สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร

DIGITAL METER OF PERCENTAGE WHITENESS FOR SEED

โดย

นาย พรเทพ รัตนกำพล

นาย ธเนศ หาญพัฒนะนุสรณ์

นาย ธาตรี จงธรรมมั่ง

นาย ก้อง หม่วยนอก

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา

อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 37008
วัน, เดือน, ปี..... 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร

ผู้จัดทำ

1. นาย พรเทพ รัตนกำพล
2. นาย ธเนศ หาญพัฒนะนุสรณ์
3. นาย ธาตรี จงธรรมมั่ง
4. นาย ก้อง หม่วยนอก

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร

นาย พรเทพ รัตนกำพล
นาย ธเนศ หาญพัฒนะนุสรณ์
นาย ธาตรี จงธรรมมั่ง
นาย ก้อง หม่วยนอก
ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งใช้วัดความขาวของเมล็ดข้าวโดยอาศัยการสะท้อนแสงผ่านเลนส์ไปยังโฟโต้ไดโอด และโฟโต้ไดโอดจะแปลงพลังงานแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ชุด A/D คอนเวอร์เตอร์จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล สุดท้ายจะถูกนำไปแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความขาวโดย LCD Display

เครื่องมือวัดความขาวนี้มีชุดการทำงานแบ่งเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนท่อนำแสงและตัว โฟโต้-ไดโอดส่วนวงจรแอมปลิไฟร์ ส่วนวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลและ วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลโดยส่วนประมวลผลนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 และในส่วนแสดงผลใช้การแสดงผลผ่านจอ LCD ด็อต เมทริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL METER OF PERCENTAGE WHITENESS FOR SEED

Porntep Rattanakumpon
Taned Handpattananusorn
Thatree Jongthammang
Kong Muaynok
Asst.prof Prapart Prisuwanna Advisor
Mr. Anuwat Jangwanitlert Advisor
1999

ABSTRACT

This thesis mentions to digital meter of percentage whiteness for seed which is used to measures whiteness of grain by using reflection of light through lens to photodiode. Photodiode then converses light to electrical signal, Converse analog electrical signal to digital signal by A/D converter, finally displays output in percent of whiteness by LCD display.

This whiteness meter can be decomposed in 5 portions. There are lighting tube and photodiode, Amplifier circuit, A/D and D/A converter,Processing unit, and output display. Processing unit uses microcontroller 8051 and output display uses LCD dot metrix.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 อุปกรณ์รับแสง	2
2.1 Photo- Electromotive-Effect	3
2.2 Photo-Conduction-Effect	3
2.3 Thermal-Effect	3
2.4 เครื่องรับสำหรับการสื่อสารด้วยแสง (optical receivers)	4
2.5 อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photo detection)	5
2.6 ประสิทธิภาพควอนตัม (Quantum Efficiency)	6
2.7 ความเร็วในการตอบสนอง (Speed of Response)	8
2.8 ค่าการตอบสนอง (Responsivity)	9
2.9 การสร้างชุดวัดความขาว	10
บทที่ 3 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง	11
3.1 ทฤษฎี	11
3.2 โวลท์เตจเรคกูเลเตอร์ (Voltage Regulator)	16
บทที่ 4 การออกแบบวงจรที่ใช้อินเตอร์เฟซกับชุดซิงเกิลบอร์ด	19
4.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก	19
4.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	20
4.3 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน	23
4.4 วงจรซัมมิ่ง	23
4.5 วงจรอินเวิร์ตติ้ง	24
4.6 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่อง	25
บทที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	27
5.1 รายละเอียดของขาสัญญาณ 8051	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โครงสร้างภายในของพอร์ต 8051 29
5.3 โครงสร้างของหน่วยความจำของ 8051 30
5.4 การคำนวณความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Generating Baud Rate) 41
5.5 การต่อหน่วยความจำภายนอก 44
5.6 หน่วยความจำข้อมูล 44
5.7 ฐานเวลาของ 8051 45
5.8 ชุดคำสั่งของ 8051 45
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง 57
6.1 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล 57
6.2 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก 59
6.3 การทดสอบการวัดสัญญาณในชุดอินเตอร์เฟซกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 63
บทที่ 7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 68
ภาคผนวก ก
ภาคผนวก ข
กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร	1
รูปที่ 2.1 รูปแสดงการป้อนรีเวิร์สไบอัสแก่ PN จังชั่น	6
รูปที่ 2.2 แสดงความเร็วลอยเลื่อนของพาหะกับสนามอิเลคตรอน	8
รูปที่ 2.3 แสดงชุดท่อนำแสง	10
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรฟูลบริดจ์ เร็คติ ไฟร์	11
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรบริดจ์เร็คติ ไฟร์	12
รูปที่ 3.3 แสดงแรงดัน Vo เมื่อใส่ C ฟิลเตอร์	13
รูปที่ 3.4 แสดงการประมาณค่า ริปเปิลโวลท์เตจ (Ripple Voltage) โดยใช้สัญญาณฟันเลื่อย	14
รูปที่ 3.5 เอซี คอมโพเนนท์ (ac component) เฉพาะของ ริปเปิลโวลท์เตจ	14
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการต่อใช้งาน ไอซี 78xx	16
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรการต่อใช้งานจริง	17
รูปที่ 4.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก	19
รูปที่ 4.2 แสดงเวลาการทำงานของ ADC 0804	21
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงาน (Successive Approximation)(SAR)	21
รูปที่ 4.4 แสดงการต่อใช้งานไอซีเบอร์ ADC 0804	22
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดัน	23
รูปที่ 4.6 แสดงวงจรซัมมิ่ง	24
รูปที่ 4.7 แสดงวงจรอินเวิร์ตติ้ง	25
รูปที่ 4.8 แสดงวงจรควบคุมรีเลย์	25
รูปที่ 4.9 แสดงวงจรกำลัง	26
รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างภายในของ 8051	27
รูปที่ 5.2 แสดงขาของ 8051	29
รูปที่ 5.3 แสดงโครงสร้างภายในของพอร์ตแต่ละพอร์ตของ 8051	30
รูปที่ 5.4 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051	31
รูปที่ 5.5 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051	31
รูปที่ 5.6 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน	32
รูปที่ 5.7 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แสดงการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 44
รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างการต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก 45
รูปที่ 5.10 แสดงการต่อ Crystal หรือ Ceramic Resonator 45
รูปที่ 5.11 การใช้งาน ความถี่จากภายนอก 46
รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณช่วง dark current ที่ โฟโต้ไดโอด 62
รูปที่ 6.2 แสดงสัญญาณที่ โฟโต้ไดโอดเมื่อใส่ตลับทดสอบ 63
รูปที่ 6.3 แสดงสัญญาณที่ขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง Vcc ของไอซี ADC 64
รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบแรงดันที่วัดจากข้าวสารตลับเดียวกัน 2 ครั้ง 65
รูปที่ 6.5 เปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดัน Vin ระหว่างข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ 66
รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากวงจร ADC เมื่อทดสอบ 10 ตัวอย่าง 67
รูปที่ 7.1 แสดงวงจรจริงของโครงงาน 70
รูปที่ 7.2 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 71
รูปที่ 7.3 แสดงโครงสร้างภายในของโครงงาน 72
รูปที่ 7.4 แสดงโครงสร้างภายนอกของโครงงาน 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

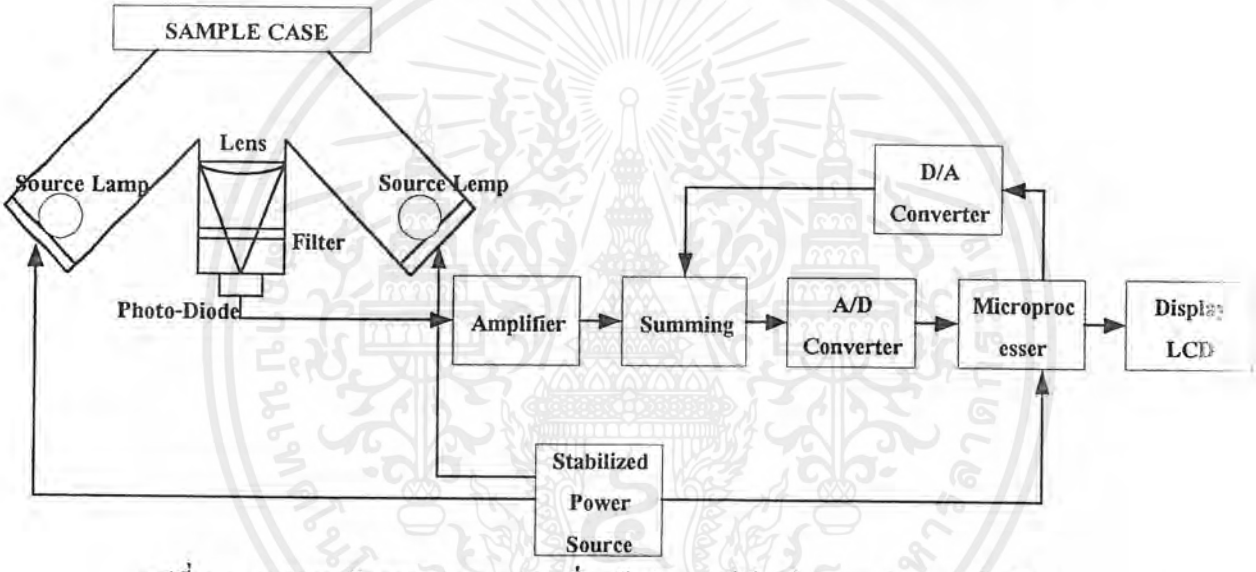
สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 กลุ่มคำสั่งคณิตศาสตร์ของ 8051	47
ตารางที่ 5.2 กลุ่มคำสั่งลอจิกของ 8051	48
ตารางที่ 5.3 กลุ่มคำสั่งถ่ายข้อมูล	49
ตารางที่ 5.4 กลุ่มคำสั่งถ่ายข้อมูลหน่วยความจำภายนอก	49
ตารางที่ 5.5 กลุ่มคำสั่งข้อมูลตาราง	50
ตารางที่ 5.6 กลุ่มคำสั่ง Boolean	51
ตารางที่ 5.7 กลุ่มคำสั่งกระโดด	52
ตารางที่ 5.8 กลุ่มคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข	53
ตางรางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการทดสอบ ADC	57
ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงผลการทดสอบ DAC	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร เป็นเครื่องมือวัดความขาวของเมล็ดข้าวที่ได้ผ่านขบวนการของการสีข้าวมาแล้ว ซึ่งเราสามารถทำการวัดหาค่าความข้าวของเมล็ดข้าวสารได้โดยเก็บตัวอย่างมาทำการวัด ซึ่งกลุ่มของข้าพเจ้าได้จัดเสนอโครงงานการวัดความขาวของเมล็ดข้าวสาร โดยผสมผสานพลังงานทางแสงแปรรูปมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีรูปขั้นตอนคือ โครงงานนี้จะใช้ตัวโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 1.1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร

จากรูปที่ 1.1 แสงจากแหล่งจ่ายแสงซึ่งสะท้อนจากผิวของเมล็ดข้าวสาร ที่อยู่ในชุดทดสอบแล้วผ่าน เลนส์ (Lens)มาที่จุด โฟกัส (Focus) บนโฟโต้ไดโอด โดยที่ชุดทดสอบความขาวจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการสะท้อนของแสง ดังนั้นในการผลิต กระแสไฟฟ้าที่ออกจากโฟโต้ไดโอด จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อค่าความแม่นยำที่จะแสดงผลออกทางหน้าจอ

พลังงานที่ออกจากโฟโต้ไดโอดซึ่งอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าจะผ่านวงจรแอมปลิไฟร์ เพื่อทำการขยายแรงดันแล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรซัมมิ่ง (Summing) ซึ่งในส่วนของวงจรซัมมิ่งนั้นจะมีอินพุท 2 ค่า คือจากวงจรแอมปลิ ไฟร์ และจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรซัมมิ่งนั้นจะเป็นสัญญาณที่มีการกลับเฟสกันกับสัญญาณอินพุท ดังนั้นสัญญาณเอาท์พุท ที่ได้จึงต้องไปผ่านวงจรอินเวิร์ตติ้ง (Inverting) เพื่อทำการกลับเฟสของสัญญาณให้ถูกต้องตามต้องการ จากนั้นสัญญาณเอาท์พุท ที่ได้ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก จะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยวงจรแปลง สัญญาณอนาล็อก เป็นดิจิตอลซึ่งจะทำให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดิจิตอลที่มีขนาด 8 บิท ส่งต่อไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลของสัญญาณและทำการแสดงผลที่ทำการวัดได้จากตอนแรกแสดงออกเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารผ่านทางจอแสดงผล

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.1.1สามารถเข้าใจถึงหลักการและทฤษฎีของเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารได้ทั้ง ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์

1.1.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับขบวนการวัดความขาวของเมล็ดข้าวสาร

1.1.3 สามารถเข้าใจวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Anolog to Digital) และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog)

1.1.4 สามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ในการควบคุมและการคำนวณตามเงื่อนไขต่างๆได้อย่างถูกต้อง

1.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.2.1 สามารถนำไปใช้วัดแยกเกรดข้าวสารตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ได้

1.2.2 ช่วยให้โรงสีต่างๆมีมาตรฐานในการเปรียบเทียบข้าวสารเป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.2.3 สามารถนำหลักการต่างๆไปใช้ในการศึกษาและใช้งานในโครงงานอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
อุปกรณ์รับแสง

อุปกรณ์รับแสงคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าซึ่งมี 2 วิธี คือทำการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงกับวิธีเปลี่ยนแสงให้เป็นความร้อนก่อนจากนั้นจึงเปลี่ยน ความร้อนให้เป็นไฟฟ้า วิธีแรกเรียกว่า Photo-Electric-Effect ส่วนวิธีหลังเรียกว่า Thermal Effect ผลการเปลี่ยนต่างๆ เหล่านี้เมื่อทำการเปลี่ยนชนิดละเอียดลงไปจะได้ดังต่อไปนี้

2.1 Photo-Electromotive-Effect

Photo-Electromotive-Effect ถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์รับแสงอย่างจริงจัง ในปี ค.ศ. 1950 และทำให้ได้ Photo Electric Cell ที่เป็นของแข็ง (Solid) ออกมา และ โฟโต้เซลล์ (Photo Cell) ที่ใช้ในตอนแรกเป็น โฟโต้เซลล์ที่ใช้สาร Selenium (Se) และใช้กันมาเป็นระยะเวลานาน ต่อมาสามารถผลิตสารกึ่งตัวนำ Silicon Germanium ซึ่งมีจังชั่นซึ่งให้คุณสมบัติที่ดีได้ จึงทำให้เกิดโฟโต้เซลล์ , โฟโต้ไดโอด ที่ใช้สารกึ่งตัวนำเหล่านี้เป็นอุปกรณ์รับแสงนอกจากนั้น การใช้งานอุปกรณ์รับแสงก็เช่นกัน มีการนำไปใช้งานด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น Photo Relay Circuit การอ่านข้อมูลจาก การ์ด เทป การวัดแสงในกล้องถ่ายรูป และอื่นๆ แต่เมื่อได้มีการประดิษฐ์เลเซอร์ขึ้นมาแล้วก็ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์รับแสงที่มีความไวสูง และมีความเร็วการตอบสนองสูงที่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงกันอย่างแพร่หลาย

2.2 Photo Conduction Effect

Photo Conduction Effect นั้นเมื่อมีแสงมากระทบ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ความต้านทานของสารเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้แก่ปลายทั้งสองของสารจะทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง ผลอันนี้ถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1873 แต่ทว่าการนำมาใช้เป็นโฟโต้ดีเทคเตอร์กันอย่างกว้างขวางนั้นเกิดขึ้นหลังจากการค้นพบผลนี้เป็นเวลานานพอสมควร ในปี ค.ศ. 1950 ได้มีการสร้าง Photo Conduction Cell ซึ่งใช้ Cds และเป็นที่ยอมรับกันว่ามีความไวสูงกว่า Se-Photocell Cds-Photo Conduction Cell นี้แม้กระทั่งในปัจจุบันก็ยังใช้กันอยู่อย่างกว้างขวางในการวัดแสงของกล้องถ่ายรูป และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมี Photo Conduction Cell ที่ทำจาก Ge,Pbs,Pb,Te และอื่นๆ และใช้กับแสงในย่านอินฟาเรดสำหรับ Photo Conduction Effect นั้น โดยทั่วไปแล้วจะมีการตอบสนองช้าแต่ทว่าสามารถทำให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นจึงนิยมใช้กับการดีเทคชั่นปริมาณแสงมากกว่าใช้กับการดีเทคชั่นสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3Thermal Effect

วิธีการดี เทคชั่นแสงโดยใช้ Thermal Effect นั้นโดยทั่วไปจะมีความเร็วในการตอบสนองช้าและความไวไม่ดีจึงไม่นิยมนำมาใช้กับการสื่อสารแสงแต่เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษคือให้เอาท์พุท ออกมาคงที่ โดยไม่ขึ้นกับความยาวคลื่น จึงนิยมนำมาใช้ในการวัดสเปคตรัมของแสง ในวิธีต่างๆ ของ Thermal Effect นั้น นิยมใช้ วิธี Thermo Couple กันมากซึ่งมีหลักการว่าเมื่อทำให้เกิดผลต่างทางอุณหภูมิที่จุดต่อของเส้นลวดโลหะต่างชนิดกันกับที่ปลายของเส้นลวดแล้วจะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น ในการใช้กับสเปคตรัมแสงนั้นจะนำ Thermo Couple ไปต่อกับด้านหลังของแผ่นทองที่ทำให้ดำ และจากการฉายแสงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของแผ่นทองจะเปลี่ยนเป็น Thermal Electromotive Force

สิ่งที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานของอุปกรณ์เรียกว่า Bolometer สำหรับ Bolometer มี Metalic Bolometer,Thermister Bolometer ในปัจจุบันได้มีการพัฒนา แบบสารกึ่งตัวนำและ Super Conduction Bolometer และอื่นๆขึ้นมาด้วย

Collective Electric Effect ซึ่งเป็นผลจากการที่แสงอินฟาเรดไปกระทบกับสารไดอิเล็กตริกแล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโพลาไรเซชั่น และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามการเปลี่ยนแปลงของโพลาไรเซชั่น และเมื่อนำมาใช้เป็นโฟโต้ดีเทคเตอร์ แล้วความไวจะไม่ค่อยดี

นอกจากนี้ยังมีสิ่งอื่นที่พิเศษซึ่งใช้ Thermal Effect ได้แก่ Ghorey Cell ทำจากการเอาแก๊ส Xe ใส่เข้าไปในที่ว่างเล็กๆ และปล่อยแสงไปกระทบมัน การขยายตัวตามความร้อนของแก๊สที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า และทำการวัดทาง Photo Electric ออกมา มีข้อดีคือสามารถใช้งานที่อุณหภูมิห้องได้ และใช้สำหรับการดี เทคชั่นแสงย่าน Near Infrared ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า Visible Light

2.4 เครื่องรับสำหรับการสื่อสารด้วยแสง (Optical Receivers)

องค์ประกอบของคุณสมบัติเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึงของเครื่องรับในการสื่อสารด้วยแสงคือความยาวคลื่นที่รับได้ ความไว (Sensitivity) และแบนด์วิธ ความไวของเครื่องรับคือ ความสามารถในการรับแสงที่มีกำลังต่ำสุดที่สามารถขยายเป็นสัญญาณรูปเดิมออกมาจากเครื่องรับได้ แต่เนื่องจากสัญญาณรบกวนทางภาครับนั้นถ้ามีค่าต่ำมากแล้วก็จำเป็นต้องเพิ่มกำลังแสงที่เข้าเครื่องรับให้สูงขึ้น

ข้อกำหนดคุณสมบัติของระบบเครื่องรับของการสื่อสารเส้นใยแสงแบ่งได้เป็น 4 ส่วนดังนี้

2.4.1 การตรวจจับแสง (Photodetection) เป็นการเปลี่ยนสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยที่ข่าวสารที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันนั้นสามารถถูกแยกออกมาได้

2.4.2 การขยายแสง (Amplification) เป็นการเพิ่มขนาดของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากตัวโฟโต้ดีเทคเตอร์ไปยังระดับที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การกรองสัญญาณ(Filtering)เป็นการจำกัดแบนด์วิธของเครื่องรับตามความต้องสำหรับรูปแบบของสัญญาณ และ การออกแบบความตอบสนองความถี่ของเครื่องรับเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ดีที่สุดเอาท์พุทของคุณลักษณะของสัญญาณตามความต้องการของผู้ใช้

2.4.4 กระบวนการจัดสัญญาณ (Signal Processing) เป็นขบวนการขยายและกรองสัญญาณเพื่อให้ได้เอาท์พุทของคุณลักษณะของสัญญาณตามความต้องการของผู้ใช้

โดยการขยายสัญญาณอาจจำเป็นต้องมีหลายขั้นตอนทั้งนี้ก็เพื่อที่จะได้ขนาดของสัญญาณเป็นไปตามระดับความต้องการที่จะผ่านไปยังขั้นตอนของกระบวนการจัดสัญญาณการขยายสัญญาณนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนพรีแอมปลิ ไฟร์ (Preamplifier) และส่วนแอมปลิไฟร์หลัก (Main Amplifier)

2.5 อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photodetector)

อุปกรณ์ตรวจจับแสง เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องรับในระบบเส้นใยนำแสง ซึ่งจะมีขบวนการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยทั่วไปอุปกรณ์ตรวจจับแสงจะประกอบด้วยโฟโต้ไดโอด ตามด้วยวงจรอิเลคทรอนิกส์

เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบตรวจจับแสงสำหรับเครื่องรับได้นั้นเราควรจะทำความเข้าใจ โครงสร้างและหลักการทำงานของโฟโต้ไดโอด รวมทั้งคุณลักษณะที่สำคัญต่างๆซึ่งในการออกแบบที่ดีขึ้น โฟโต้ไดโอดควรจะมีคุณสมบัติตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- มีความไวสูงที่ความยาวคลื่นแสงที่ใช้งานความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการส่งต้องเป็นความยาวคลื่นที่มีการสูญเสียในการส่งน้อยซึ่งอยู่ในช่วง0.8-0.9ไมครอน โดยเฉพาะที่ความยาวคลื่นแสงประมาณ 1.3ไมครอน การลดทอนและ Material Dispersion จะลดน้อยที่สุดค่าความไวจะดีหรือไม่ ดีพิจารณาจากสารที่ใช้ ทำโฟโต้ไดโอด
- ค่าประสิทธิภาพควอนตัมควรจะสูง ตัวตรวจจับแสงควรจะผลิตสัญญาณไฟฟ้าให้ได้สูงสุดสำหรับกำลังงานแสงที่เข้ามาตกกระทบ
- เวลาการตอบสนองสั้น อยู่ในรูปของแบนด์วิธเหมาะสม ในปัจจุบันโฟโต้ไดโอดสามารถทำงานในช่วงอัตรากิกะเฮิร์ตและเป็นไปได้ที่จะสูงกว่านี้
- สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการ ตรวจจับมีค่าต่ำ สัญญาณ รบกวนที่มาจาก กระแสดาร์ค (Dark Current) และกระแสลีคเกจ (Leakage Current) และค่าความนำที่ขนาน(Shunt Conductance) ควรมีค่าต่ำสำหรับอุปกรณ์แสงที่มีการขยายภายใน (APD) สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการขยายควรจะต่ำด้วยเหมือนกัน

คุณสมบัติต่างๆ ในการทำงานมีความเสถียรภาพ ในทางอุดมคตินั้น คุณสมบัติการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณจะไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ล้อมรอบ อย่างไรก็ตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับสัญญาณที่ใช้กันอยู่มีคุณสมบัติต่างๆเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิดังนั้นการชดเชยเนื่องจากอุณหภูมิจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่น อาจติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน

2.6 ประสิทธิภาพควอนตัม (Quantum Efficiency)

เป็นตัวบอกประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าหรือเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง (Photo Electric Conversion) ดังแสดงด้วยสมการต่อไปนี้

$$\eta = \frac{Ip/q}{Po/hv}$$

ในที่นี้ Ip เป็นกระแสโฟโต้

q เป็นประจุของอิเลคตรอน

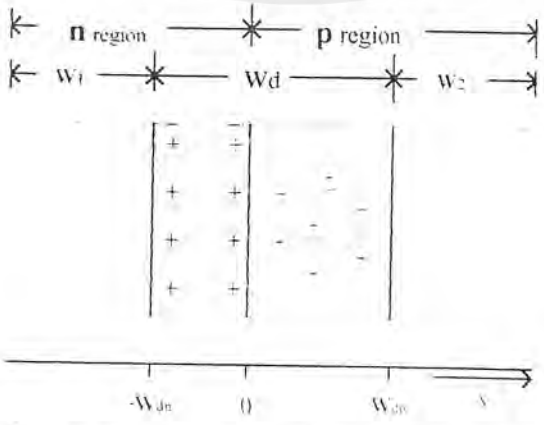
Po เป็นกำลังของสัญญาณแสง

Hv เป็นพลังงานของโฟตอนที่จำนวนการสั่นเท่ากับ v

สำหรับโฟโต้ที่มีชั้นทรินสิค (Intrinsic Layer) หนานั้นจะเห็นว่าประสิทธิ ภาพควอนตัมทางด้านความยาวคลื่นยาวจะดีและประสิทธิภาพควอนตัมด้านความยาวคลื่นสั้นจะเห็นว่าแบบ Schottky นั้นดีกว่าแบบจังชั่น ขีดจำกัดการตรวจจับแสงของซิลิคอน โฟโต้ไดโอดทำการตรวจจับแสงได้ถึง 1.1 ไมครอนส่วนเจอร์มาเนียมโฟโต้ไดโอดทำการตรวจจับได้ถึง 1.6 ไมครอน นอกจากนี้ยังมีสารที่สามารถใช้ตรวจจับแสงได้ถึง Far Infrared ด้วย สำหรับย่านความยาวคลื่นหลายไมครอนนั้นมี InAs,InSb โฟโต้ไดโอด และสามารถได้ความเร็วในการตอบสนองต่ำกว่า 1 ไมโครวินาที สำหรับความยาวคลื่น Near อินฟาเรด ที่มีความยาวคลื่นหลายสิบไมครอนนั้น ได้มีการพัฒนาโฟโต้ไดโอดที่ทำจากสารประกอบ 3 ชนิดเช่น HgCdTe,PdSSe เป็นต้น

จากรูปแสงที่เข้ามาทางซ้ายผ่าน W1 และ Wd พลังงานที่เข้าไปยัง W2 จะไม่มีผลต่อการทำงานของโฟโต้ไดโอด เทอม W2 จะไม่ ปรากฏในสมการ

พลังงานแสงที่ตกกระทบบนโฟโต้ไดโอดมี 4 องค์ประกอบ



รูปที่ 2.1 รูปแสดงการป้อนรีเวิร์สไบอัสแก่ PN จังชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสะท้อนจากผิวหน้า
- การส่งผ่านตัวตรวจจับแสงโดยไม่ถูกดูดกลืน
- การดูดกลืนโดยการชนกันของอะตอมในบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region)
- การดูดกลืนในบริเวณอื่น

สัญญลักษณ์ของประสิทธิภาพควอนตัมคือ η ซึ่งเป็นอัตราส่วนของกำลังงานที่ถูกดูดกลืนในบริเวณปลอดพาหะ ต่อกำลังงานที่ตกกระทบ โดยการสะท้อนที่ผิวหน้าของโฟโต้ไดโอดแสดงโดยค่า R (Reflectivity) กำลังงานแสงที่ผ่านผิวหน้าเข้าไปยังโฟโต้ดี เทคเตอร์จะเท่ากับ (1-R)Pi

α_p คือค่าคงที่การดูดกลืน (Absorption constant) แล้วคลื่นที่แพร่ผ่านในทิศ x จะมีกำลังงานเป็น

$$P(x) = P(0)\exp(-\alpha x)$$
$$= (1-R)P_i\exp(-\alpha x)$$

คลื่นที่เข้ามาจากทางด้านซ้ายตอนแรกจะผ่านชั้น n ที่มีความกว้าง W1 ตรงนี้จะไม่สนามไฟฟ้า ประจุในบริเวณนี้ที่เกิดจากการรวมกันใหม่จะไม่ค่อยมีผลต่อกระแสโฟโต้ และความเข้มของคลื่นจะถูกลดทอนด้วยแฟคเตอร์ $\exp(-\alpha W1)$

คลื่นที่เดินทางเข้ามาถึงบริเวณปลอดพาหะที่มีความกว้าง Wd จะถูกดูดกลืนมาก การลดทอนในบริเวณนี้ถูกแสดงด้วย $\exp(-\alpha_p Wd)$ ซึ่งเป็นแฟคเตอร์การลดทอนแต่ไม่ได้หมายความว่าสูญเสียไปเท่านี้พลังงานที่เหลือออกจากบริเวณปลอดพาหะ จะไม่มีผลต่อการสร้างกระแสจะได้ค่า η ดังนี้

จากสมการถ้าต้องการให้ค่า η สูง จะต้องให้ค่า R และ $\alpha_p W1$ มีค่าน้อย และ $\alpha_p Wd$ มีค่ามาก ค่า α กับ α_p จะเท่ากัน ดังนั้น W1 จะต้องน้อยและ Wd จะต้องมาก

สำหรับที่ความยาวคลื่นบางค่า สามารถทำให้ R มีค่าเป็น 0 ได้โดยใช้ Antireflection coating ติดที่ผิวหน้าป้องกันการสะท้อน จะสามารถประมาณค่าประสิทธิภาพควอนตัมได้ดังนี้

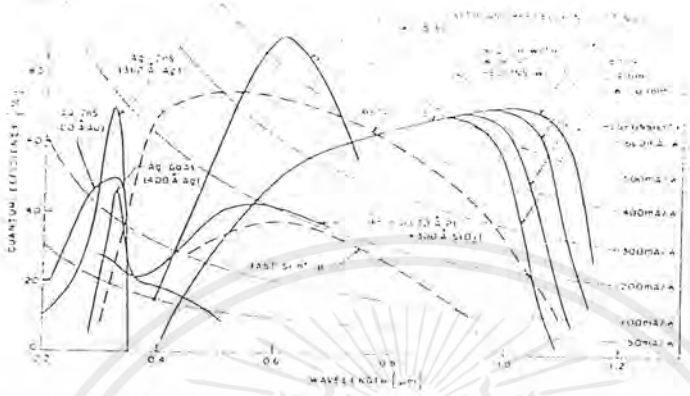
$$\eta = 1-\exp(-\alpha pWd)$$

และการทำให้ η มีค่าสูง จะต้องให้มีการดูดกลืนโฟตอนที่บริเวณปลอดพาหะมากๆ และดูดกลืนในบริเวณอื่นน้อยๆ

สำหรับพินไดโอด บริเวณปลอดพาหะจะรวมบริเวณอินทรินสิค และบริเวณที่ โด๊ปสารพีและเอ็นมากค่า Wi ยิ่งมีค่ามากค่า $\exp(-\alpha_p Wi)$ ก็ยิ่งมีค่าน้อย ดังนั้นจะมีพลังงานเพียงเล็กน้อยที่เหลือออกจากบริเวณปลอดพาหะและจะไม่สร้างพาหะของแสง (Photo Carrier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพควอนตัมได้ถ้าแสงเข้ามาที่ด้านเอ็น และเลือกให้พลังงานของแบนด์แกปมีค่ามากกว่าพลังงานโฟตอน จะทำให้ไม่มีการการดูดกลืนพลังงานจากคลื่น



