ระบบเก็บข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ

A HEART RATE VARIABILITY ACQUISITION SYSTEM

โดย

นาย ชัยวัฒน์ สุทธิ

นาย บริพัตร ทิพย์มณฑา

นาย วัฒนพงษ์ ปุริโส

วัน เดือน ปี 24 ก.ค. 2541
เลขทะเบียน 039146
เลขเรียกหนังสือ T 10388 ป 431 ร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039146

ระบบเก็บข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ

A HEART RATE VARIABITY ACQUISITION SYSTEM

โดย

นาย ชัยวัฒน์ สุทธิ 38013220

นาย บริพัตร ทิพย์มณฑา 38013231

นาย วัฒนพงษ์ ปุริโส 38013245

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเก็บข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ

A HEART RATE VARIABILITY ACQUISITION SYSTEM

จัดทำโดย นาย ชัยวัฒน์ สุทธิ เลขประจำตัว 38013220

นาย บริพัตร ทิพย์มณฑา เลขประจำตัว 38013231

นาย วัฒนพงษ์ ปุริโส เลขประจำตัว 38013245

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเก็บข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ

(A HEART RATE VARIABILITY ACQUSITION SYSTEM)

นาย ชัยวัฒน์ สุทธิ 38013220
นาย บริพัตร ทิพย์มณฑา 38013231
นาย วัฒนพงษ์ ปุริโส 38013245
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กิตพล ชิตสกุล
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการออกแบบสร้างระบบเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ โดยมีโหมดการวัดการเต้นของหัวใจสองโหมด คือ วัดสัญญาณ Electrocardiograme (ECG) โดยตรง และโหมดการวัดโดยอ้อม โดยใช้วิธีการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแสงส่องผ่านปลายนิ้วตามจังหวะการเต้นของหัวใจ สัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งไปยังระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อคำนวนหาอัตราการเต้นของหัวใจ และเก็บข้อมูลลงสู่หน่วยความจำ จากนั้นก็นำข้อมูลเหล่านี้ส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงอัตราการเต้นของหัวใจในรูปของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A HEART RATE VARIABILITY ACQUISTION SYSTEM

Chaiwat Sutti

Boripat Tipmonta

Wattnapong Puriso

Dr. Kitiphol Chitsakul advisor

1997

Abstract

In this thesis a design and construction of the heart rate variabity (HRV) aquisition system is described. The system consists of two modes of measuring of heart beat, electrocardiograme measurement and a indirect method based on a detection of variation of light intensity passing through a finger tip. The measured signals are processed to provide the heart rate which are displayed and record in memory by microprocessor then the data are transfered for monitoring the HRV trace on a microcomputer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

สารบัญ III

สารบัญรูปภาพ VI

สารบัญตาราง VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 ระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRV 2

1.3 โครงร่างของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นการทำงานหัวใจและสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

2.1 ความรู้เบื้องต้นการทำงานหัวใจ 4

2.2 หลักการวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจ 5

2.3 คลื่นไฟฟ้าหัวใจ 6

2.4 บล็อคการทำงานของระบบ 7

บทที่ 3 เครื่องวัดสัญญาณ ECG

3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 8

3.1.1 มีอัตราการขยายสูง 8

3.1.2 ค่า CMRR (Common Mode Rejection Ratio)สูง 8

3.1.3 Input Impedance สูงมาก 8

3.1.4 ตอบสนองความถี่ต่ำได้ดี 9

3.2 การรับสัญญาณไฟฟ้าหัวใจจากร่างกาย 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความเข้มแสง

4.1 โครงสร้างภายในเส้นเลือด 14

4.2 การทำงานของวงจร Pulse Rate 15

บทที่ 5 การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจ

5.1 หลักการคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจ....18

5.2 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงดัน....19

5.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอล....20

บทที่ 6 ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์

6.1 8255 Port 25

6.2 ส่วนของคีย์บอร์ดสั่งงาน....25

6.3 ส่วน Real Time Clock....26

6.4 ส่วนแสดงผล....28

6.5 ซอร์ฟแวร์สำหรับระบบเก็บข้อมูล....28

บทที่ 7 ซอร์ฟแวร์ควบคุมการทำงาน

7.1 ซอร์ฟแวร์ควบคุมบนเครื่องเก็บข้อมูล....29

7.2 ซอร์ฟแวร์บนไมโครคอมพิวเตอร์....34

7.2.1 ส่วนของการรับข้อมูลจากตัวเครื่อง (Down Load)....35

7.2.1.1 ส่วนการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (Serial Port)....37

7.2.1.2 ส่วนการจัดเก็บข้อมูลลงในไฟล์....36

7.2.2 ส่วนของการแสดงกราฟ....37

บทที่ 8 การทดลองและผลการทดลอง

8.1 การวัดสัญญาณ ECG....38

8.2 การทดลองวัดสัญญาณหัวใจโดยความเข้มแสง....46

8.3 วงจร Peak Detector....47

8.4 การแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับเวลาที่ใช้เก็บ....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก) วงจรการทำงานทั้งหมด

ภาคผนวก ข) Data Sheet

ภาคผนวก ค) โปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมด

ภาคผนวก ง) คู่มือการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRV....2
รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างของกราฟ HRV....2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของหัวใจ....4
รูปที่ 2.2 การวางขั้วไฟฟ้าแบบ Bipolar Limb Lead....5
รูปที่ 2.3 การวางขั้วไฟฟ้าแบบ Unipolar Limb Lead....5
รูปที่ 2.4 การวางอิเล็กโทรดแบบ Unipolar electrod....6
รูปที่ 2.5 ช่วงต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ปกติ....7
รูปที่ 3.1 Block Diagram ของวงจร Instrument Amplifier....9
รูปที่ 3.2 วงจร Power Supply....10
รูปที่ 3.3 วงจรอย่างง่ายของวงจร Instrument Amplifier....10
รูปที่ 3.4 รูปที่สมบูรณ์ของวงจร Front End....11
รูปที่ 3.5 การต่อวงจร Filter แบบ Twin-T....12
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างภายในเส้นเลือด....14
รูปที่ 4.2 Block Diagram ของวงจร Pulse Rate....15
รูปที่ 4.3 วงจรในส่วนของ Sensor....15
รูปที่ 4.4 แสดงวงจร Non-Inverting....16
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรที่สมบูรณ์ของวงจร Amplifier....17
รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายใน ไอซีเบอร์ LM2917N....19
รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการต่อใช้งานของไอซี LM2917N....20
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vout กับ F(in)....20
รูปที่ 5.4 แสดงการต่อใช้งานไอซีเบอร์ ADC0804....21
รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างภายในไอซี เบอร์ LM285Z และการต่อใช้งาน....23
รูปที่ 6.1 แสดงการเชื่อมต่อส่วนต่างๆ เข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์....25
รูปที่ 6.2 แสดงรูปร่างของ Keyboard....26
รูปที่ 6.3 แสดงค่าต่างๆ ของไอซี MSM6242B....26
รูปที่ 7.1 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมหลัก....30
รูปที่ 7.2 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมย่อยสแกนคีย์บอร์ด....31
รูปที่ 7.3 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมย่อยการแสดงผล....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.4 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมย่อยการอ่านข้อมูลจาก A/D.....33
รูปที่ 7.5 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมย่อย Real Time Clock.....34
รูปที่ 8.1 แสดงบล็อกไดอแกรมการวัดสัญญาณ ECG.....38
รูปที่ 8.2 แสดงสัญญาณที่ Output ของวงจร Instrumentation Amplifier.....39
รูปที่ 8.3 แสดงบล็อคไดอแกรมของวงจร Band Reject.....39
รูปที่ 8.4 แสดง Frequency Response ที่จุด TP2.....41
รูปที่ 8.5 แสดง Frequency Response ที่จุด Output.....43
รูปที่ 8.6 แสดง Frequency Response ของ CMRR.....45
รูปที่ 8.7 แสดง Block Diagram ของวงจร Photo Sensor.....46
รูปที่ 8.8 แสดงสัญญาณการเต้นของหัวใจที่วัดโดยการใช้ Photo Sensor.....46
รูปที่ 8.9 แสดงสัญญาณ Peak Detector.....47
รูปที่ 8.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป็นจำนวนครั้งต่อนาที กับเวลาที่ใช้ในการเก็บทุกๆ 1 วินาทีต่อ 1ครั้งเป็นเวลา 10 นาที.....48
รูปที่ 8.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป็นจำนวนครั้งต่อนาที กับเวลาที่ใช้ในการเก็บทุกๆ 5 วินาทีต่อ 1ครั้งเป็นเวลา 30 นาที.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 6.1 แสดงแอดเดรสภายในไอซี และหน้าที่แต่ละแอดเดรส.....27
ตารางที่ 7.1 แสดงรูปแบบของข้อมูลในการรับส่ง.....36
ตารางที่ 8.1 แสดงผลการวัดแรงดันที่จุด TP2.....40
ตารางที่ 8.2 แสดงผลการวัดแรงดันที่ Vout.....42
ตารางที่ 8.3 แสดงการวัดหาค่า CMRR.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1. 1 ความเป็นมาของโครงงาน

การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart-Rate Variability; HRV)มีบทบาทอย่างสำคัญในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ หลายอย่างของระบบหมุนเวียนโลหิต การศึกษาทางการแพทย์ในปัจจุบัน ยืนยันว่า HRV สะท้อนให้เห็นถึง Sympatho-Vagal Interaction ที่เกิดขึ้นภายในร่างกายมนุษย์ในขณะควบคุมการทำงานในระบบหมุนเวียนโลหิต ตามหลักฐาน กลไกทางประสาทที่เกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนโลหิตแสดงบทบาทสำคัญผ่านทางระบบ Sympathetic และ Parasympathetic (หรือ Vegal) บทบาทแรกจะเห็นได้ในรูปแบบของการเร่งเร้า ส่วนกรณีที่สองแสดงออกในลักษณะการชลอหรือถดถอย การทำงานผ่านระบบประสาททั้งสองทำให้จังหวะการเต้นของหัวใจเหมาะกับสภาพร่างกายในขณะนั้น

ดังนั้น HRV ไม่เพียงแต่ ทำให้สามารถสังเกตการปกติของทำงานของระบบหมุนเวียนโลหิตในมนุษย์เท่านั้น ยังนำไปใช้ในการค้นหาสมุฐานของโรคต่างๆที่มีสาเหตุจากความไม่สมดุลย์ของระบบ Sympatho-Vagal system ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง HRV และอาการปรากฏทางกายภาพและพยาธิสภาพต่างๆ

- วัย : แม้ว่า HVR ในขณะพัก (Resting HRV) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเมื่ออายุมากขึ้น แต่มีแนวโน้มของการถดถอยใน attainable HRV และ resting sinus arythmia สิ่งสำคัญคือการแยกแยะระหว่างการลดของ HVR จากความชราภาพกับสาเหตุอื่นที่เกิดจากโรคภัยไข้เจ็บ
- ความเครียด:โดยทั่วไป HRV จะลดลงในช่วงที่มีความเครียดทั้งทางร่างกายและจิตใจ
- หัวใจวาย: บุคคลที่ร่างกายอ่อนแอรับเชื้อง่าย(susceptible person) จะปรกฏอาการที่มี predisposing electrical instability โดยมี Frequency and complexity of ventricular ectopic beats เป็นตัวบอกถึงอาการหัวใจวายและดูเหมือนว่า ผู้ป่วยที่มี ventricular ectopic หากมีค่า HRV ต่ำจะมีความเสี่ยงสูงกว่าผู้ป่วยที่มี HRV ปกติ
- Ischaemic Heart Desease: ในผู้ป่วยที่เคยมี myocardial Infarction จะมีการลดลงของ cadiac autonomic activity โดยเฉพาะใน Parasympathetic activity ซึ่งการลดลงของ HRV เป็นตัวบ่งชี้อิสระของการเสียชีวิตในระยะยาวของผู้ป่วยที่รอดชีวิตจาก myocardial Infaction.

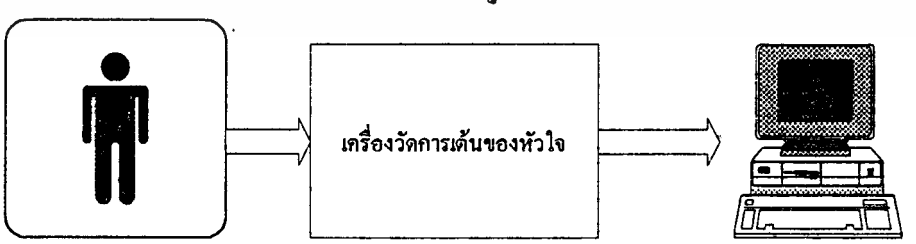
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปลี่ยนหัวใจ: ในผู้ป่วยที่ไม่ยอมรับหัวใจที่เปลี่ยนจะมี HRV ลดลงอย่างเห็นได้ชัด จึงสามารถใช้เป็นตั วชี้ในกรณีไม่ยอมรับนี้ได้เป็นอย่างดี
- Cogestive Cardiac Failure: ในผู้ป่วยกลุ่มนี้จะมีการลดลงของ HRV อย่างชัดเจน
- Diabete Mellitus รายงานทางการแพทย์ระบุว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีอาการ autonomic neuropathy จะมีอัตราการเสียชีวิตมากกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ autonomic dysfunction และปรากฏว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีอาการ autonomic neuropathy จะเกี่ยวข้องกับการลดของ HRV
- ความเสียหายต่อ ระบบประสาทกลาง: ในผู้ป่วยที่สมองได้รับการกระทบกระเทือนหรือไม่ทำงานจะมีการลดลงของ HRV

จากความสำคัญของ HRV ดังที่กล่าวมาทำให้มีการพัฒนาการวัดและวิเคราะห์HRV ออกมาอย่างต่อเนื่อง จากการที่ได้ศึกษาหลักการของระบบการวัด HRV ที่เผยแพร่ออกมาจึงเชื่อว่าเทคโนโลยีที่มีอยู่สามารถจะพัฒนาระบบขึ้นมาเป็นต้นแบบได้

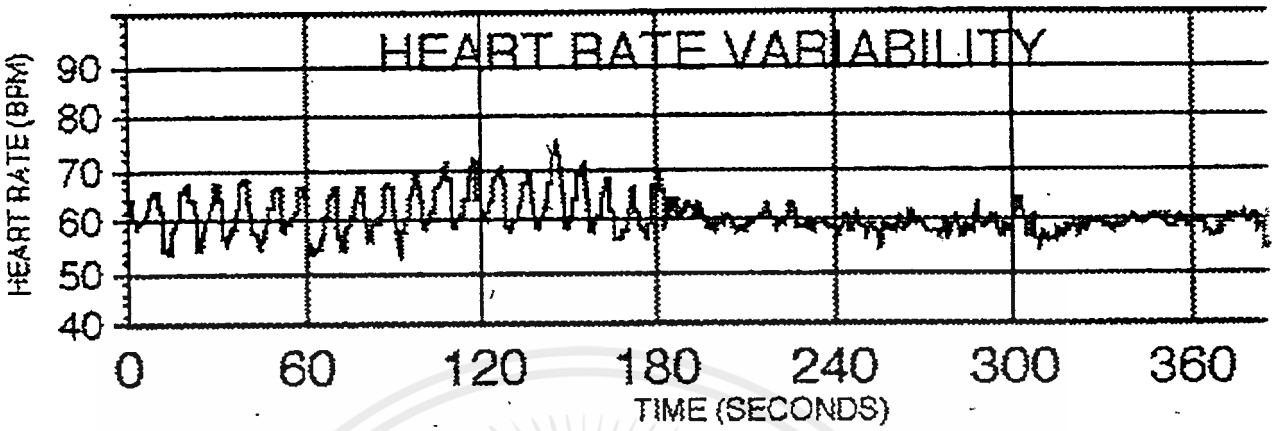
1.2 ระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRV

โครงสร้างพื้นฐานของระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRV จะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนวัดการเต้นของหัวใจซึ่งเป็นส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ตรวจจับการเต้นหัวใจและส่วนการวิเคราะห์ ในส่วนแรกที่นิยมนำมาใช้กันมากที่สุดคือ ใช้การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiograme:ECG)ผ่านทางผิวหนังโดยตรง หรืออาจใช้วิธีโดยอ้อมที่ใช้หลักการดูดกลืนหรือสะท้อนแสงของเลือดที่ปลายนิ้วหรือที่ใบหู ส่วนที่สองเนื่องจากไมโครคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงในขณะที่สมรรถนะเพิ่มขึ้นจึงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่คำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจ บันทึกข้อมูล HRVลงในฐานข้อมูลตลอดจนวิเคราะห์และแสดงผล โครงสร้างพื้นฐานของระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRVแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบบันทึกและวิเคราะห์ HRV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างกราฟของ HRV

วัตถุประสงค์หนึ่งของการสร้างโครงงานระบบบันทึกHRV ที่รายงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือต้องการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดการเต้นของหัวใจทั้งสองแบบจึงได้ออกแบบสร้างตามหลักการทั้งสอง

1.3 โครงร่างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการรวบรวมงานที่ผู้เขียนได้ศึกษาและทดลองตลอด 2 ภาคการศึกษาโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทๆดังนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำจะกล่าวถึงความเป็นมาของโครงการและโครงร่างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นการทำงานของหัวใจ

บทที่ 3 การวัดสัญญาณ ECG

บทที่ 4 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความเข้มแสง

บทที่ 5 การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจ

บทที่ 6 ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์

บทที่ 7 ซอร์ฟแวร์ควบคุมการทำงาน

บทที่ 8 การทดลองและผลการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

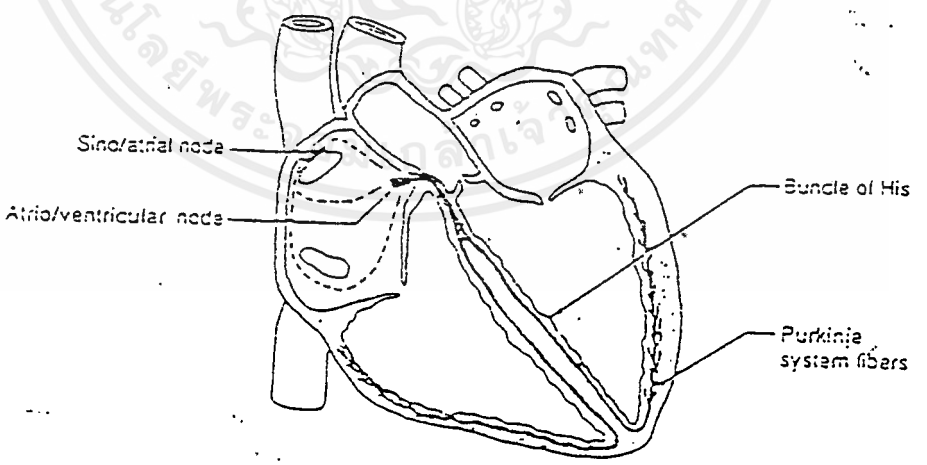
บทที่ 2

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ

หัวใจประกอบด้วยกล้ามเนื้อเหมือนกล้ามเนื้อประเภทอื่น คือ ถูกกระตุ้นด้วยศักดาไฟฟ้าทำงาน (Action Potential) แต่การกระตุ้นนี้ไม่ได้มาจากประสาทส่วนกลางหรือสมอง หากแต่เป็นการ กระตุ้นของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจภายในตัวหัวใจเอง โดยประกอบด้วยเซลกลุ่มหนึ่งที่ทำหน้าที่ผลิตพัลส์

บริเวณผนังด้านในของหัวใจระหว่างหลอดเลือดใหญ่จะมีเซลอยู่กลุ่มหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถสร้างพัลส์ไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นเซลกล้ามเนื้อหัวใจเรียกเซลกลุ่มนี้ว่า SA node โดยความถี่ของพัลส์ที่ SA node สร้างขึ้นจะมีอิทธิพลในการกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งโดยปกติแล้วค่าของอัตราการเต้นของหัวใจจะเท่ากับความถี่ของพัลส์ที่ SA node นี้ปล่อยออกมา พัลส์ไฟฟ้านี้จะแผ่กระจายจาก SA node ผ่านหัวใจห้องบนทั้งซ้ายและขวาไปสู่ AV node โดยที่ AV node นี้จะอยู่ที่ผนังกั้นห้องทางด้านขวาระหว่างห้องบนขวาและห้องล่างขวา ดังรูปที่ 2.1

AV node จะถูกกระตุ้นด้วยพัลส์จาก SA node ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าเท่ากับความถี่ของ SA node ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าเท่ากับความถี่ของ SA node แต่เส้นทางนำไฟฟ้าจาก SA node ไปสู่ AV node จะถูกสกัดกั้น AV Block จึงทำให้หัวใจเต้นด้วยพัลส์ที่ AV node สร้างขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของหัวใจ

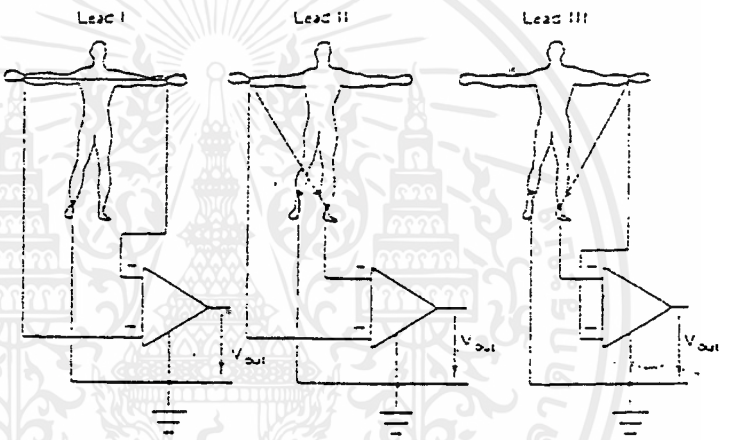
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจ

2.2.1 การวัดสัญญาณ ECG

ในการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถนำขั้วไฟฟ้า (electrode) ไปวางที่ผิวหนังได้ทั่วร่างกาย โดยรูปร่างของสัญญาณที่ได้จะแตกต่างกันออกไป เพื่อให้เกิดความสะดวกในการศึกษา และ วิเคราะห์โรค จึงมีมาตรฐานในการวางตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าบนร่างกาย โดยทั่วไปมีมาตรฐาน 3 แบบคือ

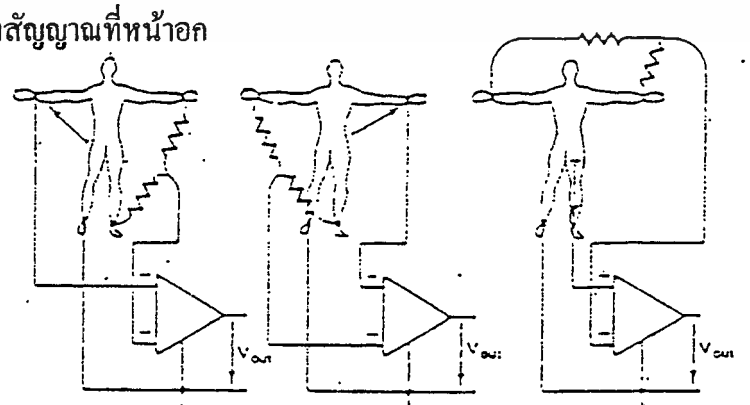
1. ไบโพลาลิมลีด (Bipolar Limblead) จะวางขั้วไฟฟ้าระหว่างแขนและขา ซึ่งจะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งมีมาตรฐานของตำแหน่งที่จะวางขั้วไฟฟ้า 3 แบบ คือ Lead I , Lead II, Lead III



รูปที่ 2.2 การวางขั้วแบบ Bipolar Lime Lead

ใช้การวัดสัญญาณจะต้องมีจุดอ้างอิงหรือกราวน์ (ground) ซึ่งจะใช้ขาขวาเป็นกราวน์เสมอ

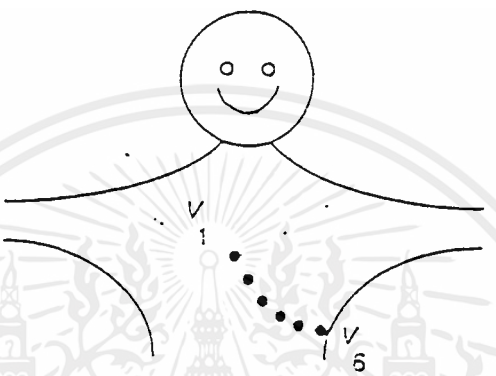
2. ยูนิโพล่าลิมลีด (Unipolar Limb Lead) เป็นการวัดศักดาที่จุดต่าง ๆ โดยจะนำเอาสัญญาณจากแขนและขารวมกันเป็นจุด ๆ หนึ่งและทำการวัดสัญญาณที่ตำแหน่งอื่น ๆ รวมทั้งสัญญาณที่หน้าอก



รูปที่ 2.3 การวางขั้วไฟฟ้าแบบ Unipolar Limb Lead

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Unipolar Electrode Configuration ในการวิเคราะห์ทางการแพทย์บางอย่างนั้น การใช้วิธีที่ผ่านมานั้นในการวัดสัญญาณ ECG นั้น ไม่สามารถให้ข้อมูลในการวิเคราะห์ได้เพียงพอ ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ลักษณะการวางอิเลคโทรด ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะใช้อิเลคโทรด 6 ชิ้น วางบริเวณเส้นหน้าอกไปจนถึงใต้แขนวิธีนี้จะทำให้การวิเคราะห์เป็นในลักษณะ 3 มิติ



รูปที่ 2.4 การวางอิเลคโทรดแบบ Unipolar Electrod

2.2.2 การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้แสง

เป็นวิธีการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Photoelectric Pickup) โดยใช้แสงส่งผ่านส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ใบหู หรือ ปลายนิ้วมือ คอยตรวจจับสัญญาณชีพจรเลือดที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ขณะที่หัวใจมีการบีบตัว

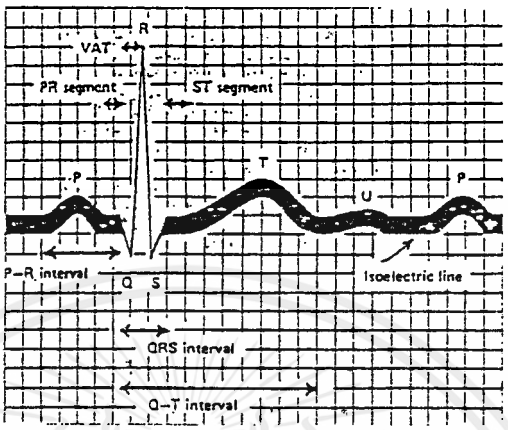
หลักการในการวัดสัญญาณโดยทำการตรวจจับ (detect) การเต้นของชีพจรออกมาเป็นสัญญาณพัลส์โดยใช้ Infrared Diode เป็นตัวยิงแสงที่มองไม่เห็นผ่านปลายนิ้วที่เม็ดเลือดอยู่และมี Photo Transistor เป็นตัวรับแสงว่ามีการสูบฉีดเลือดหรือไม่มี ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นที่ Photo Transistor เป็นสัญญาณพัลส์ (การเต้นของชีพจร) แล้วนำไปขยายสัญญาณดังกล่าว ตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 4.2

2.3 คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG)

การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจเกิดจากการที่มีพัลส์ไฟฟ้ามากระตุ้นทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและเกิดศักดาไฟฟ้าทำงานขึ้นด้วย ดังนั้นจึงอาจพิจารณาได้ว่าหัวใจเปรียบเสมือนแหล่งกำหนดไฟฟ้าที่มีศักดาไฟฟ้ากระจายออกทั้งขั้วบวกและขั้วลบไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งเราสามารถที่จะวัดศักดาไฟฟ้านี้ได้และเรียกว่า สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยเรียกย่อ ๆ ว่า ECG โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละช่วงสัญญาณจะมีชื่อเรียกแทนด้วยตัวอักษร P , Q , R , S , T , U ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจในช่วงต่าง ๆ ภายในหนึ่งรอบการทำงานของการเต้นของหัวใจ โดยแต่ละช่วงจะมีความหมายดังนี้



รูปที่ 2.5 ช่วงต่าง ๆ ของคลื่นหัวใจที่ปกติ

- สัญญาณ P เกิดจากการทำงานของหัวใจห้องบนมีคาบเวลาประมาณ 80-120 มิลลิวินาที
- สัญญาณ QRS เกิดจากการทำงานของหัวใจห้องล่าง จะมีคาบเวลาประมาณ 80-100 มิลลิวินาที และสัญญาณ R จะมีขนาดสูงที่สุดเนื่องจากหัวใจห้องล่าง จะต้องบีบโลหิตส่งไปยังทุกส่วนของร่างกายผ่านผนังของหัวใจห้องล่าง
- สัญญาณ T เกิดจากการคลายตัวของกล้ามเนื้อห้องล่างมีคาบเวลาประมาณ 200 มิลลิวินาที
- สัญญาณ U ยังไม่ทราบแน่นอน แต่สันนิษฐานว่าเกิดจากการกลับคืนสู่ระดับศักดาไฟฟ้าขณะอยู่นิ่งอย่างช้า ๆ ของเซลกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง หรือ ที่เรียกว่า ศักดาไฟฟ้าตามหลัง (After Potential)

ซึ่งในคนปกติไม่ว่าหัวใจจะเต้นด้วยอัตราที่ครั้งต่อนาทีก็ตาม สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดออกมาได้จะมีพารามิเตอร์ (Parameter) ต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นคงที่เสมอ ซึ่งเป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาตรฐาน

2.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

เป็นการแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด ซึ่งจะเริ่มจากการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจออกมาแล้วทำการเปลี่ยนสัญญาณที่วัดได้ออกมา ให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้ Microprocesser ทำการประมวลผล จากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต อนุกรม ตามมาตรฐาน RS-232 เพื่อแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของ Heart Rate กับ Time ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องวัดสัญญาณ ECG

วิธีมาตรฐานในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจคือ การคำนวนโดยตรงจากลำดับของรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของเครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้พัฒนาขึ้นมา

3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หรือ Electrocardiogram (ECG) ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

3.1.1 อัตราการขยายสูง

การที่เราต้องใช้วงจรขยายที่มีอัตราการขยายสูงมาก เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดจากอิเล็กโตรดที่ติดอยู่บนผิวหนังมีค่าออกมาน้อยมากประมาณ 0.1-5 มิลลิโวลท์ และอยู่ในช่วงความถี่ 0.2-100Hz ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้วงจรขยายสัญญาณตลอดช่วงความถี่ดังกล่าว เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความแรงพอออกมาโดยไม่มีความผิดเพี้ยนของสัญญาณ แต่ในการใช้วงจรขยายให้มีอัตราขยายสูงมาก ๆ จะเกิดปัญหาขึ้น คือ เกิดสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัญญาณจากสายไฟกระแสสลับหรือไฟบ้านคือ ความถี่ 50Hz และความถี่ดังกล่าวนี้อยู่ในช่วงของความถี่ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ เราสามารถแก้ปัญหาโดยการเลือกใช้วงจรขยายแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ จะขยายเฉพาะสัญญาณที่เป็น differential mode ซึ่งก็คือ สัญญาณ ECG ที่เราต้องการจะขยายนั่นเอง ส่วนสัญญาณ Common mode ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัญญาณรบกวนจะไม่ถูกขยายดังนั้นสัญญาณรบกวนจึงไม่ไปปรากฏที่เอาท์พุทของวงจรขยาย

3.1.2 ค่า CMRR (Common Mode Rejection Ration) สูง

CMRR คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังขยายของสัญญาณที่เป็น differntial mode ต่อกำลังขยายของสัญญาณที่เป็น common mode ซึ่งค่า CMRR นี้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายความแตกต่างที่แสดงถึงความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนได้ คือ เมื่อมีอัตราขยายของสัญญาณ differential mode สูง และมีอัตราขยายสัญญาณ Common mode ต่ำ จะทำให้ค่า CMRR มีค่าสูง ซึ่งแสดงว่าสัญญาณ ECG ที่อยู่ในลักษณะของสัญญาณ differential mode มีค่าสูง ส่วนสัญญาณรบกวนในลักษณะของสัญญาณ Common mode จะมีค่าต่ำ ๆ แต่ถ้าค่า CMRR มีค่าต่ำก็จะเกิดสัญญาณรบกวนไปปรากฏที่เอาท์พุทได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Input Impedance สูงมาก

เนื่องจากในการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากหัวใจนั้น เราไม่สามารถจะวัดที่หัวใจโดยตรง แต่จะใช้ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ติดที่ผิวหนังบริเวณแขน ขา และทรวงอก ซึ่งจะทำให้เกิดความต้านทานขึ้นตรงบริเวณรอยสัมผัสของอิเลคโตรดกับผิวหนัง ซึ่งค่าความต้านทานนี้จะมีค่าสูงตั้งแต่ 0.1-0.8 เมกกะโอห์ม ดังนั้น วงจรขยายจึงต้องมีค่า Input Impedance สูงมาก ๆ เมื่อเทียบกับความต้านทานตรงรอยสัมผัสหรือผิวหนัง เพื่อให้สัญญาณที่วัดสูญเสียที่รอยสัมผัสน้อยที่สุด และค่าความต้านทานของสายขั้วไฟฟ้าแต่ละเส้นนี้จะมีโอกาสเท่ากันได้ยาก ดังนี้ถ้าค่า Input Impedance ของวงจรมีค่าสูงมาก ๆ เมื่อเทียบกับความต้านทานของสายขั้วไฟฟ้า จะทำให้ความแตกต่างของค่าความต้านทานในสายขั้วไฟฟ้า ก็จะมีผลต่อวงจรขยายน้อยลง นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการเพิ่มค่า CMRR ให้กับวงจรได้ด้วย

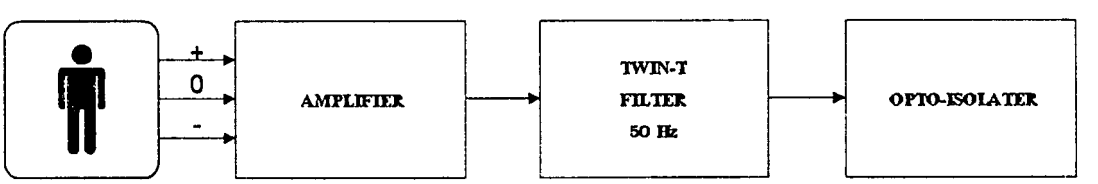
3.1.4 ตอบสนองความถี่ต่ำได้ดี

เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีความถี่อยู่ในช่วง 0.2-100Hz ดังนั้นวงจรขยายจะต้องขยายสัญญาณในช่วงความถี่นี้ได้ดี โดยที่สัญญาณไม่ผิดเพี้ยน วงจรที่ใช้จึงต้องเป็นวงจรขยายไฟฟ้า ดี.ซี. (D.C. Amplifier)

นอกจากคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ คือ ความปลอดภัยเวลาใช้งานจริงกับผู้ป่วย เนื่องจากในการวัดต้องใช้สายขั้วไฟฟ้าต่ออยู่ระหว่างผู้ป่วยและเครื่องวัด ซึ่งหากเครื่องวัดมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลออกมาก็อาจทำให้ผู้ป่วยได้รับอันตราย หรือ อาจทำให้ผลการวัดออกมาผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงใช้วงจรขยายภาคแรก ต้องเป็นวงจรขยายแบบ Floating Amplifier คือ มีสายวงจรที่มีสาย Common ไม่ได้ต่อกับแท่นเครื่องโดยตรงจึงทำให้ผู้ป่วยและแท่นเครื่องแยกจากกัน และยังมีส่วนของวงจร Opto couple ที่สามารถป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับผู้ป่วย

3.2 การรับสัญญาณไฟฟ้าหัวใจจากร่างกาย

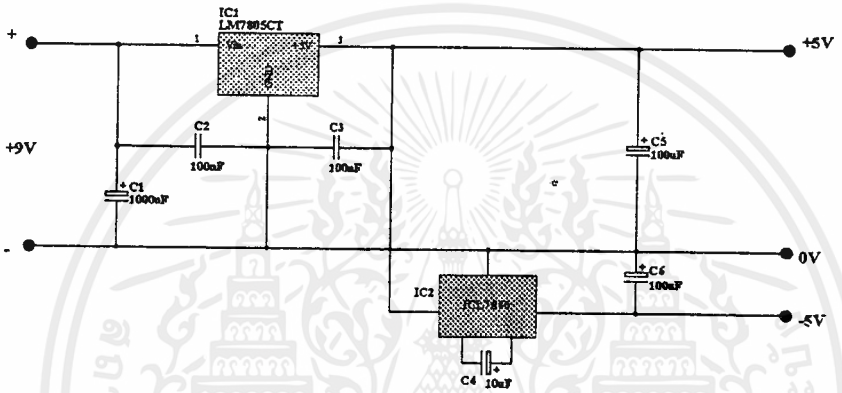
การทำงานของวงจร instrumentation Amplifier



