ปีการศึกษา 2530

Programmable Power Supply

โดย

นายเชาวลิต อินทร์สุวรรณ
นายเด่นศักดิ์ สร้อยสุวรรณ
นายธรรมรัตน์ นาคหลง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วิริยะ กองรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024735 29.มีค. 533

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง PROGRAMMABLE POWER SUPPLY

ผู้จัดทำ

1. นายเชาวลิต อินทรสุวรรณ
2. นายเด่นศักดิ์ สร้อยสุวรรณ
3. นายธรรมรัตน์ นาคหลง

..............................อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์วิริยะ กองรัตน์)

..............................อาจารย์ที่ปรึกษา
( )

..............................อาจารย์ที่ปรึกษา
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024735

ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

นายเชาวลิต อินทรสุวรรณ
นายเด่นศักดิ์ สร้อยสุวรรณ
นายธรรมรัตน์ นาคหลง
อาจารย์วิริยะ กองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์นี้(Programmable power supply สามารถควบคุมแรงดันได้ตั้งแต่ 0–18 V.D.C. โดยจ่ายกระแสได้สูงสุด 1.5 แอมป์ แรงดันทางเอาท์พุทจะอาศัยไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมแรงดันพร้อมทั้งแสดงผลทางหลอด LED การใช้งานเพียงแต่ป้อนค่าแรงดันที่ต้องการทางคีย์บอร์ด (key board) จึงมีความสะดวกในการใช้งานมาก นอกจากนี้ยังมีวงจรป้องกันการจัดวงจร (overload protection) ในกรณีโหลดลัดวงจร (short circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Power Supply

CHAOWALID INTASUWAN

DENSAK SOISUWAN

TAMMARAT NAKLONG

VIRIYA KONGRAT ADVISOR

Abstract

This thesis is Programmable Power Supply . Voltages regulator is between 0-18 volts . Microprocessor is controlled output voltage and display with Seven Segment. It used of convenience by set needed voltage on key board Programmable Power Supply has the overload Protection when output short circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีหลักการของแหล่งจ่ายไฟตรงคิดคงที่ (regulator power supply)	2
	– แหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันคงที่ (voltage regulator power supply)	
บทที่ 3	8049 ไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดียว	10
	– 8049 ไอซีไมโครคอมพิวเตอร์	
	– ขอบเขตสถาปัตยกรรมของไอซีตระกูล 8048	12
	– การแอดเดรส 8049	14
	– หน่วยความจำโปรแกรม	18
	– เวิร์ดแสดงสถานะของโปรแกรม	19
	– ชุดคำสั่งของ 8049	20
	– การขยายระบบ	21
บทที่ 4	ระบบควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ (Programmable Power Supply)	25
	– การทำงาน	26
	– วงจร Power Regulator	27
	– วงจร Analog to digital	29
	– วงจร Digital to analog	31
	– วงจรไมโครโปรเซสเซอร์	33
	– วงจร overload protection	
	– วิธีการใช้เครื่อง	49
บทที่ 5	สรุป	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 53

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการดำรงชีพของมนุษย์เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ, อุปกรณ์ทางอีเล็คโทรนิคส์เป็นอย่างมาก ซึ่งคุณสมบัติของเครื่องมือทางอีเล็คโทรนิคส์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน โดยเฉพาะแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งแหล่งจ่ายไฟที่ดีนั้นต้องมีแรงดันไฟที่สม่ำเสมอ ไม่มีสัญญาณรบกวน โดยเฉพาะแหล่งจ่ายพลังงานที่ต้องจ่ายให้ IC พวก TTL

ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซทเซอร์ (Programmable power supply) ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้เป็นชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีคุณภาพแบบหนึ่ง ตลอดจนสามารถนำไปใช้งานได้ ขั้นตอนการประดิษฐ์ ตลอดจนการออกแบบอาศัยหลักการวงจรดิจิตอล วงจรอนาลอก ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยมีไมโคร-โปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน

ชุดแหล่งจ่ายไฟนี้ สามารถปรับแรงดันได้ตั้งแต่ 0-18 V กระแส 1.5 AMP การใช้งานเพียงแค่ป้อนค่าแรงดันที่ต้องการผ่านทางคีย์บอร์ด ตลอดจนมี LED บอกค่าแรงดันไฟ และวงจรป้องกันในกรณีเกิดลัดวงจร (overload protection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

หลักการของแหล่งจ่ายไฟตรงค่าคงที่ (Regulate power supply) ปัจจุบันเครื่องมือทางอีเล็คโทรนิคส์ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งคุณภาพของเครื่องมือทางอีเล็คโทรนิคส์นั้นมีปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน และส่วนที่สำคัญที่จะชี้ถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือทางอีเล็คโทรนิคส์นั้นได้แก่ ภาคจ่ายไฟ (power supply) ซึ่งภาคจ่ายไฟนั้นเป็นตัวจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจร โดยทั่วไปนั้นอุปกรณ์ทางอีเล็คโทรนิคส์ต้องการพลังงานไฟฟ้าในรูปไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงต้องมีตัวเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความเรียบคงที่ ตัวที่ทำให้ค่าแรงไฟกระแสตรงมีความเรียบคงที่นั้นเรียกว่า Regulator ซึ่งในอุปกรณ์อีเล็คโทรนิคส์นั้น หากต้องการให้ระดับแรงดันคงที่จะต้องมี Regulator ต่อรวมด้วยเสมอ

2.1 แหล่งจ่ายไฟตรงค่าคงที่ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

2.1.1 แหล่งจ่ายไฟแรงดันตรงคงที่ (Regulator power supply)

2.1.2 แหล่งจ่ายไฟตรงกระแสตรงคงที่ (Current regulator power supply)

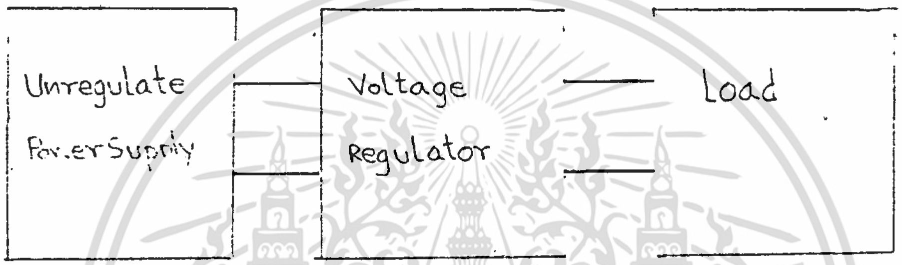
ในที่นี้จะกล่าวถึงแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันคงที่ เพราะมีใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.2 แหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันคงที่ ในงานที่ต้องการระดับแรงดันไฟตรงคงที่นั้นการใช้วงจรเรคติไฟเออร์ (Rectifier) พร้อมกับวงจร filter นั้น ยังไม่มีความเรียบพอ จึงจำเป็นต้องใช้ regulator ร่วมด้วย ซึ่งจะรักษาแรงดันทางเอาท์พุทให้คงที่โดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load regulation คือการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาท์พุท หรือกระแสเอาท์พุท อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันโหลดหรือกระแสโหลด

Line regulation คือการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาท์พุท หรือกระแสเอาท์พุท อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุท



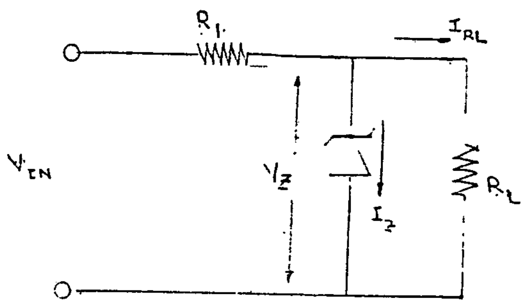
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟแรงดันคงที่

เราสามารถแบ่งแหล่งจ่ายไฟแรงดันคงที่ออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.2.1 วงจรค่าแรงดันคงที่แบบขนาน (shunt regulator) เป็นวงจรดังรูปที่ 2.2 โดยตัวต้านทานอนุกรมกับวงจรที่ต่อขนานกับโหลด ขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลง กระแสที่ไหลในวงจรจะเปลี่ยนแปลงชนิดที่ทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดคงที่เสมอ ตัวอย่างวงจรแหล่งจ่ายไฟแรงดันค่าคงที่แบบขนาน ได้แก่

Zener diode regulator เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันไฟให้คงที่แบบง่าย ๆ ประกอบด้วยตัวต้านทาน (resistor) กับซีเนอร์ไดโอด (zener diode) ดังรูป 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แรงดันทางเอาท์พุท จะมีค่าเท่ากับแรงดันซีเนอร์เบรคดาวน์ วงจรจะทำงานเมื่อมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด โดย

$$I_z = \frac{V_{in} - V_z}{R_1} - I_{RL} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1$$

$$= \frac{V_{in} - V_z}{R_1} - \frac{V_z}{R_L}$$

ในการออกแบบวงจรเราต้องกำหนด V_{in}, $I_{L(max)}$, $I_{L(min)}$ เพื่อที่จะหาค่า

$$R_{1(max)} = \frac{(V_{in} - V_z)_{min}}{I_{z(min)} + \frac{V_{z(max)}}{R_{L(min)}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2$$

จากสมการที่ 2 เราสามารถหาค่า R_1 ได้ จากนั้นก็หาค่า $I_{z(max)}$

$$I_{z(max)} = \frac{(V_{in} - V_z)_{max}}{R_1} - \frac{V_{z(min)}}{R_{L(min)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3$$

จะได้ maximum zener power dissipation

$$P_D = I_{z(max)} \cdot V_{z(min)}$$

ตัวอย่าง ซีเนอร์ไดโอดเบอร์ 1N 75_2 มี $V_z = 5.6$ V. ± 5 เปอร์เซนต์ ถ้าให้ V_{in} เท่ากับ 20 V. ± 10 เปอร์เซนต์ ต้องการ $I_{L(min)}$ 10 มิลลิแอมป์ $I_{L(max)}$ 20 มิลลิแอมป์ โดย $I_{z(min)}$ 10 มิลลิแอมป์

$$\therefore \text{ จะได้ } R_1 = \frac{(20)(.9) - (5.6)(.95)}{10\times10^{-3} + 20\times10^{-3}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 404$ โอห์ม

ใช้ R ค่าผิดพลาดไม่เกิน 5 เปอร์เซนต์

$R_1 = 385$ โอห์ม

$$I_{z(max)} = \frac{(20)(1.1) - (5.6)(.95)}{(385)(.95)} - (10)(10^{-3})$$

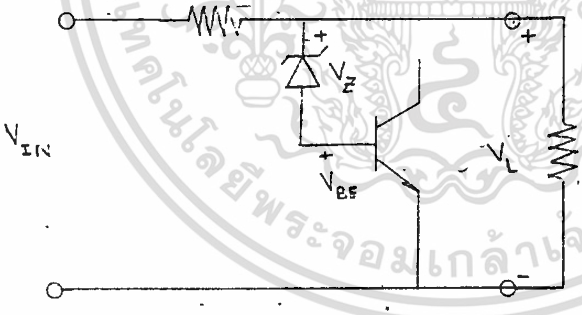
$= 35.8$ มิลลิแอมป์

∴ maximum power dissipation $= (35.8)(5.6)(.95)$

$= 190$ มิลลิวัตต์

จาก data IN752 มี maximam rating 400 มิลลิวัตต์ เพราะฉะนั้นจากการออกแบบสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย

Transistor shunt regulator ในการที่จะเพิ่มกำลังเราสามารถทำได้โดยการต่อทรานซิสเตอร์ขนานกับโหลด ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Transistor shunt regulator

เราสามารถเขียนสมการเอาท์พุทได้ว่า

$V_L = V_z + V_{BE}$

ถ้า V_L ลดลง I_{RS} ก็จะลดลงด้วย เพราะว่ากระแสในทรานซิสเตอร์ลดลง เนื่องจาก V_{BE} ลดลง การที่แรงดันตกคร่อม R_s น้อยลง ทำให้ V_L เพิ่มขึ้น

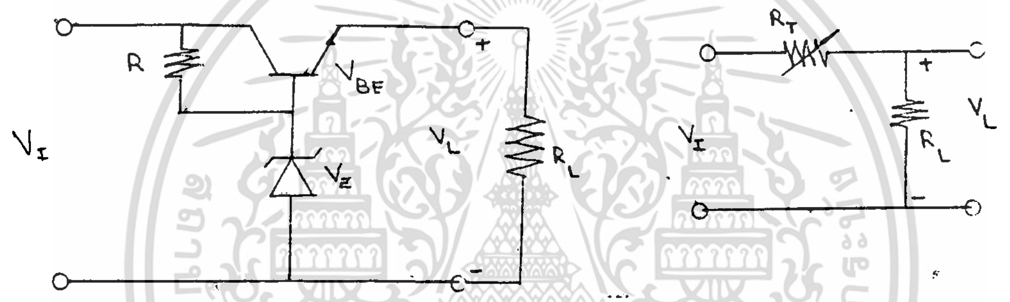
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น V_L เปรียบเสมือนคงที่เราสามารถเรียงลำดับเหตุการณ์ได้ดังนี้

$V_L \uparrow$, $V_{BE} \uparrow$, $I_B \downarrow$, $I_C \downarrow$, $V_R \downarrow$, $V_L \downarrow$

2.2.2 วงจรแรงดันคงที่แบบอนุกรม (series regurator)

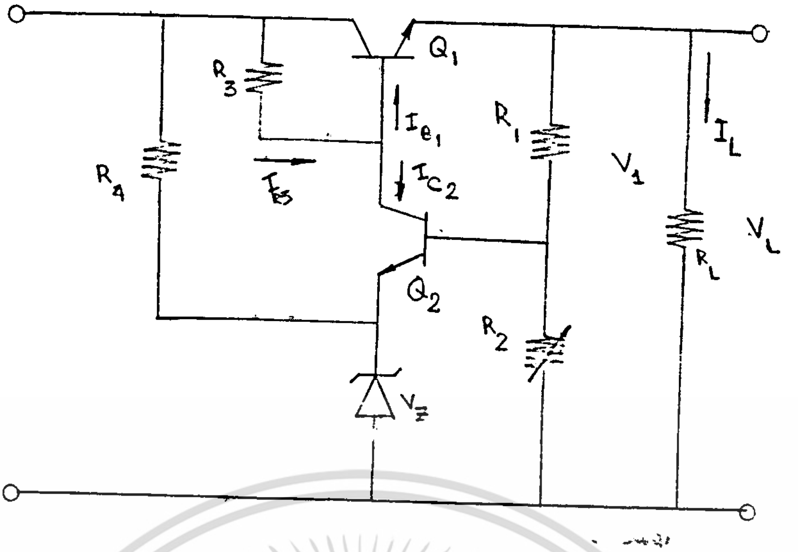
จากรูป 2.4 เป็นวงจรแรงดันคงที่แบบอนุกรม ความสามารถในการจ่ายกระแสมีค่าเพิ่มเป็น h_{FE} เท่าของวงจรซีเนอร์ไดโอดอย่างเดียว ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ เมื่อไม่มีโหลดจะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเท่านั้น



รูปที่ 2.4 series regulator

ตัวอย่าง วงจรค่าแรงดันคงที่แบบอนุกรมที่มีการป้อนกลับ ดังรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรค่าแรงดันคงที่แบบอนุกรม

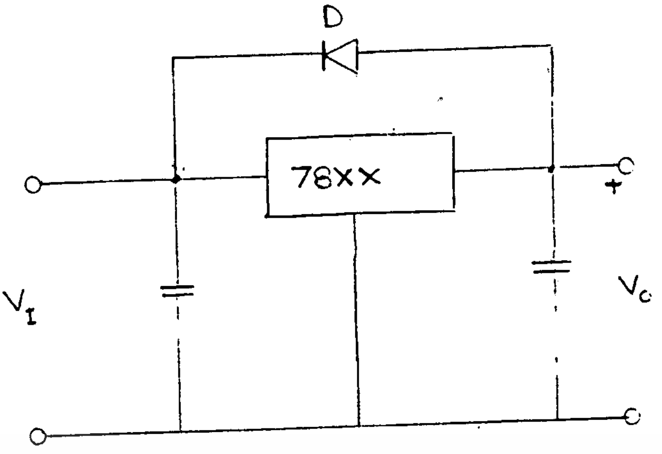
จากรูปที่ 2.5 เราสามารถเรียงลำดับเหตุการณ์ได้ดังนี้

$V_L \uparrow$, $V_1 \uparrow$, $V_{B2} \uparrow$, $I_{C2} \uparrow$, $I_{B1} \downarrow$, $R_{Q1} \uparrow$, $V_L \downarrow$

2.3 IC. regulator ปัจจุบันได้มีการนำเอา IC regulator นำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะเพียงแค่ต่ออินพุท, เอาท์พุท ก็สามารถได้แหล่งจ่ายความดันที่มีคุณภาพเพียงพอที่สามารถใช้งานได้ เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกัน

2.3.1 IC fixed voltage regulator เป็นแบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป จะมีแรงดันเอาท์พุทคงที่เช่นตระกูล 78 XX โดย XX สองตัวหลัง จะระบุค่าแรงดันเอาท์พุท เช่น เบอร์ 7805 จะมีแรงดันเอาท์พุท 5 volt หรือเบอร์ 7812 จะมีค่าแรงดันเอาท์พุท 12 v ในการใช้งาน IC พวกนี้ต้องคำนึงถึงแรงดันอินพุท เพราะมีแรงดันส่วนหนึ่งตกคร่อม IC สำหรับตระกูล 78XX จะมีค่าประมาณ 2 volt ดังนั้น อินพุทต่ำสุดต้องมีมากกว่า $V_o + 2$ volt และอินพุทสูงสุดต้องไม่เกินจากบริษัทผู้ผลิตกำหนด จากรูป 2.6 แสดงการต่อไปใช้งานโดยทั่ว ๆ ไป

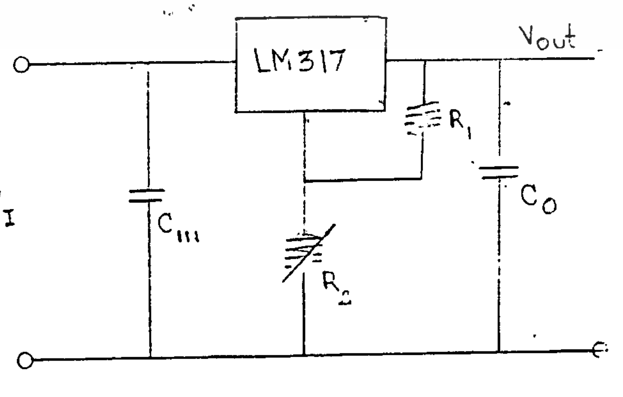
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6

C_1 เป็นตัวฟิลเตอร์ ส่วน C_2 เป็น capacitor load ตามที่กำหนดควรไม่น้อยกว่า 0.01 ไมโครฟารัด เพื่อกำจัด high frequency noise ส่วนไดโอดเป็นตัวป้องกันในกรณีอินพุทเกิดลัดวงจร (short circuit)

