงาน และองค์กรต่างๆ เข้ามาช่วยกันพัฒนา ในที่นี้จะขอกล่าวถึงความสามารถหลักของ PHP เท่านั้นก่อน ดังนี้

- ความสามารถในการจัดการกับตัวแปรหลายๆ ประเภท เช่น เลขจำนวนเต็ม (interger) , เลขทศนิยม (float) , สตริง (string) และอาร์เรย์ (array) เป็นต้น
- ความสามารถในการรับข้อมูลจากฟอร์มของ HTML
- ความสามารถในการรับ-ส่ง Cookies
- ความสามารถเกี่ยวกับ Session (php version 4 ขึ้นไป)
- ความสามารถทางด้าน OOP (Object Oriented Programming) ซึ่งรองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ
- ความสามารถในการเรียกใช้ COM component
- ความสามารถในการสร้างภาพกราฟิก

2.4.3 จุดเด่นของ PHP

ถึงแม้จะรู้จักและนำมาใช้งานได้ไม่นานนัก แต่ PHP กลับได้รับความนิยมในการใช้เป็นเครื่องมือเพื่อพัฒนาเว็บเพจ เนื่องจาก PHP มีจุดเด่นดังนี้

Free เนื่องจากสิ่งที่ต้องการสูงสุดของโปรแกรมเมอร์ในการพัฒนาเว็บ คือของฟรี PHP ได้ตอบสนองโปรแกรมเมอร์เป็นอย่างดี เพราะเครื่องมือที่ใช้เพื่อพัฒนาทุกอย่างสามารถหาได้ฟรี ๆ (เราสามารถเลือกใช้ได้จากแผ่นซีดี "พัฒนา Web Database ด้วย PHP") ไม่ว่าจะเป็นระบบปฏิบัติการ (Windows, Linux) , โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ (IIS, PWS, Apache, OmniHTTPd), โปรแกรมระบบฐานข้อมูล (MySQL, mSQL) และ Server Script อย่าง PHP

Speed เนื่องจาก PHP นำข้อดีของภาษาสคริปต์ที่เคยมีในภาษา C , Perl และ Java รวมกับความเร็วของ CGI นำมาพัฒนาอยู่ใน PHP

Open Source เนื่องจากการพัฒนาของ PHP ไม่ได้ยึดติดกับบุคคลหรือกลุ่มคนเล็ก ๆ แต่เปิดโอกาสให้โปรแกรมเมอร์ทั่วไปเข้ามาช่วยพัฒนา ทำให้มีคนใช้งานจำนวนมาก และพัฒนาได้เร็วขึ้น

Crossable Platform เนื่องจาก PHP ใช้ได้กับหลาย ๆ ระบบปฏิบัติการไม่ว่าบน Windows, Unix, Linux หรืออื่น ๆ โดยแทบจะไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโค้ดคำสั่งเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Database Access เนื่องจาก PHP สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลอย่าง dBASE, Access, SQL Server, Oracle, Sybase, Informix, PostgreSQL, MySQL, Empress, FilePro, mSQL, PostSQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Protocol Support เนื่องจาก PHP สามารถสนับสนุนโปรโตคอลหลายแบบ ทั้ง IMAP, SNMP, NNTP, POP3, HTTP

Library เนื่องจาก PHP มีไลบารี่รีสำหรับติดต่อกับแอพพลิเคชันได้มากมาย

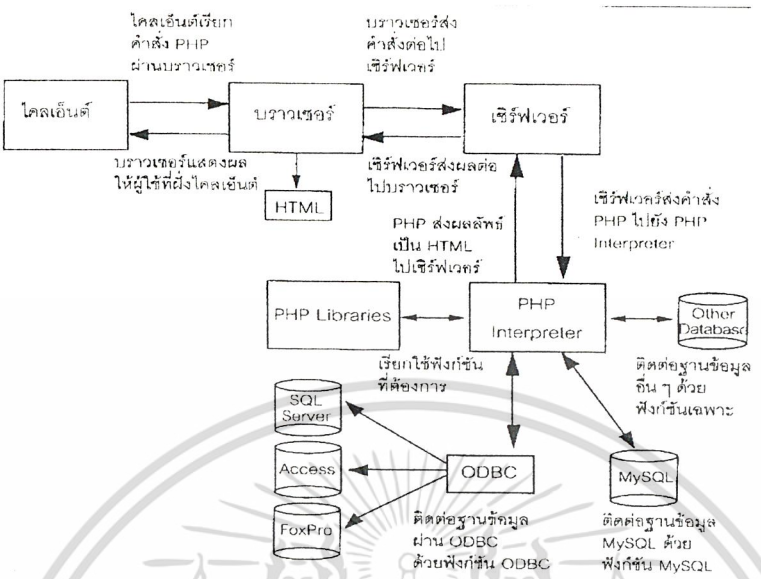
Flexible ด้วยเหตุที่ PHP มีความยืดหยุ่นตัวสูง ทำให้สามารถนำไปสร้างแอพพลิเคชันได้หลากหลายประเภท

Easy เนื่องจาก PHP เป็นภาษาสคริปต์ภาษาหนึ่ง ทำให้สามารถแทรกตำแหน่งใดก็ได้ในแท็กของ HTML

2.4.4 หลักการทำงานของ PHP

เนื่องจาก PHP จะทำงานโดยมีตัวแปลและเอ็กซิคิวต์ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ อาจจะเรียกการทำงานว่าเป็นเซิร์ฟเวอร์ไซด์ (Server Side) ส่วนการทำงานของบราวเซอร์ของผู้ใช้เรียกว่าไคลเอ็นต์ไซด์ (Client Side) โดยการทำงานจะเริ่มต้นที่ผู้ใช้ส่งความต้องการผ่านเว็บบราวเซอร์ทาง HTTP (HTTP Request) ซึ่งอาจจะเป็นการกรอกแบบฟอร์ม หรือใส่ข้อมูลที่ต้องการ ข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นเอกสาร PHP (เอกสารนี้จะมีส่วนขยายเป็น php หรือ php3 แล้วแต่ผู้ใช้กำหนด เช่น search.php เป็นต้น) เมื่อเอกสาร PHP เข้ามาถึงเว็บเซิร์ฟเวอร์ก็จะถูกส่งไปให้ PHP เพื่อทำหน้าที่แปลคำสั่งแล้วเอ็กซิคิวต์คำสั่งนั้น หลังจากนั้น PHP จะสร้างผลลัพธ์ในรูปแบบเอกสาร HTML ส่งกลับไปให้เว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อส่งต่อไปให้บราวเซอร์แสดงผลทางฝั่งผู้ใช้ต่อไป (HTTP Response) ซึ่งลักษณะการทำงานแบบนี้จะคล้ายกับการทำงานของ CGI (Common Gateway Interface) หรืออาจกล่าวได้ว่า PHP ก็คือโปรแกรม CGI ประเภทหนึ่งก็ได้ซึ่งจะทำงานคล้ายกับ ASP นั่นเอง ลักษณะการทำงานจะเป็นดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะ การทำงานของ PHP

2.4.5 เว็บเซิร์ฟเวอร์

เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) คือแอปพลิเคชั่นที่ทำหน้าที่รับ และประมวลผลข้อมูลที่ร้องขอจากผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตโดยผ่านทางเว็บบราวเซอร์ หลังจากเว็บบราวเซอร์รับคำร้องและประมวลผลแล้ว ผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปยังผู้ใช้โดยแสดงผลในเว็บบราวเซอร์นั่นเอง นอกจากเว็บบราวเซอร์จะให้บริการในอินเทอร์เน็ตแล้ว อาจนำไปประยุกต์ใช้ในเครือข่ายภายในองค์กร หรืออินทราเน็ตได้อีกด้วย

แต่เดิมนั้นเว็บเซิร์ฟเวอร์มักจะอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ UNIX ที่มีประสิทธิภาพสูง รองรับผู้ใช้งานได้คราวละมากๆ และราคาค่อนข้างแพง แต่เมื่ออินเตอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทและนิยมมากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาซอร์ฟแวร์เพื่อใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมากขึ้น และในปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่นิยมมาก เช่น Window 95/98/ME, Window NT , Window 2000 หรือแม้แต่ระบบปฏิบัติการ LINUX ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบ Freeware ก็สามารถทำหน้าที่เป็นระบบปฏิบัติการของเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้

- PWS (Personal Web Server) ที่รันบนระบบปฏิบัติการ Window95/98/ME
- Apache เป็นโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ของบริษัท Apache ที่มีประสิทธิภาพสูง มีให้เลือกทั้งระบบปฏิบัติการ Window และ LINUX
- OmniHTTPd เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทรงประสิทธิภาพของบริษัท OmniCron การปรับแต่งทำได้ง่ายดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 PHP กับฐานข้อมูล

PHP สามารถติดต่อฐานข้อมูลได้หลากหลายทำให้การใช้งานข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลต่างๆเพื่อแสดง บนเว็บทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมาก PHP มีฟังค์ชั่นที่สนับสนุนการติดต่อกับระบบฐานข้อมูลมากมาย โดยระบบฐานข้อมูลที่ PHP สนับสนุนได้มีดังนี้

- Adabas D
- dBase
- FilePro
- Informix
- Microsoft SQL Server
- mSQL
- MySQL
- ODBC
- Oracle
- PostgreSQL
- Solid
- Sybase
- Unix dbm
- Velocis

2.4.7 การติดต่อฐานข้อมูลผ่าน ODBC

ODBC (Open Database Connectivity) เป็นรูปแบบการติดต่อฐานข้อมูลของไมโครซอฟท์ เช่น Microsoft Access, Microsoft FoxPro, Visual FoxPro, dBase และ Excel หรือฐานข้อมูลอื่นๆที่มี ไดรเวอร์ติดตั้งกับระบบปฏิบัติการ มีฟังค์ชั่นมากมายที่ PHP สนับสนุนในการทำงานร่วมกับฐานข้อมูลที่ใช้ไดรเวอร์ ODBC ซึ่งมีฟังค์ชั่นหลักๆที่ใช้ในการติดต่อและนำข้อมูลมาใช้งานมี 6 ฟังค์ชั่นคือ

- odbc_connect() สำหรับการติดต่อ ODBC data source ซึ่งต้องใช้ Data Source Name (DSN) , ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน
- odbc_prepare() สำหรับเตรียมและสร้างคำสั่ง SQL เพื่อการเอ็กซิคิวต์
- odbc_execute() สำหรับเอ็กซิคิวต์คำสั่ง SQL
- odbc_result_all() สำหรับแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบตารางของ HTML
- odbc_free_result() สำหรับปล่อยให้รีซอร์สเป็นอิสระจากการติดต่อ
- odbc_close() สำหรับปิดการติดต่อที่กำลังดำเนินอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

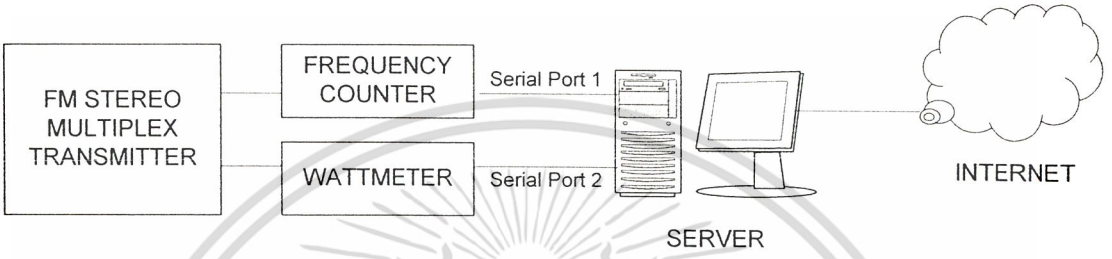
สำหรับขั้นตอนการติดต่อฐานข้อมูลผ่านทาง ODBC และแสดงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล มีดังนี้

1. ขั้นตอนการติดต่อ Data Source Name
2. สร้างคำสั่ง SQL เพื่อนำข้อมูลมาแสดงผล
3. สร้างตัวแปรเพื่อเก็บคำสั่ง SQL ที่เตรียมไว้
4. สร้างตัวแปรเพื่อเก็บผลของคิวรี
5. ขั้นตอนการแสดงผลในลักษณะตาราง HTML
6. ขั้นตอนการปล่อยอิสระรีซอร์สจากการติดต่อ และปิดการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบโครงงาน

3.1 หลักการทำงานของโครงงาน

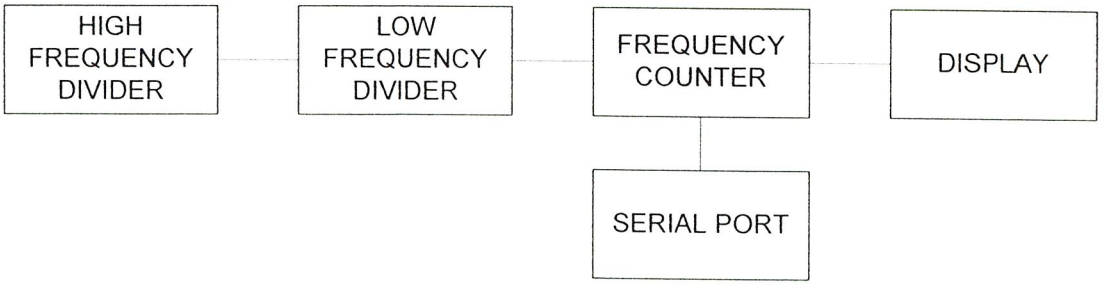


รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของโครงงาน

โครงงานชุดแสดงสถานะเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์เป็นการนำเอาสถานะการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ คือความถี่ที่ส่ง และกำลังวัตต์ที่ส่งออกไป โดยจะนำค่าต่างๆ เหล่านี้แสดงออกมาทางหน้าจอแสดงผลที่เครื่องวัดนั้นๆ และอีกส่วนหนึ่งจะนำมาแสดงทางหน้าเวปเพจ ซึ่งผู้ควบคุมหรือผู้ที่ต้องการดูค่าสถานะต่างๆ ก็สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เนตและเข้าไปยังหน้าเวปเพจที่แสดงสถานะนั้นได้อย่างง่ายดาย

โดยในส่วนของการออกแบบโครงงานนี้จะใช้ไปโครคอมโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นหลัก ทั้งทางด้านการนับค่าความถี่ การแสดงผล และการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งรายละเอียดของการออกแบต่างได้แบ่งออกเป็นแต่ละภาคดังนี้