รูปที่ 3.1 Block Diagram ของวงจร instrumentation Amplifier

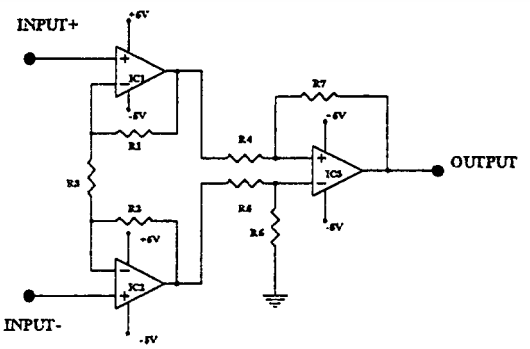
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในส่วนของวงจร Power Supply ประกอบด้วย IC 2 ตัว คือ เบอร์ μA78LO5 และ เบอร์ 7660 เริ่มต้นจากไฟ DC 9V จาก Power Supply ผ่าน C13 ฟิลเตอร์ขนาด 1000 μF เพื่อกรองไฟให้เรียบจากนั้นผ่าน IC 78LO5 ซึ่งจะแปลงแรงดันจาก +9V เป็น +5V จากนั้น ก็จะถูกส่งต่อไปยังขา 8 ของ IC8 7660 ซึ่งเป็น Voltage convertor ซึ่งจะทำการแปลงจากไฟบวก +5 V เป็นไฟลบ -5V จากนั้นก็จะถูกกรองให้เรียบครั้งสุดท้ายด้วย C17,18 ขนาด 100μF อีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ไฟตรงที่เรียบที่สุด



รูปที่ 3.2 วงจร Power Supply

วงจร instrumentation Amplifier ประกอบด้วย IC 3 ตัว คือ เบอร์ OP-07C ซึ่งต่อกันตามรูปที่ 3.3 โดยที่สัญญาณอินพุทจะเข้าที่ขา non-inverting ของ IC1 ฯและ IC2 ซึ่งอัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) ของวงจรคือ (Ra+Rb)/Ra และสัญญาณจะถูกนำมารวมกันที่ IC3 ซึ่งเป็นวงจร Unity gain differential Amplifier ซึ่งเอ๊าท์พุท ของวงจรนี้ ก็คือความแตกต่างของสัญญาณระหว่างขั้วอินพุท ซึ่งการต่อวงจรลักษณะนี้จะให้ อัตราขยายแรงดันสูง และขจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการเช่น สัญญาณ hum ได้ดี

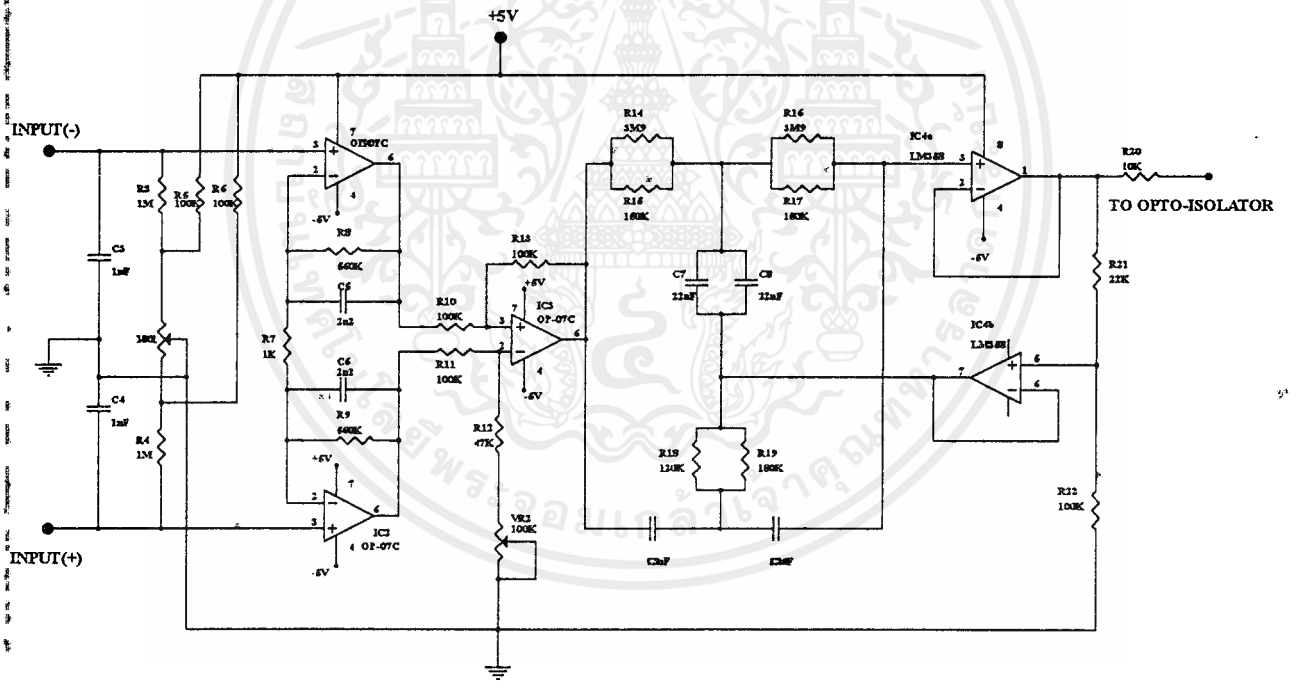


รูปที่ 3.3 วงจรอย่างง่ายของวงจร instrumentation Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่สมบูรณ์ของวงจร instrumentation Amplifier แสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งสัญญาณจะถูกผ่านเข้าไปยังขา 3 ของ IC1 และ IC2 โดยผ่าน R1 และ R2 และ C1, C2 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ ของวงจร โดยมี C3 ถึง C6 กำหนด High frequency cut off โดยจะลดการขยายของสัญญาณที่ไม่ต้องการลง R3 และ R4 ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดอัตราขยาย โดยมี VR1 เป็นตัวปรับ off set voltage ของ Op-Amp และที่ขา 3 ของ IC3 จะมี VR2 ต่ออยู่เพื่อปรับให้วงจรมี CMRR สูงสุด

เนื่องจากวงจรขยายอินพุทมีอัตราขยายสูงจึงอาจจะเกิดการรบกวนของความถี่ 50 Hzโดย การเหนี่ยวนำแบบคาปาซิทีฟ ดังนั้นจึงใส่วงจรกำจัดสัญญาณ hum นี้โดยใช้วงจรฟิลเตอร์ประกอบด้วย dual op-Amp IC4 ซึ่งต่อเป็นวงจรแบบ Active filterร่วมกับ R14,16,18,19 และ C7 ถึง C10 ต่อกันแบบ Twin-T เพื่อกำจัดสัญญาณ 50HZ ออกไปโดยมี D1,D2 เป็นตัวป้องกันการ Over load ของ IC5 จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งต่อไปยัง IC6 ซึ่งจะใช้เป็นตัวขับ ให้แก่ Opto Isolator



รูปที่ 3.4 รูปที่สมบูรณ์ของวงจร front end

จากรูปที่ 3.3 อัตราการขยายของ instrumentation Amplifier สามารถคำนวณได้จาก

$$AV = \frac{Ra + 2Rb}{Ra}$$

ซึ่งจากวงจรใช้ Ra = 1KΩ , Rb = 560 KΩ

ดังนั้น อัตราขยายของวงจร instrument Amp คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$AV = \frac{1K + (2 \times 560K)}{1K}$$

= 1121 เท่า หรือประมาณ 1000 เท่า

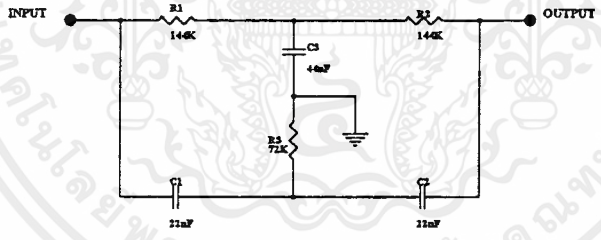
ซึ่งจากการทดลอง จะมี C3 ถึง C6 ต่ออยู่ทำให้เกณฑ์การขยายไม่ถึง 1000 เท่า โดยที่ความถี่ต่ำเกณฑ์จะมีค่าเกือบเท่า 1000 แต่ที่ความถี่สูง ๆ เกณฑ์ของวงจรจะลดลง

ส่วนการคำนวณหาความถี่ที่ไม่ต้องการของวงจรไม่ผ่านความถี่แบบ Twin-T คือ

$$f = \frac{1}{2\pi \times RC}$$

โดยที่ R = R1 = R2 = 2R3 และ C = C1 = C2 = C3/2

ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การต่อวงจร filter แบบ Twin-T

ดังนั้น $$f = \frac{1}{2\pi \times 144K \times 22n}$$

= 50.238 HZ ≈ 50HZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในวงจรสุดท้ายในส่วนของ opto-Isolator ซึ่งมี IC5 เป็นตัวขับ opto Isolator โดยมี R23-R25 เป็นตัวไบอัส ให้กับขา input โดย o/p จะออกที่ขา 6 ไปขับ LED ที่อยู่ภายใน opto-Isolator โดยที่มี R26 เป็นตัวกำจัดกระแสซึ่งจะต้องเลือกค่าให้มีความเหมาะสมไม่เช่นนั้น เอาท์พุทที่ได้จากขา 5 ของ IC จะไม่เสถียร

ในการต่อสัญญาณ O/P ออกไปใช้งานที่ ขา5 ของ IC6 ซึ่งภายในของ IC นี้เป็นขา Open Collector ดังนั้นเราจึงต้องต่อ Rc ก่อนจึงจะนำสัญญาณเอ๊าท์พุทออกไป ใช้งานในภาคอื่น ๆ ต่อไป

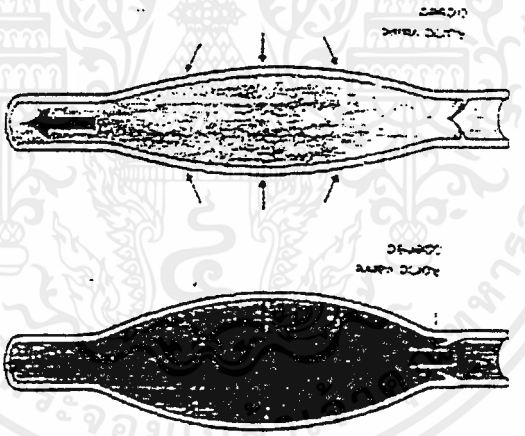
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความเข้มแสง

ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากจะนำคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ไปนับได้แล้ว ยังสามารถจะใช้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเลือดในเส้นเลือดได้ ทุกครั้งที่หัวใจสูบฉีดโลหิตออกมา ปริมาณของโลหิตในเส้นเลือดจะเปลี่ยนแปลง โดยการใช้แสงอินฟราเรดส่งไปยังบริเวณที่มีเส้นเลือดแดง เช่นที่นิ้วมือ ใบหู เป็นต้น แล้วทำการรับแสงอินฟราเรดที่สะท้อนออกมาจะสามารถ Detect การเปลี่ยนแปลงของเลือดได้ ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

4.1 โครงสร้างภายในเส้นเลือด

เนื่องจากโครงสร้างภายในเส้นเลือดจะประกอบด้วยลิ้น ทำหน้าที่คอยปิด-เปิด ดังแสดงในรูปที่ 4.1

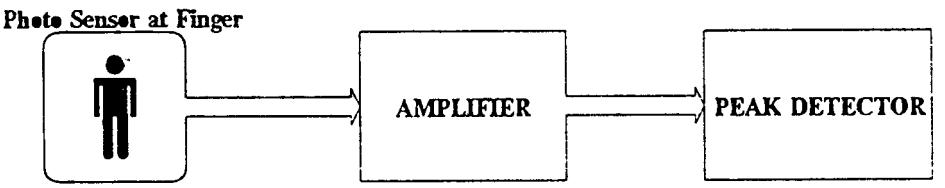


รูปที่ 4.1 โครงสร้างภายในเส้นเลือด

จากรูป 4.1 จะเห็นได้ว่าลิ้นภายในเส้นเลือด จะปิดจึงไม่มีเลือดไหลเข้ามา แสงจาก Infrared Diode จะสามารถผ่านไปยังตัวรับได้มาก เมื่อหัวใจมีการบีบความดันเลือดจะเพิ่มขึ้นแล้วจะดันให้ลิ้นเปิดดังรูปบน ทำให้แสงจาก Infrared Diode จะสามารถผ่านไปยังตัวรับได้น้อยหรือไม่ได้ที่ตัวรับ คือ Photo Transistor จะเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้น ซึ่งก็จะได้สัญญาณพัลส์ที่มีขนาดมากและน้อยตามจังหวะการเต้นของหัวใจ ซึ่งก็สามารถทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้นั่นเอง

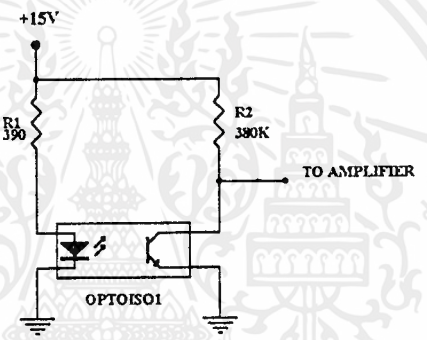
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทำงานของวงจรPulse Rate



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจร Pulse Rate

เริ่มต้นจากส่วนวงจร SENSOR แสดงในรูปที่ 4.3 ประกอบด้วย Photo transistor และ Infrared Diode ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการเปลี่ยนจังหวะการเต้นของชีพจรให้เป็นแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็ก

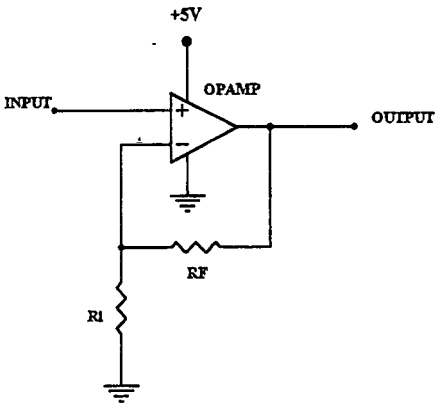


รูปที่ 4.3 วงจรในส่วนของ SENSOR

หลักการออกแบบในส่วนของตรวจจับสัญญาณ เนื่องจากโครงสร้างภายในเส้นเลือดประกอบด้วยลิ้นปิดเปิด ดังในรูปที่4.1จะเห็นว่า ลิ้นภายในเส้นเลือดปิดจึงไม่มีเลือดเข้ามา แสงจาก infrared Diode สามารถผ่านไปยังตัวรับได้มาก เมื่อลิ้นเปิดทำให้มีเลือดไหลมามากทำให้แสงจาก infrared ผ่านไปยิง Photo transistor ได้น้อย ดังนั้นจึงทำให้เกิดเป็นสัญญาณ Pulse ขึ้น โดยที่มี R2 เป็นตัว Bias ให้กับขา collector และ R1 เป็นตัว Bias ให้กับ Photo diode ซึ่งที่ขา collector จะได้เป็นแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งจะถูกส่งต่อไป วงจรขยายเพื่อให้ได้ขนาดแรงดันที่สูงขึ้น

ในส่วนของวงจร Amplifier ประกอบด้วย IC1 และ IC2 โดยทั้งสองต่อเป็นแบบวงจร non-inverting ดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงวงจร non-inverting

ซึ่งการต่อแบบ non-inverting นี้ จะต้องมีการป้อนกลับทางลบ เพื่อปรับอัตราการขยาย ถ้าไม่มีอาจจะเกิดการ oscillation ได้ในขณะที่สัญญาณอินพุทจะเข้าที่ขาบวกของ op-Amp ซึ่งในวงจรนี้ใช้ IC เบอร์ LM358 ซึ่งเป็น dual ซึ่งจะต่อแบบ non-inverting 2 stage เพื่อทำการขยายสัญญาณให้สูงขึ้น โดยสามารถคำนวณอัตราการขยายได้ จากสมการ

$$AV = 1 + \frac{Rf}{Ri}$$

ใน Stage ที่ 1 Rf = 150K , Ri = 10K

ดังนั้น $$AV1 = 1 + \frac{150K}{10K}$$

$$= 16 \text{ เท่า}$$

ใน Stage ที่ 2 Rf = 1M , Ri = 1K

ดังนั้น $$AV2 = 1 + \frac{1M}{1K}$$

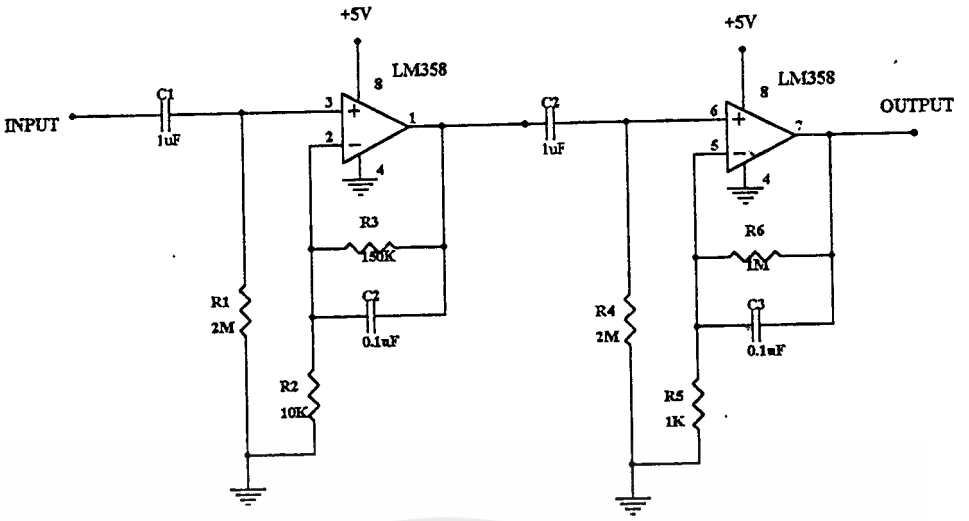
$$= 1001 \text{ เท่า} \approx 1000$$

ดังนั้น Gain ของทั้งสอง Stage = AV1 × AV2

$$\approx 16000 \text{ เท่า}$$

จะเห็นว่าอัตราขยายที่ได้มีค่าสูงมาก แต่การใช้งานจริงจะถูกจำกัดด้วยแหล่งจ่ายของวงจร ในรูปที่ 4.5 แสดงวงจรที่สมบูรณ์ของวงจร ขยายสัญญาณจาก sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรสมบูรณ์ของวงจร ขยายสัญญาณ

สัญญาณจาก Sensor จะถูก coupling ผ่าน C1 โดยมี R1 และ R6 เป็นตัวไบอัสให้ขา I/P ของวงจร โดยมี C2 และ C3 เป็นตัวลดอัตราขยายของ Stage ที่ 1 ประมาณ 2 เท่า และ Stage ที่ ประมาณ 30 เท่า ซึ่งถ้าหากลองนำ C2 และ C3 ออก ก็จะได้เกณฑ์เป็นไปตามที่ได้คำนวณ คือ Stage หนึ่งประมาณ 16 เท่า ส่วนใน Stage ที่สองประมาณ 76 เท่า ซึ่ง Vout จะขึ้นอยู่กับขนาด ของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งเอาท์พุทจะได้ใกล้เคียงกันแรงดันแหล่งจ่ายคือ 5Vp-p ซึ่งสัญญาณ pulse ที่ ได้ จะถูกนำไปต่อเข้ากับวงจร Peak Detecter เพื่อให้ได้สัญญาณพัลส์แบบ Square Wave ซึ่งนำ ความถี่ที่ได้นี้ไปเข้าวงจรแปลงความถี่เป็นแรงดันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจ

วงจรในส่วนนี้จะเกี่ยวกับวงจรส่วนอนาล็อกและวงจรส่วนดิจิตอลที่จะเชื่อมต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเต้นหัวใจ (Heart Rate) และเก็บเป็นข้อมูลลงในหน่วยความจำ ซึ่งวงจรส่วนนี้ทั้งหมดประกอบไปด้วย

- วงจรแปลงความถี่เป็นแรงดัน (Frequency to Voltage Converter)
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter)
- วงจรนาฬิกาจริงของระบบ (Real Time Clock)
- ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์
- ส่วนการแสดงผล
- ส่วนของคีย์บอร์ดสั่งงาน

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะวงจร แปลงความถี่เป็นแรงดันและวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล ส่วนวงจรที่เชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรงจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

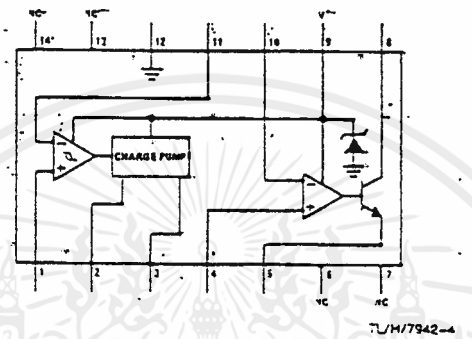
5.1 หลักการคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจ

การคำนวณอัตราการเต้นของของหัวใจ (Heart Rate) ซึ่งจะคำนวณค่าออกมาเป็นค่าอัตราที่เป็น ครั้งต่อนาที (beat / munite) โดยจะนำสัญญาณที่เป็นพัลซ์สี่เหลี่ยม ที่ได้จากวงจร Pulse Shaper แล้ว มาเข้าสู่วงจรแปลงความถี่ให้เป็นแรงดัน ซึ่งจะเป็นการแปลงความถี่ของพัลซ์ ให้เป็นแรงดันดีซี (DC Voltage) ซึ่งความถี่นี้จะมีค่ามากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับอัตราการเต้นของหัวใจ โดยถ้าอัตราการเต้นสูง ความถี่ก็จะสูงขึ้นตาม ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจมีค่าต่ำ ความถี่ก็จะต่ำตามไปด้วย ซึ่งจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของความถี่นี้เอง ในการคำนวณหาอัตราการเต้น และแรงดันดีซี ที่ได้จากการแปลงนี้ จะได้แรงดันออกมาโดยจะแปรผันโดยตรงกับค่าความถี่และมีค่าเป็นเชิงเส้น ซึ่งเมื่อความถี่ของพัลซ์เปลี่ยนไป ก็จะได้แรงดันดีซีที่เปลี่ยนไปด้วยและนำเอาแรงดันดีซีที่ได้นั้นไปเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) ซึ่งแรงดันดีซีแต่ละค่าก็จะได้อัตราการเต้นแต่ละค่าด้วยเช่นกันและก็จะได้ Code ที่เป็นดิจิตอลและวงจรส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลนี้จะเชื่อมต่อ (Interface) กับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำให้สะดวกในการคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และจะนำค่าอัตราการเต้นนี้ไปแสดงผลและเก็บเป็นข้อมูลลงในหน่วยความจำก็จะนำเอาข้อมูลที่เก็บไว้ไปประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงดัน (Frequency to Voltage Converter)

ในวงจรส่วนส่วนที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันเป็นความถี่นี้ได้ใช้ chip IC สำเร็จรูปเบอร์ LM2917N ซึ่งทำหน้าที่นี้เฉพาะทำให้สะดวกในการใช้งานบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในตัวไอซีได้แสดงดังรูป



TL/H/7942–4

Order Number LM2917M or LM2917N
See NS Package Number M14A or N14A

รูปที่5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายใน ไอซีเบอร์ LM2917N

หลักการทำงานพื้นฐานของไอซี คือ เมื่อมีความถี่เข้ามาทางอินพุทจะสามารถหาแรงดันดีซีที่ออกทางเอาท์พุทได้จาก

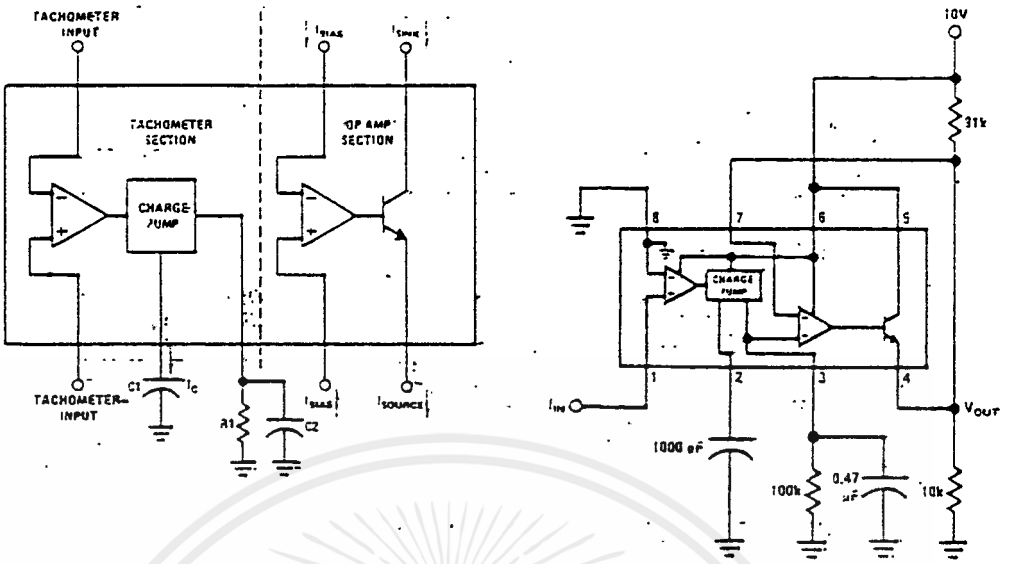
$$Vout = fin \times Vcc \times R1 \times C1$$

: Fin เป็นความถี่อินพุทที่รับเข้ามาจากวงจร Peak Detector

ซึ่งในการออกแบบจะอาศัยการกำหนดค่าของ R1 และ C1, การต่อใช้งานของไอซีนี้ได้แสดงดังรูปที่ 5.2

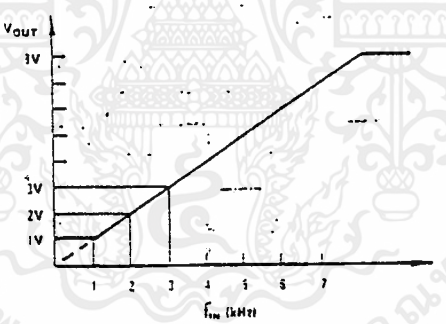
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039146



รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการต่อใช้งานของไอซี LM2917N

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน Vout และ ความถี่ Fin ได้แสดงดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vout กับ Fin

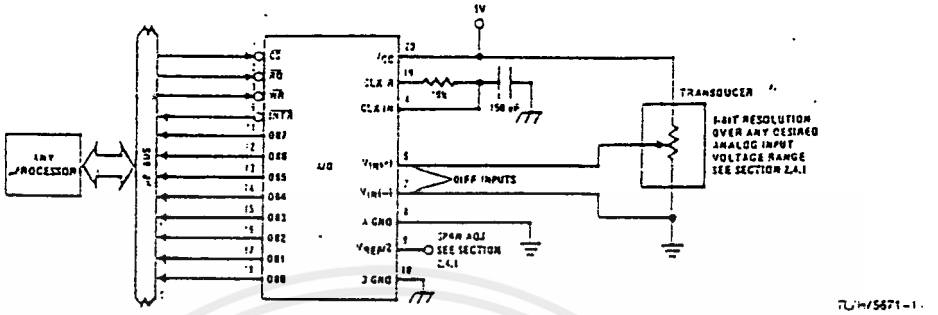
แรงดันที่ได้ทางเอาท์พุท นี้จะแปรผันโดยตรงกับค่าความถี่ทางอินพุท ซึ่งเมื่อความถี่ทางอินพุทเพิ่มขึ้น แรงดันทางเอาท์พุท (DC voltage) ก็จะเพิ่มตามในลักษณะที่เป็นเชิงเส้น

5.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

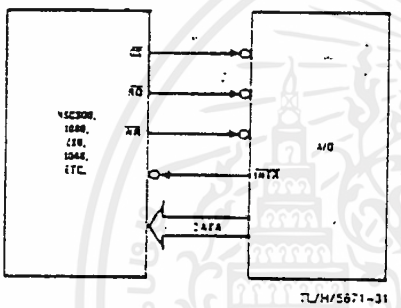
ได้ใช้ chip IC สำเร็จรูปเบอร์ ADC0804 ซึ่งเป็นไอซีแปลงสัญญาณขนาด 8 bit และมีการแปลงสัญญาณแบบ successive approximation ทำให้กินพลังงานต่ำ และไอซีเบอร์นี้สามารถอินเตอร์เฟสเข้ากับระบบของไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยตรงโดยใช้

ต่อแบบ Memory หรือแบบ I/D port ก็ได้ ซึ่งการใช้งานไดซีเบื้องต้นได้แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8080 Interface



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

รูปที่ 5.4 แสดงการต่อใช้งานไอซี เบอร์ ADC0804

ซึ่งขาต่าง ๆของไอซีมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ขา 11-18 เป็นขา Data Output ขนาด 8 bit ซึ่งเป็น output Digital ที่ได้ และจะนำไปเชื่อมต่อกับ Data Bus ของไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรง

- ขา 5 (INTR) เป็นขาเอาท์พุทที่ใช้บอกสถานะการแปลงสัญญาณของไอซี เมื่อไอซีเริ่มแปลงสัญญาณขานี้จะมี Logic เป็น "1" และเมื่อไอซีทำการแปลงสัญญาณเสร็จแล้ว ซึ่งในไอซีเบอร์นี้จะใช้เวลาในการแปลงสัญญาณประมาณ 100 us ก็จะเปลี่ยนเป็น Logic "0"

- ขา 3 (WR) เป็นขาอินพุท ที่ใช้บอกตัวไอซี เพื่อจะมีการแปลงสัญญาณ ซึ่งแอคทีฟที่ Logic "0"

- ขา 2 (RD) เป็นขาอินพุทที่บอกตัวไอซี เมื่อจะมีการอ่านข้อมูลจากตัวไอซีซึ่งจะต้องส่งสัญญาณโลจิก "0" มาให้ไอซีรู้ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 1 (cs) เป็นขาที่จะ Enable หรือ Disable ตัวไอซี
- ขา 19,4 (clk R และ clk IN) เป็นขาที่ใช้ต่อ R และ C ให้กับไอซี เพื่อกำหนดการสร้าง clock ให้กับไอซีในการแปลงสัญญาณ
- ขา 6 (Vin +) เป็นขาที่จะนำสัญญาณที่จะทำการแปลงมาต่อเข้าที่ขานี้
- ขา 7 (Vin -) เป็นขาอินพุทระดับต่ำ ซึ่งจะมีค่าแรงดันแตกต่างกับแรงดันที่ขา Vin(+) เป็น Differential Input voltage
- ขา 8 (AGND) เป็นขากราวด์ของสัญญาณอนาล็อก
- ขา 10 (DGND) เป็นขากราวด์ของสัญญาณดิจิตอล
- ขา 9 (VREF/2) เป็นขาที่ใช้ต่อแรงดันอ้างอิงที่จะใช้ในการแปลงสัญญาณโดยที่จะใช้ค่าแรงดันอ้างอิงสูงสุดเป็นเท่าใด จะต้องนำแรงดันที่เป็นครึ่งหนึ่งมาต่อที่ขานี้
- ขา 20 (VCC) เป็นขา supply voltage ของตัวไอซี ซึ่งจะเป็นไฟเลี้ยงเดี่ยวได้

เมื่อไอซีเป็นแบบ 8 บิท ดังนั้นแต่ละระดับ ของดิจิตอลหาได้จาก

$$\text{Level Voltage} = \frac{Vref}{255}$$

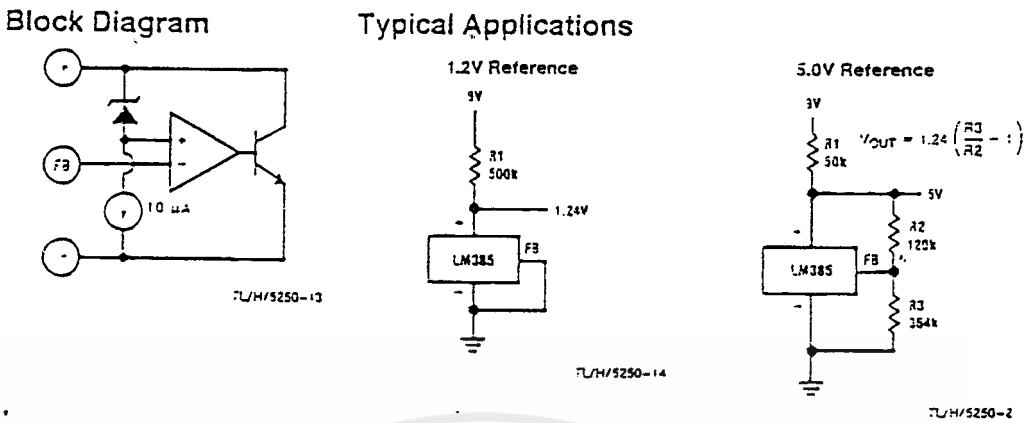
ซึ่งก็จะมีทั้งหมด 256 ระดับ

ส่วนวงจรที่ใช้สร้างค่าแรงดันอ้างอิง (Vref) นั้น ได้ใช้ไอซีที่เป็น band-gap voltage reference ซึ่ง จะทำให้มีเสถียรภาพในการคงค่าแรงดันที่ดี โดยมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันทางเอาท์พุทน้อยมาก ๆ เมื่อแรงดัน Vcc เปลี่ยนแปลงไป โดยไอซีนี้สามารถที่จะต่อความต้านทานจะกำหนดค่าแรงดันทางเอาท์พุทได้ตามสมการ

$$\text{Vout} = \frac{1.24(R3+1)}{R1}$$

สำหรับโครงสร้างภายในตัวไอซีและการต่อใช้งานได้แสดงดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างภายในไอซี เบอร์ LM285Z และการต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

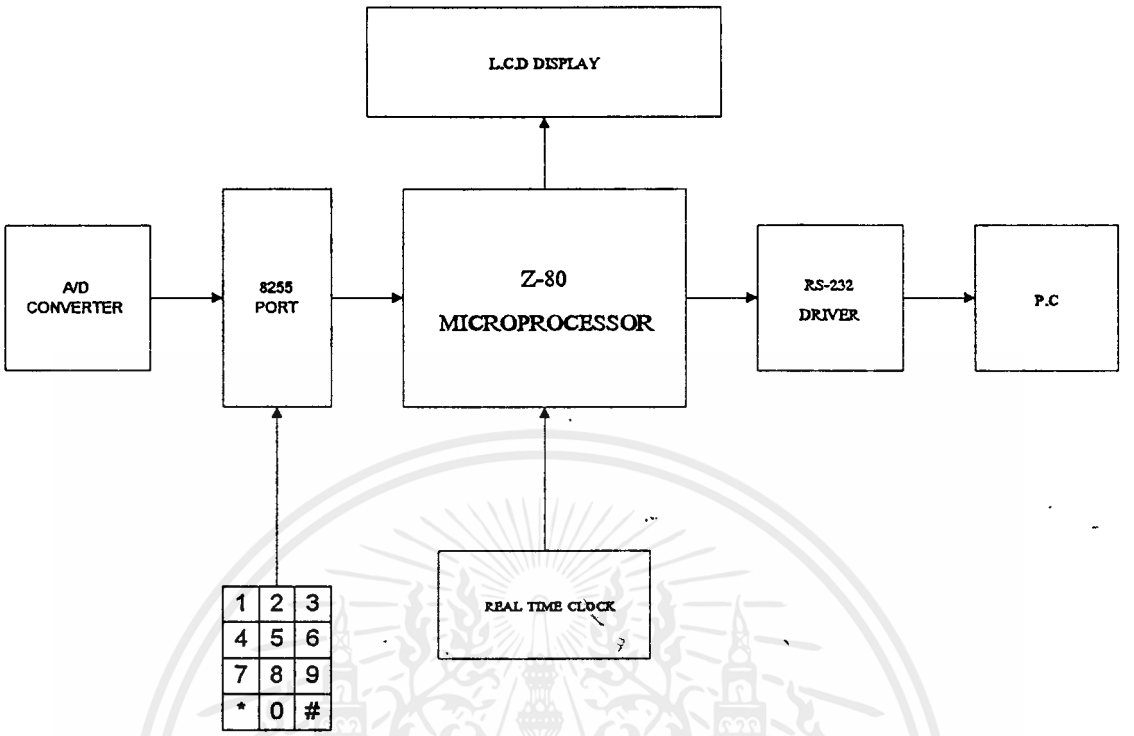
บทที่ 6
ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์

ในการเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ ได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 เป็นตัวจัดการซึ่งจะทำการอ่านค่ามาจากส่วนของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งได้จากอินเตอร์เฟสเข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ และข้อมูลที่อ่านมาได้นี้จะนำไปแสดงผลที่จอ LCD และนำข้อมูลลงไปเก็บในหน่วยความจำของระบบซึ่งจะได้นำข้อมูลนี้ไปสู่ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจและเวลาที่ใช้ในการเก็บค่าอัตราการเต้น และก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงไปของอัตราการเต้นของหัวใจ สำหรับระบบไมโครโปรเซสเซอร์มีการต่อเป็นระบบดังนี้

