เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TELEPHONE RECORDER

โดย

นายธเนศ กลิ่นชาติ

นายเมษา แย้มเย็น

นายสมมารถ แก้วโสธร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

008445

เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ

(AUTOMATIC TELEPHONE RECORDER)

นายธเนศ กลิ่นชาติ

นายเมษา แย้มเย็น

นายสมมารถ แก้วโสธร

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอีเลคทรอนิคส์

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่องปริญญานิพนธ์ : เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ

ชื่อผู้เขียน : นายธเนศ กลิ่นชาติ
นายเมษา แย้มเย็น
นายสมมารถ แก้วโสธร

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์สมภพ แก้วมีชัย

ปริญญานิพนธ์ : อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอีเลคทรอนิคส์

บทคัดย่อ

ในการสร้างเครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ ออกแบบโดยการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยการใช้โปรแกรมในการควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงรายละเอียดในการสร้างทางด้านตัวเครื่อง (HARDWARE) และโปรแกรมควบคุมการทำงาน (SOFTWARE)

คุณสมบัติของเครื่อง เป็นที่อำนวยความสะดวกตรวจเช็คการใช้โทรศัพท์ จำนวนครั้งที่ใช้ วัน - เวลา - เดือน เท่าไหร่ หมายเลขที่โทรออกหมายเลขอะไร และใช้เวลานานเท่าไหร่ ซึ่งความสามารถเหล่านี้จะทำให้เราสามารถประมาณค่าใช้จ่าย และการลักลอบใช้โทรศัพท์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT TITLE :	AUTOMATIC TELEPHONE RECORDER	
NAME	MR. TANAT	KINCHAD
	MR. MASA	YAMYEN
	MR. SOMMART	KAEWSOTHON
PROJECT REPORT ADVISOR :	MR. SOMPOP	KAEWMECHAI
DEPARTMENT OF :	ELECTRONICS	TECHNOLOGY
ACADEMIC YEAR :	1991	

ABSTRACT

ON THE CREATING AUTOMATIC TELEPHONE RECORDING IS DESIGNED BY MICROPROCESSOR, THAT CONTROLLED ON THIS WORKED PLAN , WHICH USED PROGRAM TO CONTROL THE MICROPROCESSOR. THIS PROJECT HAS THE MANY DETAILS THAT EXPLAIN ABOUT HARDWARE AND THE CONTROLLING PROGRAM (SOFTWARE).

QUANLITY OF AUTOMATIC TELEPHONE RECORDER HAS MORE CONVENIENT UTLITY i.e, CHECK THE USED OF TELEPHONE ,THE NUMBER OF USAGE, THE NOTATION (DATE - MONTH -TIME), TELEPHONE NUMBER AND TIME OF USAGE. THIS CAPACITY WILL HELP TO ESTIMATION THE COST AND TELEPHONE ' S DOFURTIVE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง " เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ " ต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ สมภพ แก้วมีชัย ที่ได้ให้คำแนะนำ หลักการต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่การทดลอง และยังเป็นอาจารย์ที่ควบคุมในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย พร้อมทั้งขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยแนะนำแนวทางในการทดลองเพื่อให้การทดลองบรรลุเป้าหมายที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ปัจจุบันนี้ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและด้านอื่น ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็วมากการโทรคมนาคมและการติดต่อสื่อสาร นับเป็นสื่อกลางที่มีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันไม่ว่าในวงการธุรกิจ หน่วยราชการหน่วยงานของเอกชน หรือศูนย์กลางการศึกษาใด ๆ ก็ตามโทรศัพท์นับเป็นสื่อกลางที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้เป็นอย่างมาก เพราะโทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ได้สะดวกรวดเร็ว และง่ายต่อการใช้ และยังเสียค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเทียบกับการสื่อสารระบบอื่นๆเช่นโทรพิมพ์หรือโทรเลข เป็นต้น สำหรับหน่วยงาน หรือห้างร้าน บ้านพักที่อยู่อาศัย ตลอดจนแหล่งธุรกิจ ที่มีการติดต่อกับภายนอกเป็น ประะจำจึงทำให้เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เข้ามามีบทบาท ซึ่งสามารถที่จะอำนวยความสะดวกในด้าน ตรวจเช็คการใช้โทรศัพท์ จำนวนครั้งที่ใช้ใช้วัน-เวลา-เดือน-ปีที่เท่าไหร่ หมายเลขที่โทรออกหมายเลขอะไร และจับเวลาในการใช้โทรศัพท์ ซึ่งความสามารถเหล่านี้ จะทำให้เราสามารถประมาณค่าใช้จ่ายบริษัทและการลักลอบใช้โทรศัพท์ได้

ในฉบับนี้ จะกล่าวถึง เครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นส่วนควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยเนื้อหาในนี้จะประกอบด้วย หลักการทั่วไปของโทรศัพท์ ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ บล็อกไดอะแกรม และการทำงานของเครื่อง การออกแบบวงจรตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งทั้งหมดนี้จะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของโปรเจคทั้งหมด

ในโปรเจค 2 นี้น จะเป็นการใช้ซอร์ฟแวร์ ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี ซอร์ฟแวร์ที่ใช้จะเป็นแอสแซมบี้ของ Z - 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

หลักการทั่วไปของเครื่องโทรศัพท์

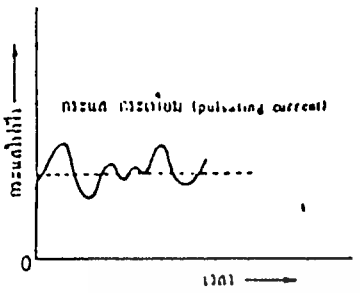
ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องโทรศัพท์ คือ เครื่องส่ง กระดิ่งขด ลวดเหนี่ยวนำและแท่งแม่เหล็กสำหรับโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก (Magnets Telephone) หน้าปัทม์สำหรับหมุนหมายเลข หรือไดอัล (Dial) ของโทรศัพท์ระบบอัตโนมัติ หลักการทำงานมีดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องส่ง (Transmitter)

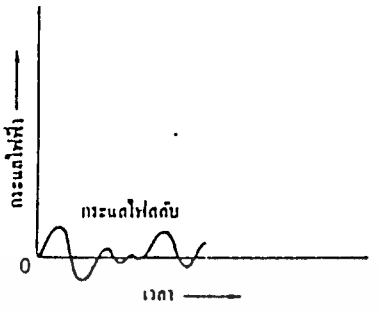
เครื่องส่งที่ใช้ในเครื่องโทรศัพท์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เครื่องส่งแบบคอนเดนเซอร์, แบบแม่เหล็ก และ แบบคาร์บอน ปัจจุบันนี้ แบบคาร์บอนเป็นที่นิยมใช้ เพราะมีประสิทธิภาพในการส่งเครื่องเสียงได้ดีกว่าชนิดอื่น

รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องส่งโทรศัพท์ รูปที่ 2.2 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อไม่มีคลื่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อมีคลื่นเสียง



รูปที่ 2.4 กระแสเสียงพูดไฟสลับที่ผ่านสายของผู้เช่า

เครื่องส่งชนิดนี้เปรียบเสมือน A.C Generator สำหรับเคลื่อนเสียงที่มี impedance ภายในเครื่องและผลิตแรงเคลื่อนขึ้นมาจำนวนหนึ่ง ส่งไปในสายซึ่งมีไฟตรงเลี้ยงอยู่ในวงจร พลังงานของคำพูดที่พูดลงบน transmitter นี้นับว่าน้อยมาก การที่จะทำให้ได้พลังงานสูงสุดก็คือต้อง matching เครื่องส่งกับความต้านทานภายในของสาย

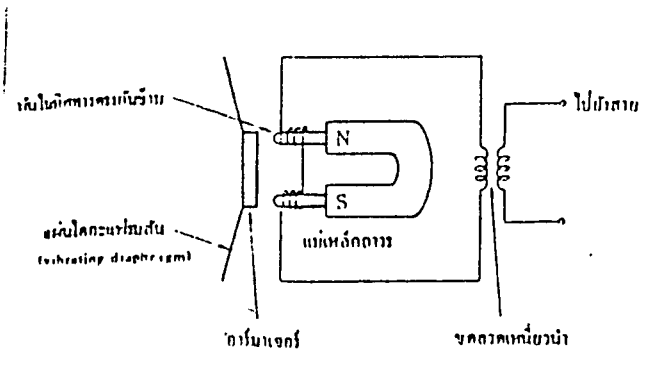
อุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเป็นเครื่องส่งชนิดนี้ จะประกอบด้วยผงถ่านคาร์บอน หนัก 0.72 กรัม บรรจุอยู่ในกล่องที่มีปริมาตร 1 ลบ.มม. และมีแผ่นไดอะแฟรมหนาประมาณ 0.5 วางอยู่หน้ากล่องผงถ่าน ความต้านทานของผงถ่านประมาณ 20-30 โอห์ม

เมื่อคลื่นเสียงกระทบแผ่นไดอะแฟรม จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ทำให้ผงถ่านเปลี่ยนค่าความต้านทานตามความหนักเบาของคลื่นเสียง จะเป็นผลทำให้กระแสในวงจรนั้นออสซิลเลทตามคลื่นเสียงนั้นผ่านออกไปทางขดลวดเหนี่ยวนำ ออกไปตามสายไปยังเครื่องรับ

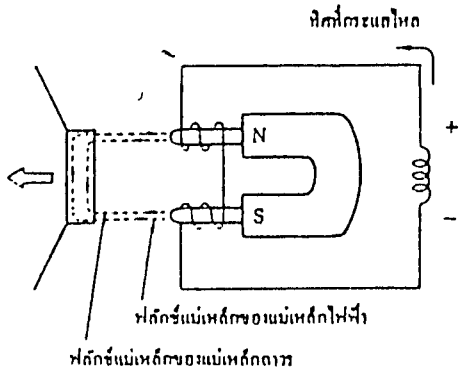
2.2 เครื่องรับ (Receiver)

หลักการของเครื่องรับก็คือ หลักการของลำโพงนั้นเอง สำหรับหูฟังที่ใช้ในเครื่องโทรศัพท์จะเป็นแบบกระทัดรัด ส่วนประกอบโดยทั่ว ๆ ไป ดังแสดงในรูป

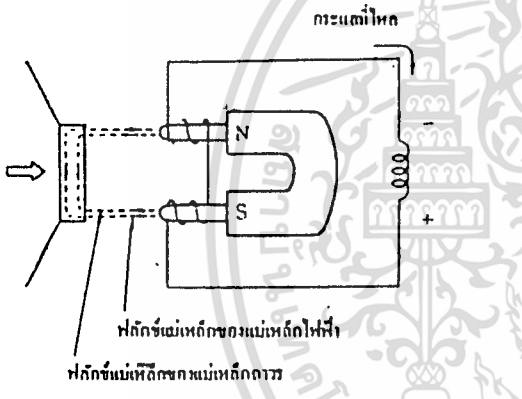
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



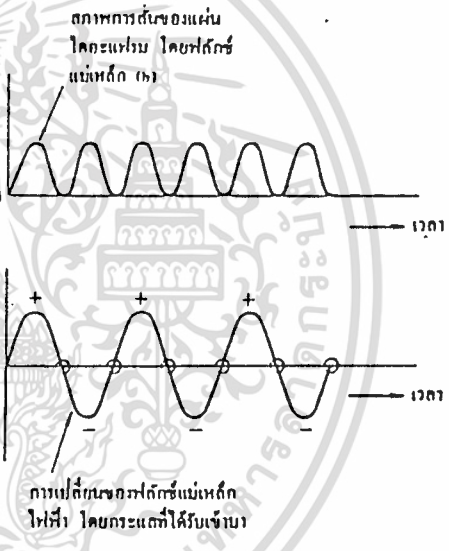
รูปที่ 2.5 แสดงส่วนต่าง ๆของเครื่องรับโทรศัพท์



รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์ (ไดอะแฟรมกำลังแยกออกจากแท่งแม่เหล็ก)



รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์ (ไดอะแฟรมกำลังถูกดึงเข้าหาแท่งแม่เหล็ก)



รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์

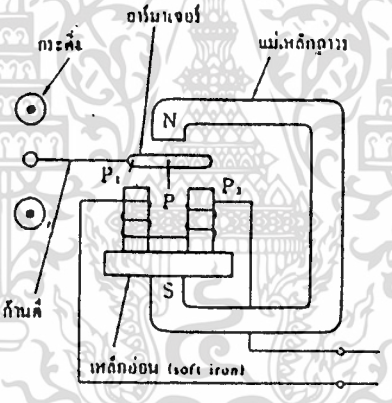
เมื่อกระแสเสียงพูด (speech current) ไหลผ่านขดลวดที่พันอยู่บนแท่งเหล็กถาวร แท่งเหล็กอ่อนก็กลายเป็นแม่เหล็ก การมีอำนาจแม่เหล็กนี้จะ "ดูด" หรือ "ผลัก" แผ่นไดอะแฟรมตามกระแสเสียงพูด ที่ส่งมาจากด้านส่งการสั่นสะเทือนนี้ จะออกมาในแบบคลื่นเสียง และการที่เสียงจะออกมาชัดเจนหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับความเข้มแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรขนาดและความหนาแน่นของไดอะแฟรมและระยะห่าง ระหว่างแผ่นไดอะแฟรมกับแท่งเหล็กอ่อน (ห่างประมาณ 0.3 -0.4 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระดิ่งแม่เหล็ก (Magneto Bell)

กริ่งโทรศัพท์ที่ใช้ในปัจจุบันได้พัฒนาให้เล็กกระทัดรัด และบางชนิดสามารถจะปรับเสียงให้ ดัง-เบา ได้ดังตามต้องการ บางชนิดก็จะออกมาในรูปของเสียงนกกระจิบแล้วแต่จะสร้างกัน จุดประสงค์ก็เพื่อจะที่จะให้ผู้ที่ใช้โทรศัพท์ได้ยินเสียงกระดิ่งเมื่อมีผู้เรียกเข้ามา กริ่งโทรศัพท์นี้ ทำงานด้วยสัญญาณเอซี. (20 เฮิรท์) ส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูป

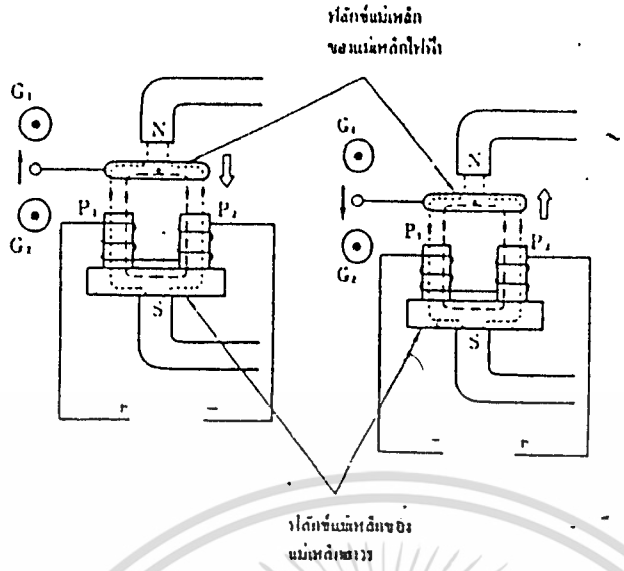
กริ่งโทรศัพท์จะประกอบด้วยแท่งแม่เหล็กถาวรรูปตัวยู ขั้วข้างหนึ่งมีแม่เหล็กอ่อนติดอยู่ มีขดลวดพันอยู่บนแท่งเหล็กอ่อนต่อกันอย่างอนุกรมอาร์มาเจอร์ เหล็กอ่อน P วางตรงกลาง ระหว่างปลายหนึ่งของแม่เหล็กถาวรกับแท่งเหล็กอ่อน P2 ปลายด้านหนึ่งของอาร์มาเจอร์ มีก้านตีสำหรับเคาะ G1 และ G2



รูปที่ 2.9 ผังการทำงานของกระดิ่งโทรศัพท์

เมื่อได้รับสัญญาณ Ringing ซึ่งเป็นเอซี (20 เฮิร์ท) ผ่านขดลวด (เส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรจะทำให้อาร์มาเจอร์อยู่ในลักษณะสมดุล) จะทำให้ P1 และ P2 เกิดการมีอำนาจของเส้นแม่แรงสลับขั้วกันตามสัญญาณ A.C.(N,S) จะทำให้อาร์มาเจอร์ P ถูกดูดสลับขั้วกัน ก้านตีก็จะเคาะ G1 และ G2 สลับกันด้วยความถี่ 20 (0.5 sec on, 0.5 sec off)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

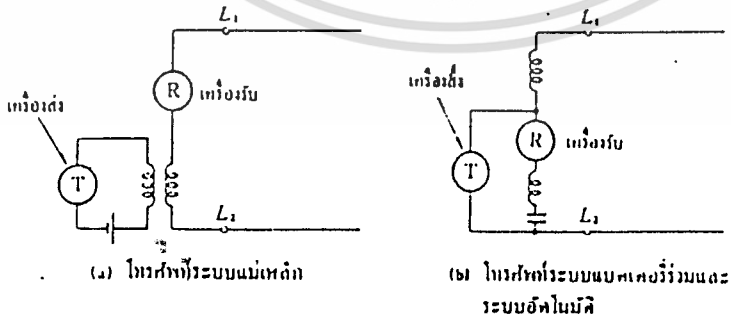


รูปที่ 2.10 การทำงานของกระดิ่ง

2.4 ขดเหนี่ยวนำ (Induction Coil)

ในโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (a) ขดลวดเหนี่ยวนำแยกวงจรส่งสัญญาณออกจากสายและจากสายและจากกระแสไฟตรง เพื่อทำให้วงจรท้องถิ่น (Local Circuit) ปรับแรงเคลื่อนเสียงพูด (speech voltage) ที่จะส่งให้สูงขึ้น ส่วนในโทรศัพท์ระบบแบตเตอรีร่วมและระบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (b) ขดลวดเหนี่ยวนำแยกวงจรรับสัญญาณอีกมา เพื่อทำให้วงจรท้องถิ่นปรับแรงเคลื่อนเสียงที่จะส่งเข้าสายให้สูงขึ้น

ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีขดลวดที่สาม ต่อวงจรขนานกับวงจรรับสัญญาณใช้เป็นวงจรด้านเสียงข้าง หรือวงจรแอนตีไซด์โทน (anti-sidetone cricuit) ได้ด้วย



(a) โทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก (b) โทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ร่วมและระบบอัตโนมัติ

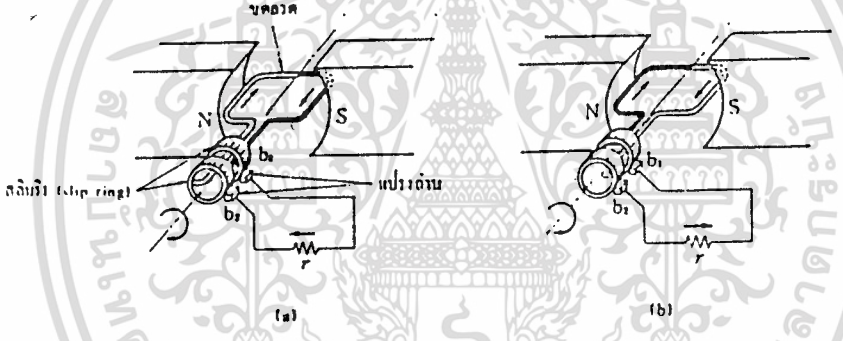
รูปที่ 2.11 วงจรของเครื่องส่งและเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เครื่องกำเนิดกระแสสลับ (Magneto Generator)

เราใช้เครื่องกำเนิดกระแสสลับนี้สำหรับผลิตกระแสสลับ ให้แก่แผงสวิทช์เรียกโทรศัพท์ และมีหลักการทำงานในลักษณะเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2.12 กระแสคลื่น sine wave ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในตัวนำ ที่กำลังหมุนด้วยความเร็วคงที่ในสนามแม่เหล็กเอกรูป ถ้าเราติดตั้งแหวนโลหะที่เรียกว่าสลิปริง (slip ring) ที่ปลายทั้งสองของขดลวด เพื่อนำกระแสที่ได้ผ่านแปรงถ่าน b1, b2 ไปยังวงจรภายนอก เราจะสามารถจ่ายกระแสไฟสลับให้ภาระ (load) R ได้

ในกรณีของโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก เราสามารถกำเนิดแรงเคลื่อนความถี่ 16-25 เฮิร์ท 70 โวลต์ ได้ด้วยการหมุนมือหมุนของแท่งแม่เหล็กด้วยความเร็วพอประมาณ

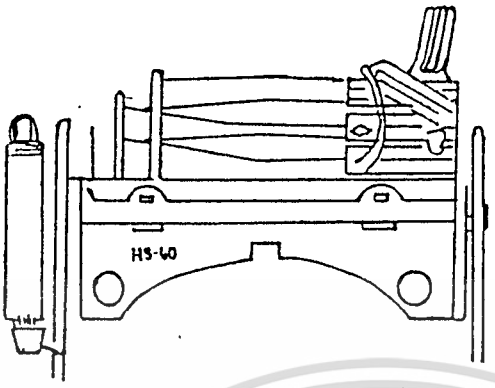


รูปที่ 2.12 หลักการของเครื่องกำเนิดกระแสสลับ

2.6 ฮุคสวิทช์ (Hook switch)

ที่เครื่องโทรศัพท์ ถ้าหากว่ายกหูฟัง (Handset) ขึ้น จะเห็นทันทีว่ามีปุ่มอยู่สองปุ่ม สองปุ่มนั้นทำหน้าที่ ฮุคสวิทช์ ตั้งแสดงในวงจรคือ HS_2 และ HS_2 ชุดหนึ่งคือ HS_1 จะทำหน้าที่ตัดและต่อสาย HS_2 จะทำหน้าลัดวงจรกระดิ่งแม่เหล็ก

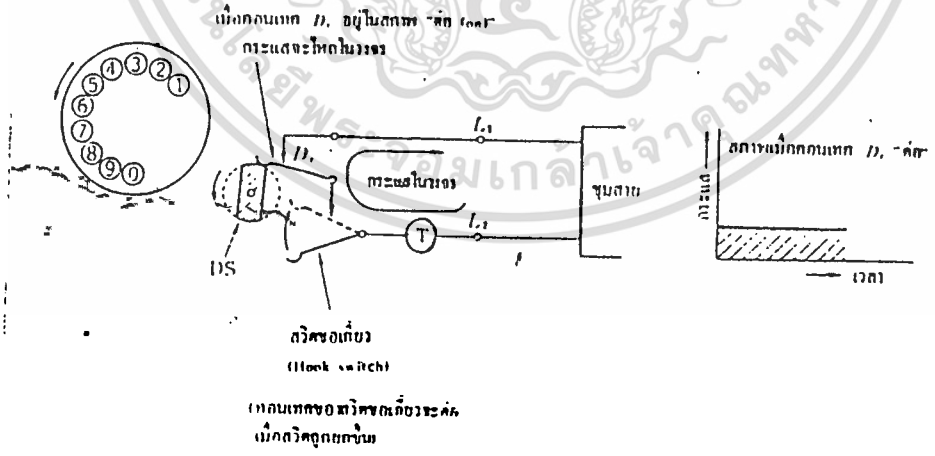
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 อุคสวิทช์

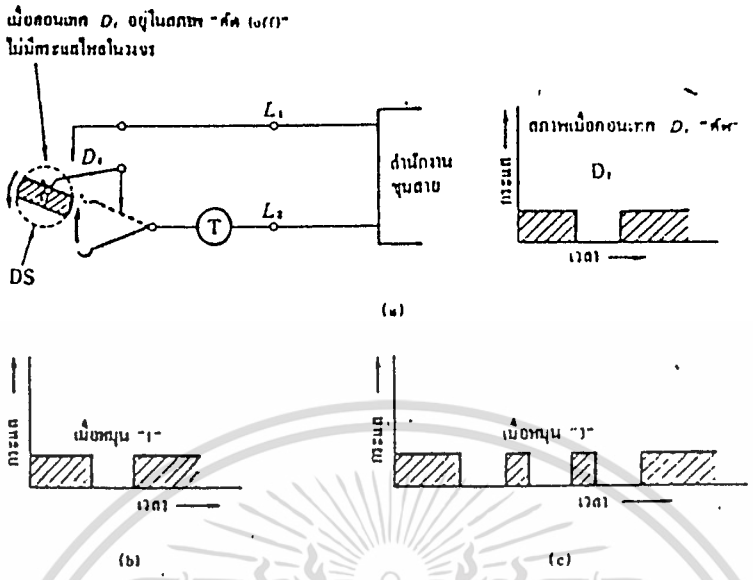
2.7 เครื่องโทรทัพท์หน้าปัทม์แบบไดอัล (Dial)

เครื่องโทรศัพท์หน้าปัทม์แบบไดอัล เป็นอุปกรณ์ตัดกระแสในสายตามกฎเกณฑ์ทำได้กำหนดไว้เพื่อเรียก เมื่อหมุนหมายเลขของผู้รับ



รูปที่ 2.14 การทำงานของการหมุนหน้าปัทม์เมื่อคอนเทค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การทำงานของการหมุนหน้าปัทม์ เมื่อคอนเทค Di ตัด

เมื่อผู้เช่ายกหูโทรศัพท์เพื่อหมุนหมายเลข สวิทช์ขอเกี่ยวจะอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ต่อบรรจบครบวงจร กระแสสัญญาณจะไหลในวงจรนี้ในแผงสวิทช์ในสถานีชุมสาย เพื่อให้เช่าหมุนหมายเลขได้

ในสภาพนี้ การหมุนหมายเลขจะทำให้ลูกเบี้ยวอิมพัลช์ DS ไปกระทำต่ออิมพัลช์คอนเทค Di อย่างเป็นจังหวะ ในรูปที่ 2.14 อิมพัลช์คอนเทคอยู่ในจังหวะต่อ (on) จึงมีกระแสในวงจร ส่วนในรูปที่ 2.15 (a) คอนเทค Di อยู่ในจังหวะตัด (off) กระแสจึงหยุดไหลในวงจร เมื่อหมุนหมายเลข "1" คอนเทค Di จะตัดหนึ่งครั้ง รูปที่ 1.14 (b) เมื่อหมุนหมายเลข "3" กระแสในวงจรจะถูกตัดออกสามครั้ง ในรูปที่ 1.14 (c) เมื่อหมุนหมายเลข "0" กระแสในวงจรจะถูกตัดออกสิบครั้ง หลังจากปล่อยหน้าปัทม์หรือไดอัลให้หมุนกลับที่เดิม นั่นคือ จำนวนครั้งที่กระแสถูกตัดจะตรงกับหมายเลขที่หมุน เราเรียกกระแสนี้ว่า อิมพัลช์ (impulse) และแผงสวิทช์จะนับจำนวนอิมพัลช์นี้เพื่อต่อโทรศัพท์ระหว่างผู้เช่า

อิมพัลช์ของหน้าปัทม์ประกอบด้วยคุณสมบัติ 3 อย่าง คือ ความเร็วของอิมพัลช์, อัตราส่วนของการต่อและช่วงหยุดที่สั้นที่สุด ถ้าคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใดต่ำกว่ามาตรฐานการต่อโทรศัพท์จะไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 ความเร็วของอิมพัลซ์ (Impulse Speed)

ความเร็วของอิมพัลซ์ คือ จำนวนครั้งที่อิมพัลซ์คอนเทคต่ออย่างเป็นจังหวะในหนึ่งวินาที สปริงจะดึงหน้าปัทม์หมายเลขให้กลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิม แต่ความเร็วจะไม่เท่ากัน ตอนเริ่มต้นจะเร็วกว่าตอนจบ ความเร็วมาตรฐานถูกกำหนดด้วยความเร็วเฉลี่ยของอิมพัลซ์ โดยทั่วไปเราใช้ความเร็วอยู่สองค่าคือ 10 และ 20 อิมพัลซ์ต่อวินาที

2.7.2 อัตราส่วนของการต่อ (Make Ratio)

อัตราส่วนของการต่อ คือ อัตราส่วนของเวลาที่อิมพัลซ์คอนเทคตัดวงจรไม่ให้มีกระแสไหล (เวลาตัด) ต่อเวลาที่อิมพัลซ์คอนเทคต่อวงจรให้กระแสไหล (เวลาต่อ) ค่ามาตรฐานของการต่อ คือ 2:1 (เวลาตัด 2, เวลาต่อ 1)รูปที่ 1.15 แสดงกระแสอิมพัลซ์ของสองค่าคือ ค่าของเลข "2" และ "3"

เวลาอิมพัลซ์ (impulse time) เท่ากับผลรวมของเวลาตัด b เวลาต่อ m

1 วินาที - 10 อิมพัลซ์ = เวลาอิมพัลซ์

ถ้าความเร็วของหน้าปัทม์หมายเลขเป็นค่ามาตรฐานเท่ากับ 10 อิมพัลซ์ต่อวินาที ค่าของ 1 เวลาอิมพัลซ์จะเท่ากับ

1000ms = 100ms

เมื่อค่าอัตราส่วนของจังหวะเป็นค่ามาตรฐานเท่ากับ 2 ตัด : 1 ต่อ ช่วงจังหวะจะคำนวณได้ดังนี้

เวลาต่อ.....100ms, 1 = 33.3ms

เวลาตัด.....100ms, 2 = 66.6ms

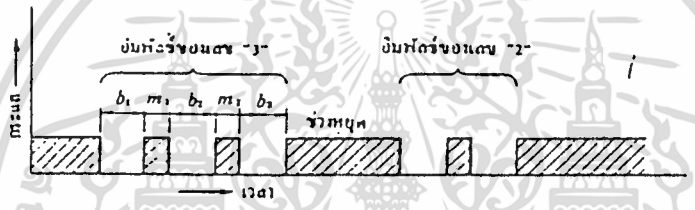
2.7.3 ช่วงหยุดที่สั้นที่สุด (Minimum Pause)

รูปที่ 2.17 แสดงเวลาของการส่งอิมพัลซ์ต่อเนื่องสองอิมพัลซ์ตามหลังอิมพัลซ์ต่อเนื่องสามอิมพัลซ์ หลังจากช่วงหยุดสั้น ๆ และเรียกอิมพัลซ์เหล่านี้ว่าขบวนอิมพัลซ์ (impulse train) ช่วงห่างระหว่างขบวนอิมพัลซ์ทั้งสอง (ช่วงเวลา P ในรูปที่ 2.17) เรียกว่า ช่วงหยุด (pause) เมื่อช่วงหยุดนี้มีค่าถูกต้อง แผงสวิทช์จะสามารถแยกอิมพัลซ์ของ 2 และของ 3 ออกจากกันได้ แต่ถ้าช่วงหยุดนี้สั้นเกินไป ดังรูปที่ 2.18 แผงสวิทช์จะนับเป็นอิมพัลซ์ของเลข 5 ซึ่งเป็นผลรวมของ 3 และ 2 จากการทำงานไม่ถูกต้อง

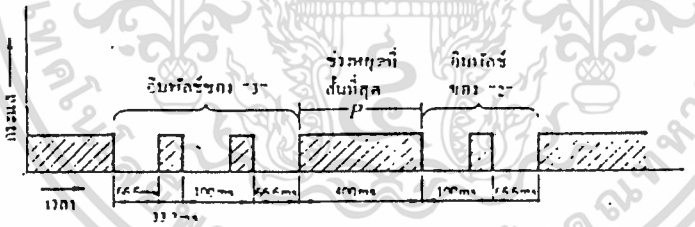
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

008445

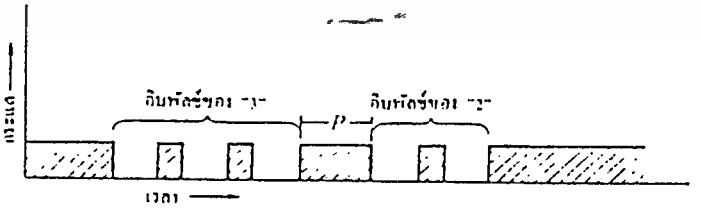
นั่นคือ ช่วงหยุด P ระหว่างอิมพัลซ์สองขบวน (เช่น อิมพัลซ์ของ "3" และของ "2") จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าช่วงเวลาต่ำสุดค่าหนึ่ง และเรียกค่านี้ว่า ช่วงหยุดที่สั้นที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับช่วงหยุดระหว่างอิมพัลซ์ของหมายเลข "1" ที่ถูกหมุนออกติดต่อกันอย่างเร็วที่สุด หรือนั่นคือ ช่วงหยุดจะมีค่าสั้นที่สุด เมื่อหมุนหมายเลข "1"



รูปที่ 2.16 ขบวนพัลซ์ของหน้าปัทม์หมายเลข



รูปที่ 2.17 ขบวนพัลซ์ของหน้าปัทม์หมายเลข



รูปที่ 2.18 ขบวนพัลซ์ของหน้าปัทม์หมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัทม์แบบกดปุ่ม (Push-Button Dial Telephone Set)

2.8.1 ระบบหน้าปัทม์แบบกดปุ่ม

ในระบบสวิทช์ซึ่ง S x S หรือ x B ที่ได้กล่าวมาแล้วสัญญาณเรียกของผู้เช่า (subscriber's address signal) เป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัทม์เพื่อให้แผงวิทช์ทำงาน

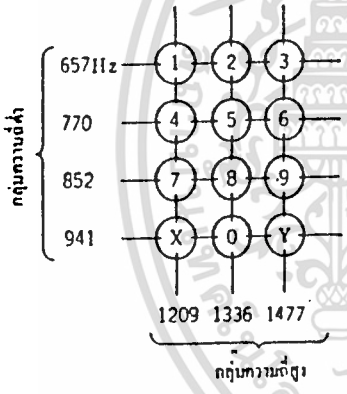
จากการพัฒนาด้านแผงสวิทช์อิเล็คทรอนิค เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ (multi-frequency signal system) ขึ้น ระบบนี้มีลักษณะดังนี้

1) เวลาของการหมุนของหมายเลขได้ลดลงมาก
2) การหมุนหมายเลขง่ายกว่า
3) สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้ด้วย
4) เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง (voice frequency signal) ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

2.8.2 ระบบสัญญาณ

ระบบนี้เรียกว่าระบบ 4 x 3 ในระบบนี้สัญญาณประกอบด้วย การรวมความถี่ 2 ค่า ที่เลือกมาจากความถี่ 2 กลุ่ม (กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ) โดยจะมีตัวเลขและโค้ด ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ในระบบนี้ตำแหน่ง #,* สามารถใช้เป็นโค้ดอื่นที่ไม่ใช้ตัวเลขสำหรับงานอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

ความถี่ (Hz)		กลุ่มความถี่สูง (K_2)		
		H_1 1,209 (11-15)	H_2 1,336 (11-14)	H_3 1,477 (11-13)
กลุ่มความถี่ต่ำ (K_1)	L_1 697 (1-5)	1	2	3
	L_2 770 (1-4)	4	5	6
	L_3 852 (1-3)	7	8	9
	L_4 941 (1-2)		0	

ตาราง 2.1 ส่วนประกอบของสัญญาณและระบบปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

สัญญาณสมาชิก (SUBSCRIBER SIGNAL)

สัญญาณสมาชิกคือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่าง ๆ ว่าควรจะทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนั้นประกอบด้วย