2.3.2 IC variable voltage regulator เป็น IC regulator ที่สามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้ ในช่วงกว้างตามที่กำหนดไว้ เช่น เบอร์ 117, 317 โดยสามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้ตั้งแต่ 1.2-37 volt รูป 2.7 เป็นการใช้งาน IC regulator แบบง่าย ๆ



รูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $V_o = V_{REF} (1 + \frac{R_2}{R_1}) + I_{Ad} R_2$

โดยทั่วไปค่า V_{REF} มีค่าประมาณ 1.2 volt ดังนั้นมีกระแสไหลผ่าน R_1 เท่ากับ $\frac{V_{REF}}{R_1}$ แรงดันตกคร่อม R_2 คือ $(I_1+I_{Ad})R_2$, I_{Ad} ปกติมีค่าน้อยมากและคงที่ ดังนั้นเราสามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้โดยไม่ขึ้นกับกระแสโหลดมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024735

บทที่ 3

8049 ไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดียว

3.1 8049 ไอซีไมโครคอมพิวเตอร์ วิวัฒนาการทางด้านสารกึ่งตัวนำได้พ้นยุค LSI เข้าสู่ vlsi (very large scale integrated circuit) ทำให้แต่เดิมเรามีเพียงไมโครโปรเซสเซอร์ที่สร้างบนสารกึ่งตัวนำก็กลับกลายมาเป็นไมโครคอมพิวเตอร์บนแผ่นชิปเดียว โดยรวมไมโครโปรเซสเซอร์ หน่วยความจำ และอุปกรณ์อินเตอร์เฟส อินพุท-เอาท์พุท เข้าด้วยกัน และดูแนวโน้มกำลังจะแพร่หลายและประยุกต์การใช้งานกันมากขึ้น ในบรรดาไอซีไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งหลายอนุกรม 8049 เป็นไอซีที่มีแนวโน้มในการแพร่หลายและใช้งานมากที่สุด

3.2 8049 โครงสร้างที่ซับซ้อนแต่ใช้งานง่าย โครงสร้างของ 8049 ก็เหมือนกับโครงสร้างของไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป กล่าวคือ ประกอบด้วยบัสที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยขาของไอซีที่ออกมา ส่วนหนึ่งจะเป็นขาอินพุท-เอาท์พุท ไมโครคอมพิวเตอร์นี้มีส่วนเอาท์พุท-อินพุท 3 พอร์ท โดยพอร์ทหนึ่งทำหน้าที่เสมือนเป็นพอร์ทข้อมูลบัส และพอร์ทอินพุท-เอาท์พุทนี้ยังมี 12 สาย ที่ส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์แทรกมาเป็นสัญญาณแอดเดรส คือ บิท $P_{23}-P_{20}$ และ D_7-D_0

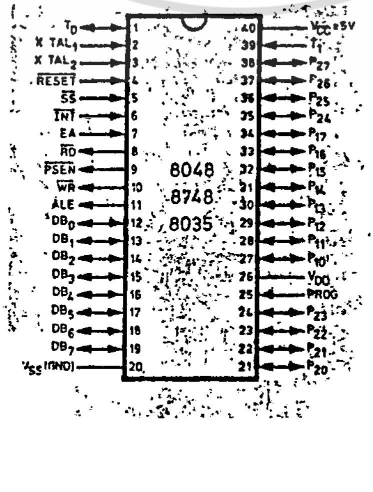
สืบเนื่องจากไอซี ตระกูล 8049 มีมากมายหลายเบอร์แต่ละเบอร์มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมทางซอฟท์แวร์เหมือนกัน แต่แตกต่างกันทางด้านฮาร์ดแวร์ ตารางที่ 3.1 เป็นตารางแสดงรายละเอียดของไอซี ตระกูลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์	หน่วยความจำในชิป		ช่วงเวลาไซเคิล	พอร์ทอินพุท เอาท์พุท	อินเตอร์รัพท์	วงจรตั้งเวลา	จำนวนขา	สามารถขยายได้	A/D
	EPROM ROM	RAM							
8048	ROM1024	64	2.5μS	3x8 bit	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8035	0	64	2.5μS	3x8 bit	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8035-8	0	64	5.0μS	3x8	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8748	1024EPROM	64	2.5μS	3x8	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8748-8	1024EPROM	64	5.0μS	3x8	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8049	2048ROM	64	1.4μS	3x8	1	มี	40	ได้	ไม่มี
8041	1024ROM	64	2-5	3x8	0	มี	40	ไม่ได้	ไม่มี
8741	1024EPROM	64	2-5	3x8	0	มี	40	ไม่ได้	ไม่มี
8021	1024ROM	64	10μ	2x8 1x4	0	มี	28	ไม่ได้	ไม่มี
8022	2048ROM	64	10μS	3x8 bit	1	มี	40	ไม่ได้	มี

ตารางที่ 3.1 สรุปลักษณ์ของไอซี ตระกูล 8049

การจัดขาของไอซี ตระกูล 8048 เป็นตัวรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

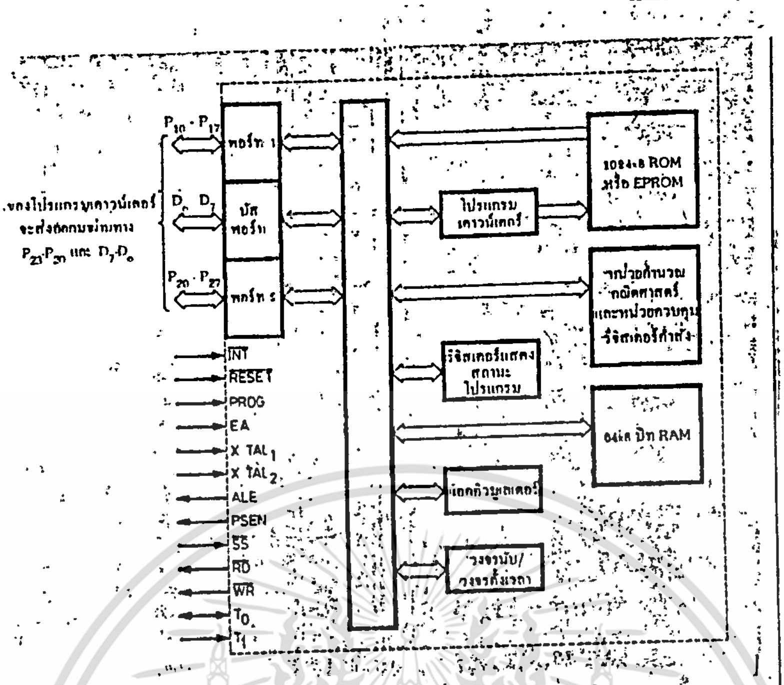
3.3 ขอบเขตทางสถาปัตยกรรมของไอซี ตระกูล 8048

8049 เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถตัวหนึ่ง โดยมี ROM ในตัว 1K x 8 บิท มี RAM ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนเก็บข้อมูลได้ 64 ไบท์

8049 มีโปรแกรมเคาวน์เตอร์ (counter) ซึ่งทำให้มันแอดเซสข้อมูลโปรแกรมได้สูงถึง 4 K แต่เนื่องจาก 8049 สามารถทำงานร่วมกับภายในของมันแล้ว 1K ดังนั้นมันจึงสามารถอ้างถึงหน่วยความจำภายนอกได้อีก (3K) 3072 ไบท์พอร์ท ส่วนของบัสพอร์ทจะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์สัญญาณแอดเดรสและข้อมูลเข้าด้วยกัน ส่วนอินพุท–เอาท์พุทที่เหลือมีลักษณะสำคัญคือ ลักษณะเอาท์พุทของมันจะมีคุณสมบัติการแลทซอยู่ ส่วนอินพุทนั้นเป็นแบบไม่มีการแลทซ์ กล่าวคือ ทั้งพอร์ท 1 และพอร์ท 2 จะทำหน้าที่เหมือนอินพุท–เอาท์พุทเหมือนกัน โดยเมื่อมีการส่งเอาท์พุทมายังพอร์ทนี้มันจะแลทซ์ข้อมูลไว้จนกว่าจะมีการส่งข้อมูลมาใหม่อีกครั้ง แต่สำหรับกรณีอินพุทจะแตกต่างจากหลักการทั่วไปคือ การอ่านข้อมูลอินพุทของซีพียู จะได้ตามสถานะของการใช้ลอจิกภายนอกมาถึงขาอินพุท เอาท์พุทให้เป็น "0" ทั้งนี้เพราะ ซีพียูส่งข้อมูลใดเป็นเอาท์พุทมา การอ่านกลับจะได้เช่นนั้น แต่ถ้าซีพียู ส่ง "0" ออกมาแล้ววงจรภายนอกพยายามดึงเป็น "1" ซีพียูก็จะอ่านได้ "0" อยู่นั่นเอง

สถาปัตยกรรมของ 8049 กลุ่มไอซี 8049 เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิท โดยตัวซีพียูมีแอคคิวมูเลเตอร์ ขนาด 8 บิท มีโปรแกรมเคาวน์เตอร์ขนาด 12 บิท และยังมีส่วนของหน่วยความจำภายในจำนวน 64 ไบท์ ส่วนของหน่วยความจำภายในนี้สามารถได้รับการเขียนหรืออ่านได้ แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำงานในรูปของการเป็นรีจีสเตอร์ทั่วไปด้วย ภายในโครงสร้างของซีพียู จะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 ไดอะแกรมโครงสร้างของไอซีไมโครคอมพิวเตอร์ 8048 (8035)

แอคคิวมูเลเตอร์ เป็นรีจิสเตอร์หลักที่จะมีส่วนในการเข้าไปกระทำในส่วนของ ALU ในทางคำสั่งเกี่ยวกับทางคณิตศาสตร์ และลอจิก การทำงานของแอคคิวมูเลเตอร์ จะถือเป็นโอเปอร์แรนด์ตัวหนึ่งร่วมกับรีจิสเตอร์อื่นหรือหน่วยความจำ

ในหน่วยความจำภายใน 64 ไบท์ จะมี 8 ไบท์แรกทำหน้าที่เหมือนเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป และยังมีส่วนแอดเดรส 17–20 อีกชุดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์ทั่วไปด้วยทุกครั้งที่มีส่วนการเรียกชุดแอดเดรสใด อีกชุดรีจิสเตอร์หนึ่งจะไม่ได้รับการเลือก รีจิสเตอร์ทั่วไปนี้สองตัวแรกใช้เป็นตัวสำหรับแอดเดรสข้อมูลในหน่วยความจำ ซึ่งโดยทั่วไปเราใช้ R_0 และ R_1 เป็นตัวชี้แอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

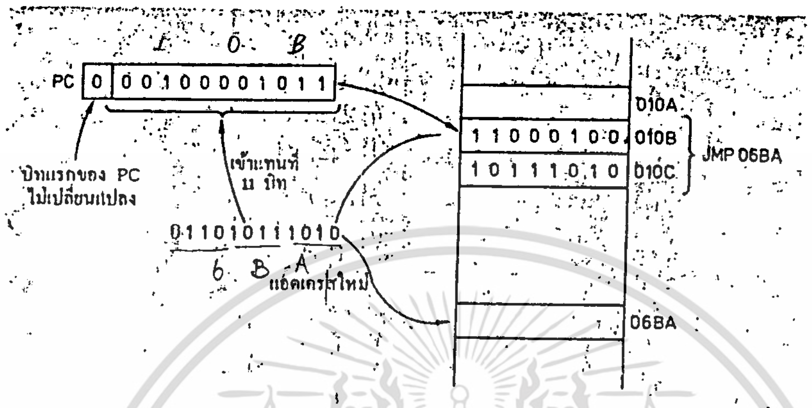
3.4 การแอดเดรสของ 8049 นอกจากใช้โปรแกรมเคาวน์เตอร์แล้วยังใช้รีจีสเตอร์อื่นด้วย

8049 ให้โครงสร้างการจัดหน่วยความจำที่แปลกต่างกับไมโคร-คอมพิวเตอร์ทั่วไป กล่าวคือ หน่วยความจำที่ใช้กับ 8049 จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม กับ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ส่วนของโปรแกรมหน่วยความจำเก็บโปรแกรมจะมีได้มากที่สุดถึง 4096 ไบท์ ส่วนหน่วยความจำเก็บข้อมูลก็จะมีได้มากสุดถึง 320 ไบท์ 64+256

ตระกูล 8048 มีหน่วยความจำเก็บข้อมูลภายใน 64 ไบท์ และสามารถขยายหน่วยความจำภายนอก เพื่อเก็บข้อมูลได้อีก 256 ไบท์ โดยหน่วยความจำเก็บข้อมูลภายนอก จะใช้ร่วมกับส่วนของหน่วยความจำสำหรับพอร์ทอินพุทหรือเอาท์พุท กล่าวคือ การเรียกพอร์ทอินพุท หรือเอาท์พุท ซีพียูสามารถแอดเดรสได้ 256 พอร์ทเช่นเดียวกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการแอดเดรสในแต่ส่วนแยกจากกัน

3.4.1 การแอดเดรสในส่วนหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม สืบเนื่องมาจากส่วนของโปรแกรมเคาวน์เตอร์ (PC) เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 12 บิท ดังนั้นโปรแกรมเคาวน์เตอร์จึงแอดเดรสหน่วยความจำได้โดยตรง 4096 ตำแหน่ง แต่อย่างไรก็ตาม การจัดโครงสร้างของหน่วยความจำเก็บโปรแกรม เราแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองแบล็งค์ แต่ละแบล็งค์มีขนาด 2K ดังนั้น โดยปกติการแอดเดรสผ่านทาง PC จะกระทำได้เพียงข้อมูล 11 บิท หรือภายใน 2K เท่านั้น การเรียกหรือการกระทำคำสั่งเกี่ยวกับ JMP, CALL หรือ RET จึงทำได้ภายในหน่วยความจำ 2 K นี้เท่านั้นดังตัวอย่างของการกระทำคำสั่ง JMP ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

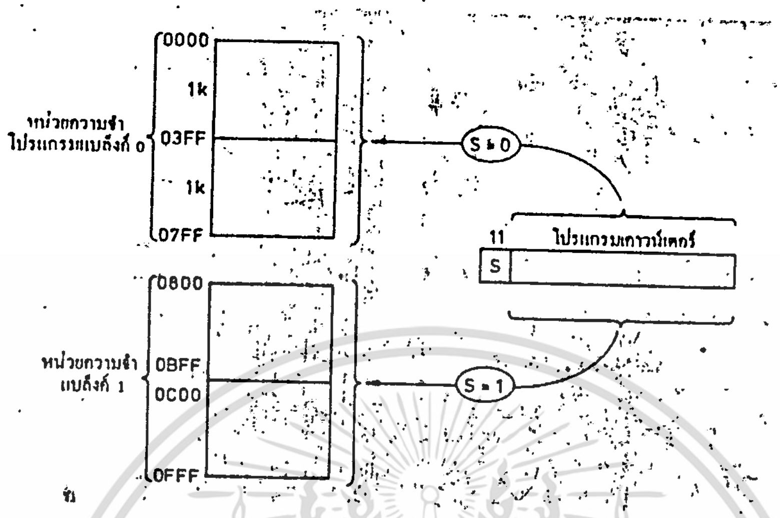


รูปที่ 3.3 แสดงการแอดเดรสของ PC ในการกระทำคำสั่ง JMP 60 BA

เริ่มแรก PC มีค่า 010 B ซึ่ง PC จะส่งแอดเดรสไปเฟทช์คำสั่งในตำแหน่ง 010 B มา คำสั่งที่เฟทช์มานี้เป็นคำสั่ง JMP 06BA ซึ่งซีพียูจะนำข้อมูล 110 1011 1010 โหลดไปเก็บใน PC โดยบิทนัยสำคัญสูงสุดของไม่เปลี่ยนแปลงกล่าวคือ คำสั่ง JMP นี้จะไม่สามารถทำให้ซีพียู ข้ามแบล็งค์ได้เลย การข้ามแบล็งค์ของหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้ต่อเมื่อเราให้ซีพียูกระโดดทำคำสั่ง JMP, CALL หรือ RET ร่วมกับคำสั่ง SEL MB หรือเลือกแบล็งค์หน่วยความจำนั่นเอง

การเลือกแบล็งค์หน่วยความจำนี้จะมีผลต่อบิท 11 ของโปรแกรมเคาวน์เตอร์นั่นเอง พิจารณาการทำงานดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การเลือกแบล็งค์มีผลต่อการเซ็ทบิท 11 ของ PC นั่นเอง

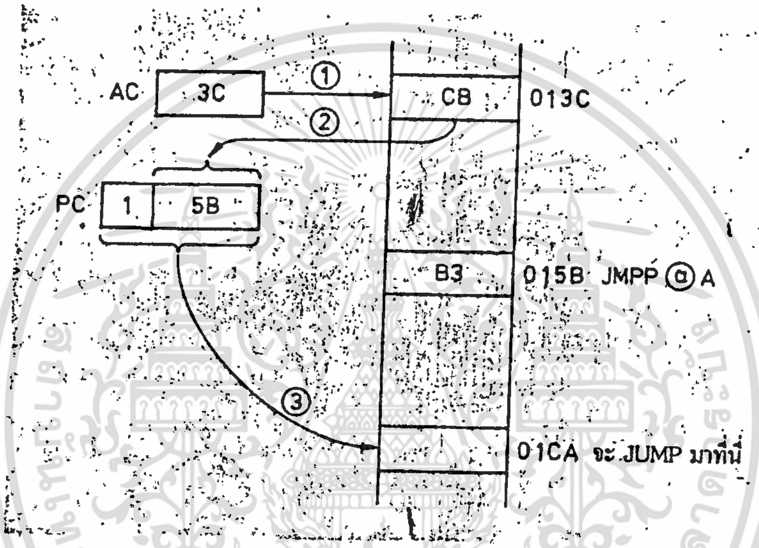
การแบ่งโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรมออกมาเป็นแบล็งค์ โดยแต่ละแบล็งค์ยังสามารถแบ่งแยกกลุ่มของหน่วยความจำให้เล็กลงได้โดยแบ่งเป็นเพจ (page) แต่ละเพจจะมีหน่วยความจำขนาด 256 ไบท์ ดังนั้นใน 1 แบล็งค์ จะแบ่งออกเป็น 8 เพจ หรือหน่วยความจำโปรแกรมทั้งหมดแบ่งออกเป็น 16 เพจ การแอดเดรสภายในเพจจะใช้ข้อมูลเพียง 8 บิทเท่านั้น จึงทำให้กรรมวิธีในการแอดเดรสมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เพราะสามารถทำการแอดเดรสแบบทางอ้อมได้ โดยใช้ข้อมูลภายในหน่วยความจำเองหรือภายในแอคคิวมูเลเตอร์ขนาด 8 บิทนั่นเอง

