ปีการศึกษา 2530

วีดีโอ ไอซียู มอนิเตอร์

(VIDEO ICU MONITOR)

โดย

สุรชัย เลิศรัตนปรีชา
สมชัย นนทสิทธิชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.มนัส สังวรศิลป์

024688 29 มีค. 533

กสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530
ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง วีดีโอ ไอซียู มอนิเตอร์ (VIDEO ICU MONITOR)

ผู้จัดทำ

1. สุรชัย เลิศรัตนปรีชา
2. สมชัย นนทลิทธิชัย

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.มนัส สังวรศิลป์)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วีดีโอไอซียูมอนิเตอร์

สุรชัย เลิศรัตนปรีชา

สมชัย นนทสิทธิชัย

รศ. มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา ๒๕๓๐

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ แสดงเครื่องแสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจพร้อมอัตราการเต้นของหัวใจ แสดงออกบนจอโทรทัศน์โดยดัดแปลงโทรทัศน์ให้มีการทำงานคล้ายกับออสซิลโลสโคป คลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจเป็นสัญญาณอนาลอก ความถี่ต่ำจะถูกแปลงเป็นดิจิตอล เพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำ หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกแปลงกลับเป็นอนาลอกที่ความถี่สูงขึ้น และแสดงบนจอภาพของโทรทัศน์ ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจ จะวัดจากคาบเวลาระหว่างคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจสองลูก ไมโครโปรเซสเซอร์จะคำนวณค่าออกมาเป็นอัตราการเต้นของหัวใจ แล้วแสดงออกบนจอภาพของโทรทัศน์เช่นเดียวกับการแสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIDEO ICU MONITOR

MR.SURACHAI LARTRUTTANAPRECHA

MR.SOMCHAI NONDASITICHAI

ADVISER: MR.MANUS SONGWORNSIL

(Associate Professor)

1987

Abstract

This thesis is a instrument that displays ECG with heart beat rate on the CRT with perform as oscilloscope. The ECG which is low frequency analog signal will be converted to be digital signal to be stored in memory . Afterward this store data will once agian be converted back to analog signal at higher frequency and then be calculated from period of the ECG signal. Microprocessor will calculate the period to be heart beat rate will also be displayed on CRT as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1
บทที่ 2 ทฤษฎี 2
2.1 สัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2
2.2 ระบบโทรทัศน์ 4
2.3 การแสดงตัวเลขโดยวิธีหักเห 7
2.4 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ 9
บทที่ 3 การคำนวณและการทำงานของวงจร 11
3.1 ภาคแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 11
3.2 ภาคสแกนตัวเลข 14
3.3 ภาควัดอัตราการเต้น 14
3.4 ภาคอนาลอกสวิทช์และภาคแปลงคสัญญาณวีดีโอ 18
3.5 ภาคควบคุมระบบ 23
3.6 ภาคขยายกำลังและจอภาพ 29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 32
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 36
ภาคผนวก 38
กิตติกรรมประกาศ 56
หนังสืออ้างอิง 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบัน เครื่องมือทางการแพทย์ส่วนใหญ่ จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสีย เงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนไม่น้อย อีกทั้งการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องมือเหล่านี้ ก็ยังทำได้ยากด้วย

เครื่องแสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ เป็นเครื่องมือที่สำคัญ ที่จำเป็นต้องใช้ตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น แต่ถ้าหากสามารถสร้างขึ้นได้เองภายในประเทศ ย่อมต้องเกิดประโยชน์เป็นอย่างมาก

ปริญญานิพนธ์นี้ เสนอเครื่องแสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ พร้อมอัตราการเต้นของหัวใจ แสดงออกทางจอโทรทัศน์ โดยพัฒนามาจากการวิจัยค้นคว้า และสร้างขึ้นโดยแผนกไบโออิเลคทรอนิคส์ (bio electronics) ในอีกลักษณะหนึ่ง

สำหรับรายละเอียดต่าง ๆ ในการสร้างจะกล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 2

ทฤษฎี

ภายในร่างกายจะมีระบบหมุนเวียนของพลาสมา (plasma) และโลหิตอยู่ ซึ่งอ๊อกซิเจนที่ได้รับเข้ามาจากปอด และอาหารที่ได้มาจากกระเพาะอาหารจะถูกส่งไปตามร่างกายโดยโลหิตเป็นตัวพาไป ทำให้เกิดพลังงานกับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

เครื่องมือทางการแพทย์ที่สัมพันธ์กับระบบหมุนเวียนของโลหิต ได้แก่ เครื่องวัดคลื่นสัญญาณหัวใจ ใช้ในการตรวจและรักษาพยาบาลเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนของโลหิต

2.1 สัญญาณไฟฟ้าหัวใจ (electro cadio gram)

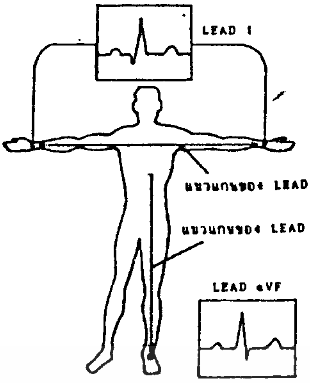
โดยทั่วไป เซลของสิ่งมีชีวิต มี 2 ชนิด คือ เซลปกติและเซลทำงาน เซลปกตินั้นได้แก่ เซลผิวหนัง เป็นต้น ส่วนเซลทำงานนั้นได้แก่ เซลกล้ามเนื้อ เซลประสาทต่าง ๆ

เซลปกติ ขณะมีชีวิตจะมีศักดาไฟฟ้า ซึ่งวัดระหว่างภายในกับภายนอกเซลเป็นลบประมาณหลายสิบมิลลิโวลต์ เรียกว่าอยู่ในสภาวะโพลาไรซ์ (polarized) แต่เมื่อเซลทำงานเริ่มทำงาน เช่น กล้ามเนื้อบีบตัว ค่าศักดาไฟฟ้าของเซลจะเปลี่ยนเป็นบวกหลายสิบมิลลิโวลต์ เรียกว่าอยู่ในสภาวะดีโพลาไรซ์ (depolarized)

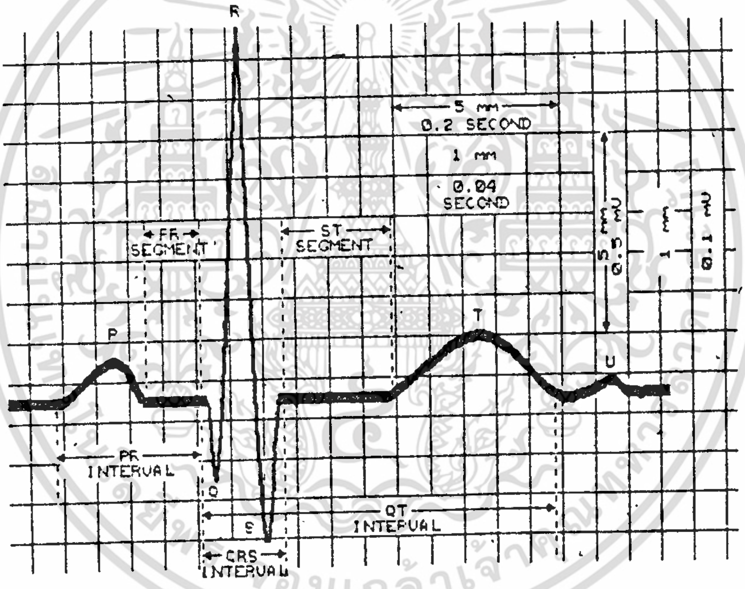
เนื่องจากหัวใจมีส่วนของเซลประสาท และกล้ามเนื้ออยู่ สามารถพิจารณาหัวใจเป็นเสมือนเครื่องกำเนิดคลื่นไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง ซึ่งบรรจุอยู่ในร่างกายได้ และสามารถวัดศักดาไฟฟ้า ที่ตกคร่อมระหว่างจุดใด ๆ บนผิวหนังของร่างกายได้ ศักดาไฟฟ้าที่วัดได้นี้ ที่ระหว่างจุดต่าง ๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับมุมและระยะทางของตำแหน่งของจุดที่วัด กระทำต่อแนวแกนหัวใจ ศักดาที่วัดได้นี้ เรียกว่า "คลื่นไฟฟ้าหัวใจ"

(electro cadio gram)

ในการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยติดอิเลคโตรด (electrod) ที่แขนขวาและแขนซ้ายตามลีด 1 (lead1) และที่ขา ดังรูปที่ 2.1 จะได้รูปวาระเบียงเบนคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ดังรูปที่ 2.2



รูป 2.1 แสดงตำแหน่งติดตั้งขั้วอิเลคโตรดเพื่อวัดคลื่นหัวใจ



รูป 2.2 แสดงรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

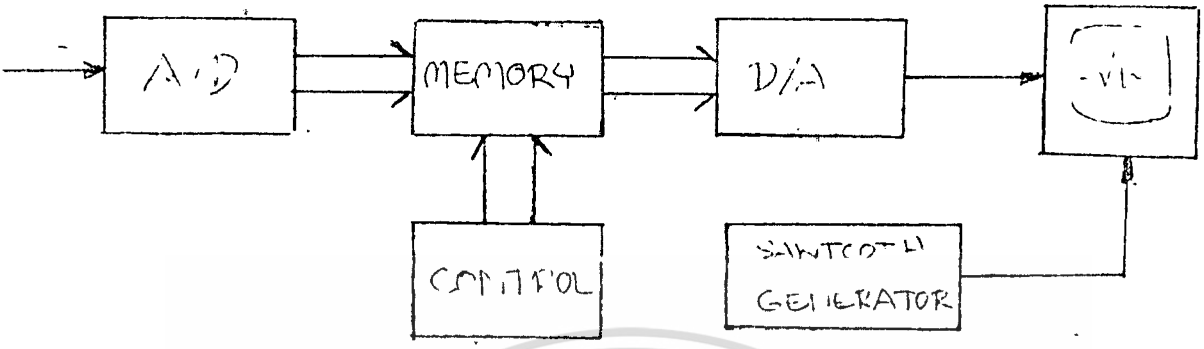
สัญญาณไฟฟ้าหัวใจที่วัดได้ จะมีคุณสมบัติดังนี้

-มีการเปลี่ยนแปลงของศักดาไฟฟ้า ในช่วง ๐.5 – 5 มิลลิโวลต์

-มีการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในช่วง ๐.5 – 2๐๐ เฮิร์ซ

จากคุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ เห็นได้ว่าเป็นสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ เพื่อนำออกแสดงบนจอภาพ จะเห็นเป็นจุดวิ่งไปบนจอ ดังนั้นจึงต้องมีหน่วยความจำขึ้นมา เพื่อช่วยทำให้สัญญาณที่แสดงออกบนจอภาพเป็นคลื่นที่ต่อเนื่อง การแสดงบนจอภาพโทรทัศน์ โดยให้โทรทัศน์ทำงานคล้ายกับออสซิลโลสโคปแสดงดังรูปที่ 2.3

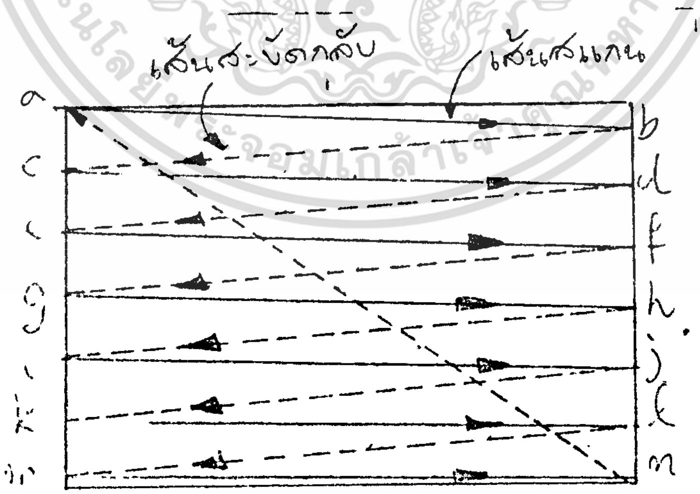
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 แสดงบล็อคไดอะแกรมของส่วนหน่วยความจำและการแสดงภาพ

2.2 ระบบโทรทัศน์

ภาพขาวดำทั่ว ๆ ไป ที่เห็นนั้น ถ้าแบ่งอย่างละเอียดแล้วจะเห็นได้ว่าประกอบด้วยจุดที่เป็นสีขาวและจุดที่เป็นสีดำเท่านั้น ทางด้านส่งจะส่งทีละจุดเป็นลำดับแยกกันไป ทางด้านรับก็จะนำจุดต่าง ๆ เหล่านี้มาเรียงกันใหม่ให้เป็นภาพขึ้นมา วิธีนี้เรียกว่า "การสแกน" (scanning) เส้นที่ประกอบกันเป็นภาพในจอโทรทัศน์นี้ เรียกว่า "เส้นสแกน" ดังรูปที่ 2.4

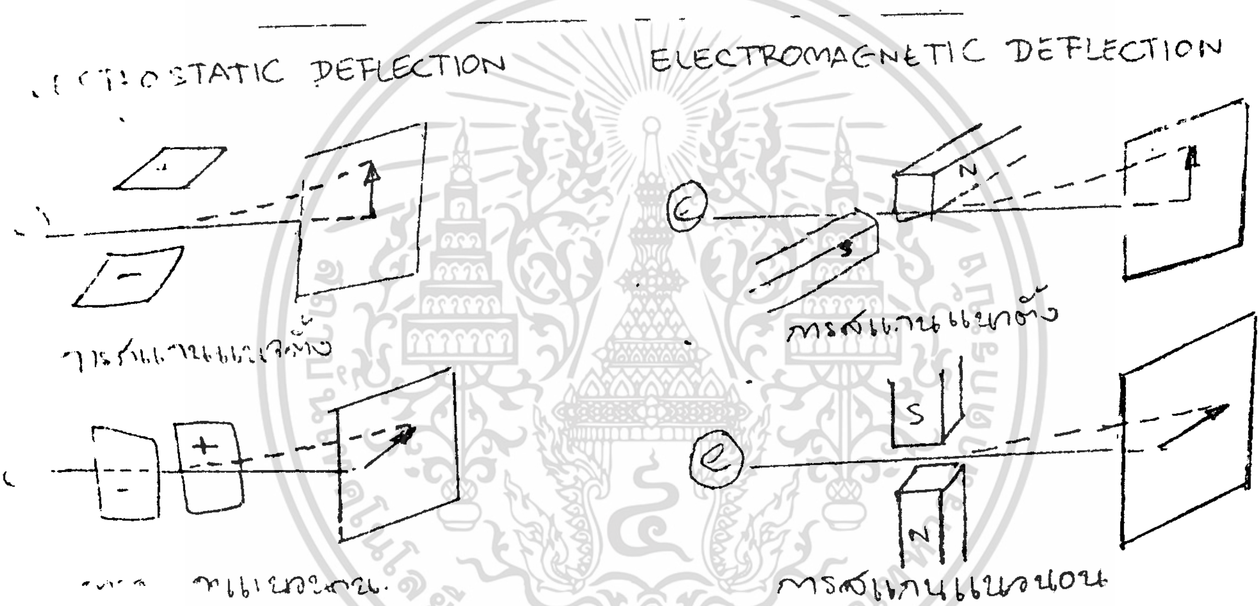


รูป 2.4 แสดงการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นสแกนจาก เส้นนี้เป็นเส้นสำหรับแสดงจุดภาพ เรียกว่า "ช่วงเทรซ" (trace) ระยะเวลาในการวิ่งกลับมาเริ่มใหม่นั้นยิ่งน้อยเท่าไรก็ยิ่งดี คือ เส้นจาก เส้นนี้เรียกว่า "เส้นสแกนกลับ" (retrace) เส้นนี้ไม่มีความจำเป็นในการประกอบภาพ จึงมีวงจรควบคุมไม่ให้ปรากฏที่จอ

ในการสแกนเพื่อที่จะให้เกิดภาพต้องใช้ลำอิเลคตรอน ลำอิเลคตรอนนี้ ได้มาจากการรวมตัวของอิเลคตรอนที่ออกมาจากปืนอิเลคตรอน โดยการใช้แรงทางไฟฟ้าหรือแม่เหล็ก ทำให้ลำอิเลคตรอนนี้เคลื่อนที่ เรียกว่า "การหักเห" (deflection)