รูปที่ 2.2 แสดงความเร็วลอยเลื่อนของพาหะ กับสนามอิเลคตรอน

2.7 ความเร็วในการตอบสนอง (Speed of Response)

อัตราที่โฟโต้ไดโอดสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงอินพุท ถูกวัดในรูปแบนด์วิธของโฟโต้ไดโอดจะตรวจสอบความเร็วการตอบสนองของโฟโต้ไดโอดในแกนเวลา (Time Domain) โดยการหาการตอบสนองอิมพัลส์ (Impulse Response) ของโฟโต้ไดโอดได้

ความเร็วการตอบสนองของโฟโต้ไดโอดถูกจำกัดโดยทรานซิทไทม์ (Transit Time) ของพาหะแสงพาหะถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้าในบริเวณปลอดพาหะและเคลื่อนที่ออกจากบริเวณปลอดพาหะด้วยความเร็วจำกัด ทรานซิทไทม์ คือ เวลาที่พาหะอิสระเคลื่อนที่จากจุดที่ถูกสร้างไปยังขอบของบริเวณปลอดพาหะ

ความเร็วที่พาหะแสงเคลื่อนที่ผ่านบริเวณปลอดพาหะขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำสารกึ่งตัวนำและขึ้นกับความแรงของสนามไฟฟ้า ความเร็วของอิเลคตรอนและโฮลไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ถ้าสนามไฟฟ้าเพิ่มความเร็วก็จะเพิ่มจนถึงจุดที่ความเร็วอิ่มตัว พอหลังจากนี้จะมีการชนกันกับโฮลแลตทิซ (Hole Lattice) ซึ่งทำให้ความเร็วลดลง

ผลจากการเคลื่อนที่ของพาหะแสงจะทำให้เกิดกระแสโฟโต้ไดโอดไหลในวงจรภายนอก การตอบสนองอิมพัลส์ ของ ตัวตรวจจับแสงก็คือ กระแสโฟโต้ซึ่งไหลในวงจรภายนอก เกิดจากอิมพัลส์ของแสงอินพุท

แสงที่เข้ามาบริเวณ n ทางด้านซ้าย อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็ว Ve และโฮลจะเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว Vh ทรานซิทไทม์สำหรับอิเล็กตรอนและโฮลซึ่งเคลื่อนที่ผ่านระยะทางทั้งหมด Wd คือ $\tau e = Wd/Vh$ และ $\tau_n = Wd/Vh$ระยะเวลาของการตอบสนองอิมพัลส์จะมากกว่าสองทรานซิทไทม์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเลคตรอนที่เกิดที่ด้านขวาของบริเวณปลอดพาหะจะเคลื่อนที่จากขวาไปซ้ายด้วยความเร็ว Ve จะเกิดพัลส์กระแสด้วยเวลา τe และพื้นที่ $idt = q$ พัลส์กระแสที่ถูกสร้างโดยอิเลคตรอนนี้มีขนาดเฉลี่ย $q/\tau e$ พัลส์กระแสที่ถูกสร้างขึ้นที่อื่นในบริเวณปลอดพาหะจะมีขนาดเฉลี่ยเหมือนกันแต่ระยะเวลาน้อยกว่า

ณ ที่เวลา t มีอิเลคตรอนอิสระ Ne ในบริเวณปลอดพาหะดังนั้นกระแสโฟโต้รวมที่เกิดจากอิเลคตรอนจะเป็น

$$ie(t) = \frac{Neq}{\tau e} = \frac{NeqVe}{Wd}$$

สำหรับโฮล

$$ih(t) = \frac{NhqVh}{Wd}$$

กระแสโฟโต้รวม

$$iph(t) = ie(t)+is(t)$$

$$= \frac{q[Ne(t)Ve+Nh(t)Vh]}{Wd}$$

2.8 ค่าการตอบสนอง (Responsivity)

เป็นค่าที่ใช้แสดงคุณลักษณะการทำงานของตัวตรวจจับแสงซึ่งกำหนดให้เป็น

$$R = \frac{Ip}{Pi}$$

Ip คือกระแสเอาท์พุ ทที่ผลิตจากโฟโต้ไดโอด

Pi คือ กำลังงานแสงที่มาตกกระทบ

ความสัมพันธ์ของค่าการตอบสนองที่อยู่ในรูปของประสิทธิภาพควอนตัมพิจารณาจากพลังงานโฟตอน $E=hf$

ดังนั้นอัตราส่วนจำนวนโฟตอนที่มาตกกระทบ rp สามารถเขียนอยู่ในเทอมของกำลังงานแสงที่ตกกระทบและพลังงานโฟตอน

$$rp = \frac{Pt}{hf}$$

จาก

$$\eta = \frac{re}{rp}$$

re คือจำนวนอิเลคตรอนที่ทำให้เกิดกระแสโฟโต้

rs คือจำนวนโฟตอนที่ตกกระทบ

จะได้

$$r = \eta\, rp$$

$$re = \eta\, Pi/\, hf$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นกระแสเอาท์พุท (กระแสโฟโต้) จะเป็น

$$Ip = \frac{qPi\,\eta}{hf}$$

q คือประจุของอิเลคตรอน = $1.6x10^{-19}$ คูลอมป์

จากสมการดังกล่าวได้

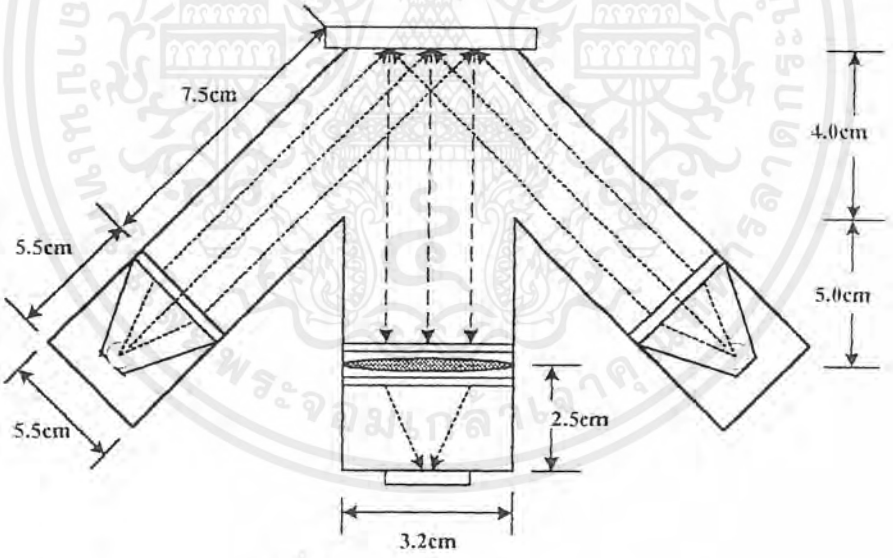
$$R = \frac{\eta\, q}{hf}$$

$$R = \frac{\eta q \lambda}{h_{\eta}}$$

2.9 การสร้างชุดวัดความขาว

2.9.1 เลนส์

จะใช้เลนส์นูนที่มีขนาดโฟกัส 2.8 ซ.ม. และรวมแสงที่สะท้อนมาจากกล่องใส่ เมล็ดข้าวสาร มาตกกระทบบนจุดรวมแสงที่ตัวโฟโต้ไดโอดมีหลักการแสดงดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงชุดท่อนำแสง

จากรูปด้านบน ชุดสำหรับเป็นตัวกลางในการนำแสงให้ส่งผ่านจากแหล่งจ่ายไฟไปตกกระทบตลับทดสอบซึ่งได้บรรจุเมล็ดข้าวสารที่จะใช้ในการทดสอบ ซึ่งท่อนำแสงจะทำมุม 45 องศากับพื้นผิวของตลับทดสอบ เพื่อที่จะให้แสงตกกระทบ และสะท้อนกลับมาตามกฎการสะท้อนของแสง หลังจากแสงสะท้อนกลับมาตามค่าความขาวของเมล็ดข้าวสาร แล้วจะถูกนำมารวมเพื่อให้แสงผ่านออกมาเป็นจุด โดยผ่านตัวเลนส์ และส่งต่อไปยังตัวโฟโต้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

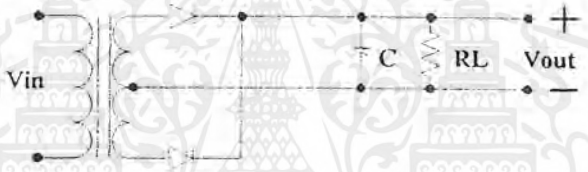
ระดับแรงดันที่ต้องการ คือ ±12 โวลท์ , + 5 โวลท์ , +12 โวลท์

- ±12 โวลท์ จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ ชุด ออปแอมป์ , ชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล, ชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก
- +12 โวลท์ จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ชุด พัดลมระบายความร้อน
- +5 โวลท์ จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 ทฤษฎี

3.1.1Full wave rectifier

- แบบ center –tapped rectifier



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรฟูลบริดจ์เร็คติไฟร์

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{1}{T}\int_{0}^{T} V(t)\,dt$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_{0}^{T} V_m \sin\theta\, d\theta$$

$$= \frac{-V_m}{\pi}\cos\theta \Big|_{0}^{\pi}$$

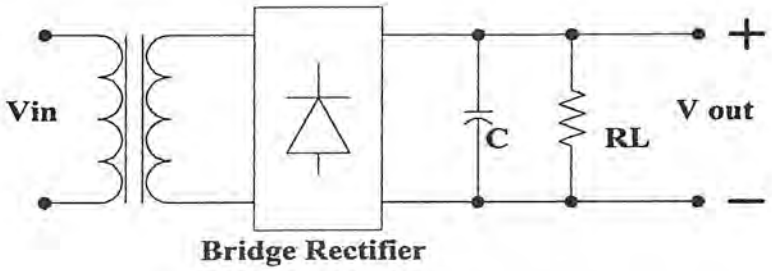
$$= \frac{-V_m}{\pi}\{\cos\pi - \cos 0\}$$

$$= \frac{2V_m}{\pi} = 0.637V_m$$

$$PIV = 2V_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แบบ บริดจ์เร็คติ ไฟร์



รูปที่ 3.2 แสดงวงจร บริดจ์เร็คติไฟร์

$V_{dc} = V_{av} = 0.639V_m$

$PIV = 1V_m$

เมื่อ

V_{dc} = ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

V_{av} = ค่าแรงดันเฉลี่ย

V_m = แรงดันค่ายอด

PIV= Peak Inverse Voltage

3.1.3 ฟิลเตอร์

ฟิลเตอร์ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าที่กระเพื่อมอยู่บนสัญญาณ ดีซี (dc) ให้ เป็น ดีซี ที่เรียบและสะอาด การจะรู้ค่าของฟิลเตอร์ จะต้องพิจารณา ริปเปิลแฟคเตอร์ (Ripple Factor) และเปอร์เซ็นต์ริปเปิลแฟคเตอร์ (% Ripple Factor) และโวลท์เตจเร็คกูเลชั่น(Voltage Regulation) ซึ่งเป็นตัวบอกความสามารถของฟิลเตอร์

3.1.4 ริปเปิลแฟคเตอร์

$$r = \frac{Vr(\text{rms})}{Vdc}$$

เมื่อ

r = ริปเปิลแฟคเตอร์

V_r (rms) = แรงดันริปเปิล

สำหรับครึ่งคลื่น (Half Wave)

$$r = \frac{0.385Vm}{Vm/\pi} = 1.21$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% r = 1.21 \times 100 = 121\%$$

สำหรับเต็มคลื่น (Full Wave)

$$r = \frac{0.308\ Vm}{2Vm/\pi} = 0.484$$

$$\%r = 0.484 \times 100 = 48.4\%$$

โวลท์เตจเร็คกูเลชั่น

$$V_r = \frac{Vn - Vf}{Vf}$$

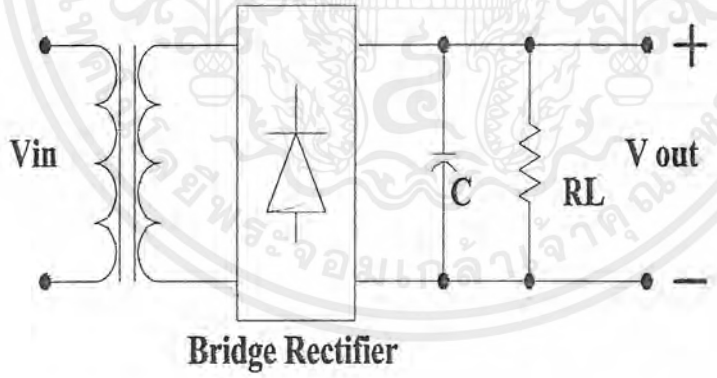
$$\%V_r = \frac{Vn - Vf}{Vf}$$

เมื่อ

$V_n = V_{out}$ ขณะที่ No- Load

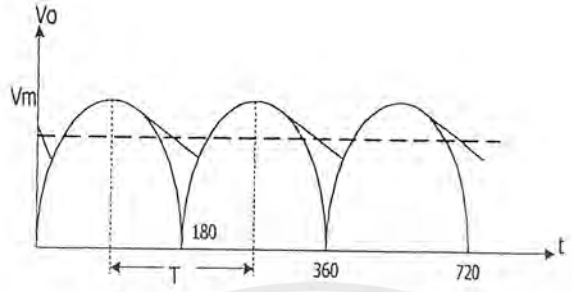
$V_f = V_{out}$ ขณะที่ Full-Load

3.1.5ฟลูเวฟ-บริดจ์เร็คติ ไฟต์ (Full-Bridge Rectifier with Capacitor Filter)

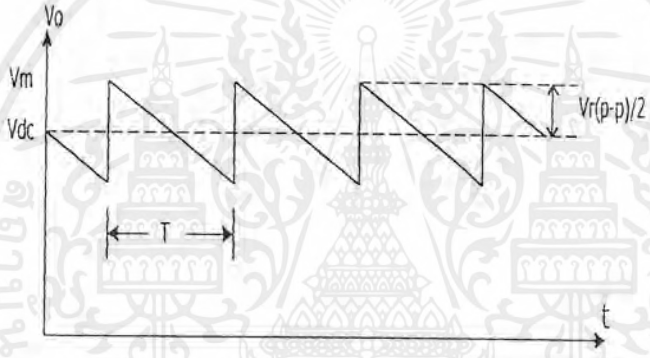


รูปที่ 3.3 แรงดัน V_o เมื่อใส่ C ฟิลเตอร์

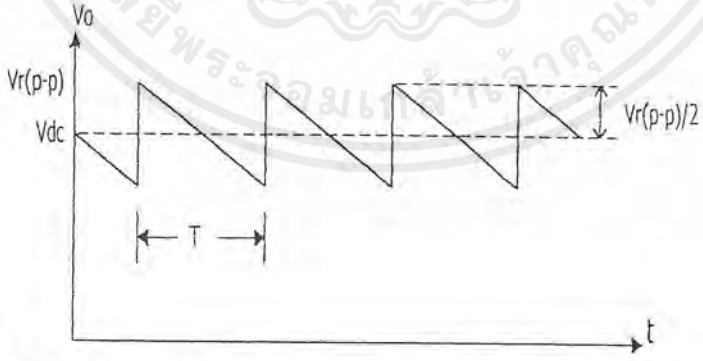
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ต่อ) แรงดัน Vo เมื่อใส่ C ฟิลเตอร์



รูปที่ 3.4 ประมาณค่า ริปเปิล โวลท์เตจ (Ripple Voltage) โดยใช้สัญญาณฟันเลื่อย



รูปที่ 3.5 เอซี คอมโพเนนท์ (ac component) เฉพาะของ ริปเปิลโวลท์เตจ

เพื่อความสะดวกเราจะประมาณค่า ริปเปิลโวลท์เตจเป็นรูป แรงดันฟันเลื่อย (Sawtooth Voltage) ซึ่งมีค่า Volt peak to peak ($V_{r(p-p)}$)

จากรูปที่ 3.5 ค่า total charge ในคาปาซิเตอร์ Voltage คือ $V_{r\,p-p}$ Volt ในช่างเวลา T จาก$\Delta Q = I\Delta t$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{r(p-p)} = \Delta Q = \frac{(Vdc/Rl)T}{C} \qquad (3.1)$$

ซึ่ง T= 1/f และ f =100Hz สำหรับฟลูเวฟเรคติไฟร์

ดังนั้น

$$V_{r(p-p)} = \frac{Vdc}{fR_LC} \qquad (3.2)$$

หรือ $Vdc = Vr(p-p)fR_LC$ (3.3)

จากรูป 3.4 จะเห็นค่า

$$V_{dc} = \frac{Vm - Vr(p-p)}{2} \qquad (3.4)$$

แทนสมการ 2 ลงในสมการ 4 ได้

$$V_{dc} = \frac{Vm - Vr(p-p)}{2\,fR_LC} \qquad (3.5)$$

จากสมการ 5 จะได้ว่า

$$V_{dc} = V_m / \left[1 + \frac{1}{2\,fR_LC}\right] \qquad (3.6)$$

ค่าของrms ของสัญญาณฟันเลื่อย คือ

$$V_{r(rms)} = Vr(p-p)/2\sqrt{3}$$

จาก

$$\%\,r = \frac{Vr(rms)}{Vdc} \times 100\% \qquad (3.7)$$

ดังนั้น

$$\%r = \frac{Vr(p-p)/2\sqrt{3}}{V_{dc}fRLC} \times 100\% \qquad (3.8)$$

จะได้

$$\%\,r = \frac{1}{2\sqrt{3}\,fR_LC} \times 100\% \qquad (3.9)$$

ดังนั้น

$$C = \frac{1}{2\sqrt{3}\,fR_Lr} \qquad (3.10)$$

เมื่อ

$f = 100$ Hz

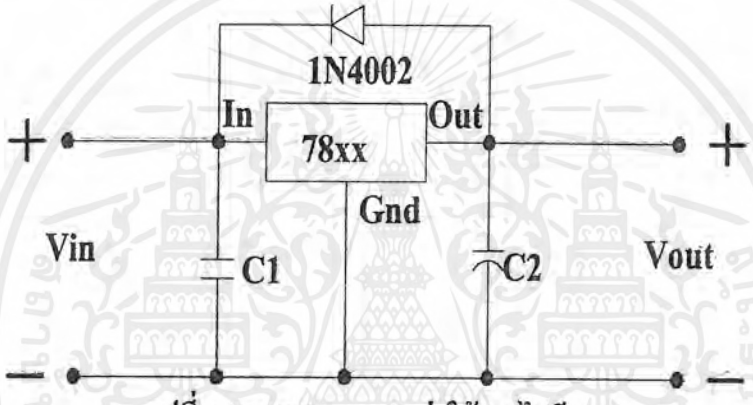
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โวลท์เตจเร็คกูเรเตอร์ (Voltage Regulator)

3.2.1 IC Fixed Voltage Regulator

ปัจจุบันมีไอซี ใช้งานเป็นโวลท์เตจเร็คกูเรเตอร์อยู่มากมาย ที่นิยมใช้กันเช่นไอซีตระกูล 78xx โดยที่ 2 ตัวหลังจะระบุค่าแรงดัน เอาท์พุท

ไอซีตระกูลนี้มีวงจรจำกัดกระแสภายในตัวเพื่อป้องกันกระแสโหลดมากเกินขีดจำกัดซึ่งอาจทำให้ไอซีเสียหาย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงแรงดัน V_{in} เพราะจะมีแรงดันส่วนหนึ่งตกคร่อมตัวไอซีประมาณ 2 โวลท์ ดังนั้นแรงดัน อินพุ ทต้องมากกว่า บวก 2 โวลท์



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการต่อใช้งานไอซี 78xx

ตัวเก็บประจุ C_1 มีเพื่อลดทอนผลของความเหนี่ยวนำของสายตัวนำที่ต่อไปยัง บริดจ์เร็คติไฟร์ ส่วน C_2 ใช้ลดสัญญาณรบกวนความถี่สูง ทางด้าน เอาท์พุท ของไอซีเร็คกูเลเตอร์ ค่า C_1 , C_2 ดูได้จาก ดาต้าชีท ของไอซีเบอร์นั้นๆ

3.2.2 การหาขนาดหม้อแปลง, ไดโอด, และคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

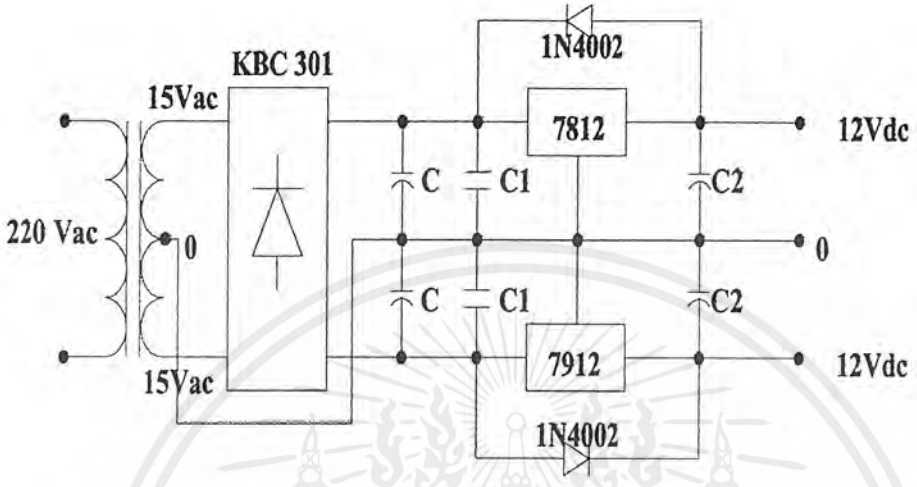
เมื่อ

V_o=12 โวลท์ , I_{dc} = 0.12 A

V_{out} = ±12 โวลท์ , I_{dc} = 0.5 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.7แสดงวงจรการต่อใช้งานจริง

- หาขนาด คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

$$C = \frac{Idc}{2f\,Vr(p\text{-}p)}$$

เมื่อ

$f = 50$ Hz ; I_{dc} = กระแสโหลด ดีซี

$$C = \frac{0.5}{2x50x1} = 5{,}000 \text{ uf}$$

- พิกัดกระแสของไดโอด บริดจ์เร็คติ ไฟร์

สำหรับ ฟลูเวฟเร็คติ ไฟร์ค่ากระแสที่ไหลผ่านคือครึ่งคลื่นไซเคิล ของกระแส I_{dc}

$$I_{ac} = I_{dc}/2$$

เมื่อ

I_{ac} คือกระแสเฉลี่ยของ กระแส ฟอร์เวิร์ส (forward current) ที่ไหลผ่านไดโอด

I_{dc} คือ กระแสโหลด ดีซี

ในคาต้าชี ทของไดโอดเร็คติ ไฟร์ จะระบุค่า average forward current rating ของเร็คติไฟร์ไดโอด เป็น I_o

เพื่อความปลอดภัยเผื่อไว้ 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
37008

ดังนั้น

$$I_o \geq 0.6 \times 0.5 = 0.3 \text{ A}$$

- หาค่า Break down ของ ไดโอด (PIV)

สำหรับ บริดจ์ เร็คติไฟร์ ที่ไม่ใช้ หม้อแปลงที่มี เซ็นเตอร์ แทป (center – tap) จ่ายไฟบวกหรือไฟลบอย่างเดียวจะมีค่า PIV = 1 V_m

แต่สำหรับวงจรทีมี เซ็นเตอร์- แทป จะมีค่า PIV ≥ 2 V_m แต่เพื่อความปลอดภัยเลือกไว้ที่ PIV $\geq 3V_m$

ดังนั้นจะเลือก PIV$\geq 3 \times 12 \geq 36$ โวลท์

ในวงจรนี้ใช้ KBC 301

มี I_o = 4 แอมป์ และ PIV = 200 โวลท์

- หาขนาดหม้อแปลง

$$Vac = \frac{[Vo+Vreg+Vrect+Vripple]}{0.92} \times \frac{Vnom}{Vmin} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

เมื่อ

V_{ac} : พิกัดแรงดันด้าน ทุติยภูมิของหม้อแปลง

V_o : DC Voltage Regulation

V_{reg} : แรงดังที่ตกคร่อมไอซี

V_{rect} : ค่าแรงดัน cut in ทีตกคร่อม ไดโอด ประมาณ 1 โวลท์

V_{ripple} : คือค่าพีค ของ ริปเปิล โวลท์เตจ ที่ผ่าน คาปาซิเตอร์ ฟิลเตอร์

V_{nom} : แรงดันอินพุทด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง

V_{min} : แรงดันอินพุทขณะที่ไฟตก

$$V_{ac} = \frac{12+3+1.1+1}{0.92} \times \frac{220}{200} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

= 14.5 โวลท์ เลือก 15 V_{rms}

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าเลือกใช้หม้อแปลงที่มีขดลวดด้าน ทุติยภูมิ แบบมี เซ็นเตอร์ – แทปเป็น 15-0-15 V_{rms}

พิกัดกระแสด้าน ทุติยภูมิ ของหม้อแปลงสำหรับฟลูบริดจ์แบบมี เซ็นเตอร์- แทป

I_{ac} = 1.65 I_{dc} = 1.65x 0.5 = 0.825 แอมป์ดังนั้นเลือกพิกัด 1 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบวงจรที่ใช้อินเตอร์เฟซกับชุดซิงเกิลบอร์ด

4.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

ไมโครโปรเซสเซอร์จะมีการทำงานในเชิงดิจิตอลเสมอซึ่งมีระดับสัญญาณเป็น 0 และ 1 แต่ในการประยุกต์ใช้งานจริงมักจะต้องเกี่ยวข้องกับสัญญาณ ที่เป็นสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความแตกต่างหลายระดับ สัญญาณเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิ ,ความดัน และน้ำหนักเสียง เป็นต้น ในทางอิเลคทรอนิกส์เราสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลได้ และในทางกลับกันเราก็สามารถเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกได้เช่นกัน

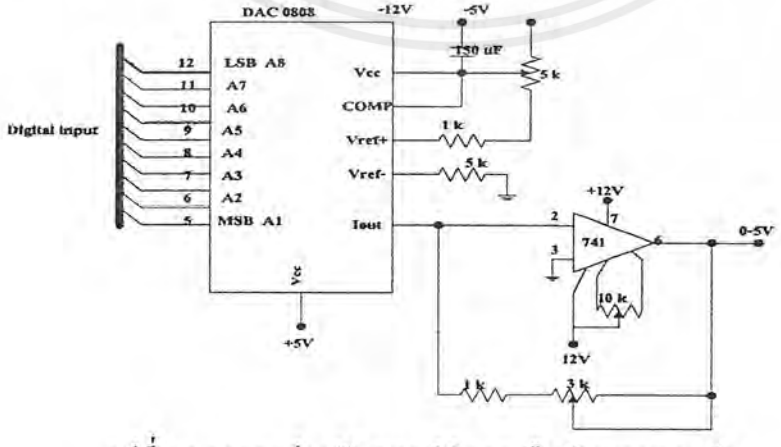
คุณสมบัติที่สำคัญของ D/A จะกล่าวถึงเป็นข้อๆดังนี้

RESOLUTION คือ ความสามารถในการแบ่งแยกระดับของสัญญาณหรืออีกในหนึ่งก็คือจำนวนบิท ของสัญญาณดิจิตอลนั่นเอง เช่น ขนาด 8 บิท จะหมายความว่า สามารถแยกสัญญาณอนาล็อกได้เป็น 256 ระดับ ถ้าขนาด 12บิท ก็จะแยกระดับสัญญาณได้เป็น 4096 ระดับ ค่า RESOLUTION บางครั้งก็จะแสดงอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยขนาด 8บิท จะมีค่าเท่ากับ 100/256 คือ 0.39 เป็นต้น

FULL SCALE OUTPUT VOLTAGEคือค่าแรงดันสูงสุดที่จะเป็นได้ของสัญญาณอนาล็อก สมมุติว่าใช้ D/A ขนาด 8บิท เราจะเขียนสูตรได้ดังนี้

$$V_o = V_{ref}\left(\frac{A1}{2}+\frac{A2}{4}+\frac{A3}{8}+\frac{A4}{16}+\frac{A5}{32}+\frac{A6}{64}+\frac{A7}{128}+\frac{A8}{256}\right)$$

SETTING TIME คือค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระดับสัญญาณเท่ากับ ½ ตัวอย่างเช่น ไอซีเบอร์ DAC 0808 จะมีค่าเท่ากับ 150ns ค่านี้มีความสำคัญต่อความเร็วในการเปลี่ยนหรืออีกนัยหนึ่งก็คือความถี่ของสัญญาณอนาล็อกนั่นเอง



รูปที่ 4.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Va = \frac{V7}{2} + \frac{V6}{4} + \frac{V5}{8} + \frac{V4}{16} + \frac{V3}{32} + \frac{V2}{64} + \frac{V1}{128} + \frac{V0}{256}$$

4.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลในโครงงานนี้ใช้ไอซี ADC 0804 (ADC 8 บิท) ซึ่งไอซี ADC นี้จะเป็นส่วนที่แปลงสัญญาณอินพุทที่เป็นแรงดันไฟฟ้าของส่วนแอมปลิไฟร์ซึ่งขยายสัญญาณจากตัวโฟโต้ไดโอดซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถรับสัญญาณอินพุทแบบอนาล็อกได้โดยตรงสูงถึง +5 โวลท์ ไอซี ADC จะรับสัญญาณเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนค่าข้อมูลแบบดิจิตอลซึ่งความเร็วในการสุ่มสัญญาณ(sampling rate) สามารถกำหนดได้จากความถี่สัญญาณนาฬิกาของวงจร ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสามารถกำหนดได้โดยวงจร R และ C

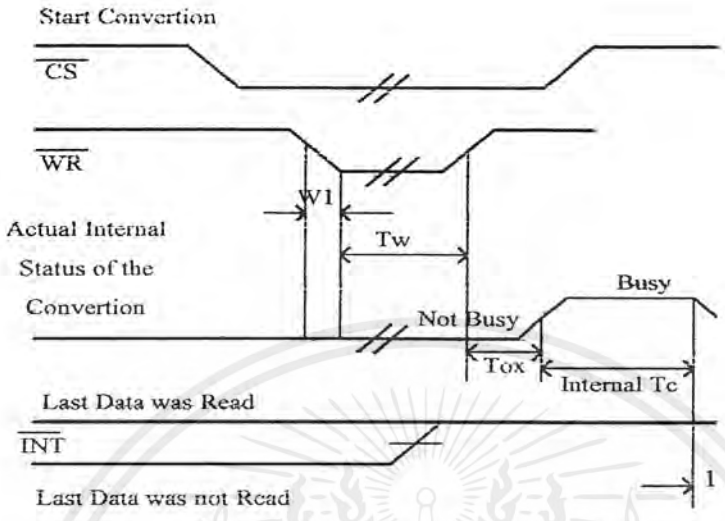
คุณสมบัติของไอซี

- เป็นไอซีประเภท ซีมอส (CMOS) มีขา 20 ขา
- ความผิดพลาดโดยรวมเกิดจากการปรับมีค่าไม่เกิน 1บิท
- ความละเอียดขนาด 8 บิท (resolution) เท่ากับ 256
- ใช้สัญญาณนาฬิกา 640 Khz
- มีช่วงเวลาการทำงานในการแปลงแต่ละบิท (conversion time) เท่ากับ 100 ไมโครวินาที
- ใช้แหล่งจ่ายไฟตรง 5 โวลท์
- กินกำลังไฟต่ำ 15 มิลลิวัตต์

ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital)