3.2 เครื่องนับความถี่



รูปที่ 3.2 บล็อกแสดงการทำงานของ FREQUENCY COUNTER

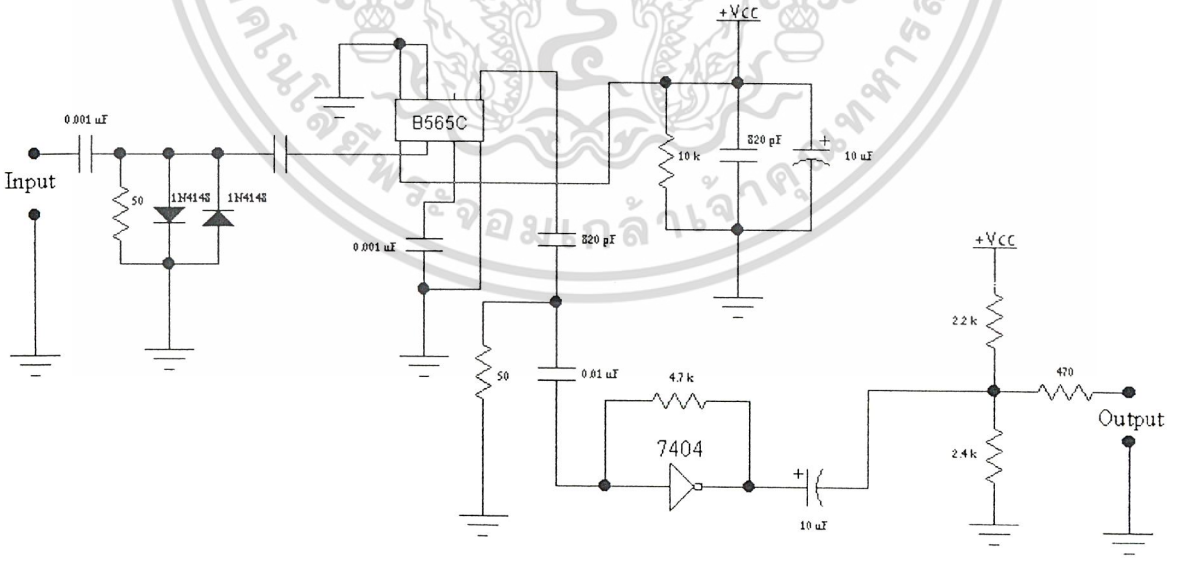
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วงจรหารความถี่

การวัดความถี่สูงๆ นั้น เราจะไม่สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดความถี่สูงๆ ได้โดยตรง เราจึงต้องทำการหารความถี่สูงๆ นั้นให้ต่ำลงมาเสียก่อน จึงจะนำความถี่ต่ำนั้นมาทำนับโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจากเครื่องส่งวิทยุเสตอริโอมัลติเพล็กซ์จะใช้ความถี่ที่ 107.5 MHz ฉะนั้นจะทำการหารความถี่ โดยใช้ส่วนการหารคือ 2048 ก็จะได้ความถี่ต่ำเข้ามาทำการนับโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความถี่ 52.490 kHz โดยในส่วนของวงจรหารความถี่ก็จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนวงจรหารความถี่สูง และส่วนวงจรหารความถี่ต่ำ

3.2.1.1 วงจรหารความถี่สูง

ในวงจรหารความถี่สูงเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถรับความถี่ได้สูงๆ จึงต้องใช้ IC หารความถี่ลงมาให้เหลือความถี่ต่ำก่อน สำหรับ IC หารความถี่สูงจะใช้ IC เบอร์ B565C ของ NEC ซึ่งเป็น IC Prescaler จะทำการหาร 64 ซึ่งจะรับความถี่อินพุตความถี่สูง (เครื่องส่งวิทยุจะส่งความถี่ 107.5 MHz) มาทำการหารลงมาเหลือความถี่ประมาณ 1.68 MHz เพื่อส่งไปยังส่วนหารความถี่ต่ำต่อไป

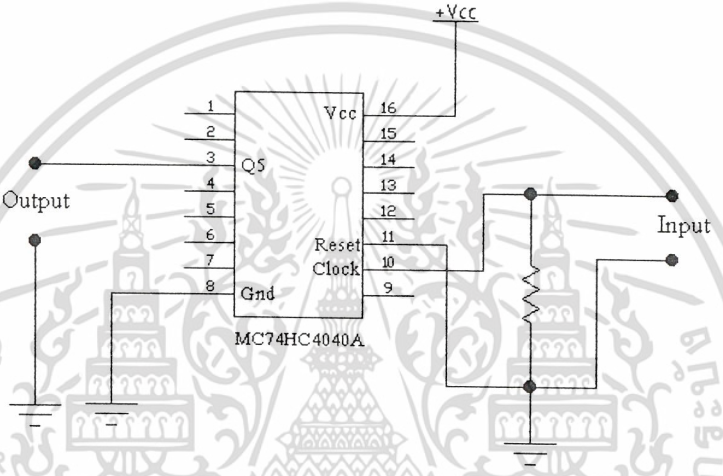


รูปที่ 3.3 วงจรหารความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 วงจรหารความถี่ต่ำ

ในวงจรหารความถี่ต่ำจะทำการหารความถี่ที่ออกมาจากภาคหารความถี่สูง โดยทำการหารความถี่ลงเพื่อให้สามารถนำไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยจะใช้ IC เบอร์ MC74HC4040A เป็น IC Counter แบบเลือกค่าได้ โดยในโครงงานนี้จะเลือกค่าการหารเท่ากับ 32 โดยทำการหารความถี่จาก 1.68 MHz ลงมาเหลือ 52.5 kHz เพื่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล



รูปที่ 3.4 วงจรหารความถี่ต่ำ

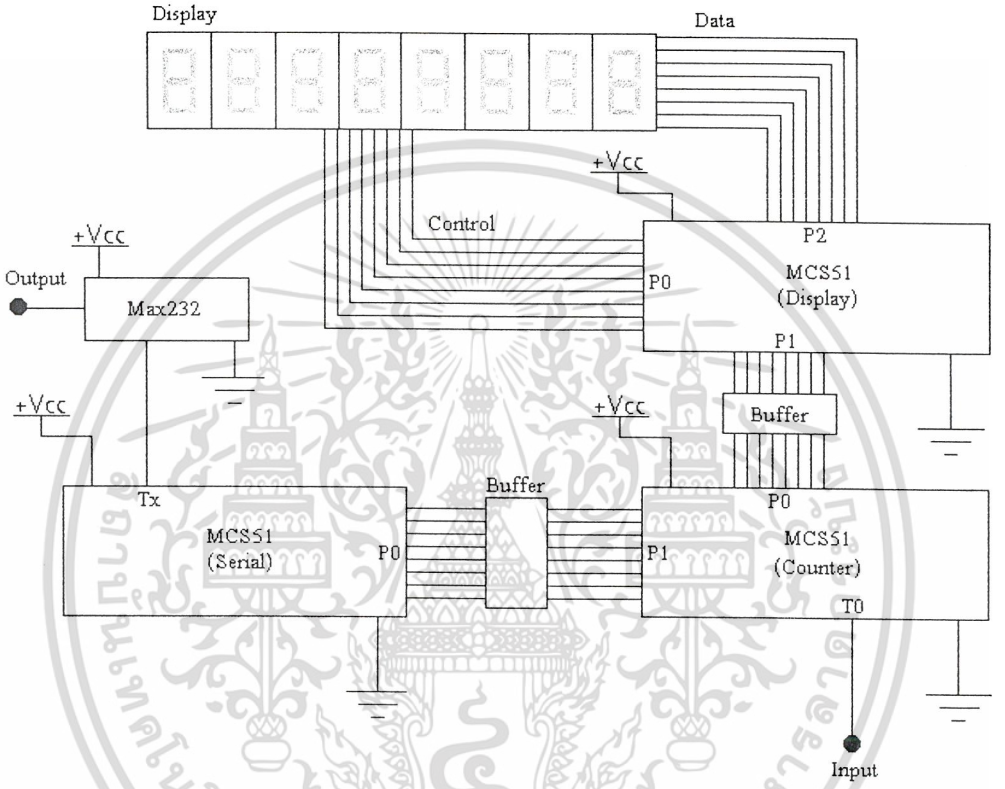
จากวงจรหารความถี่ต่ำ จะทำการหารความถี่ลงอีก 32 โดยที่ขา 3 (Q5) เมื่อรับ Input ความถี่ 1.68 MHz เข้ามาที่ขา 10 (Clock) โดยจะทำการป้อนขา 11 (Reset) เป็น “0” เพื่อ Enable ตัว IC โดย IC หารความถี่ต่ำนี้จะไม่สามารถรับความถี่สูงๆ ได้ โดยรับความถี่ได้สูงสุด 30 MHz เราจึงต้องทำการหารความถี่สูงลงมาก่อนที่จะมาถึงภาคหารความถี่ต่ำ และส่งต่อไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการนับความถี่ต่อไป

3.2.2 วงจรนับความถี่

จากวงจรนับความถี่ดังรูปที่ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด 3 ตัว โดยอินพุตที่รับเข้ามาจะเป็นสัญญาณพัลส์ความถี่ต่ำที่ผ่านมากจากวงจรหารความถี่ต่ำ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับสัญญาณโดยทำการตั้งเวลาอ้างอิง 1 วินาที โดยใช้ไทม์เมอร์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งเวลา มีค่าเท่ากับ 1 วินาทีแล้วทำการนับสุญญาณที่เข้ามาที่ขา T0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อครบ 1 วินาทีจะเกิดโอเวอร์โฟลว์ขึ้นก็จะได้ค่าจำนวนพัลส์ที่นับได้ใน 1 วินาที ที่เก็บค่าไว้ใน TH0 สำหรับบิตสูงและ TL0 สำหรับบิตต่ำ



รูปที่ 3.5 วงจรนับความถี่

จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ Counter ก็จะส่งค่าข้อมูลออกมาที่พอร์ต P0 ผ่าน Buffer ไปเข้าพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ Display ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ Display นี้ จะนำเอาค่าที่รับมาได้ซึ่งก็คือค่าของสัญญาณพัลส์ที่รับได้ต่อ 1 วินาทีมาทำการประมวลผลเพื่อแสดงที่จอแสดงผลต่อไป

สำหรับหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Display คือจะนำค่าข้อมูลที่รับได้ซึ่งรับมาเป็นเลขฐานสิบหก นำมาแปลงเป็นเลขฐานสิบแล้วจัดให้อยู่ในรูปของตัวเลขฐานสิบทั้งหมดแปดหลักเพื่อส่งออกไปแสดงผลที่จอแสดงผล โดยจะใช้การควบคุมที่ขาคอมมอนของ 7'segment แสดงผลในแต่ละหลักเพื่อควบคุมให้ติดทีละหลักแล้วส่งค่าข้อมูลหลักที่เป็นเลขฐานสิบประจำหลักนั้นๆ ออกไปแสดงจากนั้นก็ควบคุมให้หลักต่อๆ ไปติดพร้อมกับนำค่าข้อมูลออกมาแสดงตรงตามหลักทั้งแปดหลักได้โดยที่ความถี่ในการติด - ดับของแต่ละหลักจะเร็วมากเกิน

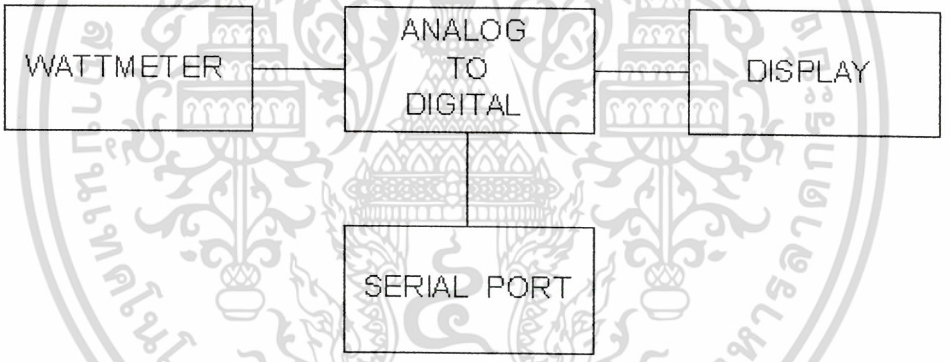
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าสายตามนุษย์จะรับรู้ได้ทำให้ได้ค่าที่เปรียบเสมือนว่าทุกหลักติดพร้อมกันตลอด ซึ่งค่าที่ออกมาที่จอแสดงผลนั้นก็คือค่าความถี่ที่วัดได้นั่นเอง

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ Counter นั้นหน้าที่อีกอย่างหนึ่งก็คือจะทำการส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Counter ก็จะส่งค่าสัญญาณพัลส์ที่นับได้ออกทางพอร์ต P1 ผ่าน Buffer เข้าพอร์ต P0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ Serial ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลมาแล้วส่งออกพอร์ตอนุกรมเข้าทางพอร์ตอนุกรม (COM) ของคอมพิวเตอร์ที่เป็น Server ต่อไป

โดยหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Serial จะทำการเซตอัตราการส่งข้อมูลเป็น 9600 บิตต่อวินาทีแล้วส่งข้อมูลออกทางขา Tx โดยผ่านไอซีพอร์ตอนุกรม Max232 แล้วเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่เป็น Server ต่อไป

3.3 วัตต์มิเตอร์



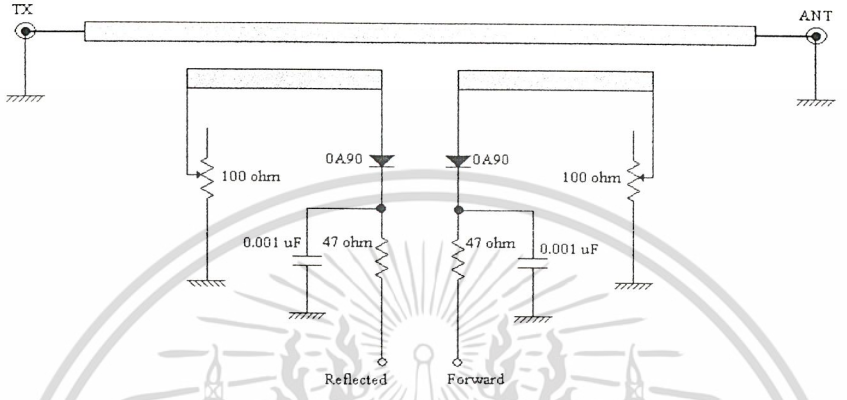
รูปที่ 3.6 บล็อกแสดงการทำงานของวัตต์มิเตอร์

วัตต์มิเตอร์จะนำไปต่อขวางระหว่างสายอากาศและเครื่องส่งวิทยุเพื่อทำการวัดค่ากำลังส่งของเครื่องส่งวิทยุที่ส่งออกอากาศออกไป แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลโดยวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล แล้วทำการคำนวณค่าโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อแสดงออกทางจอแสดงผลและส่งออกพอร์ตอนุกรมไปเข้าคอมพิวเตอร์ Server ทำการเก็บลงในฐานข้อมูล และแสดงผลออกทางหน้าเวปเพจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในส่วนของวัตต์มิเตอร์จะมีส่วนประกอบดังนี้