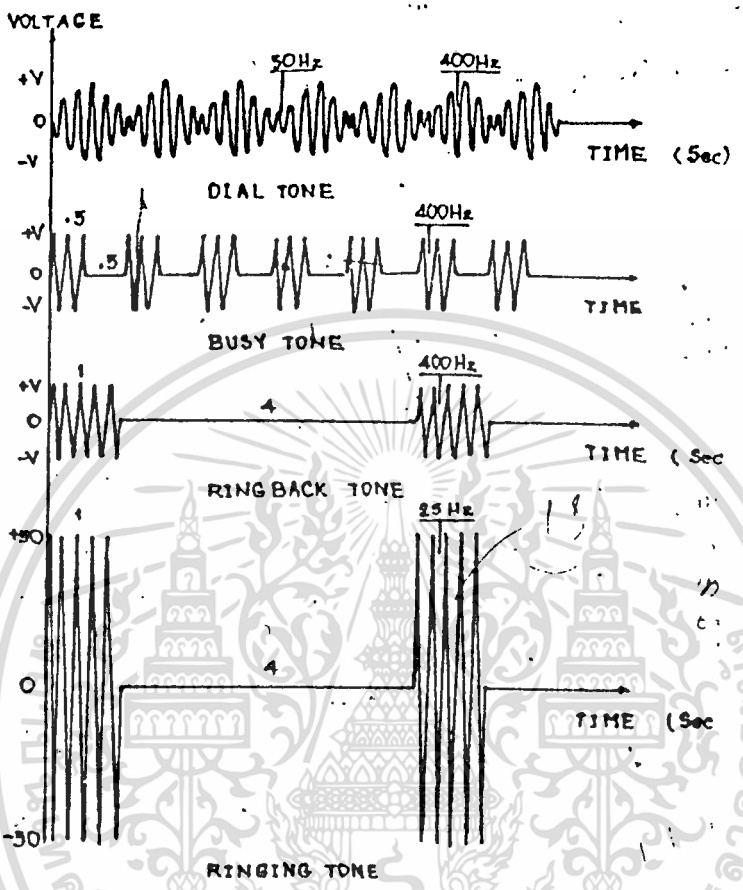
1. สัญญาณให้หมุน (DT : DIAL TONE) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกรู้ว่าให้กดปุ่มเลขหมายผู้รับได้ เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง 400 เฮิร์ท กร้ำความถี่ประมาณ 50 เฮิร์ท แบบ AM

2. สัญญาณไม่ว่าง(BT : BUSY TONE) ใช้เพื่อเตือนให้สมาชิกผู้เรียกว่าผู้รับหรือ BOT ไม่ว่างควรวางหูก่อนสักระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มเรียกใหม่ เป็นสัญญาณ 400 เฮิร์ท ช่วงของเวลาส่งประมาณ 0.5 วินาที เงียบประมาณ 0.5 วินาที

3. สัญญาณเรียกกลับ (RBT:RING BACK TONE) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าการเรียกสำเร็จเป็นสัญญาณ 400 เฮิร์ท ช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที เงียบประมาณ 4 วินาที

4. สัญญาณกริ่งเรียก (RGT: RINGING TONE) ใช้เมื่อมีการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียกผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 25 เฮิร์ท ช่วงเวลาการส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์

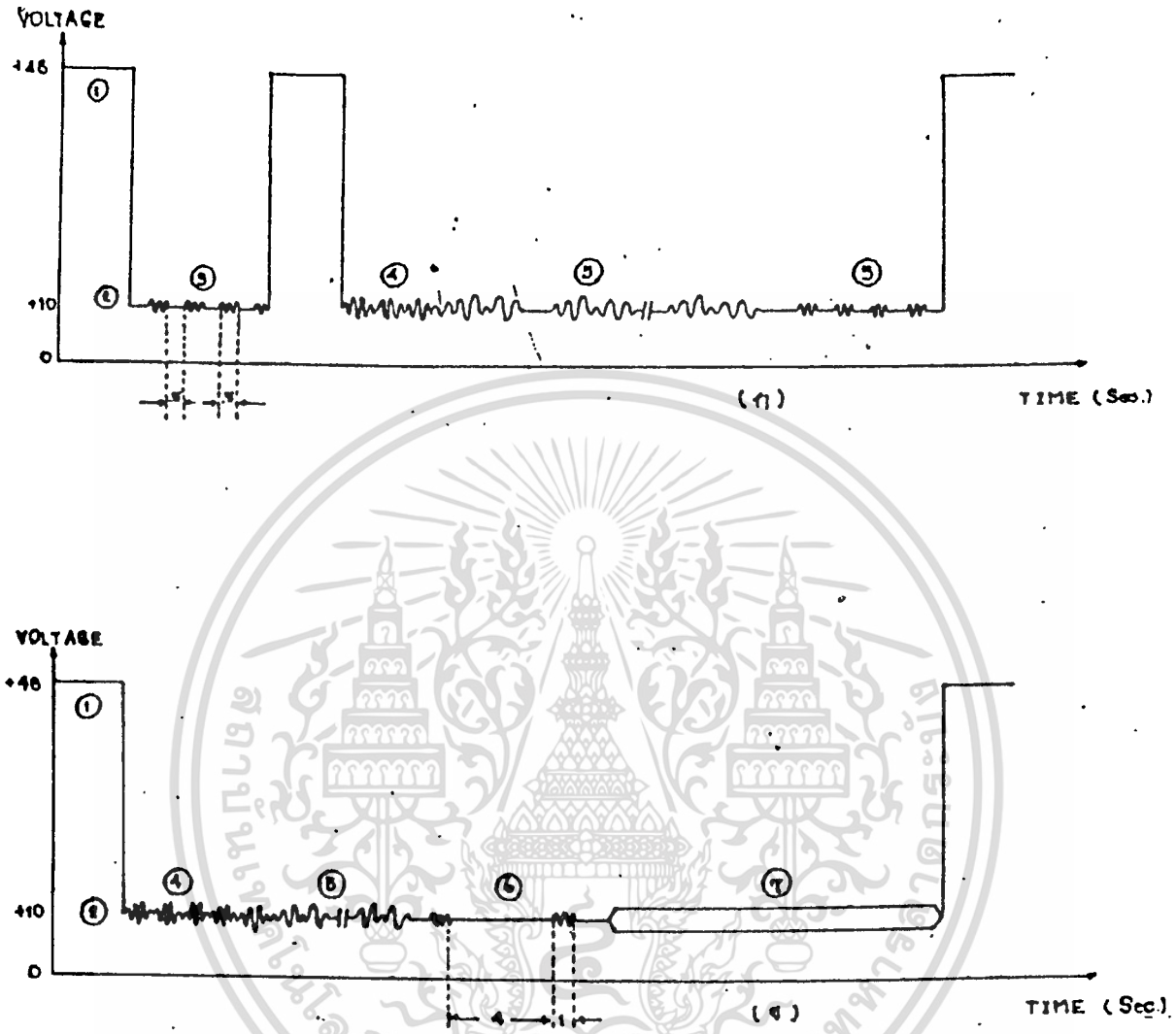
3.2.1 ระบบต่อด้านผู้เรียก

เพื่อผู้เรียกยกหูขึ้นเพื่อจะทำการเรียกจะทำให้ DC VOLTAGE ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 V (1) เป็น 10 V (2) ภาพที่ 3.2 ก เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียกก็จะส่งสัญญาณให้หมุน :DT (4) ไปยังผู้เรียก (กรณี OGT : OUTGOING TRUCK) ไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง :BT (3) ไปยังผู้เรียกทำให้ผู้เรียกวางหู และเริ่มทำการเรียกใหม่) เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน :DT ก็จะทำการกดหมายเลขของผู้รับปลายทางเป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ DTMF : DUAL TONE MULTI FEQUENCY (5) วงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำการแปรรหัสและปฏิบัติการ พร้อมกันนั้นเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะตัดสัญญาณให้หมุน :DT ทันทีที่รับสัญญาณดีทีเอฟเอ็ม:DTFM ที่กดหมายเลขตัวแรก

เครื่องชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขผู้รับ จะทำการแปรตัวเลขระบุปลายทางจากรหัสชุมสายที่กดหมายเลขมา เมื่อรู้ตำแหน่งของผู้รับแล้ว เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะจองทางผ่านระหว่างผู้เรียก (OGT) และผู้รับหรือ ICT : INCOMING TRUNG แล้วส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับ :RBT(6) ไปยังผู้เรียกและในขณะเดียวกันวงจรคู่สายส่งสัญญาณกริ่งเรียก:RGT ไปยังผู้รับ [กรณีผู้รับกำลังใช้โทรศัพท์หรือICT ไม่ว่าง เครื่องชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง BT ไปยังผู้เรียกเพื่อให้ทำการวางหู และเริ่มทำการเรียกใหม่(ก)]

เมื่อผู้รับมาตอบเรียก สัญญาณตอบรับจะถูกส่งไปยังเครื่องชุมสายโทรศัพท์ จะตัดสัญญาณกริ่งเรียก RGT ด้านผู้รับหรือ ICT และยกเลิกสัญญาณเรียกกลับ RBT ด้านผู้เรียก (OGT) และทำให้ทางผ่านระหว่าง RBT และผู้เรียกว่าง ขณะเดียวกันก็จะสร้างทางผ่านด้านผู้รับหรือ ICT การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ (2) ภาพที่ 3.2 (ข) สถานะวางหูของผู้เรียกจะทางเสียงผูกผ่าน และผู้รับก็ต้องวางหูตาม ซึ่งจุดตรวจสอบของวงจรคู่สายจะรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนาและติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้เรียกทำการเรียกผู้รับ

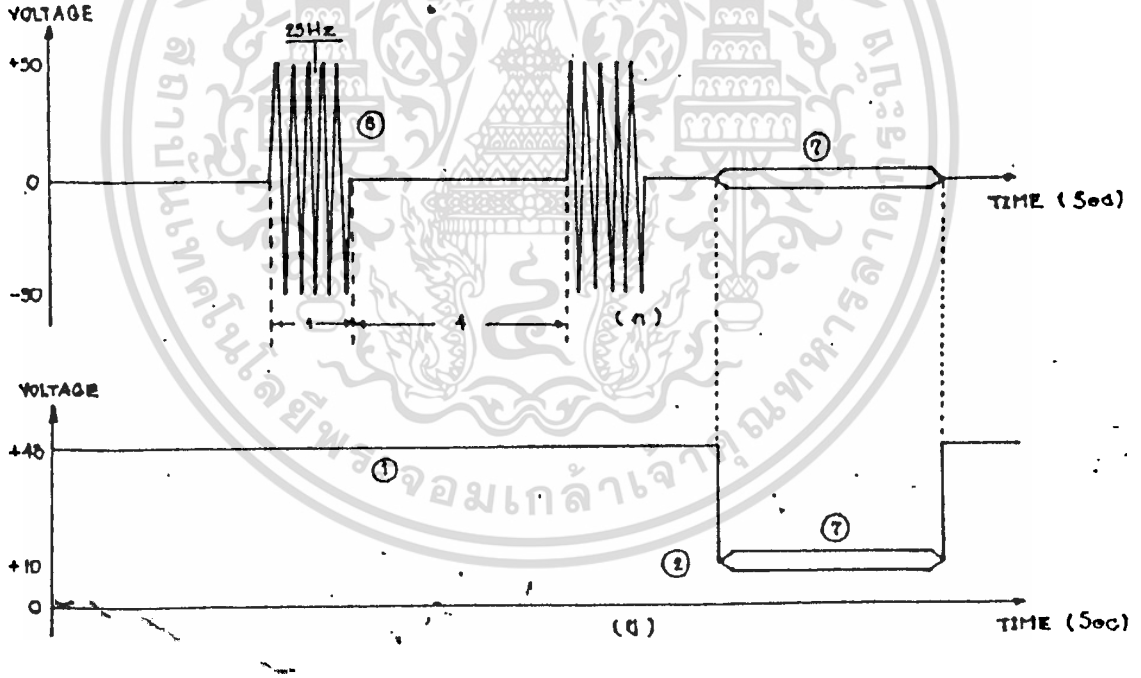
(ก) ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ

(ข) ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 <u>ระบบการเรียกด้านผู้รับ</u>

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกRGT (3) ขนาด 100 V_{AC} ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ภาพที่ 3.3 (ก) (ถ้าผูรับไม่ตอบการเรียกสัญญาณกริ่งเรียก RGT ยังคงดำเนินอยู่จนกว่าวงจรคู่จะตัดสายสัญญาณเองเมื่อไม่มีการตอบเรียก และส่งสัญญาณไม่ว่าง BT ไปยังผู้เรียกเพื่อให้การเรียกใหม่) เมื่อผู้ตอบรับการเรียกจะทำให้ DC VOLTAGE เปลี่ยนจาก 48 V (1) เป็น 10 V (2) ทำให้วงจรคู่ตัดสัญญาณกริ่งเรียก RGT ด้านผู้รับหรือ ICT และสัญญาณเรียกกลับ RBT ด้านผู้เรียก (OGT) พร้อมทั้งสร้างทางผ่านระหว่างผู้รับหรือ ICT และผู้เรียก (OGT) การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ (7) ภาพที่ 3.3 (ข) สถานะการวางหูของผู้เรียกจะเลิกทางเสียงผู้พูดผ่านและทำให้ผู้รับวางหูตามวงจรคู่สายจะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนาและติดต่อ



ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก

(ก) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC

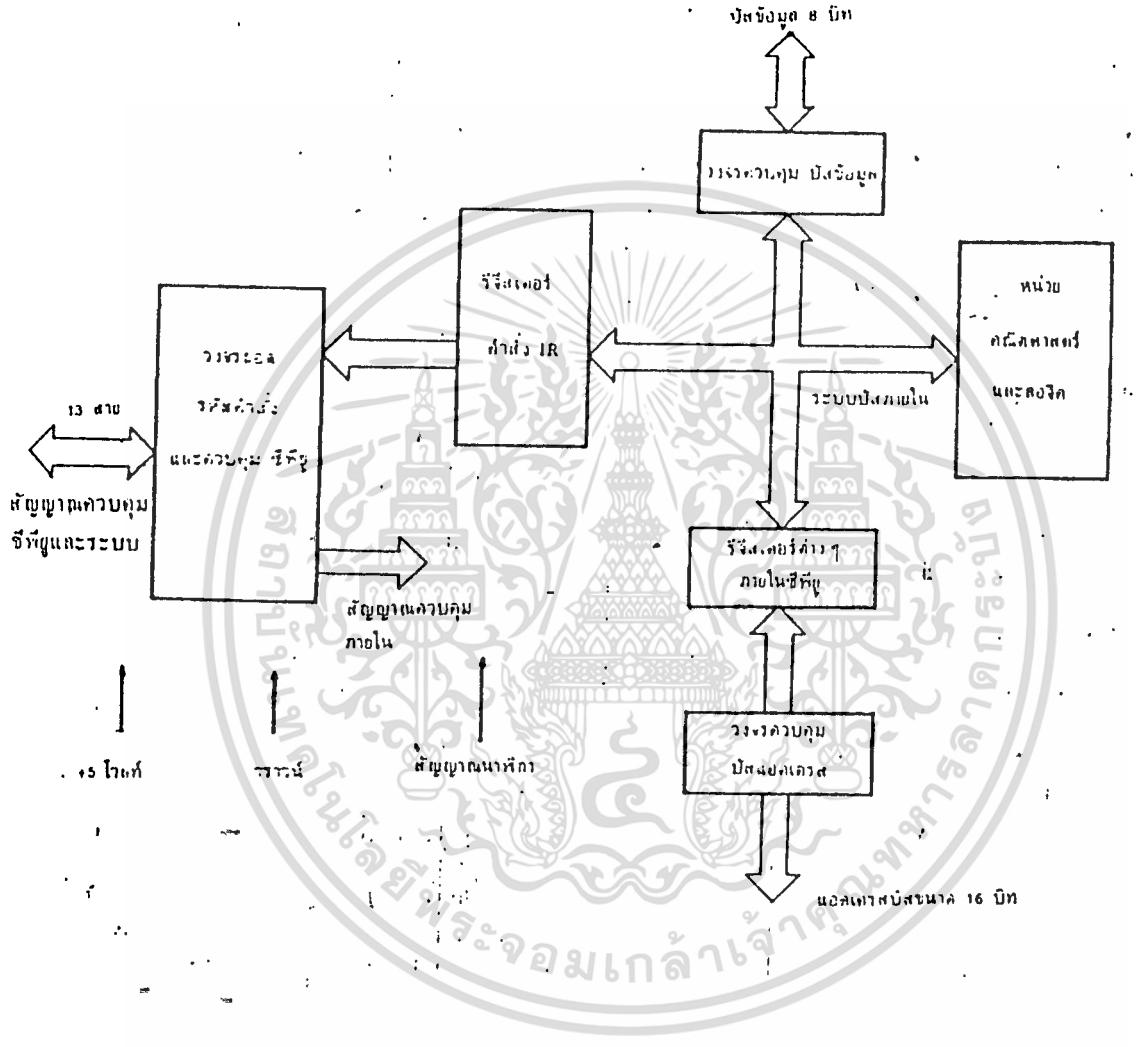
(ข) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ระบบไมโครโปรเซสเซอร์

3.1 หน่วยประมวลผลกลาง

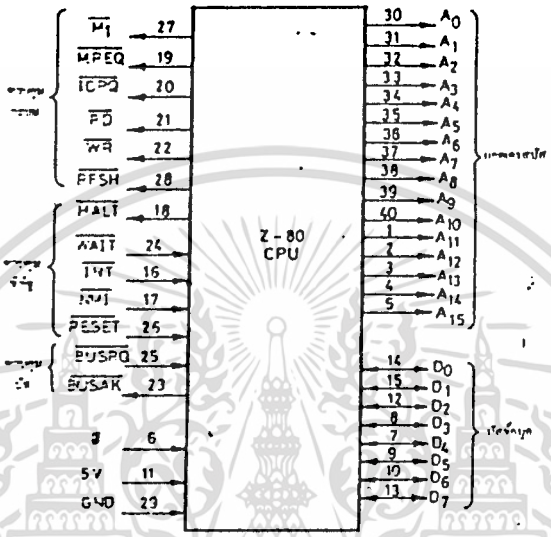


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมซีพียู Z-80

โครงสร้างภายในของซีพียูจะประกอบบัสข้อมูล 8 บิท ซึ่งเป็นบัสชนิดสองทิศทาง คือ ข้อมูลสามารถวิ่งเข้าและออกจากซีพียูได้ บัสแอดเดรสเป็นบัสขนาด 16 บิท ที่จะทำให้ขีดความสามารถในการอ้างถึงแอดเดรสได้โดยตรงได้ถึง $2^{16} = 64$ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัสแอดเดรสนี้เป็นสายสำคัญในการอ้างถึงแอดเดรสของหน่วยเพอริเพอรัล ที่เป็นอินพุท หรือเอาท์พุทด้วย สายบัสควบคุมนั้นจะประกอบไปด้วยสัญญาณต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 13 สาย ลักษณะการจัดขาใส่แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การแสดงการจัดขางาน Z- 80

3.1.1 รายละเอียดของขาต่าง ๆ และหน้าที่ที่สำคัญมีดังนี้

A0-A15 เป็นสายของแอดเดรสบัส 16 สาย ที่ส่วนภายในของเอาท์พุทเป็นลอจิด 3 สถานะ ที่จะถูกอินาเบิ้ลเลือกว่าเวลาใดเป็นสัญญาณใด ทั้งนี้เพราะสายของแอดเดรสยังทำหน้าที่เป็น ตัวอ้างแอดเดรสสำหรับอุปกรณ์ I/O อีกด้วย

D0-D7 เป็นสายของบัสข้อมูลจำนวน 8 สาย ลักษณะของขานี้เป็นลอจิดสามสถานะสองทิศทาง เพื่อเลือกทิศทางการไหลของข้อมูลระหว่างซีพียูกับหน่วยความจำหรืออุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1 ลักษณะจะเป็นเอาท์พุท โดยส่งสัญญาณออกมาเพื่อบอกให้ทราบว่ากำลังอยู่ในสภาวะเฟทช์ โดยแอคตีฟที่ลอจิค "0"

MERO เป็นเอาท์พุทลอจิคสามสถานะ สัญญาณเอาท์พุทขานี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะที่สัญญาณที่แอดเดรสเพื่อเขียนหรืออ่านในหน่วยความจำการแอกตีฟที่ลอ "0"

IORQ เป็นการเอาท์พุทที่สัญญาณ เพื่อบอกว่าขณะนี้สัญญาณในแอดเดรสบัสจาก A0-A7 มีค่าแอดเดรสของ I/O อยู่ประโยนช์ของสัญญาณนี้เพื่อดีเทครหัสแอดเดรส ในการเขียนหรืออ่านข้อมูลเพอเฟอรัส

RD เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่จะบอกให้ทราบว่า ขณะนี้ซีพียูต้องการจะอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือ I/O

WR เป็นขาที่ให้สัญญาณเอาท์พุทเพื่อจะบอกว่า ขณะนี้ซีพียูต้องการจะเขียนข้อมูลในหน่วยความจำ I/O

HALT เป็นสายที่จะแอคตีฟเมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง Halt โดยจะแอคตีฟให้ลอจิค "0"

WAIT เป็นสัญญาณที่จะบอกให้ทราบว่าขณะนี้ หน่วยความจำหรือ I/O ยังไม่พร้อมที่จะรับหรือส่งผ่านข้อมูล คือ เมื่อส่งสัญญาณนี้เข้าไป ซีพียูจะหยุดรอจนกว่าเลิกสัญญาณ Wait

INT เป็นสัญญาณจาก I/O ที่จะอินเทอร์รัพท์ซีพียูการอินเทอร์รัพท์จะมีหลายโหมด เป็นแบบมาสเคเบิ้ล (Maskable interrupt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESET เป็นสัญญาณที่จะส่งเข้าไปรีเซทซีพียู หรือทำให้โปรแกรมเคาน์เตอร์มีค่าเป็น 0

NMI เป็นสัญญาณอินเทอร์รัพท์ ที่เป็นนอนมาคเคเบิ้ลอินเทอร์รัพ (Nonmaskable Interrupt)

BUSRQ เป็นสัญญาณบอกซีพียูว่า ขณะนี้ต้องการให้บัสจะทำให้ซีพียูควบคุมบัส โดยใช้หลักการลอจิคสามสถานะ ในการทำให้บัสแอดเดรสและบัสแอดเดรสและบัสข้อมูล แยกออกจากระบบในซีพียู เพื่อให้หน่วยความจำและ I/O ใช้บัสในการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างกัน

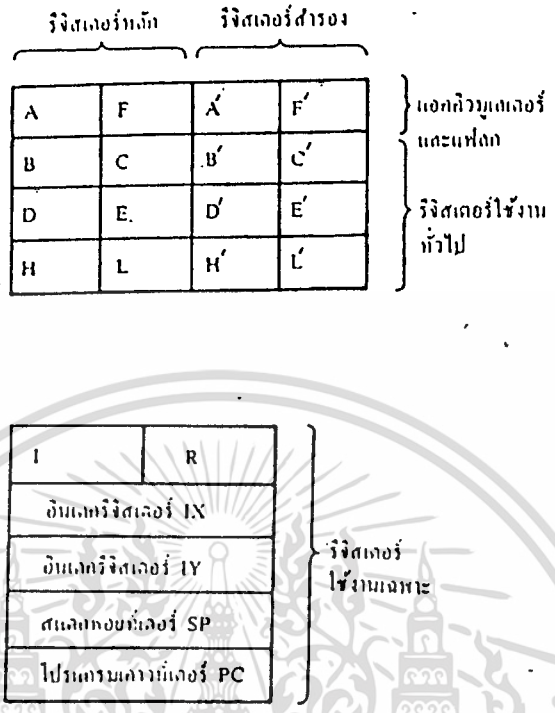
BUSAR เป็นสัญญาณจากซีพียู ที่จะส่งออกไปบอกว่าในขณะนี้ซีพียูไม่ได้ใช้บัสแล้ว

หมายเหตุ การใช้- อยู่เหนือลักษณะ แสดงว่าเป็นการแอคตีฟที่ลอจิค "0"

3.1.2 รีจีสเตอร์ใน Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์

ตัว Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นศูนย์กลางการควบคุมการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งระบบ จะประกอบด้วยรีจีสเตอร์ 22 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.3 นอกจากนี้รีจีสเตอร์ยังแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ รีจีสเตอร์ทำหน้าที่ทั่วไป ได้แก่ A,F,B,C,D,E,H,L,A' F,'B',C',D',E',H',L', กับรีจีสเตอร์ทำหน้าที่เฉพาะกิจอันได้แก่ I,R,IX,IY,SP,PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดง REGISTER ใน CPU Z-80

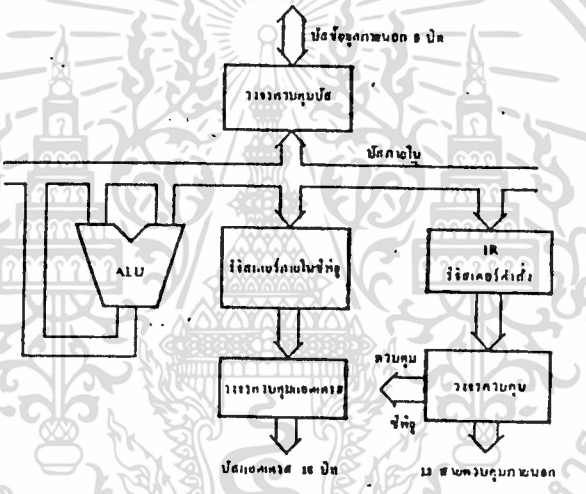
3.1.3 รีจีสเตอร์ทำหน้าที่ทั่วไป รีจีสเตอร์ประเภทนี้มีความจุรีจีสเตอร์ละ 8 บิท

A,B,C,D,E,H และ L ทำหน้าที่ข้อมูลชั่วคราว โดยที่ข้อมูลนั้นอาจจะป้อนเป็นตัวเลขโดยตรง เช่น คำสั่ง LD A, 56H หมายถึงป้อนตัวเลขไบนารี 8 บิท 01010110 เก็บไว้ในรีจีสเตอร์ A เป็นต้น นอกจากนี้รีจีสเตอร์เหล่านี้ยังสามารถรับข้อมูลจากหน่วยความจำหรือถ่ายข้อมูลไปเก็บไว้ยังหน่วยความจำได้เลย

รีจีสเตอร์ A บางที่เรียกว่า แอคคิวมูเลเตอร์ (A ย่อจาก Accumlator) ยังทำหน้าที่พิเศษ กล่าวคือ ในการทำคณิตศาสตร์ เช่น บวก หรือ ลบ ข้อมูลทั้งสองข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน A หรือทำโอเปอร์เรชันทางโลจิก เช่น OR ข้อมูลสองข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเก็บไว้ใน A เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ข้อมูลหนึ่งจะอยู่ใน A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอีกข้อมูลหนึ่งอาจอยู่ในรีจีสเตอร์ใด ๆ ที่เหลือกล่าวคือ B,C,D,E,H หรือ L เมื่อป้อนให้กับ ALU (Arithmetic/Logic Unit) ซึ่งก็อยู่ใน Z-80 เช่นกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะส่งกลับไปเขียนทับข้อมูลเดิมใน A ยกตัวอย่างคำสั่ง ADD A,C จะบวกข้อมูลใน C เข้ากับข้อมูลใน A ผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน A เป็นต้น (Arithmetic / Logic Unit) ซึ่งก็อยู่ใน Z-80 เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จะส่งกลับไปเขียนทับข้อมูลเดิมใน A ยกตัวอย่างคำสั่ง ADD A,C จะบวกข้อมูลใน C เข้ากับข้อมูลใน A ผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน A เป็นต้น

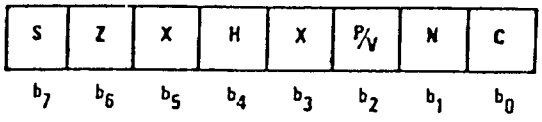


รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานเกี่ยวกับ Arithmetic / Logic Unit

สำหรับรีจีสเตอร์ B,C,D,E,H,L นอกจากจะทำงานเป็นอิสระ เก็บข้อมูลรีจีสเตอร์ละ 8 บิทแล้ว ยังสามารถทำงานเป็นคู่ ๆ คือ BC, DE, และ HL เพื่อทำคณิตศาสตร์เลข 16 บิท หรือบ่งตำแหน่ง (Address) ของข้อมูลในหน่วยความจำได้

รีจีสเตอร์ F ย่อมาจาก Flag มีบทบาทสำคัญตรงที่บ่งภาวะของผลลัพธ์หลักการทำงานของคำสั่งเป็นต้นว่า หลังจากบวกข้อมูลสองข้อมูลแล้วอยากทราบว่าผลลัพธ์เป็นศูนย์หรือไม่ เราจะตรวจสอบได้จากแฟล็ก หรือภาวะอื่น ๆ ของผลลัพธ์ เช่น มากหรือน้อยกว่าศูนย์ หรือเกิน 8 บิท หรือไม่ เป็นต้น รูปที่ 3.5 แสดงบิทต่าง ๆ ของแฟล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงบิทต่าง ๆ ของ FLAG

Sign Flag หรือแฟล็กเครื่องหมาย (บิทที่ 7) มีค่าเป็น 1 หากผลลัพธ์คำสั่งมีค่าลบ และมีค่าเป็น 0 หากผลลัพธ์คำสั่งมีค่าบวก (ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลในคณิตศาสตร์ของทูว์คอมพลีเมนท์ ตำแหน่งบิท 7 จะมีค่า 1 หากข้อมูลเป็นลบ และบิท 7 มีค่า 0 หากข้อมูลเป็นบวก)

Zero Flag หรือแฟล็กศูนย์ (บิทที่ 6) จะมีค่า 1 หากผลลัพธ์ของคำสั่งเป็นศูนย์ แต่จะมีค่า 0 หากผลลัพธ์ไม่ใช่ศูนย์

BCD Half Carry Flag หรือแฟล็กทดครึ่ง (บิทที่ 4) มีเลขฐานิตหนึ่งเรียกว่า BCD ข้อมูล 1 ไบท์ สามารถเก็บเลข BCD ได้ 2 หลัก เพราะเลข BCD หนึ่งหลักใช่เพียง 4 บิท เมื่อพวกข้อมูล BCD 1 ไบท์ สองข้อมูลเข้าด้วยกันแฟล็กนี้จะมีค่าเป็น 1 หากมีการทดจากหลักต่ำสุดไปยังหลักถัดไปและมีค่าเป็น 0 หากไม่มีตัวทด ในการลบก็เช่นเดียวกัน หากหลักต่ำสุดยืมจากหลักถัดไป แฟล็กนี้จะมีค่า 1 แต่หากไม่มีการยืมแฟล็กนี้จะมีค่าเป็น 0

Parity/Overflow Flag หรือแฟล็กพาราตี้ / โอเวอร์โฟล (บิทที่ 2) มีประโยชน์สองประการ ประการแรกใช้ตรวจสอบผลลัพธ์ของคำสั่งว่ามีพาริตี้คู่หรือคี่ แฟล็กจะมีค่า 1 หากพาราตี้คู่ และมีค่า 0 หากพาราตี้คี่ ยกตัวอย่างเช่น หากผลลัพธ์ของคำสั่งเป็น 00101011 ซึ่งมีบิทค่า 1 ทั้งหมดรวมกัน 4 บิท พาราตี้จึงเป็นคู่ ดังนั้นแฟล็กพาราตี้/โอเวอร์โฟล จะมีค่า 1 แต่หากผลลัพธ์เป็น 00111101 ซึ่งมีบิทค่า 1 ทั้งหมดรวมกัน 5 บิท พาราตี้เป็นคี่ ดังนั้น แฟล็กพาราตี้/โอเวอร์โฟล จะมีค่าเป็น 0 ประโยชน์ประการที่สองของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟล็กนี้ก็คือ ใช้ตรวจสอบว่าผลลัพธ์เลขคณิต ทูว์คอมพิเมนท์ไม่เกิน +127 และไม่ต่ำกว่า -128 หากผลลัพธ์อยู่เกินย่านดังกล่าวนี้ แฟล็กพาราตี้/โอเวอร์โฟลจะถูกเซ็ทเป็น 1

Subtract Flag หรือ N Flag (บิทที่ 1) ใช้ในคณิตศาสตร์ของเลข BCD หากเป็นการบวกเลข BCD แฟล็กนี้จะมีค่าเป็น 0 แต่หากเป็นการลบเลข BCD แฟล็กนี้จะมีค่าเป็น 1 แฟล็กลบนี้ใช้คู่กับแฟล็กทดครึ่งในการทำคณิตศาสตร์ของเลข BCD

Carry Flag หรือแฟล็กทด (บิทที่ 0) หากเป็นการลวกเลขไบนารี่สองจำนวนมีการทดจากบิทที่ 7 (บิทสูงสุด) แฟล็กทดจะมีค่าเป็น 1 แต่หากไม่มีการทดจากบิทที่ 7 แฟล็กทดจะมีค่าเป็น 0 นอกจากนี้แฟล็กทดยังใช้ประโยชน์ในการทดสอบบิทต่าง ๆ โดยใช้คำสั่งจากรีจีสเตอร์ทีละบิทเข้าไปในแฟล็กทด หากบิทที่เลื่อนเข้าไปมีค่า 1 แฟล็กทดจะเป็น 1 ด้วย หากบิทที่เลื่อนเข้าไปมีค่า 0 แฟล็กทดก็จะเป็น 0 ประโยชน์ที่สามของแฟล็กยังใช้เปรียบเทียบข้อมูลสองข้อมูลว่า มาก น้อย หรือเท่ากันอีกด้วย

สำหรับรีจีสเตอร์ A',F',B',C',D'E',F',H',L ใช้เป็นรีจีสเตอร์ชุดสำรอง (Alternate Register Set) ไว้เก็บข้อมูลจากชุด A,F,B,C,D,E,H,L ชั่วคราว ยกตัวอย่างเช่นในขณะที่การประมวลสัญญาณงานที่หนึ่งกำลังดำเนินอยู่เกิดมีความจำเป็นที่ Z-80 ซีพียูต้องหยุดงานนี้ชั่วคราวเพื่อไปทำงานที่เร่งด่วนงานที่สองและเมื่อทำงานที่สองเสร็จ ตัวซีพียูจะกลับไปทำงานที่หนึ่งที่ค้างอยู่ต่อไป ในเหตุการดังกล่าวนี้เมื่อหยุดงานที่หนึ่ง ข้อมูลในรีจีสเตอร์ A,F,B,C,D,E,H.L จะต้องนำไปเก็บไว้ที่ชุด A',F',B',C',D',E',H',L ก่อนแล้วจึงนำเอา A,B,F,C,D,E,H,L แล้วดำเนินที่สองจนแล้วเสร็จ เมื่อจะกลับไปทำงานที่หนึ่งอีกก็จะถ่ายข้อมูลจากชุด A',F',B',C',D',E',H',L กลับสู่ชุด A,F,B,C,D,E,H,L แล้วดำเนินงานที่ค้างอยู่ต่อไปได้ การเก็บข้อมูลชั่วคราวอาจทำได้อีกลักษณะหนึ่ง โดยถ่ายจากรีจีสเตอร์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ (โดยการใช้สแต็ก) จากการถ่ายข้อมูลจากรีจีสเตอร์หนึ่งไปยังอีกรีจีสเตอร์หนึ่งจะทำได้เร็ว (เฉพาะรีจีสเตอร์ทุกตัวอยู่ภายใน Z-80 ซีพียู) กว่าการถ่ายข้อมูลจากรีจีสเตอร์และหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 รีจีสเตอร์ทำหน้าที่เฉพาะได้แก่ I,R,Ix,Ly,SP และ PC ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆ กันได้ดังนี้