ตัวอย่างการกระโดดแบบทางอ้อม

กรณีที่ 1 เป็นการ JMP @A หรือเป็นการ JUMP แบบทางอ้อมผ่านข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์ กรณีนี้เดิมข้อมูลใน PC มี 15 B ซึ่งจะทำการเฟทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

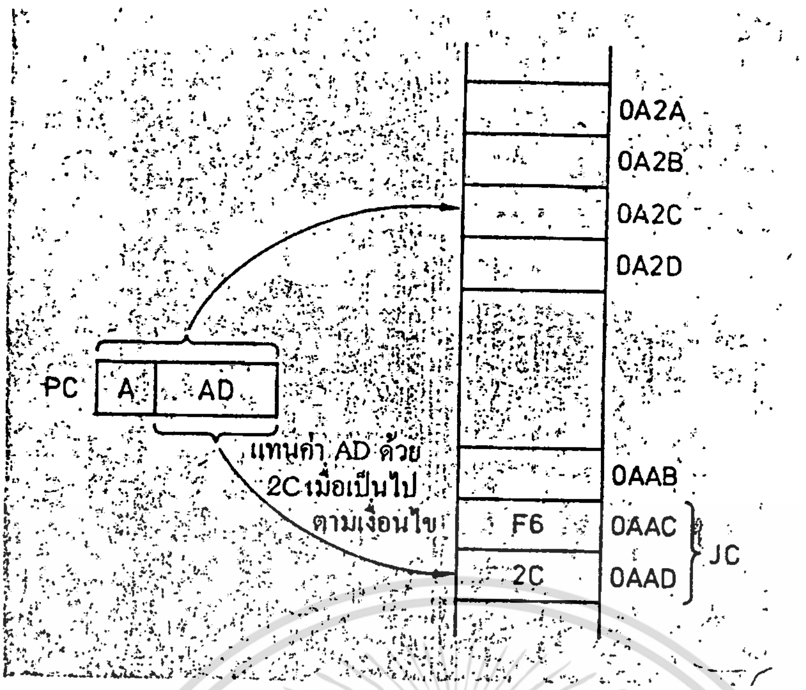
คำสั่งที่ตำแหน่ง 015B มา ซึ่งในที่นี้เก็บคำสั่ง JMPP @A ซึ่งมีรหัส B3 คำสั่งนี้ซึ่งให้กระทำการกระโดดโดยทางอ้อมผ่านรีจิสเตอร์ A วิธีการคือ ข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์จะเป็นแอดเดรสชี้ไปยังหน่วยความจำ เพื่อโหลดข้อมูลในหน่วยความจำกลับมาใส่ใน PC การใส่ใน PC จะใส่เฉพาะ 8 บิทล่างเท่านั้น ผลคือการกระโดดมาตำแหน่ง 01CB ยังคงอยู่ในเพจเดียวกัน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการกระโดดทางอ้อมผ่าน A รีจิสเตอร์

กรณีที่ 2 เป็นการกระโดดไปด้วยเงื่อนไขเช่น PC 2 C ลักษณะการทำงานเขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.6

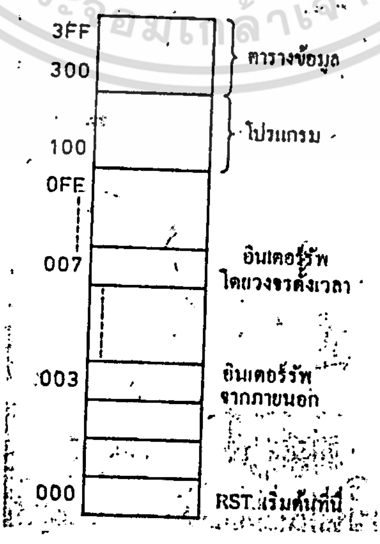
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการแอดเดรสด้วยคำสั่ง JC

ข้อสังเกต ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเป็นส่วนที่เราสามารถอ่านข้อมูลทำการตรวจสอบหรือทำอะไรได้ แต่เราไม่สามารถเขียนโปรแกรมลงในส่วนนี้ได้เลย เราจะไม่มีคำสั่งใดที่ทำให้เกิดการเขียนลงในหน่วยความจำนี้ได้

3.5 หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว โครงสร้างหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมของ 8049 มีโครงสร้างการจัดตำแหน่งดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการจัดโครงสร้างหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ของ 8049

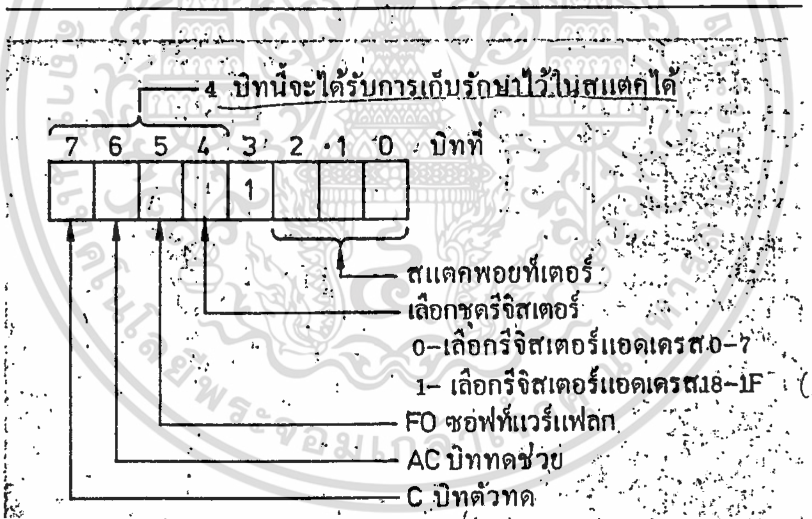
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแอดเดรส 000 เป็นแอดเดรสเริ่มต้นและ RST ส่วนการอินเตอร์รัพท์ จะเริ่มที่แอดเดรส 003 แต่ถ้ามีการอินเตอร์รัพท์ โดย CTC จะเริ่มที่แอดเดรส 007 และจากที่กล่าวมาในหัวข้อก่อนว่าการแอดเดรสแบบว่ามาโดยชุดคำสั่งจะอ้างถึงภายในเพจ จะสะดวกดังนั้นในโปรแกรมเราไว้ที่ 100 เป็นจุดเริ่มต้นของเพจนั้นเอง

3.6 เวิร์ดแสดงสถานะของโปรแกรม (PSW-Program status word)

ภายในซีพียูของไมโครคอมพิวเตอร์ ตระกูล 8048 นี้มีรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตตัวหนึ่งทำหน้าที่เก็บสถานะของโปรแกรมไว้ เราเรียกว่า PSW รีจิสเตอร์

เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บสแตคพอยเตอร์ และสถานะโปรแกรมที่สำคัญไว้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โครงสร้างของ PSW

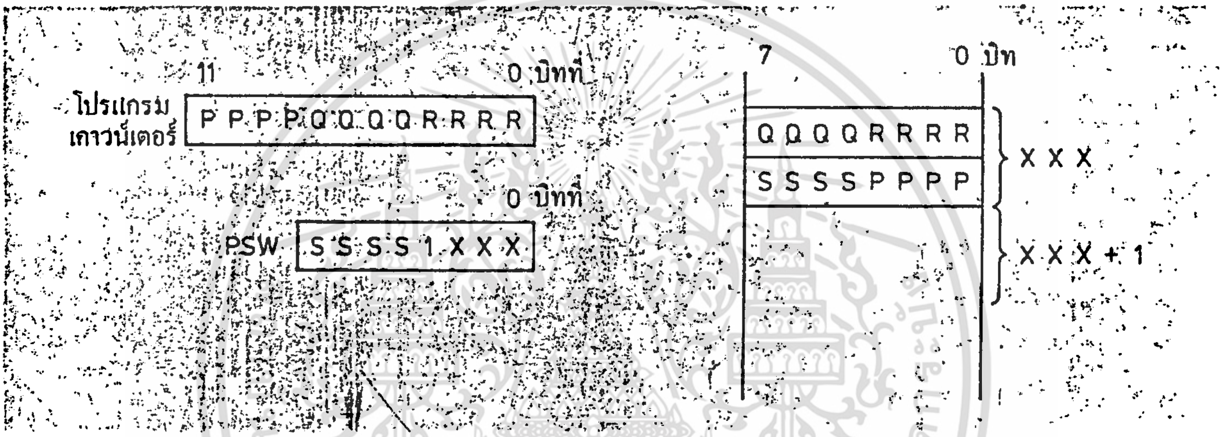
บิท 0 ถึงบิท 2 เป็นสแตคพอยเตอร์ ซึ่งถ้าพิจารณาในที่นี้จะเห็นว่าจะชี้ได้ 8 ตำแหน่ง สแตคพอยเตอร์ของ 8049 ก็เหมือนกับ 8080 แต่ชี้ได้เพียง 8 ตำแหน่งเท่านั้น โดยตำแหน่งของสแตคจะเริ่มจากแอดเดรส 08 โดยคู่ 08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ 09 คือ S_0 ดังนั้น 3 บิทนี้ จึงชี้ได้ 8 ตัวคือจาก S_0 ถึง S_8

แฟลก C และ AC เหมือนกันใน 8080 ส่วนแฟลก FO แฟลกนี้สามารถได้รับการเซ็ทหรือรีเซ็ทตามสถานะของคำสั่งไว้ ซึ่งสามารถทดสอบแฟลก FO นี้ได้ด้วยคำสั่งกระโดดตามเงื่อนไข

เมื่อมีคำสั่ง CALL หรือคำสั่งที่ต้องใช้เกี่ยวกับสแตก การเก็บข้อมูลในสแตกจะเก็บได้ถึง 16 บิท โดยมีโครงสร้างการเก็บ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โครงสร้างการเก็บข้อมูลในสแตก

3.7 ชุดคำสั่งของ 8049 คำสั่งที่ใช้ใน 8049 เป็นชุดคำสั่งที่คล้ายกับชุดคำสั่งของไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป ชนิดของคำสั่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- อินพุท – เอาท์พุท
- คำสั่งอ้างถึงหน่วยความจำ
- กลุ่มคำสั่งที่ถึงหน่วยความจำโดยใช้ข้อมูลในหน่วยความจำเป็นโอเปอร์-แรนด์
- อิมมีเดียท
- กระโดด
- โปรแกรมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระโดดตามเงื่อนไข
- กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์
- การกระทำระหว่างข้อมูล
- ทำงานภายใน

รายละเอียดคำสั่งของ 8049 สามารถดูได้จากภาคผนวก

การขยายระบบ

แม้ไอซีในอนุกรม 8048 บางตัวเช่น 8748 จะมี EPROM ขนาด 1 KBYTE เป็นหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ที่เราสามารถเขียนโปรแกรมของเราใส่ลงไปได้ ทำให้มันสามารถทำงานได้โดยลำพัง แต่สำหรับไอซีเบอร์อื่น เช่น 8048 และ 8049 เราจำเป็นต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเข้ากับไอซีเหล่านี้ จึงจะสามารถทำงานได้

การต่อวงจรภายนอกหรือการขยายระบบ ได้แก่

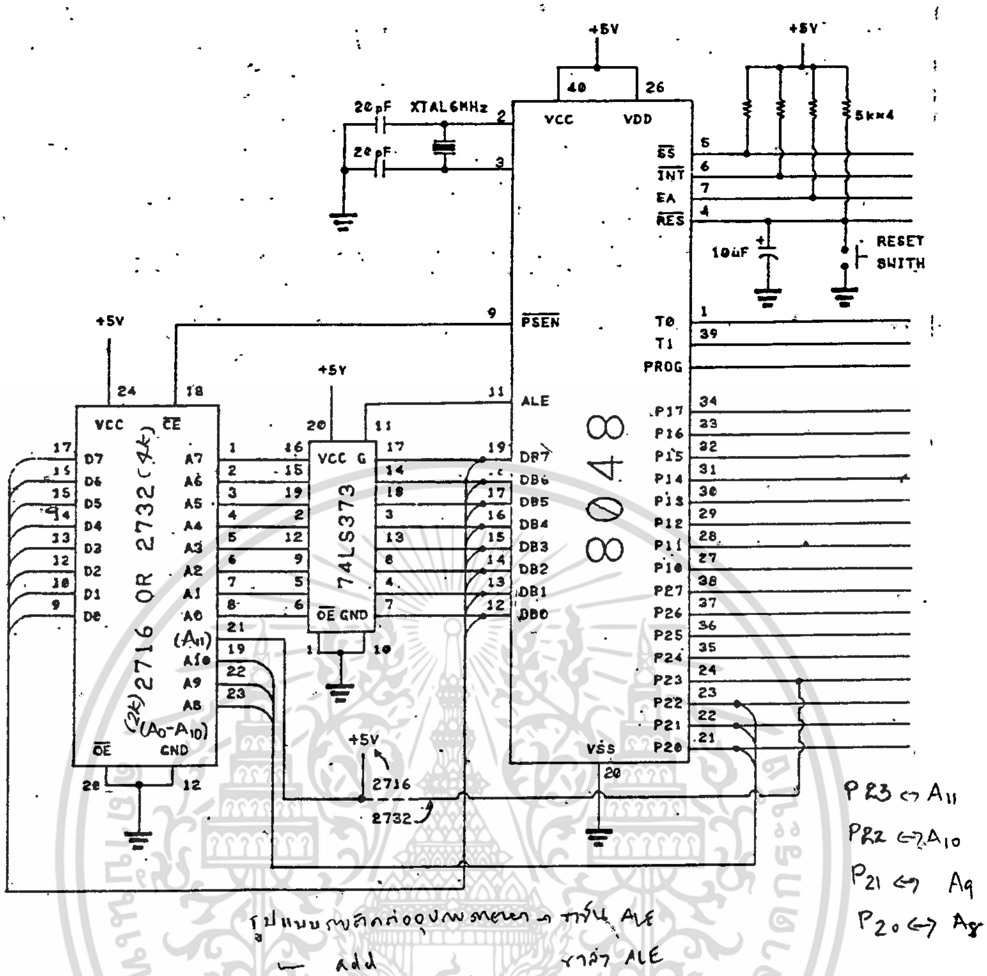
- การต่อขยายหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
- การต่อขยายหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- การต่อขยายพอร์ท

การต่อขยายหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

จากรูปที่ 3.10 แสดงการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกไอซี 74LS373 ใช้สัญญาณ ALE ในการแลทช์ค่าของแอดเดรสให้แยกออกมาจากดาต้าบัส ได้แก่ แอดเดรสบัส ($A_0 - A_7$) ส่วนแอดเดรสบัส $A_8 - A_{11}$ นั้นได้มาจาก 4 บิทล่างของพอร์ท 2 ($P_{20} - P_{23}$)

$A_8 A_9 A_{10} A_{11}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

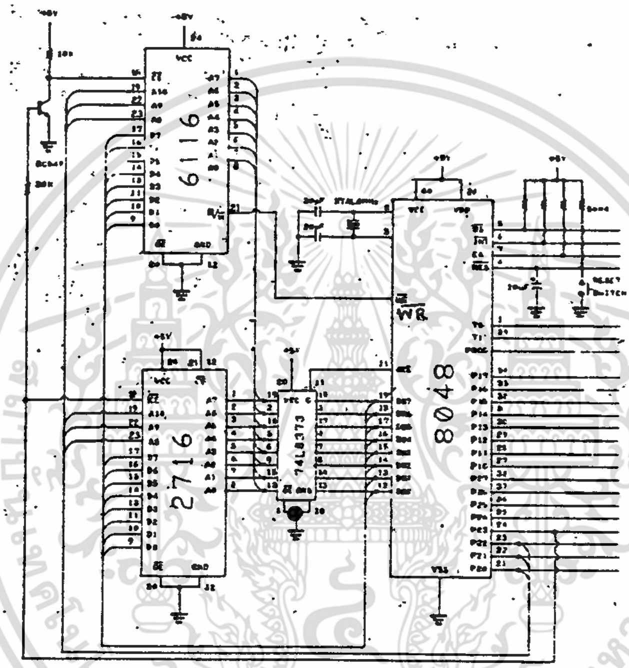
ส่วนสัญญาณ PSEN นั้นเป็นสัญญาณที่แสดงให้รู้ว่า 8049 กำลังเฟทช์คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เราอาจใช้สัญญาณนี้เป็นตัวอีนาเบิ้ล (chip enable) หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้

การต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

จากการที่กล่าวมาแล้วว่าเราสามารถต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้เป็น 256 ไบท์ หรือ 1 เพจ โดยเป็นอิสระกันกับหน่วยความจำภายใน วิธีต่อแรมไว้ภายนอกนี้ต้องมีการจัดแอดเดรส ดาต้าบัสและสัญญาณควบคุมให้กับแรมด้วยเช่นเดียวกับกรณีขยายหน่วยความจำโปรแกรม จะแตกต่างกันที่สัญญาณควบคุมที่ใช้ไม่ใช่ PSEN แต่เป็นสัญญาณ WR หรือ RD แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 แสดงการต่อหน่วยความจำภายนอกใช้รอมเบอร์ 2716 เป็นหน่วยความจำที่มีแอดเดรสในช่วงแบล็งค์แรก (00–7FF) และใช้แรมเบอร์ 6116 เป็นหน่วยความจำในช่วงแบล็งค์หลัง (800– FFF) มาถึงตอนนี้หลายคนอาจจะฉงนว่า หน่วยความจำแรมที่ต่อเพิ่มขึ้นเป็นหน่วยความจำโปรแกรม หรือหน่วยความจำข้อมูล



รูปที่ 3.11 แสดงการต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

จากรูปจะเห็นว่าไม่ได้ต่อขาควบคุมใดกับขา CE ของหน่วยความจำเลย ไม่ว่าจะเป็น PSEN , WR หรือ RD แต่ใช้เพียงขาแอดเดรส A_{11} เป็นตัวเลือกแบล็งค์ของหน่วยความจำเท่านั้น และใช้สัญญาณ WR ต่อกับขา R/W ของแรมเพื่อเลือกว่าจะอ่าน หรือเขียนข้อมูลลงแรมเราสามารถใช้แรมขนาด 2 KBYTE ได้โดยจากที่เราทราบมาแล้วว่า 4 บิทล่างของพอร์ท 2 (P_{20}–P_{23}) สามารถทำหน้าที่เป็นพอร์ท 2 และเป็นส่วนหนึ่งของแอดเดรสบัส แต่ในขณะที่