- CPU เป็น Z - 80 Microprocessor
- หน่วยความจำเก็บโปรแกรม 32 K (EPROM)
- หน่วยความจำเก็บข้อมูล 32 K (RAM)
- ใช้ 8255 เป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ท

ในโครงงานนี้ได้ใช้บอร์ดที่ต่อสำเร็จรูปที่มีคุณสมบัติตามที่ได้กล่าวไว้ มาใช้งานซึ่งบล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ เข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ ได้แสดงดังรูปที่ 6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงการเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ เข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์

6.1 8255 พอร์ต

ใช้เป็นพอร์ตอินพุทเอาท์พุทในการรับส่งข้อมูล ซึ่งวงจรที่ต่อกับ 8255 พอร์ต คือวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล และวงจรคีย์บอร์ดสั่งงานซึ่งจะกำหนดให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 ซึ่งจะทำให้ 8255 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทได้

6.2 ส่วนคีย์บอร์ดสั่งงาน

คีย์บอร์ดสั่งงานของเครื่อง จะใช้คีย์บอร์ดที่ต่อเป็นแบบเมตริกซ์ ขนาด 4 คูณ 3 จะมีทั้งหมด 12 คีย์ ซึ่งได้แสดงไว้ดังรูปที่ 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

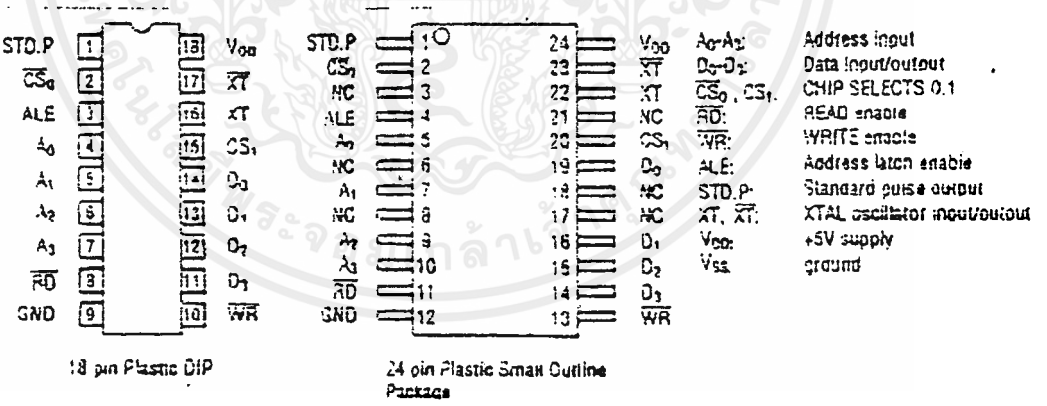
1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

รูปที่ 6.2 แสดงรูปร่างคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดที่ต่อแบบเมตริกซ์นั้นจะนำต่อเข้ากับ 8255 พอร์ท และได้เขียนโปรแกรมในการสแกนคีย์บอร์ด เพื่อตรวจสอบหาคีย์ที่ถูกกด และตีความหมายของคีย์แล้วสั่งงานตามที่สั่งได้ตามต้องการ

6.3 ส่วน Real Time Clock

เป็นวงจรที่สร้างเวลาจริงใช้ในระบบ ซึ่งได้ใช้ chip IC สำเร็จรูปเบอร์ MSM6242B ซึ่งจะสามารถบอกเวลาจริง เป็นชั่วโมง นาที และบอกวัน เดือน ปี ได้ และสามารถอินเตอร์เฟสกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้ง่าย มีการสร้างเวลาการอินเตอร์รัพท์ได้



รูปที่ 6.3 แสดงขาต่าง ๆ ของไอซี MSM6242B

ซึ่งขาต่าง ๆ ของไอซีที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- ขา $XT, \overline{XT}$ เป็นขาที่ต้องนำตัวเก็บประจุมาต่อเพื่อกำหนดความถี่ในการ Oscillator
- ขา AO-A3 เป็นขาแอดเดรสต่าง ๆ ภายในตัวไอซีขนาด 4 บิท ซึ่งแต่แอดเดรสก็จะมีหน้าที่แตกต่างกันและสามารถอินเตอร์เฟส ขาแอดเดรสเข้ากับแอดเดรสของ ไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยตรง
- ขา DO-D3 เป็นขา data ขนาด 4 บิท ซึ่งเป็นข้อมูลต่าง ๆ ที่จะอ่านหรือเขียนเข้าไปในตัวไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา RD,WR เป็นขาที่แอคทีฟตามคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์พร้อมกับแอคทีฟที่ตัวไอซีเมื่อต้องการอ่านและเขียนข้อมูล
- ขา SDT.P เป็นขาเอาท์พุทที่เมื่อให้ตัวไอซีอินเตอร์รัพสัญญาณอินเตอร์รัพก็จะออกที่ขานี้
- ขา CS1 เป็นขาที่ Enable chip IC

แอดเดรสต่าง ๆ และหน้าที่ของแต่ละแอดเดรสได้ แสดงดังตารางดังนี้

REGISTER TABLE

Address Incut	Address Input				Register Name	Data				Count value	Description
	A_3	A_2	A_1	A_0		D_3	D_2	D_1	D_0		
0	0	0	0	0	S_1	s_8	s_4	s_2	s_1	0 - 9	1-second digit register
1	0	0	0	1	S_{10}	*	s_{40}	s_{20}	s_{10}	0 - 5	10-second digit register
2	0	0	1	0	MI_1	mi_8	mi_4	mi_2	mi_1	0 - 9	1-minute digit register
3	0	0	1	1	MI_{10}	*	mi_{40}	mi_{20}	mi_{10}	0 - 5	10-minute digit register
4	0	1	0	0	H_1	h_8	h_4	h_2	h_1	0 - 9	1-hour digit register
5	0	1	0	1	H_{10}	*	PM/ AM	h_{20}	h_{10}	0 - 2 or 0 - 1	PM/AM, 10-hour digit register
6	0	1	1	0	D_1	d_8	d_4	d_2	d_1	0 - 9	1-day digit register
7	0	1	1	1	D_{10}	*	*	d_{20}	d_{10}	0 - 3	10-day digit register
8	1	0	0	0	MO_1	mo_8	mo_4	mo_2	mo_1	0 - 9	1-month digit register
9	1	0	0	1	MO_{10}	*	*	*	MO_{10}	0 - 1	10-month digit register
A	1	0	1	0	Y_1	y_8	y_4	y_2	y_1	0 - 9	1-year digit register
B	1	0	1	1	Y_{10}	y_{80}	y_{40}	y_{20}	y_{10}	0 - 9	10-year digit register
C	1	1	0	0	W	*	w_4	w_2	w_1	0 - 6	Week register
D	1	1	0	1	C_D	30 sec. ADJ	IRQ FLAG	BUSY	HOLD	—	Control Register D
E	1	1	1	0	C_E	t_1	t_0	ITRPT /STND	MASK	—	Control Register E
F	1	1	1	1	C_F	TEST	24/12	STOP	REST	—	Control Register F

REST = RESET
ITRPT/STND = INTERRUPT/STANDARD

Note 1) — Bit * does not exist (unrecognized during a write and held at "0" during a read).
Note 2) — Be sure to mask the AM/PM bit when processing 10's of hour's data.
Note 3) — BUSY bit is read only. The IRQ FLAG bit can only be set to a "0". Setting the IRQ FLAG to a "1" is done by hardware.
Note 4) — PM at 1 and AM at 0 for PM / AM bit.

ตารางที่ 6.1 แสดงคารางแอคเดรสภายในไอซี และหน้าที่แต่ละแอคเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสั่งงานไอซีนั้น สามารถที่จะระบุตำแหน่งของแอดเดรสที่ต้องการจะสั่งงานได้ โดยสั่งออกตาม Address Buss ของ ระบบไมโครและพร้อมกับต้องแอดทีฟที่ขา CS1 ด้วย ก็สามารถส่ง Data ที่ต้องการ set ไปได้

6.4 ส่วนการแสดงผล

ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าเวลาปัจจุบันและค่าอื่น ๆ ที่จะแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจจะถูกนำมาแสดงส่วนแสดงผลนี้ ซึ่งได้ใช้ LCD โมดูล ในการแสดงผลซึ่งจะทำให้สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะแสดงเป็นตัวอักษรได้ทำให้แสดงเป็นข้อความได้ และ LCD นั้น มีการกินพลังงานต่ำ ทำให้ประหยัดพลังงาน การต่อ LCD เข้ากับ ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ก็ทำได้ง่าย ซึ่งมีการต่อได้ 2 แบบคือ

1. แบบ Memory Map
   ระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะมองเห็น LCD เป็นเหมือน Memory นั่นเอง
2. แบบ I/O port
   มีการต่อขาควบคุมและข้อมูลผ่านทางพอร์ทในการสั่งงาน

6.5 ซอร์ฟแวร์ สำหรับระบบเก็บข้อมูล

สำหรับซอร์ฟแวร์ของระบบทั้งหมด จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ซอร์ฟแวร์ที่ใช้ควบคุมที่ตัวเครื่องจะเป็นภาษาแอสเซมบลีของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 และซอร์ฟแวร์ที่ใช้บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้เขียนขึ้นด้วยภาษา Visval Basic ในบทต่อไปจะได้กล่าวถึงซอร์ฟแวร์ในส่วนที่เป็นภาษาแอสเซมบลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

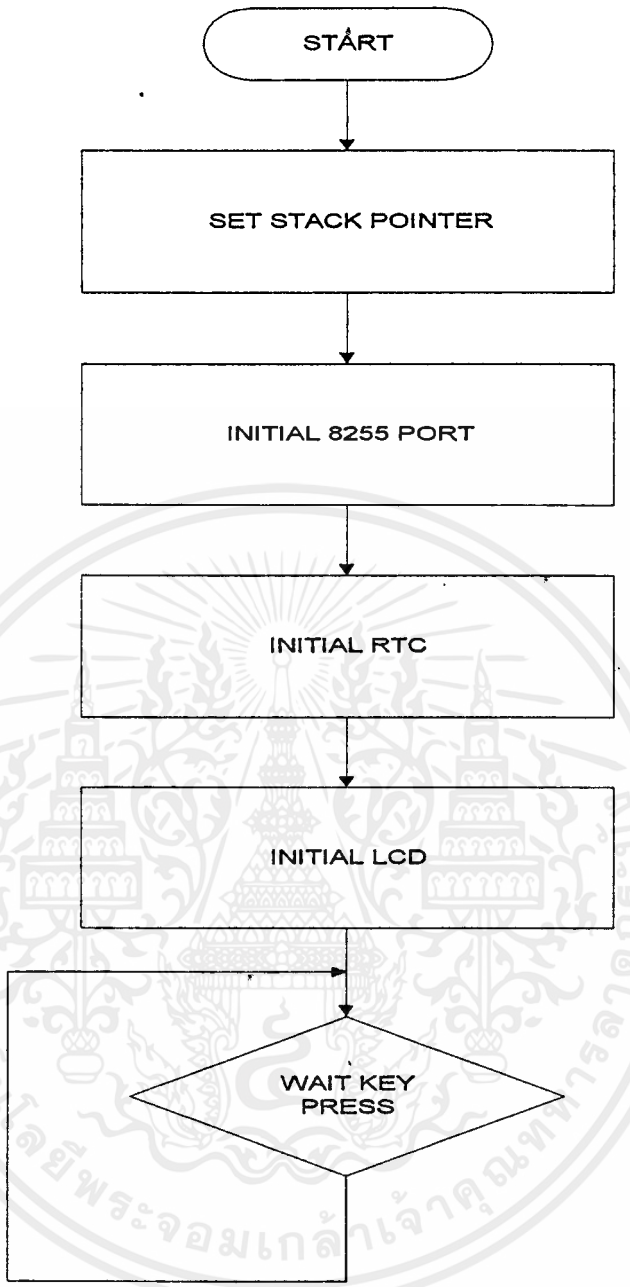
ซอร์ฟแวร์ควบคุมการทำงาน

สำหรับซอร์ฟแวร์ของระบบทั้งหมด จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ซอร์ฟแวร์ที่ใช้ควบคุมที่ตัวเครื่อง จะเป็นภาษาแอสแซมบลีชของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 และซอร์ฟแวร์ที่ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้เขียนด้วย ภาษา Visual Basic

7.1 ซอร์ฟแวร์ควบคุมบนเครื่องเก็บข้อมูล

สำหรับซอร์ฟแวร์ที่เขียนขึ้นด้วยภาษาแอสเซมบลีนี้จะสั่งงานส่วนต่าง ๆ ของเครื่องทั้งหมด โดยไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ซึ่งจะมีหน้าที่หลัก ๆ แสดงดัง Flow chart การทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



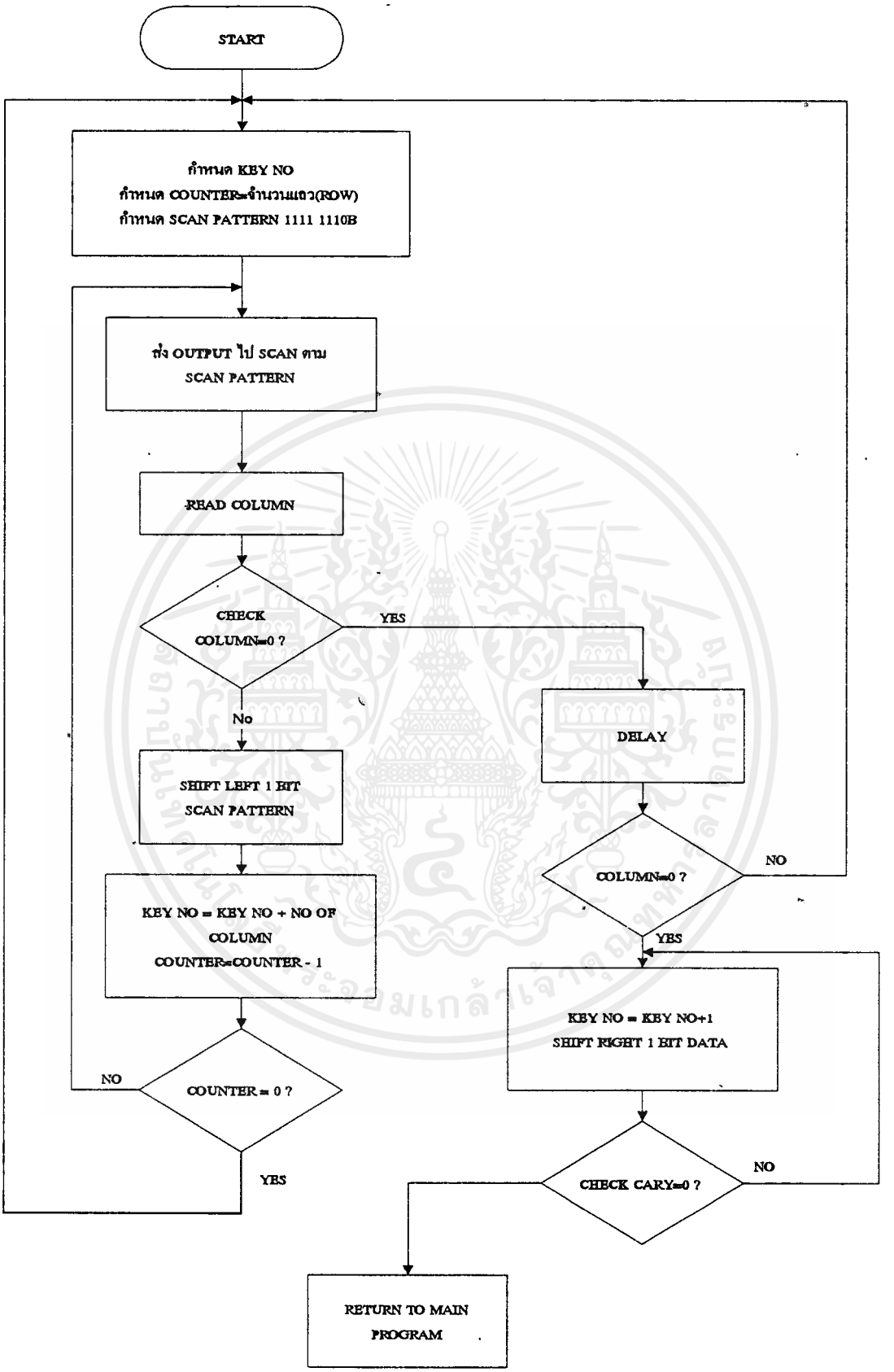
รูปที่ 7.1 แสดง Flow chart การทำงานของโปรแกรมหลัก

สำหรับส่วนของโปรแกรมย่อยที่ใช้การควบคุมส่วนอื่นๆ ที่เชื่อมต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ก็สามารถแสดงเป็น Flow chart ได้ดังนี้

- ส่วนโปรแกรมของการสแกนคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดได้ต่อเข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ แบบเมตริกซ์ ดังนั้นจึงต้องมีการสแกนหาคีย์บอร์ดที่ถูกกด

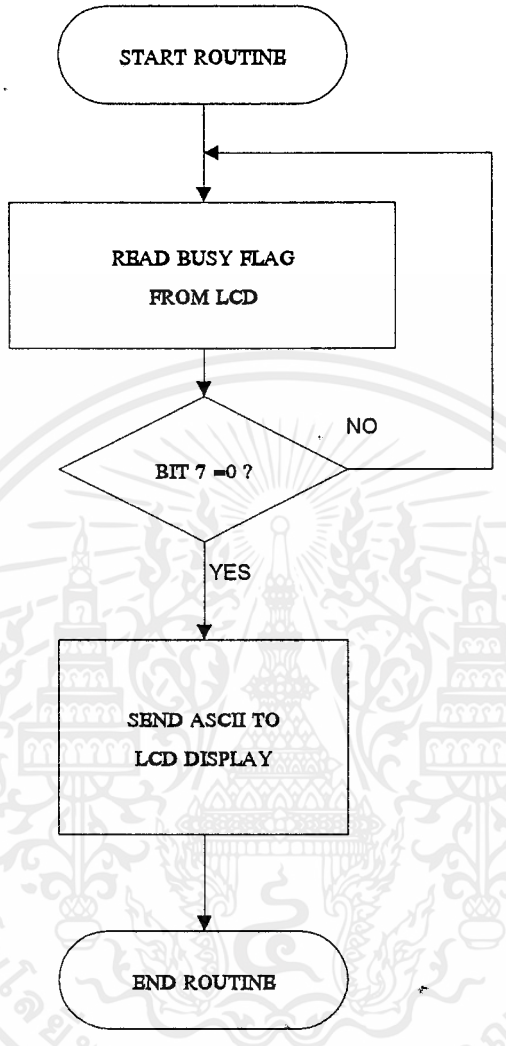
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อยสแกนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

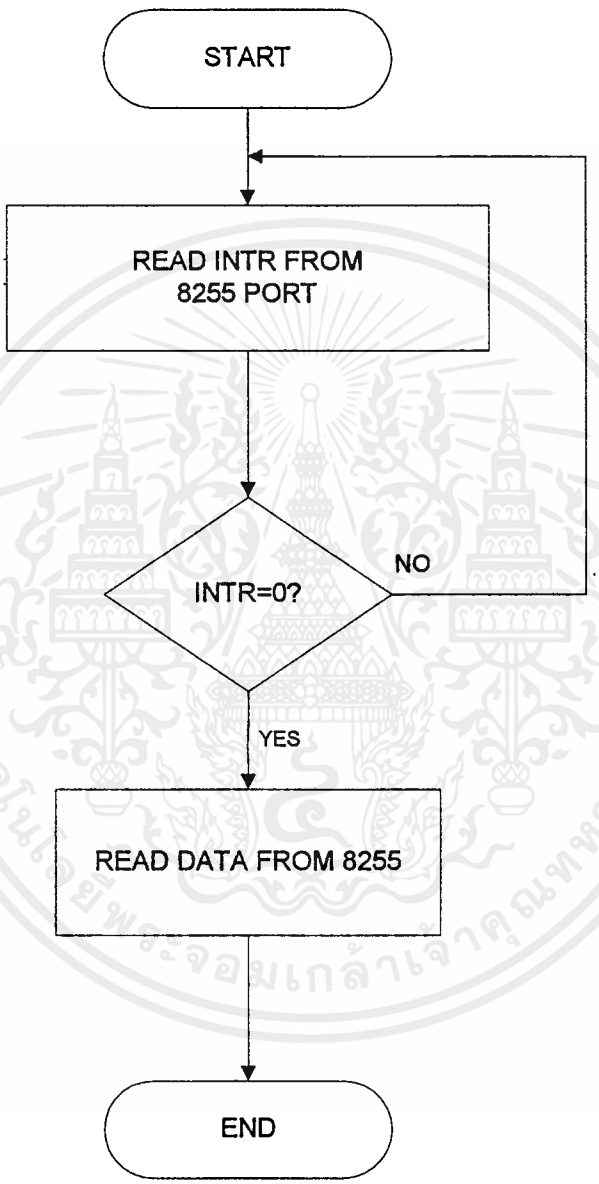
- ส่วนของโปรแกรมย่อยแสดงผลบนจอ LCD



รูปที่ 7.3 แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย การแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

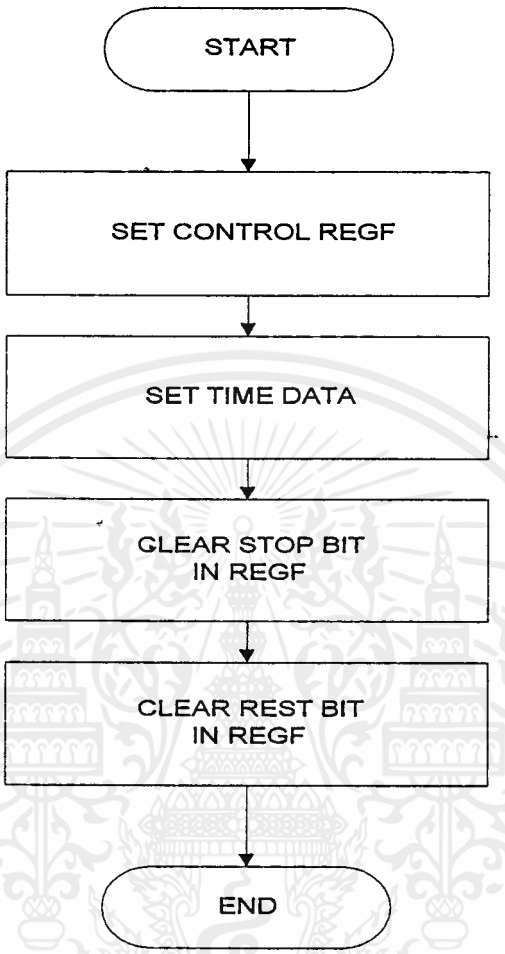
- ส่วนของโปรแกรมย่อยของการอ่านข้อมูลจาก A/D



รูปที่ 7.4 แสดงFlow chart ของโปรแกรมย่อยการอ่านข้อมูลจาก A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของโปรแกรมย่อย Real Time Clock



รูปที่ 7.5 แสดง Flow chart ของโปรแกรมย่อย Real Time Clock

ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์นี้ จะมีหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูล อัตราการเต้นของหัวใจ ขนาด 31 KB ซึ่งรายละเอียดในการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำจะได้กล่าวถึงต่อไป

7.2 ซอร์ฟแวร์บนไมโครคอมพิวเตอร์

ซอร์ฟแวร์ที่ใช้บนไมโครคอมพิวเตอร์จะเขียนขึ้นบนภาษา Visual Basic ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ จะมีหน้าที่หลัก ๆ คือ ทำการรับข้อมูลจากเครื่องที่เก็บข้อมูล และอีกประการหนึ่งคือนำข้อมูลที่ได้มาทำการแสดงผลเป็นกราฟตามสัมพันธ์บนจอพีซี สำหรับซอร์ฟแวร์ที่เขียนขึ้นนี้ได้พัฒนาโดย Visual Basic ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดว์ ซึ่งสามารถที่จะแบ่งการทำงานของซอร์ฟแวร์ได้เป็นส่วนใหญ่ ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.1 ส่วนของรับส่งข้อมูลจากตัวเครื่อง (down load)

ในโปรแกรมส่วนนี้จะทำหน้าที่ติดต่อระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์และตัวเครื่องเก็บข้อมูลเพื่อทำการให้ไมโครคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากตัวเครื่องเก็บข้อมูลซึ่งจะสามารถแบ่งได้เป็น

7.2.1.1 ส่วนการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (Serial Port)

เพื่อต้องการที่จะดาวน์โหลดข้อมูลจากตัวเครื่องขึ้นมาไว้บนไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมในส่วนนี้ก็จะทำการเปิดพอร์ตการสื่อสารอนุกรม ซึ่งจะเป็นการเซตพารามิเตอร์ต่อง ๆ ของการติดต่อแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เช่นการเลือกพอร์ตที่ต่อ การกำหนดค่าบอร์ดเรตและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ตรงกับทางด้านตัวเครื่องเก็บข้อมูลกำหนดก็จะสามารถสั่งข้อมูลมาได้ โดยข้อมูลที่ส่งมาจาก ตัวเครื่องเก็บข้อมูลจะส่งมาเป็นรูปแบบของไบต์ข้อมูลทีละ 1 ไบต์ เมื่อข้อมูลมาถึงที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซอร์ฟแวร์ก็จะอ่านข้อมูลในรูปแบบของแอสกีเข้าไปเก็บไว้

สำหรับข้อมูลที่รับส่ง ระหว่างตัวเครื่องเก็บข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์นั้นได้กำหนดให้มี อัตราบอร์ด = 9600 BPS จำนวนข้อมูล = 8 บิต STOP BIT= 1 ไม่มีพาริตี้ ทั้งนี้ได้กำหนดให้สัมพันธ์กันระหว่าง 2 ทาง เพื่อข้อมูลจะได้ถูกต้องในการรับ ส่ง ส่วนรูปแบบของไบต์การรับส่งจะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบต์ที่	ความหมาย
1	โหมดการวัด
2	จำนวนข้อมูลไบต์ต่ำ
3	จำนวนข้อมูลไบต์สูง
4	วันที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
5	เดือนที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
6	ปีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
7	ชั่วโมงที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
8	นาทีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
9	วินาทีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล
10	ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่ 1
11	ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่ 2
12	ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่ 3
↓ n	ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่สุดท้าย
n+1	รหัสจบที่ 1
n+2	รหัสจบที่ 2
n+3	รหัสจบที่ 3

ตารางที่ 7.1 แสดงรูปแบบของข้อมูลในการรับส่ง

จากตารางที่ 7.1 ได้แสดงรูปแบบข้อมูลที่ทางด้านตัวเครื่องเก็บข้อมูลส่งมายังไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยจำนวนไบต์ข้อมูลที่เป็นส่วนหัว ซึ่งจะเป็นไบต์ที่บอก จำนวนข้อมูลที่ทำการเก็บ วัน เดือน ปี ที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล เวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล กลุ่มของไบต์อัตราส่วนที่จะเป็นไบต์ของข้อมูลแต่ละค่าจะเรียงลำดับกันไปจะถึงไบต์ข้อมูลตัวสุดท้ายและหลังจากนั้นจะตามปิดท้ายด้วยรหัสจบของชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบหาจุดสิ้นสุดของจำนวนข้อมูลที่ส่งมาในแต่ละครั้ง

7.2.1.2 ส่วนการจัดเก็บข้อมูลลงในไฟล์

โปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าที่นำข้อมูลที่ดาวน์โหลดขึ้นมาแต่ละไบต์นำมาเก็บไว้เป็นไฟล์ข้อมูลชนิดไฟล์ข้อความ (Text File) ลงในหน่วยความจำบนไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประโยชน์ในการนำมาใช้งานในภายหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 ส่วนของการแสดงภาพ

เพื่อได้ทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากตัวเครื่องเก็บข้อมูลมาจัดเก็บไฟล์ไว้บนหน่วนความจำบนไมโครคอมพิวเตอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว วัตถุประสงค์หลักของโครงงานนี้คือต้องการที่จะดูกราฟความสัมพันธ์จากค่าที่วัดได้มาแสดงเป็นกราฟฟีกบนจอไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าทีอ่านไฟล์ข้อมูลที่ได้จัดเก็บมาแล้วมาทำการแสดงผลในโหมดกราฟฟีก เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน และง่ายต่อการวิเคราะห์ต่อไปและนอกจากจะแสดงเส้นกราฟแล้วโปรแกรมในส่วนนี้ยังต้องมีหน้าที่แสดงค่า วัน เดือน ปี และเวลาที่ได้ทำการวัด มาแสดงผลด้วย เพื่อจะได้ข้อมูลที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

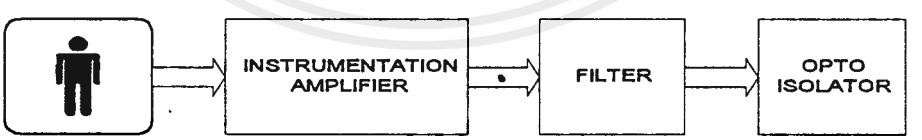
การทดลองและผลการทดลอง

ผลการทดลอง ของโครงงานนี้ได้แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ และการทดลองในส่วนของ ซอร์ฟแวร์ ในส่วนของ ฮาร์ดแวร์ จะประกอบ ด้วยการวัดสัญญาณ ECG และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความเข้มแสง และวงจร Peak Detector การวัดสัญญาณ ECG ได้ทำการทดลองดังนี้ ได้ทำการทดลองหาค่าแรงดันที่จุดต่างๆ ของวงจร Instrumentation Amplifier และทำการพล็อตกราฟ Frequency Response ที่จุดต่างๆ และทำการคำนวนหาค่า CMRR พร้อมทั้งพล็อตกราฟ ซึ่งจะได้แสดงต่อไป จากนั้นได้ทำการประกอบวงจร ในส่วนของ Front End ทั้งหมดลงในกล่องพร้อมกับทำการเดินสายภายในกล่อง หลังจากนั้นก็ทำการวัดสัญญาณ ECG และวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความเข้มแสง อีกครั้งหนึ่ง

ในส่วนของ ซอร์ฟแวร์ จะประกอบด้วย ซอร์ฟแวร์การทำงานบนเครื่องเก็บข้อมูล ซึ่งจะใช้ภาษาแอสแซมบลีสั่งงานส่วนต่างๆ ของเครื่องทั้งหมด และซอร์ฟแวร์บนไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic ซึ่งมีหน้าที่คือ รับข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลและนำข้อมูลมาทำการแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์บนจอ คอมพิวเตอร์

8.1 การวัดสัญญาณ ECG

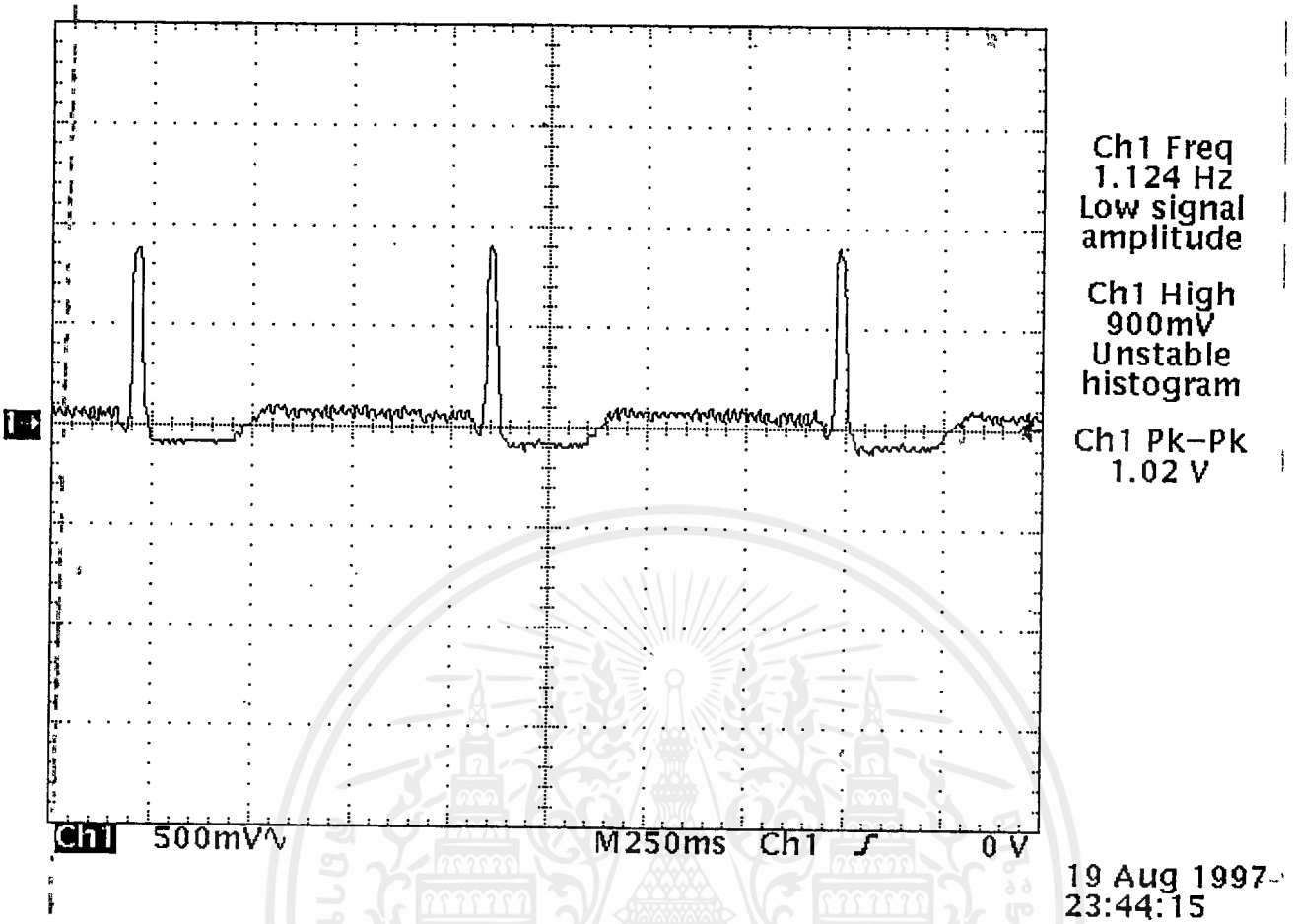
ได้ทำการทดลองนำเอาอิเล็กโตรด(Electrode)มาวัดจากร่างกายผ่านเข้าวงจร Instrumentation Amplifier เพื่อวัดคลื่นหัวใจ โดยแสดงบล็อกไดอแกรมดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 แสดงบล็อกไดอแกรมการวัดสัญญาณ ECG

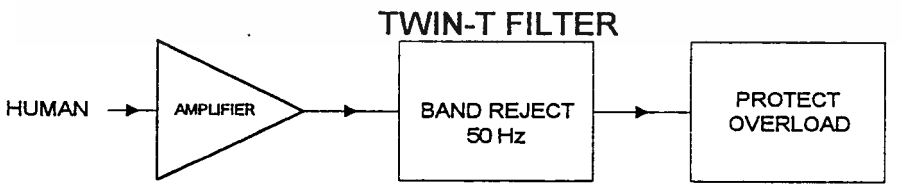
จากนั้นทำการวัดสัญญาณที่จุด Output ซึ่งจะได้สัญญาณ ECG แสดงดังรูปที่ 8.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.2 แสดงสัญญาณที่ Output ของวงจร Instrument Amp

จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนปะปนมาอยู่มาก ซึ่งเกิดจากสัญญาณที่อยู่รอบข้างตัวเรา เช่น สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดไฟนีออน เป็นต้นดังนั้นเราจึงต้องมีวงจร Band Reject เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ให้น้อยลงซึ่งได้แสดงบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.3 แสดงบล็อกไดอแกรมของ วงจร ฟิลเตอร์แบบ ทวินที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองเพื่อหา Frequency Response ของสัญญาณที่จุด TP2 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 8.1

