



การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัตต์มิเตอร์

APPLICATION OF MICROCONTROLLER TO WATTMETER



โดย

นายธนารักษ์ ขุนคงเสถียร 37013377

นางสาวพรพิมล มนต์ชื่นนิรันดร 37013385

นายพิเชฐ ศิริษะคำ 37013387

วัน เดือน ปี.....-1 ต.ค. 2541
เลขทะเบียน.....038053
เลขเรียกหนังสือ.....T 39043 ๖๕๗ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ปีการศึกษา 2539 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณีใดที่ซ้ำอีก ลึกซึ้งน่าจะเป็นที่อัศจรรย์ และต้องอ้างถึงถึงว่าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัตต์มิเตอร์

โดย

นายชนารักษ์ ขุนคงเสถียร เลขประจำตัว 37013377

นางสาวพรพิมล มนัสชินนิรันดร์ เลขประจำตัว 37013385

นายพิเชฐ ศิริระคำ เลขประจำตัว 37013387

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อนันต์ ชัยเลิศวณิชกุล

ภาคเทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2539

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญาบัตร

ประธานกรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัตต์มิเตอร์
APPLICATION OF MICROCONTROLLER TO WATTMETER

โดย

นายธนารักษ์ ขุนคงเสถียร เลขประจำตัว 37013377
นางสาวพรพิมล มนต์ชื่นนรินทร์ เลขประจำตัว 37013385
นายพิเชฐ ศิริชะคำ เลขประจำตัว 37013387

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.อนันต์ ชัยเลิศวณิชกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งานเป็นวัตต์มิเตอร์ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกประมวลผล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้รับการโปรแกรมไว้, ออกมาเป็นค่ากำลังไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ค่าที่วัดได้และค่าจากการประมวลผลจะแสดงออกทางจอผลึกเหลว (LCD)

Abstract

This project is a study of application of microcontroller to wattmeter. The measured voltage and current are processed by an already-programmed microcontroller in to electric power in the unit of KW/hr. Both the measured value and the processed value can be shown by liquid crystal display. (LCD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงการนี้เกิดขึ้นได้จากความร่วมมือจากทุกฝ่าย และขอขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความรู้ด้านโปรแกรมและแนวทางการพัฒนาจาก บริษัท GEP จำกัด ที่ได้ให้รายละเอียด คำปรึกษาเรื่องไมโครคอนโทรเลอร์ SAB 80C535

สำหรับแนวทางของโครงการนี้ ต้องขอขอบคุณทางอาจารย์ ดร.อนันต์ ชัยเลิศวิมลกุล ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาตลอดโครงการ1 และโครงการ 2

ขอแสดงความนับถือ

คณะผู้จัดทำโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.....	1
1.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.....	1
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C535.....	6
2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C535.....	6
2.2 สถาปัตยกรรมทางด้านการคำนวณของ SAB 80C535.....	10
2.3 การจัดหน่วยความจำภายในและภายนอก.....	17
2.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม.....	18
2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล.....	18
2.4 การอินเตอร์รัพต์.....	20
2.5 A-D คอนเวอร์เตอร์และวอตซ์ค็อกไทเมอร์.....	22
บทที่ 3 การทำงานของวงจรการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัดคีมิตเตอร์.....	25
3.1 วงจรและการทำงานของวัดคีมิตเตอร์.....	25
3.2 ส่วนควบคุมการทำงานของวัดคีมิตเตอร์.....	25
3.3 การสร้างวัดคีมิตเตอร์.....	28
บทที่ 4 การทำงานของโปรแกรม.....	29
4.1 การทำงานของโปรแกรม.....	35
4.2 FLOWCHART ของโปรแกรม.....	36
4.3 โปรแกรมการทำงาน.....	37
บทที่ 5 บทสรุป.....	56
5.1 ผลการทดลอง.....	56
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น.....	58
5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและการศึกษาต่อไป.....	58
เอกสารอ้างอิง.....	55

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

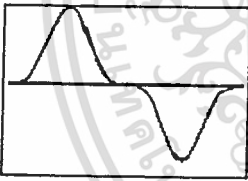
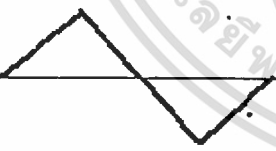

1.1 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้า (P) ที่ใช้ไปในความต้านทานที่เป็นโหลด (R) จะมีค่าเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} P &= IV \\ &= I^2 R \\ &= V^2 / R \end{aligned}$$

โดยที่ V เป็นแรงดันคร่อมโหลด และ I เป็นกระแสที่ไหลผ่านโหลด

1.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รูปคลื่น.	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าประสิทธิผล
	A	0.637 A	0.707 A
	A	0.502 A	0.577 A
	A	A	A

ตารางที่ 1.1 ค่าเฉลี่ยและค่าประสิทธิผลของกระแสสลับที่มีรูปคลื่นต่าง ๆ

ค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้าสลับ คือค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยภายในหนึ่งช่วงเวลาครบรูปที่เกิดขึ้นที่ชั่วของความต้านทาน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าสลับซึ่งมีค่านับประสิทธิผล ไหลผ่านความต้านทานตัวนั้น

นอกเหนือไปจากค่าต่าง ๆ ที่กล่าวถึงมาแล้ว บางครั้งเราต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์รูปคลื่น (form factor) และค่าสัมประสิทธิ์ยอดคลื่น (Crest factor) ซึ่งให้คำจำกัดความไว้ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์รูปคลื่น} = \frac{\text{ค่าประสิทธิผล}}{\text{ค่าเฉลี่ย}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ยอดคลื่น} = \frac{\text{ค่ายอดคลื่น}}{\text{ค่าประสิทธิผล}}$$

จากคำจำกัดความข้างต้น เราอาจบ่งถึงรูปคลื่นกระแสสลับได้อย่างหายบ ๑ โดยการใช้ค่าตัวเลขแทน เช่นในกรณีของรูปคลื่นไซน์

$$\text{สัมประสิทธิ์รูปคลื่น} = \frac{I_m/\sqrt{2}}{(2I_m/\pi\sqrt{2})} = 1.11$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ยอดคลื่น} = \frac{I_m}{(I_m/\sqrt{2})} = 1.41$$

1.2.2 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด ขณะที่แรงดันคร่อมโหลดเท่ากับ V และกระแสในโหลดเท่ากับ I เป็นกำลังไฟฟ้าแต่ละขณะ (Instantaneous Power) P ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$P = VI$$

โดยที่แรงดันคร่อมโหลดเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับรูปไซน์ที่มีสมการเป็น $V = V_m \sin \omega t$ ถ้าโหลดมีความต้านทานเป็น R กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะเขียนได้เป็น

$$I = I_m \sin \omega t$$

เพราะฉะนั้น จึงเขียนได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

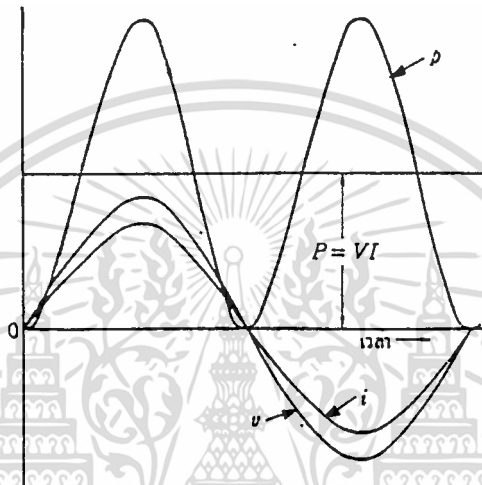
$$P = V_m I_m \sin^2 \omega t$$

และจาก

$$\sin 2\alpha = (1/2)[1 - \cos 2\alpha]$$

จะได้

$$P = V_m I_m (1 - \cos 2\omega t)/2$$



รูปที่ 1.1

สมการข้างบนนี้ได้เขียนรูปไว้แสดงให้เห็นรูป 1.1 เช่นเดียวกับคำจำกัดความของค่าประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ยของ P ในหนึ่งช่วงเวลาครบรูป ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P จะมีค่าเป็น

$$P = V_m I_m / 2 = VI = I^2 R = V^2 / R$$

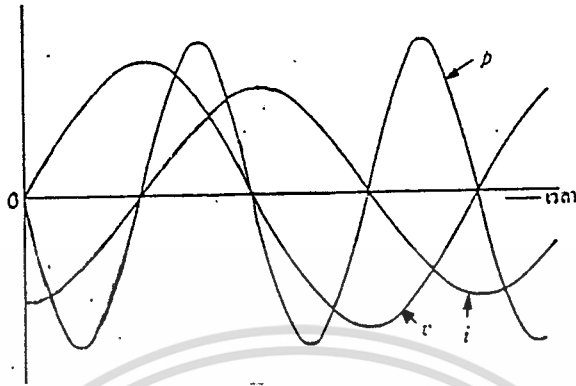
โดยให้ V และ I เป็นค่าประสิทธิภาพของ V และ I ตามลำดับ

ถ้าโหลดเป็นตัวรีแอคทีฟ (Reactive element) เป็นอินดักแตนซ์ เป็นต้น

$$\begin{aligned} I &= (V_m / \omega L) [\sin(\omega t - \pi/2)] \\ &= I_m \sin(\omega t - \pi/2) \end{aligned}$$

ดังนั้นเราจะได้

$$\begin{aligned} P &= V_m I_m \sin(\omega t - \pi/2) \\ &= (V_m I_m / 2) (\sin 2\omega t) \end{aligned}$$



รูปที่ 1.2 รูปจากสมการ P และ I

จากรูปที่ 1.2 หมายความว่า เมื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากต้นกำเนิดให้แก่อินดักเตนซ์ในครึ่งช่วงเวลาครบรูปแรกมันจะเก็บพลังงานไว้ในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้า และจ่ายคืนกลับให้แก่ต้นกำเนิดในช่วงเวลาครบรูปต่อไป นั่นคือโดยเฉลี่ยแล้วอินดักเตนซ์จะไม่ใช้กำลังไฟฟ้าเลยหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็นศูนย์ต่อไปสมมุติว่าโหลดคือ $Z = R + jX$ ซึ่ง R เป็นความต้านทาน และ X เป็นค่ารีแอคเตนซ์ เราจะได้

$$I = I_m \sin \omega t$$

$$P = (V_m I_m \sin \omega t) [(\sin(\omega t - \phi))]$$

โดย $\tan \phi = X/R$ และเราจะได้

$$P = VI \cos \phi (1 - \cos 2\omega t) - VI \sin \phi \sin 2\omega t$$

ความสัมพันธ์นี้แสดงไว้ในรูปที่ 1.3

และในกรณีนี้กำลังเฉลี่ย P จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI \cos \phi$$

โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า $\cos \phi = R/\sqrt{R^2 + X^2}$

เราจะหาต่อไปได้ว่า

$$P = I^2 R = \frac{V^2 R}{R^2 + X^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

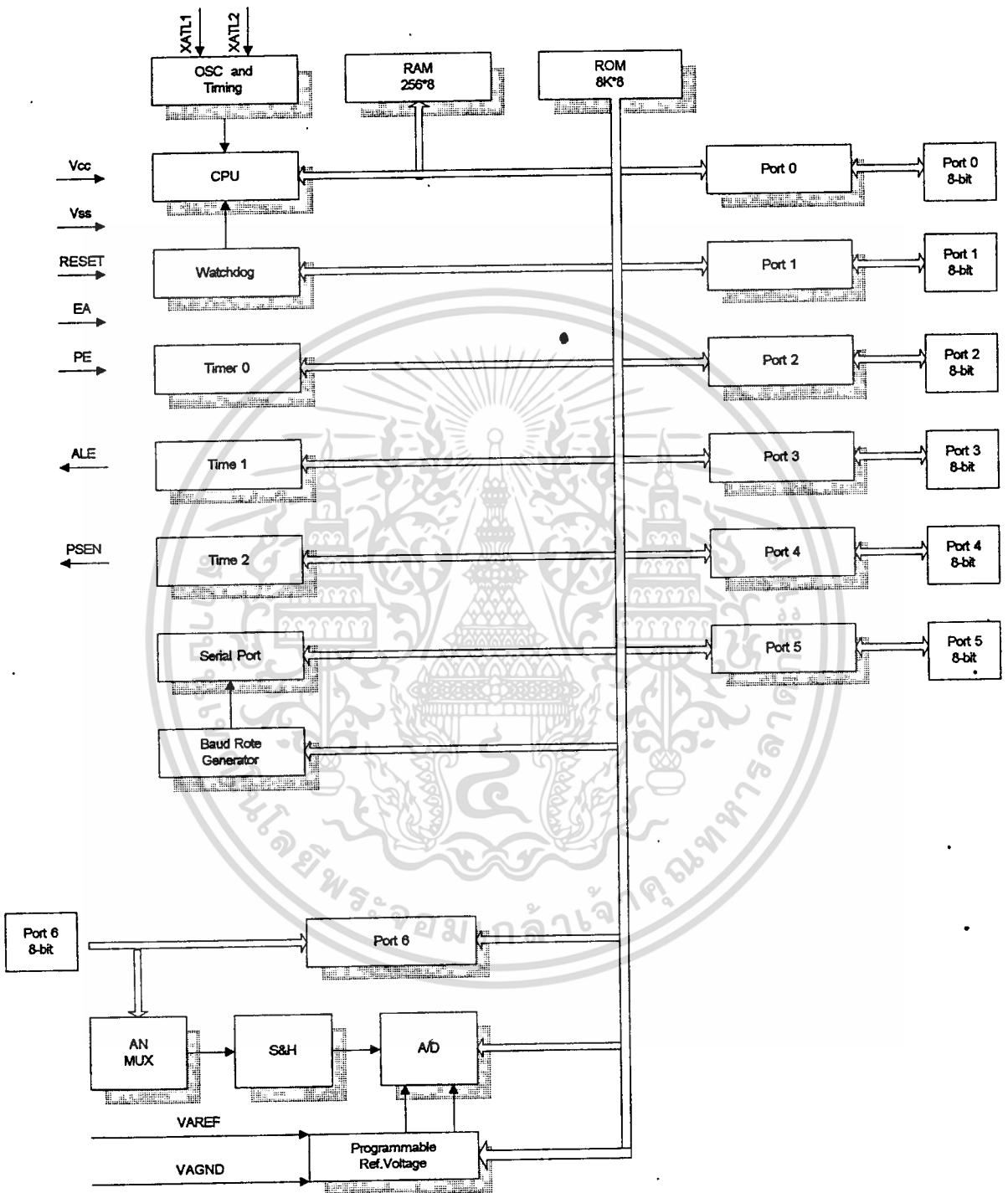
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C535

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C535 เป็นผลงานการผลิตของซีเมนส์หนึ่งในผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำรายใหญ่ของโลก สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี CMOS เบอร์อื่นที่คล้าย ๆ กันคือ 80C535 เบอร์นี้จะสร้างจากเทคโนโลยี NMOS แต่การจัดขาไม่เหมือนกัน ไม่สามารถใช้แทนกันได้ 80C535 มีลักษณะการทำงานเหมือนกับ MCS-51 ทุกประการ โดยสามารถใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ตัวเดียวกันได้ แต่มีความสามารถทางฮาร์ดแวร์เหนือกว่า 8031 มาก

2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C535

- มีความสามารถพื้นฐานเหมือนกับ (compatible) เอ็มซีเอส-51
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที
- มีหน่วยความจำภายใน (RAM) ขนาด 256 ไบต์
- มีหน่วยความจำภายใน (ROM) ขนาด 8 กิโลไบต์ และภายนอกขนาดสามารถขยายได้ถึง 64 กิโลไบต์
- มีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่พิเศษ (SFR) 41 ตัว
- โครงสร้างอินเตอร์รัพต์ทำได้ 12 แหล่ง และการจัดระดับความสำคัญ (Priority) ได้ 4 ระดับ
- พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ที่ความเร็วสูง
- วงจร Watchdog-Timer ขนาด 16 บิต
- วงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิต 3 ตัว
- พอร์ตแบบ อนาล็อก/ดิจิตอล โดยที่มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล 15 ไมโครวินาที
- รูปร่างเป็นแบบ PLCC 68 ขา

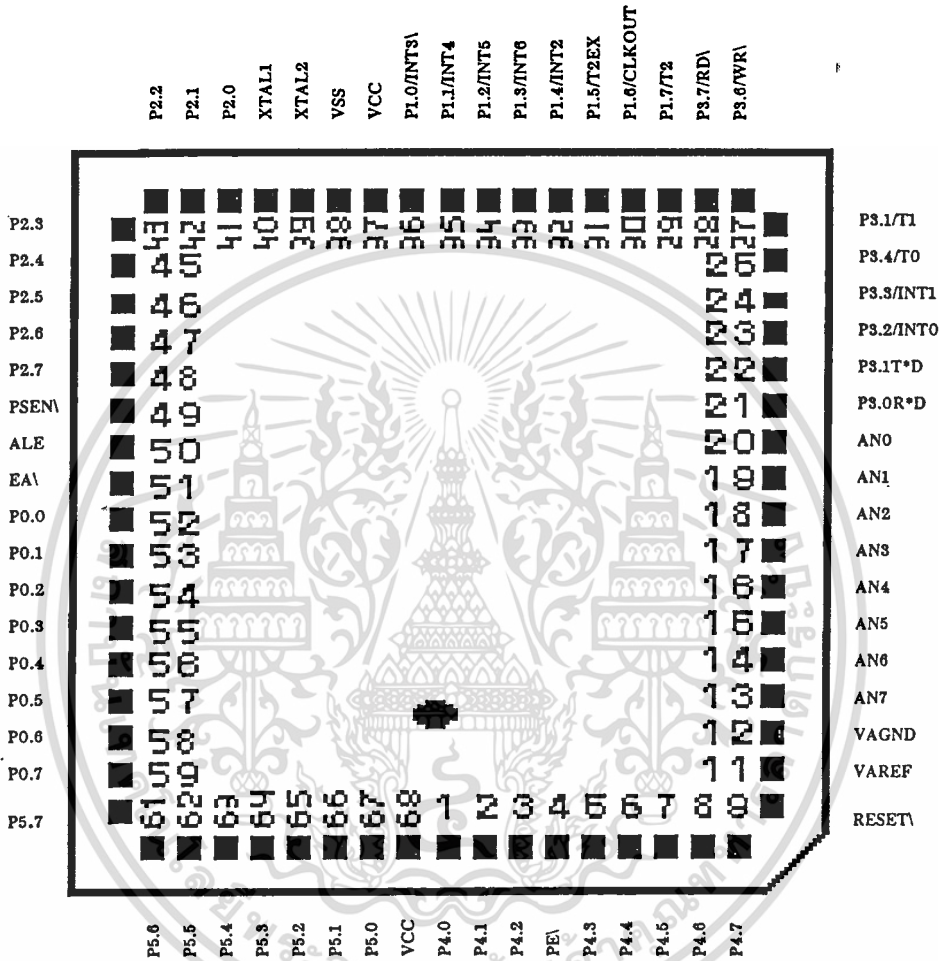
โครงสร้างทั่วไปของ Block Diagram ของ 80C535 แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดง Block Diagram ของ 80C535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างทั่วไปแสดงรูปของ SAB 80C535 ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.2

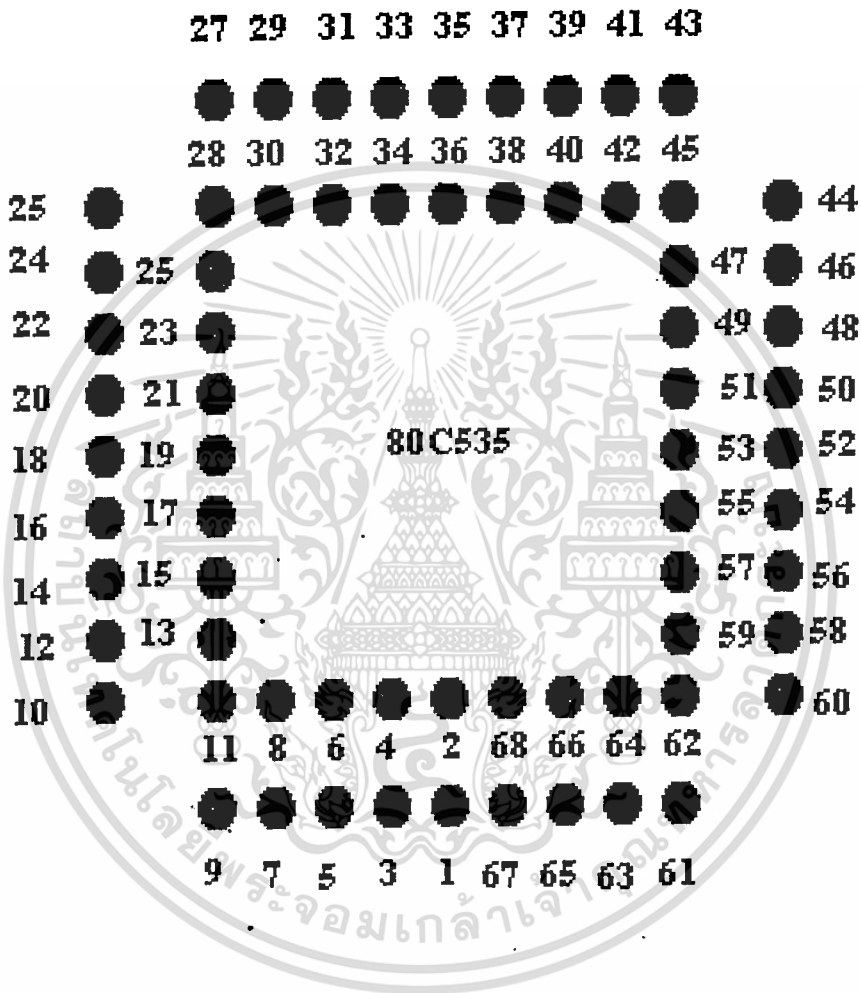


รูปที่ 2.2 แสดงรูปของ SAB 80C535

จากรูปที่ 2.2 นั้นแสดงจำนวนขาและหน้าที่ของ 80C535 ซึ่งเป็นแบบ PLCC ที่มีจำนวนขาถึง 68 ขา และมีความเหมือนกันกับ 80C515 ในตระกูลของ SEIMENS จะเห็นได้ว่าชิพเบอร์นี้มีความสามารถมากกว่าชิพในตระกูลของ SEIMENS จะเห็นได้ว่าชิพเบอร์นี้มีความสามารถมากกว่าชิพในตระกูล เอ็มซีเอส 51 มากทีเดียวตัวอย่างเช่น มีพอร์ตถึง 6 พอร์ต มีพอร์ต 8 บิต สำหรับแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล และมีวงจรตั้งเวลาและวงจรมี 3 วงจร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างทั่วไปแสดงการวางขาของ SAB 80C535 ทางด้านล่างดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการวางขาของ SAB 80C535 ทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การกำหนดขาสัญญาณและพอร์ตต่าง ๆ ของ 80C535

