

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสายโทรศัพท์
ECG TELEMETRY



โดย
นายจักรพันธ์ อรุณรัตน์
นางสาวจุฑาภรณ์ กฤษณ์วัฒนากรณ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 36881
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสายโทรศัพท์

ECG TELEMETRY

โดย

นายจักรพันธ์ อรุณรัตน์ เลขประจำตัว 39014072

นางสาวจุฑาภรณ์ กฤษณ์วัฒนากรณ์ เลขประจำตัว 39014072

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสายโทรศัพท์

ผู้จัดทำ

1. นายจักรพันธ์ อรุณรัตน์
2. นางสาวจุฑาภรณ์ กฤษวัฒนาภรณ์



ผศ. พลผดุง ผดุงกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสายโทรศัพท์

ECG TELEMETRY

นายจักรพันธ์ อรุณรัตน์

เลขประจำตัว 39014072

นางสาวจุฑาภรณ์ กฤษวัฒนาภรณ์

เลขประจำตัว 39014089

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้

ผศ. พงศคุณ พงศ์กุด

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านสายโทรศัพท์

จักรพันธ์ อรุณรัตน์

จุฬารักษ์ กฤษณพัฒน์

ศส.พลผลง ผดุงกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และการสื่อสาร มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการแพทย์ โดยการส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งผ่านสายโทรศัพท์ ระบบนี้ประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านสายโทรศัพท์นั้น ใช้วิธีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกของคลื่นไฟฟ้าหัวใจไปเป็นไฟล์ข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แล้วใช้โมเด็มส่งไฟล์ข้อมูลนี้ผ่านสายโทรศัพท์ไปยังผู้รับปลายทาง ซึ่งจะนำไฟล์ข้อมูลนี้มาแสดงผลเป็นรูปภาพของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ECG TELEMETRY

Mr.Jakraphan Aroonrut

Miss Jutaphorn Kritwattanakhorn

Mr.Pholpadung Padungkul (Advisor)

ABSTRACT

The thesis introduces the application of electronics, computer and communication technology for medical purpose. This purpose of the project is to monitor heartbeat signal and transmit this signal to a remote display via a telephone line. The system consists of two main parts, transmitting and receiving modules. Electric signals that created from heartbeats, called Electro Cardiogram (ECG) will be converted to ECG data file and transmit to receiver. Then the receiver will read from ECG data file to show the ECG signal on PC monitor.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
บทที่ 2 คลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ	3
2.1 การทำงานของหัวใจ	3
2.2 ระบบนำไฟฟ้าของหัวใจ	4
2.3 คลื่นไฟฟ้าหัวใจ	5
บทที่ 3 โครงสร้างของ MCS-51	9
3.1 บทนำ	9
3.2 คุณสมบัติพื้นฐานของ 8051	9
3.3 โครงสร้างภายใน 8051	9
3.4 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	11
3.5 ระบบอินเทอร์เฟซของ 8051	12
บทที่ 4 การสื่อสารแบบอนุกรมด้วย Microsoft Comm Control	14
4.1 การจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบอนุกรม	14
4.2 การตรวจรับข้อมูลในพอร์ตอนุกรม	14
4.3 การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม	16
4.4 การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	16
บทที่ 5 การทำงานร่วมกับโมเด็ม	17
5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคำสั่งของโมเด็ม	17
5.2 คำสั่งพื้นฐานของโมเด็ม	17
5.3 การหมุนโทรศัพท์โดยใช้โมเด็ม	18
5.4 การตอบรับสัญญาณเรียกเข้าโดยใช้โมเด็ม	18
5.5 การยกเลิกการติดต่อ	18

บทที่ 6 การออกแบบและสร้าง โครงงาน	19
6.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาครับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	19
6.2 Instrument Amplifier	19
6.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	20
6.3.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบพื้นฐาน	20
6.3.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ทอันดับสอง	21
6.4 วงจรเชื่อมต่อด้วยแสง	23
6.5 วงจรกรองความถี่แบบกันไม่ให้ผ่านความถี่เฉพาะช่วง	24
6.5.1 วงจรกรองความถี่แบบไม่ให้ความถี่ผ่านเฉพาะช่วง แบบบริดจ์ฟิเพอเรนทิเอท	24
6.6 วงจรปรับแรงดันออฟเซต	27
บทที่ 7 การทดลอง และผลการทดลอง	30
7.1 การหาผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	30
7.2 การหาผลตอบสนองความถี่ของวงจรกำจัดความถี่ 50 Hz	30
7.3 การทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อจำนวนจุดข้อมูลคงที่	31
7.4 การทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อจำนวนจุดข้อมูลไม่คงที่	33
บทที่ 8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	38
8.1 สรุปผลการทดลอง	38
8.2 วิวิจารณ์ผลการทดลอง	38

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีได้ก้าวหน้าและเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตของเรามากขึ้น การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางการแพทย์ ก็เป็นอีกแง่มุมหนึ่งที่น่าสนใจ เครื่องมือเครื่องใช้ทางการแพทย์หลายชนิด ถูกสร้างขึ้นและได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม ส่งผลให้การวินิจฉัย และการรักษาโรคมีความสะดวก และได้ผลดีมากขึ้นด้วย

การส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านสายโทรศัพท์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัย และรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถตรวจดูสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วยได้โดยไม่ต้องให้ผู้ป่วยเดินทางมาพบด้วยตัวเอง เพียงแค่ผู้ป่วยมีเครื่องที่ทำหน้าที่วัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ผู้ป่วยก็สามารถส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นผ่านทางสายโทรศัพท์ โดยใช้โมเด็ม ไปที่เครื่องรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจของแพทย์ได้

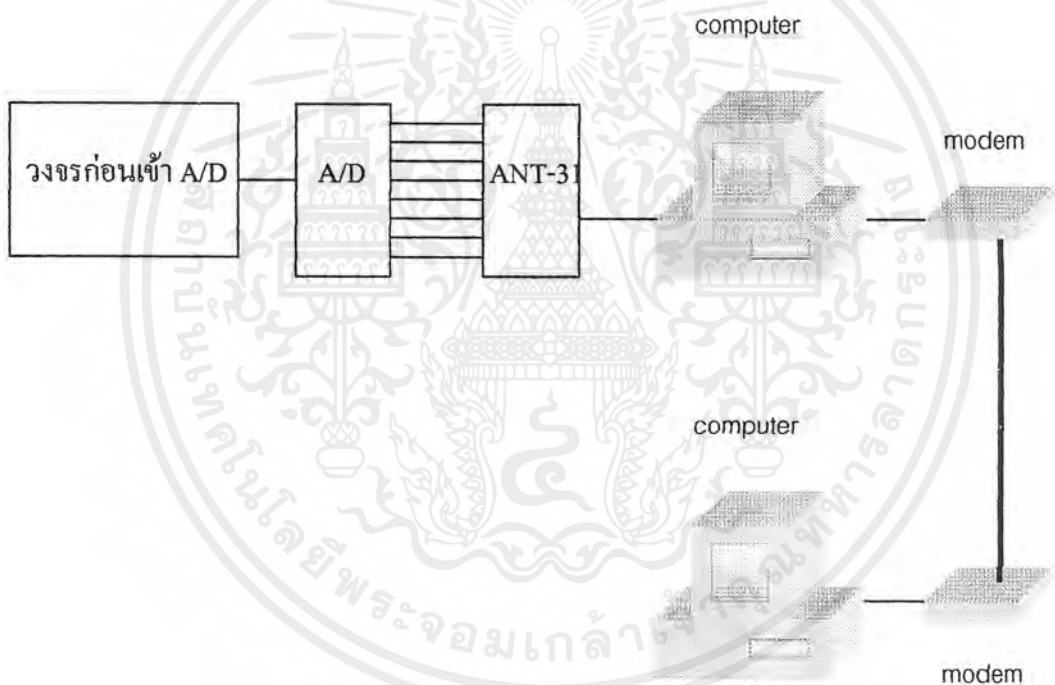
วิธีการนี้ช่วยประหยัดเวลาของผู้ป่วยในการ ไปพบแพทย์ โดยเฉพาะผู้ป่วยที่อยู่ในชนบทซึ่งขาดแคลนแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการรักษา โรคหัวใจ โดยเฉพาะ และนอกจากนี้ แพทย์ก็สามารถดูแลผู้ป่วยได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาด้วย

องค์ประกอบ โดยสังเขปของการส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสายโทรศัพท์ แสดงในรูปที่ 1.1 หลักการทำงานต่างๆ ไปจะเป็นดังต่อไปนี้ วงจรก่อนเข้า A/D จะประกอบไปด้วย instrument amplifier, opto isolator, dc level shift, limiter, low pass filter ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากผู้ป่วย แยกกราวด์ของวงจรออกเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหลไปสู่ผู้ป่วย และจัดรูปแบบสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะเข้าสู่ A/D ตามลำดับ หลังจากที่ได้รับสัญญาณผ่านการแปลงจากอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิตด้วย A/D แล้ว ก็จะถูกส่ง ไปประมวลผลที่ Micro controller เพื่อทำการส่งสัญญาณขนาด 8 บิตนี้ไปยังพอร์ตอนุกรมด้วยมาตรฐาน RS-232 คอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลที่ส่งมายังพอร์ตอนุกรม แล้วแสดงเป็นรูปกราฟของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และข้อมูลนี้ก็จะถูกส่งไปยังฝั่งผู้รับ โดยผ่านโมเด็ม ซึ่งผู้รับก็จะเห็นรูปกราฟของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มาจากฝั่งผู้ส่งได้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ก) เพื่อส่งข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจไปให้แพทย์วิเคราะห์ได้ โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องเดินทางไปพบแพทย์ด้วยตัวเอง

- ข) เพื่อนำเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ และอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางการแพทย์
- ค) เพื่อลดการสูญเสียเวลาในการรักษาโรคหัวใจของผู้ป่วยและแพทย์
- ง) เพื่อช่วยพัฒนาประสิทธิภาพในการรักษาโรคหัวใจ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่สำคัญในการเสียชีวิตของคนไทย
- จ) เพื่อช่วยกระจายการให้บริการด้านสาธารณสุข ไปยังชุมชนชนบทด้วยการรักษาโรคหัวใจแบบทางไกล



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของการส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจผ่านทางสาย โทรศัพท์ โดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

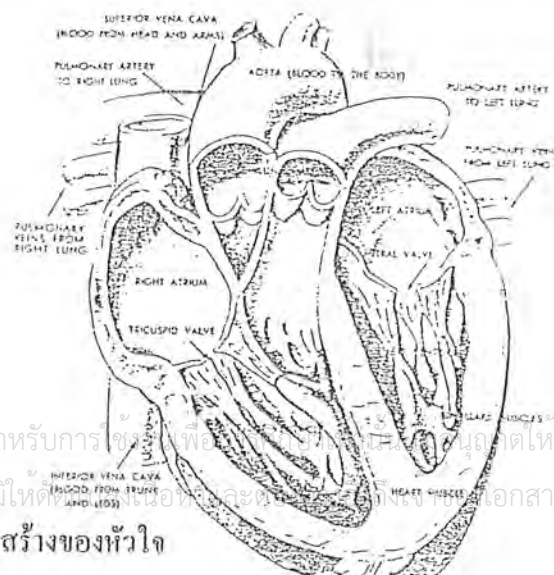
บทที่ 2

คลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

2.1 การทำงานของหัวใจ

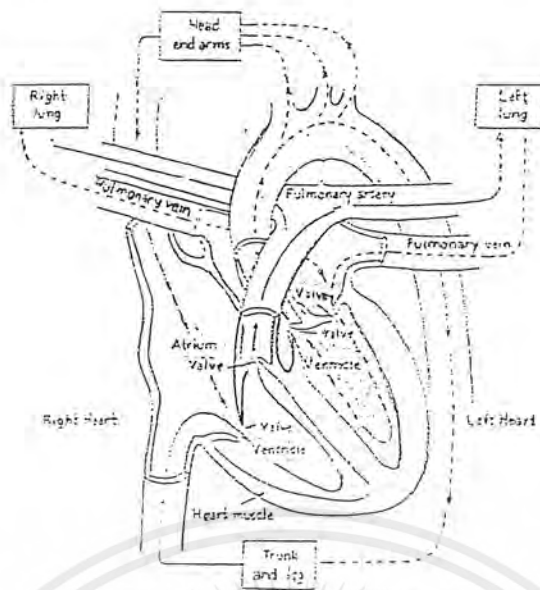
หัวใจหน้าที่เสมือนอุทกสูบลำโพงไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆในร่างกายรวมทั้งเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจเอง หัวใจตั้งอยู่ในทรวงอกเหนือกระบังลมก่อนมาทางด้านซ้ายภายในหัวใจแบ่งออกเป็น 4 ห้องมีผนังกันระหว่างซีกซ้ายและซีกขวา (Septum) โดยห้องหัวใจที่อยู่ทางด้านขวาทำหน้าที่รับโลหิตดำจากส่วนต่างๆของร่างกาย การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเพื่อส่งโลหิตออกไปจะกระทำพร้อมกันทั้งซีกขวาและซีกซ้าย ห้องหัวใจที่อยู่ด้านบนเรียกว่า หัวใจห้องบน (Atrium) และหัวใจที่อยู่ด้านล่างเรียกว่า หัวใจห้องล่าง (Ventricle) โลหิตดำจากร่างกายจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจทางหลอดเลือดโลหิตดำซีกบนเรียกว่า Superior vena cava และซีกล่างเรียกว่า Inferior vena cava เข้าสู่ห้องหัวใจบนขวา โลหิตแดงที่ได้รับออกซิเจนจากปอดจะเข้าสู่หัวใจทางหลอดเลือดแดงพัลโมนารีเวน (Pulmonary vein) เข้าสู่ห้องหัวใจบนซ้าย และหัวใจบนขวา หัวใจบนซ้ายจะบีบตัวส่งโลหิตไปยังหัวใจห้องล่างซึ่งมีลิ้นหัวใจกันอยู่

หลังจากที่หัวใจห้องบนหดตัวส่งโลหิตมายังหัวใจห้องล่างซ้าย หัวใจห้องล่างจะหดตัวส่งโลหิตออกไปพร้อมกันทั้งซ้ายและขวา หัวใจห้องล่างขวาจะส่งโลหิตดำไปยังปอดเพื่อรับออกซิเจนโดยผ่านหลอดเลือดโลหิตดำใหญ่พัลโมนารีอาร์เทอรี (Pulmonary Artery) และห้องล่างซ้ายจะส่งโลหิตไปเลี้ยงร่างกายโดยผ่านหลอดเลือดแดงใหญ่เออร์ตา (Aorta) ซึ่งการทำงานทั้งที่ได้กล่าวมานี้แสดงในรูปที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

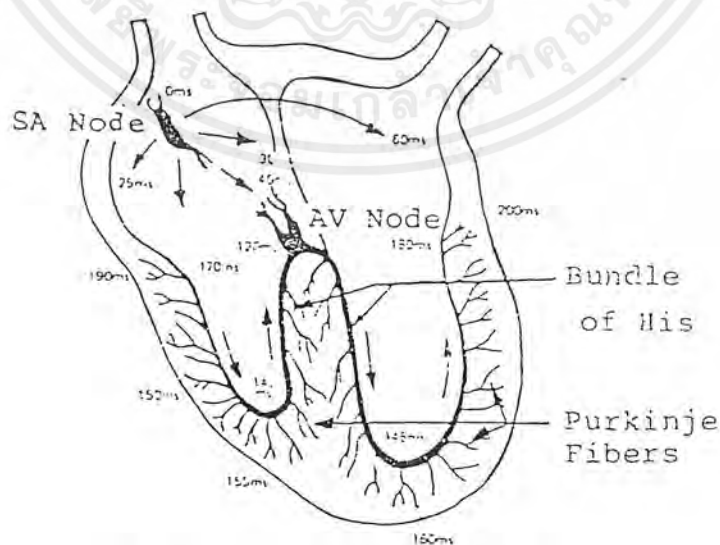
รูปที่ 2.1 ก) โครงสร้างของหัวใจ



รูปที่ 2.1 ข) ระบบการสูบฉีดโลหิต

2.2 ระบบนำไฟฟ้าของหัวใจ

การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับกล้ามเนื้ออื่นๆ กล่าวคือจะถูกกระตุ้นด้วยศักดาไฟฟ้าทำงาน แต่การกระตุ้นนี้มีได้มาจากระบบประสาทส่วนกลางหรือสมอง เป็นการกระตุ้นด้วยศักดาไฟฟ้าทำงาน แต่การกระตุ้นนี้มีได้มาจากระบบประสาทส่วนกลางหรือสมอง เป็นการกระตุ้นด้วยเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่เกิดขึ้นจากภายในตัวหัวใจเอง โดยประกอบด้วยกลุ่มเซลล์กลุ่มหนึ่งที่ทำหน้าที่ผลิตพัลส์ โดยระบบนำไฟฟ้านี้จะนำพัลส์ไฟฟ้าไปกระตุ้นต่อเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การนำไฟฟ้าภายในหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณผนังด้านในของหัวใจระหว่างหลอดเลือดหัวใจใหญ่ซุพีเรียเวนาคาวามีลิ้นหัวใจอยู่กลุ่มหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษ เซลล์กลุ่มนี้ เรียกว่า ไชนาทรียว โหนด (Sinoatrial Node) หรือเรียกย่อว่า เอสเอ โหนด (SA node) หรือไซน์ส โหนด (Sinus node) โดยความถี่ของพัลส์ที่เอสเอ โหนดสร้างขึ้นจะมีอิทธิพลในการกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งโดยปกติแล้วค่าของอัตราการเต้นของหัวใจจะเท่ากับค่าของความถี่ของพัลส์ที่เอสเอ โหนดนี้ปล่อยออกมา พัลส์ที่เอสเอ โหนดนี้ปล่อยออกมา พัลส์ไฟฟ้านี้จะแพร่กระจายออกจากเอสเอ โหนด ผ่านหัวใจห้องบนทั้งซ้ายและขวาไปสู่เอทรีโอเวนทรีคิวลา (Atrioventricular node) หรือเรียกย่อว่า เอวี โหนด โดยที่เอวี โหนดนี้จะอยู่ที่ผนังกันหัวใจทางคั่นขวาระหว่างห้องบนขวาและห้องล่างขวา พัลส์ไฟฟ้าที่ผ่านหัวใจห้องบนจะทำให้หัวใจห้องบนหดตัวบีบโลหิตมายังห้องล่าง เส้นทางนำไฟฟ้าจากเอสเอ โหนดไปสู่เอวี โหนด ดังรูป ที่เอวี โหนดนี้ประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ห้วงเวลาประมาณ 70 มิลลิวินาที เพื่อให้การทำงานของหัวใจห้องบนและห้องล่างสัมพันธ์กันจากเอวี โหนดจะมีระบบนำไฟฟ้าในการนำพัลส์ไฟฟ้าไปสู่กล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งแบ่งแยกเป็น 3 เส้นทาง โดยจะไปสู่ห้องล่างซ้าย 2 สาขา แต่ละสาขาก็จะนำไฟฟ้าไปกระตุ้นเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง โดยผ่านกล้ามเนื้อหัวใจในส่วนของเพอร์กินไฟเบอร์ (Purkinje fiber) รูปที่ แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาใช้ในการส่งพัลส์ไฟฟ้าขึ้นมาชนิดเดียวกับที่เอสเอ โหนด ไปยังส่วนต่างๆของหัวใจ ซึ่งที่เอวี โหนดนี้ มีการผลิตพัลส์ไฟฟ้าขึ้นมาชนิดเดียวกับที่เอสเอ โหนด แต่สำหรับคนปกติแล้วความถี่ของพัลส์ไฟฟ้าที่เอวี โหนด ผลิตขึ้นมาจะมีอัตราต่ำกว่าของเอสเอ โหนด