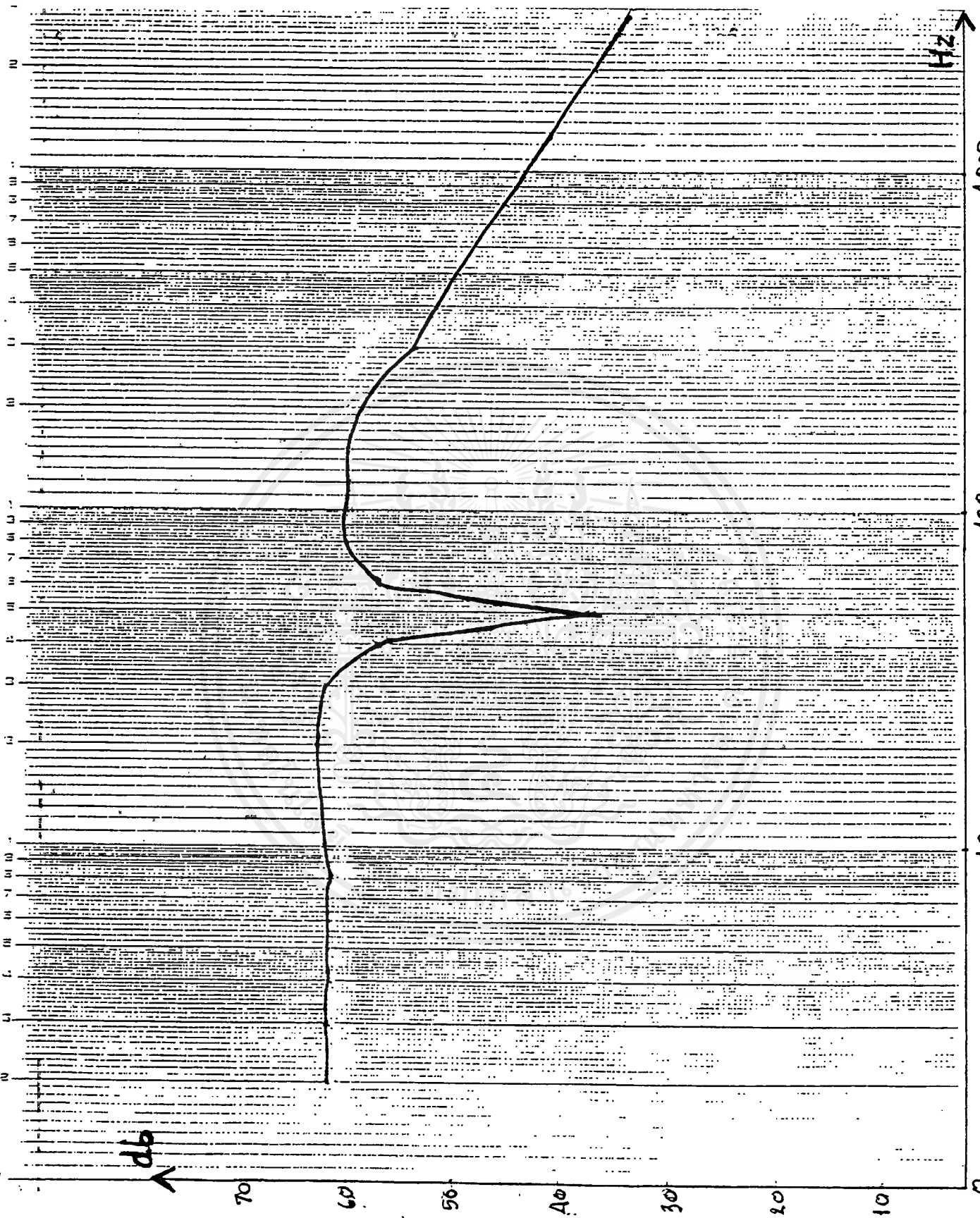
f (Hz)	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30
Vin(mv)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TP2	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.80	7.28	6.64
TP2(dB)	61.94	61.94	61.94	61.94	61.94	61.94	61.94	62.67	63.26	62.46

f(Hz)	40	50	60	70	80	100	120	150	200	300
Vin(mV)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TP2(V)	3.84	0.40	3.60	4.84	5.36	5.40	5.08	4.48	3.60	2.56
TP2(dB)	57.70	38.00	57.14	59.70	60.60	60.66	60.13	59.04	57.14	54.18

f(Hz)	500	1000	2000	2500	3000	3500	4000	5000	10000	20000
Vin(mV)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TP2(V)	1.60	0.80	0.41	0.30	0.28	0.21	0.20	0.16	0.06	0.30
TP2(dB)	50.10	44.00	38.40	35.60	34.90	32.70	32.04	30.10	22.14	15.56

ตารางที่ 8.1 แสดงผลการวัดแรงดันที่จุด TP2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.4 แสดง Frequency Response ที่จุด TP2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

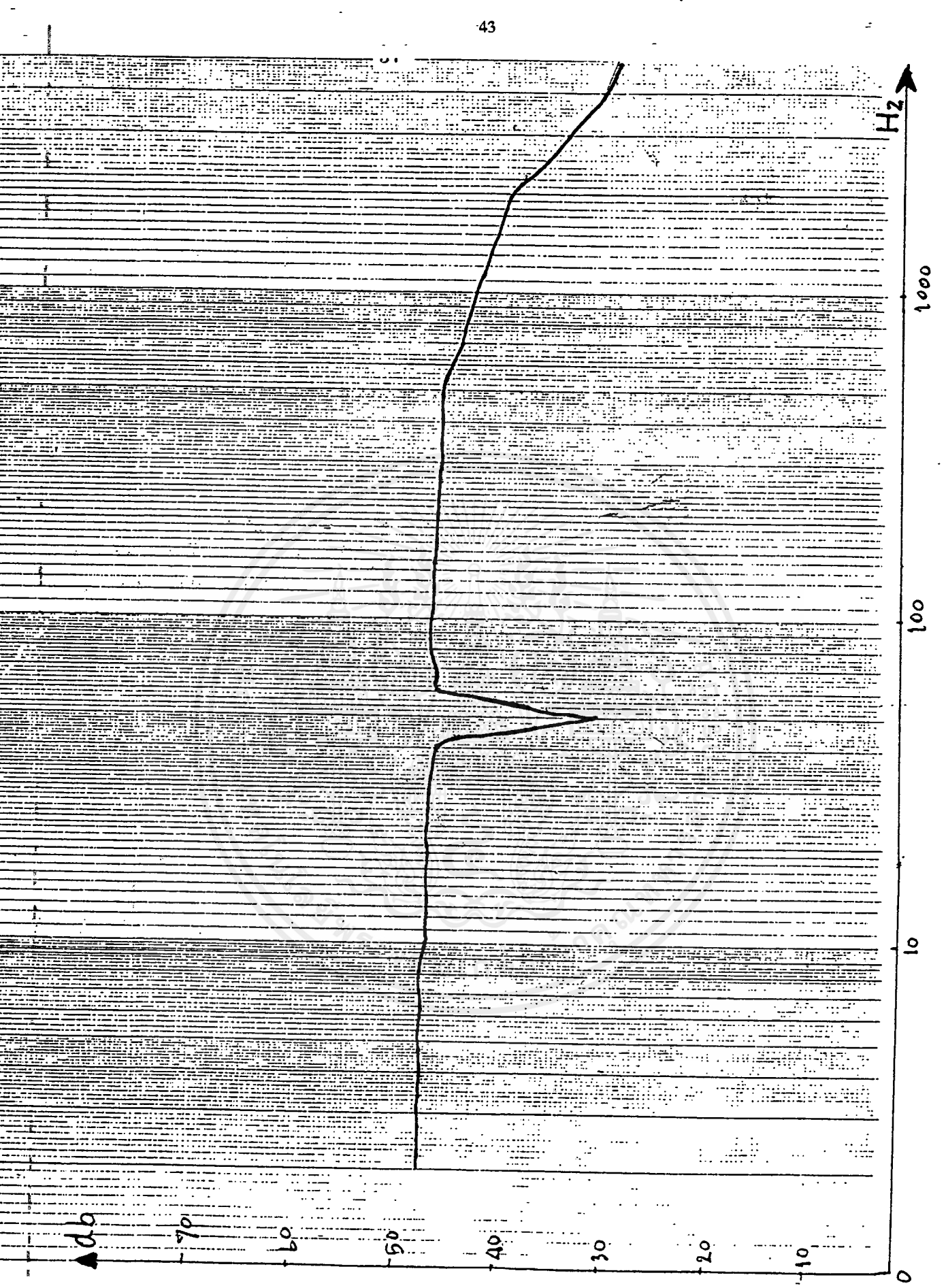
f (Hz)	1	2	4	5	6	8	10	20	30	40
Vin(mv)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vout (V)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.16	1.12	1.12	1.08
Vout(dB)	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.30	47.00	47.00	46.68

f (Hz)	50	60	70	80	100	120	150	200	300	500
Vin(mv)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vout (V)	0.20	1.08	1.08	1.12	1.12	1.12	1.12	1.04	1.00	0.92
Vout(dB)	32.04	46.68	46.68	46.68	47.00	47.00	47.00	46.36	46.02	45.29

f (Hz)	800	1000	2000	2500	3000	3500	4000	5000	10000	20000
Vin(mv)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vout (V)	0.82	0.74	0.44	0.32	0.26	0.22	0.18	1.14	0.06	0.03
Vout(dB)	44.29	43.40	38.89	36.12	34.32	32.86	31.12	28.94	21.58	15.56

ตารางที่ 8.2 แสดงผลการวัดแรงดันที่ Vout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.5 แสดง Frequency Response ที่จุด Output

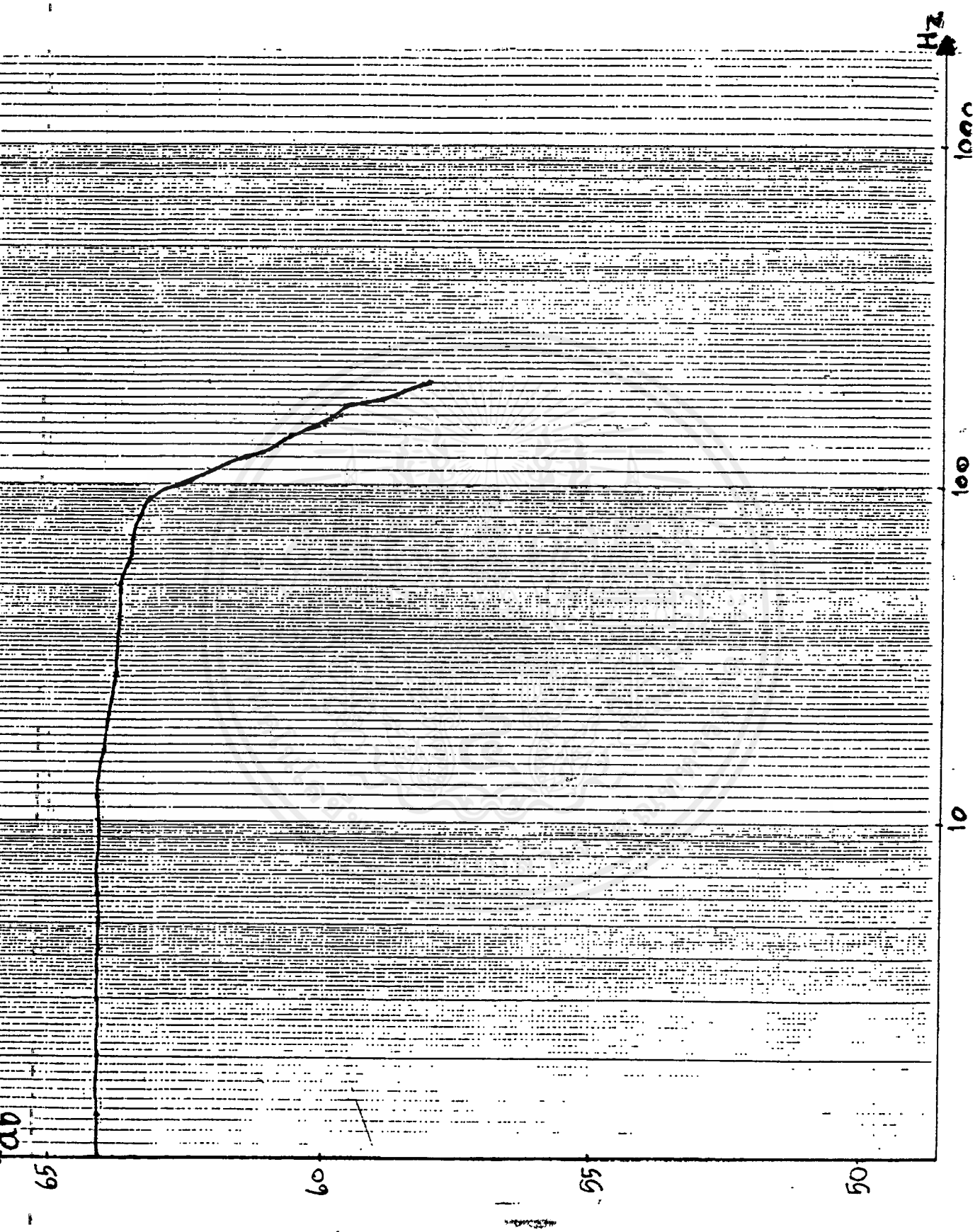
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่(Hz)	200	190	180	170	160	150	140	130	120
Ad	400	420	440	470	480	500	540	560	600
Ac	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CMRR	58.06	58.48	58.88	59.46	59.64	60	60.66	60.98	61.58

ความถี่(Hz)	110	100	90	80	70	60	50	12.5	0
Ad	640	680	720	740	760	760	780	800	800
Ac	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CMRR	62.14	62.67	63.16	63.40	63.63	63.63	63.86	64.08	64.08

ตารางที่ 8.3 แสดงการวัดหาค่า CMRR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

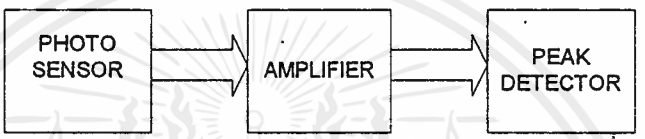


รูปที่ 8.6 แสดง Frequency Response ของ CMRR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

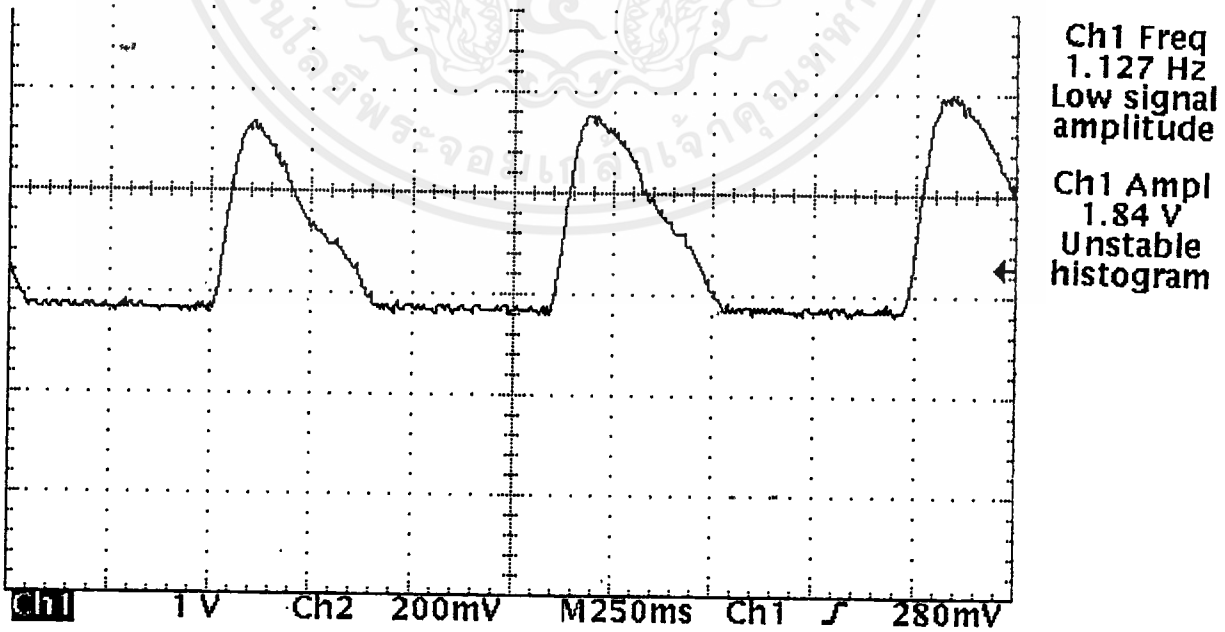
8.2 การทดลองวัดสัญญาณหัวใจโดยความเข้มแสง

การวัดอัตราการเต้นของสัญญาณหัวใจโดยใช้แสง เป็นการวัดสัญญาณโดยทางอ้อมซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนความเข้มของแสง ที่เกิดจากการยิงแสงอินฟราเรดผ่านเส้นเลือด ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการสูบฉีดเลือดของหัวใจ แล้วรับแสงโดย ตัวรับแสงจากนั้นส่งสัญญาณไปเข้าสู่วงจรขยาย ซึ่งได้อธิบายตาม บล็อกไดอแกรมรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7 แสดงบล็อกไดอแกรมของวงจร Photo Sensor

จากนั้นนำ Sensor ไปวัดที่ปลายนิ้วโดยจะพบว่าสัญญาณที่วัดได้แรงที่สุดจะอยู่ตรงบริเวนปลายนิ้วนาง ซึ่งผู้ทำการวัดจะต้องนิ่งและหายใจลึก ๆ ซึ่งสัญญาณความแรงที่ได้ก็ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลซึ่งได้แสดงรูปสัญญาณที่ได้ตามรูปที่ 8.8

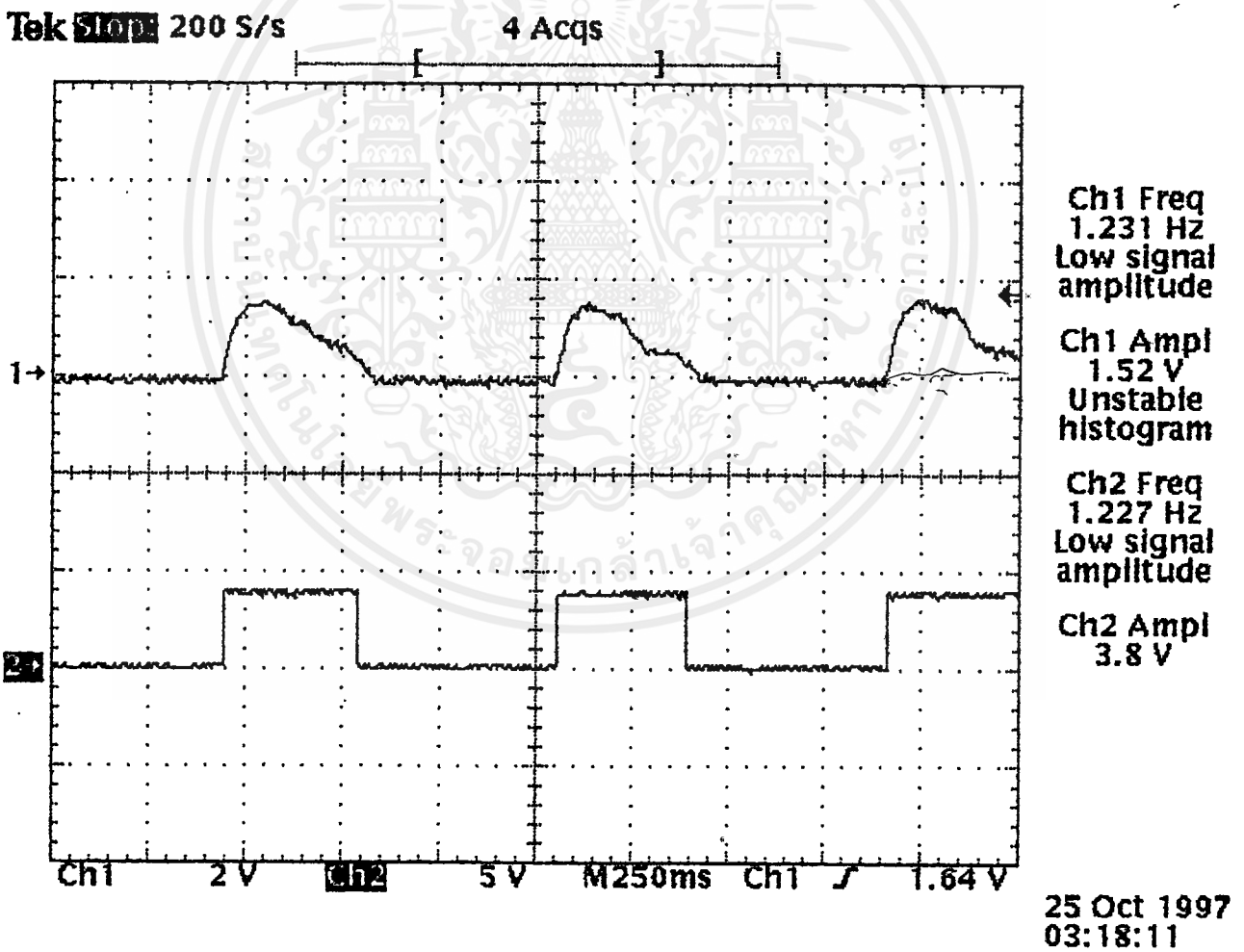


รูปที่ 8.8 แสดงสัญญาณการเต้นของหัวใจที่วัดโดยการใช้ การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 วงจร Peak Detector

เมื่อเราได้สัญญาณจากการวัดทั้งสองรูปแบบคือ สัญญาณ ECG และสัญญาณ Photo แล้ว ก่อนที่จะนำสัญญาณเหล่านี้ไปเชื่อมต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เราจะต้องทำการแปลงสัญญาณที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม โดยผ่านวงจร Peak Detector ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณ เป็น สัญญาณสี่เหลี่ยม โดยมีขนาดความกว้างของคาบสัญญาณขึ้นอยู่กับ ขนาดความแรงของสัญญาณ ECG หรือสัญญาณจาก Photo หลังจากนั้นก็จะส่งไปยังวงจรแปลงความถี่เป็นแรงดันต่อไป ซึ่งได้ทำการแสดงสัญญาณ Peak detector ดังรูปที่ 8.9

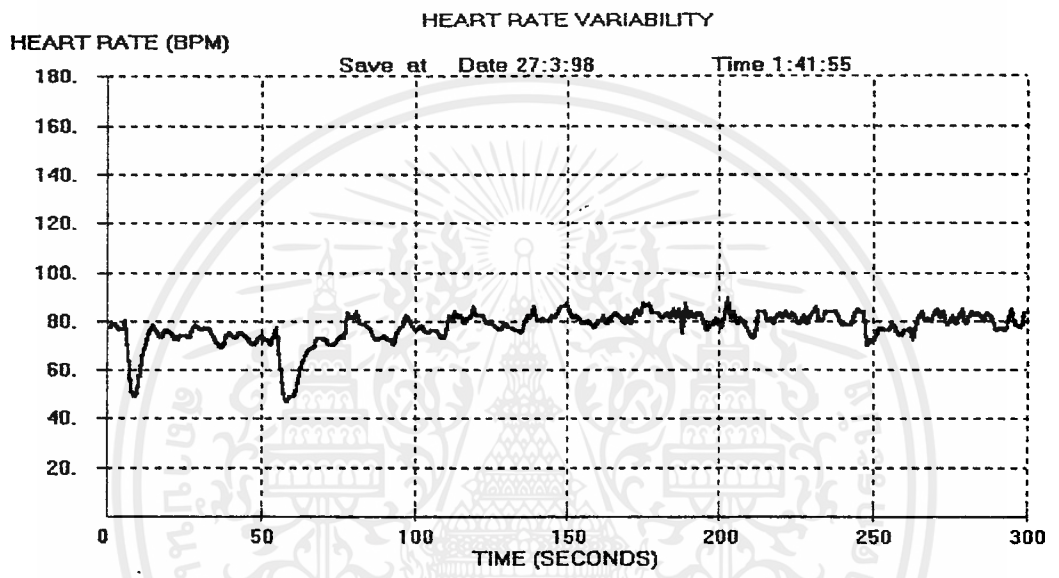


รูปที่ 8.9 แสดงสัญญาณ Peak Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

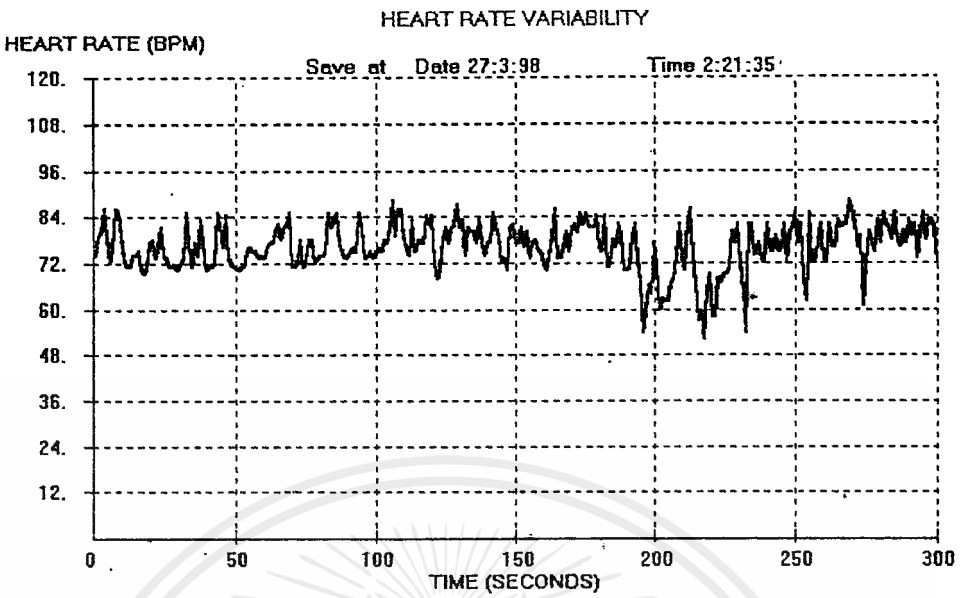
8.4 การแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับเวลาที่ใช้เก็บ

หลังจากที่เครื่องได้ทำการเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ ลงสู่หน่วยความจำเรียบร้อยแล้วก็จะทำการอัปโหลดข้อมูล จากหน่วยความจำของเครื่องเก็บข้อมูล ไปยังพีซีเพื่อทำการแสดงผลต่อไป ซึ่งการแสดงผลจะแสดงในรูปของกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจครั้งต่อนาที กับเวลาที่ใช้ในการเก็บซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 8.10 และ 8.11



รูปที่ 8.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป็นจำนวนครั้งต่อนาทีกับเวลาที่ใช้ในการเก็บทุกๆ 1 วินาทีต่อ 1 ครั้งเป็นเวลา 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป็นจำนวนครั้งต่อนาที กับเวลาที่ใช้ในการเก็บทุกๆ 5 วินาทีต่อ 1 ครั้งเป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์

วงจร Instrumentation Amplifier มีคุณสมบัติเหมาะสม ที่จะใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณ เช่นสัญญาณการเต้นของหัวใจ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีอัตราการขยายสูง ซึ่งจะต้องขยายสัญญาณของหัวใจที่มีแรงดันออกมาประมาณ 0.1- 5 มิลลิโวลท์ และมีค่า CMRR สูงซึ่งคุณสมบัตินี้เป็นความสามารถในการขจัดสัญญาณรบกวน เช่นความถี่ 50 Hz ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำแบบคาปาซิทิฟ หลังจากนั้นจะต้องนำสัญญาณหัวใจที่ได้ ไปผ่าน Opto Isolator ซึ่งจะเป็นตัวแยกสัญญาณกราวด์ระหว่างผู้ทำการวัดกับ เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อความปลอดภัยของผู้ที่ทำการวัด

ส่วนวิธีวัดแบบทางอ้อมโดยการใช้ Photo Sensor เป็นวิธีที่สะดวกเนื่องจากไม่ต้องทำการติดอิเล็กโตรด เพียงแต่นำ Sensor ไปจับที่นิ้วแล้ว Sensor จะทำการวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของเลือดในเส้นเลือด ซึ่งจะทำให้เราได้สัญญาณที่มีลักษณะเป็นพัลส์ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามจังหวะการเต้นของหัวใจ และวิธีดังกล่าวนี้สามารถ นำไปใช้ในการหาค่า Heart Rate ได้เช่นเดียวกันกับการวัดแบบโดยตรง จากนั้นก็จะนำสัญญาณ ที่ได้ไปเข้าวงจร Peak Detector ซึ่งจะได้สัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม เพื่อนำไปเข้าวงจร Frequency to Voltage Converter และไปเข้าวงจร A/D ซึ่ง เอาท์พุทของวงจร A/D จะเป็นค่าอัตราการเต้นของหัวใจ โดยที่ส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์จะมาอ่านค่า จากส่วนนี้ไปแสดงผลและ เก็บลงในหน่วยความจำต่อไป จากนั้นไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการ Upload ข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์และ บนไมโครคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมสำหรับรับข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า อัตราการเต้นของหัวใจกับเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

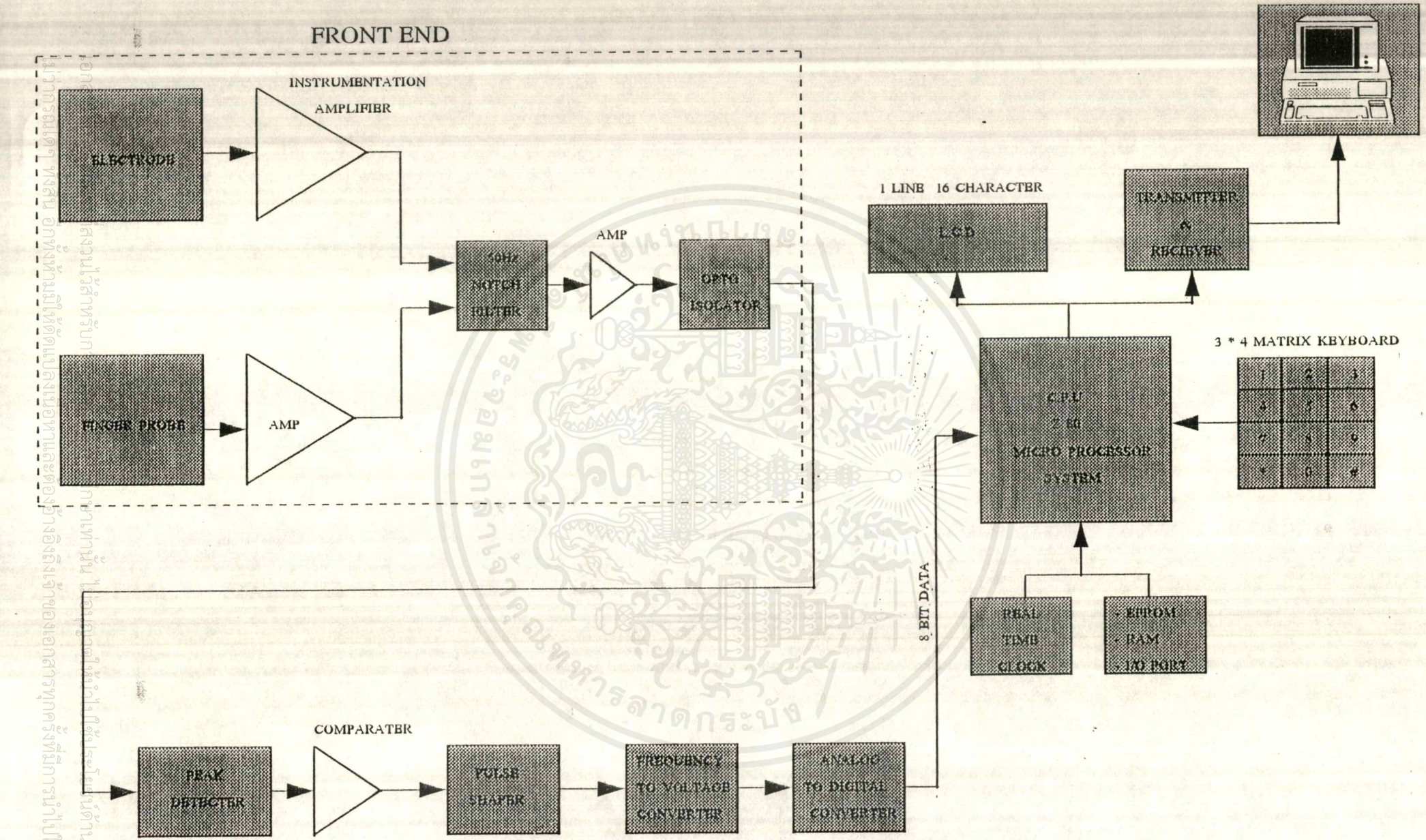
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

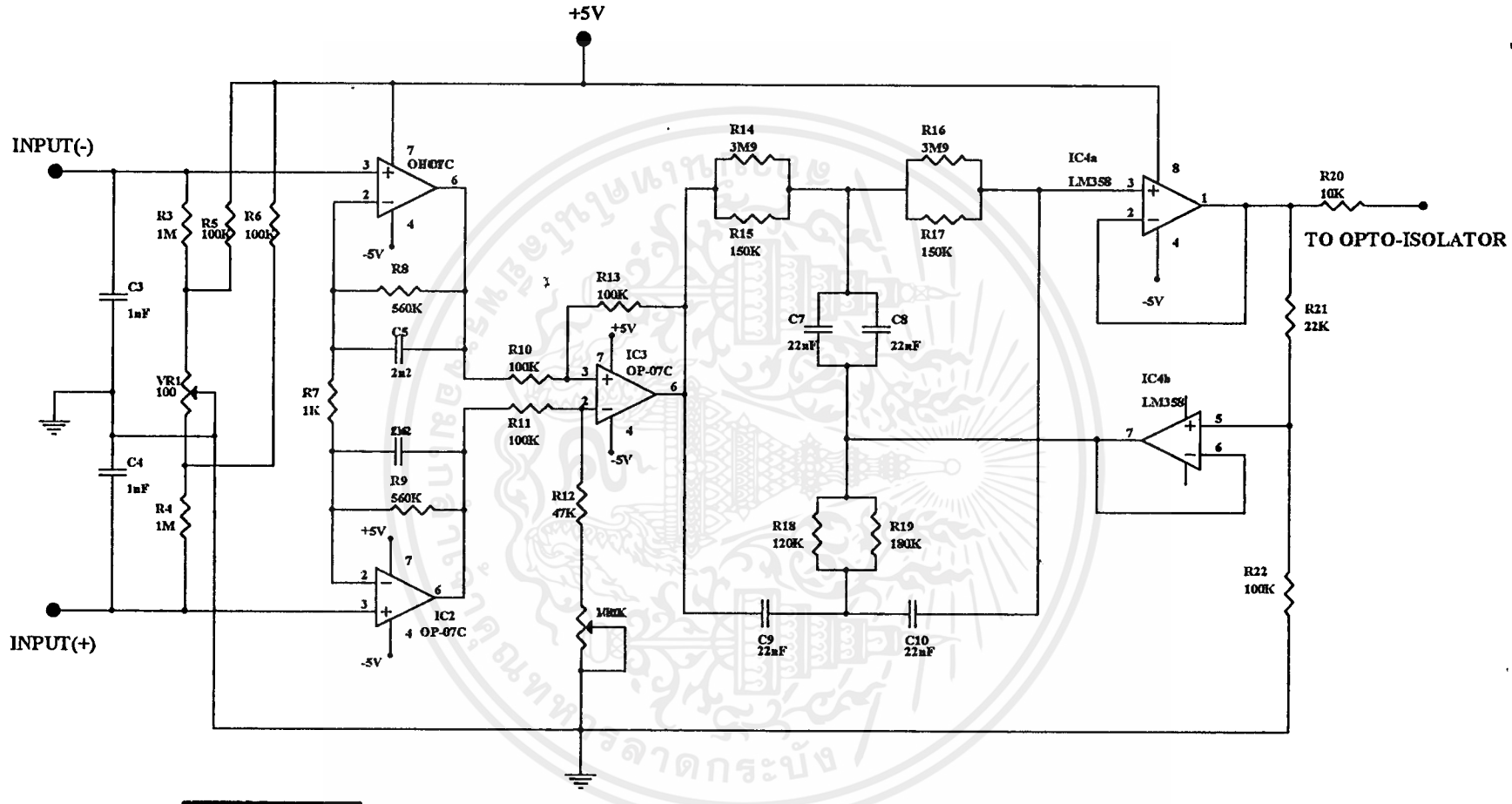
ภาคผนวก ก)