รีจีสเตอร์ I มาจากชื่อเต็มว่า Interrupt Page Address Register ในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์มีสิ่งหนึ่งที่เรียกว่าการอินเตอร์รัพ ซึ่งหมายถึง ขณะที่ซีพียูกำลังทำงานที่หนึ่งอยู่ เราสามารถทำให้ซีพียูหยุดทำงานนี้ชั่วขณะเพื่อไปทำงานที่สองที่เร่งด่วนกว่า เมื่อเสร็จการทำงานที่สองแล้ว จึงกลับไปทำงานที่หนึ่งที่ค้างอยู่ต่อไป เหตุการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า การอินเทอร์รัปเกิดขึ้นเราจำเป็นต้องบ่งตำแหน่งข้อมูลในหน่วยความจำที่เก็บคำสั่งของงานที่สองที่ซีพียูต้องทำ รีจีสเตอร์ I ใช้ประโยชน์ในการนี้โดยจะเก็บค่า 8 บิทบนของตำแหน่งบนข้อมูลในหน่วยความจำ ส่วนค่า 8 บิทล่างของตำแหน่งข้อมูลในหน่วยความจะนั้นจะป้อนให้กับภายนอกให้กับซีพียู ค่า 8 บิททั้งสองค่า จะประกอบกันเป็นค่า 16 บิทของตำแหน่งในหน่วยความจำที่เก็บตำแหน่งของงานที่สองดังกล่าวแล้ว ค่า 8 บิทในรีจีสเตอร์ I และค่า 8 บิทที่ป้อนจากภายนอกจะเป็นค่าที่เท่าไรก็ได้ ที่เรากำหนดให้ ด้วยเหตุนี้ Z-80 จึงนับว่าให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ที่สามารถจะเรียกคำสั่งเนื่องจากอินเทอร์รัปที่ตำแหน่งใดของหน่วยความจำได้

รีจีสเตอร์ R มาจากชื่อเต็ม Memory Refresh Register หน่วยความจำแรม (RAM) ซึ่งใช้เก็บคำสั่งของโปรแกรมที่เราเขียนลงไปอาจแบ่งออกเป็นสองประเภท กล่าวคือ สแตติคแรม (Static RAM) สร้างในลักษณะของวงจรลิปฟล็อกที่ข้อมูลจะไม่สูญหายไปไหนจนกว่าเราจะเขียนข้อมูลใหม่ทับลงไป ส่วนอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า ไดนามิคแรม (Dynamic Ram) สร้างในลักษณะของคาแปซิแดนซ์ ทำให้ราคาประหยัดกว่าสแตติคแรม แต่ข้อมูลที่เก็บไว้จะค่อย ๆ สูญหายไป หากไม่มีการปรับ (Refresh) ประจุของคาแปซิแดนซ์ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องปรับประจุดังกล่าวเป็นระยะ ๆ เพื่อรักษาข้อมูลรีจีสเตอร์ มีขนาด 7 บิททำหน้าที่เป็นตัวนับเพื่อบ่งตำแหน่งข้อมูลในหน่วยความจำในการปรับประจุของไดนามิคแรม ปกติผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องไปยุ่งเกี่ยวกับรีจีสเตอร์ R เพราะการปรับปรุงจะกระทำแบบอัตโนมัติโดยซีพียูถ่ายคำสั่ง (Fetch Cycle) จากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ Ix และรีจีสเตอร์ Iy เป็นรีจีสเตอร์ดัชนี (Index Register) ขนาด 16 บิท ในการบ่งตำแหน่งของข้อมูลในหน่วยความจำ อาจทำได้หลายแบบ มีแบบหนึ่งที่ผู้ใช้จะกำหนดให้ค่ารีจีสเตอร์ในดัชนีเป็นค่าฐาน แล้วใช้คำสั่งบ่งว่าตำแหน่งของข้อมูลห่าง (Displacement) จากฐานนี้เท่าไร จะมีประโยชน์ เช่น ทำให้เกิดความคล่องตัว การบ่งตำแหน่งข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ กรณีข้อมูลมีลักษณะเป็นชุดหรือตารางข้อมูล

รีจีสเตอร์ SP มาจากชื่อ Stack Pointer มีขนาด 16 บิท ในหน่วยความจำแรม จะมีบริเวณที่ถูกกำหนดให้เป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราว ย่านดังกล่าวนี้ เรียกว่าสแต็ค (stack) เมื่อจะเก็บข้อมูลไว้ในสแต็คเราใช้คำสั่ง PUSH และเมื่ออ่านออกจากสแต็คใช้คำสั่ง POP นอกจากนี้สแต็คยังใช้ประโยชน์ในการเก็บตำแหน่งของคำสั่งในหน่วยความจำไว้ชั่วคราวเมื่อซีพียูทำงานตามคำสั่ง CALL หรือ RETURN

รีจีสเตอร์ PC มาจากชื่อเต็ม Program Counter มีขนาด 16 บิท ใช้เก็บตำแหน่งในหน่วยความจำของคำสั่งที่กำลังถูกถ่ายจากหน่วยความจำไปยังซีพียู (โดยค่าของรีจีสเตอร์ PC จะถูกส่งไปตามสายแอดเดรสไปยังหน่วยความจำ) หลังจากถ่ายคำสั่งแล้ว ค่าของรีจีสเตอร์ PC จะเพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติเพื่อบ่งตำแหน่งของคำสั่งถัดไป ในกรณีคำสั่ง JUMP หรือ CALL ค่าของรีจีสเตอร์ PC จะบ่งตำแหน่งในหน่วยความจำไปที่ JUMP หรือ CALL สำหรับคำสั่ง CALL รีจีสเตอร์ SP จะเข้ามาช่วยในการเก็บตำแหน่งคำสั่งปัจจุบัน (ซึ่งปกติต้องดำเนินการต่อไปถึงแม้ไม่มีคำสั่งในการ CALL) ทั้งนี้เพื่อว่าเมื่อเสร็จภาวะการ CALL แล้วโปรแกรมปกติจะได้ดำเนินต่อไปได้โดยการถ่ายตำแหน่งคำสั่งจากย่านสแต็คคืนสู่จากรีจีสเตอร์ PC

3.1.5 ระบบทางฮาร์ดแวร์ไมโครคอมพิวเตอร์ Z-80

วงจรฮาร์ดแวร์พื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์ Z-80 ประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 โวลต์

2. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์หน่วยความจำ RAM หรือ ROM

4. วงจร I/O

5. ซีพียู Z-80

ในระบบเราจะเห็นว่าซีพียูต้องการแหล่งจ่ายไฟขนาด +5 โวลต์ กับกราว์และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ส่วนการต่อหน่วยความจำนั้น เราต่อแอดเดรสบัสเข้าตรงกับแอดเดรสของหน่วยความจำ และบัสข้อมูลก็จะต่อโดยตรงกับข้อมูลอินพุทและเอาท์พุทของระบบส่วนสัญญาณที่จะควบคุมที่หน่วยความจำ ซีพียูต้องติดต่อกับหน่วยความจำ และเนื่องจากหน่วยความจำต้องมีสัญญาณที่จะบอกว่าเมื่อไรจึงจะเป็นการอ่านและเขียน ส่วน Z-80-PIO ซีปไอซีนี้ทำหน้าที่การแยกอินพุทเอาท์พุทได้พอร์ทเบอร์ต่าง ๆ คือ A,B,C,D ตามการกำหนดของ A0 และ A1 สัญญาณควบคุม Z-80-PIO คือ IORQ ซึ่งเป็นสัญญาณที่จะบอกว่า ขณะนี้ซีพียูต้องการติดต่อ I/O และเราต่อ RD เข้ามาเพื่อจะกำหนดว่าเมื่อไรจึงจะเป็นการอ่านหรือเขียน

3.2 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำแบ่งออกตามความอ่านและเขียนข้อมูลออกได้เป็นสองประเภท คือ หน่วยความจำรอม (ROM = Read Only Memory) และหน่วยความจำแรม (RAM = Random Access Memory) ก่อนอื่นเราควรเข้าใจความหมายของการอ่าน (read) และเขียน (write) หน่วยความจำว่าคืออะไร เมื่อซีพียูรับข้อมูลจากหน่วยความจำ เราเรียกว่าเป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ แต่เมื่อซีพียูถ่ายข้อมูลลงสู่หน่วยความจำ เราเรียกว่าเป็นการเขียนข้อมูลลงสู่หน่วยความจำ โดยที่ข้อมูลเดิมที่เคยมีอยู่จะถูกเขียนทับลงไป

Z-80 ซีพียูมีบัสแอดเดรส (address bus) อยู่ 16 เส้น ฉะนั้นซีพียูสามารถส่งค่า 16 บิทไปตามบัสแอดเดรสไปยังหน่วยความจำ ทำให้บ่งตำแหน่งได้ทั้งหมดถึง 2^{16} =65,535 หรือ 64 K ไบท์ (1K = 1,024 ไบท์) โดยที่ 1 ไบท์จะมีค่าเท่ากับ 8 บิท

หน่วยความจำรอม ผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูลออกมาได้ แต่ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะเขียนข้อมูลใหม่ทับลงไปในหน่วยความจำชนิดนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำแรม ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลโดยการเขียนข้อมูลที่ต้องการลงไปเก็บไว้ได้ มีประโยชน์ เช่น ผู้ใช้ต้องการทดสอบคำสั่งหรือโปรแกรมก็สามารถเขียนคำสั่งหรือโปรแกรมไปเก็บไว้ในหน่วยความจำแรม จากนั้นก็ให้ไมโครคอมพิวเตอร์ดำเนินงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมดังกล่าวได้ เมื่อเกิดการทำงานผิดพลาด โดยทำได้ไม่ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ก็สามารถที่จะดัดแปลงแก้ไขจนทำงานได้ตามวัตถุประสงค์แล้วจึงนำชุดคำสั่งหรือโปรแกรมนั้นไปใช้งานจริง ๆ ต่อไป สำหรับประโยชน์ด้านอื่นก็สามารถที่จะทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำย่านสแต็ค ให้แก่ซีพียูในขณะทำงานได้ สำหรับหน่วยความจำแรมนี้ไม่สามารถที่จะรักษาข้อมูลไนหน่วยความจำไว้ได้เมื่อเราปิดสวิทช์ ฉนั้น เมื่อเราเปิดสวิทช์อีกข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงไป ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องป้อนข้อมูลให้กับหน่วยความจำแรมใหม่

3.3 หน่วยรับส่งข้อมูลเข้าออก (I/O Unit)

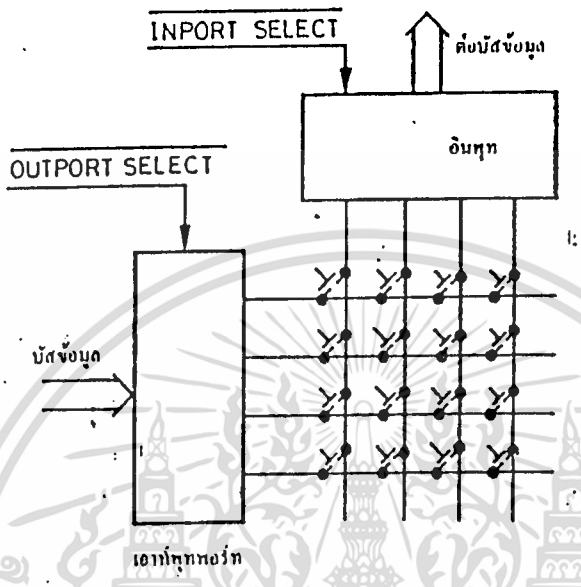
หน่วยรับส่งข้อมูลเข้าออกทำให้ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ เช่น สามารถรับข้อมูลจากสัญญาณการทำงานของมอเตอร์แล้วนำมาดำเนินการประมวลผล เมื่อประมวลผลเรียบร้อยแล้วก็จะส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลส่งกลับออกไปควบคุมอัตราความเร็วหรือทิศทางการหมุนของมอเตอร์ต่อไป สำหรับ Z-80 ซีพียูสามารถบ่งหน่วยรับส่งข้อมูลเข้าออกได้ถึง 256 หน่วย โดยใช้ 8 บิทล่างของบัสแอดเดรส

3.4 การสแกนคีย์บอร์ด (Scan Keyboard)

วัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบรับรู้ว่าขณะนี้มีการกดคีย์ และมีการอ่านว่า คีย์ที่เรากดนั้น คือการรับข้อมูลใดเข้าระบบ หรือเป็นการสั่งให้ระบบทำอะไร คีย์บอร์ดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้นำข้อมูลที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร หรือรหัสควบคุมต่าง ๆ เข้าสู่เครื่อง หรือระบบคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ดประกอบด้วยปุ่มกด ซึ่งเป็นตัวอักษรและตัวเลขนำมาจัดเรียงกันในรูปแมทริกซ์ ระบบคอมพิวเตอร์จะรับรู้การกดปุ่มเหล่านี้ได้จะต้องมีการเข้ารหัส (ENCODED) เพื่อแทนตัวอักษรและตัวเลขบนคีย์บอร์ด ซึ่งอาจจะใช้วิธีการทางซอฟท์แวร์ หรืออาร์ดแวร์ก็ได้ ในการต่อแบบแมทริกซ์จะทำให้โครงสร้างการต่อทางอาร์ดแวร์ดูง่ายขึ้นมาก ข้อยุ่งยากบางอย่างจะลดลงไปได้มาก เพราะสามารถใช้วิธีการทางซอฟท์แวร์แทนได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างการต่อคีย์บอร์ดแบบแมทริกซ์แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โครงสร้างการต่อคีย์บอร์ด แบบแมทริกซ์

การต่อแบบแมทริกซ์จะต่อร่วมกับระบบบัสในลักษณะการเป็นอินพุท 1 พอร์ท และเอาท์พุท 1 พอร์ทในกรณีนี้ถ้าอินพุทและเอาท์พุทใช้จำนวนบิทเต็มที่ เราจะได้แมทริกซ์ ขนาด 8 x 8 =64 คีย์ แต่ถ้าเราเพิ่มจำนวนคีย์มากกว่านี้อีก เช่น 128 คีย์ 16 x 8 = 8 x 16 = 128 นั่นคือ เราอาจต้องใช้เอาท์พุทพอร์ท 2 พอร์ท (16 บิท) หรืออินพุทพอร์ท 2 พอร์ทนั่นเอง กล่าวคือ การที่จำนวนคีย์จะมีเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับจำนวนแถวและจำนวนคอลัมน์นั่นเอง

หลักการทำงานทั่วไป คือ เราจะให้โปรแกรมทำการสแกนกล่าวคือกำหนดลอจิคให้แต่ละแถว (เอาท์พุทพอร์ท) เป็น "0" หรือ "1" ที่เวลาต่างกัน เช่น แถวแรกเป็น "0" และแถวอื่นเป็น "1" หมด แล้วทำการอ่านข้อมูลที่อินพุทพอร์ทว่ามีบิทใดบิทหนึ่งทางคอลัมน์เป็น "0" หรือไม่ ถ้ามีก็จะทราบได้ว่า คีย์ในตำแหน่งแถวแรกคอลัมน์ที่เท่าไรเป็นคีย์ที่ได้รับการกด แต่ถ้าไม่มีซีพียูก็จะสแกนไปยังแถวถัดไปวนรอบไปเรื่อย ๆ ตลอดเวลา ดังนั้น การตรวจสอบคีย์กดจะทราบในลักษณะแถวที่เท่าไร และคอลัมน์ที่เท่าไร เป็นคีย์ที่ได้รับการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

DOT MATRIX LCD MODULE AND REAL TIME CLOCK

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VEDIO, เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องมือวัดคุมต่างๆ, เครื่องคอมพิวเตอร์ เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ออกได้เป็นพวก ๆ ดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ แบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเองกับแสงก็คือ ส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่งโดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H, MSM5259

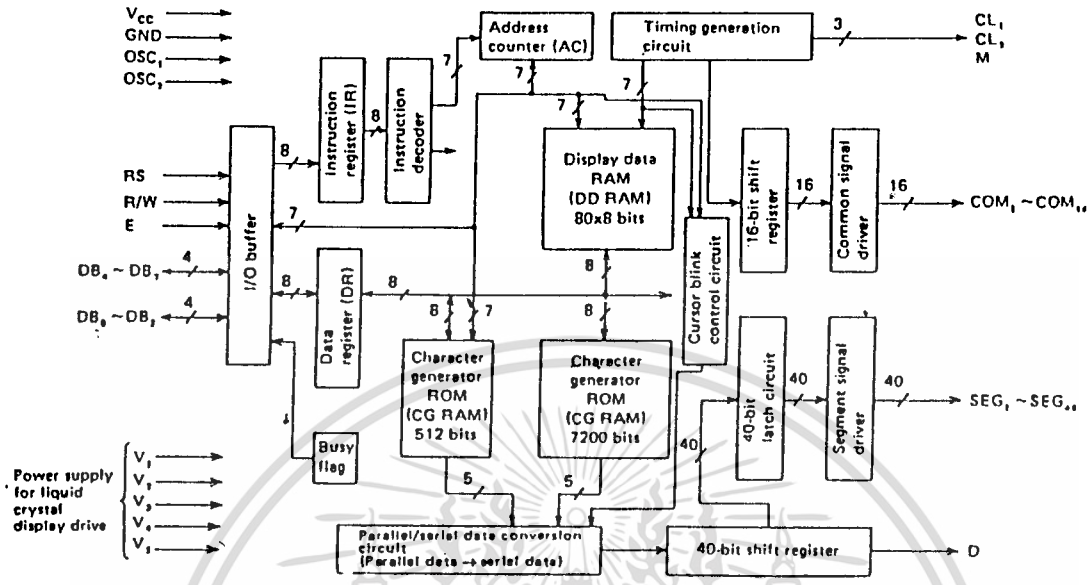
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่างๆ เช่น การลบจอภาพ, การเกิดตัวอักษร, เป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD44780 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่ เบอร์ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

ในการศึกษาการทำงานและใช้งาน LCD MODULE นั้นไม่ใช่เรื่องยากถ้าเราสามารถทำความเข้าใจในส่วนของ CONTROLLER ได้ก็เพียงพอแล้วและโดยมาก LCD MODULE ในแตละบริษัทแล้วจะใช้ตัว CONTROLLER ที่มีหลักการทำงานที่เหมือนๆกันเป็นส่วนใหญ่และใน LCD MODULE แต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมมากที่สุดตัวหนึ่งที่เป็น CONTROLLER LCD ก็คือ เบอร์ HD44780 โดยรูปแบบการทำงานของมันได้เป็นมาตราฐานให้กับ CONTROLLER LCD ตัวอื่นๆด้วย

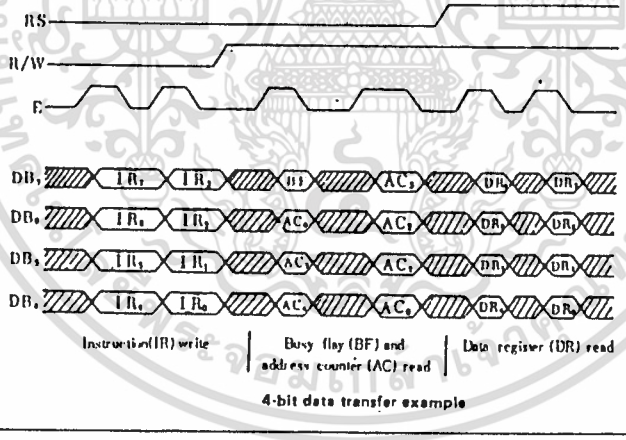
HD44780 เป็นไอซีที่ LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆตัวมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4 BIT หรือ 8 BIT ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4 BIT จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

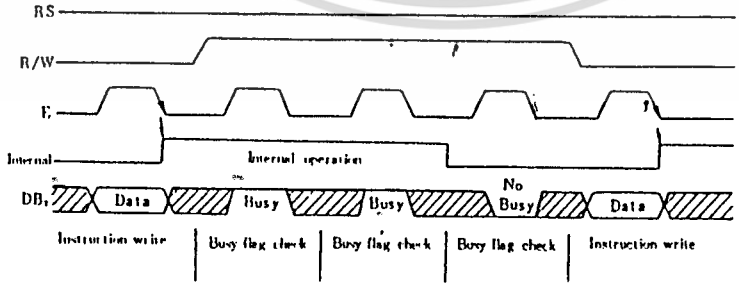
Block diagram of HD44780 interior



เท่านั้นโดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4 BIT บน และข้อมูลที่ส่งต่อมานั้นเป็นข้อมูล 4 BIT ล่าง



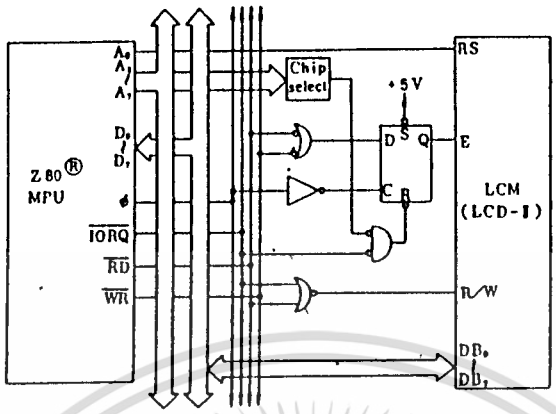
4-bit data transfer example



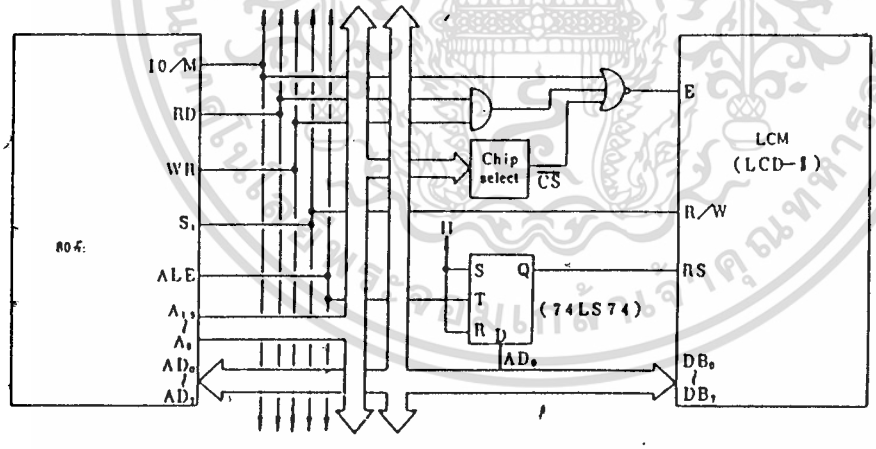
Example of busy flag check timing sequence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Example of interfacing to Z80 MPU



เราสามารถต่อ LCD MODULE (HD44780 เป็น CONTROLER) เข้ากับระบบไมโครได้หลายรูปแบบดังรูป



Example of connection with LCM being used as a part of memories on the determined address.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

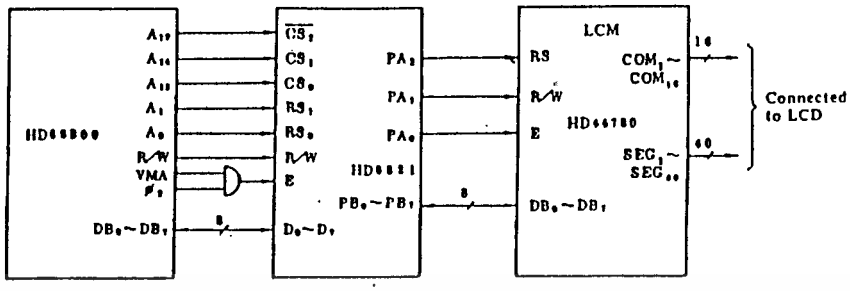
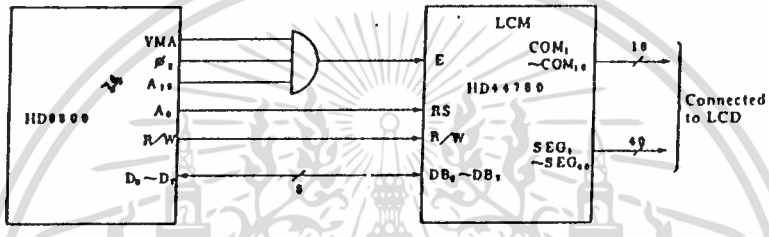
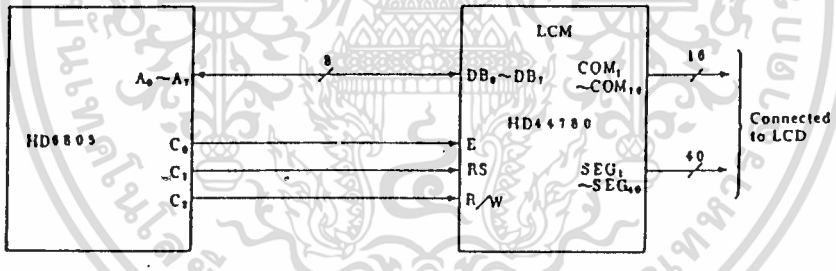


Fig. 4 Example of interface to HD68B00 using PIA (HD68B21)

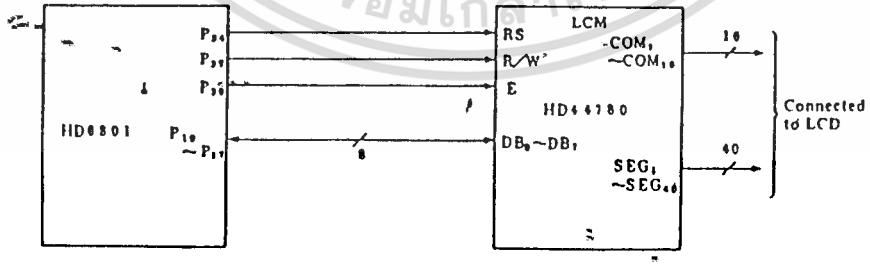
Connecting directly to the 8 bit MPU bus line



Example of interfacing to the HD6805

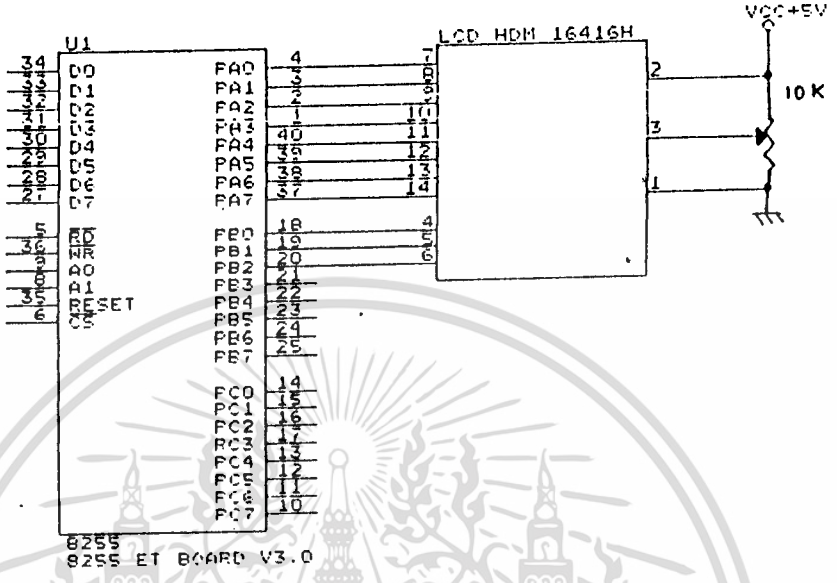


Example of interfacing to the HD6301



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการต่อใช้งานจริงกับ ET-BOARD V3.0



จากวงจรเป็นการต่อ 8255 ให้เข้าใช้กับ LCD โดยเราจะจำลองสัญญาณต่างๆขึ้นมาโดยการใช้ PORT A และ PORT B โดย PORT A นั้นเราให้เป็น DATA PORT และ PORT B นั้นเราให้เป็นสัญญาณควบคุมไปใช้

เมื่อเราเริ่มเปิดไฟป้อนให้ HD44780 นั้นก็จะทำงาน RESET ตัวมันเองจะใช้เวลาประมาณ 10 ms 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

   N = 0 : SET เป็น 1 บรรทัดการแสดงผล

   F = 0 : 5X7 DOT ต่อหนึ่งตัวอักษร

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

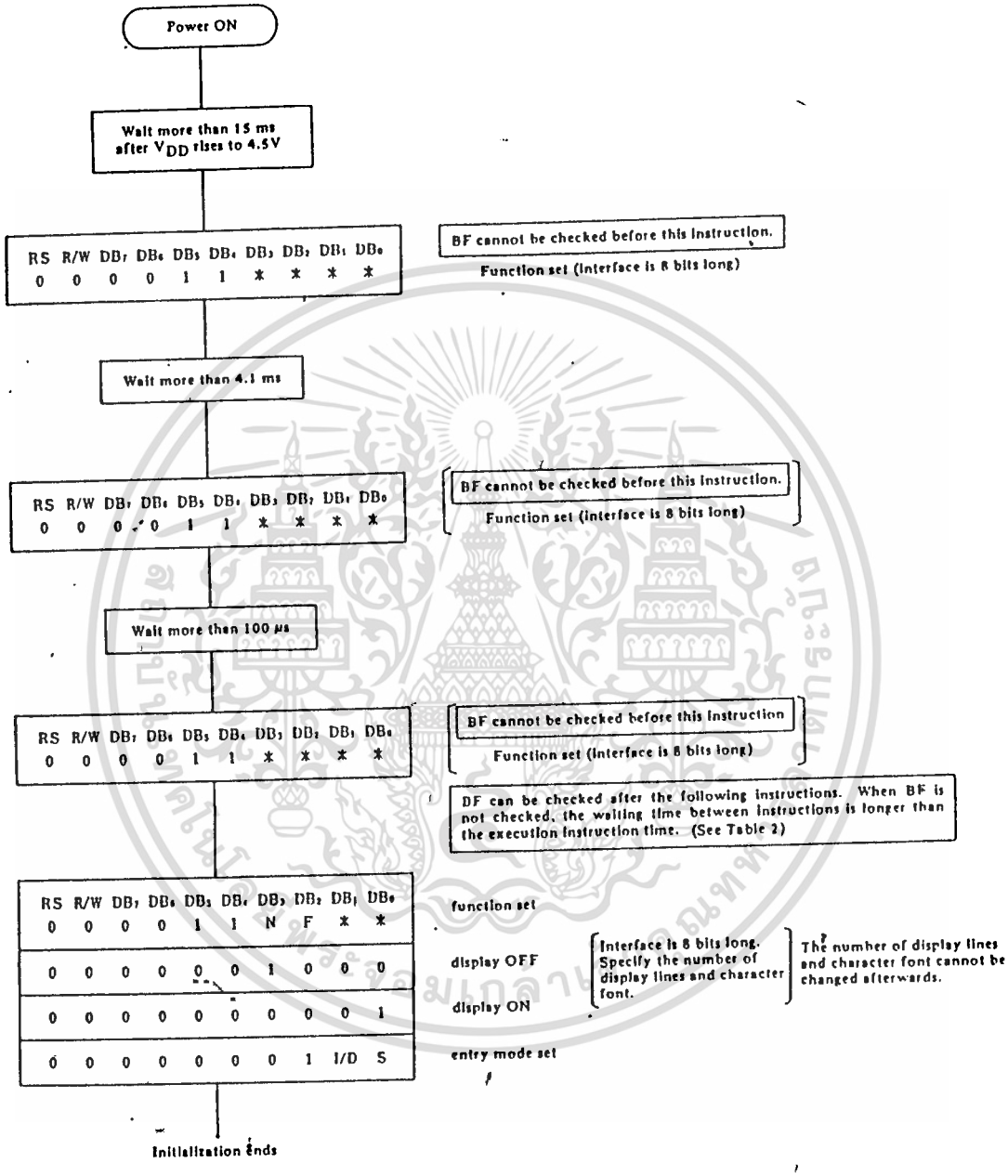
   C = 0 : CURSOR OFF

   B = 0 : BLINK OFF

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

   S = 0 : NO SHIFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction	Code										Description	Execution time (when fosc is 250 kHz) Note 1	Execution time (when fosc is 160 kHz) Note 2
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears all display and returns the cursor to the home position (Address 0).	82 μs ~ 1.64 ms	120 μs ~ 4.9 ms
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Returns the cursor to the home position (Address 0). Also returns the display being shifted to the original position. DD RAM contents remain unchanged.	40 μs ~ 1.6 ms	120 μs ~ 4.8 ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets the cursor move direction and specifies or not to shift the display. These operations are performed during data write and read.	40 μs	120 μs
Display ON/ OFF control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets ON/OFF of all display (D), cursor ON/OFF (C), and blink of cursor position character (B).	40 μs	120 μs
Cursor and display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves the cursor and shifts the display without changing DD RAM contents	40 μs	120 μs
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Sets interface data length (DL) number of display lines (L) and character font (F).	40 μs	120 μs
Set CG RAM address.	0	0	1	A_{CG}							Sets the CG RAM address. CG RAM data is sent and received after this setting.	40 μs	120 μs
Set DD RAM address	0	0	1	A_{DD}							Sets the DD RAM address. DD RAM data is sent and received after this setting.	40 μs	120 μs
Read busy flag & address	0	1	BF	AC							Reads Busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	1μs	1 μs
Write data to CG or DD RAM	1	0	Write Data								Writes data into DD RAM or CG RAM.	40 μs	120 μs
Read data to CG or DD RAM	1	1	Read Data								Reads data from DD RAM or CG RAM.	40 μs	120 μs

I/D = 1: Increment (+1) I/D = 0: Decrement (−1)
S = 1: Accompanies display shift.
S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move
R/L = 1: Shift to the right.
R/L = 0: Shift to the left.
DL = 1: 8 bits DL = 0: 4 bits
N = 1: 2 lines N = 0: 1 line
F = 1: 5 × 10 dots F = 0: 5 × 7 dots
BF = 1: Internally operating
BF = 0: Can accept instruction

DD RAM: Display data RAM
CG RAM: Character generator RAM
A_{CG}: CG RAM address
A_{DD}: DD RAM address Corresponds to cursor address.
AC: Address counter used for both of DD and CG RAM address.

Execution time changes when frequency changes.
(Example)
When fosc is 270 kHz:

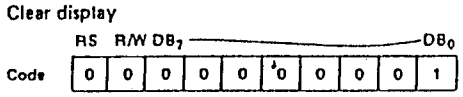
$$40\ \mu s \times \frac{250}{270} = 37\ \mu s$$

*No effect
Notes 1. Applied to models driven by 1/8 duty or 1/11 duty.
2. Applied to models driven by 1/16 duty.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

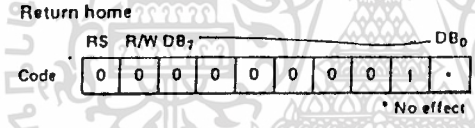
รายละเอียดของคำสั่ง HD44780

1. CLEAR DISPLAY



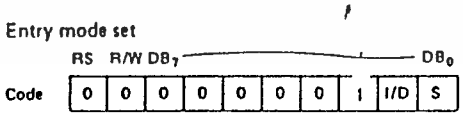
คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือ SPACE (ASCII 20H) เข้าไปใน DD RAM ทั้งหมดและทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปสู่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพ SET I/D = 1,S ไม่มีการเปลี่ยน

2. RETURN HOME



คำสั่งนี้จะทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพข้อมูลในจอภาพไม่เปลี่ยน

3. ENTRY MODE SET



BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วจะทำให้ DD RAM ADDRESS เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่งโดย 1 = เพิ่ม 0 = ลดลงหนึ่ง

BIT S : เป็นตัวกำหนดแสดงผลโดยถ้า S=1 จะเป็นการใส่ข้อมูลแล้วตัว CURSOR อยู่กับที่ข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย ถ้า S = 0 ข้อมูลจะอยู่กับที่ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. DISPLAY ON/OFF CONTROL

Display ON/OFF control

	RS	R/W	DB_7						DB_0
Code	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

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 5X10 DOT

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

(a) Cursor Display Example (b) Blink Display Example

5. CURSOR OR DISPLAY SHIFT

Cursor or display shift

	RS	R/W	DB_7						DB_0
Code	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

* No effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคำสั่งกำหนดให้ตำแหน่ง CURSOR หรือข้อมูลไปเกิดทางซ้ายมือหรือขวาโดยไม่ต้องใช้คำสั่งเขียนหรืออ่าน โดย

S/C	R/L	
0	0	ทำการย้าย CURSOR ไปจากตำแหน่งเดินไปซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง
0	1	ทำการย้าย CURSOR ไปจากตำแหน่งเดินไปขวามือ 1 ตำแหน่ง
1	0	เป็นการดันตัวอักษรที่เกิดไปทางซ้ายมือ
1	1	เป็นการดันตัวอักษรที่เกิดไปทางขวามือ

6. FUNCTION SET

Function set

	RS	R/W	DB_7						DB_0
Code	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

* No effect

BIT DL : เป็นการ SET การติดต่อว่าจะให้เป็นแบบ 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 บรรทัด ก็ให้ SET N = 1

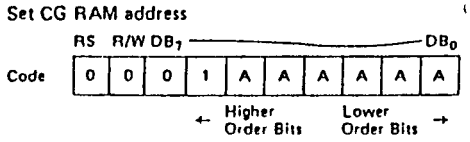
F : เป็นการ SET ขนาด DOT การแสดงผล 5X10 โดย F = 0 เป็นแบบ 5X7 และ F = 1 เป็นแบบ 5X7

N F	No. of display liges	Character font	Duty factor	Remarks
0 0	1	5 x 7 dots	1/8	
0 1	1	5 x 10 dots	1/11	
1 *	2	5 x 7 dots	1/16	Cannot display 2 lines with 5 x 10 dot character font.