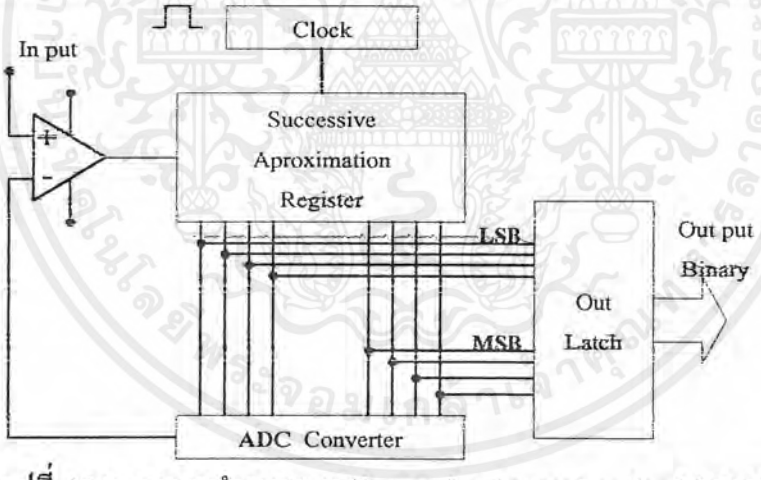
ประกอบด้วยส่วนประมาณ ค่า ซัคเซ็ส (successive) ส่วนของ เอาท์พุท มัลติเพล็ก (multiplex)และส่วนของสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลไอซี ADC แบบนี้จะมีวงจรเก็บสัญญาณเอาท์พุทเพิ่มขึ้นมาด้วย เพื่อให้ค่าเอาท์พุทยังคงมีอยู่แม้ว่าวงจรถูกปลดออกจากบัสในบ้างช่วงของเวลาก็ตาม ขณะวงจรทำการแปลงสัญญาณอยู่ ADC จะติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้นั้นต้องมีสัญญาณเลือกเป็นลอจิก 0 จากระบบบไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุม ADC เมื่อขาเขียน (WR) เป็นลอจิก 0 ADC จะแปลงค่า VI เป็นสัญญาณดิจิตอลเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ เอาท์พุท และไมโครโปรเซสเซอร์จะอ่านข้อมูลจาก ADC เมื่อสัญญาณเลือก(CS) เป็นลอจิก 0 และขาอ่าน (RD) เป็นลอจิก 0 พร้อมกับในแต่ละรอบของการแปลงค่าดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงเวลาการทำงานของ ADC 0804

การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ภายในตัวไอซี ADC 0804 เป็นแบบ ซัคเซ็สซีฟอะพร็อคซิเมท (Successive Approximation) เป็นการประมาณค่าอย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานแบบ (Successive Approximation) (SAR)

ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุท ของไอซี ADC

ไอซี ADC จะใช้การเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณอินพุทกับแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณอนาล็อกอินพุท เท่ากับขนาดของแรงดันอ้างอิงจะได้ข้อมูลมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด
- ถ้าขนาดของสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันอ้างอิงจะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งขนาดของสัญญาณอินพุทของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่างๆดังนี้คือ

แรงดันอ้างอิงของวงจรเป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจร เป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะถ้าหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว การทำงานของวงจรก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยนั้นคือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลที่ได้ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถึงขนาดอินพุทมีค่าคงที่ และแรงดันอ้างอิงของวงจรจะถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่า โดยมีจุดเริ่มต้นที่สัญญาณอินพุทลบของวงจรเสมอ

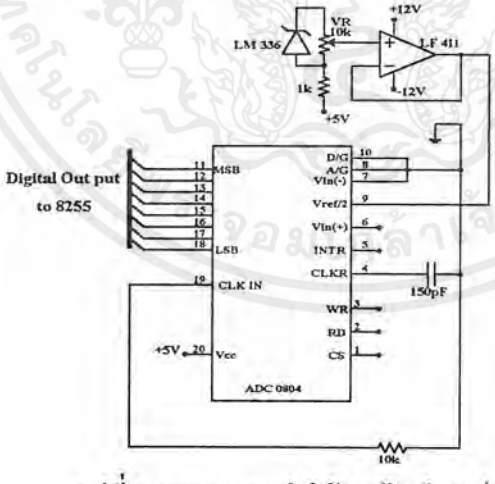
สัญญาณอินพุทลบเป็นตัวกำหนดค่าอินพุทด้านต่ำของวงจร หรือจุดเริ่มต้นของการตรวจรับสัญญาณอินพุทของวงจรนั่นเองสามารถกำหนดให้มีแรงดันไม่เกินแรงดันอ้างอิงสูงสุดของวงจร

สัญญาณอินพุทบวก คือค่าแรงดันอินพุทของวงจรนั่นเอง ซึ่งต้องกำหนดให้มีขนาดสูงสุดไม่เกินกว่าค่าที่วงจร ADC รับได้ ต้องเป็นแรงดันช่วงบวกเท่านั้น

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ได้ใช้ chip IC สำเร็จรูปเบอร์ ADC0804 ซึ่งเป็นไอซีแปลงสัญญาณขนาด 8 บิท และมีการแปลงสัญญาณแบบ succeccive approximation ทำให้กินพลังงานต่ำ และไอซีเบอร์นี้สามารถอินเตอร์เฟซกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยตรงโดยใช้

ต่อแบบ Memory หรือแบบ I/O port ซึ่งการใช้งานไอซีเบื้องต้นได้แสดงดังรูป



รูปที่ 4.4แสดงการต่อใช้งานไอซีเบอร์ ADC0804

เมื่อไอซี เป็นแบบ 8 บิท ดังนั้นแต่ละระดับ ของดิจิตอลหาได้จาก

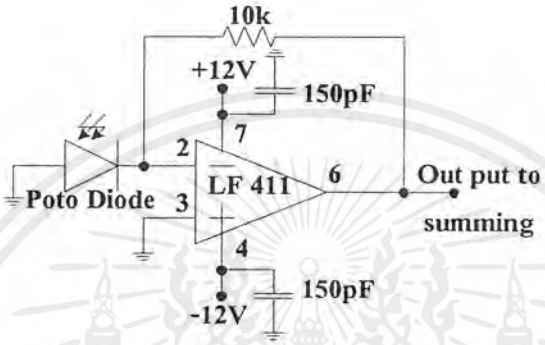
$$\text{Level Voltage} = \frac{\text{Vref}}{256}$$

ซึ่งก็จะมีทั้งหมด 256 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน

วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันเป็นการแปลงสัญญาณกระแสจากโฟโต้ไดโอดให้เป็นสัญญาณของแรงดันเพื่อไปเข้าในส่วนของวงจรซัมมิ่งและทำการรวมกับสัญญาณแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก



รูปที่ 4.5 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

$$Vo = IinRf$$

4.4 วงจรซัมมิ่ง

จากรูปที่ 4.6 เมื่อใช้กฎของเคอร์ชอฟจะได้ว่า

$$\frac{Vin1}{R1}+\frac{Vin2}{R2}=-\frac{Vo}{Rf}$$

$$Vo = -\left(\frac{RfVin1}{R1}+\frac{RfVin2}{R2}\right)$$

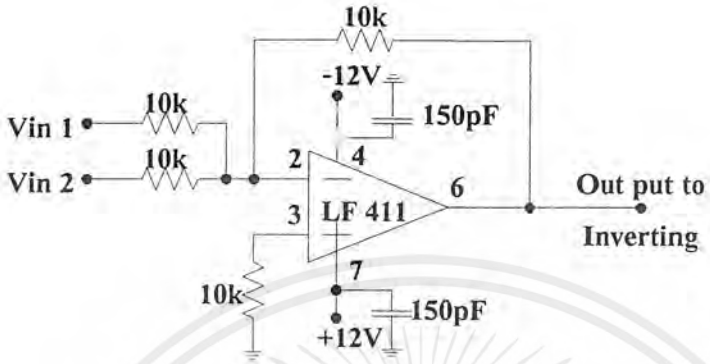
จะเห็นว่าแรงดันVo ที่ได้จะเป็นผลรวมเชิงเส้นของอัตราขยายแต่ละอินพุท ส่วนตัวต้านทาน Ra ใส่เข้าไปเพื่อหักล้างผลของกระแส อินพุทไบอัส ซึ่งค่า Ra//R1//R2 //Rf เพื่อให้บาลานซ์ ที่ขาอินพุททั้งสอง (ไม่ให้เกิด ออฟเซ็ท)

กำหนดให้ R1=10k,R2=10kและ Rf=10k

จะได้ว่า

$$Vo = -(Vin1+Vin2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 วงจรซัมมิ่ง

4.5 วงจรอินเวิร์ตติ้ง

จากรูปที่ 4.7 เป็นวงจรขยายกลับเฟสแบบมาตรฐาน ซึ่งวิธีที่ใช้เป็นแบบลูปปิด เรียกว่าการป้อนกลับแบบลบ โดยนำเอาท์พุทซึ่งกลับเฟสกับอินพุทมาป้อนที่จุดอินพุทอีกที ผลก็คือ วงจรภายในออปแอมป์จะ พยายามปรับเอาท์พุทจนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุทมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (แต่ต้องเข้าใจว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุทจะต้องไม่เท่ากับศูนย์พอดี มิฉะนั้นเอาท์พุทก็จะเท่ากับศูนย์โวลท์ด้วยกล่าวคือ ผลต่างระหว่าง Vin และบางส่วน Vout ที่ขั้วอินพุทลบเพียงมีค่าต่ำพอที่จะทำให้เกิดแรงดันเอาท์พุทได้พอดีเท่านั้น)

จากสมการของอัตราขยายแรงดัน

$$Av = -\frac{Rf}{R1}$$

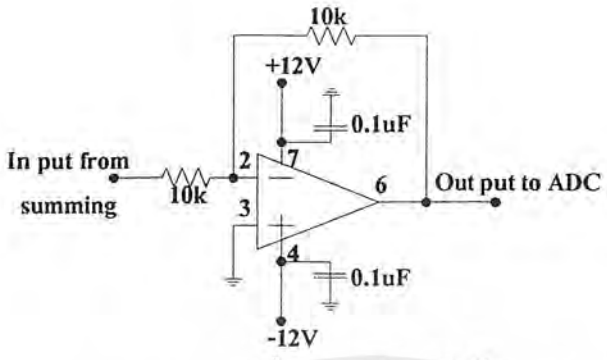
ดังนั้น

$$Vo = -\frac{Rf}{R1} Vin$$

เมื่อกำหนดให้ Rf = 10k และ R1 = 10k ดังนั้น

$$Vo = - Vin$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



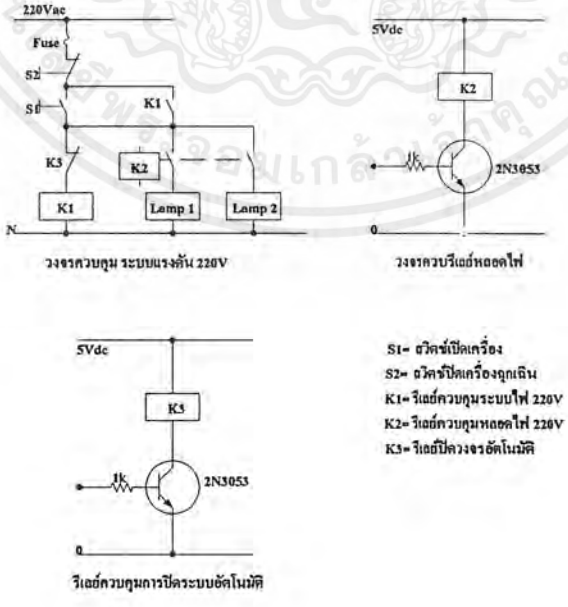
รูปที่ 4.7วงจรอินเวิร์ตติ้ง

4.6 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่อง

ในส่วนของระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องจะควบคุมโดยอาศัยหน้าปิด-หน้าเปิด ของตัวรีเลย์ โดยรีเลย์ตัวที่ 1 (K1) จะเป็นรีเลย์หลัก (คอยล์ 220Vac) เป็นตัวควบคุมไฟระบบทั้งหมด ส่วนรีเลย์ตัวที่ 2 (K2) จะเป็นรีเลย์รอง (คอยล์ 5Vdc) เป็นตัวควบคุมรีเลย์ตัวหลัก ซึ่งสัญญาณที่ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่2 จะเป็นสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

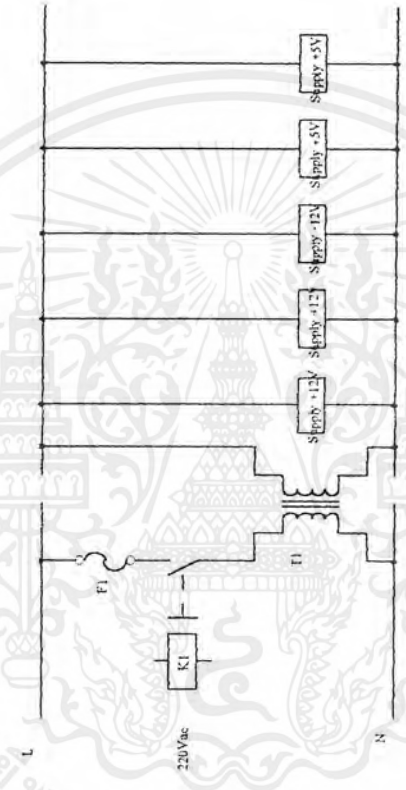
ในส่วนของรีเลย์ตัวที่ 3 (คอยล์ 5Vdc) เป็นตัวควบคุมการปิด-เปิดของหลอดไฟที่ส่องไปยัง ตลับทดสอบ ซึ่งสัญญาณที่ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่3 จะเป็นสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานร่วมกับหน้าสัมผัสที่ลิมิตสวิทซ์

ซึ่งวงจรการควบคุมตัวรีเลย์และวงจรกำลังได้แสดงดังรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงวงจรกำลัง

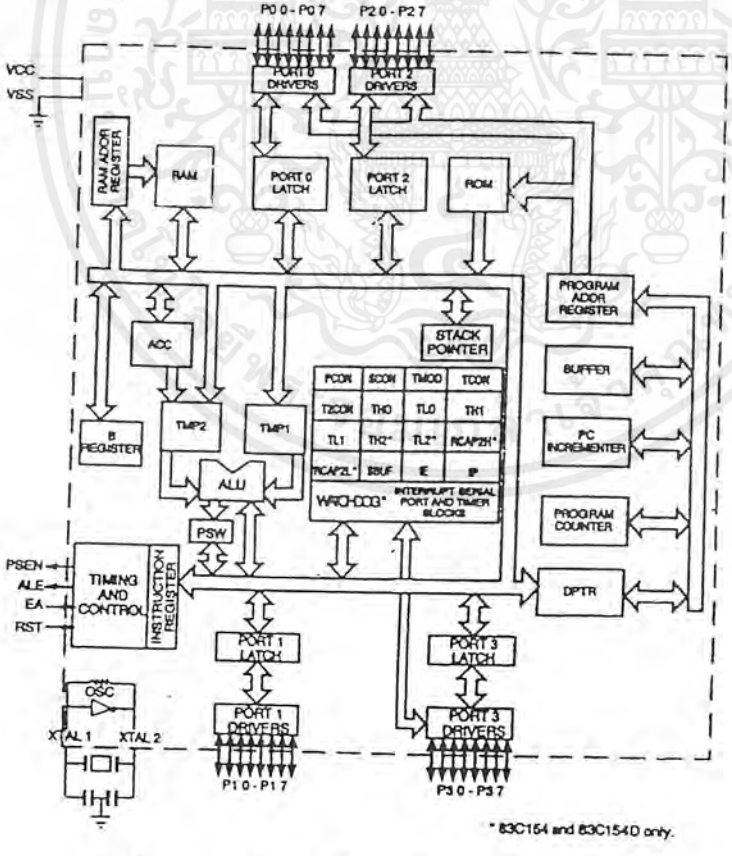
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่บริษัทอินเทลผลิตขึ้น โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิทสำหรับงานควบคุมต่างๆ
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมทำงานได้ถึง64กิโลไบต์(ProgramMemory)
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์ (Data Memory)
- มีความจำสำหรับโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์
- มีพอร์ตสำหรับควบคุม 4 พอร์ตและสามารถอ้างอิงพอร์ตได้ระดับบิท ต่อบิท
- มีชุด ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์(Timer/Counter) ขนาด 16 บิท 2ชุด
- มีโครงสร้างสำหรับการอินเตอร์รัพท์จาก6แหล่งกำเนิดสัญญาณละ5ตำแหน่ง โปรแกรมทำงานตอบรับการอินเตอร์รัพท์โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ



รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 รายละเอียดของขาสัญญาณของ 8051

Vcc : ขาแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5)

Vss : ขากราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ 8051 ที่มีขนาด 8 บิท ชนิดสองทิศทาง โดยแต่ละ สัญญาณสามารถต่อพ่วง กับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับ 8 บิท ล่างของสัญญาณ แอดเดส(Address) ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ 8051 ขนาด 8 บิท ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi-bidirectional โดยที่ถ้าต้องการให้พอร์ตเส้นใดเป็นอินพุท จะให้ค่า 1 ที่บิทนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ 8051 ขนาด 8 บิท ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi-bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้ พอร์ต 2 นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ แอดเดส 8 บิท บนในกรณี ที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้างอิงแอดเดส หน่วยความจำขนาด 16 บิท ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใดๆไปที่ พอร์ต 2 จะทำให้เกิดการผิดพลาดการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 3 ของ 8051 ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi-bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 และพอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางข้างล่าง

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RxD (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	TxD (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุทของ ไทม์เมอร์ 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุทของ ไทม์เมอร์ 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

RST : ขาสำหรับรีเซ็ตการทำงานของ 8051 โดยการให้ ลอจิก 1 อย่างน้อย 2ช่วง Machine Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

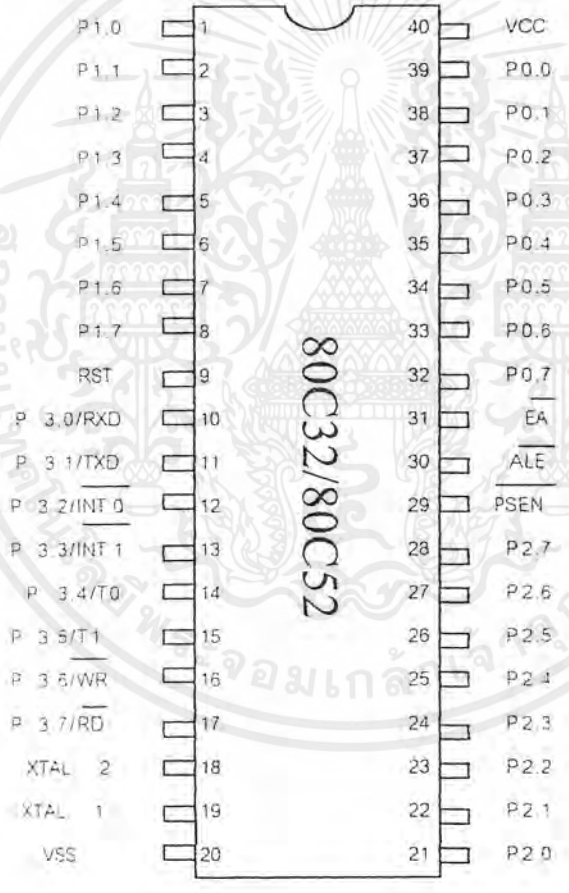
ALE: ขาสัญญาณออกของ ADDRES LATCH ENABLE สำหรับ LATCH ค่า แอดเดส 8 บิท ที่ได้จากพอร์ต 0 โดยจะมีความถี่ออกมาที่ 1/6 ของความถี่อ้างอิงของ 8051

PSEN : ขาสัญญาณ Program Store Enableใช้สำหรับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : ขาสัญญาณ External Access Enable สำหรับกำหนดให้ 8051 ให้อ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก โดยที่ให้ ลอจิก 0 8051 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 8051

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

XTAL2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

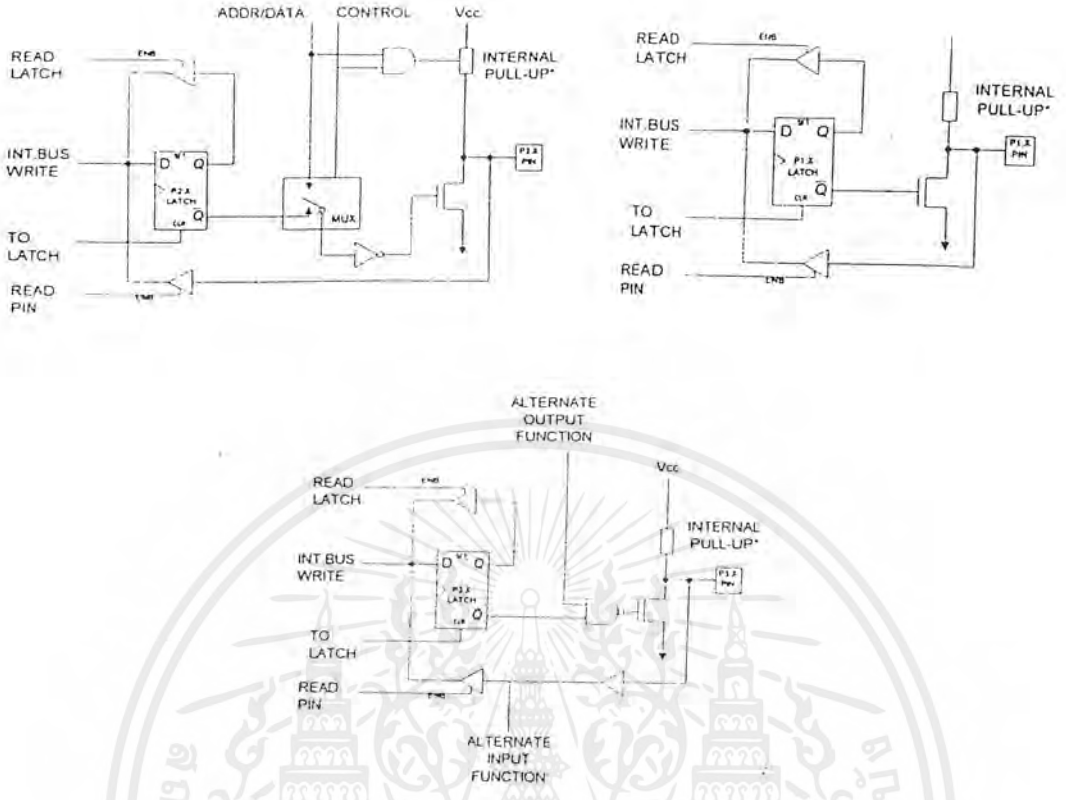


รูปที่ 5.2 แสดงขาของ 8051

5.2โครงสร้างภายในของพอร์ต 8051

ในรูปที่ 5.3 แสดงโครงสร้างภายในของพอร์ตแต่ละพอร์ตของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงโครงสร้างภายในของพอร์ตแต่ละพอร์ตของ 8051

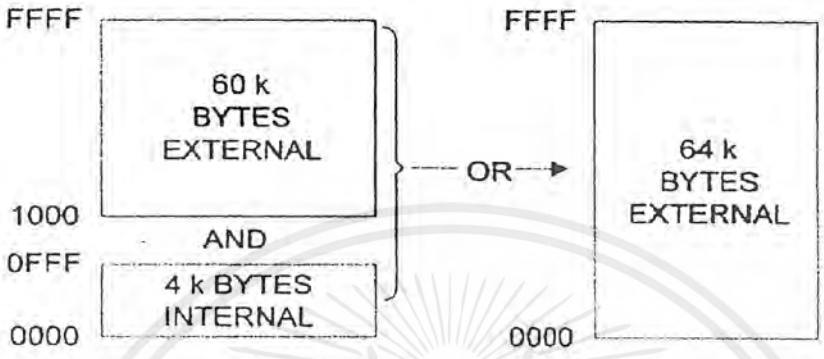
จะเห็นว่าพอร์ต 0 จะเป็นพอร์ตแบบสองทิศทางอย่างแท้จริง โดยข้อมูลที่ส่งออกและอ่านเข้าจะไม่รบกวนกัน แต่โครงสร้างของพอร์ต 1, พอร์ต 2 , และพอร์ต 3 จะเป็นเอาท์พุทใช้เฟทเพียงตัวเดียว ดังนั้นข้อมูลที่ส่งออกไปโดยเฉพาะลอจิก 0 จะรบกวนข้อมูลที่อ่านได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำงานแบบสองทิศทางอย่างแท้จริง โดยที่ถ้าต้องการจะใช้บิทใดบิทหนึ่งของพอร์ตดังกล่าวเป็นอินพุทจะต้องเขียนลอจิก 1 ไปที่บิทดังกล่าว

5.3 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051

ดังที่กล่าวมาแล้ว 8051 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่หน่วยความาจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลโดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียวโดยที่ 8051 ใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 จะสามารถอ่านและเขียนได้โดยใช้สัญญาณ RD และ PSEN มา AND กัน สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำ นอกจากนี้หน่วยความจำดังกล่าวยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5 โดยรูปที่ 5.4 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกใช้หน่วยความจำภายนอกหรือ

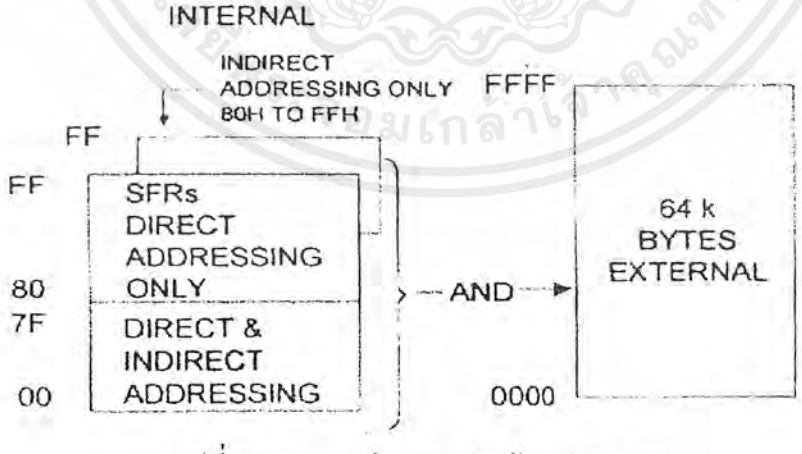
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด



รูปที่ 5.4 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

สำหรับ หน่วย ความจำข้อมูลของ 8051 สามารถแบ่งออกเป็น ภายนอก และ ภายใน โดยหน่วยความจำภายนอกแสดงไว้ด้านขวามือของรูปที่ 5.5 ซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงไว้ด้านซ้ายของรูปที่ 5.5 โดยหน่วยความจำภายในของ8051 แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบไดเรค (Direct)และอินไดเรค (Indirect) ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างได้เฉพาะแบบไดเรคเท่านั้น หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Functionรีจิสเตอร์) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้



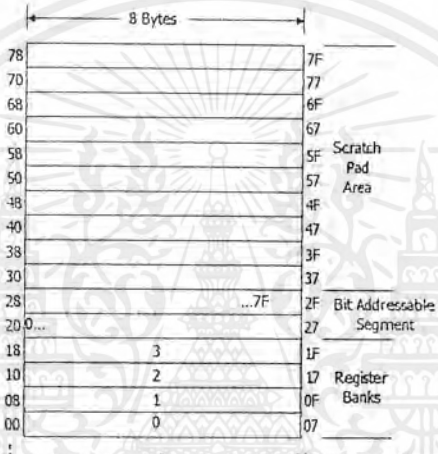
รูปที่ 5.5 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ ไดเรค และ อินไดเรค นั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนที่ 1 เรียกว่า รีจิสเตอร์ Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์โดยจะแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 8 ไบต์ จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 เป็น รีจิสเตอร์ ที่ใช้งานร่วมในแต่ละคำสั่ง โดยเมื่อ8051 ถูกรี เซ็ต รีจิสเตอร์ Bank 0 จะถูกเลือกใช้

- ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Address able Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง2FH ในส่วนนี้สามารถที่จะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิทถึง 128บิท โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิท ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH



รูปที่ 5.6 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

- ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในเอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรงนอกจากนี้ยัง สามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ แสตค (stack) ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิง แบบ ไดเรค เพียงอย่างเดียว หรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรับเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 5.7

ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์ แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 5.7 เท่านั้น หากผู้ ใช้อ้างตำแหน่งจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็นรี จิสเตอร์ สำหรับในการประมวลผลทางลอจิกและคณิตศาสตร์ โดยผู้ ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปของ ไบต์ หรือระดับบิทได้

B : เป็นรี จิสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

PSW : เป็นรี จิสเตอร์ Program Status Word จะแสดงสถานะการทำงานของ 8051 สำหรับการตรวจสอบได้ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	T2CON		RCAP2L	TL2	TH2			CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						DF
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
8D	PO	SP	DPL	DPH			PCON	87

รูปที่ 5.7 แสดงรายละเอียดของ Special Function รีจิสเตอร์

SP : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลสำหรับเก็บแบบ Stack

DPTR :เป็นรี จิสเตอร์ขนาด 16บิท โดยแบ่งเป็น 8บิทบนและ 8บิทล่างใช้สำหรับตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

P0 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับพอร์ต 0 ของ 8051

P1 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับพอร์ต 1 ของ 8051

P2 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับพอร์ต 2 ของ 8051

P3 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับพอร์ต 3 ของ 8051

IP : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับกำหนดความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

IE : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับการกำหนดการจะรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

TMOD : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่ของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ของ 8051

TCON : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T2CON : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2 ของ 8052

TH0 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 0 8บิ ทบน

TL0 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 0 8บิ ทล่าง

TH1 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 1 8บิ ทบน

TL1 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 1 8บิ ทล่าง

TH2 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2 8บิทบนของ 8052

TL2 : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2 8บิ ทล่างของ 8052

RCAP2H : เป็น Capture รีจิสเตอร์ ของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2 8บิทบนของ 8052

RCAP2L : เป็น Capture รีจิสเตอร์ ของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2 8บิ ทล่างของ 8052

SCON : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

SBUF : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลอนุกรมของ 8051

PCON : เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

ในส่วนของ Special Function รีจิสเตอร์ ที่ใช้สำหรับควบคุมในหน้าที่ต่างๆ ของ 8051 มีรายละเอียดดังนี้

PSW

เป็นรี จิสเตอร์ขนาด 8 บิทที่ใช้สำหรับสถานะการทำงานของ 8051 ที่สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบนั้นสามารถอ้างอิงได้ระดับบิท โดยมีความหมายของแต่ละบิท ดังนี้

CY	AC	F0	RS1	RS0OV	-	P

CY หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น PSW.7 เป็นบิทแสดงสถานะของตัวทดเมื่อมีการทำงานคำสั่งที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์และลอจิก

AC หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็นPSW.6 เป็นบิท แสดงสถานะของตัวทดของสี่บิท แรก เมื่อมีการทำงานคำสั่งเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

F0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น PSW.5 เป็นบิท เอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้กำหนดสถานะของผลจากการทำงานของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

RS1,RS0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น PSW. 4 และ PSW. 3 ตามลำดับเป็นบิท สำหรับกำหนดเลือกชุดของรี จิสเตอร์ของ 8051 ซึ่งมี 4 ชุด ที่ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้

OV หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น PSW .2 เป็นบิท แสดงผลของข้อมูลที่เกิดการล้นของขนาดข้อมูลจากการทำงานของคำสั่งทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น PSW.1 เป็นบิท เอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้กำหนดสถานะของโปรแกรมเองได้

P หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็นPSW.0 เป็นบิท แสดงสถานะของจำนวนของเลข1ของข้อมูลของ Accumulator เป็นจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ โดยถ้าบิท นี้เท่ากับ 1 จะเป็นเลขจำนวนคี่ และ 0 จะเป็นเลขจำนวนคู่

