สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องฟังและประมวลผลเสียงหัวใจ 12 ช่อง

12 CHANNELS PHONOCARDIOGRAPHY

โดย

จรัญ	นนทอง	รหัส	40013205
สงคราม	ศรีภูมิ	รหัส	40013229
สิทธิเดช	ยอดปะนัน	รหัส	40013234

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36954
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้ใช้ได้เฉพาะสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องฟังและประมวลผลเสียงหัวใจ 12 ช่อง

ผู้จัดทำ

1. นาย จรัญ นนทอง รหัส 40013205
2. นาย สงคราม ศรีภูมิ รหัส 40013229
3. นาย สิทธิเดช ยอดปะนัน รหัส 40013234

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(...ดร.กิตติพล ชิตสกุล...)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฟังและประมวลผลเสียงหัวใจ 12 ช่อง

จรัญ นนทอง
สงคราม ศรีภูมิ
สิทธิเดช ยอดปะนัน
ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ต้นแบบเครื่องฟังและประมวลผลเสียงหัวใจ 12 ช่องได้รับการพัฒนาขึ้นมา ตั้งแต่การเลือกใช้ไมโครโฟน และวงจรขยายและประมวลสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครโฟนที่ใช้เป็นแบบคอนเดนเซอร์ วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟนแบบสัญญาณรบกวนต่ำมีอัตราขยายปรับค่าได้ให้เหมาะสมกับการฟังและประมวลผลหาค่ากรอบของสัญญาณ ข้อมูลที่วัดได้สามารถส่งไปประมวลผลและแสดงรูปคลื่นบนไมโครคอมพิวเตอร์ เครื่องต้นแบบนี้จะได้รับการพัฒนาต่อเป็น cadiac acoustic mapping system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 CHANNELS PHONOCARDIOGRAPHY

Jarun Nonthong
Songkram Sriphum
Sittideth Yodpanon
Dr.Kitiphol Chitsakul Advisor
Education Year 1999

Abstract

The prototype of 12 channels phonocadiography is developed. The condenser microphones are used as the sensors with the resonators fabricated from hard raisin. The electronic system is suitably designed and implemented for monitoring and processing to obtain the envelope of a phonocadiograme. The acquired data are sent to a microcomputer for processing and monitoring. This prototype will be developed as a cadiac acoustic mapping system in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะไม่สำเร็จลงได้ถ้าไม่ได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ดร.กิติพล ชิตสกุล ที่ได้ให้คำปรึกษามาโดยตลอด คุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้ส่งเสริมและคอยเป็นกำลังใจทำให้มาจนถึงวันนี้ได้ เพื่อน ๆ ทุกคน และ บุคคลอีกหลาย ๆ ท่านที่คอยเป็นกำลังใจและสุดท้าย กองทุนเงินกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษาที่ให้กู้เงินเพื่อใช้ในการศึกษา

เราทั้ง 3 คนจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

.....

(จรัญ นนทอง)

.....

(สงคราม ศรีภูมิ)

.....

(สิทธิเดช ยอดปะนัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีของเสียงหัวใจ	3
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร	4
3.1 การไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน	4
3.2 การออกแบบภาคปรีไมค์	4
3.3 ภาคแอมพลิไฟร์	5
3.4 วงจรไฮพาสฟิลเตอร์	6
3.5 ภาค ABSOLUTE VALUE AMPLIFIER	7
3.6 วงจร LOW PASS FILTER	9
3.7 วงจร ENVELOPE DETECTOR	12
3.8 การทำงานของส่วนแสดงผลทางคอมพิวเตอร์	13
3.9 วงจรแซมปลิ้งและโฮลด์	13
3.10 วงจรมัลติเพล็กสัญญาณอนาลอก	14
3.11 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	14
3.12 ดี-ฟลิปฟลอป	14
3.13 วงจรเคาท์เตอร์	15
3.14 วงจรส่วนอินเทอร์เฟส	15
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	16
บทที่ 5 บทสรุป	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	ตัวอย่างคลื่นเสียงหัวใจในคนปกติ	3
รูปที่ 3.1	การหาความต้านทานไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน	4
รูปที่ 3.2	ภาคปรีแอมป์สำหรับไมโครโฟน	4
รูปที่ 3.3	วงจรแอมปลิไฟร์	5
รูปที่ 3.4	Unity Gain Normalized ของ High Pass Filter (second order)	7
รูปที่ 3.5	วงจร Unity Gain Normalized HPF	7
รูปที่ 3.6	Unity Gain Normalized HPF (first order)	8
รูปที่ 3.7	วงจร High Pass Filter Third Order ที่ใช้งานจริง	8
รูปที่ 3.8	Absolute Value Amplifier	9
รูปที่ 3.9	Unity Gain Normalized LPF	11
รูปที่ 3.10	วงจร Low Pass Filter	12
รูปที่ 3.11	แสดงเอ็นเวลล็อบดีเทคเตอร์	13
รูปที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบส่วนแสดงผลด้วยสัญญาณซายน์ 50 Hz	16
รูปที่ 4.2	แสดงสัญญาณ PCG ที่บันทึกไว้	17
รูปที่ 4.3	แสดงเอ็นเวลล็อบของสัญญาณ PCG ขณะเวลา Real Time	17
รูปที่ 4.4	แสดงเอ็นเวลล็อบและสัญญาณของ PCG ขณะ Run Real Time	18
รูปที่ 4.5	แสดงรูปสัญญาณ PCG ขณะ Run แบบ Real Time	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 Normalized Bessel LPF Loss Function 6
ตารางที่ 3.2 Normalized Butterworth Loss Function 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

นับตั้งแต่มีการค้นพบว่า เสียงหัวใจบริเวณทรวงอกสามารถนำมาวินิจฉัยหาสมุติฐานของโรคในช่องทรวงอกได้ ตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 และได้มีการประดิษฐ์สเตโตสโคปโดยแพทย์ชาวฝรั่งเศส Laennec (1781-1826) การฟังเสียงหัวใจยังคงเป็นวิธีการวินิจฉัยที่สำคัญในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบการฟังเสียงหัวใจอย่างต่อเนื่อง เช่นมีการพัฒนารูปแบบของ สเตโตสโคปเพื่อให้คุณภาพของเสียงที่ดีขึ้น ตลอดจนได้เพิ่มระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปเพื่อขยายและประมวลสัญญาณ โครงงานงานนี้ได้พัฒนาระบบการฟังเสียงหัวใจในอีกระดับหนึ่ง โดยการเพิ่มจำนวนช่องการวัดสัญญาณเป็น 12 ช่องเพื่อการฟังและการประมวลต่อไป

เนื่องจากผู้ป่วยที่ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับความผิดปกติของหัวใจจะมีคลื่นเสียงหัวใจที่ต่างจากคนปกติ ระบบวัดเสียงหัวใจจะทำการวัดคลื่นเสียงของหัวใจ บริเวณทรวงอกโดยใช้ไมโครโฟน ซึ่งคลื่นเสียงหัวใจของคนปกติมีความถี่อยู่ในช่วง 20-1500 Hz และคลื่นเสียงหัวใจที่ต่างตำแหน่งกันบริเวณทรวงอกก็จะมีรูปคลื่นต่างกัน ระบบวัดเสียงหัวใจที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำการวัดเสียงหัวใจ 12 จุดบริเวณทรวงอก เพื่อจะแสดงความแตกต่างของคลื่นเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นเวลาเดียวกัน ซึ่งจำนวนจุดที่ทำการวัดจะแสดงถึงความละเอียดของความต่างกันของคลื่นเสียงหัวใจที่จุดวัดระหว่างจุดต่อจุด ถ้าใช้จำนวนจุดวัดน้อยลงความละเอียดดังกล่าวก็จะลดตาม ถ้าใช้จำนวนจุดมากกว่า 12 จุดก็จะได้ความละเอียดมากขึ้น ที่ความละเอียด 12 จุดวัด อาจเป็นจำนวนจุดไม่มากนัก แต่ก็สามารถแสดงรายละเอียดได้ระดับหนึ่ง

รูปสัญญาณคลื่นเสียงหัวใจที่วัดได้แต่ละแชนแนล (Channal) จะนำไปทำการขยายและทำการดีเทก(Detect)ให้ได้กรอบ(Eenvelope)ของสัญญาณคลื่นเสียงหัวใจและนำสัญญาณดังกล่าวไปทำการสุ่ม(Sampling)ที่ความถี่ 400Hz และนำไปผ่านส่วนที่แปลงสัญญาณอนาลอก (Analog) เป็นดิจิตอล(Digital)เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์(Computer)ให้แสดงค่าเฉลี่ยของกรอบสัญญาณเสียงหัวใจ ซึ่งการแสดงผลดังกล่าวนี้สามารถช่วยปรับปรุงการวินิจฉัยโรคความผิดปกติของหัวใจ เช่น ลิ้นหัวใจรั่วได้มากขึ้น

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นผลจากการศึกษาและทดลองตลอดสองภาคการศึกษา เพื่อออกแบบสร้างระบบวัดเสียงหัวใจที่สามารถวัดพร้อมกัน 12 ช่อง เพื่อนำมาแสดงผลหรือมาประมวล เช่นหากรอบของสัญญาณ หรือแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์ โดยเริ่มจากการรวบรวมราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดเสียงหัวใจเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมหรือออกแบบเพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพที่ดีตามวัตถุประสงค์

1.2 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาตามเป้าหมายที่วางไว้ตลอดสองภาคการศึกษา ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ได้เริ่มจากการรวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพอสังเขปเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการทำความเข้าใจ ซึ่งเนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งเป็นบทดังนี้

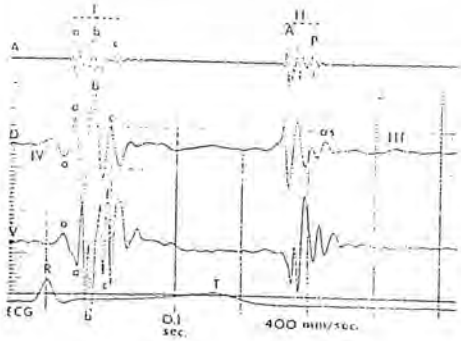
บทที่ 1 บทนำ
บทที่ 2 ทฤษฎีของเสียงหัวใจ
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง
บทที่ 5 บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีของเสียงหัวใจ

คลื่นเสียงหัวใจเป็นคลื่นที่มีลักษณะที่ซับซ้อน เกิดจากการเคลื่อนตัวของกล้ามเนื้อ ลิ้นหัวใจหรือเลือดที่ไหลเวียนภายในหัวใจภายใต้ทรวงอก ซึ่งคลื่นเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นนี้จะมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านของรูปคลื่น แอมปลิจูด และความถี่ หากดูลักษณะของรูปคลื่น เสียงหัวใจจะมีลักษณะเป็นเสียงที่เกิดจากเสียงหลาย ๆ เสียงประกอบเข้าด้วยกัน ในทางทฤษฎีจะแบ่งลักษณะของเสียงหัวใจเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนที่ หนึ่ง (S_1) ส่วนที่สอง (S_2) จนถึงส่วนที่ 5 ตามลำดับ [1] ลักษณะของเสียงต่าง ๆ นี้จะมีลักษณะเฉพาะ เช่นเสียงที่หนึ่งจะมีแอมปลิจูดสูงกว่าเสียงที่สอง แต่จะมีความถี่ต่ำกว่าเสียงที่สอง ซึ่งเสียงที่หนึ่งจะมีความถี่อยู่ในช่วง 20 – 40 H_z ที่ ความถี่ 20 H_z เป็นความถี่ต่ำสุดที่หูคนเราสามารถได้ยิน ซึ่งความถี่ของคลื่นเสียงหัวใจที่ต่ำกว่านี้มีถึง 1 H_z สำหรับเสียงที่สองจะมีความถี่อยู่ในช่วง 40 – 400 H_z เหตุที่ตัดความถี่ที่ 400 H_z เพราะที่ความถี่ที่สูงกว่านี้แอมปลิจูดจะมีขนาดต่ำมากซึ่งเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากในการที่จะนำมาวิเคราะห์ประมวลผลอะไรได้ ส่วนความถี่คลื่นเสียงหัวใจของคนปกติจะอยู่ในช่วง 1 - 800 H_z ถ้าเป็นคนป่วยความถี่ของคลื่นเสียงหัวใจอาจสูงถึง 1500 H_z

เสียงที่หนึ่งและเสียงที่สองของคลื่นเสียงหัวใจนี้จะมีความสำคัญมากสำหรับแพทย์ที่จะวิเคราะห์ถึงสภาวะต่าง ๆ ของหัวใจ ซึ่งในโครงงานนี้จะให้ความสำคัญเฉพาะกับการประมวลผลของสัญญาณเสียงที่หนึ่งและเสียงที่สองนี้เท่านั้น จากคลื่นเสียงหัวใจที่เกิดบริเวณทรวงอกที่ต่างตำแหน่งกันจะมีความต่างกันทางด้านแอมปลิจูดและความถี่ ซึ่งเสียงที่มีแอมปลิจูดสูงสุดจะอยู่ตำแหน่งระหว่างซี่โครงที่ 4 และซี่โครงที่ 5 ทางด้านซ้ายของกระดูกสันอก และจะมีการกระจายของแอมปลิจูดที่มีขนาดลดลง ณ. บริเวณรอบๆจุดนี้บริเวณทรวงอก



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างคลื่นเสียงหัวใจในคนปกติ

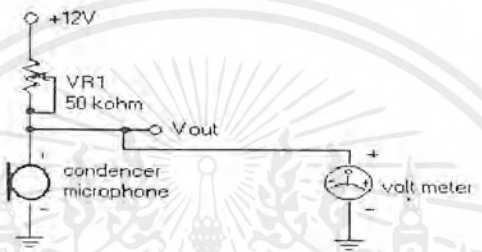
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของวงจร

3.1 การไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

ใช้แรงดัน บวก 12 โวลต์ในการไบอัสให้กับคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเนื่องจากสามารถใช้แหล่งจ่ายแรงดันหลายชุดนี้กับวงจรส่วนอะนาลอก(Analog) ในภาคหลังๆได้ด้วย ขั้นตอนการหาความต้านทานไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนแสดงดังรูปที่ 3. 1

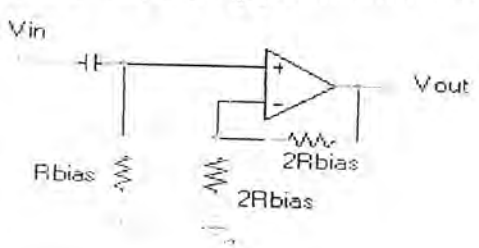


รูปที่ 3.1 การหาความต้านทานไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