3.3.1 วงจรวัตต์มิเตอร์



รูปที่ 3.7 วงจรวัตต์มิเตอร์

จากวงจรเอาท์พุทท่ได้มาจากเรงดันตกคร่อม C1 หรือ C2 ซึ่งจะมีค่าเป็นโวลท์ จากนั้นนำค่าที่ได้ส่งต่อไปยังวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

3.3.2 วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลซึ่งใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 จะทำการประมวลผลค่าที่รับมาจากเอาท์พุทของวงจรวัตต์มิเตอร์ซึ่งรับมาเป็นค่าโวลท์แปลงเป็นเลขฐานสองแล้วนำเลขฐานสองที่ได้มาทำการคำนวณหาค่ากำลังส่งของเครื่องส่งวิทยุต่อไป

3.3.3 จอแสดงผล

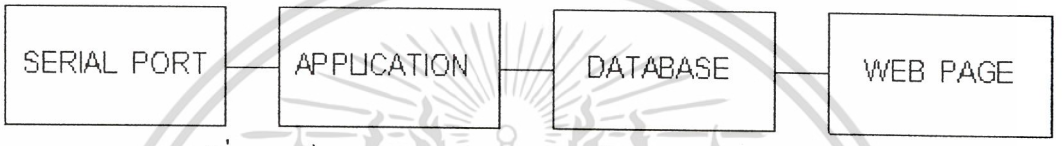
สำหรับหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Display คือจะนำค่าข้อมูลที่รับได้ซึ่งรับมาเป็นเลขฐานสิบหก นำมาแปลงเป็นเลขฐานสิบแล้วจัดให้อยู่ในรูปของตัวเลขฐานสิบทั้งหมดสี่หลักเพื่อส่งออกไปแสดงผลที่จอแสดงผล โดยจะใช้การควบคุมที่ขาคอมมอนของ 7'segment แสดงผลในแต่ละหลักเพื่อควบคุมให้ติดทีละหลักแล้วส่งค่าข้อมูลหลักที่เป็นเลขฐานสิบประจำหลักนั้นๆ ออกไปแสดงจากนั้นก็ควบคุมให้หลักต่อๆ ไปติดพร้อมกับนำค่าข้อมูลออกมาแสดงตรงตามหลักทั้งสี่หลักได้โดยที่ความถี่ในการติด - ดับของแต่ละหลักจะเร็วมากเกินกว่าสายตามนุษย์จะรับรู้ได้ทำให้ได้ค่าที่เปรียบเสมือนว่าทุกหลักติดพร้อมกันตลอด ซึ่งค่าที่ออกมาที่จอแสดงผลนั้นก็คือค่ากำลังส่งที่วัดได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 พอร์ตอนุกรม

หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Serial จะทำการเซตอัตราการส่งข้อมูลเป็น 9600 บิตต่อวินาทีแล้วส่งข้อมูลออกทางขา Tx โดยผ่านไอซีพอร์ตอนุกรม Max232 แล้วเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่เป็น Server ต่อไป

3.4 Computer Server



รูปที่ 3.8 บล็อกแสดงการทำงานของ Computer Server

ในส่วนของคอมพิวเตอร์ เมื่อรับค่าจากพอร์ตอนุกรมมาแล้ว ก็จะมีโปรแกรมที่ทำหน้าที่รับค่าเก็บลงในฐานข้อมูล และในส่วนของการแสดงผลที่หน้าเวปเพจก็จะใช้ภาษา PHP สำหรับดึงค่าจากฐานข้อมูลมาแสดงบนหน้าเวปเพจ ซึ่งสามารถดูค่าสถานะได้จากที่ต่างๆ ที่สามารถติดต่อทางเครือข่ายอินเตอร์เนตได้

3.4.1 แอพพลิเคชั่น

ในส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่รับข้อมูลมาจากพอร์ตอนุกรม ได้รับการพัฒนามากจาก Visual Basic 6.0 โดยทำการอ่านค่าจากพอร์ตอนุกรมแล้วนำมาคำนวณค่า ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าความถี่ และค่ากำลังวัตต์ ที่วัดได้จากเครื่องส่งวิทยุ จากนั้นโปรแกรมนี้ก็จะทำหน้าที่นำข้อมูลนั้นๆ เก็บลงในฐานข้อมูลต่อไป

3.4.2 ฐานข้อมูล

ในส่วนของฐานจ้อมูล จะใช้ Microsoft Access ในการเก็บเป็นไฟล์ฐานข้อมูล ซึ่งจะเก็บค่าวันที่ เวลา ค่าความถี่ และค่ากำลังวัตต์โดยค่าที่เก็บจะเริ่มเก็บทันทีที่เปิดโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ซึ่งโปรแกรมนี้จะถูกติดตั้งเพื่อรันอัตโนมัติเวลาเปิดเครื่องเสมอ ส่วนฐานข้อมูลนี้ก็จะถูกเรียกดูโดยภาษา PHP ดึงข้อมูลต่างๆ ออกไปแสดงที่หน้าเวปเพจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 เวปเพจ

ในส่วนนี้จะใช้ภาษา PHP เป็นภาษาหลักในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงบนหน้าเวปเพจโดยที่เวปเพจนี้จะถูกติดตั้งอยู่บนเครื่อง Server ซึ่งสามารถเข้ามาดูค่าต่างๆ ได้ทันทีที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เนต ภายในหน้าเวปเพจจะแสดงค่าสถานะ ค่าความถี่และค่ากำลังวัตต์ของเครื่องส่งที่กำลังส่งอยู่ในขณะนั้น รวมทั้งสามารถเรียกดูค่าย้อนหลังได้อีกด้วย รวมทั้งมีทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องส่งวิทยุรวมไปถึงสายอากาศเพื่อให้ศึกษาอีกด้วย

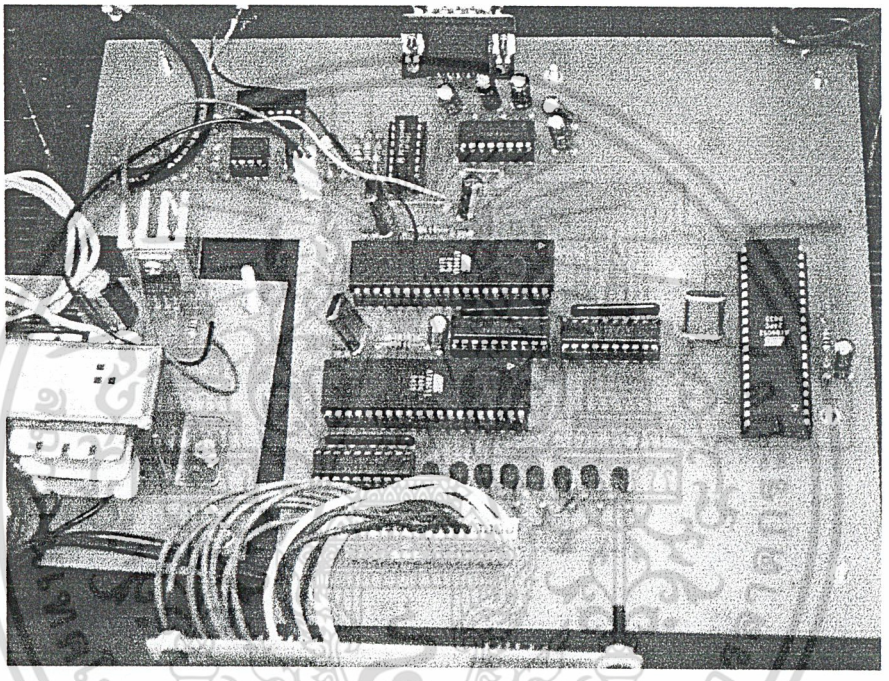
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

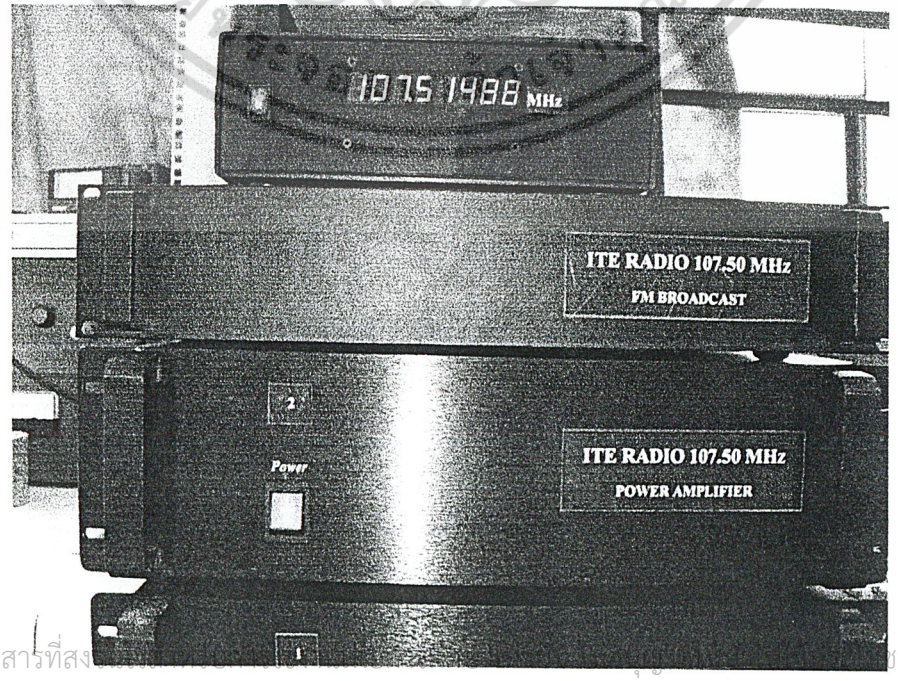
ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ผลดังนี้

1. แสดงการลงอุปกรณ์ส่วนของ Frequency Counter

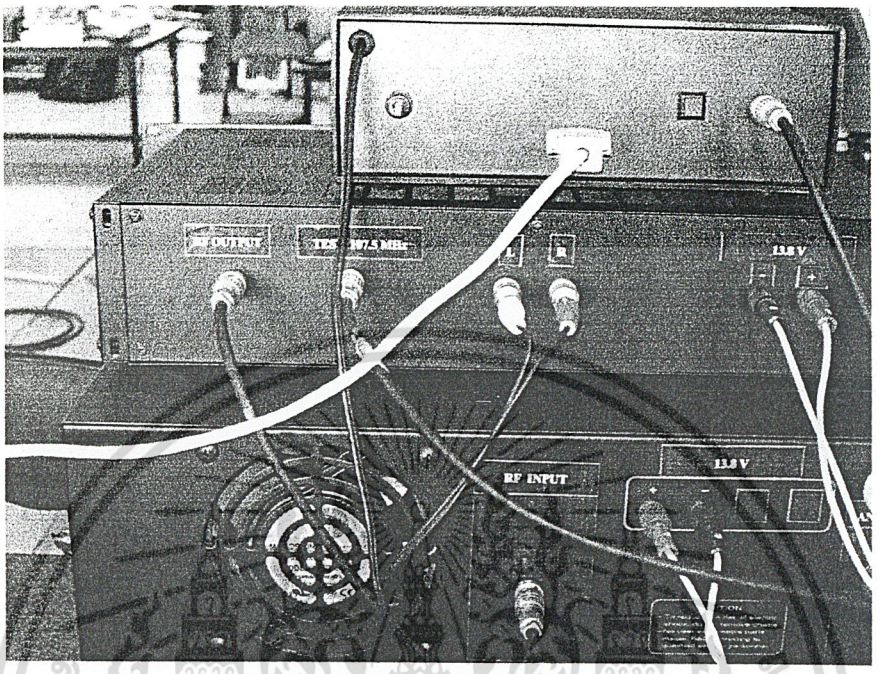


2. แสดงการวัดค่าความถี่เครื่องส่งวิทยุทางด้านหน้า

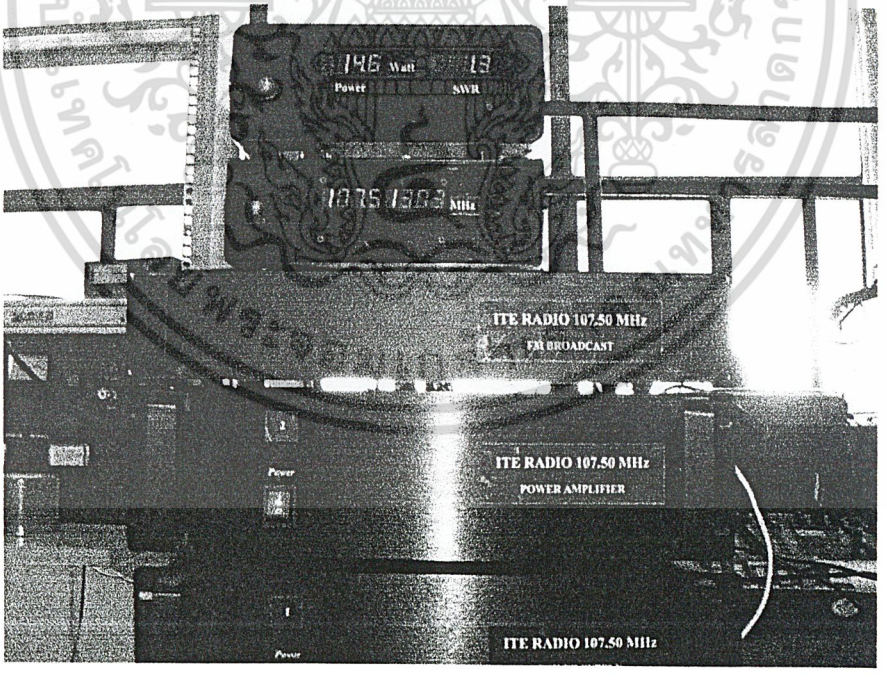


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แสดงการวัดค่าความถี่เครื่องส่งวิทยุทางด้านหลัง