ขาที่	สัญลักษณ์	อินพุต/เอาต์พุต	หน้าที่
-------	-----------	-----------------	---------

Port 0

52-59	P0.0-0.7	อินพุต/เอาต์พุต	สามารถเป็นได้ทั้ง อินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิตและมีหน้าที่พิเศษ
-------	----------	-----------------	--

Port 1

29-36	P1.7-1.0	อินพุต/เอาต์พุต	สามารถเป็นได้ทั้ง อินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิต
29	P1.7	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ Timer T2
30	P1.6	อินพุต/เอาต์พุต	เอาต์พุตของ CLKOUT ของระบบ
31	P1.5	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตภายนอกของ T2EX
32	P1.4	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ Interrupt 2 INT2
33	P1.3	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ INT6/CC3 Interrupt 6
34	P1.3	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ INT6/CC3 Interrupt 4
35	P1.3	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ INT6/CC3 Interrupt3
36	P1.3	อินพุต/เอาต์พุต	อินพุตของ INT6/CC3 Interrupt 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่าที่	สัญลักษณ์	อินพุท/เอาต์พุท	หน้าที่
--------	-----------	-----------------	---------

Port 2

41-48	P2.0-2.7	อินพุท/เอาต์พุท	พอร์ท 2 มี 8 บิต และพอร์ทสองทาง ทำหน้าที่แอสเครสด้านไบท์สูง
-------	----------	-----------------	---

Port 3

21-28	P1.7-2.0	อินพุท/เอาต์พุท	สามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาต์พุทขนาด 8 บิต
21	P3.0	อินพุท/เอาต์พุท	RDX Serial Port A/D async
22	P3.1	อินพุท/เอาต์พุท	TXD Serial Port A/D async
23	P3.2	อินพุท/เอาต์พุท	into\Timer 0 เป็นอินพุท
24	P3.3	อินพุท/เอาต์พุท	INT1/Timer 1 เป็นอินพุท
25	P3.4	อินพุท/เอาต์พุท	อินพุท Timer 0
26	P3.5	อินพุท/เอาต์พุท	อินพุท Timer 1
27	P3.6	อินพุท/เอาต์พุท	WR\ สัญญาณสำหรับเขียน RAM ภายนอก
28	P3.7	อินพุท/เอาต์พุท	RD\ สัญญาณสำหรับอ่าน RAM ภายนอก

Port 4

1-3	P4.0-4.2	อินพุท/เอาต์พุท	สามารถเป็นได้ทั้ง อินพุทและเอาต์พุทขนาด 8 บิต
5-9	P4.3-4.7	อินพุท/เอาต์พุท	สามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาต์พุทขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่	สัญลักษณ์	อินพุต/เอาต์พุต	หน้าที่
-------	-----------	-----------------	---------

Port 5

60-67	P5.7-5.0	อินพุต/เอาต์พุต	สามารถเป็นได้ทั้ง อินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิต
-------	----------	-----------------	---

Port 6			
13-20	AN7-AND	อินพุต	เป็นอนาล็อกอินพุต

สัญญาณควบคุมและระบบไฟ

39	XTAL2		Oscilator
40	XTAL1		Oscilator
10	RESET	อินพุต	เป็นสัญญาณ RESET CPU Active LOW
49	PSEN	เอาต์พุต	Program Store Enable
50	ALE	เอาต์พุต	Address Latch Enable
4	PE	อินพุต	
51	EA	อินพุต	LOW=ext,HIGH=int
11	VAREF		5V Referent สำหรับ A/D
12	VAREF		0V Referent สำหรับ A/D
68	VCC		Supply สำหรับ CPU 5V
38	VSS		Supply สำหรับ CPU 0V

2.2 สถาปัตยกรรมทางด้านการคำนวณของ SAB 80C535

SAB80C535 นั้นเป็นซีพียูขนาด 8 บิต ข้อมูล 16 บิต แอสเซสและมีหน่วยความจำภายในตัวซีพียู (RAM) มีรีจิสเตอร์พิเศษ (SFR) ถึง 41 ตัว โดยที่มี 14 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องคือ

		Adress [H]
ADCON A/D	ควบคุมการเปลี่ยน A/D	D8
CCEN	ควบคุม Capture Compare	C1
DAPR	โปรแกรมรีจิสเตอร์ A/D	DA
IEN0	Interrupt Enable 0	A8
IEN1	Interrupt Enable 1	B8
IP0	ระดับความสำคัญที่ 1 ของ Interrupt	A9
IP1	ระดับความสำคัญที่ 2 ของ Interrupt	B9
IRCON	ควบคุมความต้องการขอ Interrupt	C0
PCON	ควบคุม Power	B7
PSW	โปรแกรมแสดงสถานะค่า	D0
SCON	ควบคุมพอร์ทอนุกรม	98
T2CON	ควบคุม Timer 2	C8
TCON	ควบคุม Timer	88
TMOD	Timer Mode	89
= bitaddress		

โดยแสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) ตามลำดับตัวอักษรตามตารางข้างนี้

สัญลักษณ์ แอสเซส คำอธิบาย

ACC	E0	แอสเซสคิวมูเลเตอร์
ADCON	D8	ควบคุมการเปลี่ยน A/D
ADDAT	D9	การเปลี่ยนรีจิสเตอร์ A/D
B	F0	รีจิสเตอร์ B
CCEN	C1	Compare Capture Enable Register
CCH1	C3	Compare Capture Register 1 (H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์	แอสแอดเรส	คำอธิบาย
CCH2	C5	Compare Capture Register 2 (H)
CCH3	C7	Compare Capture Register 3 (H)
CCL1	C2	Compare Capture Register 1 (L)
CCL2	C4	Compare Capture Register 2 (L)
CCL3	C6	Compare Capture Register 3 (L)
CRCH	C9	Compare Reload Capture Register (H)
CRCL	CA	Compare Reload Capture Register (L)
DAPR	DA	โปรแกรมการเปลี่ยน A/D
DPH	B3	Datapointer (H)
DPL	B2	Datapointer (L)
IEN0	A8	Interrupt Enable Register 0
IEN1	B8	Interrupt Enable Register 1
IPO	A9	รีจิสเตอร์ระดับความสำคัญของ Interrupt 0
IP1	B9	รีจิสเตอร์ระดับความสำคัญของ Interrupt 1
IRCON	C0	การควบคุมความต้องการขอ Interrupt
P0	80	พอร์ต 0
P1	90	พอร์ต 1
P2	A0	พอร์ต 2
P3	B0	พอร์ต 3
P4	E8	พอร์ต 4
P5	F8	พอร์ต 5
PCON	87	Power Control Register
PSW	D0	โปรแกรมแสดงสถานะ Word Register
SBUF	99	รีจิสเตอร์สำหรับพอร์ตอนุกรม
SCON	98	การควบคุมรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม
SP	81	Stackpointer
T2CON	C8	Timer 2 Control Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ แอสแตรอส คำอธิบาย

T2H	CD	Timer 2 (H)
T2L	CC	Timer 2 (L)
TCON	88	Timer Control Register
TH0	BC	Timer 0 (H)
TH1	BD	Timer 1 (L)
TL0	BA	Timer 0 (L)
TL1	8B	Timer 1 (H)
TMOD	89	โหมด Timer Register

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SFR ADR								
ACC	ACC.7	ACC.6	ACC.5	ACC.4	ACC.3	ACC.2	ACC.1	ACC.0
E0	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0
ADCON	BD	CLK	"	BSY	ADM	MX2	MX1	MX0
D8	DF	DE	DD	DC	DB	DA	D9	D8
B	B.7	B.6	B.5	B.4	B.3	B.2	B.1	B.0
F0	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0
IEN0	EAL	WDT	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
A8	AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8
IEN1	EXEN2	EWDT	EX6	EX5	EX4	EX3	EX2	EADC
B8	BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8
IRCON	EXF2	TF2	IEX6	IEX5	IEX4	IEX3	IEX2	LACD
C0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
P0	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
80	87	86	85	84	83	82	81	80
P1	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
90	97	96	95	94	93	92	91	90
P2	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0
A0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
P3	P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0
B0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P4	P4.7	P4.6	P4.5	P4.4	P4.3	P4.2	P4.1	P4.0
E8	EF	EE	ED	EC	EB	EA	E9	E8
P5	P5.7	P5.6	P5.5	P5.4	P5.3	P5.2	P5.1	P5.0
F8	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8
PSW	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P
D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SCON	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1
98	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98
T2CON	T2PS	I9FR	I2FR	T2R1	T2R0	T2CM	T2I1	T2I0
C8	CF	CF	CD	CC	CB	CA	C9	C8
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
88	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88

รูปที่ 2.4 แสดงบิตแอดเดรสในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

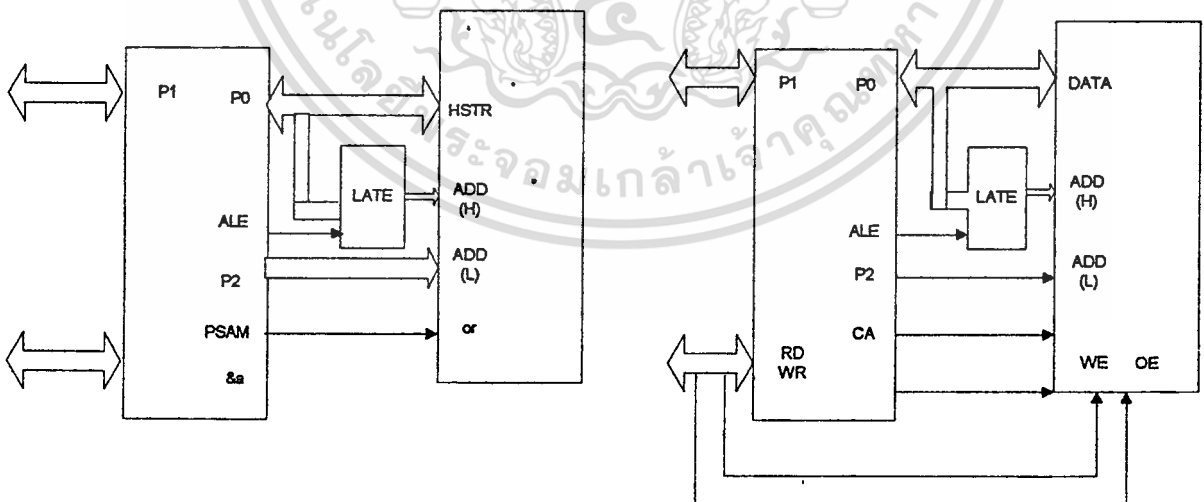
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การจัดหน่วยความจำภายในและภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C535 จะแบ่งตามพื้นที่หน่วยความจำของการกำหนดเลขที่อยู่แอดเดรส ได้เป็นส่วนที่ประกอบด้วยเนื้อที่ของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล โดยจะมีการแบ่งหน่วยความจำเหมือนกับซีพียูทั่ว ๆ ไป ก็จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะตามชนิดของข้อมูลที่เก็บดังนี้

- หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)
- หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ถ้าจะพูดกันง่าย ๆ หน่วยความจำข้อมูลก็หมายถึงหน่วยความจำส่วนที่เป็นแรม (RAM) ซึ่งเราสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แต่ไม่สามารถรันโปรแกรมบนหน่วยความจำส่วนนี้ได้ ส่วนหน่วยความจำโปรแกรม หมายถึงหน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว (ROM) ซึ่งบรรจุโปรแกรมที่จะทำให้ SAB 80C535 ทำงาน โดยหน่วยความจำทั้ง 2 ประเภทนี้จะถูกแยกออกจากกันด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์และลักษณะการติดต่อทางฮาร์ดแวร์ด้วย กล่าวคือ จะมีคำสั่งเฉพาะสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่งและจัดสัญญาณสไตรบในการติดต่อกับหน่วยความจำแต่ละชนิดแยกต่างหากกันด้วย ดังรูปที่ 2.5

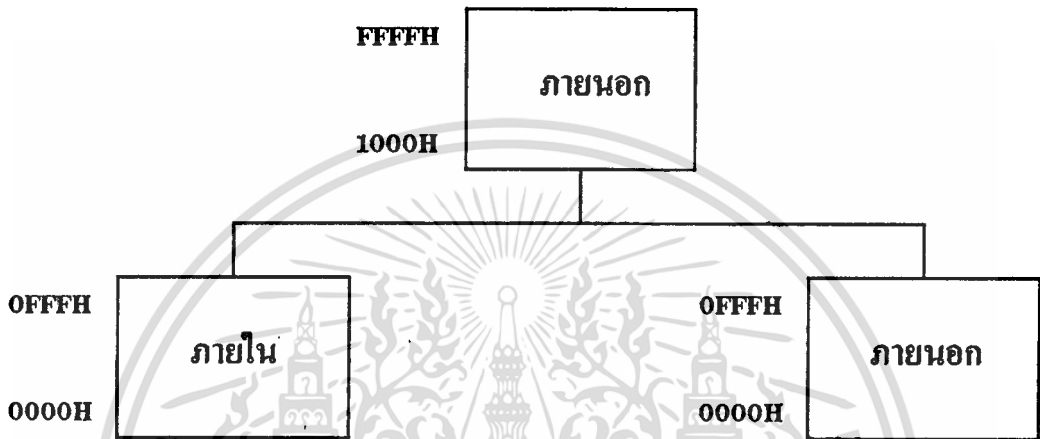


รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมจะประกอบด้วย ส่วนภายในและภายนอกชิพ ถ้าความยาวของโปรแกรมมีความยาวไม่เกิน 8 กิโลไบต์ สำหรับหน่วยความจำโปรแกรมภายในและสามารถใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ถึง 64 กิโลไบต์ โดยอาจจะใช้ร่วมกับหน่วยความจำข้อมูลก็ได้ โดยการควบคุมที่ขา EA (ขาที่ 51) หรือทำการต่อลงกราวด์ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล

จากรูปที่ 2.7 เป็นการจัดหน่วยความจำภายในของ 80C535 ซึ่งจะเห็นได้ว่าหน่วยความจำข้อมูลภายในจะแบ่งเป็นลักษณะงานดังนี้ คือ จำนวน 128 กิโลไบต์ ของบริเวณตำแหน่งล่างในเนื้อที่แรมภายใน และอีก 128 กิโลไบต์ เป็นของบริเวณตำแหน่งบนของแรมภายในและส่วนของ 128 กิโลไบต์ อีกบริเวณหนึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

จากรูปที่ 1.8 จะเห็นว่าพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลภายในส่วน 128 ไบต์ล่าง (ตำแหน่ง 00H-7FH) จะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (00H-1FH) ส่วนพิเศษ ที่สามารถเข้าถึงตำแหน่งบิตได้โดยตรง (20H-2FH) และส่วนที่ใช้งานทั่วไป (30H-7FH)

ส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์มีทั้งหมด 4 แบงค์ แต่เราสามารถใช้ได้ครั้งละแบงค์เท่านั้น การเลือกใช้แบงค์ไหนอยู่ที่เรากำหนดค่าในรีจิสเตอร์ psw คำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งจะแบ่งลักษณะการกำหนดเลขที่อยู่ของหน่วยความจำข้อมูลได้ 4 โหมดด้วยกันคือ

- โหมดการกำหนดเลขที่อยู่รีจิสเตอร์
- โหมดการกำหนดเลขที่อยู่โดยอ้อม



- โหมดการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรง
- โหมดการกำหนดเลขที่อยู่รีจิสเตอร์โดยทันที

รูปที่ 2.8 จะแสดงถึงแผนที่ของหน่วยความจำข้อมูลโดยผ่านเป็น 4 แบนด์ ในแต่ละแบนด์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว มีตำแหน่งตั้งแต่ 0 ถึง 31 ในบริเวณส่วนล่างของแรม

หน่วยความจำแรมภายใน

หน่วยความจำภายนอก

FF	128 Byte indirekt adresslerbares RAM	FF	Special Function Registers direkt adressterbar	FFFF	externes Daten RAM indirekt adressterbar
80		80			
7F	128 Byte direkt/indirekt adressterbares RAM				
0				0	

รูปที่ 2.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038053

FFH 255										Indirekt adressierbar
80H 120										"
7FH 127										"
30H 48										direkt und indirekt adr.
2FH 47	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78		"
2EH 46	77	76	75	74	73	72	71	70		"
2DH 45	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68		bitadressierbar
2CH 44	67	66	65	64	63	62	61	60		"
2BH 43	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58		"
2AH 42	57	56	55	54	43	42	41	40		"
29H 41	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48		"
28H 40	47	46	45	44	43	42	41	40		"
27H 39	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38		"
26H 38	37	36	35	34	33	32	31	30		"
25H 37	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28		"
24H 36	27	26	25	24	23	22	21	20		"
23H 35	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18		"
22H 34	17	16	15	14	13	12	11	10		"
21H 33	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08		"
20H 32	07	06	05	04	03	02	01	00		"
1FH 31										Registerbank4
18H 24	07	06	05	04	03	02	01	00		"
17H 23										Registerbank2
10H 16	07	06	05	04	03	02	01	00		"
0FH 15										Registerbank1
08H 8	07	06	05	04	03	02	01	00		"
07H 7										Registerbank0
00H 0	07	06	05	04	03	02	01	00		"

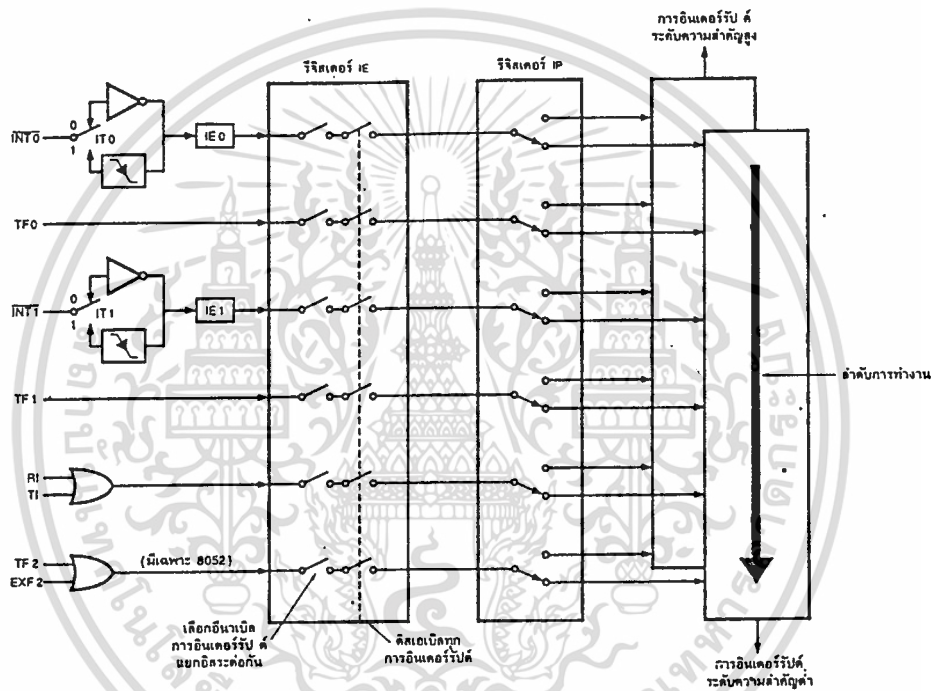
รูปที่ 2.8 พื้นที่การกำหนดตำแหน่งบิตของหน่วยความจำข้อมูลภายในจากรูปที่ 2.7

2.4 การอินเตอร์รัพต์

ในระบบของ SAB 80C535 จะมีการอินเตอร์รัพต์ได้จาก 6 แหล่ง โดยสามารถตั้งระดับความสำคัญได้ 4 ระดับซึ่งมีแผนภูมิทางฮาร์ดแวร์ของการอินเตอร์รัพต์ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเทอร์รัพต์ระดับความสำคัญต่ำ สามารถที่จะถูกอินเทอร์รัพต์ตัวอื่นที่มีระดับความสำคัญสูงได้ แต่ไม่สามารถที่จะถูกอินเทอร์รัพต์จากอินเทอร์รัพต์ตัวอื่นที่มีระดับ



รูปที่ 2.9 แผนภูมิทางฮาร์ดแวร์ของแหล่งอินเทอร์รัพต์ชนิดต่าง ๆ

ของการอินเทอร์รัพต์เดียวกันได้ แต่ถ้าเป็นการอินเทอร์รัพต์จากตัวที่มีของแต่ละแหล่งอินเทอร์รัพต์ได้ที่รีจิสเตอร์ IP และถ้าในเหตุการณ์ที่มีการร้องขออินเทอร์รัพต์ในความสำคัญสูงจะไม่สามารถถูกอินเทอร์รัพต์จากตัวอื่นได้เลย โดยเราสามารถตั้งระดับความสำคัญของแต่ละแหล่ง ดังตารางที่

2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพต์ 0 จากภายนอก	อินเทอร์รัพต์ของ a/d
อินเทอร์รัพต์ของตัวจับเวลาตัวที่ 0	อินเทอร์รัพต์ 2 จากภายนอก
อินเทอร์รัพต์ 1 จากภายนอก	อินเทอร์รัพต์ 3 จากภายนอก
อินเทอร์รัพต์ของตัวจับเวลาตัวที่ 1	อินเทอร์รัพต์ 3 จากภายนอก
การรับ/ส่ง อนุกรม	อินเทอร์รัพต์ 4 จากภายนอก
อินเทอร์รัพต์ของตัวจับเวลาตัวที่ 2	อินเทอร์รัพต์ 6 จากภายนอก
อินเทอร์รัพต์ตัวที่ 2 จากภายนอก	

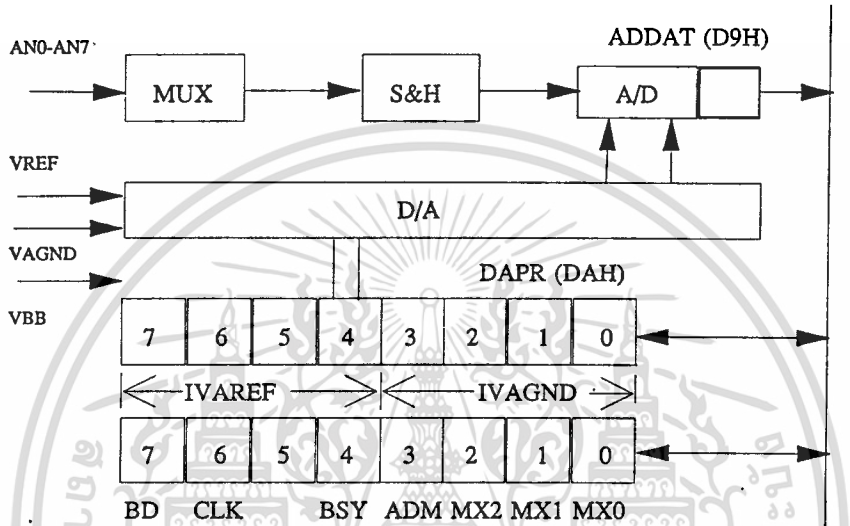
ตารางที่ 2.2 ลำดับความสำคัญของแหล่งการอินเทอร์รัพต์ต่าง ๆ

