สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปพ.
ฉ381 ค
2539
เลขหมู่.........
เลขทะเบียน.........
วัน,เดือน,ปี.........

นางสาวภัทรียา กิตติเดชาชาญ
นายวิฑูรย์ รีวราบัณฑิต

b12551537

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer

Miss.Pattareeya Kittidachachan

Mr.Witoon Reewarabundith

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ **เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์**

Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer

โดย **นางสาวภัทรียา กิตติเดชาชาญ** **รหัสประจำตัว 36054428**

นายวิฑูรย์ รีวราบัณฑิต **รหัสประจำตัว 36054441**

หลักสูตร **วิทยาศาสตรบัณฑิต**

ภาควิชา **ฟิสิกส์ประยุกต์**

อาจารย์ที่ปรึกษา **ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ**

รองศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.... **หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์**

(รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

.... **ประธานกรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ)

.... **กรรมการ**

(รองศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย)

.... **กรรมการ**

(อาจารย์สุ่น จ่างประยูร)

.... **กรรมการ**

(อาจารย์ประธาน บูรณศิริ)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอริซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
โดย	นางสาวภัทรียา กิตติเดชาชาญ
	นายวิฑูรย์ รีวราบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ
	รองศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2539

บทคัดย่อ

เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้น เพื่อใช้สำหรับพลอตกราฟแมกเนไทเซชั่น (Magnetization curve) หรือ B-H ลูป ซึ่งพลังงานที่สูญเสียของชิ้นสารแม่เหล็กเฟอโรจะพิจารณาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ โดยหลักการคือ แหล่งกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมจะกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมออกมา และสัญญาณแรงดันที่ได้จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นกระแสโดยผ่านวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน ซึ่งกระแสนั้นจะถูกนำไปป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิที่พันอยู่กับสารแม่เหล็กเฟอโรและจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทางด้านขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสัญญาณที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิจะถูกนำไปขยายให้เหมาะสมอยู่ในช่วง ±400 มิลลิโวลต์เพื่อที่จะนำไปผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลชนิดอินทิเกรติง สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะถูกนำผ่านกระบวนการดิจิตอลฟิลเตอริ่งก่อนจะถูกนำไปพลอตกราฟระหว่าง H(สัญญาณจากขดลวดปฐมภูมิ) และ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทางคอมพิวเตอร์ และใช้เทคนิคการอินทิเกรตชนิดสี่เหลี่ยมคางหมู และค่าที่อินทิเกรตได้(B) จะถูกนำมาพลอตกราฟระหว่าง B และ H ซึ่งสัญญาณที่ได้นั้นสามารถถูกเก็บบันทึกเป็นไฟล์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer
Name	Miss.Pattareeya Kittidachachan
	Mr.Witoon Reewarabundith
Special Project Advisor	Asst.Prof.Wichit Sirichote
	Assoc.Prof.Dr.Aree Wichainchai
Department	Applied Physics,King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	1996

Abstract

The Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer has been developed for plotting magnetization curve or B-H loop. The energy losses in ferromagnetic material can be determined by the area within the loop. The triangular wave generator generates voltage which converted to the current by using voltage control current source(VCCS). The output current, I , is fed to the primary winding, produced the magnetic field,H in the coil. The magnetic flux ϕ in specimen is measured by going of the secondary searching coil. The signals from primary coil and secondary coil are amplified to proper range of $\pm$400 millivolts before applying to analog to digital convertor. The digital signal data are shown by plotting graph of magnetic field,H and induce emf,ϕ on the personal computer. By using trapezoidal integrating techniques, the integrating signal B will be plotted between H. The data of sample are saved and printed by data acquisition system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานนี้คณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บิดา-มารดาของคณะผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณผศ.วิชิต ศิริโชติ และ รศ.ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย เป็นอย่างสูงที่ได้คอยให้คำปรึกษาและให้การช่วยเหลือในการทำโครงงานในหลายๆด้าน

ขอขอบคุณ คุณ Nabokin ที่ให้แนะนำแก่ผู้จัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ พี่โสพล บุตรงาม และพี่ๆปริญญาโทภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์หลายๆท่านที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในด้านเอกสาร

ขอขอบคุณ อาจารย์ทิพบรรณ สุดประเสริฐ ที่ช่วยเหลือในด้านการทดสอบชิ้นสารแม่เหล็ก

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณบุคคลทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือที่มิได้กล่าวถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงงาน	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ธรรมชาติและคุณสมบัติบางประการของวัสดุแม่เหล็ก	5
2.2 เส้นแสดงสมบัติของวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก	7
2.3 กฎของฟาราเดย์	10
2.4 หลักการวัดลูป B-H แบบอนาลอก	12
2.5 หลักการของเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	14
2.6 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	15
2.7 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอินทิเกรตสัญญาณชนิดสโลปคู่	16
2.8 การติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มาตรฐาน RS-232C	19
2.9 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูล	23
2.10 การประมาณค่าพื้นที่ใต้กราฟ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 สัญญาณรบกวนในระบบอิเลคทรอนิกส์ 25
2.12 การกรองสัญญาณด้วยวิธี Moving average 27
3. การวิจัยและการดำเนินการ 29
3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม 29
3.2 วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน 31
3.3 วงจรปรับสภาวะสัญญาณ 32
3.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 33
3.5 ด้านซอฟท์แวร์ 37
4. ผลการวิจัย 42
4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 42
4.2 ส่วนซอฟท์แวร์ 46
4.3 การทดลองวัดเหล็กเพลาขาว 2 ชนิด 48
5. สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ 52
บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก ก. 56
การติดตั้งเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
และการใช้งานโปรแกรม 57
ภาคผนวก ข. 64
วงจรภายในเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 65
ภาคผนวก ค. 73
ผลการทดสอบ จากซอฟท์แวร์ 74
ภาคผนวก ง. 79
โปรแกรม CB-HHLT และ โปรแกรม ADC 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุแม่เหล็ก	9
2.2 อัตราการรับส่งข้อมูลกำหนดที่ขา P2.0 ของ 89C51	21
2.3 ตำแหน่งของขาสัญญาณบนขั้วต่อแบบ D 25 ขา	21
2.4 ตำแหน่งของสัญญาณบนขั้วต่อแบบD 9 ขา	22
3.1 การกำหนดจำนวนช่องสัญญาณ โดยกำหนดที่ขา P2.4 ถึง P2.7 ของ 89C51	35
3.2 กำหนดหมายเลขบอร์ด ที่ขา P3.4 ถึง P3.7 ของบอร์ด 89C51	35
3.3 อัตราการรับส่งข้อมูลกำหนดที่ขา P2.0 ของ 89C51	35
3.4 เลือกวิธีการรับส่งข้อมูล	36
3.5 เลือกลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไป	36
4.1 ส่วนผสมภายในของเหล็กที่นำมาทดสอบของเหล็ก 2 ชนิด จากประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่น	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ระบบการทำงานของเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิส ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	2
2.1 กราฟ B-H ฮิสเทอรีซิส	7
2.2 กราฟฮิสเทอรีซิสของวัสดุ 2 ชนิด	8
2.3 บล็อกไดอะแกรมของ Ring Test Apparatus	13
2.4 บล็อกไดอะแกรมของ Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer	14
2.5 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดสโลปคู่	17
2.6 ลักษณะขาสัญญาณของ ICL7109	18
2.7 ลักษณะสัญญาณของ RS-232C	20
2.8 มาตรฐานคอนเนคเตอร์ 9 ขาและ 25 ขา	20
2.9 ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล	24
2.10 ช่วงความกว้างในการอินทิเกรต	24
2.11 สัญญาณรบกวนภายในอย่างสุ่ม	26
2.12 การคำนวณโดยใช้ Moving average แบบเฉลี่ย 8 จุด	27
2.13 ขั้นตอนการคำนวณได้จากวิธี Moving average แบบเฉลี่ย 8 จุด	28
3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม	30
3.2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม	30
3.3 วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน	31
3.4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน	32
3.5 วงจรปรับสภาวะสัญญาณ	32
3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	33
3.7 วงจรมัลติเพลกต์	34
3.8 ลักษณะขาสัญญาณของ MAX232	36
3.9 วงจรจ่ายแรงดันใช้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 บล็อกไดอะแกรมการเริ่มต้นทำงานของโปรแกรม 39
3.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงการรับค่ามาพลอตกราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 40
3.12 บล็อกไดอะแกรมการรับค่ามาพลอตกราฟเทียบกับเวลา 41
4.1 วงจรทดสอบสัญญาณสามเหลี่ยม 43
4.2 สัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง 44
4.3 วงจรทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 45
4.4 กราฟความเป็นเชิงเส้นสัญญาณช่องที่ 1ที่ได้จากการทดลอง 45
4.5 กราฟความเป็นเชิงเส้นสัญญาณช่องที่ 2ที่ได้จากการทดลอง 46
4.6 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามแม่เหล็กที่ได้จากโปรแกรม CB-HHLT 46
4.7 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามแม่เหล็กที่ได้จาก X-Y recorder 47
4.8 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสที่ได้จากการทดลอง 48
4.9 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามทำแม่เหล็กของเหล็กจากประเทศจีน 50
4.10 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามทำแม่เหล็กของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น 50
4.11 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กจากประเทศจีน 51
4.12 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำสารแม่เหล็กมาใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆมากขึ้น เช่น แกนเหล็กในมอเตอร์, บัลลาสต์, เสาอากาศเครื่องรับวิทยุ, หม้อแปลงไฟฟ้า ฯลฯ วิธีการเลือกใช้สารแม่เหล็กที่เหมาะสมมาใช้งาน จะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีการศึกษา และพัฒนาหาวิธีการทดสอบคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารก่อนจะนำมาใช้งาน โดยอาศัยหลักการตามมาตรฐานของ ASTM A773 (American Society for Testing and Materials) และของ JIS (Japanese Industrial Standard) โดยมีวัตถุประสงค์คือ ใช้ในการทดสอบชิ้นงานแม่เหล็ก โดยวิธีวัดลูปฮิสเทอรีซิสหรือ Demagnetization curve ของสารแม่เหล็กที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นจึงได้จัดทำโครงงานพิเศษ "Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer" เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กเฟอไรท์ที่มีลักษณะเป็นแบบวงแหวน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

การสร้างเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสมีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ

1.2.1 เพื่อพัฒนาการแสดงผลลูป B-H ฮิสเทอรีซิสจากระบบอนาลอกมาเป็นระบบดิจิตอล

1.2.2 เพื่อใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการควบคุมและแสดงผล

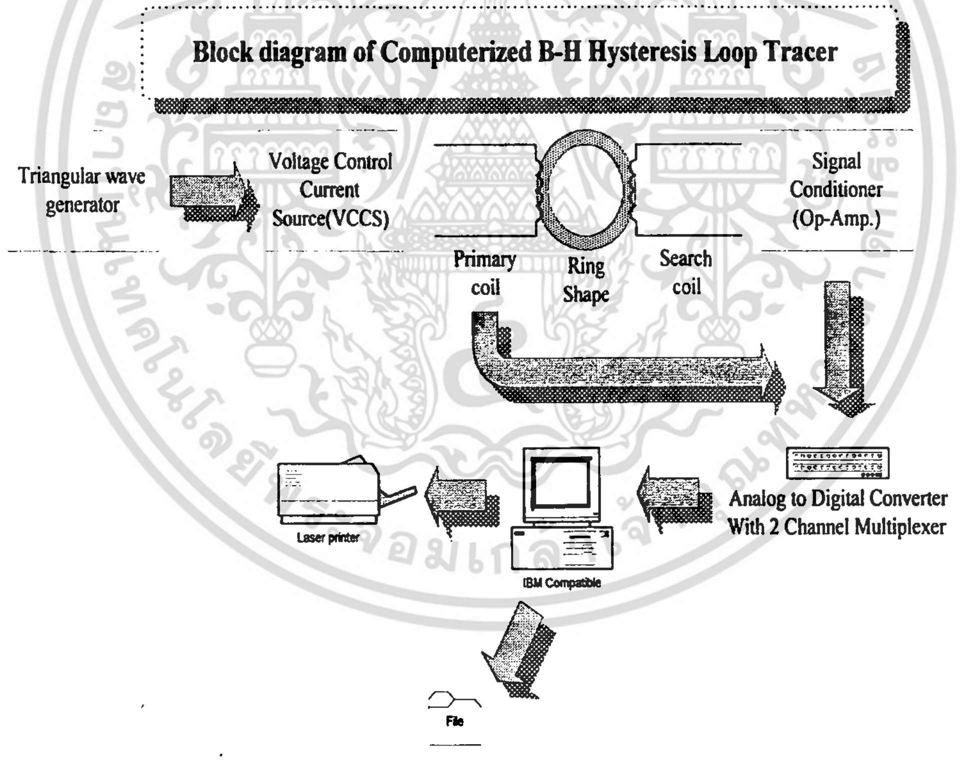
1.2.3 เพื่อพัฒนาจากระบบอนาลอกให้เป็นระบบดิจิตอล

1.2.4 เพื่อนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์มาประยุกต์สร้างเครื่องมือวัดให้เกิดประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงงาน

หลักการของเครื่องมือนี้คือจะป้อนกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาไปยังขดลวดปฐมภูมิที่พันอยู่กับวัสดุแม่เหล็กรูปวงแหวน ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก H ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ทางด้านขดลวดปฐมภูมิและเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force) ทางด้านขดลวดทุติยภูมิ สัญญาณสนามแม่เหล็ก H และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำได้จะถูกนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลออกมาเป็นสัญญาณ B-H ลูปต่อไป



รูปที่ 1.1 ระบบการทำงานของเครื่องวัด ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลการสร้างจากโครงงานในปีการศึกษาที่ผ่านมา

1.4.2 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในด้านหลักการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และด้านการวิเคราะห์ผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

1.4.3 แบ่งโครงงานออกเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย

1.4.3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware) ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม, วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน, วงจรปรับสภาวะสัญญาณ, วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

1.4.3.2 ส่วนของซอฟท์แวร์(Software) ประกอบด้วยเมนูหลักในการควบคุมการทำงานและส่วนการแสดงผล

1.4.4 สร้างส่วนต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1.4.3 ขึ้นมาและทำการทดสอบเบื้องต้น โดยการจำลองสภาวะการทำงานที่จะเกิดขึ้นให้กับส่วนประกอบแต่ละส่วน

1.4.5 นำส่วนประกอบที่ได้จากข้อ 1.4.4 มาประกอบรวมกัน แล้วทดสอบการทำงานหลายๆครั้งกับวัสดุแม่เหล็กเฟอโรแมกเนติก