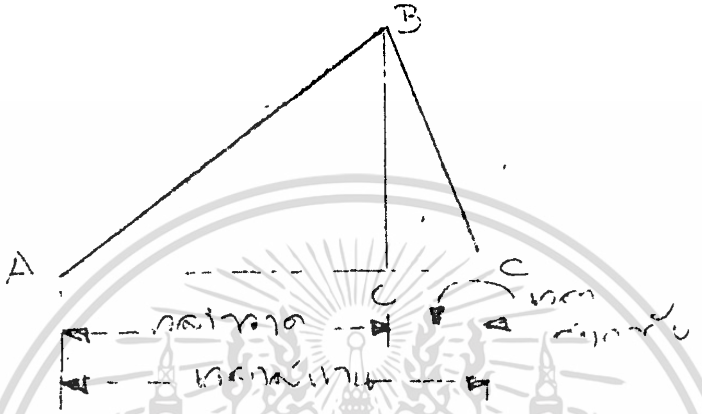
รูป 2.5 การหักเหของลำอิเลคตรอน

จากรูปที่ 2.5 เมื่อลำอิเลคตรอนผ่านสนามไฟฟ้าสถิตหรือสนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนทิศทางตามอัตราส่วนความแรงของสนามนั้น ดังนั้นจึงสามารถควบคุมระยะทางการหักเหของลำอิเลคตรอน ได้ด้วยความแรงของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าสถิต

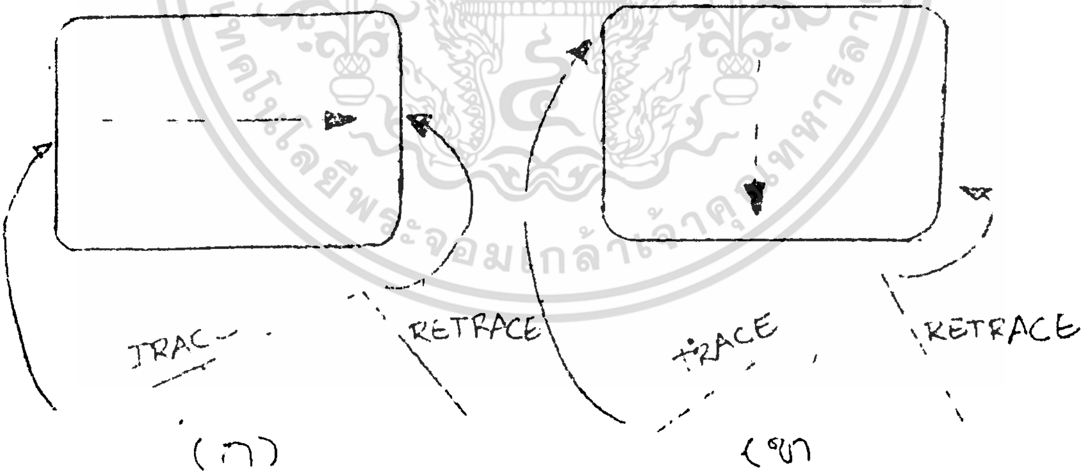
การสแกนในหลอดภาพโทรทัศน์จะใช้สนามแม่เหล็ก ซึ่งสร้างจากขดลวดหักเห ในการสแกนให้เต็มจอจะต้องมีการหักเหทั้งแนวนอนและแนวตั้ง มุมในการหักเหขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเวลา โดยให้ความเร็วคงที่ และเมื่อสแกนเสร็จเส้นหนึ่งแล้ว จะเริ่มกลับมาสแกนใหม่นั้น เวลาที่กลับมาจะต้องสั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่จะทำได้ก็โดยการใช้คลื่นฟันเลื่อย (saw tooth) ที่เป็นกระแสหรือศักดาไฟฟ้า กับขดลวดหักเห ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7



รูป 2.6 แสดงรูปคลื่นฟันเลื่อย



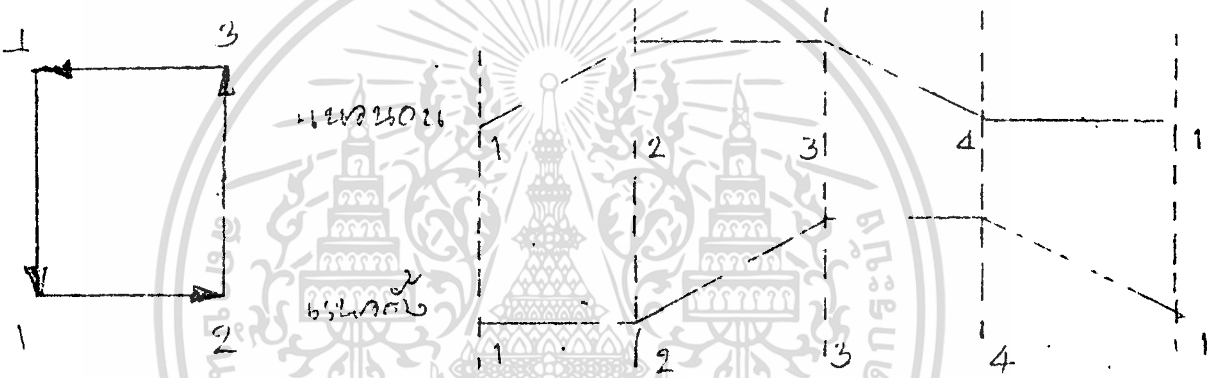
รูป 2.7 แสดงทิศทางของการสแกน

(ก) ทางแนวนอน (ข) ทางแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแสดงตัวเลขโดยวิธีหักเห

จากหัวข้อที่แล้ว จะเห็นได้ว่าการแสดงภาพของโทรทัศน์ จะอาศัยการสแกนของลำอิเลคตรอนทั้งแนวนอนและแนวตั้งประกอบกัน พิจารณารูปที่ 2.7 อีกครั้ง เห็นได้ว่า ถ้าให้สัญญาณฟันเลื่อยที่เหมาะสมกับขดลวดหักเห ก็จะสามารถควบคุมให้การสแกนเป็นไปตามต้องการ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.8 ถ้าต้องการให้การสแกนของลำอิเลคตรอนเป็นเลขศูนย์ จะต้องให้สัญญาณลักษณะดังรูป

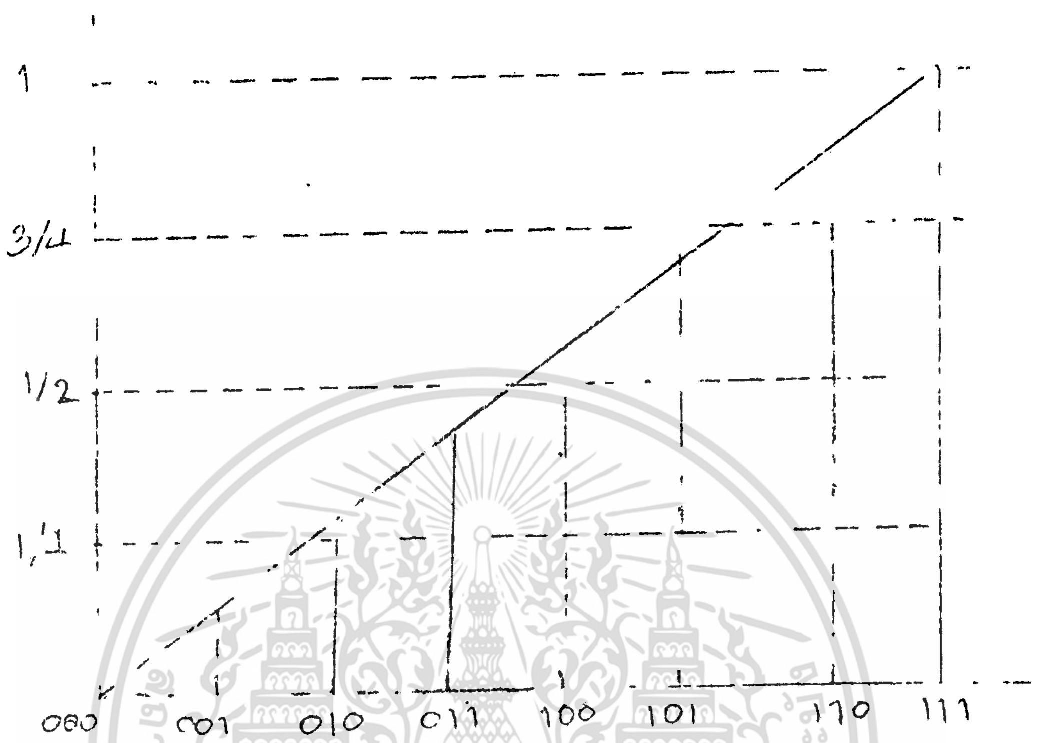


รูป 2.8 แสดงตัวอย่างการสแกนเป็นเลขศูนย์

2.3.1 วงจรดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวิร์ทเตอร์ (D/A convertor)

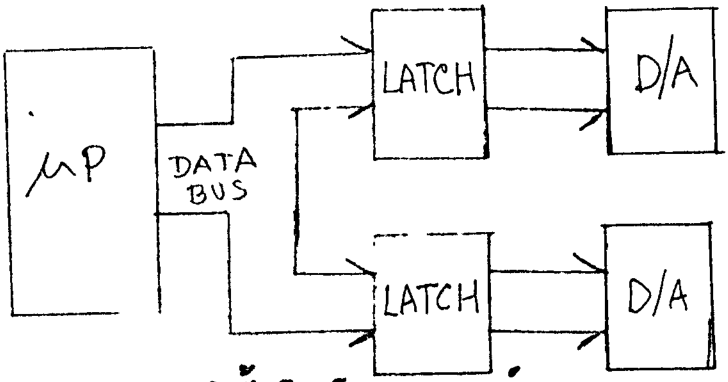
ดิจิตอลทูอนาลอก นับเป็นอุปกรณ์สำคัญ ที่ทำให้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงกับอุปกรณ์หรือวงจรอนาลอกอื่น ๆ ตัวอย่างการใช้งาน คือ ระบบแสดงผลบนจอภาพ ระบบสังเคราะห์เสียง เป็นต้น ในรูปที่ 2.9 แสดงทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่น ของดิจิตอลทูอนาลอก 3 บิท จะเห็นว่า รหัสดิจิตอล 1 คำ (1 word) จะแปลงเป็นแรงดันอนาลอก 1 คำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.9 แสดงทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นของดิจิตอลทูอนาลอก 3 บิทตามทฤษฎี

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการสัญญาณฟันเลื่อย จะต้องทำการเพิ่มค่าของรหัสดิจิตอลทีละหนึ่งค่า นั่นคือ เพิ่มจาก ๐๐๐ ไปเรื่อย ๆ ถึง 111 เมื่อพิจารณาประกอบกับที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว จะสามารถนำวงจรดิจิตอลทูอนาลอก ไปควบคุมการสแกนของลำอิเลคตรอนได้ โดยในการเพิ่มค่ารหัสดิจิตอลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.๑๐



รูป 2.๑๐ แสดงการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่ 2.9 อีกครั้ง ถ้าต้องการสแกนเป็นเลขศูนย์ จะสามารถโปรแกรมให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานได้ดังนี้

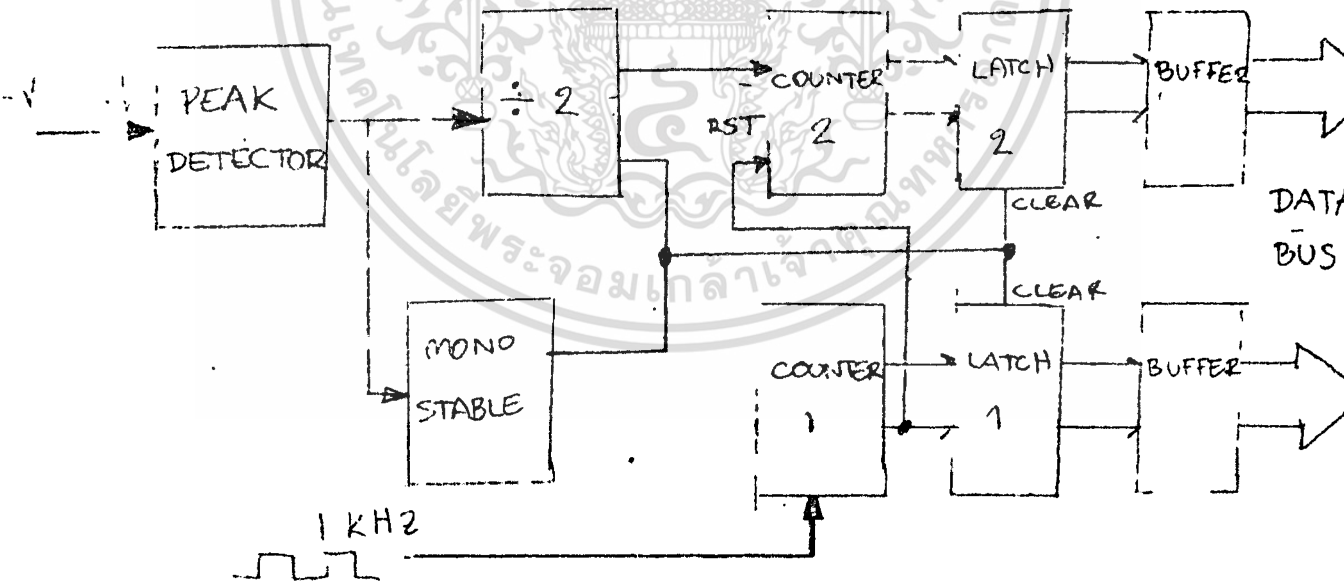
1. เพิ่มค่า X จาก (1) ทีละค่าจนถึง (2) ส่วน Y คงที่
2. ให้ X คงที่ เพิ่มค่า Y จาก (2) ทีละค่าจนถึง (3)
3. ลดค่า X จาก (3) จนถึง (4) Y คงที่
4. X คงที่ ลดค่า Y จาก (4) จนถึง (1)

การสแกนโดยควบคุมลำอิเลคตรอน ให้เป็นเลขอื่น ๆ ก็พิจารณาได้ในลักษณะเดียวกัน

2.4 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นของหัวใจ หาได้จากการวัดคาบเวลา จากคลื่นหัวใจลูกแรกถึงคลื่นหัวใจลูกที่สอง แล้วนำเวลานั้น กลับไปคำนวณออกมาเป็นค่าของอัตราการเต้นของหัวใจ

พิจารณาจากบล็อคไดอะแกรม รูปที่ 2.11 สัญญาณไฟฟ้าหัวใจจะถูกแปลงเป็น



รูป 2.11 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจรในการหาอัตราการเต้นของหัวใจ

024688

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดิจิตอล ด้วยวงจรตรวจจับยอดคลื่น (peak detector) สัญญาณดิจิตอลนี้จะป้อนให้กับวงจรหารสองและวงจรโมโนสเตเบิ้ล (monostable) สัญญาณที่ได้จากวงจรหารสองจะมีคาบเวลาเป็นสองเท่าของสัญญาณอินพุท และมีดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) 50 % สัญญาณส่วนนี้จะไปกำหนดการนับและเซตค่าที่เคาน์เตอร์ 1 และเคาน์เตอร์ 2 โดยเคาน์เตอร์ 1 นับที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ซ เคาน์เตอร์ 1 เป็นวงจรจะนับ 10 ดังนั้นความถี่ที่ได้จากบิทสุดท้ายจะมีความถี่ 100 เฮิร์ซ ความถี่ค่านี้จะให้กับเคาน์เตอร์ 2 ทำให้เคาน์เตอร์ 2 นับที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ

การนับจะเริ่มนับเมื่อสัญญาณรีเซตมีค่าเป็น 0 และหยุดนับเมื่อเป็น 1 คาบเวลาของสัญญาณรีเซตจากระดับ 0 ถึง 1 เท่ากับคาบเวลาของคลื่นไฟฟ้าหัวใจพอดี ค่าที่นับได้ค่าสุดท้าย จะถูกค้างค่าไว้ที่ส่วนแสดง (latch)

ค่าอัตราการเต้นหัวใจ คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

อัตราการเต้นของหัวใจ =6000/(n+0.1m) ครั้ง/นาที

เมื่อ n คือ ค่าของข้อมูลที่ได้จากส่วนแสดง 2

m คือ ค่าของข้อมูลที่ได้จากส่วนแสดง 1

ส่วนโมโนสเตเบิ้ล มีไว้สำหรับกรณีไม่มีสัญญาณหัวใจเข้ามา อันเนื่องจาก จุดวัดที่ต่อจากร่างคนไข้หลุดหรือย้ายจุดวัด