2.5 A-D คอนเวอร์เตอร์และวอตช์ด็อกไทมเมอร์

โครงสร้างการทำงานในส่วนของ A-D คอนเวอร์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ 80 C535 นั้นนับได้ว่ามีความซับซ้อนมากภาคหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.10 การควบคุมการทำงานของ ADC จะใช้รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) 2 ตัวเป็นตัวควบคุม รีจิสเตอร์หลักที่ควบคุมการทำงานคือ รีจิสเตอร์ ADCON (A-D converter control register) อยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 0D8H และสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต หน้าที่การทำงานของแต่ละบิตใน ADCON จะถูกใช้งานแตกต่างกันออกไป โดยบิต 0, 1 และ 2 ทำหน้าที่ในการควบคุมวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ (multiplexer) เพื่อเลือกช่องสัญญาณอะนาล็อกที่จะนำมาประมวลผล โดยจะกระทำหรือเลือกไว้ก่อนหน้าที่จะเชื่อมต่อขาพอร์ต อินพุตสัญญาณอะนาล็อกหรือขาพอร์ต 6 กับอินพุตของวงจร ADC ภายใน สำหรับวงจรการแปลงสัญญาณ (conversion cycle) ในรอบต่อไป ในบิต 3 ของรีจิสเตอร์ ADCON ทำหน้าที่กำหนดโหมดการทำงานของ ADC โดยถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น "0" ADC จะหยุดการทำงานทุกครั้งเมื่อเสร็จสิ้นการแปลงสัญญาณในแต่ละครั้ง แต่ถ้ากำหนดบิตนี้ให้มามีค่าเป็น "1" ADC จะทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

สำหรับในบิต 4 ของรีจิสเตอร์ ADCON ทำงานเป็นแฟล็ก BUSY ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น "1" จะหมายถึงกระบวนการแปลงสัญญาณยังไม่เสร็จสิ้น และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแปลงสัญญาณแล้วบิตนี้จะมีค่ากลับเป็น "0" อีกครั้ง กระบวนการแปลงสัญญาณของ ADC จะใช้เวลาประมาณ 14 แมชีนไซเคิล (machine cycles) หรือ 14 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์บนบอร์ด แฟล็ก BUSY มีประโยชน์ในการตรวจสอบการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของ ADC ว่าเสร็จสิ้นหรือยังได้ซึ่งเมื่อแฟล็ก BUSY มีประโยชน์ในการตรวจสอบการทำงาน
 ของ ADC ว่าเสร็จสิ้นหรือยังได้ซึ่งเมื่อแฟล็ก BUSY มีค่าเป็น "0" นั้นหมายถึงสามารถอ่าน
 ค่าผลลัพธ์จากการแปลงสัญญาณได้แล้วจากรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษชื่อ ADDAT (A-D converter data
 register) อยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 0D9H ไปใช้งานในโปรแกรมต่อไปได้แล้ว



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างการทำงานในส่วนของ A-D คอนเวอร์เตอร์ (ADC) ใน 80C535

วงจรในภาค ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C535 ให้ผลลัพธ์ในการทำงานได้เป็น
 ข้อมูลขนาด 8 บิตหรือกล่าวได้อีกอย่างคือให้ความละเอียดในการแปลงสัญญาณได้ในระดับ 8 บิต
 (256 สเต็ป) ซึ่งเพียงพอในการใช้งานได้ในระดับหนึ่ง แต่คุณสมบัติพิเศษหนึ่งของ ADC ใน 80
 C535 ก็คือผู้ใช้งานสามารถเลือกระดับแรงดันอ้างอิง (reference voltage) ได้ด้วยตนเอง ทำให้การ
 ประยุกต์ใช้งาน ADC เป็นไปได้อย่างคล่องตัวมากขึ้น โดย 80C535 ต้องการแค่เพียงแรงดันอ้างอิง
 ภายนอก 5 โวลต์ ป้อนเข้าระหว่างขา 12 ซึ่งเป็นขา V_{AGND} (reference voltage ground terminal)
 และขา 11 ซึ่งเป็นขา V_{AREF} (reference voltage positive) เท่านั้น ส่วนแรงดันอ้างอิงจริงที่ใช้ในการ
 แปลงสัญญาณของ ADC จะถูกโปรแกรมผ่านทางรีจิสเตอร์อีกที่หนึ่ง

สำหรับการทดลองในที่นี้จะใช้ไฟเลี้ยงบนบอร์ด 5 โวลต์ ป้อนเป็นแรงดันอ้างอิงภายนอก
 ให้กับ 80C535 โดยการต่อผ่านจัมเปอร์ JP_3 , JP_4 แรงดันอ้างอิงภายในที่ป้อนให้กับ ADC ใช้ในการ
 แปลงสัญญาณจริงนั้นสามารถกำหนดหรือโปรแกรมค่าแรงดัน โดยควบคุมจากรีจิสเตอร์ หน้าที่
 พิเศษชื่อ DAPR จะใช้กำหนดขอบเขตค่าแรงดันต่ำสุดหรือค่าแรงดัน I_{VAGND} ของช่วงแรงดันใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงสัญญาณในขณะเดียวกันด้าน 4 บิตบน (บิต 4-7) ของรีจิสเตอร์ DAPR ถูกใช้กำหนดขอบเขตค่าแรงดันสูงสุดหรือค่าแรงดัน IVAREF ของช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณ

ค่าแรงดันแต่ละสตีปของ IVAGND และ IVAREF ที่สามารถโปรแกรมได้จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันอ้างอิงภายนอกที่ป้อนให้กับ 80C535 โดยคำนวณแรงดันแต่ละสตีปของ IVAGND และ IVAREF ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\frac{(V_{AREF} - V_{AGND})}{16}$$

16

จากสูตร ถ้ากำหนดให้แรงดันอ้างอิงภายนอก $V_{AGND} = 0$ $V_{AREF} = 5$ โวลต์ ค่าแรงดันแต่ละสตีปของ IVAGND และ IVAREF

อย่างไรก็ตามถึงแม้ผู้ใช้งานจะสามารถโปรแกรมค่าแรงดันอ้างอิงภายใน เพื่อกำหนดช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณได้ แต่ผู้ใช้งานต้องกำหนดขนาดของช่วงแรงดันนี้อย่างต่ำที่สุดคือ 1 โวลต์ ในกรณีที่ต้องการให้ช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ การโปรแกรมทำได้โดยป้อนค่า 000 0000B ไปยังรีจิสเตอร์ DAPR ในกรณีเดียวกันถ้าทำการป้อนค่า 1000 1000 ไปยังรีจิสเตอร์ DAPR ผลที่ได้ก็คือช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณจะอยู่ในช่วง 1.25-2.5 โวลต์ ช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณที่ป้อนให้กับ ADC ซึ่งทำงานในระดับ 8 บิตนั้นจะส่งผลให้ช่วงแรงดันดังกล่าวถูกหารหรือแบ่งออกเป็น 256 สตีป หรือ กล่าวได้ว่าถ้าผู้ใช้งานกำหนดช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณอยู่ในช่วงแรงดันดังกล่าวถูกหารหรือแบ่งออกเป็น 256 สตีป หรือกล่าวได้ว่าถ้าผู้ใช้งานกำหนดช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ถ้าแรงดันอินพุทคือ 2.5 โวลต์ ผลลัพธ์ที่ได้จาก ADC จะมีค่าเท่ากับ 128 หรือ 080H ซึ่งอ่านได้จากรีจิสเตอร์ ADDAT ในค่าแรงดันอินพุทเดียวกัน ถ้าผู้ใช้งานกำหนดช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณอยู่ในช่วง 1.25-2.5 โวลต์ ผลลัพธ์ที่ได้จาก ADC จะมีค่าเท่ากับ 225 หรือ 0FFH ซึ่งอ่านได้จากรีจิสเตอร์ ADDAT ดังนั้นการกำหนดช่วงแรงดันในการแปลงสัญญาณจึงนับเป็นจุดที่ควรระมัดระวังด้วย เพราะอาจทำให้การทำงานของโปรแกรมผิดพลาดไปได้

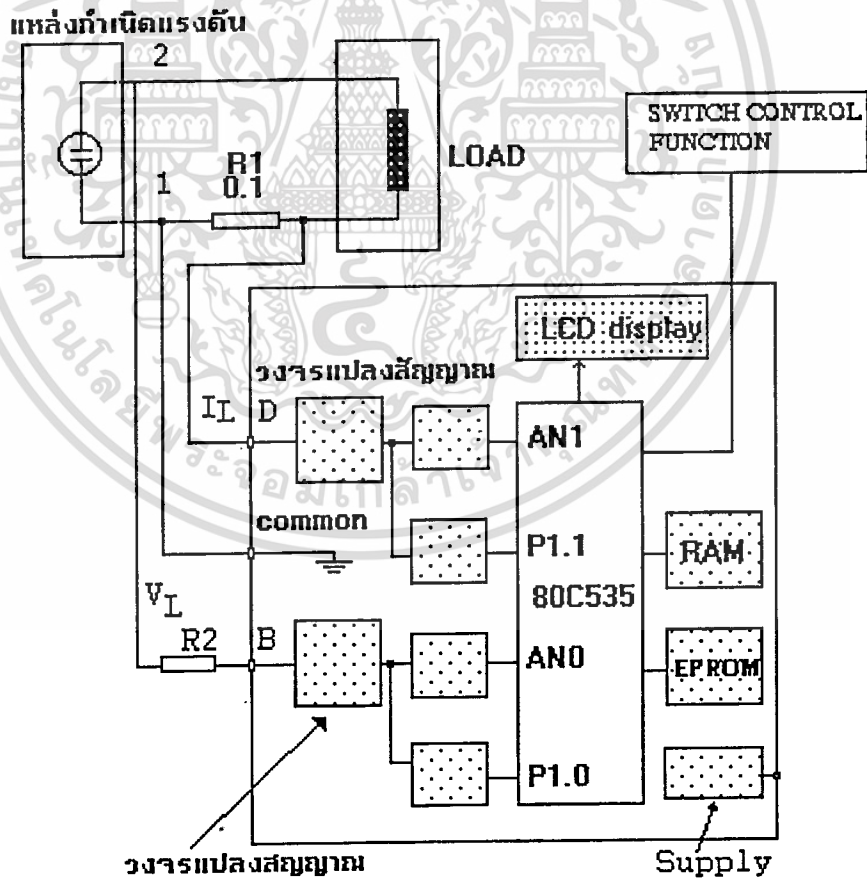
บทที่ 3

การทำงานของวงจรการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัดคัมมิเตอร์

3. วงจรและการทำงานของวงจรการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เป็นวัดคัมมิเตอร์

3.1 วงจรและการทำงานของวัดคัมมิเตอร์

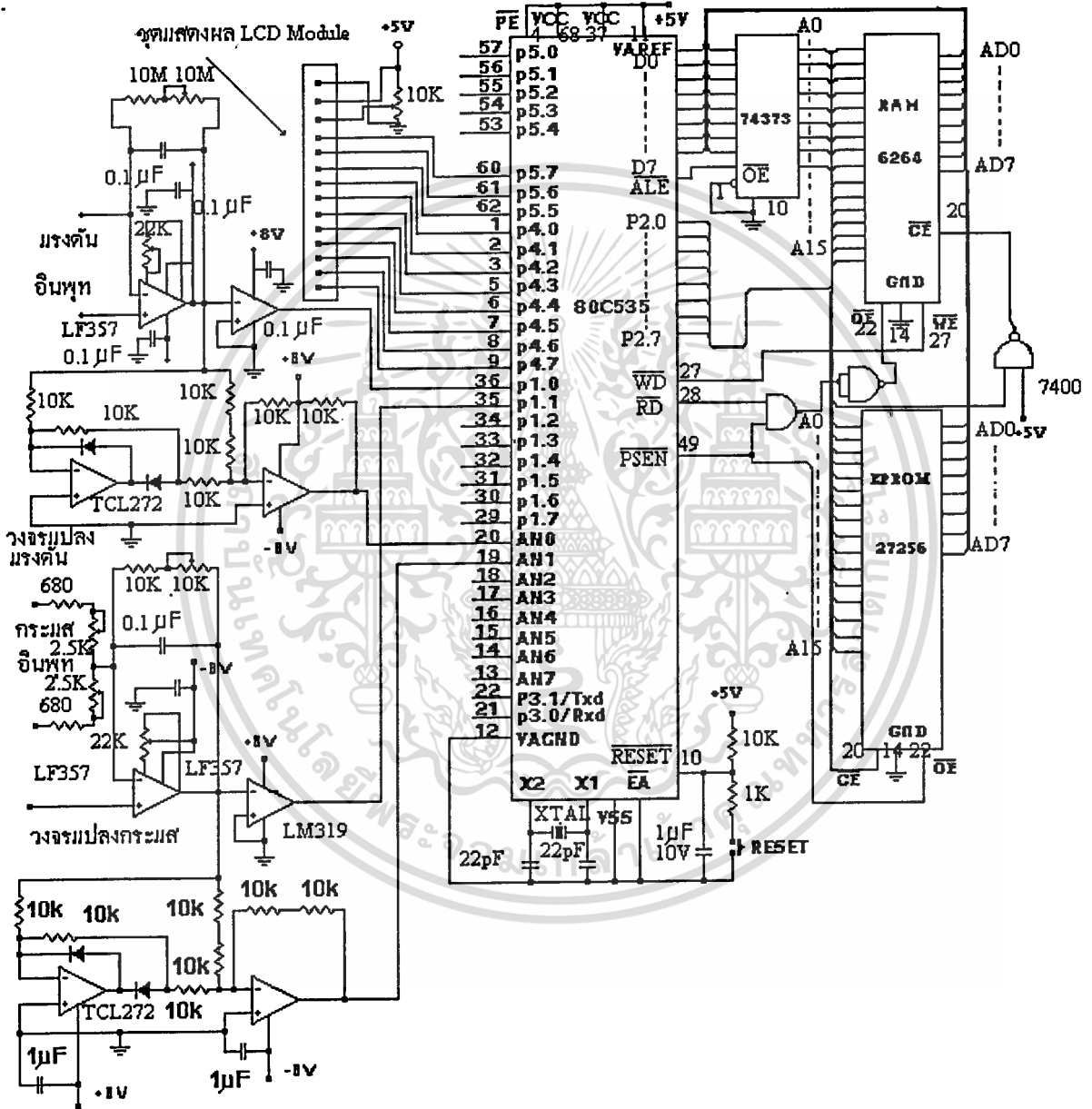
การทำงานของวงจรเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจให้พิจารณาบล็อกโคอะแกรมในรูปที่ 3.1 ตัวต้านทานแบ่งกระแส R1 และตัวต้านทานอนุกรม R2 จะทำการลดระดับแรงดันและกระแสลงมาอย่างเป็นสัดส่วน พร้อมทั้งทำการขยายและแปลงให้เป็นแรงดัน ขึ้นตอนต่อไปทำการเปลี่ยนแรงดันนั้นออกมาเป็นดิจิตอล ซึ่งสัญญาณดิจิตอลนี้จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมของวงจรวัดคัมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.1 จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C535 เป็นตัวควบคุมและมีการเปรียบเทียบค่าแรงดันนี้กับเวลาในหนึ่งชั่วโมงด้วย จึงจะได้ผลของค่ากำลังงานแสดงออกมาทางจอแสดงผลแบบ "ดอตเมตริกซ์" (LCD)



รูปที่ 3.2 วงจรสมบูรณของวัดคมีเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ใช้งานจริงของวัตต์มิเตอร์ แสดงในรูปที่ 3.2 มีอินพุตทั้งสองสำหรับวัดกระแสและแรงดันแต่ไม่ได้แสดงส่วนแสดงผล LCD และตัวต้านทานอนุกรม และตัวต้านทานแบ่งกระแสไว้ ซึ่งจะกล่าวภายหลัง

จากวงจรตัวต้านทานอนุกรมทางอินพุตของฟังก์ชันการวัดแรงดันจะมาเข้าที่ขาอินเวอร์ตอินพุต 2 ของ IC1 อาจจะเรียกได้ว่าเป็นบัฟเฟอร์ก็ได้ ซึ่งจะแบ่งเป็นสองอินพุตเช่นกัน ที่ขา 1 โดยจะแบ่งเป็นขาอินพุตแรงดันสูงกับขาอินพุตแรงดันต่ำ คือ 100-1,000 โวลต์ ตามลำดับ เนื่องจากว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานที่ 1,000 โวลท์ไม่ค่อยมีและอุปกรณ์ประกอบวงจรที่แรงดันอินพุตสูงกว่านี้หายากและราคาแพง

แรงดันทางอินพุตเลือกย่านการวัดได้ทั้งหมด 4 ย่านการวัด โดยการกำหนดจากฟังก์ชันคีย์ที่ 2 และแรงดันทางอินพุตของออปแอมป์ IC1 สามารถปรับได้ด้วย VR2 และ VR3 โดย VR2 ปรับอัตราการป้อนกลับเพื่อให้เกิดความแตกต่างทางอินพุตกับเอาต์พุตที่เหมาะสม ส่วน VR3 เป็นตัวปรับแรงดันออปเซทของ IC1 แรงดันจะออกทางเอาต์พุตที่ขา 6 ซึ่งเป็นแรงดันที่ได้รับการขยายตามอัตราส่วนแล้ว

สัญญาณแรงดันที่ได้จากการขยายด้วย IC1 จะถูกส่งเข้าภาคเร็คติไฟเออร์โดย IC3/1 และ IC3/2 แรงดันที่เข้ามาทางอินพุตกลายเป็นแรงดันไฟตรงที่ไม่มีการกระเพื่อมของแรงดัน ซึ่งจะเป็นแรงดันที่คงที่ไม่มีไฟสลับมาปะปน แรงดันส่วนนี้จะเป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่ขาอะนาล็อกอินพุต (AN ϕ) ขา 20 ของคอนโทรลเลอร์ IC15 สัญญาณเอาต์พุตจาก IC1 (ขา 6) อีกส่วนหนึ่งจะถูกแยกออกมาเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดย IC 2/1 ที่ขา 12 จะถูกต่อเข้าไปที่ขาอินพุต/เอาต์พุตของ IC15 ที่ขา 36 ซึ่งก็คือ P1.0/INT3/CCO

อินพุตในส่วนของวงจรวัดกระแส ส่วนประกอบของวงจรส่วนนี้จะเหมือนกับการวัดแรงดัน ส่วนที่เพิ่มเติมสำหรับการวัดกระแสคือ R11, VR5 และ R12, VR4 ส่วนประกอบบนอนั้นเหมือนกับการวัดแรงดัน ในส่วนของวงจรวัดกระแสก็จะมี 2 อินพุตเช่นกัน คือ

สำหรับกระแสต่ำ 0-2.55 แอมป์

สำหรับกระแสสูง 2.55-25.5 แอมป์

โดยย่านการวัดกระแสทางอินพุตสามารถเลือกได้ 4 ย่าน การวัดโดยมีฟังก์ชันคีย์ที่ 3 เป็นตัวเลือกย่านวัดกระแส

ในการวัดกระแสนี้ไม่ใช่ปริมาณกระแสที่เข้ามาโดยตรง แต่เป็นแรงดันที่เกิดจากการไหลของกระแสผ่านตัวต้านทานแบ่งกระแสทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมขึ้นมา ซึ่งจะเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กันกับปริมาณการไหลของกระแส และแรงดันนี้เองที่จะนำมาเข้าทางอินพุต โดยมีชุด R11, VR5 และ R12, VR4 เป็นตัวปรับขนาดของกระแสทางอินพุตที่เข้ามาทางอินเวอร์ตอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 12 -ของ IC4 ทำหน้าที่ขยายปริมาณแรงดันนี้ เปรียบเสมือนหนึ่งว่าเป็นการเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันมี VR6 ปรับอัตราขยายและ VR7 ปรับแรงดันออฟเซตทางเอาต์พุตของ IC4

สัญญาณแรงดันทางเอาต์พุตขา 6 ของ IC4 จะถูกแยกเป็น 2 ทาง ทางหนึ่งจะถูกแยกไปทำการเรีกติไฟเออร์ด้วย IC5/1 และ IC5/2 เพื่อให้ได้แรงดันที่ราบเรียบออกมาทางขา 7 ของ IC5/2 ไปเข้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ IC15 ที่ขา 19 (AN1) และสัญญาณเอาต์พุตจาก IC4 อีกส่วนหนึ่งจะส่งไปเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ขา 10 ของ IC2/2 ให้เอาต์พุตออกมาทางขา 7 ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ IC15 ที่ขา 35 (P1.1/INT4/CC1) ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

- วัดแรงดัน (V_{eff}) มีหน่วยเป็นโวลต์ มีย่านการวัด 25.5 โวลต์, 100 โวลต์, 225 โวลต์ และ 1,000 โวลต์
- วัดกระแส (I_{eff}) มีหน่วยเป็นแอมป์ มีย่านการวัด 0.63 แอมป์, 6.3 แอมป์ และ 25.5 แอมป์
- วัดกำลังงาน (P) มีหน่วยเป็นวัตต์ สามารถวัดได้ตั้งแต่ 300 มิลลิวัตต์จนถึง 3 กิโลวัตต์
- วัดกำลังงานที่ใช้ไปคิดเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (Kwh)

3.2 ส่วนควบคุมการทำงานของวัดคมิเตอร์

โปรแกรมควบคุมการทำงานของวัดคมิเตอร์ บรรจุอยู่ใน IC12 เป็นอีพรอมขนาด 32 กิโลไบต์เบอร์ 27256 โดย IC15 จะต้องเชื่อมต่อกับ IC12 เพื่อเรียกข้อมูลออกมาแล้วทำงานตามที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องมีความจำเป็นสำหรับพักและเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผล คือหน่วยความจำแรมในวงจรนี้ขนาด 32 กิโลไบต์ เบอร์ 62256 (IC11)

จากรูปที่ 3.2 พบว่าไม่ต่อขา A14 ของ IC15 และ IC12 แต่จะใช้ขา A14 เป็นตัวอินาเบิล หน่วยความจำทั้ง 2 ตัวแล้วต่อขา A15 เข้าที่ A14 ของ IC 11 และ IC12 แทนการที่ต่อเช่นนี้ก็เพื่อจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำให้เหมาะสมเพราะตัว 80C535 นี้ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ซึ่งมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นหน่วยความจำข้อมูลและหน่วยความจำโปรแกรมและเพื่อป้องกันการทับซ้อนกันของหน่วยความจำทั้งสอง จึงต้องมีการจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำวิธีนี้