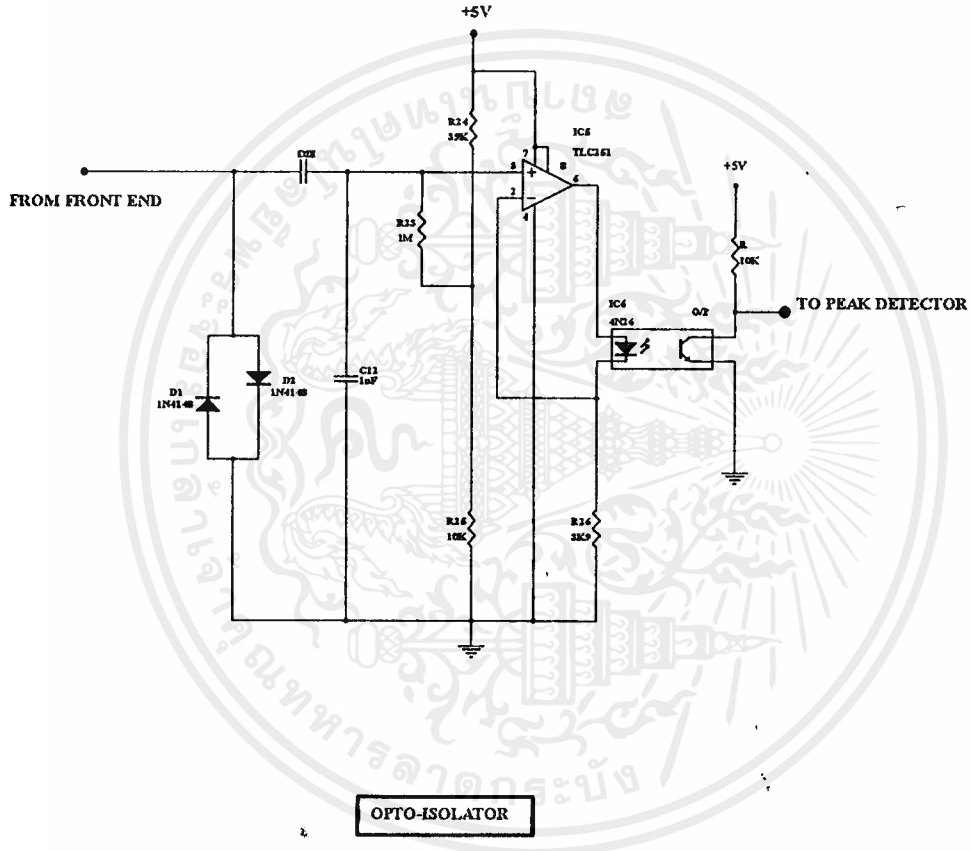
วงจรการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



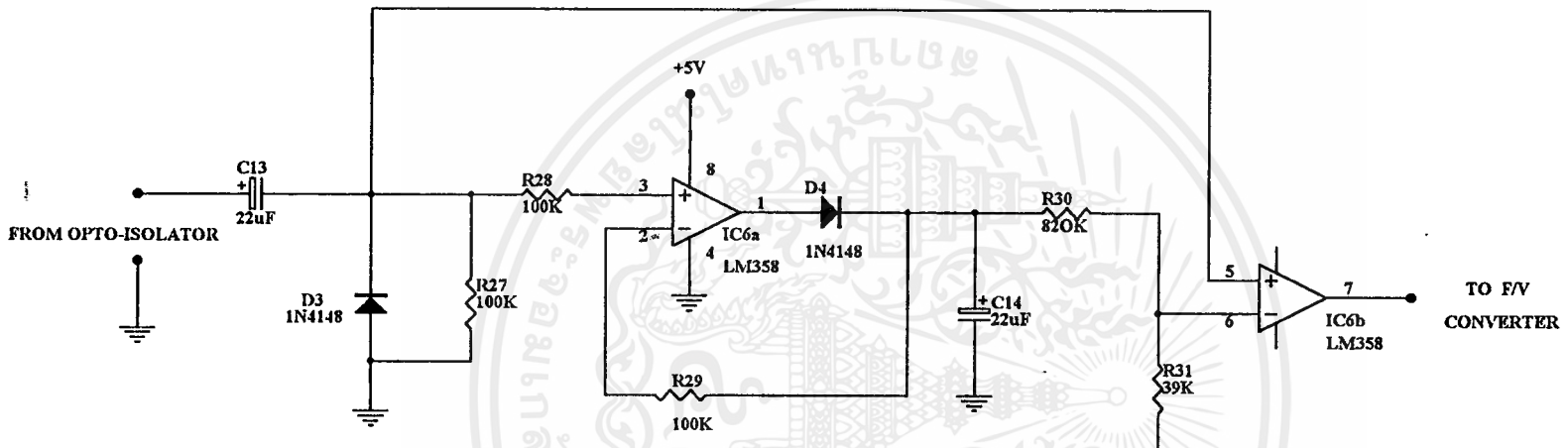
BLOCK DIAGRAM OF COMPLETE SYSTEM


+5V
INPUT(-)
INPUT(+)
R3 1M
R5 100K
R6 100K
R4 1M
C3 1nF
C4 1nF
VR1 100
IC2 OP-07C
R7 1K
R8 560K
C5 2n2
R9 560K
C6 2n2
R10 100K
R11 100K
R12 47K
IC3 OP-07C
R13 100K
R14 3M9
R15 150K
R16 3M9
R17 150K
C7 22nF
C8 22nF
R18 120K
R19 180K
C9 22nF
C10 22nF
IC4a LM358
IC4b LM358
R20 10K
TO OPTO-ISOLATOR
R21 22K
R22 100K
-5V
FRONT END
Title FRONT END
Size A4
Number 1
Revision
Date: 22-Mar-1998
Sheet of HRV
File: A:\NEWCIR\FRONT.SCH
Drawn By:



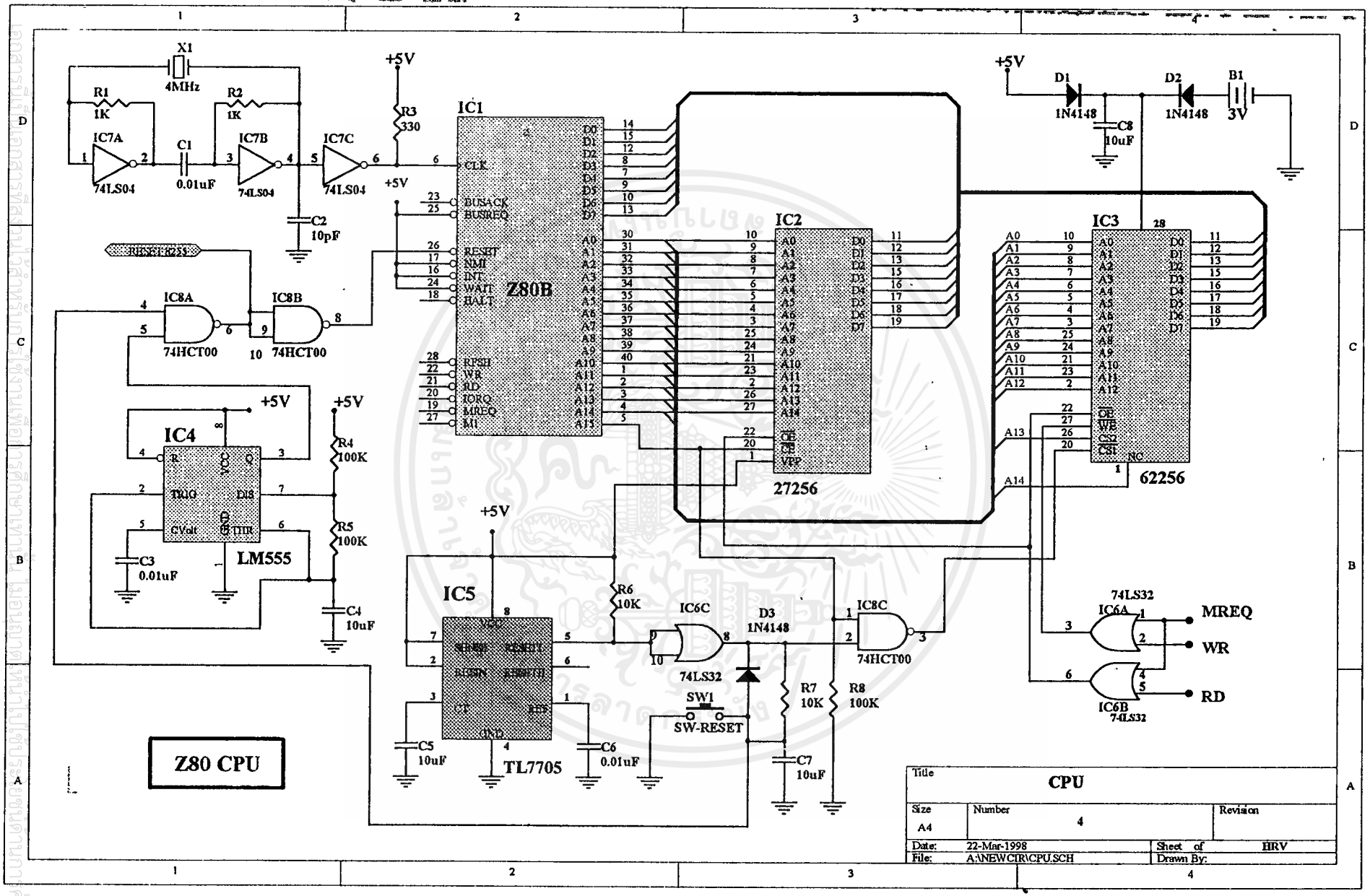
OPTO-ISOLATOR

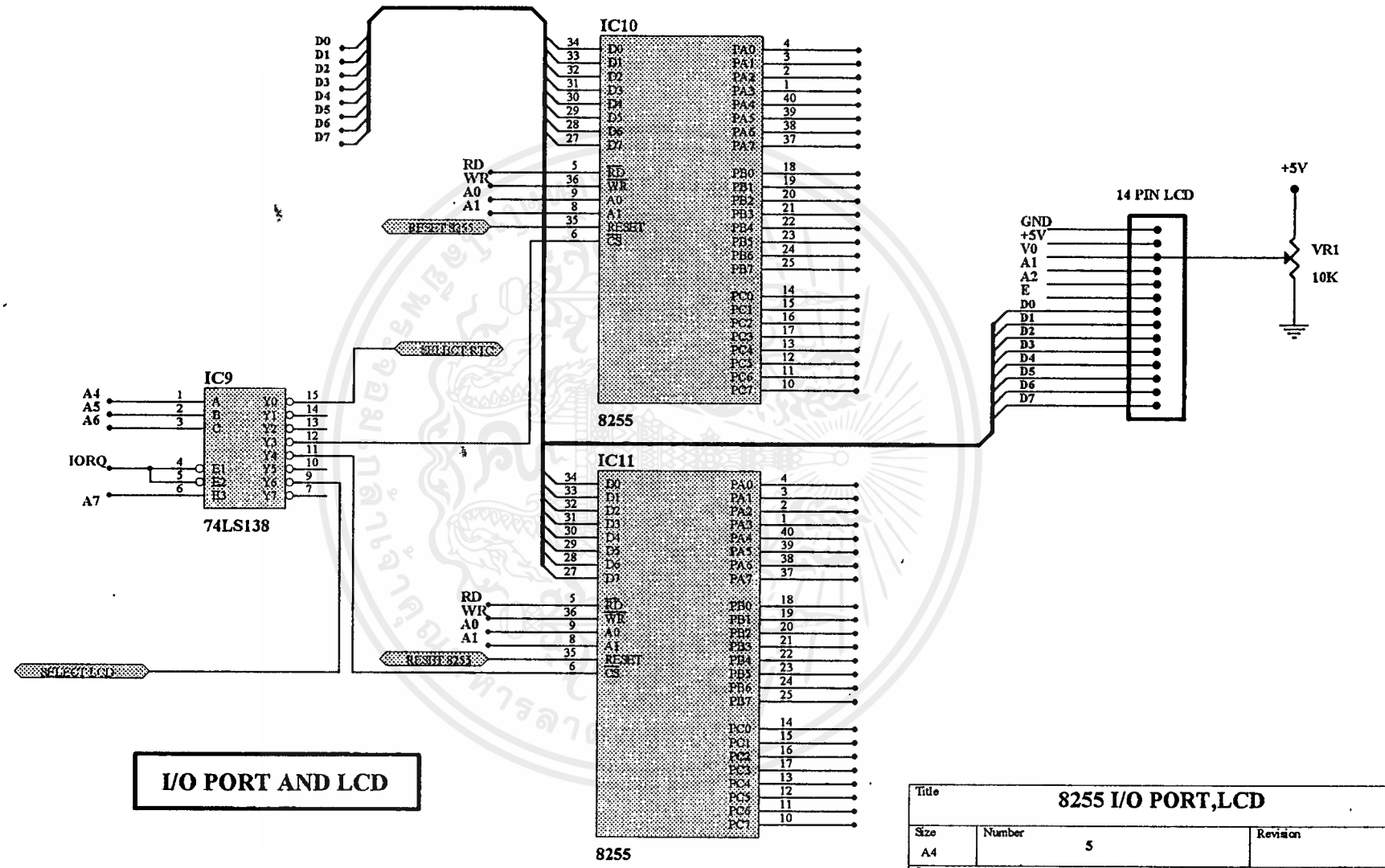
Title	OPTO-ISOLATOR		
Size: B	Number: 2		Revision:
Date: 22-Mar-1998		Sheet of	File:
File: A:\NEWCIR\OPTO.SCH		Drawn By:	

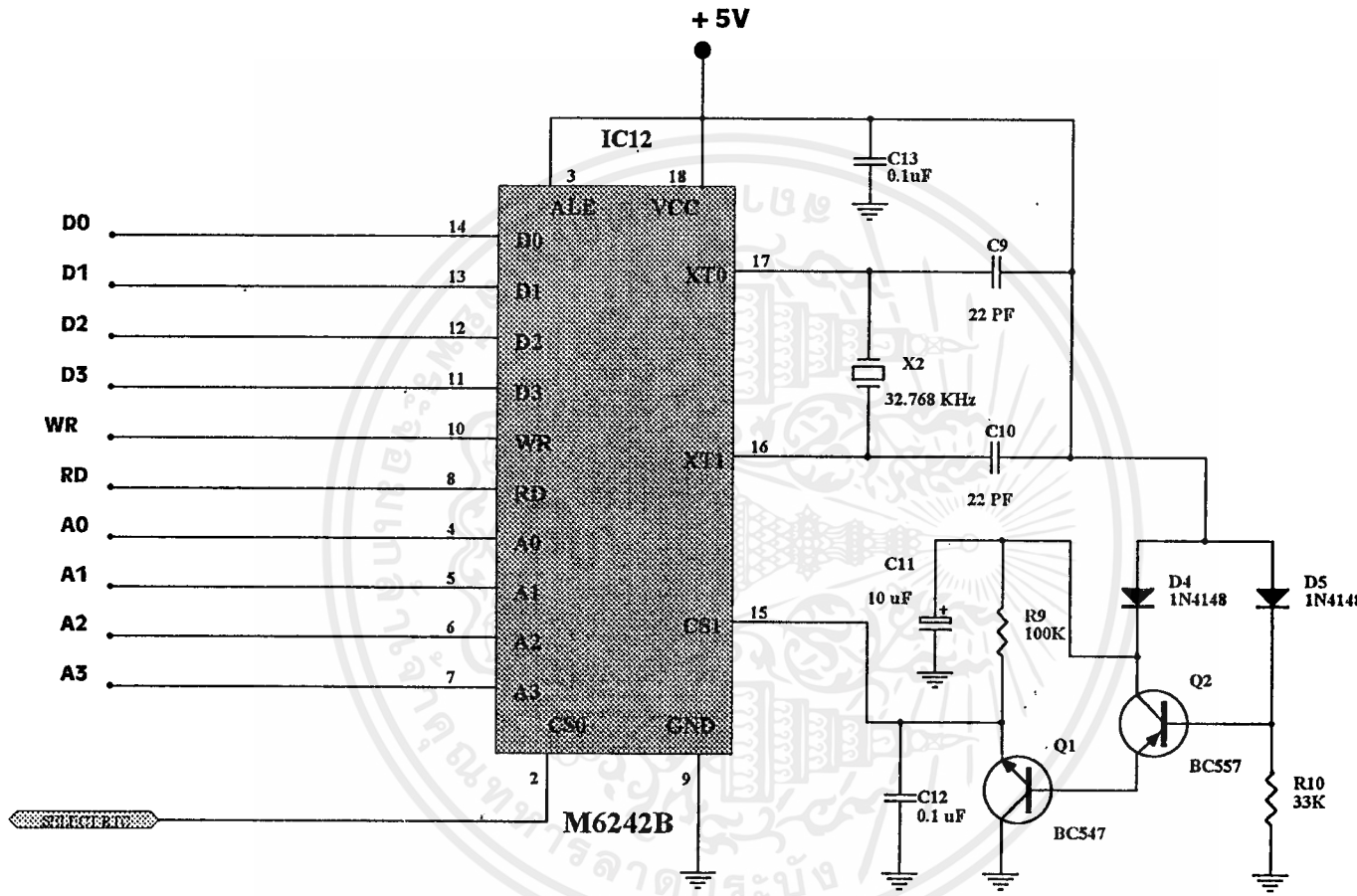


PEAK DETECTER

Title	PEAK DETECTER AND COMPARATOR		
Size: A4	Number: 3		Revision
Date: 22-Mar-1998		Sheet of	HRV
File: A:\NEWCIR\PDET.SCH		Drawn By:	

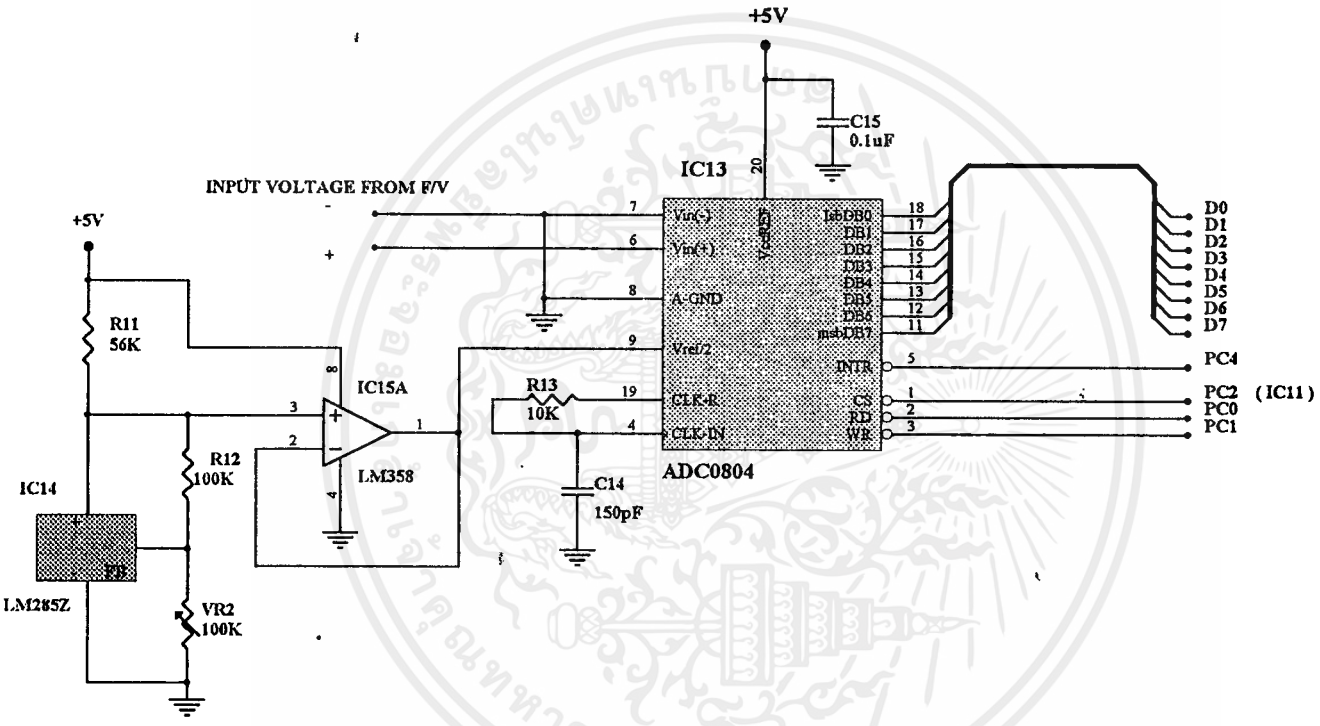

X1
4MHz
R1
1K
R2
1K
IC7A
74LS04
C1
0.01uF
IC7B
74LS04
IC7C
74LS04
C2
10pF
+5V
R3
330
IC1
Z80B
CLK
BUSACK
BUSREQ
RESET
NMI
INT
WAIT
HALT
MREQ
IORQ
RD
WR
RFSH
M1
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12
A13
A14
A15
RESET-H235
IC8A
74HCT00
IC8B
74HCT00
IC2
27256
IC3
62256
D1
1N4148
D2
1N4148
B1
3V
C8
10uF
IC4
LM555
R4
100K
R5
100K
C3
0.01uF
C4
10uF
IC5
TL7705
R6
10K
IC6C
74LS32
D3
1N4148
IC8C
74HCT00
SW1
SW-RESET
R7
10K
R8
100K
C5
10uF
C6
0.01uF
C7
10uF
74LS32
IC6A
IC6B
MREQ
WR
RD
Z80 CPU
Title
CPU
Size
A4
Number
4
Revision
Date:
22-Mar-1998
Sheet of
File:
A:\NEWCIR\CPU.SCH
Drawn By:
HRV


IC10
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
RD
WR
A0
A1
RESET8255
SELECT8255
8255
IC11
8255
IC9
74LS138
A4
A5
A6
IORQ
A7
SELECTLCD
I/O PORT AND LCD
14 PIN LCD
GND
+5V
V0
A1
A2
E
VR1
10K
Title
8255 I/O PORT,LCD
Size
A4
Number
5
Revision
Date:
22-Mar-1998
Sheet of
HRV
File:
A:\NEWCIR\IOPORT.SCH
Drawn By:



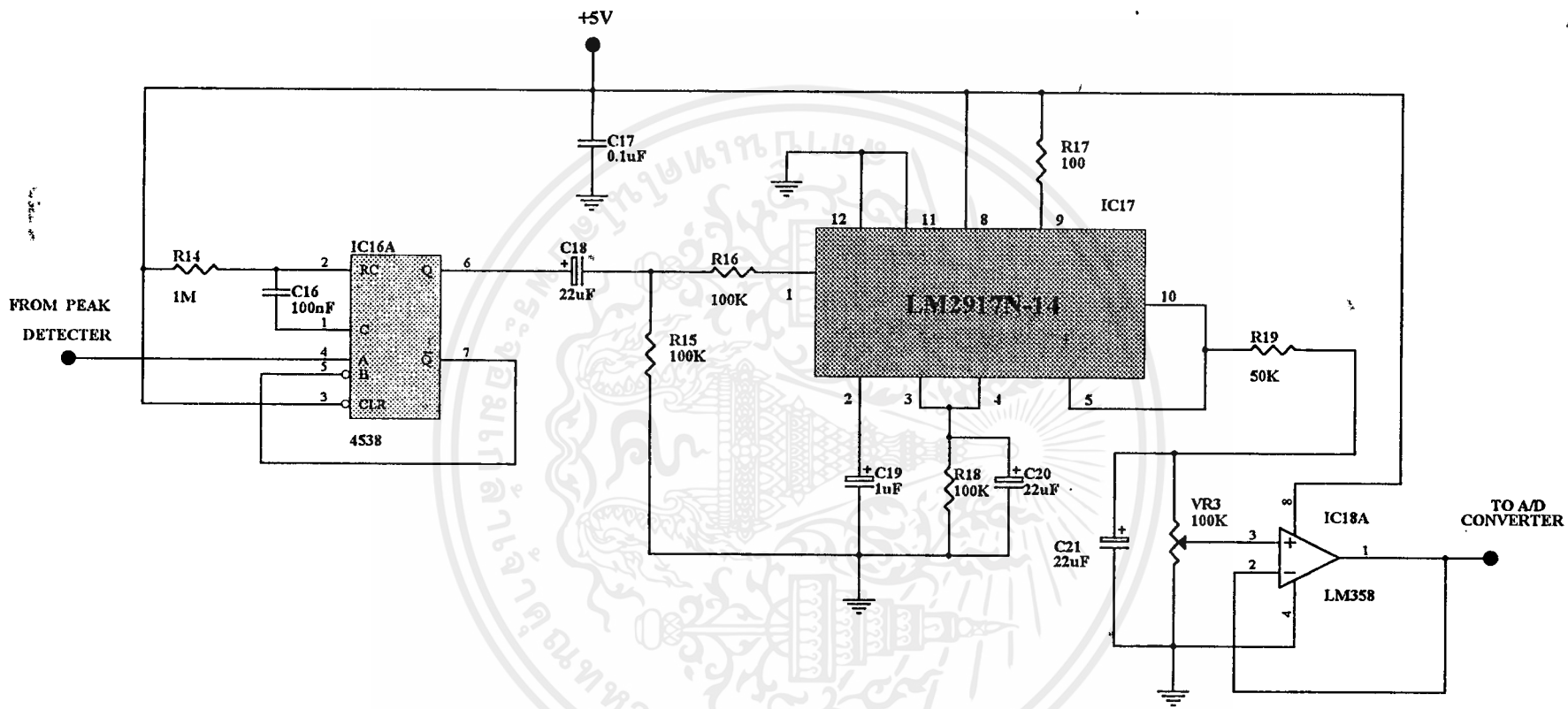
REAL TIME CLOCK

Title	REAL TIME CLOCK		
Size A4	Number 6		Revision
Date: 22-Mar-1998		Sheet of	HRV
File: A:\NEWCIR\RTC.SCH		Drawn By:	



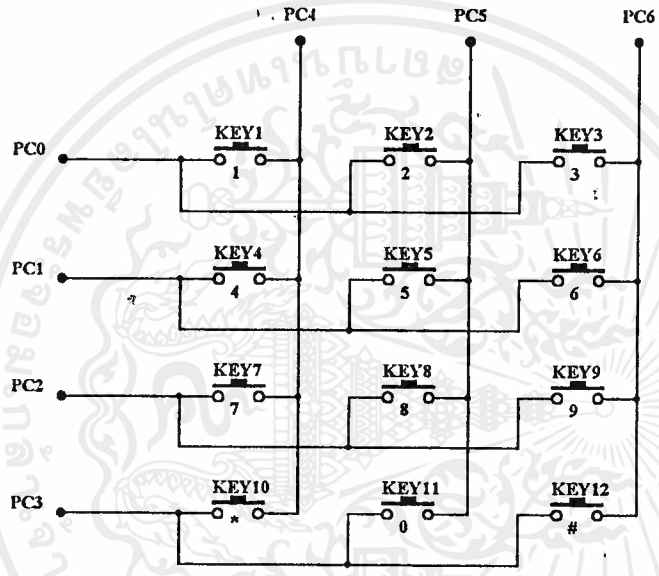
ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

Title	A/D CONVERTER		
Size A4	Number 7		Revision
Date: 22-Mar-1998		Sheet of	HRV
File: A:\NEWCIR\ADC.SCH		Drawn By:	



FREQUENCY TO VOLTAGE CONVERTER

Title	F/V CONVERTER		
Size: A4	Number: 8	Revision: 2	
Date: 22-Mar-1998		Sheet of HRV	
File: A:\NEWCIR\FVC.SCH		Drawn By:	



MATRIX KEYBOARD

Title	MATRIX KEYBOARD		
Size: A4	Number: 10		Revision:
Date: 22-Mar-1998		Sheet of	BRV
File: A:\NEWCIR\KBRD.SCH		Drawn By:	

ภาคผนวก ข)

DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก)

ANALOG DEVICES

Low-Noise Precision Operational Amplifier

OP-27

FEATURES

- Low Noise ..... 80nV$_{p-p}$ (0.1Hz to 10Hz)
  ..... 3nV/$\sqrt{Hz}$
- Low Drift ..... 0.2μV/°C
- High Speed ..... 2.8V/μs Slew Rate
  ..... 8MHz Gain Bandwidth
- Low V_{OS} 10μV
- Excellent CMRR ..... 126dB at V_{CM} of ±11V
- High Open-Loop Gain ..... 1.8 Million
- Fits 725, OP-07, OP-05, AD510, AD517, 5534A sockets
- Available in Die Form

ORDERING INFORMATION †

T_A = +25°C V_{OS} MAX (μV)	PACKAGE TO-99	CERDIP 8-PIN	PLASTIC 8-PIN	LCC 20-CONTACT	OPERATING TEMPERATURE RANGE
25	OP27AJ*	OP27AZ*	–	–	MIL
25	OP27EJ	OP27EZ	OP27EP	–	NO/COM
60	OP27BJ*	OP27BZ*	–	OP27BR/883	MIL
60	OP27FJ	OP27FZ	OP27FP	–	NO/COM
100	OP27CJ	OP27CZ	–	–	MIL
100	OP27GJ	OP27GZ	OP27GP	–	XIND
100	–	–	OP27GS††	–	XIND

* For devices processed in total compliance to MIL-STD-883, add /883 after part number. Consult factory for 883 data sheet.

† Burn-in is available on commercial and industrial temperature range parts in CerDIP, plastic DIP, and TO-can packages.

†† For availability and burn-in information on SO and PLCC packages, contact your local sales office.

GENERAL DESCRIPTION

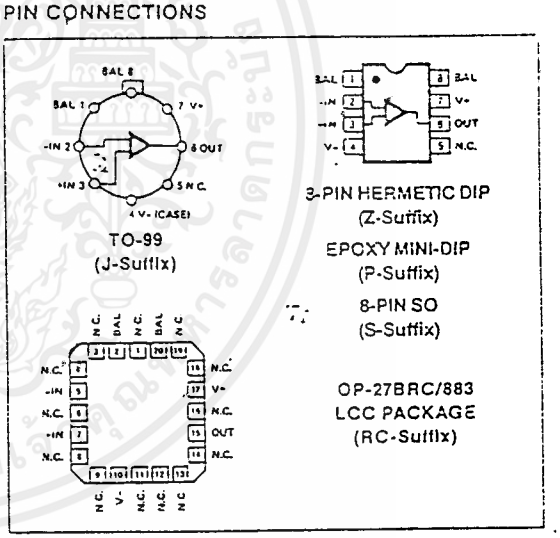
The OP-27 precision operational amplifier combines the low offset and drift of the OP-07 with both high speed and low noise. Offsets down to 25μV and drift of 0.6μV/°C maximum make the OP-27 ideal for precision instrumentation applications. Exceptionally low noise, e_n = 3.5nV/$\sqrt{Hz}$, at 10Hz, a low 1/f noise corner frequency of 2.7Hz, and high gain (1.8 million), allow accurate high-gain amplification of low-level signals. A gain-bandwidth product of 8MHz and a 2.8V/μsec slew rate provides excellent dynamic accuracy in high-speed data-acquisition systems.

A low input bias current of ±10nA is achieved by use of a bias-current-cancellation circuit. Over the military temperature range, this circuit typically holds I_B and I_{OS} to ±20nA and 15nA respectively.

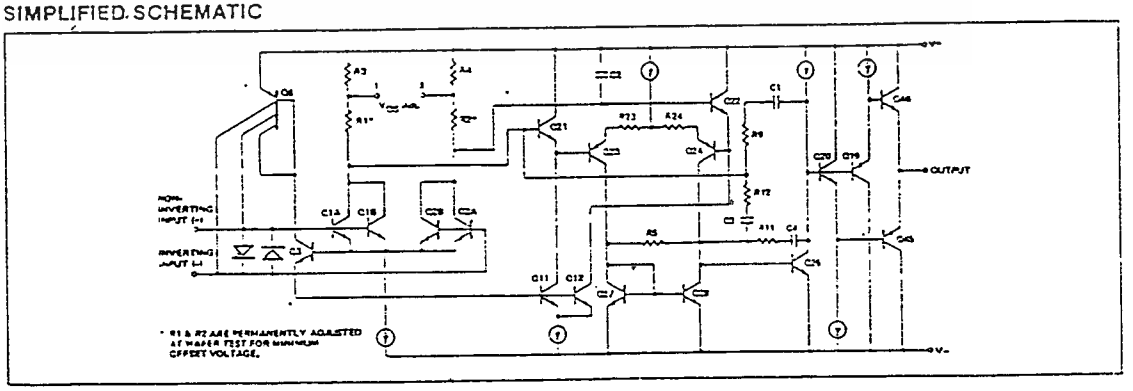
The output stage has good load driving capability. A guaranteed swing of ±10V into 600Ω and low output distortion make the OP-27 an excellent choice for professional audio applications.

PSRR and CMRR exceed 120dB. These characteristics, coupled with long-term drift of 0.2μV/month, allow the circuit designer to achieve performance levels previously attained only by discrete designs.

PIN CONNECTIONS



SIMPLIFIED SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP-27

Low cost, high-volume production of OP-27 is achieved by using an on-chip zener-zap trimming network. This reliable and stable offset trimming scheme has proved its effectiveness over many years of production history.

The OP-27 provides excellent performance in low-noise high-accuracy amplification of low-level signals. Applications include stable integrators, precision summing amplifiers, precision voltage-threshold detectors, comparators, and professional audio circuits such as tape-head and microphone preamplifiers.