1.4.6 นำผลที่ได้จากคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับ X-Y Recorder ว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันมากให้ทำการหาสาเหตุและแก้ไข แล้วทำตามขั้นที่ 1.4.5 ซ้ำ หากค่าที่ได้มีค่ายอมรับได้ให้ไปทำขั้นตอนที่ 1.4.7

1.4.7 สรุปผลและปัญหาในการดำเนินงานเพื่อใช้ในการปรับปรุงต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 สามารถเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดนี้ให้กับผู้สนใจ

1.5.2 ได้ทราบหลักการที่อยู่เบื้องหลังการทำงานของเครื่องมือ

1.5.3 ได้ทราบวิธีการหาข้อมูลเพื่อใช้ในการทำโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.4 ได้ทราบวิธีการนำเสนอผลการดำเนินงานทั้งในรูปของการอภิปรายและในรูปของเอกสารรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ธรรมชาติและคุณสมบัติบางประการของวัสดุแม่เหล็ก

เป็นที่รู้กันว่าอะตอมหนึ่งๆของวัสดุย่อมประกอบด้วยนิวเคลียสบวกเป็นจุดศูนย์กลางที่ถูกล้อมรอบด้วยอิเลคตรอนที่โคจรเป็นวงกลมรีหลายๆวงโคจร อิเลคตรอนทั้งหลายของแต่ละวงโคจรก็คล้ายกับกระแสไฟฟ้าเชิงอนุพันธ์ที่ไหลในวงจรแบบปิดนั่นเอง แต่ถ้าพูดถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเชิงอนุพันธ์ ย่อมมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนไหวของอิเลคตรอน

ทิศทางของสนามแม่เหล็กอันเกิดจากอิเลคตรอนใดๆ ที่โคจรตามวงโคจรของมันมักคล้อยตามกันไปในแนวทางเดียวกับสนามแม่เหล็กจากภายนอกที่อาจมีอยู่ทั่วไปในบริเวณนั้น ผลบวกทางพีชคณิตของสนามแม่เหล็กทั้งสองดังกล่าวก็คือ สนามแม่เหล็กทั้งหมด ณ บริเวณนั้นๆหรือจุดนั้นๆ

ขณะที่อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปรอบๆนิวเคลียสบวกของมันย่อมเกิดกำลังบิดและเกิดไดโพลโมเมนต์ของสนามแม่เหล็กหรือเรียกย่อๆว่า "โมเมนต์สนามแม่เหล็ก" ทั่วไปแล้วโมเมนต์สนามแม่เหล็กที่เกิดจากอิเลคตรอนตัวหนึ่งๆมีค่าประมาณ $\pm 9\times 10^{-24}$ A-m^2 เครื่องหมาย $\pm$ หมายถึงโมเมนต์สนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางเดียวหรือตรงข้ามกับทิศทางของสนามแม่เหล็กภายนอก

จำนวนอิเลคตรอนในวัสดุใดๆย่อมเป็นตัวชี้ให้รู้ว่าวัสดุชิ้นนั้นๆ สามารถเป็นแม่เหล็กได้ดีหรือไม่เพียงใด สามารถอธิบายการเป็นวัสดุแม่เหล็กชนิดต่างๆได้ดังนี้

(ก) วัสดุจำพวกไดอะแมกเนต สนามแม่เหล็กรวมที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนในแต่ละวงโคจรมีค่าเกือบเป็นศูนย์ นอกจากนี้โมเมนต์สนามแม่เหล็กที่เกิดก็มีค่าน้อยมากเช่นเดียวกัน เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกผ่านเข้ามา ก็อาจจะไม่ทำให้เกิดกำลังบิดของแต่ละอะตอมได้ ดังนั้นวัสดุจำพวกนี้จึงเป็นแม่เหล็กได้ยาก ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุจำพวกไดอะแมกเนตได้แก่ บิสมัสไฮโดรเจน ฮีเลียม พวกก๊าซเฉื่อยเช่น นีออน อาร์กอน เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีวัสดุอื่นๆ คือ ทองแดง เยอรมันเนียม ซิลิกอน เป็นต้น

(ข) วัสดุจำพวกพาราแมกเนต สนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอะตอมมีค่ามากกว่าศูนย์ไม่มากนักอย่างไรก็ตามถ้ามีสนามแม่เหล็กจากภายนอกผ่านเข้ามา อาจทำให้เกิดกำลังบิด เกิดสนามแม่เหล็กรวมเพิ่มขึ้น นั่นคือจะมีโมเมนต์สนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงสามารถเป็นแม่เหล็กได้ วัสดุจำพวกพาราแมกเนตได้แก่ โปตัสเซียม ทังสะเตน แมงกานีส โครเมียม นอกจากนี้ก็มีพวกวัสดุที่หายาก (rare earth) เช่น เออร์เบียม-คลอไรด์ นีโอดีเนียม-อ๊อกไซด์ ฯลฯ เป็นต้น

(ค) วัสดุจำพวกเฟอโรแมกเนต เป็นวัสดุที่มีจำนวนอะตอมหนาแน่น แต่ละอะตอมทำให้เกิดโมเมนต์สนามแม่เหล็กสูง นอกจากนี้สนามแม่เหล็กอันเกิดจากอะตอมของมันก็มีทิศคล้อยตามกันเป็นส่วนใหญ่ เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามาจึงช่วยเสริมให้สนามแม่เหล็กทั้งหลายไปในทางเดียวกันมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะเอาสนามแม่เหล็กภายนอกออกไปแล้ว ส่วนใหญ่ยังมีสนามแม่เหล็กที่ไปทางเดียวกันหลงเหลืออยู่ จึงทำให้วัสดุพวกนี้เป็นแม่เหล็กถาวรได้ วัสดุจำพวกเฟอโรแมกเนตได้แก่ เหล็ก โคบอลท์ นิเกิล พวกโลหะผสม เช่น อัลนิโก เป็นส่วนผสมของอลูมิเนียม+นิเกิล+โคบอลท์+ทองแดงเล็กน้อย เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีวัสดุที่หายากซึ่งสามารถเป็นวัสดุพวกเฟอโรแมกเนตที่อุณหภูมิต่ำ เช่น กาโดลิเนียม (gadolinium)

(ง) วัสดุจำพวกแอนตีเฟอโรแมกเนต เนื่องจากว่าแรงที่เกิดจากอะตอมหนึ่งไปหักล้างแรงที่เกิดจากอะตอมหนึ่งทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากอะตอมทั้งหลายถูกหักล้างกันเป็นศูนย์ ดังนั้นโมเมนต์สนามแม่เหล็กจึงเป็นศูนย์ไปด้วย ถึงแม้จะมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามาก็ยากที่จะบังคับให้สนามแม่เหล็กของอะตอมเหล่านั้นไปในทางเดียวกันได้ วัสดุจำพวกแอนตีเฟอโรแมกเนตได้แก่ สารพวกอ๊อกไซด์ต่างๆ เช่น นิเกิล-อ๊อกไซด์ พวกซัลไฟด์ เช่น เฟอรัสซัลไฟด์ เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีพวกคลอไรด์บางชนิด เช่น โคบอลด์-คลอไรด์

(จ) วัสดุจำพวกเฟอริแมกเนต เป็นวัสดุที่มีจำนวนอะตอมหนาแน่น แต่ไดโพลโมเมนต์ที่เกิดจากอะตอมทั้งหลายมีทิศทางไม่ไปในทางเดียวกันหมด นอกจากนี้ผลรวมสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสนามแม่เหล็กของแต่ละอะตอมที่เคลื่อนไหวยังต่ำกว่าสนามแม่

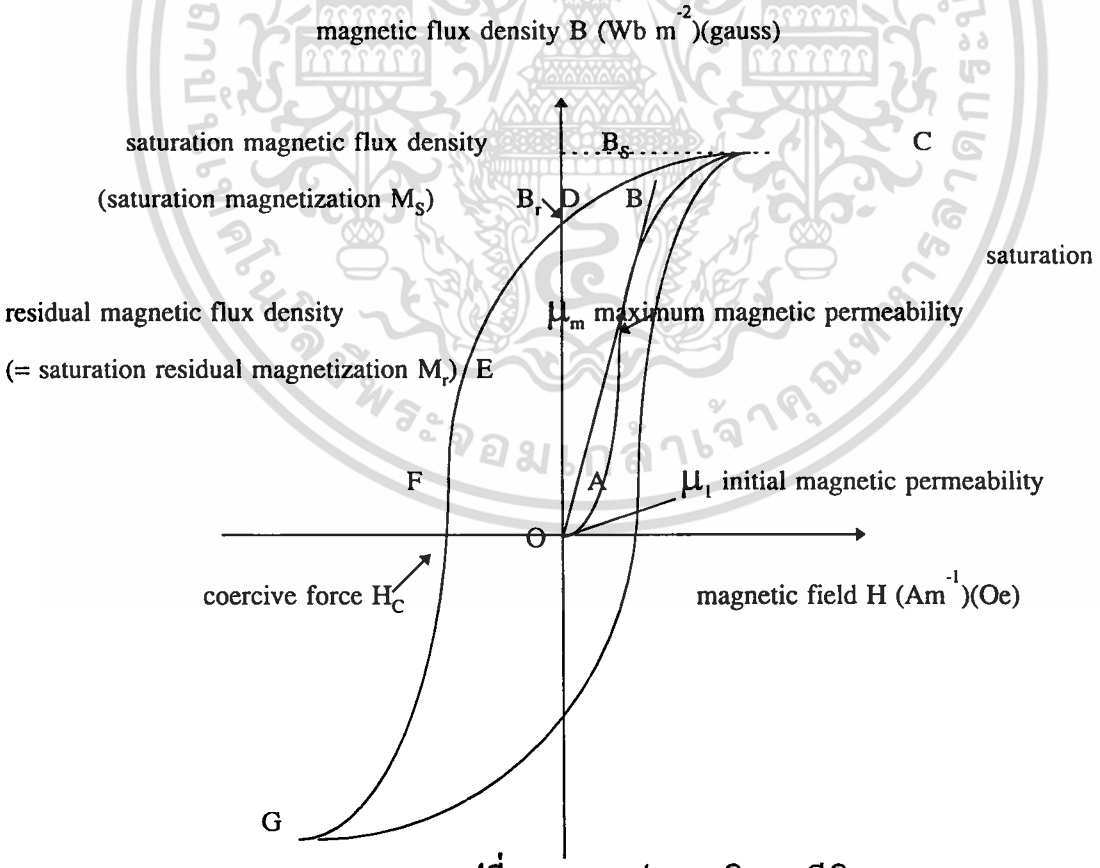
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กของวัสดุจำพวกเฟอโรแมกเนตดังกล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามเมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น นั่นก็หมายความว่ามันสามารถเป็นแม่เหล็กได้ง่ายเหมือนกัน ตัวอย่างวัสดุจำพวกเฟอริแมกเนต ได้แก่ เหล็กอ๊อกไซด์ นิเกิลเฟอไรท์ เป็นต้น

(ฉ) วัสดุจำพวกซุปเปอร์-พาราแมกเนต เป็นวัสดุจำพวกเฟอโรแมกเนตที่วางอยู่หรือฉาบติดแน่นอยู่บนผิวของวัสดุจำพวกนอน-เฟอโรแมกเนตเช่น พลาสติก เป็นต้น วัสดุจำพวกซุปเปอร์พาราแมกเนต ได้แก่ แมกเนติกเทปต่างๆ

สำหรับโครงงานพิเศษที่จัดทำนี้ จะศึกษาคุณสมบัติ B-H ลูปของวัสดุแม่เหล็กจำพวกเฟอโรแมกเนตซึ่งได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

2.2 เส้นแสดงสมบัติของวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก

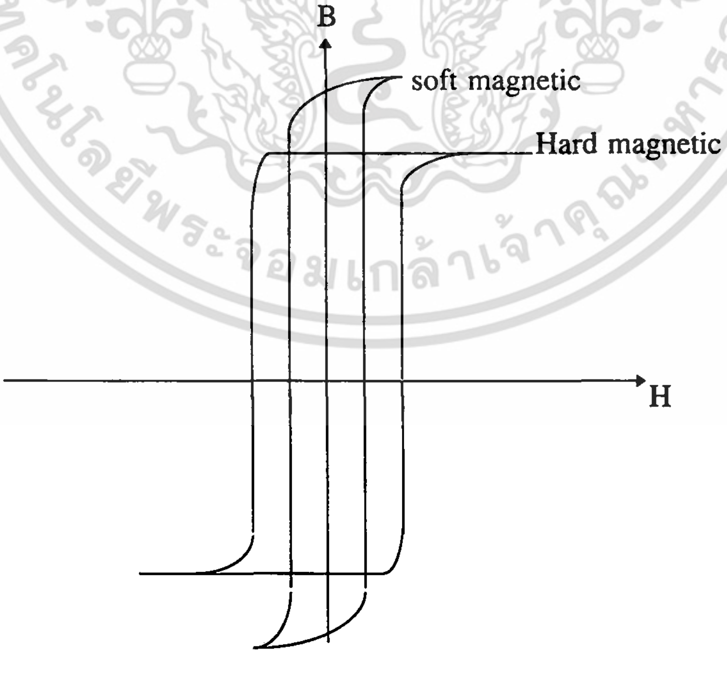


รูปที่ 2.1 กราฟ B-H ฮิสเทอรีซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสมบัติทางแม่เหล็ก(magnetization curve) ของวัสดุเฟอโรแมกเนติก โดยที่แกนในแนวนอนคือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก H และแกนในแนวตั้งคือ ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก B ที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุ เริ่มแรกถ้าเริ่มจากการนำวัสดุที่ยังไม่เคยได้รับสนามแม่เหล็กมาก่อน มาวางไว้ในสนามแม่เหล็ก H จากนั้นถ้าเพิ่มค่า H จากศูนย์ไปเรื่อยๆ วัสดุเฟอร์โรแมกเนติกจะเริ่มเป็นแม่เหล็กโดยมีค่า B เพิ่มขึ้นตามแนวเส้น ABC และเมื่อลดค่า H ลง ลักษณะเส้นกราฟของ B จะลดลงแต่ไม่ซ้อนเส้นเดิมคือจะลดไปตามแนวเส้น CD ค่า B_r (ที่ D) คือ residual magnetic flux density ที่เกิดขึ้นแม้ H จะเป็นศูนย์ การจะทำให้ B เป็นศูนย์ได้ต้องเปลี่ยนขั้วของ H ในทิศทางตรงข้ามกับเดิมไปอยู่ที่ H_c จะเรียก H_c ว่า coercive force ซึ่งแสดงขนาดของสนามแม่เหล็กที่จะทำให้ B มีค่าเป็นศูนย์ได้

ลักษณะของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง B-H เช่นนี้แสดงปรากฏการณ์ ฮิสเทอรีซิสของวัสดุแม่เหล็ก ซึ่งลักษณะความอ้วนหรือผอมของกราฟ B-H นี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุแม่เหล็ก โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 กราฟฮิสเทอรีซิสของวัสดุ 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) วัสดุที่มีค่า B เพิ่มทันทีที่เพิ่ม H เรียกว่า วัสดุแม่เหล็กอ่อน (soft magnetic)

(ข) วัสดุที่มีค่า coercive force (H_c)สูงเรียกว่า วัสดุแม่เหล็กแข็ง (hard magnetic)

วัสดุแม่เหล็กอ่อนมีคุณสมบัติมีค่า maximum permeability สูงและพื้นที่ในกราฟฮิสเทอรีซิสมีค่าน้อย ได้แก่เหล็กบริสุทธิ์, silicon steel, permalloy, เฟอไรต์ของ Mu-Zn ใช้เป็นแกนในหม้อแปลงและมอเตอร์เป็นต้น

วัสดุแม่เหล็กแข็งมีคุณสมบัติมีค่า coercive force สูง ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นวัสดุของแม่เหล็กถาวร ได้แก่ carbon steel, KS steel, KM steel และเฟอไรต์ของ Ba เป็นต้น ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างวัสดุแม่เหล็กและคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ

(1) วัสดุที่มีค่า permeability สูง

วัสดุ	ส่วนผสม %	initial relative permeability μ_i/μ_o	maximum relative permeability μ_m/μ_o	coercive force		saturation magnetization M_S		อุณหภูมิคิวรี่ T_S °C
				Am^{1}	Oe	Wbm^{-2}	gauss	
เหล็กบริสุทธิ์ (ไม่มีทิศทาง)	Fe, สารเจือปน 0.05	10,000	200,000	4	0.05	2.15	1710*	770
silicon steel	Fe, 4Si	500	7,000	40	0.5	1.9	1,570	690
78 permalloy	Fe, 78.5 Ni	8,000	100,000	4	0.05	1.08	860	600
เฟอไรต์ของMn-Zn	50Mn, 50Zn	2,000		8	0.1	0.25	200	110

*M_S (MKS-Wbm^{-2}) = $4\pi M_S$(Cgs-gauss), 1 Wbm^{-2} = 10^4 gauss

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) วัสดุแม่เหล็กถาวร

วัสดุ	ส่วนผสม %	residual flux density B_r Wbm^{-2}	coercive force H_C		$1/2(BH)_{max}$	
			Am^{-1}	Oe	Jm^{-3}	gauss Oe
carbon steel	Fe, 0.9C, 1Mn	1.0	4,000	50	0.8×10^{3}	0.2×10^{6}
KS steel	Fe, 0.9C, 3 Cr	0.9	20,000	250	4.0×10^{3}	1.0×10^{6}
MK steel	Fe, 16Ni, 10Al, 12 Co, 6Cu	0.8	45,000	560	6.4×10^{3}	1.6×10^{3}
Pt.Co	23Co,77 Pt	0.45	207,000	2,600	15×10^{3}	3.8×10^{6}
Ba เฟอไรต์	BaO, $6Fe_2O_3$	0.20	120,000	1,500	4.0×10^{3}	1.0×10^{6}

ตาราง 2.1 ต่อ

2.3 กฎของฟาราเดย์

ในปีค.ศ. 1831 ฟาราเดย์ได้ค้นพบว่า อำนาจของสนามแม่เหล็กสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ขั้นตอนการทดลองคือพันขดลวดสองขดบนแกนเหล็กรูปวงกลมขดลวดชุดหนึ่งเรียกว่าขดลวดปฐมภูมิต่อกับแบตเตอรี่อีกชุดหนึ่งเรียกว่าขดทุติยภูมิ ต่อเข้ากับกัลวานอร์มิเตอร์ เมื่อสับสวิทซ์ให้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เข้าวงจรขดลวดปฐมภูมิ เข็มของกัลวานอร์มิเตอร์ก็จะกระดิกไปอีกทางหนึ่งในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนแรก การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเนื่องจากเวลาย่อมทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่กัลวานอร์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองยังพบอีกว่า มิใช่เฉพาะการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนไหวของสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเท่านั้น การเคลื่อนที่ของขดลวดใดๆ ในสนามแม่เหล็กก็ย่อมทำให้เกิดไฟฟ้าไหลในขดลวดนั้นได้

สามารถกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตามเวลาหรือสนามแม่เหล็กไดนามิกส์ ย่อมทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force เขียนย่อว่า emf.) มีหน่วยเป็นโวลต์ซึ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ก็เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้านั่นเองสมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามกฎของฟาราเดย์คือ

$$emf = \frac{-d\phi}{dt} \quad \text{โวลต์} \tag{2.1}$$

อนึ่ง $\frac{d\phi}{dt}$ ในสมการ (2.1) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของเส้นสนามไฟฟ้าตามเวลาหรือสนามไฟฟ้าไดนามิกส์ และ ϕ คือ เส้นสนามแม่เหล็กที่ล้อมรอบตัวนำหรือขดลวด กำหนดให้มีค่าเป็นลบหมายความว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะสร้างสนามแม่เหล็กใหม่ที่มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของสนามแม่เหล็กเดิม ทำให้สนามแม่เหล็กในวงจรลดลง นั่นคือค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลง ถ้าขดลวดที่เป็นตัวนำดังกล่าวมี N รอบ จะได้สมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าใหม่คือ

$$emf = -NK\frac{d\phi}{dt} \tag{2.2}$$

$$\phi = \frac{1}{K_1 N}\int emf dt \tag{2.3}$$

เมื่อ dt = time differential

N = **จำนวนรอบที่พัน**

$K_1 = 10^{-8}$ **ในหน่วย** cgs-emu **หรือ** $K_1 = 1$ **ในหน่วย** SI

ในการวัดแม่เหล็กส่วนใหญ่ สารที่ต้องการวัดจะถูกพันด้วยขดลวดปฐมภูมิ (exciting wind) และขดลวดทุติยภูมิ (search coil) เพื่อที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกระแสถูกป้อนเข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ (Magnetizing field) จะถูกผลิตขึ้นและจะมีการผลิตฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ ขึ้นในสารด้วย ถ้าสารที่นำมาวัดมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกล่าวคือไม่มีช่องว่างอากาศ เช่น สารตัวอย่างรูปวงแหวน กระแสที่ป้อนจะถูกนำมาใช้ในการ magnetize สารตัวอย่างทั้งหมด และสนามแม่เหล็ก H จะเป็นสัดส่วนกับ I ดังสมการที่ (2.4)

$$H = KI \tag{2.4}$$

เมื่อ H = ความเข้มสนามแม่เหล็ก หน่วย Oe(A/m)

I = กระแสในขดลวดปฐมภูมิ หน่วย A

K = ค่าคงที่

สำหรับค่าฟลักซ์ ϕ ได้มาจากการอินทิเกรตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิดังสมการที่ (2.3) โดยฟลักซ์จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยการที่ H มีการเปลี่ยนแปลงไป

2.4 หลักการวัดลูป B-H แบบอนาลอก

ในการวัดลูป B-H แบบอนาลอก จะได้ฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ ถ้าพิจารณา $\int emfdt$ ซึ่งได้มาจากการเฉลี่ยหลายๆครั้ง ซึ่งวิธีการง่ายๆจะใช้วงจร integrator ทางอิเลคทรอนิกส์ซึ่งมีอัตราขยายสูงๆและมี resistive-capacitive ป้อนกลับ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ $\int emfdt$ ดังสมการที่ (2.5)

$$E = \frac{1}{RC} \times \int emfdt \tag{2.5}$$

เมื่อ E = แรงดันทางเอาท์พุต หน่วย โวลต์ (V)

R = ความต้านทานอินพุตของวงจร integrator หน่วย โอห์ม (Ω)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

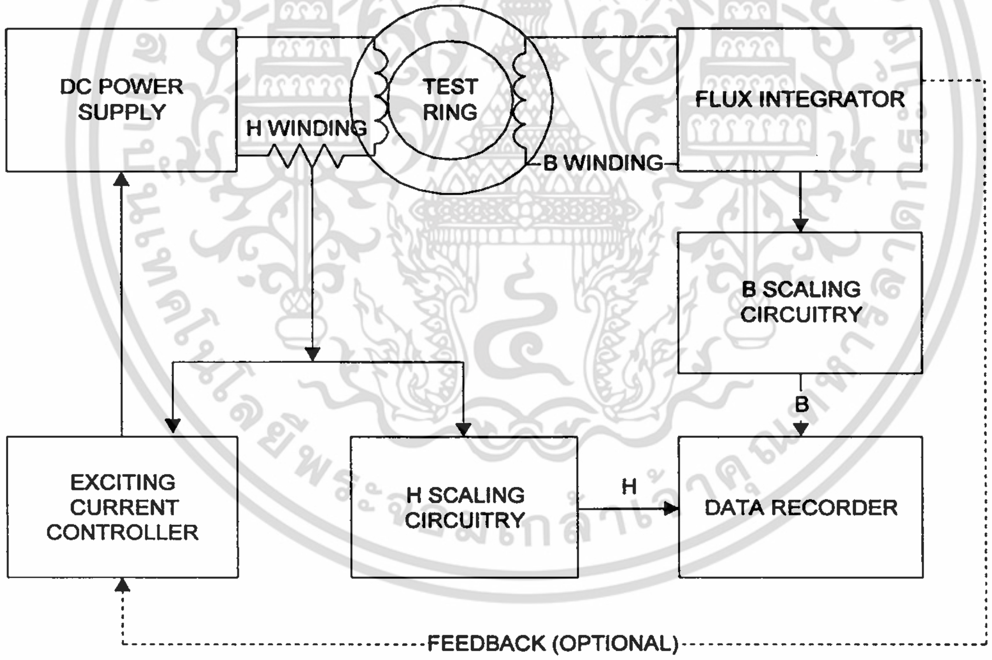
C = ค่าตัวเก็บประจุป้อนกลับ หน่วย ฟารัด (F)

โดยการรวมสมการที่ (2.4) และ (2.5) เข้าด้วยกัน จะได้

$$\phi = \frac{ERC}{K_1 N} \text{ หรือ } E = \frac{\phi N K_1}{RC} \quad (2.6)$$

ถ้าแรงดัน E ถูกป้อนทางแกน Y ของ X-Y recorder ค่าที่พลอตในแกน Y จะเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ ϕ

ในการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กและฟลักซ์แม่เหล็ก โดยวิธี hysteresigraph แสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของ Ring Test Apparatus

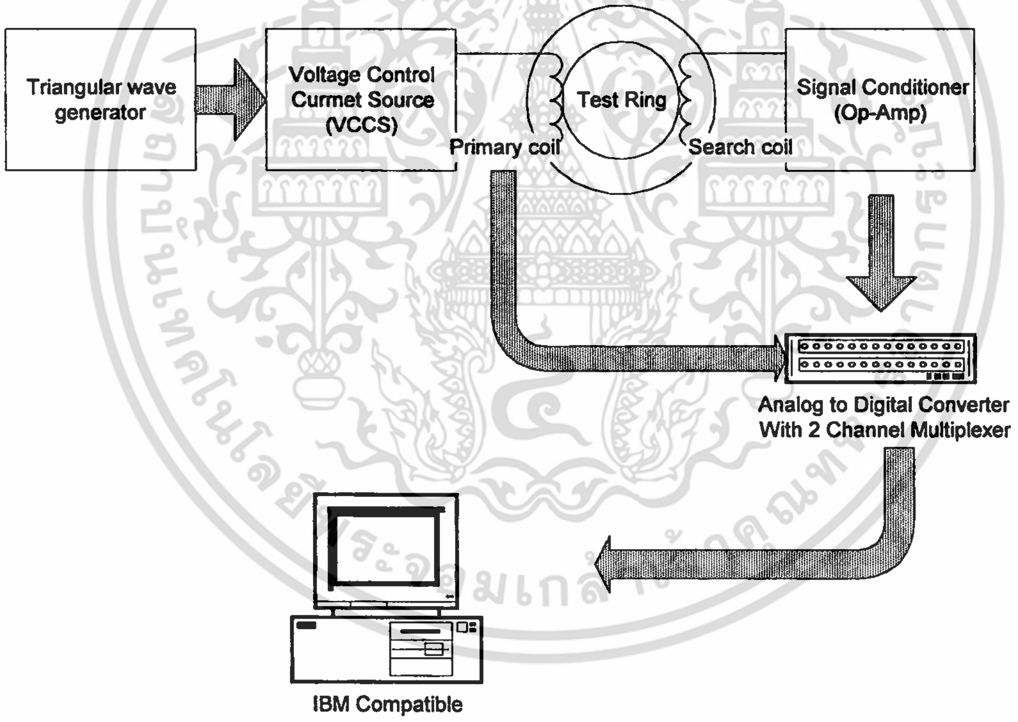
ในระบบจะประกอบไปด้วย magnetizing power force, an exciting current controller, electronic flux integrator และ data recorder **ซึ่งกระแสจะถูกป้อนไปยังขด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวด ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมทางด้านขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งแรงดันที่ได้จะบอกค่าสนามแม่เหล็ก H

2.5 หลักการของเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ในโครงงานพิเศษที่จัดทำนี้ จะใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงผลแทนการใช้ X-Y recorder และจะใช้คอมพิวเตอร์อินทิเกรตเพื่อให้ได้ค่า $\int emfdt$ แทนการใช้วงจรอินทิเกรเตอร์ทางอิเลคทรอนิกส์ พิจารณาบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมของ Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer

ในระบบจะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายไฟตรง ±5 และ ±12 โวลต์, แหล่งกำเนิดสามเหลี่ยม, วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน, วงจรปรับสภาวะสัญญาณ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ สจล. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เริ่มแรกสัญญาณสามเหลี่ยมจะถูกป้อนเข้าวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน เพื่อเปลี่ยนแรงดันให้เป็นกระแสก่อนจะป้อนเข้าขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทานที่ต่ออยู่กับขดลวดทำให้ได้แรงดันซึ่งสัมพันธ์กับสนามแม่เหล็ก H และขดลวดทุติยภูมิจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณแรงดันของสนามแม่เหล็ก H และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จะถูกนำไปผ่านวงจรปรับสภาวะสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปผ่านเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสัญญาณดิจิตอลที่ได้จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลทางตัวเลขและแสดงผลลูป B-H ฮิสเทอรีซิสออกมา

2.6 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

สัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดกระแสควบคุมด้วยแรงดันและสัญญาณที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิเป็นสัญญาณอนาลอก แต่เครื่องคอมพิวเตอร์จะประมวลสัญญาณที่เป็น ดิจิตอล ดังนั้นจึงต้องอาศัยเครื่องมือสำหรับทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากอนาลอก มาเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูลไปให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อ เครื่องมือดังกล่าวคือ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติและหลักการทำงานแตกต่างกันออกไป โดยจะสามารถแบ่งชนิดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ 3 ชนิดดังนี้