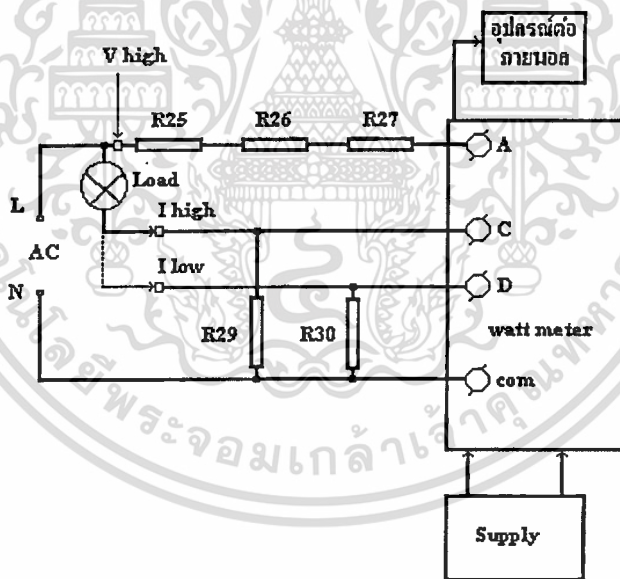
ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันได้ถูกแยกออกจากกันเป็นสองส่วน โดยหม้อแปลง T2 จะชุดจ่ายแรงดัน +5V และ $\pm 8V$ โดยได้จาก IC8, IC9 และ IC10 ตามลำดับ ซึ่งมีการเรกูเลต การแยกกันของแหล่งจ่ายนี้สังเกตที่แรงดัน ± 8 โวลต์ กับแรงดัน ± 5 โวลต์ ซึ่งแยกออกจากกันโดยเด็ดขาด ทั้งทางด้านกราวด์ด้วย มีแต่ทางขดปฐมภูมิเท่านั้นที่ร่วมกัน

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ IC15 ที่จะให้เอาท์พุทออกไปขับ LCD แบบโมดูล เนื่องจากต้องแสดงเมนูในการวัดต่าง ๆ ด้วยตัวอักษรที่อ่านง่าย ซึ่งใน LCD โมดูลนี้สามารถปรับความเข้ม, ความสว่างของตัวอักษรที่แสดงผลออกมาได้ด้วย VR1

ส่วนของสวิทช์ S1 ใช้รีเซ็ตเพื่อเริ่มการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนของสัญญาณนาฬิกาของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มาจาก X-Tal1 ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C1, C2 เพื่อกำเนิดความถี่ให้กับ IC15

วงจรรูปที่ 3.3 แสดงถึงชุดแบ่งแรงดันและแบ่งกระแสสำหรับอินพุทของวัตต์มิเตอร์ที่ขนาดแรงดันของโหลดที่ค่าต่าง ๆ และขนาดของกระแสที่ไหลผ่านไปใช้งานอยู่ ซึ่งจะต้องอาศัยความต้านทานนี้จะมีค่าเป็นสัดส่วนกันกับค่าของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบชุดของ R25-R28, R31-R32 ก็จะเป็นเสมือน R2 ในบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.1 และ R29, R30 ก็เปรียบเสมือน R1 ในบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.2 เช่นกัน



รูปที่ 3.3 ชุดแบ่งแรงดันและกระแสอินพุทของวัตต์มิเตอร์

3.3 การสร้างวัตต์มิเตอร์

ในการสร้างจะประกอบไปด้วยส่วนหลัก 3 ส่วนดังนี้ คือ

1. ส่วนแหล่งจ่ายของวงจร

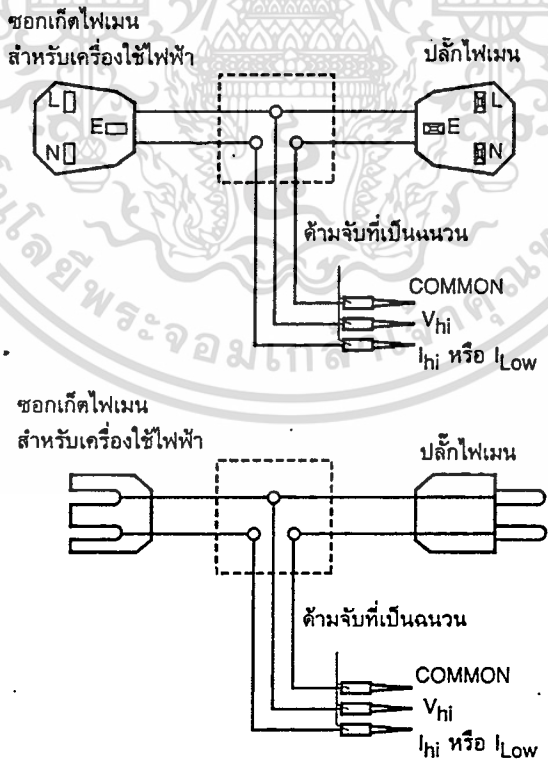
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนวงจรที่ใช้วัดแรงดันและกระแส
3. ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของการแสดงผลจะใช้ LCD มาเชื่อมต่อกับคอนเน็คเตอร์ที่มีบัสมาจากพอร์ตของ 80C535 ดังแสดงในวงจรสมบูรณ์ของวัตต์มิเตอร์

สำหรับชุดตัวต้านทานชั้นที่ประกอบด้วย ตัวต้านทานแบ่งแรงดันสูง (V_{hi}) R25-R27 และแรงดันต่ำ (V_{low}) R28, R31, R32 ส่วนตัวต้านทานจำกัดกระแสสูง (I_{hi}) R29 และ กระแสต่ำ (I_{low}) R30 ในส่วนของตัวต้านทานเหล่านี้จะต่อไว้ที่แผ่นวงจรพิมพ์เอนกประสงค์ต่างหากเพื่อความสะดวกในการต่อใช้งานและเวลาใช้งานแล้วค่อนข้างที่จะหาค่าได้ตรงตามกำหนดลำบาก อาจใช้การอนุกรมและขนานกันเพื่อให้ได้ค่าตรงกับค่าที่กำหนดไว้

ในการวัดเพื่อความปลอดภัย เมื่อใช้วัตต์มิเตอร์วัดกำลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ จึงต้องมีอะแดปเตอร์ทางอินพุตเพื่อป้องกันการลัดวงจรถึงกันระหว่างกราวด์ ดังแสดงอะแดปเตอร์วัดไฟในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อะแดปเตอร์เมื่อต้องการวัดกำลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของฟังก์ชันคือเลือกการทำงานในการวัดที่แตกต่างกันของฟังก์ชันที่ 1 โดยการกดสถานะของฟังก์ชันไปที่

- ตำแหน่ง Veff เป็นการวัดแรงดัน โดยจะมีความสัมพันธ์กันกับย่านการวัดแรงดัน ซึ่งเลือกโดยฟังก์ชันที่ 2 แรงดันในแต่ละย่านการวัดเป็นค่าแรงดันที่สวิงสูงสุด นั่นคือแรงดัน 220 โวลต์อาร์เอ็มเอส ซึ่งบางครั้งแรงดันนี้จะมีค่าแรงดันสูงเกินไปจนไม่สามารถทำการวัดได้ในย่านการวัดที่เลือกโดยฟังก์ชันที่ 2 (0-255 โวลต์) ดังนั้นจอ LCD จะไม่สามารถแสดงค่าออกมาได้จะแสดงว่า โวลต์ได้เท่าใด ออกมาแทน

- ตำแหน่ง Ieff เป็นการวัดกระแสอาร์เอ็มเอสที่โหลดใช้งานและทำงานเต็มที่ ยกตัวอย่าง โหลด 400 วัตต์ ทำงานที่แรงดัน 220 โวลต์ จะทำให้เกิดกระแสที่เข้าไปในโหลดประมาณ 1.6 แอมป์อาร์เอ็มเอส บางครั้งกระแสนี้จะมีค่าที่สูงมากถึงประมาณ 10 แอมป์ โดยเฉพาะในเครื่องใช้ไฟฟ้าจำพวกมอเตอร์ เมื่อถูกโหลดมาก ๆ ก็จะใช้กระแสสูงมาก จนไม่สามารถวัดได้ในย่านกระแสที่ตั้งไว้ก็เหมือนกับกรณีของแรงดัน จอแสดงผลของวัตต์มิเตอร์ก็จะแสดงค่ากระแสออกมาว่าได้เท่าใด ออกมาทางจอ LCD แทน

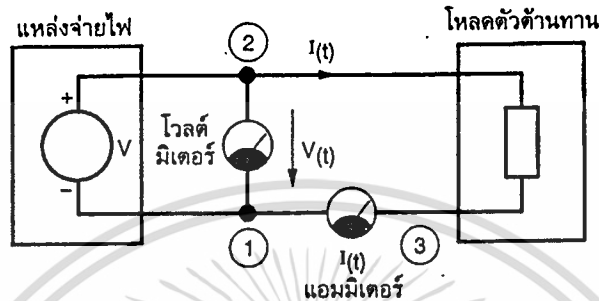
- ตำแหน่งการวัดกำลังงานที่ใช้กับโหลดเพื่อให้สามารถทำงานได้หรือเรียกว่ากำลังงานที่แท้จริง (active power: P) เป็นการวัดความแตกต่างระหว่างแรงดันและกระแสเทียบกับเวลาที่ผ่านไปเมื่อการทำงานของโหลด

เมื่อทำการวัดแรงดันไฟสลับก็จะทำนองเดียวกับการวัดแรงดันและกระแสที่อ่านได้จากจุดแสดงผล การคูณกันของค่าแรงดันและกระแสทำให้เกิดเป็นค่ากำลังงานที่ปรากฏขึ้น (apparent power:S) มีหน่วยเป็นโวลต์แอมป์ (VA) แต่วัตต์มิเตอร์นี้จะแสดงถึงค่าของกำลังงานที่ใช้ไปอย่างเดียวกเป็นกำลังงานที่แท้จริง (active power:P) มีหน่วยเป็นวัตต์(W)

ความแตกต่างระหว่างกำลังงานที่ปรากฏกับกำลังงานที่ใช้ไปต้องอาศัยองค์ประกอบของโหลดเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะค่าของมุม การวัดกำลังงานที่ผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือการวัดหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไปเวลา 1 ชั่วโมง เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่ากิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งค่าที่แสดงออกมาทางจอแสดงผลจะแสดงเป็นหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไปเมื่อเวลาผ่านไปทุก ๆ 1 ชั่วโมง

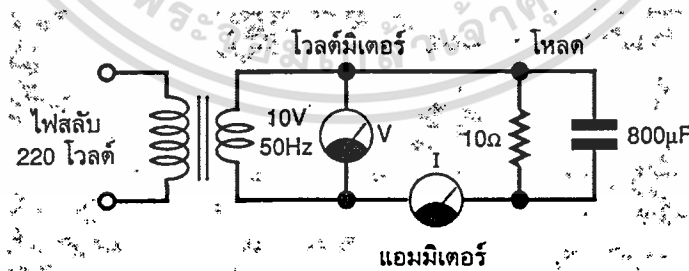
จากหลักการวัดของวัตต์มิเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เป็นการวัดแรงดันตกคร่อมและวัดกระแสที่ไหลผ่านโหลดตัวต้านทาน เป็นที่มาของเครื่องมือวัดชนิดนี้ ซึ่งเป็นการใช้กำลังงาน (P) ที่สูญเสียไปในโหลดหรือที่ถูกใช้ไปในโหลดได้จากการคูณกันของแรงดันและกระแส เช่น ถ้าจ่ายแรงดันไฟขนาด 5 โวลต์ และมีกระแสไหลผ่านโหลดเท่ากับ 0.25 แอมป์ กำลังที่ใช้ไปในโหลดจะเท่ากับ $5 \times 0.25 = 1.25$ วัตต์ แต่ถ้าในกรณีของขั้วสัญญาณของแรงดันที่จ่ายไปให้ตัวต้านทานมีขั้วตรงกันข้ามกับตอนแรก เครื่องมือวัด (มิเตอร์) ก็จะแสดงค่าแรงดันออกมาเป็น -5 โวลต์ และค่า

กระแส -0.25 แอมป์ กำลังงานที่สูญเสียไปในโหลดจะได้เท่ากับ $-5 \times (-0.25) = 1.25$ วัตต์ เหมือนกัน นั้นหมายความว่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟจ่ายพลังงานให้กับโหลดเพียงอย่างเดียวไม่มีองค์ประกอบอื่นมารวมด้วยในกรณีโหลดเป็นตัวต้านทาน



รูปที่ 3.5 แสดงการวัดกำลังงาน

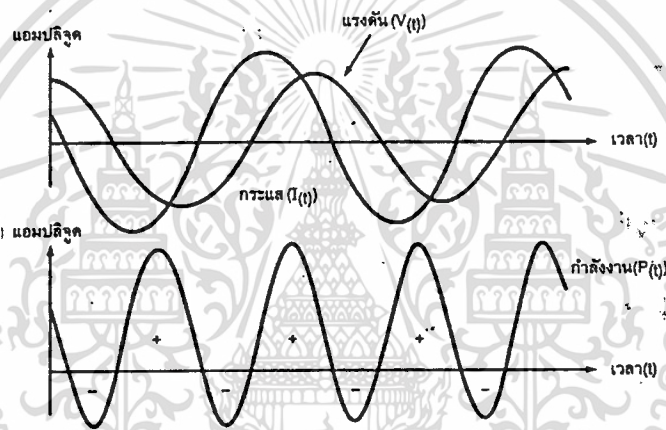
ในกรณีที่โหลดไม่ใช่ตัวต้านทานแต่กลายเป็นค่าความจุของตัวเก็บประจุหรือค่าเหนี่ยวนำของขดลวดจะทำให้เกิดความไม่แน่นอนของขนาดแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นรวมทั้งแรงดันที่ได้ ออกมาต้องมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ เนื่องจากตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำสามารถเก็บและคายพลังงานได้ ซึ่งเป็นการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ หรือการยุบตัวและพองตัวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในขดลวดเหนี่ยวนำ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การวัดกำลังงานเมื่อโหลดเป็นตัวเก็บประจุหรือขดลวดเหนี่ยวนำ

จากวงจรในรูปที่ 3.6 ถ้าตัวเก็บประจุสามารถชาร์จประจุได้ถึง 1,000 โวลต์ และต่อคร่อมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ จะทำให้เกิดการไหลของกระแสทางดำนกลับในช่วงเวลาบสั้น ๆ แต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระแสด้านบวกนั้นจะยาวกว่า เป็นผลทำให้แหล่งจ่ายแรงดันมีประสิทธิภาพดีมาก แต่ถ้าหากว่าเมื่อทำการนำค่ากระแสด้านลบนี้มาคูณกับแรงดันด้านบวกจะทำให้กำลังงานที่สูญเสียไปกับโหลดนั้นเป็นลบ นั่นหมายถึงการย้อนกลับของกำลังงานจากโหลดกลับมาสู่แหล่งจ่ายกำลังงาน ผลที่เกิดขึ้นตามมาจะมีความสำคัญมาก โดยมีการย้อนกลับมาในปริมาณที่มากและตลอดระยะเวลาสั้น ๆ จะทำให้แรงดันและกระแสเกิดการนำหน้าและล่าหลังสลับกันไปตลอดเวลา ดังนั้นคลื่นสัญญาณของโหลดตัวเก็บประจุ ในรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นรูปคลื่นแรงดัน, กระแสและกำลังงานเมื่อนำมาเทียบกับเวลา



รูปที่ 3.8 รูปคลื่นแรงดัน, กระแสและกำลังงานเมื่อเทียบกับเวลา

เมื่อตัวเก็บประจุและคลายประจุจะเป็นผลทำให้รูปคลื่นกระแสมีเฟสเหมือน (inphase) กับคลื่นแรงดันเป็นระยะเวลาที่ไม่ยาวนานนัก นั่นคือกระแสจะนำหน้าแรงดันและขณะที่ตัวเก็บประจุคายประจุออกมาจะมีกำลังงานไหลเข้าไปยังหม้อแปลงชั่วขณะ (และผ่านหม้อแปลงไปยังเมน) ทำให้ทั้งแรงดันและกระแสจะไม่เป็นทั้งบวกและลบแต่นั้นคือจะทำให้ความสิ้นเปลืองกำลังงานเป็นลบ และจากความแตกต่างของโหลดนี้เองทำให้เกิดเป็นกำลังงาน (Power) ขึ้นมา 3 ชนิด

- กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power :S) คือ กำลังงานรอบที่ปล่อยจากแหล่งจ่ายไปยังโหลด

- กำลังงานที่ใช้ไปเพื่อให้โหลดทำงาน (Active Power: P) คือ กำลังงานที่แท้จริงที่โหลดใช้ไป ส่วนใหญ่จะเป็นการเรียกกำลังวัตต์ที่เกิดขึ้นจากการทำงานติดต่อกันในเวลา 1 ชั่วโมง (Watt-Hour Meter)

- กำลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาของโหลด (Reactive Power : Q) คือ กำลังงานที่จ่ายไปให้กับโหลด ซึ่งเป็นอุปกรณ์จำพวกขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากกำลังงานที่กล่าวมาทั้งสามชนิด สามารถเขียนสมการออกมาได้ตามลำดับดังนี้

กำลังงานที่ปรากฏ

$$S = VI = P/\cos\phi \quad \text{โวลต์-แอมป์ (VA)}$$

กำลังที่แท้จริง

$$P = VI \cos\phi \quad \text{วัตต์ (W)}$$

กำลังงานต่อไฟฟ้ากระแสสลับ

$$Q = VI \sin\phi \quad \text{โวลต์-แอมป์-เรเดียน (Var)}$$

สมการที่กล่าวมานี้ใช้ได้เฉพาะกับค่าแรงดันและกระแสที่เป็นรูป sinusoidal เท่านั้น

บทที่ 4

การควบคุมการทำงาน

4.1 การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมนั้นจะสัมพันธ์กับสัดส่วนของค่าอินพุตที่ป้อนเข้ามาทางอนาลอกอินพุต ของไมโครคอนโทรลเลอร์ SBC535 ซึ่งอินพุตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. อินพุตส่วนที่เป็นค่าของกระแสที่วัดได้จากโพลด ซึ่งขึ้นกับโพลดใช้งานในขณะนั้น ซึ่งจะถูกนำไปเป็นค่ากระแสของโปรแกรมที่เป็นค่าที่จะทำให้เกิดค่ากำลังงานต่อไป
2. อินพุตส่วนที่เป็นค่าของแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากโพลด ซึ่งขึ้นกับโพลดใช้งานในขณะนั้น ซึ่งจะถูกนำไปเป็นแรงดันไฟฟ้าของโปรแกรมที่เป็นค่าที่จะทำให้เกิดค่ากำลังงานต่อไป

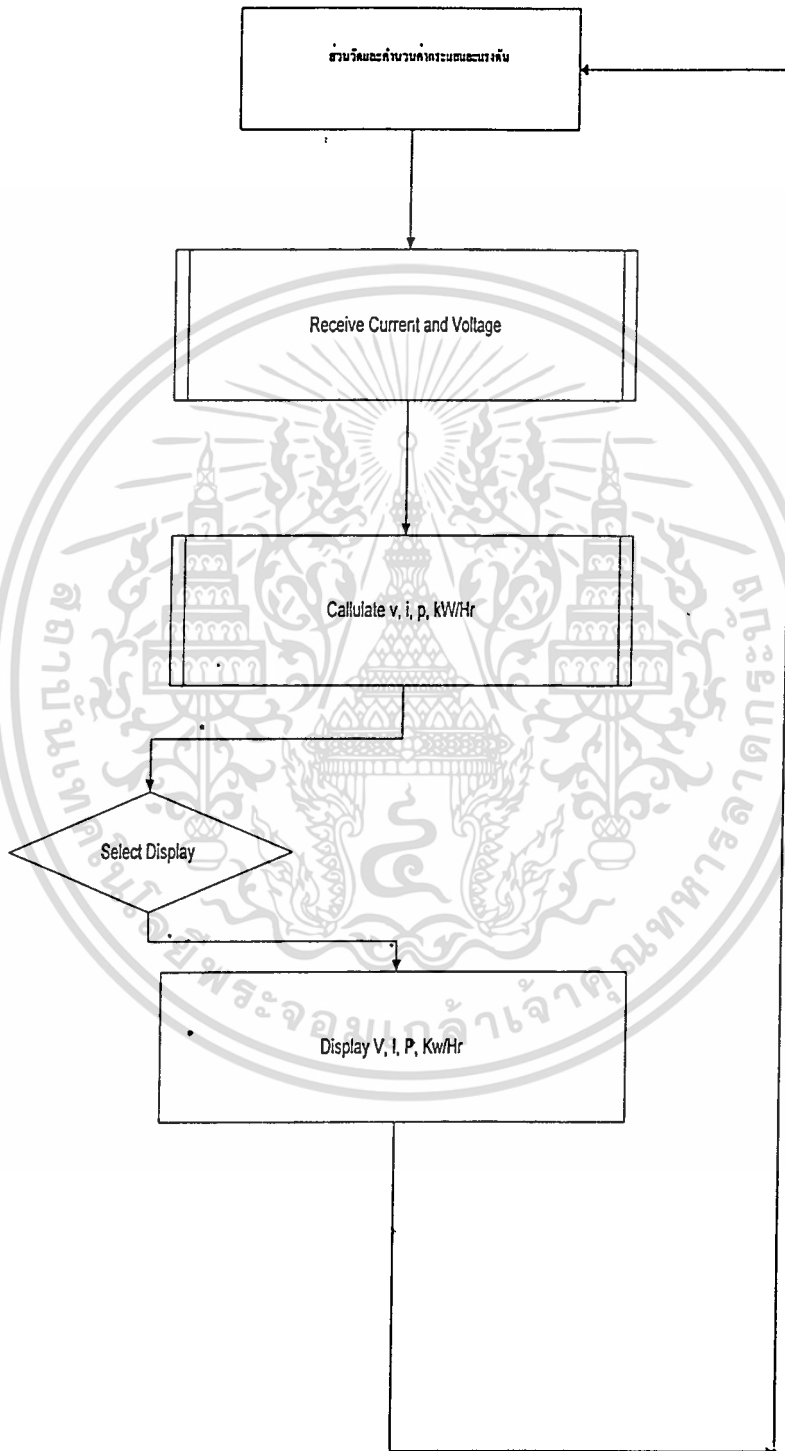
ค่าแรงดันหรือกระแสที่ได้จากโปรแกรมนั้นเกิดจากการคำนวณซึ่งโปรแกรมการคำนวณจะเทียบระดับแรงดันหรือกระแสที่แบ่งระดับออกเป็น STEP โดยวัดที่ความละเอียด 11 บิต ซึ่งการทำงานของโปรแกรมนั้นจะนำค่าขณะใด ๆ มาคิดคำนวณซึ่งความถูกต้องแม่นยำนั้นขึ้นกับค่าความถูกต้องของวงจรส่วนหน้าที่แบ่งสัดส่วนแรงดันที่ผ่านเข้ามา ในความเป็นจริงแล้วค่าแรงดันอินพุตหรือกระแสอินพุตที่ป้อนเข้ามานั้นมีค่าสูงจึงต้องมีการลดทอนค่าลงเพื่อให้เป็นค่าพอเหมาะที่สามารถให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ค่าได้