ทำการปรับ VR1 จนกระทั่งได้แรงดัน Vo เท่ากับ 6 โวลต์ ปลด VR1 ออกจากวงจรนำมาวัดค่าความต้านทาน จากการทดลองดังกล่าวได้ค่าความต้านทานไบอัสประมาณ 15 KΩ เลือกใช้ความต้านทานค่า 15 KΩ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

3.2 การออกแบบภาคปรีไมค์

ภาคปรีไมค์ ใช้อัตราขยาย สองเท่า โดยการใช้วงจร นอน-อินเวิร์ทติ้งแอมป์ เหตุที่ใช้อัตราขยายสองเท่า เนื่องจากสามารถต่อความต้านทานให้เกิดบาลานซ์ไบอัสได้ง่าย และเหตุที่ต้องใช้วงจร นอน-อินเวิร์ทติ้งแอมป์ เพราะต้องการให้อินพุตอิมพีแดนซ์มีค่าสูงๆ เนื่องจากว่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของปรีไมค์จะต้องเป็น โหลดของสัญญาณจากคอนเดนเซอร์ไมค์ซึ่งมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูงถึง 15 KΩ และจากการที่แรงดันไบอัส ณ. จุดเอาต์พุตของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ไม่ได้เป็นศูนย์โวลต์ ดังนั้นจำเป็นจะต้องมี C coupling สัญญาณให้กับภาคปรีไมค์ดังแสดงในรูปที่3.2



รูปที่3.2 ภาคปรีแอมป์สำหรับไมค์โครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการต่อวงจรดังกล่าวจะเป็นลักษณะของวงจรไฮพาสฟิลเตอร์(High Pass Filter) ทำให้สัญญาณความถี่ต่ำๆผ่านได้ไม่ดี ถ้ากำหนดว่าให้ความถี่ มากกว่า 0.5 Hz ขึ้นไปผ่านได้สะดวกจะสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานไบอัสที่ขา นอน-อินเวิร์ทติ้งของออปแอมป์ได้ จากสมการความถี่คัทออฟของวงจร ไฮพาสฟิลเตอร์ เฟิร์สทออร์เดอร์ (High Pass Filter First Order)

จะได้ว่า $fc = 1/(2\pi RC)$

เมื่อ R คือ ความต้านทานที่ต่อขนานอยู่กับ C ซึ่งในวงจรคือความต้านทานไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนบวกกับความต้านทานไบอัส ออปแอมป์ดังนั้นจะได้ว่า

$$R_{ไบอัสออปแอมป์} = 1/(2\pi * fc * C) - R_{ไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน}$$

ถ้าเลือกใช้ C ค่า 0.22uF

$$R_{ไบอัสออปแอมป์} = 1/(2\pi * 0.5 * 2.2uF) - 15\ K\Omega$$

$$= 130\ K\Omega$$

เลือกใช้ค่า150 KΩ ซึ่งจะได้

$$fc = 1/(2\pi * (150\ K\Omega + 15\ K\Omega) * 2.2uF)$$

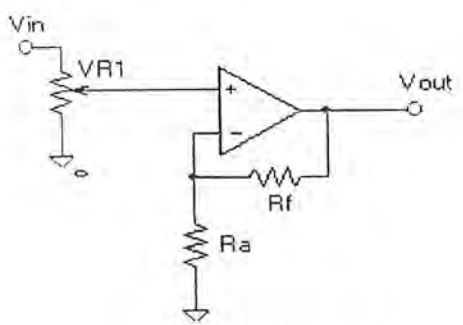
$$= 0.438\ Hz$$

อย่างไรก็ตามถ้าหากต้องการความถี่คัทออฟ ต่ำกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มค่า C เช่น เพิ่มค่า C เป็น 2 เท่า ความถี่คัทออฟจะลดลงเป็น 0.219 Hz

3.3 ภาคแอมพลิไฟร์ (Amplifier)

ภาคแอมพลิไฟร์จะทำการขยายสัญญาณจากปรีไมค์ให้แรงขึ้น วงจรที่ใช้เป็นแบบ นอน-อินเวิร์ทติ้งแอมป์ ให้อัตราขยายสูงสุด 21 เท่า จากการทดสอบอัตราขยายขนาดนี้สามารถให้ แอมปลิจูด(Amplitude) ที่เอาต์พุตสวิงได้มากกว่าบวกลบ 10 โวลต์ วงจรที่ใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.3 เรายังสามารถเพิ่มอัตราการขยายของวงจรได้

โดยที่อัตราขยาย $= 1 + Rf/Ra$



รูปที่ 3.3 วงจรแอมปลิไฟร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรไฮพาสฟิลเตอร์(High Pass Filter)

การออกแบบวงจรไฮพาสฟิลเตอร์ ใช้วงจรกรองแบบ เบสเซลอันดับ 3 เนื่องจากว่าการตอบสนองทางเฟสของวงจรฟิลเตอร์แบบเบสเซลจะดีกว่าวงจรฟิลเตอร์ชนิดอื่น โดยใช้ค่าของ Normalize Gain Function เทียบกับสมการมาตรฐาน ของ โลว์พาสฟิลเตอร์(low Pass Filter) ซึ่ง Normalize Gain Function ได้มาจากส่วนกลับของ Normalize Loss Function จากตารางที่ 3.1

N	Numerator of H(s)	Denominator Constant K
1	S+1	1
2	S^2+3S+3	3
3	(S^2+3.67782S+6.45944)(S+2.32219)	15
4	(S^2+5.79242S+9.14013)(S^2+4.20758S+11.4878)	105
5	(S^2+6.70391S+14.2725)(S^2+4.64934S+18.15631)(S^2+3.6476)	945

ตารางที่ 3.1 Normalize Bessel LPF Loss Function

จากตาราง LPF Order 3

$$\text{Gain Function} = \frac{15}{(S^2+3.67782S+6.45944)(S+2.32219)}$$

ซึ่งแยกเป็นการต่อ Cascade กันของ LPF Second Order กับ LPF First Order ได้เป็น

$$\text{Gain Function} = \frac{6.45944}{S^2+3.67782S+6.45944} * \frac{2.32219}{S+2.32219}$$

และจากสมการมาตรฐาน ของ LPF

$$\text{Gain Function} = \frac{K\omega_P^2}{S^2+(\frac{\omega_P}{Q_P})S+\omega_P^2} * \frac{K\omega_P}{S+\omega_P}$$

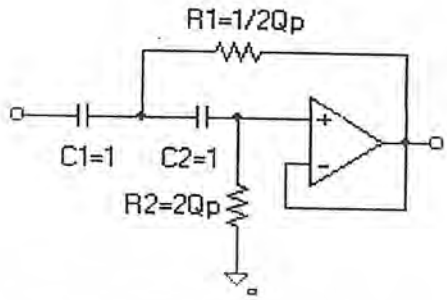
จากการเทียบสมการในส่วนของ Second Order ทำให้ทราบว่า

$$\omega_P = 6.45944^{1/2} = 2.54154$$

และ $$\frac{\omega_P}{Q_P} = 3.67782$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น Qp = 2.54154/3.67782 = 0.691045



รูปที่ 3.4 Unity Gain Normalized ของ High Pass Filter (second order)

พิจารณาวงจร Normalize ของไฮพาสฟิลเตอร์ ดังรูปที่ 3.4

คำนวณค่า R1 และ R2

จาก R1 = 1/2Qp

= 1/(2*0.691405)

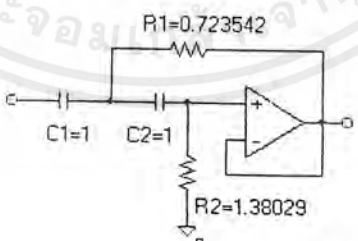
= 0.723542

R2 = 2Qp

= 2*0.691045

= 1.38209

ได้วงจร Normalized HPF ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจร Unity Gain Normalized HPF

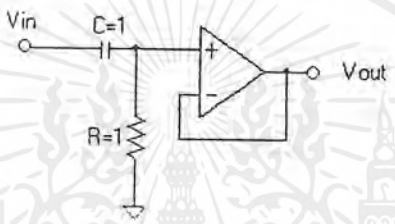
จากวงจร Normalized HPF ข้างต้นทำการ Scale Frequency คิดความถี่คัทออฟ ที่ 10 Hz หรือ Ωc = 62.8318 Rad/sec จาก Normalizd Gain Function ซึ่งมี ω_p เท่ากับ 2.54154 และ Ω c / ω_p เท่ากับ 24.722

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการลดค่า C1, C2 ลง 24.722 ได้ค่า C1, C2 เท่ากับ $40.4498*10^{-3}$ F จากนั้น Scale Impedance โดยเลือกใช้ค่า C1, C2 เท่ากับ 0.1uF ซึ่งเป็นการ ลดค่า C1, C2 ลง 404,498 เท่าดังนั้น จะต้องเพิ่มค่า R1, R2 อีก 404,498 เท่าด้วย จะได้ว่า

$$R1 = 0.723542*404,498$$
$$= 293\ K\Omega$$
$$R2 = 1.38209*404,498$$
$$= 560\ K\Omega$$

ส่วนของ HPF First Order พิจารณา จากวงจรในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Unity Gain Normalized HPF (first order)

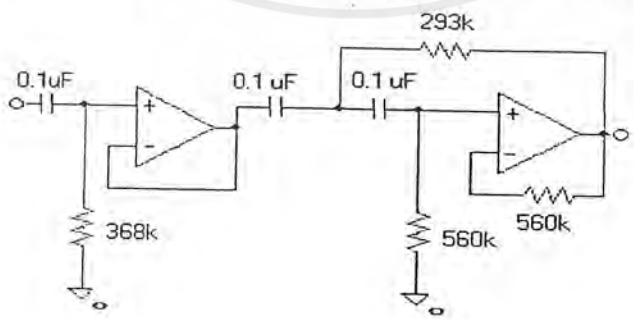
วงจรดังรูป มีความถี่คัทออฟ ที่ fc = $1/2\pi RC$ แต่ ω_p ในส่วนของ First Order เท่ากับ 2.32219 เมื่อต้องการความความถี่คัทออฟที่ 10 Hz และเลือกใช้ C = 0.1uF ดังนั้น

จะได้ว่า $R = \omega_p/(2\pi*fc*C)$

$= 2.32219/(2\pi*10*0.1*10^{-6})$

$= 369.588\ K\Omega$

เลือกใช้ R ค่า 368 KΩ ได้วงจรใช้งานของ High Pass Filter Third Order ดังรูปที่ 3.7



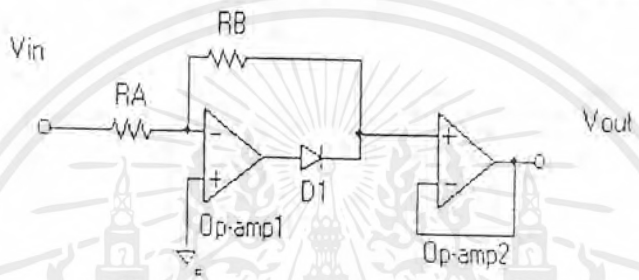
รูปที่ 3.7 วงจร High Pass Filter Third Order ที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ถ้าหากว่าต้องการเปลี่ยนความถี่คัทออฟ ของวงจรสามารถกระทำได้โดยง่าย เพียงแค่ เปลี่ยน ค่า R ทุกตัวในวงจรเป็น $R_{ใหม่} = R_{เก่า} * f_{c เก่า}/f_{c ใหม่}$

3.5 ภาค ABSOLUTE VALUE AMPLIFIER

วงจร Absolute Value Amplifier หรือวงจรปรับเป็นค่าสัมบูรณ์ จะทำการปรับค่าสัญญาณอินพุต ไม่ว่าจะเป็นค่าบวกหรือลบ ให้เป็นค่าบวกเพียงอย่างเดียว โดยที่ขนาดของสัญญาณทาง เอาต์พุต ยังคงมีค่าเท่ากับขนาดของสัญญาณทางอินพุตวงจรที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Absolute Value Amplifier

จากวงจรสัญญาณอินพุตช่วงบวก จะไปปรากฏที่ขา นอน-อินเวิร์ทติ้งของออปแอมป์ตัวที่สอง เนื่องจากว่าออปแอมป์ตัวแรกทำงานเป็นวงจร อินเวิร์ทติ้งแอมป์ เมื่อสัญญาณอินพุตมีค่าเป็นบวกเข้ามาทำให้เอาท์พุตของออปแอมป์ตัวแรกมีค่าเป็นลบมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพราะว่าออปแอมป์ตัวแรกไม่สามารถดึงกระแสผ่านทาง R_B เพื่อให้แรงดันที่ขาอินเวิร์ทติ้งมีค่าเป็นศูนย์ได้ เนื่องจากว่าที่เอาท์พุตของออปแอมป์ตัวแรกมีไดโอด D1 ต่ออยู่ในลักษณะ รีเวิร์สไบอัส (Reverse Bias) ในขณะที่สัญญาณอินพุตช่วงลบจะถูกขยายโดยออปแอมป์ตัวแรกซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ $-R_B/R_A$ ถ้าหากว่าเราให้ R_B เท่ากับ R_A จะทำให้อัตราขยายแรงดันเท่ากับ -1 นั่นคือสัญญาณอินพุตค่าลบจะไปปรากฏเป็นค่าบวกที่ขา นอน-อินเวิร์ทติ้ง ของออปแอมป์ตัวที่สอง โดยมีขนาดเท่ากับขนาดของสัญญาณอินพุต ส่วนออปแอมป์ตัวที่สองทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับทางเอาท์พุตของวงจร

3.6 วงจร LOW PASS FILTER

วงจร Low Pass Filter มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เพื่อกันสัญญาณรบกวน (noise) ช่วงที่มีความถี่นอกเหนือจากองค์ประกอบทางความถี่ของสัญญาณเสียงหัวใจ เพื่อไม่ให้สัญญาณรบกวนที่มีความถี่สูงกว่านั้นไปรบกวนการทำงานในส่วนของวงจรตรวจจับค่าแรงดันสูงสุด (Peak Detector) โดยที่วงจร Low Pass Filter จะต้องผ่านสัญญาณตั้งแต่ ดีซี(DC) และครอบคลุมถึงความถี่ฮาร์โมนิคส์ของสัญญาณเสียงหัวใจ ที่ผ่านวงจร Absolute Value Amplifier แล้ว และยังคงทำให้ได้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมขององค์ประกอบทางความถี่ (Total spectral energy) ไม่ต่ำกว่า 95% ดังนั้นถ้าหากว่าเราใช้วงจร Low Pass Filter ที่มีความถี่คัทออฟเท่ากับ 2 KHz ทำให้มั่นใจได้ว่าจะได้ผลรวมขององค์ประกอบทางความถี่ไม่ต่ำกว่า 95 %

วงจร Low Pass Filter ที่ใช้ในวงจรเป็นแบบ Butterworth Filter โดยการใช้ Normalized Gain Function จากส่วนกลับ ของ Normalized Loss Function ซึ่งพิจารณาจากตารางที่ 3.2