1. แบบใช้วงจรเปรียบเทียบขนาน หรือแบบแฟลช (Parallel Comparator Simulataneous or Flash A/D Converter) ความเร็วในการแปลงสัญญาณเร็วที่สุดใช้เวลาแปลงอยู่ในระดับนาโนวินาที จึงมักจะใช้ในงานที่ต้องการแปลงสัญญาณให้ดูต่อเนื่อง

2. แบบใช้การประมาณค่า (Successive Approximation A/D converter) ความเร็วในการแปลงสัญญาณปานกลางอยู่ในระดับไมโครวินาที มีความละเอียดสูง

3. แบบอินทิเกรตสัญญาณ (Integrating Type A/D converter) ความเร็วในการแปลงสัญญาณอยู่ในระดับมิลลิวินาที มักใช้ในการแปลงที่ไม่ต้องการความเร็วมากความถูกต้องแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานพิเศษนี้ใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบอินทิเกรตสัญญาณชนิดสโลปคู่ (Dual slope) เป็นวงจรรวมเบอร์ ICL7109

2.7 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบอินทิเกรตสัญญาณชนิดสโลปคู่

รูปที่ 2.5 แสดงผังวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิอลชนิดสโลปคู่ ในตอนแรกสวิทช์ S_1 จะปิดและสวิทช์ S_2 จะเปิด สัญญาณอินพุต V_{1A} จะถูกป้อนให้กับวงจรอินทิเกรเตอร์ เมื่อเอาท์พุตที่ออกจากวงจรอินทิเกรเตอร์มีค่ามากกว่าศูนย์เล็กน้อยจะทำให้เอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเปลี่ยนสถานะทำให้วงจรนับเริ่มรับสัญญาณนาฬิกา และจะทำการนับขึ้นไปเรื่อยๆ วงจรอินทิเกรเตอร์จะให้สัญญาณแรมป์เป็นคาบและคงที่ขณะหนึ่งเท่านั้น (ช่วงเวลา t_1) หลังจากนั้นช่วงเวลานี้แล้ววงจรควบคุมจะทำการเคลียร์วงจรนับ และทำการเปลี่ยนอินพุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ให้ต่อกับแรงดันอ้างอิงที่มีค่าเป็น $-V_R$ เป็นผลให้สัญญาณเอาท์พุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ลดลงเป็นเชิงเส้นจนมีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ เมื่อสัญญาณลดลงต่ำกว่าศูนย์เอาท์พุตวงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะ ทำให้สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับวงจรนับหยุดลง ซึ่งสัญญาณที่นับได้จะเป็นสัดส่วนกับ t_X แรงดันที่เปลี่ยนแปลงที่เอาท์พุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ในช่วงเวลา t_1 ขณะที่สัญญาณอนาลอกอินพุตที่ป้อนคือ V_1 กำลังถูกอินทิเกรต จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาท์พุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ในช่วงเวลา t_X ที่คายประจุจนมีค่าเป็นศูนย์ ประจุที่สะสม Q_1 ในตัวเก็บประจุ C_1 ในช่วงเวลา t_1 จะมีค่าเท่ากับประจุที่ถูกคายจากตัวเก็บประจุ Q_X ในช่วงเวลา t_X

$$Q_1 = Q_X \tag{2.7}$$

$$I_1 t_1 = I_X t_X \tag{2.8}$$

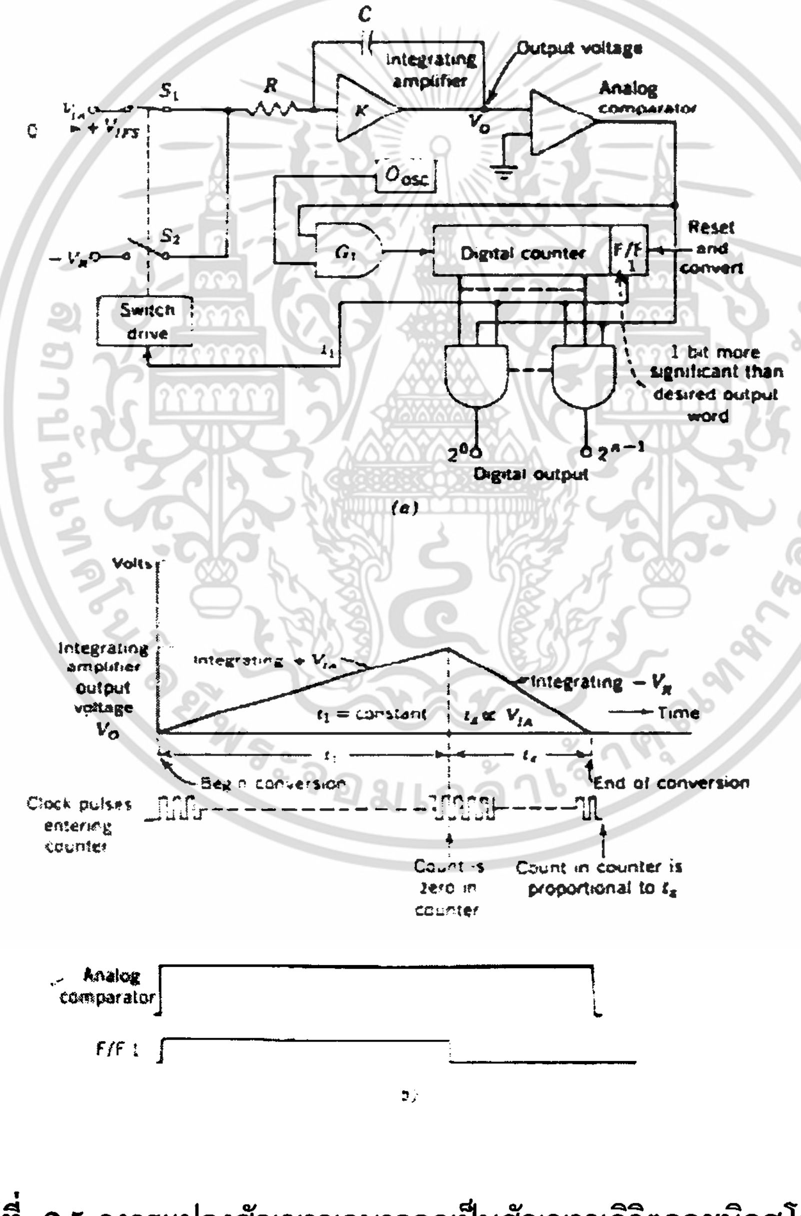
$$\frac{V_{1A}}{R_1} t_1 = \frac{V_R}{R_1} t_x \tag{2.9}$$

$$t_X = \frac{V_{1A}}{V_R} t_1 \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ข้อดีของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดสโลปคู่ก็คือความถูกต้องสูง ราคาถูกและมีเสถียรภาพทางด้านอุณหภูมิดี เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเนื่องมาจากอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อความถูกต้องของวงจร แต่ข้อเสียของวงจรแบบนี้ก็คือความเร็วในการแปลงสัญญาณต่ำ (อยู่ในระดับมิลลิวินาที)



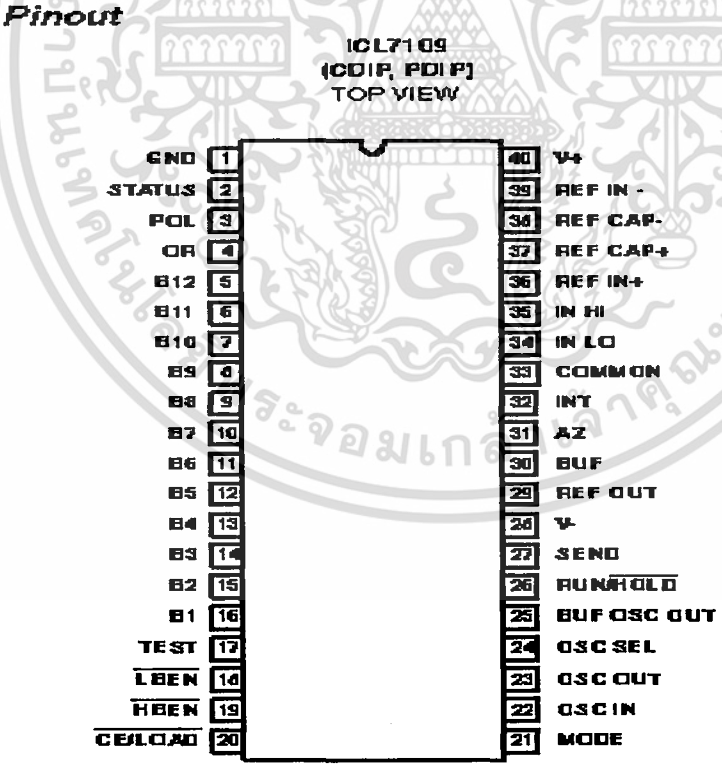
รูปที่ 2.5 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดสโลปคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานพิเศษนี้ใช้ ICL7109 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- มีความละเอียด 12 บิต และมีขั้วบอกว่าสัญญาณอนาลอกเป็นบวกหรือลบ และสามารถบอกได้ว่าสัญญาณอนาลอกที่เข้ามามีค่าเกินช่วง(Overrange)หรือไม่ และเป็นตัวแปลงสัญญาณชนิดสโลปคู่
- มีสัญญาณรบกวนต่ำ ประมาณ 15 μV_{p-p}
- ใช้กระแสไบอัสต่ำ ประมาณ 1 pA
- สามารถแปลงค่าได้มากถึง 30 ค่าต่อวินาที
- การเลื่อนลอยของสัญญาณต่ำ ~ 1 $\mu V/^{\circ}c$

ลักษณะขาสัญญาณต่างๆ ของ ICL7109 แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะขาสัญญาณของ ICL7109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละขาสัญญาณมีหน้าที่ดังนี้

1. STATUS

ในช่วงการแปลงสัญญาณขานี้จะมีลอจิกเป็น '1' ในตอนเริ่มต้นของสัญญาณอินทิเกรต และจะมีลอจิกเป็น '0' เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จ

2. MODE

เป็น '0' จะเป็นการส่งข้อมูลโดยตรงเข้า หน่วยประมวลกลาง

3. ขา B1-B12(Overrange-HI), POL(Polarity-HI)

มีบิตข้อมูลเอาท์พุทแบบสามสถานะ

4. $\overline{LBEN}, \overline{HBEN}$ (P1.6,P1.7)

ถ้าขา $\overline{LBEN}$ เป็น '0' และให้ขา MODE เป็น '0' และ CE/LOAD เป็น '0' จะเป็นการกระตุ้นให้มีข้อมูลออกมาจาก B1-B8 และถ้าขา $\overline{HBEN}$ เป็น '0' จะมีข้อมูลออกมาจากขา B9-B12, POL และ OR

5. $\overline{CE, LOAD}$: Chip Enabled Load(P1.5)

ให้ขา MODE เป็น '0', ขา CE/LOAD จะทำให้มีข้อมูลเอาท์พุทออกมาได้

6. $RUN, \overline{HOLD}$ (P1.4)

เมื่อมีสถานะเป็น '1' จะมีการแปลงสัญญาณอย่างต่อเนื่องทุกๆพัลส์จำนวน 8192 ลูกและเมื่อมีสถานะเป็น '0' จะหยุดแปลงสัญญาณในช่วง AUTO ZERO จำนวน 7 พัลส์ก่อนจะเริ่มอินทิเกรตใหม่

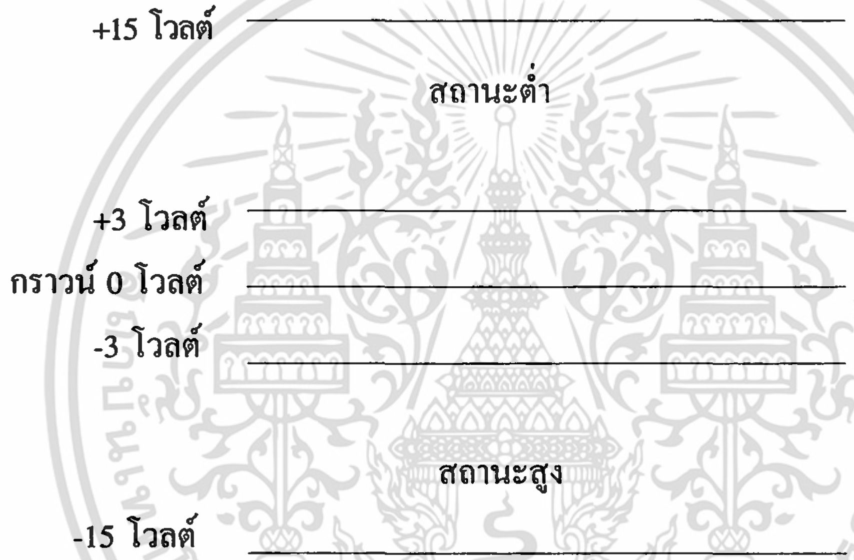
2.8 การติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มาตรฐาน RS-232C

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลมาเก็บไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 จากนั้นจึงให้ 89C51 ส่งข้อมูลมายังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) โดยในโครงงานนี้จะใช้อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) ที่ 9600 บิตต่อวินาที ซึ่งสามารถกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลเป็นค่าอื่นได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

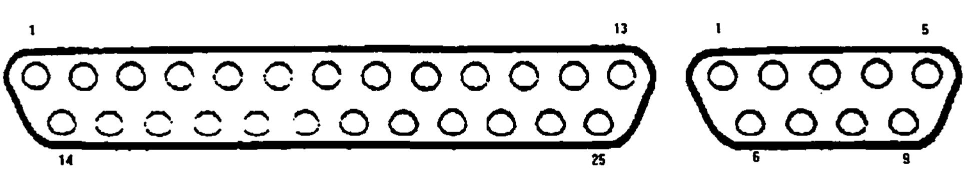
มาตรฐาน RS-232C คือมาตรฐานสำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ซึ่งมาตรฐานนี้เป็นการส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส กำหนดขึ้นโดยสถาบัน Electronics Industrials Association (EIA) มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันนี้ และในโครงงานพิเศษนี้ก็ได้นำมาใช้ในการติดต่อกันระหว่าง 89C51 กับคอมพิวเตอร์

ลักษณะสัญญาณของ RS-232C จะตรงข้ามกับความเป็นจริงคือสถานะสูงมีระดับแรงดัน -3 ถึง -15 โวลต์ แต่ส่วนใหญ่จะใช้ -12 โวลต์ และสถานะต่ำมีระดับแรงดันตั้งแต่ +3 ถึง +15 โวลต์ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะสัญญาณของ RS-232C