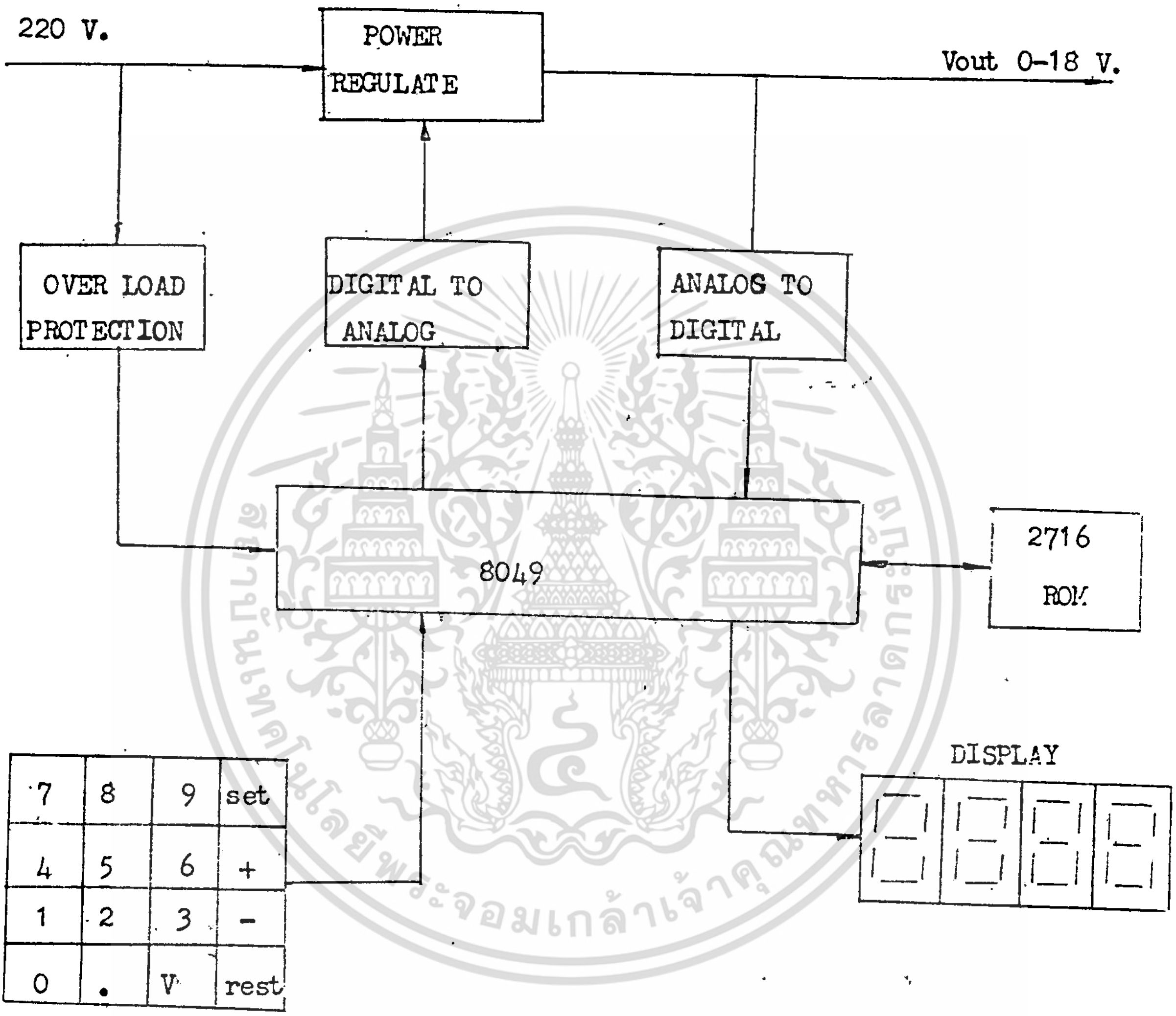
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8049 ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลอยู่ พอร์ท 2 ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นพอร์ทไปคลอกไซเกิล (cycle) ดังนั้นหากเอาท์พุทแอดเดรส A_8-A_{11} ออกมาทางขา P_{20}-P_{23} นี้ก็เท่ากับว่าสามารถเลือกเพจของหน่วยความจำข้อมูลได้และก็สามารถใช้รอม 2716 ในวงจรในฐานะเป็นหน่วยความจำข้อมูลได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power regulate
220V→0 -18 VDC →

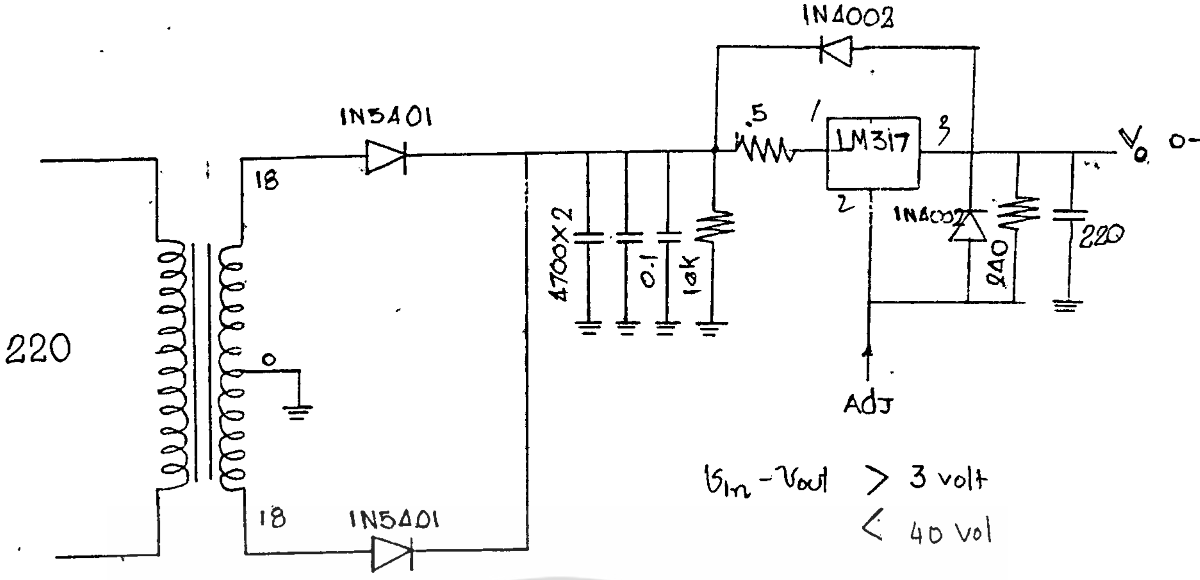
4.1 การทำงานของ Programmable power supply

การทำงานของระบบควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นวงจร regulator ที่สามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้ระหว่าง 0–18 volt โดยการทำงานของวงจรทั้งหมด จะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ขั้นตอนการทำงานโดยเริ่มจากภาค power regulator ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟ 220 volt เป็น 0–18 V.D.C. โดยค่าของแรงดันเอาท์พุทจะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8049 ซึ่งค่าของแรงดันที่เราต้องการ จะถูกป้อนเข้าไปทาง key board โดยมี LED แสดงค่าแรงดันที่เราต้องการ และค่าแรงดันนี้จะถูกส่งไปยังวงจร Digital to analog

วงจร Digital to analog (DAC 0800) จะทำการเปลี่ยนสัญญาณ digital (เทเป็น vol) เป็นสัญญาณ analog เพื่อเป็นสัญญาณไปปรับ Power regulator เพื่อให้ได้ค่าเอาท์พุทตามที่ต้องการ ค่าแรงดันเอาท์พุทจะถูกส่งไปยังวงจร analog to digital (ADC 0804) เพื่อส่งสัญญาณ digital มายังไมโครโปรเซสเซอร์ ตัวไมโครโปรเซสเซอร์ จะทำการเปรียบเทียบค่าว่าแรงดันเอาท์พุทถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็จะทำการปรับให้ถูกต้องตามที่ต้องการ การทำงานแต่ละวงจรเป็นดังนี้

4.2 Power regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1

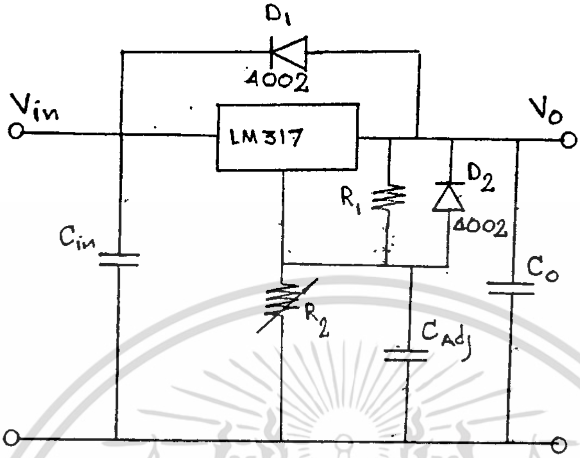
จากรูปที่ 4.1 เป็นวงจร power regulator โดยใช้เบอร์ LM 317 เป็น IC ขนาด 1.5 A ทำงานที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0-125 °C กระแส adjust 50 ไมโครแอมป์ ความแตกต่างระหว่างแรงดันอินพุทกับแรงดันเอาท์พุทไม่น้อยกว่า 3 volt ไม่เกิน 40 volts

แรงดันทางอินพุทของ LM 317 ได้จากวงจร rectifier โดยมีค่าประมาณ 26.5 V.D.C มี capacitor ค่า 4,700 ไมโครฟารัด ทำหน้าที่ filter และมี capacitor 0.1 ทำหน้าที่ by pass ความถี่สูง มี resisitor 10 K ทำหน้าที่ discharge กระแส ขณะปิดเครื่อง ค่าแรงดันเอาท์พุทอยู่ในช่วง 0-18 volts โดยมี capacitor 220 ไมโคร-ฟารัด เป็นตัว filter ค่าแรงดันทางเอาท์พุท จะถูกส่งไปยังวงจร analog to digital โดยผ่านวงจร voltage divider

เนื่องด้วย LM 317 มี reference voltage (ระหว่างขา 1-3) อยู่ 1.25 volts เพื่อต้องการให้แรงดันเอาท์พุท เท่ากับ 0-18 V จึงต้องป้อนแรงไฟเข้าที่ขา 1 อยู่ในช่วง -1.25 ถึง 16.75 V

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ใช้ในการทดลอง



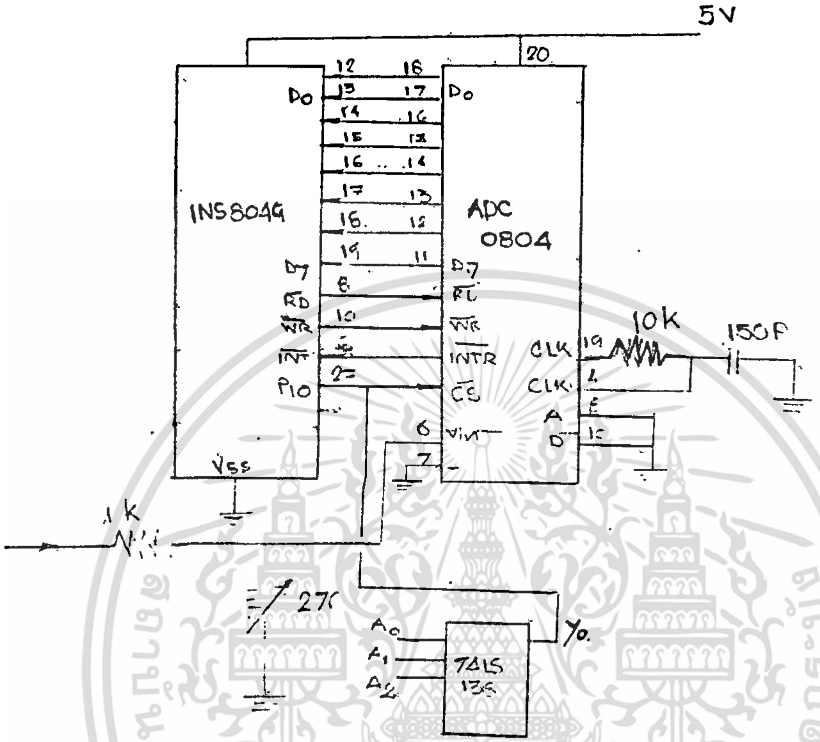
รูปที่ 4.2

จากรูปที่ 4.2 เป็นวงจรที่ใช้ในการทดลอง ทำการป้อน V_{in} 30 VDC ปรับ R_2 ดูการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาท์พุท ซึ่งสามารถทำงานได้ดังนี้

$$V_C = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ADJ} \cdot R_2$$

จากวงจรไดโอด D_1 นั้นเป็นตัวป้องกันจากการที่ C_o ทำการ discharge ในกรณีที่อินพุทลัดวงจร (short circuit) ส่วนไดโอด D_2 นั้นป้องกันเมื่อเอาท์พุทลัดวงจร

4.3 วงจร Analog to digital



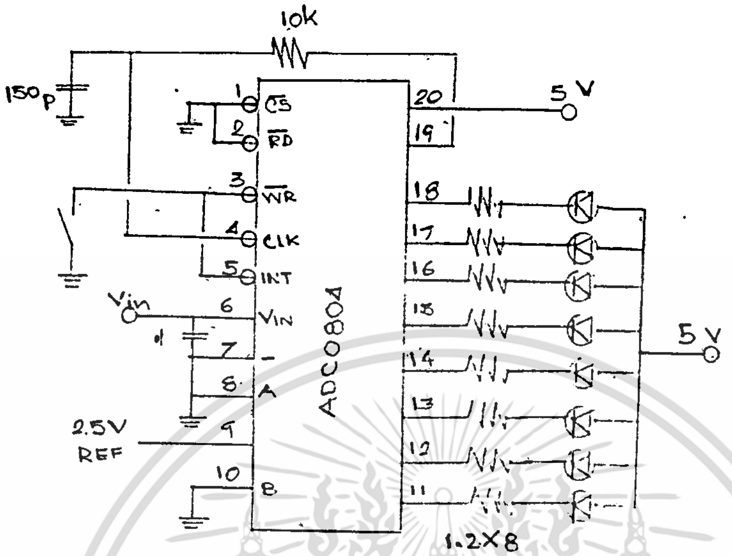
รูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 เป็นวงจร analog to digital ใช้ IC0804 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ analog เป็นสัญญาณ digital ขนาด 8 บิท ค่าแรงดัน supply สูงสุด 6.5 volts conversion time 100 US ความถี่ clock 640 KH_z สามารถป้อน input voltage ได้ 0.5 volts

เมื่อเราต้องการให้ ADC 0804 ทำหน้าที่เปลี่ยนค่า analog เป็น digital โดยทำให้ขา CS active low จากนั้นสัญญาณ digital จะถูกส่งไปยังไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรทดลอง analog to digital

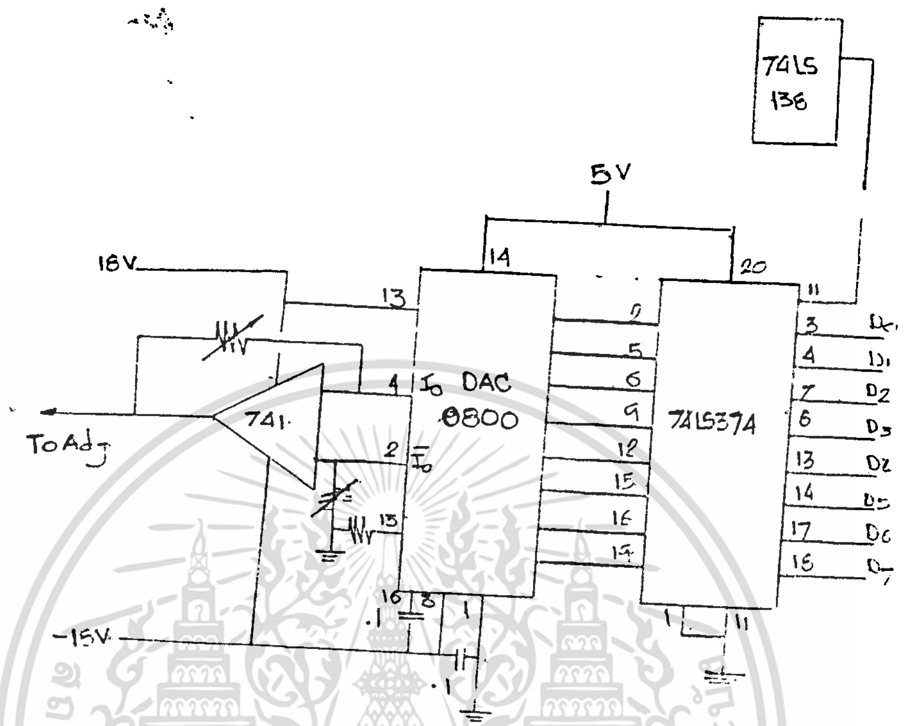


รูปที่ 4.4

จากรูป 4.4 เป็นวงจรทดลอง analog to digital โดยป้อนอินพุทที่รู้ค่า ซึ่งค่าของสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะแสดงผลด้วย LED ลองเปลี่ยนค่าแรงดันอินพุท และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ LED และเมื่อป้อนอินพุท 5 volts จะทำให้ค่าเอาท์พุทเป็น 11111111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจร digital to analog



รูปที่ 4.5

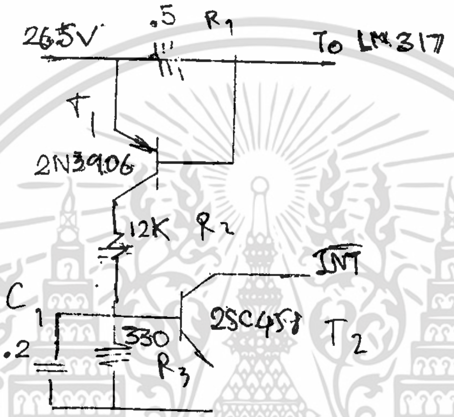
วงจร digital to analog ใช้ IC เบอร์ 0800 การทำงานโดยเริ่มจากนำค่า digital ที่ต้องการมาเก็บไว้ใน IC เบอร์ 74LS374 โดย IC 74LS374 จะทำงานช่วง active low จากนั้นค่า digital จะถูกส่งมายัง IC 0800 เพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณ digital เป็นสัญญาณ analog ซึ่งทางเอาท์พุทของ IC 0800 นั้นจะมีวงจร current to voltage เพื่อเปลี่ยนกระแสไปเป็นแรงดัน ไปป้อนแก่ขา (1) ของ LM 317

เนื่องด้วย IC LM 317 มีค่า voltage reference 1,25V. เมื่อแรงดันที่ขา 1 เท่ากับ 0 volt จะมีแรงดันเอาท์พุท 1.25 volts ดังนั้นเพื่อให้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ 0 volt เราจึงให้แรงดันที่ขา 1 ของ LM 317 เป็นลบ เราจึงออกแบบวงจร current to voltage อยู่ในรูป defference -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

tial AMP โดยมีอินพุท 2 อินพุท ต่อเข้าที่ OP-AMP LM 741 ที่ขา 2 และขา 3 จากการทดลองเราปรับให้ เอาท์พุทของ OP-AMP LM 741 อยู่ระหว่าง -1.2 ถึง 16.7 volts เพื่อที่จะให้สามารถปรับแรงดันเอาท์พุทของภาค power regulator อยู่ในช่วง 0-18 volts