* No effect

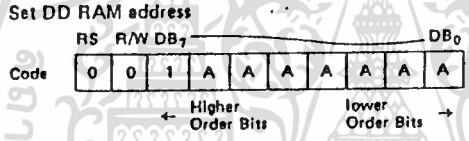
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยต้อง ทำการ SET ADDRESS ก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

8. SET DD RAM ADDRESS



เป็นคำสั่ง SET ค่า ADDRESS ใน DD RAM ในการเขียนหรืออ่านค่าจาก DD RAM (DD RAM คือ ส่วนที่แสดงผลหน้าจอ LCD) โดยจำนวน ADDRESS ที่จะเกิดขึ้นบนจอ LCD จะอยู่กับ SET ค่า N ด้วย

ถ้า N = 0-(1 บรรทัด) ADDRESS จะอยู่ 00H-4FH

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

ตัวอย่างการจัด ADDRESS ของ DD RAM หน้าจอ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด และ 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด HDM-16416H, HDM-20216H

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	← display position
1-line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	← DD RAM address
2-line	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	
3-line	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	
4-line	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	

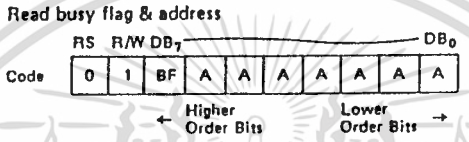
HDM-16416H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	← display position
1-line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	← DD RAM address
2-line	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	
3-line	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27	
4-line	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67	

(Note) Shift display is as same as 2-line type.

9. READ BUSY FLAG AND ADDRESS



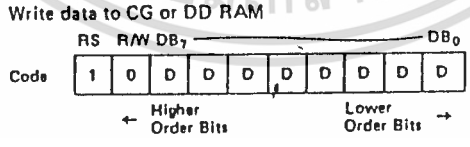
เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่หรืออยู่ในสภาพพร้อมจะรับข้อมูลโดย

BF = 1 อยู่ในขบวนการภายในไม่พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่ง

BF = 0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้

และนอกนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านข้อมูล ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ด้วย

10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM



เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM โดยเมื่อเขียนข้อมูลและ ADDRESS จะเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ SET ใน ENTRY MODE ข้อกำหนดที่จะรู้ว่าเป็นการเขียนข้อมูลของ CG RAM หรือ DD RAM ทำได้โดยการ SET ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ขึ้นมาก่อนจะเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

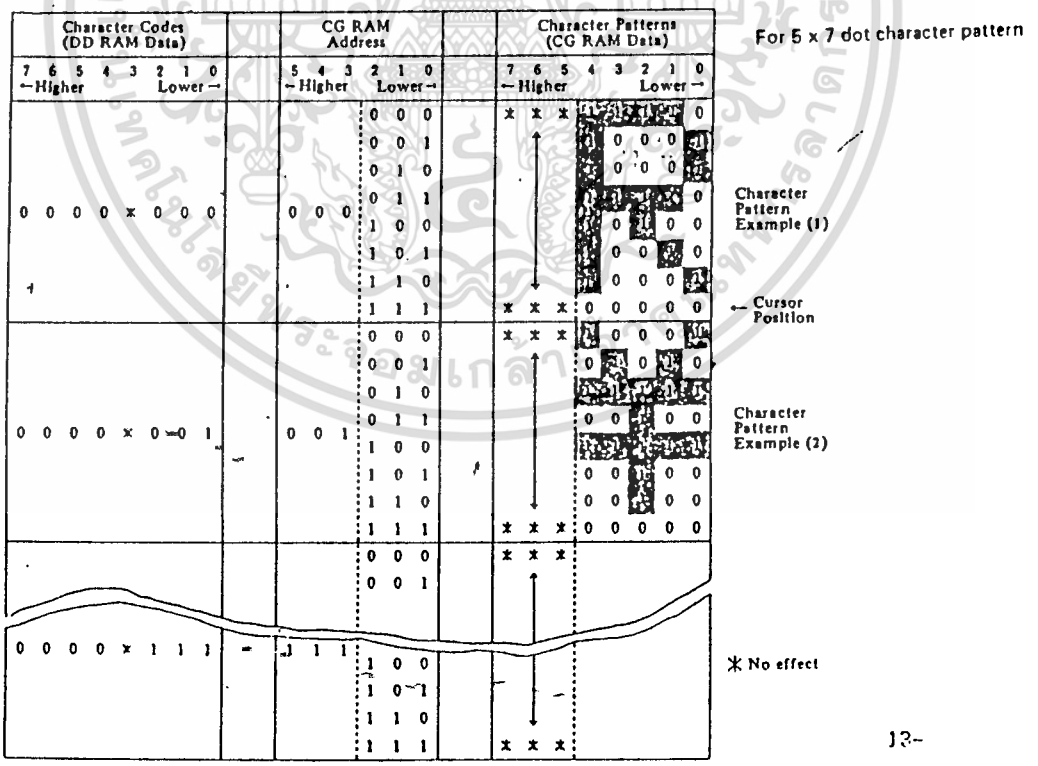
11. READ DATA FROM CG OR DD RAM

Read data from CG or DD RAM

	RS	R/W	DB_7							DB_0
Code	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D
			← Higher Order Bits					Lower Order Bits →		

เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลจาก CG RAM หรือ DD RAM โดยก่อนอ่านค่าจาก DD RAM หรือ CG RAM นี้ควรจะใช้คำสั่ง SET ADDRESS ก่อนเพื่อให้รู้ค่าข้อมูลที่จะอ่านได้นั้นเป็น DD หรือ CG RAM

จากตารางการทำงานจะเห็นว่าการใช้งาน LCD MODULE นั้นง่ายเพียงแต่เราส่งคำสั่งเริ่มแรกและ SET ความต้องการในขนาดตัวอักษร, CURSOR หลังจากนั้นเราก็จะสามารถเขียนตัวอักษรเข้าไปใน DD RAM ตามตารางตัวอักษรที่ให้มานั้นก็จะเกิดตัวอักษรในจอภาพ LCD เรายังสามารถกำหนดตำแหน่งตัวอักษณที่จะให้เกิดบนจอได้โดยการ SET DD RAM ADDRESS ตามตารางที่ให้มาตามหัวข้อ SET DD RAM ADDRESS ขอให้ทดสอบตามความเข้าใจกับตัวโปรแกรมที่ใช้กับ ET-BOARD V3.0 นี้ที่ให้มาจะเห็นว่าจะมีส่วนเริ่มต้นก็คือ ส่วนการ INITIAL LCD เพื่อกำหนดหน้าที่การทำงานต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของโปรแกรม

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

GOTO จะเป็นส่วนกำหนดตำแหน่งของส่วน DD RAM ADDRESS ที่จะเขียนข้อมูล โดยจากโปรแกรม INITIAL ที่เรา SET ไว้ เมื่อเขียนข้อมูลเข้าไปใน DD RAM แล้ว ADDRESS ของ DD RAM จะเพิ่มขึ้น 1 โดยทันที

WRBYTE เป็นส่วนเขียนข้อมูล 1 BYTE เข้าไปในตำแหน่ง ADDRESS ของ DD RAM ขณะนั้นๆ

WRLINE เป็นส่วนในการเขียนข้อมูลที่ละ 1 LINE เพราะตำแหน่ง DD RAM ที่เกิดบนจอภาพ LCD นั้นแต่ละตำแหน่งจะไม่ต่อกันไปในแต่ละบรรทัด

จากตัวอย่างที่จะให้มี LCD แบบ 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด และ 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด

นอกจากนี้ LCD MODULE (HD44780) นี้จะยังมีส่วนหนึ่งของ CHARACTER GENERATOR ที่เราสามารถเขียนข้อมูลในการเกิดตัวอักษรขึ้นได้เอง จากตารางตัวอักษร 5X7 DOT นั้นจะเห็นว่าคือ ตำแหน่งในตาราง 00H ถึง 07H ส่วนตำแหน่ง 08H-0FH จะเป็นตำแหน่งเดียวกับ 00H-07H จะเห็นว่าจะมี CHARACTER GENERATOR 8 ตัวที่เราสามารถเขียนข้อมูลกำหนดเองได้และถ้าเป็นแบบ 5X10 DOT จะเขียนได้ 4 ตัวอักษรซึ่งจากข้อพิเศษนี้ทำให้เราสามารถเขียนตัวอักษรสัญลักษณ์หรืออักษรภาษาไทยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ;*****************************
                        ;*  TEST LCD ET BOARD V3.0   *
                        ;*  16 CHARACTERS * 4 LINE   *
                        ;*      HDM - 16416H         *
                        ;*      ETT CO.,LTD.         *
                        ;*       21/9/1990           *
                        ;*                           *
                        ;*****************************

                                ORG  2000H

0020                    PDATA   EQU  20H
2000                    PSIGN   EQU  21H
2100                    PCONT   EQU  23H
2300

                        ;******** INITIAL 8255 ********

2000  3E 80                      LD   A,80H          ;PA,PB,PC-OUT
2002  D3 23                      OUT  (PCONT),A
                        ;
2004  CD 5F20           TEST1   CALL INITLCD
2007  21 1F20                    LD   HL,TAB2
200A  3E 01                     LD   A,1
200C  CD 8620                   CALL WRLINE
200F  3E 02                     LD   A,2
2011  CD 8620                   CALL WRLINE
2014  3E 03                     LD   A,3
2016  CD 8620                   CALL WRLINE
2019  3E 04                     LD   A,4
201B  CD 8620                   CALL WRLINE
201E  DF                        RST  18H
                        ;
201F  2A 20 45 54       TAB2    DB   '** ETT CO.,LTD. **'
2023  54 20 43 4F
2027  2E 2C 4C 54
202B  44 2E 20 2A
202F  20 48 44 4D               DB   ' HDM-16416H LCD '
2033  2D 31 36 34
2037  31 36 48 20
203B  4C 43 44 20               DB   '@ABCDEFGHIJKLMNO'
203F  40 41 42 43
2043  44 45 46 47
2047  48 49 4A 4B
204B  4C 4D 4E 4F               DB   'PQRSTUVWXYZ12345'
204F  50 51 52 53
2053  54 55 56 57
2057  58 59 5A 31
205B  32 33 34 35
                        ;
                        ;
                        ;***** INITIAL LCD DISPLAY *****
                        ; PA0-PA7 : PIN D0-D7   (DATA READ/WRITE LCD)
                        ; PB2     : PIN E      (ENABLE SIGNAL PULSE)
                        ; PB1     : PIN R/W    (READ/WRITE)
                        ; PB0     : PIN RS     (REGITER SELECTION)

205F  3E 00             INITLCD LD   A,0
2061  D3 21                     OUT  (PSIGN),A
2063  3E 38                     LD   A,00111000B    ;function set  38H
                                                    ;DL=1 8 bit,N=1 1/16 duty,F=0 5x7
2065  D3 20                     OUT  (PDATA),A
2067  CD BD20                   CALL EPLUSE         ;enable signal pluse
206A  CD E420                   CALL DELAY          ;DELAY > 4.1 ms
206D  3E 0F                     LD   A,00001111B    ;display on/off control
                                                    ;D=1 off,C=1 cursor on,B=1 blink
206F  D3 20                     OUT  (PDATA),A
2071  CD BD20                   CALL EPLUSE
2074  3E 06                     LD   A,00000110B    ;entry mode set
                                                    ;I/D=1 increment,S=0 right
2076  D3 20                     OUT  (PDATA),A
2078  CD BD20                   CALL EPLUSE

207B  3E 01                     LD   A,00000001B    ;clear all display
207D  D3 20                     OUT  (PDATA),A
207F  CD BD20                   CALL EPLUSE
2082  CD E420                   CALL DELAY
2085  C9                        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        69 ;****** WRITE LINE 16,CHAR *****
                        70 ;  INPUT (HL)=DATA
                        71 ;  INPUT   A =LINE
                        72
2086  FE 01             73 WRLINE   CP   1
2088  28 0D             74          JR   Z,WRL1
208A  FE 02             75          CP   2
208C  28 10             76          JR   Z,WRL2
208E  FE 03             77          CP   3
2090  28 13             78          JR   Z,WRL3
2092  FE 04             79          CP   4
2094  28 16             80          JR   Z,WRL4
                        81 ;
2096  C9                82          RET                    ;NO WRITE LINE
2097  3E 00             83 WRL1     LD   A,00H
2099  CD CC20           84          CALL GOTO
209C  18 13             85          JR   WRLM
                        86 ;
209E  3E 40             87 WRL2     LD   A,40H
20A0  CD CC20           88          CALL GOTO
20A3  18 0C             89          JR   WRLM
                        90 ;
20A5  3E 10             91 WRL3     LD   A,10H
20A7  CD CC20           92          CALL GOTO
20AA  18 05             93          JR   WRLM
                        94 ;
20AC  3E 50             95 WRL4     LD   A,50H
20AE  CD CC20           96          CALL GOTO
20B1  06 10             97 WRLM     LD   B,16              ;16 CHR
20B3  56                98 WRL      LD   D,(HL)
20B4  C5                99          PUSH BC
20B5  CD D920          100          CALL WRBYTE
20B8  C1               101          POP  BC
20B9  23               102          INC  HL
20BA  10 F7            103          DJNZ WRL
20BC  C9               104          RET
                       105
                       106 ;***** ENABLE PULSE SUB. ******
                       107
20BD  DB 21            108 EPULSE    IN   A,(PSIGN)
20BF  CB D7            109          SET  2,A
20C1  D3 21            110          OUT  (PSIGN),A         ;enable bit 2=1
20C3  06 00            111          LD   B,00H
20C5  10 FE            112 EP1      DJNZ EP1
20C7  CB 97            113          RES  2,A
20C9  D3 21            114          OUT  (PSIGN),A         ;enable bit 2=0
20CB  C9               115          RET
                       116
                       117 ;******** GOTO POSITION ********
                       118 ; INPUT  REG  A=DATA
                       119
20CC  C5               120 GOTO     PUSH BC
20CD  CB FF            121          SET  7,A               ;set DD RAM
20CF  D3 20            122          OUT  (PDATA),A
20D1  AF               123          XOR  A
20D2  D3 21            124          OUT  (PSIGN),A         ;set RS=0,R/W=0
20D4  CD BD20          125          CALL EPULSE
20D7  C1               126          POP  BC
20D8  C9               127          RET
                       128
                       129 ;******** WRITE DATA SUB. ********
                       130 ; INPUT  REG  D=DATA
                       131
20D9  3E 01            132 WRBYTE    LD   A,00000001B      ;data write
20DB  D3 21            133          OUT  (PSIGN),A
20DD  7A               134          LD   A,D               ;data byte
20DE  D3 20            135          OUT  (PDATA),A
20E0  CD BD20          136          CALL EPULSE
20E3  C9               137          RET
                       138
                       139 ;******** DELAY SUB ********
                       140 ;
20E4  06 00            141 DELAY    LD   B,0
20E6  00               142 DE1      NOP
20E7  00               143          NOP
20E8  10 FC            144          DJNZ DE1
20EA  C9               145          RET
                       146
 0 Error(s) Detected.
 235 Absolute Bytes. 19 Symbols Detected.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ;*******************************
                        ;*    TEST LCD ET BOARD V3.0   *
                        ;*    20 CHARACTERS * 2 LINE   *
                        ;*        HDM- 20216H          *
                        ;*        ETT CO.,LTD.         *
                        ;*         21/9/1990           *
                        ;*                             *
                        ;*******************************

                                ORG  2000H

0020                    PDATA   EQU  20H
2000                    PSIGN   EQU  21H
2100                    PCONT   EQU  23H
2300

                        ;********* INITIAL 8255 ********

2000  3E 80                      LD   A,80H            ;PA,PB,PC=OUT
2002  D3 23                      OUT  (PCONT),A

                        ;************ TEST **************
                        ;TEST LCD HDM-20216H

2004  CD 3D20             TEST1   CALL INITLCD
2007  21 1520                    LD   HL,TAB1
200A  3E 01                      LD   A,1
200C  CD 6420                    CALL WRLINE
200F  3E 02                      LD   A,2
2011  CD 6420                    CALL WRLINE
2014  DF                        RST  18H

2015  2A 2A 2A 20       TAB1    DB   "*** ETT CO.,LTD. ***"
2019  45 54 54 20
201D  43 4F 2E 2C
2021  4C 54 44 2E
2025  20 2A 2A 2A
2029  20 20 20 48               DB   "   HDM-20216H LCD   "
202D  44 4D 2D 32
2031  30 32 31 36
2035  48 20 4C 43
2039  44 20 20 20

                        ;***** INITIAL LCD DISPLAY *****
                        ; PA0-PA7 : PIN D0-D7    (DATA READ/WRITE LCD)
                        ; PB2     : PIN E       (ENABLE SIGNAL PULSE)
                        ; PB1     : PIN R/W     (READ/WRITE)
                        ; PB0     : PIN RS      (REGITER SELECTION)

203D  3E 00             INITLCD  LD   A,0
203F  D3 21                      OUT  (PSIGN),A
2041  3E 38                      LD   A,00111000B      ;function set  38H
                                                        ;DL=1 8 bit,N=1 1/16 duty,F=0 5x
2043  D3 20                      OUT  (PDATA),A
2045  CD 8520                    CALL EPLUSE           ;enable signal pluse
2048  CD AC20                    CALL DELAY            ;DELAY > 4.1 ms
204B  3E 0F                      LD   A,00001111B      ;display on/off control
                                                        ;D=1 off,C=1 cursor on,B=1 blink
204D  D3 20                      OUT  (PDATA),A
204F  CD 8520                    CALL EPLUSE
2052  3E 06                      LD   A,00000110B      ;entry mode set
                                                        ;I/D=1 increment,S=0 right
2054  D3 20                      OUT  (PDATA),A
2056  CD 8520                    CALL EPLUSE

2059  3E 01                      LD   A,00000001B      ;clear all display
205B  D3 20                      OUT  (PDATA),A
205D  CD 8520                    CALL EPLUSE
2060  CD AC20                    CALL DELAY
2063  C9                         RET

                        ;****** WRITE LINE 20 CHAR *****
                        ;  INPUT (HL)=DATA
                        ;  INPUT   A =LINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2064  FE 01          68 WRLINE   CP   1
2066  28 05          69          JR   Z,WRL1
2068  FE 02          70          CP   2
206A  28 08          71          JR   Z,WRL2
                     72 ;
206C  C9             73          RET                    ;NC  WRITE LINE
206D  3E 00          74 WRL1     LD   A,00H
206F  CD 9420        75          CALL GOTO
2072  18 05          76          JR   WRLM
                     77 ;
2074  3E 40          78 WRL2     LD   A,40H
2076  CD 9420        79          CALL GOTO
                     80 ;
2079  06 14          81 WRLM     LD   B,20              ;20  CHR
207B  56             82 WRL      LD   D,(HL)
207C  C5             83          PUSH BC
207D  CD A120        84          CALL WRBYTE
2080  C1             85          POP  BC
2081  23             86          INC  HL
2082  10 F7          87          DJNZ WRL
2084  C9             88          RET
                     89
                     90 ;***** ENABLE PLUSE SUB. ******
                     91
2085  DB 21          92 EPLUSE   IN   A,(PSIGN)
2087  CB D7          93          SET  2,A
2089  D3 21          94          OUT  (PSIGN),A         ;enable bit 2=1
208B  06 00          95          LD   B,00H
208D  10 FE          96 EP1      DJNZ EP1
208F  CB 97          97          RES  2,A
2091  D3 21          98          OUT  (PSIGN),A         ;enable bit 2=0
2093  C9             99          RET
                    100
                    101 ;******* GOTO POSITION  ********
                    102 ; INPUT  REG  A=DATA
                    103
2094  C5            104 GOTO     PUSH BC
2095  CB FF         105          SET  7,A               ;set DD RAM
2097  D3 20         106          OUT  (PDATA),A
2099  AF            107          XOR  A
209A  D3 21         108          OUT  (PSIGN),A         ;set RS=0,R/W=0
209C  CD 8520       109          CALL EPLUSE
209F  C1            110          POP BC
20A0  C9            111          RET
                    112
                    113 ;******* WRITE DATA SUB. ********
                    114 ; INPUT  REG  D=DATA
                    115
20A1  3E 01         116 WRBYTE   LD   A,00000001B       ;data write
20A3  D3 21         117          OUT  (PSIGN),A
20A5  7A            118          LD   A,D               ;data byte
20A6  D3 20         119          OUT  (PDATA),A
20A8  CD 8520       120          CALL EPLUSE
20AB  C9            121          RET
                    122
                    123 ;******* DELAY SUB *******
                    124 ;
20AC  06 00         125 DELAY    LD   B,0
20AE  00            126 DE1      NOP
20AF  00            127          NOP
20B0  10 FC         128          DJNZ DE1
20B2  C9            129          RET
                    130
 0 Error(s) Detected.
 179 Absolute Bytes. 17 Symbols Detected.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTER FONT TABLE

Higher / Lower 4bit	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)												
xxxx0001	(2)												
xxxx0010	(3)												
xxxx0011	(4)												
xxxx0100	(5)												
xxxx0101	(6)												
xxxx0110	(7)												
xxxx0111	(8)												
xxxx1000	(1)												
xxxx1001	(2)												
xxxx1010	(3)												
xxxx1011	(4)												
xxxx1100	(5)												
xxxx1101	(6)												
xxxx1110	(7)												
xxxx1111	(8)												

NOTE: CGRAM is a CHARACTER-GENERATOR RAM having a storage function of character pattern which enable to change freely by user's program.

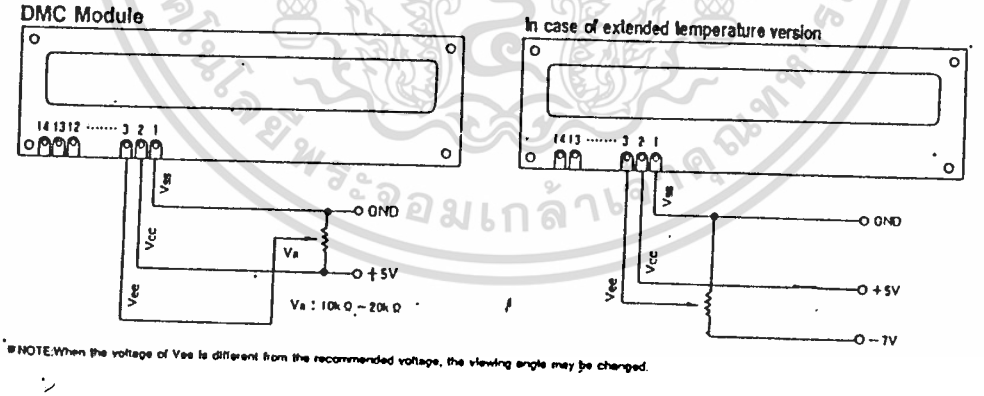
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูล CHARACTER GENERATOR

เราสามารถเขียนข้อมูลได้โดยกำหนด ADDRESS ของ CG RAM ก่อนโดยเขียนได้ 64 ตำแหน่ง BIT 5-BIT 0 และเมื่อกำหนด ADDRESS และจะทำการเขียนข้อมูลลงใน CG RAM โดยเป็นลักษณะ BIT ต่อ BIT บนจอ 1 ตัวอักษรคือ 5X7 DOT นั้นจะใช้ข้อมูล BIT 4 ถึง BIT 0 ต่อ 1 BYTE เท่านั้น 1 ตัวอักษรจะใช้ข้อมูล 8 BYTE ด้วยการให้ดูจากตารางประกอบไปด้วย และเมื่อเขียนข้อมูลลงใน CG RAM แล้วเวลาเราจะใช้งานก็ให้เขียนข้อมูลลงใน DD RAM คือ ข้อมูลในตำแหน่งในตาราง CHARACTER ที่ตำแหน่ง 00H-07H

ตัวอย่างโปรแกรมการเขียนข้อมูลตัวหนังสือภาษาไทยเป็นตัว (อ), (ท), และตัว (เข้าไปใน CG RAM ตำแหน่งที่ 00H, 01H และ 02H และนำมาแสดงผลทางจอ LCD โดยใช้ 2 บรรทัดในการแสดงผล

สรุป การใช้งาน LCD MODULE นั้นที่สำคัญคือ ต้องเข้าใจในตัว CONTROLLER ของ LCD MODULE นั้น โดย CONTROLLER ทุกๆบริษัทจะมีการทำงานที่เหมือนๆกันเป็นส่วนใหญ่



*NOTE:When the voltage of Vee is different from the recommended voltage, the viewing angle may be changed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

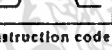
ขาต่างๆในการต่อใช้งาน HD44780

1. RS (REGISTOR SELECTION) จะเป็นขาเลือก REGISTOR ภายในซึ่งมีอยู่ 2 ตัว คือ INSTRUCTION REGISTOR (IR) และ DATA REGISTOR (DR) โดยถ้าเป็น 1 จะเป็นการเลือก DATA และถ้าเป็น 0 จะเป็นการเลือก INSTRUCTION

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

3. E (ENABLE SIGNAL) เป็นขากำหนดสภาพการรับเขียนอ่านข้อมูล

The relation between the operation and the combination of RS, R/W

RS	RW	E	OPERATION
0	0		Write instruction code
0	1		Read busy flag and address counter
1	0		Write data
1	1		Read data

When performing data and instruction code by 4 bit, transfer RS, R/W every time.

4. DB0-DB7 เป็นขารับส่งข้อมูลจากตัว IC

5. VDD ไฟเลี้ยงตัววงจร

6. VSS เป็นขา GND

7. VO เป็นขารับ VOLTAGE ในการขับ LCD ให้สว่างหรือมืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดการทำงานของ MM58167

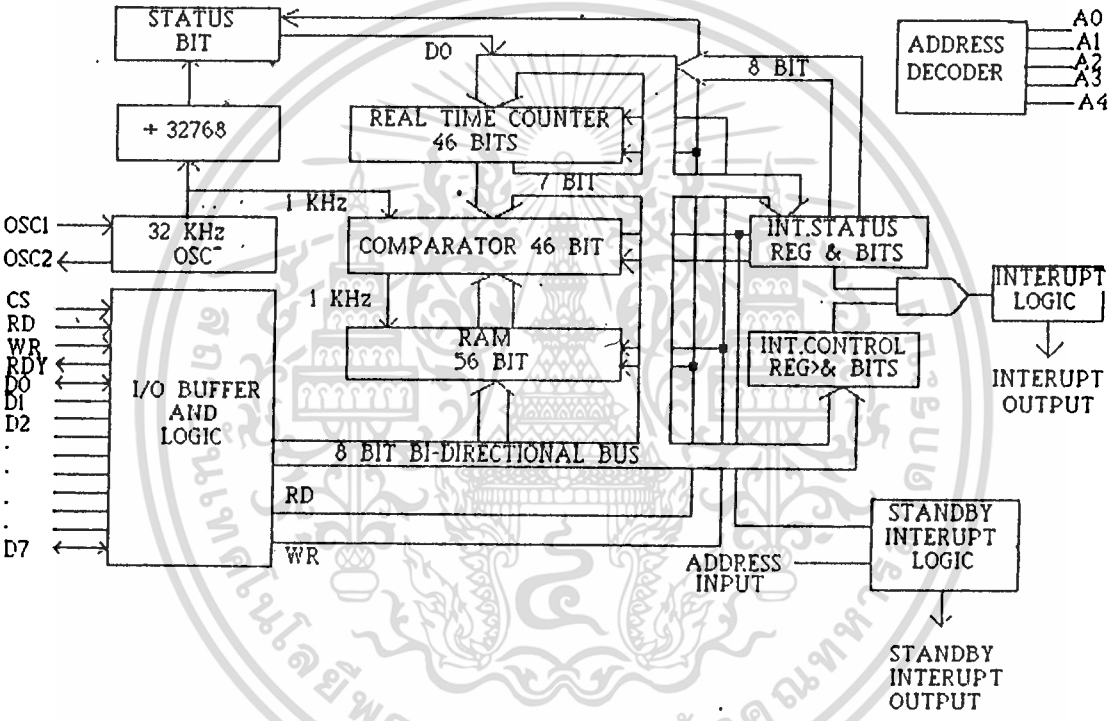
จาก BLOCK DIAGRAM ในรูปที่ 1 มีส่วนประกอบที่สำคัญที่จะกล่าวถึงก็คือ REAL TIME COUNTER และ RAM

REAL TIME COUNTER เป็นตัวนับและจัดการเกี่ยวกับเวลา ถูกแบ่งเป็น DIGIT ละ 4 บิท ซึ่งการเข้าถึง REAL TIME COUNTER จะกระทำครั้งละ 2 DIGIT (ในขณะ READ และ WRITE ซึ่งแต่ละ DIGIT จะให้ค่า BCD ดังแสดงในตารางที่ 1 บิทที่ไม่ใช้จะถูก HOLD ด้วย LOGIC 0 ซึ่งเราไม่ต้องสนใจในขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงบน DATA BUS เหตุที่บางบิทไม่ใช้ก็เนื่องจากว่า ไม่จำเป็นต้องใช้ในการให้ข้อมูลแบบ BCD ของบางหลัก ตัวอย่างเช่นในหลักสิบของชั่วโมงจะไม่เกินเลข 2 ฉนั้นเราจะใช้เพียง 2 บิทเท่านั้น ไม่ต้องใช้บิทที่ 6 และ บิท 7 (ดูตารางที่ 1)

COUNTER ADDRESS		UNIT D0	D1	D2	D3	MAX BCD CODE	TENS D4	D5	D6	D7	MAX BCD CODE
1/10,000 OF SEC.	(00h)	-	-	-	-		D4	D5	D6	D7	9
HUNDREDTHS & TENS SEC	(01h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	D7	9
SECOND	(02h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	-	5
MINUTE	(03h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	D6	-	5
HOURS	(04h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	-	-	2
DAY OF THE WEEK	(05h)	D0	D1	D2	-	7	-	-	-	-	0
DAY OF THE MONTH	(06h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	D5	-	-	3
MONTH	(07h)	D0	D1	D2	D3	9	D4	-	-	-	1

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM

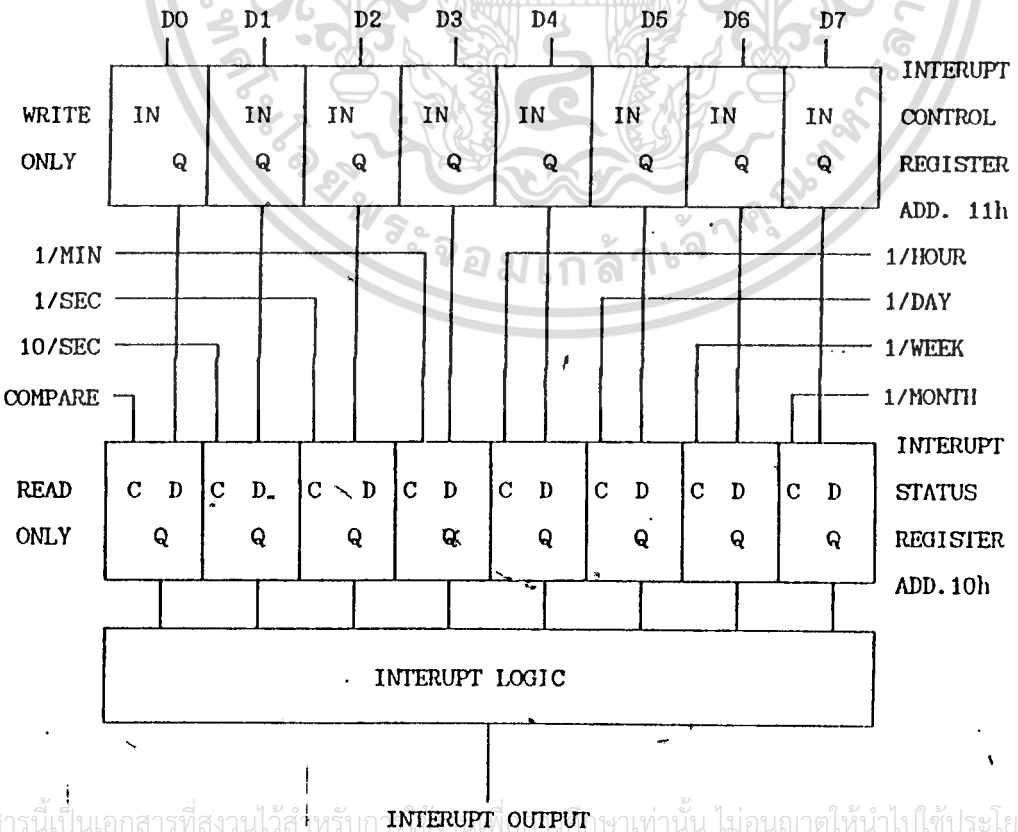
MM58167 มี RAM ขนาด 56 บิท ซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลเมื่อไฟตก หรือใช้เก็บข้อมูลในการตั้งปลุก เพื่อที่จะเปรียบเทียบ (COMPARE) กับ REAL TINE COUNTER ข้อมูลใน RAM จะสามารถเปรียบเทียบกับ REAL TIME COUNTER และมี DIGIT ที่ไม่ใช้คือหลักหน่วยของ 1/10,000 ของ SEC, และหลักสิบของวันในสัปดาห์ (เพราะไม่ใช้ใน REAL TIME COUNTER ดูตาราง 1 ประกอบ)

RAM จะถูกกำหนดให้มีรูปแบบที่เหมือนกับ REAL TIME COUNTER อย่างไรก็ตามยังมีบิทที่ยังไม่ใช้อยู่ ซึ่งบิทที่ยังไม่ใช้ใน REAL TIME COUNTER นี้จะ COMPARE กับ 0 ใน RAM

INTERUPT และ COMPARATOR

มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์อยู่ 2 อย่าง อย่างแรกคือ INTERUPT OUTPUT (ACTIVE HI) OUTPUT นี้ สามารถจะโปรแกรมให้เกิดสัญญาณทางออกได้ถึง 8 อย่าง คือ 10 Hz, 1Hz, 1 นาที/ครั้ง, 1 ชม./ครั้ง 1 วัน/ครั้ง, 1 สัปดาห์/ครั้ง, 1 เดือน/ครั้ง และเมื่อ RAM กับ REAL TIME COUNTER เกิดการเปรียบเทียบขึ้น

วิธีการที่จะ ENABLE สัญญาณ INTERUPT คือ ให้ LOGIC 1 แก่ INTERUPT CONTROL REGISTER ในบิทที่ตรงกับความถี่ที่เราต้องการจะให้เกิดสัญญาณ INTERUPT ดูรูปที่ 2 ประกอบ เช่น ต้องการให้สัญญาณ INTERUPT ทุกๆ 1 นาที ก็ให้ D2 เป็น 1 เขียนไปที่ INTERUPT CONTROL REGISTER ดูตาราง ADDRESS ได้จากตารางที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2