มาตรฐาน RS-232C ไม่ได้กำหนดชนิดของขั้วต่อไว้ แต่ที่ใช้กันมากมักจะเป็นขั้วต่อแบบ D (D-subminiature connector) 25 ขา หรือ 9 ขา ซึ่งมีลักษณะดังรูป 2.8 และการจัดตำแหน่งของขาสัญญาณแสดงดังตารางที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.8 มาตรฐานคอนเนคเตอร์ 25 ขาและ 9 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P2.0	BAUD RATE
0	9600
1	19200

ตาราง 2.2 อัตราการรับส่งข้อมูลกำหนดที่ ขา P2.0 ของ 89C51

ขั้วต่อแบบ D 25 ขา	
ขาที่	สัญญาณ
1	GND
2	Tx(Transmit Data)
3	Rx(Recieve Data)
4	RST(Request to Send)
5	CTS(Clear to Send)
6	DSR(Data set Ready)
7	Ground
8	DCD(Data Carrier Detect)
9	NC
10	NC
11	NC
12	NC
13	NC
14	NC
15	NC
16	NC
17	NC
18	NC
19	NC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20	DTR(Data Terminal Ready)
21	NC
22	RI(Ring Indicator)
23	NC
24	NC
25	NC

NC = NO CONNECT (ไม่ใช้งาน)

ตาราง 2.3 ตำแหน่งของขาสัญญาณบนขั้วต่อแบบ D 25 ขา

ขั้วต่อแบบ D 9 ขา	
ขาที่	สัญญาณ
1	Chassis Ground
2	Tx(Transmit Data)
3	Rx(Receive Data)
4	RTS(Request to Send)
5	CTS(Clear to Send)
6	DSR(Data set Ready)
7	GND(Signal Ground)
8	DCD(Data Carrier Detect)
9	NC

ตาราง 2.4 ตำแหน่งของสัญญาณบนขั้วต่อแบบ D 9 ขา

ขาสัญญาณต่างๆมีความหมายดังนี้

- T_X (Transmit Data) เป็นขาที่ส่งสัญญาณข้อมูลออกไปยังจุดอื่นๆ
- R_X (Receive Data) เป็นขาที่รับสัญญาณข้อมูลจากจุดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RTS(Request to Send) เป็นขาที่บอกต่อเครื่องอื่นๆว่าตัวเองพร้อมที่จะส่งข้อมูลแล้ว
- CTS(Clear to Send) เป็นขาที่บอกกับเครื่องอื่นว่าพร้อมจะรับข้อมูลแล้ว
- DSR(Data Set Ready) เป็นขาที่บอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยและพร้อมที่จะส่งได้
- Signal Ground เป็นขากราวน์ของสัญญาณ

ในโครงงานนี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบง่ายๆ คือใช้เฉพาะสาย T_X, R_X และกราวน์ต่อกันระหว่างเครื่อง

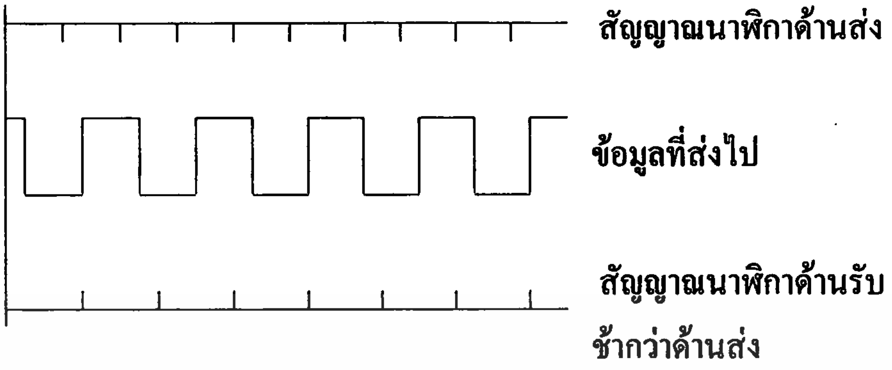
2.9 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมา กับคอมพิวเตอร์นั้นอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูล อาจมีสาเหตุมาจาก

1. ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล (Framming Error) ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของการส่งข้อมูลที่เกิดจากสัญญาณนาฬิกาที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 2 ด้านมีค่าไม่เท่ากัน เพราะว่าการทำงานของพอร์ตอนุกรมเมื่อพอร์ตได้รับบิตเริ่มต้นก็จะสุ่มอ่านค่าจากส่วนรับข้อมูล 1 ครั้งต่อ 1 รอบเพื่ออ่านบิตต่อไป ซึ่งระยะเวลาในการสุ่มอ่านแต่ละรอบนาฬิกาไม่ตรงกัน คอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะอ่านข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลของตนช้าเกินไปหรือเร็วเกินไปก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ด้านส่งจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังรูป 2.9

2. ความผิดพลาดจากการที่ข้อมูลถูกเขียนทับ(Overrun Error) เกิดจากการที่คอมพิวเตอร์ด้านส่งทำการส่งข้อมูลมาที่คอมพิวเตอร์ด้านรับ ในขณะที่ด้านรับยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เนื่องจากยังไม่ได้อ่านข้อมูลเดิมเข้าไปเก็บมีผลทำให้ข้อมูลที่เข้ามาใหม่ทับลงไปที่ข้อมูลเดิม ข้อมูลเดิมก็จะหายไปซึ่งความผิดพลาดนี้สามารถป้องกันได้ด้วยวิธีการแฮนด์เชคกิ้ง

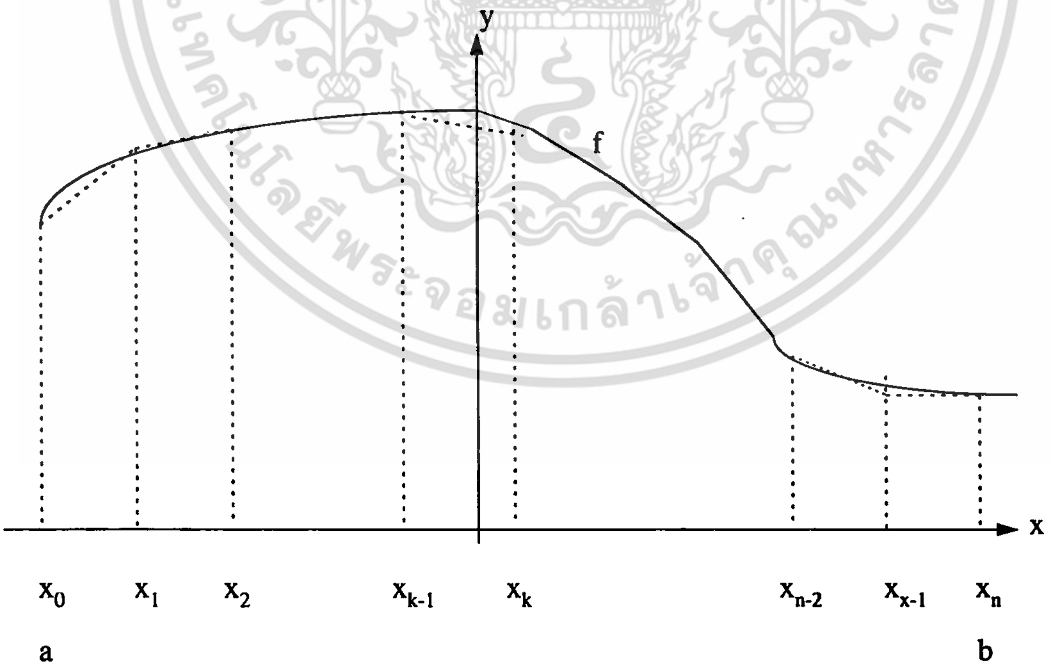
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล

2.10 การประมาณค่าพื้นที่ใต้กราฟ

ในการประมาณค่าพื้นที่ใต้กราฟหรือการอินทิเกรตกราฟในโครงงานนี้จะใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมู โดยหลักการคือแทนพื้นที่ใต้เส้นโค้งด้วยรูปสี่เหลี่ยมคางหมู วิธีนี้แบ่งช่วง [a,b] ออกเป็น n ช่วงและความกว้างแต่ละช่วงคือ (b-a)/n ดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 ช่วงความกว้างในการอินทิเกรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดปลายของช่วงใดๆ $[n_{k-1}, n_k]$ คือ $(x_{k-1},f(x_{k-1}))$ และ $(x_k,f(x_k))$ โดยการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดปลายทั้งสองจะได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมู พื้นที่ของสี่เหลี่ยมคางหมูคือ

$$\frac{f(x_{k-1}+f(x_k)}{2}(x_k - x_{k-1}) = \frac{b-a}{2n}\left[f(x_{k-1})+f(x_k)\right] \qquad (2.11)$$

เนื่องจาก

$$\int_a^b f(x)dx = \int_{x_0}^{x_n} f(x)dx$$

$$= \int_{x_0}^{x_1} f(x)dx + \int_{x_1}^{x_2} f(x)dx + \ldots + \int_{x_{k-1}}^{x_k} f(x)dx + \ldots + \int_{x_{n-1}}^{x_n} f(x)dx \qquad (2.12)$$

โดยการแทน (2.11) ใน (2.12) ได้

$$\int_a^b f(x)dx = \frac{b-a}{2n}\left[f(x_0)+f(x_1)+f(x_2)+\ldots+f(x_{k-1})+f(x_k)+\ldots+f(x_{n-1})+f(x_n)\right]$$

$$= \frac{b-a}{2n}\left[f(x_0)+2f(x_1)+2f(x_2)+\ldots+2f(x_k)+\ldots+f(x_n)\right]$$

$$= h\left[\frac{1}{2}f_0 + f_1 + f_2 + \ldots + f_k + \ldots + f_{n-1} + \frac{1}{2}f_n\right] \qquad (2.13)$$

เมื่อ $h = \frac{(b-a)}{n}$ และ $f_k = f(x_k)$ เรียก (2.13) ว่า **กฎสี่เหลี่ยมคางหมู**

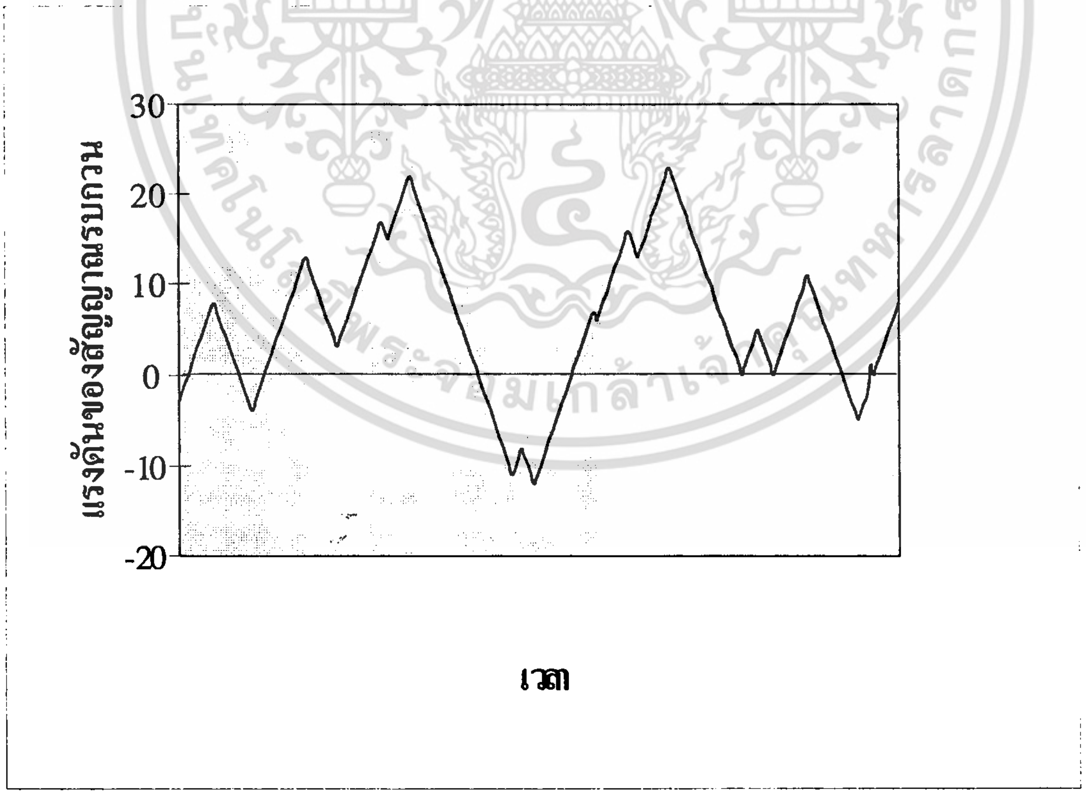
2.11 สัญญาณรบกวนในระบบอิเลคทรอนิกส์

รูปกราฟสัญญาณที่พลอตได้ในโครงงานของนี้ไม่เรียบทั้งนี้อาจมีสาเหตุ เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนทางอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งสัญญาณรบกวนทางอิเลคทรอนิกส์ (elrctronic noise) **ที่มีอยู่ในโลกทั้งหมดนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ สัญญาณรบกวนภายนอก และสัญญาณรบกวนภายใน สัญญาณรบกวนภายนอกอาจจะเกิดจากฝีมือ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์ เช่น เกิดจากแหล่งจ่ายจำพวกมอเตอร์, รีเลย์, หรือการจุดติดเครื่องยนต์ต่างๆ หรืออาจจะเกิดจากธรรมชาติ เช่นเกิดจากฟ้าแลบ, ฟ้าผ่า ก็ได้ สัญญาณรบกวนภายนอกเหล่านี้สามารถป้องกันได้ง่ายๆโดยทำการชีลด์อย่างถูกต้อง ส่วนสัญญาณรบกวนภายในนั้นเกิดขึ้นภายในวงจร ซึ่งยากที่จะคาดเดาว่าเกิดจากสาเหตุใด ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันคือการเลือกใช้อุปกรณ์ในวงจรอย่างระมัดระวัง และถูกต้องตามหลักการลดสัญญาณรบกวน

การลดสัญญาณรบกวนนั้นควรจะลดที่ต้นเหตุ ซึ่งถ้าสามารถทำได้แล้วก็จะลดปัญหาต่างๆที่ตามมาได้อย่างมาก สัญญาณรบกวนภายในเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม คือไม่สามารถทำนายได้ว่า สัญญาณที่เวลาต่างๆจะเป็นอย่างไร อุปกรณ์จำพวกพาสซีพ (passive component) เช่น ตัวต้านทาน ปกติแล้วจะมีสาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวนเพียงอย่างเดียว แต่สำหรับทรานซิสเตอร์อาจจะมีมากถึง 3 สาเหตุหรือมากกว่านั้น รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะสัญญาณอย่างสุ่มซึ่งสามารถเห็นได้ในออสซิลโลสโคป