4.5 วงจร Overload protection



รูปที่ 4.6

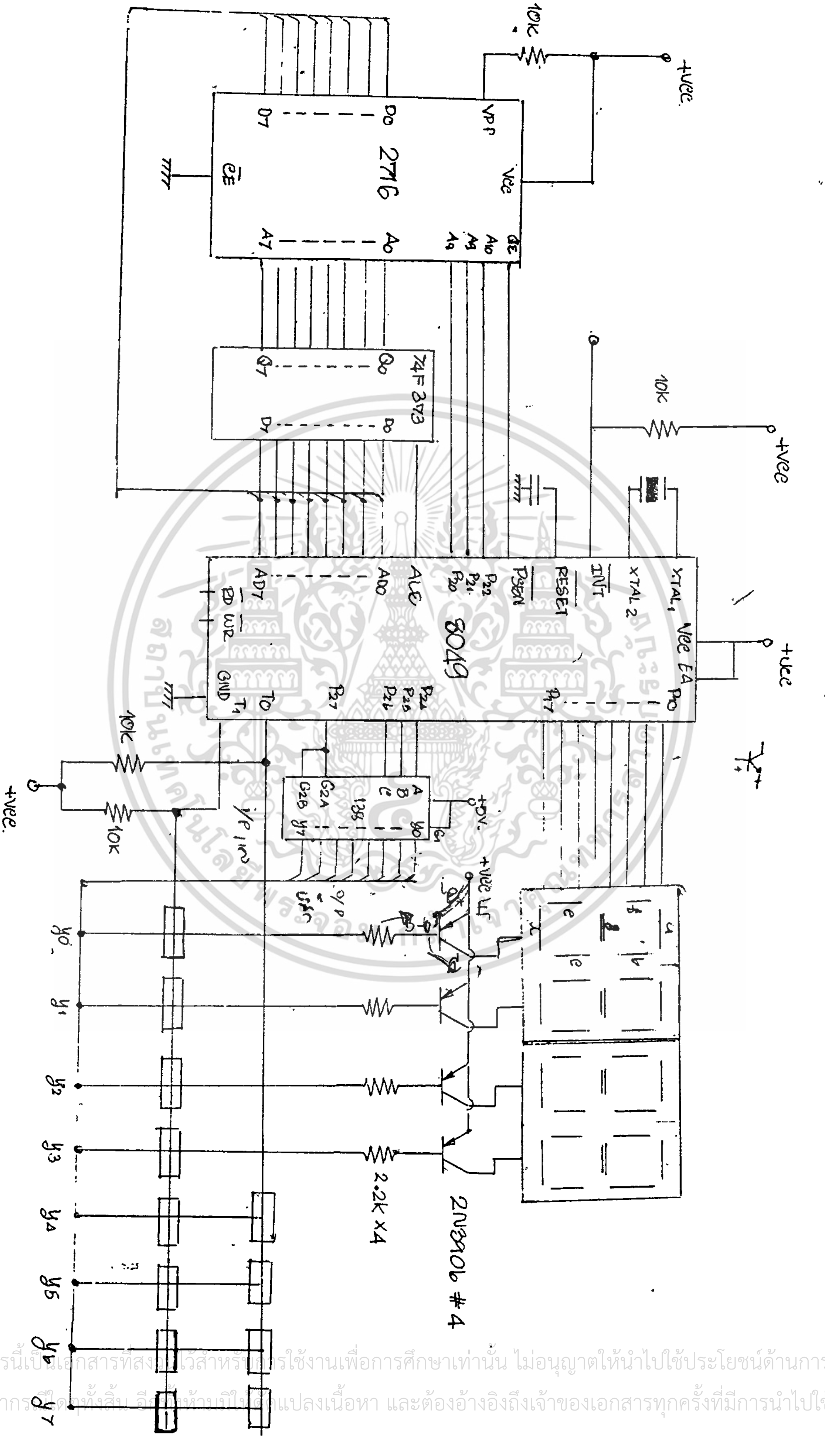
วงจร over load protection ทำหน้าที่ตรวจ check กระแส ถ้าหากว่ากระแสเกิน 1.5 วงจร over load protection จะทำงาน กล่าวคือ เมื่อเกิดกระแสเกินจากที่กำหนด เป็นผลทำให้แรงดันตกคร่อม R.5 R_1 โอห์มถึง 0.6 volt ทำให้ทรานซิสเตอร์ 2N3096 T_1 มีแรงดันตกคร่อมระหว่าง ขา base และขา emitter ทรานซิสเตอร์ 2N3096 จึงนำกระแสทำให้กระแส ไหลจาก emitter ไปยัง collector ผ่าน resistor 2 ตัว เกิด กระแส I_B ของ transistor 2SC458 ทำให้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2SC458 นำกระแส เกิดกระแส I_C ไหล ทำให้เกิดสัญญาณเข้าที่ขา INT ของไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์ไปทำงานในส่วนของโปร-แกรม over load protection

4.6 วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Microprocessor

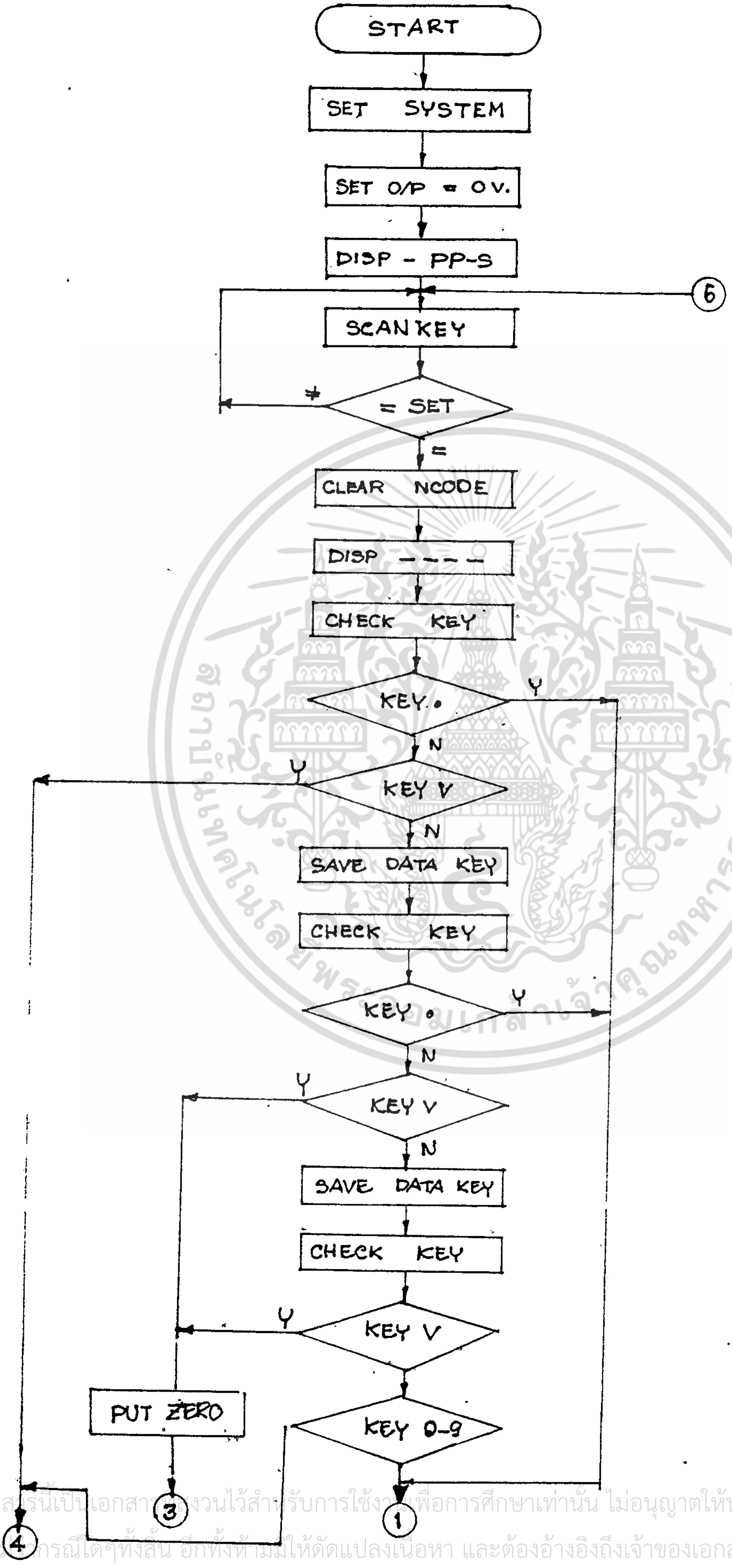
จากวงจรชุด microprocessor เราใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดียวในการควบคุม นั่นคือใช้ single ship เบอร์ 8049 เป็นตัว processor โดยต่อคริสตอลให้โดยตรง 6 MHz แล้วใช้หน่วยความจำโดยใช้การขยายหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยขยายออกไปอีก 2 K คือใช้ IC2716 โดยใช้ IC เบอร์ 74LS373 เป็นตัวแลทย์ค่าของแอดเดรส โดยใช้สัญญาณจากขา ALE บอกช่วงการแลทย์. ให้แลทย์ให้แอดเดรสบัส(address bus) แยกออกจาก Data bus โดยได้เป็นแอดเดรสบัส (address bus) A_0-A_7 ส่วนแอดเดรสบัส A_8-A_{11} นั้นได้จาก 4 บิทล่างของพอร์ท 2 ของ 8049 คือขา P_{20}-P_{23}

ส่วนสัญญาณ PSEN จาก 8049 ไปต่อกับ IC2716 เป็นสัญญาณบอกให้รู้ว่า 8049 กำลังเฟทช์ คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ซึ่งเราใช้สัญญาณนี้เป็นตัว enable หน่วยความจำภายนอก

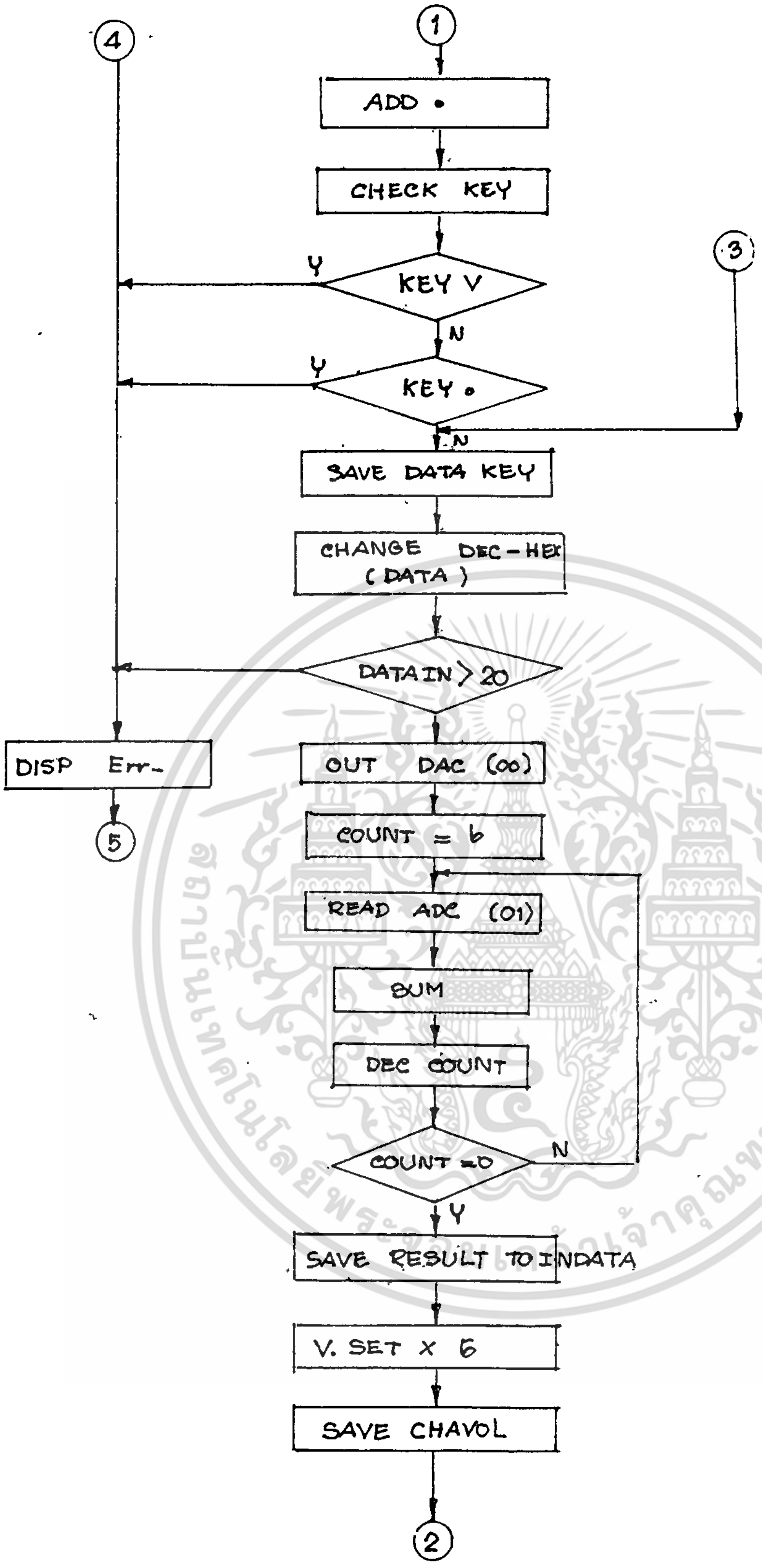
สำหรับพอร์ท 1 ของ 8049 คือ P_{10}-P_{17} ใช้ในการขับให้กับ 7-Segment เพื่อทำการจุด 7 Segment โดยจ่ายให้แต่ละ Bit = 0 จะเป็นการจุดให้สว่างส่วน IC 74LS138 ใช้ในการ scan code คู่กับ T_0,T_1 ของ 8049 และใช้ P_{24}-P_{27} ใช้ช่วยในการ scan เปลี่ยนค่าสภาวะให้ 74LS138 ในการ scan code

ในการต่อจะเห็นว่าเราให้ T_0 ,T_1 มีสภาวะเป็น "1" โดยต่อความต้านทานกับ +Vcc ให้เอาท์พุทจาก Y_1- Y_7 ของ 74LS138 ผลัดกันทำงานทีละ 1 เอาท์พุท เป็นการ scan เมื่อมีการกดคีย์ สภาวะของ T_0 หรือ T_1 ก็จะเป็น 0 ตัวใดตัวหนึ่ง ทำให้หาสภาวะได้ว่าคีย์ใดกดเข้ามาได้จาก T_0 หรือ T_1 ซึ่งในวงจรนี้ 74LS138 จะทำการ scan key พร้อมกับการ scanให้ 7 segment ด้วยโดยไปขับให้ทรานซิสเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ส่วนในการใช้หน่วยความจำแรม จะใช้แรมในตัวของ 8049 ซึ่งมีอยู่ในตัวแล้ว

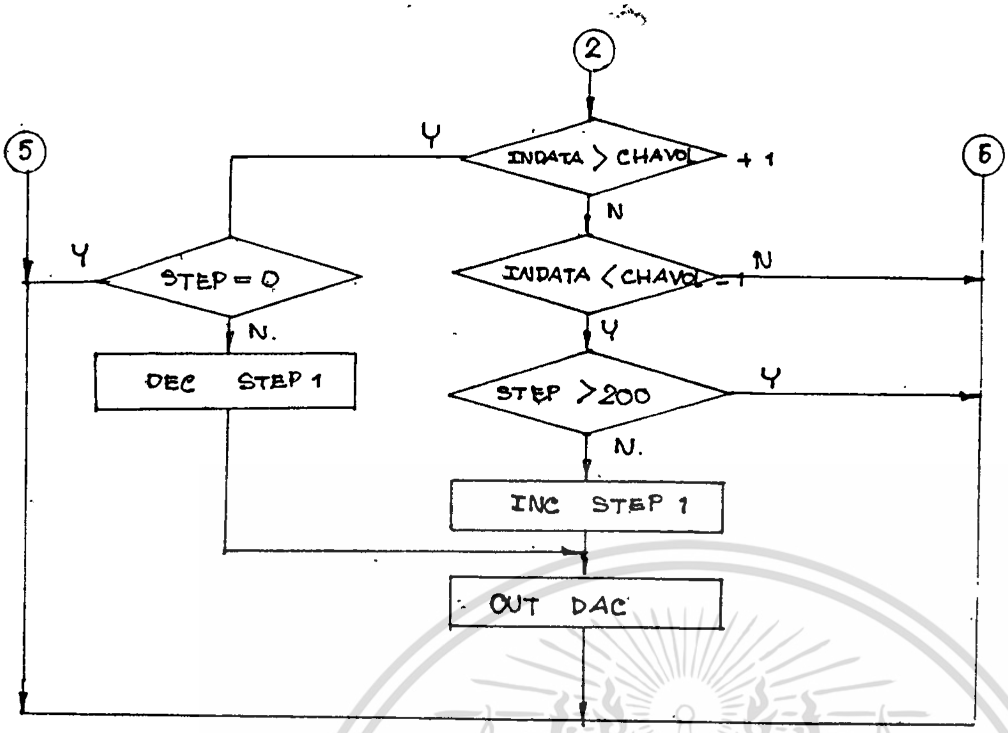
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
:ASM

                 1000 *------------------------------*
                 1010 * PROGRAMMABLE POWER SUPPLY *
                 1020 *------------------------------*
                 1030 *       .LISTOFF
0020-            1040 LINE    .EQ 20H   ;LINE SCAN
0021-            1050 DISBUF  .EQ 21H   ;DIGIT 0
0022-            1060 DIGIT1  .EQ 22H   ;DIGIT 1
0023-            1070 DIGIT2  .EQ 23H   ;DIGIT 2
0024-            1080 DIGIT3  .EQ 24H   ;DIGIT 3
0025-            1090 DIGIT4  .EQ 25H   ;DIGIT 4
0026-            1100 DIGIT5  .EQ 26H   ;DIGIT 5
0027-            1110 KEREG   .EQ 27H   ;KEY BUFFER
0028-            1120 FUNSTA  .EQ 28H   ;FUNSTA
0029-            1130 OUTREGO .EQ 29H   ;OUT REGO
002A-            1140 INBUFO  .EQ 2AH
002B-            1150 INBUF1  .EQ 2BH
002C-            1160 INBUF2  .EQ 2CH
002D-            1170 INBUF3  .EQ 2DH
0059-            1180 DECBUF  .EQ 59H
005B-            1190 CONBUF  .EQ 5BH   ;BI -> BCD BUF
005D-            1200 CONBF1  .EQ 5DH   ;BCD -> BI BUF
0060-            1210 MEMLO   .EQ 60H
0061-            1220 MEMHI   .EQ 61H
0062-            1230 NCODE   .EQ 62H
0065-            1240 NKEY    .EQ 65H
0069-            1250 REBCD   .EQ 69H
0070-            1260 DKEY    .EQ 70H
0073-            1270 H       .EQ 73H
0001-            1280 ADC     .EQ 01H
0000-            1290 DAC     .EQ 00H
0074-            1300 CHAKVOL .EQ 74H
0075-            1310 INDATA  .EQ 75H
0076-            1320 SPADAT  .EQ 76H
0077-            1330 PORT    .EQ 77H
                 1340 *--------
                 1350         .OR 000H
                 1360         .TA 800H
0000- 44 00      1370         JMP INIT
                 1380 *--------
                 1390 *--------
                 1400         .OR 100H
                 1410         .TA 900H
0100- 34 0A      1420 KEIN    CALL RELSE     ;CHECK RELEASE KEY
0102- 34 15      1430 KEIN2   CALL SCAN3
0104- 26 45      1440         JNTO ENCOD1