โมโนสเตเบิ้ลจะให้สัญญาณออกมีระดับเป็น 1 เมื่อมีสัญญาณหัวใจเข้ามา และมีระดับเป็น 0 เมื่อไม่มีสัญญาณหัวใจเข้ามาในเวลาที่กำหนด ระดับสัญญาณ 0 นี้ จะเซตค่าในวงจรหารสองในศูนย์หมด และเคลียร์ค่าในส่วนแสดงให้เป็นศูนย์หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการทำงานของวงจร

ในโครงงานนี้ประกอบด้วยวงจรที่สำคัญหลายภาคดังต่อไปนี้

1. ภาคแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ
2. ภาคสแกนตัวเลข
3. ภาควัดอัตราการเต้น
4. ภาคอนาลอกสวิทช์ และภาคแบลงค์
5. ภาคควบคุมระบบ
6. ภาคขยายกำลังและจอภาพ

3.1 ภาคแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

จากรูปที่ 3.1 แสดงวงจรโดยละเอียดของภาคนี้ การทำงานในวงจรนี้มีดังนี้คือ

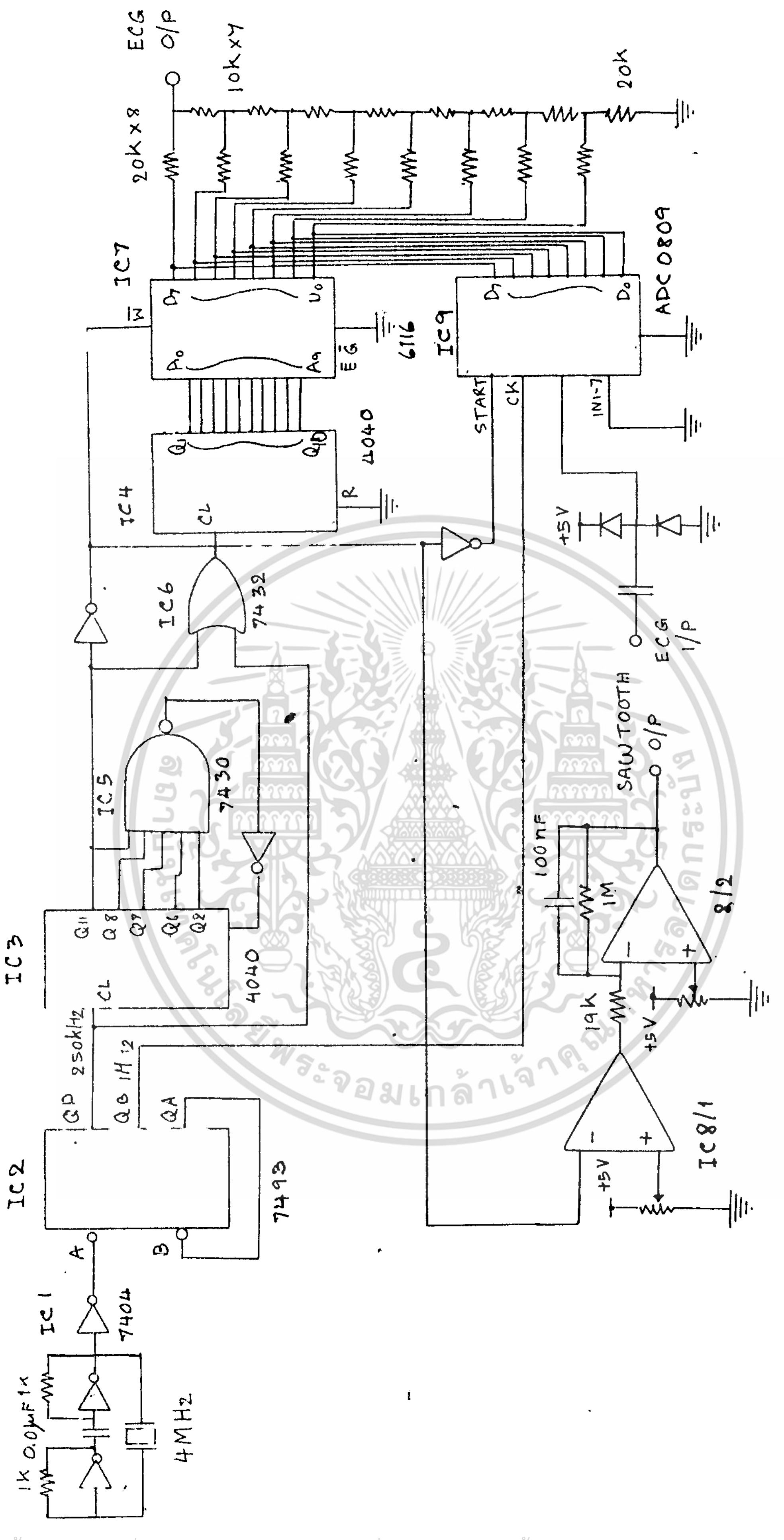
3.1.1. คริสตอล(crystal) 4 เมกกะเฮิรต์ต่อกับไอซี 1/1 ไอซี 1/2 ในลักษณะวงจรคริสตอลออสสเลทเตอร์ได้ความถี่ที่ออกมาเป็น 4 เมกกะเฮิรต์ ความถี่จะถูกหารจากไอซี 2 ด้วย 4 จะได้ความถี่ 1 เมกกะเฮิรต์ และหารด้วย 16 จะได้ความถี่ที่ 250 กิโลเฮิรต์ออกมา

3.1.2. ไอซี 3 จะนำความถี่ 250 กิโลเฮิรต์ที่ได้จากไอซี 2 นำมาสร้างสัญญาณอ่าน/บันทึก สำหรับไอซี 7 ซึ่งเป็นแรม (RAM)

แรมถูกกำหนดไว้ว่าให้อ่านข้อมูลออกมา 1024 ไบต์ (byte) แล้วจึงบันทึกเข้าไป 1 ไบต์ ซึ่งจะวนอยู่อย่างนี้ตลอด และเนื่องจากให้ง่ายต่อการคำนวณจึงกำหนดให้ความถี่ในการวนลักษณะนี้มีความถี่ 200 เฮิรต์ หรือใช้เวลา 5 มิลลิเซค (millisec.) ในการวน การอ่านข้อมูล 1024 ไบต์ใช้เวลา = 1024/250000 คือ 4.096 มิลลิเซค เพราะฉะนั้นเวลาในการบันทึกข้อมูล 1 ไบต์จะเท่ากับ 5 - 4.096 เท่ากับ 0.904 มิลลิเซค ดังนั้นต้องให้ไอซี 3 สร้างความถี่ 200 เฮิรต์ออกมาโดยมีคาบเวลาในสถานะต่ำเป็น 4.096 มิลลิเซคและ ช่วงสถานะสูงเป็น 0.904 มิลลิเมตร

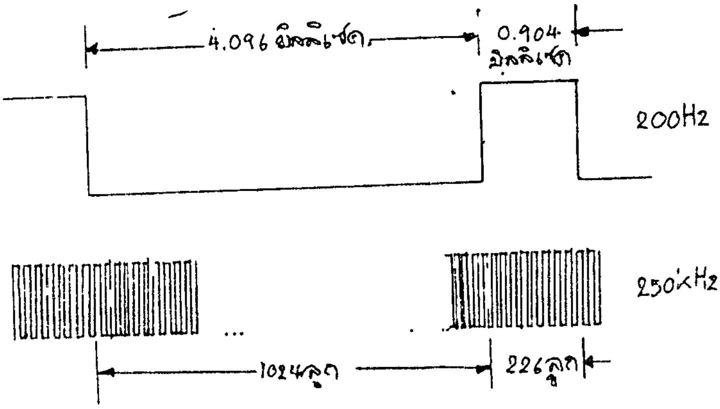
พิจารณาได้จากรูปที่ 3.2มาแสดงให้เห็นคาบเวลาของสัญญาณอ่าน/บันทึก เมื่อเทียบกับความถี่ 250 กิโลเฮิรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

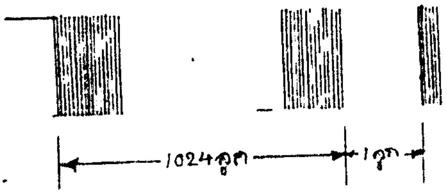


รูปที่ 3.1 ภาพแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2ก



รูปที่ 3.2ข

เมื่อต่อไอซี 3 เข้ากับไอซี 5 และไอซี 1/3 จะได้สัญญาณอ่าน/บันทึกตามต้องการ

3.1.3. ไอซี 4 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนด แอสเครสให้แก่ไอซี 7 จะได้สัญญาณนาฬิกาจากไอซี 6/1 ที่เป็นแนนด์เกทจากสัญญาณที่ได้จากไอซี 3 และความถี่ 250 กิโลเฮิรต์ จะได้ความถี่ดังในรูป 3.2ข ดังนั้นถ้าหากแอสเครสในการอ่านครั้งแรกเป็น 000_{16} จะอ่านไปจนถึงแอสเครสที่ $3FF_{16}$ และบันทึกข้อมูลที่แอสเครส 000_{16} แล้วกลับมาอ่านใหม่ที่แอสเครส 001_{16} จนถึงแอสเครสที่ 000_{16} แล้ววนไปมาอย่างนี้เรื่อยไป ทำเกิดลักษณะการวนของข้อมูลที่ถูกอ่านออกมาซึ่งถ้าแปลงออกมาทางวงจรอาร์ทูอาร์แลดเตอร์จะได้สัญญาณหัวใจที่สามารถแสดงออกมาทางจอสโคปได้

3.1.4. ไอซี 9 เป็นตัวอนาลอกทูดิจิตอล ทำหน้าที่แปลงสัญญาณหัวใจที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อให้ไอซี 7 เก็บบันทึกได้ สัญญาณควบคุมของไอซี 9 นี้ได้จากสัญญาณอ่าน/บันทึกเช่นกันเพียงแต่กลับเฟส โดยใช้ไอซี 1/5 ทำการแปลง

3.1.5. สัญญาณอนาลอกจากวงจรอาร์ทูอาร์แลดเตอร์จะต้องนำไปใช้ในภาคอนาลอกสวิทช์ต่อไป

3.1.6. วงจรที่ประกอบด้วยไอซี 8/1 และไอซี 8/2 ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณฟันเลื่อย (saw tooth) สำหรับการสแกนสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากวงจรอาร์ทูอาร์แลดเตอร์

ไอซี 8/1 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันที่ได้จากไอซี 1/4 กับแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานที่ปรับค่าได้ของขาบวกของตัวมันเอง สาเหตุที่ต้องใช้เนื่องจากต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ได้สัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมที่เสถียรและไม่มีสัญญาณรบกวนอีกด้วย

ไอซี 8/2 ทำหน้าที่อินทิเกรตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ได้จากไอซี 8/1 ซึ่งจะได้เป็นรูปฟันเลื่อยออกมาซึ่งมีความถี่เป็น 200 เฮิรต์

คลื่นรูปฟันเลื่อยนี้ต้องนำไปสู่ภาคอนาลอกสวิทช์อีกเช่นกัน

3.2 ภาคสแกนตัวเลข

หน้าที่ของภาคนี้จะถูกไมโครโปรเซสเซอร์มองว่าเป็นเอาท์พุทพอร์ท 2 ตัวคือ มีทั้งแกน X และ แกน Y ดังนั้นเอาท์พุทพอร์ท 2 ตัวนี้จะมีการทำงานคล้ายกัน จะแตกต่างกันก็เพียงว่าไมโครฯ จะเลือกพอร์ตไหนเท่านั้นในการส่งข้อมูลออกมา ซึ่งการเลือกนี้จะมีการถอดรหัส ออกเพื่อไปทำให้พอร์ตนั้นทำงาน

รูปที่ 3.3. แสดงให้เห็นตัววงจรของภาคนี้โดยละเอียดสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

3.2.1 ไอซี 1 ทำหน้าที่เป็นแลทช์ ของแกน X และ ไอซี 2 ทำหน้าที่เป็นแลทช์ของแกน Y ในแต่ละตัวจะมีวงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ต่ออยู่ด้วย เพื่อแปลงสัญญาณที่ออกจากไอซี 1 และ 2 ให้เป็นสัญญาณอนาลอก

3.2.2 ในการสแกนนั้น ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถสแกนได้เพียงแกนใดแกนหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นขณะที่สแกนแกน X จะต้องคงค่าที่ในแกน Y ไว้ และเมื่อสแกนแกน Y ก็ต้องคงค่าในแกน X ไว้เช่นกัน

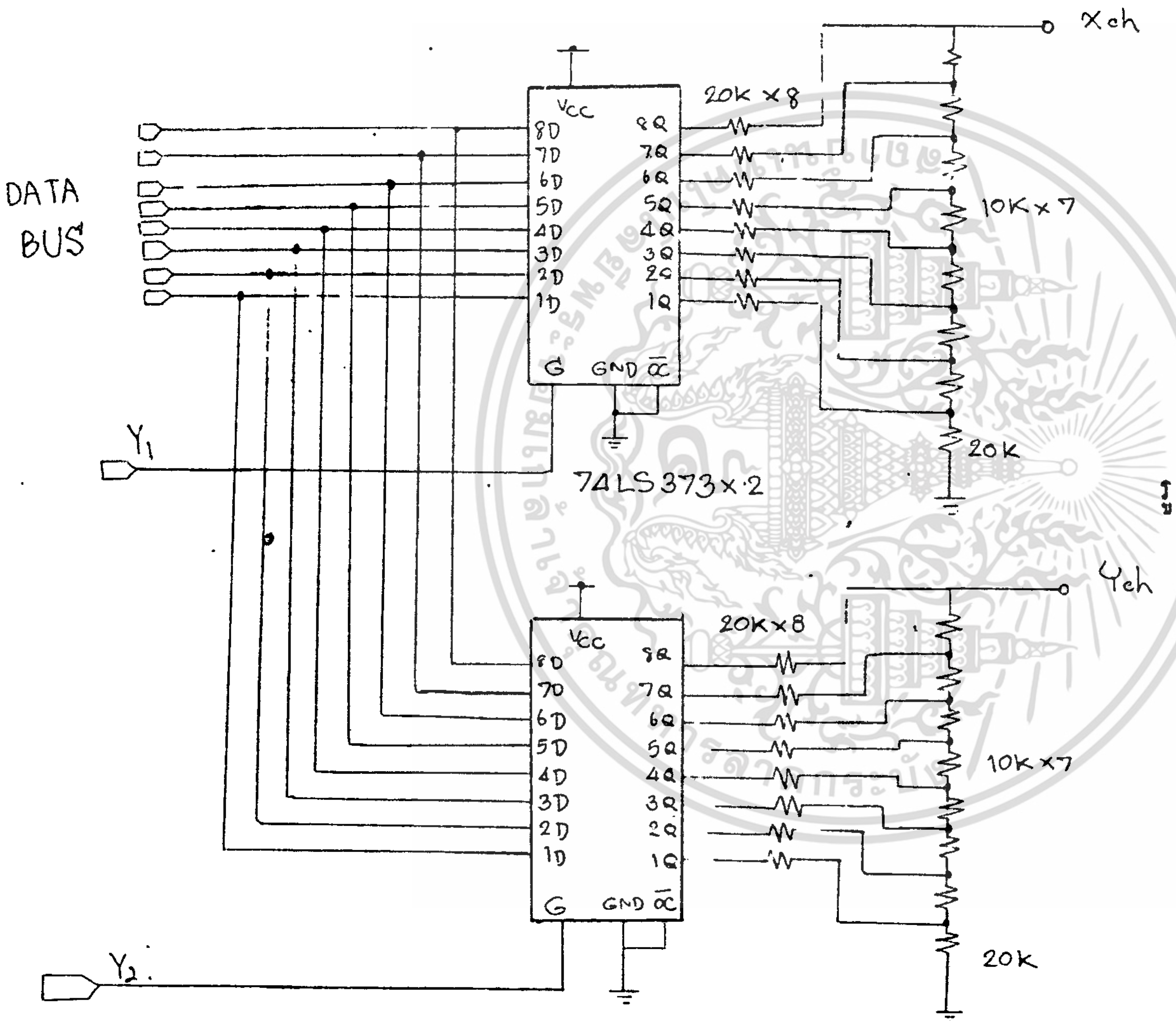
3.2.3 สัญญาณควบคุมการแลทช์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณจาก ไอซี 1 ของวงจรถอดรหัส ในภาคควบคุมระบบ โดยการควบคุมของไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรง

3.2.4 สัญญาณอนาลอกจากวงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ ทั้งในแกน X และแกน Y จะถูกนำไปในวงจรอนาลอกสวิทช์ต่อไป