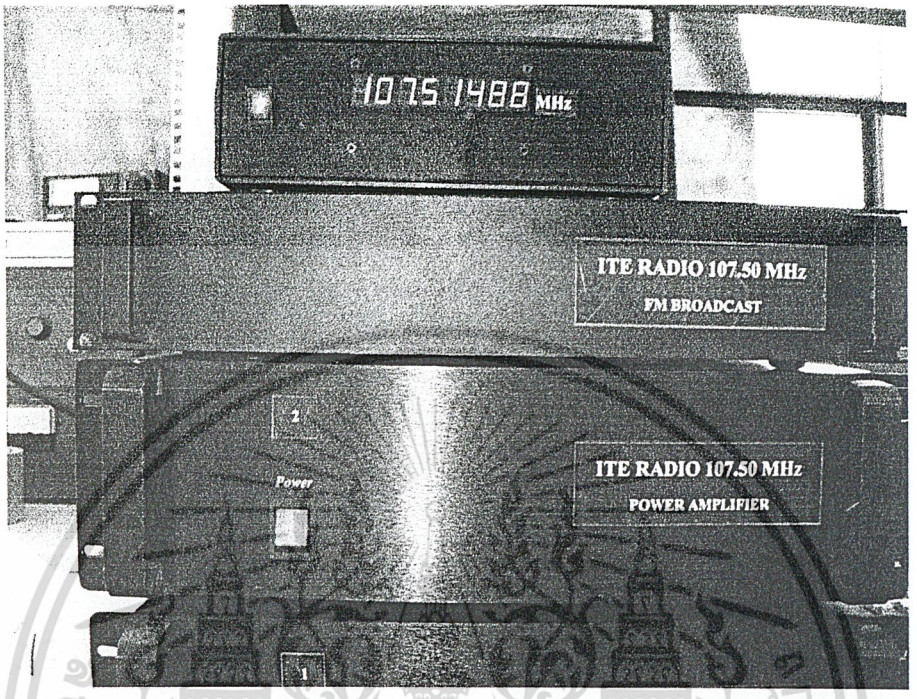


4. แสดงการวัดค่ากำลังส่งของเครื่องส่งวิทยุและค่า SWR

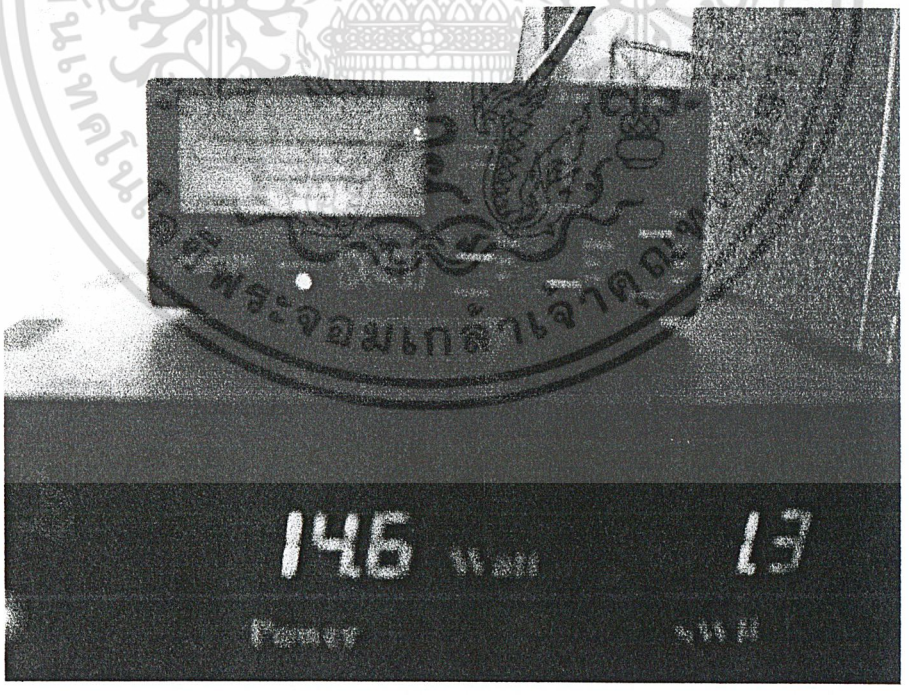


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จอแสดงผลของความถี่วิทยุที่วัดได้

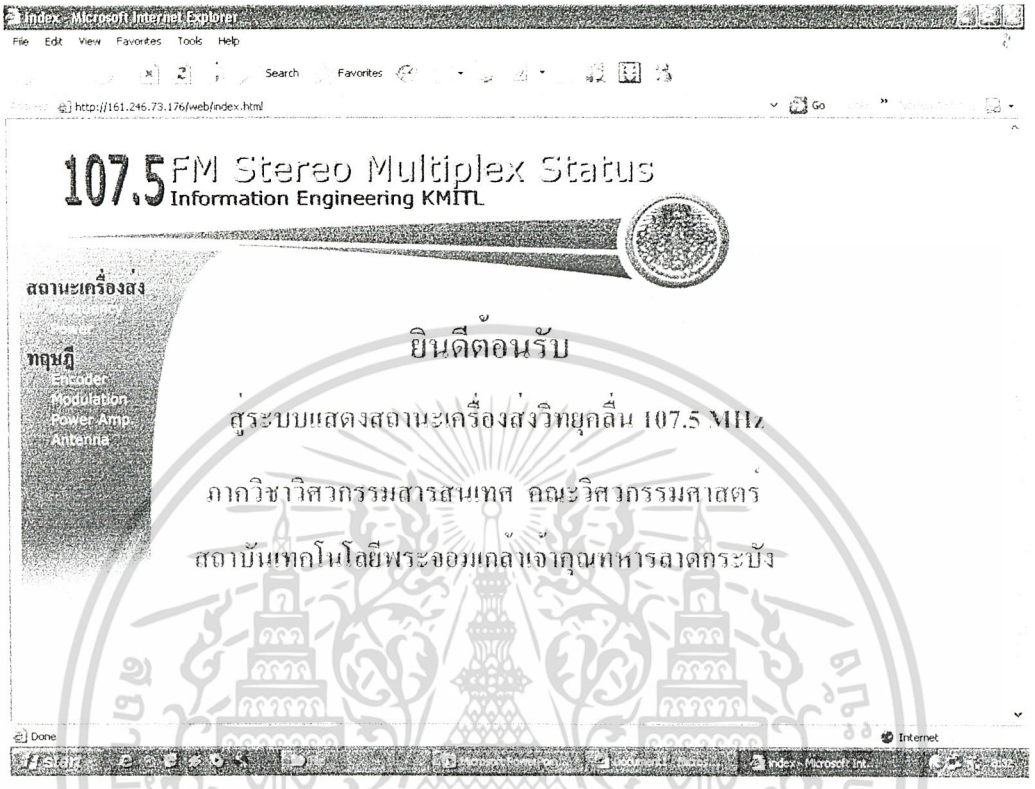


6. จอแสดงผลของกำลังส่งและค่า SWR ที่วัดได้

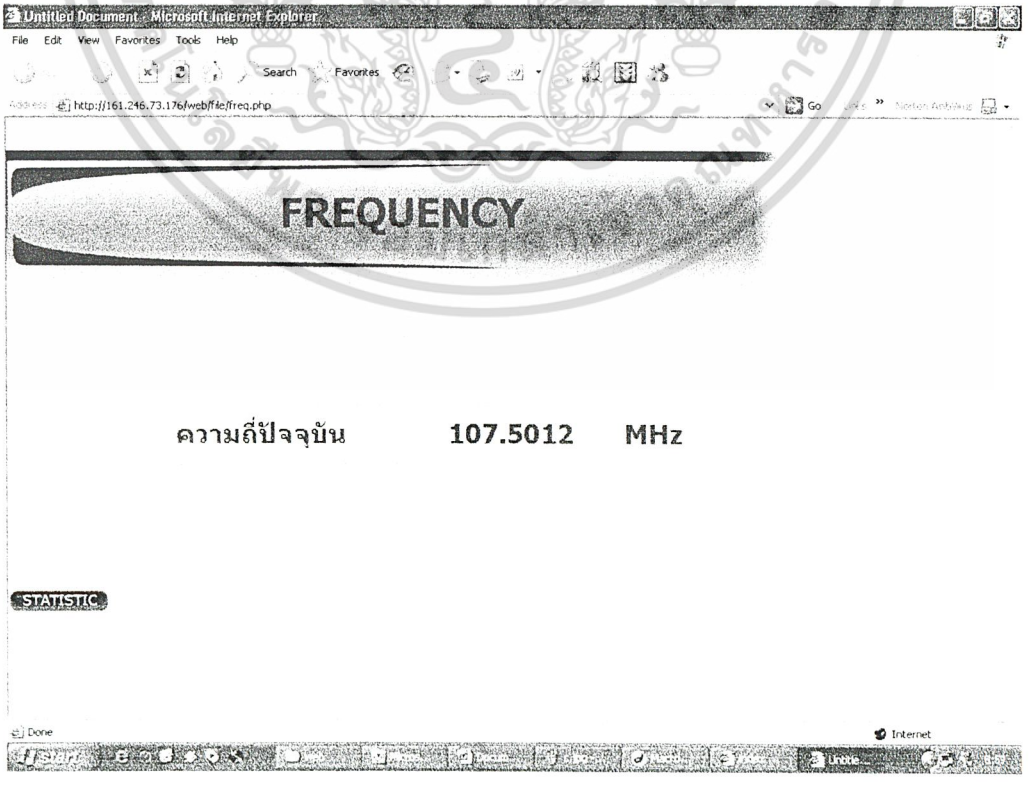


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แสดงหน้าเวปเพจหน้าหลัก

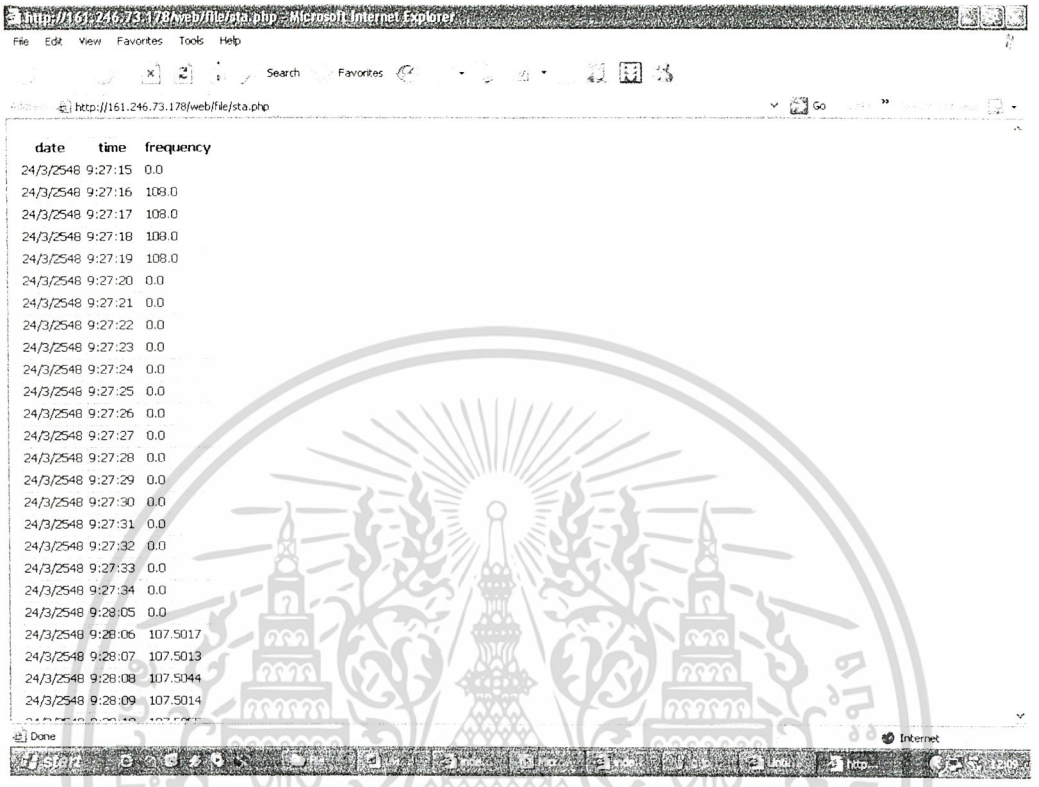


8. แสดงหน้าเวปของความถี่ที่ส่งปัจจุบัน

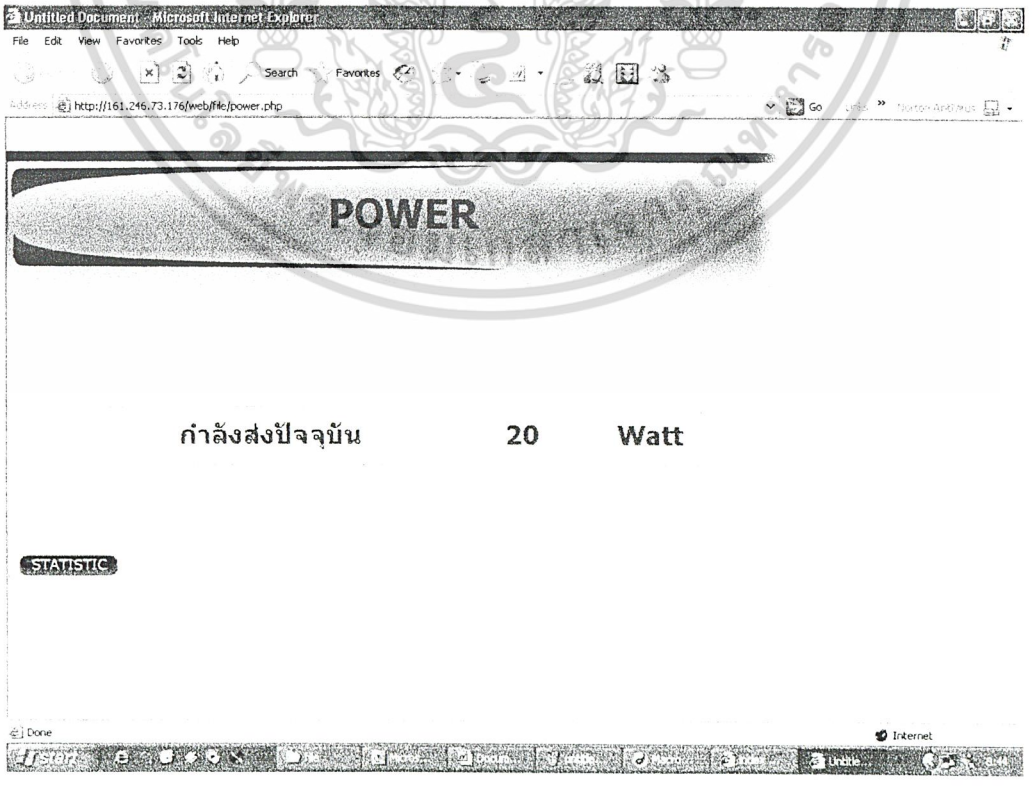


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. แสดงหน้าเวปของฐานข้อมูลที่เก็บสถิติของความถี่ที่ส่งไว้