0106- 46 3E      1450         JNT1 ENCODO
0108- 24 02      1460         JMP KEIN2
010A- BF 08      1470 RELSE   MOV R7,#$08
010C- 34 15      1480 RELSE2  CALL SCAN3
010E- EF 0C      1490         DJNZ R7,RELSE2
0110- 26 0A      1500         JNTO RELSE
0112- 46 0A      1510         JNT1 RELSE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0114- 83        1520 RELSE3 RET
                1530 *-------
0115- B8 20     1540 SCAN3   MOV R0,#LINE
0117- F0        1550         MOV A,@R0
0118- 17        1560         INC A
0119- AB        1570         MOV R3,A
011A- BC 08     1580         MOV R4,#$08
011C- DC        1590         XRL A,R4
011D- 96 21     1600         JNZ SCOUT
011F- BB 00     1610         MOV R3,#$00
0121- 23 FF     1620 SCOUT   MOV A,#$FF
0123- 39        1630         OUTL P1,A
0124- B8 20     1640         MOV R0,#LINE
0126- FB        1650         MOV A,R3
0127- A0        1660         MOV @R0,A
0128- 47        1670         SWAP A
0129- 53 7F     1680         ANL A,#$7F
012B- 3A        1690         OUTL P2,A
012C- 53 F0     1700         ANL A,#$F0
012E- 47        1710         SWAP A
012F- B8 21     1720         MOV R0,#DISBUF
0131- 68        1730         ADD A,R0
0132- A8        1740         MOV R0,A
0133- F0        1750         MOV A,@R0
0134- 37        1760         CPL A
0135- 39        1770         OUTL P1,A
0136- 34 39     1780         CALL DLY
0138- 83        1790         RET      ;RET FOR SCAN3
                1800 *--------
0139- BD 0F     1810 DLY     MOV R5,#$0F
013B- ED 3B     1820 DLY1    DJNZ R5,DLY1
013D- 83        1830         RET   ;RET FOR DLY
                1840 *--------
013E- B8 20     1850 ENCOD0 MOV R0,#LINE
0140- F0        1860         MOV A,@R0
0141- 03 08     1870         ADD A,#$08
0143- 24 48     1880         JMP ENCOD
0145- B8 20     1890 ENCOD1 MOV R0,#LINE
0147- F0        1900         MOV A,@R0
0148- B8 27     1910 ENCOD   MOV R0,#KEREG
014A- 07        1920         DEC A
014B- 07        1930         DEC A
014C- 07        1940         DEC A
014D- 07        1950         DEC A
014E- A0        1960         MOV @R0,A
014F- 83        1970         RET
0150- 3F 06 5B
0153- 4F 66 6D
0156- 7D 07 7F
0159- 6F 3F 06
015C- 5B 4F 66
015F- 6D 7D 07
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0162- 7F           TBL     .HS 3F065B4F666D7D077F6F3F065B4F666D7D
                   *-------       ----------*
                   *
                   *-------------
                   *       SHIF
                   *--------------------------------
                   *
0163- B9 22        SHIF    MOV R1,#DISBUF+1
0165- F1                   MOV A,@R1
0166- B9 21                MOV R1,#DISBUF+0
0168- A1                   MOV @R1,A
0169- B9 23                MOV R1,#DISBUF+2
016B- F1                   MOV A,@R1
016C- B9 22                MOV R1,#DISBUF+1
016E- A1                   MOV @R1,A
016F- B9 24                MOV R1,#DISBUF+3
0171- F1                   MOV A,@R1
0172- B9 23                MOV R1,#DISBUF+2
0174- A1                   MOV @R1,A
0175- B8 27                MOV R0,#KEREG
0177- F0                   MOV A,@R0
0178- 03 50                ADD A,#TBL
017A- A3                   MOVP A,@A
017B- B9 24                MOV R1,#DISBUF+3
017D- A1                   MOV @R1,A
017E- 93                   RETR
                   *-----------------------
017F- B9 63        SCODE   MOV R1,#NCODE+1
0181- F1                   MOV A,@R1
0182- B9 62                MOV R1,#NCODE+0
0184- A1                   MOV @R1,A
0185- B9 64                MOV R1,#NCODE+2
0187- F1                   MOV A,@R1
0188- B9 63                MOV R1,#NCODE+1
018A- A1                   MOV @R1,A
018B- B9 27                MOV R1,#KEREG
018D- F1                   MOV A,@R1
018E- B9 64                MOV R1,#NCODE+2
0190- A1                   MOV @R1,A
0191- 83                   RET
                   *-------------
                   *  CLEAR
                   *--------------------------------
0192- B8 21        CLEAR   MOV R0,#DISBUF
0194- BB 08                MOV R3,#8
0196- F9           JJ      MOV A,R1
0197- A3                   MOVP A,@A
0198- A0                   MOV @R0,A
0199- 18                   INC R0
019A- 19                   INC R1
019B- EB 96                DJNZ R3,JJ
019D- 93                   RETR
                   *-------------------------------
                   *
                   *
                   *-------
                   *-------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
019E- 73 73 40
01A1- 6D 08 08 2550 DEL     .HS 7373406D0808
01A4- 79 50 50
01A7- 08       2560 BAKERR .HS 79505008
01A8- 08 08 08
01AB- 08 08 08 2570 TEST    .HS 080808080808
01AE- 79 50 50
01B1- 08       2580 DIF     .HS 79505008
01B2- 3F 72 79
01B5- 50       2585 OVER    .HS 3F727950
               2590 *---------------------------
               2600         .OR 003H
               2610         .TA 803H
0003- 23 80    2620         MOV A,#80H
0005- 3A       2630         OUTL P2,A
0006- B8 00    2640         MOV R0,#00H
0008- 23 00    2650         MOV A,#00H
000A- 90       2660         MOVX @R0,A
000B- B9 B2    2670         MOV R1,#OVER
000D- 34 92    2680         CALL CLEAR
000F- 34 00    2682 ERR     CALL KEIN
0011- 04 0F    2683         JMP ERR
               2684 *---
               2685 *---
               2690         .OR 200H
               2700         .TA 0A00H
0200- B9 9E    2710 INIT    MOV R1,#DEL
0202- 34 92    2720         CALL CLEAR
0204- 23 80    2730 LOWV    MOV A,#80H
0206- 3A       2740         OUTL P2,A
0207- B8 00    2750         MOV R0,#00H
0209- 23 00    2760         MOV A,#00H
020B- 90       2770         MOVX @R0,A
               2780 *-----------------------
               2790 *      KEY CHECK
               2800 *-----------------------------------------
020C- 34 00    2810 REPP    CALL KEIN     ;CHACK KEY
020E- D3 0A    2820         XRL A,#0AH
0210- C6 14    2830         JZ  SETVOL    ;= TO SET
0212- 44 0C    2840         JMP REPP      ;<>REPEAT
               2850 *
               2860 *
0214- B9 A9    2870 SETVOL  MOV R1,#TEST  ;CLEAR BUF
0216- 34 92    2880         CALL CLEAR
0218- BD 05    2890         MOV R5,#5
021A- B8 62    2900         MOV R0,#NCODE ;CLER CODE
021C- 23 00    2910 MM      MOV A,#00
021E- A0       2920         MOV @R0,A
021F- 18       2930         INC R0
0220- ED 1C    2940         DJNZ R5,MM
               2950 *
               2960 *
0222- 23 80    2970         MOV A,#80H
0224- 3A       2980         OUTL P2,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0225- B8 00     2990          MOV R0,#00H
0227- 23 00     3000          MOV A,#00H
0229- 90        3010          MOVX @R0,A
                3020 *
                3030 *
022A- 34 00     3040          CALL  KEIN     ;SCAN 1
022C- AF        3050          MOV R7,A
022D- D3 0A     3060          XRL A,#0AH
022F- C6 60     3070          JZ   POINT     ;IF=.GO POINT
                3080 *
                3090 *
0231- FF        3100          MOV A,R7       ;COMPEAR = B
0232- D3 0B     3110          XRL A,#0BH     ;TO TOUCH
0234- C6 5A     3120          JZ   TOUCH
                3130 *
                3140 *
0236- FF        3150          MOV A,R7       ;POSIT KEY
0237- 34 7F     3160          CALL SCODE
0239- 34 63     3170          CALL SHIF
                3180 *
                3190 *
023B- 34 00     3200          CALL KEIN      ;MAKE SCAN2
023D- AF        3210          MOV  R7,A      ; IF=KEYT EN
023E- D3 0B     3220          XRL A,#0BH     ;TER ?
0240- C6 7A     3230          JZ   KEYV      ;= TO SET
                3240 *
                3250 *
0242- FF        3260          MOV  A,R7
0243- D3 0A     3270          XRL A,#0AH     ;IF =.
0245- C6 60     3280          JZ   POINT     ;= TO SET
                3290 *
0247- FF        3300          MOV A,R7       ;KEY
0248- 34 7F     3310          CALL SCODE     ;NUMBER KEY
024A- 34 63     3320          CALL SHIF
                3330 *-------
                3340 *-------
024C- 34 00     3350          CALL KEIN      ;SCAN 3
024E- AF        3360          MOV  R7,A
024F- D3 0B     3370          XRL A,#0BH     ;IF = ENTER
0251- C6 7A     3380          JZ   KEYV      ;= TO SET
                3390 *
                3400 *
0253- FF        3410 XX       MOV A,R7      ;COMPEAR = A
0254- D3 0A     3420          XRL A,#0AH     ;TO TOUCH
0256- 96 5A     3430          JNZ TOUCH
                3440 *
0258- 44 60     3450          JMP POINT
025A- B9 A4     3460 TOUCH    MOV R1,#BAKERR
025C- 34 92     3470          CALL CLEAR     ;PUT TO BUFFER
025E- 44 04     3480          JMP  LOWV
                3490 *-------
0260- B8 24     3500 POINT    MOV R0,#DISBUF+3 ;PUT.STOP
0262- F0        3510          MOV A,@R0      ;IN BUFF
0263- BC 80     3520          MOV  R4,#80H
0265- 4C        3530          ORL  A,R4
0266- A0        3540          MOV  @R0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0267- 34 00               CALL KEIN        ;SCAN4 NUM
0269- AF                  MOV R7,A         ;OPEN CODE
026A- D3 0A               XRL A,#0AH
026C- C6 5A               JZ   TOUCH       ;IF .GO
026E- FF                  MOV A,R7
026F- D3 0B               XRL A,#0BH       ;IF RETURN
0271- C6 5A               JZ  TOUCH
0273- FF                  MOV A;R7
0274- 34 7F               CALL SCODE       ;NUMBER KEY
0276- 34 63               CALL SHIF
0278- 44 8A               JMP A
027A- B8 24        KEYV   MOV R0,#DISBUF+3
027C- F0                  MOV A,@R0
027D- B9 80               MOV R1,#80H
027F- 49                  ORL A,R1
0280- A0                  MOV @R0,A
0281- B9 27               MOV R1,#KEREG
0283- 23 00               MOV A,#0
0285- A1                  MOV @R1,A
0286- 34 7F               CALL SCODE
0288- 34 63               CALL SHIF
                   A
                   *-------
028A- B9 63        GEM    MOV R1,#NCODE+1
028C- F1                  MOV A,@R1
028D- 47                  SWAP A
028E- AF                  MOV R7,A
028F- B8 64               MOV R0,#NCODE+2
0291- F0                  MOV A,@R0
0292- 6F                  ADD A,R7
0293- B9 66               MOV R1,#NKEY+1
0295- A1                  MOV @R1,A
0296- B9 71               MOV R1,#DKEY+1
0298- A1                  MOV @R1,A
0299- B9 62               MOV R1,#NCODE+0
029B- F1                  MOV A,@R1
029C- B8 65               MOV R0,#NKEY
029E- A0                  MOV @R0,A
029F- B8 70               MOV R0,#DKEY
02A1- A0                  MOV @R0,A
                   *-------------------

02A2- 84 00        LUM    JMP CONBIN
                          .OR 400H
                          .TA 0C00H
                   *-----------------------
0400- BC 08        CONBIN MOV R4,#8
0402- 97           LOOP   CLR C
0403- B8 65               MOV R0,#NKEY
0405- F0                  MOV A,@R0
0406- 67                  RRC A
0407- 37                  CPL A
0408- 72 0F               JB3 T1
040A- 37                  CPL A
040B- 03 FD               ADD A,#0FDH
040D- 84 10               JMP TR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
040F- 37        4110 T1     CPL  A
0410- A0        4120 TR     MOV  @R0,A
0411- B9 66     4130        MOV  R1,#NKEY+1
0413- F1        4140        MOV  A,@R1
0414- 67        4150        RRC  A
0415- AB        4160        MOV  R3,A
0416- F7        4170        RLC  A
0417- AD        4180        MOV  R5,A
0418- FB        4190        MOV  A,R3
0419- 37        4200        CPL  A
041A- F2 21     4210        JB7  T2
041C- 37        4220        CPL  A
041D- 03 D0     4230        ADD  A,#0D0H
041F- 84 22     4240        JMP  PL
0421- 37        4250 T2     CPL  A
0422- 37        4260 PL     CPL  A
0423- 72 2A     4270        JB3  T3
0425- 37        4280        CPL  A
0426- 03 FD     4290        ADD  A,#0FDH
0428- 84 2B     4300        JMP  PO
042A- 37        4310 T3     CPL  A
042B- A1        4320 PO     MOV  @R1,A
042C- FD        4330        MOV  A,R5
042D- 67        4340        RRC  A
042E- B8 69     4350        MOV  R0,#REBCD
0430- F0        4360        MOV  A,@R0
0431- 67        4370        RRC  A
0432- A0        4380        MOV  @R0,A
0433- EC 03     4390        DJNZ R4,LOOP
                4400 *-------------------------------
0435- B8 69     4410        MOV  R0,#REBCD  ;SAVE BCD
0437- F0        4420        MOV  A,@R0
                4430 *-----
0438- AA        4440        MOV  R2,A
0439- D3 00     4450        XRL  A,#00H
043B- C6 45     4460        JZ   R
043D- 97        4470        CLR  C
043E- FA        4480        MOV  A,R2
043F- 37        4490        CPL  A
0440- 17        4500        INC  A
0441- 03 C8     4510        ADD  A,#0C8H    ;COPEAR 150
0443- E6 96     4520        JNC  GG
                4530 *----------
0445- B8 69     4540 R      MOV  R0,#REBCD  ;OUT TO DAC
0447- F0        4550        MOV  A,@R0
0448- AA        4560        MOV  R2,A       ;SAVE A
                4570 *      IN   A,P2
                4580 *      MOV  R0,#PORT   ;SAVE STATUS
                4590 *      MOV  @R0,A
0449- 23 80     4600        MOV  A,#80H     ;OUT P2 B7.4
044B- 3A        4610        OUTL P2,A       ;SET P2
044C- B8 00     4620        MOV  R0,#00H
044E- FA        4630        MOV  A,R2       ;RETURN
044F- 97        4640        CLR  C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0450- 37        4650          CPL A
0451- 17        4660          INC A
0452- 03 64     4670          ADD A,#64H
0454- E6 5B     4680          JNC SS
0456- FA        4690          MOV A,R2
0457- 03 01     4700          ADD A,#01H
0459- 84 5E     4710          JMP DO
045B- FA        4720 SS       MOV A,R2
045C- 03 00     4730          ADD A,#00H
045E- 90        4740 DO       MOVX @R0,A
                4750 *-------
                4760 *-------
045F- B9 75     4770          MOV R1,#INDATA ;CHV+2 CMP
0461- F1        4780          MOV A,@R1
0462- 97        4790          CLR C
0463- 37        4800          CPL A
0464- 17        4810          INC A
0465- 6D        4820          ADD A,R5
0466- E6 86     4830          JNC DECSTEP
                4840 *---
                4850 *---
0468- B8 74     4860          MOV R0,#CHAKVOL
046A- F0        4870          MOV A,@R0
                4880 *        DEC A
046B- 07        4890          DEC A
046C- AD        4900          MOV R5,A
046D- B9 75     4910          MOV R1,#INDATA ;SPADAT+2CMP
   ;INDATA
046F- F1        4920          MOV A,@R1
0470- 97        4930          CLR C
0471- 37        4940          CPL A
0472- 17        4950          INC A
0473- 6D        4960          ADD A,R5
0474- F6 78     4970          JC INCOUT
0476- 84 94     4980          JMP BAKST
0478- B8 76     4990 INCOUT   MOV R0,#SPADAT
047A- F0        5000          MOV A,@R0
047B- AE        5010          MOV R6,A
047C- 97        5020          CLR C
047D- 37        5030          CPL A
047E- 17        5040          INC A
047F- 03 CB     5050          ADD A,#0CBH     ;CMP STEP
0481- E6 94     5060          JNC BAKST
0483- 1E        5070          INC R6
0484- 84 8F     5080          JMP BAK2
0486- B8 76     5090 DECSTEP  MOV R0,#SPADAT
0488- F0        5100          MOV A,@R0
0489- AE        5110          MOV R6,A
048A- 43 00     5120          ORL A,#0        ;CMP LOW STEP
048C- C6 94     5130          JZ  BAKST
048E- CE        5140          DEC R6
048F- FE        5150 BAK2     MOV A,R6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0490- A0        5160            MOV @R0,A
0491- B9 00     5170            MOV R1,#DAC   ;OUTLTO ADC
0493- 91        5180            MOVX  @R1,A
0494- 44 0C     5190 BAKST      JMP REPP
                5200 *--
                5210 *--
0496- B9 AE     5220 GG         MOV R1,#DIF
0498- 34 92     5230            CALL CLEAR
049A- 44 04     5240            JMP LOWV
                5250            .EN
```

SYMBOL TABLE