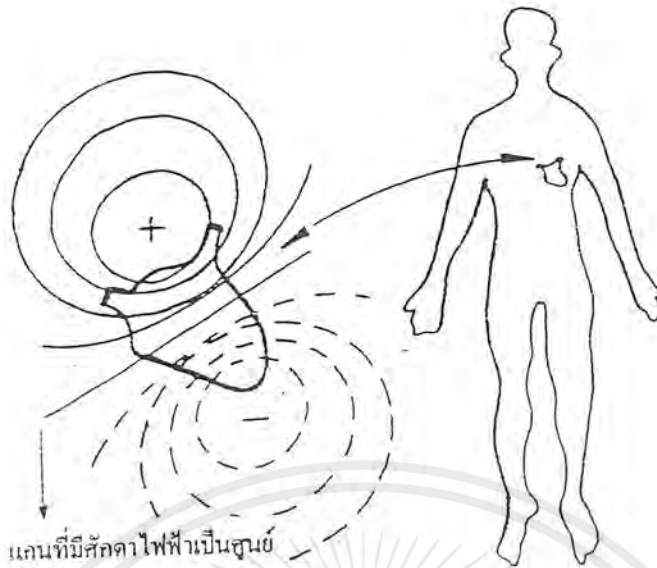
เอวี โหนดจะถูกกระตุ้นด้วยพัลส์จากเอสเอ โหนดทำให้การเต้นของหัวใจมีค่าเท่ากับค่าความถี่ของเอสเอ โหนด แต่ถ้าเส้นทางนำไฟฟ้าจากเอสเอ โหนด ไปสู่เอวี โหนดผิดปกติหรือถูกสกัดกั้น (AV Block) หัวใจก็จะเต้นด้วยพัลส์ที่เอวี โหนดสร้างขึ้น ซึ่งมีค่าประมาณ 40-45 ครั้งต่อนาที

2.3 คลื่นไฟฟ้าหัวใจ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา การทำงานของกล้ามเนื้อเกิดจากการที่พัลส์ไฟฟ้ามากระตุ้นทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและเกิดศักดาไฟฟ้าทำงานขึ้นด้วย ซึ่งกล้ามเนื้อหัวใจก็เป็นเช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ไอออนภายในเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้เกิดศักดาไฟฟ้าทำงานและทำให้หัวใจเต้น การเคลื่อนที่ของไอออนภายในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจจะรวมตัวกันเป็นการไหลของกระแสไฟฟ้า และเป็นผลทำให้เกิดความต่างศักดาไฟฟ้าภายนอกเนื้อเยื่อและที่บริเวณผิวหนังของร่างกาย การไหลของกระแสจะเกิดขึ้นเฉพาะเวลาที่เกิดการกระจายของศักดาไฟฟ้าที่ทำงานเท่านั้น

ดังนั้นเราอาจจะพิจารณาได้ว่า หัวใจเป็นเสมือนแหล่งกำเนิดไฟฟ้าซึ่งบรรจุอยู่ภายในก้อนตัวนำร่างกาย ศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีการกระจายออกจากขั้วบวกและขั้วลบไปตามส่วนต่างๆของร่างกายเหมือนเป็นอิเล็กตริก ไดโพล (Electric dipole) ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การกระจายศักดาไฟฟ้าบนผิวหนังมีลักษณะเสมือนเป็นอิเล็กทริกไดโพล

และสามารถวัดศักดาไฟฟ้าตกรวมระหว่างจุดใดๆที่อยู่บนผิวกายได้ ซึ่งศักดาไฟฟ้าที่วัดได้นี้เรียกว่า สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram) เรียกย่อๆว่า ECG โดยคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดได้ระหว่างจุดต่างๆ จะไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับมุมและระยะทางของตำแหน่งที่วัดกระทำต่อแกนหัวใจ (Heart axis) ดังรูปที่ 2.4 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดได้จากคนปกติ จะเป็นดังรูป 2.5 แต่ละช่วงสัญญาณจะมีชื่อเรียกแทนตัวอักษร P, Q, R, S, T, U ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจในช่วงต่างๆ ภายในหนึ่งรอบของการเต้นหัวใจ แต่ละช่วงของสัญญาณจะมีความหมายต่อไปนี้

สัญญาณ P เกิดจากการทำงานของหัวใจห้องบนจะมีคาบเวลาประมาณ 80-120 มิลลิวินาที

สัญญาณรวม QRS เกิดจากการทำงานของหัวใจห้องล่าง จะมีคาบเวลาประมาณ 80-100 มิลลิวินาที และสัญญาณ R จะมีขนาดสูงที่สุด เนื่องจากหัวใจห้องล่างจะต้องบีบโลหิตส่งไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย ผ่านผนังของหัวใจห้องล่างจึงมีความหมายมากกว่าส่วนอื่น

โดยการนำขั้วอิเล็กโตรดไปติดที่แขนขวาและแขนซ้ายหรือที่เรียกว่าลีด I (Lead) การที่สัญญาณ R มีขนาดสูงเพราะผลรวมของศักดาไฟฟ้าทำงานของเซลล์เป็นจำนวนมาก

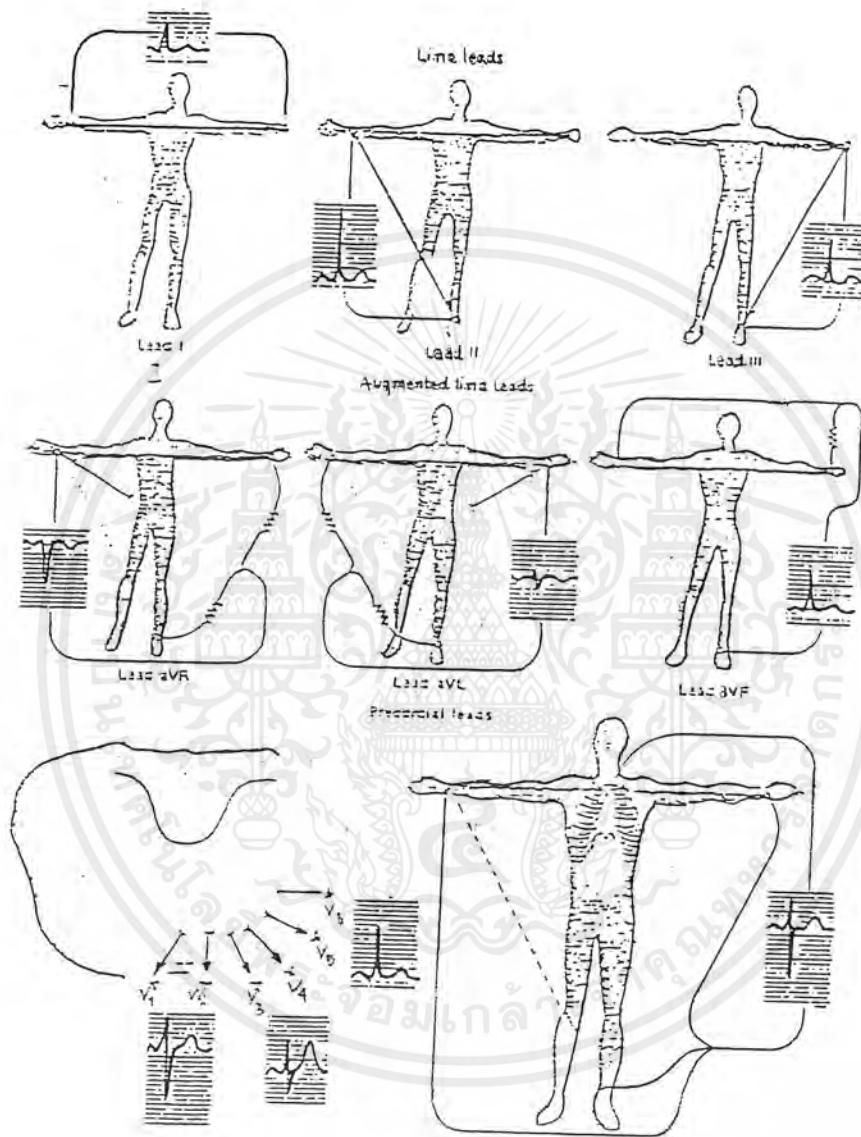
สัญญาณ T เกิดจากการคลายตัวของกล้ามเนื้อห้องล่าง มีคาบเวลาประมาณ 200 ms และมีขนาดประมาณ 30 % ของสัญญาณ R

สัญญาณ U ยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอน แต่สันนิษฐานกันว่าเกิดจากการกลับคืนสู่ระดับศักดาไฟฟ้าขณะอยู่นิ่งอย่างช้าๆ ของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างหรือที่เรียกว่า ศักดาไฟฟ้าตามหลัง (After potential)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

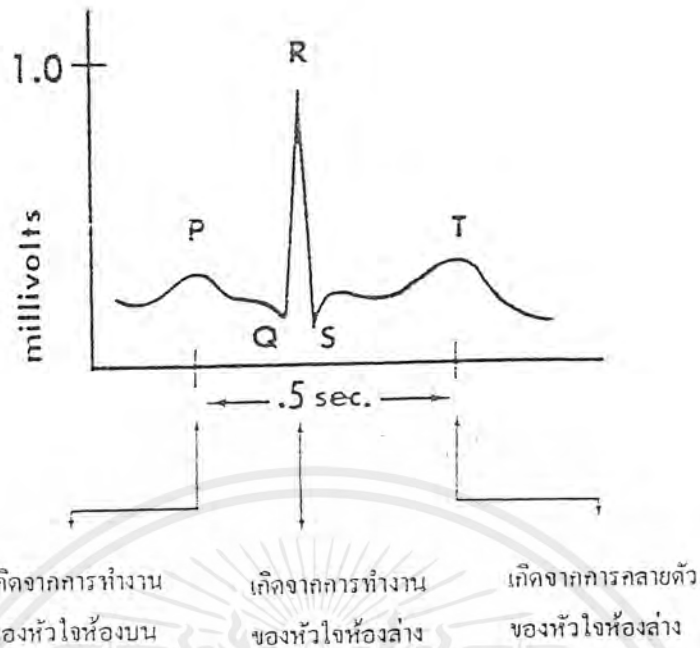
หมายเหตุ ช่วงเวลาของ PR วัดได้จากเวลาของสัญญาณ P ถึงเวลาเริ่มของสัญญาณรวม

QRS



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจทั้ง 12 ลิคมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบต่างๆของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เวลาในแต่ละช่วงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แสดงถึงการส่งสัญญาณ/ไฟฟ้าไปยังเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อหัวใจที่จุดต่างๆ ซึ่งเวลาในแต่ละช่วงของสัญญาณสรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ช่วงเวลาต่างๆของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	ช่วงเวลา ปกติ (วินาที)	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงเวลา
ช่วงเวลาของ PR*	0.18	0.12-0.20
ช่วงเวลาของ QR	0.08	ถึง 0.01
ช่วงเวลาของ QT	0.04	ถึง 0.43
ช่วงเวลาของ ST (คือ QT-QRS)	0.32	-----

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างของ MCS-51

3.1 บทนำ

ในโครงงานนี้ได้มีการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 8051 ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างภายใน การใช้งานในส่วนต่างๆ และการเขียน โปรแกรมในการควบคุมจึงเป็นสิ่งจำเป็น

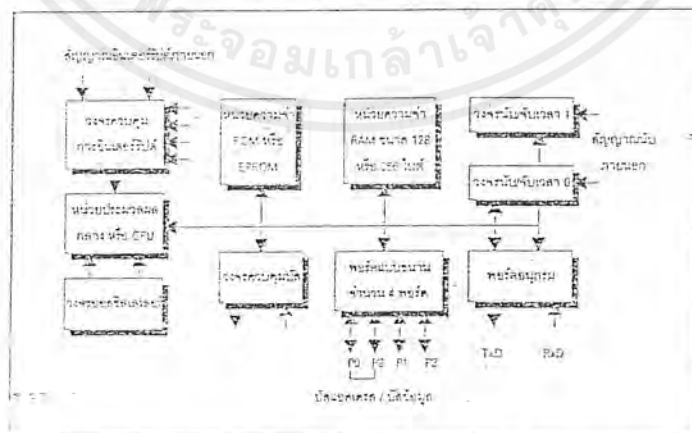
บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงสถาปัตยกรรมภายใน ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ รวมไปถึงการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

3.2 คุณสมบัติพื้นฐานของ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นหนึ่งในตระกูล MCS-51 ซึ่งได้มีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย มีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมภายในชิปเป็น ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เอง จำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตนขนาด 8 บิต จำนวน 4 พอร์ต มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็น timer หรือ เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต รวม 2 ตัว รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีวงจรรอสวิตช์เลสเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานในตัวเอง ใช้แรงดันไฟเพียง 5 โวลต์ในการทำงาน

3.3 โครงสร้างภายในของ 8051

โครงสร้างภายในของ MCS-51 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังโคอะแกรมในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.3.1 หน่วยประมวลผล (CPU - Central Processing Unit)

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการจัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วนซีพียูนี้ จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมานำมาอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา ที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

3.3.2 หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย

1) หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่าง ๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงไม่สูญหาย

2) หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้น ในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูล จัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป

3.3.3 พอร์ตอินพุต / เอาต์พุตของ 8051

เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต / เอาต์พุต ได้แก่

1) 4 อินพุต / เอาต์พุตพอร์ต

ทำหน้าที่เป็นส่วนที่รับ - ส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 โดยมีทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะรับ - ส่งข้อมูลได้ 8 บิต มี P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะทำงานได้มากกว่า 1 อย่างได้ แต่จะใช้วิธีการทำงานตามลำดับโดยการควบคุมยาสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานและสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2) ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1

เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ ที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดยซีพียู

3) พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

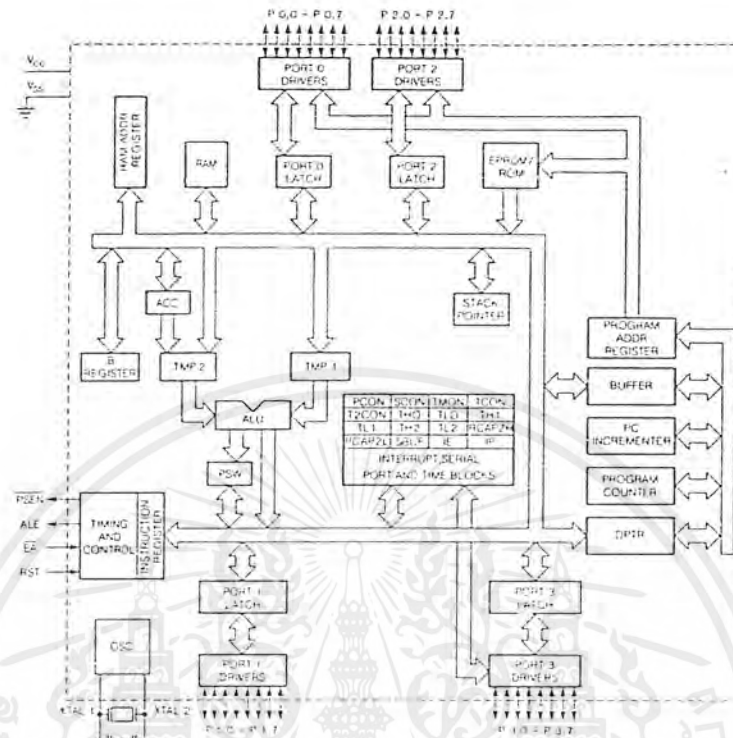
ซีพียู จะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และมีการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

8051 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่าง ๆ โดยจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

3.4 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

หน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่าง ๆ ที่จัดอยู่ในตระกูล MCS-51 นี้ ประกอบด้วย

- 1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- 2) หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)
- 3) ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- 5) ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- 6) หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)
- 7) หน่วยความจำแบบ RAM ภายในจำนวน 128 ไบต์
- 8) พอร์ตอินพุต / เอาท์พุต แบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกการทำงานได้อย่างอิสระ
- 9) วงจรนับ / จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- 10) วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- 11) วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับความสำคัญได้สองระดับ
- 12) วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน



รูปที่ 3.2 สถาปัตยกรรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

3.5 ระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051

การติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกมักจะทำโดยการตรวจสอบสถานะของสัญญาณติดต่อระหว่างกัน การอินเตอร์รัปต์เป็นวิธีการหนึ่งที่ยิมนนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสามารถจัดการตอบรับหรือบริการกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเกิดการอินเตอร์รัปต์ โดยการจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้น ๆ ได้แก่

3.5.1 อินเทอร์รัพท์แฟลกไทม์เมอร์

เมื่อไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ เกิดโอเวอร์โฟลล์ ผลก็คือแฟลก (TF0, TF1) จะเซตเป็น 1 แฟลกถูกเคลียร์เป็น 0 เมื่ออินเทอร์รัพท์ทำให้โปรแกรมเรียกขั้บรุตินของไทม์เมอร์ในหน่วยความจำ