N	Normalized Function ($\Omega p=1$)
1	$(S+1)$
2	$(S^2+1.414S+1)$
3	$(S+1)(S^2+S+1)$
4	$(S^2+0.7537S+1)(S^2+1.84776S+1)$
5	$(S+1)(S^2+0.61803S+1)(S^2+1.61803S+1)$

ตารางที่ 3.2 Normalized Butterworth Loss Function

ในการออกแบบใช้ วงจร Low Pass Filter fifth order ดังนั้น

$$\text{LPF Gain} = \frac{1}{(S+1)(S^2+0.61803S)(S^2+1.61803S+1)}$$

$$= \frac{1}{(S+1)} \cdot \frac{1}{(S^2+0.61803S+1)} \cdot \frac{1}{(S^2+1.61803S+1)}$$

ส่วนของ first order

$$\text{LPF Gain} = \frac{K\omega_P}{S+\omega_p}$$

วงจรที่ใช้ เป็น Unity Gain และสามารถหาความถี่คัทออฟ ได้จาก $f_c = 1/2\pi RC$ ดังนั้นเมื่อ จะให้วงจรมีความถี่คัทออฟ 2 KHz และเลือกใช้ C = 0.01 uF

ดังนั้นจะได้ว่า $R = 1/(2*\pi*2*10^3*0.01*10^{-6})$

$= 7.957K\Omega$

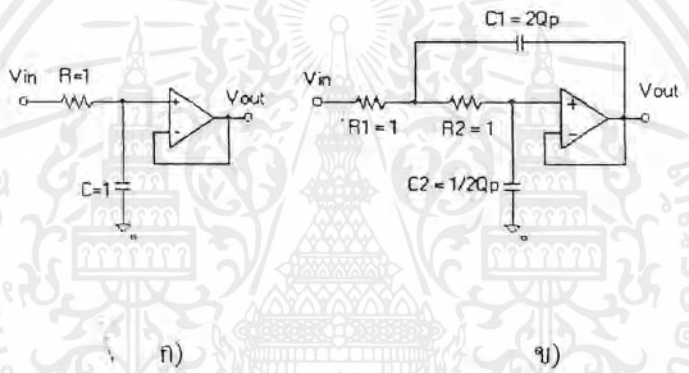
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ ค่า R = 8 KΩ พิจารณาส่วนของ Second order ในส่วนแรกและส่วนที่สอง ในส่วนแรก ซึ่งมี

$$\text{LPF Gain} = \frac{1}{S^2 + 0.61803S + 1}$$

จากสมการมาตรฐานของ LPF Gain $= \dfrac{K\omega_P^2}{S^2 + (\frac{\omega_P}{Q_P})S + \omega_P^2}$

จากการเทียบสมการ ได้ $\omega p = 1$, k=1 และ Qp = 1/0.61803 = 1.61804 ทำการหาค่า R และ C ต่างๆ จาก Unity Gain Normalized LPF ดังรูปที่ 3.9



ก) ข)

รูปที่ 3.9 Unity Gain Normalized LPF ก)first order ข)second order

ดังนั้นจะได้ว่า C1 = 2Qp = 3.23608 F, C2 = 1/ 2Qp = 0.309014 F เนื่องจากวงจรใช้งานที่ความถี่คัทออฟ 2 KHz ทำการ Scale frequency = $2\pi * 2 * 10^3$ = 12566.37 ลดค่า C1,C2 ลง 12566.37 เท่า ได้ค่า C1 = 257.52 uF , C1 = 24.591uF

Impedance Scale ลดค่า C1,C2 ลง 2575.2 เท่า ได้ค่า C1 = 0.1uF ,C1 = 9.549nF ใช้ค่า 0.01uF เพิ่มค่า R1,R2 อีก 2575.2 เท่า ดังนั้น R1,R2 =2.575 KΩ เลือกใช้ค่า 2.56 KΩ

และวงจร LPF Second Order ในส่วนที่สองซึ่ง

$$\text{LPF Gain} = \frac{1}{S^2 + 1.61803S + 1}$$

ทำให้ได้ว่า Qp = 1/1.6803 = 0.61803 จากวงจร Normalized LPF ดังรูปที่ 9 คำนวณหาค่า C1,C2 ได้ดังนี้

C1 = 2Qp

= 1.23607F

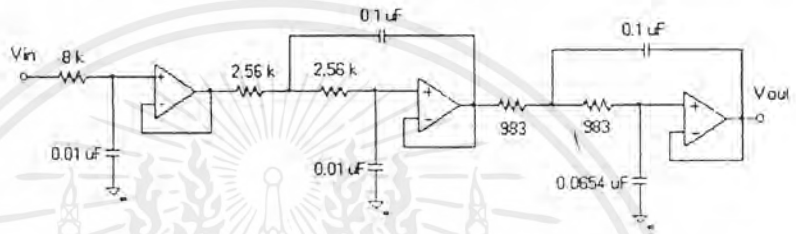
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C2 = 1/2Qp$$

$$= 0.80901F$$

frequency Scale ลดค่า C1,C2 ลง 12566.37 เท่า จะได้ค่า C1 = 98.363 uF,C2 = 64.379 uF

Impedance Scale ลดค่า C1,C2 ลง 983.63 เท่า ได้ค่า C1 = 0.1 uF ,C2 =0.0654 uF เพิ่มค่า R1,R2อีก 983.63 เท่า ดังนั้น R1 , R2 = 983Ω เลือกใช้ ค่า 970Ω จะได้วงจรใช้งาน LPF fifth order ดังรูปที่ 3.10



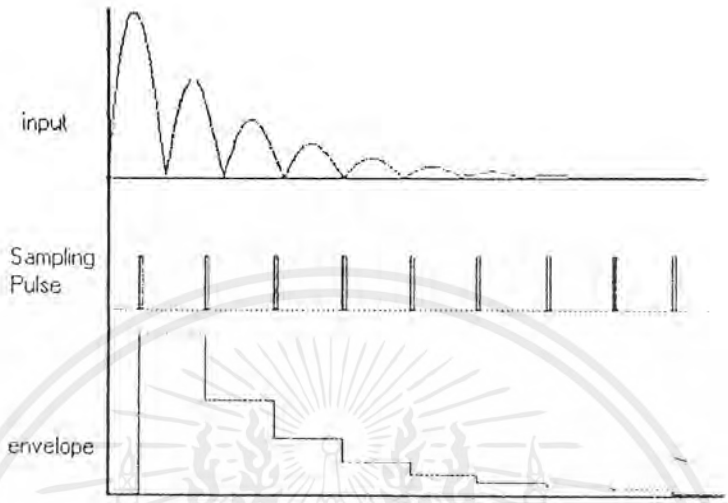
รูปที่ 3.10 วงจร Low Pass Filter fifth order ที่ใช้งานจริง

3.7 วงจร Envelope Detector

การทำงานของ วงจร Envelope Detector เริ่มต้นจากการนำสัญญาณจากเอาท์พุตของวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์มาเข้าวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ โดยที่วงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์จะมีอัตราการขยายเป็นลบ นั่นคือช่วงที่สัญญาณอินพุตมีความชันเป็นบวกจะได้สัญญาณเอาท์พุตมีค่าเป็นลบ และในช่วงที่ความชันของสัญญาณอินพุตเป็นลบจะได้สัญญาณเอาท์พุตมีค่าเป็นบวก จากนั้นนำสัญญาณเอาท์พุตของวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ ไปเข้าวงจรคอมพาเรเตอร์(comparator) ที่ขาอินพุตลบ(input -) ส่วนขาอินพุตบวก(input +) ของวงจรคอมพาเรเตอร์จะต่อลงกราวด์(Ground) เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณเอาท์พุตของวงจรคอมพาเรเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ เมื่อความชันของสัญญาณอินพุตของวงจรเอ็นเวลล็อบดีเทคเตอร์เริ่มมีค่าเป็นศูนย์และตลอดช่วงที่ความชันมีค่าเป็นลบ ส่วนช่วงที่ความชันของสัญญาณเป็นบวก เอาท์พุตของคอมพาเรเตอร์จะให้ค่าเป็นบวก สัญญาณที่ได้จากวงจรคอมพาเรเตอร์ จะใช้สำหรับเป็นสัญญาณทริกเกอร์(Trigger) ให้กับวงจรโมโนสะเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์(Monostable multivibrator) วงจรโมโนสะเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณทริกเกอร์จะทำการสร้างพัลส์(Pulse) บวก เป็นเวลา 100 ไมโครวินาที(micro second) ซึ่งเป็นช่วงเวลาเพียงสั้นๆเพื่อใช้สำหรับให้วงจรแซมปลิ้งแอนด์โฮล (sampling & hold) ใช้ในการเก็บค่ายอดของสัญญาณอินพุต และในช่วงที่ไม่มีสัญญาณแซมปลิ้ง วงจรแซมปลิ้งแอนด์โฮลจะทำาการเก็บค่าแรงดันนั้นต่อไปจนกว่าจะมีสัญญาณแซมปลิ้งจากวงจรโมโนสะเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์มาจ่ายให้วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แซมปลิ้งแอนด์โฮลถึงจะเก็บค่าใหม่อีกครั้ง ลักษณะการทำงานของวงจรเอ็นเวลล็อบดีเทคเตอร์จะเป็นดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงเอ็นเวลล็อบดีเทคเตอร์

3.8 การทำงานของส่วนแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

การทำงานของส่วนแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยวงจรแซมปลิ้งและโฮลด์ (Sampling & Hold) วงจรมัลติเพล็กสัญญาณอะนาลอก(Analog Multiplexer) วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล(Analog To Digital Convertor) ดีฟลิปฟลอป(D-Flipflop)เก็บค่าสัญญาณดิจิตอลจากวงจรที่แปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล วงจรสร้างสัญญาณแซมปลิ้ง(Sampling pulse) วงจรนับ(Counter)สำหรับมัลติเพล็กสัญญาณอะนาลอกและวงจรส่วนอินเตอร์เฟส (Interface)กับคอมพิวเตอร์ผ่านสล็อตไอเอสเอ(ISA Slot)

3.9 วงจรแซมปลิ้งและโฮลด์ (Sampling & Hold)

วงจรแซมปลิ้งและโฮลด์ทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างสัญญาณเอ็นเวลโลป(Envelop)จากวงจรส่วนอะนาลอกทั้ง 12 แชนแนลพร้อมๆ กัน ซึ่งวงจรในส่วนนี้สามารถใช้ ไอซีเบอร์ # LF 398 หนึ่งตัว และคาปาซิเตอร์หนึ่งตัวต่อหนึ่งแชลแนล โดยใช้สัญญาณในการสุ่มตัวอย่างที่ความถี่ 400 เฮิร์ตมีช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่าง 100 ไมโครวินาที และช่วงเวลาในการโฮลด์ค่า 2.4 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 วงจรมัลติเพล็กสัญญาณอะนาลอก (Analog Multiplexer)

วงจรมัลติเพล็กสัญญาณอะนาลอกใช้ไอซี # CD 4067 เป็นตัวเลือกสัญญาณอะนาลอกจากวงจรแซมปลิ้งและโฮลด์ทีละแชนแนลเพื่อป้อนให้กับอินพุทของวงจรแปลงสัญญานอะนาลอกเป็นดิจิตอล

3.11 วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog To Digital Convertor)

วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลหรือที่เรียกสั้นๆว่า วงจร เอทูดี(A/D)จะทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันดีซี(DC)ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีค่าทางเลขฐานสองเท่ากับระดับแรงดันดีซี วงจรในส่วนนี้จะใช้ไอซี # ADC 0804 ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณ โดยที่ไอซีตัวนี้สามารถผลิตความถี่ได้ด้วยการต่อตัวต้านทาน(R)และตัวคาปาซิเตอร์(C) เพิ่มเข้ากับตัวไอซี และมีสมการในการหาค่าความถี่คือ $f_{osc} = 1/1.1RC$ ในวงจรที่ใช้งานกำหนดให้ผลิตความถี่ 640 กิโลเฮิร์ต(KH_Z) เพื่อให้เอทูดีทำการแปลงค่าสัญญาณอย่างรวดเร็ว ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณสามารถคำนวณได้จาก $T_{CONVERTOR} = 72/f_{OSC}$ วินาที เมื่อเอทูดีทำการแปลงค่าเสร็จแล้วจะทำการเซ็ตให้ค่า $\overline{INTR}$ เป็นศูนย์(0) ไอซีเอทูดีจะแปลงสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อได้รับลอจิกศูนย์(Logic Low) ที่ขา $\overline{WR}$ เป็นเวลาอย่างน้อย 100 นาโนวินาทีและจะเริ่มแปลงสัญญาณเมื่อขา $\overline{WR}$ ได้รับลอจิกหนึ่ง(Logic High) ในช่วงที่เอทูดีทำการแปลงสัญญาณ ที่ขา $\overline{WR}$ จะต้องได้รับลอจิกหนึ่งตลอด

3.12 ดี-ฟลิปฟลอป (D-Flipflop)

ดี-ฟลิปฟลอปใช้สำหรับเก็บค่าสัญญาณดิจิตอลจากเอทูดี ซึ่งใช้ทั้งหมดจำนวน 12 ตัว เพื่อให้ดี-ฟลิปฟลอปแต่ละตัวทำหน้าที่เก็บสัญญาณดิจิตอลของแต่ละแชนแนลเท่านั้น สัญญาณนาฬิกาที่ใช้สำหรับให้ดี-ฟลิปฟลอปเก็บค่าสัญญาณดิจิตอลที่มาจากเอทูดี จะนำมาจากไอซี # 74HC154 ซึ่งถูกดีโค้ด(Decode)รอไว้แล้ว แต่ไอซี # 74HC154 จะยังไม่แอคทีฟ(Active) จนกระทั่งได้รับลอจิกโลว์ที่ขาอีนาเบิ้ล(Enable)ซึ่งจะได้รับจากขา $\overline{INTR}$ ของเอทูดี ซึ่งเอทูดีจะมีสัญญาณ $\overline{INTR}$ เป็นลอจิกโลว์อยู่นานประมาณ 8 เท่าของสัญญาณนาฬิกาหรือออสซิเลเตอร์ เวลาในช่วงนี้จะยาวนานพอที่จะให้ดี-ฟลิปฟลอปเก็บค่าสัญญาณเอาไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 วงจรเคาท์เตอร์ (Counter)