PCON

เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 ซึ่งเป็นรี จิสเตอร์ที่ไม่สามรถอ้างอิงระดับบิท ได้ ดังมีรายละเอียดดังนี้

SMOD	-	-	-	GP1	GF0	PD	IDL

SMOD เป็นบิท กำหนดอัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่ใช้ไทม์เมอร์1 เช่นถ้าเวลาในการรับส่งเมื่อ SMOD เท่ากับ 1 จะทำให้ความเร็วในการรับส่งแบบอนุกรมเป็น 2 เท่า เมื่อเลือกการใช้งานใน MODE 1,2,3 ของการรับส่งแบบอนุกรม

- เป็นบิท ซึ่งไม่ใช้งานซึ่งสงวนไว้สำหรับหน้าที่เพิ่มเติมในอนาคตของ 8051 ดังนั้นผู้ใช้จึงไม่ควรกำหนดให้ บิท นี้เป็น 1

GF0-GP1 เป็นบิท เอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานได้

PD เป็นบิท สำหรับให้ 8051 เข้าสู่การทำงานใน Power Down Mode ในการทำงานทั้งสอง Mode นี้เป็นการทำงานเพื่อประหยัดพลังงานของ 8051 โดยมีข้อแตกต่างดังนี้

Power Down Mode เมื่อมีการกำหนดให้บิท นี้เป็น 1 8051 จะทำงานอีกหนึ่งคำสั่งก่อนที่จะ เข้าสู่ Power Down Mode โดยที่ส่วนสร้างความถี่อ้างอิงภายในจะหยุดทำงาน การทำงานทุกอย่างของ 8051 จะหยุด ข้อมูลต่างๆ ของหน่วยความจำภายในรวมทั้ง SFRจะถูกรักษาไว้ที่สัญญาณ ALE และ PSEN จะเป็นลอจิก 0 เมื่อเข้าสู่ Power Down Mode แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ 8051 สามารถลดลงถึง 2 โวลท์ ได้อย่างไรก็ตามแรงดันไฟฟ้าจะต้องไม่ลดลงก่อนที่จะเข้าสู่ Power Down Mode และแรงดันไฟฟ้าจะต้องเข้าสู่ระดับปกติก่อนที่จะออกจาก Power Down Mode การออกจาก Power Down Mode จะกระทำได้เฉพาะการรี เซ็ต 8051 เท่านั้น ซึ่งจะทำให้ค่าของ SFR เปลี่ยนแปลง แต่ข้อมูลในส่วนของหน่วยความจำภายในไม่เปลี่ยนแปลง

Idle Mode เมื่อมีการกำหนดให้บิท นี้เป็น 1 8051 จะทำงานอีกหนึ่งคำสั่งก่อนเข้าสู่ Idel Mode โดยที่ความถี่การทำงานภายใน CPU ของ 8051 จะหยุดทำงานยกเว้นที่ ให้กับส่วนการอินเตอร์รัพท์ ไทม์เมอร์ และการรับส่งแบบอนุกรม ค่าต่างๆของรี จิสเตอร์จะถูกรักษาไว้ และสัญญาณของ ALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ PSEN จะอยู่ที่ ลอจิก 1 ในการออกจาก Idel Mode จะสามารถทำได้สองวิธี ได้แก่การรีเซ็ตและการอินเตอร์รัพท์

IE

เป็นรี จิสเตอร์สำหรับการควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ของ 8051 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้เป็นระดับบิท ได้ โดยที่เมื่อให้ ลอจิก 0 ที่ บิท ใดๆหมายความว่ายกเลิกการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ของ 8051 และให้ ลอจิก 1 ที่ บิท ใดๆ เป็นการกำหนดให้ 8051 ตอบรับการอินเตอร์รัพท์นั้นๆ ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.7 สำหรับบิท นี้จะควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ทั้งหมดของ 8051 โดยที่ถ้าเป็นลอจิก 0 8051 จะไม่ตอบรับการอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด และลอจิก 1 เป็นการกำหนดให้สามารถควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ได้อิสระในแต่ละส่วนของการอินเตอร์รัพท์

- หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.6 เป็นบิท ที่สงวนไว้สำหรับอนาคตของ 8051 ซึ่งผู้ใช้กำหนด 1 ไม่ได้

ET2 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.6 เป็นบิท สำหรับควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจาก ไทม์เมอร์ 2 หรือจาก Capture Interrupt ซึ่งมีเฉพาะเบอร์ 8052 เท่านั้น

ES หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.4 เป็นบิท สำหรับควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ในส่วนของการรับส่งแบบอนุกรม

ET1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.3 เป็นบิท สำหรับควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์เกิดจาก ไทม์เมอร์ 1

EX1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.2 เป็นบิท สำหรับควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IE.0 เป็นบิท สำหรับควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT 0

สำหรับการกำหนดการอินเตอร์รัพท์ของ 8051 มีลำดับการกำหนดได้ดังนี้

1. กำหนดให้บิท EA ใน IE รี จิสเตอร์เป็น 1
2. กำหนดลอจิก 1 ให้กับบิทที่ควบคุมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่จะใช้งานใน IE รี จิสเตอร์
3. เขียนโปรแกรมที่จะใช้ในการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ในตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมตามตารางต่อไปนี้

แหล่งการอินเตอร์รัพท์	ตำแหน่งของหน่วยความจำ
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
RIและTI	0023H
TF2และEXF2	002BH

สำหรับการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT0 และ INT1 (P3.2 และ P3.3) จะต้องกำหนดให้ ลอจิกเป็น 1 เสมอและการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ระดับสัญญาณหรือขอบของสัญญาณขึ้นอยู่กับบิท IT0 และ IT1 ในรี จิสเตอร์ TCON ซึ่งจะมีรายละเอียดในส่วนของรี จิสเตอร์ TCON

IP

เป็นรี จิสเตอร์สำหรับการกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ซึ่ง 8051 มีลำดับความสำคัญการตอบรับการอินเตอร์รัพท์สองลำดับ โดยที่ถ้าเป็นลอจิก 1 จะมีลำดับสูงและลอจิก0 จะมีลำดับต่ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

- หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท เป็น IP.7 และ IP.6 เป็นบิท ที่สงวนสำหรับอนาคต ผู้ใช้ไม่ควรกำหนดเป็นลอจิก 1

PT2 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.6 เป็นบิท กำหนดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ที่ได้จาก ไทม์เมอร์ 2 ซึ่งจะมีเฉพาะเบอร์ 8052

PS หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.4 เป็นบิทกำหนดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PT1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.3 เป็นบิท กำหนดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจาก ไทม์เมอร์ 1

PX1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.2 เป็นบิท กำหนดลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT 1

PT0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.2 เป็นบิท กำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจาก ไทม์เมอร์ 0

PX0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น IP.0 เป็นบิท กำหนดระดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์เกิดจาก INT0

ในกรณีที่มีการอินเตอร์รัพท์เกิดขึ้นพร้อมกัน ถ้ามีระดับความสำคัญต่างกัน 8051จะตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่มีลำดับสูงก่อน แต่ถ้าลำดับความสำคัญการอินเตอร์รัพท์เท่ากัน 8051จะมี ลำดับการอินเตอร์รัพท์จากมากไปน้อยดังนี้

IE0

TF0

IE1

TF1

IR และ TI

TF2 หรือ EXF2

TCON

เป็นรี จิสเตอร์ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ และระดับการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ ที่เกิดจากขาภายนอก ซึ่งสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้ มีรายละเอียดดังนี้

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.7 เป็นบิท แสดงสถานะเมื่อเกิด Over Flow ที่เกิดจาก ไทม์เมอร์ 1 จะเป็นลอจิก 1 เมื่อเกิด Over Flow และเป็นลอจิก 0 เมื่อเข้าสู่โปรแกรมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์

TR1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น Tcon.6 เป็นบิท สำหรับควบคุมการทำงานของ ไทม์เมอร์ 1 โดยที่ ลอจิก 1 ให้ ไทม์เมอร์ 1 ทำงานและหยุดเมื่อลอจิก 0

TF0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.5 เป็นบิท แสดงสถานะเมื่อเกิด Over Flow ที่เกิดจาก ไทม์เมอร์ 0 จะเป็นลอจิก 1 เมื่อเกิด Over Flow และเป็นลอจิก 0 เมื่อเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สู่โปรแกรมการตอบรับการอินเตอร์รัพท์

TR0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.4 เป็นบิท สำหรับควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ 0 โดยที่ลอจิก 1 ให้ ไทม์เมอร์ 0 ทำงานและหยุดเมื่อลอจิก 1

IE1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.3 เป็นบิท แสดงสถานะการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขอบของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT1 โดยจะเป็นลอจิก 1 เมื่อตรวจพบขอบของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก และเป็นลอจิก 0 เมื่อตอบรับการอินเตอร์รัพท์

IT1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.2 เป็นบิท สำหรับกำหนดการตอบรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT1 ถ้าลอจิก 1 จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ขอบขาลงของสัญญาณอินเตอร์รัพท์และลอจิก 0 จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ระดับลอจิก 0

IE0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.1 เป็นบิท แสดงสถานะการอินเตอร์รัพท์เกิดจากขอบของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขา INT0 โดยจะเป็นลอจิก 1 เมื่อตรวจพบขอบของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก และเป็นลอจิก 0 เมื่อมีการตอบรับการอินเตอร์รัพท์

IT0 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น TCON.0 เป็นบิท สำหรับกำหนดการตอบรับสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ที่เกิดจากขาของ INT0 ถ้าเป็นลอจิก 1 จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ขอบขาลงของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ และลอจิก 0 จะเป็นการตอบรับการอินเตอร์รัพท์ที่ระดับลอจิก 0

TMOD

เป็นรี จิสเตอร์สำหรับควบคุม Mode การทำงานของ ไทม์เมอร์ /เคาร์เตอร์ และไม่สามารถอ้างอิงระดับบิท ได้ซึ่งจะเป็นสองส่วน โดยที่สี่บิท แรกของรี จิสเตอร์นี้ใช้สำหรับ ไทม์เมอร์ /เคาร์เตอร์ 0 และสี่บิท บนสำหรับ ไทม์เมอร์ /เคาร์เตอร์ 1 มีรายละเอียดดังนี้

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

GATE เป็นบิท ใช้สำหรับการควบคุมไทม์เมอร์/เคาร์เตอรถ้าเป็นลอจิก 1 ไทม์เมอร์ /เคาร์เตอร์นั้นจะทำงานเมื่อขาสัญญาณที่ขา INTx เป็นลอจิก 1 เท่านั้น ที่นี้บิท TRx ใน TCON ต้องเป็นลอจิก 1 ด้วยซึ้งจะเป็นการควบคุมด้วยฮาร์ดแวร์ เมื่อเป็นลอจิก 0 การควบคุม ไทม์เมอร์ /เคาร์เตอร์ นั้นๆ จะเป็นการควบคุมด้วยโปรแกรมบิท TRx ของรี จิสเตอร์ TCON เท่านั้น

C/T เป็นบิท สำหรับเลือกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์เป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาร์เตอร์ โดยที่ถ้าเป็นลอจิก 1 จะทำหน้าที่เป็น เคาร์เตอร์โดยรับสัญญาณจากขา Tx ของ 8051 และลอจิก 0 เป็น ไทม์เมอร์โดนความถี่ที่นับได้จากความถี่ภายในของ 8051

M0.M1 เป็นบิท สำหรับเลือกการทำงานของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1	M0	การทำงาน
0	0	เป็น ไทม์เมอร์ ขนาด 13 บิท เมื่อการทำงานของตระกูล 48
0	1	เป็น ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ขนาด 16 บิท
1	0	เป็น ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ขนาด 8 บิท ที่สามารถตั้งค่าใหม่อัตโนมัติ
1	1	ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 0 จะถูกแบ่งออกเป็น ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 2ชุด ขนาด 8 บิท โดยที่ TL0 จะเป็น ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ขนาด 8 บิท ที่ถูกควบคุมของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 0และ TH0 จะเป็น ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ขนาด 8 บิท ที่ ควบคุมโดยชุดควบคุมของ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 1
1	1	ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ 1 จะหยุดทำงาน

T2CON

เป็นรี จิสเตอร์ของ 8052 จะไม่กล่าวถึงรายละเอียด

SCON

เป็นรีจิสเตอร์ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งสามารอ้างอิงระดับบิท ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0-SM1 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.7 และ SCON.6 ตามลำดับ เป็นบิทสำหรับเลือกหน้าที่การทำงานของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยที่

SM0	SM1	Mode	รายละเอียด	ความเร็วการรับส่ง
0	0	0	SHIFT รีจิสเตอร์ขนาด 8บิท	Fosc/12
0	1	1	8 บิท UART	ตั้งค่าได้
1	0	2	9 บิท UART	Fosc/64หรือFosc/32

SM2 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.5 เป็นบิท สำหรับกำหนดการทำงานในลักษณะ Multiprocessor ใน Mode 2 และ Mode 3 ถ้าเป็นลอจิก 1 แล้ว RI จะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าข้อมูลบิท ที่ 9 (RB8) เป็น 0 สำหรับ Mode 1 RI จะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้า STOP บิท ไม่ได้รับถ้าเลือกการทำงาน Mode 0 แล้ว SM2 จะต้องเป็นลอจิก 0

REN หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.4 เป็นบิท สำหรับใช้ควบคุมการรับโดยโปรแกรมโดยที่ ลอจิก 1 จะมีการรับและลอจิก 0 จะไม่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TB8 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.3 เป็นบิท ที่ 9 ในการส่งข้อมูลใน Mode 2 และ Mode 3 ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยโปรแกรมการทำงาน

RB8 หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.2 ใน Mode 2 และ Mode 3 ใช้สำหรับข้อมูลบิท ที่ 9 สำหรับใน Mode 1 ถ้า SM2 = 0 บิท นี้จะเป็นการรับ STOP บิท และ Mode 0 จะไม่ใช้งานบิท นี้

TI หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.1 เป็นบิท บอกสถานะในการส่ง โดยที่จะเป็นลอจิก 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งบิท ที่ 8 ใน Mode 0 หรือสิ้นสุดการส่ง STOP บิท ใน Mode อื่นและจะต้องกำหนดเป็นลอจิก 0 ด้วยโปรแกรม

RI หรือสามารถอ้างอิงระดับบิท ได้เป็น SCON.0 เป็นบิท บอกสถานการรับ จะเป็นลอจิก 1 เมื่อสิ้นสุดการรับบิท ที่ 8 ใน Mode 0 หรือครึ่งช่วงเวลาของ STOP บิท สำหรับ Mode อื่น และจะต้องกำหนดให้เป็นลอจิก 0 ด้วยโปรแกรม

5.4 การคำนวณความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Generating Baud Rate)

การกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกได้ตาม Mode การทำงานดังนี้

Mode 0

ความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมใน Mode นี้จะกำหนดอัตราการรับส่งตายตัวเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของชุดกำเนิดความถี่อ้างอิงของ 8051 และจะไม่ใช้ ไทม์เมอร์/เคาร์เตอร์ ดังนั้นเพียงกำหนดที่รี จิสเตอร์ SCON ก็เพียงพอจะได้

$$\text{Baud Rate} = \frac{\text{Osc.Freq}}{12}$$

Mode 1

ในการกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมใน Mode 1 นี้จะใช้ ไทม์เมอร์1 เป็นฐานเวลาของการทำงานโดยจะใช้การทำงานของ ไทม์เมอร์ 1 ใน Mode 2 (Auto-Reload) โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Baud Rate} = \frac{K^* \text{Osc Freq}}{32^*12^*[256-(TH1)]}$$

K = 1 เมื่อ SMOD ใน รี จิสเตอร์ PCON = 0

K = 2 เมื่อ SMOD ในรี จิสเตอร์ PCON = 1

ส่วนมากแล้ว ผู้ใช้จะทราบค่าของ Baud Rate ที่จะส่งได้นั้น จะได้ค่าของ ไทม์เมอร์1 สำหรับ Reload ได้เป็น

$$TH_1 = 256 - \frac{K^* \text{Osc. Freq}}{384^* \text{Baud Rate}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางต่อไปนี้ แสดงค่า Baud Rate ต่างๆ และค่า Reload ของ ไทม์เมอร์ 1

Baud Rate	Fosc	SMOD	Timer 1		
			C/T	MODE	Reload Value
Mode 0 Max:1MHz	12MHz	X	X	X	X
Mode 2 Max375:K	12MHz	1	X	X	X
Modes 1,3:62.5K	12MHz	1	0	2	FFH
19.2k	11.059MHz	1	0	2	FDH
9.6K	11.059MHz	0	0	2	FDH
4.8K	11.059MHz	0	0	2	FAH
2.4K	11.059MHz	0	0	2	F4H
1.2K	11.059MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.986MHz	0	0	2	1DH
110	6MHz	0	0	2	72H
110	12MHz	0	0	1	FEEBH

Mode 2

ความเร็วการรับส่งใน Mode นี้จะเป็นค่าคงที่ ซึ่งมีค่า 2 ค่า ขึ้นกับค่า SMOD ในรี จิสเตอร์ PCON ดังนี้

เมื่อ SMOD = 1 Baud Rate = 1/32 Osc. Freq

เมื่อ SMOD = 0 Baud Rate = 1/64 Osc. Freq

Mode 3

การกำหนดความเร็วในการรับส่งใน Mode 3 จะคิดเช่นเดียวกับการคิดใน Mode 1 ค่าเริ่มต้นของค่า SFR เมื่อ 8051 ถูกรี เซ็ตจะมีค่าดังแสดงในตารางต่อไปนี้

รีจิสเตอร์	Value in Binary
ACC	0000000
B	0000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSW	0000000
SP	00000111
DPTR	
DPH	00000000
DPL	00000000
P0	11111111
P1	11111111
P2	11111111
P3	11111111
IP	8051 XXX00000
	8052 XXX00000
IE	8051 0XX00000
	8052 0X000000
TMOD	00000000
TCON	00000000
T2CON	00000000
TH0	00000000
TL0	00000000
TH1	00000000
TL1	00000000
TH2	00000000
TL2	00000000
RCAP2H	00000000
RCAP2L	00000000
SCON	00000000
SBUF	Indxferminate
PCON	HMOS 0XXXXXXX
	CHMOS 0XXX0000

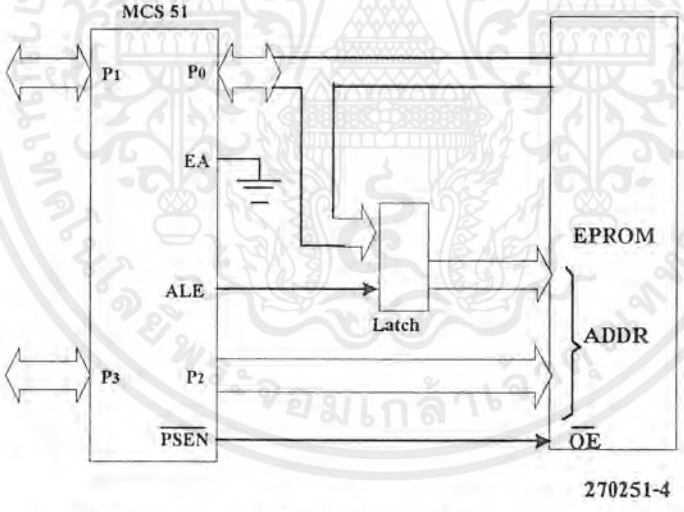
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การต่อหน่วยความจำภายนอก

สำหรับการต่อหน่วยความจำภายนอกสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน ได้แก่ หน่วยความจำโปรแกรม และ หน่วยความจำข้อมูล เนื่องจากโครงสร้างของ 8051 นั้น ส่วน Data จะใช้ขาร่วมกับแอดเดส8 บิท ล่าง ดังนั้นในการใช้งานหน่วยความจำภายนอกจึงต้องมีอุปกรณ์ Latch สำหรับสัญญาณ แอดเดส โดยอุปกรณ์ Latch ดังกล่าวได้แก่ 74LS373 โดยสามารถแยกการใช้งานได้ดังนี้

หน่วยความจำโปรแกรม

เนื่องจาก 8051 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ ดังนั้นขึ้นกับการใช้งานจากต้องการใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในร่วมกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะต้องต่อขา EA ของ 8051 ไว้ที่ Vccโดยจะมีตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมเช่น ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอกเริ่มจาก 0000H ถึง 0FFFH หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจาก 1000H ถึง PFFFH หากใช้หน่วยความจำภายนอกทั้งหมดขา EA ของ 8051 จะต่อกับ Vss จะได้หน่วยโปรแกรมภายนอกจาก 0000H ถึง FFFFH จากรูปที่5.8 แสดงตัวอย่างการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก



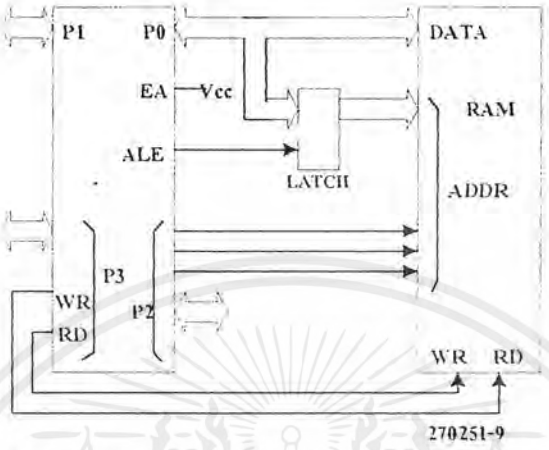
รูปที่ 5.8 แสดงการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

โดยจะใช้สัญญาณ ALE เป็นสัญญาณให้อุปกรณ์ Latch รับข้อมูลและรับสัญญาณ PSEN สำหรับให้อุปกรณ์หน่วยความจำโปรแกรมทำงาน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำหลายตัวก็สามารถใช้อุปกรณ์ Decoder ช่วยในการเลือกอุปกรณ์ได้

5.6 หน่วยความจำข้อมูล

ในการต่อหน่วยความจำข้อมูล สามารถทำได้เช่นเดียวกับหน่วยความจำโปรแกรม เพียงแต่ใช้สัญญาณ RD, WR สำหรับใช้ในการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5.9

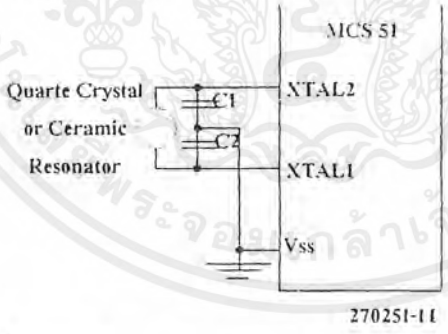
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างการต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

5.7 ฐานเวลาของ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 จะมีส่วนสร้างความถี่ภายในเพียงแต่ต่อ Crystal หรือ Ceramic Resonator ระหว่างขา XTAL1 กับ XTAL2 และตัวเก็บประจุขนาด 30 pf ลงกราวด์ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แสดงการต่อ Crystal หรือ Ceramic Resonator

นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้แหล่งสร้างความถี่ภายนอกได้ ขึ้นกับโครงสร้างภายในของ 8051ดังแสดงในรูปที่ 5.11 ซึ่งผู้ใช้จะต้องระมัดระวังในการใช้งาน

5.8 ชุดคำสั่งของ 8051

การใช้ชุดคำสั่งของ 8051 จะมีการอ้างอิงตำแหน่งได้หลายแบบดังนี้

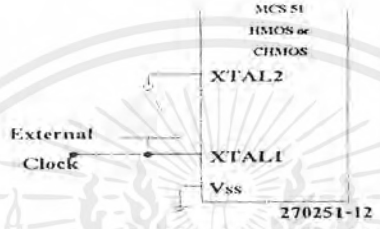
Direct Addressing

ในการอ้างอิงตำแหน่งแบบ Direct Addressing จะเป็นการอ้างอิงที่ต้องถูกกระทำ มีขนาด 8 บิท ซึ่งใช้ได้ เฉพาะกับหน่วยความจำข้อมูลและ SFR เท่านั้น

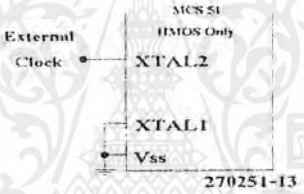
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indirect Addressing

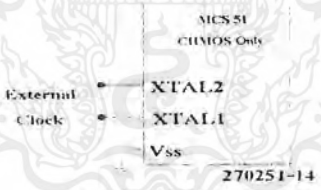
ในการอ้างตำแหน่ง Indirect Addressing จะเป็นการอ้างตำแหน่งโดยการใช้รีจิสเตอร์เป็นตัวชี้ไปยังข้อมูลที่ต้องการจะกระทำ ซึ่งเป็นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลทั้งภายในและภายนอก ในการอ้างตำแหน่งนี้สามารถอ้างโดยใช้รี จิสเตอร์ขนาด 8 บิท และ 16 บิท โดยการอ้างขนาด 8 บิท จะใช้ R0 หรือ R1 หรือใช้ SP เป็นตัวชี้ แต่ในกรณีขนาด 16 บิท จะใช้รีจิสเตอร์ DPTR เป็นตัวชี้



A. HMOS or CHMOS



B. HMOS Only



C. CHMOS Only

รูปที่ 5.11 การใช้ความถี่จากภายนอก

รีจิสเตอร์ Addressing

ในการอ้างตำแหน่งแบบ รีจิสเตอร์ Addressing นั้น จะเป็นคำสั่งเฉพาะเพื่ออ้างถึงรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 ของ 8051 ซึ่งตัวชี้จะเป็นส่วนหนึ่งของคำสั่งที่มีขนาด 3 บิท โดยตรง

Immediate Constants

เป็นการกำหนดค่าคงที่โดยตรง ซึ่งมีรูปแบบตามตัวอย่าง

Mov A, #100

ค่าคงที่จะมีเครื่องหมาย # นำหน้าเสมอIndexed Addressing การอ้างตำแหน่งแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indexed Addessing

จะเป็นลักษณะของการสร้างตารางโดยมีตัวชี้เป็นตัวอ้างอิงและจะไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งจะใช้ได้ เฉพาะส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมเท่านั้น และใช้รีจิสเตอร์ DPTR และ PC ทำหน้าที่เป็นตัวชี้

คำสั่ งของ 8051 จะสามารถแบ่งออกได้เป็นชุดๆ ตามประเภทการทำงานดังนี้

กลุ่มคำสั่งสำหรับการคำนวณ (Arithmetic Instructions)

กลุ่มสำหรับการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่5.1 ซึ่งจะมีการอ้างอิงโดยใช้ <ไบต์> เช่น ADD A, < ไบต์ > ในตารางจะมีการอ้างอิงได้อย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

ADD A, 7FH (เป็นการอ้างอิงแบบ Direct Addressing)

ADD A, @RO (เป็นการอ้างอิงแบบ Indirect Addressing)

ADD A, R7 (เป็นการอ้างอิงแบบ Register Addressing)

ADD A, #127 (เป็นการอ้างอิงแบบ Immediate Constant)

สำหรับในส่วน Execution ไทม์เมอร์ เป็นการแสดงเวลาการทำงานของคำสั่งนั้นๆ โดยเทียบถึงความถี่ทำงานที่ 12 MHz สำหรับคำสั่ง MUL AB เป็นคำสั่งคูณของ 8051 ซึ่งเป็นการคูณของข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ B ผลลัพธ์ที่ได้จะไปไว้ทั้งรีจิสเตอร์ A และรีจิสเตอร์ B คำสั่ง DIV AB เป็นคำสั่งหารโดยข้อมูลในรีจิสเตอร์ A หารด้วยข้อมูลในรีจิสเตอร์ B ผลลัพธ์การหารเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A และเศษที่เหลือเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B สำหรับคำสั่ง DA A เป็นคำสั่งใช้สำหรับการคำนวณแบบ BCD หรือเลขฐานสิบนั่นเอง โดยคำสั่งนี้จะทำหน้าที่ปรับผลลัพธ์ที่ได้ในรีจิสเตอร์ A เป็นเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบซึ่งจะต้องเป็นการคำนวณด้วยเลขฐานสิบเท่านั้นคำสั่งที่ไม่สามารถเปลี่ยนเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบได้

ตารางที่ 5.1 กลุ่มคำสั่งคณิตศาสตร์ของ 8051

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time (us)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A,<byte>	A=A+<byte>	X	X	X	X	1
ADDC A,<byte>	A=A+<byte>+C	X	X	X	X	1
SUBB A,<byte>	A=A+<byte>-C	X	X	X	X	1
INC A	A=A+1	Accumulator only				1
INC <byte>	<byte> =<byte>+1	X	X	X		1
INC DPTR	DPTR = DPTR +1	Data Pointer only				2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEC A	A=A-1	Accumulator only				1
DEC <byte>	<byte> =<byte>-1	X	X	X		1
MUL AB	BA=BxA	ACC and B only				4
DIV AB	A= Int [A/B] ; B= MOD [A/B]	ACC and B only				4
DA A	Decimal Adjust	Accumulator only				1

กลุ่มคำสั่งลอจิก (Logic Instruction)

กลุ่มคำสั่งที่เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับทำงานเกี่ยวกับลอจิกซึ่งทำงานในลักษณะบิทต่อบิทของข้อมูลที่กระทำกันสำหรับคำสั่งนี้แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 กลุ่มคำสั่งลอจิกของ 8051

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time (us)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A,<byte>	A= A,AND <byte>	X	X			1
ANL <byte>,A	<byte>=<byte>,AND,A	X				1
ANL <byte>,#data	<byte> <byte>,AND,#data	X				2
ORL A,<byte>	A=A,OR<byte>	X	X	X	X	1
ORL <byte>,A	<byte> = <byte>,OR ,A	X				1
ORL <byte>,#data	<byte> = <byte>,OR ,#data	X				2
XRL A,<byte>	A= A,XOR <byte>	X	X	X	X	1
XRL <byte>,A	<byte> = <byte>,XOR ,A	X				1
XRL <byte>,#data	<byte> = <byte>,XOR ,#data	X				2
CRL A	A=00H	Accumulator only				1
CPL A	A=NOT,A	Accumulator only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumulator only				1
RLC A	Rotate Left Through Carry	Accumulator only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumulator only				1
RRC A	Rotate Right Through Carry	Accumulator only				1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWAP A	Swap Nibbles in A	Accumulator only	1

กลุ่มคำสั่งข้อมูล (Data Transfers)

เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับถ่ายข้อมูลระหว่างข้อมูลในส่วนของหน่วยความจำภายในของ 8051 โดยที่ < src > เป็นการแทนแหล่งข้อมูลต้นทางที่จะมีการถ่ายข้อมูลและ < dest > จะเป็นแหล่งข้อมูลปลายทางที่จะรับข้อมูลสำหรับคำสั่ง XCH และ XCHD จะเป็นคำสั่งสำหรับการสลับข้อมูลจะต่างกันที่คำสั่ง XCH จะเป็นคำสั่งสลับข้อมูลขนาด 8 บิท ส่วนคำสั่ง XCHD จะสลับเฉพาะ 4 บิทล่างเท่านั้น โดยกลุ่มคำสั่งนี้แสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 กลุ่มคำสั่งถ่ายข้อมูล

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time (us)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A,<src>	A=<src>	X	X	X	X	1
MOV <dest>,A	<dest>=A	X	X	X		1
MOV <dest><src>	<dest>=<src>	X	X	X	X	2
MOV DPTR ,#data16	DPTR= 16 bit immediate constant				X	2
PUSH <src>	INC SP : MOV " @SP",<src>	X				2
POP <dest>	MOV<dest>,"@SP":DEC SP	X				2
XCH a, <byte>	ACC and <byte>exchange data	X	X	X		1
XCHD A,@Ri	ACC and @Ri exchange low nibbles		X			1