3.5.2 อินเทอร์รัพท์พอร์ตอนุกรม

เมื่อรับข้อมูลแล้ว บิตอินเทอร์รัพท์ (RI) ต้องเซตเป็น 1 ใน SCON เมื่อเรียกขั้บรุติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบร้อยแล้ววิธีอินเทอร์รัพท์ (TI) ต้องเซตใน SCON และจะนำมา OR กันเพื่อหาตัวอินเทอร์รัพท์แก่โปรแกรมเมอร์ ซึ่งเป็นอินเทอร์รัพท์ฟอร์คอนทราสต์ บิตเหล่านี้จะไม่ถูกเคลียร์ เมื่อการเรียกใช้โปรแกรมอินเทอร์รัพท์ถูกทำโดยโปรแกรมเมอร์ โปรแกรมที่จัดการสื่อสารข้อมูลคอนทราสต์รีเซต RI หรือ TI เพื่อทำข้อมูลลัดไป

3.5.3 สัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอก (External Interrupt)

การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาอินเทอร์รัพท์นี้ จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะเมื่อได้มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปต่ำ

3.5.4 สัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายใน (Internal Interrupt)

ขา INT0 และ INT1 จะใช้โดยวงจรภายนอก การอินพุตบนขาเหล่านี้ต้องเซตอินเทอร์รัพท์แฟลก IE0 และ IE1 ใน SCON เป็น 1 โดยวิธี 2 วิธีแฟลก IEX อาจเซตเมื่อขา INTX บิต IT0 , IT1 จะโปรแกรมขา INTX สำหรับการอินเทอร์รัพท์ที่ 0 เมื่อเซตเป็น 0 และโปรแกรมขา INTX สำหรับอินเทอร์รัพท์ที่การเปลี่ยนลอจิกเมื่อเซตให้เป็น 1

แฟลก IEX จะรีเซตเมื่อการอินเทอร์รัพท์ที่การเปลี่ยนลอจิกพบโดยโปรแกรม และเข้าถึงซันรูทิน วงจรภายนอกต้องเป็น 1 ก่อนที่ RETI จะถูกจัดการ ความผิดพลาดในเรื่องนี้จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ที่หลังจาก RETI ด้วยแหล่งอินเทอร์รัพท์เดียวกัน

3.5.5 การรีเซต

การรีเซต สามารถมองเป็นการอินเทอร์รัพท์สูงสุด เพราะโปรแกรมไม่สามารถสกัดกั้นได้ การอินเทอร์รัพท์ชนิดนี้บ่อยครั้งจะเรียกว่า “Nonmaskable Interrupt” เนื่องจากไม่มีบิตใดจะสามารถหยุดมันได้ ซึ่งไม่เหมือนกับอินเทอร์รัพท์แบบอื่น PC จะไม่เก็บค่าโปรแกรมครั้งสุดท้าย รีเซตเป็นค่าตั้งที่สมบูรณ์ในการการกระโดดไปที่ตำแหน่ง 0000H และเริ่มทำงานที่จุดนี้

บทที่ 4

การสื่อสารแบบอนุกรมด้วย Microsoft Comm Control

MSComm Control จัดเตรียมการสื่อสารแบบอนุกรม โดยอนุญาตให้ส่ง และ รับ ข้อมูล ผ่านพอร์ตอนุกรม โดยที่ข้อมูลจะต้องอยู่ในรูปแบบของตัวอักษรเท่านั้น

4.1 การจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบอนุกรม

ขั้นตอนแรกในการใช้ MSComm Control คือการจัดตั้งการเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม โดยใช้ คุณสมบัติ (properties) หลักๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

CommPort ใช้กำหนด และตรวจดู หมายเลขพอร์ตอนุกรม

Settings ใช้กำหนด และตรวจดู baud rate, parity, จำนวนบิตข้อมูล และจำนวน stop bit

PortOpen ใช้กำหนดสถานะเปิด (PortOpen = True) หรือปิด (PortOpen = False) ของพอร์ตอนุกรม

อย่างไรก็ตาม พอร์ตอนุกรมจะไม่ทำงาน ถ้ากำหนดคุณสมบัติ CommPort ไม่ถูกต้อง หรือถ้าอุปกรณ์ภายนอกที่ต่ออยู่ไม่รองรับค่าที่กำหนดในคุณสมบัติ Setting หรือ ไม่กำหนดสถานะให้พอร์ตอนุกรมเปิด ความผิดพลาดก็จะเกิดขึ้นหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ต่ออยู่กับพอร์ตอนุกรมอาจจะทำงานอย่างไม่ถูกต้อง

เมื่อพอร์ตอนุกรมถูกเปิด จะมีการสร้าง Receive Buffer และ Transmit Buffer ขึ้น ถ้า buffer มีขนาดเล็กไป ข้อมูลอาจจะดัน buffer ถ้าหากไม่ใช้การตรวจสอบด้วยวิธี handshaking แต่สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนมาก ไม่ค่อยเกิดปัญหาเรื่องขนาดของ buffer เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์มีหน่วยความจำมากพอที่จะสามารถกำหนดขนาดของ buffer ให้มากๆ ได้ โดยไม่มีผลกระทบ กับการทำงานของโปรแกรม

4.2 การตรวจรับข้อมูลในพอร์ตอนุกรม

การกำหนดค่าให้กับคุณสมบัติ SThreshold และ Rthreshold เป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อเป็นเงื่อนไขว่า OnComm Event จะถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน ก็คือเมื่อมีอักขระอยู่ใน Receive Buffer หรือ Transmit Buffer อย่างน้อยเท่ากับค่าที่กำหนดให้กับคุณสมบัตินี้

เมื่อมีเหตุการณ์เกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารเกิดขึ้น OnComm Event จะถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน และค่าคุณสมบัติ CommEvent จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าใหม่ของคุณสมบัติ CommEvent จะขึ้นอยู่กับกรณีต่างๆดังต่อไปนี้

ค่าคุณสมบัติ CommEvent	คำบรรยาย
1	มีจำนวนข้อมูลใน transmit buffer น้อยกว่าที่กำหนดในคุณสมบัติ Sthreshold
2	ได้รับข้อมูลจำนวนเท่ากับที่กำหนดไว้ในคุณสมบัติ RThreshold เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะอ่านข้อมูลออกจาก receive buffer
3	มีการเปลี่ยนแปลงใน Clear To Send Line
4	มีการเปลี่ยนแปลงใน Data Set Ready Line
5	มีการเปลี่ยนแปลงใน Carrier Detect Line
6	ตรวจจับได้ว่ามีสัญญาณกระดิ่ง
7	ได้รับอักขระแสดง End Of File

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคุณสมบัติ CommEvent ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร

ค่าคุณสมบัติ CommEvent	คำบรรยาย
1001	ได้รับสัญญาณ เบรก
1004	ฮาร์ดแวร์ตรวจจับได้ว่าเกิดความผิดพลาดเกี่ยวกับเฟรม
1006	ข้อมูลสูญหายเนื่องจากยังไม่ถูกอ่านแล้วมีข้อมูลใหม่มาทับ
1008	Receive buffer เต็ม
1009	ฮาร์ดแวร์ตรวจจับได้ว่าเกิดความผิดพลาดเกี่ยวกับพาริตี
1010	Transmit buffer เต็ม
1011	ความผิดพลาดที่คาดไม่ถึง

ตารางที่ 4.2 เป็นกรณีเกี่ยวกับความผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

เราสามารถรับข้อมูลที่มีอยู่ใน Receive Buffer เข้ามาเก็บไว้ในตัวแปร หรือ ไฟล์ข้อมูลได้ โดยการใช้ คุณสมบัติ Input ของ MsComm Control จำนวนอักขระที่จะอ่านเข้าสามารถกำหนดได้จาก คุณสมบัติ InputLen ถ้า InputLen ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ MsComm Control จะอ่านข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ใน Receive Buffer

คุณสมบัติ EOFEnable ใช้เพื่อบอกให้รู้ว่า จุดสิ้นสุดของไฟล์อยู่ที่ไหน ถ้าหากกำหนดให้ คุณสมบัติ EOFEnable เป็น True แล้ว การรับข้อมูลเข้าจะหยุดเมื่อพบอักขระบอกจุดสิ้นสุดของไฟล์ (EOF Character) และ OnComm Event จะถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน เพื่อแจ้งให้ทราบว่าเกิดเงื่อนไขขึ้น

4.4 การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

เราสามารถส่งข้อมูลหรือ คำสั่ง ผ่านพอร์ตอนุกรมได้ โดยใช้คุณสมบัติ Output ของ MsComm Control คำสั่งหรือ ข้อมูลจะถูกเคลื่อนย้ายไปยัง Transmit Buffer แล้วส่งออกไป เราสามารถทราบจำนวนไบต์ข้อมูล หรือคำสั่งที่มีอยู่ใน Transmit Buffer ได้โดยดูจากค่าของคุณสมบัติ OutBufferCount การเคลียร์ Transmit Buffer สามารถทำได้โดยการกำหนดให้คุณสมบัติ OutBufferCount มีค่าเท่ากับศูนย์

บทที่ 5

การทำงานร่วมกับโมเด็ม

5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคำสั่งของโมเด็ม

โมเด็มสนับสนุนมาตรฐานและชุดคำสั่ง Hayes AT อักษร AT (attention code) จะถูกใช้นำหน้าคำสั่งเพื่อเป็นสัญญาณบอกให้โมเด็มรู้ว่า จะมีคำสั่งตามมาหนึ่งคำสั่ง หรือหลายคำสั่ง ซึ่งโมเด็มจะยอมรับคำสั่งเมื่อมันอยู่ในโหมดคำสั่งเท่านั้น หากโมเด็มอยู่ในโหมดออนไลน์มันจะกระทำกับคำสั่งเสมือนเป็นข้อมูลอื่นหนึ่ง

เกือบทุกคำสั่งจะต้องขึ้นต้นด้วยอักษร AT ยกเว้นแค่เพียง 2 คำสั่ง ได้แก่ คำสั่งให้โมเด็มกระทำคำสั่งซ้ำ (A/) และคำสั่งให้โมเด็มกลับสู่โหมดคำสั่ง (+++) การพิมพ์คำสั่งสามารถพิมพ์ได้ทั้งตัวพิมพ์เล็ก และตัวพิมพ์ใหญ่ แต่ห้ามใช้ตัวพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ผสมกัน เมื่อโมเด็มได้รับคำสั่งโดยทั่วไปจะตอบรับคำสั่งนั้นทันที

5.2 คำสั่งพื้นฐานของโมเด็ม

1) AT ใช้นำหน้าคำสั่งทุกคำสั่งยกเว้น 2 คำสั่งที่กล่าวข้างบนเพื่อบอกให้โมเด็มรู้ว่าจะมีคำสั่งตามมา

2) D ย่อมาจาก dial ใช้เพื่อหมุนเบอร์โทรศัพท์ มีรูปแบบคำสั่งเป็นดังนี้

ATD[dial modifier][telephone number]

เมื่อพารามิเตอร์ string คือ เบอร์โทรศัพท์และส่วนขยายของคำสั่ง D(dial) สามารถบรรจุได้ 45 ตัวอักษร ห้ามใช้อักษรใดๆเพิ่มเติมลงไปในหมายเลขโทรศัพท์

ส่วนขยายคำสั่ง D(dial)

P ใช้สั่งให้โมเด็มหมุนเบอร์โทรศัพท์ด้วยการใช้ระบบพัลส์

T ใช้สั่งให้โมเด็มหมุนเบอร์โทรศัพท์ด้วยการใช้ระบบเสียง

; ใช้สั่งให้โมเด็มกลับสู่โหมดคำสั่งหลังจากหมุนเบอร์โทรศัพท์

, ใช้สั่งให้โมเด็มหยุดชั่วขณะเป็นเวลาเท่าที่กำหนดไว้ใน รีจิสเตอร์ S8 ในระหว่างที่คำสั่งหมุนเบอร์โทรศัพท์

! ใช้สั่งให้โมเด็มวางหูชั่วขณะ มีประโยชน์สำหรับการโอนสาย

W ใช้สั่งให้โมเด็มรอฟังเสียงสัญญาณ ก่อนที่จะหมุนเบอร์โทรศัพท์

3) +++ ใช้สั่งให้โมเด็มกลับสู่โหมดคำสั่งหลังจากที่เชื่อมต่อกับ โมเด็มอื่นเรียบร้อยแล้ว

- 4) A/ ใช้สั่งให้โมเด็มกระทำคำสั่งสุดท้ายซ้ำอีกครั้ง ส่วนมากจะใช้ในการหมุนโทรศัพท์เรียกเลขหมายเดิม เมื่อเลขหมายนั้นสายไม่ว่าง
- 5) &Fn ใช้กำหนดพารามิเตอร์ดั้งเดิมของโรงงาน ให้กับโมเด็ม โดย n จะเท่ากับ 0 หรือ 1
- 6) H ใช้สั่งให้โมเด็มยกเลิกการติดต่อ
- 7) O ใช้สั่งให้โมเด็มกลับสู่โหมดออนไลน์
- 8) Zn ใช้รีเซ็ตโมเด็มให้มีคุณลักษณะเหมือนกับที่เก็บไว้ในหน่วยความจำตำแหน่งที่ 0 หรือ 1

5.3 การหมุนโทรศัพท์โดยใช้โมเด็ม

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงวิธีการหมุนโทรศัพท์โดยใช้โมเด็ม เพื่อทำการเชื่อมต่อกับ โมเด็มอีกตัวหนึ่ง

ATDT 1234567

คำสั่งนี้จะสั่งให้โมเด็มหมุนโทรศัพท์ไปยังหมายเลขปลายทาง คือ 1234567 แล้วรอสัญญาณตอบรับ (Carrier) จากโมเด็มปลายทาง ถ้าไม่มีสัญญาณตอบรับภายในเวลาที่กำหนดไว้ใน Register 6 โมเด็มก็จะวางสาย และส่งผลกลับมาว่า NO CARRIER แต่ถ้ามีสัญญาณตอบรับจากโมเด็มปลายทาง และเกิดการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มทั้งสอง จะได้ผลกลับมาว่า CONNECT

5.4 การตอบรับสัญญาณเรียกเข้าโดยใช้โมเด็ม

การตอบรับสัญญาณเรียกเข้าโดยใช้โมเด็ม สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีอัตโนมัติ และวิธีธรรมดา การตอบรับสัญญาณเรียกเข้าด้วยวิธีอัตโนมัติทำได้โดยการกำหนดค่าเวลาที่จะให้รอก่อนที่จะตอบรับสัญญาณเรียกเข้าใน S-Register S1

การตอบรับสัญญาณเรียกเข้าด้วยวิธีธรรมดาทำได้โดยการส่งคำสั่ง ATA ให้กับ โมเด็มเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา ซึ่งจะทำให้โมเด็มทั้งสองเชื่อมต่อกัน และอยู่ในโหมดออนไลน์

5.5 การยกเลิกการติดต่อ

การยกเลิกการติดต่อสามารถทำได้โดยการส่งคำสั่ง Hn ให้กับ โมเด็ม ซึ่งค่า n สามารถกำหนดเป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

H0 สั่งให้โมเด็มยกเลิกการเชื่อมต่อ หรือวางหูโทรศัพท์

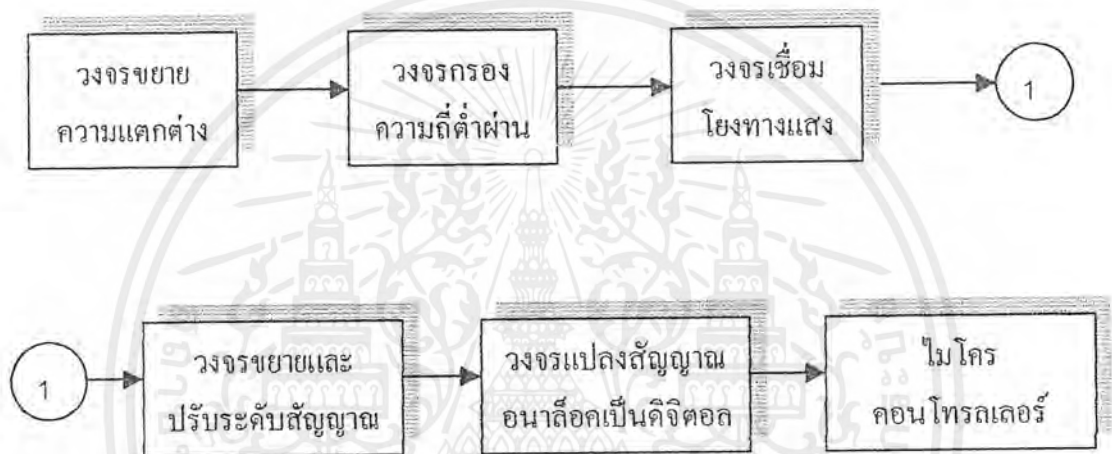
H1 สั่งให้โมเด็มยกหูโทรศัพท์และเข้าสู่โหมดคำสั่ง

บทที่ 6

การออกแบบและสร้างโครงงาน

6.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาครับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

บล็อกไดอะแกรมของภาครับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แสดงได้รูปที่ 6.1 ซึ่งรายละเอียดการทำงาน และการคำนวณในแต่ละส่วนจะกล่าวถึงต่อไป



รูปที่ 6.1 บล็อกไดอะแกรมของภาครับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

6.2 Instrument Amplifier

เป็นวงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier) ที่ทำหน้าที่ขยายคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีขนาดเล็กมาก เพียงประมาณ 1 มิลลิโวลต์ ดังนั้นวงจรที่ใช้ขยายคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1) มีอินพุทอิมพีแดนซ์สูงมาก (Ultrahigh input impedance)

เพื่อป้องกันการเสียสมดุลของวงจร และการบั่นทอนสัญญาณที่ป้อนเข้าเป็นอินพุทของวงจร การเสียสมดุลของวงจรจะมีผลเสียต่อวงจรขยาย เนื่องจากจะไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในลักษณะคอมมอนโหมดได้ และจะทำให้เกิดแรงดันออฟเซต ซึ่งจะถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าแรงดันออฟเซตมีค่ามาก จะทำให้วงจรขยายอ้อมตัวค่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาท์พุทจะค้างอยู่ที่ค่าเกือบเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟด้านใดด้านหนึ่ง ทำให้วงจรไม่สามารถทำงานได้

2) มีค่า CMRR (Common mode rejection ratio) สูงมาก

ค่า CMRR เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวงจรขยายความแตกต่างที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ คุณสมบัตินี้ก็คือ การมีอัตราขยายสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลโหมด (differential mode signal) สูง และมีอัตราขยายสัญญาณคอมมอนโหมด (common mode signal) ต่ำ

3) มีอัตราขยายสูง และคงที่ (High and stable linear gains)