เนื่องจากค่าแรงดันและกระแสที่ได้นั้นสามารถที่จะนำไปสู่ค่ากำลังไฟฟ้าในโปรแกรมการทำงานนำค่าแรงดันและกระแสมาคูณกันจากความสัมพันธ์ของสูตร $P = E * I$ ทำให้เราได้ค่าแรงดันเพิ่มอีกหนึ่งค่า จากการที่เราทราบเวลาในการใช้งานโพลด โดยจะมีตัวจับเวลาในโปรแกรมคอยจับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นการวัดค่า ซึ่งหน่วยของ กำลังไฟฟ้าที่นำมาเทียบกับเวลาที่มีหน่วยเป็นชั่วโมงจะต้องมีหน่วยเป็น กิโลวัตต์

ตัวโปรแกรมจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าพร้อมกับวัดค่ากระแสไฟฟ้าแล้วคำนวณกำลังไฟฟ้าและค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง ไปด้วยกัน

การดูค่าแสดงผลของค่าต่าง ๆ นั้นทำได้จากการสลับฟังก์ชันกัสวิทซ์ไปตำแหน่งที่ต้องการดูการแสดงผล

4.2 FLOWCHART ของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โปรแกรมการทำงาน

```

;-----;
;   Program Power Meter   ;
;-----;

                ORG 0000H

0000:02 10 00      START:LJMP BOOT

;-----;
02 07 66          LJMP 0766H
;-----;
75 D0 00          MOV PSW,#00H
75 87 80          MOV PCON,#80H
75 89 22          MOV TMOD,#22H
75 8D F3          MOV TH1,#0F3H
8B F3            MOV 0F3H,R3
D2 8E            SETB 8EH
75 98 52          MOV SCON,#52H
74 00            MOV A,#00H
90 02 03          MOV DPTR,#0203H
12 07 4F          LCALL 074FH
74 01            MOV A,#01H
90 04 10          MOV DPTR,#0410H
12 07 4F          LCALL 074FH
74 02            MOV A,#02H
90 04 28          MOV DPTR,#0428H
12 07 4F          LCALL 074FH
74 03            MOV A,#03H
90 04 1C          MOV DPTR,#041CH
12 07 4F          LCALL 074FH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74 04	MOV A,#04H
90 04 34	MOV DPTR,#0434H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 05	MOV A,#05H
90 04 40	LCALL 0440H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 06	MOV A,#06H
90 04 4C	MOV DPTR,#044CH
12 07 4F	LCALL 074FH
74 07	MOV A,#07H
90 04 58	MOV DPTR,#0458H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 08	MOV A,#08H
90 04 64	MOV DPTR,#0464H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 09	MOV A,#09H
90 04 70	MOV DPTR,#0470H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 0A	MOV A,#0AH
90 04 7C	MOV DPTR,#047CH
12 07 4F	LCALL 074FH
74 0B	MOV A,#0BH
90 04 88	MOV DPTR,#0488H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 0C	MOV A,#74H
90 04 94	MOV DPTR,#0494H
12 07 4F	LCALL 074FH
74 0D	MOV A,#0DH
90 04 A0	LCALL 04A0H
12 07 4F	LCALL 074FH

```

74 0E          MOV A,#0EH
90 04 AC       MOV DPTR,#04ACH
12 07 4F       LCALL 074FH
74 00          MOV A,#00H
ST1: D2 B1     SETB P3.1
30 B0 0A       JNB P3.0,02A1H
C2 B1          CLR P3.1
20 B0 05       JB P3.0,02A1H
DF F4          DJNZ R7,ST1
02 04 DB       LJMP 04DBH

D2 B1          SETB P3.1
30 B0 03       JNB P3.0,ST2
02 04 E4       LJMP 04E4H
ST2: 90 02 B1  MOV DPTR,#02B1H
12 0B E3       LCALL 0BE3H
02 41 00       LJMP 4100H

0410:75 A8 00  MOV IE,#00H
90 03 00       MOV DPTR,#0300H
12 0B E3       LCALL 0BE3H
02 04 B8       LJMP 04B8H

75 A8 00       MOV IE,#00H
90 03 13       MOV DPTR,#0313H
12 0B E3       LCALL 0BE3H
02 04 B8       LJMP 04B8H
75 A8 00       MOV IE,#00H
90 03 26       MOV DPTR,#0326H
12 0B E3       LCALL 0BE3H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02 04 B8	LJMP 04B8H
75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 39	MOV DPTR,#0339H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0440:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 4C	MOV DPTR,#034CH
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
044C:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 61	MOV DPTR,#0361H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0458:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 74	MOV DPTR,#0374H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0464:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 87	MOV DPTR,#0387H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0470:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 9A	MOV DPTR,#039AH
12 0B E3	LCALL 0BE3H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02 04 B8	LJMP 04B8H
047C:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 AD	MOV DPTR,#03ADH
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0488:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 C0	MOV DPTR,#03C0H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
0494:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 D3	MOV DPTR,#03D3H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
04A0:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 E6	MOV DPTR,#03E6H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
04AC:75 A8 00	MOV IE,#00H
90 03 FD	MOV DPTR,#03FDH
12 0B E3	LCALL 0BE3H
02 04 B8	LJMP 04B8H
02 02 03	LJMP 0203H
80 FE	SJMP \$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

04BD:7F 00	MOV R7,#00H
12 04 C9	LCALL 04C9H
7F 00	MOV R7,#00H
12 04 D6	LCALL 04D6H
80 F4	SJMP 04BDH
D2 B1	SETB P3.1
12 04 DF	LCALL 04DFH
C2 B1	CLR P3.1
12 04 DF	LCALL 04DFH
DF F4	DJNZ R7,04C9H
22	RET
04D6:12 04 DF	LCALL 04DFH
12 04 DF	LCALL 04DFH
DF F8	DJNZ R7,04D6H
22	RET
04DF:7E 00	MOV R6,#00H
DE FE	DJNZ R6,\$
22	RET
04E4:90 02 C6	MOV DPTR,#02C6H
12 0B E3	LCALL 0BE3H
74 44	MOV A,#44H
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0C 09	LCALL 0C09H
74 23	MOV A,#23H
12 0C 14	LCALL 0C14H
12 0C 45	LCALL 0C45H
B4 3A 05	CJNE A,#3AH,0502H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 05 33	LCALL 0533H
80 F5	SJMP 04F7H
12 0C 33	LCALL 0C33H
B4 58 05	CJNE A,#58H,050DH
12 06 EB	LCALL 06EBH
80 E2	SJMP E2H
B4 48 05	CJNE A,#48H,0515H
12 07 0C	LCALL 070CH
80 E2	SJMP E2H
B4 44 03	CJNE A,#44H,03H
02 06 47	LJMP 0647H
B4 50 03	CJNE A,#50H,03H
02 06 7E	LJMP 067EH
B4 52 03	CJNE A,#52H,03H
02 06 B7	LJMP 06B7H
B4 46 03	CJNE A,#46H,03H
02 05 D2	LJMP 05D2H
B4 4D BF	CJNE A,#4DH,BFH
02 06 0D	LJMP 060DH
75 33 00	MOV 33H,#00H
12 0A D7	LCALL 0AD7H
40 4A	JC 4AH

F5 32	MOV 32H,A
-------	-----------

12 05 CD	LCALL 05CDH
----------	-------------

12 0A D7	LCALL 0AD7H
----------	-------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 40	JC 40H
F5 83	MOV DPH,A
12 05 CD	LCALL 05CDH
12 0A D7	LCALL 0AD7H
40 36	JC 36H
F5 82	MOV DPL,A
12 05 CD	LCALL 05CDH
12 0A D7	LCALL 0AD7H
40 2C	JC 2CH
F5 34	MOV 34H,A
12 05 CD	LCALL 05CDH
E5 34	MOV A,34H
B4 01 0D	CJNE A,#01H,0DH
12 0A D7	LCALL 0AD7H
40 1D	JC 1DH
12 05 CD	LCALL 05CDH
E5 33	MOV A,#33H
70 1D	JNZ 1DH
22	RET
B4 00 12	CJNE A,#00H,12H
E5 32	MOV A,32H
60 EC	JZ 0ECH
15 32	DEC 32H
12 0A D7	LCALL 0A07H
40 07	JC 07H
F0	MOVX @DPTR,A
A3	INC DPTR
12 05 CD	LCALL 05CDH
80 EE	SJMP 0EEH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

90 05 93      MOV DPTR,#93H
12 0B E3      LCALL 0BE3H
22            RET

90 05 AF      MOV DPTR,#05AFH
12 0B E3      LCALL 0BE3H
22            RET

```

```

05CD:25 33      ADD A,33H
F5 33          MOV 33H,A
22            RET

12 0B 48      LCALL 0B48H
EE            MOV A,R6
70 03          JNZ 03H
02 04 EF      LJMP 04EFH
86 82          MOV DPL,@R0
08            INC R0
86 83          MOV DPH,@R0
E5 83          MOV A,DPH

12 0B F3      LCALL 0BF3H
E5 82          MOV A,DPL
12 0B F3      LCALL 0BF3H
74 3A          MOV A,#3AH
12 0C 14      LCALL 0C14H
E0            MOVX A,@DPTR
12 0B F3      LCALL 0BF3H
12 0B EF      LCALL 0BEFH
12 0B 48      LCALL 0B48H

```

FD	MOV R5,A
EE	MOV A,R6
70 08	JNZ 08H
BD 20 02	CJNE R5,#20H,20H
80 05	SJMP 05H
02 04 EF	LJMP 04EFH
E6	MOV A,@RO
F0	MOVX @DPTR,A
12 0C 09	LCALL 0C09H
A3	INC DPTR
80 D3	SJMP D3H
12 0B 48	LCALL 0B48H
EE	MOV A,R6
70 03	JNZ 03H
02 04 EF	LJMP 04EFH
86 82	MOV DPL,@R0
08	INC R0
86 83	MOV DPH,@R0
E5 82	MOV A,DPL
12 0B F3	LCALL 0BF3H
74 3A	MOV A,#3AH
12 0C 14	LCALL 0C14H
A9 82	MOV R1,DPL
E7	MOV A,@R1
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
12 0B 48	LCALL 0B48H

FD	MOV R5,A
EE	MOV A,R6
70 08	JNZ 08H
BD 20 02	CJNE R5,#20H,02H
80 07	SJMP 07H
02 04 EF	LJMP 04EFH
A9	MOV R1,IP0
82 E6	ANL C,ACC.6
F7	MOV @R1,A
12 0C 09	LCALL 0C09H
A3	INC DPTR
80 D4	SJMP D4H
12 0B 48	LCALL 0B48H
EE	MOV A,R6
60 05	JZ 05H
86 82	MOV DPL,@R0
08	INC R0
86 83	MOV DPH,@R0
7B 08	MOV R3,#08H
7A 10	MOV R2,#10H
12 06 5E	LCALL 065EH
DB F9	DJNZ R3,0F9H
02 04 EF	LJMP 04EFH
12 0C 09	LCALL 0C09H
E5 83	MOV A,DPH
12 0B F3	LCALL 0BF3H
E5 82	MOV A,DPL

12 0B F3	LCALL 0BF3H
74 3A	MOV A,#3AH
12 0C 14	LCALL 0C14H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
E0	MOVX A,@DPTR
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
A3	INC DPTR
DA F6	DJNZ R2,0F6H
22	RET
12 0B 48	LCALL 0B48H
EE	MOV A,R6
60 05	JZ 05H
86 82	MOV DPL,@R0
08	INC R0
86 83	MOV DPH,@R0
7B 08	MOV R3,#08H
7A 10	MOV R2,#10H
12 06 95	LCALL 0695H
DB F9	DJNZ R3,0F9H
02 04 EF	LJMP 04EFH
12 0C 09	LCALL 0C09H
E5 83	MOV A,DPH
12 0B F3	LCALL 0BF3H
E5 82	MOV A,DPL
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
74 3A	MOV A,#3AH

12 0C 14	LCALL 0C14H
74 00	MOV A,#00H
93	MOVC A,@A+DPTR
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
A3	INC DPTR
DA F4	DJNZ R2,0F4H
22	RET
12 0B 48	LCALL 0B48H
EE	MOV A,R6
60 05	JZ 05H
86 82	MOV DPL,@R0
08	INC R0
86 83	MOV DPH,@R0
7B 08	MOV R3,#08H
7A 10	MOV R2,#10H
12 06 CE	LCALL 06CEH
DB F9	DJNZ R3,0F9H
02 04 EF	LJMP 04EFH
12 0C 09	LCALL 0C09H
E5 82	MOV A,DPL
12 0B F3	LCALL 0BF3H
12 0B EF	LCALL 0BEFH
74 3A	MOV A,#3AH
12 0C 14	LCALL 0C14H
A8 82	MOV R0,DPL
E6	MOV A,@R0

12 0B F3 LCALL 0BF3H

12 0B EF LCALL OBEFH

A3 INC DPTR

DA F4 DJNZ R2,0F4H

22 RET

12 0B 48 LCALL 0B48H

86 82 MOV DPL,@R0

08 INC R0

86 83 MOV DPH,@R0

75 D0 00 MOV PSW,#00H

78 00 MOV R0,#00H

79 00 MOV R1,#00H

7A 00 MOV R2,#00H

7B 00 MOV R3,#00H

7C 00 MOV R4,#00H

7D 00 MOV R5,#00H

7E 00 MOV R6,#00H

7F 00 MOV R7,#00H

75 F0 00 MOV B,#00H

74 00 73 MOV 00,#73H

74 06 MOV A,#06H

12 0C 14 LCALL 0C14H

12 0A EC LCALL 0AECH

67 XRL A,@R1

70 0C JNZ 0CH

08 INC R0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

09          INC R1
E6          MOV A,@R0
67          XRL A,@R1

70 06      JNZ 0749H
74 06      MOV A,#06H
12 0C 14   LCALL 0C14H ;Y
22         RET

74 15      MOV A,#15H
12 0C 14   LCALL 0C14H
22         RET

AF 82      MOV R7,DPL
AE 83      MOV R6,DPH
90 40 00   MOV DPTR,#4000H
75 F0 03   MOV B,#03H
A4         MUL AB
F5 82      MOV DPL,A
74 02      MOV A,#02H
F0         MOVX @DPTR,A
A3         INC DPTR
EE         MOV A,R6
F0         MOVX @DPTR,A
A3         INC DPTR
EF         MOV A,R7
F0         MOVX @DPTR,A
22         RET

```

- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E5 82	MOV A,DPL
45 83	MOV A,DPH
60 11	JZ 8042H
D3	SETB C

E5 82	MOV A,DPL
94 00	SUBB A,#00H
F5 82	MOV DPL,A
E5 83	MOV A,DPH
94 00	SUBB A,#00H
F5 83	MOV DPH,A
00	NOP
00	NOP
80 E9	SJMP 082BH
22	RET

12 0C 14	LCALL 0C14H
22	RET

30 99 FD	JNB 99H,0C14H
C2 99	CLR 99H
F5 99	MOV SBUF,A
B4 0A 0D	CJNE A,#0AH,0C2CH
75 31 64	MOV 31H,#64H
74 FF	MOV A,#FFH
D5 E0 FD	DJNZ ACC,0C23H
D5 31 F8	DJNZ 31H,0C26H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74 0A MOV A,#0AH

22 RET

12 0C 45 LCALL 0C45H

12 0C 33 LCALL 0C33H

22 RET

C3 CLR C

94 61 SUBB A,#61H

40 0A JC 0C42H

94 1A SUBB A,#1AH

40 03 JC 0C3FH

24 7B ADD A,#7BH

22 RET

24 5B ADD A,#5BH

22 RET

24 61 ADD A,#61H

22 RET

30 98 FD JNB SCON,0C45H

C2 98 CLR SCON

E5 99 MOV A,SBUF

22 RET

20 98 03 JB SCON,03H

74 00 MOV A,#00H

22 RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

74 01      MOV A,#01H
22         RET
;-----;
;   Initial Program   ;
;-----;
1000:75 87 80      MOV 87H,#80H
75 89 22         MOV 89H,#22H
75 8D F3         MOV 8DH,#0F3H

75 8B F3         MOV 8DH,#0F3H
D2 8E          PUSH 8EH
75 98 52         MOV 98H,#52H
D2 05          PUSH 05H
C2 04          POP R4
30 96 03        JNB P1.6,XX1
02 12 78        LJMP 1278H
XX1:A4         MUL AB
78 41          MOV R0,#41H
A2 02          AJMP 02H
50 05          JNC 05H
12 1A 38        LCALL 1A38H
22         RET

INT:D0 F0      POP B
D0 E0         POP ACC
D0 D0         POP PSW
32         RETI

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E5 71	MOV A,71H
60 0C	JZ 0CH
85 6F 25	MOV 6FH,25H
75 8A 38	MOV TL0,#38H
D2 8C	SETB TH0
78 80	MOV R0,#80H
7F 7E	MOV R7,#7EH
74 12	MOV A,#12H
F6	MOV @R0,A
08	INC R0
DF FA	DJNZ R7,12A4H
75 D0 00	MOV PSW,#00H
75 81 72	MOV SP,#72H
02 13 01	LJMP 1301H
F7	MOV @R1,A
09	INC R1
08	INC R0
DF F8	DJNZ R7,0F8H
22	RET

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ใช้โหลดขนาด 220 V

1. ทดลองกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 60 W

- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชัน โวลท์ ผลที่ได้จากการวัด 220 V
- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชันกระแส ผลที่ได้จากการวัด 0.25 A
- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชันวัตต์ ผลที่ได้จากการวัด 55 W
- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชันกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ผลที่ได้จากการวัด 0.004 ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น

ของการวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแปรผันตามเวลาทุก ๆ 1 วินาที

2. ทดลองกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 100 W

- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชัน โวลท์ ผลที่ได้จากการวัด 220 V
- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชันกระแส ผลที่ได้จากการวัด 0.44 A
- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชันวัตต์ ผลที่ได้จากการวัด 97 W
- เลือกฟังก์ชันไปที่กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ผลที่ได้จากการวัด 0.0016

3. ทดลองกับพัดลมตั้งโต๊ะ

- เลือกฟังก์ชันไปที่ฟังก์ชัน โวลท์ ผลที่ได้จากการวัด 220 V
- เลือกฟังก์ชันกระแสโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 1 ผลที่ได้จากการวัด 0.26 A
- เลือกฟังก์ชันกระแสโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 2 ผลที่ได้จากการวัด 0.27 A
- เลือกฟังก์ชันกระแสโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 3 ผลที่ได้จากการวัด 0.28 A
- เลือกฟังก์ชันวัตต์โดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 1 ผลที่ได้จากการวัด 52.2 W
- เลือกฟังก์ชันวัตต์โดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 2 ผลที่ได้จากการวัด 54.2 W
- เลือกฟังก์ชันวัตต์โดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 3 ผลที่ได้จากการวัด 56.2 W
- เลือกฟังก์ชันกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 1 ผลที่ได้จากการวัด

0.00087

- เลือกฟังก์ชันกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 2 ผลที่ได้จากการวัด

0.0009

- เลือกฟังก์ชันกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงโดย SPEED ของพัดลมไปที่เบอร์ 3 ผลที่ได้จากการวัด

0.00093

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองใช้การทดลองไฟฟ้ากระแสสลับที่เป็นไฟฟ้าบ้าน เนื่องจากสะดวกมากในการทดลอง โดยปรับย่านการวัดไปที่ 250 โวลต์ โดยปรับย่านการวัดไปที่ 250 โวลต์ และปรับย่านกระแสไปที่ย่านใด ๆ

2. การทดลองต้องใช้โพลลิตมาเป็นตัวทดสอบ ซึ่งโพลลิตที่พิจารณามีหลายรูปแบบ คือ พัดลม, ตู้เย็น, วิทยุ-เทป, ทีวี, ฯลฯ ในการทดลองนี้ใช้หลอดไฟชนิดไส้ และพัดลม เนื่องจากพัดลมสามารถที่มองเห็นผลการทดลองค่อนข้างชัดเจนมากที่สุด เมื่อทำการเปลี่ยนความเร็วของพัดลมแล้วดูค่าของกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโพลลิตที่ใช้ในขณะนั้นว่าใช้กระแสมากหรือน้อย

3. การทดลองนี้ส่วนของซอร์ฟแวร์ยังไม่มีความสามารถพอที่จะทราบย่านวัดกระแสไฟฟ้าและมากำหนดฟังก์ชันการทำงานว่าจะให้แสดงค่าของ แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า, ค่ากิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งค่าที่แสดงจะแสดงที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลว LCD 2*16 ตัวอักษร

5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาของโครงการนี้แยกออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. เกิดจากซอร์ฟแวร์และขั้นตอนขบวนการทำงานของโปรแกรม ตัวอย่างเช่น วิธีการอ่านค่าสัญญาณอินพุทใช้ความละเอียดที่ 8 บิตมีแรงดันอ้างอิง 5 โวลต์ มีความละเอียดเพียง 256 ระดับต่อสัญญาณอินพุท

2. เกิดจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นปัญหานี้มีผลอย่างมาก เพราะค่าผลลัพธ์จากโปรแกรมนั้นจะถูกต้องแน่นอนหรือใกล้เคียงความเป็นจริงขึ้นกับค่าที่รับเข้ามา ส่วนสำคัญของวงจรนี้คือ ชุด OP-AMP ซึ่งต้องมีการปรับค่า Offset ให้ถูกต้องเสียก่อน

5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและการศึกษาต่อไป

1. ควรแยกวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากเครื่องมือนี้จะต้องมีความถูกต้องและความละเอียดในการวัดและความสามารถในการปรับแต่งในกรณีที่ค่าการวัดผิดไปจากความจริง

2. ก่อนที่จะไปใช้งานจริง ควรมีการปรับแต่งจากเครื่องมือวัดมาตรฐานและมีการทดลองชั่วโมงการทำงานเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

3. สามารถที่จะนำค่าที่วัดเก็บสถิติหรือส่งข้อมูลผ่านไปที่คอมพิวเตอร์ได้ ทางพอร์ตอนุกรม