เราสามารถเซท INTERUPT CONTROL REGISTER ครั้งละ 1 บิท หรือมากกว่าก็ได้ ตัวอย่าง เช่น การให้มีสัญญาณINTERUPT ทุกวินาที และ ทกๆ ชั่วโมงก็เซทบิทที่ 3 (D2) กับบิทที่ 2 (D2)ในที่นี้คือ OCh โดยเขียนไปที่ ADDRESS ของ INTERUPT CONTROL REGISTER (ดูตาราง 2)

เมื่อเวลานับมาถึงค่าสูงสุดของแต่ละภาคจะทำให้เกิด CLOCK ให้กับ INTERUP CONTROL REGISTER ซึ่งจะทำให้ INTERUPT OUTPUT เป็น HIGH (บิทใดบิทหนึ่งต้องถูก ENABLE ด้วย) การอ่าน INTERUPT STATUS REGISTER ทำให้เราทราบว่าสัญญาณ INTERUPT เป็นสัญญาณของบิทใดอีกทั้งยังเป็นการรีเซท INTERUPT STATUS REGISTER อีกด้วย การอ่าน INTERUPT STATUS REGISTER นี้จะได้ข้อมูลบน DATA BUS ซึ่งประกอบด้วยบิทที่ทำให้เกิดการอินเตอร์รัพท์ โดยจะให้ค่าเป็น 1 ที่บิทนั้น (ดูรูปที่ 2 ประกอบ) หลังจาก CYCLE ของการอ่านจะทำให้ INTERUPT STATUS REGISTER ถูกรีเซท

อินเตอร์รัพท์อีกอย่างหนึ่งคือ STANDBY INTERUPT (OPEN DRAIN OUTPUT , ACTIVE LOW) อินเตอร์รัพท์ตัวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเราได้ทำการ ENABLE ไว้และเกิดการเปรียบเทียบ (COMPARE) ใน RAM กับ REAL TIME COUNTER การ ENABLE ทำได้โดยเขียน 01h ไปที่ ADDRESS 16h และตารางในตรงกันข้ามถ้าให้ 00 ที่ ADDRESS 16h จะเป็นการ DISABLE

POWER DOWN MODE

ขา POWER DOWN เป็น CHIP SELECT ที่สำคัญตัวที่สอง มันจะ DISABLE สัญญาณออกทั้งหมดยกเว้น สัญญาณ STANDBY INTERUPT เมื่อขา POWER DOWN ได้รับ LOGIC LOW MM58167 จะไม่ตอบสนองแก่สัญญาณจากภายนอกแต่นาฬิกายังคงเดินตามปกติ และยังคงให้สัญญาณ STANBY INTERUPT (ขา 14) ถ้าให้มีการโปรแกรมที่ขานี้ทำงานไว้ก่อนแล้ว

เมื่อต้องการจากโหมดการทำงานปกติมาเป็น STANDBY MODE ควรจะให้ขา POWER DOWN เป็น LOGIC 0 อย่างน้อยที่สุด 1 uS ก่อนที่จะทำการลดระดับลงมาเป็น STANDBY MODE

เมื่อต้องการเปลี่ยนกลับมาสู่การทำงานปกติผู้ใช้ต้องมั่นใจว่าขาอินพุทอื่นๆ ต้องเป็นสัญญาณที่ถูกต้องก่อนที่จะกลับมาสู่โหมดการทำงานปกติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันข้อมูลของนาฬิกาเสียไป จะทำให้นาฬิกาเดินผิด ตัวอย่างนี้ได้แก่การที่ขา CS,RD,WR,ของ MM58167 มีสัญญาณเปลี่ยนแปลงในขณะที่กลับสู่โหมดปกติ จะทำให้มีการเขียนข้อมูลไปที่ REAL TIME COUNTER หรือใน RAM

Counter and RAM Reset; Go Command

ตัวนับเวลา (Counter) และ RAM สามารถรีเซทได้โดย เขียน FFh ที่ ADDRESS 12h ,13h ตามลำดับ การให้ PULSE ของการเขียนไปที่ ADDRESS 15h (Go Command) จะรีเซทตัวนับของวินาที ขณะทำการเขียนไปที่ ADDRESS 15h นี้ MM58167 จะไม่สนใจข้อมูลบน DATA BUS แต่ผลของคำสั่ง GO มีดังนี้

ถ้าตัวนับของวินาทีนับได้มากกว่า 39 เมื่อเราใช้คำสั่ง GO (Add 15H) จะทำให้หลักของวินาทีเพิ่มขึ้น ในกรณีอื่นๆจะไม่มีผลต่อหลักนาที

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATSU BIT

STATSU BIT จะบอกผู้ใช้ว่าขณะที่ทำการอ่านตัวนับ (COUNTER) นั้น ตัวนับกำลังอยู่ในช่วงของการ UPDATE เวลาข้อมูลที่อ่านได้อาจมีการผิดพลาดเกิดขึ้น STATUS BIT นี้จะอ่านได้จาก ADDRESS 14h ของ RTC โดยจะให้ LOGIC 1 ที่บิท 0 ของ DATA BUS ในขณะที่บิทอื่นๆเป็น 0 หมด ถ้าสัญญาณนี้ปรากฏขึ้นภายหลังการอ่านตัวนับควรมีการอ่านตัวนับใหม่ ที่ขอบขาลงของสัญญาณ READ ที่ ADDRESS 14h จะรีเซท STATUS BIT ด้วย

OSCILLATOR

OSCILLATOR เป็นออสซิลเลเตอร์แบบเรโซแนนท์ขนาน โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกเพียง คอนเดนเซอร 1 ตัว, ความต้านทาน 1M 1 ตัว, แร่กำเนิดความถี่ 1 ตัว โดยความต้านทานจะต่ออยู่ระหว่างขั้ว OSC IN (ขา 10) และ OSC OUT (ขา 11) เพื่อที่จะ BIAS ตัวอินเวิทเตอร์ที่อยู่ภายในให้ทำงานอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้น สำหรับแร่แบบ MICRO POWER CRYSTAL จะใช้ความต้านทานกับอนุกรมกับขา OSC OUT โดยใช้ความต้านทานมีค่าโดยประมาณ 200 K ส่วนคอนเดนเซอร์โดยปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 20 pf - 25 pf แร่ที่ใช้มีความถี่ 32,768 Hz

CONTROL LINE

สัญญาณ READ, WRITE, CHIP SELECT, เป็นสัญญาณอินพุท LOGIC 0 และสัญญาณ READY เป็นสัญญาณฮอก (OPEN DRAIN OUTPUT) ที่จุดเริ่มต้นของการอ่าน หรือการเขียนขา READY จะให้สัญญาณ OUTPUT เป็น 0 อยู่จนกระทั่งข้อมูลปรากฏบน DATA BUS เรียบร้อย หรือข้อมูลได้ถูก LACTH ไว้แล้วในขณะช่วงของการเขียน

TEST MODE

ในโหมดนี้ใช้เป็นเพียงการทดสอบ RTC. CHIP ให้ทำงานที่ความถี่สูงกว่าการทำงานปกติ ในโหมดนี้ความถี่ 32 KHz จะถูกต่อตรงเข้าที่ 1/1000 SEC. ขา CS และ WR ต้องเป็น LOW และให้ ADDRESS เป็น 1Fh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A4	A3	A2	A1	A0	FUNCTION
0	0	0	0	0	COUNTER THOUSANDTHS OF SECONDS
0	0	0	0	1	COUNTER HUNDREDTHS AND TENTHS OF SECOND
0	0	0	1	0	COUNTER SECONDS
0	0	0	1	1	COUNTER MINUTES
0	0	1	0	0	COUNTER HOURS
0	0	1	0	1	COUNTER DAY OF WEEK
0	0	1	1	0	COUNTER DAY OF MONTH
0	0	1	1	1	COUNTER MONTH
0	1	0	0	0	RAM THOUSANDTHS OF SECONDS
0	1	0	0	1	RAM HUNDREDTHS AND TENTHS OF SECONDS
0	1	0	1	0	RAM SECONDS
0	1	0	1	1	RAM MINUTES
0	1	1	0	0	RAM HOURS
0	1	1	0	1	RAM DAY OF WEEK
0	1	1	1	0	RAM DAY OF MONTH
0	1	1	1	1	RAM MONTH
1	0	0	0	0	INTERUPT STATUS REGISTER
1	0	0	0	1	INTERUPT CONTROL REGISTER
1	0	0	1	0	COUNTER RESET
1	0	0	1	1	RAM RESET
1	0	1	0	0	STATUS BIT
1	0	1	0	1	"GO" COMMAND
1	0	1	1	0	STANDBY INTERUPT
1	1	1	1	1	TEST MODE

ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fri Sep 22 1989 11:06

2500 A.D. Z80 Macro Assembler - Version 4.02a

Input Filename : TIME4.Z80

Output Filename : TIME4.OBJ

```
1                                       ;Test MM58167
2                                       ;Real Time Clock
3                                       ;
4  2000                                 ORG     2000H
5          0080         RTC             EQU     80H
6          3FD6         RST38           EQU     3FD6H
7          3FE7         DISPY           EQU     3FE7H
8          3FEF         BUF             EQU     3FEFH
9          0010         SYSCAL          EQU     10H
10         0004         SCAND           EQU     04H
11         0007         UNPAK           EQU     07H
12         0084         HOUR            EQU     RTC+4
13         0083         MINUTE          EQU     RTC+3
14         0082         SEC             EQU     RTC+2
15         3FFB         KEYIN           EQU     3FFBH
16                                      ;
17 2000    F3           START           DI
18 2001    ED 56                        IM 1
19 2003    21 50 20                     LD HL,INT
20 2006    22 D6 3F                     LD (RST38),HL
21 2009    3E 04                        LD A,04H
22 200B    D3 91                        OUT (RTC+11H),A    ;SET CONTROL REG.
23 200D    DB 83                        IN A,(MINUTE)
24 200F    6F                           LD L,A
25 2010    DB 84                        IN A,(HOUR)
26 2012    67                           LD H,A
27 2013    18 15                        JR TIME
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

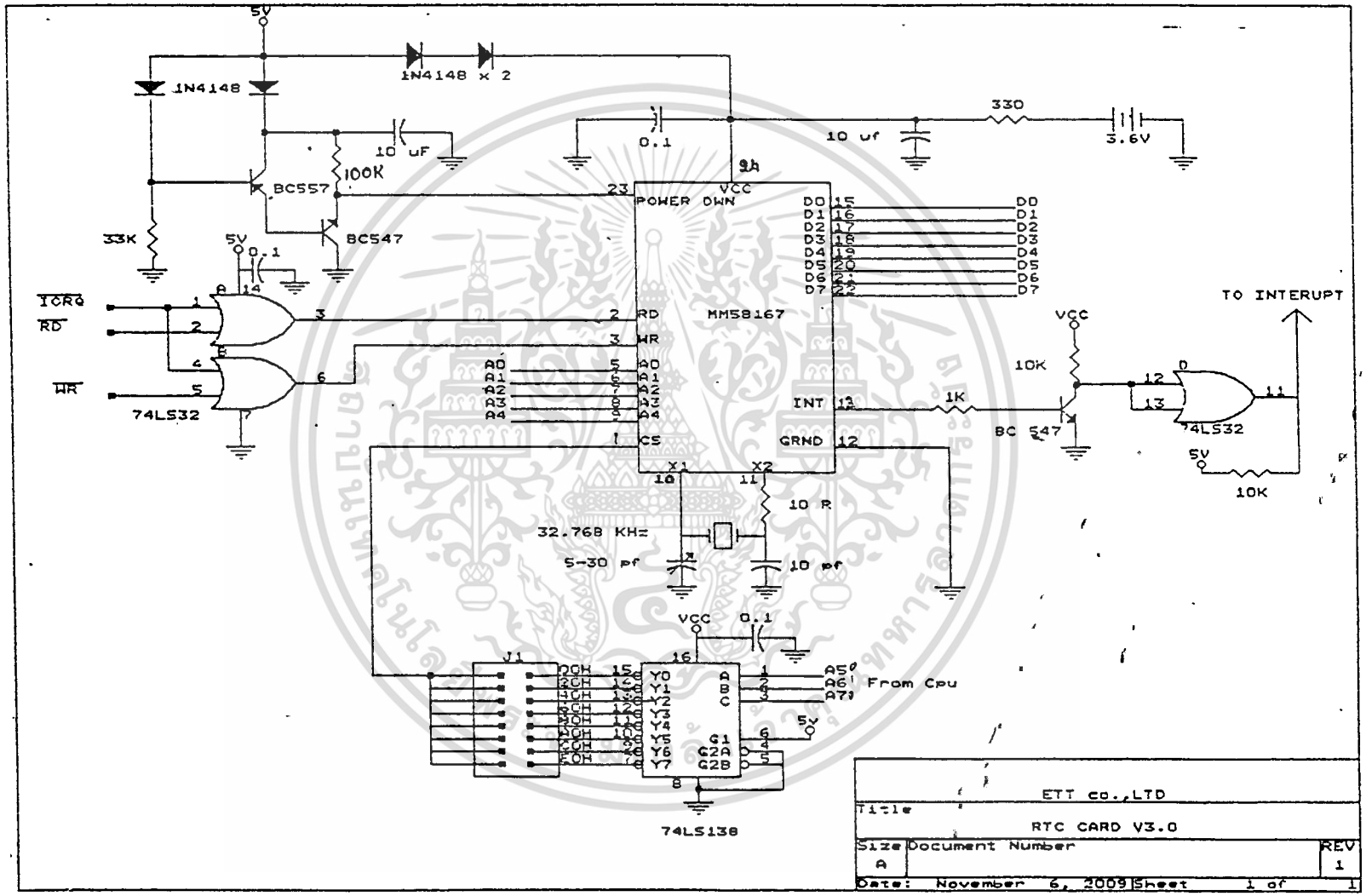
```
28
29  2015  F3           TIMESET   DI
30  2016  DB 84                  IN A,(HOUR)       ;SHOW LAST TIME
31  2018  67                    LD H,A
32  2019  DB 83                  IN A,(MINUTE)
33  201B  6F                    LD L,A
34  201C  3E 09                 LD A,09H          ;ENTER MINUTE,SEC -
35  201E  06 78                 LD B,78H          ;AND PRESS INC.KEY
36  2020  D7                    RST 10H
37  2021  7C                    LD A,H
38  2022  D3 84                 OUT (HOUR),A
39  2024  7D                    LD A,L
40  2025  D3 83                 OUT (MINUTE),A
41  2027  AF                    XOR A
42  2028  D3 82                 OUT (SEC),A       ;SET SECOND TO ZERO
43
44  202A  FB           TIME     EI
45  202B  DD 21 E7 3F           LD IX,DISPY
46  202F  DD CB 01 FE           SET 7,(IX+1)
47  2033  DD CB 03 FE           SET 7,(IX+3)
48  2037  3E 04                 LD A,04H          ;SCAN DISPLAY
49  2039  06 10                 LD B,10H
50  203B  D7                    RST 10H
51  203C  3E 05                 LD A,05H          ;SCANKEY
52  203E  D7                    RST 10H
53  203F  3A FB 3F              LD A,(KEYIN)
54  2042  FE 11                 CP 11H            ;PRESS DEC.KEY
55  2044  28 06                 JR Z,STOPCLK      ;TO STOP WATCH
56  2046  FE 13                 CP 13H            ;PRESS INC.KEY TO
57  2048  20 E0                 JR NZ,TIME        ;SET THE TIME
58  204A  18 C9                 JR TIMESET
59
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
60  204C  AF          STOPCLK   XOR A
61  204D  D3 91                 OUT (RTC+11H),A  ;RESET CONTROL REG.
62  204F  D7                    RST 10H          ;RETURN TO MONITOR
63
64  2050  F5          INT       PUSH AF
65  2051  C5                    PUSH BC
66  2052  D5                    PUSH DE
67  2053  E5                    PUSH HL
68  2054  DB 90                IN A,(RTC+10H)
69  2056  FE 04                CP 04H           ;SEC.BIT INTERUPT ?
70  2058  20 12                JR NZ,INT1       ;NO,GO OUT
71  205A  DB 82                IN A,(SEC)       ;READ SECOND.
72  205C  32 F1 3F             LD (BUF+2),A
73  205F  DB 83                IN A,(MINUTE)    ;READ MINUTE
74  2061  32 EF 3F             LD (BUF),A
75  2064  DB 84                IN A,(HOUR)      ;READ HOUR
76  2066  32 F0 3F             LD (BUF+1),A
77  2069  3E 07                LD A,UNPAK
78  206B  D7                   RST SYSCAL
79  206C  E1          INT1      POP HL
80  206D  D1                    POP DE
81  206E  C1                    POP BC
82  206F  F1                    POP AF
83  2070  ED 4D                 RETI
84  2072                        END
```

Lines Assembled : 84 Assembly Errors : 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

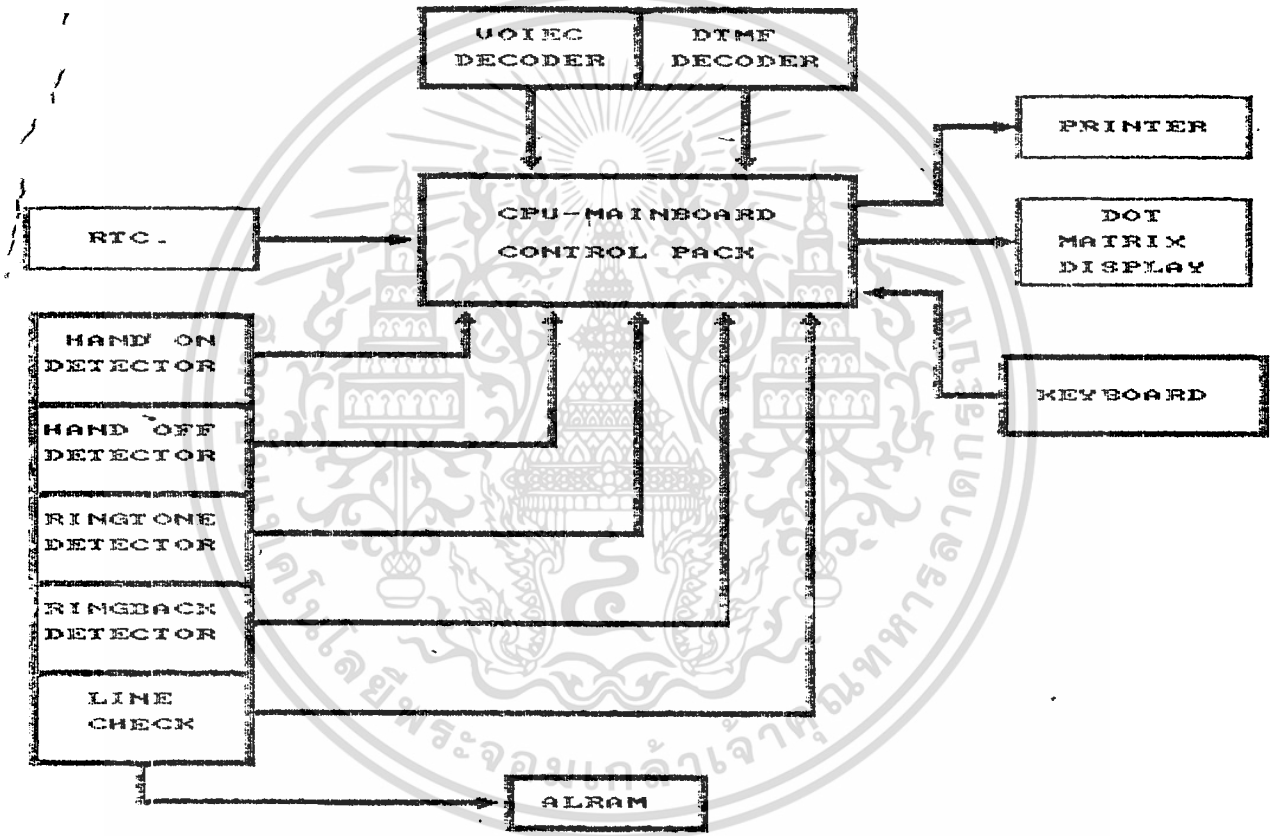

5V
1N4148
1N4148 x 2
10 uF
100K
BC557
BC547
33K
0.1
ICRQ
RD
WR
74LS32
MM58167
POWER DWN
VCC
RD
WR
CS
INT
GRND
X1
X2
32.768 KHz
5-30 pf
10 pf
10 R
0.1
10 uf
330
3.6V
1K
BC 547
10K
TO INTERUPT
74LS32
J1
74LS138
From Cpu
ETT co.,LTD
RTC CARD V3.0
Size
A
Document Number
REV
1
Date: November 6, 2009
Sheet 1 of 1

บทที่ 4 การออกแบบวงจรเครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติ

เนื่องจากความจำเป็นที่ต้องมีวงจรตรวจสอบและมีขั้นตอนการตรวจสอบเป็นขั้นๆ ตามลำดับซึ่งใช้เวลาช่วงหนึ่งในการตรวจสอบแต่ละครั้ง และยังต้องตรวจว่าเป็นผู้เรียกหรือว่าผู้รับและต้องเก็บผลที่ตรวจสอบได้เป็นจำนวนมาก เฉพาะวงจรตรวจสอบสัญญาณไม่สามารถปฏิบัติได้จึงต้องมีวงจรอื่นมาเพิ่มเติม เพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลที่ได้รับมาไว้เพื่อที่ภายหลังจะได้นำข้อมูลมาสรุปได้อย่างถูกต้อง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DIGRAM OF MULTI RECORDING TELEPHONE

จากรูปจะเห็นว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นระบบไมโครโปรเซสเซอร์ทั้งหมด

- หน่วยประมวลผลกลาง หรือที่เรียกว่า CPU เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด เปรียบได้เหมือนเป็นมันสมองของระบบ

- หน่วยความจำ เป็นส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งซึ่งจำเป็นในระบบ เพราะว่าเนื้อที่หน่วยความจำใน CPU มีจำกัด เราจึงจำเป็นที่จะต้องมีหน่วยความจำเพื่อเก็บโปรแกรมหลัก และเนื้อที่หน่วยความจำ เพื่อรับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก ในการทำงานของระบบ

- หน่วยรับ ส่งข้อมูลเข้าและออก (INPUT / OUTPUT PORT) หรือเรียกว่า PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE (PPI) เป็นตัวกลางระหว่างอุปกรณ์อื่นในการส่ง ถ่ายข้อมูลกับ ซีพียู

- โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง (SOFT WARE) เป็นโปรแกรมที่เขียนไว้ให้เครื่องทำงานตามวัตถุประสงค์ที่เราต้องการอย่างสัมพันธ์กับตัวเครื่อง HARDWARE

2. วงจรตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์

- HAND SET DETECTOR

วงจรส่วนนี้จะเป็นวงจรตรวจสอบระดับสัญญาณขณะวางหู เมื่อมีการวางหูโทรศัพท์ จะมีระดับโวลต์เตจ 48 โวลต์ และเมื่อยกหูจะมีระดับโวลต์เตจ 5 โวลต์ การทำงานวงจรนี้จะใช้ ซีเนอร์ไดโอด และทรานซิสเตอร์ ทำงานร่วมกัน ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

- RING TONE DETECTOR

วงจรนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายใน เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้อื่นต้องการติดต่อด้วย เป็นลักษณะที่มีสัญญาณความถี่ประมาณ 25 เฮิร์ท ขนาดประมาณ 100 โวลต์ ติดดับเป็นช่วง ๆ

- RING BACK DETECTOR

วงจรนี้จะทำหน้าที่ ตรวจสอบระดับสัญญาณที่เครื่องชุมสายแจ้งแก่ผู้ใช้หลังจากการหมุนหรือกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ว่าสามารถติดต่อคู่สายที่ต้องการได้ มีลักษณะเป็นความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ดังแล้วเงียบเป็นช่วง ๆ ประมาณดัง 1 วินาที เงียบ 2 วินาที สลับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเก็บเช็คคู่สายโทรศัพท์

จะตรวจเช็ค โวลต์เตจของสายว่า ต่ำกว่า 48 โวลต์ แต่สูงกว่า 10 โวลต์ นานเป็นเวลา 10 วินาที จะแสดงว่า คู่สายนั้น LEAK แล้วให้แสดงผลโดยส่งเสียงดังเป็นจังหวะ แสดงว่า สายนั้นผิดปกติแล้ว

ในกรณีที่โวลต์เตจของสายต่ำกว่า 5 โวลต์ แสดงว่า สายโทรศัพท์นั้นขาด หรือหลุด แล้วจะให้ส่งสัญญาณไปทำให้บัฟเฟอร์ส่งเสียงดัง

- การตรวจสอบเสียงพูด (VOICE DETECTOR)

เป็นวงจรตรวจสอบเสียงพูดคุยในระหว่างสนทนา เพื่อจะเป็นตัวตัดสินใจให้ ซีพียู รู้ว่าจะต้องทำการบันทึกเวลาหรือยกเลิกการบันทึกเวลานั้นเสีย

- การตรวจสอบ การกดหน้าปัทม์ (DTMF DETECTOR)

เป็นวงจรที่มีไว้เพื่อทำการบันทึกหมายเลขโทรศัพท์ ที่ผู้ใช้โทรออก เมื่อมีการโทรออก CPU จะสามารถตรวจสอบได้ ทำให้เกิดการประมวลผลขึ้น แล้ว CPU ก็จะส่งข้อมูลที่ผู้ใช้โทรออกไปรอไว้ที่พอร์ท ของ 8255 เพื่อรอคำสั่งจาก CPU ว่าจะให้แสดงผลที่ปริ้นท์เตอร์ หรือจอภาพ

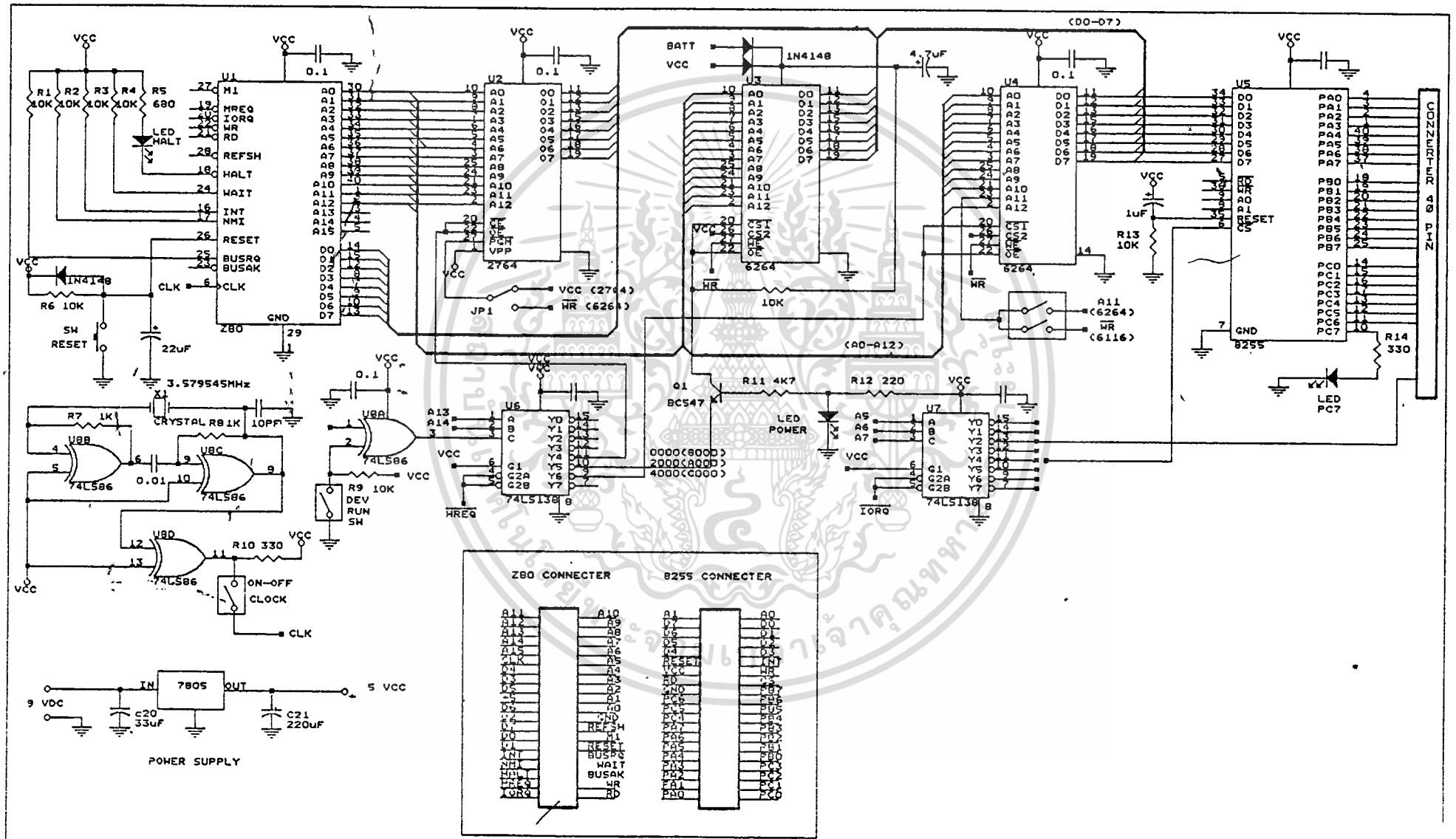
3. RTC (REAL TIME CONTROLLER)

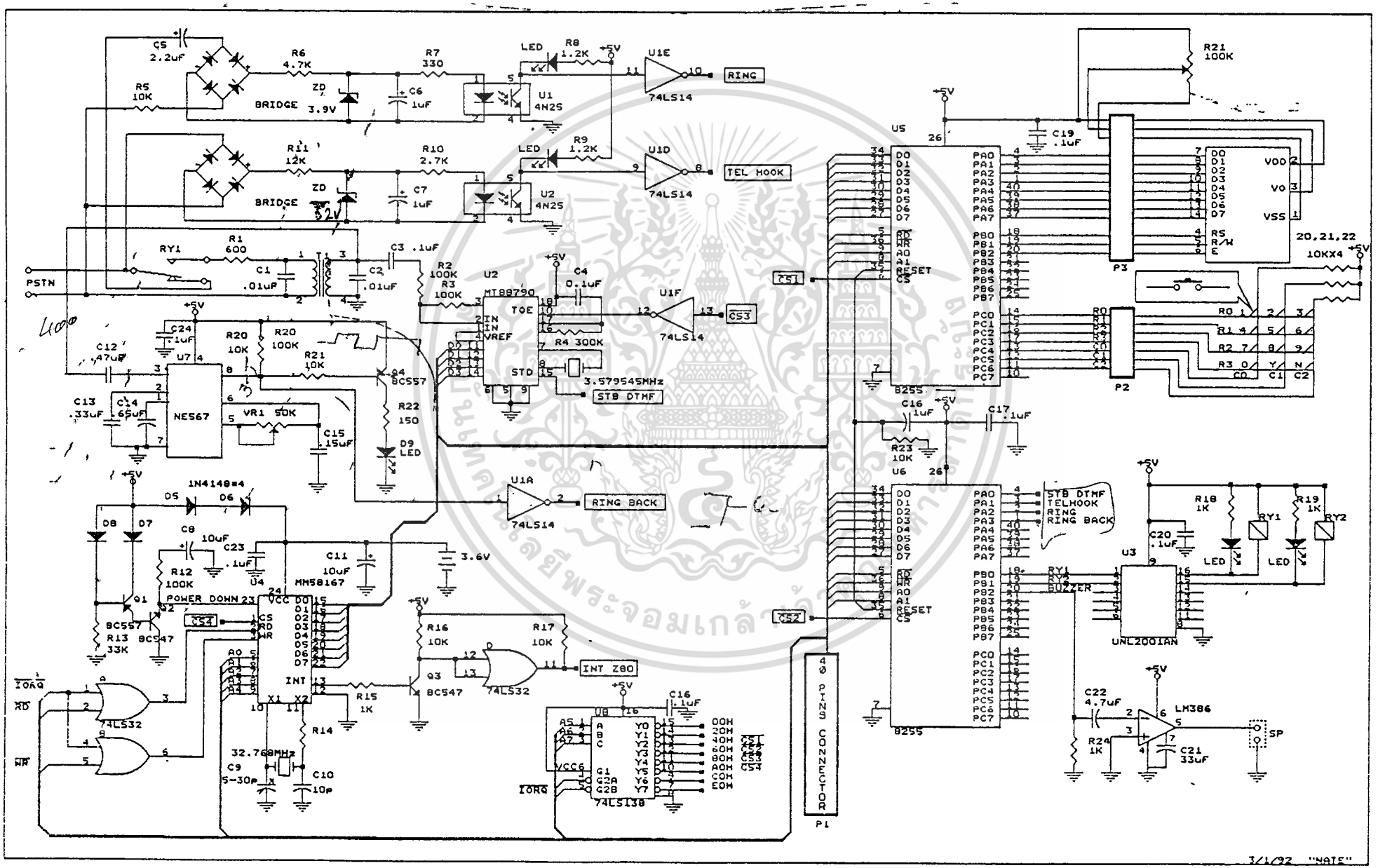
เป็นวงจรฐานเวลาที่จะใช้เก็บวัน-เดือน-ปี ที่มีการโทรออก และจับเวลาในการคุยโทรศัพท์

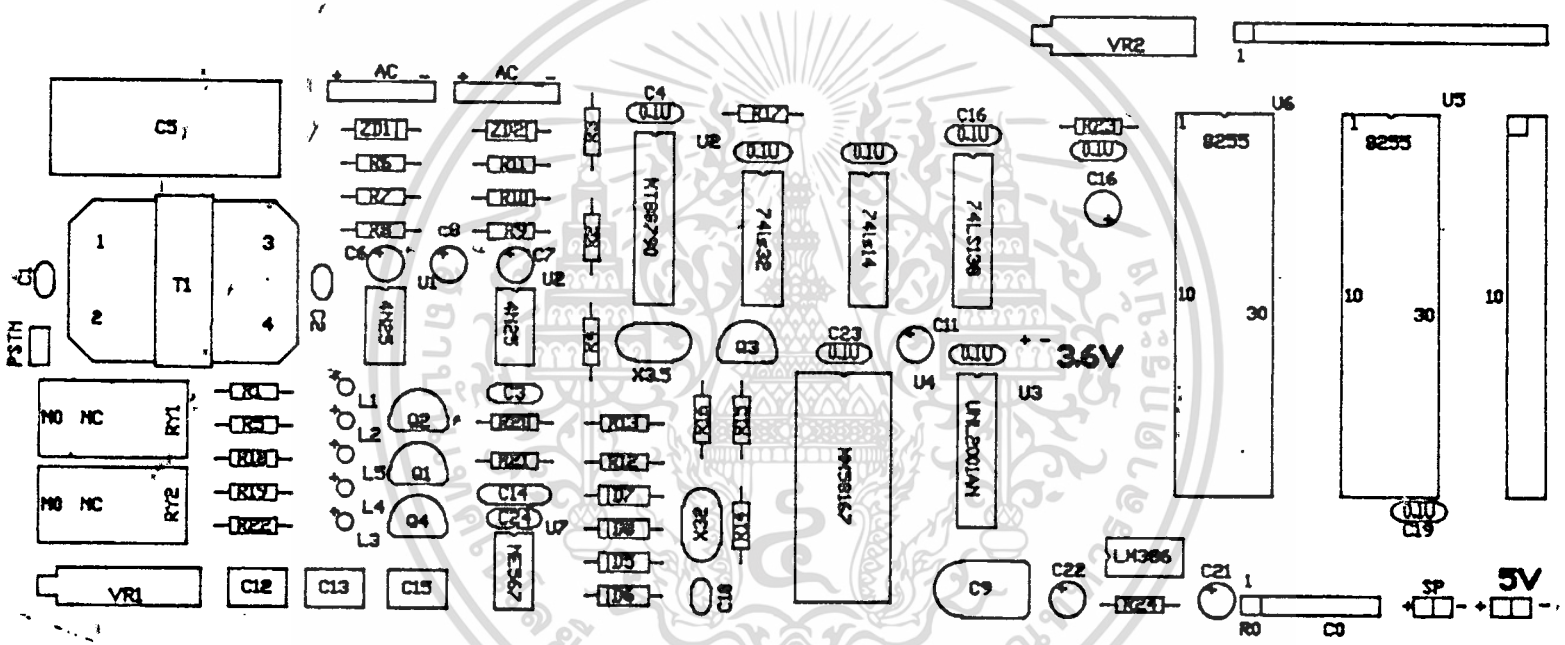
4. อุปกรณ์ PERIPHERAL

- PRINTER แสดงผลโดยการพิมพ์เป็น REPORT
- DISPLAY แสดงผลโดยการแสดงในจอภาพ
- KEYBOARD เป็นตัวบอกหรือสั่งให้ CPU ทำงาน ว่าผู้ใช้ต้องการ REPORT อะไรบนจอภาพ หรือ PRINTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

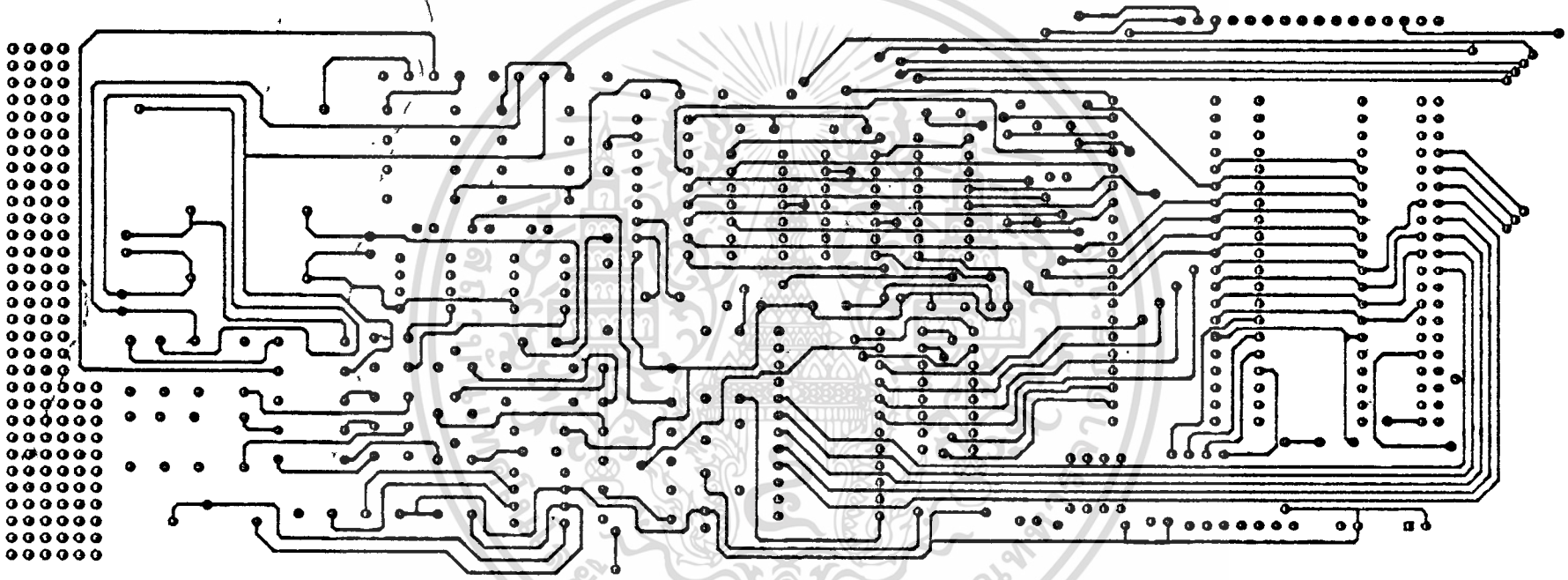

VCC
R1 10K
R2 10K
R3 10K
R4 10K
R5 680
LED HALT
U1
Z80
M1
MREQ
IORQ
WR
RD
REFSH
HALT
WAIT
INT
NMI
RESET
BUSRQ
BUSAK
CLK
GND
29
A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7
0.1
IN4148
R6 10K
SW RESET
22uF
3.579545MHz
X1
CRYSTAL
R7 1K
R8 1K
10PF
U8B
U8C
U8D
74LS86
0.01
R10 330
ON-OFF CLOCK
U8A
R9 10K
DEV RUN SW
U2
2764
PGM
VPP
JP1
VCC (2764)
WR (6264)
U3
6264
CS1
CS2
OE
WR
10K
BATT
1N4148
4.7uF
(D0-D7)
U4
U5
8255
RD
WR
RESET
CS
PA0 PA1 PA2 PA3 PA4 PA5 PA6 PA7
PB0 PB1 PB2 PB3 PB4 PB5 PB6 PB7
PC0 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 PC7
CONNECTER 40 PIN
1uF
R13 10K
R14 330
LED PC7
A11 (6264)
WR (6116)
(A0-A12)
Q1
BC547
R11 4K7
R12 220
LED POWER
U6
U7
74LS138
A13
A14
A15
G1
G2A
G2B
Y0 Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7
0000(8000)
2000(A000)
4000(C000)
MREQ
IORQ
Z80 CONNECTER
8255 CONNECTER
9 VDC
IN
7805
OUT
5 VCC
C20 33uF
C21 220uF
POWER SUPPLY
Size
Document Number
REV
Date: January 8, 1992
Sheet
of


C5 2.2uF
R6 4.7K
R7 330
LED
R8 1.2K
+5V
U1E
RING
R5 10K
BRIDGE
ZD 3.9V
C6 1uF
U1 4N25
74LS14
R11 12K
R10 2.7K
R9 1.2K
U1D
TEL HOOK
C7 1uF
U2 4N25
RY1
R1 600
C1 .01uF
C2 .01uF
C3 .1uF
PSTN
R2 100K
R3 100K
U2 MT88790
C4 0.1uF
TOE
R4 300K
STD
3.579545MHz
STB DTMF
U1F
CS3
C24 .1uF
C12 .47uF
R20 10K
R20 100K
R21 10K
Q4 BC557
U7 NE567
C13 .33uF
C14 .65uF
VR1 50K
C15 .15uF
R22 150
D9 LED
1N4148#4
D5
D6
D8
D7
C8 10uF
C23 .1uF
U4
C11 10uF
MM58167
3.6V
R12 100K
POWER DOWN
Q1 BC557
BC547
R13 33K
CS4
CS
RD
WR
INT
R16 10K
R17 10K
Q3 BC547
74LS32
INT Z80
R15 1K
R14
32.768MHz
C9 5-30p
C10 10p
IORQ
RD
WR
74LS32
U8
C16 .1uF
74LS138
00H
20H
40H
60H
80H
A0H
C0H
E0H
U1A
RING BACK
U5
U6
8255
RESET
CS1
CS2
C19 .1uF
C16 1uF
C17 .1uF
R23 10K
P3
P2
P1
40 PINS CONNECTOR
R21 100K
20,21,22
10KX4
R0
R1
R2
R3
STB DTMF
TELHOOK
RING
RING BACK
BUZZER
R18 1K
R19 1K
RY1
RY2
LED
C20 .1uF
U3
ULN2001AN
C22 4.7uF
LM386
R24 1K
C21 33uF
SP
3/1/92 "NATE"



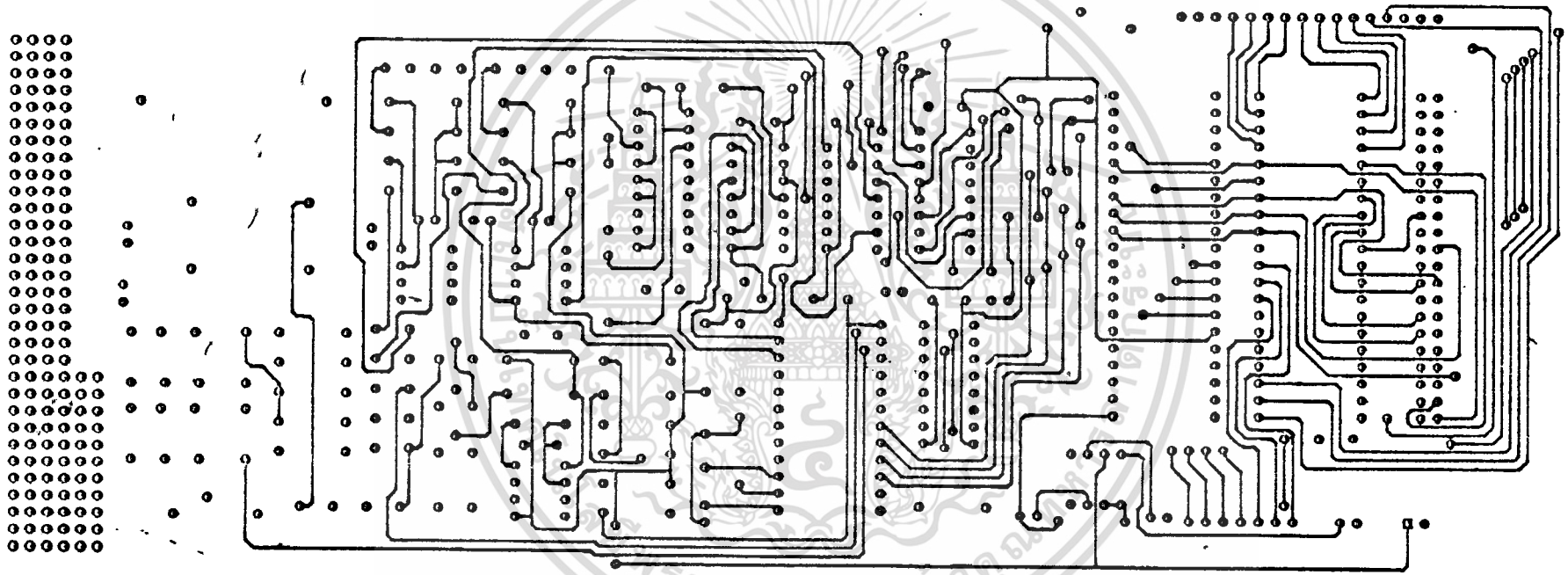
R□JECT.PCB Top □verlay

GATEWAY NATURAL TRACING PAPER 90/95 gm² SIZE A4



A:PROJECT.PCB Top Layer

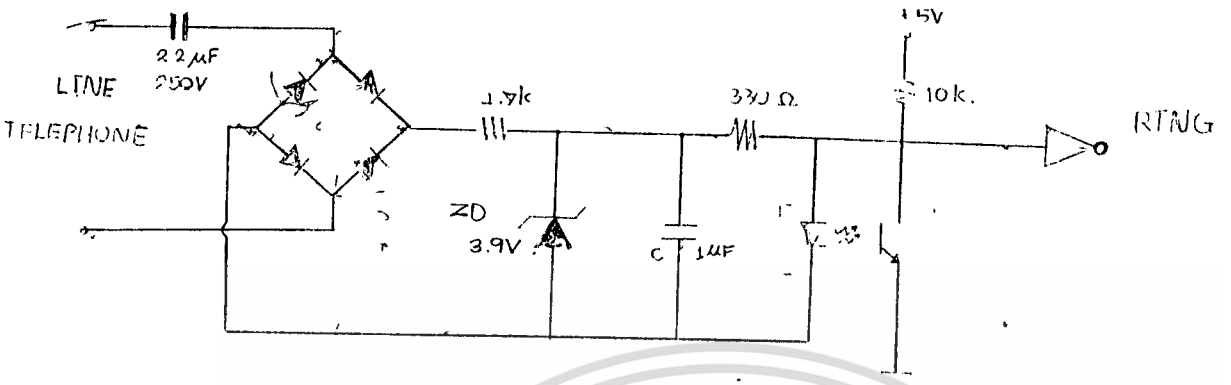
GATEWAY NATURAL TRACING PAPER 90/95 gm² SIZE A4



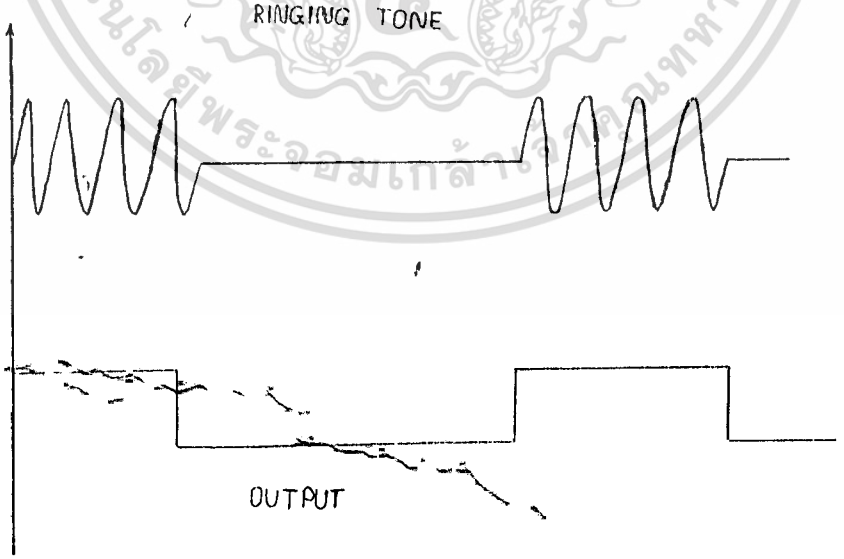
A:PROJECT.PCB Bottom Layer

GATEWAY NATURAL TRACING PAPER 90/95 gm² SIZE A4

RINGING TONE

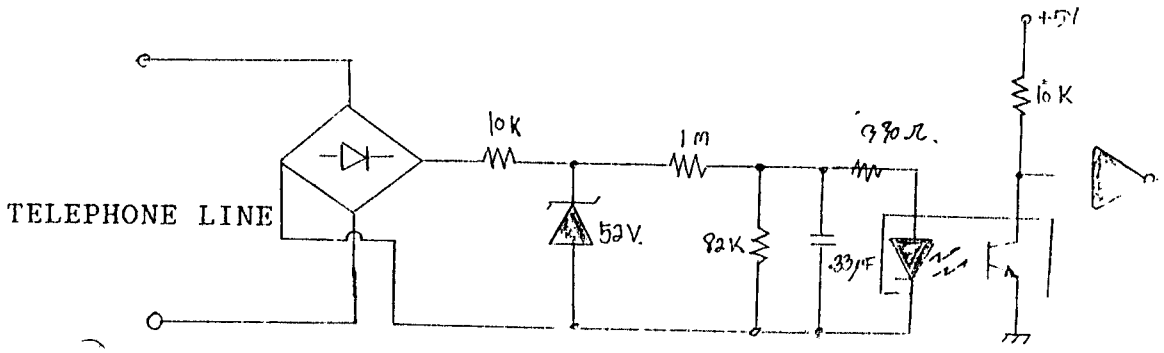


จากรูปสัญญาณ RINGING TONE ซึ่งมีความถี่ 25 Hz ที่ประมาณ 100 V. ที่ส่งมาจาก LINE TELEPHONE จะผ่าน C ค่า 2.2 uF และ BRIDGE DIODE เพื่อ RECTIFIER VOLTAGE ที่ได้จะผ่าน R 4.7 K และถูก ZD รักษา VOLTAGE ให้คงที่ ที่ 3.9 V. และ C ค่า 1 uF มีไว้เพื่อ FILTER ความถี่ที่ไม่ต้องการทิ้ง DC VOLTAGE ที่ได้จะถูก OPTO ISOLATOR เป็นตัวแยกกราวด์ระหว่าง LINE TELEPHONE กับ CIRCUIT สัญญาณ OUTPUT จาก OPTO จะนำไปผ่าน INVERTOR ซึ่งจะให้ OUTPUT เป็น HIGH เมื่อมี RINGING TONE เข้ามา สัญญาณที่ได้แสดงดังรูป

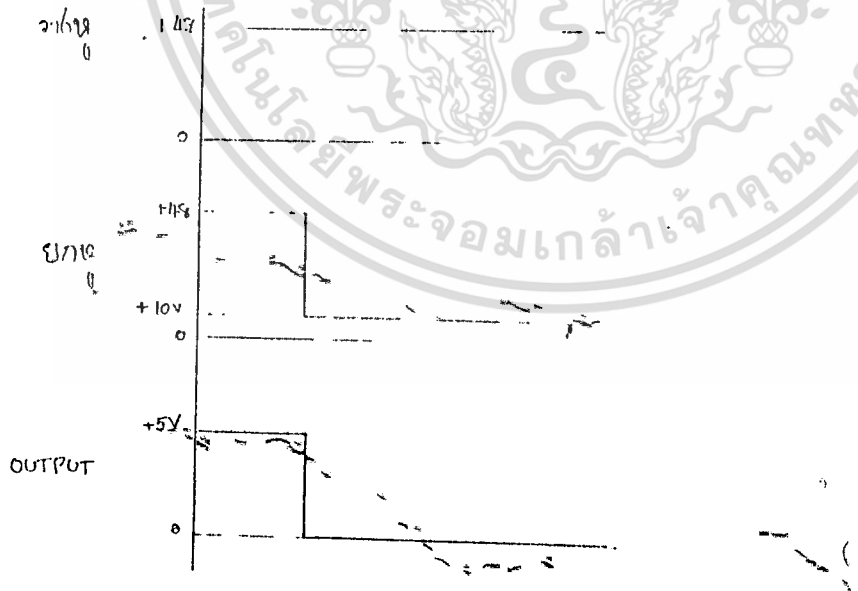


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHECK HOOK



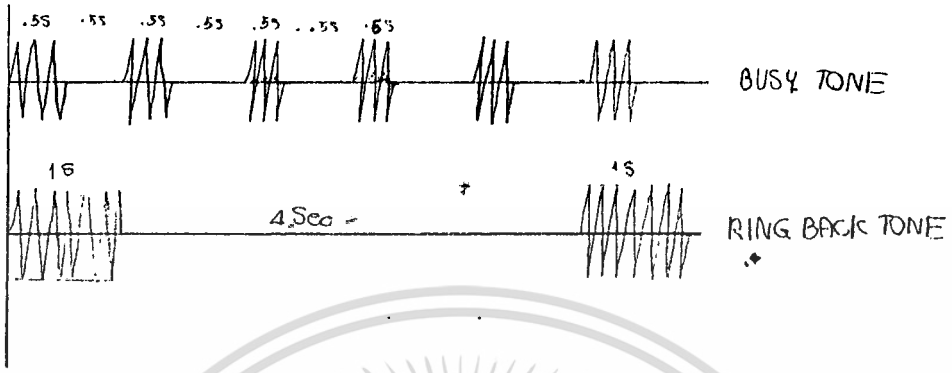
จากรูปต่อ TELEPHONE LINE จะถูกต่อไว้กับ LINE ขององค์การ ฯ ตลอดเวลา แรงดันในคู่สายปกติในขณะไม่ยกหูจะมีอยู่ประมาณ 48-50 V แรงดันจะผ่าน Bridge Diode และ Zener diode จะรักษาแรงดันให้คงที่ ที่ 48-50 V ซึ่ง Zener diode ตัวนี้มีไว้ป้องกันในกรณีที่เกิดมีสัญญาณ RING TONE เข้ามา ส่วน C 0.33 μF มีไว้ FILTER สัญญาณ RING TONE 25 Hz แรงดัน 48 V จาก Zener จะถูก drop โดยวงจร Voltage divider ให้เหลือประมาณ 3 ev และผ่าน R 330 โอห์ม ซึ่ง Limit กระแสให้กับ opto o/p ที่ได้จะนำไป drive Inverter กรณียกหูโทรศัพท์จะเป็น "1" วางหูจะเป็น "0"



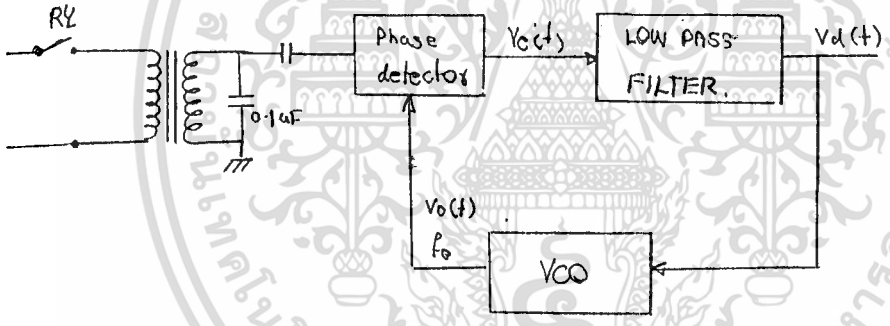
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ CHECK RBT. (RINGBACK TONE)

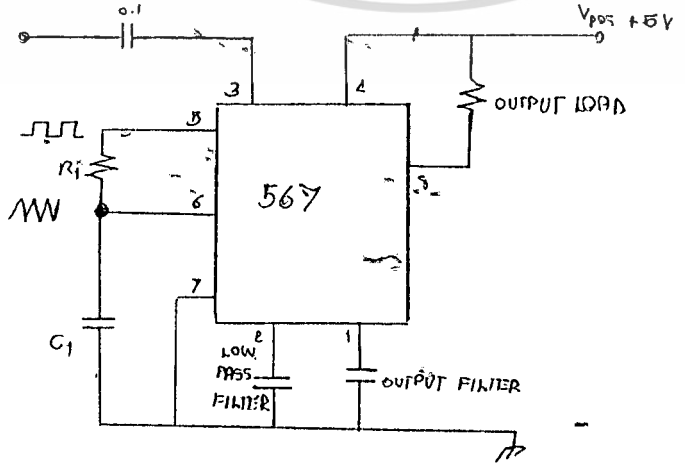
เนื่องจากสัญญาณสายว่าง (ringback tone) และสัญญาณสายไม่ว่าง (busy tone) มีความแตกต่างกันที่ค่า time แสดงดังรูป แต่ pluse มีความถี่ 400 H$_z$ ทั้งสองสัญญาณ



ทำให้การ check สัญญาณทั้งสองมีปัญหาจากค่า time ดังกล่าว จึงได้ใช้ soft ware เข้าช่วย เพราะมีความแตกต่างของค่า time ที่แน่นอน เนื่องจากสัญญาณอาจมี noise รบกวนจึงต้องผ่าน iso tranformer จากนั้นจะผ่าน pll ซึ่งจะ lock กับความถี่ที่เข้ามา แสดงดังรูป



วงจร pll single tone แสดงดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยหลักการของ pll จะใช้รยบบการป้อนกลับแสดงไว้ดังรูป ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ Phase Detector ,Low Pass Filter และ Voltage Controll OSC

ในขณะที่ไม่มีสัญญาณป้อนเข้ามา Vd จะเท่ากับศูนย์ และ VCO ผลิตความถี่แบบที่เรียกว่า Free-running เท่ากับ f_o เมื่อมีอินพุธ Vs ป้อนเข้ามามีความถี่เท่ากับ f_i วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบเฟสและความถี่ของสัญญาณที่เข้ามากับสัญญาณจาก VCO ถ้า f_i และ f_o แตกต่างกันจะได้ Ve (Error Voltage) จากเอาท์พุธของเฟสดีเทคเตอร์ผ่าน LPF เป็น Vd ไปเข้า VCO ปรับความถี่ f_o ให้เท่ากับ f_i และเมื่อเท่ากันแล้วก็คือสภาวะล็อคหรือซิงค์ เอาท์พุธจากเฟสดีเทคเตอร์ Ve จะเป็นศูนย์และVd ก็จะเท่ากับศูนย์ด้วย

วงจรที่ใช้งานใช้ C_2 เป็น Low Pass Filter C_3 เป็น O/P Fillter

ความถี่สามารถหาได้จากสูตร

$$F = 1/R1C1$$

$$400 = \frac{1}{0.1 \times R}$$

C_2 ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1-22 ไมโครฟารัด

R_1 ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2k-20k

ความถี่ที่ได้จาก Output จะเป็น Square Wave จากนั้นจะใช้ Soft Ware เป็นตัวแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณ Busy Tone เป็นสัญญาณ RBT โดยCheck จากช่วง Time ดังได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTMF

แป้นกดของโทรศัพท์แบบกดปุ่มหรือทัชโทนนั้น ใช้การให้สัญญาณแบบพิเศษที่เรียกว่า "DTMF" (ซึ่งย่อมาจากคำว่า Dual Tone Multi Frequency) อธิบายง่าย ๆ ก็คือ ในแต่ละแป้นกดทั้ง 12 แป้นกดของโทรศัพท์มาตรฐาน (ที่พบเห็นทั่วไปมีเพียบ 12 แป้น แต่จริง ๆ แล้วมีได้ถึง 16 แป้น) จะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ความถี่ที่แตกต่างกันออกมา

จากรูปที่ 1 แสดงถึงแป้นกด DTMF ที่สมบูรณ์จริง ๆ ซึ่งมีอยู่ 16 ปุ่มกด คือ เลข 0-9, *, # และตัวอักษร A-D โดยที่ปุ่มกด A-D นี้จะใช้เฉพาะกับอุปกรณ์สื่อสารแบบพิเศษเท่านั้น จึงไม่พบกันในโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ละปุ่มกดของโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ละปุ่มกดของโทรศัพท์จะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ความถี่ออกมา โดยที่ความถี่ของทั้งสองนั้นได้แสดงเอาไว้เป็นแถว (row) และหลัก (column) ในรูปที่ 1 ยกตัวอย่าง เช่น ปุ่มกดเลข 5 จะอยู่ในหลักของ 1336 Hz และแถวของ 770 Hz ดังนั้นหากกดปุ่มเลข 5 ก็จะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ความถี่ ซึ่งประกอบด้วย 1336 Hz และ 770 Hz ออกมา หน้าที่ของเราก็คือต้องมีตัวรับสัญญาณ DTMF เพื่อทำการถอดรหัสของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มในแต่ละครั้งว่ากดเลขอะไร ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัท MITEL เป็นตัวรับสัญญาณ DTMF ซึ่งแม้ว่าสัญญาณที่ได้จากไอซีสร้างสัญญาณ DTMF จะไม่ใช่สัญญาณคลื่นซายน์ที่แท้จริง ดังรูปที่ 2 แต่ไอซีที่รับสัญญาณ DTMF ก็ยังยอมรับได้อยู่

ตัวรับสัญญาณ DTMF

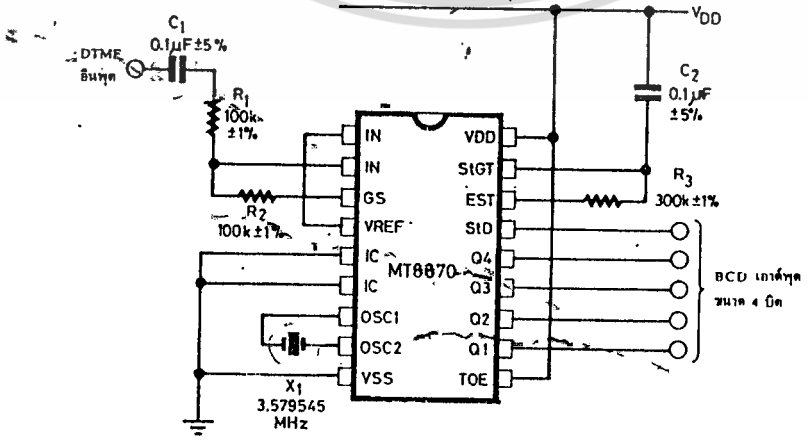
ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าโครงการนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวรับสัญญาณ DTMF แม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบทัชโทนจะมีลักษณะดังในรูปที่ 2 ก็ตาม ไอซีเบอร์นี้ก็ยังยอมรับและถอดรหัสออกมาได้ เอาต์พุตของไอซีเบอร์นี้ให้เป็นค่าตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต ไอซีเบอร์นี้ขึ้นอยู่กับสัญญาณ DDTMF ที่รับเข้ามาดังในตารางที่ 1 เอาต์พุตทั้งสี่ของไอซีตัวนี้แหละจะเป็นตัวสำคัญที่นำไปใช้เป็นตัวตรวจความถูกต้องของรหัสที่ป้อนเข้ามาว่าตรงกับรหัสที่ตั้งเอามาไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐานสองของตัวรับสัญญาณ DTMF

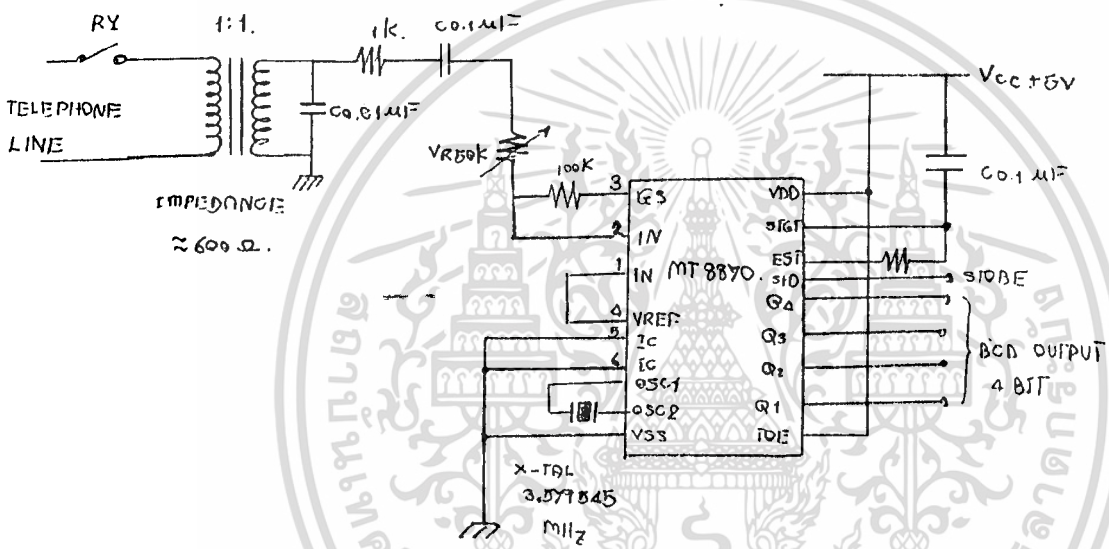
หมายเลขแป้นกด	ความถี่ด้านต่ำ	ความถี่ด้านสูง	เอาต์พุตไบนารีที่ได้
1	697 Hz	1209 Hz	0001
2	697 Hz	1336 Hz	0010
3	697 Hz	1477 Hz	0011
4	770 Hz	1209 Hz	0100
5	770 Hz	1336 Hz	0101
6	770 Hz	1447 Hz	0110
7	852 Hz	1209 Hz	0111
8	852 Hz	1336 Hz	1000
9	852 Hz	1477 Hz	1001
0	941 Hz	1336 Hz	1010
*	941 Hz	1209 Hz	1011
#	941 Hz	1477 Hz	1100

แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้น

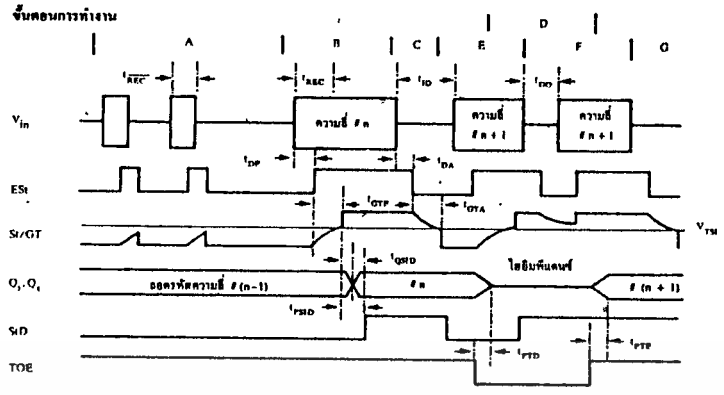


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E - ความถี่ # n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

C - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

ESt - Early Sterring output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT - Steering input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1-Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

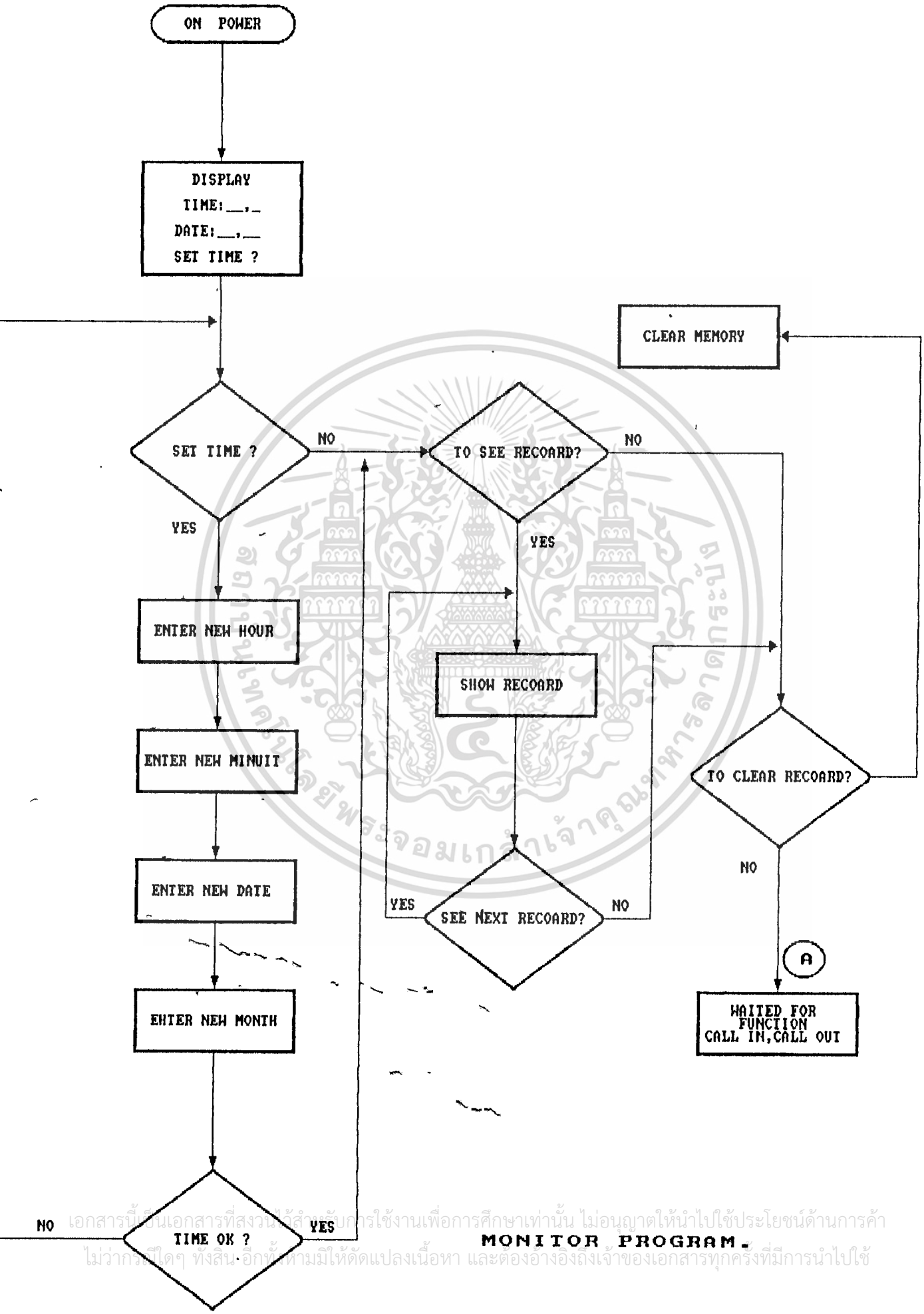
Timing diagram ของ MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

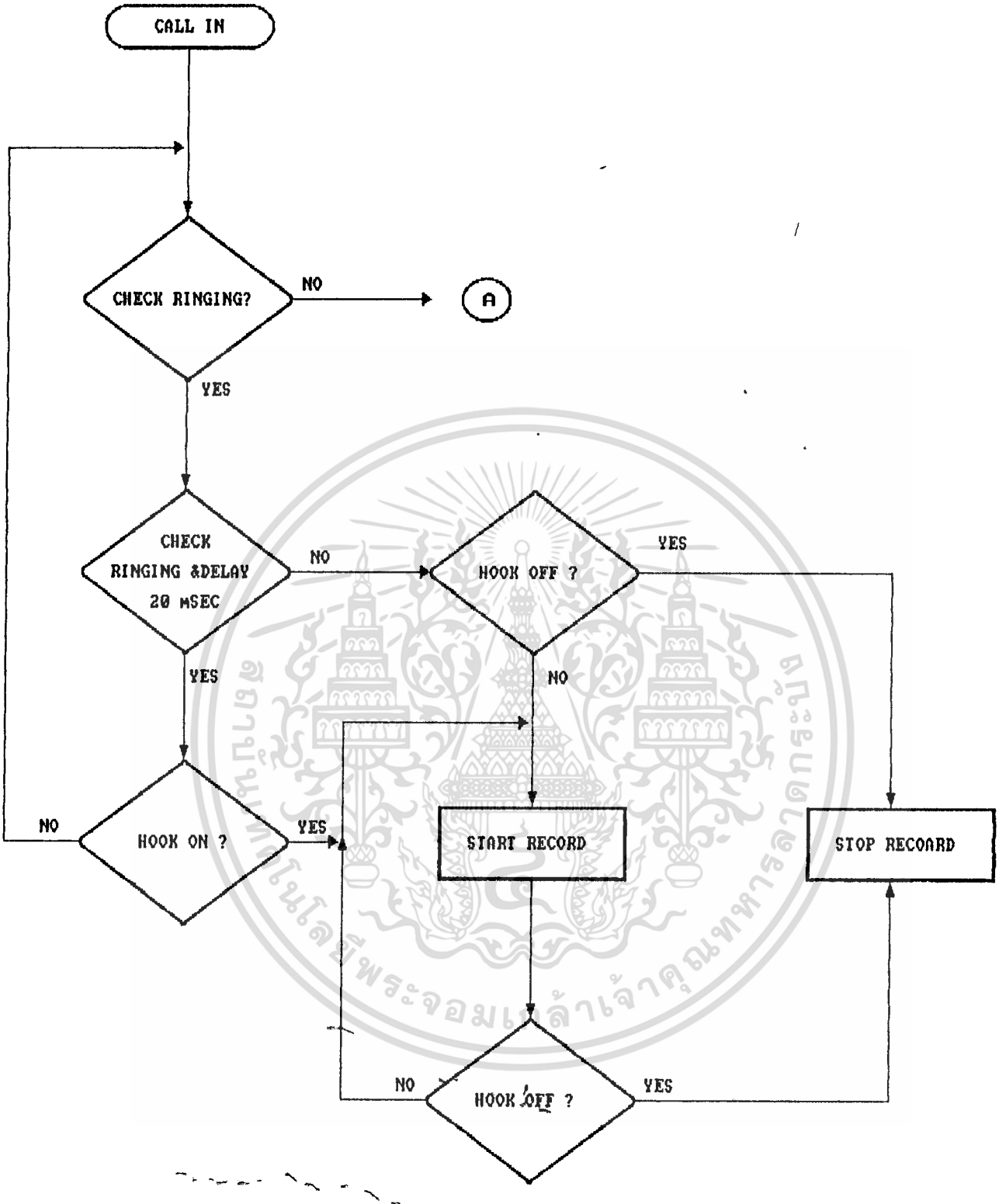
เนื่องจากเครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์อัตโนมัติใช้ CPU Z-80 ควบคุมการทำงาน เพราะฉะนั้นการเขียนโปรแกรม (SOFTWARE) ให้เครื่องทำงานจึงใช้คำสั่งของ Z-80 (รายละเอียดของคำสั่ง Z-80 ได้รวบรวมไว้ท้ายบท) สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



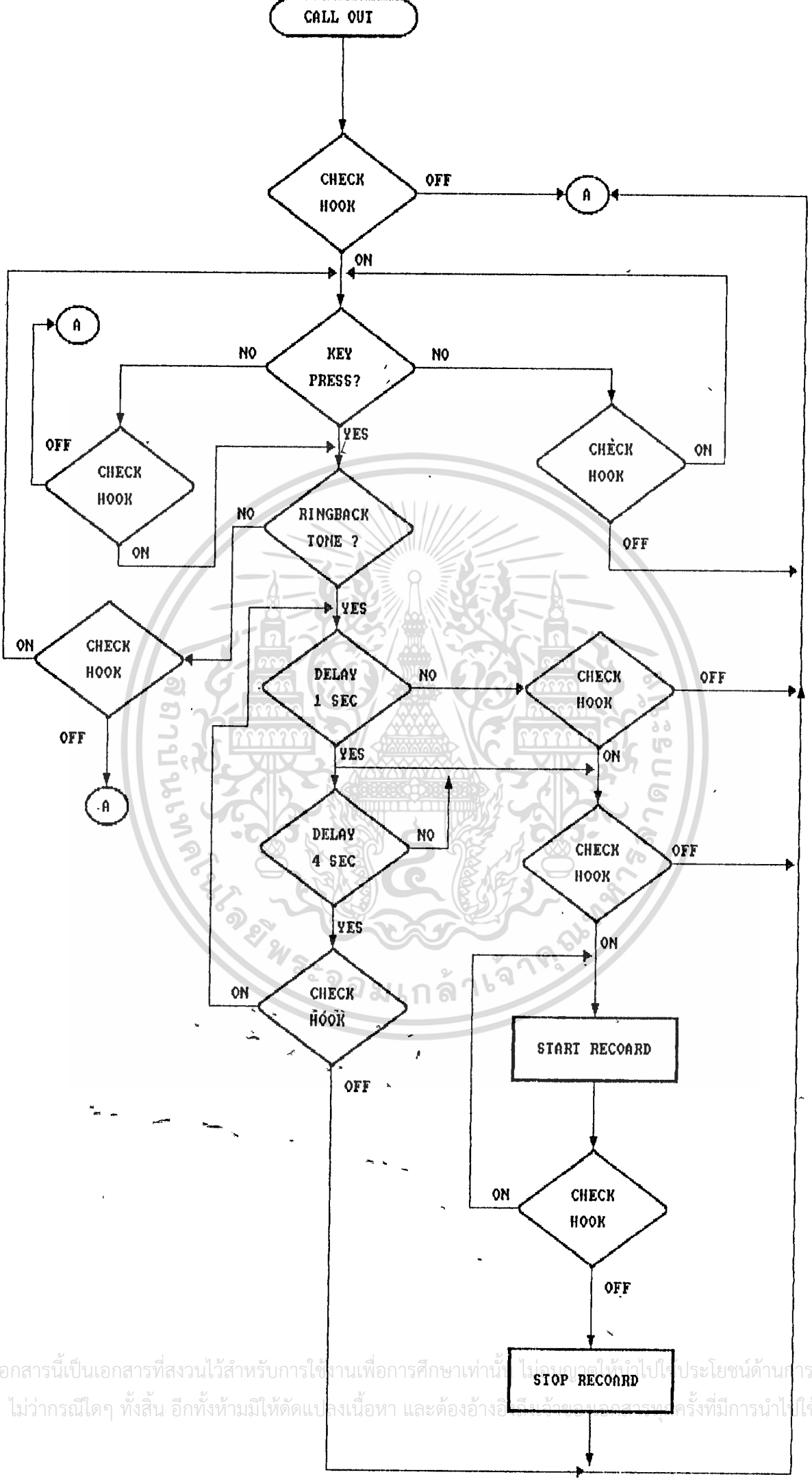
MONITOR PROGRAM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CALL IN.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CPU "Z80.TBL"
                HOF "INT8"
                ORG  1000H

RTC:            EQU     0A0H
PDATA:          EQU     40H
PSIGN:          EQU     41H
PKEY:           EQU     42H
PCONT:          EQU     43H
SEC:            EQU     RTC+2
MINUTE:         EQU     RTC+3
HOUR:           EQU     RTC+4
DAY:            EQU     RTC+5
DATE:           EQU     RTC+6
MONTH:          EQU     RTC+7
TELSIG:         EQU     60H
RELAY:          EQU     61H
PPRINT:         EQU     62H
PCONT2:         EQU     63H
P_DTMF:         EQU     80H
PWERUP:         XOR     A
                NOP
                NOP
                NOP
                DEC     A
                JR      NZ,PWERUP
                LD      SP,3FFFH        ;SET STACK
                        ;SET I/O
SETIO:          CALL    INITLCD

START:          LD      HL,KMIT_TBL     ;DISPLAY KMITL
                LD      A,1
                CALL    DISPLAY

                CALL    TIME_DISPLAY

                LD      HL,SET_TBL      ;DISPLAY SET NEW TIME?
                LD      A,3
                CALL    DISPLAY

TRYAGAIN:       CALL    KSCAN
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      4EH             ;IF KEY "NO" GO TO SEE RECORD
                JR      Z,SEERECORD
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      59H
                JR      NZ,TRYAGAIN     ;NEITHER  Y,N THEN TRY AGAIN
;-----------------------------------------
;SET TIME

SET_HOUR:       CALL    INITLCD
                LD      HL,NEWH_TBL     ;DISPLAY "ENTER NEW HOUR"
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY

                CALL    CLRDISBUF
                CALL    KEY_TIME_SET
                LD      A,24H
                SUB     B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      C,SET_HOUR
                LD      A,B
                OUT     (HOUR),A            ;WRITE DATA TO RTC (HOUR)

SET_MIN:        CALL    INITLCD
                LD      HL,NEWM_TBL         ;DISPLAY "ENTER NEW MINUTE"
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY

                CALL    CLRDISBUF
                CALL    KEY_TIME_SET

                LD      A,59H               ;CHECK DATA MORE THAN 59?
                SUB     B
                JR      C,SET_MIN
                LD      A,B
                OUT     (MINUTE),A          ;WRITE DATA TO RTC (HOUR)

SET_MIN:        CALL    INITLCD
                LD      HL,NEWD_TBL
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY

                CALL    CLRDISBUF
                CALL    KEY_TIME_SET

                LD      A,31H
                SUB     B
                JR      C,SET_MIN
                LD      A,B
                OUT     (DATE),A            ;WRITE DATA TO RTC (DATE)

SET_MONTH:      CALL    INITLCD
                LD      HL,NEWMO_TBL        ;DISPLAY "ENTER NEW MONTH"
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY

                CALL    CLRDISBUF
                CALL    KEY_TIME_SET

                LD      A,B
                OR      A
                JR      Z,SET_MONTH
                LD      A,12H
                SUB     B
                JR      C,SET_MONTH
                LD      A,B
                OUT     (MONTH),A           ;WRITE DATA TO RTC (MONTH)

                CALL    TIME_DISPLAY

                LD      HL,TIMEOK_TBL       ;DISPLAY "IS TIME OK?"
                LD      A,3
                CALL    DISPLAY

OK:             CALL    KSCAN
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      4EH
                JR      Z,SET_HOUR          ;IF "NO" GO TO SET HOUR
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      59H
                JR      NZ,OK               ;NEITHER Y,N TRY AGAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------
SEERECORD:      CALL    INITLCD
                LD      HL,SEE_TBL      ;DISPLAY "  SEE RECORD?  "
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY
LOOP1:          CALL    KSCAN
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      4EH
                JR      Z,PRINT
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      59H
                JR      NZ,LOOP1        ;IF KEY YES THEN SHOW RECORD
```

```
;RECORD FORMAT
;
;RECORD -->      :-------:-------:
;                :   5   :   0   :  1
;                :-------:-------:
;                :   6   :   6   :  2
;                :-------:-------:
;                :   2   :   2   :  3
;                :-------:-------:
;                :   5   :   0   :  4
;                :-------:-------:
;                :   X   :   7   :  5
;                :-------:-------:
;                :   1   :   2   :  6
;                :-------:-------:
;                :   3   :   1   :  7
;                :-------:-------:
;                :   2   :   4   :  8
;                :-------:-------:
;                :   5   :   9   :  9
;                :-------:-------:
;                :   2   :   4   : 10
;                :-------:-------:
;                :   5   :   9   : 11
;                :-------:-------:
                LD      HL,RECORD
                LD      (READ_INDEX),HL ;**********
```