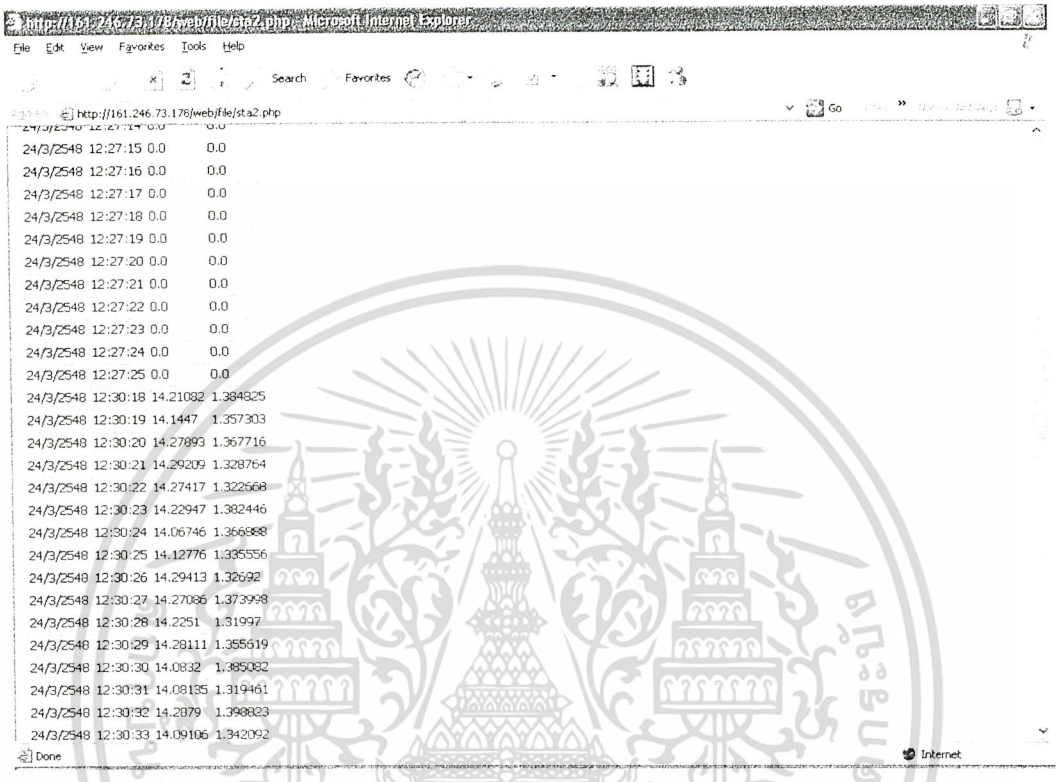


10. แสดงหน้าเวปของกำลังส่งที่ส่งปัจจุบัน

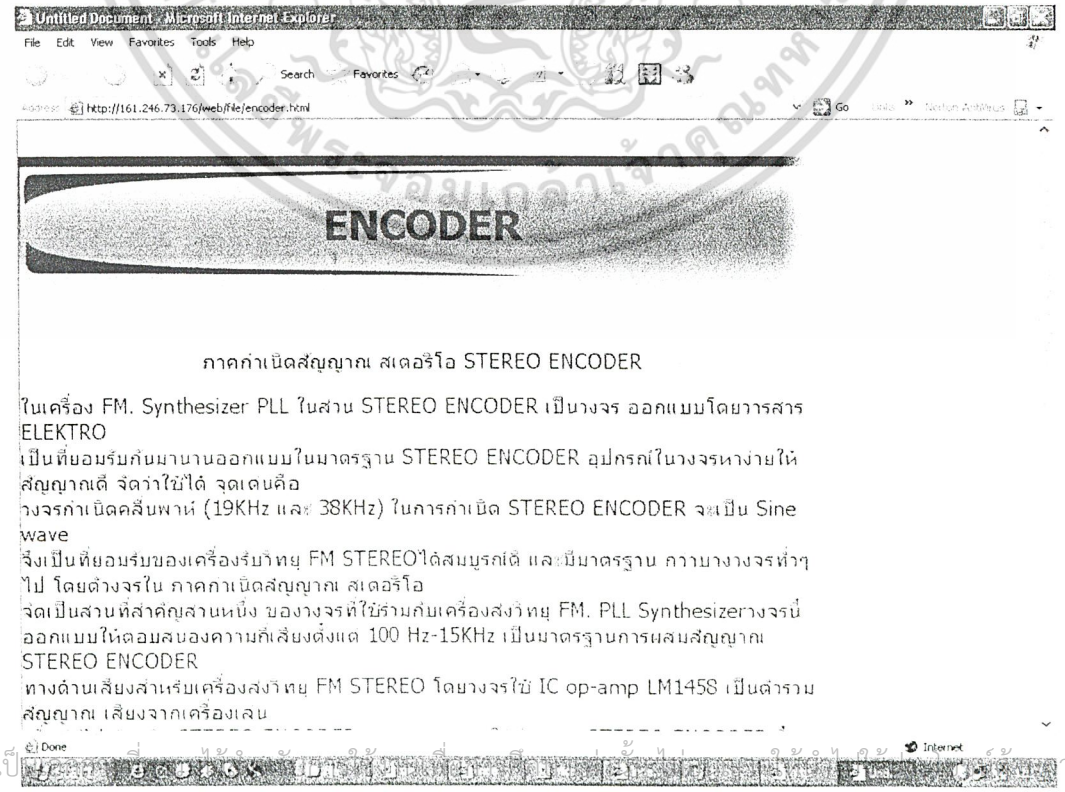


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. แสดงหน้าเวปของฐานข้อมูลที่เก็บสถิติของกำลังที่ส่งไว้



12. แสดงหน้าเวปของทฤษฎีเครื่องส่งวิทยุ



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้นำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหา

1. อุปกรณ์ปรีสเกลเลอร์หาซื้อตามท้องตลาดได้ยากมาก
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความคลาดเคลื่อนมากในการวัดความถี่ย่านสูงๆ
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า SWR และวัตต์มิเตอร์ยังไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควร
4. ฐานข้อมูลที่มีลักษณะแบบ ODBC จะมีการทำงานที่ช้ากว่าฐานข้อมูลแบบอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

1. โครงงานนี้สามารถนำไปพัฒนาเครื่องมือวัดความถี่ในย่านต่างๆ ได้
2. สามารถประยุกต์ในการแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านอินเตอร์เนตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] น.ต. ไพศาล โมลิสกุลมงคล, พัฒนา Web Database ด้วย PHP, ดวงกมลสมัย, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538.

[2] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล – วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 Flash Microcontroller ฉบับ AT89C5X ของ Atmel, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์, 2545.

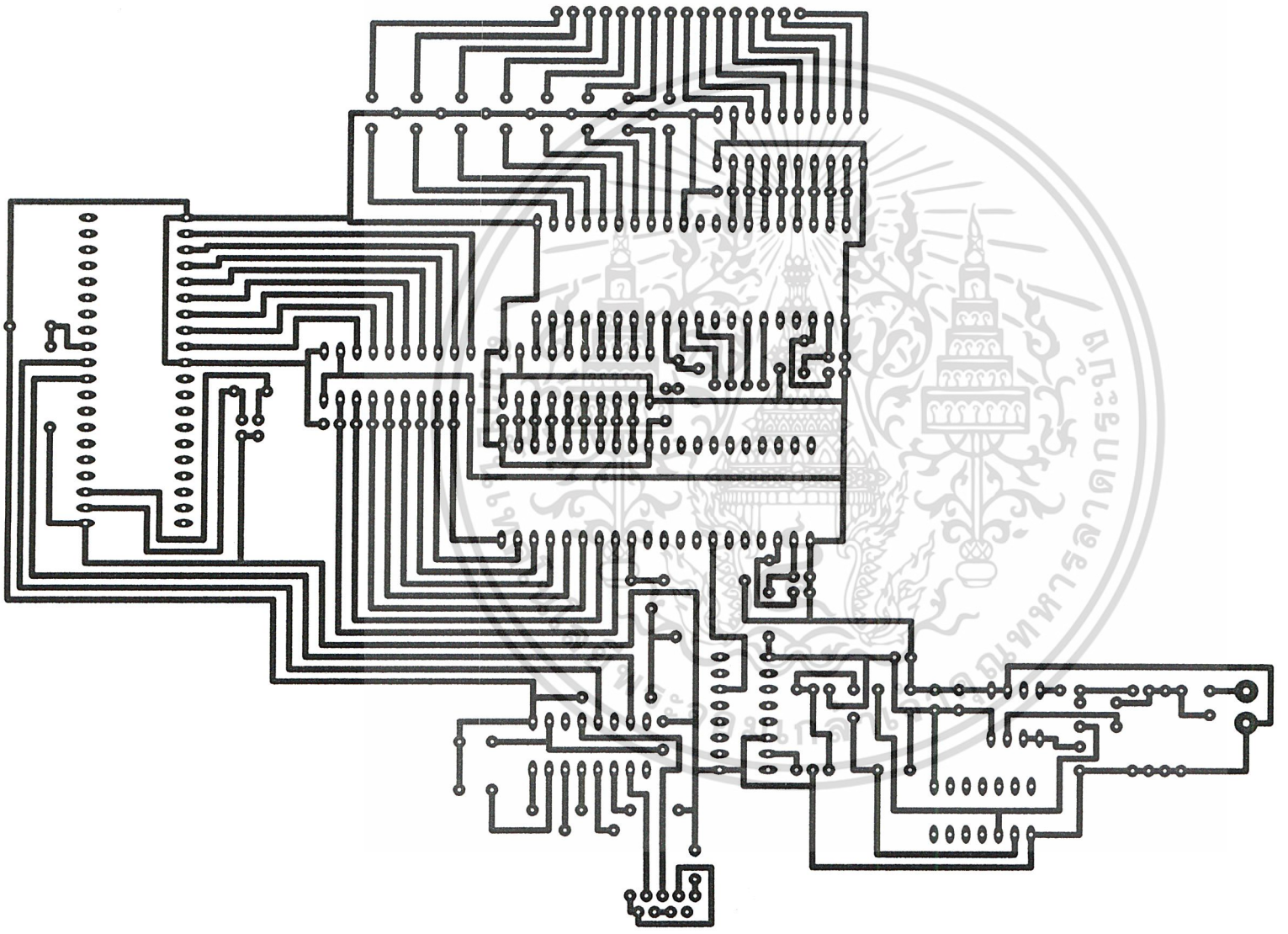
[3] อรรถพล บุญยะโภคา วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์, 2547.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

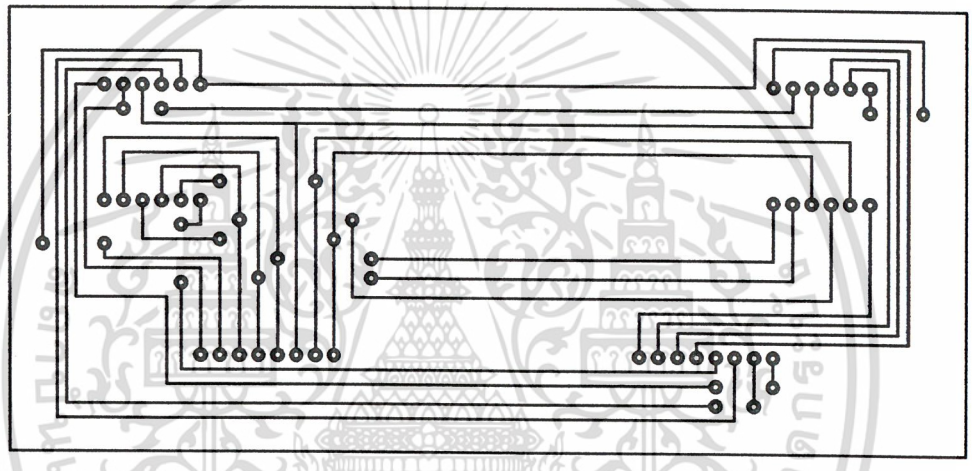
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

File c:\docume~1\admini~1.jib\desktop\51proj~1\peb\51print.peb, Version count 77, Print PCB Mask
Windows PCB Designer by Niche Software
Created 22:05 09 Mar 2005 (Last Saved at 04:53 13 Mar 2005)

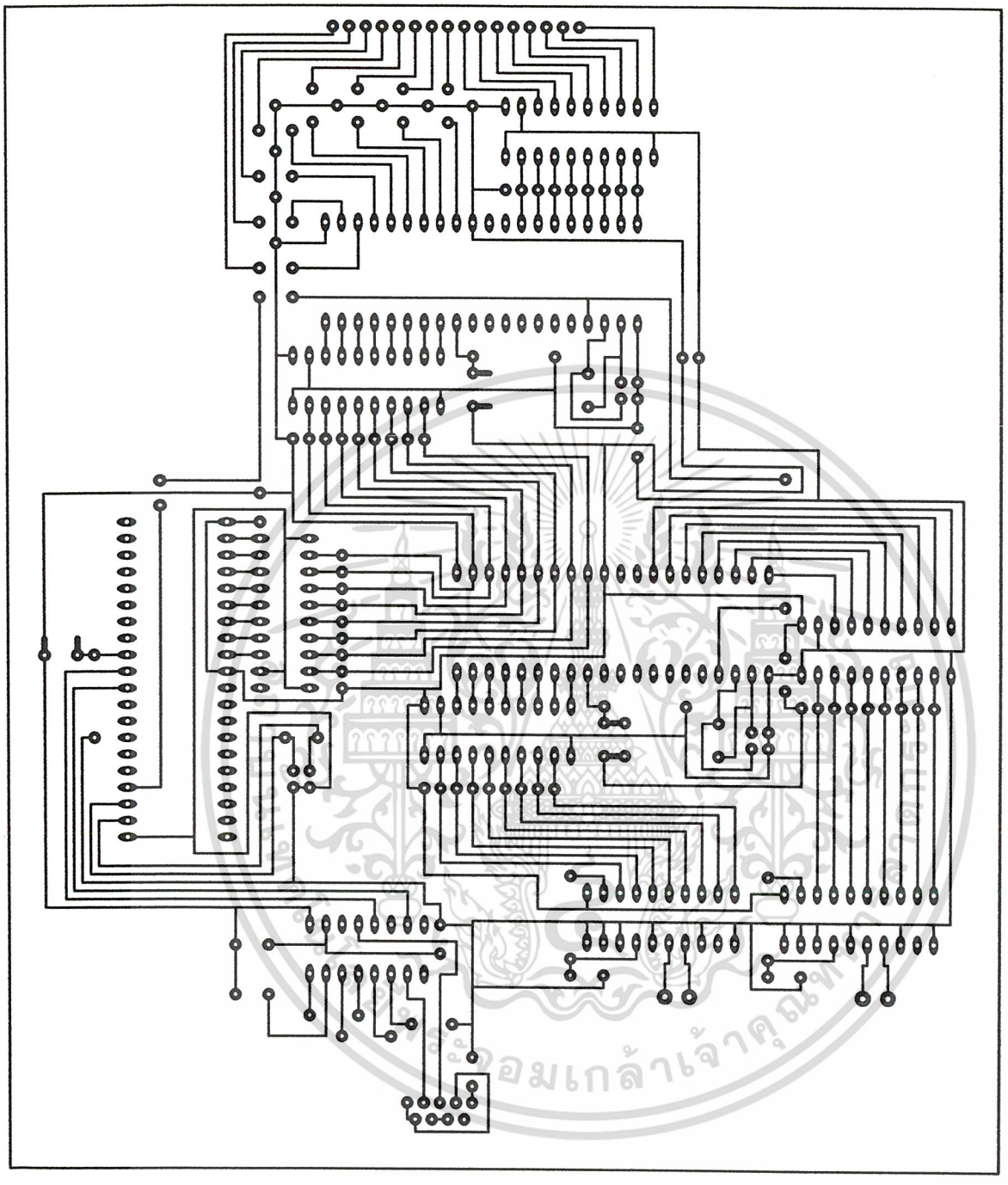


File c:\docume~1\admini~1.jib\desktop\51proj~1\pcb\7watt.pcb, Version count 9, Print PCB Mask
Windows PCB Designer by Niche Software
Created 22:55 22 Mar 2005 (Last Saved at 23:23 22 Mar 2005)