4. ฟังก์ชันการทำงานควรจะมีการทำงานควรจะมีการทำงานเพิ่มเติมอีก เช่น ฟังก์ชันการปรับแต่งความละเอียดของยานวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด, ไมโครโปรเซสเซอร์ 2, หน้าที่ 69-83
2. ETT, Microprocessor Training System CP3, หน้าที่ 1-23
3. SIEMENS, High-Performance, หน้าที่ 12-18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

DOT MATRIX LCD MODULE

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VEDIO เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องมือวัดคุมต่าง ๆ , เครื่องคอมพิวเตอร์ เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ออกได้เป็นพวก ๆ ดังนี้ :-

1. CHARACTER BCD MODULE
2. GRAPGIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLSY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ แบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเอง กับแสงก็คือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาจับผลึก LCD อีกทีหนึ่งโดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน DCD MODULE เช่น HD44100H, MSM 5259
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ, การเกิดตัวอักษร, เป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่และเบอร์ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

HD44780 เป็นไอซี LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ตัวมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4 BIT หรือ 8BIT ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4BIT จะต่อใช้งานที่ DB7-DH4 เท่านั้น โดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4BIT บน และข้อมูลที่ส่งต่อมานั้นเป็นข้อมูล

จากวงจรเป็นการต่อ 8255 ให้เข้าใช้กับ LCD โดยเราจำลองสัญญาณต่าง ๆ ขึ้นมาโดยการใช้ PORT A และ PORT B โดย PORT A นั้นเราให้เป็น DATA PORT A และ PORT B นั้นเราให้เป็นสัญญาณควบคุมไปใช้เมื่อเราเริ่มเปิดไฟป้อนให้ HD44780 นั่นก็จะทำการ RESET ตัวมันเองโดยจะใช้เวลาประมาณ 10ms หลังจากไฟ VDD ถึง 4.5 VOLT แล้ว โดยจะ SET ตัวเองดังนี้

1. DISPLAY CLEAR จะทำการลบข้อมูลจอภาพ LCD
2. FUNCTION SET โดยจะ SET ค่าภายใน

DL = 1 : เป็นการ SET ให้การติดต่อแบบ 8 BIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N = 0: SET เป็น 1 บรรทัดการแสดงผล

F = 0: 5X7 DOT ต่อหนึ่งตัวอักษร

3. DISPLAY ON/OFF D=0 : DISPLAY OFF

C=0 : CURSOR OFF

B=0 : BLINK OFF

4. ENTRY MODE SET I/D =1:+1 (เพิ่มค่า COUNTER ขึ้น 1)

เมื่อเราเริ่มเปิดเครื่องทำงานแล้วก็ต้องส่งคำสั่งควบคุมให้มันเริ่มทำงานดังตาราง

รายละเอียดของคำสั่ง HD44780

1. CLEAR DISPLAY

คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือ SPACE (ASCII 20 H) เข้าไปใน DD RAM ทั้งหมด และทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพ SET I/D S ไม่มีการเปลี่ยน

2. RETURN HOME

คำสั่งนี้จะทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพข้อมูลในจอภาพไม่เปลี่ยน

3. ENTRY MODE SET

BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วจะทำให้ DD RAM ADDRESS เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่งเป็น

1 = เพิ่ม

0 = ลดลงหนึ่ง

BIT S: เป็นกำหนดแสดงผลโดยถ้า S=1 จะเป็นการใส่ข้อมูลแล้วตัว CURSOR อยู่ที่ข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย ถ้า S=0 ข้อมูลจะอยู่กับที่ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางขวามือ

4. DISPLAY ON/OFF CONTROL

BIT D : เป็น BIT ให้เปิดปิดหน้าจอภาพโดยถ้า

D=1 จะ ON และ

D=0 จะ OFF

BIT C: จะให้แสดง CURSOR ให้ BIT C = 1 และถ้าไม่ต้องการแสดง CURSOR BIT C = 0 โดยตัว CURSOR จะอยู่ที่ LINE ที่ 8 ในแบบ 5X7 DOT และจะอยู่ LINE ที่ 11 ในแบบ 5 X10 DOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT B : เป็น BIT SET การกระพริบของ CURSOR โดย B = 1 การกระพริบ B = 0 ไม่มีการกระพริบ โดยมีระยะเวลาการกระพริบประมาณ 379.2 ms

5. CURSOR OR DISPLAY SHIFT

เป็นคำสั่งกำหนดให้ตำแหน่ง CURSOR หรือข้อมูลไปเกิดทางซ้ายหรือขวาโดยไม่ต้องใช้คำสั่งเขียนหรืออ่าน โดย

6. FUNCTION SET

BIT DL : เป็นการ SET การติดต่อกว่าจะให้เป็นแบบ 8 BIT หรือ 4 BIT โดยถ้าต้องการติดต่อ 4 BIT DL = 0 และ 8 BIT DL = 1

N : เป็นการ SET บรรทัดการแสดงผล N = 0 แสดง 1 บรรทัด

N = 1 แสดง 2 บรรทัด ในกรณีมากกว่า 2 บรรทัดก็ให้ SET N = 1

F: เป็นการ SET ขนาด DOT และแสดงผล 5X7 หรือ 5X10 โดย

F = 0 เป็นแบบ 5X7 และ F = 1 เป็นแบบ 5X10

7. SET CG RAM ADDRESS

ใน HD44780 นั้นจะมีหน่วยความจำอยู่ 2 ชุด คือ DISPLAY DATA RAM (DD RAM) จำนวน 80X8 BIT และ CHARACTER GENERATOR ROM CG RAM จำนวน 512 BIT และ 7200 BIT คำสั่งนี้จะเป็นการ SET ADDRESS ใน CG RAM โดยต้องทำการ SET ADDRESS ก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

8. SET DD RAM ADDRESS

เป็นคำสั่ง SET ค่า ADDRESS ใน DD RAM ในการเขียนหรืออ่านค่าจาก DD RAM (DD RAM ส่วนที่จะแสดงผลหน้าจอ LCD) โดยจำนวน ADDRESS ที่เกิดขึ้นบนจอ LCD จะอยู่กับ SET ค่า N ด้วย

N=0 (1 บรรทัด) ADDRESS จะอยู่ 00H-4FH

N=1 (2 บรรทัด) ADDRESS จะอยู่ 00H-27H สำหรับบรรทัดที่ 1 และ 40H-67H สำหรับบรรทัดที่ 2

แบบการจัด ADDRESS ของ DD RAM หน้าจอ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด, 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด, 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 1 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด และ 40 ตัวอักษร 2 บรรทัด

9. READ BUSY FLAG AND ADDRESS

เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่หรืออยู่ในสภาพพร้อมจะรับข้อมูล โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BF = 1 อยู่ในขบวนการทำงานภายในไมโครพร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่ง

BF = 0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้ และนอกจากนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูล

ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ด้วย

10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM

เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM ขดคยเมื่อเขียนข้อมูลและ ADDRESS จะเพิ่มหรือลด โดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ SET ใน ENTRY MODE ข้อกำหนดที่จะรู้ว่าเป็นการเขียนข้อมูลของ CG RAM หรือ DD RAM ทำได้โดยการ SET ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ขึ้นมาก่อนจะเขียนข้อมูล

11. READ DATA FROM CG OR DD RAM

เป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูลจาก CG RAM หรือ DD RAM โดยก่อนอ่านค่าจาก DD RAM หรือ CG RAM นี้ควรจะใช้คำสั่ง SET ADDRESS ก่อนเพื่อให้รู้ว่าข้อมูลที่อ่านได้นั้นเป็น DD หรือ CG RAM จากตารางการใช้งานจะเห็นว่าการทำงานของ LCD MODULE นั้นง่ายเพียงแค่เราส่งคำสั่งเริ่มแรกและ SET ความต้องการในตัวอักษร, CURSOR หลังจากนั้นเราก็สามารถเขียนตัวอักษรเข้าไปใน DD RAM ตามตารางตัวอักษรที่ให้นั้นก็จะเกิดอักษรในจอภาพ LCD เรายังสามารถกำหนดตำแหน่งตัวอักษรที่จะให้เกิดบนจอได้โดยการ SET DD RAM ADDRESS ตามตารางที่นำมาในหัวข้อ SET DD RAM ADDRESS

ส่วนประกอบของโปรแกรม

EPLUSE จะเป็นส่วนกำเนิดสัญญาณ ENABLE SIGNAL โดยการใช้ PORT B BIT ที่ 2 กำเนิด PLUSE สัญญาณ ENABLE ขึ้น

GOTO จะเป็นส่วนกำหนดตำแหน่งของส่วน DD RAM ADDRESS ที่จะเขียนข้อมูล คดยจากโปรแกรม INITIAL ที่เรา SET ไว้ เมื่อเขียน ข้อมูลเข้าไปใน DD RAM แล้ว ADDRESS ของ DD RAM จะเพิ่มขึ้น 1 โดยทันที

WRBYTE เป็นส่วนเขียนข้อมูล 1 BYTE เข้าไปในตำแหน่ง ADDRESS ของ DD RAM ขณะนั้น

๑

WRLINE เป็นส่วนในการเขียนข้อมูลที่ละ 1 LINE เพราะตำแหน่ง DD RAM ที่เกิดบนจอภาพ LCD นั้นแต่ละตำแหน่งจะไม่ต่อกันไปในแต่ละบรรทัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ LCD MODULE (HD44780) นี้จะยังมีส่วนหนึ่งของ CHARACTER ที่เราสามารถเขียนข้อมูลในการเกิดตัวอักษรขึ้นได้เอง จากตารางตัวอักษร 5X7 DOT นั้นจะเห็นว่าเป็นตำแหน่งในตาราง 00H หรือ 07H ส่วนตำแหน่ง 08H 0FH จะเป็น ตำแหน่งเดียวกับ 00H-07H จะเห็นว่าจะมี CHARACTER GENERATOR 8 ตัว ที่เราสามารถเขียนข้อมูลกำหนดเองได้และถ้าเป็นแบบ 5X10 DOT จะเขียนได้ 4 ตัวอักษร ซึ่งจากข้อพิเศษนี้ทำให้เราสามารถเขียนตัวอักษรและสัญลักษณ์หรืออักษรภาษาไทยได้

การเขียนข้อมูล CHARACTER GENERATOR

เราสามารถเขียนข้อมูลได้โดยกำหนด ADDRESS ของ CG RAM ก่อนโดยเขียนได้ 64 ตำแหน่ง BIT 5-BIT 0 และเมื่อกำหนด ADDRESS แล้วก็ทำการเขียนข้อมูลลงใน CG RAM โดยเป็นลักษณะ BIT ต่อ BIT บนจอ 1 ตัวอักษร คือ 5X7 DOT นั้นจะใช้ข้อมูล BIT 0 ต่อ 1 BYTE เท่านั้น 1 ตัวอักษรจะใช้ข้อมูล 8 BYTE ด้วยกันให้ดูจากตารางประกอบไปด้วยและเมื่อเขียนข้อมูลลงใน CG RAM แล้วเวลาเราจะใช้งานก็ให้เขียนข้อมูลใน DD RAM คือ ข้อมูลตำแหน่งในตาราง CHARACTER ที่ตำแหน่ง 00H-07H ตัวอย่างโปรแกรมการเขียนข้อมูลตัวหนังสือภาษาไทยเป็นตัว (อ), (ท)เข้าไปใน CG RAM ตำแหน่งที่ 00H,01H และนำมาแสดงผลทางจอ LCD โดยใช้ 2 บรรทัดในการแสดงผล

ข่าต่าง ๆ ในการใช้งาน HD 44780

1. RS (REGISTER SELECTION) จะเป็นขาเลือก REGISTER ภายในซึ่งมีอยู่ 2 ตัวคือ INSTRUCTION REGISTER (IR) และ DATA REGISTER (DR) D โดยถ้าเป็น 1 จะเป็นการเลือก DATA และถ้าเป็น 0 จะเป็นการเลือก INSTRUCTION

2. R/W (READ/WRITE) เป็นตัวเลือกว่าจะเขียนหรือจะอ่านข้อมูลจากตัว IC โดยอ่านข้อมูล =1, เขียนข้อมูล = 0

3. E (ENABLE SIGNAL) เป็นขากำหนดสภาพการรับเขียนอ่านข้อมูล

4. DB0-DB7 เป็นขารับส่งข้อมูลจากตัว IC

5. VDD ไฟเลี้ยงตัววงจร +5V

6. VSS เป็นขา GND

7. VO เป็นขารับ VOLTAGE ในการขับ LCD ให้สว่างหรือมืด

เราสามารถต่อ VR ปรับค่าได้ 2 แบบ

1. ต่อ GND ในกรณี LCD แบบธรรมดา

2. ต่อไฟลบ ในกรณี LCD บางรุ่นที่ต้องใช้ไฟลบ เช่น LM 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

▼ LCD Type

TN Type

This is the most typical general-purpose type LCD, being used in applications ranging from watches and calculators to Dot Matrix Modules.

● TN Positive Image Type (Basic Type)

The most typical general-purpose LCD of the TN types. This type features black characters (or drawings) on a neutral gray background. Usable in three modes: Reflective mode, Transmissive mode and Transflective mode.



● TN Negative Image Type

This has reversed image of positive type, with a white display on a black background. Usable in Transmissive mode only.



● Wide Temperature Type

In contrast with the operating temperature range of 0 to 50°C for normal TN types, this type features a wide operating temperature range of -20 to 70°C. (This LCD is particularly effective in use with backlighting which generates heat.)

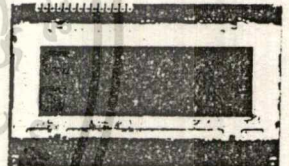


STN Type

Compared with TN types, this high-resolution display LCD intended for Dot Matrix Display has an increased twisted angle, resulting in a more than two-fold improvement in contrast and viewing angle characteristics.

● STN Yellow Type

Dark blue display on a yellow-green background. This is the most typical general-purpose type of high-contrast STN types. Usable in three modes: Reflective mode, Transmissive mode and Transflective mode.



● STN Blue Type

Backlight color display on a blue background. This type intended specifically for use in combination with a white light source. Usable in transmissive mode only.



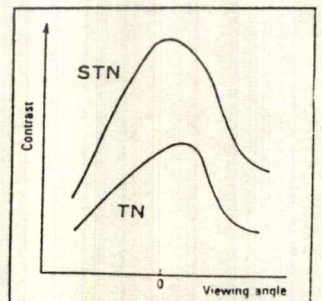
● STN Gray Type

Dark blue display on a blue-gray background. This type features an improvement that provides a display which appears natural with its surround colors, when the yellow mode background is blanked. Usable in reflective mode.



Features of Each Mode

LCD Type	Background Color	Display Color	Viewing Direction	Contrast	LCD mode			Temperature	
					Reflective	Transmissive	Transflective	Opr.	Stg.
TN	Positive	Neutral gray	Black	○ ○	● ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	0~	-20~
	Negative	Black	Clear	○ ○ ○	○ × △ ○	○ ○	○ ○	+50	+70
	Wide Tem.	—	—	○ ○ ○	—	—	—	-20~ +70	-30~ +80
STN	Yellow	Yellow-Green	Dark blue	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	0~	-20~
STN	Blue	Blue	Clear	○ ○ ○	○ × △ ○	○ ○	○ ○	+40	+60
STN	Gray	Blue-Gray	Dark blue	○ ○ ○	○ × △ ○	○ ○	○ ○		



Example of Contrast-Viewing Angle Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

▼ Backlighting

STANLEY Dot Matrix LCDs feature three types of backlighting: high-intensity, long-life LEDs, CFL with brightness and good color rendition, and slim-line EL.

LED Backlighting



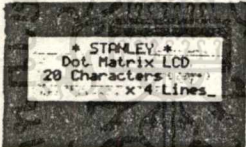
R: Red



O: Orange



AY: Yellow (Amber)



Y: Yellow



G: Green

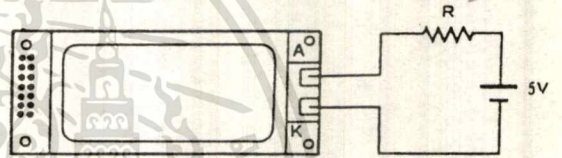
■ Features

- Long-life, bright and uniform backlighting
- Operating voltage: 4.4-4.7V (Using external resistor)
- Five colors are available
- The use of high-intensity LEDs and unique illumination technology enable effective backlighting with a small number of chips.

■ Specifications

Please see each page for standard types.

■ Example of power supply circuit for LED Backlighting Unit.



R: Forward current limiting resistor

* Always use an externally connected resistor (R) for the backlighting unit.

■ Precaution for usage

The operating temperature range of LCD modules with LED backlighting is specified with the assumption that the forward current supplied to the LED units will be varied according to the ambient temperature.

fig.1 Example of Relative Luminous Intensity vs. Forward Current (For GMD1610FLY)

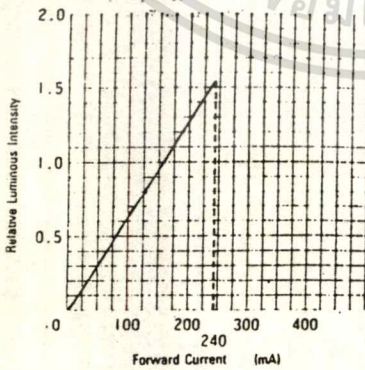
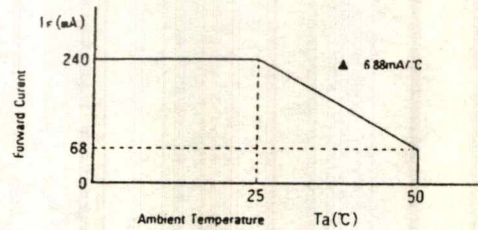


fig.2 Example of Forward Current vs. Ambient Temperature (For GMD1610FLY)



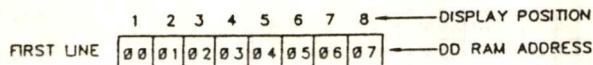
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALPHANUMERIC DOT MATRIX MODULES

DISPLAY CHARACTER POSITION AND DD RAM ADDRESS

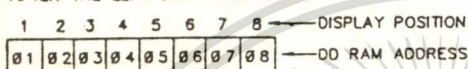
1x8 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS

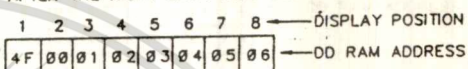


WHEN THE DISPLAY SHIFT OPERATION IS PERFORMED, THE DD RAM ADDRESS MOVED AS FOLLO :

AFTER THE LEFT SHIFT INSTRUCTION



AFTER THE RIGHT SHIFT INSTRUCTION



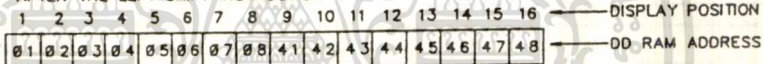
1x16 DMM, 1/16 MUX

N=1 : 2-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS

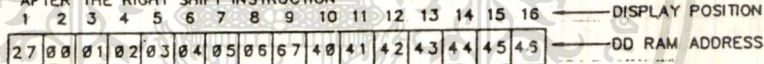


WHEN THE DISPLAY SHIFT OPERATION IS PERFORMED, THE DD RAM ADDRESS MOVED AS FOLLO :

AFTER THE LEFT SHIFT INSTRUCTION



AFTER THE RIGHT SHIFT INSTRUCTION



1x16 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS



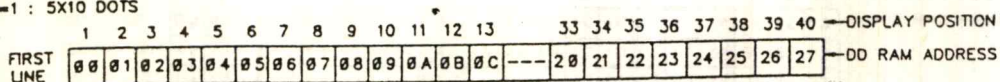
1x20 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS



1x40 DMM, 1/11 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=1 : 5X10 DOTS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC161C

• Display Format(16character X1line) • Display Fonts(5X8dots) • Driving Method($\frac{1}{8}$ D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

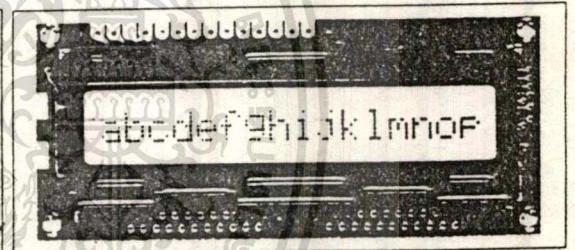
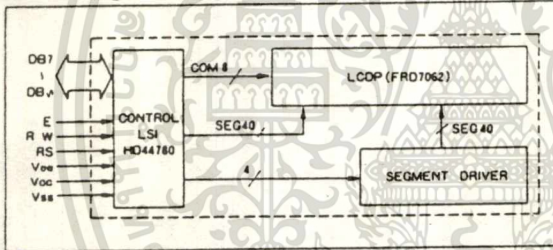
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	$V_{CC} - V_{SS}$	—	0	—	7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	$V_{CC} - V_{EE}$	—	0	—	13.5	V
Input Voltage	V_I	—	V_{SS}	—	V_{CC}	V
Operating Temperature	T_a	—	0	—	+50	°C
Storage Temperature	T_{stg}	—	-20	—	+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

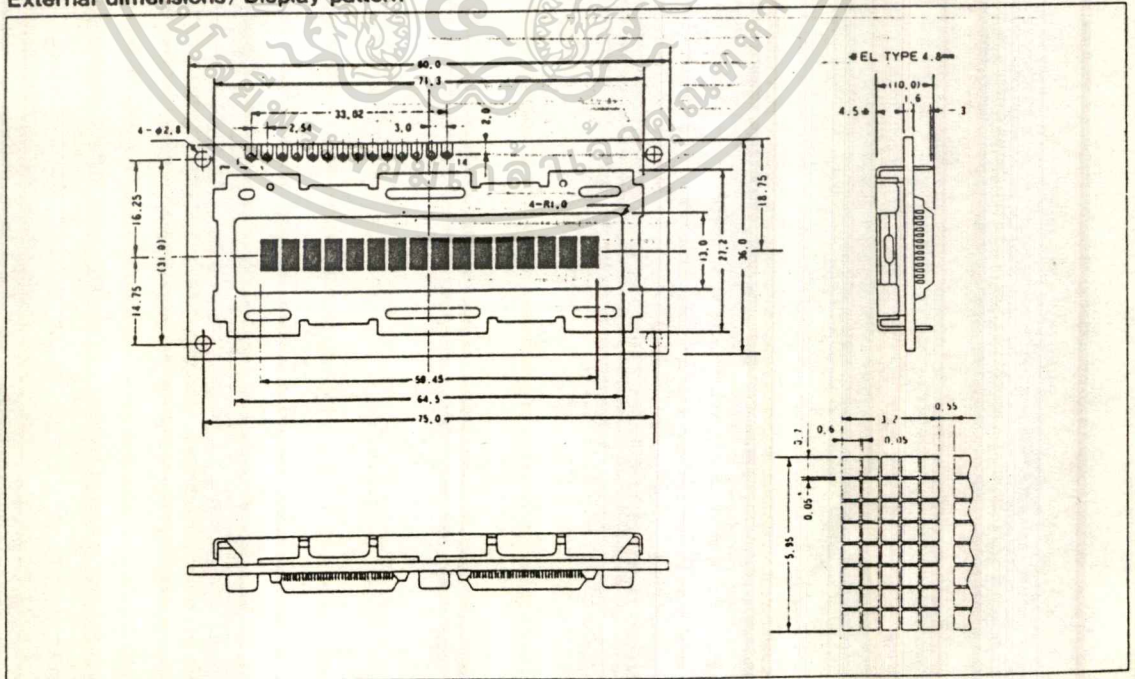
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input "High" Voltage	V_{IH}		2.2		V_{CC}	V
Input "Low" Voltage	V_{IL}		-0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V_{OH}	$-I_{OH}=0.205\text{mA}$	2.4			V
Output "Low" Voltage	V_{OL}	$I_{OH}=1.2\text{mA}$			0.4	V
Power Supply Current	I_{CC}	$V_{CC}=5.0\text{V}$	0.5	2.0		mA