1st TO 5th RECORD TEL NO.

MONTH OF RECORD

DATE OF RECORD

START RECORD TIME

STOP RECORD TIME

```
SHOWREC:        CALL    INITLCD
                LD      HL,TELNO_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE

                LD      HL,(READ_INDEX)
                LD      A,(HL)
                CALL    BCD_ASCII
                LD      A,C
                LD      (DISPLAY_BUF+5),A
                LD      A,B
                CALL    (DISPLAY_BUF+6),A
                INC     HL
                LD      A,(HL)
                CALL    BCD_ASCII
                LD      A,C
                LD      (DISPLAY_BUF+7),A
                LD      A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (DISPLAY_BUF+8),A
        INC     HL
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+9),A
        LD      A,B
        LD      (DISPLAY_BUF+10),A
        INC     HL
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+11),A
        LD      A,B
        LD      (DISPLAY_BUF+12),A
        INC     HL
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+13),A
        LD      A,B
        LD      (DISPLAY_BUF+14),A
        INC     HL
        LD      (READ_INDEX),HL

        LD      HL,DISPLAY_BUF
        LD      A,1
        CALL    DISPLAY             ;DISPLAY TEL.NUMBER AT LINE 1


        LD      HL,(READ_INDEX)
        LD      A,(HL)
        CALL    MONTH_TABLE         ;" DATE : MMM "
        INC     HL
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+13),A
        LD      A,B
        LD      (DISPLAY_BUF+12),A
        INC     HL
        LD      (READ_INDEX),HL
        LD      HL,DISPLAY_BUF
        LD      A,2
        CALL    DISPLAY             ; DISPLAY  MMM DDD
                LD      HL,TIME1_TBL
        LD      DE,DISPLAY_BUF
        CALL    EXCHANGE


        LD      HL,(READ_INDEX)
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+7),A
        LD      A,B
        LD      (DISPLAY_BUF+6),A
        INC     HL
        LD      A,(HL)
        CALL    BCD_ASCII
        LD      A,C
        LD      (DISPLAY_BUF+10),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      A,B
                LD      (DISPLAY_BUF+9),A
                INC     HL
                LD      A,(HL)
                CALL    BCD_ASCII
                LD      A,C
                LD      (DISPLAY_BUF+13),A
                LD      A,B
                LD      (DISPLAY_BUF+12),A
                INC     HL
                LD      A,(HL)
                CALL    BCD_ASCII
                LD      A,C
                LD      (DISPLAY_BUF+16),A
                LD      A,B
                LD      (DISPLAY_BUF+15),A
                INC     HL
                LD      (READ_INDEX),HL

                LD      HL,DISPLAY_BUF
                LD      A,3
                CALL    DISPLAY                 ;DISPLAY TIME:XX.XX-XX.XX


                LD      HL,NEXT_BUF
                LD      A,4
                CALL    DISPLAY                 ;DISPLAY  NEXT? (Y/N)

TRY:            CALL    KSCAN
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      4EH
                JR      Z,PRINT                 ;IF "NO" GO TO PRINT RECOR
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      59H
                JR      Z,SHOWREC
                JR      TRY

PRINT:          CALL    INTLCD
                LD      HL,LIST_TBL
                LD      A,2
                CALL    DISPLAY                 ;DISPLAY DO YOU PRINT OUT
                LD      A,3
                CALL    DISPLAY

                CALL    KSCAN
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      4EH
                JR      Z,GO
                LD      A,(KEY_BUF)
                CP      59H
                JR      NZ,PRINT
PRINTOUT:       ;

;-------------------------------------
GO:             IN      A,(TELSIG)              ;CHECK  RINGING TONE
                BIT     2,A
                CALL    NZ,CALL_IN
                IN      A,(TELSIG)
                BIT     1,A
                CALL    NZ,CALL_OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      GO
;-----------------------------------------------
CALL_IN:        CALL    DL_5SEC             ;CALL DELAY 5 SEC
                IN      A,(TELSIG)
                BIT     1,A
                JR      Z,CALL_IN_RET

LEK:            LD      HL,(WRITE_INDEX);write index stored the current
                INC     HL
                INC     HL
                INC     HL
                INC     HL
                INC     HL

                IN      A,(MONTH)           ;START TIME & WRITE TO MEM.
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(DATE)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(HOUR)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(MINUTE)
                LD      (HL),A
                INC     HL

AA:             IN      A,(TELSIG)
                BIT     1,A                 ;CHECK HOOK-SW OFF
                JR      Z,AA

LEK1:           IN      A,(HOUR)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(MINUTE)
                LD      (HL),A                      ;STOP TIME &WRITE TO M
                INC     HL
                LD      (WRITE_INDEX),HL

CALL_IN_RET:    RET

;-----------------------------------------------
CALL_OUT:       LD      HL,DTMF_BUF
                IN      A,(TELSIG)
                BIT     3,A
                JR      Z,RESET_CHECKLOOP       ;CHECK DIAL TONE

CHECK:          IN      A,(TELSIG)
                BIT     3,A
                JR      NZ,RESET_CHECKLOOP      ;CHECK BUSY TONE

                IN      A,(TELSIG)
                BIT     0,A
                CALL    NZ,DTMF         ;CALL IF TEL-KEY IS PRESS

                IN      A,(TELSIG)
                BIT     3,A
                JR      NZ,RECIVED          ;CHECK RING-BACK ,JUMP WHEN RING
                                            ;SIGNAL
                IN      A,(TELSIG)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                BIT     1,A
                JR      NZ,CHECK        ;CHECK HOOK-OFF ,IF HOOK-SW J
                                        ;THEN LOOP CHECK AGAIN

                JR      RESET_CHECKLOOP

RECIVED:        IN      A,(TELSIG)
                BIT     3,A
                JR      NZ,RECIVED    ;CHECK DESTRINATION HAD REVIVED

                IN      A,(TELSIG)
                BIT     3,A
                JR      NZ,RESET_CHECKLOOP ;CHECK BUSY

                IN      A,(TELSIG)
                BIT     1,A
                JR      Z,RESET_CHECKLOOP  ;CHECK HOOK STILL ON

                LD      B,5
                LD      DE,DTMF_BUF         ;SAVE TEL-NO. TO RECCORD
                LD      HL,(WRITE_INDEX)
SEKSON:         LD      A,(DE)
                LD      C,A
                INC     HL
                LD      A,(DE)
                SLA     A
                SLA     A
                SLA     A
                SLA     A
                OR      C
                LD      (HL),A
                INC     DE
                INC     HL
                DJNZ    SEKSON

                IN      A,(MONTH)           ;START TIME & WRITE TO MEM.
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(DATE)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(HOUR)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(MINUTE)
                LD      (HL),A
                INC     HL

NO1:            IN      A,(TELSIG)
                BIT     1,A                 ;CHECK HOOK-SW OFF
                JR      Z,NO1

                IN      A,(HOUR)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                IN      A,(MINUTE)
                LD      (HL),A              ;STOP TIME &WRITE TO
                INC     HL
                LD      (WRITE_INDEX),HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TURN:               RET

;-------------------------------------------------------------------

RESET_CHECKLOOP:  LD      B,10                ;CLEAR NUM.MEM
                  LD      HL,DTMF_BUF
DAVID:            LD      A," "
                  LD      (HL),A
                  INC     HL
                  DJNZ    DAVID
                  RET

;-------------------------------------------------------------------

DTMF:             PUSH,   AF
                  IN      A,(P_DTMF)
                  AND     00001111B
                  LD      (HL),A
                  INC     HL
                  POP     AF
                  RET

;-------------------------------------------------------------------

CLRDISBUF:        LD      B,16
                  LD      HL,DISPLAY_BUF
CLR:              LD      A," "
                  LD      (HL),A
                  INC     HL
                  DJNZ    CLR
                  RET

KMITL_TBL:        DFB     "      KMITL       "
SET_TBL:          DFB     "NEW TIME?(Y/N)    "
SEE_TBL:          DFB     "SEE RECORD?(Y/N)"
NEWH_TBL:         DFB     "ENTER NEW HOUR    "
NEWM_TBL:         DFB     "ENTER NEW MINUTE"
NEWD_TBL:         DFB     "ENTER NEW DATE    "
NEWMO_TBL:        DFB     "ENTER NEW MONTH   "
TIME_TBL:         DFB     "TIME:   :         "
TIMEOK_TBL:       DFB     "IS TIME OK?(Y/N)"
TELNO_TBL:        DFB     "NO.:              "
DATE_TBL:         DFB     "DATE :            "
TIME1_TBL:        DFB     "TIME:   .   -   .   "
NEXT_TBL:         DFB     " NEXT ? (Y/N)     "
LIST_TBL:         DFB     "    DO YOU WANT   "
                  DFB     "PRINT OUT ?(Y/N)"
;*****************************************
;                 DISPLAY SUB
;*****************************************
;INPUT       HL (CHAR TBL) , A (LINE)

DISPLAY:          ;
WRLINE:           CP      1
                  JR      Z,WRL1
                  CP      2
                  JR      Z,WRL2
                  CP      3
                  JR      Z,WRL3
                  CP      4
                  JR      Z,WRL4
                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WRL1:           LD      A,00H
                CALL    GOTO
                JR      WRLM

WRL2:           LD      A,40H
                CALL    GOTO
                JR      WRLM

WRL3:           LD      A,10H
                CALL    GOTO
                JR      WRLM

WRL4:           LD      A,50H
                CALL    GOTO

WRLM:           LD      B,16
WRL:            LD      D,(HL)
                PUSH    BC
                CALL    WRBYTE
                POP     BC
                INC     HL
                DJNZ    WRL
                RET

EPLUSE:         IN      A,(PSIGN)
                SET     2,A
                OUT     (PSIGN),A
                LD      B,00H

EP1:            DJNZ    EP1
                RES     2,A
                OUT     (PSIGN),A
                RET

GOTO:           PUSH    BC
                SET     7,A
                OUT     (PDATA),A
                XOR     A
                OUT     (PSIGN),A
                CALL    EPLUSE
                POP     BC
                RET

WRBYTE:         LD      A,00000001B
                OUT     (PSIGN),A
                LD      A,D
                OUT     (PDATA),A
                CALL    EPLUSE
                RET

DELAY:          LD      B,0
DE1:            NOP
                NOP
                DJNZ    DE1

                RET
;*****************************************
;*          BCD_ASCII                    *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************
;THIS PROGRAME FOR CONVERT BCD-CODE TO ASCII CODE (NUMBER)
;INPUT    A(BCD 1BYTE)
;OUTPUT   BC(B=TENH,C=UNIT)

BCD_ASCII:      PUSH    DE
                PUSH    HL
                LD      D,A
                AND     0FH
                CALL    BCD_CONVERT
                LD      C,A

                LD      A,D
                AND     0F0H
                SRL     A
                SRL     A
                SRL     A
                SRL     A
                CALL    BCD_CONVERT
                LD      B,A
                RET
BCD_CONVERT:    LD      HL,ASCII_TBL
                LD      D,0
                ADD     HL,DE
                LD      A,(HL)
                POP     HL
                POP     DE
                RET

ASCII_TBL:      DEB     "0123456789"

;*****************************************
;*              INITLCD                  *
;*****************************************
;THIS SUBPROGRAME FOR SETUP THE LCD DISPLAY OR CLEAR DISPLAY

INITLCD:        LD      A,0
                OUT     (PSIGN),A
                LD      A,00111000B
                OUT     (PDATA),A
                CALL    EPLUSE
                CALL    DELAY
                LD      A,00001111B
                OUT     (PDATA),A
                CALL    EPLUSE
                CALL    DELAY
                LD      A,00000110B
                OUT     (PDATA),A
                CALL    EPLUSE
                LD      A,00000001B
                OUT     (PDATA),A
                CALL    EPLUSE
                CALL    DELAY
                RET

;*****************************************
;*              KSCAN                    *
;*****************************************
;THIS PROGRAME IS KEY BOARD SERVICE PROGRAME
;WHEN PRESS KEY ,IT WILL GIVE THE CHARACTER OF KEY IN BCD-CODE
```

เอกสารนี้เป็น[illegible]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ[illegible]ครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;INPUT      =      KEYBOARD
;OUTPUT     =      KEY BUF

KSCAN:          PUSH    BC
                PUSH    DE
                PUSH    HL
                PUSH    AF
                CALL    DELAY

                LD      C,11101110B
KSCAN1:         LD      A,C
                OUT     (PKEY),A
                NOP
                NOP
                IN      A,(PKEY)
                AND     0FH
                LD      B,A             ;SAVE FRITST INPUT
                CP      00001111B
                JR      NZ,KSCAN2
NEXT:           RLC     C
                JR      KSCAN1

LD      A,B
                CP      10
                JR      Z,OCT
                LD      A,B
                CP      11
                JR      Z,NOV
                LD      A,B
                CP      12
                JR      Z,DEC

JAN:            LD      HL,JAN_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
FEB:            LD      HL,FEB_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
MAR:            LD      HL,MAR_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
APR:            LD      HL,APR_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
MAY:            LD      HL,MAY_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
JUN:            LD      HL,JUN_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
JUL:            LD      HL,JUL_TBL
                LD      DE,DISPLAY_BUF
                CALL    EXCHANGE
                RET
AUG:            LD      HL,AUG_TBL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE
                    RET
SEP:                LD      HL,SEP_TBL
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE
                    RET
OCT:                LD      HL,OCT_TBL
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE
                    RET
NOV:                LD      HL,NOV_TBL
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE
                    RET
DEC:                LD      HL,DEC_TBL
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE
                    RET
JAN_TBL:            DFB     "DATE : Jan      "
FEB_TBL:            DFB     "DATE : Feb      "
MAR_TBL:            DFB     "DATE : Mar      "
APR_TBL:            DFB     "DATE : Apr      "
MAY_TBL:            DFB     "DATE : May      "
JUN_TBL:            DFB     "DATE : Jun      "
JUL_TBL:            DFB     "DATE : Jul      "
AUG_TBL:            DFB     "DATE : Aug      "
SEP_TBL:            DFB     "DATE : Sep      "
OCT_TBL:            DFB     "DATE : Oct      "
NOV_TBL:            DFB     "DATE : Nov      "
DEC_TBL:            DFB     "DATE : Dec      "
;*****************************************
;*              KEY_TIME_SET             *
;*****************************************
;INPUT  =  KEYBOARD
;OUTPUT =  B (BCD-CODE 2 DIGITS)

KEY_TIME_SET:       CALL    KSCAN
                    LD      A,(KEY_BUF)
                    CALL    BCD_ASCII
                    LD      A,C
                    LD      (DISPLAY_BUF),A
                    LD      HL,DISPLAY_BUF
                    LD      A,3
                    CALL    DISPLAY
                    LD      A,(KEY_BUF)
                    SLA     A
                    SLA     A
                    SLA     A
                    SLA     A
                    LD      B,A

                    CALL    KSCAN
                    LD      A,(KEY_BUF)
                    CALL    BCD_ASCII
                    LD      A,C
                    LD      (DISPLAY_BUF+1),A
                    LD      HL,DISPLAY_BUF
                    LD      A,3
                    CALL    DISPLAY
                    CALL    DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LD      A,(KEY_BUF)
                    AND     00001111B
                    OR      B
                    LD      B,A

                    RET
;*********************************************
:              TIME DISPLAY
;*********************************************
;INPUT    = RTC
;OUTPUT   = DISPLAY
;REG.     = A,DE,HL,BC
TIME_DISPLAY:       IN      A,(MINUTE)
                    LD      (MIN_BUF),A
                    IN      A,(HOUR)
                    LD      (HOUR_BUF),A
                    IN      A,(DATE)
                    LD      (DATE_BUF),A
                    IN      A,(MONTH)
                    LD      (MONTH_BUF),A

                    LD      HL,TIME_TBL
                    LD      DE,DISPLAY_BUF
                    CALL    EXCHANGE

                    LD      A,(HOUR_BUF)
                    CALL    BCD_ASCII
                    LD      A,B
                    LD      (DISPLAY_BUF+7),A
                    LD      A,C
                    LD      (DISPLAY_BUF+8),A
                    LD      A,(MIN_BUF)
                    CALL    BCD_ASCII
                    LD      A,B
                    LD      (DISPLAY_BUF+10),A
                    LD      A,C
                    LD      (DISPLAY_BUF+11,A

                    LD      A,1
                    LD      HL,DISPLAY_BUF
                    CALL    DISPLAY

                    LD      A,(MONTH_BUF)
                    CALL    MONTH_TABLE

                    LD      A,(DATE_BUF)
                    CALL    BCD_ASCII
                    LD      A,B
                    LD      (DISPLAY_BUF+13),A
                    LD      A,C
                    LD      (DISPLAY_BUF+14),A
                    LD      A,2
                    LD      HL,DISPLAY_BUF
                    CALL    DISPLAY
                    RET
;*********************************************
;RAM AREA
                    ORG     2000H
MIN_BUF:            DFS     1
HOUR_BUF:           DFS     1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DAY_BUF:          DFS     1
DATE_BUF:         DFS     1
MONTH_BUF:        DFS     1
DISPLAY_BUF:      DFS     16
KEY_BUF:          DFS     1
HOUR_MEM:         DFS     2
MIN_MEM:          DFS     2
SEC_MEM:          DFS     2
READ_INDEX:       DFS     2
WRITE_INDEX:      DFS     2
DTMF_BUF:         DFS     10
RECORD:           DFS     1000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการใช้เครื่อง

1. เมื่อเริ่ม ON POWER เครื่องจะแสดงคำว่า KMIT ในช่วงเวลาสั้นๆ หลังจากนั้นก็จะปรากฏดังนี้

TIME: 10:40

DATE: APR:17

IS TIME OK ? (Y/N)

2. หลังจากนั้นก็จะรอการกด KEY จึงแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน

2.1 ถ้ากด "N" เครื่องก็จะ RUN ใน STEP ต่อไปจะแสดงคำว่า

DO YOU WANT TO

SEE RECORD (Y/N)

2.1.1. ถ้ากด "N" เครื่องจะแสดง

DO YOU WANT TO

CLEAR RECORD ?

(Y/N)

เครื่องก็จะวนรอ KEY ถ้ากด "N" ก็จะเริ่มเข้าสู่โหมด STANDBY เครื่องจะพร้อมทำงานโดยจะโชว์ที่ DISPLAY ดังนี้

TIME: 10 : 50

DATE: JAN: 17

CALLIN : 4

CALLOUT: 8

2.1.2. จาก 2.1.1 ถ้ากด KEY เครื่องจะถาม YOU SURE ?(Y/N)

- ถ้าไม่ต้องการ CLEAR เครื่องก็จะเข้าสู่โหมด STANDBY เช่นเดียวกับ 2.1.1
- ถ้าต้องการ CLEAR (y) ก็จะทำการ CLEAR RECORD ทั้งหมดที่บันทึกมา จากนั้นก็จะเข้าสู่โหมด STANDBY เช่นเดียวกันเพื่อรอ FUNCTION การทำงานต่อไป

2.2. ถ้ากด KEY "Y" เครื่องจะแสดง "ENTER NEW HOUR" ให้เราใส่ชั่วโมงลงไป แต่ต้องไม่เกิน 24 ถ้าเกินเครื่องจะไม่รับ

2.2.1. หลังจากนั้นเครื่องจะถามต่อ "ENTER NEW MINUTE" แล้วใส่จำนวนให้ถูกต้องห้ามเกิน 60 นาที

2.2.2. "ENTER NEW DATE" ใส่ตั้งแต่ 01 -07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใดตัวหนึ่งเท่านั้น

2.2.4. หลังจากทุกอย่าง SET เสร็จเรียบร้อยแล้วเครื่องก็จะถามต่อไปว่า

"IS TIME OK ?(Y/N)"

ถ้า "N" เครื่องจะกลับไปถามใหม่ที่ข้อ 2.2

ถ้า "Y" เครื่องก็จะถามต่อ "DO YOU WANT TO SEE RECCORD? (Y/N) และการทำงานต่อไปก็เหมือนกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3. เมื่อเครื่องอยู่ในสภาวะ STANDBY แล้ว

TIME : 10 : 45

DATE : JAN: 17

CALLIN :4

CALLOUT:8

เครื่องจะรอ FUNCTION ในการโทรเข้า โทรออก

- ในกรณีที่มี สัญญาณ RINGING เรียกเข้ามาเครื่องจะแสดง "RINGING" ที่ LCD จนกว่าเราจะยกหูโทรศัพท์ขึ้น หลังจากนั้นเครื่องจะทำงานตาม PROCESS ที่ถูกกำหนดไว้โดย SOFTWARE

- ในกรณีที่มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นเพื่อที่จะโทรออก เครื่องจะแสดงคำว่า "CALL OUT PROCESS" จากนั้นเครื่องจะ RUN ตาม PROGRAM ที่เขียนไว้

* ในกรณีที่ขั้นตอนใดๆ เกิดการผิดพลาดขึ้นให้กดปุ่ม RESET ที่ด้านหลังเครื่องเพื่อให้เครื่องทำงานใหม่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS

Electric maximum ratings

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit	Remarks
Power supply for logic	$V_{DD} - V_{SS}$	Refer to individual specification		V	
Power supply for LCD drive	$V_{DD} - V_O$			V	
Input voltage	V_I			V	
Static electricity		—	100	V	See note

Note Electro-static discharge resistance is tested by charging a condenser with a capacity of 200pF and discharging it by contact with an interface connector pin.

Environmental conditions

Item	Operating		Non-operating		Remarks
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Ambient temperature	Refer to individual specifications				
Humidity	Note				No dew
Vibration	—	4.9m/s² (0.5G)	—	19.6 m/s² (2G)	
Shock	—	29.4 m/s² (3G)	—	490 m/s²(50G)	XYZ 3 directions
Corrosion gas	No corrosion gas				

Note Humidity conditions are as follows.

Number of dots / Ambient temperature (Ta)	Under 128 × 240	128 × 240 or over
Ta ≤ 40°C	95% RH max	85% RH max
Ta > 40°C (Below maximum temperature)	Below maximum absolute humidity of 40°C 95% RH	Below maximum absolute humidity of 40°C 85% RH

RELIABILITY CONDITIONS

LCD MODULE (Consumer Type)

Item	Conditions	Evaluation
High Temperature Operation	Operating 96 ~ 100 Hrs at 50 ± 2°C surrounding temp.	No change is visiblein appearance nor function
Low Temperature Operation	Operating 96 ~ 100 Hrs at 0 ± 2°C surrounding temp	
High Temperature Storage	Storage 96 ~ 100 Hrs at 60 ± 2°C surrounding temp. then storage 4 Hrs at normal condition (Power Off)	
Low Temperature Storage	Storage 96 ~ 100 Hrs at −20 ± 2°C surrounding temp then storage 4 Hrs at normal condition (Power Off) No dew to be found	
Damp Proof	Storage 96 ~ 100 Hrs at 40 ± 2°C and 90 ~ 95% RH surrounding condition, then storage 4 Hrs at normal condition (Power Off) No dew to be found	

Note The above condition is only representative, and may, differ in case of customized specifications.