```
028A- A
0001- ADC
048F- BAK2
01A4- BAKERR
0494- BAKST
0074- CHAKVOL
0192- CLEAR
005D- CONBF1
0400- CONBIN
005B- CONBUF
045E- DO
0000- DAC
0059- DECBUF
0486- DECSTEP
019E- DEL
01AE- DIF
0022- DIGIT1
0023- DIGIT2
0024- DIGIT3
0025- DIGIT4
0026- DIGIT5
0021- DISBUF
0070- DKEY
0139- DLY
013B- DLY1
0148- ENCOD
013E- ENCOD0
0145- ENCOD1
000F- ERR
0028- FUNSTA
028A- GEM
0496- GG
0073- H
002A- INBUF0
002B- INBUF1
002C- INBUF2
002D- INBUF3
0478- INCOUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(       INDATA
0200-  INIT
0196-  JJ
0100-  KEIN
0102-  KEIN2
0027-  KEREG
027A-  KEYV
0020-  LINE
0402-  LOOP
02A2-  LOW
0204-  LOWV
0061-  MEMHI
0060-  MEMLO
021C-  MM
0062-  NCODE
0065-  NKEY
0029-  OUTRGO
01B2-  OVER
0422-  PL
042B-  PO
0260-  POINT
0077-  PORT
0445-  R
0069-  REBCD
010A-  RELSE
010C-  RELSE2
0114-  RELSE3
020C-  REPP
0115-  SCAN3
017F-  SCODE
0121-  SCOUT
0214-  SETVOL
0163-  SHIF
0076-  SPADAT
045B-  SS
040F-  T1
0421-  T2
042A-  T3
0150-  TBL
01A8-  TEST
025A-  TOUCH
0410-  TR
0253-  XX

0000 ERRORS IN ASSEMBLY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 วิธีการใช้งานเครื่อง programmable power supply

ขณะเมื่อเปิดเครื่อง programmable power supply จะแสดงตัวอักษร PP-Sออกทาง 7- Segment และจะไม่มีแรงดันออกมาทางเอาท์พุท คือมีค่าเท่ากับ 0 volt เครื่องจะรอรับการกดคีย์ จากผู้ใช้โดยจะรับเฉพาะ key set ถ้ามีการกดคีย์อื่น ๆ เครื่องจะไม่รับรู้

เมื่อกดคีย์ set แล้ว เครื่องจะแสดง ออกทาง 7 Segment ถึงตอนนี้ผู้ใช้ก็กดตัวเลขที่คีย์บอร์ดเท่ากับจำนวนแรงดันที่ต้องการ โดยเครื่อง จะรับค่าหลักหน่วย 2 หลัก และทศนิยมอีก 1 ตำแหน่ง เช่น สมมุติว่า ถ้าต้องการกด 15.9 เราก็กด key 1, key 5, key . ; key 9 ตามลำดับ เมื่อเครื่องรับค่าจนถึงทศนิยม 1 ตำแหน่งแล้ว เครื่องก็จะจ่ายแรงดันตามที่ display แสดงอยู่ ซึ่งก็เป็นการเสร็จสิ้นการ set ค่า นอกจากการนับจากทศนิยม 1 ตำแหน่งแล้ว เช่น ถ้าเราไม่ต้องการทศนิยม เช่นว่าเราต้องการ set ค่า 5 volts เราก็สามารถจะทำได้ดังนี้คือ กด key 5, key en ซึ่งเครื่องจะทำการเติมค่าทศนิยมให้ 1 ตำแหน่ง แต่ค่าทศนิยมตำแหน่งนี้จะเท่ากับ 0 ซึ่งก็จะนำ แสดงออกทางจอภาพเป็น 5.0 volts และเครื่องก็จะส่งแรงดัน 5 volts นี้ไปทางเอาท์พุท (output) ของ programmable power supply

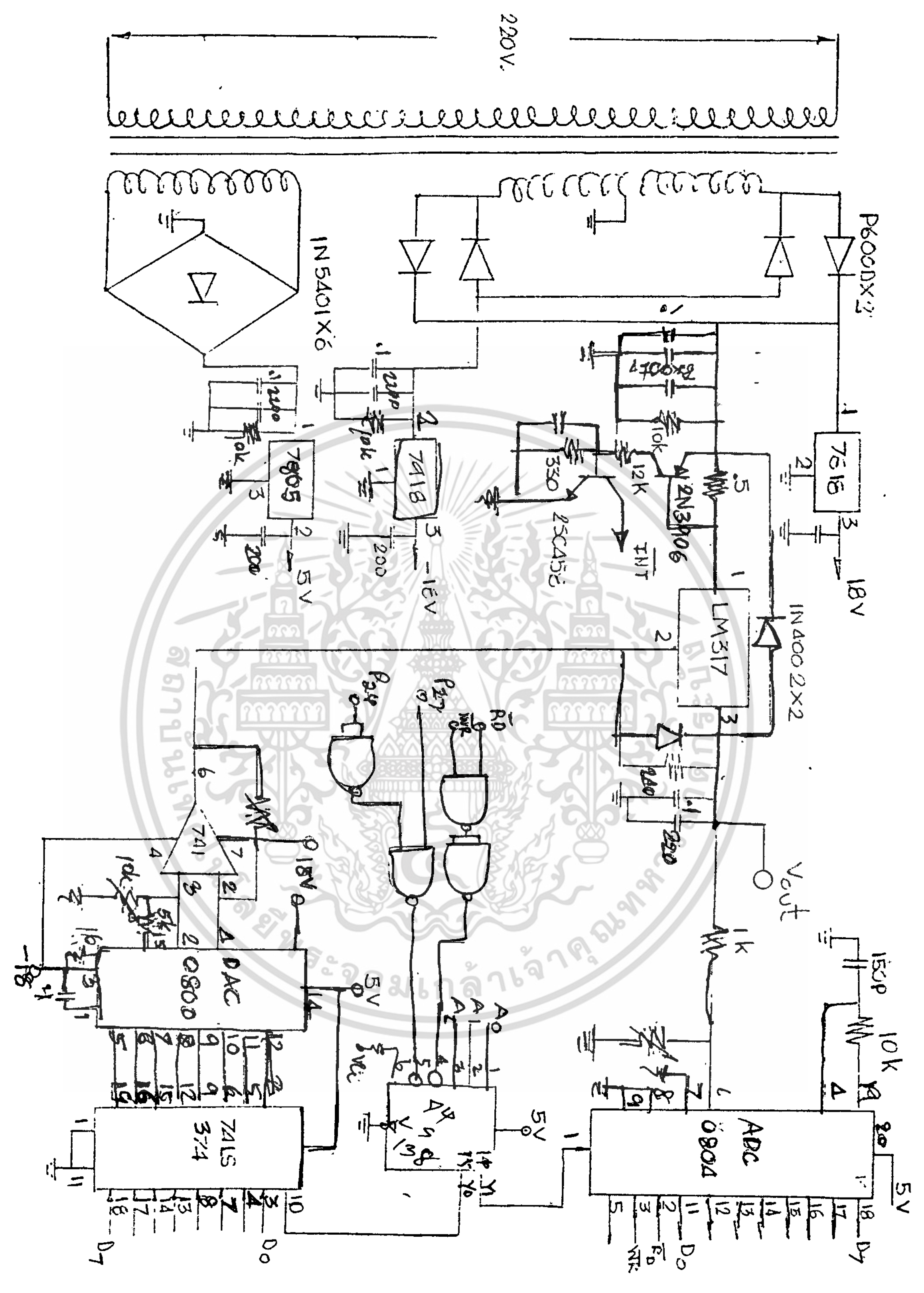
ในกรณีที่เราต้องการแรงดันออกเป็นทศนิยม เช่นต้องการ 0.5 volts เราก็สามารถกด key 0, key ., key 5 หรือกดคีย์ดังนี้ key . ; key 5 ก็จะได้ output เหมือนกันทั้งสองประการคือ 0.5 volt ทางเอาท์พุท

ในกรณีที่ผู้ใช้กดเลขหลักหน่วยมากกว่า 2 หลัก เครื่องจะทำการฟ้องโดยการ display คำว่า Err- ออกทาง 7 Segmant ในกรณีผู้ใช้สามารถที่จะกดคีย์ set เพื่อทำการ set ค่าใหม่ได้ทันที หรืออาจจะใช้ปุ่ม reset ของระบบเครื่องก็จะขึ้น PP-S เหมือนอธิบายมาแล้ว เพื่อรอการรับคีย์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีกดทศนิยมซ้ำกัน 2 ครั้ง เครื่องก็จะฟ้องว่า Err- ออกทางหน้าจอเช่นกัน คือ แสดงว่าการกดผิดพลาดเราก็สามารถทำการ set ค่าใหม่ โดยกดคีย์ set ใหม่ เครื่องก็จะแสดง display ------- ออกทาง 7 Segmant ผู้ใช้ก็สามารถ กดค่าแรงดันใหม่ได้

ในกรณีที่ผู้ใช้กดแรงดันเกิน 20 volt เครื่องก็จะทำการแสดงค่า Err - ให้เห็นทาง 7 Segmant



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ จัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ทางอีเล็คโทรนิคส์ที่ประยุกต์ขึ้นมาใหม่ชนิดหนึ่ง เพราะโดยทั่วไปตามท้องตลาด Regulator จะเป็นแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป ในการปรับแรงดันเอาท์พุท จะใช้มือปรับให้ได้แรงดันเอาท์พุทตามที่ต้องการ แต่ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์นี้เราเพียงแต่กดคีย์บอร์ด ก็จะได้แรงดันเอาท์พุทตามที่ต้องการ ความถูกต้องของแรงดันเอาท์พุทจะสูงกว่า Regulator ทั่ว ๆ ไป

จากการที่กล่าวมาจากข้างต้นแล้วว่า ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ยังไม่แพร่หลาย ดังนั้นในการประดิษฐ์ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ขึ้นมา จึงมีอุปสรรคบางประการ เช่น การหาข้อมูลอ้างอิง ตลอดจนอุปกรณ์การสร้าง

เนื่องด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรนั้น จะต้องมีคุณภาพที่ดีพอแต่ดังที่ทราบกันอยู่ว่า ประเทศของเรานั้นเทคโนโลยีทางด้านอีเล็คโทรนิคส์นั้นยังไม่เจริญพอ ทำให้อุปกรณ์บางตัวไม่ได้มาตรฐานเป็นผลทำให้การทดลองมีความยุ่งยากเพราะผลที่ได้ไม่เป็นไปตามทฤษฎี ตลอดจนอุปกรณ์บางตัวในท้องตลาดหายากมาก จึงทำให้เกิดความล่าช้า

แต่อย่างไรก็ตาม ชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ก็สามารถสร้างขึ้นมาจนสำเร็จ ประสิทธิภาพจัดได้ว่าอยู่ในขั้นที่สามารถยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For complete data sheet, including Operation and Applications In formation, contact:
Literature Distribution Center
P.O. Box 20912
Phoenix, Arizona 85036

LM117
LM217
LM317

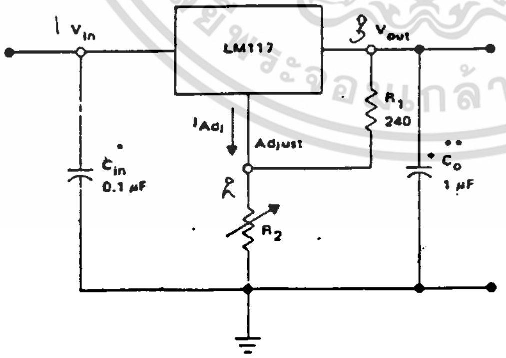
3-TERMINAL ADJUSTABLE OUTPUT POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

The LM117/217/317 are adjustable 3-terminal positive voltage regulators capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. These voltage regulators are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, they employ internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making them essentially blow-out proof.

The LM117 series serve a wide variety of applications including local, on card regulation. This device also makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM117 series can be used as a precision current regulator.

- Output Current in Excess of 1.5 Ampere in TO-3 and TO-220 Packages
- Output Current in Excess of 0.5 Ampere in TO-39 Package
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe-area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Standard 3-lead Transistor Packages
- Eliminates Stocking Many Fixed Voltages

STANDARD APPLICATION



* = C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** = C_O is not needed for stability, however it does improve transient response.

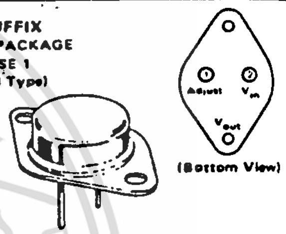
$$V_{out} = 1.25\ V\ (1 + \frac{R_2}{R_1}) + I_{Adj}\ R_2$$

Since I_{Adj} is controlled to less than 100 µA, the error associated with this term is negligible in most applications.

3-TERMINAL ADJUSTABLE POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

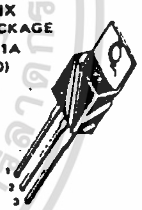
SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

K SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 1
(TO-3 Type)



Pins 1 and 2 electrically isolated from case. Case is third electrical connection.

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A
(TO-220)

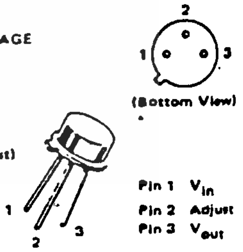


Pin 1 Adjust
Pin 2 V_{out}
Pin 3 V_{in}

Heatsink surface connected to Pin 2

H SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 79
(TO-39)

(Case is output)



Pin 1 V_{in}
Pin 2 Adjust
Pin 3 V_{out}

ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
LM117H	T_J = -55°C to +150°C	Metal Can
LM117K	T_J = -55°C to +150°C	Metal Power
LM217H	T_J = -25°C to +150°C	Metal Can
LM217K	T_J = -25°C to +150°C	Metal Power
LM317H	T_J = 0°C to +125°C	Metal Can
LM317K	T_J = 0°C to +125°C	Metal Power
LM317T	T_J = 0°C to +125°C	Plastic Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM117, LM217, LM317 (continued)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	V_I-V_O	40	Vdc
Power Dissipation	P_D	Internally Limited	
Operating Junction Temperature Range	T_J		°C
LM117		−55 to +150	
LM217		−25 to +150	
LM317		0 to +125	
Storage Temperature Range	T_{stg}	−65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_I - V_O = 5$ V; $I_O = 0.5$ A for K and T packages; $I_O = 0.1$ A for H package; $T_J = T_{low}$ to T_{high} [see Note 1]; I_{max} and P_{max} per Note 2; unless otherwise specified.)

Characteristic	Symbol	LM117/217 Min	LM117/217 Typ	LM117/217 Max	LM317 Min	LM317 Typ	LM317 Max	Unit
Line Regulation (Note 3) $T_A = 25°C$, $3\ V \le V_I - V_O \le 40\ V$	Reg_{line}	–	0.01	0.02	–	0.01	0.04	%/V
Load Regulation (Note 3) $T_A = 25°C$, $10\ mA \le I_O \le I_{max}$	Reg_{load}							
$V_O \le 5$ V		–	5	15	–	5	25	mV
$V_O \ge 5$ V		–	0.1	0.3	–	0.1	0.5	% V_O
Adjustment Pin Current	I_{Adj}	–	50	100	–	50	100	µA
Adjustment Pin Current Change $2.5\ V \le V_I - V_O \le 40\ V$, $10\ mA \le I_L \le I_{max}$, $P_D \le P_{max}$	ΔI_{Adj}	–	0.2	5	–	0.2	5	µA
Reference Voltage (Note 4) $3\ V \le V_I - V_O \le 40\ V$, $10\ mA \le I_O \le I_{max}$, $P_D \le P_{max}$	V_{ref}	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation (Note 3) $3\ V \le V_I - V_O \le 40\ V$	Reg_{line}	–	0.02	0.05	–	0.02	0.07	%/V
Load Regulation (Note 3) $10\ mA \le I_O \le I_{max}$	Reg_{load}							
$V_O \le 5$ V		–	20	50	–	20	70	mV
$V_O \ge 5$ V		–	0.3	1	–	0.3	1.5	% V_O
Temperature Stability ($T_{low} \le T_J \le T_{high}$)	T_S	–	0.7	–	–	0.7	–	% V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation ($V_I - V_O = 40$ V)	I_{Lmin}	–	3.5	5	–	3.5	10	mA
Maximum Output Current	I_{max}							A
$V_I - V_O \le 15$ V, $P_D \le P_{max}$ K and T Packages		1.5	2.2	–	1.5	2.2	–	
H Package		0.5	0.8	–	0.5	0.8	–	
$V_I - V_O = 40$ V, $P_D \le P_{max}$, $T_A = 25°C$ K and T Packages		0.25	0.4	–	0.15	0.4	–	
H Package		–	0.07	–	–	0.07	–	
RMS Noise, % of V_O $T_A = 25°C$, $10\ Hz \le f \le 10\ kHz$	N	–	0.003	–	–	0.003	–	% V_O
Ripple Rejection, $V_O = 10$ V, $f = 120$ Hz (Note 5)	RR							dB
Without C_{ADJ}		–	65	–	–	65	–	
$C_{ADJ} = 10\ \mu F$		66	80	–	66	80	–	
Long Term Stability, $T_J = T_{high}$ (Note 6) $T_A = 25°C$ for Endpoint Measurements	S	–	0.3	1	–	0.3	1	%/1.0k Hrs
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$							°C/W
H Package (TO-39)		–	12	15	–	12	15	
K Package (TO-3)		–	2.3	3	–	2.3	3	
T Package (TO-220)		–	–	–	–	5	–	

NOTES:

(1) T_{low} = −55°C for LM117; T_{high} = +150°C for LM117
= −25°C for LM217; = +150°C for LM217
= 0°C for LM317; = +125°C for LM317

(2) I_{max} = 1.5 A for K (TO-3) and T (TO-220) Packages
= 0.5 A for H (TO-39) Package
P_{max} = 20 W for K (TO-3) and T (TO-220) Packages
= 2 W for H (TO-39) Package

(3) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

(4) Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

(5) C_{ADJ}, when used, is connected between the adjustment pin and ground.

(6) Since Long Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

BASIC CIRCUIT OPERATION

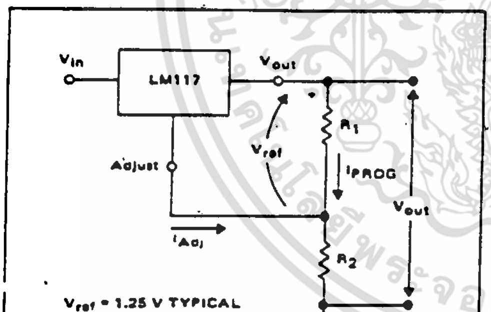
The LM117 is a 3-terminal floating regulator. In operation, the LM117 develops and maintains a nominal 1.25 volt reference (V_{ref}) between its output and adjustment terminals. This reference voltage is converted to a programming current (I_{PROG}) by R1 (see Figure 1), and this constant current flows through R2 to ground. The regulated output voltage is given by:

$$V_{out} = V_{ref}\left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{Adj}\,R2$$

Since the current from the adjustment terminal (I_{Adj}) represents an error term in the equation, the LM117 was designed to control I_{Adj} to less than 100 μA and keep it constant. To do this, all quiescent operating current is returned to the output terminal. This imposes the requirement for a minimum load current. If the load current is less than this minimum, the output voltage will rise.

Since the LM117 is a floating regulator, it is only the voltage differential across the circuit which is important to performance, and operation at high voltages with respect to ground is possible.

FIGURE 1 — BASIC CIRCUIT CONFIGURATION



LOAD REGULATION

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation, but a few precautions are needed to obtain maximum performance. For best performance, the programming resistor (R1) should be connected as close to the regulator as possible to minimize line drops which effectively appear in series with the reference, thereby degrading regulation. The ground end of R2 can be returned near the load ground to provide remote ground sensing and improve load regulation.