The OP-27 is a direct replacement for 725, OP-06, OP-07 and OP-05 amplifiers; 741 types may be directly replaced by removing the 741's nulling potentiometer.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 4)

Supply Voltage ..... ±22V
Input Voltage (Note 1) ..... ±22V
Output Short-Circuit Duration ..... Indefinite
Differential Input Voltage (Note 2) ..... ±0.7V
Differential Input Current (Note 2) ..... ±25mA
Storage Temperature Range ..... –65°C to +150°C
Operating Temperature Range
OP-27A, OP-27B, OP-27C (J, Z, RC) ..... –55°C to +125°C
OP-27E, OP-27F (J, Z) ..... –25°C to +85°C
OP-27E, OP-27F (P) ..... 0°C to +70°C
OP-27G (P, S, J, Z) ..... –40°C to +85°C
Lead Temperature Range (Soldering, 60 sec) ..... 300°C
Junction Temperature ..... –65°C to +150°C

PACKAGE TYPE	θ_{jA} (Note 3)	θ_{jC}	UNITS
TO-99 (J)	150	18	°C/W
8-Pin Hermetic DIP (Z)	148	16	°C/W
8-Pin Plastic DIP (P)	103	43	°C/W
20-Contact LCC (RC)	98	38	°C/W
8-Pin SO (S)	158	43	°C/W

NOTES:
1. For supply voltages less than ±22V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
2. The OP-27's inputs are protected by back-to-back diodes. Current limiting resistors are not used in order to achieve low noise. If differential input voltage exceeds ±0.7V, the input current should be limited to 25mA.
3. θ_{jA} is specified for worst case mounting conditions, i.e., θ_{jA} is specified for device in socket for TO, CerDIP, P-DIP, and LCC packages; θ_{jA} is specified for device soldered to printed circuit board for SO package.
4. Absolute maximum ratings apply to both DICE and packaged parts, unless otherwise noted.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at V_S = ±15V, T_A = 25°C, unless otherwise noted.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	OP-27A/E MIN	OP-27A/E TYP	OP-27A/E MAX	OP-27B/F MIN	OP-27B/F TYP	OP-27B/F MAX	OP-27C/G MIN	OP-27C/G TYP	OP-27C/G MAX	UNITS
Input Offset Voltage	V_{OS}	(Note 1)	—	10	25	—	20	50	—	30	100	µV
Long-Term V_{OS} Stability	V_{OS}/Time	(Notes 2, 3)	—	0.2	1.0	—	0.3	1.5	—	0.4	2.0	µV/Mo
Input Offset Current	I_{OS}		—	7	35	—	9	50	—	12	75	nA
Input Bias Current	I_B		—	±10	±40	—	±12	±55	—	±15	±80	nA
Input Noise Voltage	e_{no-p}	0.1Hz to 10Hz (Notes 3, 5)	—	0.08	0.18	—	0.08	0.18	—	0.09	0.25	µVp-p
Input Noise Voltage Density	e_n	f_O = 10Hz (Note 3)	—	3.5	5.5	—	3.5	5.5	—	3.8	8.0	nV/√Hz
		f_O = 30Hz (Note 3)	—	3.1	4.5	—	3.1	4.5	—	3.3	5.6	
		f_O = 1000Hz (Note 3)	—	3.0	3.8	—	3.0	3.8	—	3.2	4.5	
Input Noise Current Density	i_n	f_O = 10Hz (Notes 3, 6)	—	1.7	4.0	—	1.7	4.0	—	1.7	—	pA/√Hz
		f_O = 30Hz (Notes 3, 6)	—	1.0	2.3	—	1.0	2.3	—	1.0	—	
		f_O = 1000Hz (Notes 3, 6)	—	0.4	0.6	—	0.4	0.6	—	0.4	0.6	
Input Resistance — Differential-Mode	R_{IN}	(Note 7)	1.3	6	—	0.94	5	—	0.7	4	—	MΩ
Input Resistance — Common-Mode	R_{INCM}		—	3	—	—	2.5	—	—	2	—	GΩ
Input Voltage Range	IVR		±11.0	±12.3	—	±11.0	±12.3	—	±11.0	±12.3	—	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	V_{CM} = ±11V	114	125	—	106	123	—	100	120	—	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_S = ±4V to ±18V	—	1	10	—	1	10	—	2	20	µV/V
Large-Signal Voltage Gain	A_{VO}	R_L ≥ 2kΩ, V_O = ±10V	1000	1800	—	1000	1800	—	700	1500	—	V/mV
		R_L ≥ 600Ω, V_O = ±10V	800	1500	—	800	1500	—	600	1500	—	
Output Voltage Swing	V_O	R_L ≥ 2kΩ	±12.0	±13.8	—	±12.0	±13.8	—	±11.5	±13.5	—	V
		R_L ≥ 600Ω	±10.0	±11.5	—	±10.0	±11.5	—	±10.0	±11.5	—	
Slew Rate	SR	R_L ≥ 2kΩ (Note 4)	1.7	2.8	—	1.7	2.8	—	1.7	2.8	—	V/µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $V_S = \pm 15V$, $T_A = 25°C$, unless otherwise noted. (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	OP-27A/E MIN	OP-27A/E TYP	OP-27A/E MAX	OP-27B/F MIN	OP-27B/F TYP	OP-27B/F MAX	OP-27C/G MIN	OP-27C/G TYP	OP-27C/G MAX	UNITS
Gain Bandwidth Prod.	GBW	(Note 4)	5.0	8.0	—	5.0	8.0	—	5.0	8.0	—	MHz
Open-Loop Output Resistance	R_O	$V_O = 0$, $I_O = 0$	—	70	—	—	70	—	—	70	—	Ω
Power Consumption	P_d	V_O	—	90	140	—	90	140	—	100	170	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 10k\Omega$	—	±4.0	—	—	±4.0	—	—	±4.0	—	mV

NOTES:
1. Input offset voltage measurements are performed ~ 0.5 seconds after application of power. A/E grades guaranteed fully warmed-up.
2. Long-term input offset voltage stability refers to the average trend line of V_{OS} vs. Time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in V_{OS} during the first 30 days are typically 2.5μV — refer to typical performance curve.
3. Sample tested.
4. Guaranteed by design.
5. See test circuit and frequency response curve for 0.1Hz to 10Hz tester.
6. See test circuit for current noise measurement.
7. Guaranteed by input bias current.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS for $V_S = \pm 15V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$, unless otherwise noted.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	OP-27A MIN	OP-27A TYP	OP-27A MAX	OP-27B MIN	OP-27B TYP	OP-27B MAX	OP-27C MIN	OP-27C TYP	OP-27C MAX	UNITS
Input Offset Voltage	V_{OS}	(Note 1)	—	30	80	—	50	200	—	70	300	μV
Average Input Offset Drift	TCV_{OS} TCV_{OSn}	(Note 2) (Note 3)	—	0.2	0.6	—	0.3	1.3	—	0.4	1.8	μV/°C
Input Offset Current	I_{OS}		—	15	50	—	22	85	—	30	135	nA
Input Bias Current	I_B		—	±20	±60	—	±28	±95	—	±35	±150	nA
Input Voltage Range	IVR		±10.3	±11.5	—	±10.3	±11.5	—	±10.2	±11.5	—	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 10V$	108	122	—	100	119	—	94	116	—	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 4.5V$ to $\pm 18V$	—	2	16	—	2	20	—	4	51	μV/V
Large-Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \ge 2k\Omega$, $V_O = \pm 10V$	600	1200	—	500	1000	—	300	800	—	V/mV
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \ge 2k\Omega$	±11.5	±13.5	—	±11.0	±13.2	—	±10.5	±13.0	—	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $V_S = \pm 15V$, $-25°C \le T_A \le +85°C$ for OP-27J and OP-27Z, $0°C \le T_A \le +70°C$ for OP-27EP, FP and $-40°C \le T_A \le +85°C$ for OP-27GP, GS, unless otherwise noted.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	OP-27E MIN	OP-27E TYP	OP-27E MAX	OP-27F MIN	OP-27F TYP	OP-27F MAX	OP-27G MIN	OP-27G TYP	OP-27G MAX	UNITS
Input Offset Voltage	V_{OS}		—	20	50	—	40	140	—	55	220	μV
Average Input Offset Drift	TCV_{OS} TCV_{OSn}	(Note 2) (Note 3)	—	0.2	0.6	—	0.3	1.3	—	0.4	1.8	μV/°C
Input Offset Current	I_{OS}		—	10	50	—	14	85	—	20	135	nA
Input Bias Current	I_B		—	±14	±60	—	±18	±95	—	±25	±150	nA
Input Voltage Range	IVR		±10.5	±11.8	—	±10.5	±11.8	—	±10.5	±11.8	—	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 10V$	110	124	—	102	121	—	96	118	—	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 4.5V$ to $\pm 18V$	—	2	15	—	2	16	—	2	32	μV/V
Large-Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \ge 2k\Omega$, $V_O = \pm 10V$	750	1500	—	700	1300	—	450	1000	—	V/mV
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \ge 2k\Omega$	±11.7	±13.6	—	±11.4	±13.5	—	±11.0	±13.3	—	V

NOTES:
1. Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power. A/E grades guaranteed fully warmed-up.
2. The TCV_{OS} performance is within the specifications unnulled or when nulled with $R_p = 8k\Omega$ to $20k\Omega$. TCV_{OS} is 100% tested for A/E grades, sample tested for B/C/F/G grades.
3. Guaranteed by design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

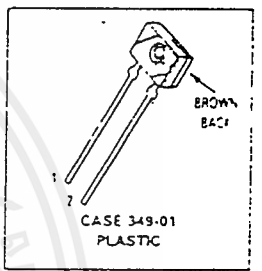
Infrared LED

MLED71

INFRARED
LED
940 nm

This device is designed for a wide variety of infrared applications, including keyboards, end-of-tape sensors, coin or paper handlers, and other general sensing applications. The MLED71 can be used in conjunction with any MRD700 series detector. It features high power output, using gallium arsenide technology.

- Low Cost
- Popular Case 349 Package, with Molded Lens
- Uses Stable Long-Life LED Technology
- Clear Epoxy Package



CASE 349-01
PLASTIC

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	50	mA
Forward Current — Peak Pulse	I_F	1	A
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C (Note 1) Derate above 55°C	P_D	90 2	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	−40 to +100	°C
Storage Temperature	T_{stg}	−40 to +100	°C
Lead Soldering Temperature (Note 2)	—	260	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Leakage Current (V_R = 6 V)	I_R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage (I_F = 50 mA)	V_F	—	1.3	1.5	V
Temperature Coefficient of Forward Voltage	ΔV_F	—	−1.6	—	mV/°K
Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)	C	—	18	—	pF

OPTICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Peak Wavelength (I_F = 60 mA)	λ_P	—	940	—	nm
Spectral Half-Power Bandwidth	$\Delta\lambda$	—	48	—	nm
Continuous Power Output (I_F = 50 mA) (Note 3)	P_O	2	2.5	—	mW
Instantaneous Power Output (I_F = 100 mA)	P_O	—	5	—	mW
Instantaneous Axial Intensity (I_F = 100 mA) (Note 4)	I_O	—	3.5	—	mW/sr
Power Half-Angle	θ	—	±30	—	°
Optical Turn-On and Turn-Off Times	t_{on}, t_{off}	—	1	—	μs

Notes 1. Measured with device soldered into a typical printed circuit board.
2. 5 seconds max., 1/16 inch from case. Heat sink should be applied during soldering, to prevent case temperature from exceeding 100°C.
3. Measured using a Photodyne 88XLA with a #350 integrating sphere.
4. On 0° axis, with cone angle of ± 13°.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

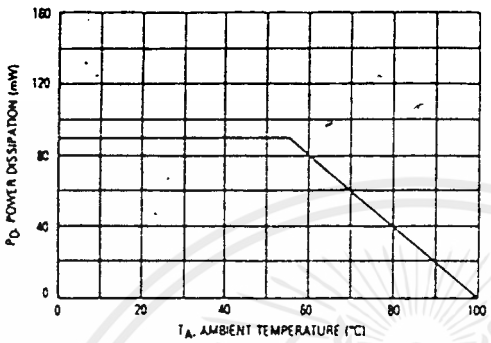


Figure 1. Power Dissipation

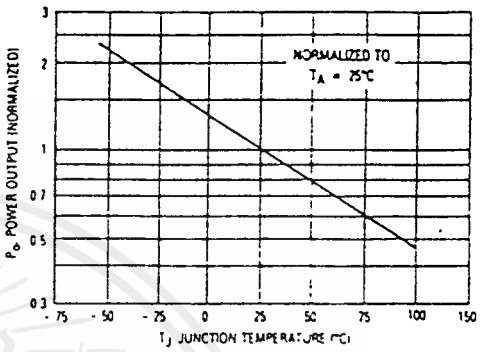


Figure 2. Instantaneous Power Output versus Ambient Temperature

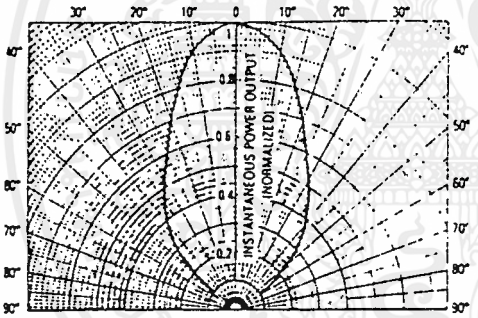


Figure 3. Spatial Radiation Pattern

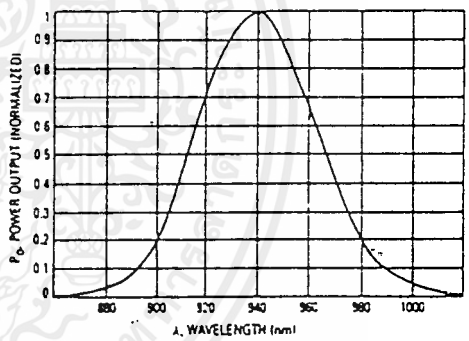


Figure 4. Relative Spectral Output

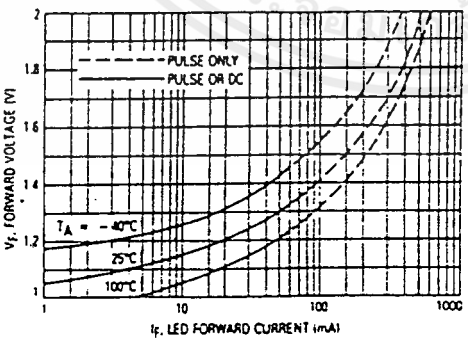


Figure 5. Forward Voltage versus Forward Current

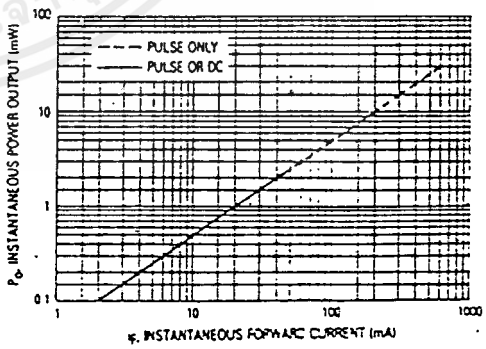


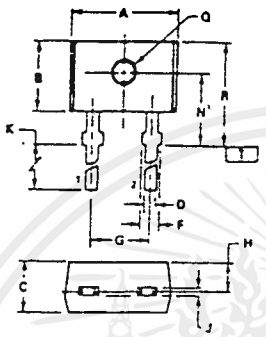
Figure 6. Instantaneous Power Output versus Forward Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MLED71

OUTLINE DIMENSIONS

CASE 349-01
PLASTIC



NOTES
1. DIMENSIONS A, B AND C ARE DATUMS
2. POSITIONAL TOLERANCE FOR D DIMENSION
   ⌖ | 0.25 (0.010) Ⓜ | T | A Ⓜ | C Ⓜ |
3. POSITIONAL TOLERANCE FOR Q DIAMETER
   ⌖ | 0.25 (0.010) Ⓜ | A-Ⓢ | B Ⓜ |
4. T IS SEATING PLANE
5. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5, 1973.

STYLE 1
PIN 1. CATHODE
2. ANODE

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	3.43	4.45	0.135	0.185
B	2.79	3.30	0.110	0.130
C	7.23	3.18	0.285	0.125
D	0.43	0.48	0.017	0.024
F	1.14	1.40	0.045	0.056
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.52 BSC		0.060 BSC	
J	0.23	0.38	0.009	0.027
K	12.83	19.05	0.505	0.750
N	3.05	3.30	0.120	0.130
Q	0.76	1.52	0.030	0.060
R	3.81	4.45	0.150	0.185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MSM6242B

DIRECT BUS CONNECTED CMOS REAL TIME CLOCK/CALENDAR

DESCRIPTION

The MSM6242B is a silicon gate CMOS Real Time Clock/Calendar for use in direct bus-connection Microprocessor/Microcomputer applications. An on-chip 32.768 KHz crystal oscillator time base is divided to provide addressable 4-bit I/O data for SECONDS, MINUTES, HOURS, DAY OF WEEK, DATE, MONTH and YEAR. Data access is controlled by 4-bit address, chip selects ($\overline{CS0}$, CS1), $\overline{WRITE}$, $\overline{READ}$, and ALE. Control Registers D, E and F provide for 30 SECOND error adjustment, INTERRUPT REQUEST (IRQ FLAG) and BUSY status bits, clock STOP, HOLD, and RESET FLAG bits, 4 selectable INTERRUPTS rates are available at the STD.P (STANDARD PULSE) output utilizing Control Register inputs T0, T1 and the ITRPT/STND (INTERRUPT/STANDARD). Masking of the interrupt output (STD.P) can be accomplished via the MASK bit. The MSM6242B can operate in a 12/24 hour format and Leap Year timing is automatic.

The MSM6242B normally operates from a 5V ±10% supply at –40 to 85°C. Battery backup operation down to 2.0V allows continuation of time keeping when main power is off. The MSM6242B is offered in a 18-pin plastic DIP and a 24-pin plastic Small Outline package.

FEATURES

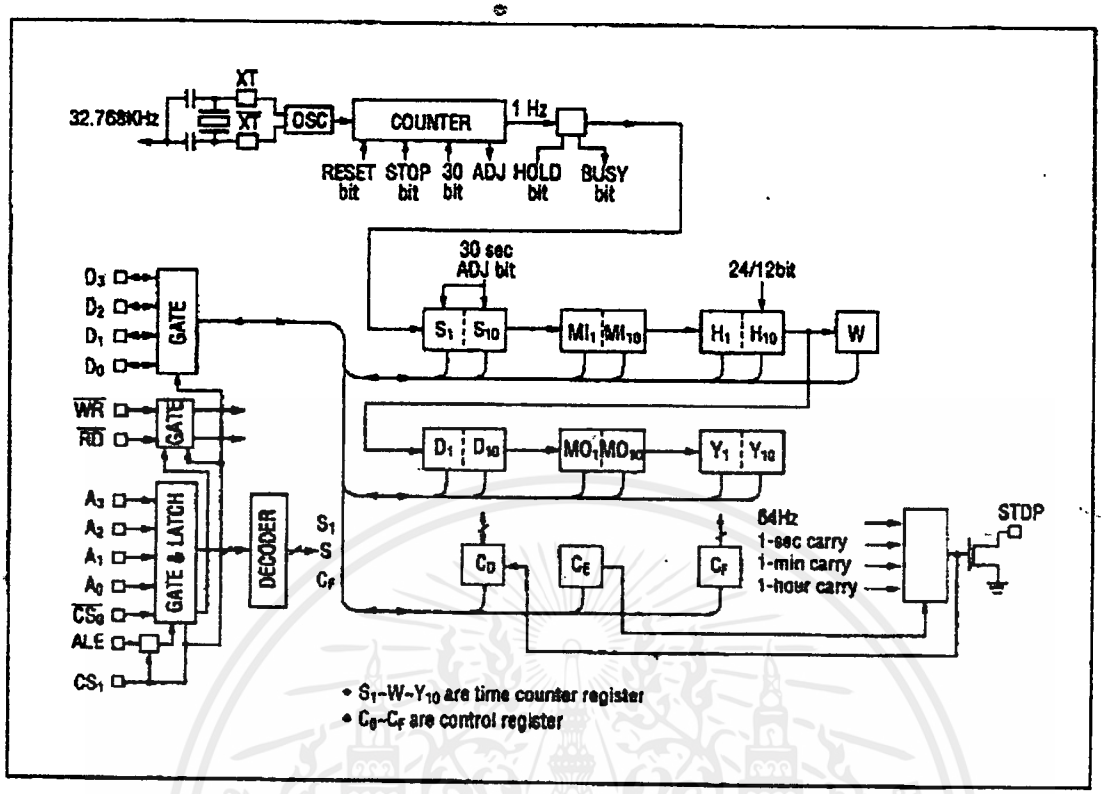
DIRECT MICROPROCESSOR/MICROCONTROLLER BUS CONNECTION

TIME	MONTH	DATE	YEAR	DAY OF WEEK
23:59:59	12	31	80	7

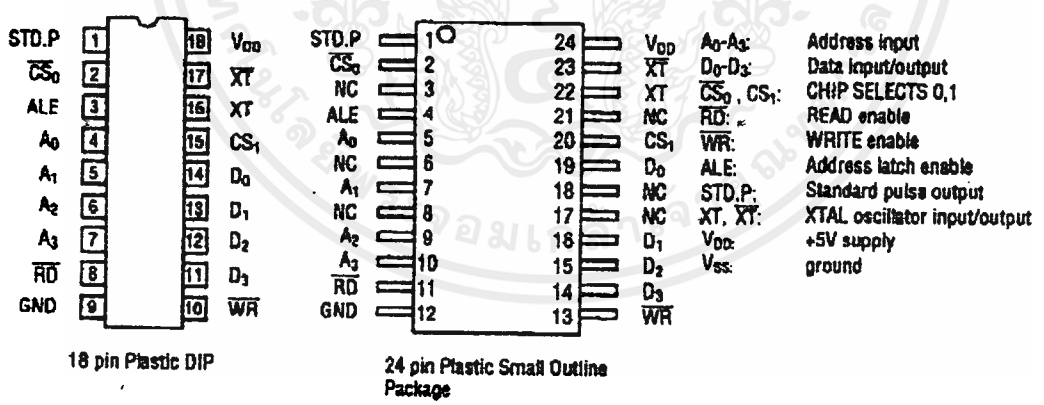
- 4-bit data bus
- 4-bit address bus
- $\overline{READ}$, $\overline{WRITE}$, ALE and CHIP SELECT INPUTS
- Status registers – IRQ and BUSY
- Selectable interrupt outputs – 1/64 second, 1 second, 1 minute, 1 hour
- Interrupt masking
- 32.768 KHz crystal controlled operation
- 12/24 hour format
- Auto leap year
- ±30 second error correction
- Single 5V supply
- Battery backup down to V_{DD} = 2.0V
- Low power dissipation:
  20µW max at V_{DD} = 2V
  150µW max at V_{DD} = 5V
- 18 pin Plastic DIP (DIP18-P-300)
- 24 Pin-V Plastic SOP (SOP24-P-430-VK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PIN CONFIGURATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGISTER TABLE

Address Input	Address Input				Register Name	Data				Count value	Description
	A_3	A_2	A_1	A_0		D_3	D_2	D_1	D_0		
0	0	0	0	0	S_1	S_8	S_4	S_2	S_1	0 ~ 9	1-second digit register
1	0	0	0	1	S_{10}	*	S_{40}	S_{20}	S_{10}	0 ~ 5	10-second digit register
2	0	0	1	0	MI_1	mi_8	mi_4	mi_2	mi_1	0 ~ 9	1-minute digit register
3	0	0	1	1	MI_{10}	*	mi_{40}	mi_{20}	mi_{10}	0 ~ 5	10-minute digit register
4	0	1	0	0	H_1	h_8	h_4	h_2	h_1	0 ~ 9	1-hour digit register
5	0	1	0	1	H_{10}	*	PM/ AM	h_{20}	h_{10}	0 ~ 2 or 0 ~1	PM/AM, 10-hour digit register
6	0	1	1	0	D_1	d_8	d_4	d_2	d_1	0 ~ 9	1-day digit register
7	0	1	1	1	D_{10}	*	*	d_{20}	d_{10}	0 ~ 3	10-day digit register
8	1	0	0	0	MO_1	mo_8	mo_4	mo_2	mo_1	0 ~ 9	1-month digit register
9	1	0	0	1	MO_{10}	*	*	*	MO_{10}	0 ~ 1	10-month digit register
A	1	0	1	0	Y_1	y_8	y_4	y_2	y_1	0 ~ 9	1-year digit register
B	1	0	1	1	Y_{10}	y_{80}	y_{40}	y_{20}	y_{10}	0 ~ 9	10-year digit register
C	1	1	0	0	W	*	w_4	w_2	w_1	0 ~ 6	Week register
D	1	1	0	1	C_D	30 sec. ADJ	IRQ FLAG	BUSY	HOLD	—	Control Register D
E	1	1	1	0	C_E	t_1	t_0	ITRPT /STND	MASK	—	Control Register E
F	1	1	1	1	C_F	TEST	24/12	STOP	REST	—	Control Register F

REST = RESET
ITRPT/STND = INTERRUPT/STANDARD

Note 1) — Bit * does not exist (unrecognized during a write and held at "0" during a read).
Note 2) — Be sure to mask the AM/PM bit when processing 10's of hour's data.
Note 3) — BUSY bit is read only. The IRQ FLAG bit can only be set to a "0". Setting the IRQ FLAG to a "1" is done by hardware.
Note 4) — PM at 1 and AM at 0 for PM / AM bit.

Figure 1. Register Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameter	Symbol	Condition	Rating	Unit
Power Supply Voltage	V_{DD}	Ta = 25°C	-0. 3 ~ 7	V
Input Voltage	V_I		GND -0.3 ~ V_{DD} +0.3	V
Output Voltage	V_O		GND -0.3 ~ V_{DD} +0.3	V
Storage Temperature	T_{STG}		-55 ~ +150	°C

OPERATING CONDITIONS

Parameter	Symbol	Condition	Rating	Unit
Power Supply Voltage	V_{DD}	—	4 ~ 6	V
Standby Supply Voltage	V_{BAK}	—	2 ~ 6	
Crystal Frequency	$f_{(XT)}$	—	32.768	kHz
Operating Temperature	T_{OP}	—	-40 ~ +85	°C

D.C. Characteristics

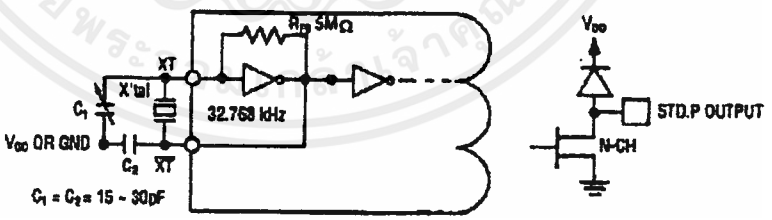
(V_{DD} = 5V ± 10%, T_A = -40 ~ +85)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	Applicable Terminal
"H" Input Voltage	$V_{IH}1$	—	2.2	—	—	V	All input terminals except CS_1
"L" Input Voltage	$V_{IL}1$	—	—	—	0.8		
Input Leak Current	$I_{LK}1$	V_I = V_{DD}/0V	—	—	1/-1	μA	Input terminals other than D_0 ~ D_3
Input Leak Current	$I_{LK}2$		—	—	10/-10		D_0 ~ D_3
"L" Output Voltage	$V_{OL}1$	I_{OL} = 2.5mA	—	—	0.4	V	D_0 ~ D_3
"H" Output Voltage	V_{OH}	I_{OH} = -400μA	2.4	—	—		
"L" Output Voltage	$V_{OL}2$	I_{OL} = 2.5mA	—	—	** 0.4	V	STD.P
OFF Leak Current	I_{OFFLK}	V = V_{DD}/0V	—	—	10	μA	
Input Capacitance	C_I	Input frequency 1MHz	—	5	—	PF	All input terminals
Current Consumption	$I_{DD}1$	$f_{(xt)}$ = 32.768 KHz, CS_1 = 0, V_{DD} = 5V	—	—	30	μA	V_{DD}
Current Consumption	$I_{DD}2$	$f_{(xt)}$ = 32.768 KHz, CS_1 = 0, V_{DD} = 2V	—	—	10		
"H" Input Voltage	$V_{IH}2$	V_{DD} = 2 ~ 5.5V	4/5V_{DD}	—	—	V	CS_1
"L" Input Voltage	$V_{IL}2$		—	—	1/5V_{DD}		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

Name	Pin No. RS	Pin No. GS	Description
D_0	14	19	Data Input/Output pins to be directly connected to a microcontroller bus for reading and writing of the clock/calendar's registers and control registers. D0 = LSB and D3 = MSB.
D_1	13	16	
D_2	12	15	
D_3	11	14	
A_0	4	5	Address input pin for use by a microcomputer to select internal clock/calendar's registers and control registers for Read/Write operations (See Function Table Figure 1). Address input pins A0-A3 are used in combination with ALE for addressing registers.
A_1	5	7	
A_2	6	9	
A_3	7	10	
ALE	3	4	Address Latch Enable pin. This pin enables writing of address data when ALE = 1 and $\overline{CS0}$ = 0; address data is latched when ALE = 0 Microcontroller/Microprocessors having an ALE output should connect to this pin; otherwise it should be connected at V_{DD}
$\overline{WR}$	10	13	Writing of data is performed by this pin. When CS_1 = 1 and $\overline{CS_0}$ = 0, D_0 – D_3 data is written into the register at the rising edge of $\overline{WR}$.
$\overline{RD}$	8	11	Reading of register data is accomplished using this pin. When CS_1 = 1, $\overline{CS_0}$ = 0 and $\overline{RD}$ = 0, the data of this register is output to D_0 – D_3. If both $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ are set at 0 simultaneously, $\overline{RD}$ is to be inhibited.
$\overline{CS_0}$	2	2	Chip Select pins. These pins enable/disable ALE, $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ operation. $\overline{CS_0}$ and ALE work in combination with one another, while CS_1 work independent with ALE. CS_1 must be connected to power failure detection as shown in Figure 18.
CS_1	15	20	
STD.P	1	1	Output pin of N-CH OPEN DRAIN type. The output data is controlled by the D_1 data content of C_E register. This pin has a priority to $\overline{CS_0}$ and CS_1. Refer to Figure 9 and FUNCTIONAL DESCRIPTION OF REGISTERS.
XT	16	22	32.768 kHz crystal is to be connected to these pins. When an external clock of 32.768 kHz is to be used for MSM6242's oscillation source, either CMOS output or pull-up TTL output is to be input from XT, while $\overline{XT}$ should be left open.
$\overline{XT}$	17	23	
V_{DD}	18	24	Power supply pin. +2 ~ +6V power is to be applied to this pin.
GND	9	12	Ground pin.



The impedance of the crystal should be less than 30kΩ

Figure 8. Jacilator Circuit

Figure 9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	−0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	−0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A = 25°C	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0801/02LJ, ADC0802LJ/883	$-55°C \le T_A \le +125°C$
ADC0801/02/03/04LCJ	$-40°C \le T_A \le +85°C$
ADC0801/02/03/05LCN	$-40°C \le T_A \le +85°C$
ADC0804LCN	$0°C \le T_A \le +70°C$
ADC0802/03/04LCV	$0°C \le T_A \le +70°C$
ADC0802/03/04LCWM	$0°C \le T_A \le +70°C$
Range of V_{CC}	4.5 V_{DC} to 6.3 V_{DC}

Electrical Characteristics

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

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

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC} = 5 V_{DC} and T_A = 25°C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	f_{CLK} = 640 kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency Clock Duty Cycle	V_{CC} = 5V, (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS}$ = 0 V_{DC}, f_{CLK} = 640 kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(\overline{WR})L}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}$ = 0 V_{DC} (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	C_L = 100 pF		135	200	ns
t_{1H}, t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	C_L = 10 pF, R_L = 10k (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{WI}, t_{RI}	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
CONTROL INPUTS (Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)						
V_{IN} (1)	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V_{CC} = 5.25 V_{DC}	2.0		15	V_{DC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

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

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

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

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

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

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

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

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see *Figure 2* and section 2.0.

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

Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and *Figure 5*

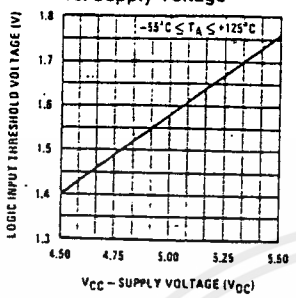
Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically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

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

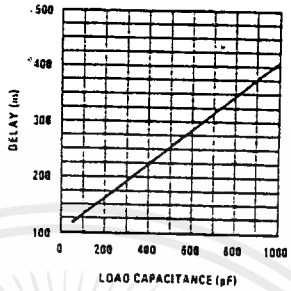
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

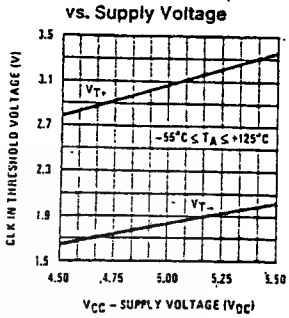
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



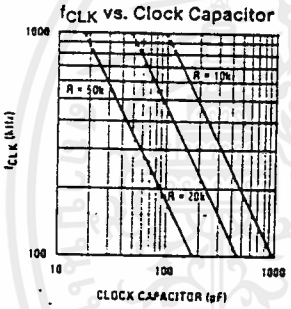
Delay From Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid vs. Load Capacitance



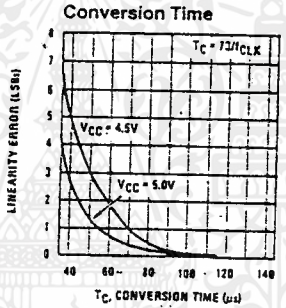
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



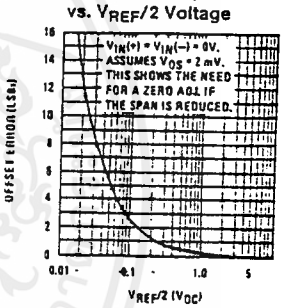
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



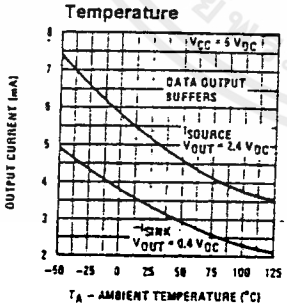
Full-Scale Error vs Conversion Time



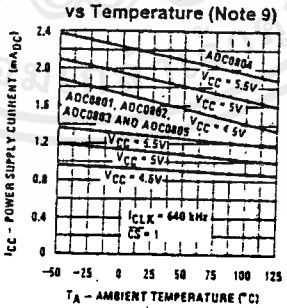
Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF}/2$ Voltage



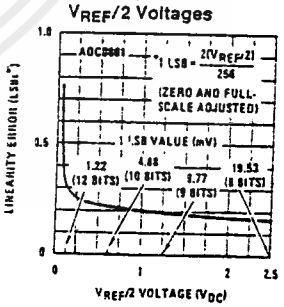
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



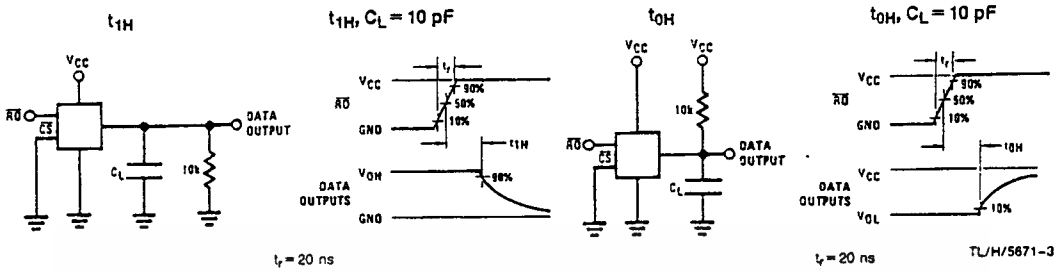
Linearity Error at Low $V_{REF}/2$ Voltages



TL/H/5671–2

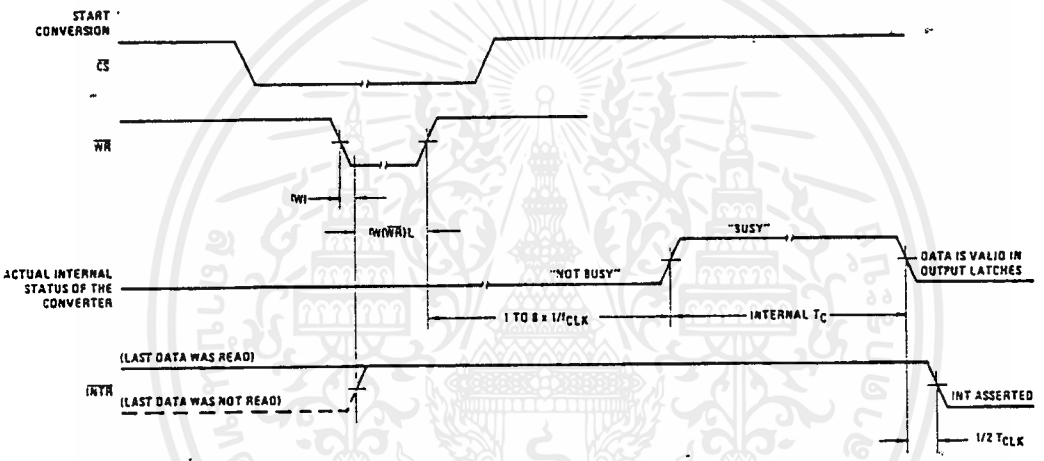
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

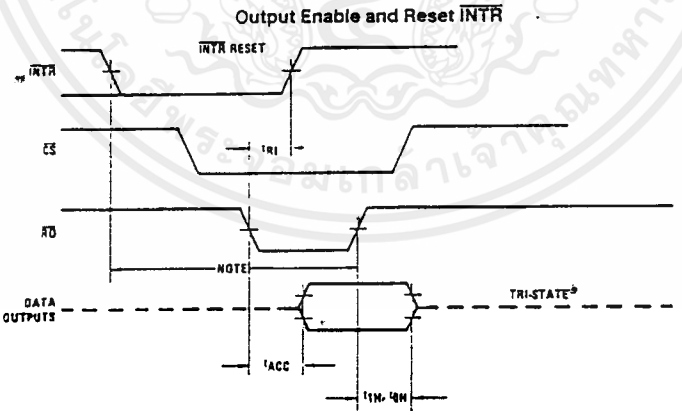


TL/H/5671–3

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



Output Enable and Reset INTR



TL/H/5671–4

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Supply Voltage	28V
Supply Current (Zener Options)	25 mA
Collector Voltage	28V
Differential Input Voltage	
Tachometer	28V
Op Amp/Comparator	28V
Input Voltage Range	
Tachometer LM2907-8, LM2917-8	±28V
LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Op Amp/Comparator	0.0V to +28V
Power Dissipation	
LM2907-8, LM2917-8	1200 mW
LM2907-14, LM2917-14	1580 mW
(See Note 1)	
Operating Temperature Range	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

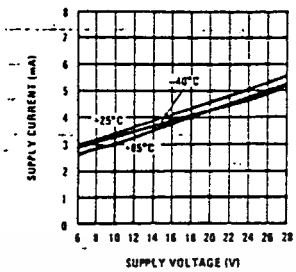
Electrical Characteristics V_{CC} = 12 V_{DC}, T_A = 25°C, see test circuit

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
TACHOMETER						
	Input Thresholds	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)	±10	±25	±40	mV
	Hysteresis	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)		30		mV
	Offset Voltage	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)				
	LM2907/LM2917			3.5	10	mV
	LM2907-8/LM2917-8			5	15	mV
	Input Bias Current	V_{IN} = ±50 mV_{DC}		0.1	1	µA
V_{OH}	Pin 2	V_{IN} = +125 mV_{DC} (Note 3)		8.3		V
V_{OL}	Pin 2	V_{IN} = −125 mV_{DC} (Note 3)		2.3		V
I_2, I_3	Output Current	V2 = V3 = 6.0V (Note 4)	140	180	240	µA
I_3	Leakage Current	I2 = 0, V3 = 0			0.1	µA
K	Gain Constant	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
	Linearity	f_{IN} = 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz (Note 5)	−1.0	0.3	+1.0	%
OP/AMP COMPARATOR						
V_{OS}		V_{IN} = 6.0V		3	10	mV
I_{BIAS}		V_{IN} = 6.0V		50	500	nA
	Input Common-Mode Voltage		0		V_{CC} − 1.5V	V
	Voltage Gain			200		V/mV
	Output Sink Current	V_C = 1.0	40	50		mA
	Output Source Current	V_E = V_{CC} − 2.0		10		mA
	Saturation Voltage	I_{SINK} = 5 mA		0.1	0.5	V
		I_{SINK} = 20 mA			1.0	V
		I_{SINK} = 50 mA		1.0	1.5	V

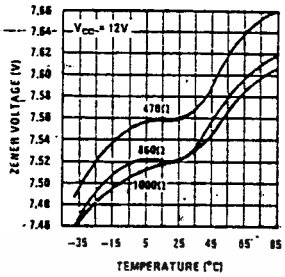
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

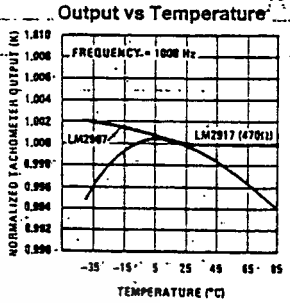
Total Supply Current



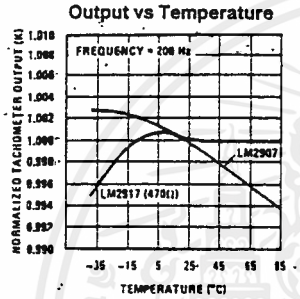
Zener Voltage vs Temperature



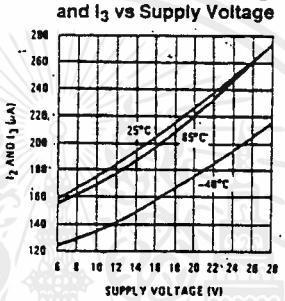
Normalized Tachometer Output vs Temperature



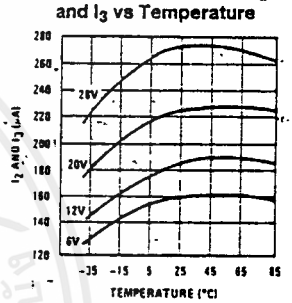
Normalized Tachometer Output vs Temperature



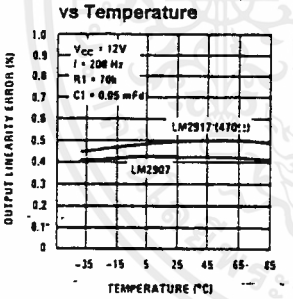
Tachometer Currents I_2 and I_3 vs Supply Voltage



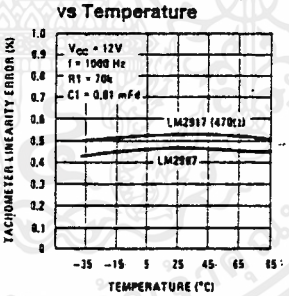
Tachometer Currents I_2 and I_3 vs Temperature



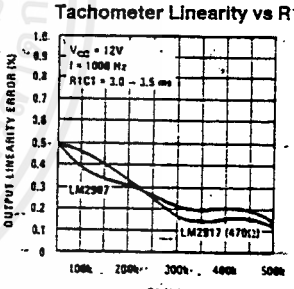
Tachometer Linearity vs Temperature



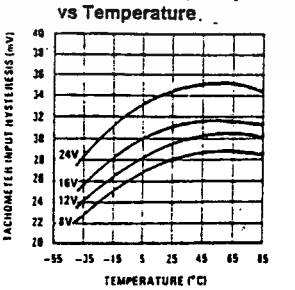
Tachometer Linearity vs Temperature



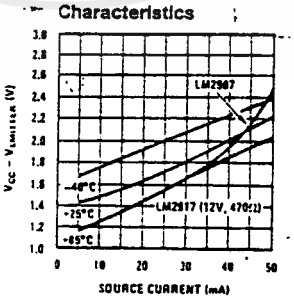
Tachometer Linearity vs R1



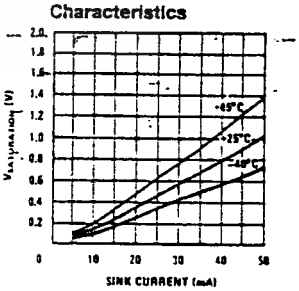
Tachometer Input Hysteresis vs Temperature



Op Amp Output Transistor Characteristics



Op Amp Output Transistor Characteristics



TL/H/7942–5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to ±28V, which are easily attained with these types of pickups.