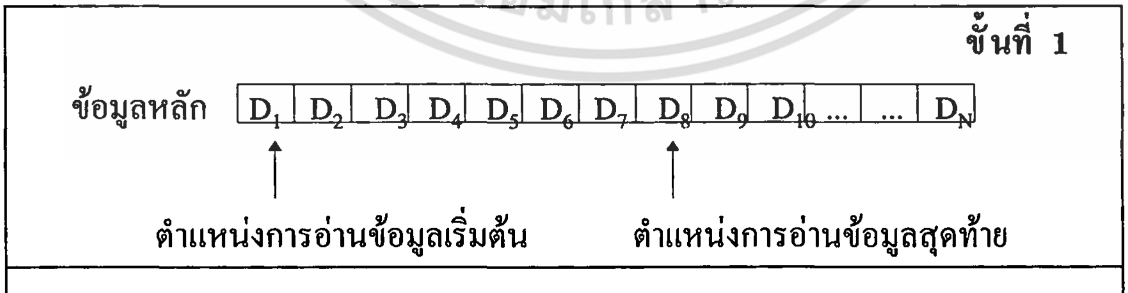
รูปที่ 2.11 สัญญาณรบกวนภายในอย่างสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การกรองสัญญาณด้วยวิธี Moving average

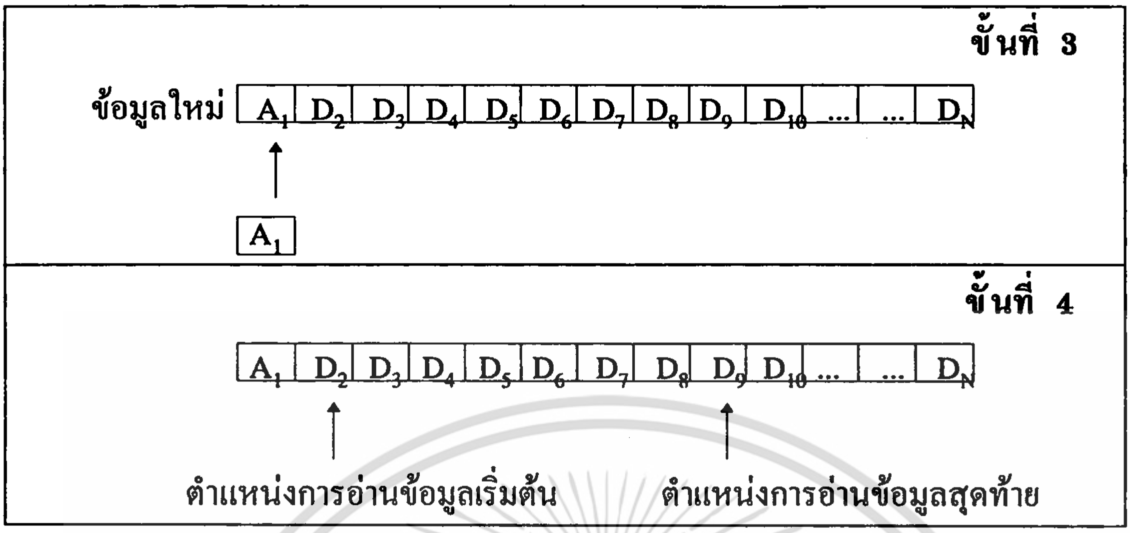
โดยปกติสัญญาณที่ได้จากขดลวดด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ อาจจะมีสัญญาณรบกวนขนาดเล็กๆปะปนอยู่ ซึ่งในบางครั้งอาจจะส่งผลให้เกิดเป็นสัญญาณที่ไม่ถูกต้องขึ้นมาได้ กรณีสัญญาณรบกวนในลักษณะเช่นนี้ จึงควรกรองสัญญาณรบกวนที่ปะปนเข้ามาโดยอาศัยวิธี Moving average ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้สัญญาณที่ได้มีความเรียบมากขึ้น ทำให้ลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนขนาดเล็กๆได้มากทำให้สัญญาณที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งในซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้ได้กรองสัญญาณโดยใช้วิธี Moving average แบบเฉลี่ย 8 จุด

รูปที่ 2.12 การคำนวณโดยใช้ Moving average แบบเฉลี่ย 8 จุด



$$A1 = \frac{D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + D6 + D7 + D8}{8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธี Moving average แบบเฉลี่ย 8 จุด

เมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากวิธี Moving average นี้ไปพลอตกราฟ จะทำให้กราฟที่ได้มีความเรียบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิจัยและการดำเนินการ

ในการดำเนินการขั้นแรก เริ่มจากการศึกษาหลักการทำงานและวิธีการใช้เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิส จากผู้จัดทำโครงงานในปีการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งการใช้งานเครื่องมือนั้นจำเป็นต้องใช้ร่วมกับ X-Y recorder โดยใช้ X-Y recorder เป็นเครื่องมือพลอตกราฟซึ่งทำให้จำกัดการใช้งานเกินไป ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาโครงงานให้สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวพลอตกราฟแสดงผลและสามารถแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ไว้ดูภายหลังได้อีกด้วย

การดำเนินงานขั้นต่อมา จึงทำการสร้างวงจรในส่วนต่างๆดังนี้คือ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน วงจรปรับสภาวะสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในส่วนของซอฟท์แวร์ (Software) ใช้สำหรับรับข้อมูลที่วงจรแปลงสัญญาณส่งมาให้แล้วจะนำไปแสดงผลในรูปของกราฟ นอกจากนี้ยังใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะแสดงผลข้อมูลออกมาได้สองทางคือทางจอภาพกับทางเครื่องพิมพ์

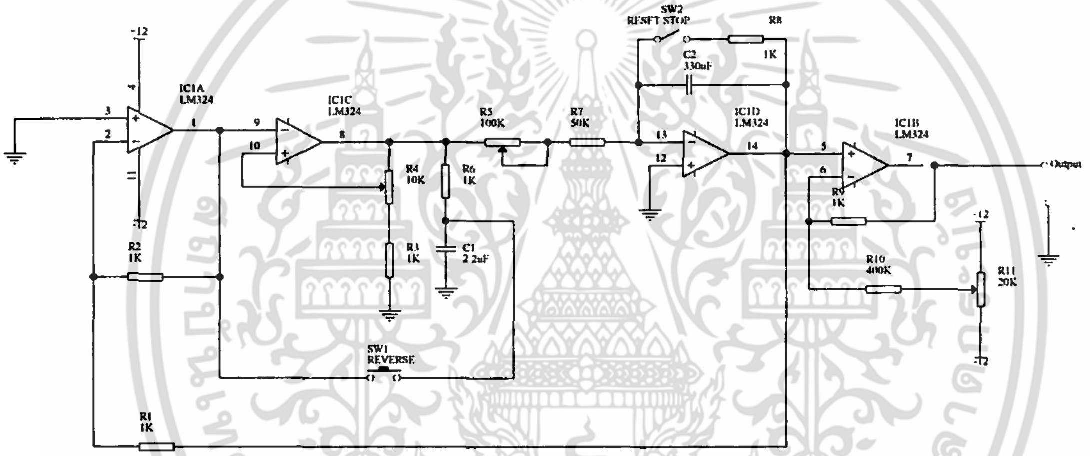
3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม(Triangular wave generator)

จากรูป 3.1 เป็นวงจรที่ใช้กำเนิดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมโดยใช้วงจรรวมเบอร์ LM324 ซึ่งภายในประกอบด้วยออปแอมป์ 4 ตัวด้วยกัน โดยออปแอมป์ตัวที่1ถึงตัวที่4 ตามลำดับคือ IC1A, IC1B, IC1C และ IC1D ตามลำดับซึ่งแต่ละตัวจะทำหน้าที่ต่างๆกัน โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดัน $\pm$ 12V ในการใช้งาน

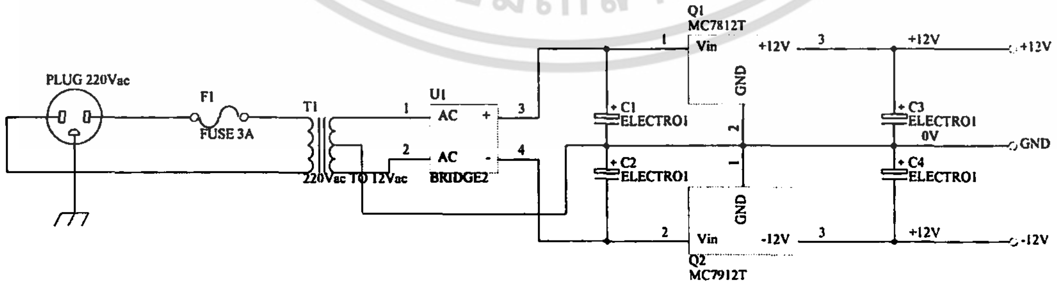
พิจารณาที่เอาท์พุตของ IC1C ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณ (comparator) โดยบริเวณที่ R3และ R4 ซึ่งเป็นความต้านทานปรับค่าได้ทำให้ค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างศักย์บริเวณอินพุทขา10ของ IC1C นั้นมีความต่างศักย์คงที่ซึ่งจะใช้เป็นจุดอ้างอิงระดับแอมปลิจูดของสัญญาณสามเหลี่ยมทำให้ตัวเปรียบเทียบ(comparator) ทำการเปรียบเทียบความต่างศักย์ออกมาผ่าน IC1D ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินทิเกรเตอร์ให้ออกเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณจะถูกปรับออฟเซตด้วยออปแอมป์ IC1B ซึ่งต่อเป็นวงจรปรับออฟเซต โดยการปรับค่าความต้านทาน R11 และสัญญาณจากเอาท์พุตของอินทิเกรเตอร์จะถูกป้อนกลับมายัง IC1A ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์(inverter) ซึ่งจะป้อนสัญญาณในช่วงที่ตรงข้ามกับสัญญาณเริ่มต้น



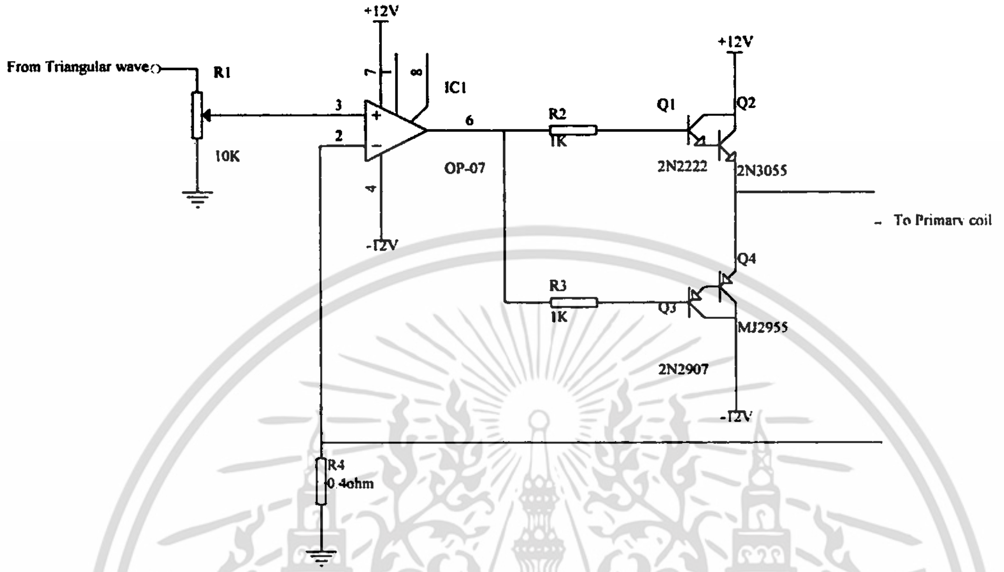
รูปที่ 3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม



รูปที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน(Voltage Control Current Source)

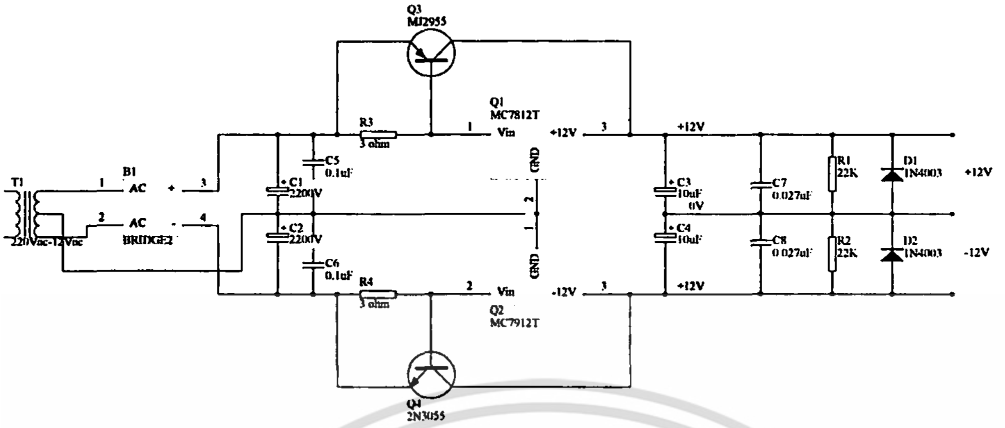


รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน(Voltage Control Current Source)

จากรูป ทำการลดระดับสัญญาณด้วยความต้านทานปรับค่าได้ R1 ให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะผ่านขาอินพุทขั้วบวกของวงจรรวมเบอร์ OP-07 ซึ่งเป็นออบแอมป์ที่ต่อแบบไม่กลับเฟส เพื่อมิให้เกิดการดึงสัญญาณเนื่องจากคุณสมบัติของออปแอมป์มีอินพุทอิมพิแดนซ์สูง จากนั้นเมื่อสัญญาณผ่านออกจากออปแอมป์จะนำมาใช้ขับทรานซิสเตอร์ ซึ่งต่อแบบวงจรคู่ดาร์ลิงตันเพื่อให้ขับกระแสออกมาได้มากขึ้น เนื่องจากการต่อแบบวงจรคู่ดาร์ลิงตันนี้เป็นการเพิ่มค่า β ของทรานซิสเตอร์ กระแสที่ขับออกมาได้มากสุดโดยประมาณ 3 A เนื่องจากความสามารถของทรานซิสเตอร์ที่สามารถให้ได้สูงสุด ซึ่งต่ออยู่กับโหลดคือ ขดลวดด้านปฐมภูมิ

เนื่องจากวงจรนี้มีการผลิตกระแสมาก จึงต้องมีวงจรสำหรับจ่ายแรงดันไฟเพื่อใช้งานวงจรดังรูปที่ 3.4