* $V_{CC}=5.0\text{V} \pm 5\%$, $T_a=25^\circ\text{C}$

Block diagram



External dimensions / Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC162

● Display Format(16character × 2line) ● Display Fonts(5×8dots) ● Driving method(1/4D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

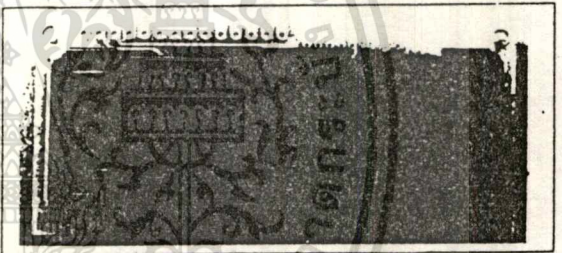
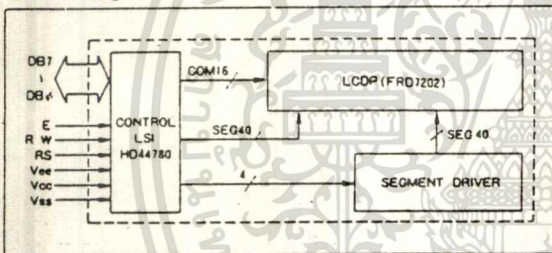
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	V _{CC} - V _{SS}		0		7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	V _{CC} - V _{EE}		0		13.5	V
Input "High" Voltage	V _I		V _{SS}		V _{CC}	V
Operating Temperature	T _a		0		+50	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-20		+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

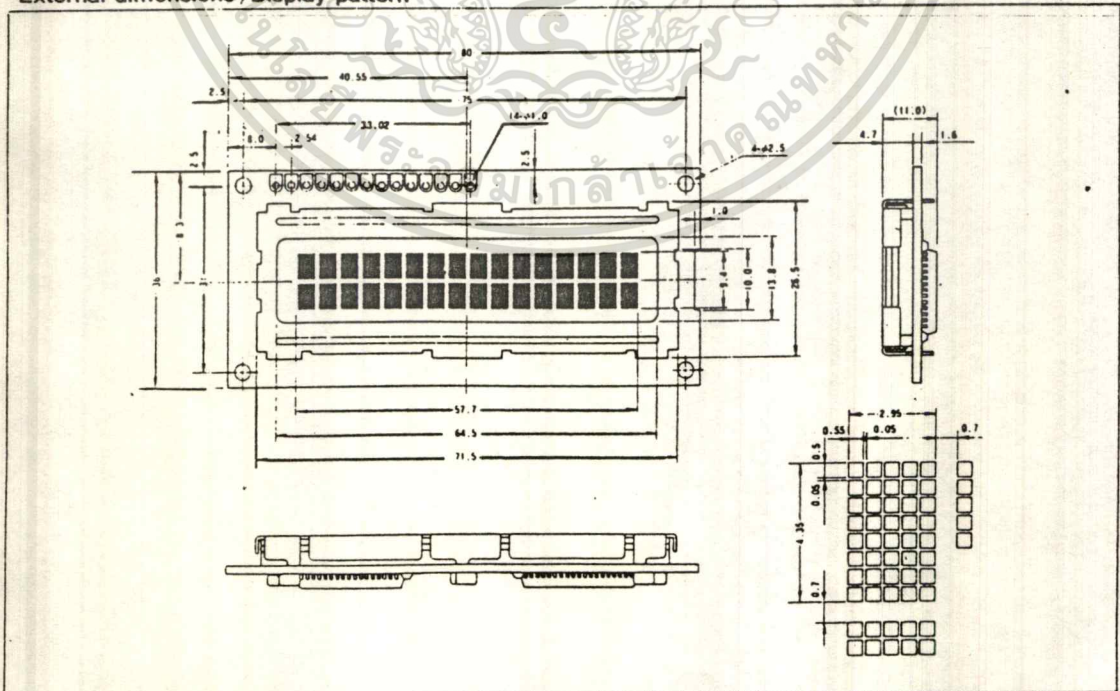
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input Voltage	V _{IH}	---	2.2	---	V _{CC}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}	---	-0.3	---	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	-I _{OH} =0.205mA	2.4			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OH} =1.2mA			0.4	V
Power Supply Current	I _{CC}	V _{CC} =5.0V	0.5	2.0		mA

* V_{CC}=5.0V ± 5%, T_a=25°C

Block diagram



External dimensions / Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC164

• Display Format(16chacter × 4line) • Display Fonts(5×8dots) • Driving Method($\frac{1}{16}D$)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

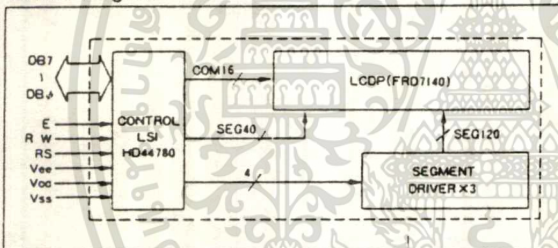
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	V _{CC} ~V _{SS}	—	0	—	6.5	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	V _{CC} ~V _{EE}	—	0	—	6.0	V
Input Voltage	V _I	—	V _{SS}	—	V _{CC}	V
Operating Temperature	T _a	—	0	—	+50	°C
Storage Temperature	T _{stg}	—	-20	—	+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

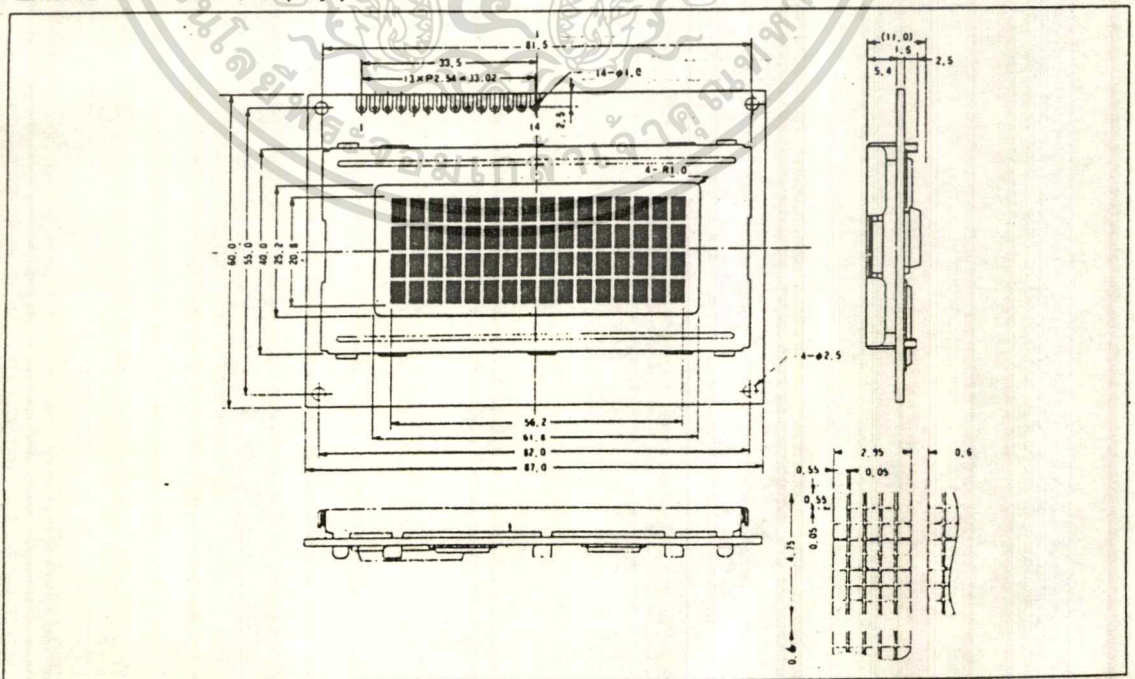
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}	—	2.2	—	V _{CC}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}	—	-0.3	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	-I _{OH} =0.205mA	2.4	—	—	V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OH} =1.2mA	—	—	0.4	V
Power Supply Current	I _{CC}	V _{CC} =5.0V	2.4	—	4.0	mA

*V_{CC}=5.0V±5%, T_a=25°C

Block diagram



External dimensions/Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC202

• Display Format(20character ×2line) • Display Fonts(5×8dots) • Driving Method(1/6D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

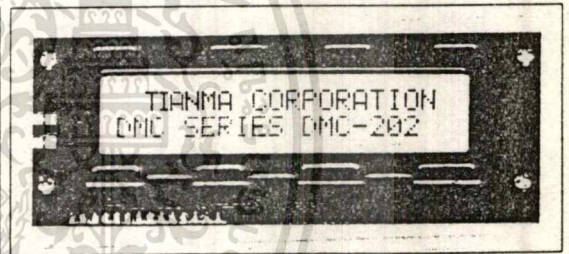
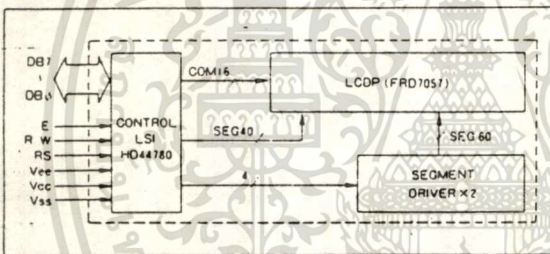
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	V _{CC} - V _{SS}		0		7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	V _{CC} - V _{EE}		0		13.5	V
Input Voltage	V _I		V _{SS}		V _{CC}	V
Operating Temperature	T _a		0		+50	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-20		+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

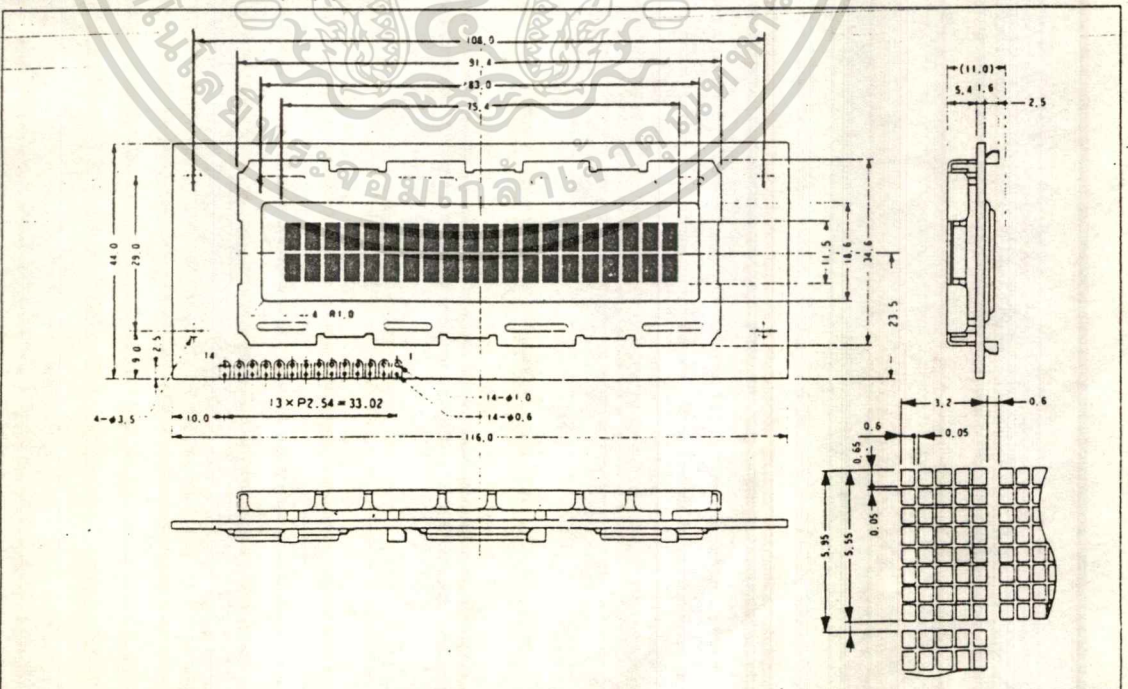
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}	--	2.2		V _{CC}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}		-0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	-I _{OH} =0.205mA	2.4			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} =1.2mA			0.4	V
Power Supply Current	I _{CC}	V _{CC} =5.0V	1.5	3.0		mA

*V_{CC}=5.0V ± 5%, T_a=25°C

Block diagram



External dimensions / Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC20171

• Display Format(20characters×1line) • Display Fonts(5×7dots+cursor) • Driving Method(1/6D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

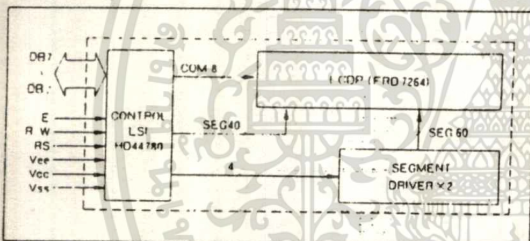
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	V _{CC} V _{SS}		0	7		V
Power Supply Voltage for LCD Drive	V _{CC} V _{EE}		0	13.5		V
Input Voltage	V _I		V _{SS}	V _{CC}		V
Operating Temperature	T _a		0	+50		°C
Storage Temperature	T _{stg}		-20	+70		°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

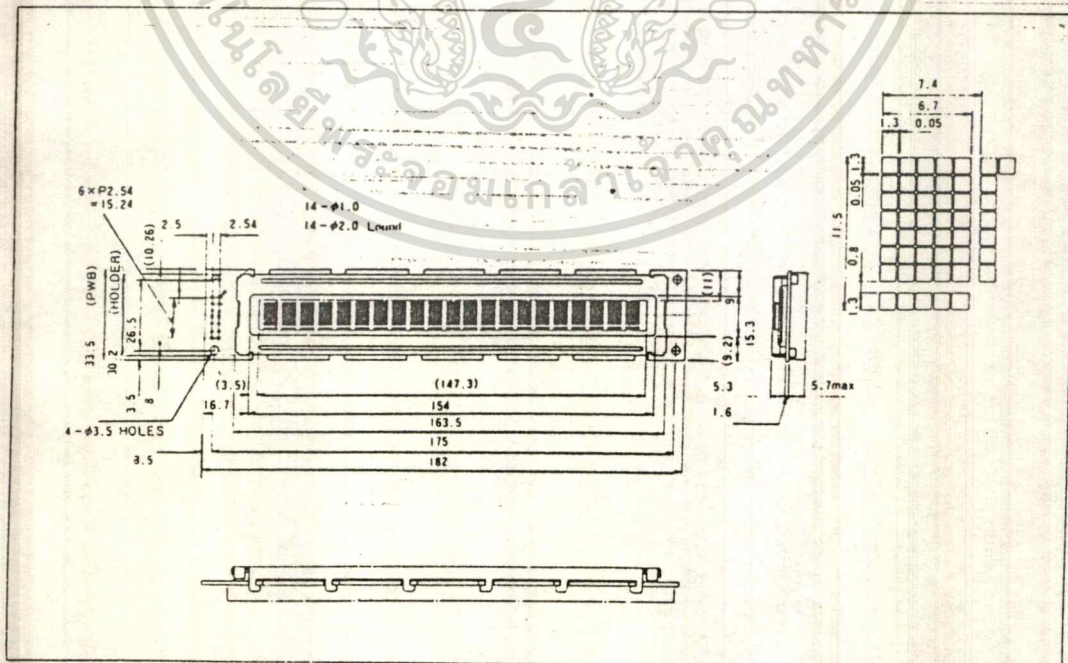
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}		2.2		V _{CC}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}		-0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	I _{OH} =0.205mA	2.4			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} =1.2mA	--		0.4	V
Power Supply Current	I _{CC}	V _{CC} =5.0V	1.5		3.0	mA

*V_{CC}=5.0V ± 5%, T_a=25°C

Block diagram



External dimensions Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC40218

• Display Format(40character ×2line) • Display Fonts(5×8dots) • Driving Method(1/4D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

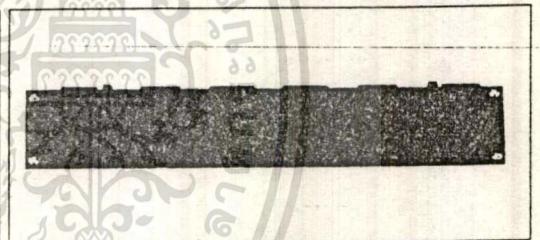
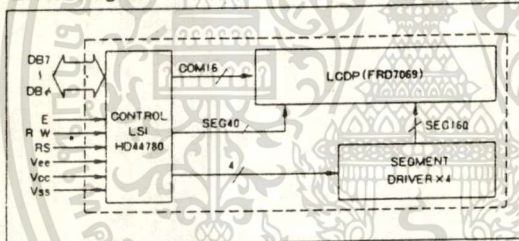
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Power Supply Voltage for Logic	V _{CC} V _{SS}		0		7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	V _{CC} - V _{EE}		0		13.5	V
Input Voltage	V _I		V _{SS}		V _{CC}	V
Operating Temperature	T _a		0		+50	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-20		+70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

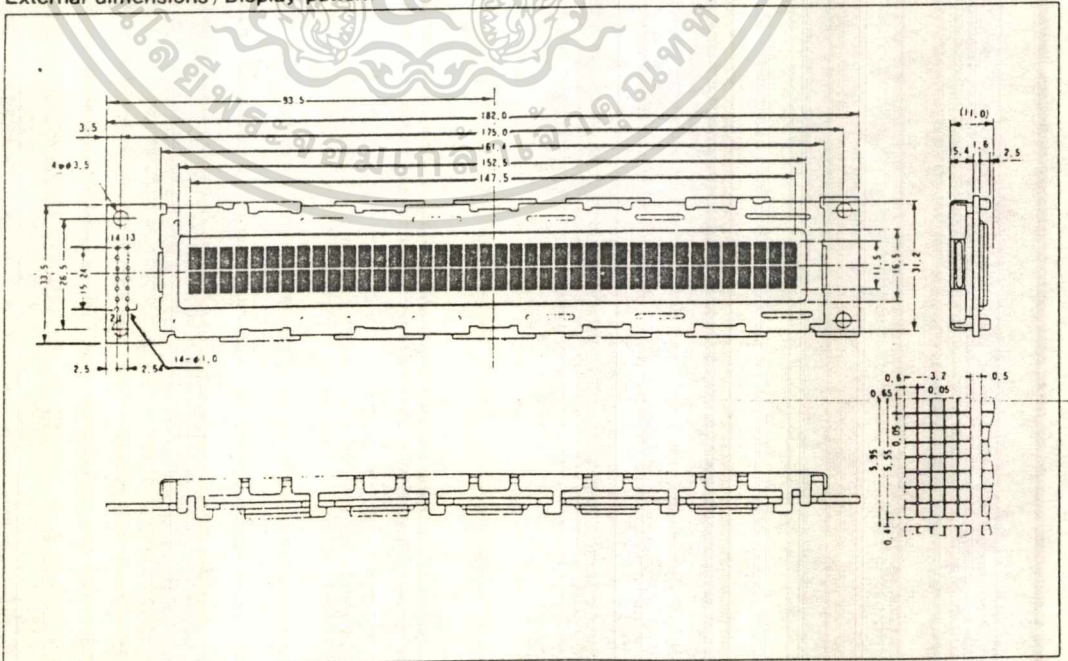
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}		2.2		V _{CC}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}		-0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	-I _{OH} =0.205mA	2.4			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} =1.2mA	-	-	0.4	V
Power Supply Current	I _{CC}	V _{CC} =5.0V	2.0	5.0		mA

* V_{CC}=5.0V±5%, T_a=25°C

Block diagram



External dimensions / Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

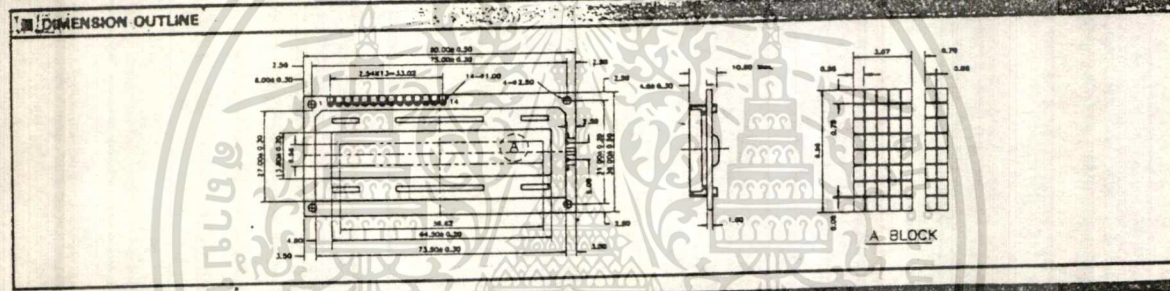
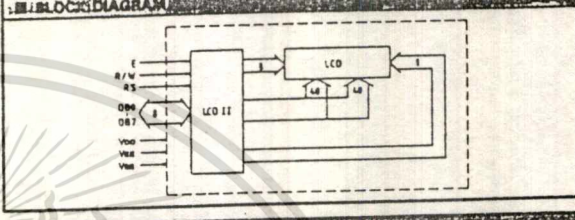
DV-16100

16 chars x 1 line TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{oo-Vss}	0	—	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{oo-Vee}	—	—	13.5	V
Input Voltage	V _i	V _{ss}	—	V _{oo}	V
Operature Temp.	T _{opr}	0	—	50	°C
Storage Temp.	T _{stg}	-20	—	70	°C

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{ih}	—	2.2	—	V _{ih}	V
Input "Low" Voltage	V _{il}	—	—	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{oh}	I _{oh} = 0.2mA	2.2	—	—	V
Output "Low" Voltage	V _{ol}	I _{ol} = 1.2mA	—	—	0.4	V
Supply Current	I _{oo}	V _{oo} = 5.0A	—	1.0	3.0	mA