OPTICAL DATA

T_a = 25°C

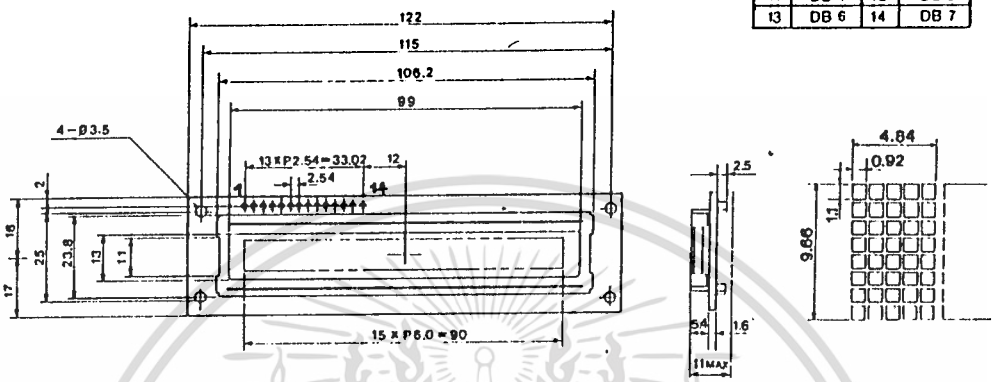
Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	Notes to see
Viewing angle	$\phi 2 - \phi 1$	K = 1.4	—	20	—	deg	—
Contrast ratio	K	ϕ = 25° θ = 0°	—	2	—	—	—
Response time (rise)	t_r	ϕ = 25° θ = 0°	—	250 150	400 250	ms	— —
Response time (fall)	t_f	ϕ = 25° θ = 0°	—	250 150	400 250	ms	— —

DATA VISION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

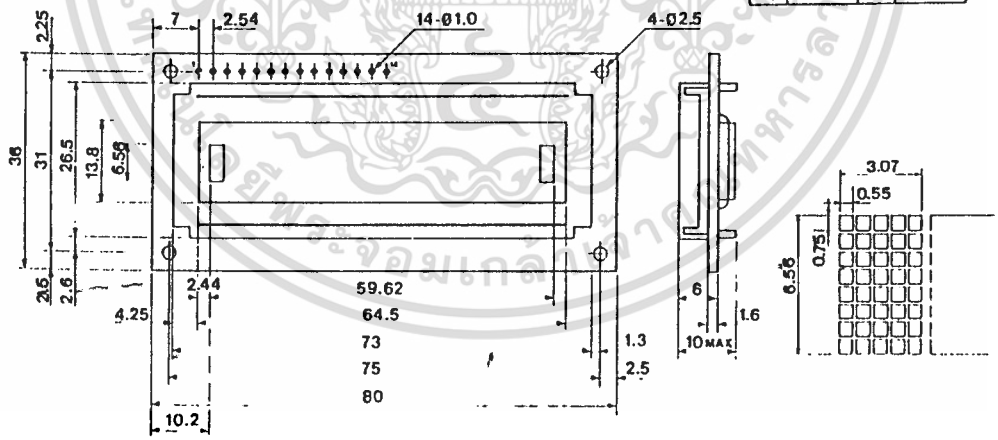
DV-1601B

No.	Signal	No.	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7



DV-1601

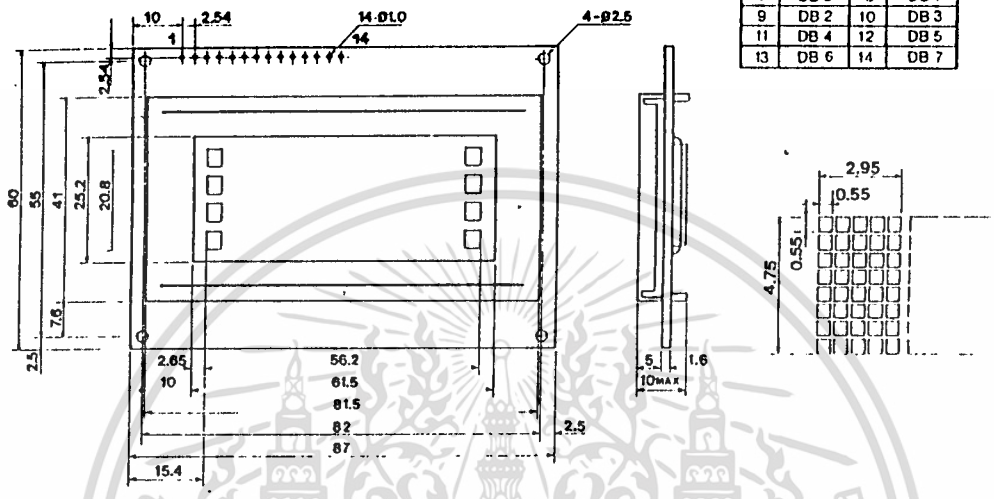
No.	Signal	No.	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

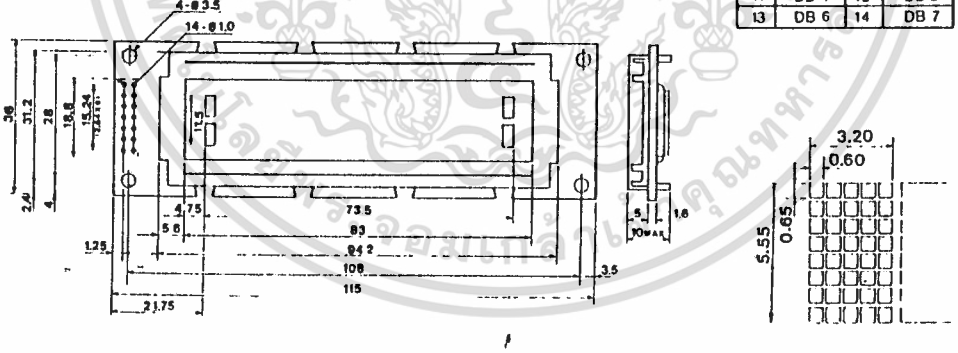
DV-1604

No.	Signal	No	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7



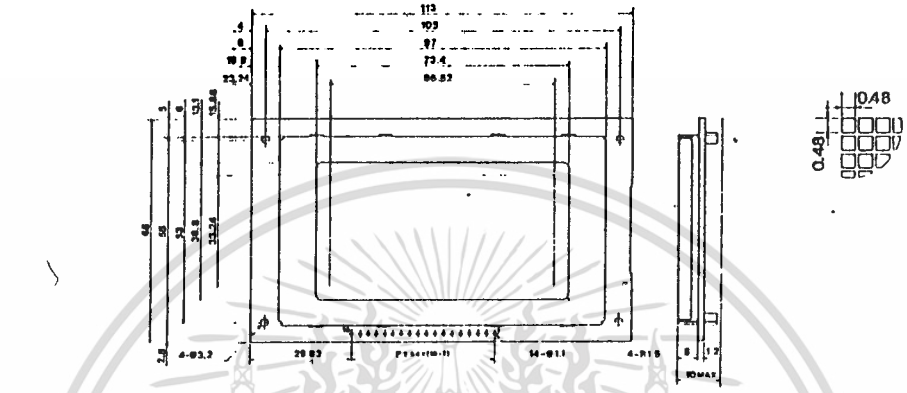
DV-2002

No.	Signal	No.	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7

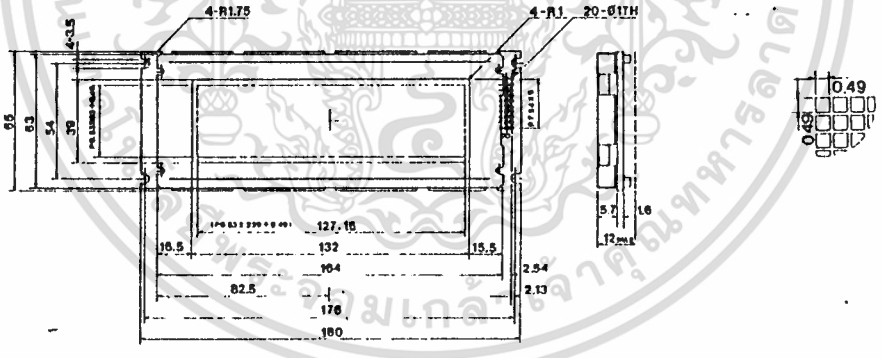


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DG 128064



DG 240064

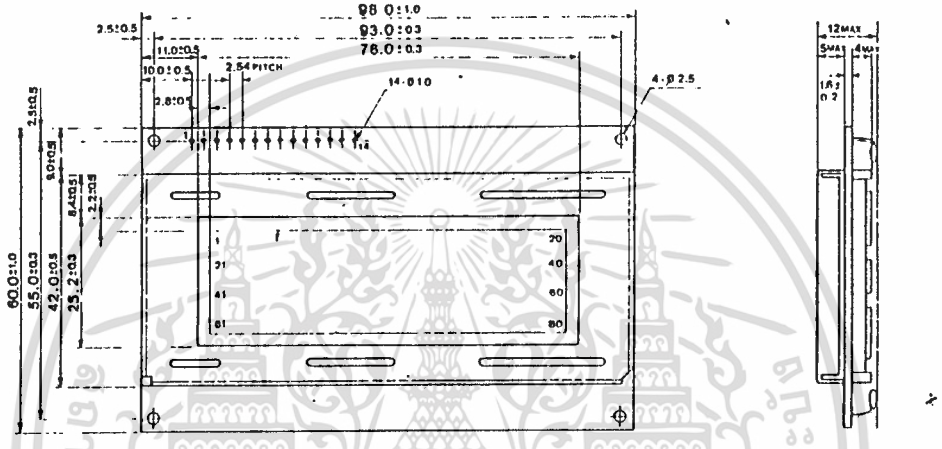


DATA VISION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

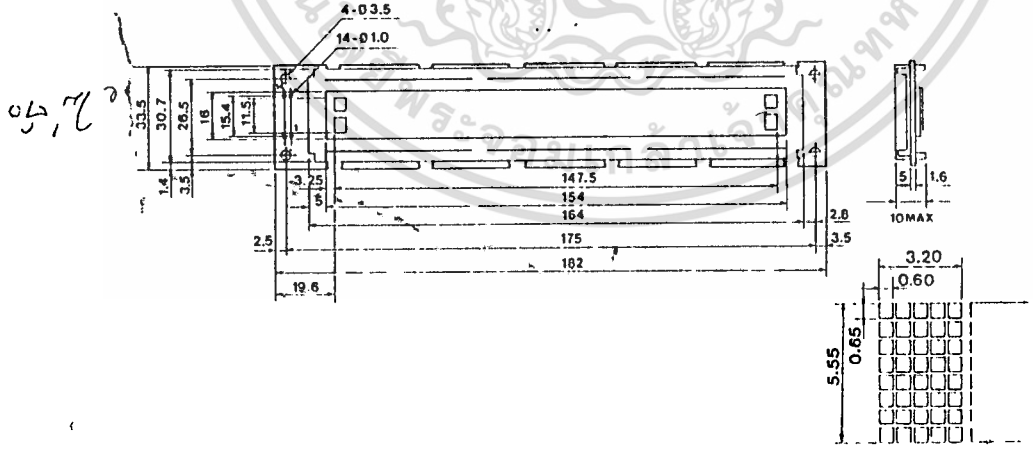
DV-2004

No.	Signal	No.	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7



DV-4002

No.	Signal	No	Signal
1	VSS	2	VDD
3	V0	4	RS
5	R/W	6	E
7	DB 0	8	DB 1
9	DB 2	10	DB 3
11	DB 4	12	DB 5
13	DB 6	14	DB 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-1 กลุ่มการโอนย้ายข้อมูลขนาด 8 บิต

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T Cycles	Comments r, r'	Reg.
LD r,r'	r ← r'	•	•	•	•	•	•	01 r r'	1	1	4		
LD r,n	r ← n	•	•	•	•	•	•	00 r 110	2	2	7	000	B
								← n →				001	C
LD r,(HL)	r ← (HL)	•	•	•	•	•	•	01 r 110	1	2	7	010	D
LD r,(IX+d)	r ← (IX + d)	•	•	•	•	•	•	11 011 101	3	5	19	011	E
								01 r 110				100	H
								← d →				101	L
LD r,(IY+d)	r ← (IY + d)	•	•	•	•	•	•	11 111 101	3	5	19	111	A
								01 r 110					
								← d →					
LD (HL),r	(HL) ← r	•	•	•	•	•	•	01 110 r	1	2	7		
LD (IX+d),r	(IX + d) ← r	•	•	•	•	•	•	11 011 101	3	5	19		
								01 110 r					
								← d →					
LD (IY+d),r	(IY + d) ← r	•	•	•	•	•	•	11 111 101	3	5	19		
								01 110 r					
								← d →					
LD (HL),n	(HL) ← n	•	•	•	•	•	•	00 110 110	2	3	10		
								← n →					
LD (IX+d),n	(IX + d) ← n	•	•	•	•	•	•	11 011 101	4	5	19		
								00 110 110					
								← d →					
								← n →					
LD (IY+d),n	(IY + d) ← n	•	•	•	•	•	•	11 111 101	4	5	19		
								00 110 110					
								← d →					
								← n →					
LD A,(BC)	A ← (BC)	•	•	•	•	•	•	00 001 010	1	2	7		
LD A,(DE)	A ← (DE)	•	•	•	•	•	•	00 011 010	1	2	7		
LD A,(nn)	A ← (nn)	•	•	•	•	•	•	00 111 010	3	4	13		
								← n →					
								← n →					
LD (BC),A	(BC) ← A	•	•	•	•	•	•	00 000 010	1	2	7		
LD (DE),A	(DE) ← A	•	•	•	•	•	•	00 010 010	1	2	7		
LD (nn),A	(nn) ← A	•	•	•	•	•	•	00 110 010	3	4	13		
								← n →					
								← n →					
LD, A,I	A ← I	•	↕	IFF	↕	0	0	11 101 101	2	2	9		
								01 010 111					
LD A,R	A ← R	•	↕	IFF	↕	0	0	11 101 101	2	2	9		
								01 011 111					
LD, I,A	I ← A	•	•	•	•	•	•	11 101 101	2	2	9		
								01 000 111					
LD R,A	R ← A	•	•	•	•	•	•	11 101 101	2	2	9		
								01 001 111					

Notes:
r, r' means any of the registers A, B, C, D, E, H, L
IFF the content of the interrupt enable flip-flop (IFF) is copied into the P/V flag.

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-2 กลุ่มการโอนย้ายข้อมูลขนาด 16 บิต

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags						Op-Code	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
		C	Z	P/V	S	N	H	76 543 210				
LD dd,nn	dd ← nn	•	•	•	•	•	•	00 dd0 001 ← n → ← n →	3	3	10	dd Pair 00 BC 01 DE
LD IX,nn	IX ← nn	•	•	•	•	•	•	11 011 101 00 100 001 ← n → ← n →	4	4	14	10 HL 11 SP
LD IY,nn	IY ← nn	•	•	•	•	•	•	11 111 101 00 100 001 ← n → ← n →	4	4	14	
LD HL,(nn)	H ← (nn + 1) L ← (nn)	•	•	•	•	•	•	00 101 010 ← n → ← n →	3	5	16	
LD, dd,(nn)	dd_H ← (nn + 1) dd_L ← (nn)	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 dd1 011 ← n → ← n →	4	6	20	
LD IX,(nn)	IX_H ← (nn + 1) IX_L ← (nn)	•	•	•	•	•	•	11 011 101 00 101 010 ← n → ← n →	4	6	20	
LD IY,(nn)	IY_H ← (nn + 1) IY_L ← (nn)	•	•	•	•	•	•	11 111 101 00 101 010 ← n → ← n →	4	6	20	
LD (nn),HL	(nn + 1) ← H (nn) ← L	•	•	•	•	•	•	00 100 010 ← n → ← n →	3	5	16	
LD (nn),dd	(nn + 1) ← dd_H (nn) ← dd_L	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 dd0 011 ← n → ← n →	4	6	20	
LD (nn),IX	(nn + 1) ← IX_H (nn) ← IX_L	•	•	•	•	•	•	11 011 101 00 100 010 ← n → ← n →	4	6	20	
LD (nn),IY	(nn + 1) ← IY_H (nn) ← IY_L	•	•	•	•	•	•	11 111 101 00 100 010 ← n → ← n →	4	6	20	
LD SP,HL	SP ← HL	•	•	•	•	•	•	11 111 001	1	1	6	
LD SP,IX	SP ← IX	•	•	•	•	•	•	11 011 101 11 111 001	2	2	10	
LD SP,IY	SP ← IY	•	•	•	•	•	•	11 111 101 11 111 001	2	2	10	
PUSH qq	(SP — 2) ← qq_L (SP — 1) ← qq_H	•	•	•	•	•	•	11 qq0 101	1	3	11	qq Pair 00 BC 01 DE
PUSH IX	(SP — 2) ← IX_L (SP — 1) ← IX_H	•	•	•	•	•	•	11 011 101 11 100 101	2	4	15	10 HL 11 AF
PUSH IY	(SP — 2) ← IY_L (SP — 1) ← IY_H	•	•	•	•	•	•	11 111 101 11 100 101	2	4	15	
POP qq	qq_H ← (SP + 1) qq_L ← (SP)	•	•	•	•	•	•	11 qq0 001	1	3	10	
POP IX	IX_H ← (SP + 1) IX_L ← (SP)	•	•	•	•	•	•	11 011 101 11 100 001	2	4	14	
POP IY	IY_H ← (SP + 1) IY_L ← (SP)	•	•	•	•	•	•	11 111 101 11 100 001	2	4	14	

Notes:
dd is any of the register pairs BC, DE, HL, SP
qq is any of the register pairs AF, BC, DE, HL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-3 กลุ่มการแลกเปลี่ยนข้อมูล ถอนย้ายข้อมูลเป็นกลุ่ม และการค้นหาข้อมูล

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
EX DE,HL	DE ↔ HL	•	•	•	•	•	•	11 101 011	1	1	4	
EX AF,AF'	AF ↔ AF'	•	•	•	•	•	•	00 001 000	1	1	4	
EXX	(BC BC' / DE ↔ DE' / HL HL')	•	•	•	•	•	•	11 011 001	1	1	4	Register bank and auxiliary register bank exchange
EX (SP),HL	H ↔ (SP + 1) L ↔ (SP)	•	•	•	•	•	•	11 100 011	1	5	19	
EX (SP),IX	IX_H ↔ (SP + 1) IX_L ↔ (SP)	•	•	•	•	•	•	11 011 101 11 100 011	2	6	23	
EX (SP),IY	IY_H ↔ (SP + 1) IY_L ↔ (SP)	•	•	•	•	•	•	11 111 101 11 100 011	2	6	23	
LDI	(DE) ← (HL) DE ← DE + 1 HL ← HL + 1 BC ← BC − 1	•	•	① ↕	•	0	0	11 101 101 10 100 000	2	4	16	Load (HL) into (DE), increment the pointers and decrement the byte counter (BC)
LDIR	(DE) ← (HL) DE ← DE + 1 HL ← HL + 1 BC ← BC − 1 Repeat until BC = 0	•	•	0	•	0	0	11 101 101 10 110 000	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 If BC = 0
LDD	(DE) ← (HL) DE ← DE − 1 HL ← HL − 1 BC ← BC − 1	•	•	① ↕	•	0	0	11 101 101 10 101 000	2	4	16	
LDDR	(DE) ← (HL) DE ← DE − 1 HL ← HL − 1 BC ← BC − 1 Repeat until BC = 0	•	•	0	•	0	0	11 101 101 10 111 000	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 If BC = 0
CPI	A − (HL) HL ← HL + 1 BC ← BC − 1	•	② ↕	① ↕	↕	1	↕	11 101 101 10 100 001	2	4	16	
CPIR	A − (HL) HL ← HL + 1 BC ← BC − 1 Repeat until A = (HL) or BC = 0	•	② ↕	① ↕	↕	1	↕	11 101 101 10 110 001	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 and A ≠ (HL) If BC = 0 or A = (HL)
CPD	A − (HL) HL ← HL − 1 BC ← BC − 1	•	② ↕	① ↕	↕	1	↕	11 101 101 10 101 001	2	4	16	
CPDR	A − (HL) HL ← HL − 1 BC ← BC − 1 Repeat until A = (HL) or BC = 0	•	② ↕	① ↕	↕	1	↕	11 101 101 10 111 001	2 2	5 4	21 16	If BC ≠ 0 and A ≠ (HL) If BC = 0 or A = (HL)

Notes:
① P/V flag is 0 if the result of BC − 1 = 0, otherwise P/V = 1
② Z flag is 1 if A = (HL), otherwise Z = 0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-4 กลุ่มการทำงานคณิตศาสตร์และลอจิก 8 บิต

Mnemonic	Symbolic Operation	C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76	543	210	No. of Bytes	No. of M. Cycles	No. of T States	Comments
ADD r	A ← A + r	↕	↕	V	↕	0	↕	10	000	r	1	1	4	r Reg.
ADD n	A ← A + n	↕	↕	V	↕	0	↕	11	000	110	2	2	7	000 B
								←	n	→				001 C
ADD (HL)	A ← A + (HL)	↕	↕	V	↕	0	↕	10	000	110	1	2	7	010 D
ADD (IX+d)	A ← A + (IX + d)	↕	↕	V	↕	0	↕	11	011	101	3	5	19	011 E
								10	000	110				100 H
								←	d	→				101 L
ADD (IY+d)	A ← A + (IY + d)	↕	↕	V	↕	0	↕	11	111	101	3	5	19	111 A
								10	000	110				
								←	d	→				
ADC s	A ← A + s + CY	↕	↕	V	↕	0	↕		001					s is any of r, n,
SUB s	A ← A − s	↕	↕	V	↕	1	↕		010					(HL), (IX + d)
SBC s	A ← A − s − CY	↕	↕	V	↕	1	↕		011					(IY + d) as shown for
AND s	A ← A ∧ s	0	↕	P	↕	0	1		100					ADD instruction.
OR s	A ← A ∨ s	0	↕	P	↕	0	0		110					The indicated bits replace
XOR s	A ← A ⊕ s	0	↕	P	↕	0	0		101					the 000 in the ADD set
CP s	A − s	↕	↕	V	↕	1	↕		111					above.
INC r	r ← r + 1	●	↕	V	↕	0	↕	00	r	100	1	1	4	
INC (HL)	(HL) ← (HL) + 1	●	↕	V	↕	0	↕	00	110	100	1	3	11	
INC (IX+d)	(IX + d) ← (IX + d) + 1	●	↕	V	↕	0	↕	11	011	101	3	6	23	
								00	110	100				
								←	d	→				
INC (IY+d)	(IY + d) ← (IY + d) + 1	●	↕	V	↕	0	↕	11	111	101	3	6	23	
								00	110	100				
								←	d	→				
DEC d	d ← d − 1	●	↕	V	↕	1	↕			101				d is any of r, (HL), (IX + d), (IY + d) as shown for INC. Same format and states as INC. Replace 100 with 101 in OP code.

Notes:
The V symbol in the P/V flag column indicates that the P/V flag contains the overflow of the result of the operation. Similarly the P symbol indicates parity. V = 1 means overflow, V = 0 means not overflow, P = 1 means parity of the result is even, P = 0 means parity of the result is odd.

Flag Notation:
● = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-5 กลุ่มการทำทางคณิตศาสตร์ทั่วไป และควบคุมการทำงานของซีพียู

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
DAA	Converts acc. content into packed bcd (allowing add or subtract with packed bcd operands	↕	↕	P	↕	•	↕	00 100 111	1	1	4	Decimal adjust accumulator
CPL	$A \leftarrow \overline{A}$	•	•	•	•	1	1	00 101 111	1	1	4	Complement accumulator (one's complemeht)
NEG	$A \leftarrow 0 - A$	↕	↕	V	↕	1	↕	11 101 101 01 000 100	2	2	8	Negate acc. (two's complement)
CCF	$CY \leftarrow \overline{CY}$	↕	•	•	•	0	X	00 111 111	1	1	4	Complement carry flag
SCF	CY ← 1	1	•	•	•	0	0	00 110 111	1	1	4	Set carry flag
NOP	No operation	•	•	•	•	•	•	00 000 000	1	1	4	
HALT	CPU halted	•	•	•	•	•	•	01 110 110	1	1	4	
DI	IFF ← 0	•	•	•	•	•	•	11 110 011	1	1	4	
EI	IFF ← 1	•	•	•	•	•	•	11 111 011	1	1	4	
IM 0	Set interrupt mode 0	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 000 110	2	2	8	
IM 1	Set interrupt mode 1	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 010 110	2	2	8	
IM 2	Set interrupt mode 2	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 011 110	2	2	8	

Notes:
IFF indicates the interrupt enable flip-flop
CY indicates the carry flip-flop.

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-6 กลุ่มการทำทางคณิตศาสตร์ขนาด 16 บิต

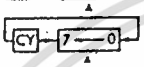
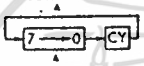
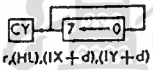
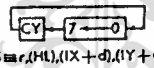
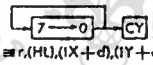
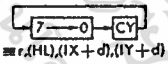
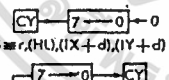
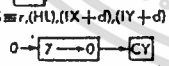
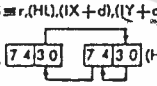
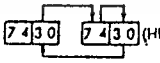
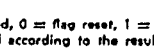
Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments	
ADD HL,ss	HL ← HL + ss	↕	•	•	•	0	X	00 ss1 001	1	3	11	ss	Reg.
ADC HL,ss	HL ← HL + ss + CY	↕	↕	V	↕	0	X	11 101 101 01 ss1 010	2	4	15	00 01 10 11	BC DE HL SP
SBC HL,ss	HL ← HL − ss − CY	↕	↕	V	↕	1	X	11 101 101 01 ss0 010	2	4	15		
ADD IX,pp	IX ← IX + pp	↕	•	•	•	0	X	11 011 101 00 pp1 001	2	4	15	pp 00 01 10 11	Reg. BC DE IX SP
ADD IY,rr	IY ← IY + rr	↕	•	•	•	0	X	11 111 101 00 rr1 001	2	4	15	rr 00 01 10 11	Reg. BC DE IY SP
INC ss	ss ← ss + 1	•	•	•	•	•	•	00 ss0 011	1	1	6		
INC IX	IX ← IX + 1	•	•	•	•	•	•	11 011 101 00 100 011	2	2	10		
INC IY	IY ← IY + 1	•	•	•	•	•	•	11 111 101 00 100 011	2	2	10		
DEC ss	ss ← ss − 1	•	•	•	•	•	•	00 ss1 011	1	1	6		
DEC IX	IX ← IX − 1	•	•	•	•	•	•	11 011 101 00 101 011	2	2	10		
DEC IY	IY ← IY − 1	•	•	•	•	•	•	11 111 101 00 101 011	2	2	10		

Notes:
ss is any of the register pairs BC, DE, HL, SP
pp is any of the register pairs BC, DE, IX, SP
rr is any of the register pairs BC, DE, IY, SP

Flag Notations:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unkn
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-7 กลุ่มการหมุนและเลื่อนข้อมูล

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
RLCA		↕	•	•	•	0	0	00 000 111	1	1	4	Rotate left circular accumulator
RLA		↕	•	•	•	0	0	00 010 111	1	1	4	Rotate left accumulator
RRCA		↕	•	•	•	0	0	00 001 111	1	1	4	Rotate right circular accumulator
RRA		↕	•	•	•	0	0	00 011 111	1	1	4	Rotate right accumulator
RLC r		↕	↕	P	↕	0	0	11 001 011 00 000 r	2	2	8	Rotate left circular register r
RLC (HL)		↕	↕	P	↕	0	0	11 001 011 00 000 110	2	4	15	r Reg. 000 B 001 C 010 D 011 E 100 H 101 L 111 A
RLC (IX+d)	 r,(HL),(IX+d),(IY+d)							11 011 101 11 001 011 ← d → 00 000 110	4	6	23	
RLC (IY+d)		↕	↕	P	↕	0	0	11 111 101 11 001 011 ← d → 00 000 110	4	6	23	Instruction format and states are as shown for RLC,s. To form new
RL s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	010				
RRC s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	001				OP-code replace 000 of RLC,s with shown code
RR s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	011				
SLA s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	100				
SRA s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	101				
SRL s	 S≡r,(HL),(IX+d),(IY+d)	↕	↕	P	↕	0	0	111				
RLD	 (HL)	•	↕	P	↕	0	0	11 101 101 01 101 111	2	5	18	Rotate digit left and right between the accumulator and location (HL) The content of the upper half of the accumulator is unaffected
RRD	 (HL)	•	↕	P	↕	0	0	11 101 101 01 100 111	2	5	18	

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-8 กลุ่มการเซต รีเซตและทดสอบบิต

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76	543	210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
BIT b,r	$Z \leftarrow \overline{r_b}$	•	↕	X	X	0	1	11	001	011	2	2	8	
								01	b	r				
BIT b,(HL)	$Z \leftarrow \overline{(HL)_b}$	•	↕	X	X	0	1	11	001	011	2	3	12	
								01	b	110				
BIT b,(IX+d)	$\leftarrow \overline{(IX+d)_b}$	•	↕	X	X	0	1	11	011	101	4	5	20	
								11	001	011				
								←	d	→				
								01	b	110				
BIT b,(IY+d)	$Z \leftarrow (IY+d)_b$	•	↕	X	X	0	1	11	111	101	4	5	20	
								11	001	011				
								←	d	→				
								01	b	110				
SET b,r	$r_b \leftarrow 1$	•	•	•	•	•	•	11	001	011	2	2	8	
								11	b	r				
SET b,(HL)	$(HL)_b \leftarrow 1$	•	•	•	•	•	•	11	001	011	2	4	15	
								11	b	110				
SET b,(IX+d)	$(IX+d)_b \leftarrow 1$	•	•	•	•	•	•	11	011	101	4	6	23	
								11	001	011				
								←	d	→				
								11	b	110				
SET b,(IY+d)	$(IY+d)_b \leftarrow 1$	•	•	•	•	•	•	11	111	101	4	6	23	
								11	001	011				
								←	d	→				
								11	b	110				
RES b,s	$s_b \leftarrow 0$							10						
	s ≡ r,(HL), (IX + d), (IY + d)													

r	Reg.
000	B
001	C
010	D
011	E
100	H
101	L
111	A

b	Bit Tested
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

To form new OP-code replace 11 of SET b,s with 10. Flags and time states for SET instruction

Notes:
The notation s_b indicates bit b (0 to 7) of location s.

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-9 กลุ่มการกระโดด การเรียกใช้และกลับจากโปรแกรมย่อย

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
JP nn	PC ← nn	•	•	•	•	•	•	11 000 011 ← n → ← n →	3	3	10	
JP cc,nn	If condition cc is true PC ← nn, otherwise continue	•	•	•	•	•	•	11 cc 010 ← n → ← n →	3	3	10	
JR e	PC ← PC + e	•	•	•	•	•	•	00 011 000 ← e − 2 →	2	3	12	
JR C,e	If C = 0, continue	•	•	•	•	•	•	00 111 000 ← e − 2 →	2	2	7	If condition not met
	If C = 1, PC ← PC + e								2	3	12	If condition is met
JR NC,e	If C = 1, continue	•	•	•	•	•	•	00 110 000 ← e − 2 →	2	2	7	If condition not met
	If C = 0, PC ← PC + e								2	3	12	If condition is met
JR Z,e	If Z = 0 continue	•	•	•	•	•	•	00 101 000 ← e − 2 →	2	2	7	If condition not met
	If Z = 1, PC ← PC + e								2	3	12	If condition is met
JR NZ,e	If Z = 1, continue	•	•	•	•	•	•	00 100 000 ← e − 2 →	2	2	7	If condition not met
	If Z = 0, PC ← PC + e								2	3	12	If condition met
JP (HL)	PC ← HL	•	•	•	•	•	•	11 101 001	1	1	4	
JP (IX)	PC ← IX	•	•	•	•	•	•	11 011 101 11 101 001	2	2	8	
JP (IY)	PC ← IY	•	•	•	•	•	•	11 111 101 11 101 001	2	2	8	
DJNZ, e	B ← B−1	•	•	•	•	•	•	00 010 000 ← e − 2 →	2	2	8	If B = 0
	If B ≠ 0, continue								2	3	13	If B ≠ 0
CALL nn	(SP−1) ← PC_H (SP−2) ← PC_L PC ← nn	•	•	•	•	•	•	11 001 101 ← n → ← n →	3	5	17	
CALL cc, nn	If condition cc is false continue, otherwise same as CALL nn	•	•	•	•	•	•	11 cc 100 ← n → ← n →	3	3	10	If cc is false
									3	5	17	If cc is true
RET	PC_L ← (SP) PC_H ← (SP + 1)	•	•	•	•	•	•	11 001 001	1	3	10	
RET cc	If condition cc is false continue, otherwise same as RET	•	•	•	•	•	•	11 cc 000	1	1	5	If cc is false
									1	3	11	If cc is true

cc	Condition
000	NZ nonzero
001	Z zero
010	NC noncarry
011	C carry
100	PO parity odd
101	PE parity even
110	P sign positive
111	M sign negative

cc	Condition
000	NZ nonzero
001	Z zero
010	NC noncarry
011	C carry
100	PO parity odd
101	PE parity even
110	P sign positive
111	M sign negative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76	543	210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
RETI	Return from interrupt	•	•	•	•	•	•	11	101	101	2	4	14	
								01	001	101				
RETN	Return from nonmaskable interrupt	•	•	•	•	•	•	11	101	101	2	4	14	
								01	000	101				
RST p	(SP − 1) ← PC_H (SP − 2) ← PC_L PC_H ← 0 PC_L ← P	•	•	•	•	•	•	11	t	111	1	3	11	

cc	Condition	
000	NZ	nonzero
001	Z	zero
010	NC	noncarry
011	C	carry
100	PO	parity odd
101	PE	parity even
110	P	sign positive
111	M	sign negative

t	P
000	00H
001	08H
010	10H
011	18H
100	20H
101	28H
110	30H
111	38H

Notes:
e represents the extension in the relative addressing mode.
e is a signed two's complement number in the range <−126, 129>
e − 2 in the op-code provides an effective address of pc + e as PC is incremented by 2 prior to the addition of e.

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-10 กลุ่มอินพุตและเอาต์พุต

Mnemonic	Symbolic Operation	Flags C	Z	P/V	S	N	H	Op-Code 76 543 210	No. of Bytes	No. of M Cycles	No. of T States	Comments
IN A,(n)	A ← (n)	•	•	•	•	•	•	11 011 011 ← n →	2	3	11	n to A_0–A_7 Acc to A_8–A_{15}
IN r,(C)	r ← (C) if r = 110 only the flags will be affected	•	↕	P	↕	0	↕	11 101 101 01 r 000	2	3	11	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
INI	(HL) ← (C) B ← B − 1 HL ← HL + 1	•	① ↕	X	X	1	X	11 101 101 10 100 010	2	4	16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
INIR	(HL) ← (C) B ← B − 1 HL ← HL + 1 Repeat until B = 0	•	1	X	X	1	X	11 101 101 10 110 010	2 2	5 (If B ≠ 0) 4 (If B = 0)	21 16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
IND	(HL) ← (C) B ← B − 1 HL ← HL − 1	•	① ↕	X	X	1	X	11 101 101 10 101 010	2	4	16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
INDR	(HL) ← (C) B ← B − 1 HL ← HL − 1 Repeat until B = 0	•	1	X	X	1	X	11 101 101 10 111 010	2 2	5 (If B ≠ 0) 4 (If B = 0)	21 16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
OUT (n),A	(n) ← A	•	•	•	•	•	•	11 010 011 ← n →	2	3	11	n to A_0–A_7 Acc to A_8–A_{15}
OUT (C),r	(C) ← r	•	•	•	•	•	•	11 101 101 01 r 001	2	3	12	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
OUTI	(C) ← (HL) B ← B − 1 HL ← HL + 1	•	① ↕	X	X	1	X	11 101 101 10 100 011	2	4	16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
OTIR	(C) ← (HL) B ← B − 1 HL ← HL + 1 Repeat until B = 0	•	1	X	X	1	X	11 101 101 10 110 011	2 2	5 (If B ≠ 0) 4 (If B = 0)	21 16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
OUTD	(C) ← (HL) B ← B − 1 HL ← HL − 1	•	① ↕	X	X	1	X	11 101 101 10 101 011	2	4	16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}
OTDR	(C) ← (HL) B ← B − 1 HL ← HL − 1 Repeat until B = 0	•	1	X	X	1	X	11 101 101 10 111 011	2 2	5 (If B ≠ 0) 4 (If B = 0)	21 16	C to A_0–A_7 B to A_8–A_{15}

Notes:
① If the result of B − 1 is zero the Z flag is set, otherwise it is reset.

Flag Notation:
• = flag not affected, 0 = flag reset, 1 = flag set, X = flag is unknown,
↕ = flag is affected according to the result of the operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้