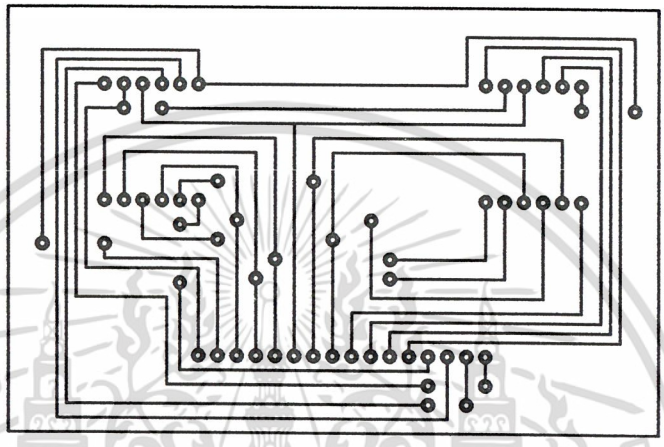
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

File c:\docume~1\admini~1.jib\desktop\51proj~1\pcb\51watt.pcb, Version count 31, Print PCB Mask
Windows PCB Designer by Niche Software
Created 15:50 21 Mar 2005 (Last Saved at 14:07 30 Mar 2028)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

File UNTITLED.PCB, Version count 1, Print PCB Mask
Windows PCB Designer by Niche Software
Created 14:00 30 Mar 2028 (Last Saved at 14:00 30 Mar 2028)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

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

8-Bit Microcontroller with 4 Kbytes Flash

Description

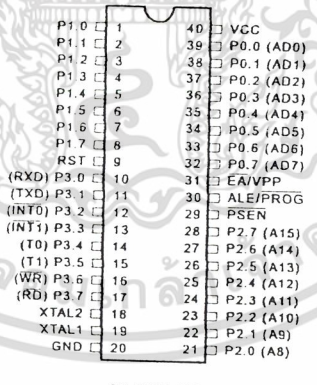
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C51 provides the following standard features: 4 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is

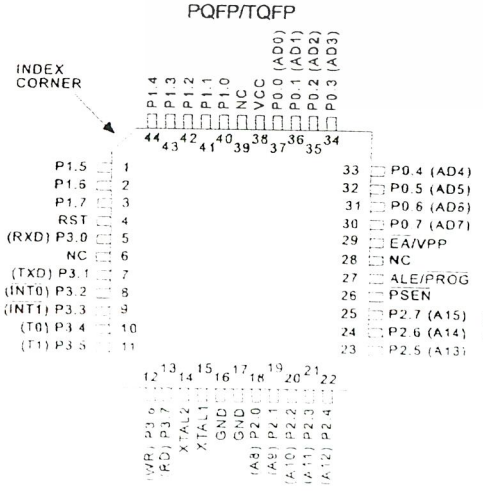
(continued)

Pin Configurations

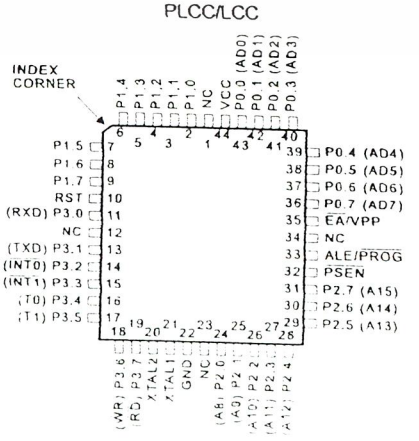
PDIP/Cerdip



PQFP/TQFP

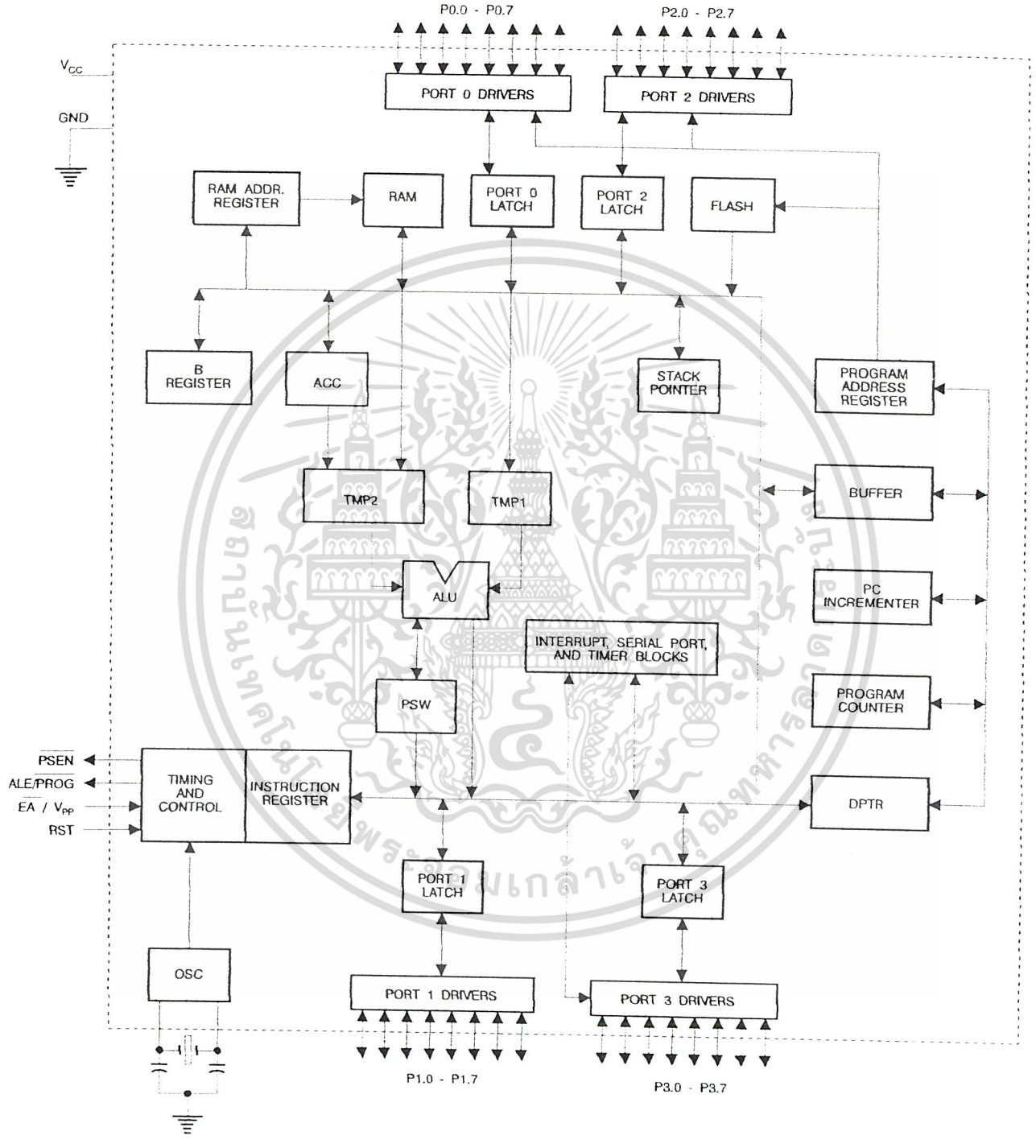


PLCC/LCC



เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description (Continued)

designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

Port 0 may 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.

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

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 it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

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

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

RST

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

ALE/$\overline{PROG}$

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

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

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

$\overline{PSEN}$

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

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

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

External Access Enable. $\overline{EA}$ 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, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

(continued)

ไฟล์นี้มีลายน้ำสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (Continued)

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. 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 2. 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.

It should be noted that when idle 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 is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

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

Figure 1. Oscillator Connections

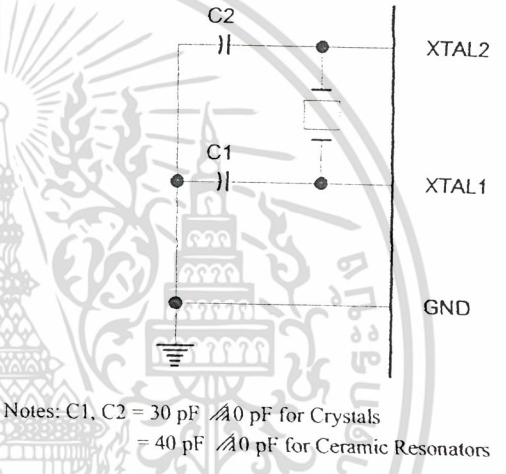
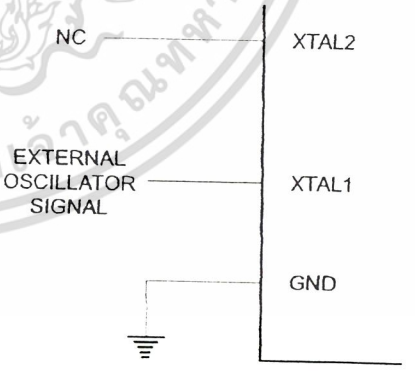


Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

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. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

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

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12 V	V_{PP} = 5 V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, 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 12 V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

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

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12 V programming
(032H) = 05H indicates 5 V programming

Programming Interface

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

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

Flash Programming Modes

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

Notes: 1. The signature byte at location 032H designates whether V_{PP} = 12 V or V_{PP} = 5 V should be used to enable programming.
2. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

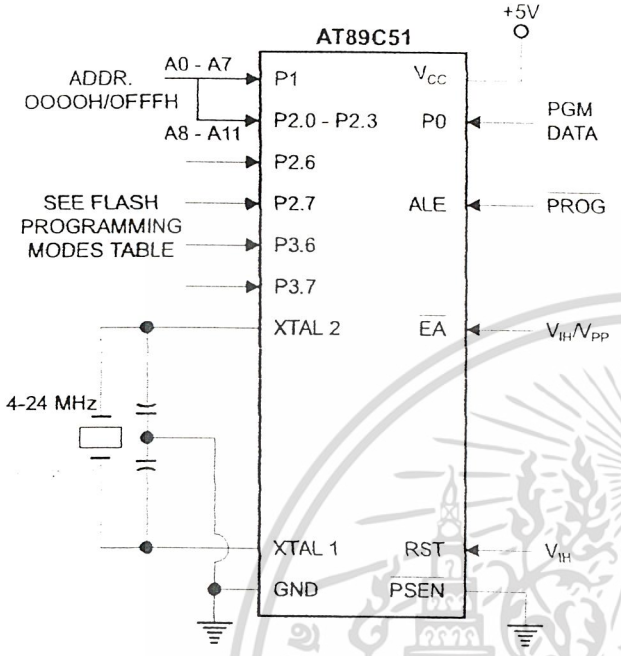
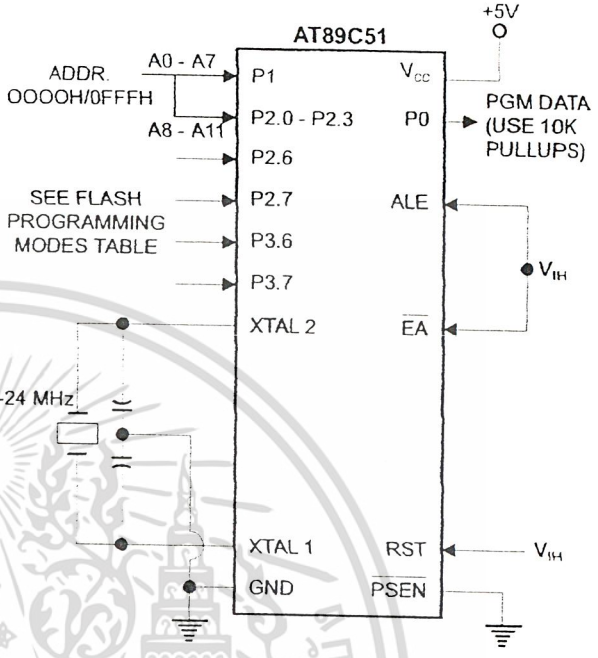


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

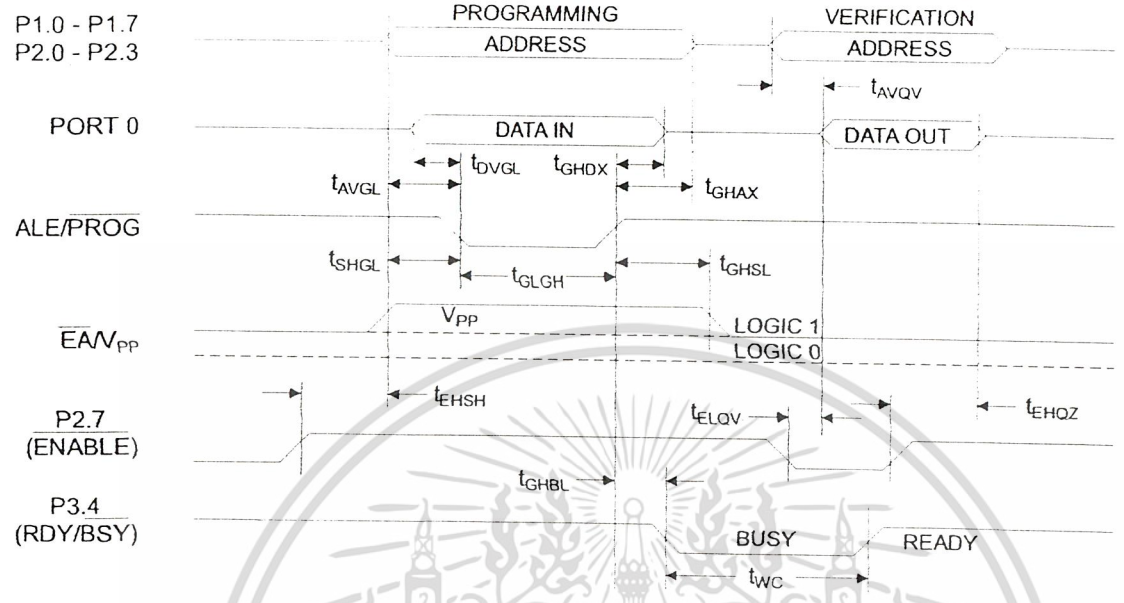
T_A = 21°C to 27°C, V_{CC} = 5.0 ⁄10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	48tCLCL		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		s
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		s
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	s
t_{AVQV}	Address to Data Valid		48tCLCL	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		48t_{CLCL}	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	48t_{CLCL}	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	s
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