3.3 ภาควัดอัตราการเต้น

ในการหาอัตราการเต้นนั้นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z 80 เป็นตัวหลักในการคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ภาคสแกนตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นวณโดยจะอ่านข้อมูลที่ได้จากพอร์ต แล้วนำมาคำนวณต่อไป

จากวงจรในรูปที่ 3.4 มีการทำงานดังนี้

3.3.1. ไอซี 1/1 ทำหน้าที่เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ (band pass filter) โดยจะใช้ความถี่ช่วง 13 - 33 เฮิรตซ์ผ่านได้ เพราะต้องการป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากสายไฟบ้าน 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ มารบกวน ไอซี 1/2 และไอซี1/3 ทำหน้าที่เป็นพีคดีเทคเตอร์ ซึ่งจะได้สัญญาณเป็นดิจิตอล เอาท์พุตของไอซี 1/3

3.3.2. ไอซี 4/1 ทำหน้าที่หารสอง เพื่อให้ความถี่ที่ออกมาไปกำหนดการนับและเซตของไอซี 5 และไอซี 8 โดยสัญญาณที่มีสถานะเป็นต่ำจะให้เกิดการนับ และถ้าเป็นสถานะสูงจะเซตให้ไอซี 5,8 เป็นศูนย์หมดเพื่อจะได้การวัดคาบในครั้งต่อไป

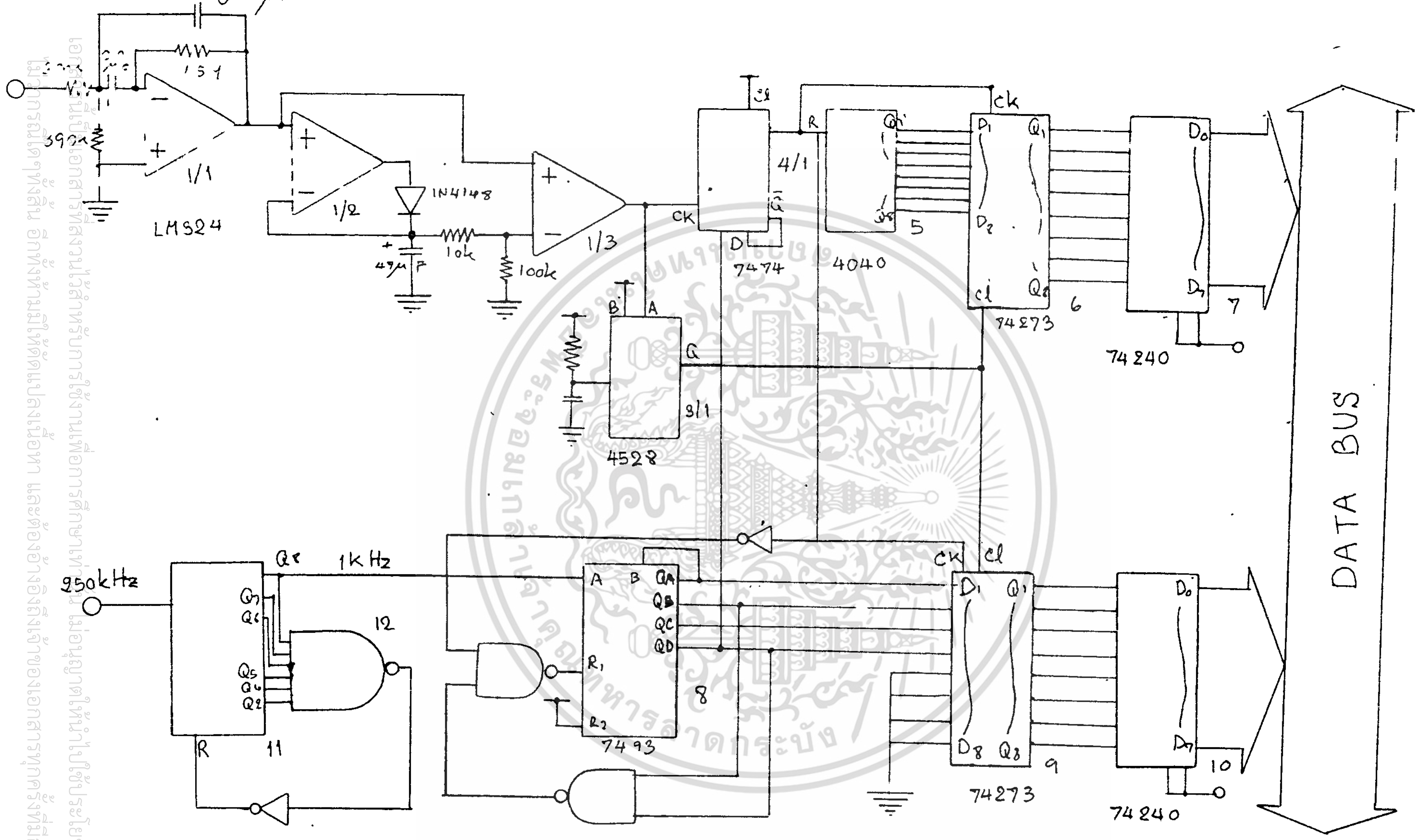
3.3.3 ไอซี 11 และไอซี 12 ต่อกันในลักษณะหารด้วย 230 ดังนั้นความถี่ที่ทำเข้ามา 250 กิโลเฮิรตซ์จากไอซี 2 ในภาคแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะถูกหารเหลือ 1 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งความถี่นี้จะถูกไอซี 8 นับและหารออกมาเหลือ 100 เฮิรตซ์ในขา Q_D เพราะไอซี 8 ถูกต่อกับไอซี 13 ซึ่งจะกำหนดให้ ไอซี 8 เซตค่าตัวเองที่ Q_A ถึง Q_D ให้เป็น 0 เมื่อสัญญาณจากไอซี 4/1เป็นสถานะสูงหรือเมื่อตัวมันเองนับได้ถึง 9 แล้ว ก็จะเซตค่าตัวเองเพื่อเริ่มนับ 1 ใหม่อีกต่อไป ส่วนความถี่ 100 เฮิรตซ์ที่ออกมาจากขา Q_D ขอไอซี 8 จะเข้าสู่ไอซี 5 เพื่อเป็นความถี่ที่ใช้นับ ไอซี 5 จะนับความถี่เข้ามาได้สูงสุด 255

3.3.4. ไอซี 9 ทำหน้าที่แลทช์ข้อมูลที่ได้จากไอซี 8 และข้อมูลที่เข้านี้จะอยู่ในระหว่าง 0 ถึง 9 เท่านั้น ไอซี 6 ก็ทำหน้าที่เช่นเดียวกันแต่ข้อมูลที่ได้จากไอซี 5 จะอยู่ในระหว่าง 0 ถึง 235 ในการแลทช์ของไอซีทั้งคู่นี้จะแลทช์เมื่อสัญญาฯที่ได้จากไอซี 4/1 มีขอบขาขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในการแลทช์จะเป็นการแลทช์ค่าสุดท้ายของการนับพอดี

3.3.5. ข้อมูลที่ถูกแลทช์ของไอซี 6 และไอซี 10 จะส่งผ่านไอซี 7 และไอซี 10 ตามลำดับ ซึ่งไอซีคู่นี้ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ก่อนเข้าสู่ดาต้าบัส (data bus) ในการส่งข้อมูลจากไอซี 7 หรือไอซี 10 นั้นจะได้สัญญาณเอนเนเบิ้ล (enable) จากไอซี 14 ซึ่งจะถอดรหัสจากสัญญาณแอสเดรส สัญญาณอ่าน และสัญญาณใช้พอร์ตของไมโครโปรเซสเซอร์ที่จะทำงานตามโปรแกรมดังนั้น การอ่านข้อมูลจากพอร์ตใดก็ตามจะถูกกำหนดโดยโปรแกรมเท่านั้น

3.3.6. ไอซี 3/1 มีไว้เพื่อแก้ปัญหาในกรณีถ้าสัญญาณหัวใจมีคาบเวลายาวกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาควัดอัตราการเต้นของหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กำหนดไว้คือ 2.56 วินาที แล้วจะให้สัญญาณออกมาเป็นสถานะต่ำเพื่อไปลบข้อมูลในไอซี 6 และ 9 ซึ่งทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ทราบแล้วจะได้แสดงออกมาทางจออีกที่ และขณะเดียวกันจะไปกำหนดให้ไอซี 4/1 ให้สัญญาณเป็นสถานะสูงด้วยเพื่อไม่ให้ไอซี 5 และ 8 ทำการนับได้อีก

3.3.7. การคำนวณในไมโครโปรเซสเซอร์จะใช้สมการคือ

อัตราการเต้น เท่ากับ $60/(0.01\,n + 0.001\,m)$ ครั้ง/นาที

โดย n คือ ข้อมูลที่อ่านได้จากไอซี 7

และ m คือ ข้อมูลที่อ่านได้จากไอซี 10

ดังนั้นความถี่ต่ำสุดที่อ่านได้คือ เมื่อ $n = 255$ และ $m = 10$

อัตราการเต้นต่ำสุด $= 60/(0.01 \times 255 + 0.001 \times 10)$

$= 23.4$ ครั้ง/นาที

แต่ในการแสดงจะแสดงออกมา เท่ากับ 23 ครั้ง/นาที

ความถี่สูงสุดที่แสดงออกมาได้คือ ความถี่ที่จะไม่เกิดการกระโดดระหว่างอัตราที่คำนวณออกมาเมื่อ n และ m เปลี่ยนค่าไปทีละหนึ่งจากลองแทนค่า n และ m คู่ทีละค่าจะได้ที่ความถี่ 295 ครั้งต่อนาที

ดังนั้นช่วงความถี่ที่วัดออกมาแล้วไม่ผิดพลาดไม่เกิน ±1 อยู่ในช่วง 23 - 295 ครั้ง/นาที

3.4 ภาคอนาลอกสวิทช์และภาคแปลงดิสัญญาณวีดีโอ

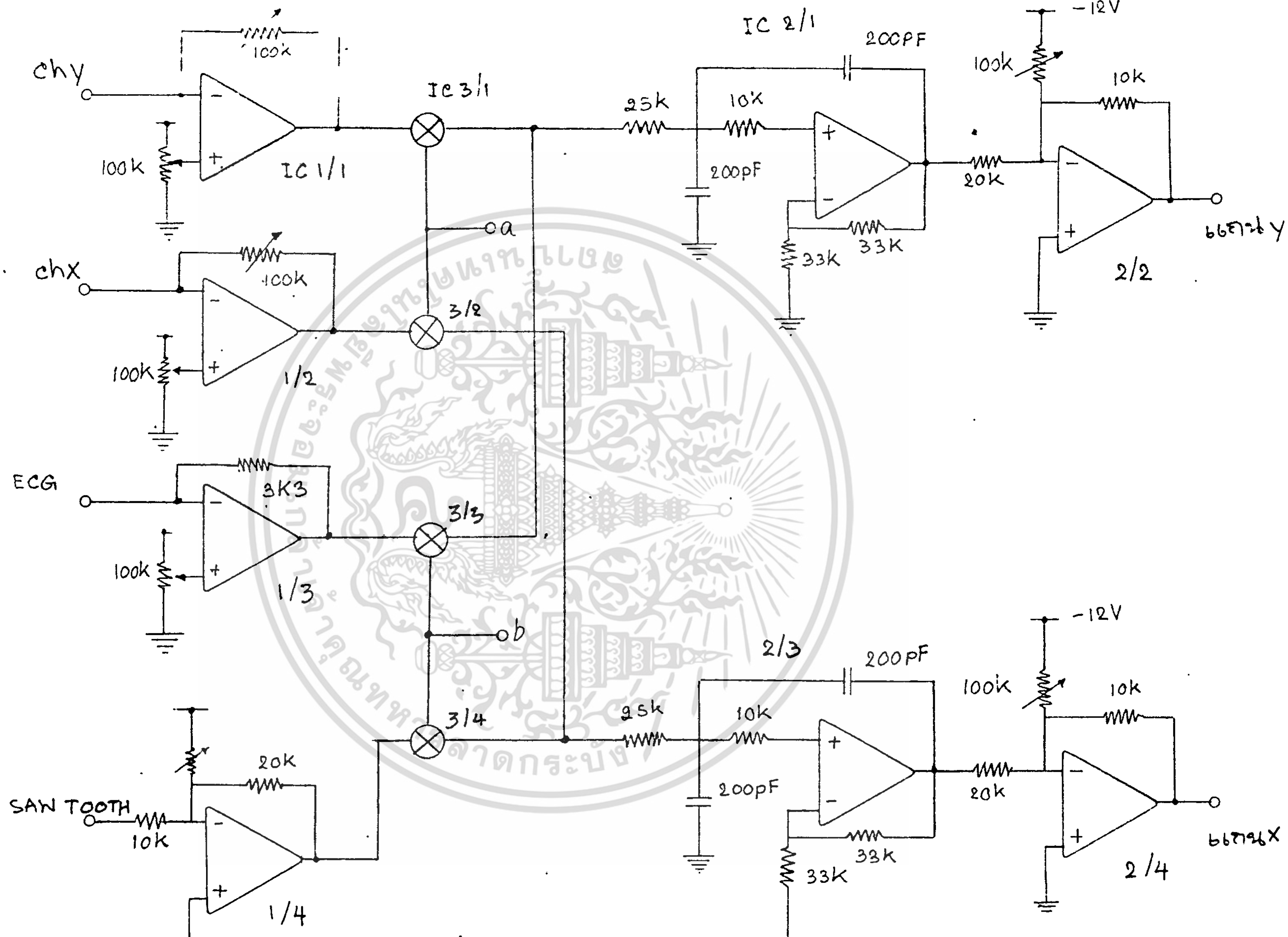
การทำงานของภาคนี้คือการแบ่งเวลาให้สัญญาณที่แสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจกับส่วนแสดงตัวเลขได้สลัดกันออกมาไปสู่วงจรขยายกำลังเพื่อให้ทั้งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและตัวเลขสามารถแสดงออกจากจอได้โดยไม่มีการกระพริบหรือรบกวนกัน

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.5 มีดังนี้

3.4.1. สัญญาณที่แสดงตัวเลขแกน X และแกน Y จากวงจรแลคเคอร์ของภาคแสดงตัวเลขต่อกับวงจรขยายไอซี 1/1 และ 1/2 ตามลำดับซึ่งสามารถปรับระดับแรงดันตรงที่ออกมาได้ด้วยสัญญาณทั้งสองช่วงจะผ่านไอซี 3/1 และ 3/2 ตามลำดับสัญญาณจะออกจากไอซีทั้งสองนี้ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณระดับสูงมาทริกให้สัญญาณผ่านได้