อัตราขยายของวงจรขยายแบบ instrumentation เป็นพารามิเตอร์ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งได้จากตัวต้านทานภายนอก หรือ resistor network ที่ทำให้อัตราขยายอยู่ในช่วง 10-1000 เท่า ซึ่งมากพอที่จะ boost สัญญาณอินพุตทั้งหมดให้มีขนาดที่สามารถนำไปแสดงผลได้

สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ IC Instrument Amplifier เบอร์ AN114 ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติและการคำนวณ จะกล่าวถึงในบทต่อไป

6.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

เนื่องจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจมีองค์ประกอบของสัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0.5 – 200 เฮิรตซ์ ดังนั้นจึงควรจะมีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ทำหน้าที่กรองความถี่ที่สูงกว่าย่านความถี่นี้ ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการทิ้งไป

6.3.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบพื้นฐาน

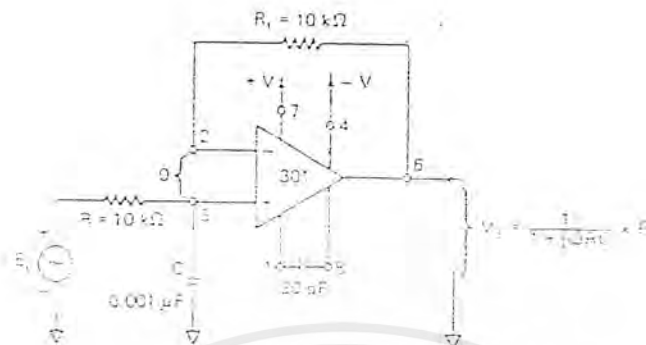
พิจารณารูปที่ 6.1 เป็นวงจรแบบแอคทีฟฟิลเตอร์อันดับที่หนึ่งประกอบด้วย R, C และอปแอมป์ ซึ่งจากวงจรมีอัตราขยายเท่ากับ 1 เท่า โดยกำหนดให้ R_f เท่ากับ R และแรงดันออฟเซต (Offset Voltage) มีค่าเป็น 0 โวลต์ ดังนั้นแรงดันที่ขา 2 เท่ากับแรงดันที่ขา 3 สำหรับแรงดันที่ขา 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ V_o นั้นจะทำให้แรงดันคร่อม C ที่คือกับ E_i เราจะได้สมการเป็น

$$V_o = E_i \frac{1}{j\omega C} \times \frac{1}{R + j\omega C} \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

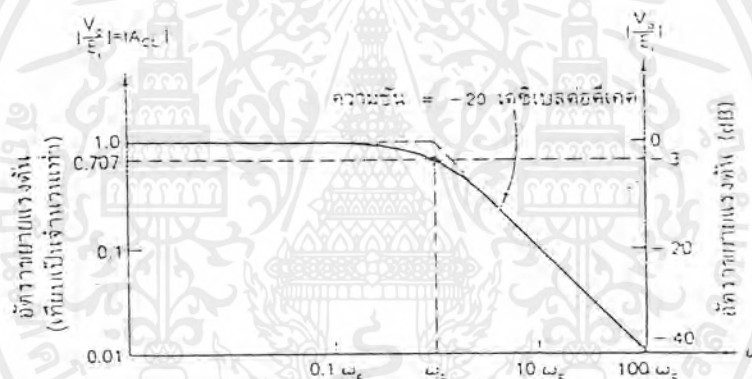
นำสมการที่ มาเขียนเป็นค่าอัตราขยายแบบรูปปิดได้คือ

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= V_o / E_i \\ &= 1 / (1 + j\omega C) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

จะเห็นว่าอัตราขยายเปลี่ยนแปลงตามความถี่ ถ้าพิจารณาที่ความถี่ต่ำ ω มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ นำไปแทนในสมการที่ จะทำให้ได้อัตราขยายเท่ากับ 1 เท่า และที่ความถี่สูง ω มีค่าเข้าใกล้อินฟินิตี้ (Infinity) จะได้อัตราขยายเท่ากับศูนย์เท่า



รูปที่ 6.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับที่หนึ่ง



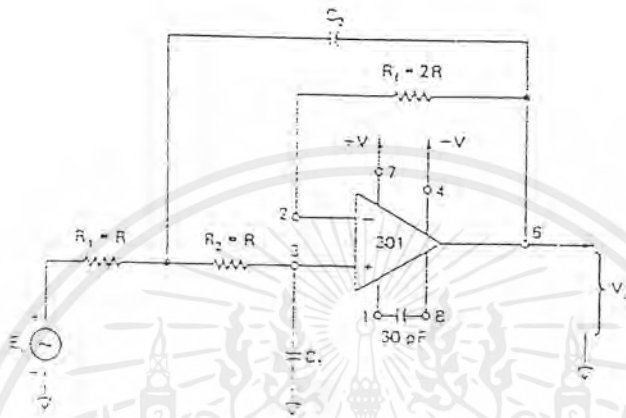
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรรูปที่ 6.2

พิจารณารูปที่ 6.3 เป็นกราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรรูปที่ 6.2 ที่มีความชันเท่ากับ -20 เดซิเบลต่อดีเคตซึ่งจะเห็นว่าที่จุดคัทออฟนั้นอัตราขยายจะเท่ากับ -3 เดซิเบลหรือเท่ากับ 0.707 เท่า เมื่อพิจารณาจากสมการที่ 6.2 จะเห็นว่าที่จุดคัทออฟคือจุดที่ ω มีค่าเท่ากับ $1/RC$ นั่นเอง ดังนั้นในการออกแบบเมื่อกำหนดจุดคัทออฟว่ามี ω เป็นเท่าไรแล้วก็สามารถเลือกค่า R และ C ที่เหมาะสมได้

6.3.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ทอันดับที่สอง

ในรูปที่ 6.4 เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ทอันดับที่สองที่ให้ค่าความชันเท่ากับ -40 เดซิเบลต่อดีเคต ออปแอมป์ที่ต่อในวงจรนี้มีอัตราขยายเท่ากับ 1 เท่าสำหรับสัญญาณไฟตรง สำหรับ R_f ที่ต่อไว้เพื่อลดผลของออฟเซตของตัวออปแอมป์

พิจารณาการทำงานของวงจรจะเห็นได้ว่า มีลักษณะเป็นวงจรตามแรงดันคือ แรงดันที่อินพุต ขา 3 มีค่าเท่ากับแรงดันเอาต์พุต ดังนั้นแรงดันตกคร่อม C_1 มีค่าเท่ากับแรงดันเอาต์พุต และจุดคัทออฟของวงจรสามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 6.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ทอันดับที่ 2

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad \text{.....(6.3)}$$

และ

$$Q = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \left(\frac{\sqrt{R_1 R_2}}{R_1 + R_2} \right) \quad \text{..... (6.4)}$$

กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R$ เพื่อให้ง่ายแก่การคำนวณ และ $Q = 1/\sqrt{2}$ ดังนั้น $C_2 = 2C_1$ เลือกค่า $C_1 = 0.05\mu F$ จะได้ $C_2 = 0.1\mu F$ เพื่อให้ได้จุดคัทออฟ 200 เฮิรท์ เราสามารถคำนวณหาค่า R ได้จากสมการ

$$R = 0.707 / (2\pi \times 200 \times 0.05 \times 10^{-6})$$

$$= 11.25 \text{ k}\Omega$$

เลือกใช้ค่า $R = 10 \text{ k}\Omega$ ดังนั้น จะได้ความถี่คัทออฟที่เกิน 200 เฮิรท์ไปเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ

$$f = 0.707 / (2\pi \times 200 \times 0.05 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3)$$

$$= 225 \text{ Hz}$$

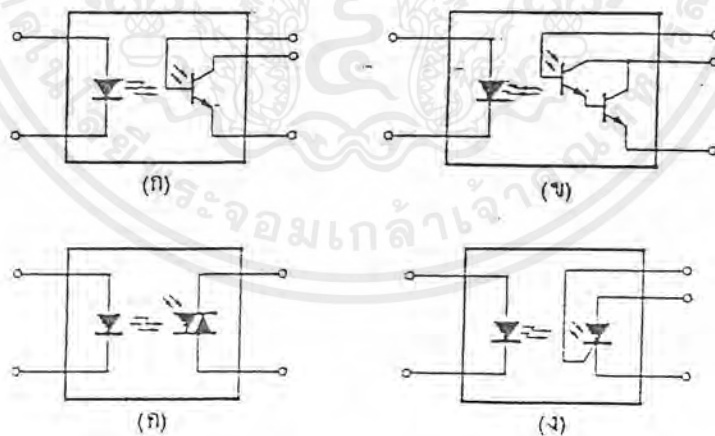
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 วงจรเชื่อมต่อด้วยแสง

วงจรผ่านสัญญาณด้วยแสง หรือการเชื่อมโยงทางแสงสามารถใช้ในงานที่ต้องการแยก ระบบไฟฟ้าของทั้งสองวงจรออกจากกัน ในกรณีนี้เราใช้เพื่อทำการแยกการวัดระหว่างวงจรส่วนที่ ต้องสัมผัสกับร่างกาย กับวงจรคิมอคูเลเตอร์ออกจากกัน เพื่อป้องกันกระแสรั่วไหลจากเครื่องไปทำ อันตรายต่อคนไข้ได้ เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจร ควรทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของตัวเชื่อมโยง ทางแสงก่อน

ตัวเชื่อมโยงทางแสง บางครั้งเรียกว่าตัวแยกโดยใช้แสง (Optoisolator) เป็นอุปกรณ์ที่ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง และตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองชิ้นส่วนนี้แยกออกจากกัน โดยมี ฉนวนที่โปร่งใสคั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ปิดแสง แหล่งกำเนิดแสง สำหรับตัวเชื่อมโยงด้วยแสงส่วนมาก จะใช้ไดโอดที่เปล่งแสงอินฟราเรด ซึ่งทำมาจากสารกึ่งตัวนำ แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium arsenide: GaAs) ส่วนตัวรับแสง หรืออุปกรณ์ภาคเอาต์พุต อาจจะใช้โฟโต ทรานซิสเตอร์, โฟโตคาร์ดิ้งตัน ,สวิตช์สองทางที่ทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และเอสซีอาร์ (SCR) ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง ในรูปที่ 6.5 แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว

สัญญาณจะถูกส่งระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองชิ้นที่แยกออกจากกันทางไฟฟ้า โดยอยู่ในรูป สัญญาณแสง ชิ้นส่วนทั้งสองไม่สามารถสลับหน้าที่กันได้ และไม่มีการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่าง ชิ้นส่วนทั้งสองนี้ สัญญาณจึงถูกส่งได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น

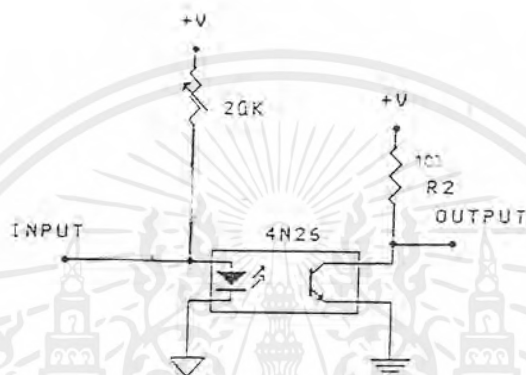


รูปที่ 6.5 อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงแบบต่างๆ

- ก) ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุต
- ข) ใช้โฟโตคาร์ดิ้งตันเป็นเอาต์พุต
- ค) ใช้สวิตช์สองทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นเป็นเอาต์พุต
- ง) ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงเป็นเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 6.6 ตัวต้านทาน R_1 ทำหน้าที่เปลี่ยนศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับไดโอดที่เป็นตัวส่งสัญญาณแสง ตัวต้านทาน R_2 และตัวต้านทานปรับค่าได้จะป้อนกระแสไบอัสให้กับตัวส่ง การตั้งกระแสไบอัสทำได้โดยการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้จนกระทั่ง ศักดาไฟฟ้าที่คอลเลคเตอร์ของตัวรับสัญญาณแสงมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของศักดาไฟฟ้าขงไฟเลี้ยง (+V)



รูปที่ 6.6 วงจรส่งผ่านสัญญาณด้วยแสง

6.5 วงจรกรองความถี่แบบกันไม่ให้ความถี่ผ่านเฉพาะช่วง (Band Reject Filter)

สัญญาณไฟฟ้าความถี่ 50 เฮิรตซ์จากไฟบ้าน อาจถูกคัปปลิ่งเข้าสู่วงจรขยายที่ใช้ในเครื่องมือวัดในแบบคอมมอนโหมด โดยทั่วไปวงจรขยายจะมีค่าคอมมอน โหมดรีเจกชันเรโซ (Common Mode Rejection Ratio : CMRR) ที่สูง ทำให้สัญญาณรบกวนนี้ถูกลดทอนลงเป็นอย่างมากอยู่แล้ว แต่หากต้องการลดทอนสัญญาณรบกวนนี้ให้ลดลงอีก สามารถทำได้โดยการใช้วงจรกรองความถี่แบบกันไม่ให้ความถี่ 50 เฮิรตซ์ผ่าน

6.5.1 วงจรกรองความถี่แบบกันไม่ให้ความถี่ผ่านเฉพาะช่วง (Band Reject Filter) แบบบริดจ์ดิฟเฟอเรนทิเอท (The Bridge Differentiate)

วงจรกรองความถี่แบบ Bridge Differentiate ดังรูปที่ 6.4 เป็นวงจรกรองความถี่ที่ง่ายต่อการออกแบบ กล่าวคือค่าความถี่ศูนย์กลางสามารถปรับได้ในแบบแมนนวล (manual) โดยมีค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้เป็นตัวควบคุม ทำให้ปรับค่าความถี่ศูนย์กลางได้ในช่วงความถี่ที่ต้องการ และเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน จะทำให้แบนด์วิดท์เปลี่ยนแปลง แต่ค่า Q ยังคงเดิมทำให้งานต่อการออกแบบ วงจรแบบบริดจ์ดิฟเฟอเรนทิเอทผู้ออกแบบมักนิยม ใช้กับความถี่ศูนย์กลางที่มีค่าต่ำ เพราะจะทำให้ได้ค่า Q สูงและช่วงแบนด์วิดท์แคบกว่าวงจรในรูปแบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถหาค่าความถี่ศูนย์กลางได้จากสมการ

$$F_c = 1/2\pi C\sqrt{3R_aR_b}$$

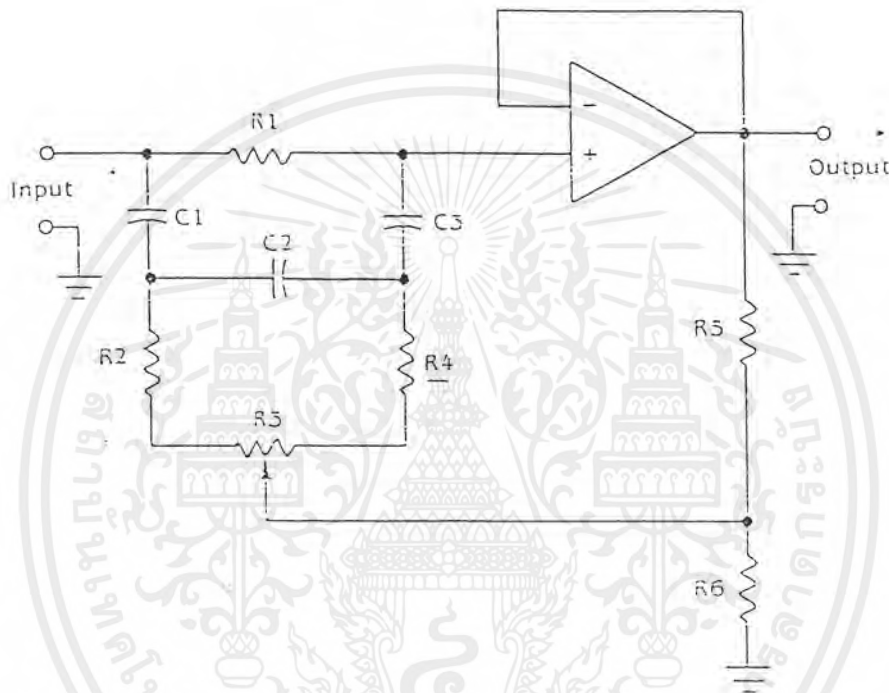
..... (6.5)

โดยที่

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

และ

$$R_1 = 6(R_2 + R_4 + R_3)$$



รูปที่ 6.7 วงจรแอกทีฟแบนด์พาสแบบบริดจ์เฟอเรนซิเอเตอร์

หรือ

$$R_a = R_2 + R_3a$$

$$R_b = R_4 + R_3b$$

โดยที่

$$R_3 = R_3a + R_3b$$

ต้องการความถี่ศูนย์กลาง 50 เฮิรตซ์ (Hz) จึงกำหนดช่วงการปรับค่าความถี่ศูนย์กลางในช่วงประมาณ 45 เฮิรตซ์ ดังนั้นกำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุ C เท่ากับ 0.047 UF ตลอดจนกำหนดให้ค่าความต้านทาน R2 เท่ากับ 4.7 กิโลโอห์ม และ กำหนดค่าความต้านทาน R4 เท่ากับ 75 กิโลโอห์ม เนื่องจาก R3 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้จึงใช้ R3 ที่มีค่า 20 กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจาก $R1 = 6 (R2 + R4 + R3)$

จะได้ $R1 = 6 (4700 + 75000 + 20000)$
 $= 598200$ โอห์ม

และ $R5 = 68$ โอห์ม

$R4 = 2200$ โอห์ม

ดังนั้นเมื่อแทนค่าลงในตารางจะได้ค่าความถี่ศูนย์กลางที่ตั้งไว้ อยู่ในช่วงต่อไปนี้เป็นคือ เมื่อปรับค่า $R3$ ไปทางซ้ายสุดจะได้ $R3a = 0$ โอห์ม และ $R3b = 20$ กิโลโอห์ม ซึ่งจะได้ค่าความถี่ศูนย์กลางสูงสุดดังนี้

คำนวณ Ra จากสมการ $Ra = R2 + R3a$

$Ra = 4700 + 0 = 4700$ โอห์ม

และ $Rb = R4 + R3b$

$Rb = 75000 + 20000 = 95000$ โอห์ม

ดังนั้นจะได้ค่าความถี่ศูนย์กลางสูงสุดจากสมการที่ 6.5 คือ

$$Fc = 1/2\pi 0.047 \times 10^{-6} \sqrt{3 \times 4700 \times 95000}$$

$$= 92.52 \text{ เฮิรท์}$$

เมื่อปรับค่า $R3$ ไปขวาสุดจะได้ $R3a = 20$ โอห์ม และ $R3b = 0$ โอห์ม ซึ่งจะได้ค่าความถี่ศูนย์กลางต่ำสุดดังนี้