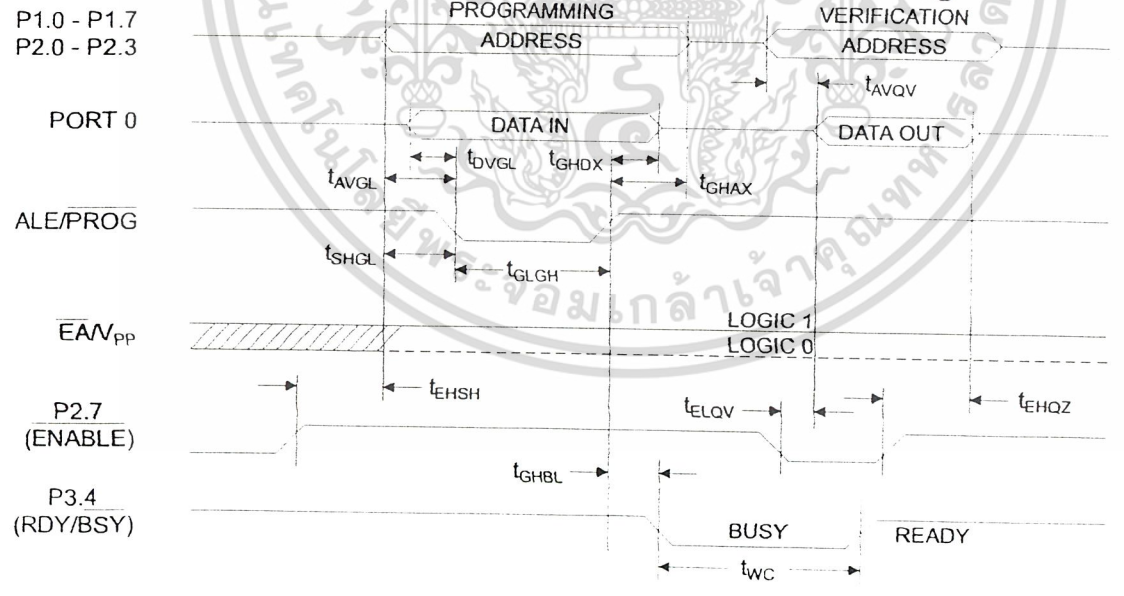
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage	6.6 V
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.

D.C. Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0 V ±20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, PSEN)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5 V ±10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5 V ±10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45 V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2 V		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6 V		100	µA
		V_{CC} = 3 V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. Characteristics

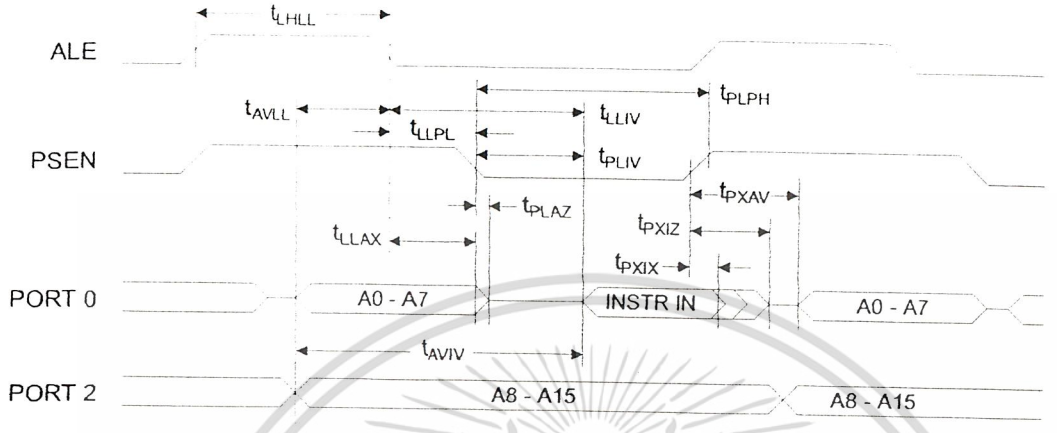
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

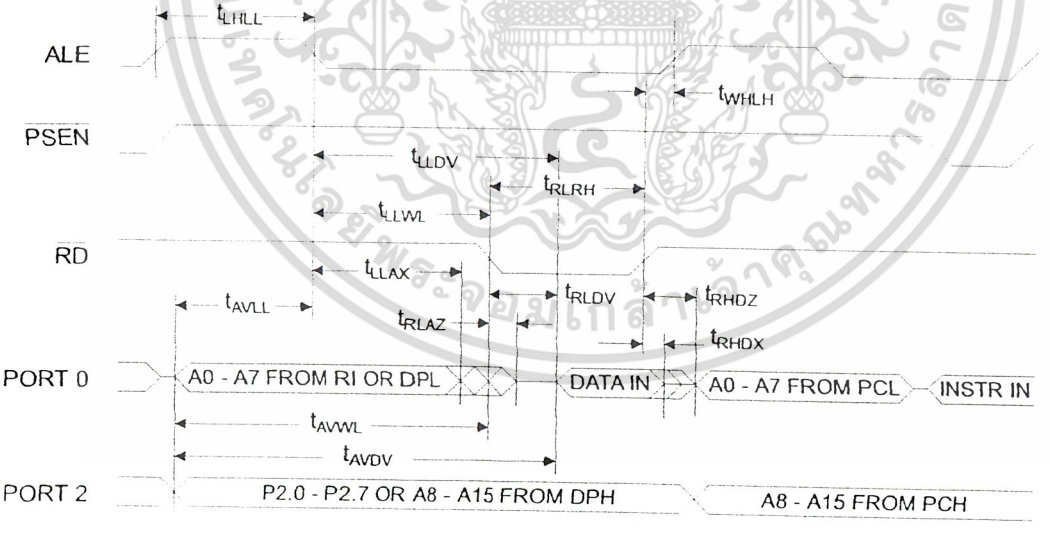
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	28		$tCLCL-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$tCLCL-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4tCLCL-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8tCLCL-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9tCLCL-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

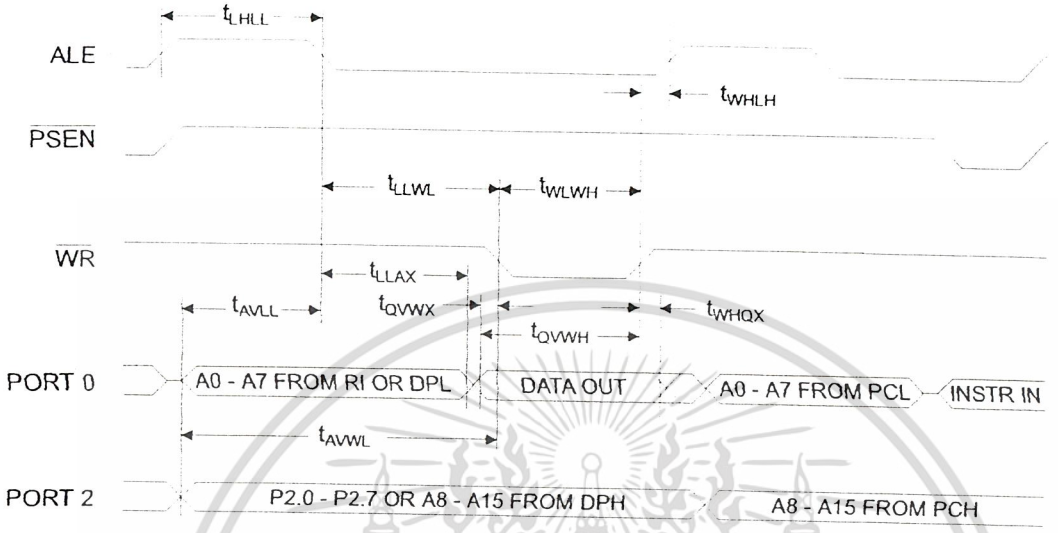


External Data Memory Read Cycle

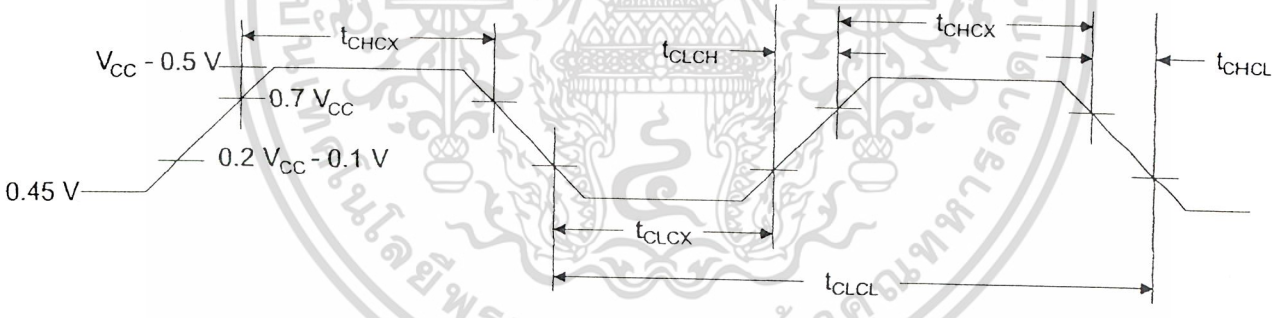


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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

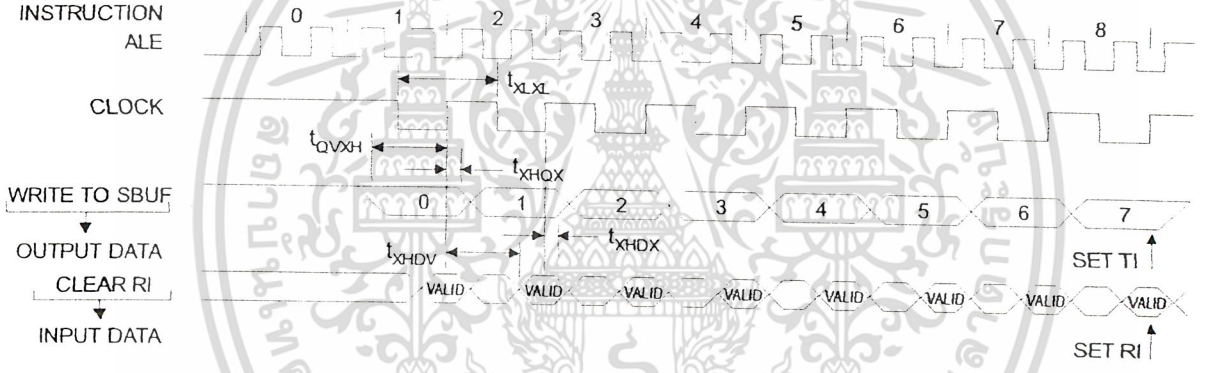
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

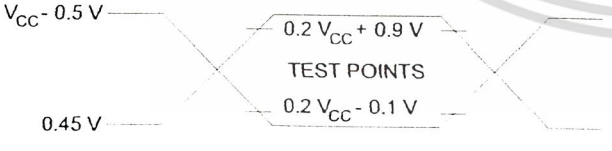
(V_{CC} = 5.0 V ±20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-33		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10tCLCL-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

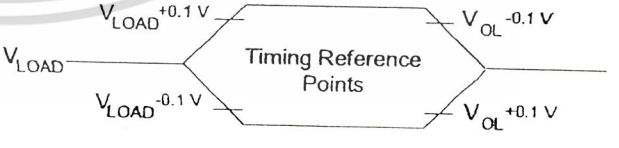


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



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

Float Waveforms[1]



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5 V ±20%	AT89C51-12AC AT89C51-12JC AT89C51-12PC AT89C51-12QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0 °C to 70 °C)
		AT89C51-12AI AT89C51-12JI AT89C51-12PI AT89C51-12QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40 °C to 85 °C)
		AT89C51-12AA AT89C51-12JA AT89C51-12PA AT89C51-12QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40 °C to 125 °C)
	5 V ±10%	AT89C51-12DM AT89C51-12LM	40D6 44L	Military (-55 °C to 125 °C)
		AT89C51-12DM/883 AT89C51-12LM/883	40D6 44L	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55 °C to 125 °C)
16	5 V ±20%	AT89C51-16AC AT89C51-16JC AT89C51-16PC AT89C51-16QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0 °C to 70 °C)
		AT89C51-16AI AT89C51-16JI AT89C51-16PI AT89C51-16QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40 °C to 85 °C)
		AT89C51-16AA AT89C51-16JA AT89C51-16PA AT89C51-16QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40 °C to 125 °C)
20	5 V ±20%	AT89C51-20AC AT89C51-20JC AT89C51-20PC AT89C51-20QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0 °C to 70 °C)
		AT89C51-20AI AT89C51-20JI AT89C51-20PI AT89C51-20QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40 °C to 85 °C)
24	5 V ±20%	AT89C51-24AC AT89C51-24JC AT89C51-24PC AT89C51-24QC	44A 44J 44P6 44Q	Commercial (0 °C to 70 °C)
		AT89C51-24AI AT89C51-24JI AT89C51-24PI AT89C51-24QI	44A 44J 44P6 44Q	Industrial (-40 °C to 85 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
40D6	40 Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
44L	44 Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

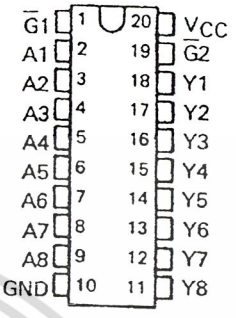
ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54LS540, SN54LS541, SN74LS540, SN74LS541
OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

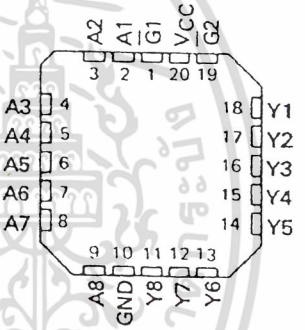
SDLS180 – AUGUST 1979 – REVISED MARCH 1988

- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- P-N-P Inputs Reduce D-C Loading
- Hysteresis at Inputs Improves Noise Margins
- Data Flow-thru Pinout (All Inputs on Opposite Side from Outputs)

SN54LS540, SN54LS541 . . . J OR W PACKAGE
SN74LS540, SN74LS541 . . . DW OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54LS540, SN54LS541 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



description

These octal buffers and line drivers are designed to have the performance of the popular SN54LS240/SN74LS240 series and, at the same time, offer a pinout having the inputs and outputs on opposite sides of the package. This arrangement greatly enhances printed circuit board layout.

The three-state control gate is a 2-input NOR such that if either $\overline{G1}$ or $\overline{G2}$ are high, all eight outputs are in the high-impedance state.