The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearly between two voltages whose difference is $V_{CC}/2$. Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to $1/2\ f_{IN}$ the change in charge on the timing capacitor is equal to $V_{CC}/2 \times C1$. The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = i_{C(AVG)} = C1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor R1, connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter capacitor, then $V_O = i_C \times R1$, and the total conversion equation becomes:

$$V_O = V_{CC} \times f_{IN} \times C1 \times R1 \times K$$

Where K is the gain constant—typically 1.0.

The size of C2 is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

CHOOSING R1 AND C1

There are some limitations on the choice of R1 and C1 which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 500 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on R1, especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing R1. The output current at pin 3 is internally fixed and therefore $V_O/R1$ must be less than or equal to this value. If R1 is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of C2 is affected by R1. An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single R1C2 combination is:

$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C1}{C2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C1}{I_2}\right) \text{ pk-pk}$$

It appears R1 can be chosen independent of ripple, however response time, or the time it takes V_{OUT} to stabilize at a new voltage increases as the size of C2 increases, so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable input frequency is determined by V_{CC}, C1 and I_2:

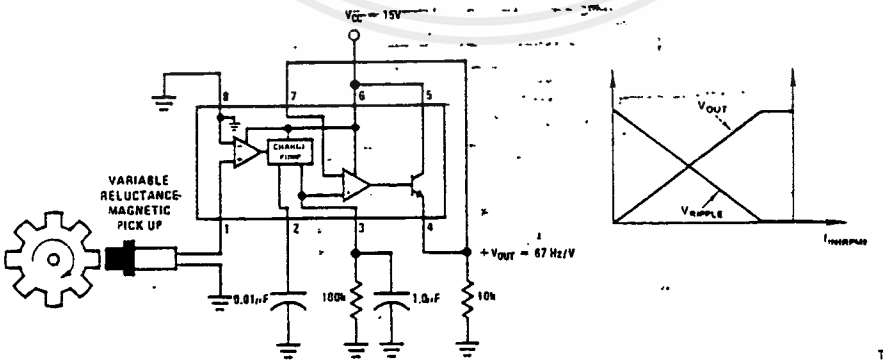
$$f_{MAX} = \frac{I_2}{C1 \times V_{CC}}$$

USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from the unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA at the voltage level provided by the zener. At low supply voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9V to 16V, a resistance of 470Ω will minimize the zener voltage variation to 160 mV. If the resistance goes under 400Ω or over 600Ω the zener variation quickly rises above 200 mV for the same input variation.

Typical Applications

Minimum Component Tachometer



TL/H/7942–8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค)

โปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมต้นฉบับ

(SOURCE CODE)

ภาษาแอสเซมบลี Z80

(Z80 ASSEMBLY LANGUAGE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;##############################################################
;## A HEART-RATE VARIABILITY ACQUISITION SYSTEM ##
;##############################################################
;Control System By  Z-80 Microprocessor
                CPU     "Z80.TBL"
                HOF     "INT8"
                ORG     0000H
;Get I/O Port Address
CMD_POTW:   EQU   60H          ;Command Port Write
CMD_POTR:   EQU   64H          ;Command Port Read
DAT_POTW:   EQU   62H          ;Data Port Write
CONTROL1:   EQU   98H          ;P.C L=Out,P.C H=In
CONTROL2:   EQU   9AH          ;Control 8255#2
CPORT1:     EQU   33H          ;Control 8255#1
IPORT1:     EQU   32H          ;Input Port 1
OPORT1:     EQU   32H          ;Output Port 1
SYSCTRL:    EQU   31H          ;TX Port To Send
CPORT2:     EQU   43H          ;Control Port 8255#2
IPORTA:     EQU   40H          ;Input Port 2A
IPORT2:     EQU   41H          ;Input Port 2B
IO_PORT2:   EQU   42H          ;P.C L=In,P.C H=Out
HOUR1:      EQU   04H          ;Hour Address Of RTC
MIN1:       EQU   02H          ;Minute Address Of RTC
SEC1:       EQU   00H          ;Second Address Of RTC
DATE1:      EQU   06H          ;Date Address Of RTC
MONT1:      EQU   08H          ;Month Address Of RTC
YEAR1:      EQU   0AH          ;Year Address Of RTC
CREG_F:     EQU   0FH          ;Control Internal Reg
CREG_E:     EQU   0EH          ;Interrupt RTC

;Get Memory Address
STACK:      EQU   8020H        ;Stack Pointer
CBUF:       EQU   8050H        ;Display Buffer
KEYTMP:     EQU   805AH        ;Key Buffer
K_PRESS:    EQU   805DH        ;Check Key Buffer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DIVISOR:    EQU   8060H          ;Divisor Buffer
AVG_VAL:    EQU   8063H          ;Average Buffer
PMN_HR:     EQU   8065H          ;Permanent For Save
TEMP_ORD:   EQU   8067H          ;Temp Order
TEMP_CNT:   EQU   8069H          ;Temp Counter
SETADR:     EQU   8071H          ;Temp Set
TIME_MD:    EQU   8073H          ;Sampling Mode
TEMP_1M:    EQU   8075H          ;Temp Save Delay Value
TEMP_END:   EQU   8080H          ;Temp Save End Measure
TEMP_SHW:   EQU   8085H          ;Temp Save HR Display
BAUD:       EQU   8090H          ;Baud Rate
BAUDLY:     EQU   8095H          ;Baud Rate Delay
RS_USR:     EQU   809AH          ;User Address
TEMP_HR1:   EQU   8100H          ;Heart Rate Temp 1
TEMP_HR2:   EQU   8200H          ;Heart Rate Temp 2
MEM_HR:     EQU   83FEH          ;Heart Rate Begin
MEM_END:    EQU   0FFFFH         ;Heart Rate End

;----------Main Program----------;
;Get Address For Stack Pointer
            LD    SP,STACK       ;Stack Pointer
;Get Initial 8255 I/O Port
INIT_PORT:  LD    A,CONTROL1     ;Initial 8255
            OUT   (CPORT1),A
            LD    A,CONTROL2
            OUT   (CPORT2),A
;Initial LCD 1 Line 16 Character
START:      CALL  INIT_LCD       ;Initial LCD
;Display Message To LCD
            LD    B,1
            CALL  DSEC
            LD    HL,MSG_HRV
            CALL  REP
            LD    HL,MSG_VAR
            CALL  REP
            LD    HL,MSG_ACQ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    REP
                LD      HL,MSG_SYS
                CALL    REP
MAIN:           LD      HL,MSG_DONE
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
LOOP_SCAN:      CALL    SCAN_KEY
CP_KEY:         CP      01H             ;Compare Key No
                JP      Z,HR_SHOW
                CP      02H
                JP      Z,TIME_SHOW
                CP      03H
                JP      Z,TIME_SET
                CP      04H
                JP      Z,DATE_SET
                CP      05H
                JP      Z,HR_MSR
                CP      06H
                JP      Z,UPL_DATA
                CP      07H
                JP      Z,HELP
                JP      LOOP_SCAN
SCAN_KEY:       CALL    SCAN
                CP      0FFH
                JR      Z,RETURN
                EXX
                CALL    K_RELEASE
                JR      C,SCAN_KEY
                EXX
                CALL    KEY_CODE
RETURN:         RET

;************************************************
;--------------Sub Routine Service 1-6-----------*
;************************************************
;Sub 1  Heart Rate Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HR_SHOW:    LD      HL,MSG_F1
            CALL    CLR_LCD
            CALL    SHOW
            LD      B,2
            CALL    DSEC
            LD      HL,MSG_HR
            CALL    CLR_LCD
            CALL    SHOW
CV_AG:      CALL    CNVRT
            CALL    SCAN_KEY
            CP      0AH
            JP      NZ,CV_AG
            LD      HL,MSG_EXIT
            CALL    CLR_LCD
            CALL    REP
            JP      MAIN

;Sub 2 Time & Date Show
TIME_SHOW:  LD      HL,MSG_F2
            CALL    CLR_LCD
            CALL    SHOW
SHOW_REP1:  LD      HL,MSG_TI
            CALL    CLR_LCD
            CALL    SHOW
TIME_SH:    CALL    READ_TI
            LD      B,100           ;Delay Display
            CALL    DMSEC           ;Screen
CHK_EXT1:   CALL    SCAN_KEY        ;Check Exit
            CP      0CH
            JR      Z,DATE_SHOW
            CP      0AH
            JR      NZ,SHOW_REP1
            JP      MAIN
DATE_SHOW:
SHOW_REP2:  LD      HL,MSG_DATE
            CALL    CLR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    SHOW
DATE_SH:        CALL    READ_DATE
                LD      B,100           ;Delay Display
                CALL    DMSEC           ;Screen
CHK_EXT2:       CALL    SCAN_KEY        ;Check Exit
                CP      0CH
                JR      Z,TIME_SHOW
                CP      0AH
                JR      NZ,SHOW_REP2
                JP      MAIN

;Sub 3 Time Set
TIME_SET:       LD      HL,MSG_TSET
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
AGAIN:          CALL    SCAN_KEY
                CP      0CH
                JP      Z,T_SET
                CP      0AH
                JP      NZ,AGAIN
                LD      HL,MSG_EXIT
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
                JP      MAIN
T_SET:          LD      HL,MSG_HOUR
                LD      IY,SETADR
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
HOUR:           LD      (IY+0),12
                LD      (IY+5),23
                CALL    SET_TIME        ;Hour Set
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+1),A
MINUTE:         LD      (IY+0),30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      (IY+5),59
                LD      HL,MSG_MINU     ;Minute Set
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
                CALL    SET_TIME
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+2),A
SECOND:         LD      (IY+0),30
                LD      (IY+5),59
                LD      HL,MSG_SEC      ;Second Set
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
                CALL    SET_TIME
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+3),A
                CALL    SETNG
                JP      TIME_SHOW
SET_TIME:
DIS_VAL:        LD      D,8             ;Display Set
                LD      D,A
                CALL    LCDHEX
INP_VAL:        CALL    SCAN_KEY
                CP      08              ;Inc Key
                JP      Z,INCR_VAL
                CP      09              ;Dec Key
                JP      Z,DECR_VAL
                CP      0AH
                JP      Z,MAIN
                CP      0CH             ;Enter key
                RET     Z
                JP      INP_VAL
EXIT_TI:        CALL    SCAN_KEY        ;Check Set?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CP      0CH
                RET
CHK_MAX:        LD      A,(IY+5)        ;Check Max
                CP      (IY+0)
                RET
CHK_MIN:        LD      A,0FFH          ;Check Min
                CP      (IY+0)
                RET
SET_MIN:        LD      (IY+0),0        ;Get Min
                JP      DIS_VAL
SET_MAX:        LD      A,(IY+5)
                LD      (IY+0),A        ;Get Max
                JP      DIS_VAL
INCR_VAL:       INC     (IY+0)          ;Inc Value
                CALL    CHK_MAX
                JP      C,SET_MIN
                CALL    EXIT_TI
                RET     Z
                JP      DIS_VAL
DECR_VAL:       DEC     (IY+0)          ;Dec Value
                CALL    CHK_MIN
                JP      Z,SET_MAX
                CALL    EXIT_TI
                RET     Z
                JP      DIS_VAL
SETNG:          LD      B,(IY+1)        ;Set Time
                LD      C,(IY+2)
                LD      D,(IY+3)
                CALL    WR_TIME
                LD      HL,MSG_SETI
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
                RET

;Sub 4 Date Set
DATE_SET:       LD      HL,MSG_DSET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
AGAIN1:         CALL    SCAN_KEY
                CP      0CH
                JP      Z,D_SET
                CP      0AH
                JP      NZ,AGAIN1
                LD      HL,MSG_EXIT
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
                JP      MAIN
D_SET:          LD      HL,MSG_DTE
                LD      IY,SETADR
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
DATE:           LD      (IY+0),15
                LD      (IY+5),31
                CALL    SET_DATE        ;Date Set
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+1),A
MONTH:          LD      (IY+0),6
                LD      (IY+5),12
                LD      HL,MSG_MNT      ;Month Set
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
                CALL    SET_DATE
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+2),A
YEAR:           LD      (IY+0),50
                LD      (IY+5),99
                LD      HL,MSG_YAR      ;Year Set
                CALL    CLR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    SHOW
                CALL    SET_DATE
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      (IY+3),A
                CALL    SETNG1
                JP      DATE_SHOW
SET_DATE:
DIS_VAL1:       LD      D,8             ;Display Set
                CALL    GOTO_ADR
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                CALL    HTOD
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      D,A
                CALL    LCDHEX
INP_VAL1:       CALL    SCAN_KEY        ;Scan Input
                CP      08              ;Inc Key
                JP      Z,INCR_VAL1
                CP      09              ;Dec Key
                JP      Z,DECR_VAL1
                CP      0AH
                JP      Z,MAIN
                CP      0CH             ;Enter key
                RET     Z
                JP      INP_VAL1
CHK_MAX1:       LD      A,(IY+5)        ;Check Max
                CP      (IY+0)
                RET
CHK_MIN1:       LD      A,0FFH          ;Check Min
                CP      (IY+0)
                RET
SET_MIN1:       LD      (IY+0),0        ;Get Min
                JP      DIS_VAL1
SET_MAX1:       LD      A,(IY+5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      (IY+0),A            ;Get Max
                JP      DIS_VAL1
INCR_VAL1:      INC     (IY+0)              ;Inc Value
                CALL    CHK_MAX1
                JP      C,SET_MIN1
                CALL    EXIT_TI1
                RET     Z
                JP      DIS_VAL1
DECR_VAL1:      DEC     (IY+0)              ;Dec Value
                CALL    CHK_MIN1
                JP      Z,SET_MAX1
                CALL    EXIT_TI1
                RET     Z
                JP      DIS_VAL1
SETNG1:         LD      B,(IY+1)            ;Set Date
                LD      C,(IY+2)
                LD      D,(IY+3)
                CALL    WR_DATE
                LD      HL,MSG_SETI1
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
                RET
EXIT_TI1:       CALL    SCAN_KEY            ;Check Set?
                CP      0CH
                RET

;Sub 5 Heart Rate Measurement
HR_MSR:         LD      HL,MSG_F5
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
T_SEL:          LD      HL,MSG_SEL
                LD      IY,SETADR
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
                LD      (IY+0),1
                LD      (IY+5),5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    SET_MODE        ;Date Set
                LD      A,(IY+0)
                LD      (IY+1),A
                LD      (CBUF),A
                LD      A,(CBUF+2)
                CALL    SETNG2
SET_MODE:
DIS_VAL2:       LD      D,11            ;Display Set
                CALL    GOTO_ADR
                LD      A,(IY+0)
                LD      (CBUF),A
                CALL    HTOD
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      D,A
                CALL    LCDHEX
INP_VAL2:       CALL    SCAN_KEY        ;Scan Input
                CP      08              ;Inc Key
                JP      Z,INCR_VAL2
                CP      09              ;Dec Key
                JP      Z,DECR_VAL2
                CP      0AH
                JP      Z,MAIN
                CP      0CH             ;Enter key
                RET     Z
                JP      INP_VAL2
CHK_MAX2:       LD      A,(IY+5)        ;Check Max
                CP      (IY+0)
                RET
CHK_MIN2:       LD      A,0FFH          ;Check Min
                CP      (IY+0)
                RET
SET_MIN2:       LD      (IY+0),1        ;Get Min
                JP      DIS_VAL2
SET_MAX2:       LD      A,(IY+5)
                LD      (IY+0),A        ;Get Max
                JP      DIS_VAL2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INCR_VAL2:  INC   (IY+0)          ;Inc Value
            CALL  CHK_MAX2
            JP    C,SET_MIN2
            CALL  EXIT_TI2
            RET   Z
            JP    DIS_VAL2
DECR_VAL2:  DEC   (IY+0)          ;Dec Value
            CALL  CHK_MIN2
            JP    Z,SET_MAX2
            CALL  EXIT_TI2
            RET   Z
            JP    DIS_VAL2
SETNG2:     LD    A,(IY+1)
            LD    B,A
            LD    HL,TAB_SEL
LP_CHK:     DEC   B
            JP    Z,T_OK
            INC   HL
            JP    LP_CHK
T_OK:
            LD    A,(HL)
            LD    (TIME_MD),A
            LD    A,(CBUF+2)
            LD    (MEM_HR-3),A
            JP    ST_MSR
EXIT_TI2:   CALL  SCAN_KEY        ;Check Set?
            CP    0CH
            RET

ST_MSR:     LD    HL,MSG_START
            CALL  CLR_LCD
            CALL  SHOW
WAIT5:      CALL  SCAN_KEY
            CP    0AH
            JP    Z,MAIN
            CP    0CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JP      NZ,WAIT5
                LD      HL,MSG_MSR
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
BGN_MSR:        LD      HL,MEM_HR       ;Begin
                CALL    RD_DATE
                LD      (HL),B          ;Begin Date
                INC     HL
                LD      (HL),C          ;Begin Month
                INC     HL
                LD      (HL),D          ;Begin Year
                INC     HL
                LD      (PMN_HR),HL
                CALL    RD_TIME
                LD      HL,(PMN_HR)
                LD      (HL),B          ;Begin Hour
                INC     HL
                LD      (HL),C          ;Begin Minute
                INC     HL
                LD      (HL),D          ;Begin Second
                INC     HL
                LD      (PMN_HR),HL
BGN_MSR1:       LD      DE,0
                LD      DE,1            ;Order Of HR
                LD      (TEMP_ORD),DE
HR_SV:          LD      IY,TEMP_HR2
                LD      A,(TIME_MD)
                LD      (TEMP_1M),A
                LD      A,0             ;Num Divided
                LD      (TEMP_CNT),A
SV_REP0:        LD      C,1
                LD      A,C
                LD      (DIVISOR),A
                LD      HL;TEMP_HR1
SV_REP:         LD      B,1             ;Delay 1 Sec
                CALL    DSEC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SV_HR1:     LD      A,00000001B
            OUT     (IO_PORT2),A
            NOP
            NOP
            LD      A,00000011B
            OUT     (IO_PORT2),A
WAIT_CVT:   IN      A,(IO_PORT2)
            BIT     4,A
            JR      NZ,WAIT_CVT
            LD      A,00000010B
            OUT     (IO_PORT2),A
            NOP
            NOP
            LD      A,00000011B
            OUT     (IO_PORT2),A
READ_DAT:   IN      A,(IPORT2)
            LD      (HL),A
            INC     HL
            DEC     C
            JP      NZ,SV_REP
            CALL    SCAN_KEY            ;Check Terminate
            CP      0AH
            JP      Z,DISP_RATE
            LD      IX,TEMP_HR1         ;First Find AVG
            CALL    FIND_AVG
SV_HR2:LD   A,(TEMP_1M)
            LD      B,A
            LD      A,(AVG_VAL)
            LD      (IY+0),A
            LD      A,(TEMP_CNT)
            INC     A
            LD      (TEMP_CNT),A
            DEC     B
            JP      Z,HRSV
            LD      A,B
            LD      (TEMP_1M),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     IY
                JP      SV_REP0
HRSV:           LD      IX,TEMP_HR2         ;Second AVG
                LD      A,(TEMP_CNT)
                LD      (DIVISOR),A
                CALL    FIND_AVG
                LD      HL,(PMN_HR)
                LD      BC,0
                LD      BC,(TEMP_ORD)
                INC     BC
                LD      (TEMP_ORD),BC
                LD      A,(AVG_VAL)
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (PMN_HR),HL
                PUSH    HL
                SCF
                CCF
                LD      DE,MEM_END
                SBC     HL,DE
                POP     HL
                JP      Z,DISP_RATE
                LD      (PMN_HR),HL
                JP      HR_SV
DISP_RATE:      LD      HL,(PMN_HR)
                LD      A,"#"               ;End Code
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      A,0FFH              ;End Block
                LD      (HL),A
                LD      BC,0
                LD      BC,(TEMP_ORD)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DEC     BC
                LD      (MEM_HR-2),BC
                LD      HL,MSG_COMPT
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
NO_CMP:         CALL    SCAN_KEY
                CP      0CH
                JP      NZ,NO_CMP
SHOW_RATE:      LD      HL,MSG_HR
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
                CALL    CNVRT
                RET

;Sub 6 Upload Data
UPL_DATA:       LD      HL,MSG_F6
                CALL    CLR_LCD
                CALL    REP
                LD      HL,MSG_DUPL
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
WAIT6:          CALL    SCAN_KEY
                CP      0AH
                JP      Z,MAIN
                CP      0CH
                JP      NZ,WAIT6
                LD      HL,MSG_CHKPC
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
WT_CHKPC:       CALL    SCAN_KEY
                CP      0AH
                JP      Z,UPL_DATA
                CP      0CH
                JP      NZ,WT_CHKPC
                LD      HL,MSG_NOWUP
                CALL    CLR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    SHOW
                LD      C,96H
                LD      HL,0000H
                CALL    MODE
SEND_DAT:       LD      HL,MEM_HR-3         ;Send Data To Block
                CALL    TXBLOCK
                LD      HL,MSG_UPCOM
                CALL    CLR_LCD
                CALL    SHOW
WT_RST:         CALL    SCAN_KEY
                CP      0CH
                JP      NZ,WT_RST
                JP      MAIN
;Get Baud Rate
GBAUD:          PUSH    BC
                LD      HL,T_BAUD
                LD      B,4
GBAUD0:         LD      A,(HL)
                CP      C
                JR      Z,GBAUD1
                INC     HL
                INC     HL
                DJNZ    GBAUD0
                SCF
                JR      GBAUD2
GBAUD1:         LD      A,(HL)
                LD      (BAUD),A
                INC     HL
                LD      A,(HL)
                DEC     HL
                LD      (BAUDLY),A          ;Delay Baud Rate
                OR      A
GBAUD2:         POP     BC
                RET
MODE:           PUSH    HL
                CALL    GBAUD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     HL
                LD      A,H
                OR      L
                JR      NZ,MODE1
                DI
MODE1:          LD      (RS_USR),HL
                RET

;Send To Block
TXBLOCK:        LD      A,(HL)          ;Send Block
                CP      0FFH
                RET     Z
                CALL    CONOUT
                INC     HL
                JR      TXBLOCK
                RET
;Send To Reg
DSPC:           PUSH    DE
                PUSH    HL
                CALL    HTOA
                CALL    PCSBY
                LD      D,E
                CALL    PCSBY
                POP     HL
                POP     DE
                RET
;Hex To Ascii
HTOA:           LD      A,C
                CALL    HEXASC
                RET
;Output To console
CONOUT:         PUSH    HL
                PUSH    DE
                PUSH    BC
                PUSH    AF
                LD      D,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    PCSBY
                POP     AF
                POP     BC
                POP     DE
                POP     HL
                RET
;Send One Bye
PCSBY:          LD      A,0A0H          ;Delay dos up load
PCSBY1:         PUSH    AF
                POP     AF
                DEC     A
                JR      NZ,PCSBY1
PCSBYP:         LD      A,00000000B     ;Sart= H,Bit0 C=L
                OUT     (SYSCTRL),A
                CALL    PCSBYD
                PUSH    BC
                LD      B,8
PCSBY11:        XOR     A               ;8 BIT DATA LOOP
                RRC     D
                RL      A
                AND     00000001B       ;PC0
                OUT     (SYSCTRL),A     ;SERIAL OUT
                CALL    PCSBYD
                DJNZ    PCSBY11
                POP     BC
                LD      A,00000001B
                OUT     (SYSCTRL),A     ;STOP BIT = LOW
                CALL    PCSBYD
                RET
;Baud Rate Delay
PCSBYD:         LD      A,(BAUDLY)
PCSBYD1:        DEC     A
                JR      NZ,PCSBYD1
                RET
                JP      MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;Sub 6 Help
HELP:       CALL    CLR_LCD
            LD      HL,MSG_HELP
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF1
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F1
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF2
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F2
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF3
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F3
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF4
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F4
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF5
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F5
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_PF6
            CALL    REP
            LD      HL,MSG_F6
            CALL    REP
            JP      MAIN
;Display Options
REP:        CALL    SHOW
            CALL    CUR_OFF
            LD      B,2
            CALL    DSEC
            CALL    CLR_LCD
            LD      B,1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DSEC
                RET
SHOW:           CALL    WR_LCD_MSG
                CALL    CUR_OFF
                RET
;************************************************
;-----------3 X 4  MATRIX KEYBOARD----------*
;************************************************
SCAN:           LD      C,OPORT1
                LD      L,0                     ;Get Key No.
                LD      B,4
                LD      D,3
                LD      E,11111110B
                LD      H,00000111B
SCAN_1:         OUT     (C),E
                IN      A,(IPORT1)
                SRL     A
                SRL     A
                SRL     A
                SRL     A
                AND     H
                CP      H
                JR      NZ,SCAN_2
                LD      A,L
                ADD     A,D
                LD      L,A
                RLC     E
                DJNZ    SCAN_1
                LD      HL,K_PRESS
                RES     0,(HL)
                LD      A,0FFH
SCAN_2:         RET
K_RELEASE:      LD      HL,K_PRESS              ;Key Release
                BIT     0,(HL)
                SCF
                RET     NZ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETT    0,(HL)
                CCF
                RET
KEY_CODE:       INC     L               ;Find Key
                RR      A
                JR      C,KEY_CODE
                LD      A,L
                LD      (KEYTMP),A      ;Key No
                RET

;***********************************************
;----------FIND AVERAGE VALUE SUB----------*
;***********************************************
FIND_AVG:       PUSH    AF
                PUSH    BC
                PUSH    DE
                PUSH    HL
                LD      H,0
                LD      D,0
                LD      A,(DIVISOR)
                LD      B,A
                LD      L,(IX+0)
ADDER:          INC     IX
                DEC     B
                JP      Z,ADDED
                LD      E,(IX+0)
                ADD     HL,DE
                JP      ADDER
ADDED:          LD      A,(DIVISOR)
                LD      E,A
                LD      D,0
                CALL    DIVIDED         ;Go Division
                LD      A,L
                LD      (AVG_VAL),A
                POP     HL
                POP     DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     BC
                POP     AF
                RET
;***********************************************
;-------------16 BIT DIVISION SUB-------------*
;***********************************************
DIVIDED:        LD      A,E             ;DE Zero
                OR      D               ;Or Not
                JR      NZ,DIV
                LD      HL,0
                LD      D,H
                LD      E,L
                SCF
                RET
DIV:            LD      C,L
                LD      A,H
                LD      HL,0
                LD      B,16
                OR      A
DVLOOP:         RL      C
                RLA
                RL      L
                RL      H
                PUSH    HL
                SBC     HL,DE
                CCF
                JR      C,DROP
                EX      (SP),HL
DROP:           INC     SP
                INC     SP
                DJNZ    DVLOOP
                EX      DE,HL
                RL      C
                LD      L,C
                RLA
                LD      H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                OR      A
                RET
;***********************************************
;-------------READ 1 PULSE SUB-------------*
;***********************************************
RD_PULSE:       PUSH    AF              ;Check 1 Pulse
RD_1:           IN      A,(IPORTA)      ;Check Low
                BIT     0,A
                JR      NZ,RD_1
RD_2:           IN      A,(IPORTA)      ;Check High
                BIT     0,A
                JR      Z,RD_2
RD_3:           IN      A,(IPORTA)      ;Check Low
                BIT     0,A
                JR      NZ,RD_3
                POP     AF              ;1 Pulse Pass
                RET

;***********************************************
;---ANALOG TO DIGITAL CONVERTER SUB---*
;***********************************************
CNVRT:          LD      HL,TEMP_SHW
                LD      C,10
CNVRT1:         LD      A,00000001B     ;Read Data
                OUT     (IO_PORT2),A
                NOP
                NOP
                LD      A,00000011B
                OUT     (IO_PORT2),A
READ:           IN      A,(IO_PORT2)
                BIT     4,A
                JR      NZ,READ
                LD      A,00000010B
                OUT     (IO_PORT2),A
                NOP
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      A,00000011B
                OUT     (IO_PORT2),A
IN_DAT:         IN      A,(IPORT2)
                LD      B,80
                CALL    DMSEC
                LD      (HL),A
                INC     HL
                DEC     C
                JP      NZ,CNVRT1
                LD      A,(DIVISOR)
                PUSH    AF
                PUSH    IX
                LD      A,10
                LD      (DIVISOR),A
                LD      IX,TEMP_SHW
                CALL    FIND_AVG
                POP     IX
                POP     AF
                LD      (DIVISOR),A
                LD      A,(AVG_VAL)
CONVERT:        LD      (CBUF),A        ;Hex to Dec
                CALL    HTOD
                LD      A,(CBUF+3)
                LD      D,A
                CALL    DISP1           ;Dec Value
                LD      A,(CBUF+2)
                LD      D,A
                CALL    DISP2
                RET
DISP1:          PUSH    DE
                LD      D,6
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                RET
DISP2:          PUSH    DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      D,8
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                RET