คำนวณ Ra จากสมการ $Ra = R2 + R3a$

$Ra = 4700 + 20000$
 $= 24700$ โอห์ม

และ $Rb = R4 + R3b$

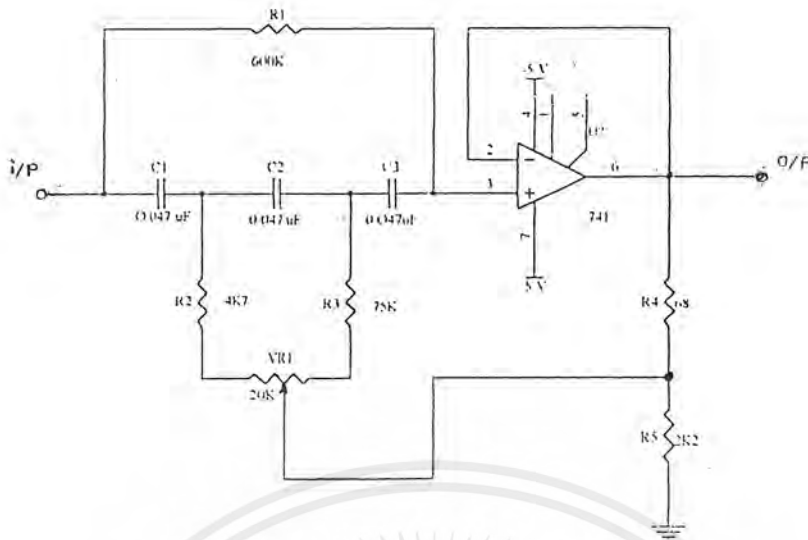
$= 75000 + 0$
 $= 75000$ โอห์ม

ดังนั้นจะได้ค่าความถี่ศูนย์กลางต่ำสุดคือ

$$Fc = 1/2\pi 0.047 \times 10^{-6} \sqrt{3 \times 24700 \times 75000}$$

$$= 45.42 \text{ เฮิรท์}$$

จากที่ออกแบบข้างต้น กล่าวได้ว่าความถี่ศูนย์กลางสามารถปรับค่าได้ในช่วง 45.42 เฮิรท์ ถึง 92.52 เฮิรท์ ดังนั้นถ้าต้องการความถี่ศูนย์กลาง 50 เฮิรท์ก็ปรับค่าความต้านทานให้ได้ความถี่ศูนย์กลางที่ 50 เฮิรท์ โดยที่ค่า Q คงที่ประมาณ 4.16 ซึ่งวงจรที่ออกแบบได้จะเป็นดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 วงจรกำเนิดความถี่ 50 เฮิรตซ์

6.6 วงจรปรับแรงดันออฟเซต (Offset Adjust)

หน้าที่ของวงจรปรับแรงดันออฟเซตคือ ขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้มีขนาด และระดับของศักดาไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวงจรในภาคถัดไป โดยที่ออปแอมป์ตัวแรก จะทำหน้าที่ปรับระดับสัญญาณอินพุตที่มีศักดาไฟฟ้าต่ำกว่าศูนย์ ให้มีค่ามากกว่าศูนย์ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ยกระดับสัญญาณอินพุตขึ้น 1 โวลต์ เพื่อให้สัญญาณเหมาะสมที่จะป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

อัตราขยายแรงดัน สามารถหาได้จาก

$$\text{Gain} = 1 + R2 / R1$$

..... (6.6)

6.5 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล

ในโครงการนี้ใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้หลักการแปลงแบบ successive approximation มาสร้างเป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต โดยการต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับขาต่างๆของ ADC0804 ดังรูปที่ 6.9

ขา CS และขา RD ค่อยถกราวคเพื่อให้ออซีทำงาน และมีการอ่านข้อมูลหรือให้ออกมูลที่
เอาทพุทตลอดเวลา ขา WR ต่อเข้ากับสัญญาณนาฬิการความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮริทซ์ เพื่อกำหนด
อัตราที่ใช้ในการแซมปลิง สัญญาณอนาลอก โดยจะมีการแซมปลิงเกิดขึ้นทุกๆขอบขาขึ้นของ
สัญญาณนาฬิกา ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่างขา 4 กับขา 19 ทำหน้าที่กำหนดความถี่
สัญญาณนาฬิกาที่ควบคุมกระบวนการทำงานภายในไอซี ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าความถี่ที่ใช้แซมปลิง
สามารถคำนวณหาค่าความถี่ได้จากสมการ 6.7

$$f_{CLK} = \frac{1}{11RC} \quad \dots\dots (6.7)$$

รหัสดิจิทัลที่ได้ สามารถคำนวณออกมาเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าได้โดย แบ่งรหัสดิจิทัลออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มบน (บิตที่ 8 ถึงบิตที่ 5) และกลุ่มล่าง (บิตที่ 4 ถึงบิตที่ 1) แล้วใช้ตารางที่ 6.1 ทำการหาค่า

TABLE I. DECODING THE DIGITAL OUTPUT LEDs --					
HEX	BINARY	FRACTIONAL BINARY VALUE FOR		OUTPUT VOLTAGE CENTER VALUES WITH $V_{REF}/2 = 2.560 \text{ V}_{DC}$	
		MS GROUP	LS GROUP	VMS GROUP*	VLS GROUP*
F	1 1 1 1	15/16	15/256	4.800	0.300
E	1 1 1 0	7/8	7/128	4.480	0.280
D	1 1 0 1	13/16	13/256	4.160	0.260
C	1 1 0 0	3/4	3/64	3.840	0.240
B	1 0 1 1	11/16	11/256	3.520	0.220
A	1 0 1 0	5/8	5/128	3.200	0.200
9	1 0 0 1	9/16	9/256	2/880	0.180
8	1 0 0 0	1/2	1/32	2/560	0.160
7	0 1 1 1	7/16	7/256	2.240	0.140
6	0 1 1 0	3/8	3/128	1.920	0.120
5	0 1 0 1	5/16	2/256	1.600	0.100
4	0 1 0 0	1/4	1/64	1/280	0.080
3	0 0 1 1	3/16	3/256	0.960	0.060
2	0 0 1 0	1/8	1/128	0.640	0.040
1	0 0 0 1	1/16	1/256	0.320	0.020
0	0 0 0 0			0	0

*Display Output = VMS Group + VLS Group

ตารางที่ 6.1 ตารางสำหรับคำนวณค่ารหัสดิจิตอลกลับเป็นแรงดัน

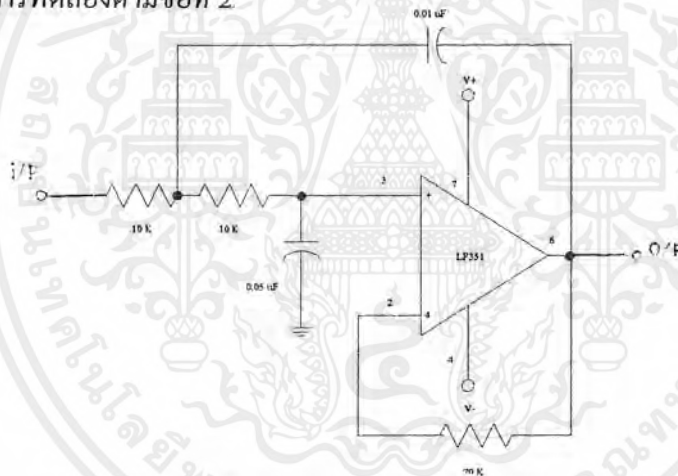
เช่นรหัสดิจิตอลที่ได้คือ 1011 0110 หรือ B6 (ฐาน 16) ค่าแรงดันที่อ่านได้จากตารางที่ 6.1 คือ $3.520 + 0.120$ หรือเท่ากับ 3.640 โวลท์

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

7.1 การหาผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 2 Vpp ความถี่ 10 Hz เป็นสัญญาณอินพุตของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 7.1
2. สังเกตขนาดแรงดันเอาต์พุต แล้วนำไปพล็อตกราฟ เพื่อแสดงผลตอบสนองความถี่ของวงจร
3. เพิ่มความถี่ของสัญญาณอินพุตขึ้นทีละ 10 Hz จนกระทั่งถึงความถี่ 230 Hz ทำการสังเกตผลการทดลองตามข้อที่ 2



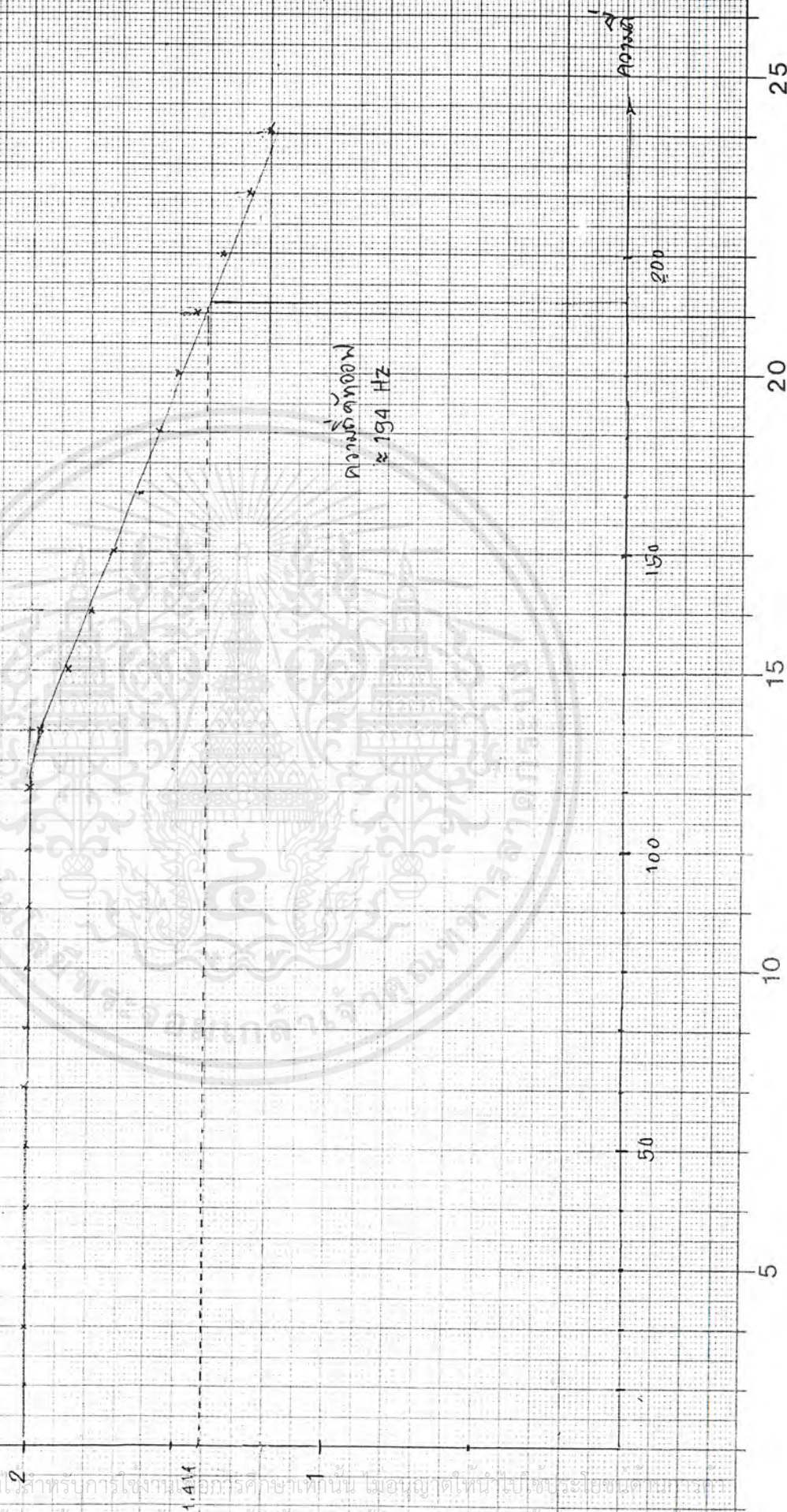
รูปที่ 7.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

7.2 การหาผลตอบสนองความถี่ของวงจรกำจัดความถี่ 50 Hz ขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 2 Vpp ความถี่ 10 Hz เป็นสัญญาณอินพุตของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 7.2
2. สังเกตขนาดแรงดันเอาต์พุต แล้วนำไปพล็อตกราฟ เพื่อแสดงผลตอบสนองความถี่ของวงจร
3. เพิ่มความถี่ของสัญญาณอินพุตขึ้นทีละ 10 Hz จนกระทั่งถึงความถี่ 230 Hz ทำการสังเกตผลการทดลองตามข้อที่ 2

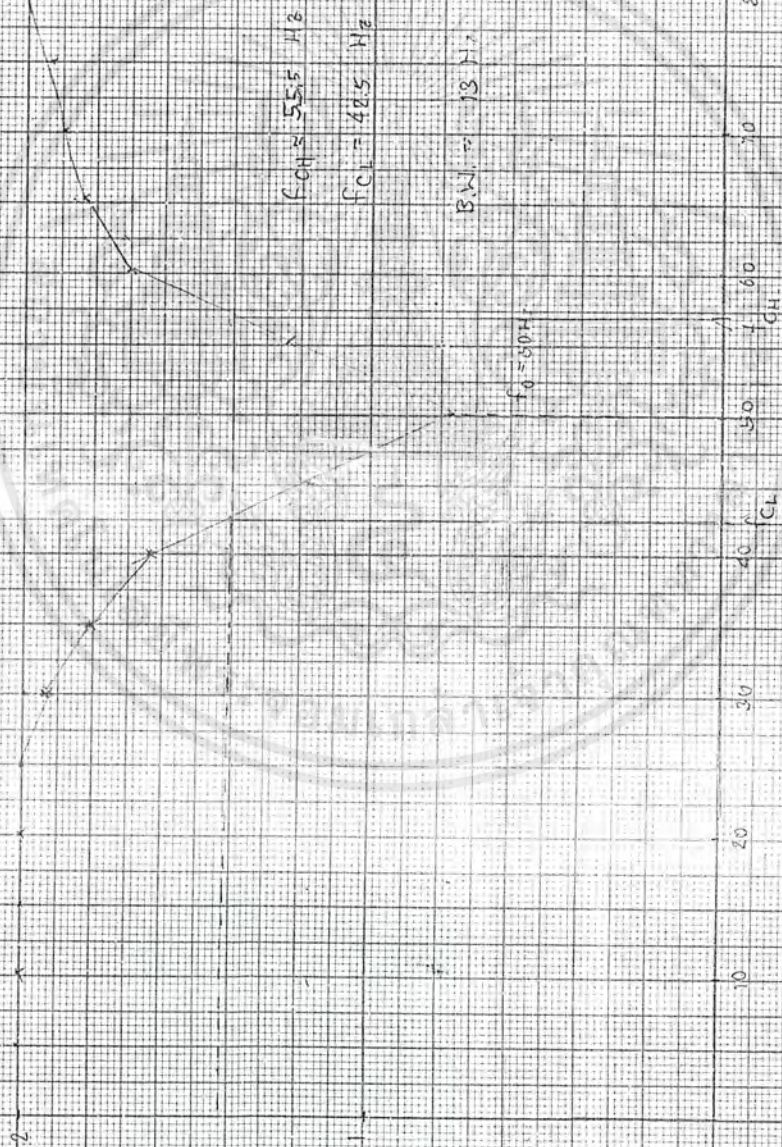
ขนาดของสัญญาณ
จากชุด

การพล็อตของคาบกรอง Low Pass Filter.



จุดตรงที่จุดบน
เส้นทึบ

กราฟตอบสนองความถี่ Notch Filter



100%

100

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

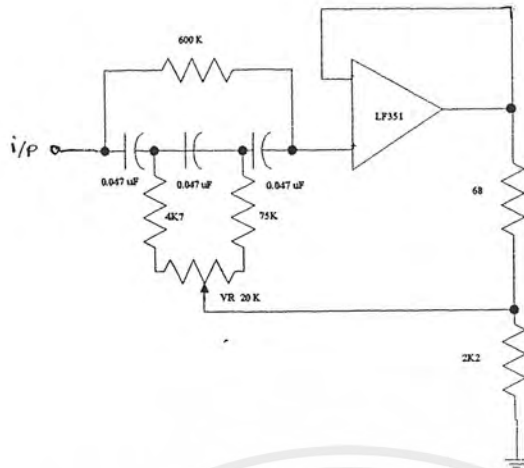
120

130

140

150

ไม่ว่าการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุขัดข้องและต้องอ้างอิงถึงเวลาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



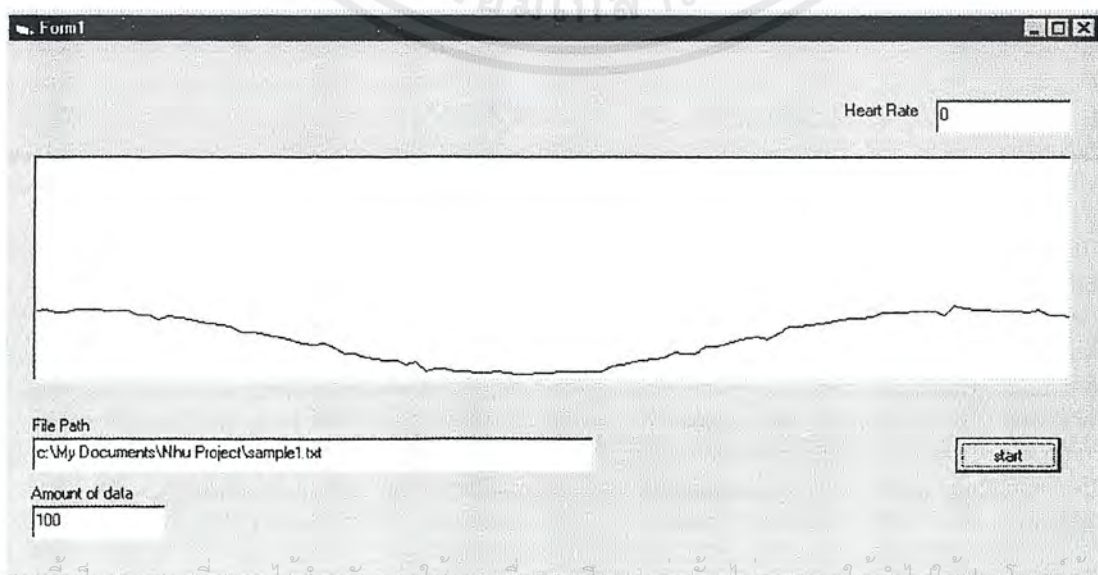
รูปที่ 7.2 วงจรกำจัดความถี่ 50 Hz

7.3 การทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อจำนวนจุดข้อมูลคงที่ ขั้นตอนการทดลอง