EXTERNAL CAPACITORS

A 0.1 μF disc or 1 μF tantalum input bypass capacitor (C_{in}) is recommended to reduce the sensitivity to input line impedance.

The adjustment terminal may be bypassed to ground to improve ripple rejection. This capacitor (C_{ADJ}) prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. A 10 μF capacitor should improve ripple rejection about 15dB at 120 Hz in a 10 volt application.

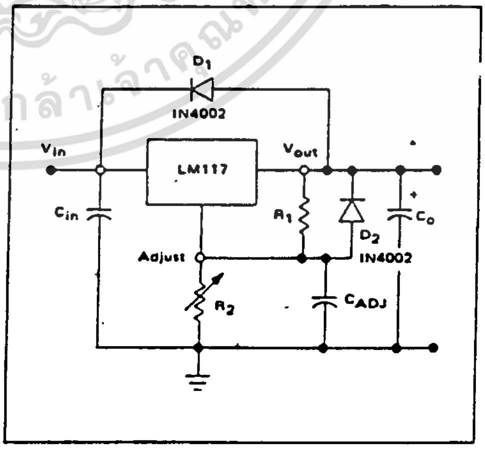
Although the LM117 is stable with no output capacitance, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. An output capacitance (C_O) in the form of a 1 μF tantalum or 25 μF aluminum electrolytic capacitor on the output swamps this effect and insures stability.

PROTECTION DIODES

When external capacitors are used with any I.C. regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator.

Figure 2 shows the LM117 with the recommended protection diodes for output voltages in excess of 25 V or high capacitance values ($C_O > 25\ \mu F$, $C_{ADJ} > 10\ \mu F$). Diode D_1 prevents C_O from discharging thru the I.C. during an input short circuit. Diode D_2 protects against capacitor C_{ADJ} discharging through the I.C. during an output short circuit. The combination of diodes D1 and D2 prevents C_{ADJ} from discharging through the I.C. during an input short circuit.

FIGURE 2 — VOLTAGE REGULATOR WITH PROTECTION DIODES

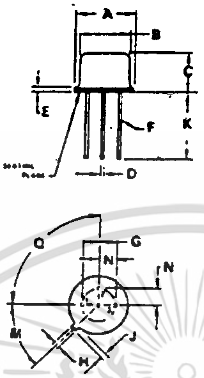


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 79
(TO-39)

$R_{\theta JA}$ = 150°C/W (Typ)

Pin 3 connected to case.

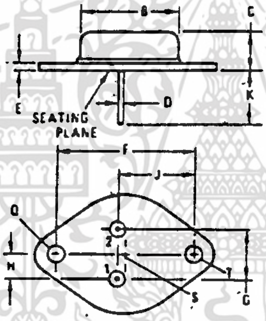


CASE 79-03
TO-39

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.02	9.30	0.355	0.366
B	8.00	8.51	0.315	0.335
C	4.19	4.57	0.165	0.180
D	0.43	0.53	0.017	0.021
E	0.43	0.89	0.017	0.035
F	0.41	0.48	0.016	0.019
G	4.83	5.33	0.190	0.210
H	0.71	0.86	0.028	0.034
J	0.74	1.02	0.029	0.040
K	12.70	–	0.500	–
M	45° NOM		45° NOM	
N	2.54 TYP		0.100 TYP	
Q	90° NOM		90° NOM	

K SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 1
(TO-3 Type)

$R_{\theta JA}$ = 35°C/W (Typ)



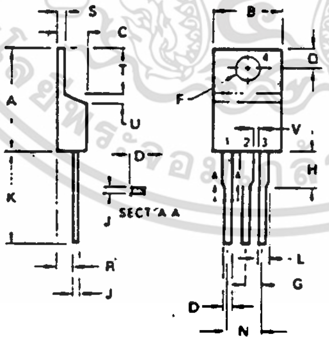
CASE 1-03
TO-3 Type

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
B	–	22.23	–	0.875
C	6.35	11.43	0.250	0.450
D	0.97	1.09	0.038	0.043
E	–	3.43	–	0.135
F	29.90	30.40	1.177	1.197
G	10.67	11.18	0.420	0.440
H	5.21	5.72	0.205	0.225
J	16.64	17.15	0.655	0.675
K	7.92	–	0.312	–
Q	3.84	4.09	0.151	0.161
S	–	13.34	–	0.525
T	–	4.78	–	0.188

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A
(LM... ...)
(TO-220)

$R_{\theta JA}$ = 65°C/W (Typ)

– Heatsink surface connected to center pin



CASE 221A
TO-220

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	15.11	15.75	0.595	0.620
B	9.65	10.29	0.380	0.405
C	4.06	4.82	0.160	0.190
D	0.64	0.89	0.025	0.035
F	3.61	3.73	0.142	0.147
G	2.41	2.67	0.095	0.105
H	2.79	3.30	0.110	0.130
J	0.36	0.56	0.014	0.022
K	12.70	14.27	0.500	0.562
L	1.14	1.27	0.045	0.050
N	4.83	5.33	0.190	0.210
Q	2.54	3.04	0.100	0.120
R	2.04	2.79	0.080	0.110
S	1.14	1.39	0.045	0.055
T	5.97	6.48	0.235	0.255
U	0.76	1.27	0.030	0.050
V	1.14		0.045	

THERMAL INFORMATION

The maximum power consumption an integrated circuit can tolerate at a given operating ambient temperature, can be found from the equation:

$$P_{D(T_A)} = \frac{T_{J(max)} - T_A}{R_{\theta JA}(Typ)} \geq V_I I_S - V_O I_O$$

Where: $P_{D(T_A)}$ = Power Dissipation allowable at a given operating ambient temperature.

$T_{J(max)}$ = Maximum Operating Junction Temperature as listed in the Maximum Ratings Section

T_A = Maximum Desired Operating Ambient Temperature

$R_{\theta JA}(Typ)$ = Typical Thermal Resistance Junction to Ambient

I_S = Total Supply Current

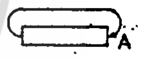
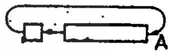
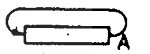
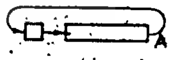
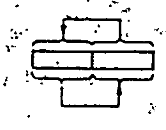
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดคำสั่ง	นีโมนิค	โอเปอร์แรนด์	จำนวนไบท์	สถานะแฟลก		ความหมาย
				C	AC	
อินพุทเอาท์พุท	ANL	PORT, -DATA	2			(PORT)←(PORT)∨DATA ทำการ AND ข้อมูลแบบอิมมิเดียทกับข้อมูลพอร์ท P1,P2 และบัส
	ANLD	EP,A	1			(EP)←(A03)∧(EP) AND ข้อมูลพอร์ทส่วนขยาย P4,P5,P6 หรือ P7 กับแอคคิวมูเลเตอร์บิท 0-3
	IN	A,PN	1			(A)←(PN) อินพุทข้อมูลจากพอร์ท P_1 หรือ P_2 มายังแอคคิวมูเลเตอร์
	IN	A,DBB				(A)←(BUS) อินพุทจาก BUS เข้ามายังแอคคิวมูเลเตอร์จากส่วนข้อมูลในบัฟเฟอร์ส่วนบัส
	INS	A,BUS				(A)←(BUS) อินพุทจาก BUS เข้ามายังแอคคิวมูเลเตอร์ด้วยพัลส์โรป
	MOVD	A,EP	1			(A03)←(EP) อินพุทข้อมูลจากพอร์ทที่ขยาย P4,P5,P6 หรือ P7 มายังแอคคิวมูเลเตอร์บิท 0-3
	MOVD	EP,A	1			(EP)←(A03) เอาท์พุทแอคคิวมูเลเตอร์บิท 0-3 ออกไปยังพอร์ทส่วนขยาย P_4,P_5,P_6 หรือ P_7
	ORL	PORT, #DATA	2			(PORT)←(PORT)∨DATA เป็นการ OR ข้อมูลอิมมิเดียทกับข้อมูลพอร์ท P_2,P_1 และบัส
	ORLD	EP,A				(EP)←(A03) ∨ (EP) OR แอคคิวมูเลเตอร์บิท 0-3 กับพอร์ทส่วนขยาย P_4,P_5,P_6 หรือ P_7
	OUT	DBB,A				(BUS)←(A) เอาท์พุทจากแอคคิวมูเลเตอร์ไปบัฟเฟอร์บัสข้อมูล
	OUTL	PORT;A				(PORT)←(A) เอาท์พุทแอคคิวมูเลเตอร์ไปยังพอร์ท P_1,P_2
คำสั่งอ้างถึงหน่วยความจำ	MOV	A,@R	1			(A)←[(R)] โหลดข้อมูลในหน่วยความจำส่วนข้อมูลที่แอดเดรสด้วย R_0 หรือ R_1 มายังแอคคิวมูเลเตอร์
	MOV	@R,A				[(R)]←(A) เก็บข้อมูลจากแอคคิวมูเลเตอร์ไปยังหน่วยความจำข้อมูลที่อ้างถึงด้วยแอดเดรสที่มาจาก R_0 หรือR_1
	MOVP	A,@A				(A)←((PCH) (A)) โหลดข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมที่แอดเดรสด้วยข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์กับบิทบนของ R
✻	MOVP 3	A,@A				(A)←((3) (A)) โหลดข้อมูลจากหน่วยความจำที่โปรแกรมที่แอดเดรสด้วย 0011 xxxxxxxx เมื่อ xxxxxxxx เป็นข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์

ชนิดคำสั่ง	นีโมนิค	โอเปอร์แรนด์	จำนวนไบท์	สถานะแฟลก		ความหมาย
				C	AC	
	MOVX	A,@R	1			(A)←((R)) โหลดข้อมูลจากภายนอกจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่แอดเดรสด้วย R_0,R_1 เข้ามาเก็บยังแอคคิวมูเลเตอร์
	MOVX	@R,A	1			((R))←(A) เก็บข้อมูลจากแอคคิวมูเลเตอร์ไปยังหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่แอดเดรสด้วย R_0,R_1
	XCH	A,@R	1			(A)←((R)) แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแอคคิวมูเลเตอร์กับข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายใน CPU ที่แอดเดรสด้วย R_0,R_1
	XCHD	A,@R	1			(A03)←((R) 03) แลกเปลี่ยนข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์บิท 0-3 กับบิท 0-3 ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่แอดเดรส โดยR_0 หรือ R_1
กลุ่มคำสั่งที่อ้างถึงหน่วยความจำโดยใช้ข้อมูลในหน่วยความจำเป็นโอเปอร์แรนด์	ADD		1	X	X	(A)←(A) + [(K)] บวกข้อมูลในซีพียูที่แอดเดรสด้วย R_0 หรือ R_1 กับแอคคิวมูเลเตอร์
	ADDC		1	X	X	(A)←(A) + [(R)] + (C) เหมือน ADD แต่บวกบิททดด้วย
	NAL		1			(A)←(A) ∧ ((R)) AND กับหน่วยความจำที่แอดเดรสที่หน่วยความจำข้อมูลด้วย R_0,R_1
	ORL		1			(A)←(A) ∨ ((R)) เหมือน ANL แต่เป็น OR
	INC		1			((R))←((R)) + 1 เพิ่มค่าหน่วยความจำข้อมูลภายในอีกหนึ่งด้วยแอดเดรสด้วยรีจิสเตอร์ R_0, R_1
	XRL		1			(A)←(A)⊻((R)) เหมือน ANL แต่เป็นEX-OR
อิมมิเดียท	MOV		2			(REG)←DATA โหลดข้อมูลเข้าไปยังรีจิสเตอร์ R_0.......R_1
	MOV		2			((R))←DATA โหลดข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายข้อมูลในซีพียูที่แอดเดรสด้วย R_0 หรือ R_1
กระโดด	JMP	ADDR	2			(PC10)←ADDR กระโดดไปยัง ADDR ภายในบล็อกเดียวกัน
	JMPP	@A	1			(PC)←(PCH) (A), (PCL)←(PCH) (A) โหลดข้อมูลจากหน่วยความจำมายังโปรแกรมเคาน์เตอร์ 8 บิทล่างโดยแอดเดรสโดยแอคคิวมูเลเตอร์กับบิทของโปรแกรมเคาน์เตอร์
	SEL	MBO	1			ทำให้บิทบนสุดของ PC = 0
	SEL	MBI	1			ทำให้บิทบนสุดของ PC = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดคำสั่ง	นีโมนิค	โอเปอร์แรนด์	จำนวนไบท์	สถานะแฟลก		ความหมาย
				C	AC	
โปรแกรมย่อย	CALL	ADDR	2			STACK←STATUS+(PC) (SP)←(SP) + 1 (PC)←ADDR เรียกโปรแกรมย่อย
	RET		1			(PC)←STACK, (SP)←(SP) -1 กลับจากโปรแกรมย่อย
	RETR		1	X	X	(PC)← STATUS STACK, (SP)←(SP) - 1
กระทำแบบอิมมี-เดียท	ADD	A,#DATA	2	X	X	(A)←(A) + DATA
	ADDC	A,#DATA	2	X	X	(A)←(A) + DATA + (C)
	ANL	A,#DATA	2			(A)←(A) ∧ DATA
	ORL	A, #DATA	2			(A)←(A) ∧ DATA
	ORL	A# DATA	2			(A)←(A) ∨ DATA
คำสั่งกระโดดตามเงื่อนไข	DJNZ	RN, ADDR8	2			(RN)←(RN) -1 ถ้า ถ้า (RN) = 0 (PCL)←ADDR8 ทำการลดค่า R_0 ถึง R_1 ลง 1 ทดสอบว่าเป็นศูนย์หรือไม่ถ้าผลลัพธ์ไม่ใช่เป็น "0" ก็ไม่มีการกระโดด
	JB	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดไปที่ ADDR 8 ถ้าบิทที่ 6 เป็น "1"
	JC	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ C = 1
	JFO	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 ทดสอบเมื่อบิทแฟลก F_0 = 1
	JFI	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 ทดสอบเมื่อแฟลก F_1 = 1
	JNC	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 ทดสอบเมื่อบิททด = 0
	JNI	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 ทดสอบเมื่อขาอินเตอร์รัพท์เป็น "0"
	JNIBF	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ IBF แฟลกเป็น "0"
	JNTO	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่ออินพุท T_0 เป็น "0"
	JN TI	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ T_1 เป็น "0"
	JNZ	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อข้อมูลใน A เป็นศูนย์
	JOBF	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ OBF เป็น "1"
	JTF	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อแฟลก timer เป็น "1"
	JTO	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ T_0 = "1"
	JTI	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อ T_1 = "1"
	SZ	ADDR 8	2			(PCL)←ADDR 8 กระโดดเมื่อข้อมูลใน A เป็นศูนย์

ชนิดคำสั่ง	นีโมนิค	โอเปอร์แรนด์	จำนวนไบท์	สถานะแฟลก		ความหมาย
				C	AC	
กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์	MOV	A, RN	1			(A)←(RN) (RN) คือรีจิสเตอร์ใดๆ
	MOV	RN, A	1			(RN)←(A) เคลื่อนย้ายข้อมูลจากแอคคิวมูเลเตอร์มายังรีจิสเตอร์
	XCH	A, RN	1			(A)↔(RN) แลกเปลี่ยนข้อมูล
การกระทำระหว่างข้อมูล	ADD	A, RN	1	X	X	(A)←(A) + (RN) เป็นการบวกระหว่างแอคคิวมูเลเตอร์กับรีจิสเตอร์ผลลัพธ์เก็บในแอคคิวมูเลเตอร์
	ADDC	A, RN	1	X	X	(A)←(A) + (RN) + (C) เป็นการบวกเมื่อคิดบิททดด้วย
	ANL	A, RN	1			(A)←(A) ∧ (RN) เป็นการ AND ทางลอจิก
	ORL	A, RN	1			(A)←(A) V (RN) เป็นการ OR ทางลอจิก
	XRL	A, RN	1			(A)←(A) EXOR (RN) เป็นการ exor ทางลอจิก
ทำงานภายใน	CLR	A	1			(A)←0 เคลียร์แอคคิวมูเลเตอร์
	CLL	A	1			(A)←(A) คอมพลีเมนท์แอคคิวมูเลเตอร์
	DAA		1			
	DEC	REG	1			(REG)←(REG) -1 ลดค่ารีจิสเตอร์ 1
	INC	REG				(REG)←(REG) + 1 เพิ่มค่าในรีจิสเตอร์อีก 1
	RL	A				หมุนแอคคิวมูเลเตอร์ทางซ้าย 
	RLC	A	1	X		หมุนแอคคิวมูเลเตอร์ผ่านบิททดทางซ้าย 
	RR	A	1			หมุนแอคคิวมูเลเตอร์ทางขวา 
	RRC	A	1	X		หมุนแอคคิวมูเลเตอร์ทางขวาผ่านบิททด 
	SEL	RBO	1			เลือกรีจิสเตอร์แบงค์ "0"
	SEL	RB1	1			เลือกรีจิสเตอร์แบงค์ 1
	SWAP	A	1			ย้ายข้อมูลใน A ส่วนบิทบนกับส่วนบิทล่างสลับที่กัน 
	DIS	TCNTI	1			ดิสเอเบิ้ลการอินเตอร์รัพท์ของวงจรตั้งเวลา
	EN	TCNTI	1			อีนาเบิ้ลวงจรตั้งเวลา
	DIS	I	1			ดิสเอเบิ้ลอินเตอร์รัพท์จากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดคำสั่ง	นีโมนิค	โอเปอร์แรนด์	จำนวนไบท์	สถานะแฟลก		ความหมาย
				C	AC	
	EN	I	1			อีนาเบิ้ลอินเตอร์รัพท์
	ENTO	CLK	1			อีนาเบิ้ลการตั้งเวลาเอ้าท์พุท
	MOV	A, T	1			A ← T อ่านจากรีจิสเตอร์วงจรตั้งเวลามายังแอคคิวมูเลเตอร์
	MOV	T, A	1			T ← A โหลดค่าจากแอคคิวมูเลเตอร์ไปยังวงจรตั้งเวลา
	STOP	A, PSW	1			หยุดการวงจรตั้งเวลา
	STRT	CNT	1			เริ่มให้วงจรนับทำงาน
	STRT	T	1			เริ่มวงจรตั้งเวลาใหม่
	CLR	S	1	O		เคลียร์ PSW
	CPL	S	1	X		คอมพลีเมนท์
	MOV	A, PSW	1	X		เคลื่อนย้ายข้อมูล PSW มายังแอคคิวมูเลเตอร์
	MOV	PSW, A	1	X		เคลื่อนย้ายข้อมูลจากแอคคิวมูเลเตอร์มายัง PSW
	NOP		1			ขยายเวลาไปหนึ่งไซเคิลคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าและคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอขอบคุณอาจารย์วิริยะ กองรัตน์ และอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จนสามารถทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้