กลุ่มคำสั่งถ่ายข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

ในตารางที่ 5.4 แสดงกลุ่มคำสั่งนี้จะมีเพียง 4 คำสั่งเท่านั้น โดยจะแบ่งการอ้างอิงออกเป็นแบบ 8 บิ ทกับ 16 บิท

ตารางที่ 5.4 กลุ่มคำสั่งถ่ายข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

Address Width	Mnemonic	Operation	Execution Time (us)
8bits	MOVX A,@Ri	Read External RAM@Ri	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8bits	MOVX @Ri,A	Write External RAM @Ri	2
16bits	MOVX A,@DPTR	Read External RAM @DPTR	2
16bits	MOVX @DPTR,A	Write external RAM @DPTR	2

กลุ่มคำสั่งข้อมูลตาราง (Lookup Table)

จะเป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับอ่านข้อมูลในลักษณะของตารางซึ่งจะใช้ได้เฉพาะในหน่วยความจำโปรแกรมเท่านั้น โดยจะมีเพียงสองคำสั่งเท่านั้น โดยจะเป็นการอ้างอิงขนาด 16 บิท ที่มี DPTR หรือ PC เป็นตัวชี้ ในคำสั่งแรก ได้แก่ MOVC A,@A+DPTR จะเป็นคำสั่งที่ใช้ DPTR เป็นตัวที่จะสามารถสร้างตารางได้ 256 ตำแหน่ง ซึ่ง DPTR จะเก็บตำแหน่งแรกของตาราง เมื่อคำสั่งนี้ทำงานจะนำค่าของรีจิสเตอร์ A บวกกับ DPTR นำผลลัพธ์ที่ได้สำหรับชี้ตำแหน่งแล้วจึงอ่านข้อมูลในตำแหน่งนี้เก็บที่รีจิสเตอร์ A สำหรับคำสั่ง MOVC A,@A+PC กระทำเช่นเดียวกับคำสั่ง MOVC A,@A+DPTR จะต่างกันที่การเขียนโปรแกรมจะอยู่ในลักษณะของโปรแกรมย่อยดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
MOV A,ENTRY-NUMBER
CALL TABLE
```

ในส่วนของโปรแกรมย่อยจะเขียนเป็น

```
TABLE MOVC A,@A+PC
      RET
```

แล้วตามด้วยตารางที่จะสร้างขึ้น ดังนั้นคำสั่ง MOVC A,@A+PC จะอ้างอิงตารางจาก 1 ถึง 256 เท่านั้น กลุ่มคำสั่งนี้แสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 กลุ่มคำสั่งข้อมูลตาราง

Mnemonic	Operation	Execution Time (us)
MOVC A,@A+DPTR	Read Pgm Memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	READ Pgm Memory at (A+PC)	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มคำสั่งกระทำทาง Boolean (Boolean Instructions)

ในกลุ่มคำสั่งนี้การทำงานคล้ายกลุ่มลอจิกจะต่างกันตรงที่การกระทำนั้นจะกระทำกับเฉพาะบิทเท่านั้นดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 กลุ่มคำสั่ง Boolean

Mnemonic	Operation	Execution Time (us)
ANL C,bit	C= C,AND,bit	2
ANL C,/bit	C= C,AND,NOT,bit	2
ORL C,bit	C= C,OR,bit	2
ORL C,/bit	C= C, OR,NOT,bit	2
MOV C,bit	C=bit	1
MOV bit,C	Bit=C	2
CLR c	C=0	1
CLR bit	Bit=0	1
SETB C	C=1	1
SETB bit	Bit=1	1
CPL C	C=NOT,C	1
CPL bit	Bit=NOT,bit	1
JC rel	Jump if C= 1	2
JNC rel	Jump if C= 0	2
JB bit,rel	Jump if bit= 1	2
JNB bit,rel	Jump if bit= 0	2
JBC bit,rel	Jump if bit= 1;CLR bit	2

สำหรับคำสั่ง JB bit, rel ตัวย่อ rel มาจากคำว่า Relative เป็นการอ้างอิงตำแหน่งอีกลักษณะหนึ่งโดยสามารถอ้างอิงจาก –128 ถึง 127 โดยการทำงานจะนำค่า rel บวกกับค่าของ PC ปัจจุบันแล้วจึงไปยังตำแหน่งนั้น

กลุ่มคำสั่งกระโดด (Jump Instruction)

ในตารางที่5.7 แสดงกลุ่มของคำสั่งกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 กลุ่มคำสั่งกระโดด

Mnemonic	Operation	Execution Time (us)
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A+DPTR	Jump to A+DPTR	2
CALL addr	Call subreutine at addr	2
RET	Return from subreutine	2
REO	Return from interrupt	2
NOP	No operation	I

คำสั่ง JMP ในตารางนั้นจะแทนคำสั่ง 3 คำสั่ง ได้แก่ STMP,LJMP,AJMP โดยมีรายละเอียดดังนี้

SJMP จะเป็นคำสั่งกระโดดที่อ้างอิงตำแหน่งลักษณะแบบ Relative ซึ่งระยะของการกระโดดของคำสั่งจะอยู่ในช่อง –128 ถึง 127 ในคำสั่งนี้จะประกอบเป็นคำสั่งขนาด 2 ไบต์ เท่านั้น

LJMP เป็นคำสั่งกระโดดที่สามารถทำงานได้ตลอดช่วงหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิ โล ไบต์ โดยจะเป็นคำสั่ง 3 ไบต์

AJMP เป็นคำสั่งที่อ้างอิงตำแหน่งเพียง 11 เส้นหรือในช่วงหน่วยความจำเพียง 2 กิโลไบต์ โดยการทำงานของคำสั่งจะนำค่าของ PC เพียง 11 บิทล่างมาใช้งานเท่านั้น โดยที่5 บิท ที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลง

สำหรับคำสั่ง JMP @A+DPTR จะใช้งานคล้ายกับการเปิดตาราง จะต่างกันตรงที่เป็นการเปิดตารางโปรแกรมย่อย ดังตัวอย่างการเขียนต่อไปนี้

```
MOV   DPTR, #JUMP-TABLE
MOV   A, INDEX-NUMBER
RL    A
JMP   @A+DPTR
```

สำหรับคำสั่ง RL A เพื่อเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์เป็นเลขคู่ เพราะคำสั่ง AJMP มีขนาด 2 ไบต์ โดยส่วนตารางจะเป็น

```
JUMP-TABLE: AJMP   CASE-0
            AJMP   CASE-1
            AJMP   CASE-2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AJMP CASE-3

AJMP CASE-4

นอกจากคำสั่งกระโดดที่กล่าวมาแล้วยังมีส่วนของคำสั่งกระโดดที่มีเงื่อนไข ดังแสดงในตารางที่ 5.8 ใช้สำหรับทางเลือกการทำงาน

ตารางที่ 5.8 คำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time (us)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
JZ rel	Jump if A=0	Accumlator only				2
JNZ rel	Jump if A-----0	Accumlator only				2
DJNZ < byte >,rel	Decrement and jump if not zero	X		X		2
CJNE A ,<byte>,rel	Jump if A--- < byte>	X			X	2
CJNE < byte >,#data,rel	Jump if A < byte> --- # data		X	X		2

โปรแกรมช่วยในการแปลภาษา Assembly (Assembler)

Assembler C32 นั้นเป็น Assembler ชนิด Cross-Assemblerเขียนภาษา Assembler จะมีรูปแบบดังนี้

Label: operation operand(s) ; comment

Label จะเป็นการใช้สำหรับอ้างอิงตำแหน่งขณะเขียนโปรแกรมโดยจะตามด้วย : เสมอ เช่น โปรแกรมย่อย,ตาราง เป็นต้น ซึ่งจะใช้เมื่อมีการอ้างอิงถึงเท่านั้น

operation ในส่วนนี้จะเป็นคำสั่งของ CPU นั้นๆ และคำสั่งเฉพาะของโปรแกรม Assembler

operand(s) จะเป็นส่วนกระทำของคำสั่ง

comment เป็นส่วนใช้สำหรับคำอธิบายการทำงานโดยจะมีเครื่องหมาย ; นำหน้าเสมอ

สำหรับกฎเกณฑ์ในการตั้งชื่อ Label จะเป็นดังนี้

- อักษรตัวแรกจะต้องเป็นตัวอักษรเท่านั้น ตามด้วยตัวอักษรหรือตัวเลขและเครื่องหมาย "_" ได้
- จะต้องตามชื่อ LABEL ด้วย : เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งเฉพาะของ Assembler (Assembler Directive)

เพื่อที่จะให้โปรแกรม Assembler สามารถทำได้อย่างถูกต้องจึงต้องมีคำสั่งเฉพาะของโปรแกรม Assembler ขึ้นได้แก่

CPU สำหรับกำหนดเบอร์ CPU ที่ใช้งาน

DFB สำหรับกำหนดพื้นที่เก็บข้อมูลเป็น ไบต์

DFS สำหรับกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บพักข้อมูล

EQU สำหรับกำหนดค่าตัวแปร

HOF สำหรับกำหนดรูปแบบเลขฐานสิบหกหลังจากโปรแกรม Assembler ทำงานแล้ว

INCL สำหรับนำไฟล์ของโปรแกรมที่เคยเขียนแล้วเข้ามารวม

ORG สำหรับกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยความจำ

ดังมีรายละเอียดของแต่ละคำสั่งดังนี้

CPU

เนื่องจาก C32 เป็น Assembler แบบ Cross-Assembler ที่สามารถแปลคำสั่งของ CPU ได้หลาย เบอร์ ดังนั้นจึงมีคำสั่ง CPU สำหรับกำหนดให้ C32 รู้ว่าผู้ใช้ใช้เบอร์ CPU อะไร โดยมีรูปแบบ ดังนี้

CPU " ไฟล์สำหรับ CPU "

โดยที่ไฟล์สำหรับ CPU โปรแกรม C32 ได้รวมมาให้แล้ว ซึ่งเป็นไฟล์ชนิดที่ตามด้วย TBL ตัวอย่างการเขียนได้แก่

CPU " 8051.TBL"

CPU " A:8051.TBL"

ในการกำหนดชื่อไฟล์สามารถใส่ชื่อของ Drive ที่มีไฟล์อยู่ได้

DFB

ใช้สำหรับกำหนดค่าลงในตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการได้ในลักษณะ ไบต์ ต่อ ไบต์ ได้มีรูปแบบดังนี้

label : DFB expr1, expr2,expr3,.....,expr(n)

โดยที่คำแต่ละคำของ expr จะมีขนาด 8 บิท หรือเขียนในรูปของ String ภายในเครื่องหมายคำพูดได้ เช่น

DFB " PATIENT Lead off" , CR,LF

DFB 0,1,2

DFB 3FH,44H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DFS

ใช้สำหรับจองเนื้อที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว มีรูปแบบดังนี้

LABEL : DFS expression

โดยที่ Expression เป็นตัวกำหนดขนาดของหน่วยความจำที่จะจอง เช่น

LABEL : DFS 20*1

เป็นการจองเนื้อที่ขนาด 20 ไบต์ โดยใช้ชื่อ LABEL แทนตำแหน่งที่จอง

EQU

ใช้สำหรับกำหนดค่าค่งที่จะใช้เป็นตัวแปร มีรูปแบบดังนี้

LABEL : EQU expression

โดยที่ Expression เป็นค่าที่กำหนดให้กับ LABEL เช่น

CR : EQU 13H

LF : EQU 0AH

โดยกำหนดให้ CR มีค่าเป็น 13H และ LF เป็น 0AH

HOF

เป็นการกำหนดผลที่ได้หลังจากโปรแกรม Assembler ทำงานเป็นรูปแบบของเลขฐานสิบหกโดยมีรูปแบบดังนี้

HOF " รูปแบบ "

โดยที่รูปแบบ สามารถกำหนดได้เป็น

BIN8 เป็นเลขฐานสิบหกขนาด8บิท

BIN16 เป็นเลขฐานสิบหกขนาด 16 บิท

INT8 เป็นรูปแบบของบริษัทอินเทลขนาด 8 บิท

INT16 เป็นรูปแบบของบริษัทอินเทลขนาด 16 บิท

MOT8 เป็นรูปแบบของบริษัทโมโตโรล่าขนาด 8 บิท

MOT16 เป็นรูปแบบของบริษัทโมโตโรล่าขนาด 16 บิท

ตัวอย่างของการใช้งานได้แก่

HOF " INT8 "

INCL

ใช้สำหรับให้โปรแกรม Assembler นำโปรแกรมที่เคยเขียนมารวม โดยมีรูปแบบดังนี้

INCL " File "

โดยที่ File เป็นไฟล์ของโปรแกรมที่เคยเขียนไว้ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INCL " A:IO.ASM "

ORG

ใช้สำหรับบอกให้ Assembler ถึงตำแหน่งของโปรแกรมในหน่วยความจำที่จะใช้เขียนโปรแกรม หรือ ข้อมูล มีรูปแบบเป็น

LABEL : ORG expression

โดยที่ Expression สำหรับกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม เช่น

START : ORG 0008H

การใช้งาน C32

ในการแปลภาษา Assembly โดยใช้โปรแกรม C32 มีรูปแบบดังนี้

C32 source-file [-L list-file] [-H hex-file]

โดยที่ source-file เป็น file ที่เก็บโปรแกรมภาษา Assembly ในรูปของ Text file

list-file เป็น file ที่ได้จากการแปลภาษา Assembly ในรูปของ Text file

hex-file เป็น file ที่เกิดขึ้นตามรูปแบบคำสั่งเฉพาะ HOF

ตัวอย่างการใช้งาน

C32 T8051.ASM -L T8051.LST -H T8051.HEX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

การทดสอบของส่วนชุดควบคุมต่างๆที่ได้ทำขึ้นโดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆดังนี้คือ การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล , การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก, การทดสอบวัดสัญญาณในชุดอินเตอร์เฟซกับไมโครคอนโทรเลอร์,การวัดสัญญาณที่ตัวโฟโต้ไดโอด

6.1 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

6.1.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของชุด ADC

6.1.2 อุปกรณ์การทดลอง

6.1.2.1 ชุดคอนโทรลเลอร์

6.1.2.2 ชุด ADC และชุดแสดงผล

6.1.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

6.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

6.1.3.1 ทำการจ่ายแหล่งแรงดันเข้าที่ชุด ADC โดยค่อยเพิ่มค่าแรงดันขึ้นเรื่อยจน ถึง 5 โวลท์

6.1.3.2 ดูค่าที่ได้ที่ชุดแสดงผลและบันทึกผลลงตารางบันทึกผล

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการทดสอบ ADC

Analog input (Volt)	Digital output (Hex)
0.0	00H
0.1	05H
0.2	0BH
0.3	0FH
0.4	14H
0.5	19H
0.6	1EH
0.7	23H
0.8	28H
0.9	2EH
1.0	33H
1.1	38H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2	3DH
1.3	42H
1.4	47H
1.5	4CH
1.6	51H
1.7	57H
1.8	5CH
1.9	61H
2.0	66H
2.1	6BH
2.2	70H
2.3	75H
2.4	7AH
2.5	80H
2.6	85H
2.7	8AH
2.8	8FH
2.9	94H
3.0	99H
3.1	9EH
3.2	A3H
3.3	A8H
3.4	AEH
3.5	B3H
3.6	B8H
3.7	BDH
3.8	C2H
3.9	C7H
4.0	CCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1	D1H
4.2	D7H
4.3	DCH
4.4	E1H
4.5	E6H
4.6	EBH
4.7	F0H
4.8	F5H
4.9	FAH
5.0	FFH

6.2 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก

6.2.1วัตถุประสงค์

-เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของชุด DAC

6.2.2อุปกรณ์การทดลอง

6.2.2.1 ชุดคอนโทรลเลอร์

6.2.2.2 ชุด DAC และชุดแสดงผล

6.2.2.3 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

6.2.3ขั้นตอนการทดลอง

6.2.3.1ทำการป้อนสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิท [ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 (Hex)] ตั้งแต่ 00H ถึง FFH

6.2.3.2ดูค่าที่ได้ที่ชุดแสดงผลและบันทึกผลลงตารางบันทึก

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงผลการทดสอบ DAC

Digital input (Hex)	Analog output (Volt)
00H	0.0
05H	0.1
0BH	0.2
0FH	0.3
14H	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19H	0.5
1EH	0.6
23H	0.7
28H	0.8
2EH	0.9
33H	1.0
38H	1.1
3DH	1.2
42H	1.3
47H	1.4
4CH	1.5
51H	1.6
57H	1.7
5CH	1.8
61H	1.9
66H	2.0
6BH	2.1
70H	2.2
75H	2.3
7AH	2.4
80H	2.5
85H	2.6
8AH	2.7
8FH	2.8
94H	2.9
99H	3.0
9EH	3.1
A3H	3.2
A8H	3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AEH	3.4
B3H	3.5
B8H	3.6
BDH	3.7
C2H	3.8
C7H	3.9
CCH	4.0
D1H	4.1
D7H	4.2
DCH	4.3
E1H	4.4
E6H	4.5
EBH	4.6
F0H	4.7
F5H	4.8
FAH	4.9
FFH	5.0

6.3การทดสอบการวัดสัญญาณในชุดอินเตอร์เฟซกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

6.3.1วัตถุประสงค์

- เพื่อทำการวัดความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เข้าไปรบกวนระบบ

6.3.2อุปกรณ์การทดลอง

6.3.2.1 ชุดคอนโทรลเลอร์

6.3.2.2 ชุด ADC และชุด DAC

6.3.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

6.3.2.4 ออสซิลโลสโคป

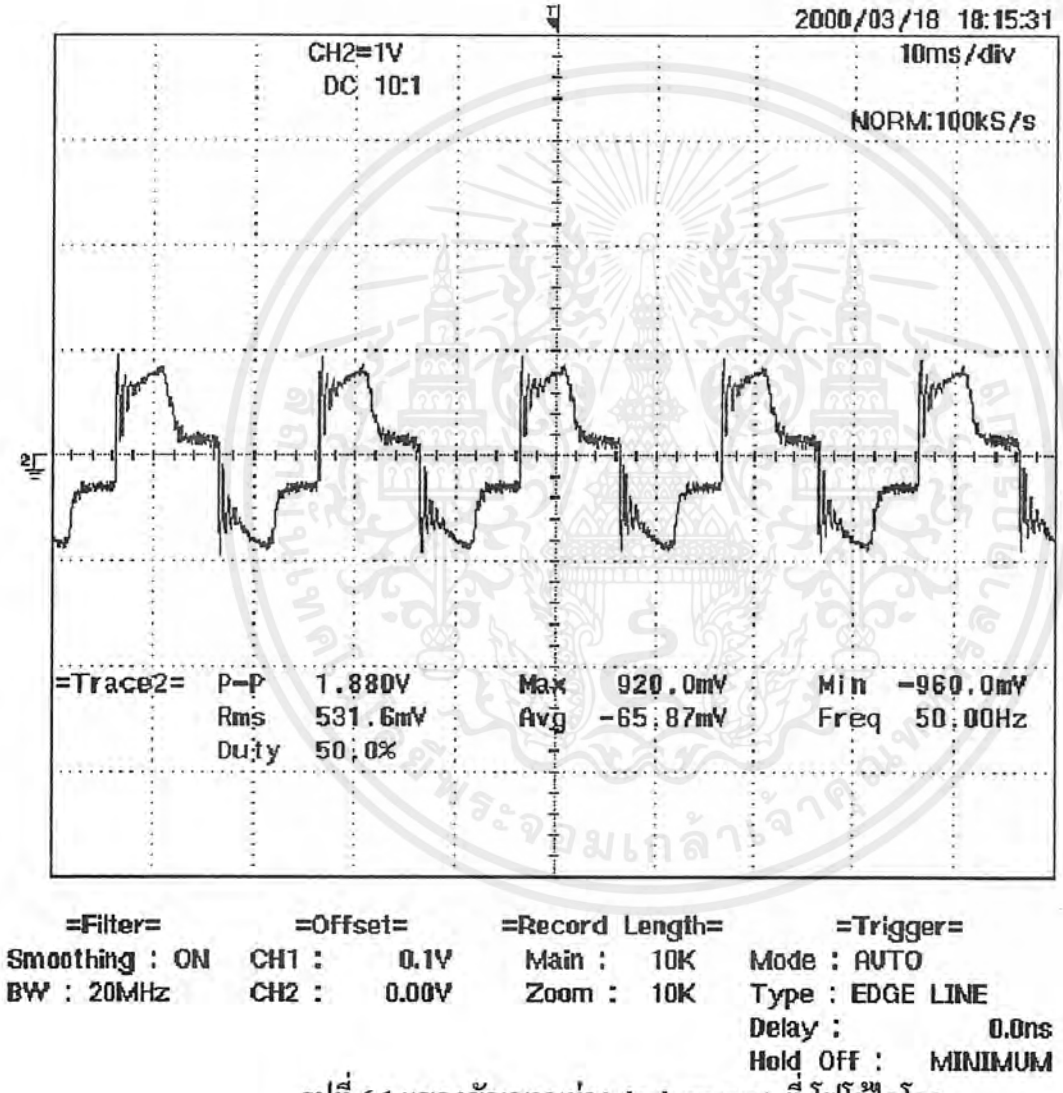
6.3.3ขั้นตอนการทดลอง

6.3.3.1 นำสโคปจับที่ขั้วของตัวโฟโต้ไดโอด เพื่อทำการวัดสัญญาณในขณะช่วง Dark Current และบันทึกผลที่ได้ลงในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3.2 นำสโคปจับที่ขา Vcc (ขาสัญญาณไฟเลี้ยงของ ไอซี ADC 0804) เพื่อตรวจสอบสัญญาณรบกวน และบันทึกผลที่ได้ลงในการทดลอง

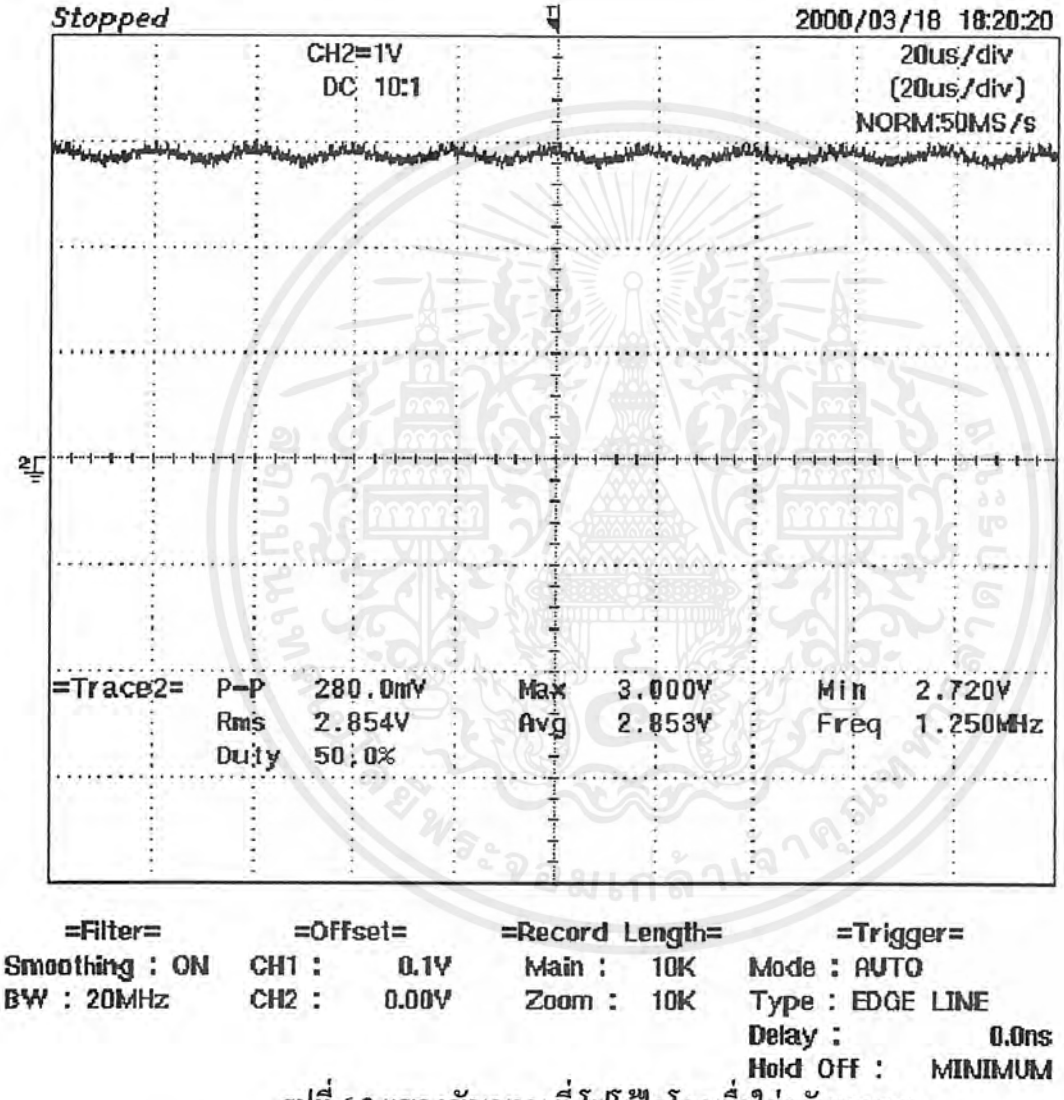
6.3.3.3 นำตลับทดสอบความขาวใส่ในช่องทดสอบ จากนั้นนำสโคปจับที่ขาสัญญาณโฟโต้ไดโอด เพื่อตรวจสอบสัญญาณรบกวนในขณะทำการทดสอบเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความขาว และบันทึกผลที่ได้ลงในการทดลอง



รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณช่วง dark current ที่ โฟโต้ไดโอด

จากรูปที่ 6.1 เป็นการวัดสัญญาณแรงดันที่ตัวโฟโต้ไดโอด ในขณะไม่ได้ป้อนแหล่งจ่ายแสงเพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ได้ สัญญาณแรงดันที่ได้คือกระแสช่วง dark current

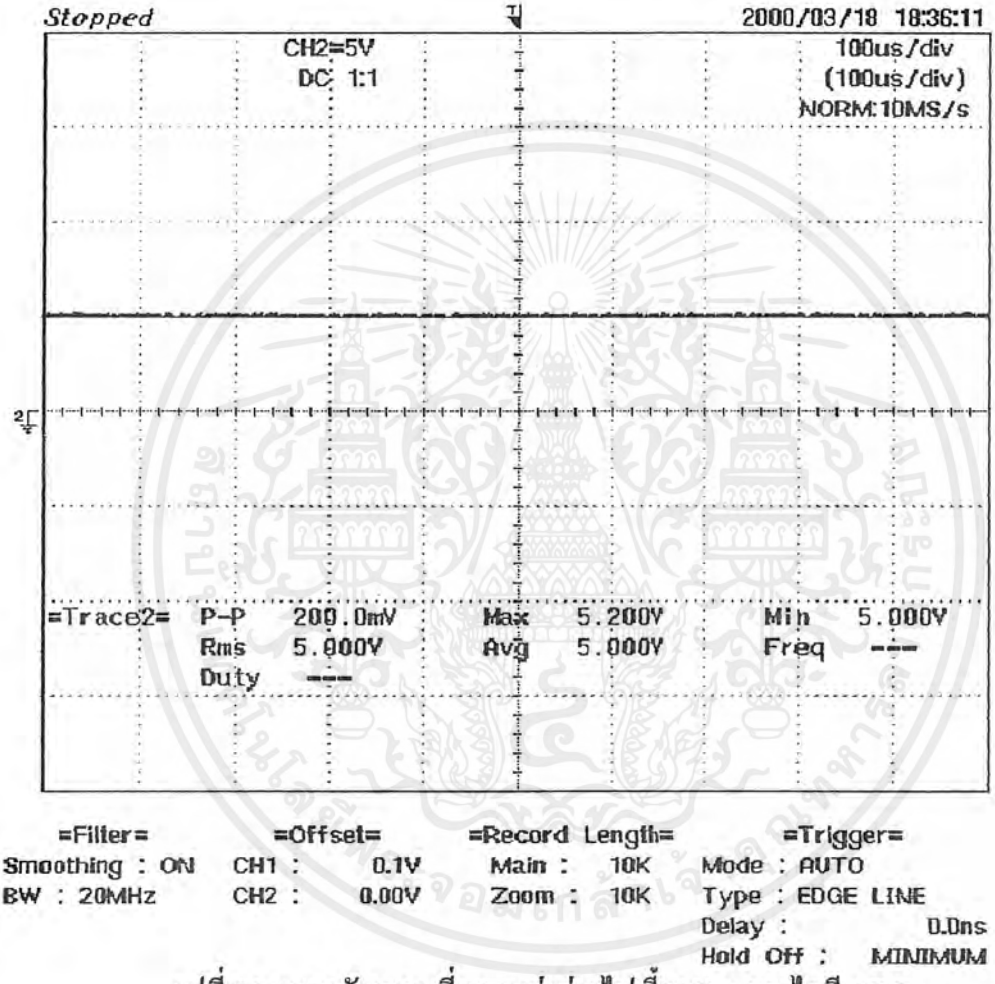
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แสดงสัญญาณ ที่ โฟโต้ไดโอดเมื่อใส่ตลับทดสอบ

จากรูปที่ 6.2 เป็นการวัดสัญญาณแรงดันที่ ขาโฟโต้ไดโอดเมื่อทำการใส่ตลับทดสอบเพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ได้จากตัวโฟโต้ไดโอดว่ามีสัญญาณรบกวนปะปนมาด้วยหรือไม่

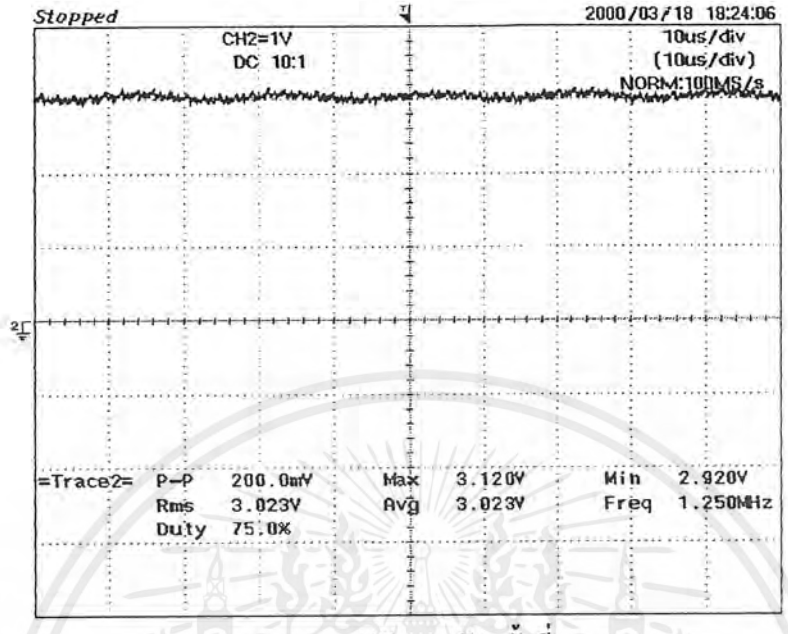
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