1. จำยสัญญาณรูป sine ความถี่ 10 Hz , 50Hz , 100Hz และ 200 Hz ตามลำดับ จำนวนจุดข้อมูลเท่ากับ 100 จุด
2. Run โปรแกรมเพื่อแสดงรูปสัญญาณที่ความถี่อื่นๆต่าง ๆ
3. บันทึกและสังเกตผลการทดลอง

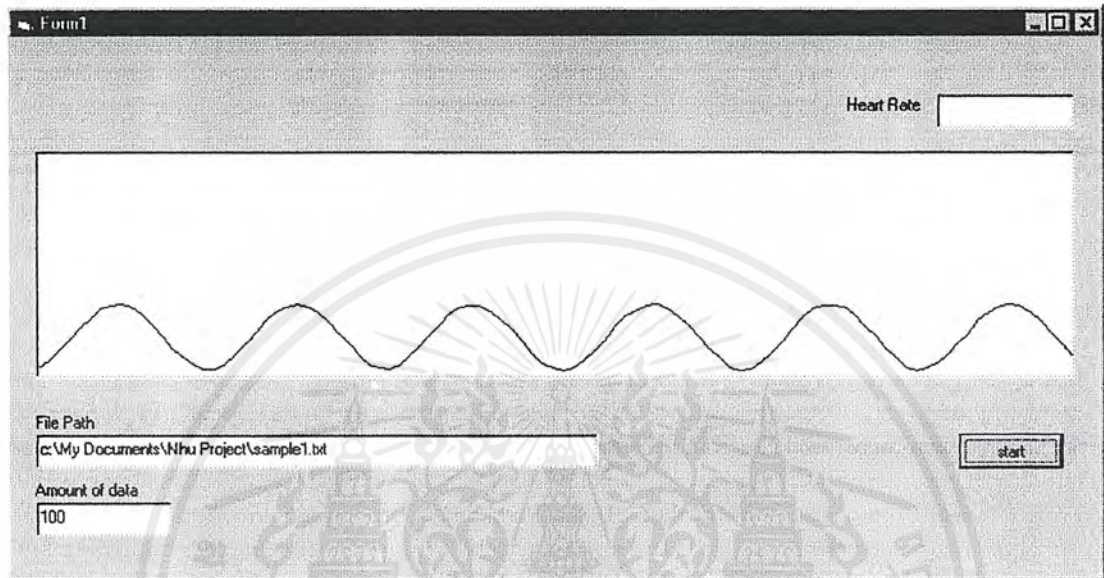
ผลการทดลองที่ 7.1

10HZ 100 point

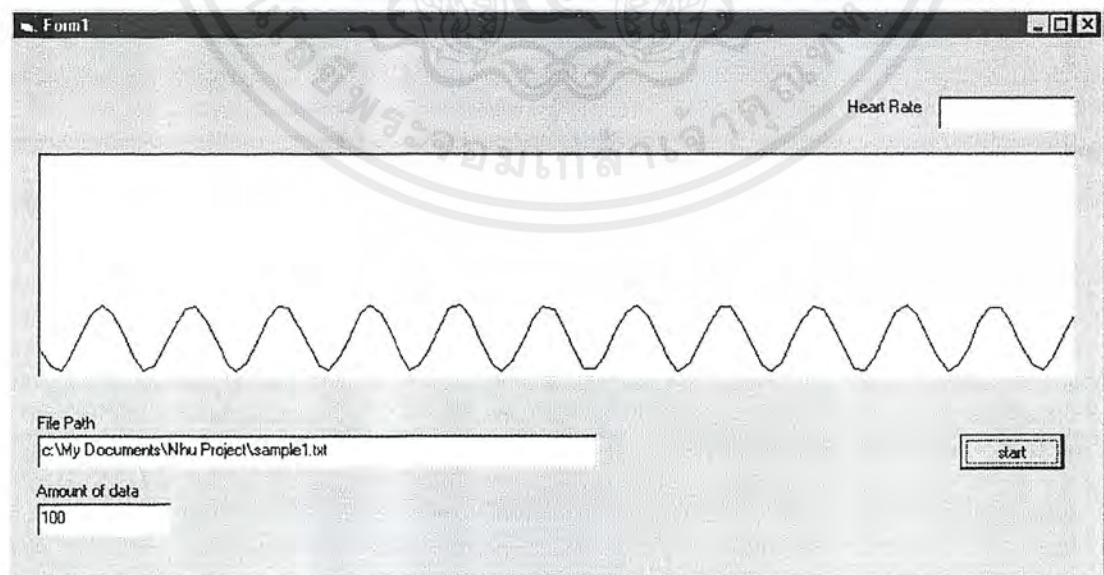


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50Hz 100 point

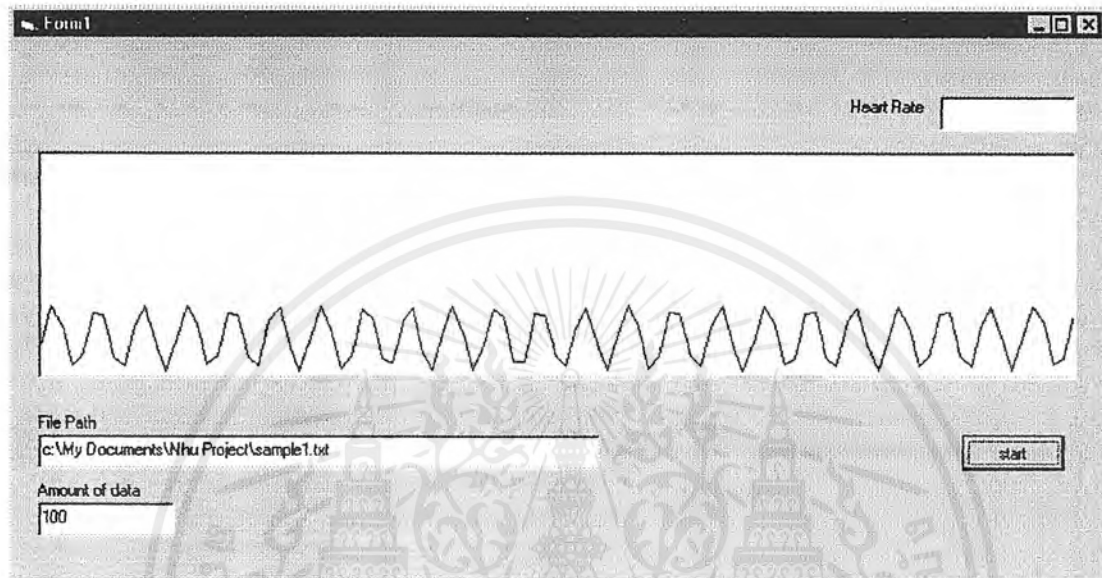


100Hz 100 point



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

200Hz 100 point

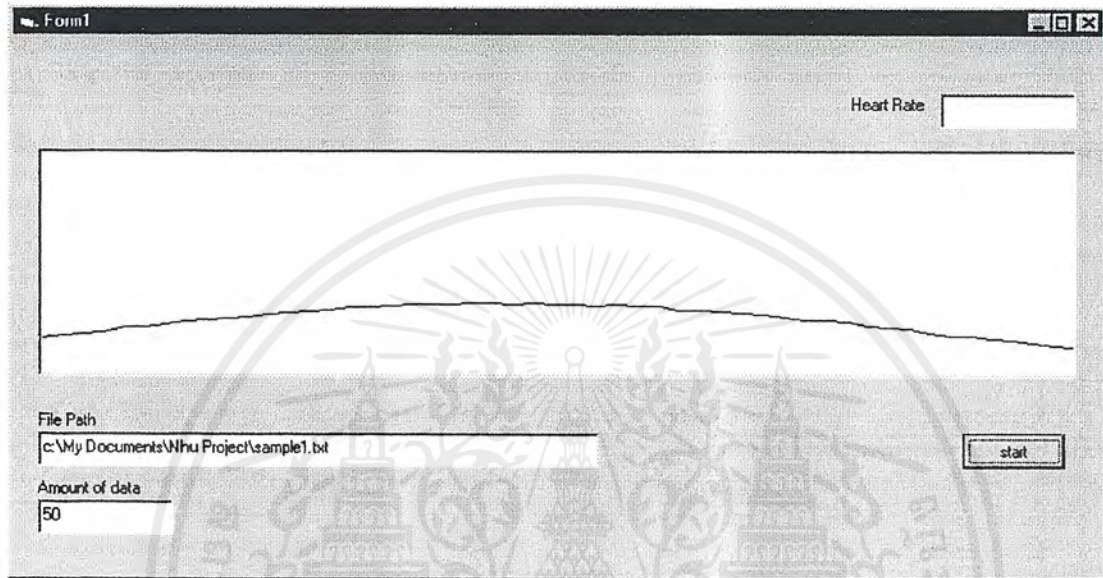


7.4 การทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อจำนวนจุดข้อมูลคงไม่คงที่

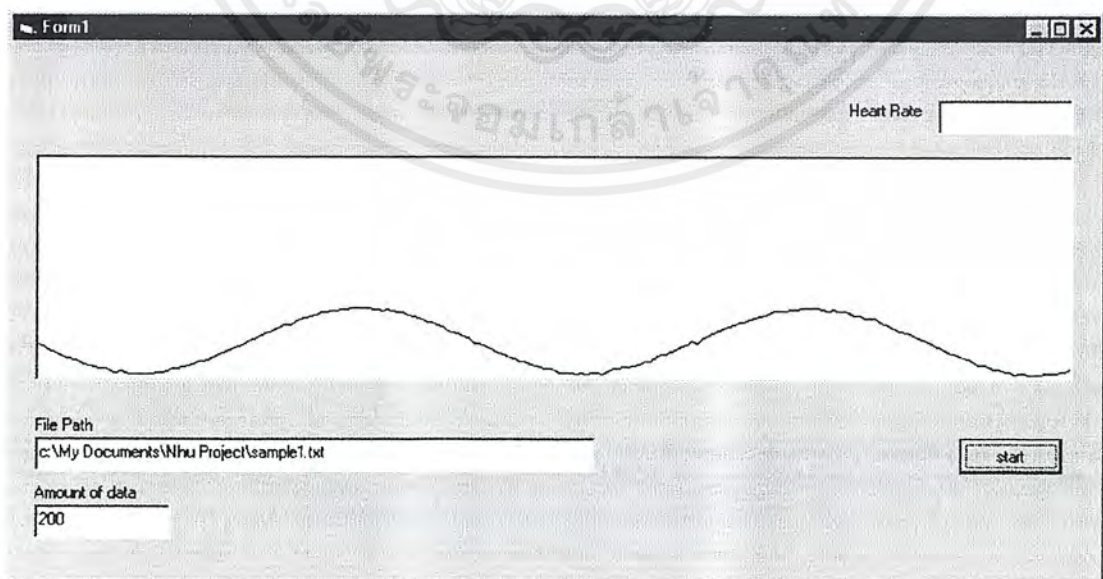
1. ถ่ายสัญญาณความถี่ 10 Hz และกำหนดจำนวนจุดข้อมูลเท่ากับ 50 จุดและ 200 จุดตามลำดับ
2. Run โปรแกรมเพื่อแสดงรูปสัญญาณ
3. บันทึกและสังเกตผลการทดลอง
4. เปลี่ยนความถี่เป็น 50Hz, 100Hz และ 200Hz ตามลำดับ แล้วทำการทดลองเช่นเดิม