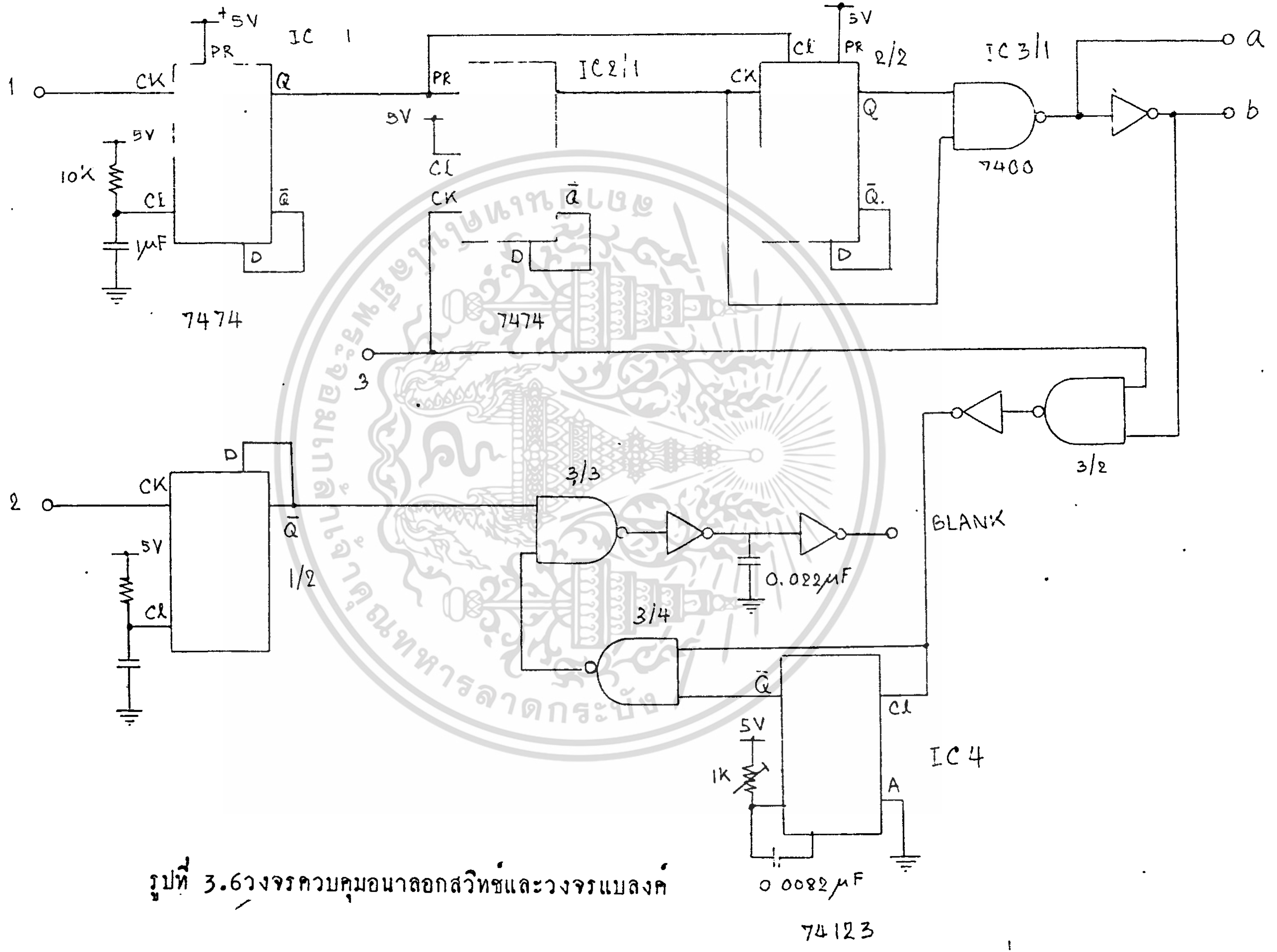
3.4.2. สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและสัญญาณรูปฟันเลื่อยผ่านไอซี 1/3 และไอซี 1/4 โดยทั้งสองต่อแบบวงจรขยายอยู่ ซึ่งสัญญาณที่ถูกขยายแล้วออกมาจะผ่านไอซี 3/3 และ 3/4 ซึ่ง

เอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาคอนาลอกสวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6วงจรควบคุมอนาลอกสวิทช์และวงจรแบลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เป็นอนาลอกสวิทช์เช่นเดียวกับไอซี 3/1 และ 3/2 แต่จะมีคาบเวลาการทำงานที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ออกมาจากไอซี 3/1 จะรวมกับสัญญาณของไอซี 3/3 และจากไอซี 3/2 จะรวมกับสัญญาณจากไอซี 3/4

3.4.3. ไอซี 2/1 และไอซี 2/3 เป็นตัวกรองสัญญาณโลว์พาสฟิวเตอร์ **(low pass filter)**ในการออกแบบให้ความถี่คัทออฟ **(cut off)**ที่ 100 กิโลเฮิรต์ และอัตราขยายเท่ากับ 2

3.4.4. ไอซี 2/3 และ 2/4 เป็นวงจรขยายภาคสุดท้ายก่อนที่จะให้สัญญาณไปขยายในภาคขยายกำลังต่อไป

3.4.5. สัญญาณที่ควบคุมการเปิดปิดของอนาลอกสวิทช์ไอซี 3 ได้จากวงจรรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นพอร์ตของไมโครโปรเซสเซอร์โดยไอซี 1/1 เป็นตัวเซตให้มีการปิดสวิทช์ที่อนาลอกสวิทช์ของการแสดงตัวเลขก่อนเมื่อเริ่มทำงานเพราะต้องมีการกำหนดอัตราการเต้นสูงสุดและต่ำสุดไว้ก่อนให้แก่ไมโครโปรเซสเซอร์ดังนั้นเพื่อให้ผู้ใช้ได้เห็นตัวเลขบนจอได้จึงกำหนดให้อนาลอกสวิทช์ของการแสดงตัวเลขได้มีการปิดก่อน และการปิดครั้งนี้จะไม่กำหนดเวลาว่าจะปิดไว้นานเท่าไรขึ้นอยู่กับการใช้ของผู้ใช้งานโดยตรง เมื่อผู้ใช้ได้ตั้งอัตราเรียบร้อยแล้วจะมีสัญญาณจากไมโครโปรเซสเซอร์ออกมายังพอร์ตนี้มาทริกให้ไอซี 1/1 มีเอาต์พุตออกเป็นระดับสูงที่ขา ซึ่งจะไปทำให้ไอซี 2/1 และ 2/2 สามารถทำการหาร 4 ของความถี่ที่ใช้สร้างคลื่นรูปฟันเลื่อย โดยคาบเวลา 3 ใน 4 ของแต่ละคาบจะเป็นการแสดงตัวเลขและอีก 1 ใน 4 จะเป็นการแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจในแต่ละคาบจะมีเวลา 20 มิลลิเซกกั้นและเวลาที่ใช้แสดงตัวเลขมีอยู่ 15 มิลลิเซก และอีก 5 มิลลิเซกไว้แสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

3.4.6. ในรูปที่ 3.6. ไอซี 1/2 เป็นตัวควบคุมการแบลงค์ภาพ โดยทำงานร่วมกับไอซี 3/2 , 3/3 , 3/4 และไอซี 4 พิจารณาการทำงานได้จากรูปที่ 3.7 ที่เป็นตารางเวลา **(timing diagram)** แสดงการทำงานของส่วนอนาลอกสวิทช์และภาคแบลงค์

3.4.7. ไอซี 3/2 เป็นแนนด์เกตที่จะสร้างสัญญาณการแบลงค์ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยจะนำสัญญาณที่ปิด - เปิดสวิทช์ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาแนนด์กับสัญญาณการสร้างสัญญาณฟันเลื่อย ผลที่ออกมาได้จะมีการแบลงค์เกิดขึ้น เมื่อมีการสแกนกลับของคลื่นฟันเลื่อย

ไอซี 1/2 จะหารสองสัญญาณ ที่ได้จากไมโครโปรเซสเซอร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ตารางเวลาแสดงการทำงานวงจรควบคุมอนาลอกสวิทช์และแบลงค์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นว่ามีการต่อตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุที่ขาเคลียร์ของไอซี 1/2 ใช้เพื่อเมื่อตอนเปิดเครื่องจะทำให้มีการตั้งสถานะที่แน่นอนให้กับขา Q ไว้ก่อน

ไอซี 4/1 เป็นวงจรโมโนสเตเบิลที่ตรวจขอบขึ้นของขา c1 เมื่อสัญญาณแบลงค์ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจเข้ามามันจะให้สัญญาณสี่เหลี่ยมออกมาตามเวลาที่ตั้งไว้กับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมลูกเดียวนี้จะมาแนนด์กับสัญญาณแบลงค์ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ สาเหตุที่ต้องทำเช่นนี้เพื่อให้มีการแบลงค์ที่มากขึ้นในตอนแรกของการแสดงเพราะเพราะถ้าไม่ทำเช่นนี้แล้ว เส้นที่ลากกลับจากตัวเลขมายังการเริ่มสแกนจะปรากฏที่จอ สาเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไวของการสแกนในวงจรขยายกำลังกับวงจรแบลงค์นี้มีความเร็วไม่เท่ากันจึงทำให้มีบางส่วนสามารถออกมาจอได้ ดังนั้นสัญญาณที่ได้จากไอซี 3/4 จึงเป็นสัญญาณการแบลงค์ช่วงคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่สมบูรณ์

เอซี 3/3 จะเป็นตัวรวมสัญญาณการแบลงค์ของตัวเลขและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ผลลัพธ์ที่ออกมาได้จึงเป็นสัญญาณการแบลงค์ที่สมบูรณ์ จะเห็นว่ามีการใช้ตัวเก็บประจุ 0.022 ไมโครฟารัด ต่อไว้ก่อนที่จะเข้าสู่ตัวอินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นสัญญาณแบลงค์ที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุนี้เนื่องจากต้องการให้เกิดหน่วงเวลาในการแบลงค์เพื่อให้การแบลงค์บนจอสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.5. ภาคควบคุมระบบ

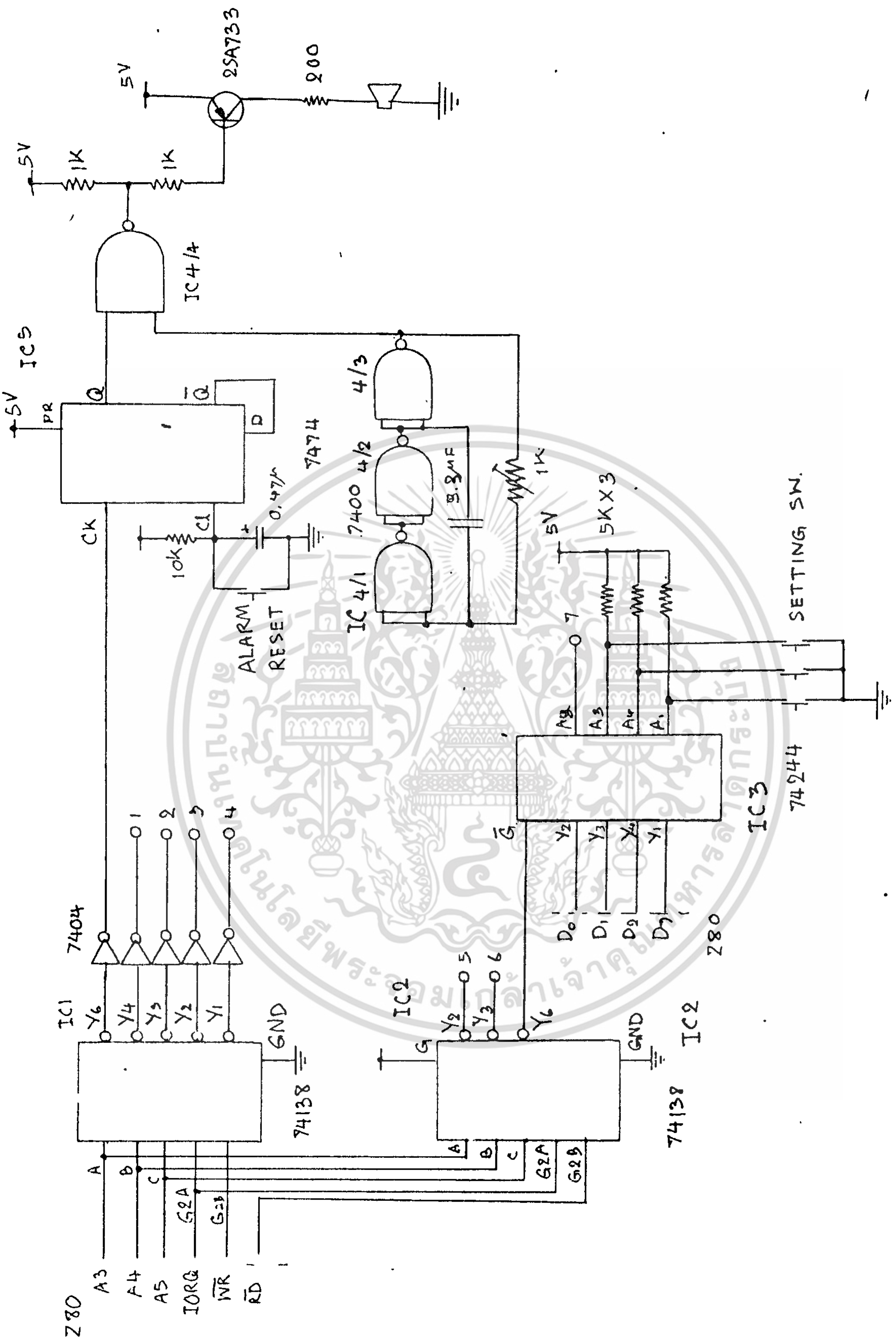
ในการทำงานทั้งหมดต้องอาศัยการควบคุมไม่ว่าการแสดงบนจอการแบลงค์หรือการคำนวณหาอัตราการเต้นตลอดจนการเปรียบเทียบว่าอัตราการเต้นที่วัดได้นั้นอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในกำหนดก็จะมีการเตือนด้วยเสียงอีกด้วย

การควบคุมทั้งหมดใช้แผ่นไมโครโปรเซสเซอร์ของZ 80 เป็นตัวควบคุม ในการต่อกับระบบนั้นจะอ้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยเป็นพอร์ตทั้งสิ้น ดังในวงจรรูปที่ 3.8 แสดงกับวงจรที่ถอดรหัส วงจรที่ใช้ในการตั้งช่วงอัตราการเต้นของหัวใจและวงจรกำเนิดเสียงเตือน

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.8. มีดังนี้

3.5.1. ไอซีจะถอดรหัสที่เป็นเอาท์พุตของ Z80 เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ภาคต่าง ๆ ซึ่งมีสัญญาณควบคุมวงจรสแกนตัวเลขแกน X , สัญญาณควบคุมการสแกนแกน Y , สัญญาณสำหรับควบคุมการแบลงค์ของการสแกนตัวเลข ,สัญญาณควบคุมอนาลอกสวิทซ์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรถอดรหัสและวงจรกำเนิดสัญญาณเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมวงจรสัญญาณเตือน

3.5.2. ไอซี 4/1 , 4/2 , 4/3 ต่อกันเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ โดยความถี่ควบคุมได้โดยตัวเก็บประจุและความต้านทานที่ปรับค่าได้

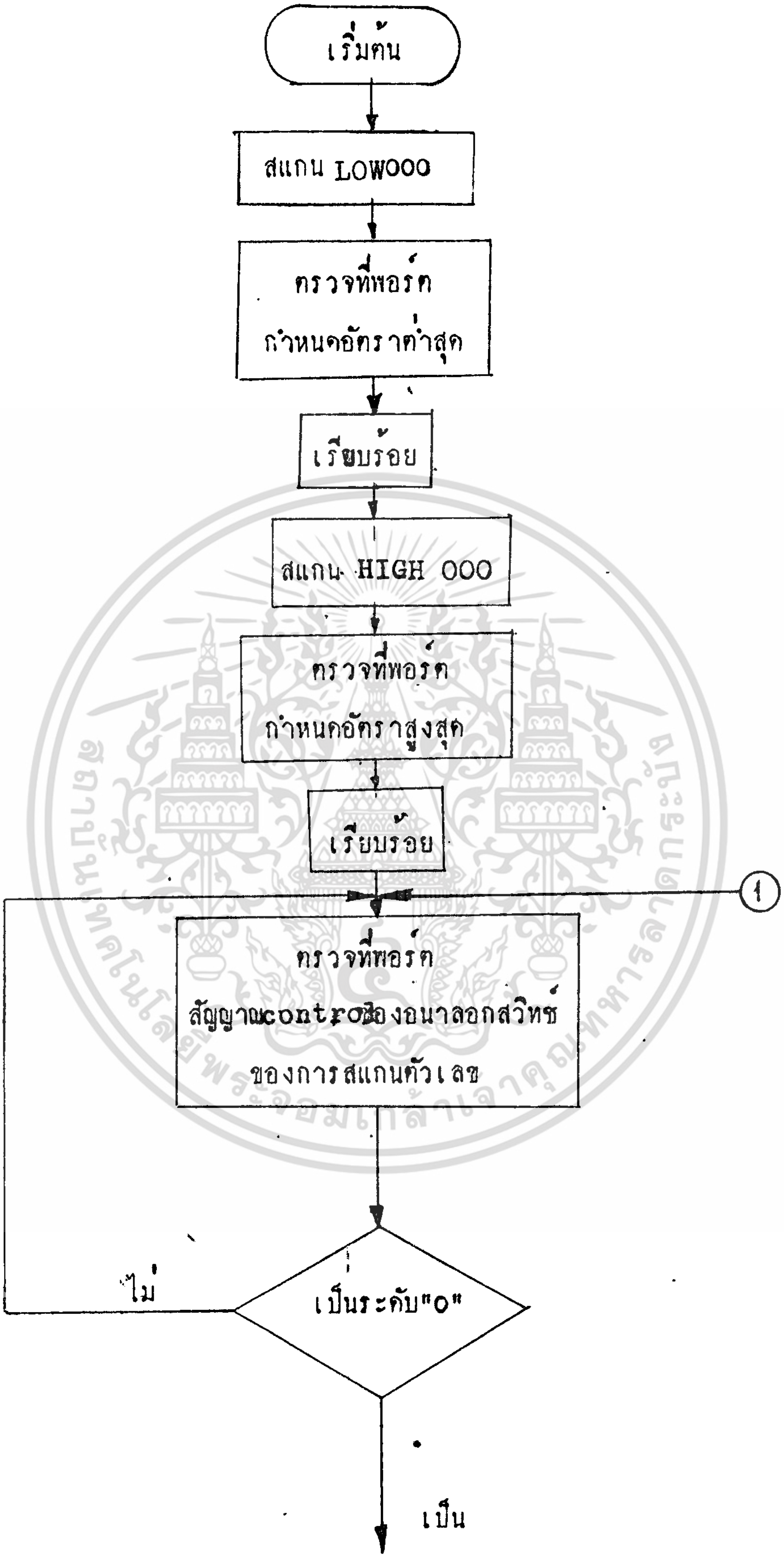
3.5.3. ไอซี 4/4 เป็นเกตที่จะขับทรานซิสเตอร์ให้เกิดเสียงที่ลำโพงเมื่อไอซี 5 ให้เอาท์พุตออกมาเป็นสถานะสูง การที่ไอซี 5 จะให้สถานะสูงนั้นต้องได้รับสัญญาณควบคุมจากไอซี 1 และการที่จะหยุดสัญญาณเตือนนั้นต้องกดสวิทซ์ **alarm reset** ซึ่งจะเป็นการให้ขา **cl** ลงกราวด์ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณที่ออกมาจากขา Q เป็นสถานะต่ำเหมือนเดิม