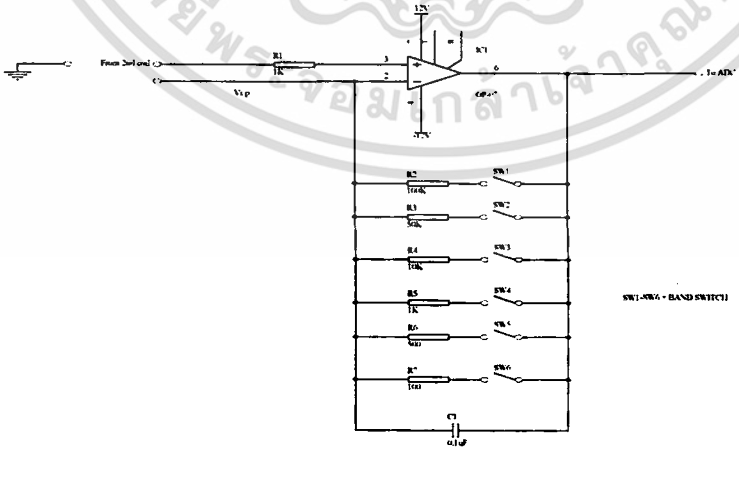
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน

3.3 วงจรปรับสภาวะสัญญาณ(Signal Conditioning)

ก่อนจะนำสัญญาณจากขดลวดปฐมภูมิ(H) และทุติยภูมิ(induce electromotive force) มาเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณนั้นจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายเพื่อให้ขนาดของสัญญาณสอดคล้องกับแรงดันอ้างอิงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยรูปที่ 3.5 แสดงถึงวงจรปรับสภาวะสัญญาณที่ใช้ในโครงงานนี้

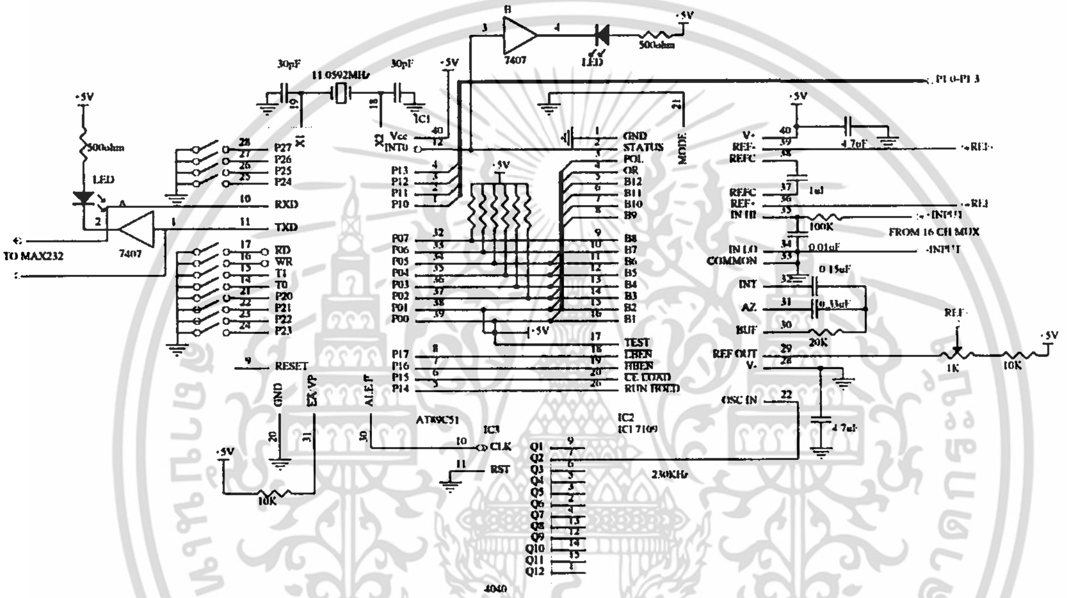


รูปที่ 3.5 วงจรปรับสภาวะสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นการใช้ออปแอมป์เบอร์ OP-07 ต่อแบบไม่กลับเฟส เพื่อให้ได้สัญญาณทางเอาท์พุทมีเฟสตรงกับทางด้านอินพุท โดยนำสัญญาณเข้าทาง ขา3 ของออปแอมป์ โดยมีอัตราขยายที่สามารถปรับค่าได้มากถึง 100 เท่า

3.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(Analog to Digital Converter)



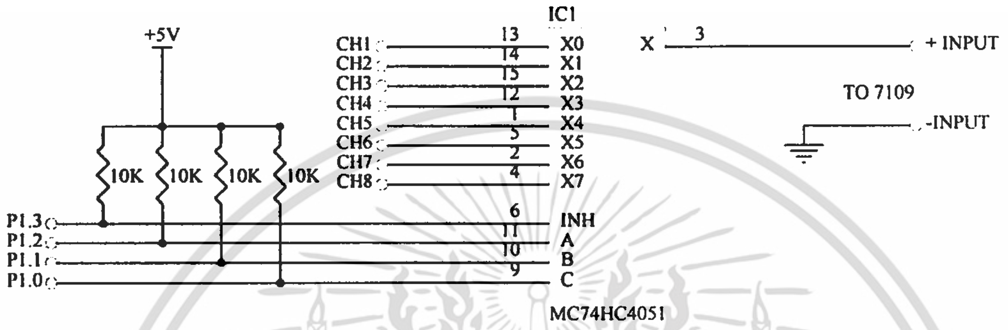
รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

รูป 3.6 เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยวงจรจะมีส่วนประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

1. ส่วนที่ทำหน้าที่มัลติเพลกซ์(Multiplex) สัญญาณจากวงจรขยายสัญญาณที่ได้มาจากขดลวดทางด้านปฐมภูมิ(H) และทางด้านทุติยภูมิ(induce electromotive force) เนื่องจากสัญญาณที่ต้องการมีลักษณะเป็นคู่อันดับเพื่อใช้สำหรับแสดงผลในรูปของกราฟ ดังนั้นจึงต้องส่งสัญญาณเข้ามาคราวละ 2 ครั้ง โดยจะส่งสัญญาณจากแกนใดแกนหนึ่งเข้ามาก่อนแล้วจึงส่งสัญญาณอีกแกนตามมา วงจรที่ทำหน้าที่ในส่วนนี้คือไอซี 4051 สามารถมัลติเพลกซ์สัญญาณได้ 8 ช่องสัญญาณ แต่ในที่นี้จะใช้เพียง 2 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ คือสัญญาณสนามแม่เหล็ก(H) ทางด้านขดลวดปฐมภูมิ(แกนตั้ง) และสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ(แกนนอน) สัญญาณที่ผ่านวงจรมัลติเพลกซ์ไปแล้วนั้นจะถูกส่งต่อไปยัง วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.7 วงจรมัลติเพลกซ์

2. ไอซี ICL7109 เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดสโลปคู่มีความละเอียดขนาด 12 บิต กำหนดให้มีแรงดันอ้างอิง ±400 มิลลิโวลต์ วงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกจากวงจรขยายสัญญาณ และจะทำการส่งค่าแปลงแล้วไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 อีกที

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) 89C51 จะรับสัญญาณมาจากไอซี ICL7109 แล้วจะจัดการข้อมูลที่ได้ให้อยู่ในรูปของอักขระเพื่อที่จะทำการส่งข้อมูลนี้ไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในการเซต(set) วงจรจะต้องทำการเซตที่ขาต่างๆ ของ 89C51 ดังที่แสดงไว้ในตาราง 3.1 ถึง 3.5

P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	SCAN
0	0	0	0	CH1
0	0	0	1	CH1-CH2
0	0	1	0	CH1-CH3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	0	1	1	CH1-CH4
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
1	1	1	1	CH1-CH16

ตาราง 3.1 การกำหนดจำนวนช่องสัญญาณโดยกำหนดที่ขา P2.4 ถึง P2.7 ของ 89C51

P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	บอร์ด
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
1	1	1	1	F

ตาราง 3.2 กำหนดหมายเลขบอร์ด(Board) ที่ขา P3.4 ถึง P3.7 ของบอร์ด 89C51

P2.0	อัตราการรับส่งข้อมูล
0	9600
1	19200

ตาราง 3.3 อัตราการรับส่งข้อมูลกำหนดที่ขา P2.0 ของ 89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

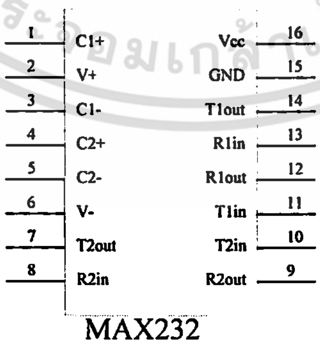
P2.1	วิธีการรับส่งข้อมูล
0	ส่งด้วยความเร็วสูงสุดโดยไม่ต้องรอสัญญาณกระตุ้น
1	รอคอยสัญญาณกระตุ้นก่อนจึงค่อยส่งข้อมูลไป 1 ไบท์

ตาราง 3.4 เลือกวิธีการรับส่งข้อมูล

P2.3	ลักษณะของสัญญาณที่ทำการส่ง
0	ส่งสัญญาณในแบบไบโพลา(Bipolar)
1	ส่งสัญญาณในแบบยูนิโพลา(Unipolar)

ตาราง 3.5 เลือกลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไป

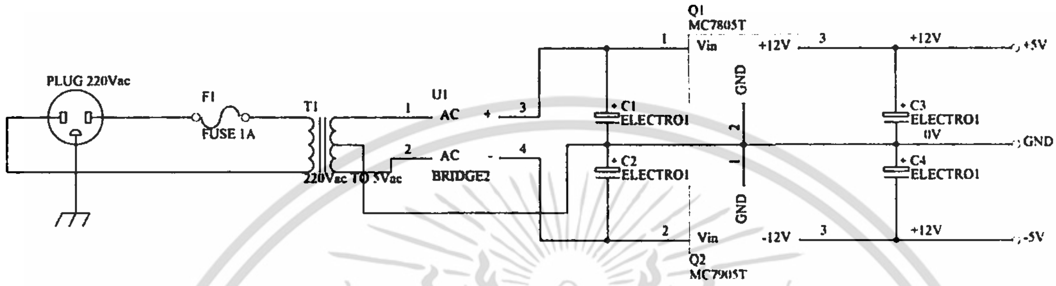
4. ไอซี MAX232 ดังรูปที่ 3.8 ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณแบบทีทีแอล(TTL ลักษณะของสัญญาณจะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม ที่สถานะต่ำจะเป็น 0 โวลต์ สถานะสูงจะเป็น +5 โวลต์) ไปเป็นสัญญาณแบบ RS-232 เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.8 ลักษณะขาสัญญาณของ MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แหล่งจ่ายแรงดันของวงจรส่วนนี้จะเป็นแรงดันด้านบวกและลบ 5 โวลต์สำหรับสัญญาณอนาลอก แรงดัน +5 โวลต์ สำหรับสัญญาณดิจิตอล ส่วนกราวน์จะใช้ร่วมกัน



รูปที่ 3.9 วงจรจ่ายแรงดันใช้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.5 ด้านซอฟท์แวร์

ซอฟท์แวร์ที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ เป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนามาจากภาษาเบสิก คือ วิชวลเบสิก(Visual Basic) เวอร์ชัน 3.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ปฏิบัติงานบน Windows สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรมบน Windows เนื่องจากมีระบบการติดต่อกับผู้ใช้งานง่ายกว่าโปรแกรมบน Dos คือใช้ระบบกราฟิค(graphical environment) หรือที่เรียกกันว่า Graphical User Interface(GUIs) และมีลักษณะการเขียนโปรแกรมเป็นโครงสร้าง สามารถเขียนอ่านได้ง่าย จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ ซึ่งจะช่วยให้การนำซอฟท์แวร์ต้นแบบนี้ไปแก้ไขหรือพัฒนาต่อไปได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

การทำงานของซอฟท์แวร์ตัวนี้ จะนำเอาข้อมูลที่ได้จาก 89C51 มาแสดงผลเป็นกราฟสัญญาณแบบทันทีและวิเคราะห์ผลออกมาเป็น B-H ฮิสเทอรีซิสลูปต่อไป ซึ่งจะทำให้สามารถทราบค่า residual magnetic flux density(B_r), coercive force(H_c) นอกจากนี้ยังสามารถเก็บข้อมูลที่ได้ลงบนแผ่นจานแม่เหล็กเพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ใหม่ได้

ซอฟท์แวร์ที่ทำออกเป็นส่วนๆตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ซอฟท์แวร์ส่วนรับข้อมูล เป็นซอฟท์แวร์สำหรับติดต่อกับพอร์ตอนุกรม โดยจะทำการรับข้อมูลที่ส่งมาจาก 89C51 ซึ่งส่งเข้ามาครั้งละ 1 ไบท์ อยู่ในรูปของรหัสแอสกี(ASCII) แล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลจากข้อมูลตัวอักษรเป็นตัวเลขจำนวนเต็มแล้วจึงนำตัวเลขที่ได้ไปคำนวณก่อนจะนำมาพลอตกราฟ โดยกระบวนการในแต่ละขั้นเป็นดังนี้

1.1 ในตอนแรก 89C51 จะส่งสัญญาณมายังคอมพิวเตอร์เรื่อยๆ และเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม Start จะเป็นการเปิดพอร์ตเพื่อรับข้อมูลเข้ามา สมมติข้อมูลเข้าดังเครื่องหมายคำพูดนี้ "+4095,+0000" ข้อมูลเหล่านี้มีลักษณะเป็นอักษร(String) โดยข้อมูลที่อยู่หน้าเครื่องหมายจุลภาคจะเป็นข้อมูลในแกนสนามแม่เหล็ก H ส่วนข้อมูลที่อยู่หลังเครื่องหมายจุลภาคจะเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

1.2 ทำการแยกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของสนามแม่เหล็ก H กับส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้ข้อมูลเป็น "+4095" กับ "+0000" ขณะนี้ข้อมูลยังเป็นอักษรอยู่ซึ่งยังใช้ในการคำนวณไม่ได้ จึงต้องทำการเปลี่ยนชนิดของข้อมูลให้เป็นตัวเลขก่อน เมื่อทำการเปลี่ยนชนิดของข้อมูลแล้วจะได้ข้อมูลที่เป็นตัวเลข 2 จำนวน

1.3 นำเลขจำนวนเต็มทั้ง 2 จำนวนไปทำการคำนวณแล้วจึงนำมาพลอตกราฟ 2. ส่วนแสดงผลทางจอภาพ จะนำข้อมูลซึ่งคู่ลำดับที่ได้จากส่วนที่ 1 มาแสดงเป็นกราฟทางจอภาพ