วงจรเคาท์เตอร์ใช้สำหรับเป็นสัญญาณมัลติเพล็กสัญญาณอะนาลอกและดีมัลติเพล็กสัญญาณนาฬิกาสำหรับให้ดี-ฟลิปฟลอปเก็บค่าสัญญาณจากเอทูดีและยังคอยตรวจสอบ จำนวนครั้งของการแปลงค่าของเอทูดี ถ้าหากว่าเอทูดีแปลงค่าครบทั้ง 12 แชนแนลแล้วจะจ่ายลอจิกไฮให้กับขาคล็อก(Clock)ของดี-ฟลิปฟลอปอีกตัวหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับเช็คว่าเอทูดีได้แปลงค่าสมบูรณ์ครบทั้งหมด 12 แชนแนลแล้ว เมื่อดี-ฟลิปฟลอปตัวนี้ได้รับลอจิกไฮที่ขาคล็อกจะทำให้ขา $\overline{Q}$ ของดี-ฟลิปฟลอปเป็นไฮและจะนำสัญญาณจาก $\overline{Q}$ นี้ผ่านไตรสเตทบัฟเฟอร์ แล้วต่อร่วมกับขาเอาท์พุท D_0 ของดี-ฟลิปฟลอปที่ใช้เก็บค่าสัญญาณ

3.14 วงจรส่วนอินเตอร์เฟส(Interface)

วงจรส่วนอินเตอร์เฟสประกอบด้วย บัฟเฟอร์สองทาง ไอซี # 74HC245 บัฟเฟอร์ทางเดียวไอซี # 74HC244 และไอซีดีโค้ดหมายเลขพอร์ท(Port) ซึ่งใช้ไอซี # 74HC145 ร่วมกับ # 74HC68 ซึ่งหน้าที่ของไอซีแต่ละตัวมีดังนี้

74HC245 เป็นบัฟเฟอร์สองทิศทางใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากดี-ฟลิปฟลอป

74HC244 เป็นบัฟเฟอร์ทิศทางเดียวใช้สำหรับส่งผ่านสัญญาณบัสแอดเดรส(Address Bus) สัญญาณ $\overline{RD}$, $\overline{WR}$, $\overline{IOR}$ และ $\overline{ALE}$

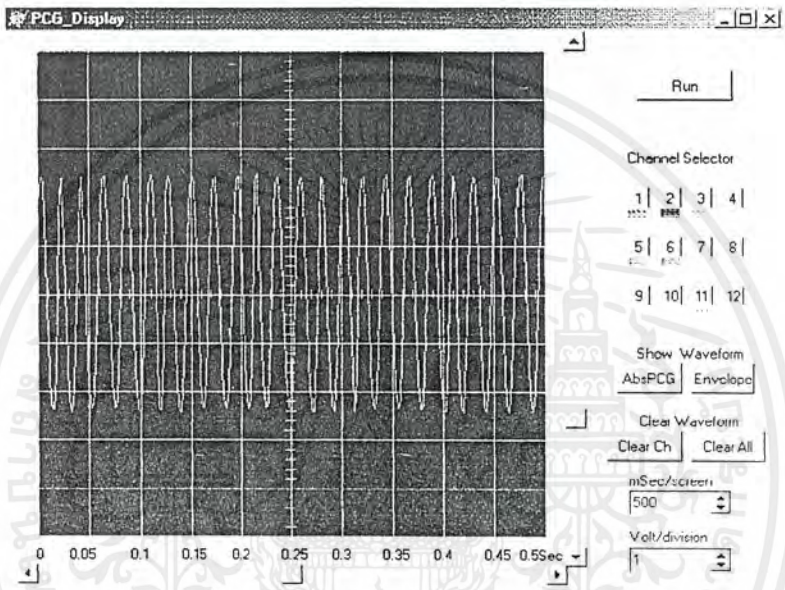
74HC688 ทำการเปรียบเทียบสัญญาณจากแอดเดรส $A_5 - A_9$ จะต้องมีสถานะเป็น 11000 เท่านั้นจึงจะให้เอาท์พุทเป็นลอจิกโลว์เพื่อจ่ายให้กับขาอีนาเบิ้ลของ # 74HC145

74HC154 จะทำการดีโค้ดหมายเลขพอร์ท ตั้งแต่หมายเลข 300 - 30F โดยการใช้สัญญาณจากแอดเดรสบัสขา A_0 - A_4 สัญญาณที่ใช้ดีโค้ดจะใช้เฉพาะแอดเดรส A_0 - A_3 เท่านั้น ส่วน A_4 จะใช้เป็นสัญญาณอีนาเบิ้ลให้กับ # 74HC154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ทดสอบการทำงานของส่วนแสดงผลโดยการป้อนสัญญาณซายน์ 5 โวลต์พีคทูพีค ให้กับวงจรส่วนแสดงผล ซึ่งผลการทดลองที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.1

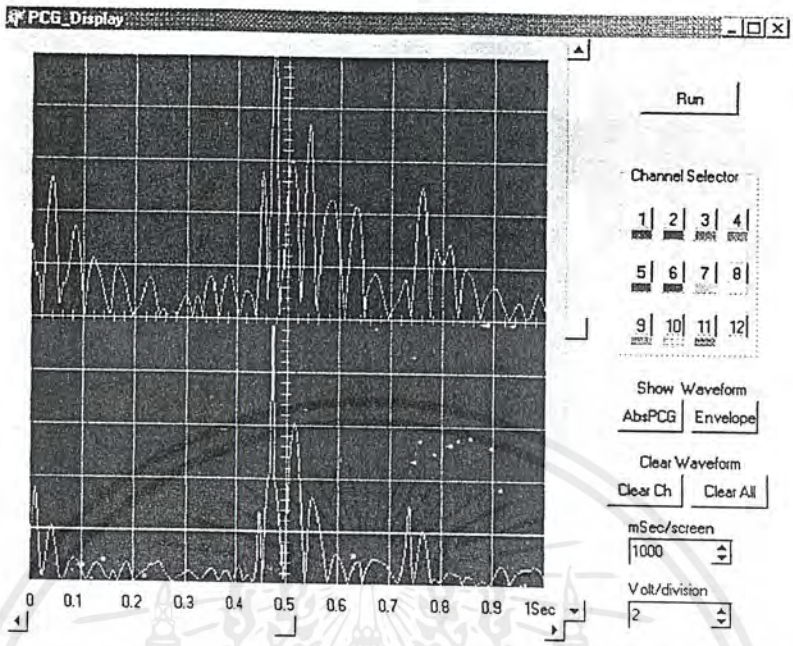


รูปที่4.1 แสดงผลการทดสอบส่วนแสดงผลด้วยสัญญาณซายน์ 50 เฮิร์ต

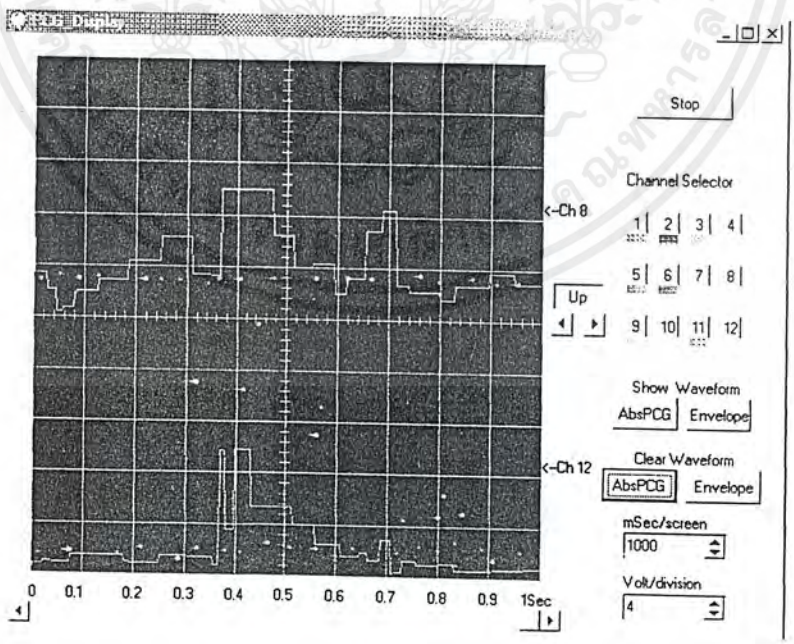
ทำการทดสอบระบบการวัดเสียงหัวใจทั้งระบบ โดยเลือกแสดงผลแบบเรียลไทม์(real time) ได้ทีละสองแชนเนล(channel) ซึ่งผลการวัดสัญญาณเสียงหัวใจที่ต่างตำแหน่งกัน แสดงดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

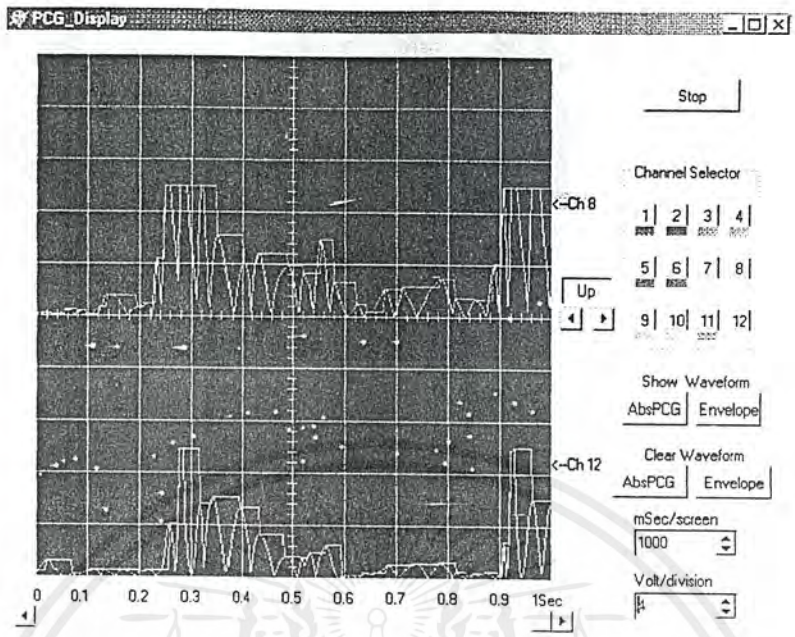


รูปที่4.2 แสดงสัญญาณ PCG ที่บันทึกไว้

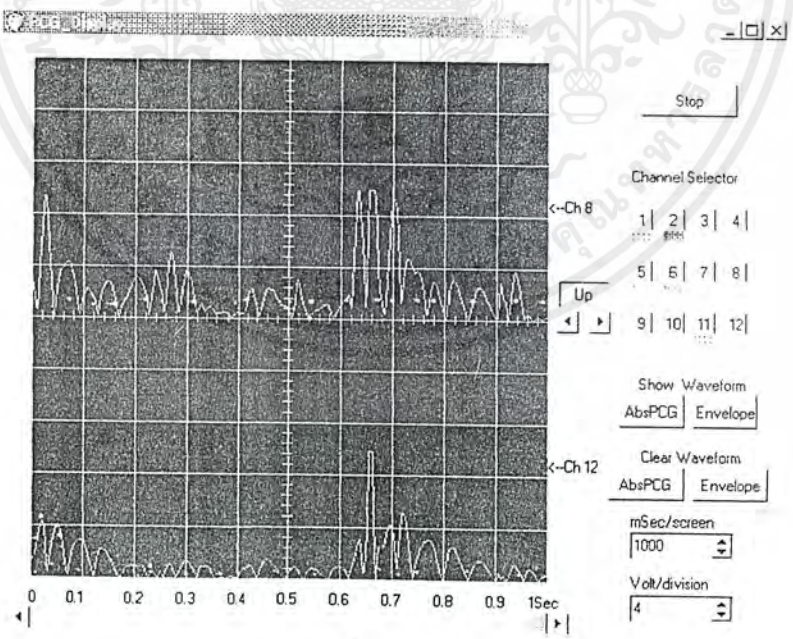


รูปที่4.3 แสดงเอ็นเวลล็อบของสัญญาณ PCG ขณะเวลา RealTime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36954



รูปที่4.4 แสดงเอ็นเวลล็อบและสัญญาณของ PCG ขณะ Run RealTime



รูปที่4.5 แสดงรูปสัญญาณ PCG ขณะ Run RealTime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

โครงงานนี้ได้ทำการออกแบบการวัดคลื่นเสียงหัวใจ 12 แชนแนล โดยการออกแบบได้อ้างอิงกับเอกสารอ้างอิง [2] ซึ่งการทำโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบส่วนของวงจรทางอะนาลอกก่อนโดยเริ่มตั้งแต่ส่วนของการขยายสัญญาณเสียงหัวใจจากไมโครโฟน ต่อมาก็จะเป็นการผ่านส่วนของวงจรไฮพาสฟิลเตอร์และโลว์พาสฟิลเตอร์เพื่อกรองสัญญาณในส่วนที่เราสนใจเพื่อที่จะนำเอาไปทำการประมวลผล จากนั้นก็จะเป็นส่วนของการทำให้ได้สัญญาณเอ็นเวลล็อบเพื่อที่จะนำเอาสัญญาณนี้ไปแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์ หลังที่เราได้สัญญาณเอ็นเวลล็อบแล้วก็จะเป็นส่วนของวงจรทางดิจิตอล โดยในส่วนแรกก็จะทำการแซมปลิ้งสัญญาณทั้ง 12 ช่องพร้อมกันโดยจะมี IC มัลติเพล็กทำหน้าที่เป็นตัวเลือกสัญญาณ ต่อจากนั้นก็จะเป็นส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกไปเป็นดิจิตอลโดยจะมี ดีฟลิปฟลอปเก็บสัญญาณ และวงจรส่วนเคาท์เตอร์คอยตรวจสอบการเก็บสัญญาณที่ได้มาว่ามีการเก็บครบหรือยังโดยสัญญาณที่ได้นี้จะถูกส่งเข้าไปแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางวงจรส่วนของการอินเตอร์เฟส ซึ่งการควบคุมส่วนของการแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์นี้จะมีส่วนของโปรแกรมคอยควบคุมโดยในโครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรมเดลไฟในการแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์จะได้รูปแบบของการแสดงผลแบบเรียลไทม์ และจากการทดสอบการตอบสนองของวงจรจะสังเกตเห็นรูปสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ของวงจรที่ทำการวัดคลื่นเสียงหัวใจของคนปกติและสามารถรับฟังคลื่นเสียงหัวใจได้ทางลำโพง ซึ่งจะได้รับการปรับปรุงเป็นระบบอะคูสติกแมปปิ้ง(Acoustic Mapping System)ต่อไป

จากการที่ได้ทำการทดลองประสบปัญหาไมโครโฟนที่ใช้ตรวจวัดคลื่นเสียงหัวใจไม่สามารถทดสอบหาผลตอบสนองทางความถี่ได้ เนื่องจากขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับการทดสอบ และปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือไม่สามารถติดไมโครโฟนเข้ากับผิวบริเวณทรวงอกได้ จึงจำเป็นต้องใช้มือจับขณะที่ทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Aldo A. Luisada, M.D., "The sound of the normal heart", Wright, Bristol, 1973.
2. M.Cozic, L.-G. Durand, R.Guardo (1998); " Development of a cardiac acoustic mapping system", *Med. Biol. Eng. Comput* ., 36, pp. 431-437.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- สัญญาณต่าง ๆ บนสล็อท ISA ที่ใช้งาน
- รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณต่าง ๆ
- บัสของแหล่งจ่ายไฟระบบ
- การจัดสัญญาณบนสล็อทของ IBM PC/XT
- กราฟผลการตอบสนองของส่วนต่าง ๆ
- วงจรส่วนอะนาลอกและดิจิตอล
- โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่างๆบนสล็อท ISA ที่ใช้งาน