3.5.4. ไอซี 2 ทำหน้าที่ถอดรหัสของพอร์ตสัญญาณเข้าของ Z 80 โดยมันควบคุมการรับข้อมูลของZ 80 คือการรับข้อมูลจากวงจรวัดอัตราการเต้น ซึ่งจะมีอยู่ 2 ตัว คือ ข้อมูล **n** และข้อมูล **m** สัญญาณควบคุมนี้จะไปเอนเนเบิลบัพเฟอร์อีกตัวหนึ่งคือบัพเฟอร์สำหรับการตั้งอัตราสูงสุด และต่ำสุด

3.5.5. ไอซี 3 ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสำหรับการส่งข้อมูลในการตั้งช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ และยังเป็นตัวรับข้อมูลจากสัญญาณควบคุมวงจรอนาลอกสวิทซ์อีกด้วย เพราะในการคำนวณและการสแกนตัว เลขต้องรอสัญญาณนี้เป็นตัวซิงค์เป็นหลัก

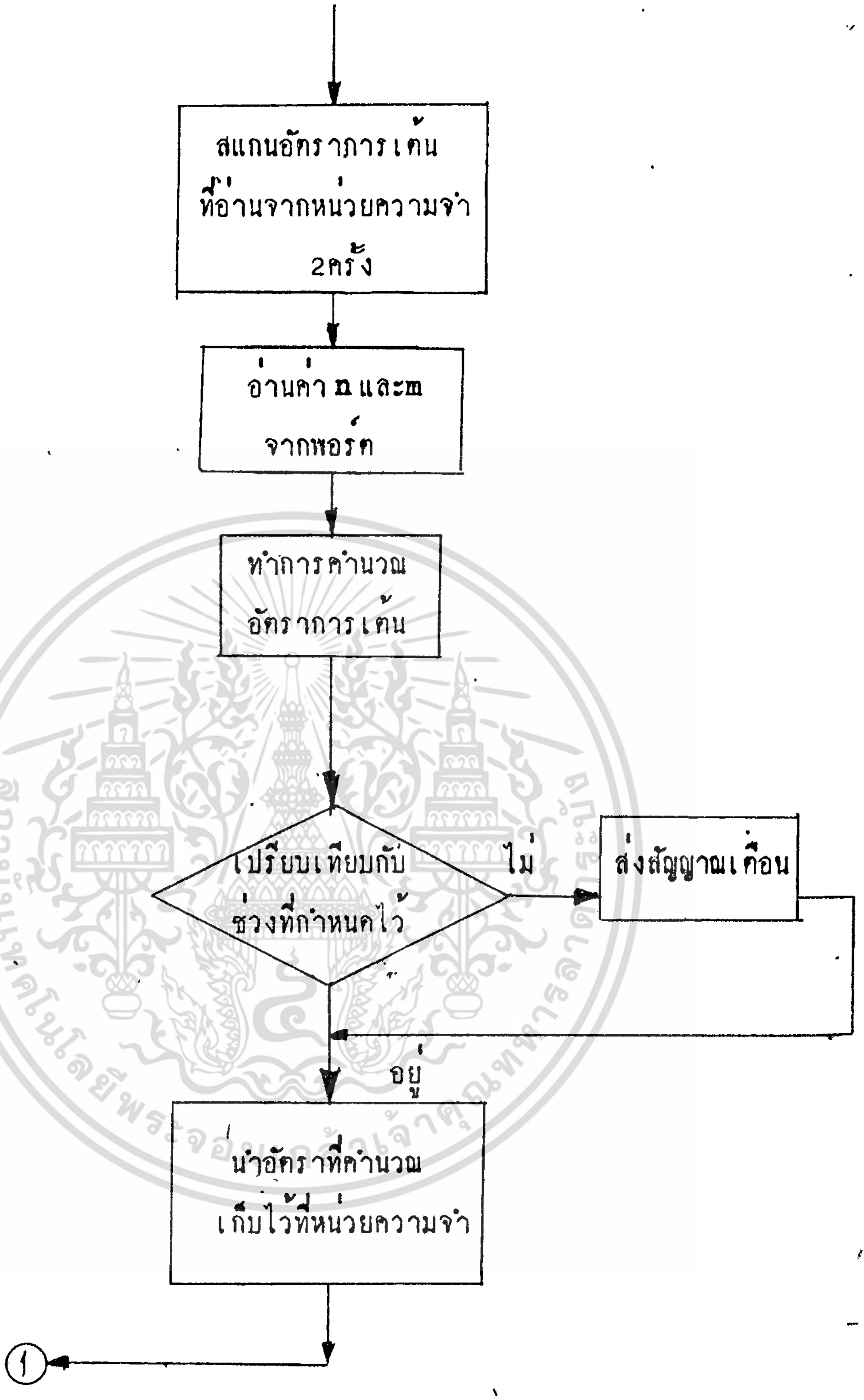
3.5.6. การทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์มีการทำงานตามโฟวชาร์ต ในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานเริ่มจาก Z 80 จะสแกน LOW 000 ออกมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตั้งช่วงล่างได้ การตั้งจะใช้การกดสวิทช์ที่พอร์ตอินพุต ปุ่มที่กดมีอยู่ 3 ตัวคือ ตัวแรกจะไว้เลื่อนเลขขึ้น ตัวที่สองไว้เลื่อนเลขลง และเลื่อนเลขนั้นผู้ใช้สามารถมองเห็นได้ทางจอ และตัวที่สามไว้ข้ามขั้นตอนไปยังตอนต่อไป

เมื่อผู้ใช้กดปุ่มที่สามไมโครโปรเซสเซอร์จะสแกน HIGH 000 ออกซึ่งเหมือนกับตอนแรกแต่เป็นการตั้งพิกัดบนแทน และเมื่อผู้ใช้กดปุ่มที่สามอีกครั้งจะเป็นการแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจและอัตราการเต้นออกบนจอเลย

หลังจากที่ไมโครโปสเซสเซอร์ได้ตรวจพบว่าปุ่มที่สามได้กดครั้งสุดท้ายแล้วจะส่งสัญญาณไปยังวงจรแบลงค์เพื่อให้มีการแบลงค์ร่วมระหว่างคลื่นไฟฟ้าหัวใจกับการสแกนตัวเลขด้วย เพราะในตอนแรกจะมีการเซทให้สแกนตัวเลขอย่างเดียวดังนั้นจึงมีการแบลงค์ตัวเลขไว้เพียงอย่างเดียว

ไมโครจะตรวจที่พอร์ตอินพุตจับสัญญาณจากส่วนควบคุมอนาลอกสวิทช์ของการสแกนตัวเลขในลูป (loop) เราจะดูว่าเป็นระดับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่จะทำการวนจนกว่าจะมี เมื่อได้พบว่าเป็น 0 แล้ว เป็นการเข้าสู่ ลูปที่ 2 คือจะดูว่าเป็นระดับ 1 หรือไม่ ถ้าเป็นจะทำการสแกนตัวเลขที่เก็บไว้ในหน่วยความจำออกมาในการนี้มีการสแกนอยู่ 2 ครั้ง หลังจากนั้นจะไปอ่านข้อมูลของพอร์ตที่เก็บคาบเวลาอยู่คือ m และ n เพื่อนำมาทำการคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ

ไมโครโปรเซสเซอร์จะนำค่าที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับช่วงที่ตั้งไว้ในตอนแรก ว่าอยู่ในช่วงที่ตั้ง ไว้หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในช่วงที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณเตือน ออกมายังส่วนวงจรเตือน แต่ถ้าไม่มีการเกินจะทำขั้นตอนต่อไปคือนำอัตราที่คำนวณ ได้ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำต่อไป เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ไมโครจะวนกลับยังส่วนที่จับพอร์ตสัญญาณคอนโทลของอนาลอกสวิทช์อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

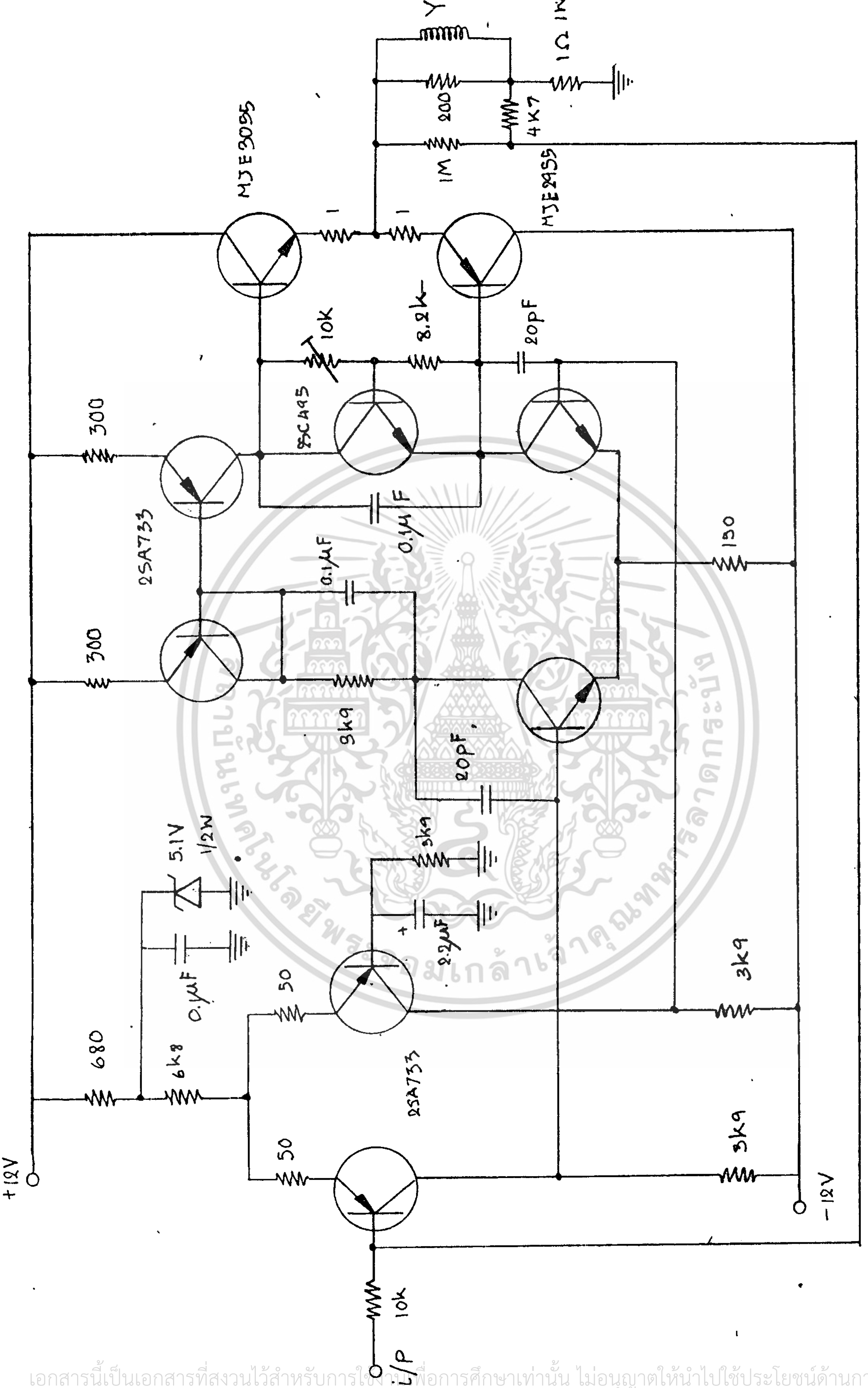
3.6 ภาคขยายกำลังและจอภาพ

ภาคขยายกำลังใช้วงจรขยายกำลังดังรูปที่ 3.10 โดยที่โหลดเป็นโย็ค (Yoke) ของโทรทัศน์ซึ่งต้องใช้วงจรขยายกำลังถึง 2 ชุด เพื่อขับโย็คทั้งในแกนนอนและแกนตั้ง

จอภาพใช้โทรทัศน์ของ TOPSONIC รุ่น BTR -201 ซึ่งเป็นโทรทัศน์ขาวดำขนาด 4.5 นิ้ว โดยยังคงส่วนไฟสูง แต่ตัดส่วน F ออกดังในรูปที่ 3.11 ที่แสดงให้เห็นวงจรโดยละเอียดของโทรทัศน์รุ่นนี้

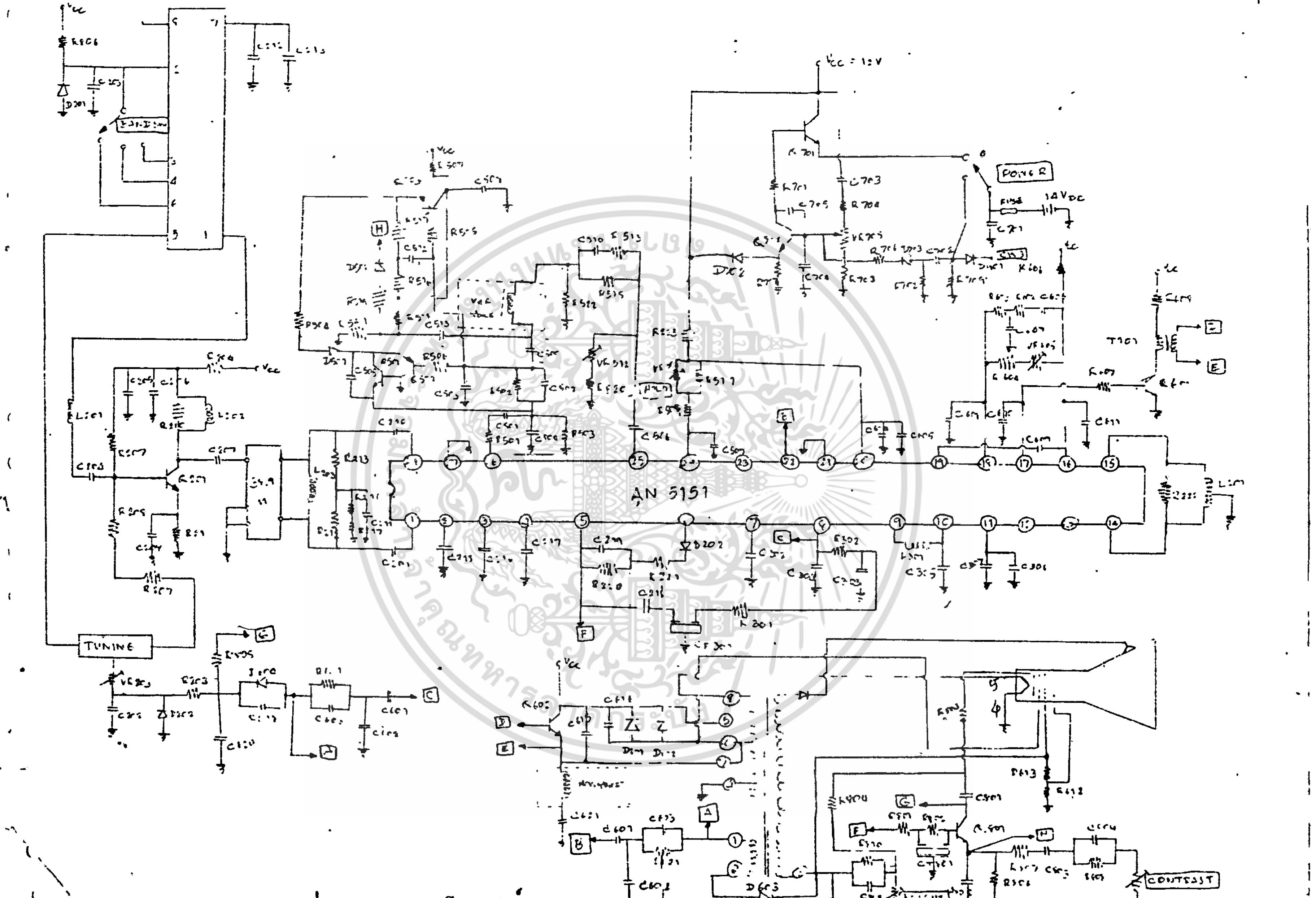
ส่วน F ที่เป็นวีดีโอแอมป์ของจอจะถูกนำมาต่อกับวงจรแบลงค์โดยตรง และโย็คทั้งสองจะถูกถอดจากวงจรเดิมเพื่อนำไปเป็นโหลดของวงจรขยายกำลังแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 3.10 วงจรขยายกำลัง ภาคเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรโทรทัศน์