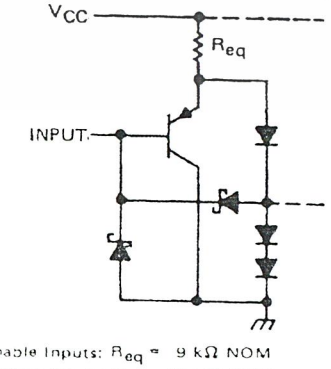
The 'LS540 offers inverting data and the 'LS541 offers true data at the outputs.

The SN54LS540 and SN54LS541 are characterized for operation over the full military temperature range of −55°C to 125°C. The SN74LS540 and SN74LS541 are characterized for operation from 0°C to 70°C.

TYPE	RATED I_{OL} (SINK CURRENT)	RATED I_{OH} (SOURCE CURRENT)	TYPICAL POWER DISSIPATION (ENABLED) 'LS540	'LS541
SN54LS'	12 mA	−12 mA	92.5 mW	120 mW
SN74LS'	24 mA	−15 mA	92.5 mW	120 mW

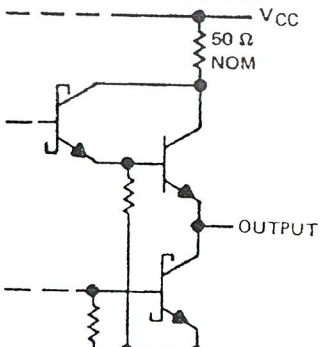
schematics of inputs and outputs

EQUIVALENT OF EACH INPUT



Enable Inputs: R_{eq} = 9 kΩ NOM
All Other Inputs: R_{eq} = 10 kΩ NOM

TYPICAL OF ALL OUTPUTS

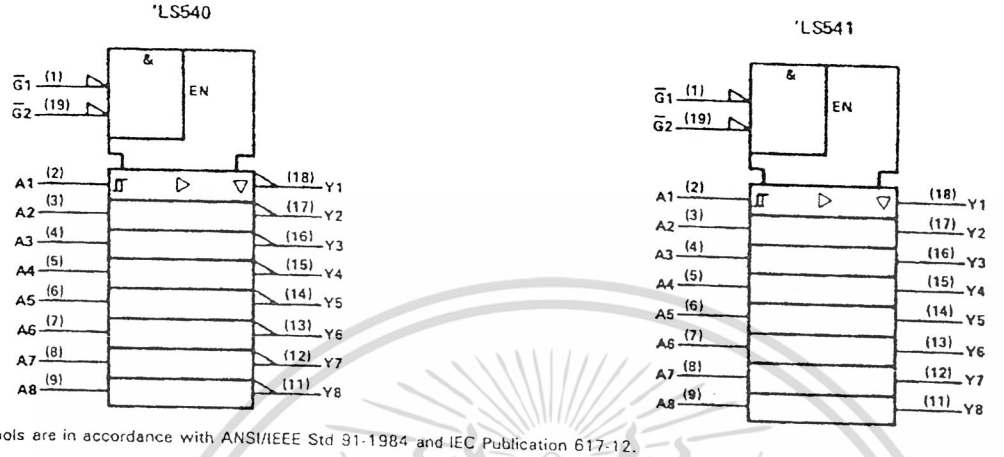


PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated

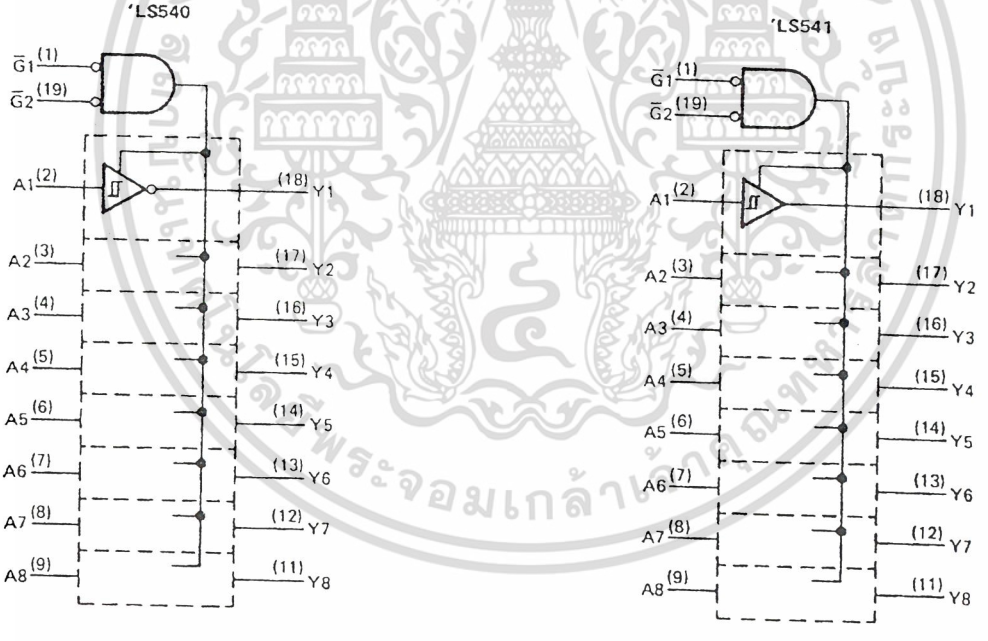
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

logic symbols†



† These symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1) . . . . . 7 V
Input voltage . . . . . 7 V
Operating free-air temperature range: SN54LS540, SN54LS541 . . . . . −55°C to 125°C
SN74LS540, SN74LS541 . . . . . 0°C to 70°C
Storage temperature range . . . . . −65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to the network ground terminal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

recommended operating conditions

PARAMETER	SN54LS'			SN74LS'			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−12			−15	mA
Low-level output current, I_{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		SN54LS'			SN74LS'			UNIT
				MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH}	High-level input voltage			2			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.6			0.6	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −18 mA			−1.5			−1.5	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{CC} = MIN		0.2	0.4		0.2	0.4		V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max,	V_{IH} = 2 V, I_{OH} = −3 mA	2.4	3.4		2.4	3.4		V
		V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.5 V,	V_{IH} = 2V, I_{OH} = MAX	2			2			
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = V_{IL} max	I_{OL} = 12 mA		0.25	0.4		0.25	0.4	V
			I_{OL} = 24 mA					0.35	0.5	
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = V_{IL} max	V_O = 2.7 V			20			20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied		V_O = 0.4 V			−20			−20	
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 7 V			0.1			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current, any input	V_{CC} = MAX,	V_I = 2.7 V			20			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX,	V_I = 0.4 V			−0.2			−0.2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current§	V_{CC} = MAX		−40		−225	−40		−225	mA
I_{CC}	Supply current	Outputs high	'LS540		13	25		13	25	mA
			'LS541		18	32		18	32	
		Outputs low	'LS540		24	45		24	45	
			'LS541		30	52		30	52	
		All outputs disabled	'LS540		30	52		30	52	
			'LS541		32	55		32	55	

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
§Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	'LS540			'LS541			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	C_L = 45 pF, R_L = 667 Ω, See Note 2		9	15		9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			9	15		10	18	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			25	38		25	38	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level			15	25		20	32	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	C_L = 5 pF, R_L = 667 Ω, See Note 2		10	18		10	18	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level			15	25		18	29	ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0175; Rev 3; 5/96

MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

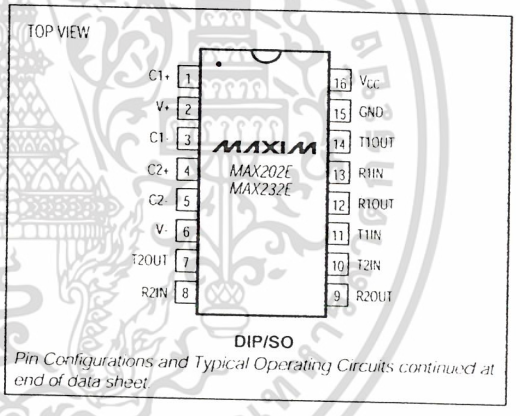
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering Information appears at end of data sheet.

Features

- ♦ **ESD Protection for RS-232 I/O Pins:**
  ±15kV—Human Body Model
  ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
  ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- ♦ **Latchup Free (unlike bipolar equivalents)**
- ♦ **Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible**
- ♦ **Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate**
- ♦ **Operate from a Single +5V Power Supply**

Pin Configurations



DIP/SO

Pin Configurations and Typical Operating Circuits continued at end of data sheet.

Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

VCC ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (VCC - 0.3V) to +14V
V- ..... -14V to +0.3V
Input Voltages
T_IN ..... -0.3V to (V+ + 0.3V)
R_IN ..... ±30V
Output Voltages
T_OUT ..... (V- - 0.3V) to (V+ + 0.3V)
R_OUT ..... -0.3V to (VCC + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_OUT ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Wide Plastic DIP
(derate 14.29mW/°C above +70°C) 1.14W
24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) 941mW
24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2__EC_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2__EE_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +165°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VCC = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; VCC = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS							
VCC Supply Current	ICC	No load, TA = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E–208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current		TA = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current		T_IN = 0V (MAX205E–208E/211E/213E/241E)			15	200	µA
Input Leakage Current		T_IN = 0V to VCC (MAX202E/203E/232E)				±10	µA
Input Threshold Low	VIL	T_IN; EN, SHDN (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)				0.8	V
Input Threshold High	VIH	T_IN		2.0			V
		EN, SHDN (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	VOL	R_OUT, IOUT = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or IOUT = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)				0.4	V
Output Voltage High	VOH	R_OUT, IOUT = -1.0mA		3.5	VCC	0.4	V
Output Leakage Current		$\overline{EN}$ = VCC, EN = 0V, 0V ≤ ROUT ≤ VCC, MAX205E–208E/211E/213E/241E outputs disabled			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E. C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS							
Input Voltage Range				-30		30	V
Input Threshold Low		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2		V
			MAX213E, $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}	0.6	1.5		
Input Threshold High		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation		1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		1.5	2.4	
Input Hysteresis		V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V		3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS							
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)		±5	±9		V
Output Resistance		V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300			Ω
Output Short-Circuit Current					±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS							
Maximum Data Rate		R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching		120			kbps
Receiver Propagation Delay	t_{PLHR}, t_{PHLR}	C_L = 150pF	All parts, normal operation		0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			200		ns
Transmitter Propagation Delay	t_{PLHT}, t_{PHLT}	R_L = 3kΩ, C_L = 2500pF, all transmitters loaded			2		µs
Transition-Region Slew Rate		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3		3	6	30	V/µs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS							
ESD-Protection Voltage		Human Body Model			±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge			±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge			±15		

Note 1: MAX211EE_ _ tested with V_{CC} = +5V ±5%

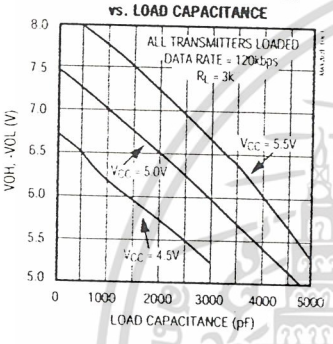
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

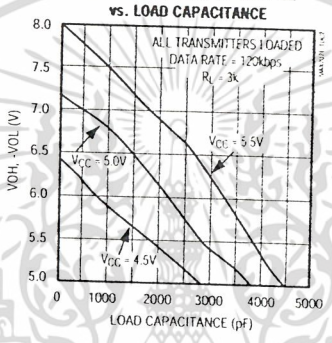
Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

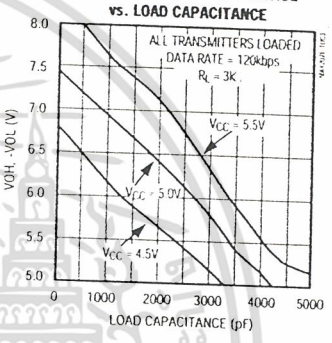
MAX232E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



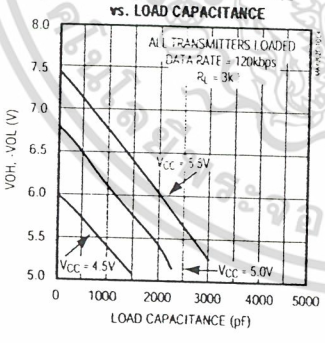
MAX202E/MAX203E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



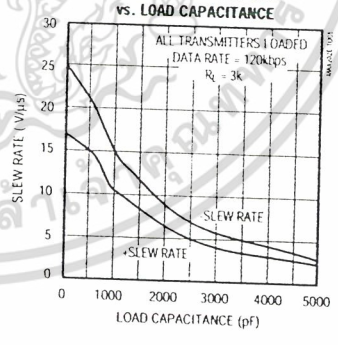
MAX241E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E/MAX241E
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE

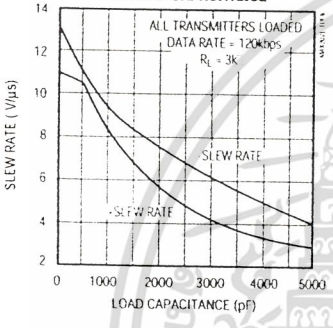


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

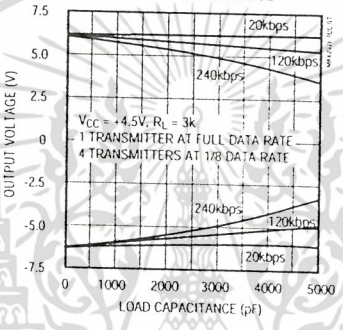
Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

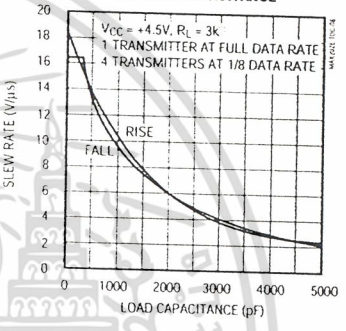
MAX202E/MAX203E/MAX232E TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



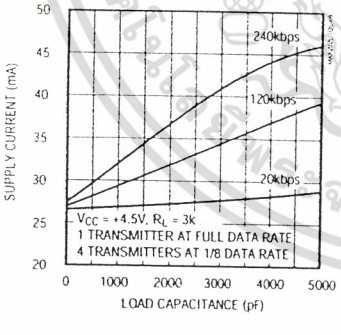
MAX205E–MAX208E TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



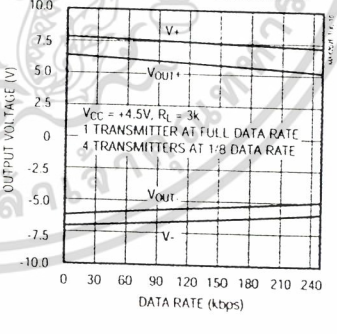
MAX205E–MAX208E TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX205E–MAX208E SUPPLY CURRENT vs. LOAD CAPACITANCE



MAX205E–MAX208E OUTPUT VOLTAGE vs. DATA RATE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้