ภายใน IBM/PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรอินเทอร์เฟส (Interface) เข้าไปในภายหลังได้ โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) ซึ่งแต่ละสล็อตจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา ส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตเหล่านี้ขึ้นอยู่กับว่าขาข้างนั้นอยู่ข้างใดของสล็อต โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล็อตจะเรียกโดยอักษร " B " นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขาB16 ก็คือขาทางด้านซ้ายของสล็อต ขาที่ 16 ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร " A " นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขา A 24 ก็คือขาทางด้านขวาของสล็อตขาที่ 24

แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับเส้นสัญญาณต่าง ๆ บนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเทอร์เฟสกับ IBM/PC สามารถทำได้โดยสะดวก ซึ่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตเหล่านี้จะประกอบไปด้วย เส้นสัญญาณของบัสแอดเดรส (Address Bus), บัสข้อมูล (Data Bus), บัสควบคุมสำหรับการเขียน/อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ท I/O , เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเทอร์รัพท์ของวงจรอินเทอร์เฟส ,เส้นสัญญาณสำหรับการขอ DMA , สัญญาณฐานเวลา (Timing Signal) ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ , เส้นสัญญาณแสดงการรีเฟรชหน่วยความจำ และสัญญาณสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (I/O CHCK)

นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดยังเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบอีกด้วย คือ +5 Vdc, -5 Vdc, +12 Vdc และ –12 Vdc

รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณต่าง ๆ

A0-A19 (Address Bus ; ขา A31-A12)

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งใช้สำหรับกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการติดต่อด้วย โดยที่สัญญาณ A0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit) และ A19 จะมีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit) สำหรับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรส A0-A19 นี้ จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างขบวนการอ่าน/เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O แต่ในช่วงของขบวนการ DMA นั้น DMA – Controller จะเป็นผู้กำหนดค่าแอดเดรสเอง (ในระหว่างนี้ 8088 จะถูกตัดออกจากระบบ)

จะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นแอดเดรสจะมีอยู่ด้วยกัน 20 เส้น ซึ่งสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำได้ถึง 1 Mbyte แต่อย่างไรก็ตามจะมีแอดเดรสบางแอดเดรสที่ถูกใช้งานโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBM/PC อยู่ก่อนแล้ว คือแอดเดรสของหน่วยความจำ RAM บนเมนบอร์ดที่ถูกใช้โดยระบบ จำนวน 64 Kbyte และแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำ ROM อีก 48 Kbyte ซึ่งถูกจัดในช่วงของแอดเดรสบนสุดใน 1 Mbyte คือ 0FC00H จนถึง 0FFFFFH

สำหรับการอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O นั้น จะใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้น คือ A0-A15 ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ทได้ 64 K พอร์ท โดยผ่านทางชุดคำสั่ง IN และ OUT ส่วนเส้นแอดเดรสที่เหลือคือA16-A19 นั้นจะไม่ถูกใช้งาน อย่างไรก็ตามภายใน IBM/PC จะใช้แอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ทเพียง 10 เส้น คือจาก A0-A9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H จนถึง 03FFH เท่านั้น

D0-D7 (Data Bus ; ขา A9-A12)

ขาสัญญาณนี้จะเป็นแบบ Bi-Directional ซึ่งต่อกับบัสข้อมูลของระบบ เพื่อทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ท I/O กับ IBM/PC โดยบิท D0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุดและบิท D7 จะมีนัยสำคัญสูงสุด

สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนที่สัญญาณ $\overline{IOW}$ (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับพอร์ท) หรือ $\overline{MEMW}$ (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก " 0 " เป็นลอจิก " 1 " (ขอบขาขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{IOW}$ หรือ $\overline{MEMW}$ นี้ จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลไปเก็บไว้

สำหรับไซเคิลของการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่ถูกอ้างอิงถึงจะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ $\overline{IOR}$ (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากพอร์ท) หรือ $\overline{MEMR}$ (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก " 0 " เป็นลอจิก " 1 " (ขอบขาขึ้น)

ALE (Address Latch Enable ; ขา B26)

ขาสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่ 8288 Bus Controller สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับแสดงการเริ่มต้นของบัสไซเคิล และแสดงให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าแอดเดรสที่ 8088 ต้องการจะติดต่อด้วยนั้นถูกส่งออกมาบนแอดเดรสแล้ว โดยที่สัญญาณ ALE นี้จะเปลี่ยนจากลอจิก " 1 " เป็น " 0 " เมื่อค่าแอดเดรสที่ถูกต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นขอบขาลงของสัญญาณ ALE นี้จะถูกใช้ในการแลทช์ค่าแอดเดรสจากบัสแอดเดรส/ข้อมูล AD0-AD7 ของ 8088 ทำให้สามารถแยกค่าแอดเดรส (A0 – A19) และข้อมูล (A0 – A7) ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ ALE จะแอคทีฟเฉพาะในบัสไซเคิลที่สร้างขึ้นโดย 8088 เท่านั้นโดยจะไม่แอคทีฟในระหว่างขบวนการ DMA

IOR (I/O Read ; ขา B14)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก " 0 " ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลจะต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{IOR}$ ประมาณ 30 นาโนวินาที เพื่อให้มั่นใจได้ว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง สำหรับในขบวนการ DMA 8237A – 5 DMA Controller จะทำการสร้างสัญญาณ $\overline{IOR}$ เอง โดยที่ค่าแอดเดรสของหน่วยความจำ (แทนที่จะเป็นแอดเดรสของพอร์ท I/O) ที่พอร์ท I/O ที่ขอ DMA ต้องการจะนำข้อมูลไปเก็บการที่พอร์ทใดจะส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลนั้น จะอาศัยสัญญาณ DACK จาก DMA Controller เป็นตัวกำหนด เช่นกรณีที่สัญญาณ DACK1 แอคทีฟก็จะแสดงว่าพอร์ท I/O ที่จะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลก็คือพอร์ท I/O ที่ขอ DMA ผ่านทางแชนแนลที่ 1 (DRQ1) เป็นต้น

IOW (I/O Read ; ขา B14)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก " 0 " ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้แสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้เป็นบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ท I/Oเพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้อย่างไรก็ตามเนื่องจากในช่วงเวลาที่สัญญาณ $\overline{IOW}$ นี้แอคทีฟนั้นข้อมูลบนบัสอาจจะยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{IOW}$ แทนขอบขาลงในการทำให้พอร์ท I/O ที่เกี่ยวข้องรับข้อมูลไปเก็บไว้ เพื่อให้ข้อมูลบนบัสข้อมูลสมบูรณ์เสียก่อนสำหรับในขบวนการ DMA นั้น DMA – Controller จะทำการสร้างสัญญาณ $\overline{IOW}$ เอง โดยที่ค่าแอดเดรสที่อยู่บนบัสแอดเดรสจะเป็นค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่พอร์ท I/O ที่ขอ DMA ต้องการจะอ่านข้อมูล

บัสของแหล่งจ่ายไฟของระบบ

+5 Vdc (ขา B3 และ B29)

ขาทั้ง 2 นี้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +5 ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 5% คืออยู่ในช่วง +4.75 ถึง +5.25 Vdc

+12 Vdc (ขา B9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +12 ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 5% คืออยู่ในช่วง +11.4 ถึง +12.6 Vdc

-5 Vdc (ขา B5)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +5 ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 10% คืออยู่ในช่วง –5.5 ถึง –4.5 Vdc

-12 Vdc (ขา B7)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC –12 ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 10% คืออยู่ในช่วง –13.2 ถึง -10.8 Vdc

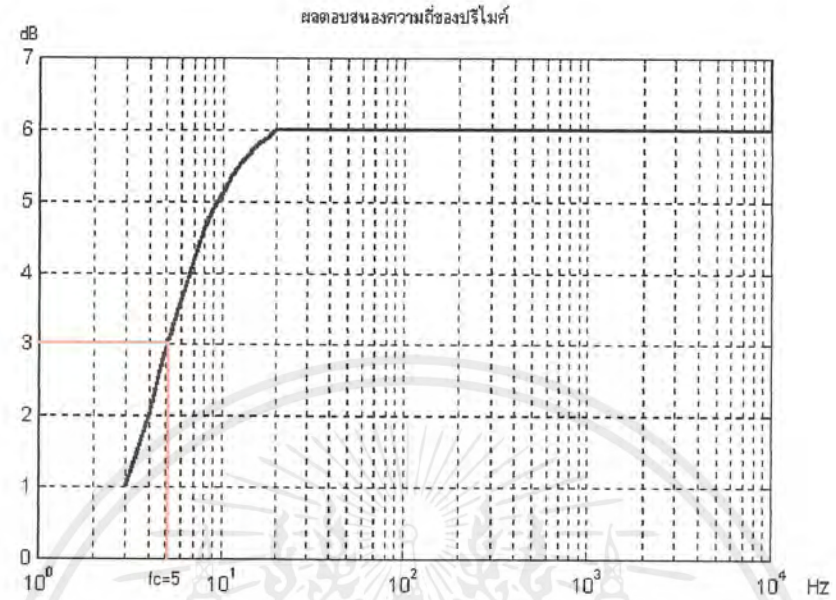
GND (ขา B1,B10 และ B31)

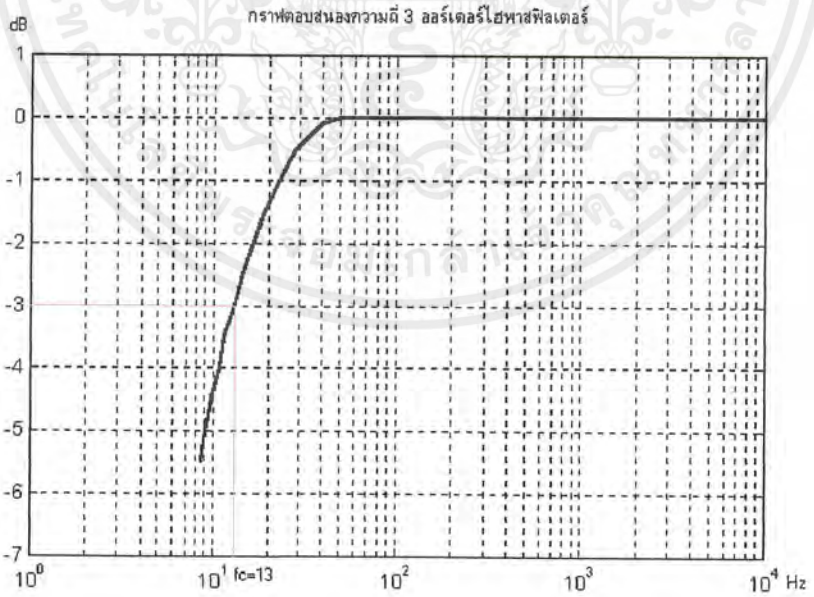
ขาทั้ง 3 นี้จะต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของระบบ

การจัดสัญญาณบนสล็อตของ IBM PC/XT

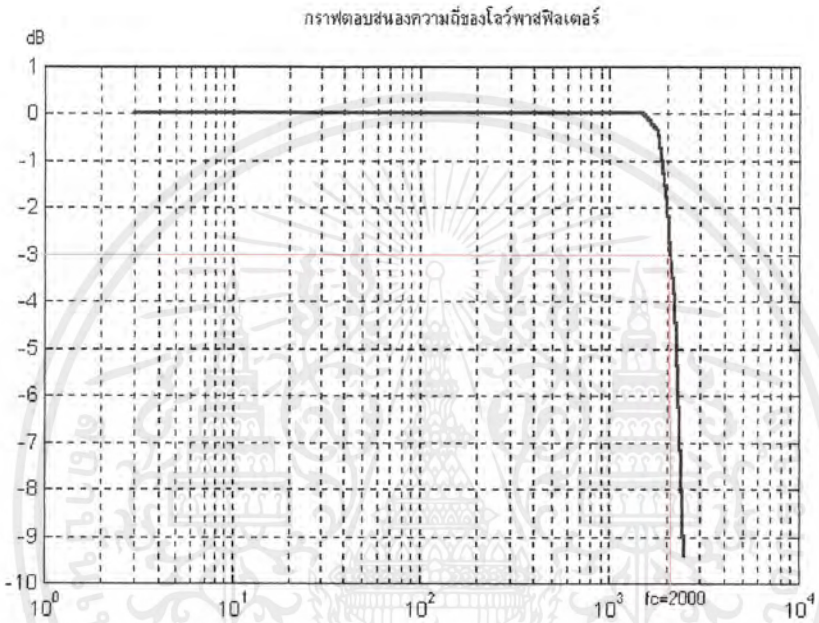
สำหรับใน IBM PC/XT นั้นจะมีสล็อตสำหรับเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกได้มากขึ้น คือ ใน IBM PC/XT จะทำการเพิ่มจำนวนสล็อตบนเมนบอร์ดขึ้นเป็น 8 สล็อต จากเดิมที่มีอยู่เพียง 5 สล็อต บน IBM PC โดยการจัดการสัญญาณต่าง ๆ ในทั้ง 8 สล็อตจะยังคงเหมือนกับใน IBM PC เพียงแต่สัญญาณต่าง ๆ ที่จะถูกส่งออกมายังขาของสล็อตที่ 8 นั้นจะถูกต่อผ่านวงจรขับกระแส (Buffer) ก่อน และในสล็อตที่ 8 นี้ขา B8 จะถูกใช้งานด้วย โดยจะถูกใช้เป็นขา CARD SLCTD (หรือ Card Selected) ซึ่งขาสัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณอินพุทจากวงจรภายนอกที่เสียบอยู่บนสล็อตที่ 8 เพื่อให้วงจรบนเมนบอร์ดทราบว่าการ์ดที่อยู่บนสล็อตนี้ถูกเลือกใช้งานอยู่ ซึ่งจะทำให้ Driver บนเมนบอร์ดทำหารอ่านหรือส่งข้อมูลไปยังสล็อตที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