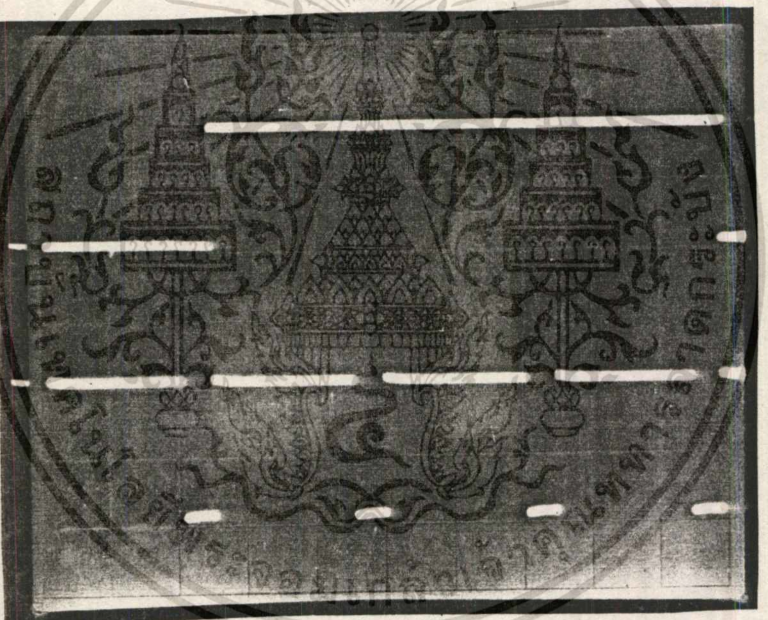
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 สัญญาณควบคุมอนาลอกสวิทช์

เมื่อจับสัญญาณที่ a จากวงจรในรูปที่ 3.6 วงจรควบคุมอนาลอกสวิทช์ซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมการเปิดปิด ของอนาลอกสวิทช์ชุดการสแกนตัวเลข โดยเทียบกับสัญญาณ อ่าน/บันทึกที่นำมาเป็นเวลาพื้นฐานของสัญญาณควบคุม โดยจะเห็นว่า สัญญาณอ่าน/บันทึก 4 คาบ เท่ากับ สัญญาณควบคุม a หนึ่งลูก

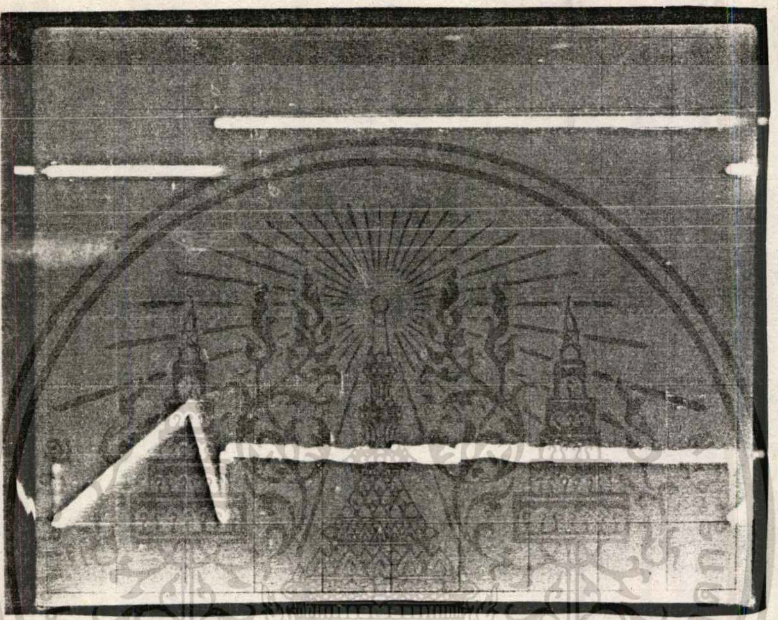


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ได้จาก 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สัญญาณที่ได้จากอนาลอกสวิทช์

เมื่อจับสัญญาณจากจุด a ในรูปที่ 3.6 เทียบกับสัญญาณที่ออกมาจากแกน x ในรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อสัญญาณ a เป็นระดับสูงจะให้มีสัญญาณการสแกน ออกมาได้ และเมื่อ a เป็นระดับต่ำ แต่ b จะเป็นสูงแทนซึ่ง จะให้สัญญาณฟันเลื่อยออกมาได้ ผลการดูได้รูปที่ 4.2



CH1 สัญญาณ ควบคุมอนาลอก สวิทช์

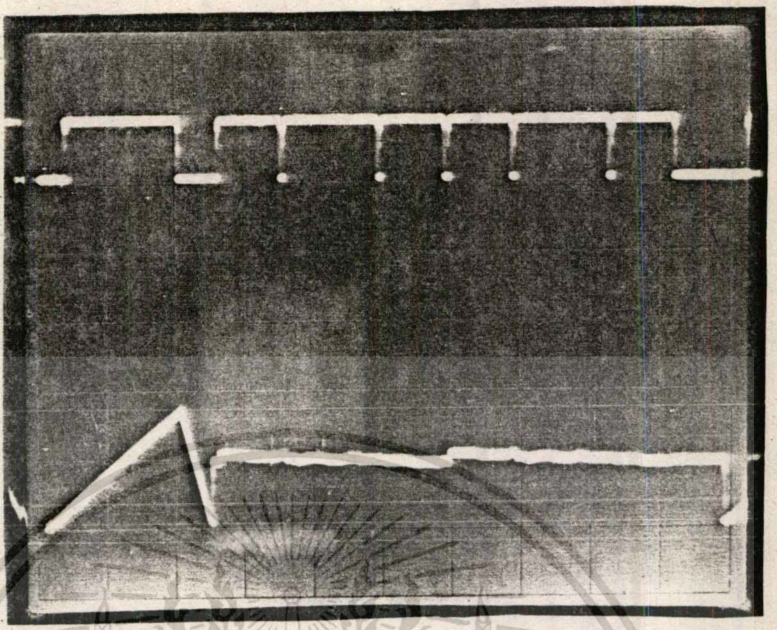
CH 2 สัญญาณ สแกน แกน X

รูปที่ 4.2

4.3 สัญญาณแบลงค์เมื่อเทียบสัญญาณการสแกน

เมื่อจับสัญญาณจากจุด ของรูปที่ 3.7ซึ่งเป็นสัญญาณแบลงค์ โดยที่ระดับต่ำจะเป็นการแบลงค์ภาพ เมื่อเทียบกับ สัญญาณการสแกนแกน จะเห็นว่า ที่สะบัดกลับของ ฟันเลื่อยจะมีการแบลงค์และขณะที่มีการข้ามการสแกนตัวเลขหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งจะมีการแบลงค์เช่นกัน ดูผลการทดลองได้จากรูปที่ 4.3

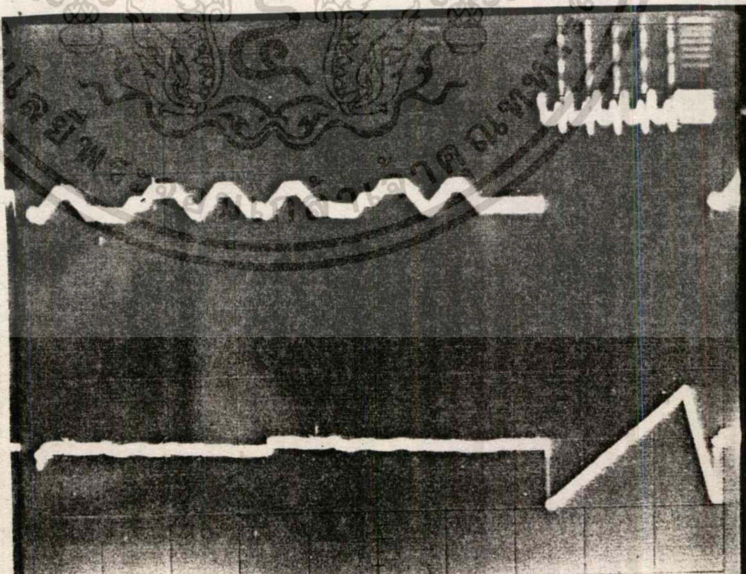
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3

4.4 สัญญาณการสแกนในแกน X และแกน Y

เมื่อจับสัญญาณจากภาคอนาลอกสวิทช์ แกน Y และแกน X จะเห็นได้ว่า จะมีการสแกนทั้งในแกน X และแกน Y ดูได้จากรูปที่ 4.4

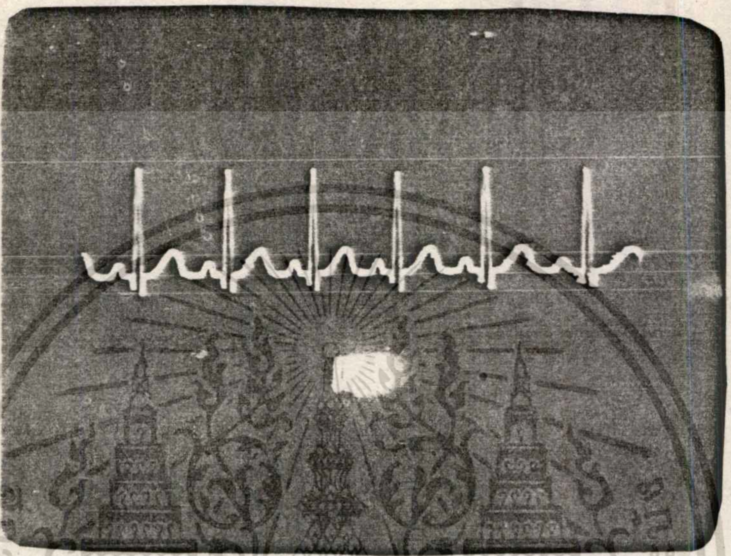


รูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สัญญาณภาพที่ได้จากจอโทรทัศน์

เมื่อนำสัญญาณจากจุดแกน x และแกน y มาขับที่โย๊ค และรวมสัญญาณแบลงค์ด้วยจะเห็นว่า ภาพที่เกิดขึ้นบนจอ มีการแสดงทั้งคลื่นไฟฟ้าหัวใจและอัตราการเต้นด้วย



รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และสรุป

จากการทดลองและผลที่ได้จากบทที่ 4 มีข้อบกพร่อง และแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

5.1 ภาพที่ออกจากจอมีการยืดด้านข้าง

สาเหตุเนื่องมาจากความไม่ลิเนียร์ (linear) ของจอ จากการที่จอมีขนาดเล็กและทางโรงงานได้สร้างมุมของจอไว้กว้างมากดังนั้นเมื่อให้สัญญาณฟันเลื่อยที่มีความลิเนียร์ เมื่อสแกนแล้ว ความเร็วของการสแกนที่บริเวณด้านข้างจะมีความเร็วสูงกว่าบริเวณกลางจอมาก ซึ่งทำให้เกิดการยืดของภาพที่จอได้

แนวทางแก้ไข มีอยู่สองทางคือ หาจอใหม่ที่มีความลิเนียร์ของจอมากขึ้นแต่มีปัญหาว่าราคาแพงและหาได้ยาก วิธีที่สองคือการสร้างสัญญาณมาชดเชยกับคลื่นรูปฟันเลื่อย โดยให้มีความชันบริเวณส่วนเริ่มและส่วนปลายของคลื่นรูปฟันเลื่อยมีความสูงกว่าบริเวณตรงกลางของรูปคลื่น แต่วิธีนี้ยากแก่การปฏิบัติ

5.2 ตัวเลขที่สแกนมีการโค้งงอ

สาเหตุเนื่องจากแรงดันคร่อมโย็คต้องสูงมากเมื่อมีการเปลี่ยนทางกระแสอย่างรวดเร็ว เพราะจากสมการแรงดันที่คร่อมตัวเหนี่ยวนำจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสเป็นหลัก ในการสแกนตัวเลขหนึ่งไปยังอีกตัวเลขหนึ่งจะใช้การเปลี่ยนแปลงกระแสมาก ดังนั้นจึงจะเกิดแรงดันตกคร่อมโย็คมากด้วย แต่เนื่องจากแรงดันที่จ่ายให้แก่วงจรขยายกำลังมีไม่มากพอจึงทำให้การสแกนตัวเลขเกิดการโค้งงอ

แนวทางแก้ไข ให้แรงดันแก่วงจรขยายกำลังมากขึ้น แต่จะมีปัญหาที่เพาว์เวอร์ทรานซิสเตอร์ เพราะจะมีกำลังสูงตกที่ตัวมันมากดังนั้นถ้าให้แรงดันมากเกินไปแล้ว จะเกิดอันตรายกับเพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้เนื่องจากความร้อน

5.3. เวลาในการสแกนตัวเลขมากเกินไป

สาเหตุเนื่องจากความเร็วของไมโครโปรเซสเซอร์ในการคำนวณยังช้าไป ซึ่งจะมีปัญหาในการเพิ่มช่องสัญญาณภายหลังได้ เพราะถ้าเพิ่มมาอีกหนึ่งช่องสัญญาณภาพบนจออาจกระพริบได้

แนวทางแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ควรเปลี่ยนตัว Z 80 เบอร์ใหม่ที่มีความเร็วมากขึ้นไปอีก แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเร็วในการทำงานต้องเพิ่มความถี่ของสัญญาณนาฬิกามากขึ้นไปด้วย

สรุป

จุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์นี้คือต้องการแสดงแนวทางใหม่ของการแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ร่วมกับการแสดงอัตราการเต้น โดยเป็นการสแกนออกจอคล้ายกับการทำงานของออสซิลโลสโคปธรรมดา แต่ยังมีจุดบกพร่องอีกมากที่ยังต้องแก้ไขดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

การพัฒนาในอนาคตอาจอยู่ในรูปการเพิ่มช่องสัญญาณมากขึ้น โดยต้องมีการแก้ไขทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้นต่อไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
*************************************
* PROGRAM FOR VIDEO I.C.U. MONITOR  *
*    BIO BLECTRONICS 1987-1988      *
*       BY SOMCHAI & SURACHAI       *
*************************************