ผลการทดลอง

10Hz 50point

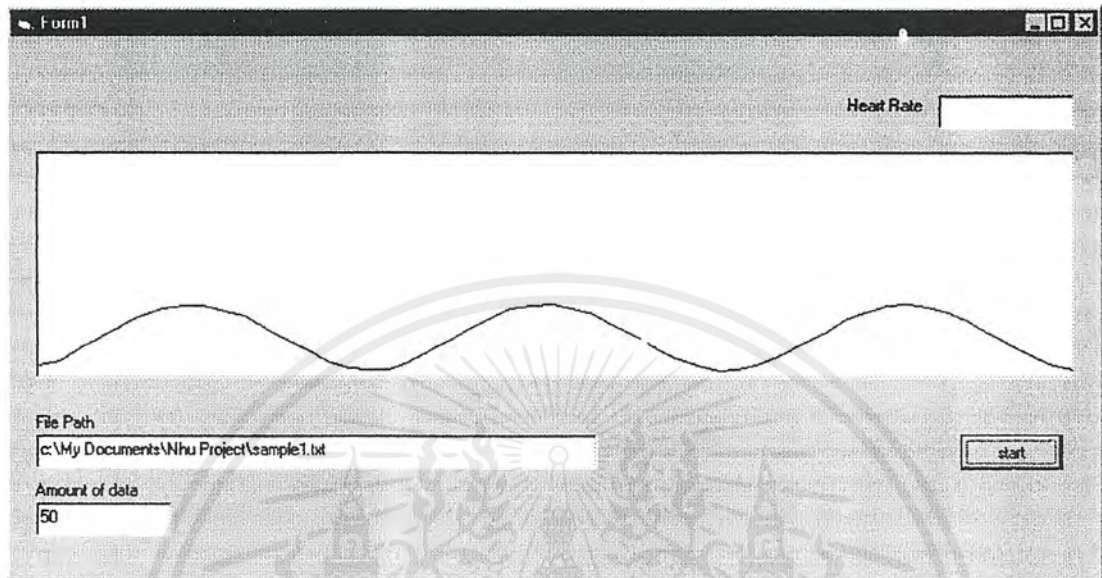


10Hz 200 point

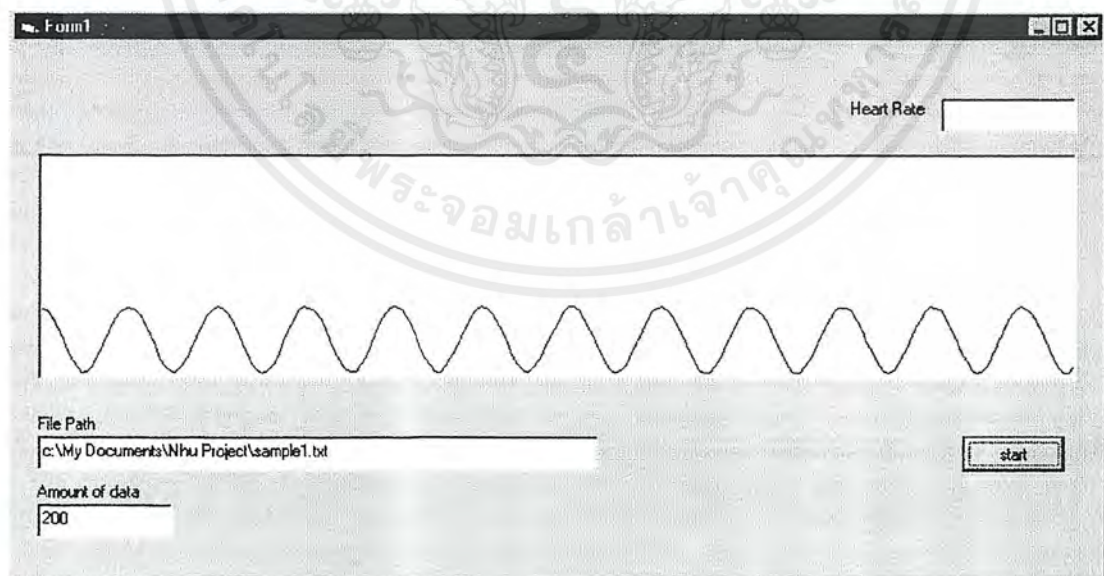


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50Hz 50 point

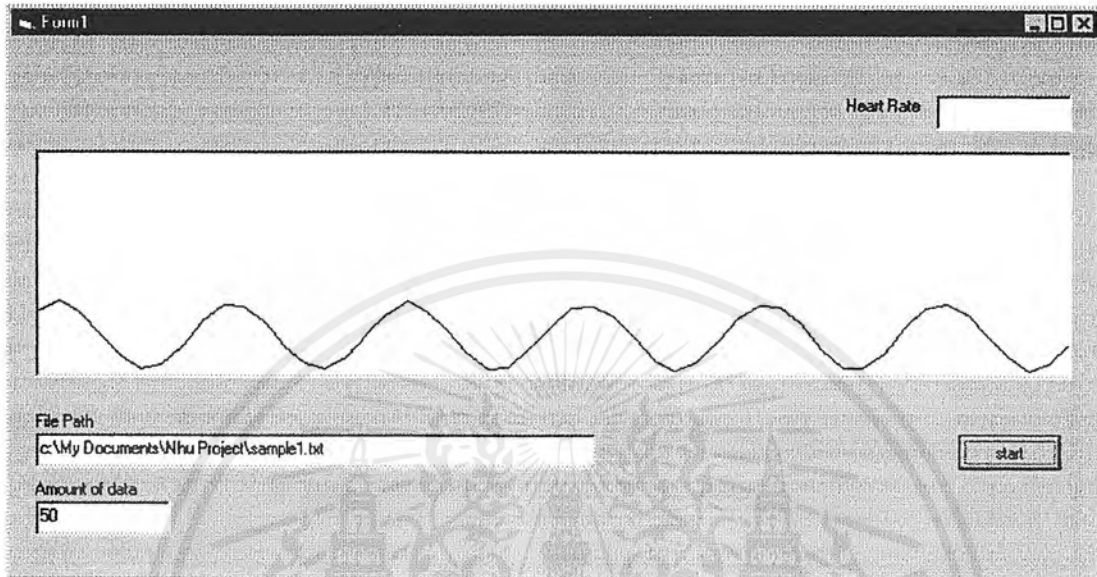


50Hz 200 point



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100Hz 50 point

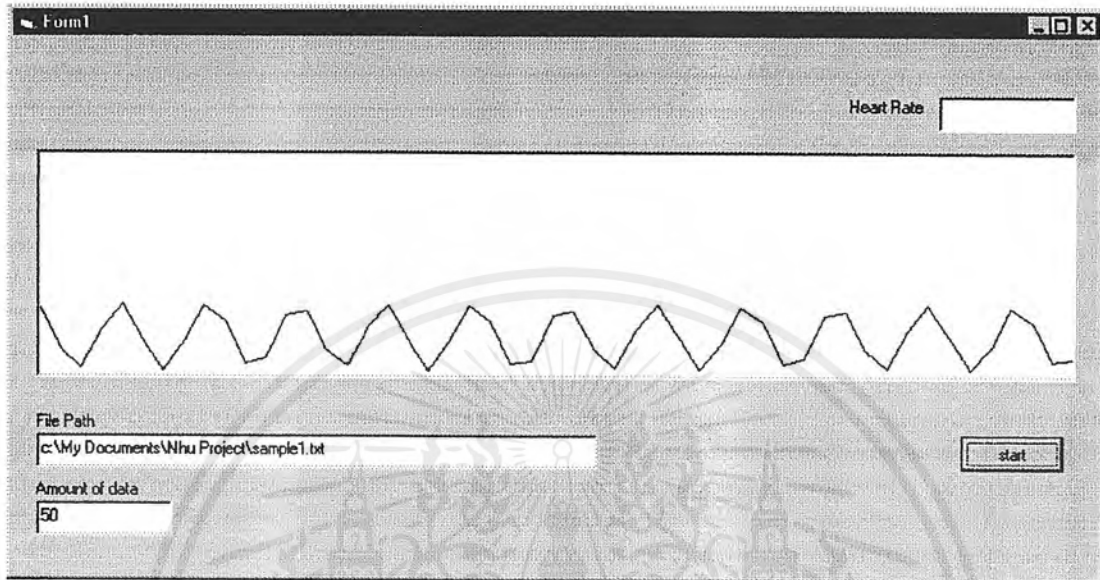


100Hz 200 point

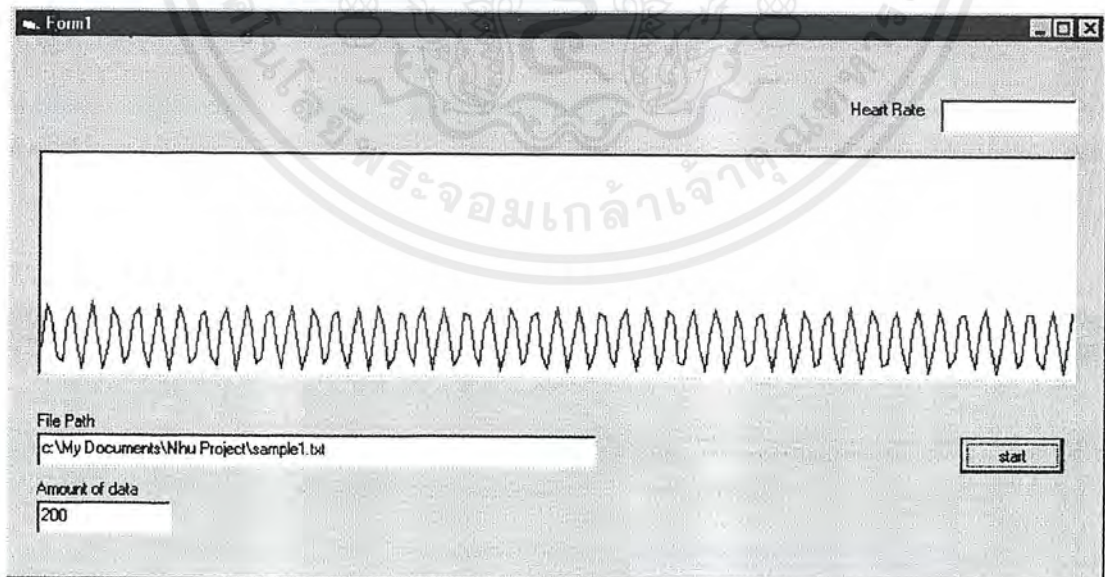


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

200 Hz 50 point



200Hz 200 point



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

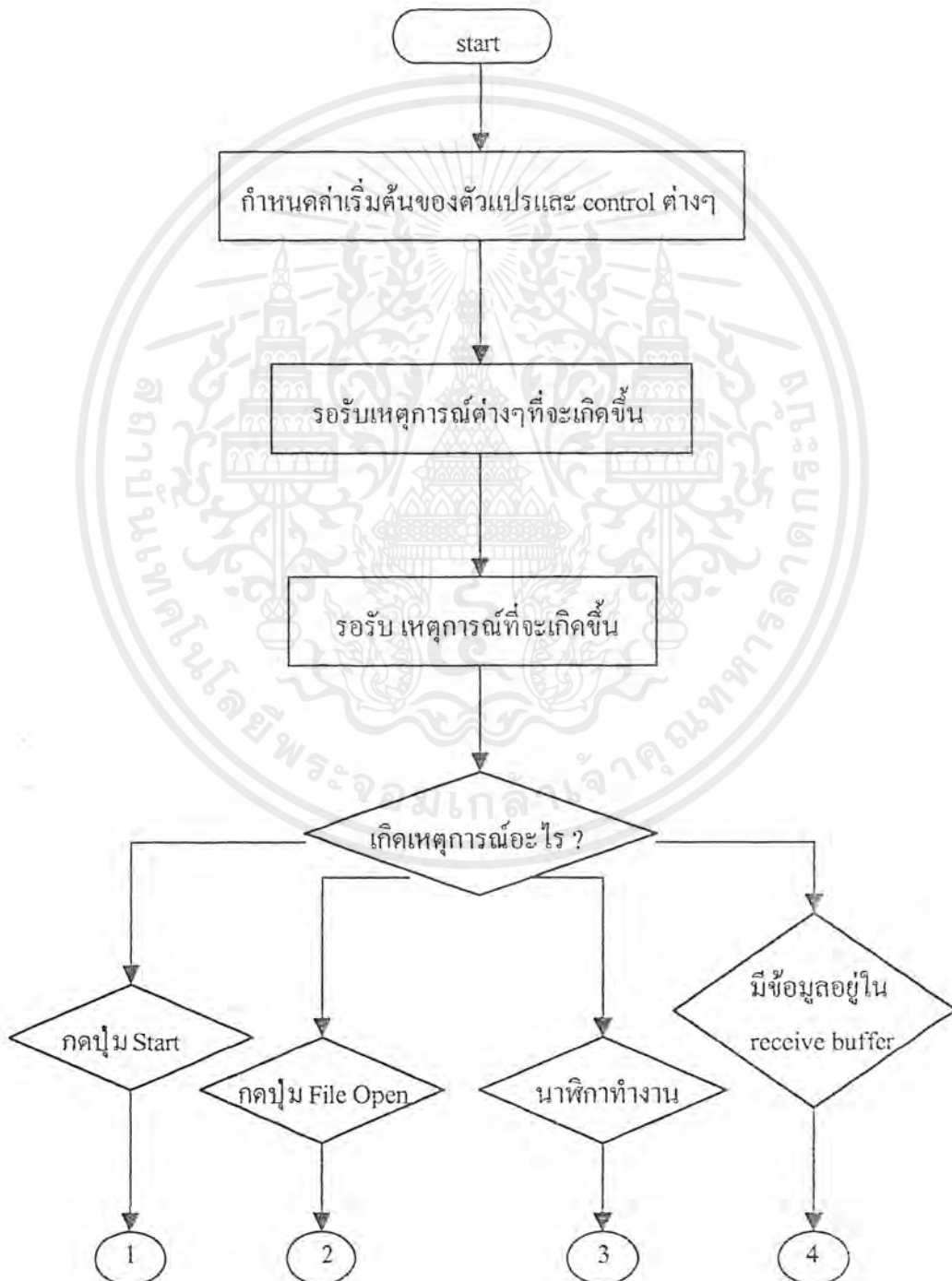


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

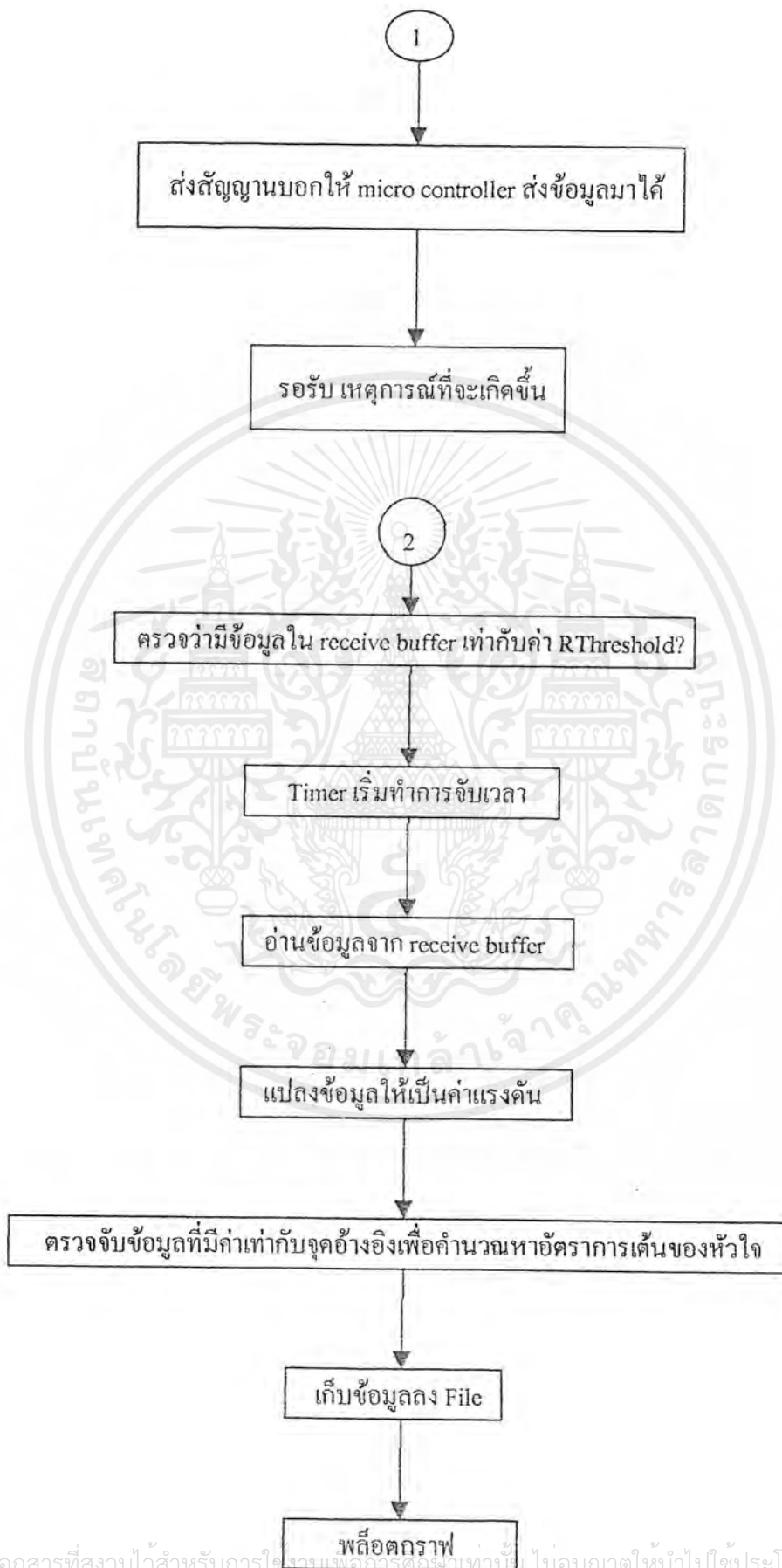
โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม

จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของฝั่งส่งข้อมูล และส่วนของฝั่งรับข้อมูล ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของทั้ง 2 ส่วน พัฒนาขึ้นมาด้วยภาษา วิวิลเบสิก (Visual Basic)

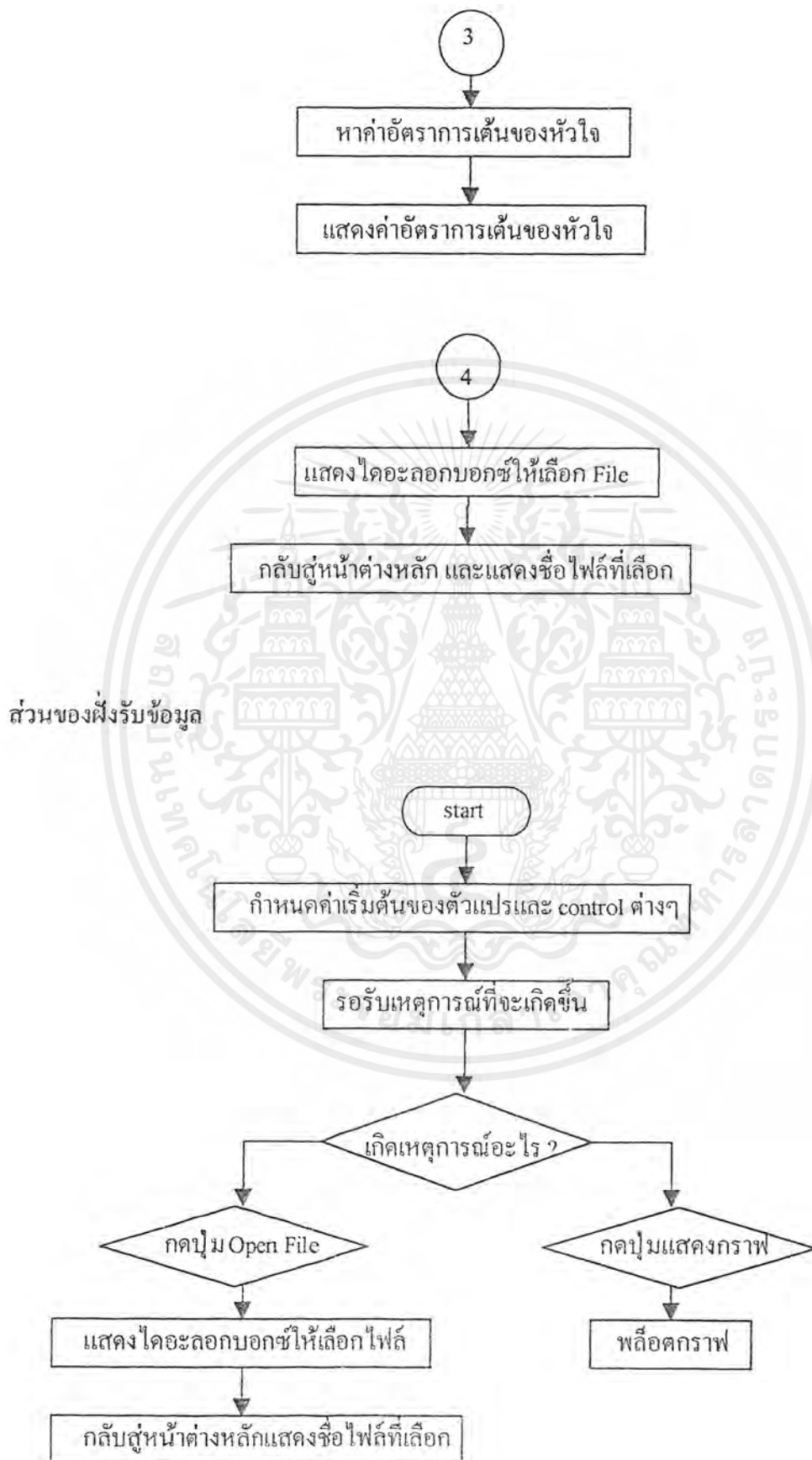
ส่วนของฝั่งส่งข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปวงจรที่ใช้ในโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Or, Call Customer Service at 1-800-548-6132 (USA Only)



INA114

Precision INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW OFFSET VOLTAGE: 50 μ V max
- LOW DRIFT: 0.25 μ V/ $^{\circ}$ C max
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 2nA max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 115dB min
- INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION: $\pm$ 40V
- WIDE SUPPLY RANGE: $\pm$ 2.25 to $\pm$ 18V
- LOW QUIESCENT CURRENT: 3mA max
- 8-PIN PLASTIC AND CERAMIC DIP, SOL-16

APPLICATIONS

- BRIDGE AMPLIFIER
- THERMOCOUPLE AMPLIFIER
- RTD SENSOR AMPLIFIER
- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

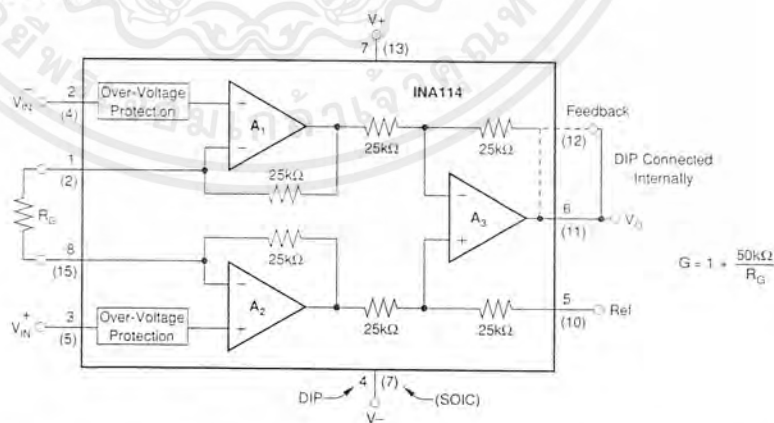
DESCRIPTION

The INA114 is a low cost, general purpose instrumentation amplifier offering excellent accuracy. Its versatile 3-op amp design and small size make it ideal for a wide range of applications.

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. Internal input protection can withstand up to $\pm$ 40V without damage.

The INA114 is laser trimmed for very low offset voltage (50 μ V), drift (0.25 μ V/ $^{\circ}$ C) and high common-mode rejection (115dB at G = 1000). It operates with power supplies as low as $\pm$ 2.25V, allowing use in battery operated and single 5V supply systems. Quiescent current is 3mA maximum.