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND, OV	8	DB1	Data Bus
2	V _{oo}	+5V	9	DB2	—
3	V _{ee}	for LCD Drive	10	DB3	—
4	RS	Function Select	11	DB4	—
5	R/W	Read/Write	12	DB5	—
6	E	Enable Signal	13	DB6	—
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	—



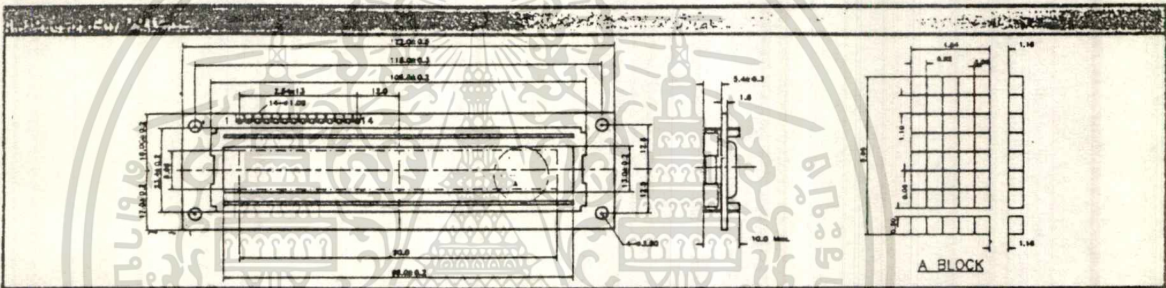
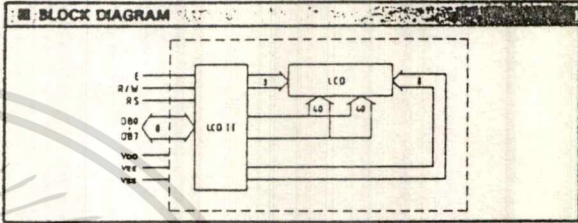
DV-16110

16 chars x 1 line TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{oo-Vss}	0	—	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{oo-Vee}	—	—	13.5	V
Input Voltage	V _i	V _{ss}	—	V _{oo}	V
Operate Temp.	T _{opr}	0	—	50	°C
Storage Temp.	T _{stg}	-20	—	70	°C

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{ih}	—	2.7	—	V _{ih}	V
Input "Low" Voltage	V _{il}	—	—	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{oh}	I _{oh} = 0.2mA	2.2	—	—	V
Output "Low" Voltage	V _{ol}	I _{ol} = 1.2mA	—	—	0.4	V
Supply Current	I _{oo}	V _{oo} = 5.0A	—	1.5	3.0	mA

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND, OV	8	DB1	Data Bus
2	V _{oo}	+5V	9	DB2	—
3	V _{ee}	for LCD Drive	10	DB3	—
4	RS	Function Select	11	DB4	—
5	R/W	Read/Write	12	DB5	—
6	E	Enable Signal	13	DB6	—
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	—



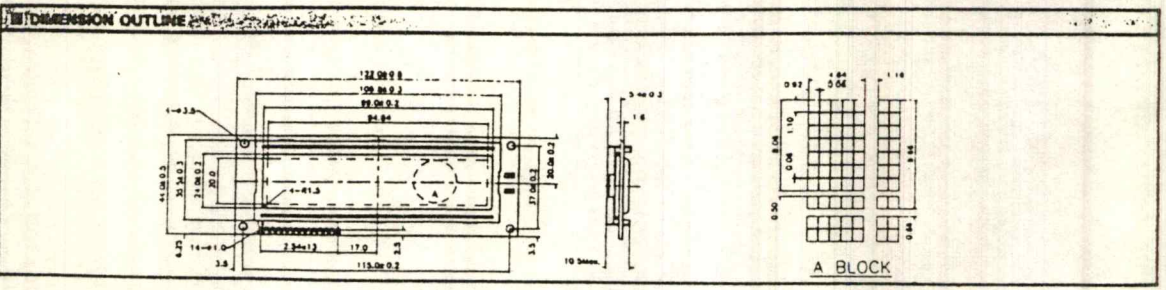
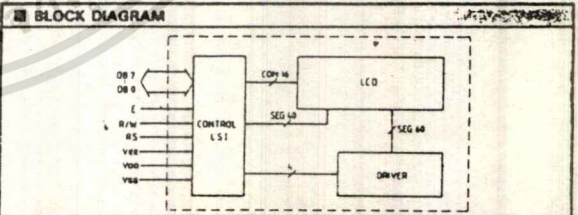
DV-16210

16 chars x 2 lines TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{oo-Vss}	0	—	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{oo-Vee}	—	—	13.5	V
Input Voltage	V _i	V _{ss}	—	V _{oo}	V
Operate Temp.	T _{opr}	0	—	50	°C
Storage Temp.	T _{stg}	-20	—	70	°C

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{ih}	—	2.2	—	V _{ih}	V
Input "Low" Voltage	V _{il}	—	—	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{oh}	I _{oh} = 0.2mA	2.2	—	—	V
Output "Low" Voltage	V _{ol}	I _{ol} = 1.2mA	—	—	0.4	V
Supply Current	I _{oo}	V _{oo} = 5.0A	—	1.5	4.0	mA

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND, OV	8	DB1	Data Bus
2	V _{oo}	+5V	9	DB2	—
3	V _{ee}	for LCD Drive	10	DB3	—
4	RS	Function Select	11	DB4	—
5	R/W	Read/Write	12	DB5	—
6	E	Enable Signal	13	DB6	—
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	—



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

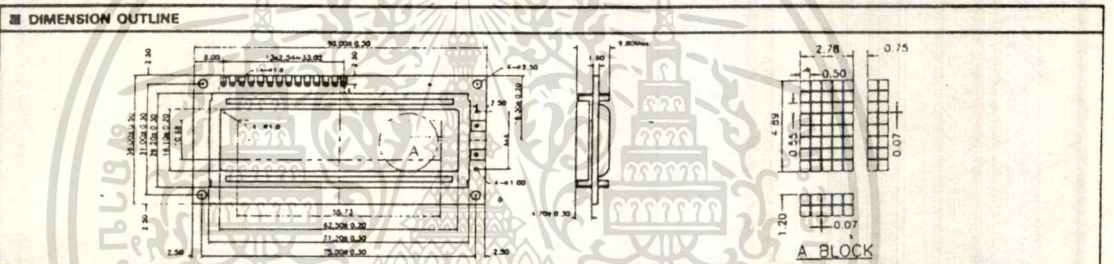
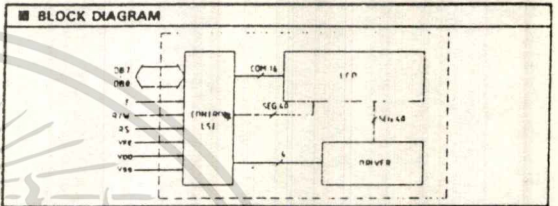
DV-16252

16 chars x 2 lines TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

■ ABSOLUTELY MAXIMUM RATINGS					
Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{DD} -V _{SS}	0		7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{DD} -V _{EE}			13.5	V
Input Voltage	V _I	V _{SS}		V _{DD}	V
Operate Temp.	T _{OPR}	0		70	°C
Storage Temp.	T _{STG}	-20		70	°C

■ ELECTRICAL CHARACTERISTIC (REFLECTIVE TYPE)						
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}		2.2		V _{IH}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}				0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	I _{OH} = 0.2mA	2.2			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} = 1.2mA			0.4	V
Supply Current	I _{DD}	V _{DD} = 5.0A	1.5		4.0	mA

■ PIN FUNCTIONS					
No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{SS}	GND, 0V	8	DB1	Data Bus
2	V _{DD}	+5V	9	DB2	
3	V _{EE}	for LCD Drive	10	DB3	
4	RS	Function Select	11	DB4	
5	R/W	Read/Write	12	DB5	
6	E	Enable Signal	13	DB6	
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	



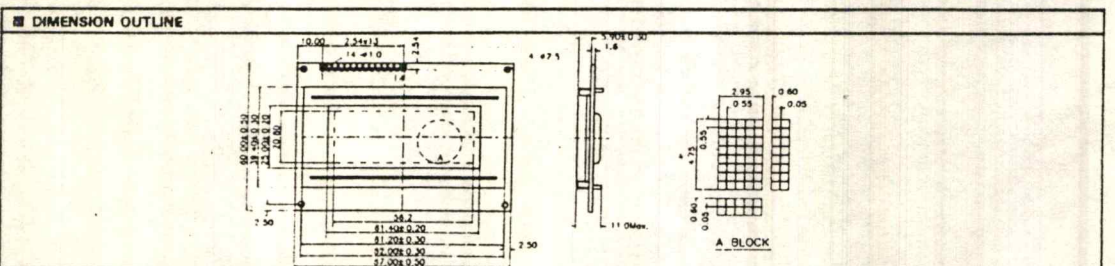
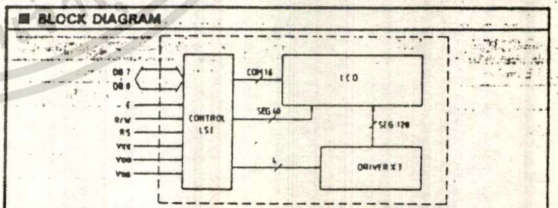
DV-16400

16 chars x 4 lines STN Reflective/EL/LED Backlight

■ ABSOLUTELY MAXIMUM RATINGS					
Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{DD} -V _{SS}	0		7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{DD} -V _{EE}			13.5	V
Input Voltage	V _I	V _{SS}		V _{DD}	V
Operate Temp.	T _{OPR}	0		50	°C
Storage Temp.	T _{STG}	-20		70	°C

■ ELECTRICAL CHARACTERISTIC (REFLECTIVE TYPE)						
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}		2.2		V _{IH}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}				0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	I _{OH} = 0.2mA	2.2			V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} = 1.2mA			0.4	V
Supply Current	I _{DD}	V _{DD} = 5.0A	2.5		4.0	mA

■ PIN FUNCTIONS					
No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{SS}	GND, 0V	8	DB1	Data Bus
2	V _{DD}	+5V	9	DB2	
3	V _{EE}	for LCD Drive	10	DB3	
4	RS	Function Select	11	DB4	
5	R/W	Read/Write	12	DB5	
6	E	Enable Signal	13	DB6	
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

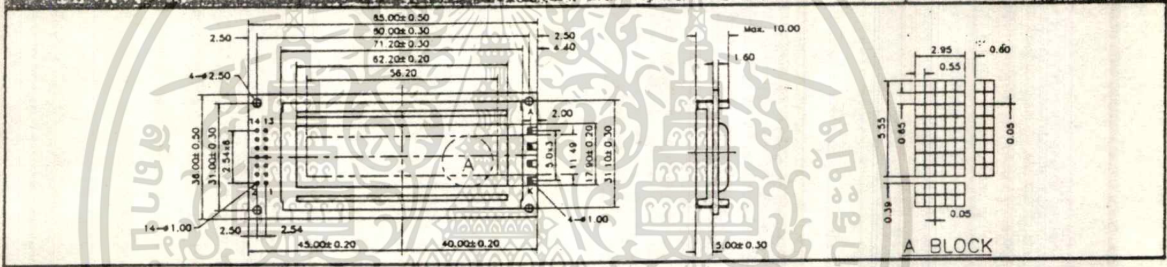
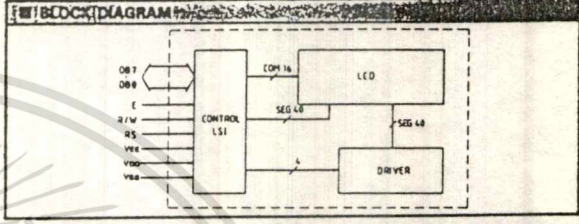
DV-16236

16 chars x 2 lines TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{oo} -V _{ss}	0	-	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{oo} -V _{EE}	-	-	13.5	V
Input Voltage	V _i	V _{ss}	-	V _{oo}	V
Operate Temp.	T _{opr}	0	-	50	°C
Storage Temp.	T _{stg}	-20	-	70	°C

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}	-	2.2	-	V _{IH}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}	-	-	-	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	I _{OH} = 0.2mA	2.2	-	-	V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} = 1.2mA	-	-	0.4	V
Supply Current	I _{oo}	V _{oo} = 5.0A	-	1.5	4.0	mA

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND, OV	8	DB1	Data Bus
2	V _{oo}	+5V	9	DB2	-
3	V _{EE}	for LCD Drive	10	DB3	-
4	RS	Function Select	11	DB4	-
5	R/W	Read/Write	12	DB5	-
6	E	Enable Signal	13	DB6	-
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	-



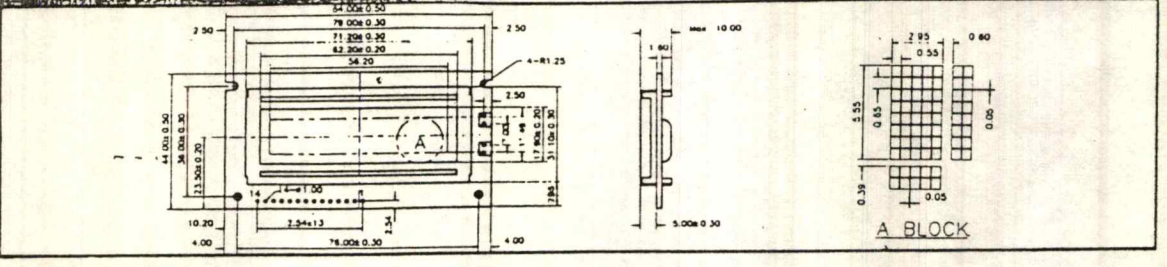
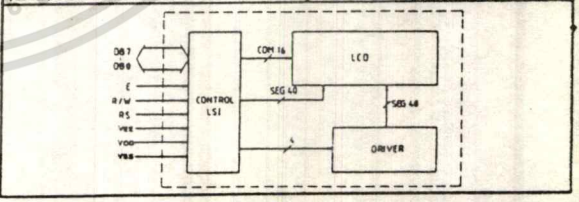
DV-16244

16 chars x 2 lines TN/STN Reflective/EL/LED Backlight

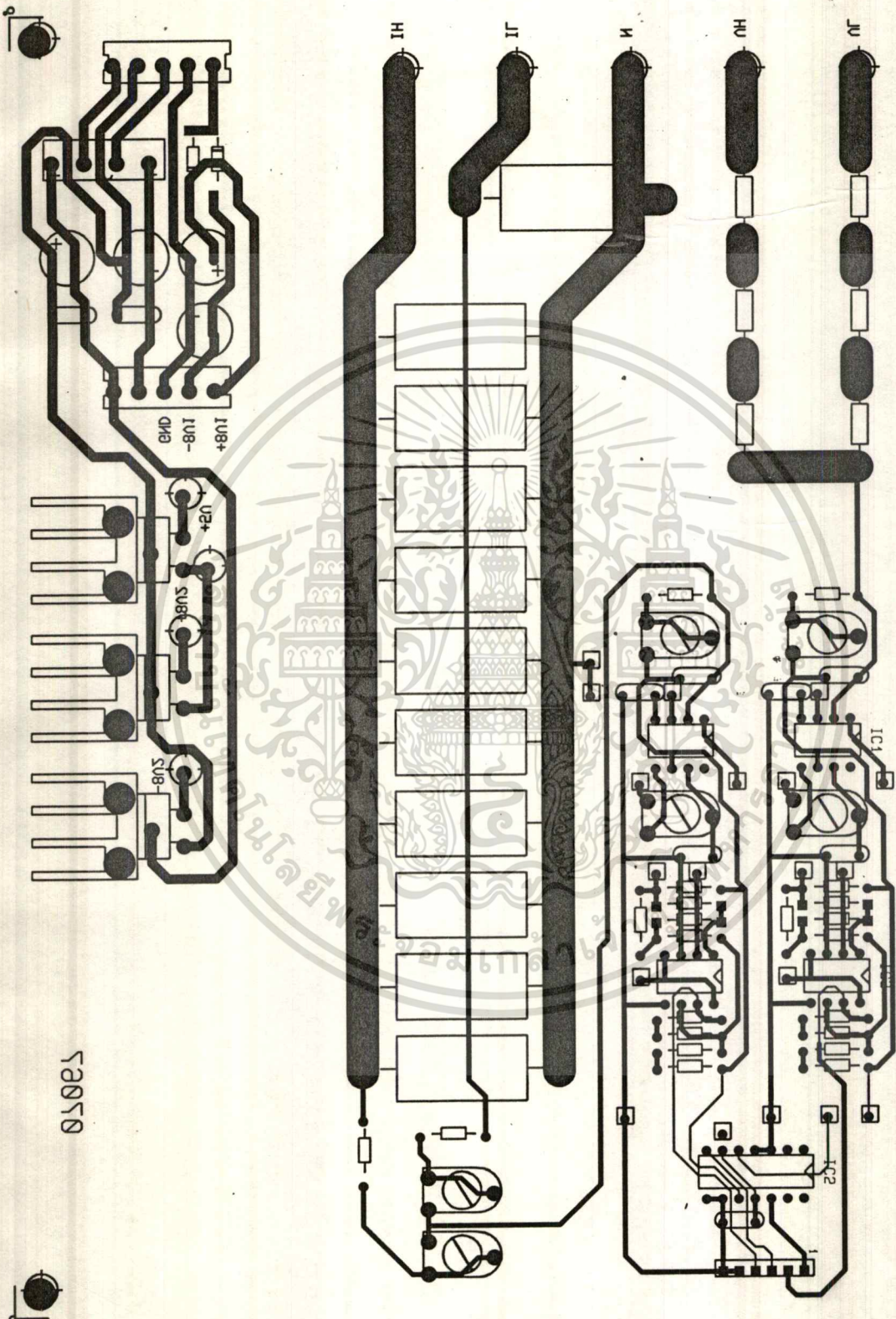
Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V _{oo} -V _{ss}	0	-	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V _{oo} -V _{EE}	-	-	13.5	V
Input Voltage	V _i	V _{ss}	-	V _{oo}	V
Operate Temp.	T _{opr}	0	-	50	°C
Storage Temp.	T _{stg}	-20	-	70	°C

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V _{IH}	-	2.2	-	V _{IH}	V
Input "Low" Voltage	V _{IL}	-	-	-	0.6	V
Output "High" Voltage	V _{OH}	I _{OH} = 0.2mA	2.2	-	-	V
Output "Low" Voltage	V _{OL}	I _{OL} = 1.2mA	-	-	0.4	V
Supply Current	I _{oo}	V _{oo} = 5.0A	-	1.5	4.0	mA

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND, OV	8	DB1	Data Bus
2	V _{oo}	+5V	9	DB2	-
3	V _{EE}	for LCD Drive	10	DB3	-
4	RS	Function Select	11	DB4	-
5	R/W	Read/Write	12	DB5	-
6	E	Enable Signal	13	DB6	-
7	DB0	Data Bus Line	14	DB7	-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

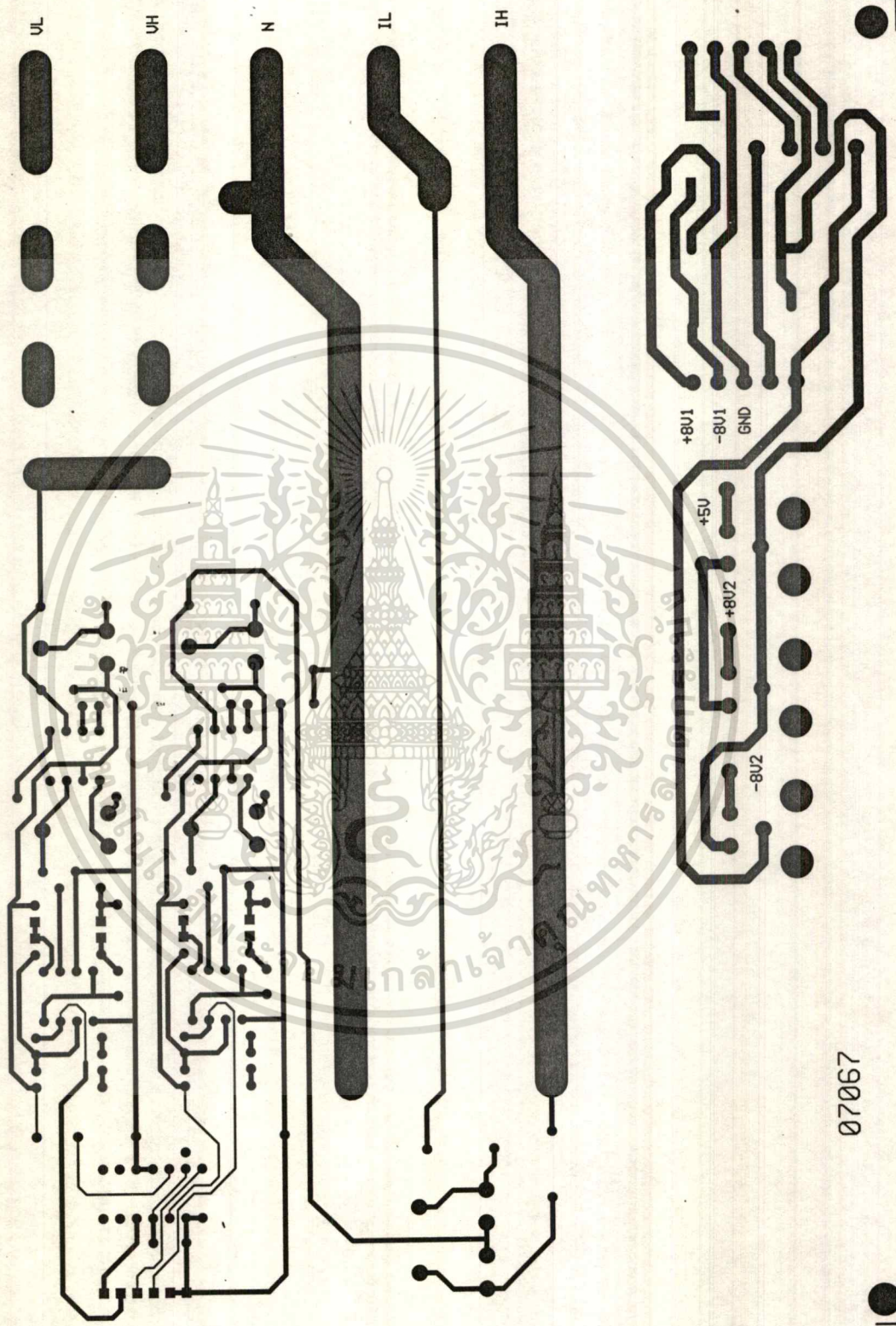


๕๓๐๕๐

รูปการวางอุปกรณ์ของวงจรวัดตมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

07067 SO



07067

รูปลายวงจรของวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้