                                OR 6 0
00 00                           LD HL,DAAD
   03                           LD B, 10 H
   05                           JP START
00 08          RSTR:            LD A,D
   09                           LD D, 10 H
   0B                           OUT (Xch),A
   0D                           INC A
   0E                           DEC D
   0F                           JR NZ,$-4
   11                           LD D,A
   12                           RET
00 13          N7:              CALL N1
   16                           RST L
   17                           RET
00 18          RSTL:            LD A,D
   19                           LD D, 10 H
   1B                           OUT (Xch), A
   1D                           DEC A
   1E                           DEC D
   1F                           JR NZ,$-4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
      21                  LD D,A
      22                  RET
   00 23      N9:         CALL N3
      26                  RST D
      27                  RET
   00 28      RSTU:       LD A,E
      29                  LD E, 10 H
      2B                  OUT (Ych), A
      2D                  INC A
      2E                  DECE
      2F                  JR NZ,$-4
      31                  LD E,A
      32                  RET
   00 33      NN1:        RST L
      34      NN2:        RST R
      35      NN3:        RST U
      36                  RST L
      37                  RET
   00 38      RSTD:       LD A,E
      39                  LD E,10 H
      3B                  OUT (Ych), A
      3D                  DEC A
      3E                  DEC E
      3F                  JR NZ,$-4
      41                  LD E, A
      42                  RET
   00 43      NO:         CALL N7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    46                RST D
    47                RST D
    48                RST R
    49                RET
00  4A      N1:       RST U
    4B                RST U
    4C                RET
00  4D      N2:       RST L
    4E                RST U
    4F                CALL NN2
    52                RET
00  53      N3:       CALL NN1
    56                CALL NN2
    59                RET
00  5A      N4:       CALL N1
    5D                RST D
    5F                RST L
    5F                RST U
    60                RET
00  61      N5:       CALL NN1
    64                RST U
    65                RST R
    66                RET
00  67      N6:       CALL N5
    6A                RST L
    6B                RST D
    6C                RST D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
   6D                               RET
00 6E           N8:                 CALL NO
   71                               CALL NN3
   74                               RET
00 75           NUM:                EX AF,AF'
   76                               LD A,D
   77                               OUT (BLK),A
   79                               OUT (Xch),A
   7B                               LD A,E
   7C                               OUT (Ych),A
   7E                               EX AF,AF'
   7F                               LD HL,JPAD
   82                               ADD A,L
   83                               LD L,A
   84                               LD A,(HL)
   85                               LD L,A
   86                               JD (HL)
   87           JPAD:               DB NO,N1,N2,N3,N4,N5
   8C                               N6,N7,N8,N9
00 91           NDP2:               PUSH AF
   92                               AND OFH
   94                               PUSH DE
   95                               CALL NUM
   98                               OUT (BLK),A
   9A                               POP DE
   9B                               LD A,D
   9C                               SUB 1 A H
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
   9E                      LD  D,A
   9F                      POP AF
   A0                      RLCA
   A1                      RLCA
   A2                      RLCA
   A3                      RLCA
   A4          NDP1:       AND OF H
   A6                      PUSH DE
   A7                      CALL NUM
   AA                      OUT (BLK),A
   AC                      POP DE
   AD                      RET
00 AE          READ1:      LD (IX+1),00
   B2          READ2:      LD (IX+0),00
   B6                      RET
00 B7          READ3:      LD ( IX+1),09
   BB          REA4:       LD (IX+0),99
   BF                      RET
00 C0          SUM:        LD A, (IX+0)
   C3                      ADD A,1
   C5                      DAA
   C6                      LD (IX+0)
   C9                      RRA
   CA                      CP 80 H
   CC                      RET NZ
   CD                      LD A, (IX+1)
   D0                      ADD A,1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   D2                    DAA
   D3                    LD ($X+1),A
   D6                    CP 10 H
   D8                    JP NE, READ 2
   DB                    JP READ 1
00 DE        SUB:        LDA, (IX+0)
   E1                    SUB A,1
   E3                    DAA
   E4                    LD (IX+0),A
   E7                    RRA
   E8                    LD 00 H
   EA                    RET NE
   EB                    LD A, (IX+1)
   EE                    SUB A,1
   F0                    DAA
   F1                    LD ($X+1),A
   F4                    CP 00 H
   F6                    JP NZ, READ 4
   F9                    JP READ 3
00 FC        CHAR:       LD A,D
   FD                    OUT (BLK),A
   FF                    OUT (Xch),A
01 01                    LD A,E
   02                    OUT (Ych),A
   04                    RET
01 05        PNT:        LD D,H
   06                    LD E,L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   07                    LD A,D
   08                    SUB 1 AH
   0A                    LD P,A
   0B                    LDH,A
   0C                    RET
01 0D        TR:         LD A,D
   0E                    LD D, 08 H
   10                    OUT (Xch),A
   12                    INC A
   13                    DEC D
   14                    JR NZ,$-4
   16                    LD D,A
   17                    RET
01 18        TL:         LD A,D
   19                    LD D, 08 H
   1B                    OUT (Xch),A
   1D                    DEC A
   1E                    DEC D
   1F                    JR NZ,$-4
   21                    LD D,A
   22                    RET
01 23        NA:         RST D
   24                    RST D
   25                    CALL TL
   28                    RET
0Ø 29        HCH:        CALL N4
   2C                    RST D
   2D                    RST D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      2E                            RET
01    2F          LOW:              CALL  N1
      32                            CALL  NA
      35                            CALL  N1
      38                            CALL  NA
      3B                            CALL  N1
      3E                            OUT   (BLK),A
      40                            CALL  PNT
      43                            CALL  CHAR
      46                            CALL  NO
01    49                            OUT   (BLK),A
      4B                            CALL  PNT
      4E                            CALL  CHAR
      51                            RST   L
      52                            CALL  N1
      55                            OUT   (BLK),A
      57                            RET
01    58          HI:               CALL  HCH
      5B                            OUT   (BLK),A
      5D                            CALL  PNT
      60                            CALL  CHAR
      63                            RST   U
      64                            CALL  TL
      67                            CALL  TR
      6A                            RST   D
      6B                            RST   L
      6C                            CALL  N1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6F                          RST R
70                          OUT (BLK),A
72                          CALL PNT
75                          CALL CHAR
78                          CALL N1
7B                          OUT (BLK),A
7D                          CALL PNT
80                          LD D,H
81                          LD A,D
82                          ADD 10 H
84                          LD D,A
85                          LD H,D
86                          CALL CHAR
89                          CALL HCH
8C                          OUT (BLK),A
8E                          RET
01 8F        HAN:           LD DE, COAOH
92                          LD A, (IX+0)
9T                          CALL NDP 2
98                          LD D,8C H
9A                          LD A, (2X+1)
9D                          CALL ND P1
A0                          LD DE, 60 A0 H
A3                          LD H, D
A4                          LD L,E
A5                          CALL CHAR
A8                          RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01 A9      START:     LD IX, DAAD
   AD                 LD SP, 80 20 H
   B0                 XORA
   B1                 LD (AL),A
   B2                 INC  HL
   B3                 DJNZ $-2
01 B5      SCAN1      CALL CHAN
   B8                 CALL LOW
   BB                 LDC, F7
   BF                 AND 2
   C1                 CALL Z, SVB
   C4                 INB,(C)
   C6                 CALL P, SUM
   C9                 INA, (C)
   CB                 RRA
   CC                 JPC, XCAN 1
01 CF      OPN:       IN A, (C)
   D1                 RRA
   D2                 JR NC, OPN
   D4                 LD A, (2X+0)
   D7                 LD (IX+2),A
   DA                 LDA, (DX+1)
   DD                 LD (IX+3),A
   D0                 CALL READ 1
01 E3      SCAN 2:    CALL CHAN
   E6                 CALL H1
   E9                 INA, (C)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      EB                    AND 2
      ED                    CALL Z, SUB
      FO                    IN B, (c)
      F2                    CALL P, SUM
      F5                    IN A, (C)
      F7                    RRA
      F8                    JP C, SCAN 2
      FB                    LD A, (IX+O)
      FE                    LD (IX+4),A
   02 01                    LD A, (IX+1)
      04                    LD (IX+5),A
      07                    OUT (XY),A
      09                    CALL READ 1
   02 OC        WORK:       LD B, 02
      OE                    LD DE, AOSO H
      10                    LD A (IX+O)
      14                    CALL ND P 2
      17                    LD D, 6 CHI
      19                    LD A, (2x+1)
      1C                    CALL NDP 1
      1F                    DJNZ WORK
      21                    CD C, D7
      23                    IN A, (C)
      25                    LD E, A
      26                    LD B,8
      28                    LD D,O
      2A                    LD L,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   2B                        LD L,D
   2C                        JR NZ,CON1
   2E                        LD C, DF
   30                        IN A, (C)
   32                        JR NZ,CON 2
   34                        CALL READ 1
   37                        JP CHK 1
02 3A          CON1:         LD A, OAH
02 3C          LOOP:         A DD HL, HL
   3D                        RLCA
   3E                        JRNC, NAAD
   40                        ADD HL, DE
02 41          NAAD:         DJNZ LOOP
   43                        LD C, DF
   45                        IN A, (C)
02 47          CON 2:        LD E,A
   48                        ADD HL, DE
   49                        LD B, H
   4A                        LD C, L
   4B                        LD DE, EA 60
   4E                        XOR A
   4F                        LD H, A
   50                        LD L, A
   51                        LD A, 10 H
02 53          DVO:          RL E
   55                        RLD
   57                        ADC HL, HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    59                      SBC HL, BC
    5B                      JR NC, DV 1
    5D                      ADD HL ,BC
02  5E        DV1:          CCR
    5F                      DEC A
    60                      JR NZ, DVO
    62                      EX DE, HL
    63                      ADC HL, HL
    65                      LD.(8100), HC
    68                      LD AL, 8102 H
    6B                      LD 8,3
02  6D        CLR:          LD (HL),0
    6F                      IN C HL
    70                      DJNZ CLR
    72                      LD C, 10 H
02  74        LOOP:         LD L, B
    75                      LD B, 2
    77                      XOR A
02  78        SHLB:         RL (HL)
    7A                      INC HL
    7B                      PJNZ SHL B
    7D                      LD B, 3
02  7F        BCP:          LDA, (HL)
    80                      ADC A, A
    81                      DAA
    82                      LD (HL), A
    83                      IN C HL
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
   84                DJNZ BCD
   86                DEC C
   87                JR NZ, LOOP
   89                LD A, (8102)
   8C                LD (2X+1),A
   8F                LD A, (8103)
   92                LD (2X+1), A
02 95    CHK1:       LD C, F7
   97                IN A, (C)
   99                BIT 2,A
   9B                JR NZ, CHK1
02 9D    CHK2:       IN A, (C)
   9F                BIT 2,A
   A1                JRZ, CHK2
   A3                LD A, (2X+1)
   A6                SUB (2X+5)
   A9                CALL NC, LARG
   AC                LD A, (IX+3)
   AF                SUB (2X+1)
   B2                CALL NC, SMA2
   B5                JP WORK
02 B8    LARG:       JRNZ, ALARM 1
   BA                LA A, (2X+0)
   BD                SUB (2X+4)
   C0                JR C, RET
   C2    ALARM1:     OUT (ALARM), A
   C4                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
02 C5      SMAL:      JR NZ, ALARM 2
   C7                 LD A, (2X+2)
   CA                 SUB , (2X+0)
   CD                 JRC ,RET
   CF      ALARM2:    OUT (ALARM), A
   D1                 RET
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล

National Semiconductor

Analog-to-Digital Converters

ADC0808, ADC0809

ADC0808, ADC0809 8-Bit μP Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

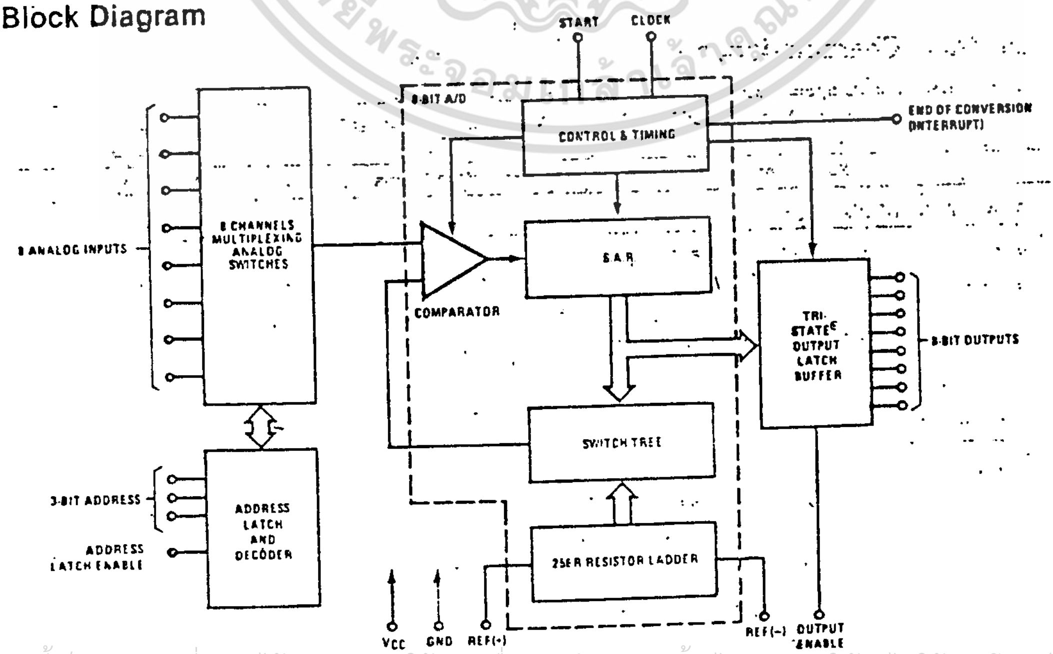
The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet.

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — ± 1/2 LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μs
- Single supply — 5 V_{DC}
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet T^2L voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range −40°C to +85°C or −55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE® output

5

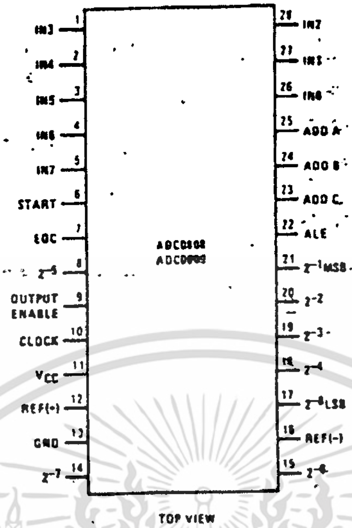
Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Timing Diagram

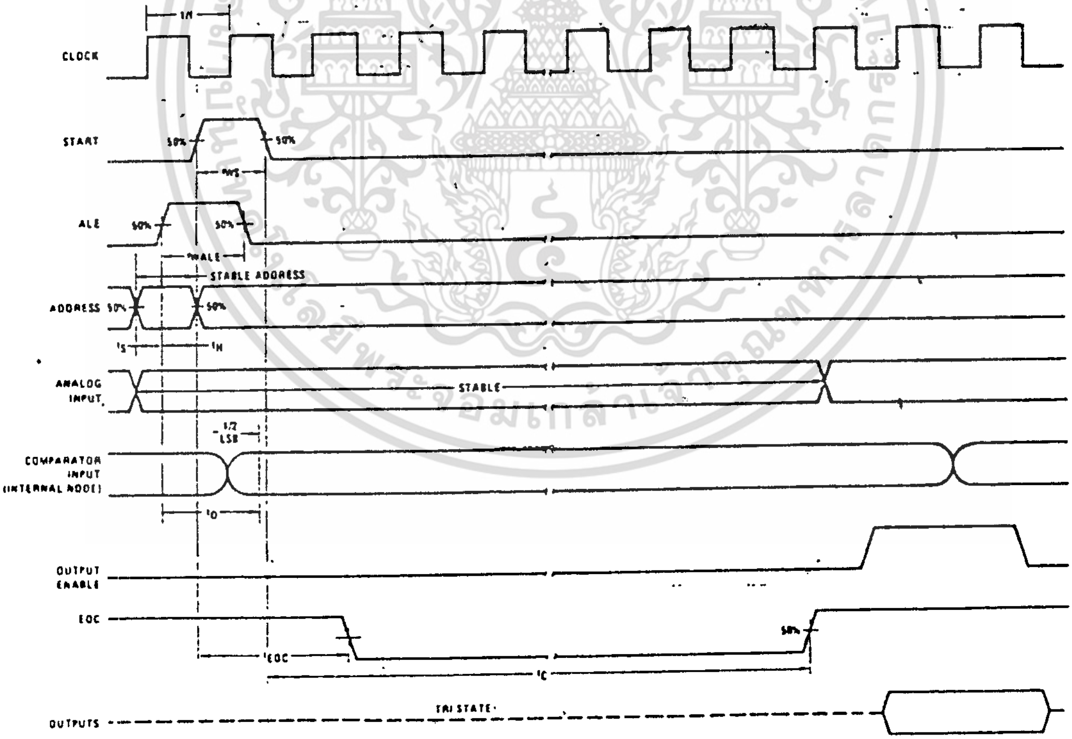


FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์มนัส สังวรศิลป์ , อาจารย์ประภากร สุวรรณะ และรุ่นพี่นักศึกษาปริญญาโท แผนกไบโออิเลคทรอนิคส์ ทั้งทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำเป็นอย่างดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หนังสืออ้างอิง

1. ประกิจ ตังคิสานนท์ , "ทฤษฎีโทรทัศน์" , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2529
2. Bernard Grab, "Basic Television Principle and Servicing" , Mc Graw- Hill Kogakusha , 1975
3. James W. Cottron , "Z80 Applications" , Sybex, 1983
4. John L. Hilburn and David E. Johnson ,"Manual of Active Filter Design" , Mc Graw-Hill , 1973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า