;***********************************************
;-----------REAL TIME CLOCK SUB-----------*
;***********************************************
;TIME
READ_TI:        CALL    RD_TIME
                LD      L,D
                LD      D,B
DISPLY1:        PUSH    DE                      ;Display Time
                LD      D,5
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
DISPLY2:        LD      D,C
                PUSH    DE
                LD      D,8
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                LD      D,L
DISPLY3:        PUSH    DE
                LD      D,11
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                RET
;DATE
READ_DATE:      CALL    RD_DATE
                LD      L,D
                LD      D,B
DISPLAY1:       PUSH    DE                      ;Display Date
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      D,5
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
DISPLAY2:       LD      D,C
                PUSH    DE
                LD      D,8
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                LD      D,L
DISPLAY3:       PUSH    DE
                LD      D,11
                CALL    GOTO_ADR
                POP     DE
                CALL    LCDHEX
                RET
;Write Port RTC
WR_RTC:         PUSH    AF
                PUSH    BC
                CALL    HEX_BCD
                OUT     (C),B           ;LOW
                INC     C
                OUT     (C),A           ;HIGH
                POP     BC
                POP     AF
                RET
;Set RTC
WR_TIME:        PUSH    AF
                PUSH    BC
                PUSH    HL
                LD      A,00000111B     ;24,STOP,RES
                OUT     (CREG_F),A
                LD      L,C
                LD      C,HOUR1         ;HOUR
                CALL    WR_RTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      C,MIN1          ;MINUTE
                LD      B,L
                CALL    WR_RTC
                LD      C,SEC1          ;SECOUND
                LD      B,D
                CALL    WR_RTC
                LD      A,00000100B     ;RUN
                OUT     (CREG_F),A
                POP     HL
                POP     BC
                POP     AF
                RET
;Write Date
WR_DATE:        PUSH    AF
                PUSH    BC
                PUSH    HL
                LD      A,00000111B     ;24,STOP,RES
                OUT     (CREG_F),A
                LD      L,C
                LD      C,DATE1         ;DATE
                CALL    WR_RTC
                LD      C,MONT1         ;MONTH
                LD      B,L
                CALL    WR_RTC
                LD      C,YEAR1         ;YEAR
                LD      B,D
                CALL    WR_RTC
                LD      A,00000100B     ;RUN
                OUT     (CREG_F),A
                POP     HL
                POP     BC
                POP     AF
                RET
;Read Port RTC
RD_RTC:         PUSH    BC
                INC     C               ;HIGH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                IN      B,(C)
                LD      A,B
                AND     0FH
                LD      B,A
                DEC     C               ;LOW
                IN      A,(C)
                AND     0FH
                LD      C,A
                CALL    BCD_HEX
                POP     BC
                RET
;Read time
RD_TIME:        PUSH    AF
                PUSH    HL
                LD      C,HOUR1
                CALL    RD_RTC
                LD      H,A             ;HOUR
                LD      C,MIN1
                CALL    RD_RTC
                LD      L,A             ;MINUTE
                LD      C,SEC1
                CALL    RD_RTC
                LD      D,A             ;SEC
                LD      C,L             ;MINUTE
                LD      B,H             ;HOUR
                POP     HL
                POP     AF
                RET
;Read Date
RD_DATE:        PUSH    AF
                PUSH    HL
                LD      C,DATE1
                CALL    RD_RTC
                LD      H,A             ;DATE
                LD      C,MONT1
                CALL    RD_RTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      L,A             ;MONTH
                LD      C,YEAR1
                CALL    RD_RTC
                LD      D,A             ;YEAR
                LD      C,L             ;MONTH
                LD      B,H             ;DATE
                POP     HL
                POP     AF
                RET
;Get RTC Interrupt
GET_IRTC:       LD      A,3
                OUT     (CREG_F),A
                LD      A,02H
                SLA     A
                SLA     A
                OUT     (CREG_E),A
                LD      A,4
                OUT     (CREG_F),A
                RET
;Clear Interrupt RTC
CLR_IRTC        IN      A,(CREG_E)
                SETT    0,A
                OUT     (CREG_E),A
                RET
;************************************************
;-------------LCD GROUP PROGRAM-------------*
;************************************************
;Initialize LCD Module
INIT_LCD:       PUSH    DE
                LD      D,38H           ;Reset code
                CALL    LCDCMD          ;Out command
                LD      D,0FH           ;Disp on & blink
                CALL    LCDCMD
                LD      D,6             ;Cursor move ->
                CALL    LCDCMD
                CALL    CLR_LCD         ;HOME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     DE
                RET
;Out LCD Command
LCDCMD:         PUSH    AF              ;Save reg
                CALL    READY           ;Wait for LCD
                LD      A,D
                OUT     (CMD_POTW),A
                CALL    READY
                POP     AF
                RET
;Wait For LCD
READY:          PUSH    AF              ;Save reg
RDY1:           IN      A,(CMD_POTR)    ;Check for wait
                BIT     7,A
                JR      NZ,RDY1
                POP     AF
                RET
;Goto LCD Address
GOTO_ADR:       PUSH    AF
                LD      A,D
                CP      16
                RET     NC
                BIT     3,A
                JR      Z,GOTO_A1
                RES     3,D
                SETT    6,D
GOTO_A1:        SETT    7,D
                CALL    LCDCMD
                POP     AF
                RET
;Write LCD
WRLCD:          PUSH    AF
                PUSH    DE
                CALL    READY           ;Wait
                LD      A,D
                OUT     (DAT_POTW),A    ;Write character
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    READY           ;to LCD
WRLCD2:         POP     DE
                POP     AF
                RET
;Write Block
WR_LCD_MSG:     PUSH    AF
                PUSH    DE
WR_MSG0:        LD      A,(HL)
                OR      A
                JR      Z,WR_MSG1
                LD      D,A
                CALL    WRLCD
                CALL    RDCUR
                CP      8
                LD      D,A
                CALL    Z,GOTO_ADR
                INC     HL
                JR      WR_MSG0
WR_MSG1:        POP     DE
                POP     AF
                RET
;Read Cursor
RDCUR:          IN      A,(CMD_POTR)
                BIT     7,A
                JR      NZ,RDCUR
                BIT     6,A
                RET     Z
                RES     6,A
                SETT    3,A
                RET
;Clear LCD
CLR_LCD:        PUSH    DE              ;Clear LCD
                LD      D,1
                CALL    LCDCMD
                POP     DE
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;Cursor Off
CUR_OFF:    PUSH  DE                ;Off Cursor
            LD    D,00001100B
            CALL  LCDCMD
            POP   DE
            RET
;Write Hex To LCD
LCDHEX:     PUSH  DE
            PUSH  AF
            LD    A,D
            CALL  HEXASC
            CALL  WRLCD
            LD    D,E
            CALL  WRLCD
            POP   AF
            POP   DE
            RET
;************************************************
;----------------CONVERT CODE----------------*
;************************************************
;Binary To Ascii
HEXASC:     PUSH  AF
            RRCA
            RRCA
            RRCA
            RRCA
            CALL  HEXA1
            LD    D,A
            POP   AF
HEXA1:      AND   0FH
            ADD   A,90H
            DAA
            ADC   A,40H
            DAA
            LD    E,A
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;Hex To BCD
HEX_BCD:    LD      A,B
            PUSH    AF
            AND     0FH
            LD      B,A             ;Low byte
            POP     AF
            SRL     A
            SRL     A
            SRL     A
            SRL     A               ;High byte
            RET
;BCD To Hex
BCD_HEX:    LD      A,B
            SLA     A
            SLA     A
            SLA     A
            SLA     A
            OR      C
            RET
;Hex To Decimal
HTOD:       XOR     A
            LD      HL,CBUF+5
            LD      B,3
HTOD1:      DEC     HL
            LD      (HL),A
            DJNZ    HTOD1
            LD      C,16
HTOD2:      LD      HL,CBUF
            RL      (HL)
            INC     HL
            RL      (HL)
            INC     HL
            LD      B,3
HTOD3:      LD      A,(HL)
            ADC     A,A
            DAA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      (HL),A
                INC     HL
                DJNZ    HTOD3
                DEC     C
                JR      NZ,HTOD2
                RET
;***********************************************
;----------------DELAY TIME----------------*
;***********************************************
;Delay In Second
DSEC:           PUSH    HL
                PUSH    AF
DSEC1:          LD      HL,58823
DSEC2:          PUSH    HL
                POP     HL
                PUSH    HL
                POP     HL
                DEC     HL
                LD      A,H
                OR      L
                JR      NZ,DSEC2
                DJNZ    DSEC1
                POP     AF
                POP     HL
                RET
;Delay In Millisecond
DMSEC:          PUSH    HL
                PUSH    DE
                PUSH    AF
                PUSH    BC
DMS0:           LD      HL,99
DMS1:           LD      DE,0
                NOP
                DEC     HL
                LD      A,H
                OR      L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      NZ,DMS1
                NOP
                NOP
                NOP
                LD      DE,0
                DJNZ    DMS0
                POP     BC
                POP     AF
                POP     DE
                POP     HL
                RET
;***********************************************
;-----------Get Message  For LCD Display----------*
;***********************************************
MSG_PF1:        DFB     "PRESS 1 FOR",00H
MSG_PF2:        DFB     "PRESS 2 FOR",00H
MSG_PF3:        DFB     "PRESS 3 FOR",00H
MSG_PF4:        DFB     "PRESS 4 FOR",00H
MSG_PF5:        DFB     "PRESS 5 FOR",00H
MSG_PF6:        DFB     "PRESS 6 FOR",00H
MSG_PRES:       DFB     "PRESS (1-6)",00H
MSG_F1:         DFB     "HEART-RATE-SHOW",00H
MSG_F2:         DFB     "TIME&DATE-SHOW",00H
MSG_F3:         DFB     "---TIME SET---",00H
MSG_F4:         DFB     "---DATE SET---",00H
MSG_F5:         DFB     "---HR MEASURE---",00H
MSG_F6:         DFB     "---UPLOAD DATA---",00H
MSG_HR:         DFB     " HR =       BPM ",00H
MSG_TI:         DFB     "TIME  :  :  ",00H
MSG_DATE:       DFB     "DATE  :  :  ",00H
MSG_HOUR:       DFB     "HOUR:",00H
MSG_MINU:       DFB     "MINUTE:",00H
MSG_SEC:        DFB     "SECOND:",00H
MSG_DTE:        DFB     "DATE:",00H
MSG_MNT:        DFB     "MONTH:",00H
MSG_YAR:        DFB     "YEAR:",00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSG_SEL:    DFB   "TIMEMODE:    ",00H
MSG_HRV:    DFB   "   HEART RATE   ",00H
MSG_VAR:    DFB   "   VARIABILITY  ",00H
MSG_ACQ:    DFB   "   ACQUISITION  ",00H
MSG_SYS:    DFB   "     SYSTEM     ",00H
MSG_DONE:   DFB   " PRESS KEY 1-6 !",00H
MSG_TSET:   DFB   "   TIME SET ?   ",00H
MSG_DSET:   DFB   "   DATE SET ?   ",00H
MSG_DUPL:   DFB   "  DATA UPLOAD ? ",00H
MSG_YES1:   DFB   "  PRESS ENTER   ",00H
MSG_YES2:   DFB   "  FOR  DONE   ",00H
MSG_SETI:   DFB   "NOW TIME SETTING",00H
MSG_SETI1:  DFB   "NOW DATE SETTING",00H
MSG_HELP:   DFB   "  HELP ! ",00H
MSG_EXIT:   DFB   "  NOW  EXIT ! ",00H
MSG_START:  DFB   " START MEASURE ?",00H
MSG_MSR:    DFB   " NOW MEASURING !",00H
MSG_NOWUP:  DFB   "  NOW UPLOAD !  ",00H
MSG_NOW:    DFB   "  NOW SAVING !  ",00H
MSG_COMPT:  DFB   "---COMPLETE---",00H
MSG_UPCOM:  DFB   " UPLOAD COMPLETE",00H
MSG_CHKPC:  DFB   "   PC RUN OK ?  ",00H
TAB_SEL:    DFB   1,5,10,30,60
T_BAUD:     DFB   12H,40,24H,32,48H,26,96H,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมต้นฉบับ

(SOURCE CODE)

ภาษา วิชวลเบสิก

(VISUAL BASIC LANGUAGE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 4.00
 Sub Comm_Close()
    SePort.PortOpen = False   'Default Port
End Sub
Sub Comm_Open()
    ' Set Port Property
    'Baud Rate=9600 BPS,None Parity
    '8 Data Bits,1 Stop Bit,Com2
    SePort.CommPort = 2
    SePort.Settings = "9600,N,8,1"
    SePort.InputLen = 0
    ' Open the port.
    SePort.PortOpen = True
    ' Set Count
    SePort.InBufferCount = 0
End Sub

Private Sub Poll_Comm()
    Dim I As Integer, h As Integer
    Let I = 1      'Data Order
    Let h = 1     'Head files Order
    On Error Resume Next
    'Get Common Dialog to Save File Action
    CMDialog2.Action = 1
    Fls$ = CMDialog2.filename
    If Fls$ = Empty Then
      Label1.Caption = "     Now Busies  "
      Exit Sub
   Else
     Label1.Caption = "     Now Wait Data"
   End If
    'Open file For Save File
    Open Fls$ For Output As #1
    Do
    Dummy = DoEvents()
    If SePort.InBufferCount Then
    instring$ = instring$ + SePort.Input
    If InStr(instring$, "###") Then
Exit Do
End If
    End If
'Save To File In Memory
End Sub
Private Sub Save_To_File(buffer$, I%, h%)
    Dim Cnt%, b%, temp%
    'Read Data From Buffer
    For Cnt = 1 To Len(buffer)
       temp = Cnt
       C$= Mid$(buffer, Cnt, 1)Text1.Text = buffer
       If C$ = "#" Then
         temp = Cnt
         Cnt = Cnt + 1
         C$ = Mid$(buffer, Cnt, 1)
          If C$ = "#" Then
            temp = Cnt
            Cnt = Cnt + 1
            C$ = Mid$(buffer, Cnt, 1)
            If C$ = "#" Then
            Label1.Caption = "    Download Complet
            Close #1
            GoTo DatStop
            End If
          End If
    End If
   Cnt = temp
   b = Val(Asc(C$))
   If I = 10 Then       'Check Head Order
        GoTo NewOrd
   End If
   Write #1, Str$(I), b 'Write Head To File
   Val (I)
         I = I + 1
         GoTo BgnRd
NewOrd:
        Write #1, Str$(h), b 'Write Data to file
        h = h + 1
        BgnRd:
              Next Cnt
        DatStop:
        End Sub

Private Sub Download_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ' Warnning Message!
    Msgstr$ = "Before download you must connect wire
              beetween PC and SYSTEM "
    Options = 0
    Title$ = "Warning..."
    Response = MsgBox(Msgstr$, Options + 48, Title$)
    Select Case Response
        Case 1
            GoTo Download
    End Select
Download:
    Comm_Open                   'Open Com Port
    Poll_Comm                   'Process Data
    Comm_Close                  'Close Com Port
    Dwncomm.Visible = False
    Download.Enabled = True
    If AutoGraph.Value = 1 Then     'Check Auto Graph
        AutoGraph.Value = 0
        hrvplt.Show
    Else
        Menu.Show
    End If
    Label1.Caption = "      STATUS"
End Sub

Private Sub Extdown_Click()
    Fls$ = Empty            'Let Empty File
    AutoGraph.Value = False
    Download.Enabled = True
    Label1.Caption = "      STATUS"
    Menu.Show
    Dwncomm.Visible = False
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Fls$ = Empty
    'Get Format expand
    CMDialog2.Filter = "Text Files(*.txt)|*.txt|"
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Dwncomm.Width = 7605
    If WindowState = 0 Then
        Move (Screen.Width - Dwncomm.Width) / 2,
(Screen.Height - Dwncomm.Height) / 2
End If
End SubPrivate Sub dwnload_Click()
    Dwncomm.Show
End Sub

Private Sub Exprog_Click()
    End
    Menu.Visible = False
End Sub

Private Sub Form_Load()
    'Get File Expansion
    CMDialog2.Filter = "Text Files(*.txt)|*.txt|"
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Menu.Height = 8235
    Menu.Width = 7905
    If WindowState = 0 Then
        Move (Screen.Width - Menu.Width) /
(Screen.Height - Menu.Height) / 2
    End If
End Sub

Private Sub hrvplot_Click()
    On Error Resume Next
    hrvplt.Show
End Sub
    'Declaration Variable
    Dim maxHR!, numHR%, Div%, b%, LpChk%
    Dim DateVal$, MonthVal$, YearVal$
    Dim HourVal$, MinuteVal$, SecondVal$
    Dim BgnHr%, EndHr%, Numhr1%, ChkHR%
    Dim slight1%, slight2%, slight3%
    Dim MinuteItv%, MinuteAcp%, TempM%
    Dim HourItv%, HourAcp%, TempH%
    Dim CntDate$, CntMonth$, CntYear$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปอ้าง

```
    Dim CntMode$, CntHRL$, CntHRH$
    Dim HRH$, HRL$, CountHR$, Order$
    Option Explicit


Private Sub Display_Graph()
    Dim hrv As String
    Let hrv = "HEART RATE VARIABILITY"
    'Plot Heart Rate Variability Graph
    p.Cls
    Call Read_numHR                 'Find Number Of Heart
Rate
    On Error Resume Next
    On Error GoTo ED
    ReDim Tm(1 To numHR) As String
    ReDim Hr(1 To numHR) As Single
    Call ReadData(Tm(), Hr())       'Read Heart Rate data
    ChkHR = numHR
    slight.Max = numHR
    If numHR <> Numhr1 Then
                numHR = Numhr1
    End If
    If ChkHR > 30 Then
                slight.Enabled = True
                slight.Top = 7600
                slight.Min = 300
                slight.LargeChange = 300
                slight.SmallChange = 300
    End If
    p.MousePointer = 11
    'Draw Grid And Title
    Display_grid hrv, numHR, Tm(), Div, maxHR
    b = 1
    'Draw Line
    Display_Lines numHR, Hr(), maxHR
    p.MousePointer = 0
    GoTo ED
ED:
End Sub

Private Sub Display_grid(Title$, Nheart%, Times() As
String, Ndivid%, Maxvalue!)
    Dim Tm$, Hr$, Yvalue!, Value$, Xvalue!
    Dim HourBgn%, MinuteBgn%, numHRtmp%
    'Draw x-axis,y-axis
    'Draw grid,Title
    Tm$ = "TIME (SECONDS)"
    Hr$ = "HEART RATE (BPM)"
    p.Scale (-15, 120)-(110, -15)
    p.CurrentX = (100 - p.TextWidth(Title)) / 2
    p.CurrentY = 120 + p.TextHeight(Title)
    p.ForeColor = QBColor(12)
    p.Print Title               ' print graph title
    p.ForeColor = &HC0C0C0
    p.CurrentX = (3 - p.TextWidth(Hr$)) / 2
    p.CurrentY = 115 + p.TextHeight(Hr$)
    p.Print "HEART RATE (BPM)"
    Itvtime.Caption = "      Time Scale  x " + Str$(Val
(ModeVal))
    'Draw  Time And Date
    p.CurrentX = 25
    p.CurrentY = 105
    p.Print "Save  at   ";
    p.Print "  Date "; Hex$(DateVal); ":"; Hex$(MonthV
":"; Hex$(YearVal),
    p.Print " Time "; Hex$(HourVal); ":"; Hex$(MinuteV
":"; Hex$(SecondVal)
    p.CurrentX = (100 - p.TextWidth(Tm$)) / 2
    p.CurrentY = -2 + p.TextHeight(Tm$)
    p.Print Tm$
    'p.ForeColor = &HC0C0C0
    p.CurrentX = -1
    p.CurrentY = -2
    p.Print "0"
    p.Line (0, 0)-(0, 100)          ' draw x-axis
    p.Line (0, 0)-(100, 0)          ' draw y-axis
    'Draw HR Title
    For I = 1 To Ndivid             ' draw grid lines
                p.DrawStyle = 0
                Yvalue = 100# * I / Ndivid
p.Line (-1, Yvalue)-(0, Yvalue)     ' y-axis tick marks
p.DrawStyle = 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    p.Line (0, Yvalue)-(100, Yvalue)     ' y-axis grid dashed
    grid lines
    Value$ = Format$(Maxvalue * I / Ndivid, "#,##0.#")
    p.CurrentX = -3 - p.TextWidth(Value$)   ' right justify text
    p.CurrentY = Yvalue - p.TextHeight(Value$) / 2   ' center
    veritcally
    p.Print Value$;                         ' y-axis values
    Next I
    'Check number of HR
        BgnHr = Nheart - 250
        EndHr = 50
        BgnHr1 = BgnHr - 49
        'Draw Time Title
        Let a = 50
    For I = BgnHr To Nheart Step EndHr     ' Print Time
    Description
        p.DrawStyle = 0
        Xvalue = 100 * a / 300
        p.Line (Xvalue, -1)-(Xvalue, 2)        ' x-axis tick marks
        p.CurrentY = -2
        p.CurrentX = Xvalue - p.TextWidth(Times(I)) / 2
        p.Print Times(I)
        p.DrawStyle = 2
        p.Line (Xvalue, 0)-(Xvalue, 100)          'x-axis grid
        p.DrawStyle = 0
        a = a + 50
        Next I
End Sub

Sub Read_numHR()
    Dim Ord As Integer, Fst As Integer
    Dim Snd As Integer, Trd As Integer
    Dim HrCvt As Integer
    On Error Resume Next
    Open Fls$ For Input As #1    'Open File
        'Read Head Of File
    Input #1, Order, CntMode     'Mode
    Input #1, Order, CntHRL      'Number HR Low
    Input #1, Order, CntHRH      'Number HR High
    Input #1, Order, CntDate     'Date
    Input #1, Order, CntMonth    'Month
    Input #1, Order, CntHour     'Hour
    Input #1, Order, CntMinute   'Minute
    Input #1, Order, CntSecond   'Second
        'Store To Variable
    ModeVal = CntMode
    DateVal = CntDate
    MonthVal = CntMonth
    YearVal = CntYear
    HourVal = CntHour
    MinuteVal = CntMinute
    SecondVal = CntSecond
        'Convert To Decimal
    HRH = Hex$(CntHRH)
    HRL = Hex$(CntHRL)
    CountHR = HRH + HRL
                Fst = Val(HRH)
                Snd = Val(Left$(HRL, 1))
                Trd = Val(Mid$(HRL, 2))
    HrCvt = (Fst * 256) + (Snd * 16) + (Trd * 1)
    numHR = HrCvt                'Number Of HR
    Close #1                     'Close File
End Sub

Sub ReadData(Tm() As String, Hr() As Single)
    'Read Data From file
    Dim n%, tmp$, tmp_num%, maxHR1%, Div1%, Ntm
    Let maxHR = 0
    Open Fls$ For Input As #1
    For Ntmp = 1 To 9
                Input #1, tmp, tmp_num    'Read no
Operate
    Next Ntmp
    For n = 1 To numHR
        Input #1, Tm(n), Hr(n)    'Read to Variable
        Val (Hr(n))
        If Hr(n) > maxHR Then     'Find HR Max
                Let maxHR = Hr(n)
        End If
        Next n
        Close #1
        If maxHR >= 30 Then       'Find Range Title
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Let Div1 = 5
        End If
        If maxHR >= maxHR1 Then
            Let maxHR1 = 100
            Let Div1 = 10
        End If
        If maxHR >= maxHR1 Then
            Let maxHR1 = 120
            Let Div1 = 10
        End If
        'If maxHR >= maxHR1 Then
            Let maxHR1 = 180
            Let Div1 = 9
        End If
        maxHR = maxHR1
        Div = Div1
End Sub

Private Sub Display_Lines(Nheart%, Values() As Single,
Maximum!)
    Dim Cat As Integer, PreviousX As Double, PreviousY
As Double
    Dim NewX As Double, NewY As Double
    'Draw Line
    p.ForeColor = &HFFFF00
    p.FillStyle = 0
    p.DrawWidth = 1
    PreviousX = 100 / 300
    PreviousY = Values(BgnHr - 49) * 100 / Maximum
    For Cat = BgnHr - 48 To Nheart
        NewX = PreviousX + 100 / 300
        NewY = Values(Cat) * 100 / Maximum
        p.DrawWidth = 1.5
        p.Line (PreviousX, PreviousY)-(NewX, NewY),
QBColor(14)
        p.CurrentX = PreviousX
        p.CurrentY = PreviousY
        p.DrawWidth = 1.5
        'p.PSet (PreviousX, PreviousY)
        PreviousX = NewX
        PreviousY = NewY
        p.CurrentX = PreviousX
        p.CurrentY = PreviousY
        p.DrawWidth = 1.5
        'p.PSet (PreviousX, PreviousY)
        p.DrawWidth = 1
        p.ForeColor = &HC0C0C0
End Sub

Private Sub Clear_Click()
    p.Cls
End Sub

Private Sub Auto_Click()
    Timer1.Enabled = True
    slight.Enabled = False
End Sub

Private Sub Clr_Click()
    slight.Enabled = False
    Fls$ = Empty
    Itvtime.Caption = Empty
    p.Cls
End Sub

Private Sub Continue_Click()
    'Timer Enable
    Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Exit_Click()
    p.Cls
    Fls$ = Empty
    slight.Enabled = False
    Menu.Show
    hrvplt.Visible = False
End Sub

Private Sub Fast_Click()
    'Set Time Interval
    Timer1.Interval = 100
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
    Let LpChk = 0
    'Set Location Of Slight
    Slt_Name.Width = 4335
    Slt_Name.Top = 7300
    Slt_Name.Left = 1440
    'Set Location Of Timer
    Itvtime.Top = 7300
    Itvtime.Left = 7000
    Itvtime.Width = 3500
    slight.Top = 7600
    slight.Left = 1440
    slight.Min = 300
    slight.Value = 300
    slight.Enabled = False
    'Default Number Of Heart Rate
    Numhr1 = 300
    CMDialog2.Filter = "Text File(*.txt)|*.txtl"
    hrvplt.Height = 9030
    hrvplt.Width = 12060
    'Set Window To Didle
    If WindowState = 0 Then
                Move (Screen.Width - hrvplt.Width) / 2,
(Screen.Height - hrvplt.Height) / 2
    End If
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    hrvplt.Height = 9030
    hrvplt.Width = 12060
    p.Cls
    p.Left = 0.025 * hrvplt.ScaleWidth
    p.Width = 0.95 * hrvplt.ScaleWidth
    p.Top = 0.03 * hrvplt.ScaleHeight
    p.Height = 0.8 * hrvplt.ScaleHeight
    hrvplt.Cls
    p.Cls
    hrvplt.FontSize = hrvplt.Width / 100
End Sub

Private Sub Manual_Click()
    Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Normal_Click()
    'Set Time Interval For Normal
    Timer1.Interval = 1000
End Sub

Private Sub Opfile_Click()
    On Error Resume Next
    LpChk = 0
    Numhr1 = 300
    CMDialog2.Action = 1
    Fls$ = CMDialog2.filename
    If Fls$ = Empty Then
                slight.Enabled = False
                Exit Sub
    End If
    hrvplt.Caption = " Open:   " + CMDialog2.FileTitle
    slight.Enabled = True
    'Goto Display Graph
    Display_Graph
End Sub

Private Sub Pause_P_Click()
    'Pause Timer
    Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Plot_Click()
    On Error Resume Next
    If Fls$ = Empty Then
                slight.Enabled = False
                Exit Sub
    End If
    slight.Enabled = True
    Display_Graph
End Sub

Private Sub Prn_Click()
    'Print Picture Box To Printer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        p.Height = 6735
        p.Width = 10095
        p.Move (hrvplt.Width - p.Width) / 0.85, (hrvplt.Height -
    p.Height) / 1.35
        p.BackColor = &HFFFFFF
        p.ForeColor = &H0&
        Display_Graph
        p.ScaleWidth = 690
        p.ScaleHeight = 460
        p.ScaleLeft = 0
        p.ScaleTop = 0
        On Error GoTo CancelPressed:
        'Get Common Dialog To Printer Action
        CMDialog1.Flags = PD_NOPAGENUMS Or
    PD_HIDEPRINTTOFILE
        CMDialog1.Action = DLG_PRINT
        'Read Pixel Of Color
        ReDim cpix&(0 To p.ScaleWidth - 1)
        Dim XRd&, YRd&, ScrX!, ScrY!
        Dim PixX&, PixY&, PelX!, PelY!
        PixX& = p.ScaleWidth
        PixY& = p.ScaleHeight
        ScrX! = Screen.TwipsPerPixelX
        ScrY! = Screen.TwipsPerPixelY
        For YRd& = 0 To PixY& - 1
            PelY! = p.Top + (YRd& * ScrY!)
            For XRd& = 0 To PixX& - 1
                PelX! = p.Left + (XRd& * ScrX!)
                cpix&(XRd&) = p.Point(XRd&, YRd&)
                'Send To Printer
                Printer.Line (PelX!, PelY!)-Step(ScrX!,
    ScrY!), cpix&(XRd&), BF
            Next XRd&
        Next YRd&
    'End Document
    Printer.EndDoc
    CancelPressed:
            hrvplt.BackColor = &H800000
            p.BackColor = &H0&
            p.Cls
            p.Left = 0.025 * hrvplt.ScaleWidth
            p.Top = 0.03 * hrvplt.ScaleHeight
            p.Height = 0.94 * hrvplt.ScaleHeight
            hrvplt.Cls
            p.Cls
            hrvplt.FontSize = hrvplt.Width / 100
            Display_Graph
            Exit Sub
End Sub

Private Sub PrnSet_Click()
    On Error Resume Next
    'Get Common Dialog To Printer Action
    CMDialog1.Flags = PD_PRINTSETUP
    CMDialog1.Action = DLG_PRINT
End Sub

Private Sub slight_Change()
    Numhr1 = slight.Value
    Display_Graph
End Sub

Private Sub slight_Scroll()
        Numhr1 = slight.Value
        Display_Graph
End Sub

Private Sub Slowly_Click()
    'Set Time Interval For Slowly
    Timer1.Interval = 2000
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    'Set Auto Graph
    slight.Enabled = False
    If ChkHR <= 30 Then
                Timer1.Enabled = False
                Exit Sub
    End If
    If Numhr1 = ChkHR Then
        Numhr1 = ChkHR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        slight.Enabled = True
        Exit Sub
    End If
    Numhr1 = Numhr1 + 1
    Display_Graph
End Sub


    Attribute VB_Name = "Module1"
    'Setting CMDialogs Action a print dialog
    Global Const DLG_PRINT = 5
    'Printer Dialog Flags
    Global Const PD_ALLPAGES = &H0&
    Global Const PD_SELECTION = &H1&
    Global Const PD_PAGENUMS = &H2&
    Global Const PD_NOSELECTION = &H4&
    Global Const PD_NOPAGENUMS = &H8&
    Global Const PD_COLLATE = &H10&
    Global Const PD_PRINTTOFILE = &H20&
    Global Const PD_PRINTSETUP = &H40&
    Global Const PD_NOWARNING = &H80&
    Global Const PD_RETURNDC = &H100&
    Global Const PD_RETURNIC = &H200&
    Global Const PD_RETURNDEFAULT = &H400&
    Global Const PD_SHOWHELP = &H800&
    Global Const PD_USEDEVMODECOPIES = &H40000
    Global Const PD_DISABLEPRINTTOFILE = &H80000
    Global Const PD_HIDEPRINTTOFILE = &H100000
    'Global Variable
    Global Fls As String
    Global ModeVal As String
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง)

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้เครื่อง

ตัวเครื่องเก็บข้อมูลจะใช้คีย์บอร์ดในการสั่งงานให้เครื่องทำงานตามฟังก์ชั่นต่าง ๆ ซึ่งคีย์บอร์ดที่ใช้จะเป็นคีย์โทรศัพท์ทั่วไปซึ่งจะมีรูปร่างดังนี้

1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

รูปที่ 1 แสดงปุ่มต่างๆ ของคีย์บอร์ด

จะมีปุ่มทั้งหมด 12 ปุ่ม แต่ละปุ่มซึ่งแบ่งตามโหมดการใช้งาน จะมีความหมายดังนี้

1 . โหมดการดูค่าอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถที่จะดูได้โดยการกดปุ่มหมายเลข “1” ที่จอ LCD ขณะนั้นก็จะแสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในขณะนั้นให้เห็นซึ่งที่จอจะแสดงคำว่า “HEART-RATE-SHOW”หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนมาแสดงเป็นค่า HEART RATE ในขณะนั้นเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

2. โหมดการดูค่า วัน เดือน ปี และเวลาปัจจุบัน สามารถดูได้โดยการกดปุ่มหมายเลข”2” ที่จอ LCD จะแสดงเวลาขณะนั้น และถ้าต้องการดู วัน เดือน ปี ก็สามารถดูได้โดยกดปุ่ม “#” ในขณะที่แสดงเวลาอยู่ ก็จะเปลี่ยนมาแสดงเป็น วัน เดือน ปี แทน เมื่อต้องการดูเวลาก็กดปุ่ม ”#” อีกก็จะเปลี่ยนมาแสดงเวลา จะสลับกันไปอย่างนี้เรื่อย ๆ

3. โหมดการเซตค่าเวลา เมื่อต้องการเซตค่าเวลาทำได้โดยกดปุ่มหมายเลข “3” เมื่อกดแล้วเครื่องจะถามว่า TIME SET ? ถ้าตกลาที่จะตั้งเวลาให้กดที่ปุ่ม “#” ถ้าไม่ต้องการให้กดปุ่ม “*” ถ้ากดปุ่ม “#” ที่จอ LCD จะแสดงคำว่า “HOUR: 12 “ ซึ่งหมายถึงการเซตค่าในหลักชั่วโมง โดยค่า Default จะเป็น 12 และระบบนาฬิกาโครงงานนี้จะเป็นระบบ 24 ชั่งโมง เมื่อต้องการเปลี่ยนค่าตัวเลขทำได้โดย กดที่ปุ่มหมายเลข “8” ในกรณีที่ต้องการเพิ่มค่า หรือกดปุ่มหมายเลข “9” เมื่อต้องการลดค่า เมื่อได้ค่าตัวเลขที่ต้องการแล้วก็กดปุ่ม ”#” ที่จอก็จะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"MINUTE 30" ก็ทำในทำนองเดียวกันกับหลักชั่วโมง เมื่อได้ตัวเลขที่ต้องการแล้วกดปุ่ม "#" ที่จอ LCD ก็จะแสดง"SECOND:30" ก็ทำในทำนองเดียวกัน เมื่อได้ครบทั้ง หลักชั่วโมง นาที วินาที ที่ต้องการแล้วก็กดปุ่ม "#" เครื่องก็จะทำการเซตค่าตามที่ได้ตั้งไว้และที่จอ LCD ก็จะมาแสดงเวลาขณะนั้นให้ดูด้วย

4. โหมดการเซตค่า วันเดือนปี เมื่อต้องการที่จะเซตค่า วันเดือนปี ก็กดที่ปุ่มหมายเลข "4" เมื่อกดแล้วที่จอ LCD จะแสดง "DATE SET ? เป็นการถามผู้ใช้ว่าต้องการเซตค่า วันเดือนปี หรือไม่ ถ้าตกลงก็กดปุ่มหมายเลข "#" หรือถ้าไม่ตกลงก็กดปุ่มหมายเลข "*" ถ้าตกลงที่จอ LCD จะแสดง "DATE:15" คือการเซตค่าของวันที่ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าทำได้โดยกดปุ่มหมายเลข "8" ในกรณีต้องการเพิ่มค่า หรือกดปุ่มหมายเลข "9" ในกรณีต้องการลดค่า เมื่อได้ตัวเลขที่ต้องการแล้วกดปุ่ม "#" แล้วจอ LCD จะแสดง "MONTH:06" ก็ทำในทำนองเดียวกัน และกดปุ่ม"#"ที่จอ LCD จะแสดง "YEAR:50"ก็ทำเช่นเดียวกัน และหลังจากนั้นก็กดปุ่ม "#."ตาม เครื่องก็จะทำการเซตค่า วันเดือนปี ตามต้องการและจอ LCD ก็จะแสดงค่า วันเดือนปี ที่เซตในขณะนั้นให้ดูด้วย

5. โหมดการเก็บข้อมูล ในโหมดนี้จะเป็นการเก็บค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ลงสู่หน่วยความจำเป็นเวลาตามที่ต้องการ เมื่อต้องการเข้าสู่โหมดนี้ทำได้โดยการกดปุ่มหมายเลข "5" ที่จอ LCD จะแสดงคำถามว่า "HR SAVE ?" ถ้าต้องการที่จะเก็บข้อมูลก็กดปุ่มหมายเลข "#" และเมื่อไม่ต้องการก็กดปุ่ม "*" ก็จะกลับสู่ เมนูหลัก ถ้าต้องการและกดปุ่ม "#" แล้ว ต่อไปเครื่องจะถามโหมดเวลาที่ต้องการเลือกคือ แสดงคำว่า "TIMEMODE:01" ซึ่งค่าของ TIMEMODE นี้จะเป็นโหมดที่เลือกเวลาที่จะเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งโดยจะมีโหมดเวลาทั้งหมด 5 โหมด คือ

5.1 **โหมดที่ 1** คือค่า Default ของเครื่องครั้งแรกมีความหมายว่าจะเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจลงในหน่วยความจำทุก ๆ 1 นาที โดยจะเฉลี่ยค่าจากที่เก็บในหน่วยความจำมาเก็บลงหน่วยความจำชุดหลัก

5.2 **โหมดที่ 2** คือจะเฉลี่ยค่ามาเก็บลงหน่วยความจำทุก ๆ 5 วินาที

5.3 **โหมดที่ 3** คือจะเฉลี่ยค่ามาเก็บลงหน่วยความจำทุก ๆ 10 วินาที

5.4 **โหมดที่ 4** คือจะเฉลี่ยค่ามาเก็บลงหน่วยความจำทุก ๆ 30 วินาที

5.5 **โหมดที่ 5** คือจะเฉลี่ยค่ามาเก็บลงหน่วยความจำทุก ๆ 1 นาที

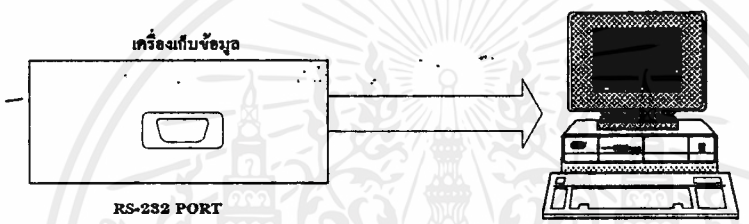
การเลือกโหมดทำได้โดยกดปุ่มหมายเลข "8" ในกรณีที่เลื่อนโหมดขึ้นหรือกดปุ่มหมายเลข "9" ในกรณีเลื่อนโหมดลงเพื่อได้โหมดที่ต้องการแล้วก็กดปุ่ม "#" เป็นการเริ่มทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจลงด้วยอัตราตามโหมดที่ตั้งไว้ที่จอ LCD จะแสดงคำว่า "NOW SAVING!" ก็คือการกำลังบันทึกอยู่นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เครื่องทำการบันทึกข้อมูลอยู่นั้นการที่จะให้เครื่องหยุดการบันทึกข้อมูลสามารถทำได้เป็น 2 กรณีคือ

- เมื่อหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของเครื่องเต็ม เครื่องก็จะหยุดทำการบันทึกโดยอัตโนมัติ
- เมื่อมีการกดปุ่ม "*" เป็นเวลา 2 วินาที เครื่องก็จะหยุดทำการเก็บข้อมูลและออกจากโหมดนี้เอง

โหมดการอัปโหลดข้อมูล (Data Upload) เป็นโหมดที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องเก็บข้อมูลไปยัง พีซีเพื่อใช้ข้อมูลไปทำการแสดงผลต่อไป เมื่อต้องการใช้งานในโหมดนี้จะต้องทำงานเชื่อมต่อสายระหว่างพีซีและตัวเครื่องเก็บข้อมูลดังรูป



รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อสายระหว่างเครื่องเก็บข้อมูลและพีซี

เมื่อต้องการเข้าสู่โหมดนี้ทำได้โดยการกดปุ่มหมายเลข "6" ที่จอ LCD จะแสดงข้อความ "DATA UPLOAD?" ถ้าต้องการเข้าสู่โหมดนี้ก็กดปุ่ม "#" ถ้าปฏิเสธก็กดปุ่ม "*" เมื่อกดปุ่ม "#" แล้ว เครื่องก็จะถามโดยแสดงข้อความว่า "PC RUN OK ?" ซึ่งเป็นการเช็คว่าได้ RUN โปรแกรมบน PC แล้วหรือยัง ถ้าเป็นไปตามนี้ก็กดปุ่ม "#" เครื่องก็จะทำการส่งข้อมูลของหน่วยความจำขึ้นไปเก็บไว้บนเครื่องพีซีที่เครื่องเก็บข้อมูล จะแสดงข้อความ "__COMPLETE__" เมื่อส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อย และบนพีซีจะแสดงข้อความบอกว่า "DOWNLOAD COMPLETE" ก็เป็นการเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล

หมายเหตุ ปุ่ม "#" มีความหมายว่ายอมรับ
ปุ่ม "*" มีความหมายว่าปฏิเสธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี ด้วยความกรุณาของบุคคลหลายๆ ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้ได้แก่

ขอบคุณบิดามารดา ที่ให้กำเนิดและช่วยให้โครงงานสำเร็จลุล่วงอย่างสะดวกยิ่งขึ้น

ขอบคุณดร.กิติพล ชิตสกุลที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดการทำโครงงานอย่างดียิ่ง

ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยดีมาตลอด

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1.ยืน ภู่วรวรรณ,"ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม 2 ",บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2530

2.วิบูลย์ ชื่นแขก," ไมโครโปรเซสเซอร์ ", สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.สิทธิชัย โภไคยอุดม,ดร.วัลลภ สุรกำพลธร,"วงจรขยายสัญญาณโอเปอร์เรชั่นแนล",สำนักพิมพ์ดวงกมล,2523

4.ราบินเดอร์ ศรีกิจจาภรณ์, "คู่มือการใช้งาน Visual Basic ",บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2538

5.David I. Schneider,"An Introduction to Programming Using Visual Basic",Prentice Hall, 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้