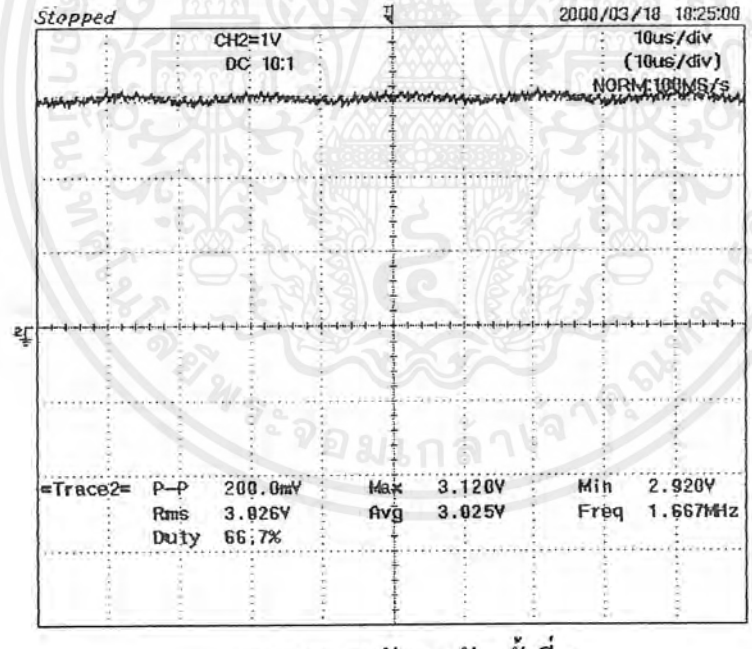
รูปที่ 6.3 แสดงสัญญาณที่ ขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง Vcc ของไอซี ADC

จากรูปที่ 6.3 เป็นการวัดสัญญาณแรงดัน Vcc ซึ่งเป็นไฟเลี้ยงแก่วงจร ADC เพื่อตรวจสอบว่ามีสัญญาณรบกวนปะปนมาหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การทดสอบวัดแรงดันครั้งที่ 1

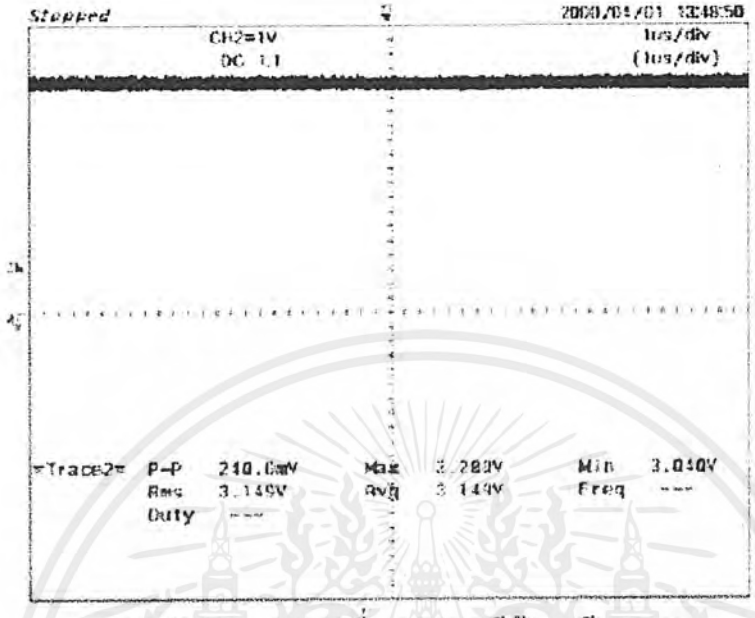


การทดสอบวัดแรงดันครั้งที่ 2

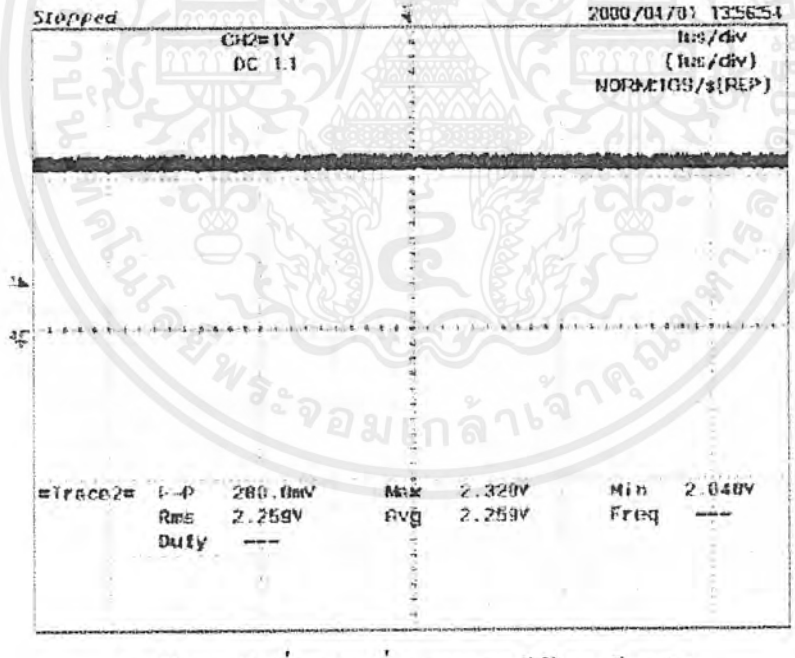
รูปที่ 6.4การเปรียบเทียบแรงดันที่วัดจากข้าวสารตลับเดียวกัน 2 ครั้ง

จากรูปที่ 6.4 เป็นการวัดสัญญาณแรงดัน Vin ที่วงจร ADC จำนวน 2ครั้ง หลังจากใส่ตลับทดสอบ เพื่อตรวจสอบดูความผิดเพี้ยนของสัญญาณแรงดันที่ จะนำแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล ส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การวัดสัญญาณ Vinที่ ADC(กรณีข้าวเหนียวขาว)

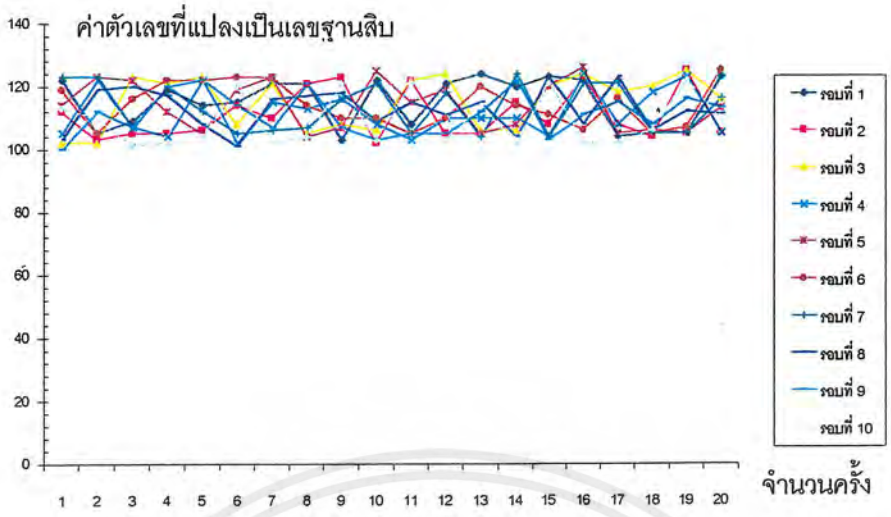


การวัดแรงดันที่ขา Vinที่ ADC (กรณีข้าวเหนียวดำ)

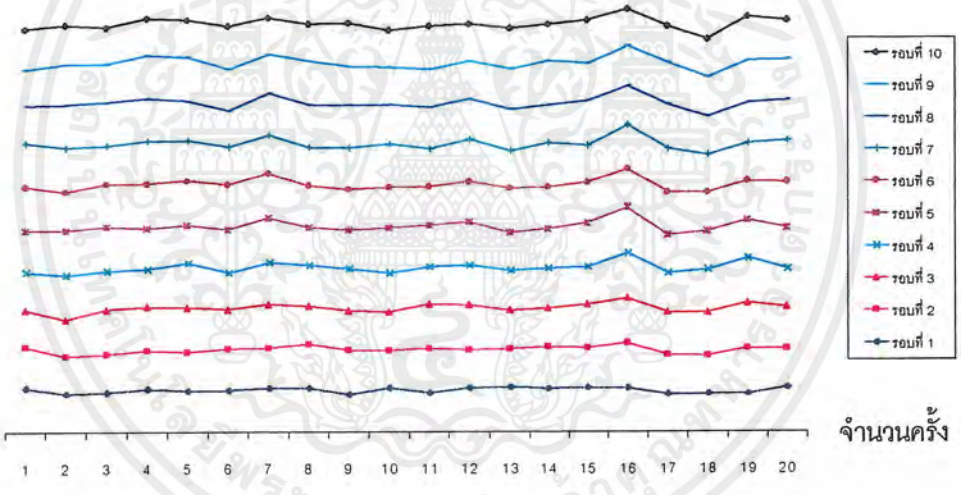
รูปที่ 6.5 เปรียบเทียบรูปคลื่นแรงดันVinระหว่าง ข้าวเหนียวขาว กับ ข้าวเหนียวดำ

จากรูปที่ 6.5 เป็นการวัดสัญญาณแรงดัน Vin ที่วงจร ADC จากวัตถุทดสอบ 2 ชนิดคือ จากข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ เพื่อดูผลของสัญญาณที่จะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลออกทางหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)



(B)

รูปที่ 6.6 (A) กราฟแสดงสัญญาณดิจิตอลที่วัดกับตลับข้าว 1 ตลับ จำนวน 10 รอบ รอบละ 10 ครั้ง
(B) แสดงการแยกกราฟแต่ละเส้นเพื่อให้เห็นชัดเจนขึ้น

หมายเหตุ ค่าในแกนตั้งเป็นค่าของเลขฐานสิบหกที่แปลงเป็นเลขฐานสิบแล้ว

จากกราฟทั้งหมด 10 เส้น ซึ่งในแต่ละเส้นมีการวัด 20 ครั้ง เพื่อต้องการเปรียบเทียบสัญญาณที่มาจากโฟโต้ไดโอด โดยการอ่านค่าในรีจิสเตอร์เก็บค่า (8 บิท) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ พบว่าค่าในช่วงแรกจะมีการกระโดดของสัญญาณ ค่อนข้างมาก แต่จะราบเรียบขึ้นในครั้งท้ายๆ และเมื่อนำค่าในแต่ละเส้นมาเฉลี่ยแล้วจะมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะฉนั้นการวัดตัวอย่างข้าวควรวัดหลายๆครั้งเพื่อดูค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดลองที่ 6.3 ซึ่งเป็นการวัดสัญญาณทั้งในส่วนโฟโต้ไดโอด ในช่วง กระแสมืด (dark current) และในขณะทำการทดสอบวัดค่าความขาวพร้อมทั้งสัญญาณที่ ขา Vcc (แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้ ADC) พบว่าในขณะยังไม่ได้ป้อนแหล่งกำเนิดแสงนั้น ที่ตัวโฟโต้ไดโอดยังมีสัญญาณค่าหนึ่งออกมา ซึ่งคือกระแสมืด แต่สัญญาณในขณะนั้นจะไม่ทำให้การแสดงผลของเปอร์เซ็นต์ค่าความขาวผิดพลาดไป เนื่องจาก กระแสมืดนั้น มีค่าน้อยกว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความขาว(แต่ ละระดับการเปลี่ยนแปลง = 0.019 โวลท์)ซึ่งต่างกันกับสัญญาณที่วัดจากโฟโต้ไดโอดขณะทำการทดสอบวัดค่าความขาวพบว่าสัญญาณที่ได้นั้นจะมีค่าสูงกว่าช่วงกระแสมืดอยู่พอสมควร จึงทำให้ สามารถแสดงผล ของค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าว ได้ตามต้องการ และในส่วนของสัญญาณ Vcc ที่วัดพบว่าจะมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณไฟ DC อยู่บ้าง ซึ่งมีส่วนทำให้การ แสดงผลของ ค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวผิดพลาด ไปบ้าง แต่ยังอยู่ ในย่านที่ยอมรับได้

7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ได้ทำการวัดสัญญาณดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นพบว่าถึงแม้สัญญาณที่วัดนั้นพบว่าจะมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณจริงบ้างแต่ ก็จะไม่ทำให้ การแสดงผลผิดพลาดไปมากนัก เนื่องจากสัญญาณรบกวนนี้เมื่อนำมาเทียบกับสัญญาณจริง ซึ่งความแตกต่างของสัญญาณทั้งสองนั้นมีค่าไม่มาก ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับระดับของค่าความขาวซึ่งแสดงผลออกทางหน้าจอเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว (แต่ละระดับของสัญญาณคือ 0.019 โวลท์ เท่ากับ 0.5%) จึงไม่ทำให้การแสดงผลออกมาผิดพลาดมากนัก

7.2 ข้อดีของโครงงาน

7.2.1 คือสามารถนำมาวัดค่าความขาวของเมล็ดข้าวได้จริงตามต้องการ

7.2.2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการวัดค่าความขาวของวัตถุอื่นๆ ได้ตามต้องการ

7.2.3 ได้ใช้ทักษะในการแก้ปัญหาในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ข้อเสียของโครงงาน

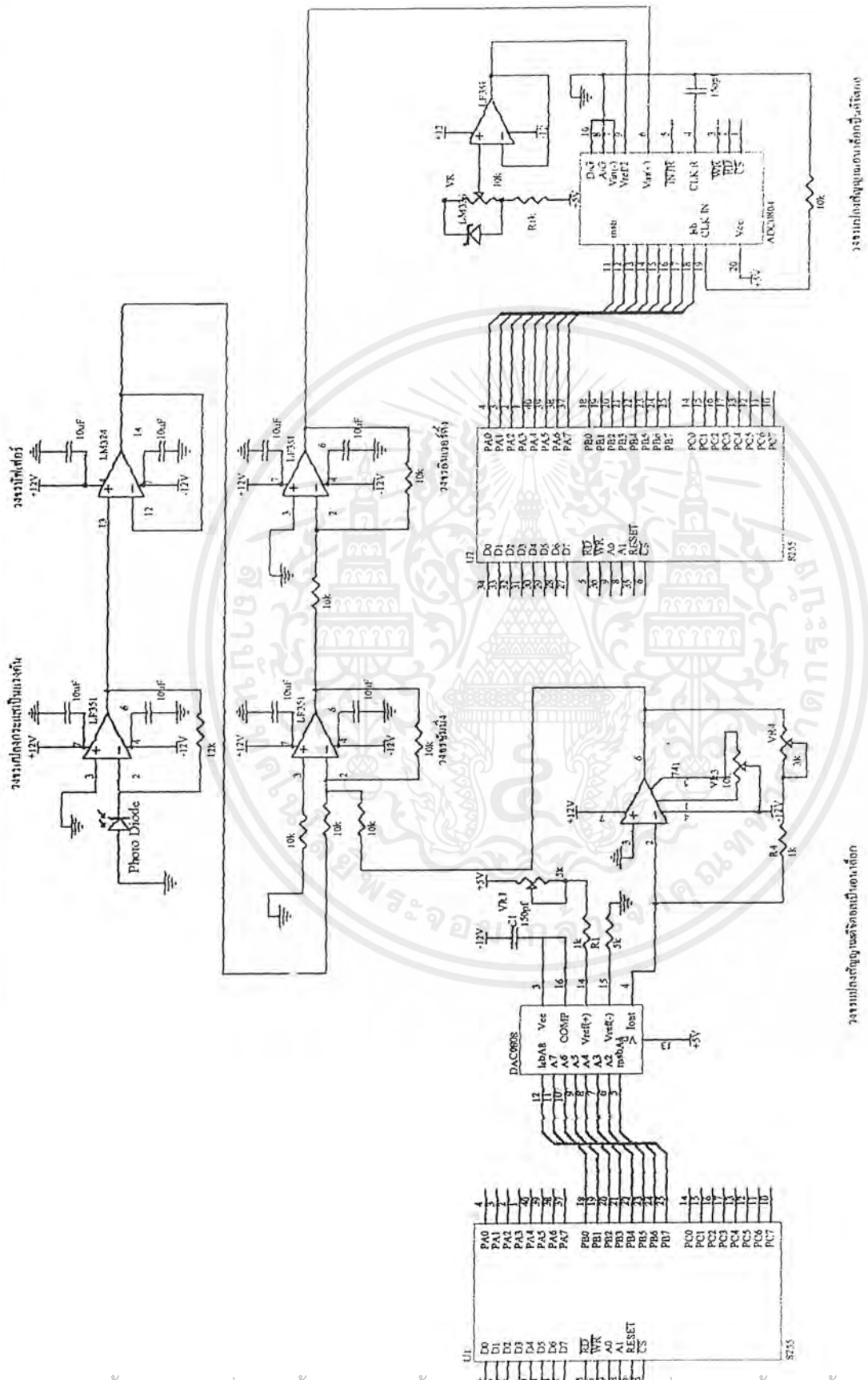
7.3.1 การแสดงผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวยังมีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง

7.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ ใช้คือ MCS-51 นั้น รีจิสเตอร์มีขนาด 8 บิท จึงทำให้การแสดงผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวออกทางชุดแสดงผล ไม่ละเอียดพอสมควร

7.4 ข้อเสนอแนะ

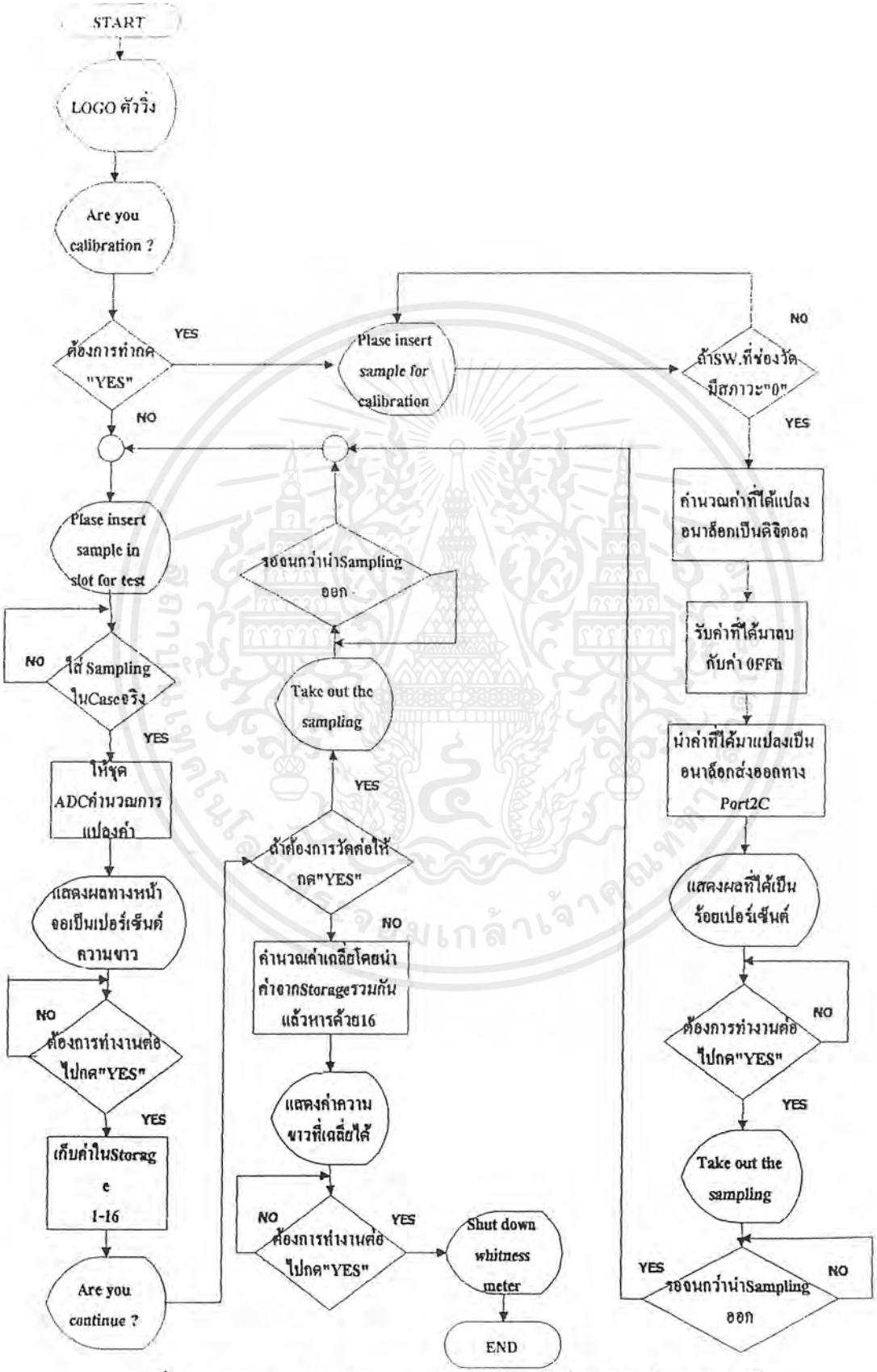
โครงงานนี้ยังมีจุดบกพร่องอยู่บ้างในการแสดงผลซึ่งค่าที่ได้ยังมีความผิดพลาดอยู่บ้าง และยังไม่มี ความละเอียดมากพอ ซึ่งหากใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท จะทำให้การแสดงผลเป็นได้ละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



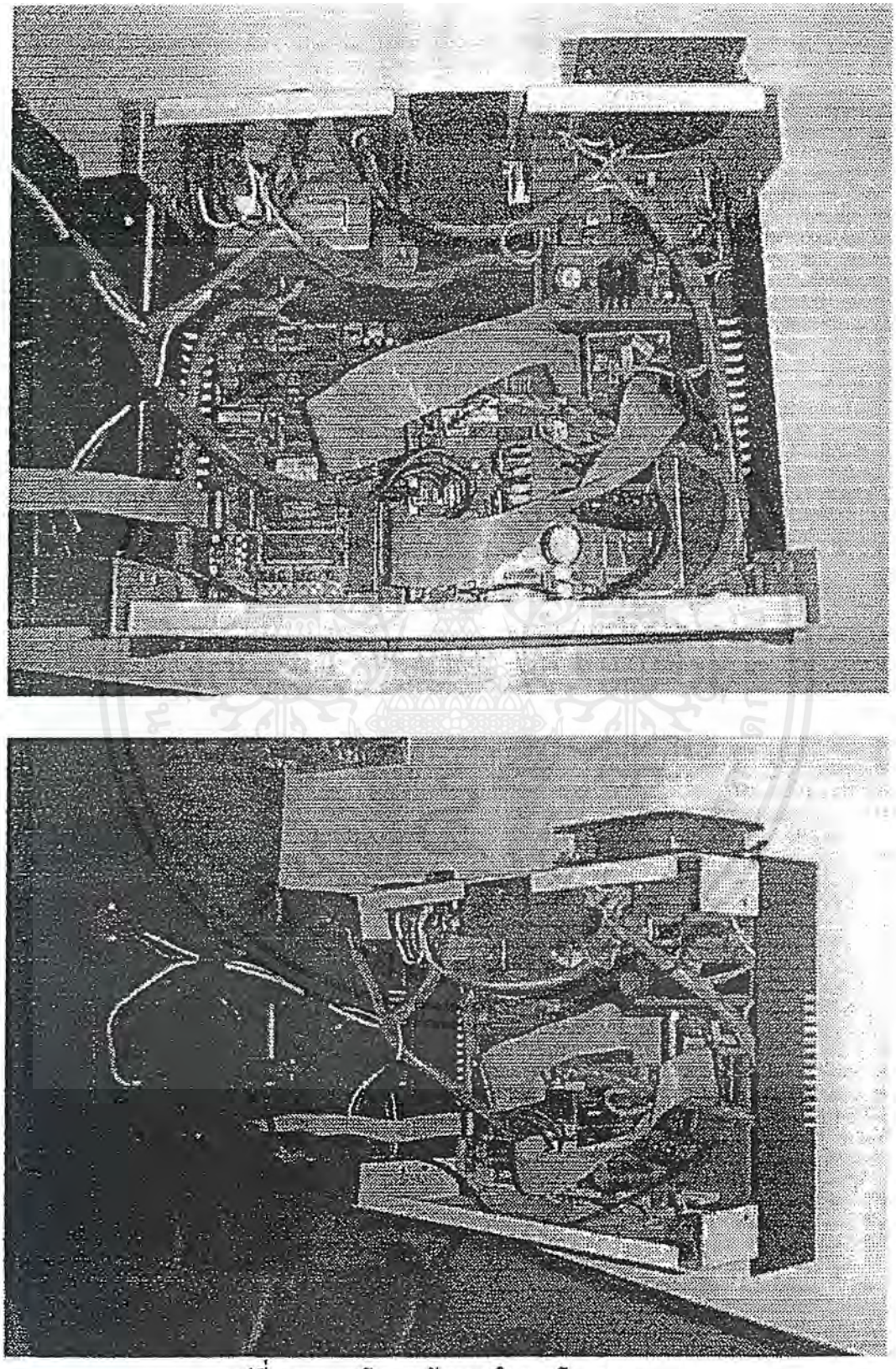
รูปที่ 7.1 วงจรของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