The INA114 is available in 8-pin plastic and ceramic DIPs, and SOL-16 surface-mount packages, specified for the -40° C to $+85^{\circ}$ C temperature range.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400 • Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd. • Tucson, AZ 85706
Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111 • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132



PDS-1142C

4.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For Immediate Assistance, Contact Your Local Salesperson

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$ unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BG, BU			INA114AP, AG, AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT								
Offset Voltage, RTI								μV
Initial	$T_A = +25^\circ\text{C}$		$\pm 10 + 20/\text{G}$	$\pm 50 + 100/\text{G}$		$\pm 25 + 30/\text{G}$	$\pm 125 + 500/\text{G}$	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
vs Temperature	$T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX}		$\pm 0.1 + 0.5/\text{G}$	$\pm 0.25 + 5/\text{G}$		$\pm 0.25 + 5/\text{G}$	$\pm 1 + 10/\text{G}$	$\mu\text{V}/\text{V}$
vs Power Supply	$V_S = \pm 2.25\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$		$0.5 + 2/\text{G}$	$3 + 10/\text{G}$		*	*	$\mu\text{V}/\text{mV}$
Long-Term Stability			$\pm 0.2 + 0.5/\text{G}$			*	*	Ω/pF
Impedance, Differential			$10^{10} \parallel 6$			*	*	Ω/pF
Common-Mode			$10^{10} \parallel 6$			*	*	V
Input Common-Mode Range		± 11		± 40				
Safe Input Voltage								
Common-Mode Rejection	$V_{\text{CM}} = \pm 10\text{V}$, $\Delta R_S = 1\text{k}\Omega$							
	$\text{G} = 1$	80	96		75	90		dB
	$\text{G} = 10$	96	115		90	106		dB
	$\text{G} = 100$	110	120		106	110		dB
	$\text{G} = 1000$	115	120		106	110		dB
BIAS CURRENT								
vs Temperature			± 0.5	± 2		*	± 5	nA
			± 8			*		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
OFFSET CURRENT								
vs Temperature			± 0.5	± 2		*	± 5	nA
			± 8			*		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
NOISE VOLTAGE, RTI	$\text{G} = 1000$, $R_S = 50\Omega$							
$f = 10\text{Hz}$			15			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 100\text{Hz}$			11			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 1\text{kHz}$			11			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f_{\text{B}} = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz			0.4			*		$\mu\text{Vp-p}$
Noise Current						*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 10\text{Hz}$			0.4			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 1\text{kHz}$			0.2			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f_{\text{B}} = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz			18			*		pAp-p
GAIN								
Gain Equation			$1 + (50\text{k}\Omega/R_G)$			*		V/V
Range of Gain				10000		*		V/V
Gain Error	$\text{G} = 1$		± 0.01	± 0.05		*		%
	$\text{G} = 10$		± 0.02	± 0.4		*	± 0.5	%
	$\text{G} = 100$		± 0.05	± 0.5		*	± 0.7	%
	$\text{G} = 1000$		± 0.5	± 1		*	± 2	%
Gain vs Temperature	$\text{G} = 1$		± 2	± 10		*	± 10	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
50k Ω Resistance ⁽¹⁾			± 25	± 100		*		$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Nonlinearity	$\text{G} = 1$		± 0.0001	± 0.001		*	± 0.002	% of FSR
	$\text{G} = 10$		± 0.0005	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR
	$\text{G} = 100$		± 0.0005	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR
	$\text{G} = 1000$		± 0.002	± 0.01		*	± 0.02	% of FSR
OUTPUT								
Voltage	$I_O = 5\text{mA}$, T_{MIN} to T_{MAX}	± 13.5	± 13.7			*		V
	$V_S = \pm 11.4\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$	± 10	± 10.5			*		V
	$V_S = \pm 2.25\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$	± 1	± 1.5			*		V
Load Capacitance Stability			1000			*		pF
Short Circuit Current			± 20 – ± 15			*		mA
FREQUENCY RESPONSE								
Bandwidth, –3dB	$\text{G} = 1$		1			*		MHz
	$\text{G} = 10$		100			*		kHz
	$\text{G} = 100$		10			*		kHz
	$\text{G} = 1000$		1			*		kHz
Slew Rate	$V_{\text{IN}} = \pm 10\text{V}$, $\text{G} = 10$	0.3	0.6			*		V/ μs
Settling Time, 0.01%	$\text{G} = 1$		18			*		μs
	$\text{G} = 10$		20			*		μs
	$\text{G} = 100$		120			*		μs
	$\text{G} = 1000$		1100			*		μs
Overload Recovery	50% Overdrive		20			*		μs
POWER SUPPLY								
Voltage Range		± 2.25	± 15	± 18	*	*	*	V
Current	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$		± 2.2	± 3	*	*	*	mA
TEMPERATURE RANGE								
Specification		-40		85	*	*	*	$^\circ\text{C}$
Operating		-40		125	*	*	*	$^\circ\text{C}$
θ_{JA}			80			*		$^\circ\text{C}/\text{W}$

* Specification same as INA114BP BU.

NOTE: (1) Temperature coefficient of the "50k Ω " term in the gain equation.

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

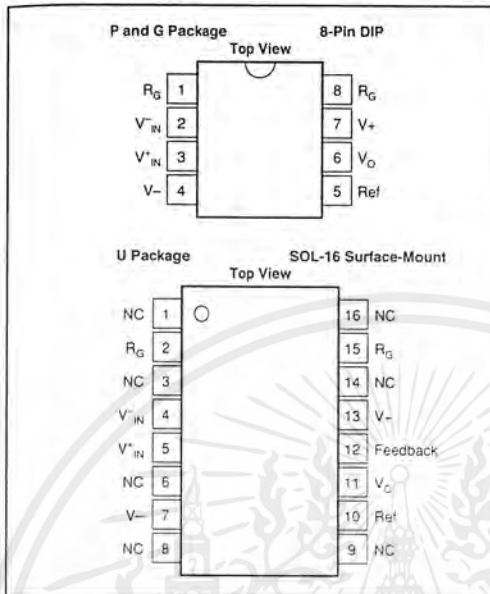
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ITS
1V
1V/C
1V/V
1pF/mo
1pF
V
dB
dB
dB
1A
V/C
1A
V/C
1/KHz
1/KHz
1/KHz
1/p-p
1/KHz
1/KHz
1p-p
1/V
1/V
%
%
%
%
%
1m°C
1FSR
1FSR
1FSR
1FSR
V
V
V
pF
mA
MHz
KHz
KHz
KHz
1/us
us
us
us
us
us
V
mA
1°C
1°C
C/W

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	±18V
Input Voltage Range	±40V
Output Short-Circuit (to ground)	Continuous
Operating Temperature	-40°C to +125°C
Storage Temperature	-125°C to +125°C
Junction Temperature	+150°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C



MODEL	PACKAGE	TEMPERATURE RANGE
INA114AP	Plastic DIP	-40°C to +85°C
INA114BP	Plastic DIP	-40°C to +85°C
INA114AG	Ceramic DIP	-40°C to +85°C
INA114BG	Ceramic DIP	-40°C to +85°C
INA114AU	Surface-Mount	-40°C to +85°C
INA114BU	Surface-Mount	-40°C to +85°C

MODEL	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER ⁽¹⁾
INA114AP	8-Pin Plastic DIP	006
INA114BP	8-Pin Plastic DIP	006
INA114AG	8-Pin Ceramic DIP	254
INA114BG	8-Pin Ceramic DIP	254
INA114AU	SOL-16 Surface-Mount	211
INA114BU	SOL-16 Surface-Mount	211

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book

assumes
to change
or warrant



Burr-Brown IC Data Book—Linear Products

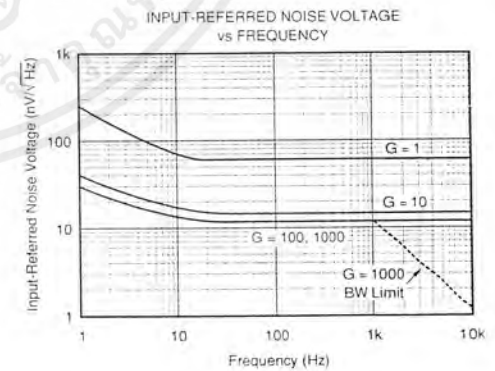
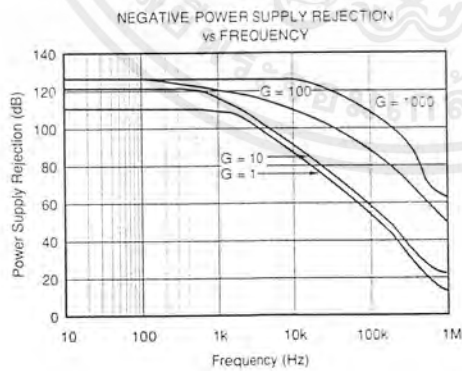
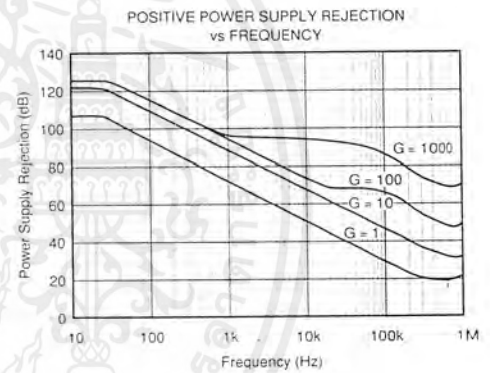
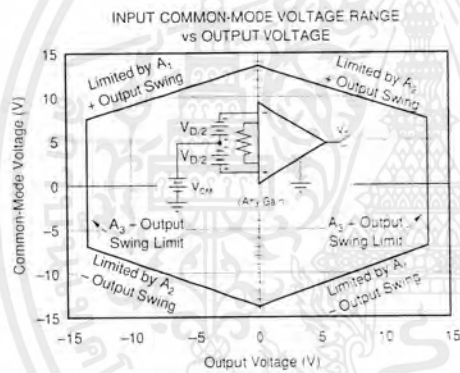
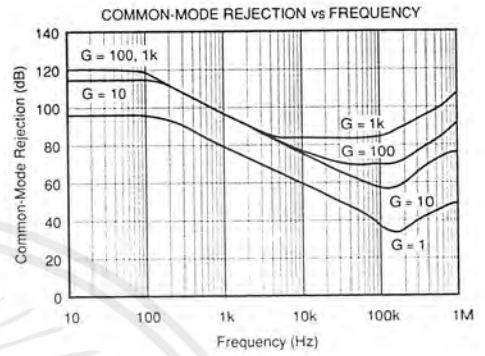
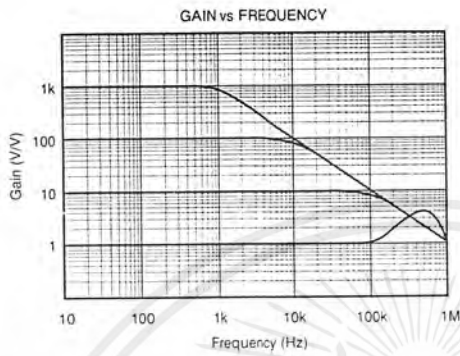
IND-11A

COMMUNICATIONS AND INFORMATION

Or, Call Customer Service at 1-800-548-6132 (USA Only)

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise noted.



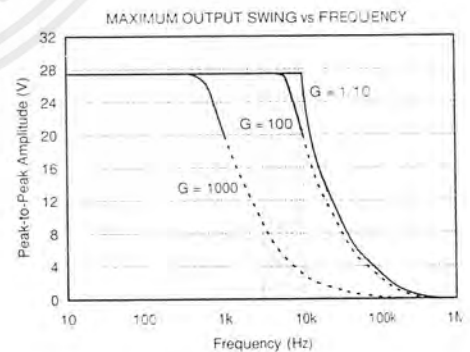
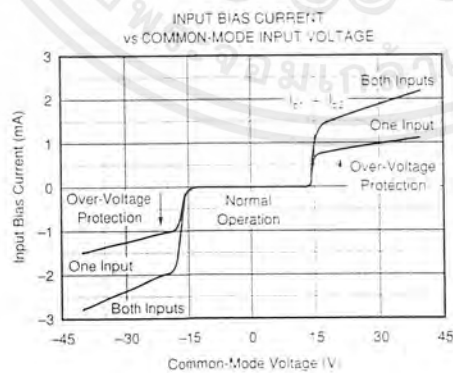
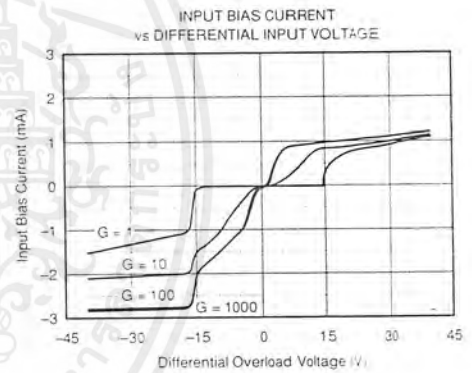
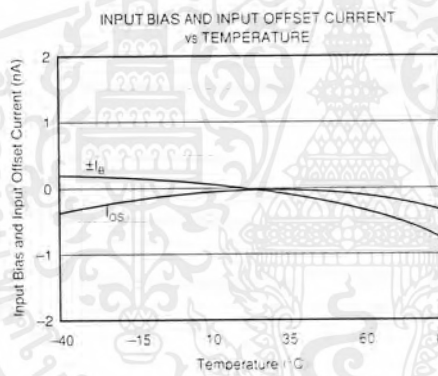
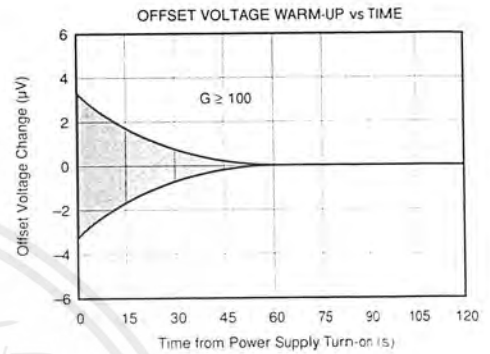
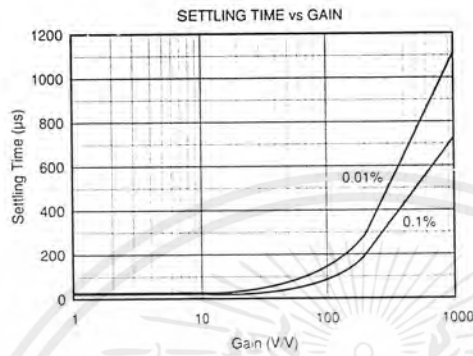
Burr-Brown IC Data Book—Linear Products

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For Immediate Assistance, Contact Your Local Salesperson

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise noted.

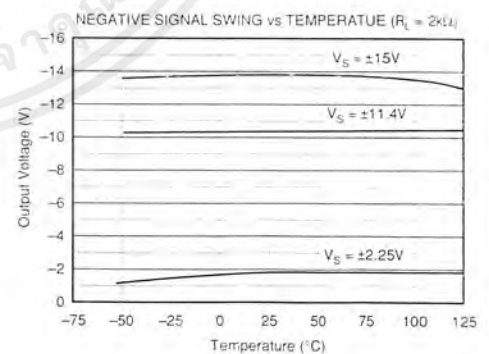
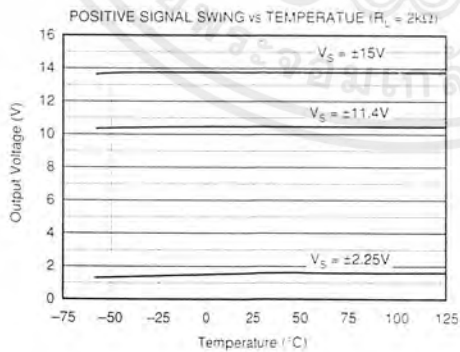
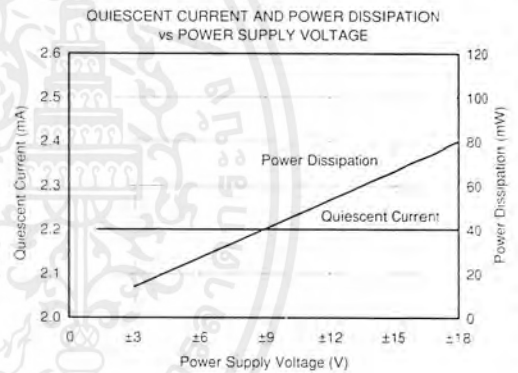
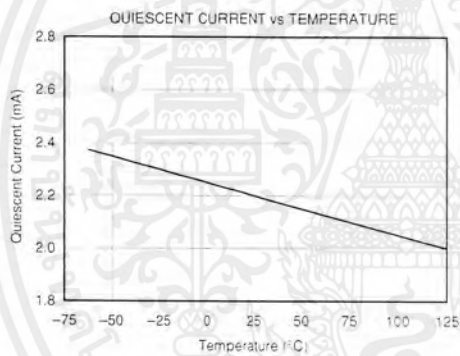
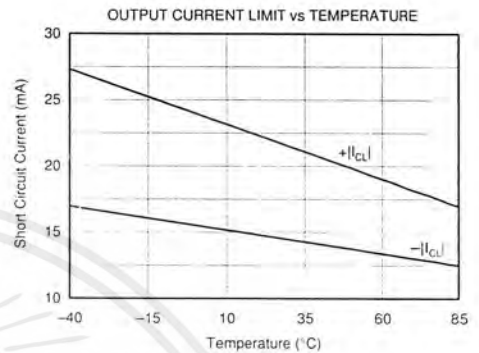
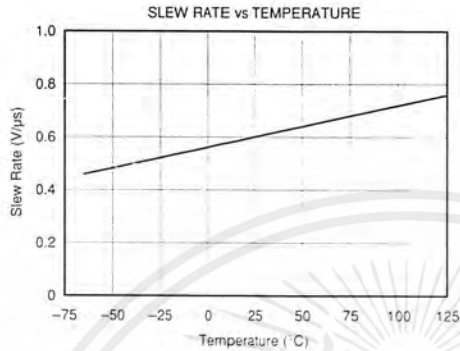


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Or, Call Customer Service at 1-800-548-6132 (USA Only)

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise noted.



กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของปริณิพนธ์เล่มนี้ บังเกิดขึ้น ได้ก็เพราะได้รับความช่วยเหลือ ไม่ว่าจะเป็นด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ ความรู้ และอื่นๆอีกมากมาย จากอาจารย์ที่ปรึกษา รุ่นพี่ และเพื่อนๆ ในระหว่างการทำงาน ผู้จัดทำได้ประสบกับปัญหามากมาย และหลายครั้งเกิดความท้อแท้ แต่ทุกครั้งที่ได้ปรึกษากับบุคคลต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นแล้ว ความยุ่งยากและปัญหาทั้งหลายก็คลี่คลายไปได้ด้วยดี เพราะความกรุณาและความมีน้ำใจของทุกๆ ท่าน จึงขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และจำลอง ครัวอุตสาหะ, “ Visual Basic ฉบับโปรแกรมเมอร์ ”, หจก.ไทยเจริญพานิชย์, 2542
2. อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ, “ เอกสารประกอบวิชา อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ”, ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. <http://www.modems.com/general/extendat.html>, “ Extended AT Command Set ”
4. เวิน เรอิ, “ วงจรขยายคลื่นไฟฟ้าหัวใจควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ”, วิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2540, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. วิโรจน์ อัสวรังสี, “ ออบแอมป์และลิเนียร์ไอซี ”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 608 หน้า, 2521
6. ประเมษฐ์ ประณยานันท์, “ คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 380 หน้า, 2521
7. Mark N. Horenstein, “ Microelectronic Circuit And Devices ”, Prentice Hall Inc., 1996