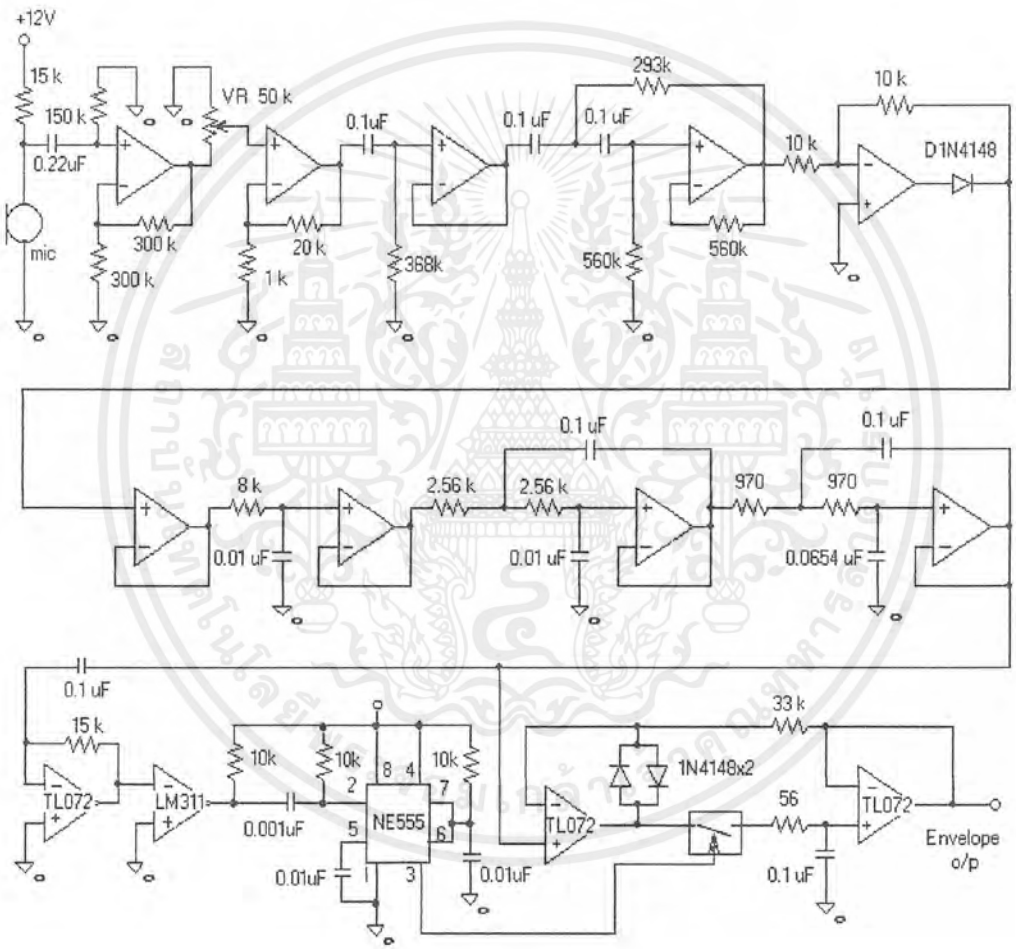




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

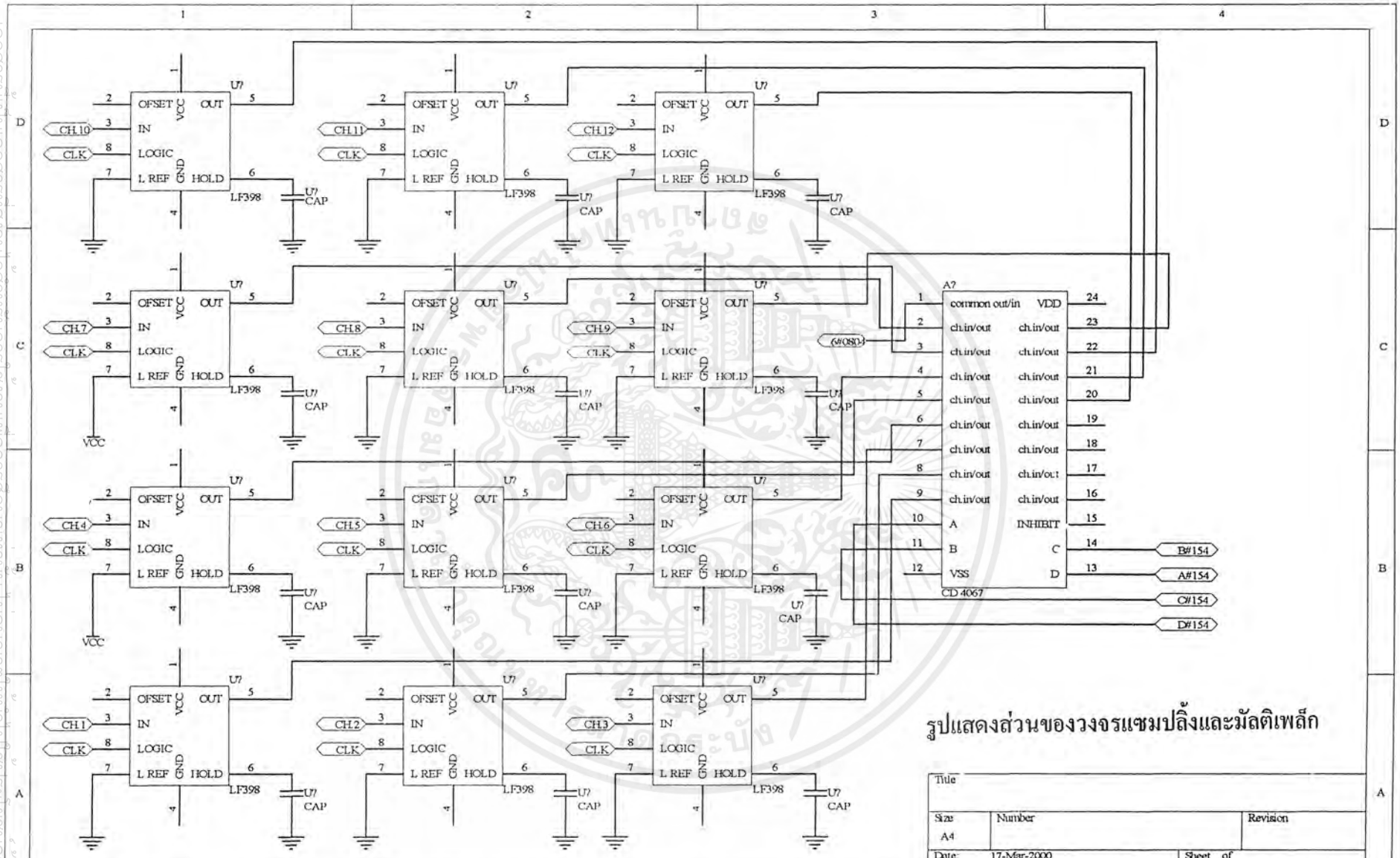


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

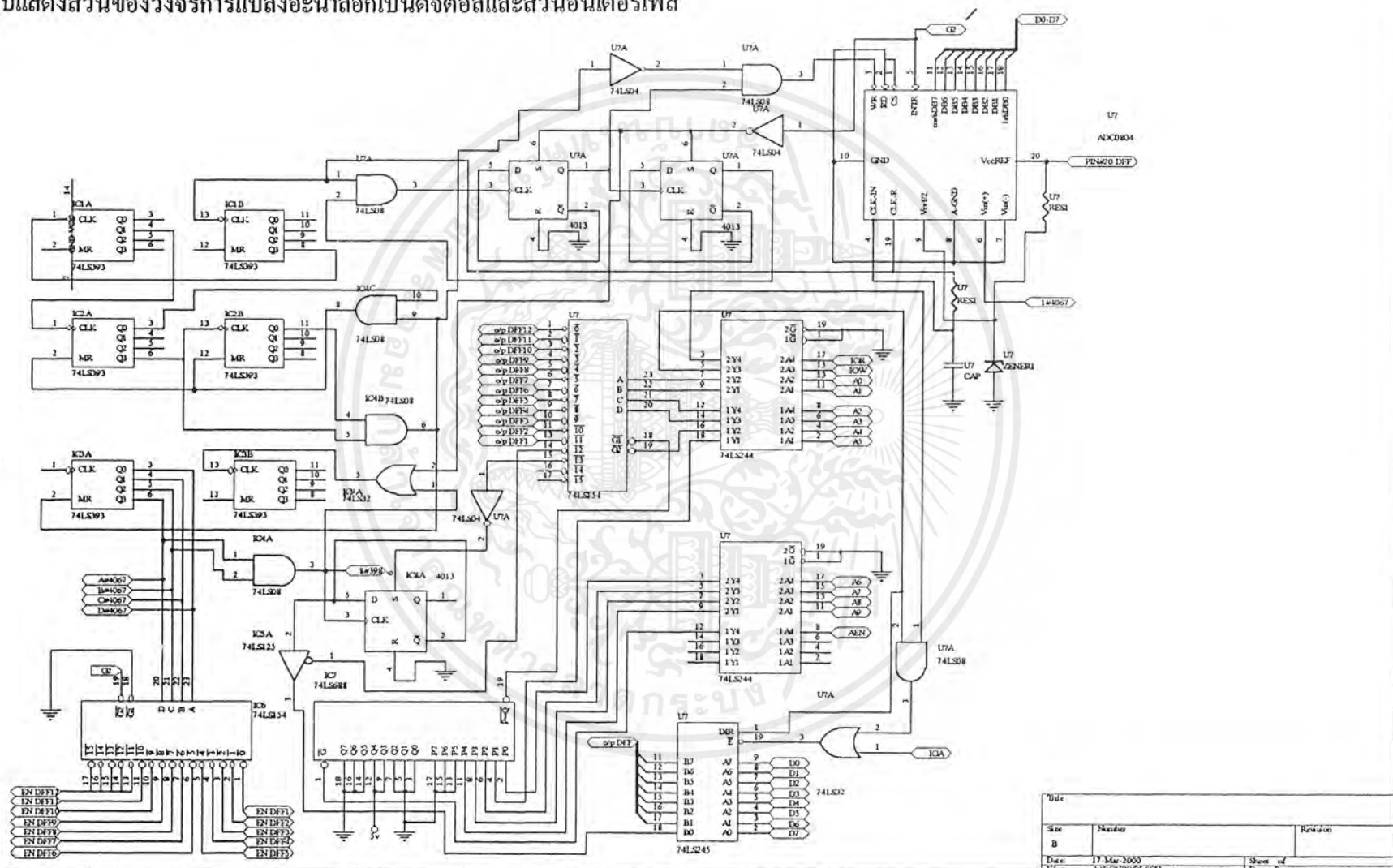


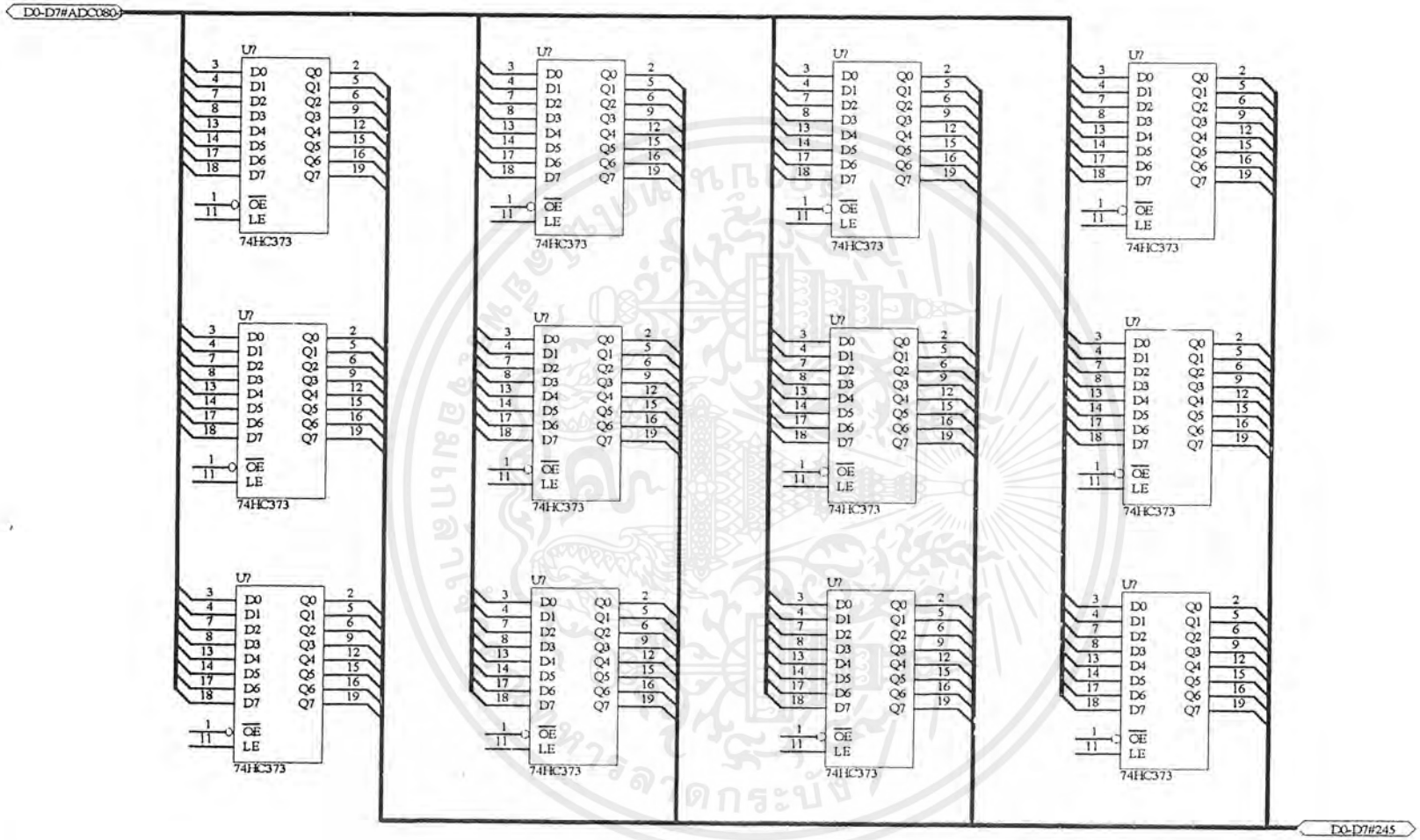
วงจรส่วนอะนาลอกที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


U?
OFSET
VCC
OUT
IN
LOGIC
L REF
GND
HOLD
LF398
CAP
CH10
CH11
CH12
CH7
CH8
CH9
CH4
CH5
CH6
CH1
CH2
CH3
CLK
VCC
A?
common out/in
VDD
ch.in/out
INHIBIT
A
B
C
D
VSS
CD 4067
(#080)
B#154
A#154
C#154
D#154
รูปแสดงส่วนของวงจรแซมปลิ้งและมัลติเพล็ก
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
17-Mar-2000
Sheet of
File:
C:\PFWSCH\BONPROJ2.SCH
Drawn By:

รูปแสดงส่วนของวงจรการแปลงอะนาลอกเป็นดิจิตอลและส่วนอินเตอร์เฟส





รูปแสดงการต่อ ดีฟลิปฟลอป ทั้ง 12 เชนแนล

Title			
Size: A4	Number:		Revision:
Date:	19-Mar-2000	Sheet of	
File:	C:\PFWSCH\BONPROJ3.SCH	Drawn By:	