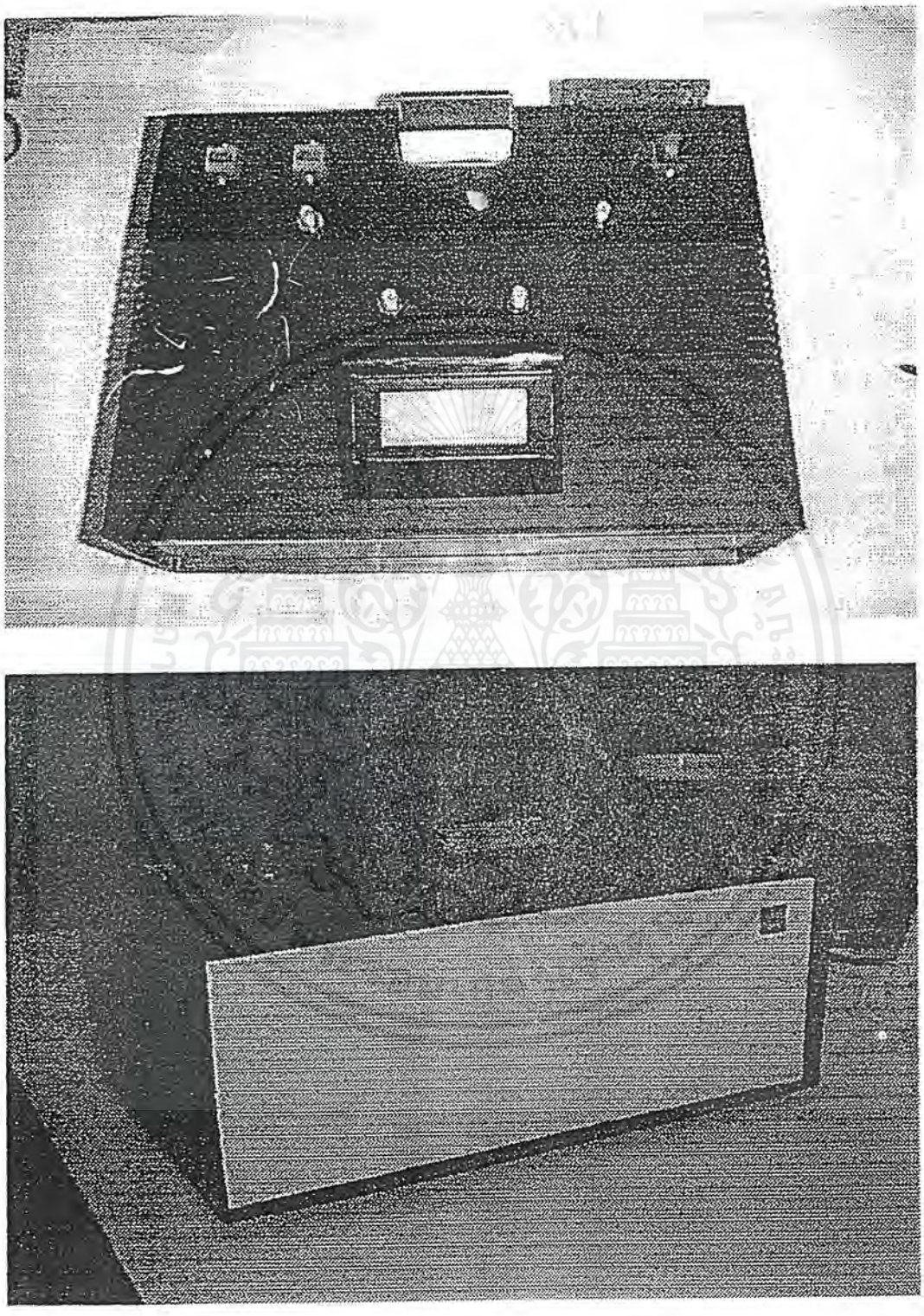
รูปที่ 7.2 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 แสดงโครงสร้างภายในของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.4 แสดงโครงสร้างภายนอกของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง

```
LCDCOM      EQU   0FA00H
FLAG        EQU   0FA01H
WDATA       EQU   0FA02H
RDATA       EQU   0FA03H
SETFUNC     EQU   3FH
ONOFF       EQU   0CH
HOME        EQU   02H
CLEAR       EQU   01H
ENTRY       EQU   06H
FIRST       EQU   80H
SECOND      EQU   0C0H
THIRD       EQU   90H
FOURTH      EQU   0D0H
PORT1A      EQU   0F800H
PORT1B      EQU   0F801H
PORT1C      EQU   0F802H
PORT1P      EQU   0F803H
PORT2A      EQU   0FC00H
PORT2B      EQU   0FC01H
PORT2C      EQU   0FC02H
PORT2P      EQU   0FC03H
A0          EQU   0E0H
A1          EQU   0E1H
A2          EQU   0E2H
A3          EQU   0E3H
A4          EQU   0E4H
A5          EQU   0E5H
A6          EQU   0E6H
A7          EQU   0E7H

$INCLUDE "ADCDAC.ASM"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    $INCLUDE "TABLE.ASM"

        ORG   0000H       ;8100H
        LJMP  START
        ORG   0100H       ;81FFH
START:  LCALL DELAYONSTART
;*************** MAIN PROGRAM ****************;
MAIN:   LCALL SET
        LCALL LAMP
        LCALL CLR
        LCALL BEGIN
        LCALL TITLE
        LCALL LATCH
        LCALL DISPLAY1
        LCALL CONDIT
LOOP2:  LCALL DISPLAY3
        LCALL CHECK
        LCALL LAMPON
        LCALL LATCH
        LCALL LATCH
        LCALL ADC1
        LCALL MAXIMUM
        LCALL MULTI
        MOV   A,R6
        MOV   R1,A
        LCALL ADC1
        LCALL MAXIMUM
        LCALL MULTI
        MOV   A,R6
        MOV   R2,A
        LCALL ADC1
        LCALL MAXIMUM
        LCALL MULTI
        LCALL LAMPOFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   MULT2
                LCALL   BEGIN
                LCALL   DISPLAY
                LCALL   STORGE
                LCALL   JUMP
                CJNE    R7,#10H,FI..AL2
                LJMP    FINAL1
FINAL2:         LCALL   DISPLAY2
                LCALL   CONDIT2
FINAL1:         LCALL   AVERAGE
                LCALL   DISPLAY
                LCALL   STO17
                LCALL   CONDIT1
                LCALL   DISPLAY9
                LCALL   CONDIT3
                LCALL   DISPLAY6
                LCALL   LATCH
                LCALL   SHUTDOWN
;*************** PROGRAM DISPLAY ***************;
BEGIN:          MOV     A,#SETFUNC
                MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                MOV     A,#CLEAR
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                MOV     A,#ONOFF
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                MOV     A,#HOME
                MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    A,#ENTRY
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        RET
TITLE:  MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FIRST
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TX1
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FIRST
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TX2
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FIRST
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#T3
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FIRST
        MOVX   @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    DPTR,#T4
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T5
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T6
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T7
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T8
MOV     R0,#11H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T9
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T10
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T11
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T12
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T13
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T14
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T15
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FIRST
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T16
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    A,#SECOND
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T17
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T18
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T32
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T19
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    DPTR,#T33
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T20
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T34
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T21
MOV     R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T35
MOV     R0,#11H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T22
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T36
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T23
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T37
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T24
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T38
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T25
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T39
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T26
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T40
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T27
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#FOURTH
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#T41
MOV    R0,#11H
LCALL  WRDATA
LCALL  DELAY
LCALL  DELAY
MOV    DPTR,#LCDCOM
MOV    A,#THIRD
MOVX   @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV   DPTR,#T28
MOV   R0,#11H
LCALL WRDATA
LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV   DPTR,#LCDCOM
MOV   A,#FOURTH
MOVX  @DPTR,A
MOV   DPTR,#T42
MOV   R0,#11H
LCALL WRDATA
LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV   DPTR,#LCDCOM
MOV   A,#THIRD
MOVX  @DPTR,A
MOV   DPTR,#T29
MOV   R0,#11H
LCALL WRDATA
LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV   DPTR,#LCDCOM
MOV   A,#FOURTH
MOVX  @DPTR,A
MOV   DPTR,#T43
MOV   R0,#11H
LCALL WRDATA
LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV   DPTR,#LCDCOM
MOV   A,#THIRD
MOVX  @DPTR,A
MOV   DPTR,#T30
MOV   R0,#11H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FOURTH
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#T44
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#THIRD
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#T31
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FOURTH
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#T45
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        RET
DISPLAY1: MOV  DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#CLEAR
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    A,#FIRST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX  @DPTR,A
                MOV   DPTR,#CALIBRA1
                MOV    R0,#11H
                LCALL WRDATA
                MOV   DPTR,#LCDCOM
                MOV   A,#SECOND
                MOVX  @DPTR,A
                MOV   DPTR,#CALIBRA2
                MOV   R0,#11H
                LCALL WRDATA
                MOV   DPTR,#LCDCOM
                MOV   A,#THIRD
                MOVX  @DPTR,A
                MOV   DPTR,#CALIBRA3
                MOV   R0,#11H
                LCALL WRDATA
                MOV   DPTR,#LCDCOM
                MOV   A,#FOURTH
                MOVX  @DPTR,A
                MOV   DPTR,#CALIBRA4
                MOV   R0,#11H
                LCALL WRDATA
                RET
CALIBRA1:       DB    "Do you want to "
CALIBRA2:       DB    "calibration ? "
CALIBRA3:       DB    "              "
CALIBRA4:       DB    " Yes    No  "
DISPLAY2:       MOV   DPTR,#LCDCOM
                MOV   A,#CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL DELAY
                LCALL DELAY
                MOV   A,#FIRST
                MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#CALIBRA5
                MOV      R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#SECOND
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#CALIBRA6
                MOV     R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#THIRD
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#CALIBRA7
                MOV     R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#FOURTH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#CALIBRA8
                MOV     R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                RET
CALIBRA5:       DB      "Are you continue"
CALIBRA6:       DB      "whiteness test ?"
CALIBRA7:       DB      "               "
CALIBRA8:       DB      " Yes    No  "
DISPLAY3:       MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#CLEAR
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                MOV     A,#FIRST
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#TABLE3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R0,#11H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#SECOND
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE4
        MOV     R0,#11H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#THIRD
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE5
        MOV     R0,#11H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#FOURTH
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE6
        MOV     R0,#12H
        LCALL   WRDATA
        RET
TABLE3: DB      " Plase insert "
TABLE4: DB      " rice case in "
TABLE5: DB      "slot for testing"
TABLE6:  DB     "               "
DISPLAY4: MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#CLEAR
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        MOV     A,#FIRST
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE7
        MOV     R0,#11H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  WRDATA
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#SECOND
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TABLE8
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#THIRD
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TABLE9
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        MOV    DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#FOURTH
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TABLE10
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
        RET
TABLE7: DB     " Plase insert "
TABLE8: DB     " standard white "
TABLE9: DB     " for calibration "
TABLE10: DB    "              "
DISPLAY5: MOV  DPTR,#LCDCOM
        MOV    A,#CLEAR
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV    A,#FIRST
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    DPTR,#TABLE11
        MOV    R0,#11H
        LCALL  WRDATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#SECOND
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE12
        MOV     R0,#10H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#THIRD
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE13
        MOV     R0,#10H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#FOURTH
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE14
        MOV     R0,#10H
        LCALL   WRDATA
        RET
TABLE11:    DB      " Plase take off "
TABLE12:    DB      " sampling case  "
TABLE13:    DB      " from test slot "
TABLE14:    DB      "                "
DISPLAY6:   MOV     DPTR,#LCDCOM
        MOV     A,#CLEAR
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        MOV     A,#FIRST
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#TABLE15
        MOV     R0,#11H
        LCALL   WRDATA
        MOV     DPTR,#LCDCOM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE16
        MOV   R0,#10H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#THIRD
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE17
        MOV   R0,#10H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#FOURTH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE18
        MOV   R0,#10H
        LCALL WRDATA
        RET
TABLE15: DB   "< SHUT DOWN >"
TABLE16: DB   " Plase turn off "
TABLE17: DB   " power switch "
TABLE18: DB   "          "
DISPLAY7: MOV  DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#CLEAR
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        MOV   A,#FIRST
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE19
        MOV   R0,#14H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE20
        MOV   R0,#14H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#THIRD
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE21
        MOV   R0,#10H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#FOURTH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE22
        MOV   R0,#11H
        LCALL WRDATA
        RET
TABLE19: DB   "  WRITHNESS  = "
TABLE20: DB   "      100.0% "
TABLE21: DB   "             "
TABLE22:  DB  "pressY for Enter"
DISPLAY9: MOV  DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#CLEAR
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        MOV   A,#FIRST
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE23
        MOV    R0,#10H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   DPTR,#TABLE24
        MOV   R0,#11H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#THIRD
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE25
        MOV   R0,#11H
        LCALL WRDATA
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#FOURTH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#TABLE26
        MOV   R0,#11H
        LCALL WRDATA
        RET
TABLE23: DB   " YOU WANT TO "
TABLE24: DB   "SHUT DOWN SYSTEM"
TABLE25: DB   "pressY for Enter"
TABLE26: DB   "press N toReturn"

;********************* SETING PORT 8255 ***********************;
SET:    MOV   DPTR,#PORT2P
        MOV   A,#90H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#PORT1P
        MOV   A,#8BH
        MOVX  @DPTR,A
        RET
;********************* CONDITION YES OR ON ********************;
CONDIT: MOV   DPTR,#PORT2A
LINE:   MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#00000011B
        CJNE  A,#01H,LINE0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#02H,LINE1
                SJMP    LINE
LINE0:          MOVX    A,@DPTR
                JB      A0,LINE1
                LCALL   DELAY
                MOVX    A,@DPTR
                JB      A0,LINE1
                LCALL   DISPLAY4
                LCALL   CHECK
                LCALL   LAMPON
                LCALL   LATCH
                LCALL   ADC
                LCALL   DAC
                LCALL   DISPLAY7
                LCALL   LAMPOFF
                LCALL   JUMP
                LCALL   DISPLAY5
                LCALL   CONDIT1
                RET
LINE1:          MOVX    A,@DPTR
                JB      A1,LINE
                LCALL   DELAY
                MOVX    A,@DPTR
                JB      A1,LINE
                RET
;********************* SWITCH SAMPLE CASE *********************;
CONDIT1:        MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#PORT1C
LINE3:          MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#00000001B
                CJNE    A,#00H,LINE4
                SJMP    LINE3
LINE4:          RET
CONDIT2:        MOV     DPTR,#PORT2A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LINE7:      MOVX  A,@DPTR
            ANL   A,#00000011B
            CJNE  A,#01H,LINE5
            CJNE  A,#02H,LINE6
            SJMP  LINE7
LINE5:      MOVX  A,@DPTR
            JB    A0,LINE6
            LCALL DELAY
            MOVX  A,@DPTR
            JB    A0,LINE6
            LCALL DISPLAY5
            LCALL CONDIT1
            LJMP  LOOP2
LINE6:      MOVX  A,@DPTR
            JB    A1,LINE7
            LCALL DELAY
            MOVX  A,@DPTR
            JB    A1,LINE7
            LJMP  FINAL1
            RET
CONDIT3:    MOV   DPTR,#PORT2A
LI11:       MOVX  A,@DPTR
            ANL   A,#00000011B
            CJNE  A,#01H,LI12
            CJNE  A,#02H,LI13
            SJMP  LI11
LI12:       MOVX  A,@DPTR
            JB    A0,LI11
            LCALL DELAY
            MOVX  A,@DPTR
            JB    A0,LI11
            RET
LI13:       MOVX  A,@DPTR
            JB    A1,LI11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   DELAY
                MOVX    A,@DPTR
                JB      A1,LI11
                LCALL   MAIN
                RET
;****************** STORAGE VALUE ******************;
STORGE:         MOV     PSW,#00H
                INC     R7
                CJNE    R7,#01H,STEP1
                LCALL   STO1
STEP1:          CJNE    R7,#02H,STEP2
                LCALL   STO2
STEP2:          CJNE    R7,#03H,STEP3
                LCALL   STO3
STEP3:          CJNE    R7,#04H,STEP4
                LCALL   STO4
STEP4:          CJNE    R7,#05H,STEP5
                LCALL   STO5
STEP5:          CJNE    R7,#06H,STEP6
                LCALL   STO6
STEP6:          CJNE    R7,#07H,STEP7
                LCALL   STO7
STEP7:          CJNE    R7,#08H,STEP8
                LCALL   STO8
STEP8:          CJNE    R7,#09H,STEP9
                LCALL   STO9
STEP9:          CJNE    R7,#0AH,STEP10
                LCALL   STO10
STEP10:         CJNE    R7,#0BH,STEP11
                LCALL   STO11
STEP11:         CJNE    R7,#0CH,STEP12
                LCALL   STO12
STEP12:         CJNE    R7,#0DH,STEP13
                LCALL   STO13
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STEP13:     CJNE   R7,#0EH,STEP14
            LCALL  STO14
STEP14:     CJNE   R7,#0FH,STEP15
            LCALL  STO15
STEP15:     CJNE   R7,#10H,STEP16
            LCALL  STO16
STEP16:     RET
;************ TOTAL ANALOG DIGITAL CONVER***************;
ADC1:       LCALL  ADC
            MOV    A,R6
            MOV    R3,A
            LCALL  ADC
            MOV    A,R6
            MOV    R4,A
            LCALL  ADC
            MOV    A,R6
            MOV    R5,A
            LCALL  ADC
            RET
;************ ON LAMP AND OFF LAMP*********************;
LAMP:       MOV    DPTR,#PORT2B
            MOV    A,#00H
            MOVX   @DPTR,A
            RET
LAMPON:     MOV    DPTR,#PORT2B
            SETB   A4
            SETB   A1
            MOVX   @DPTR,A
            RET
LAMPOFF:    MOV    DPTR,#PORT2B
            MOV    A,#00H
            MOVX   @DPTR,A
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** PROGRAM SHUTDOWN ***********************;
SHUTDOWN:   MOV   DPTR,#PORT2B
            SETB  A0
            MOVX  @DPTR,A
            RET
;************  DELAY ON START ****************************;
DELAYONSTART:       MOV   R0,#0FFH
LOOPDELAY:  MOV     R1,#0FFH
            DJNZ    R1,$
            DJNZ    R0,LOOPDELAY
            RET
;*************** DELETE MAXIMUM AND MINIMUM ************;
MAXIMUM:    CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R4
            JNC   MAX1
            CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R5
            JNC   MAX2
            CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R6
            JNC   MAX3
            MOV   R3,#00H
            LCALL MINIMUM1
            RET
MAX1:       CLR   CY
            MOV   A,R4
            SUBB  A,R5
            JNC   MAX2
            CLR   CY
            MOV   A,R4
            SUBB  A,R6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNC     MAX3
        MOV     R4,#00H
        LCALL   MINIMUM2
        RET
MAX2:   CLR     CY
        MOV     A,R5
        MOV     A,R6
        JNC     MAX3
        MOV     R5,#00H
        LCALL   MINIMUM3
        RET
MAX3:   CLR     CY
        MOV     R6,#00H
        LCALL   MINIMUM4
        RET
MINIMUM1: CLR   CY
        MOV     A,R4
        SUBB    A,R5
        JC      MIN1
        CLR     CY
        MOV     A,R4
        SUBB    A,R6
        JC      MIN2
        MOV     R4,#00H
        RET
MIN1:   CLR     CY
        MOV     A,R5
        SUBB    A,R6
        JC      MIN2
        MOV     R5,#00H
        RET
MIN2:   CLR     CY
        MOV     R6,#00H
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MINIMUM2:   CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R5
            JC    MIN3
            CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R6
            JC    MIN4
            MOV   R3,#00H
            RET
MIN3:       CLR   CY
            MOV   A,R5
            SUBB  A,R6
            JC    MIN4
            MOV   R5,#00H
            RET
MIN4:       CLR   CY
            MOV   R6,#00H
            RET
MINIMUM3:   CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R4
            JC    MIN5
            CLR   CY
            MOV   A,R3
            SUBB  A,R6
            JC    MIN6
            MOV   R3,#00H
            RET
MIN5:       CLR   CY
            MOV   A,R4
            SUBB  A,R6
            JC    MIN6
            MOV   R4,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET
MIN6:   CLR   CY
        MOV   R6,#00H
        RET
MINIMUM4: CLR   CY
        MOV   A,R3
        SUBB  A,R4
        JC    MIN7
        CLR   CY
        MOV   A,R3
        SUBB  A,R5
        JC    MIN8
        MOV   R3,#00H
        RET
MIN7:   CLR   CY
        MOV   A,R4
        SUBB  A,R5
        JC    MIN8
        MOV   R4,#00H
        RET
MIN8:   CLR   CY
        MOV   R5,#00H
        RET
MULTI:  MOV   PSW,#00H
        MOV   R0,#00H
        MOV   A,R3
        ADD   A,R4
        JNC   MUL1
        INC   R0
MUL1:   ADD   A,R5
        JNC   MUL2
        INC   R0
MUL2:   ADD   A,R6
        JNC   MUL3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC     R0
MUL3:   MOV     R6,A
        CLR     CY
        MOV     A,R0
        RRC     A
        MOV     A,R6
        RRC     A
        MOV     R6,A
        RET
MULT2:  CLR     CY
        MOV     R0,#00H
        MOV     A,R6
        ADD     A,R1
        JNC     M1
        INC     R0
M1:     ADD     A,R2
        JNC     M2
        INC     R0
M2:     MOV     R1,A
        MOV     B,#03H
        MOV     A,R0
        SWAP    A
        MOV     R0,A
        MOV     A,R1
        SWAP    A
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,R0
        MOV     B,#03H
        DIV     AB
        MOV     R6,A
        MOV     A,B
        SWAP    A
        MOV     R4,A
        MOV     A,R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ANL   A,#0FH
        MOV   R1,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R1
        MOV   B,#03H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
;************** CALEBRAT CASE ****************;
JUMP:   MOV   DPTR,#PORT2A
JUMP0:  MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#00000011B
        CJNE  A,#01H,JUMP1
        CJNE  A,#02H,JUMP2
        LJMP  JUMP0
JUMP1:  MOVX  A,@DPTR
        JB    A0,JUMP2
        LCALL DELAY
        MOVX  A,@DPTR
        JB    A0,JUMP2
        LCALL DELAY
        RET
JUMP2:  MOVX  A,@DPTR
        JB    A1,JUMP
        LCALL DELAY
        MOVX  A,@DPTR
        JB    A1,JUMP
        LCALL DELAY
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** CLEAR MEMORY AND REGISTER **************;
CLR:        MOV   R3,#10H
            MOV   A,#00H
            MOV   DPTR,#8000H
CLR_1:      MOVX  @DPTR,A
            INC   DPTR
            DJNZ  R3,CLR_1
            MOV   PSW,#00H
            MOV   R0,#00H
            MOV   R1,#00H
            MOV   R2,#00H
            MOV   R3,#00H
            MOV   R4,#00H
            MOV   R5,#00H
            MOV   R6,#00H
            MOV   R7,#00H
            RET
CLR11:      MOV   R0,#00H
            MOV   R1,#00H
            MOV   R2,#00H
            MOV   R3,#00H
            MOV   R4,#00H
            MOV   R5,#00H
            MOV   R6,#00H
            RET
;************** AVERAGE RESULT ****************;
AVERAGE:    CJNE  R7,#01,AVER1
            LCALL AVERAG1
AVER1:      CJNE  R7,#02,AVER2
            LCALL AVERAG2
AVER2:      CJNE  R7,#03,AVER3
            LCALL AVERAG3
AVER3:      CJNE  R7,#04,AVER4
            LCALL AVERAG4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AVER4:      CJNE   R7,#05,AVER5
            LCALL  AVERAG5
AVER5:      CJNE   R7,#06,AVER6
            LCALL  AVERAG6
AVER6:      CJNE   R7,#07,AVER7
            LCALL  AVERAG7
AVER7:      CJNE   R7,#08,AVER8
            LCALL  AVERAG8
AVER8:      CJNE   R7,#09,AVER9
            LCALL  AVERAG9
AVER9:      CJNE   R7,#0AH,AVER10
            LCALL  AVERAG10
AVER10:     CJNE   R7,#0BH,AVER11
            LCALL  AVERAG11
AVER11:     CJNE   R7,#0CH,AVER12
            LCALL  AVERAG12
AVER12:     CJNE   R7,#0DH,AVER13
            LCALL  AVERAG13
AVER13:     CJNE   R7,#0EH,AVER14
            LCALL  AVERAG14
AVER14:     CJNE   R7,#0FH,AVER15
            LCALL  AVERAG15
AVER15:     CJNE   R7,#10H,AVER16
            LCALL  AVERAG16
AVER16:     RET
        ;INCL   "ADCDAC.ASM"
;*************** CHECK INSERT CASE *****************;
CHECK:      MOV    DPTR,#PORT1C
LOOP3:      MOVX   A,@DPTR
            ANL    A,#00000001B
            CJNE   A,#00H,LOOP3
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********** DISPLAY WHITENESS PERCENTAGE**********;
DISPLAY:    MOV   DPTR,#LCDCOM
            MOV   A,#FIRST
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#TABLE1
            MOV   R0,#11H
            LCALL WRDATA
            MOV   DPTR,#LCDCOM
            MOV   A,#SECOND
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   PSW,#00H
            MOV   R0,#11H
            MOV   A,R6
            MOV   B,#10H
            MUL   AB
            MOV   DPTR,#TABLE2
            ADD   A,DPL
            MOV   R3,A
            MOV   A,B
            ADDC  A,DPH
            MOV   DPL,R3
            MOV   DPH,A
            LCALL WRDATA
            MOV   DPTR,#LCDCOM
            MOV   A,#FOURTH
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#TABLE30
            MOV   R0,#11H
            LCALL WRDATA
            RET
WRDATA:     CLR   A
            MOVC  A,@A+DPTR
            DJNZ  R0,SKIP
            SJMP  BACK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SKIP        LCALL  WAIT
            CLR    A
            MOVC   A,@A+DPTR
            PUSH   DPL
            PUSH   DPH
            MOV    DPTR,#WDATA
            MOVX   @DPTR,A
            POP    DPH
            POP    DPL
            LCALL  WAIT
            INC    DPTR
            SJMP   WRDATA
BACK:       RET
DELAYS:     MOV    R0,#50H
            DJNZ   R0,$
            NOP
            RET
      ;  INCL  "TABLE.ASM"
TABLE30:    DB     "pressY for Enter"
DELAY:      MOV    R3,#80H
DELAY1:     MOV    R4,#00H
DELAY2:     DJNZ   R4,DELAY2
            DJNZ   R3,DELAY1
            RET
WAIT:       PUSH   DPL
            PUSH   DPH
            MOV    DPTR,#FLAG
WAIT1:      MOVX   A,@DPTR
            ANL    A,#80H
            JNZ    WAIT1
            POP    DPH
            POP    DPL
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**************** STROAGE**************************
STO1:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM1
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM1:   DB    "STORE 1"
STO2:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8001H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM2
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM2:   DB    "STORE 2"
STO3:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8002H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM3
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM3:   DB    "STORE 3"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STO4:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8003H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM4
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM4:   DB    "STORE 4"
STO5:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8004H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM5
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM5:   DB    "STORE 5"
STO6:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8005H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM6
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM6:   DB    "STORE 6"
STO7:   MOV   A,R6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   DPTR,#8006H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM7
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM7:   DB    "STORE 7"
STO8:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8007H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM8
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM8:   DB    "STORE 8"
STO9:   MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8008H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM9
        MOV   R0,#08H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM9:   DB    "STORE 9"
STO10:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8009H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM10
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM10:  DB    "STORE 10"
STO11:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#800AH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM11
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM11:  DB    "STORE 11"
STO12:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#800BH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM12
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM12:  DB    "STORE 12"
STO13:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#800CH
        MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM13
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM13:  DB    "STORE 13"
STO14:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#800DH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM14
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM14:  DB    "STORE 14"
STO15:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#800FH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
        MOV   A,#SECOND
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#MEM15
        MOV   R0,#09H
        LCALL WRDATA
        RET
MEM15:  DB    "STORE 15"
STO16:  MOV   A,R6
        MOV   DPTR,#8010H
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#LCDCOM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#SECOND
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#MEM16
                MOV     R0,#06H
                LCALL   WRDATA
                RET
MEM16:          DB      "FINAL"
STO17:          MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#THIRD
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#MEM17
                MOV     R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                MOV     DPTR,#LCDCOM
                MOV     A,#FOURTH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#MEM18
                MOV     R0,#11H
                LCALL   WRDATA
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                RET
MEM17:          DB      "<AVERAGE  VALUE> "
MEM18:          DB      "TAKE OUT OF RICE"
;************** AVERAGE VALUE SAMPLE CASE ****************;
AVERAG1:        MOV     PSW,#00H
                MOV     DPTR,#8000H
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     R6,A
                RET
AVERAG7:        MOV     PSW,#00H
                MOV     R1,#00H
                MOV     R2,#06H
                MOV     DPTR,#8000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE10: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD2
        INC   R1
ADD2:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE10
        MOV   B,#07H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#07H
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#07H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R6,A
                RET
AVERAG3:        MOV     PSW,#00H
                MOV     R1,#00H
                MOV     R2,#02H
                MOV     DPTR,#8000H
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     R0,A
LINE11:         INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                ADD     A,R0
                JNC     ADD3
                INC     R1
ADD3:           MOV     R0,A
                DJNZ    R2,LINE11
                MOV     B,#03H
                MOV     A,R1
                SWAP    A
                MOV     R1,A
                MOV     A,R0
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,R1
                MOV     B,#03H
                DIV     AB
                MOV     R6,A
                MOV     A,B
                SWAP    A
                MOV     R4,A
                MOV     A,R0
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     A,R4
                ADD     A,R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   B,#03H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG4: MOV  PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#03H
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE12: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD4
        INC   R1
ADD4:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE12
        MOV   B,#04H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#04H
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#04H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG5: MOV  PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#04H
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE13: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD5
        INC   R1
ADD5:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE13
        MOV   B,#05H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ADD     A,R1
            MOV     B,#05H
            DIV     AB
            MOV     R6,A
            MOV     A,B
            SWAP    A
            MOV     R4,A
            MOV     A,R0
            ANL     A,#0FH
            MOV     R0,A
            MOV     A,R4
            ADD     A,R0
            MOV     B,#05H
            DIV     AB
            MOV     R5,A
            MOV     A,R6
            SWAP    A
            ADD     A,R5
            MOV     R6,A
            RET
AVERAG2:    MOV     PSW,#00H
            MOV     R1,#00H
            MOV     R2,#01H
            MOV     DPTR,#8000H
            MOVX    A,@DPTR
            MOV     R0,A
LINE24:     INC     DPTR
            MOVX    A,@DPTR
            ADD     A,R0
            JNC     ADD6
            INC     R1
ADD6:       MOV     R0,A
            DJNZ    R2,LINE24
            CLR     CY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   A,R1
        RRC   A
        MOV   A,R0
        RRC   A
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG6: MOV  PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#05H
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE15: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD7
        INC   R1
ADD7:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE15
        CLR   CY
        MOV   B,#06H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#06H
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#06H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG8: MOV  PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#07H
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE16: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD8
        INC   R1
ADD8:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE16
        MOV   B,#08H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   B,#08H
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#08H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG9: MOV  PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#08H
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE17: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD9
        INC   R1
ADD9:   MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE17
        MOV   B,#09H
        MOV   A,R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SWAP   A
            MOV    R1,A
            MOV    A,R0
            SWAP   A
            ANL    A,#0FH
            ADD    A,R1
            MOV    B,#09H
            DIV    AB
            MOV    R6,A
            MOV    A,B
            SWAP   A
            MOV    R4,A
            MOV    A,R0
            ANL    A,#0FH
            MOV    R0,A
            MOV    A,R4
            ADD    A,R0
            MOV    B,#09H
            DIV    AB
            MOV    R5,A
            MOV    A,R6
            SWAP   A
            ADD    A,R5
            MOV    R6,A
            RET
AVERAG10:   MOV    PSW,#00H
            MOV    R1,#00H
            MOV    R2,#09H
            MOV    DPTR,#8000H
            MOVX   A,@DPTR
            MOV    R0,A
LINE18:     INC    DPTR
            MOVX   A,@DPTR
            ADD    A,R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNC     ADD10
        INC     R1
ADD10:  MOV     R0,A
        DJNZ    R2,LINE18
        MOV     B,#0AH
        MOV     A,R1
        SWAP    A
        MOV     R1,A
        MOV     A,R0
        SWAP    A
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,R1
        MOV     B,#0AH
        DIV     AB
        MOV     R6,A
        MOV     A,B
        SWAP    A
        MOV     R4,A
        MOV     A,R0
        ANL     A,#0FH
        MOV     R0,A
        MOV     A,R4
        ADD     A,R0
        MOV     B,#0AH
        DIV     AB
        MOV     R5,A
        MOV     A,R6
        SWAP    A
        ADD     A,R5
        MOV     R6,A
        RET
AVERAG11: MOV   PSW,#00H
        MOV     R1,#00H
        MOV     R2,#0AH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE19: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD11
        INC   R1
ADD11:  MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE19
        MOV   B,#0BH
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#0BH
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#0BH
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ADD     A,R5
            MOV     R6,A
            RET
AVERAG12:   MOV     PSW,#00H
            MOV     R1,#00H
            MOV     R2,#0BH
            MOV     DPTR,#8000H
            MOVX    A,@DPTR
            MOV     R0,A
LINE20:     INC     DPTR
            MOVX    A,@DPTR
            ADD     A,R0
            JNC     ADD12
            INC     R1
ADD12:      MOV     R0,A
            DJNZ    R2,LINE20
            MOV     B,#0CH
            MOV     A,R1
            SWAP    A
            MOV     R1,A
            MOV     A,R0
            SWAP    A
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,R1
            MOV     B,#0CH
            DIV     AB
            MOV     R6,A
            MOV     A,B
            SWAP    A
            MOV     R4,A
            MOV     A,R0
            ANL     A,#0FH
            MOV     R0,A
            MOV     A,R4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ADD     A,R0
        MOV     B,#0CH
        DIV     AB
        MOV     R5,A
        MOV     A,R6
        SWAP    A
        ADD     A,R5
        MOV     R6,A
        RET
AVERAG13:   MOV     PSW,#00H
        MOV     R1,#00H
        MOV     R2,#0CH
        MOV     DPTR,#8000H
        MOVX    A,@DPTR
        MOV     R0,A
LINE21:     INC     DPTR
        MOVX    A,@DPTR
        ADD     A,R0
        JNC     ADD13
        INC     R1
ADD13:      MOV     R0,A
        DJNZ    R2,LINE21
        MOV     B,#0DH
        MOV     A,R1
        SWAP    A
        MOV     R1,A
        MOV     A,R0
        SWAP    A
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,R1
        MOV     B,#0DH
        DIV     AB
        MOV     R6,A
        MOV     A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SWAP    A
            MOV     R4,A
            MOV     A,R0
            ANL     A,#0FH
            MOV     R0,A
            MOV     A,R4
            ADD     A,R0
            MOV     B,#0DH
            DIV     AB
            MOV     R5,A
            MOV     A,R6
            SWAP    A
            ADD     A,R5
            MOV     R6,A
            RET
AVERAG14:   MOV     PSW,#00H
            MOV     R1,#00H
            MOV     R2,#0DH
            MOV     DPTR,#8000H
            MOVX    A,@DPTR
            MOV     R0,A
LINE22:     INC     DPTR
            MOVX    A,@DPTR
            ADD     A,R0
            JNC     ADD14
            INC     R1
ADD14:      MOV     R0,A
            DJNZ    R2,LINE22
            MOV     B,#0EH
            MOV     A,R1
            SWAP    A
            MOV     R1,A
            MOV     A,R0
            SWAP    A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#0EH
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#0EH
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
AVERAG15: MOV   PSW,#00H
        MOV   R1,#00H
        MOV   R2,#0EH
        MOV   DPTR,#8000H
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R0,A
LINE23: INC   DPTR
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD15
        INC   R1
ADD15:  MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE23
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     B,#0FH
                MOV     A,R1
                SWAP    A
                MOV     R1,A
                MOV     A,R0
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,R1
                MOV     B,#0FH
                DIV     AB
                MOV     R6,A
                MOV     A,B
                SWAP    A
                MOV     R4,A
                MOV     A,R0
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     A,R4
                ADD     A,R0
                MOV     B,#0FH
                DIV     AB
                MOV     R5,A
                MOV     A,R6
                SWAP    A
                ADD     A,R5
                MOV     R6,A
                RET
AVERAG16:       MOV     PSW,#00H
                MOV     R1,#00H
                MOV     R2,#0FH
                MOV     DPTR,#8000H
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     R0,A
LINE8:          INC     DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX  A,@DPTR
        ADD   A,R0
        JNC   ADD
        INC   R1
ADD:    MOV   R0,A
        DJNZ  R2,LINE8
        MOV   B,#10H
        MOV   A,R1
        SWAP  A
        MOV   R1,A
        MOV   A,R0
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ADD   A,R1
        MOV   B,#10H
        DIV   AB
        MOV   R6,A
        MOV   A,B
        SWAP  A
        MOV   R4,A
        MOV   A,R0
        ANL   A,#0FH
        MOV   R0,A
        MOV   A,R4
        ADD   A,R0
        MOV   B,#10H
        DIV   AB
        MOV   R5,A
        MOV   A,R6
        SWAP  A
        ADD   A,R5
        MOV   R6,A
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;****************** DELAY OF LAMP ******************;
LATCH:      MOV    R3,#1FH
LATCH3:     MOV    R4,#0FFH
LATCH2:     MOV    R5,#0FFH
LATCH1:     DJNZ   R5,LATCH1
            DJNZ   R4,LATCH2
            DJNZ   R3,LATCH3
            RET
            END
*****************************************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยอนาล็อกแปลงเป็นดิจิตอลและดิจิตอลเป็นอนาล็อก

FILE ADCDAC.ASM

```
        ORG   3000H
ADC:    CLR   CY
        MOV   DPTR,#PORT1P
        MOV   A,#08BH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#PORT1A
        MOV   A,#0FBH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   A,#0BBH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   A,#0FBH
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL DELAYS
        MOV   A,#0EBH
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#PORT1B
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   R6,A
        MOV   DPTR,#PORT1A
        MOV   A,#0FFH
        MOVX  @DPTR,A
        RET
DAC:    MOV   DPTR,#PORT2C
        MOV   A,#0FFH
        SUBB  A,R6
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL LATCH
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อย LOOK UP TABLE