ส่วนของโปรแกรม

```
unit Display_u2new;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, Spin;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    ScrollBar1: TScrollBar;
    ScrollBar2: TScrollBar;
    Button1: TButton;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Panel2: TPanel;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Button6: TButton;
    Button7: TButton;
    Button8: TButton;
    Button9: TButton;
    Button10: TButton;
    Button11: TButton;
    Button12: TButton;
    Button13: TButton;
    Panel3: TPanel;
    Panel4: TPanel;
    Panel5: TPanel;
    Panel6: TPanel;
    Panel7: TPanel;
    Panel8: TPanel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Panel9: TPanel;

Panel10: TPanel;

Panel11: TPanel;

Panel12: TPanel;

Panel13: TPanel;

Button14: TButton;

PaintBox1: TPaintBox;

Button15: TButton;

Timer1: TTimer;

Timer2: TTimer;

Timer3: TTimer;

Timer4: TTimer;

Timer5: TTimer;

Timer6: TTimer;

Timer7: TTimer;

Timer8: TTimer;

Timer9: TTimer;

Timer10: TTimer;

Timer11: TTimer;

Timer12: TTimer;

Timer13: TTimer;

Timer14: TTimer;

Timer15: TTimer;

Timer16: TTimer;

Timer17: TTimer;

Timer18: TTimer;

Timer19: TTimer;

Timer20: TTimer;

Timer21: TTimer;

Timer22: TTimer;

Timer23: TTimer;

Timer24: TTimer;

Timer25: TTimer;

Timer26: TTimer;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer27: TTimer;
Timer28: TTimer;
Timer29: TTimer;
Timer30: TTimer;
Timer31: TTimer;
Timer32: TTimer;
Timer33: TTimer;
Timer34: TTimer;
Timer35: TTimer;
Timer36: TTimer;
SpinEdit1: TSpinEdit;
Timer37: TTimer;
Timer38: TTimer;
Timer39: TTimer;
Timer40: TTimer;
Timer41: TTimer;
Timer42: TTimer;
Timer43: TTimer;
Timer44: TTimer;
Timer45: TTimer;
Timer46: TTimer;
Timer47: TTimer;
Timer48: TTimer;
Panel14: TPanel;
Panel15: TPanel;
Panel16: TPanel;
Panel17: TPanel;
Panel18: TPanel;
Panel19: TPanel;
Panel20: TPanel;
Panel21: TPanel;
Panel22: TPanel;
Panel23: TPanel;
Panel24: TPanel;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Panel25: TPanel;
    Image1: TImage;
    Button16: TButton;
    Button17: TButton;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    SpinEdit2: TSpinEdit;
    Button18: TButton;
    Button19: TButton;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    ScrollBar3: TScrollBar;
    Label17: TLabel;
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure Button7Click(Sender: TObject);
    procedure Button8Click(Sender: TObject);
    procedure Button9Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure Button10Click(Sender: TObject);
    procedure Button11Click(Sender: TObject);
    procedure Button12Click(Sender: TObject);
    procedure Button13Click(Sender: TObject);
    procedure Button14Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Panel1click(Sender: TObject);
    procedure ScrollBar1Change(Sender: TObject);
    procedure ScrollBar2Change(Sender: TObject);
    procedure Button15Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure SpinEdit1Change(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure ScrollBar3Change(Sender: TObject);
    procedure SpinEdit2Change(Sender: TObject);
    procedure Button16Click(Sender: TObject);
    procedure Button17Click(Sender: TObject);
    procedure Button18Click(Sender: TObject);
    procedure Button19Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}
var
  data:array[1..12,1..1200]of integer;
  envelope:array[1..12,1..1200]of integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 m1:array[1..12]of integer;
 m2:array[1..12]of integer;
 cl,x,channel,multiply,count:integer;
 Ya:array[1..12]of integer;
 Ye:array[1..12]of integer;
 ChUp,ChDown,Yabs,Yen,delx,dely:integer;
 VoltPerDiv:real;

function  inport(loport:word):byte;stdcall;
asm
  mov dx,[loport];
  in  al,dx;
  mov result,al;
end;
function chkbit(chk:word):word;
 asm
    and chk,00000001b;
 end;
procedure TForm1.Panel1click(Sender: TObject);
 var L,a,b:integer;
    chk:word;
 begin

   if button1.Caption ='Stop'then
   begin   { begin of check RUN/STOP}
    if count=1then
    begin {begin of count =1}
   x:= ScrollBar2.position;
   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
   paintbox1.refresh();
    if multiply=1then
      begin
      paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,(200+x)])));
      for L:=(200+x)to (x+400)do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 paintbox1.Canvas.LineTo(2*(L-x-200),(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,L])));
 end
 else if multiply=2then
 begin
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,x])));
 for L:=x to (x+400)do
 paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,L])));
 end
else if multiply=4then
 begin
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yabs+200-round(VoltPerDiv*Data[ChUp,(x+(2*(L-x)))])));
 end;
end; {end of count =1}
if count=2then
begin {begin of count =2}
 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
if multiply=1then {Check time/screen}
 begin
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,(200+x)])));
 for L:=(200+x)to (x+400)do
 paintbox1.Canvas.LineTo(2*(L-x-200),(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,L])));
 end
 else if multiply=2then
 begin
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,x])));
 for L:=x to (x+400)do
 paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,L])));
 end
else if multiply=4then
 begin
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,x])));
 for L:=x to x+400 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yen+200-round(VoltPerDiv*envelope[ChUp,(x+(2*(L-x)))])));
  end;
 end; {end of count =2}
 if count=3then
 begin {begin of count =3}

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
if multiply=1then
  begin
  paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,(198+x)])));
  for L:=(200+x)to (x+400)do
  paintbox1.Canvas.LineTo(2*(L-x-200),(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,L-2])));
  end
 else if multiply=2then
  begin
  paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,x-2])));
  for L:=x to (x+400)do
  paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,L-2])));
  end
 else if multiply=4then
  begin
  paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,x-2])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yabs+400-round(VoltPerDiv*Data[ChDown,(x+(2*(L-x)+1)-2)])));
  end;
 end; {end of count =3  }
 if count=4then
 begin {begin of count =4 }
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
 if multiply=1then {Check time/screen}
  begin
  paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,(198+x)])));
  for L:=(200+x)to (x+400)do
  paintbox1.Canvas.LineTo(2*(L-x-200),(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,L-2])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end
   else if multiply=2then
    begin
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,x-2])));
    for L:=x to (x+400)do
    paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,L-2])));
    end
   else if multiply=4then
    begin
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,x-2])));
    for L:=x to x+400 do
    paintbox1.Canvas.LineTo((L-x),(Yen+400-round(VoltPerDiv*envelope[ChDown,(x+(2*(L-x)+1)-
2)])));
    end;
   end; {end of count =4}
     for a:=1to 12do
      for b:=1to 1199do
      Data[a,b]:=Data[a,(b+1)];
     for a:=1to 12do
      for b:=1to 1199do
      envelope[a,b]:=envelope[a,(b+1)];

     repeat
          chk:=chkbit(inport($30c));
     until  chk=1;
        Data[1,1200]:=inport($300);
        Data[2,1200]:= inport($301);
        Data[3,1200]:= inport($302);
        Data[4,1200]:= inport($303);
        Data[5,1200]:= inport($304);
        Data[6,1200]:= inport($305);
        Data[7,1200]:= inport($306);
        Data[8,1200]:= inport($307);
        Data[9,1200]:= inport($308);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Data[10,1200]:= inport($309);
            Data[11,1200]:= inport($30a);
            Data[12,1200]:= inport($30b);
            inport($30d); {clear counter}
    end;
     for a:=1to 12do
      begin
       if (data[a,1200]-data[a,1199])>0 then
        m2[a]:= 1
       else if(data[a,1200]-data[a,1199])<=0 then
        m2[a]:= 0;

       if (m1[a]-m2[a])=1 then
        envelope[a,1200]:= data[a,1199];

        m1[a]:=m2[a];

      end;{ end; of check RUN/STOP}

   count:=count+1;
  if count=40then
   count:=1;
end;

procedure TForm1.ScrollBar1Change(Sender: TObject);
 var L{,a,b}:integer;
 begin
   if button1.Caption ='Run'then   {check RUN/Stop}
   begin
    x:= ScrollBar2.position;
    if Yabs =0 then  {check show AbsPCG}
     begin
    if channel=1then
     Ya[1]:= ScrollBar1.position
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else if channel=2then
  Ya[2]:= ScrollBar1.position
else if channel=3then
  Ya[3]:= ScrollBar1.position
else if channel=4then
  Ya[4]:= ScrollBar1.position
else if channel=5then
  Ya[5]:= ScrollBar1.position
else if channel=6then
  Ya[6]:= ScrollBar1.position
else if channel=7then
  Ya[7]:= ScrollBar1.position
else if channel=8then
  Ya[8]:= ScrollBar1.position
else if channel=9then
  Ya[9]:= ScrollBar1.position
else if channel=10then
  Ya[10]:= ScrollBar1.position
else if channel=11then
  Ya[11]:= ScrollBar1.position
else if channel=12then
  Ya[12]:= ScrollBar1.position;
      paintbox1.refresh();
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clmaroon;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[1]-round(VoltPerDiv*Data[1,x])));
for L:=x to x+400 do
paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[1]-round(VoltPerDiv*Data[1,(x+dely*(L-x+1))])));

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clNavy;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[2]-round(VoltPerDiv*Data[2,x])));
for L:=x to x+400 do
paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[2]-round(VoltPerDiv*Data[2,(x+dely*(L-x+1))])));

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clGreen;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[3]-round(VoltPerDiv*Data[3,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[3]-round(VoltPerDiv*Data[3,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[4]-round(VoltPerDiv*Data[4,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[4]-round(VoltPerDiv*Data[4,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clPurple;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[5]-round(VoltPerDiv*Data[5,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[5]-round(VoltPerDiv*Data[5,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBlue;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[6]-round(VoltPerDiv*Data[6,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[6]-round(VoltPerDiv*Data[6,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clOlive;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[7]-round(VoltPerDiv*Data[7,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[7]-round(VoltPerDiv*Data[7,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clYellow;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[8]-round(VoltPerDiv*Data[8,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[8]-round(VoltPerDiv*Data[8,(x+dely*(L-x+1))])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clFuchsia;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[9]-round(VoltPerDiv*Data[9,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[9]-round(VoltPerDiv*Data[9,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clAqua;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[10]-round(VoltPerDiv*Data[10,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[10]-round(VoltPerDiv*Data[10,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBackground;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[11]-round(VoltPerDiv*Data[11,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[11]-round(VoltPerDiv*Data[11,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[12]-round(VoltPerDiv*Data[12,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[12]-round(VoltPerDiv*Data[12,(x+dely*(L-x+1))])));

  end {end of check show AbsPCG}

else if Yen=0 then    {Sheck of show envelope}
  begin
if channel=1then
  Ye[1]:= ScrollBar1.position
else if channel=2then
  Ye[2]:= ScrollBar1.position
else if channel=3then
  Ye[3]:= ScrollBar1.position
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else if channel=4then
  Ye[4]:= ScrollBar1.position
else if channel=5then
  Ye[5]:= ScrollBar1.position
else if channel=6then
  Ye[6]:= ScrollBar1.position
else if channel=7then
  Ye[7]:= ScrollBar1.position
else if channel=8then
  Ye[8]:= ScrollBar1.position
else if channel=9then
  Ye[9]:= ScrollBar1.position
else if channel=10then
  Ye[10]:= ScrollBar1.position
else if channel=11then
  Ye[11]:= ScrollBar1.position
else if channel=12then
  Ye[12]:= ScrollBar1.position;
  paintbox1.refresh();
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clmaroon;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[1]-round(VoltPerDiv*envelope[1,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[1]-round(VoltPerDiv*envelope[1,(x+dely*(L-x+1))])));

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clNavy;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[2]-round(VoltPerDiv*envelope[2,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[2]-round(VoltPerDiv*envelope[2,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clGreen;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[3]-round(VoltPerDiv*envelope[3,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[3]-round(VoltPerDiv*envelope[3,(x+dely*(L-x+1))])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[4]-round(VoltPerDiv*envelope[4,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[4]-round(VoltPerDiv*envelope[4,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clPurple;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[5]-round(VoltPerDiv*envelope[5,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[5]-round(VoltPerDiv*envelope[5,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBlue;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[6]-round(VoltPerDiv*envelope[6,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[6]-round(VoltPerDiv*envelope[6,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clOlive;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[7]-round(VoltPerDiv*envelope[7,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[7]-round(VoltPerDiv*envelope[7,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clYellow;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[8]-round(VoltPerDiv*envelope[8,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[8]-round(VoltPerDiv*envelope[8,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clFuchsia;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[9]-round(VoltPerDiv*envelope[9,x])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for L:=x to x+400 do
    paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[9]-round(VoltPerDiv*envelope[9,(x+dely*(L-x+1))])));


    paintbox1.Canvas.Pen.color:= clAqua;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[10]-round(VoltPerDiv*envelope[10,x])));
    for L:=x to x+400 do
    paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[10]-round(VoltPerDiv*envelope[10,(x+dely*(L-
x+1))])));


    paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBackground;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[11]-round(VoltPerDiv*envelope[11,x])));
    for L:=x to x+400 do
    paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[11]-round(VoltPerDiv*envelope[11,(x+dely*(L-
x+1))])));


    paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[12]-round(VoltPerDiv*envelope[12,x])));
    for L:=x to x+400 do
    paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[12]-round(VoltPerDiv*envelope[12,(x+dely*(L-
x+1))])));

     end   {end of check show envelope}
     else
     paintbox1.Refresh();

   end;{end of check RUN/Stop}
 end;
procedure TForm1.ScrollBar2Change(Sender: TObject);
 var L{,a,b}:integer;
 begin
   if button1.Caption ='Run'then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
 x:= ScrollBar2.position;
 if Yabs =0 then  {check show AbsPCG}
  begin
 paintbox1.refresh();
 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clmaroon;
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[1]-round(VoltPerDiv*Data[1,x])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[1]-round(VoltPerDiv*Data[1,(x+dely*(L-x+1))])));

 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clNavy;
 paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[2]-round(VoltPerDiv*Data[2,x])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[2]-round(VoltPerDiv*Data[2,(x+dely*(L-x+1))])));

 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clGreen;
     paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[3]-round(VoltPerDiv*Data[3,x])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[3]-round(VoltPerDiv*Data[3,(x+dely*(L-x+1))])));


 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
     paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[4]-round(VoltPerDiv*Data[4,x])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[4]-round(VoltPerDiv*Data[4,(x+dely*(L-x+1))])));


 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clPurple;
     paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[5]-round(VoltPerDiv*Data[5,x])));
  for L:=x to x+400 do
  paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[5]-round(VoltPerDiv*Data[5,(x+dely*(L-x+1))])));


 paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBlue;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[6]-round(VoltPerDiv*Data[6,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[6]-round(VoltPerDiv*Data[6,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clOlive;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[7]-round(VoltPerDiv*Data[7,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[7]-round(VoltPerDiv*Data[7,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clYellow;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[8]-round(VoltPerDiv*Data[8,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[8]-round(VoltPerDiv*Data[8,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clFuchsia;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[9]-round(VoltPerDiv*Data[9,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[9]-round(VoltPerDiv*Data[9,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clAqua;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[10]-round(VoltPerDiv*Data[10,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[10]-round(VoltPerDiv*Data[10,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBackground;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[11]-round(VoltPerDiv*Data[11,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[11]-round(VoltPerDiv*Data[11,(x+dely*(L-x+1))])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ya[12]-round(VoltPerDiv*Data[12,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ya[12]-round(VoltPerDiv*Data[12,(x+dely*(L-x+1))])));

  end {end of check show AbsPCG}

else if Yen=0 then    {Sheck of show envelope}
  begin
paintbox1.refresh();
paintbox1.Canvas.Pen.color:= clmaroon;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[1]-round(VoltPerDiv*envelope[1,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[1]-round(VoltPerDiv*envelope[1,(x+dely*(L-x+1))])));

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clNavy;
paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[2]-round(VoltPerDiv*envelope[2,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[2]-round(VoltPerDiv*envelope[2,(x+dely*(L-x+1))])));

paintbox1.Canvas.Pen.color:= clGreen;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[3]-round(VoltPerDiv*envelope[3,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[3]-round(VoltPerDiv*envelope[3,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clred;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[4]-round(VoltPerDiv*envelope[4,x])));
 for L:=x to x+400 do
 paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[4]-round(VoltPerDiv*envelope[4,(x+dely*(L-x+1))])));


paintbox1.Canvas.Pen.color:= clPurple;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[5]-round(VoltPerDiv*envelope[5,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[5]-round(VoltPerDiv*envelope[5,(x+dely*(L-x+1))])));


   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBlue;
   paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[6]-round(VoltPerDiv*envelope[6,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[6]-round(VoltPerDiv*envelope[6,(x+dely*(L-x+1))])));


   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clOlive;
   paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[7]-round(VoltPerDiv*envelope[7,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[7]-round(VoltPerDiv*envelope[7,(x+dely*(L-x+1))])));


   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clYellow;
   paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[8]-round(VoltPerDiv*envelope[8,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[8]-round(VoltPerDiv*envelope[8,(x+dely*(L-x+1))])));


   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clFuchsia;
   paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[9]-round(VoltPerDiv*envelope[9,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[9]-round(VoltPerDiv*envelope[9,(x+dely*(L-x+1))])));


   paintbox1.Canvas.Pen.color:= clAqua;
   paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[10]-round(VoltPerDiv*envelope[10,x])));
   for L:=x to x+400 do
   paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[10]-round(VoltPerDiv*envelope[10,(x+dely*(L-
x+1))])));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    paintbox1.Canvas.Pen.color:= clBackground;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[11]-round(VoltPerDiv*envelope[11,x])));
     for L:=x to x+400 do
     paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[11]-round(VoltPerDiv*envelope[11,(x+dely*(L-
x+1))])));


    paintbox1.Canvas.Pen.color:= clInfoBk;
    paintbox1.Canvas.moveTo(0,(Ye[12]-round(VoltPerDiv*envelope[12,x])));
     for L:=x to x+400 do
     paintbox1.Canvas.LineTo(delx*((L-x)+1),(Ye[12]-round(VoltPerDiv*envelope[12,(x+dely*(L-
x+1))])));

      end   {end of check show envelope}
      else
      paintbox1.Refresh();

   end;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
if scrollbar3.position=1then
  begin
  ChUp:=1;
  label15.caption:='<--Ch 1';
  end
  else
  begin
   ChDown:=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      label16.caption:='<--Ch 1';
    end;
  cl:=clMaroon;
  channel:=1;
  Button14.click;
  panel2.visible:=true;
  scrollbar1.position:=Ye[channel];
  scrollbar1.position:=Ya[channel];
 end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
 begin
 Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
 Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
  if scrollbar3.position=1then
    begin
    ChUp:=2;
    label15.caption:='<--Ch 2';
    end
    else
    begin
      ChDown:=2;
      label16.caption:='<--Ch 2';
    end;
  cl:=clNavy;
  channel:=2;
  Button14.click;
  panel3.visible:=true;
  scrollbar1.position:=Ye[channel];
  scrollbar1.position:=Ya[channel];
 end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
 begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
  begin
  ChUp:=3;
  label15.caption:='<--Ch 3';
  end
  else
  begin
   ChDown:=3;
   label16.caption:='<--Ch 3';
  end;
 cl:=clGreen;
 channel:=3;
 Button14.click;
 panel4.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
 Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
 Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
  begin
  ChUp:=4;
  label15.caption:='<--Ch 4';
  end
  else
  begin
   ChDown:=4;
   label16.caption:='<--Ch 4';
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 cl:=clRed;
 channel:=4;
 Button14.click;
 panel5.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
 begin
 Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
 Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
  if scrollbar3.position=1then
   begin
   ChUp:=5;
   label15.caption:='<--Ch 5';
   end
   else
   begin
    ChDown:=5;
    label16.caption:='<--Ch 5';
   end;
 cl:=clPurple;
 channel:=5;
 Button14.click;
 panel6.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);
 begin
 Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
 Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if scrollbar3.position=1then
  begin
  ChUp:=6;
  label15.caption:='<--Ch 6';
  end
  else
  begin
   ChDown:=6;
   label16.caption:='<--Ch 6';
  end;
 cl:=clBlue;
 channel:=6;
 Button14.click;
 panel7.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);
begin
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
  begin
  ChUp:=7;
  label15.caption:='<--Ch 7';
  end
  else
  begin
   ChDown:=7;
   label16.caption:='<--Ch 7';
  end;
 cl:=clOlive;
 channel:=7;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Button14.click;
 panel8.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button9Click(Sender: TObject);
begin
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
   begin
   ChUp:=8;
   label15.caption:='<--Ch 8';
   end
   else
   begin
     ChDown:=8;
     label16.caption:='<--Ch 8';
   end;
 cl:=clYellow;
 channel:=8;
 Button14.click;
 panel9.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button10Click(Sender: TObject);
begin

Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
if scrollbar3.position=1then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
    ChUp:=9;
    label15.caption:='<--Ch 9';
    end
    else
    begin
      ChDown:=9;
      label16.caption:='<--Ch 9';
    end;
  cl:=clFuchsia;
  channel:=9;
  Button14.click;
  panel10.visible:=true;
  scrollbar1.position:=Ye[channel];
  scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button11Click(Sender: TObject);
begin

Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
    begin
    ChUp:=10;
    label15.caption:='<--Ch 10';
    end
    else
    begin
      ChDown:=10;
      label16.caption:='<--Ch 10';
    end;
  cl:=clAqua;
  channel:=10;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Button14.click;
 panel11.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button12Click(Sender: TObject);
begin
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
  if scrollbar3.position=1then
   begin
   ChUp:=11;
   label15.caption:='<--Ch 11';
   end
   else
   begin
     ChDown:=11;
     label16.caption:='<--Ch 11';
   end;
 cl:=clBackground;
 channel:=11;
 Button14.click;
 panel12.visible:=true;
 scrollbar1.position:=Ye[channel];
 scrollbar1.position:=Ya[channel];
end;

procedure TForm1.Button13Click(Sender: TObject);
begin
Ye[Channel]:=scrollbar1.position;
Ya[Channel]:=scrollbar1.position;
 if scrollbar3.position=1then
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ChUp:=12;
    label15.caption:='<--Ch 12';
    end
    else
    begin
      ChDown:=12;
      label16.caption:='<--Ch 12';
    end;
  cl:=clInfoBk;
  channel:=12;
  Button14.click;
  panel13.visible:=true;
  scrollbar1.position:=Ye[channel];
  scrollbar1.position:=Ya[channel];
 end;

procedure TForm1.Button14Click(Sender: TObject);
 begin
  panel2.visible:=false;
  panel3.visible:=false;
  panel4.visible:=false;
  panel5.visible:=false;
  panel6.visible:=false;
  panel7.visible:=false;
  panel8.visible:=false;
  panel9.visible:=false;
  panel10.visible:=false;
  panel11.visible:=false;
  panel12.visible:=false;
  panel13.visible:=false;

 end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
 if button1.caption='Run'then
   begin
   button1.caption:='Stop';
   scrollbar1.visible:=false;
   label15.Visible:=true;
   label16.Visible:=true;
   edit1.Visible:=true;
   scrollbar3.Visible:=true;
   button18.Caption:='AbsPCG';
   button19.Caption:='Envelope';
   end
  else if
   button1.caption='Stop'then
   begin
   button1.caption:='Run';
   scrollbar1.visible:=True;
   label15.Visible:=false;
   label16.Visible:=false;
   edit1.Visible:=false;
   scrollbar3.Visible:=false;
   button18.Caption:='Clear Ch';
   button19.Caption:='Clear All';
   Ya[ChUp]:=200;
   Ye[ChUp]:=200;
   Ya[ChDown]:=400;
   Ye[Chdown]:=400;
   Channel:=ChUp;
   Scrollbar1.Position:=scrollbar1.Position+1;
   Scrollbar1.Position:=scrollbar1.Position-1;
   end;
end;

procedure TForm1.Button15Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var ar,ac:integer;
begin
  for ar:=1to 12do
  begin
   for ac:=1to 1200do
    data[ar,ac]:=round(100*sin(2*0.0314159*ac));
  end;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var x,z:integer;
begin
 spinedit1.value:=1000;
 spinedit1.value:=500;
 scrollbar3.position:=1;
 button2.Click;
 scrollbar3.position:=0;
 button2.Click;
 VoltPerDiv:=1;
 count:=1;
 multiply:=1;
 button2.click;
 scrollbar2.position:=800;
 for x:=1to 12do
  begin
   m1[x]:=1;
  for z:=1to 1200do
   begin
   envelope[x,z]:=0;
   data[x,z]:=0;
   end;
 end;
 for x:=1 to 12 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
       Ya[x]:=2000;
       Ye[x]:=2000;
      end;
 button1.Click;
 button1.Click;
 timer1.enabled:=false;
end;

procedure TForm1.SpinEdit1Change(Sender: TObject);
begin
  if spinedit1.value=1000then
    begin
      spinedit1.Increment:=1000;
      delx:=1;
      dely:=1;
     end
  else if spinedit1.value=500then
     begin
      spinedit1.Increment:=500;
      delx:=2;
      dely:=1;
     end
   else
     begin
     delx:=1;
     dely:=2;
     end;
  multiply:=round(spinedit1.value/500);

  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position+1;
  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position-1;
  if spinedit1.Value=500then
   begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    label2.caption:='0.05'; label3.caption:='0.1';
    label4.caption:='0.15'; label5.caption:='0.2';
    label6.caption:='0.25'; label7.caption:='0.3';
    label8.caption:='0.35'; label9.caption:='0.4';
    label10.caption:='0.45'; label11.caption:=' 0.5Sec';
    end
  else  if spinedit1.Value=1000then
    begin
    label2.caption:=' 0.1'; label3.caption:='0.2';
    label4.caption:='0.3'; label5.caption:='0.4';
    label6.caption:='0.5'; label7.caption:='0.6';
    label8.caption:='0.7'; label9.caption:='0.8';
    label10.caption:='0.9'; label11.caption:='   1Sec';
    end
 else  if spinedit1.Value=2000then
    begin
    label2.caption:=' 0.2'; label3.caption:='0.4';
    label4.caption:='0.6'; label5.caption:='0.8';
    label6.caption:=' 1'; label7.caption:='1.2';
    label8.caption:='1.4'; label9.caption:='1.6';
    label10.caption:='1.8'; label11.caption:='   2Sec';
    end;
  if button1.caption='Stop'then
   begin
    if spinedit1.Value=2000then
      begin
      scrollbar2.Max:=400;
      scrollbar2.position:=400;
      end
      else
       begin
      scrollbar2.Max:=800;
      scrollbar2.position:=800;
       end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  end
 else  if button1.caption='Run'then
  if spinedit1.Value=2000then
    scrollbar2.Max:=400
    else
    scrollbar2.Max:=800;

end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var i,j,k,l,x:integer;
begin
for x:=0to 400do
 begin
 image1.Canvas.pen.color:={clblack}cl3dlight+1{white}{BtnText};
 image1.canvas.MoveTo(x,0);
 image1.Canvas.LineTo(x,400);
 end;

begin
for k:= 196 to 203 do
begin
for l:= 0 to 400 do
begin
image1.Canvas.pixels[l*8,k]:=clTeal;
image1.canvas.pixels[k,l*8]:=clTeal;
end;
end;
end;
with image1,canvas do
begin
pen.width:=1;
moveto(200,0);
lineto(200,400);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
moveto(0,200);
lineto(400,200);
end;
for i := 0 to 400 do
for j := 0 to 400 do
begin
with image1,canvas do
begin
pixels[i,j*40] := clgray{clblack};
Pixels[j*40,i] := clgray{clblack};
end;
end;
end;


procedure TForm1.ScrollBar3Change(Sender: TObject);
begin
if scrollbar3.position=0then
edit1.text:='Down'else
edit1.text:='  Up';
end;

procedure TForm1.SpinEdit2Change(Sender: TObject);
begin
  VoltPerDiv:= (2*200)/(255*spinedit2.value);
  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position+1;
  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position-1;
end;

procedure TForm1.Button16Click(Sender: TObject);
begin
if button1.caption='Run'then
  Yen:=1000;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Yabs:=0;
  scrollbar1.Position:= scrollbar2.Position+1;
  scrollbar1.Position:= scrollbar2.Position-1;
end;

procedure TForm1.Button17Click(Sender: TObject);
begin
if button1.caption='Run'then
  Yabs:=1000;

  Yen:=0;
  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position+1;
  scrollbar1.Position:= scrollbar1.Position-1;
end;

procedure TForm1.Button18Click(Sender: TObject);
begin
 if button1.caption='Run'then  {for stop}
   begin
     Ya[channel]:=1000;
     Ye[channel]:=1000;
     channel:=13;
     Scrollbar1.Position:= Scrollbar1.Position+1;
     Scrollbar1.Position:= Scrollbar1.Position-1;
   end;

 Yabs:=1000; { for run}

if button18.caption='Clear Ch'then
  button16.Click;

end;

procedure TForm1.Button19Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 var all:integer;
begin
    Yen:=1000;
if button1.caption='Run'then
 begin
  for all:=1to 12do
  begin
    Ya[all]:=1000;
    Ye[all]:=1000;
  end;
    Scrollbar1.Position:= Scrollbar1.Position+1;
    Scrollbar1.Position:= Scrollbar1.Position-1;
    paintbox1.Refresh();
 end;
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้