FILE TABLE.ASM

```
ORG             3F00H
TABLE1: DB   " WRITHNESS = "
TABLE2: DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
        DB   "     0.0%"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB		0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.0%"
DB	"	0.5%"
DB	"	1.0%"
DB	"	1.5%"
DB	"	2.0%"
DB	"	2.5%"
DB	"	3.0%"
DB	"	3.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB " 4.0%"
DB " 4.5%"
DB " 5.0%"
DB " 5.5%"
DB " 6.0%"
DB " 6.5%"
DB " 7.0%"
DB " 7.5%"
DB " 8.0%"
DB " 8.5%"
DB " 9.0%"
DB " 9.5%"
DB " 10.0%"
DB " 10.5%"
DB " 11.0%"
DB " 11.5%"
DB " 12.0%"
DB " 12.5%"
DB " 13.0%"
DB " 13.5%"
DB " 14.0%"
DB " 14.5%"
DB " 15.0%"
DB " 15.5%"
DB " 16.0%"
DB " 16.5%"
DB " 17.0%"
DB " 17.5%"
DB " 18.0%"
DB " 18.5%"
DB " 19.0%"
DB " 19.5%"
DB " 20.0%"
DB " 20.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB " 21.0%"
DB " 21.5%"
DB " 22.0%"
DB " 22.5%"
DB " 23.0%"
DB " 23.5%"
DB " 24.0%"
DB " 24.5%"
DB " 25.0%"
DB " 25.5%"
DB " 26.0%"
DB " 26.5%"
DB " 27.0%"
DB " 27.5%"
DB " 28.0%"
DB " 28.5%"
DB " 29.0%"
DB " 29.5%"
DB " 30.0%"
DB " 30.5%"
DB " 31.0%"
DB " 31.5%"
DB " 32.0%"
DB " 32.5%"
DB " 33.0%"
DB " 33.5%"
DB " 34.0%"
DB " 34.5%"
DB " 35.0%"
DB " 35.5%"
DB " 36.0%"
DB " 36.5%"
DB " 37.0%"
DB " 37.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB " 38.0%"
DB " 38.5%"
DB " 39.0%"
DB " 39.5%"
DB " 40.0%"
DB " 40.5%"
DB " 41.0%"
DB " 41.5%"
DB " 42.0%"
DB " 42.5%"
DB " 43.0%"
DB " 43.5%"
DB " 44.0%"
DB " 44.5%"
DB " 45.0%"
DB " 45.5%"
DB " 46.0%"
DB " 46.5%"
DB " 47.0%"
DB " 47.5%"
DB " 48.0%"
DB " 48.5%"
DB " 49.0%"
DB " 49.5%"
DB " 50.0%"
DB " 50.5%"
DB " 51.0%"
DB " 51.5%"
DB " 52.0%"
DB " 52.5%"
DB " 53.0%"
DB " 53.5%"
DB " 54.0%"
DB " 54.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB " 55.0%"
DB " 55.5%"
DB " 56.0%"
DB " 56.5%"
DB " 57.0%"
DB " 57.5%"
DB " 58.0%"
DB " 58.5%"
DB " 59.0%"
DB " 59.5%"
DB " 60.0%"
DB " 60.5%"
DB " 61.0%"
DB " 61.5%"
DB " 62.0%"
DB " 62.5%"
DB " 63.0%"
DB " 63.5%"
DB " 64.0%"
DB " 64.5%"
DB " 65.0%"
DB " 65.5%"
DB " 66.0%"
DB " 66.5%"
DB " 67.0%"
DB " 67.5%"
DB " 68.0%"
DB " 68.5%"
DB " 69.0%"
DB " 69.5%"
DB " 70.0%"
DB " 70.5%"
DB " 71.0%"
DB " 71.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB " 72.0%"
DB " 72.5%"
DB " 73.0%"
DB " 73.5%"
DB " 74.0%"
DB " 74.5%"
DB " 75.0%"
DB " 75.5%"
DB " 76.0%"
DB " 76.5%"
DB " 77.0%"
DB " 77.5%"
DB " 78.0%"
DB " 78.5%"
DB " 79.0%"
DB " 79.5%"
DB " 80.0%"
DB " 80.5%"
DB " 81.0%"
DB " 81.5%"
DB " 82.0%"
DB " 82.5%"
DB " 83.0%"
DB " 83.5%"
DB " 84.0%"
DB " 84.5%"
DB " 85.0%"
DB " 85.5%"
DB " 86.0%"
DB " 86.5%"
DB " 87.0%"
DB " 87.5%"
DB " 88.0%"
DB " 88.5%"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB  "   89.0%"
        DB  "   89.5%"
        DB  "   90.0%"
        DB  "   90.5%"
        DB  "   91.0%"
        DB  "   91.5%"
        DB  "   92.0%"
        DB  "   92.5%"
        DB  "   93.0%"
        DB  "   93.5%"
        DB  "   94.0%"
        DB  "   94.5%"
        DB  "   95.0%"
        DB  "   95.5%"
        DB  "   96.0%"
        DB  "   96.5%"
        DB  "   97.0%"
        DB  "   97.5%"
        DB  "   98.0%"
        DB  "   98.5%"
        DB  "   99.0%"
        DB  "   99.5%"
        DB  "   100.0%"
TX1:    DB  "   W"
TX2:    DB  "   WH"
T3:     DB  "   WHI"
T4:     DB  "   WHIT"
T5:     DB  "   WHITE"
T6:     DB  "   WHITEN"
T7:     DB  "   WHITENE"
T8:     DB  "   WHITENES"
T9:     DB  "   WHITENESS"
T10:    DB  "   WHITENESS "
T11:    DB  "   WHITENESS M"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
T12:    DB   "  WHITENESS ME"
T13:    DB   "  WHITENESS MET"
T14:    DB   "  WHITENESS METE"
T15:    DB   " WHITENESS METER"
T16:    DB   "WHITENESS METER "
T17:    DB   "  K M I T ' L  "
T18:    DB   "L          "
T19:    DB   "AL         "
T20:    DB   "CAL        "
T21:    DB   "ICAL       "
T22:    DB   "RICAL      "
T23:    DB   "TRICAL     "
T24:    DB   "CTRICAL    "
T25:    DB   "ECTRICAL   "
T26:    DB   "LECTRICAL  "
T27:    DB   "ELECTRICAL "
T28:    DB   " ELECTRICAL "
T29:    DB   "  ELECTRICAL "
T30:    DB   "   ELECTRICAL "
T31:    DB   "    ELECTRICAL "
T32:    DB   "        E"
T33:    DB   "       EN"
T34:    DB   "      ENG"
T35:    DB   "     ENGI"
T36:    DB   "    ENGIN"
T37:    DB   "   ENGINE"
T38:    DB   "  ENGINEE"
T39:    DB   "  ENGINEER"
T40:    DB   "  ENGINEERI"
T41:    DB   "  ENGINEERIN"
T42:    DB   "  ENGINEERING"
T43:    DB   "  ENGINEERING "
T44:    DB   "  ENGINEERING  "
T45:    DB   "  ENGINEERING  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1999

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805
8-Bit µP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

- Compatible with 8080 µP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

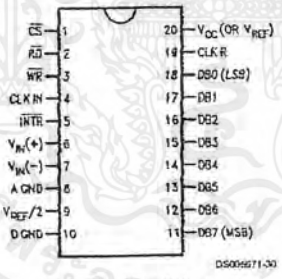
Key Specifications

■ Resolution	8 bits
■ Total error	±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
■ Conversion time	100 µs

Connection Diagram

ADC080X

Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



DS005671-30

See Ordering Information

Ordering Information

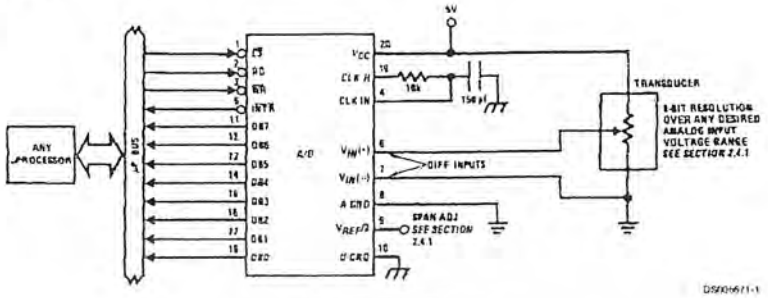
TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

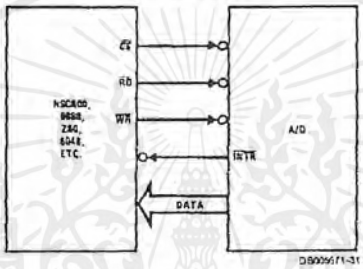
© 1999 National Semiconductor Corporation DS005671

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



8080 Interface



Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2$=2.500 V_{DC} (No Adjustments)	$V_{REF}/2$=No Connection (No Adjustments)
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	−0.3V to +16V
At Other Input and Outputs	−0.3V to (V_{CC}+0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A=25°C	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0804LCJ	−40°C≤T_A≤+85°C
ADC0801/02/03/05LCN	−40°C≤T_A≤+85°C
ADC0804LCN	0°C≤T_A≤+70°C
ADC0802/04LCWM	0°C≤T_A≤+70°C
Range of V_{CC}	4.5 V_{DC} to 6.3 V_{DC}

Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC}=5 V_{DC}, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ and f_{CLK}=640 kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			±¼	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	V_{REF}/2=2.500 V_{DC}			±½	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			±½	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	V_{REF}/2=2.500 V_{DC}			±1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	V_{REF}/2-No Connection			±1	LSB
V_{REF}/2 Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05	2.5	8.0		kΩ
	ADC0804 (Note 9)	0.75	1.1		kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	Gnd−0.05		V_{CC}+0.05	V_{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		±1/16	±⅛	LSB
Power Supply Sensitivity	V_{CC}=5 V_{DC} ±10% Over Allowed V_{IN}(+) and V_{IN}(−) Voltage Range (Note 4)		±1/16	±⅛	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC}=5 V_{DC} and $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	f_{CLK}=640 kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency	V_{CC}=5V, (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS}$ =0 V_{DC}, f_{CLK}=640 kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(\overline{WR})L}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}$ =0 V_{DC} (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	C_L=100 pF		135	200	ns
t_{1H}, t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	C_L=10 pF, R_L=10k (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{WI}, t_{RI}	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for V_{CC}=5 V_{DC} and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
V_{IN} (1)	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V_{CC}=5.25 V_{DC}	2.0		15	V_{DC}
V_{IN} (0)	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V_{CC}=4.75 V_{DC}			0.8	V_{DC}
I_{IN} (1)	Logical "1" Input Current (All Inputs)	V_{IN}=5 V_{DC}		0.005	1	μA_{DC}
I_{IN} (0)	Logical "0" Input Current (All Inputs)	V_{IN}=0 V_{DC}	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_T+	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_T-	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis (V_T+)-(V_T-)		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
V_{OUT} (0)	Logical "0" CLK R Output Voltage	I_O=360 µA V_{CC}=4.75 V_{DC}			0.4	V_{DC}
V_{OUT} (1)	Logical "1" CLK R Output Voltage	I_O=-360 µA V_{CC}=4.75 V_{DC}	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND $\overline{INTR}$						
V_{OUT} (0)	Logical "0" Output Voltage Data Outputs $\overline{INTR}$ Output	 I_{OUT}=1.6 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC} I_{OUT}=1.0 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}			 0.4 0.4	 V_{DC} V_{DC}
V_{OUT} (1)	Logical "1" Output Voltage	I_O=-360 µA, V_{CC}=4.75 V_{DC}	2.4			V_{DC}
V_{OUT} (1)	Logical "1" Output Voltage	I_O=-10 µA, V_{CC}=4.75 V_{DC}	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	V_{OUT}=0 V_{DC} V_{OUT}=5 V_{DC}	-3		 3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, T_A=25°C	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC}, T_A=25°C	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCWM	f_{CLK}=640 kHz, $V_{REF}/2$=NC, T_A=25°C and $\overline{CS}$ =5V		 1.1 1.9	 1.8 2.5	 mA mA

Note 1: *Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating* the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: For $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct *for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high* level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. *To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance* and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at f_{CLK} = 640 kHz. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see *Figure 4* and section 2.0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

Note 7: The $\overline{CS}$ input is assumed to bracket the $\overline{WR}$ strobe input and therefore timing is dependent on the $\overline{WR}$ pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the $\overline{WR}$ pulse (see timing diagrams).

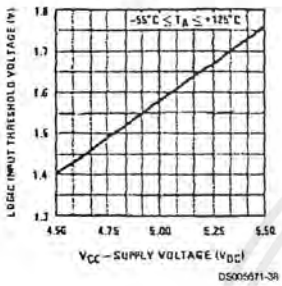
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and *Figure 7*.

Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 kΩ.

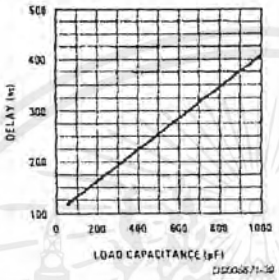
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Typical Performance Characteristics

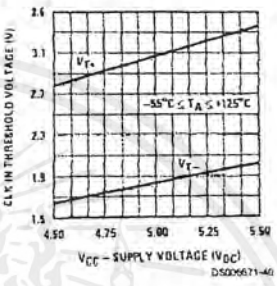
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



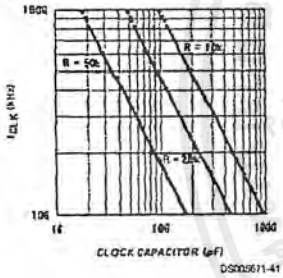
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



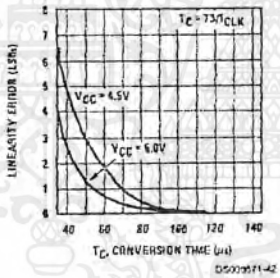
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



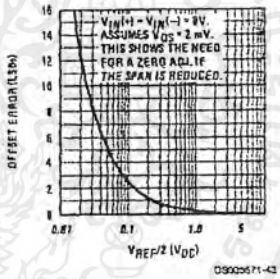
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



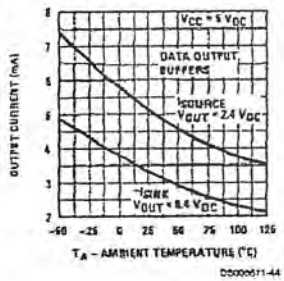
Full-Scale Error vs Conversion Time



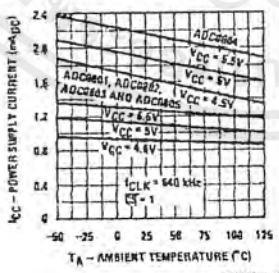
Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF}/2$ Voltage



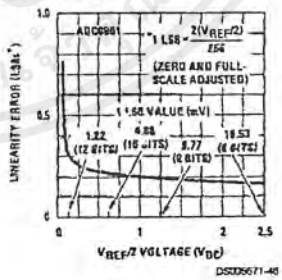
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



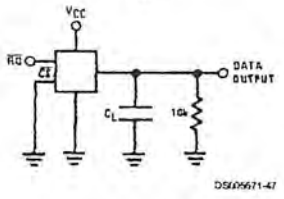
Linearity Error at Low $V_{REF}/2$ Voltages



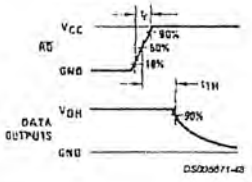
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

t_{1H}

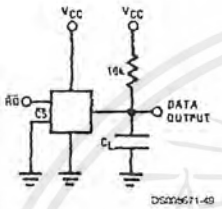


t_{1H}, C_L=10 pF

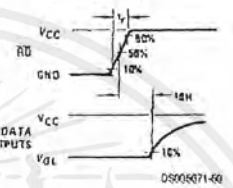


t_r=20 ns

t_{0H}

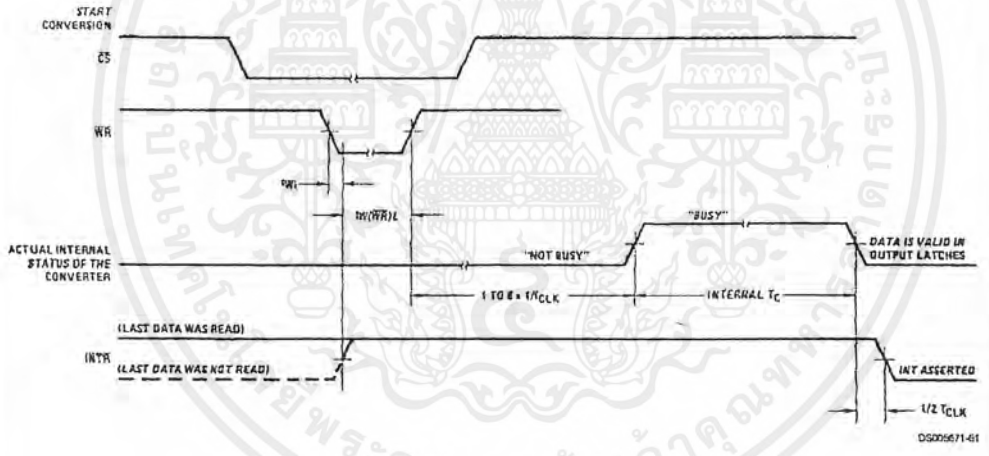


t_{0H}, C_L=10 pF



t_r=20 ns

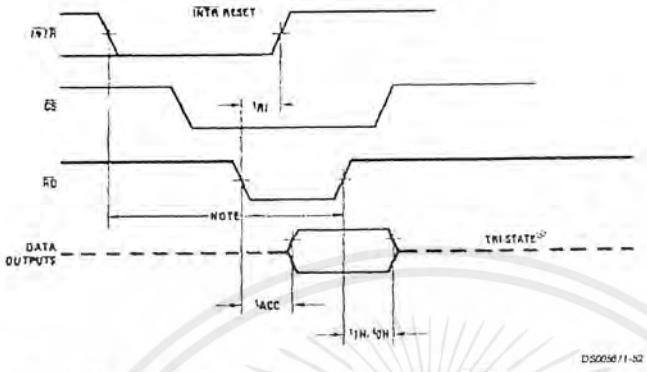
Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points) (Continued)

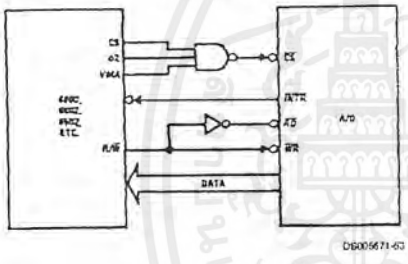
Output Enable and Reset with $\overline{INTR}$



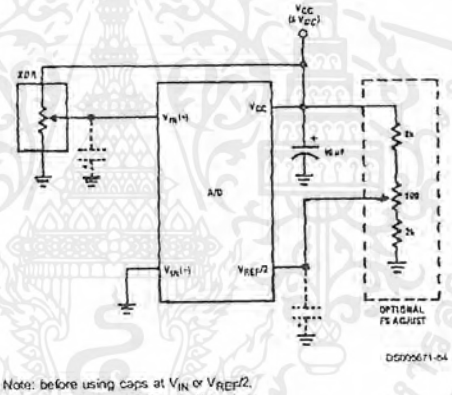
Note: Read strobe must occur 8 clock periods ($8/f_{CLK}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of $\overline{INTR}$.

Typical Applications

6800 Interface



Ratiometeric with Full-Scale Adjust



Note: before using caps at V_{IN} or $V_{REF}/2$, see section 2.3.2 Input Bypass Capacitors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

May 1999

National Semiconductor

DAC0808
8-Bit D/A Converter

General Description

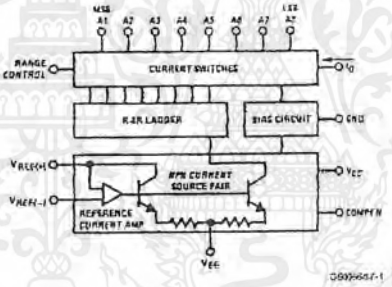
The DAC0808 is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with ±5V supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ±1 LSB of 255 $I_{REF}/256$. Relative accuracies of better than ±0.19% assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than 4 µA provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 is independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

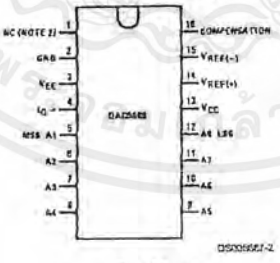
- Relative accuracy: ±0.19% error maximum
- Full scale current match: ±1 LSB typ
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/µs
- Power supply voltage range: ±4.5V to ±18V
- Low power consumption: 33 mW @ ±5V

Block and Connection Diagrams



DS005687-1

Dual-In-Line Package



DS005687-2

Top View
Order Number DAC0808
See NS Package M16A or N16A

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Power Supply Voltage	
V_{CC}	+18 V_{DC}
V_{EE}	−18 V_{DC}
Digital Input Voltage, V5–V12	−10 V_{DC} to +18 V_{DC}
Applied Output Voltage, V_O	−11 V_{DC} to +18 V_{DC}
Reference Current, I_{14}	5 mA
Reference Amplifier Inputs, V14, V15	V_{CC}, V_{EE}
Power Dissipation (Note 4)	1000 mW
ESD Susceptibility (Note 5)	TBD
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (Plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (Ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Operating Ratings

Temperature Range	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
DAC0808	$0 \le T_A \le +75°C$

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5V, V_{EE} = −15 V_{DC}, V_{REF}/R14 = 2 mA, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
E_r	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I_O)	(*Figure 4*)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				±0.19	%
	Settling Time to Within ½ LSB (Includes t_{PLH})	T_A=25°C (*Note 7*), (*Figure 5*)		150		ns
t_{PLH}, t_{PHL}	Propagation Delay Time	T_A = 25°C, (*Figure 5*)		30	100	ns
TCI_O	Output Full Scale Current Drift			±20		ppm/°C
MSB	Digital Input Logic Levels	(*Figure 3*)				
V_{IH}	High Level, Logic "1"		2			V_{DC}
V_{IL}	Low Level, Logic "0"				0.8	V_{DC}
MSB	Digital Input Current	(*Figure 3*)				
	High Level	V_{IH} = 5V		0	0.040	mA
	Low Level	V_{IL} = 0.8V		−0.003	−0.8	mA
I_{15}	Reference Input Bias Current	(*Figure 3*)		−1	−3	μA
	Output Current Range	(*Figure 3*)				
		V_{EE} = −5V	0	2.0	2.1	mA
		V_{EE} = −15V, T_A = 25°C	0	2.0	4.2	mA
I_O	Output Current	V_{REF} = 2.000V, R14 = 1000Ω,				
		(*Figure 3*)	1.9	1.99	2.1	mA
	Output Current, All Bits Low	(*Figure 3*)		0	4	μA
	Output Voltage Compliance (Note 3)	$E_r \le 0.19\%$, T_A = 25°C				
	V_{EE}=−5V, I_{REF}=1 mA				−0.55, +0.4	V_{DC}
	V_{EE} Below −10V				−5.0, +0.4	V_{DC}
SRI_{REF}	Reference Current Slew Rate	(*Figure 6*)	4	8		mA/μs
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \le V_{EE} \le -16.5V$		0.05	2.7	μA/V
	Power Supply Current (All Bits Low)	(*Figure 3*)				
I_{CC}				2.3	22	mA
I_{EE}				−4.3	−13	mA
	Power Supply Voltage Range	T_A = 25°C, (*Figure 3*)				
V_{CC}			4.5	5.0	5.5	V_{DC}
V_{EE}			−4.5	−15	−16.5	V_{DC}
	Power Dissipation					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

July 1999

LM78XX
Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expanded to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

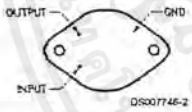
- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

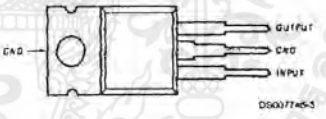
Connection Diagrams

Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum



Bottom View
Order Number LM7805CK, LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A

Plastic Package
TO-220 (T)



Top View
Order Number LM7805CT, LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 3)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Input Voltage (V_O = 5V, 12V and 15V)	35V
Internal Power Dissipation (Note 1)	Internally Limited
Operating Temperature Range (T_A)	0°C to +70°C
Maximum Junction Temperature	
(K Package)	150°C
(T Package)	150°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	
TO-3 Package K	300°C
TO-220 Package T	230°C

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2)

0°C ≤ Tj ≤ 125°C unless otherwise noted.

Output Voltage				5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)				10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	T_j = 25°C, 5 mA ≤ I_O ≤ 1A		4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		P_D ≤ 15W, 5 mA ≤ I_O ≤ 1A		4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
		V_{MIN} ≤ V_{IN} ≤ V_{MAX}		(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.5 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
ΔV_O	Line Regulation	I_O = 500 mA	T_j = 25°C		3	50		4	120		4	150	mV
			ΔV_{IN}	(7 ≤ V_{IN} ≤ 25)			14.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
			0°C ≤ T_j ≤ +125°C			50			120			150	mV
			ΔV_{IN}	(8 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(15 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(18.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
		I_O ≤ 1A	T_j = 25°C			50			120			150	mV
			ΔV_{IN}	(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.6 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.7 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
			0°C ≤ T_j ≤ +125°C			25			60			75	mV
			ΔV_{IN}	(8 ≤ V_{IN} ≤ 12)			(16 ≤ V_{IN} ≤ 22)			(20 ≤ V_{IN} ≤ 26)			V
ΔV_O	Load Regulation	T_j = 25°C	5 mA ≤ I_O ≤ 1.5A		10	50		12	120		12	150	mV
			250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA			25			60			75	mV
		5 mA ≤ I_O ≤ 1A, 0°C ≤ T_j ≤ +125°C				50			120			150	mV
I_Q	Quiescent Current	I_O ≤ 1A	T_j = 25°C			8			8			8	mA
			0°C ≤ T_j ≤ +125°C			8.5			8.5			8.5	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	5 mA ≤ I_O ≤ 1A				0.5			0.5			0.5	mA
		T_j = 25°C, I_O ≤ 1A				1.0			1.0			1.0	mA
		V_{MIN} ≤ V_{IN} ≤ V_{MAX}		(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.6 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.9 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
		I_O ≤ 500 mA, 0°C ≤ T_j ≤ +125°C				1.0			1.0			1.0	mA
		V_{MIN} ≤ V_{IN} ≤ V_{MAX}		(7 ≤ V_{IN} ≤ 25)			(14.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
V_N	Output Noise Voltage	T_A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz			40			75			90		μV
$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	f = 120 Hz	I_O ≤ 1A, T_j = 25°C or	62	80		55	72		54	70		dB
			I_O ≤ 500 mA 0°C ≤ T_j ≤ +125°C	62			55			54			dB
		V_{MIN} ≤ V_{IN} ≤ V_{MAX}		(8 ≤ V_{IN} ≤ 18)			(15 ≤ V_{IN} ≤ 25)			(18.5 ≤ V_{IN} ≤ 28.5)			V
R_O	Dropout Voltage	T_j = 25°C, I_{OUT} = 1A			2.0			2.0			2.0		V
	Output Resistance	f = 1 kHz			8			18			19		mΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) (Continued)

0°C ≤ Tj ≤ 125°C unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Short-Circuit Current	Tj = 25°C		2.1			1.5			1.2		A
	Peak Output Current	Tj = 25°C		2.4			2.4			2.4		A
	Average TC of V_{OUT}	0°C ≤ Tj ≤ +125°C, I_O = 5 mA		0.6			1.5			1.8		mV/°C
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	Tj = 25°C, I_O ≤ 1A		7.5		14.6			17.7			V

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

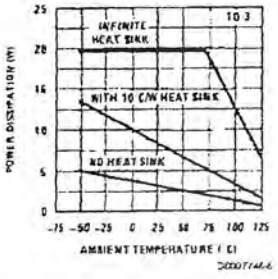
Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of 0.22 µF, and a capacitor across the output of 0.1µF. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques (t_w ≤ 10 ms, duty cycle ≤ 5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Note 3: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For guaranteed specifications and the test conditions, see Electrical Characteristics.

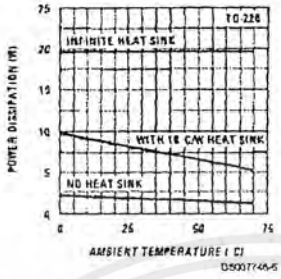
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

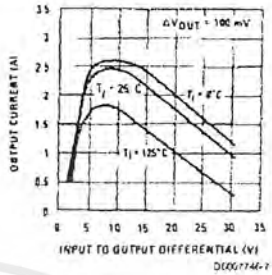
Maximum Average Power Dissipation



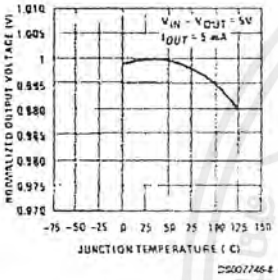
Maximum Average Power Dissipation



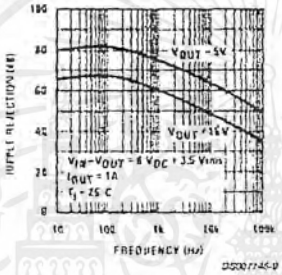
Peak Output Current



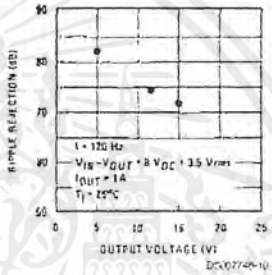
Output Voltage (Normalized to 1V at Tj = 25°C)



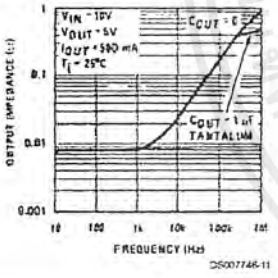
Ripple Rejection



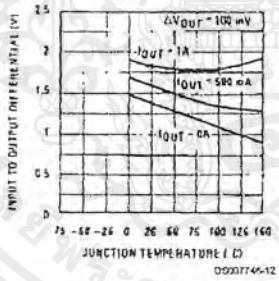
Ripple Rejection



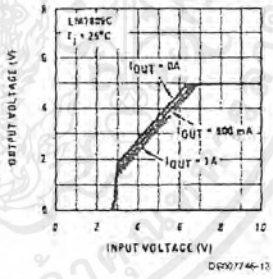
Output Impedance



Dropout Voltage



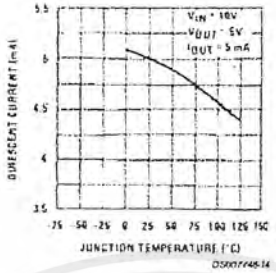
Dropout Characteristics



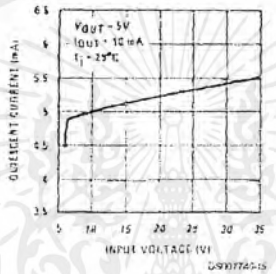
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

Quiescent Current



Quiescent Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร (Digital whiteness meter for rice) สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับคำปรึกษาจาก ท่านอาจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา และ ท่านอาจารย์ อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ ร่วมทั้งอาจารย์ภาคไฟฟ้าทุกท่าน พร้อมด้วยท่านอาจารย์ พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยดีตลอดมา ที่สำคัญคือ ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา สุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆและพี่ๆทุกคนในภาคไฟฟ้าที่ได้ให้กำลังใจและคำปรึษาด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ ใช้ งานไมโครคอนโทรลเลอร์ , คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2541

[2] ศุภกิจ จุตะวิริยะ , หนังสือประกอบการสอนวิชา Electronics , 2540

[3] พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์ , เอกสารประกอบการอบรมเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 , 2541

[4] นรินทร์ เนาวประทีป, ออปแอมป์, หจก. สนพ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้