3. ส่วนวิเคราะห์ผลข้อมูลหรือส่วนอินทิเกรตข้อมูล จะนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟโดยวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู แล้วนำค่าพื้นที่ที่ได้มาพลอตกราฟลูป B-H ฮิสเทอรีซิสอีกทีหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่าต่างๆของกราฟที่พลอตได้ดังนี้คือ residual magnetic flux density (B_r), coercive force(H_c)

4. ส่วนแสดงผลข้อมูลทางเครื่องพิมพ์ จะทำการลอกจอภาพตามแนวนอนส่งไปให้เครื่องพิมพ์ทำการพิมพ์หน้าจอจากบนลงล่างจนกระทั่งได้ภาพสมบูรณ์

5. ส่วนรับค่าจากแป้นพิมพ์ ใช้ในการรับค่าสูงสุดและต่ำสุดของช่วงพิกัดที่จะพลอตกราฟทั้งแกน X และแกน Y

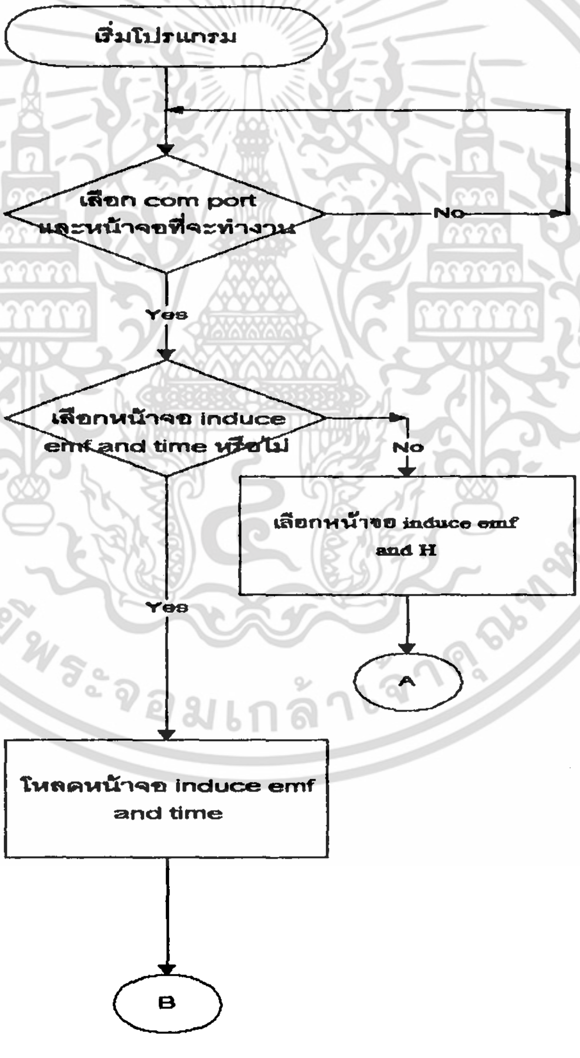
6. ส่วนบันทึกผลข้อมูล จะทำการบันทึกผลข้อมูลตั้งแต่เริ่มรับค่าเพื่อพลอตกราฟจนจบ โดยสามารถเลือกที่จะบันทึกหรือไม่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ส่วนเปิดไฟล์ข้อมูลที่บันทึกไปแล้วกลับมาดูใหม่ โดยจะทำการเปิดไฟล์ข้อมูลมาแสดงผลได้อีกครั้ง

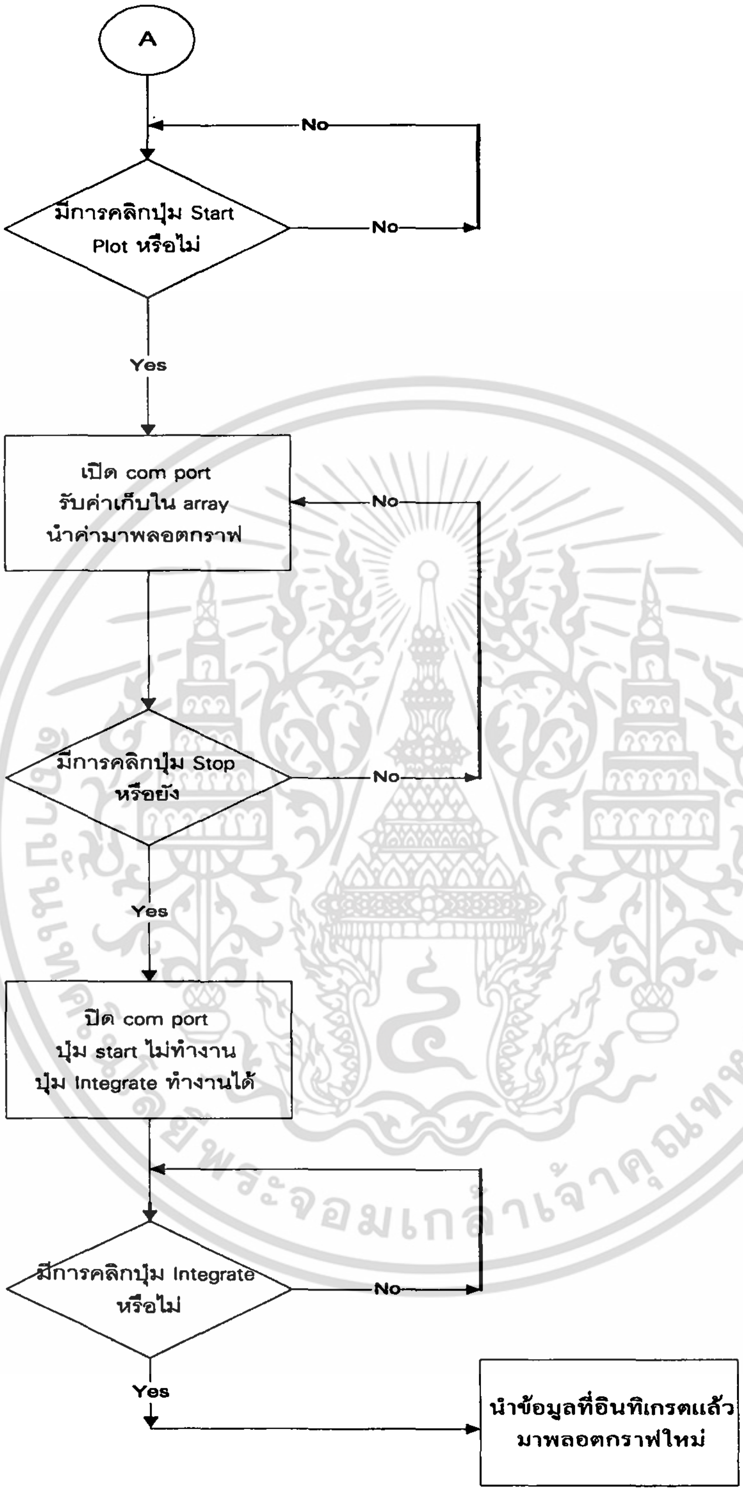
8. ส่วนวิธีใช้งานโปรแกรม(Help) จะเป็นส่วนที่บอกถึงการใช้งานโปรแกรมทดให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยศึกษาจากโปรแกรมในส่วนนี้ทำให้ผู้ที่เพิ่งเริ่มใช้งานโปรแกรมใช้งานได้ถูกต้อง นอกจากนี้ในส่วนนี้ยังบอกถึงรายละเอียดความเป็นมาของโครงงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

บล็อกไดอะแกรมในแต่ละส่วนของซอฟท์แวร์แสดงดังรูปที่ 3.10 - 3.12



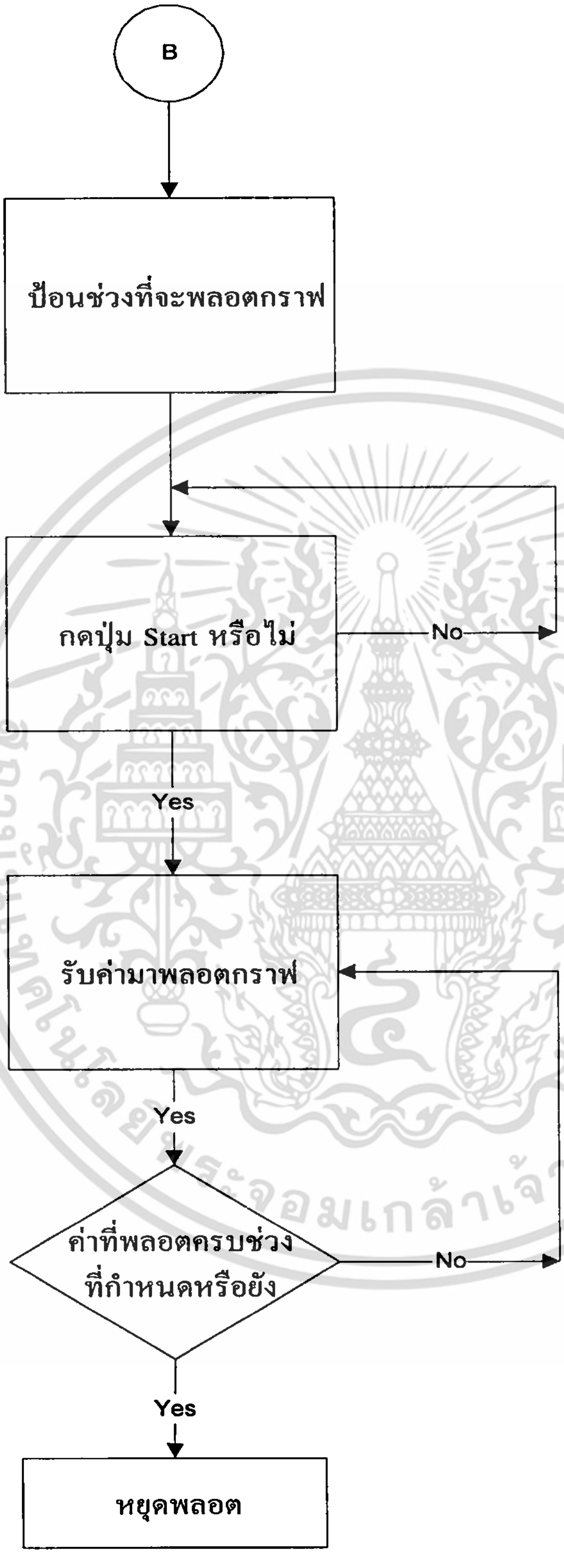
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเริ่มต้นทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงการรับค่ามาพลอตกราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมการรับค่ามาพลอตกราฟเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบเครื่องมือที่ได้ทำการสร้าง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

-ส่วนฮาร์ดแวร์

1. ทดสอบการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม โดยนำค่าแรงดันของสัญญาณมาพลอตกราฟเพื่อที่จะดูว่าสัญญาณนั้นเกิดการออฟเซต(offset) หรือไม่

2. ทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลว่ามีความเป็นเชิงเส้นมากน้อยเพียงใด

-ส่วนซอฟท์แวร์

1. ทดลองการทำงานของโปรแกรม เพื่อพิจารณาว่ากราฟที่พลอตได้มีความถูกต้องหรือไม่ โดยทำการพิจารณากราฟที่พลอตได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับกราฟที่พลอตได้จาก X-Y recorder

2. ทดสอบทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม โดยทดลองให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จำลองขึ้นมาแล้วดูผลที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่

วิธีการทดลอง

4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. ทดสอบการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

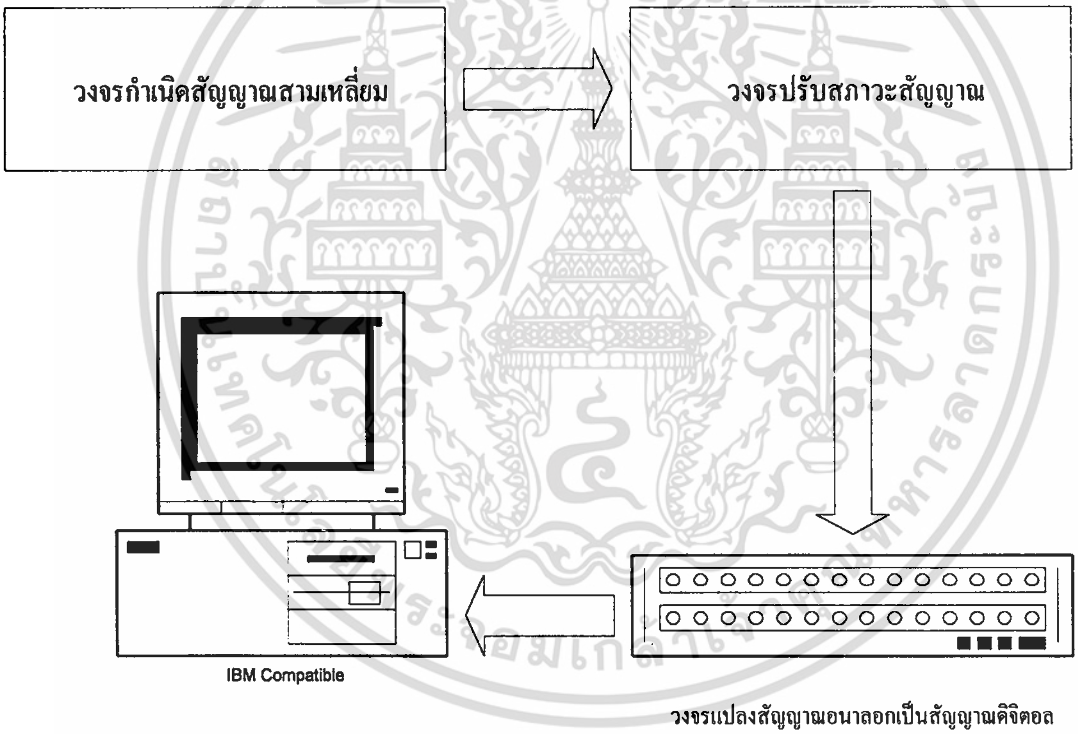
ในการทดลองนี้จะต่อวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อน(อยู่ในช่วง ±400 มิลลิโวลต์) โดยสัญญาณที่แปลงเป็นดิจิตอลแล้วจะถูกส่งผ่านมายังเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะใช้โปรแกรม Xtalk ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับรับส่งข้อมูลเป็นตัวรับข้อมูลมาแสดงผลทางหน้าจอ และจะทำการบันทึกสัญญาณข้อมูลที่ปรากฏบนหน้าจอ(Capture) เพื่อนำข้อมูลที่ตรวจจับได้ไปทำการพลอตกราฟเพื่อพิจารณาต่อไป

ขั้นตอนในการทดลอง

1.1 เชื่อมต่อสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมกับวงจรปรับสภาวะสัญญาณเพื่อปรับระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วง ±400 มิลลิโวลต์ ก่อนจะนำไปเชื่อมกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ดังรูป 4.1

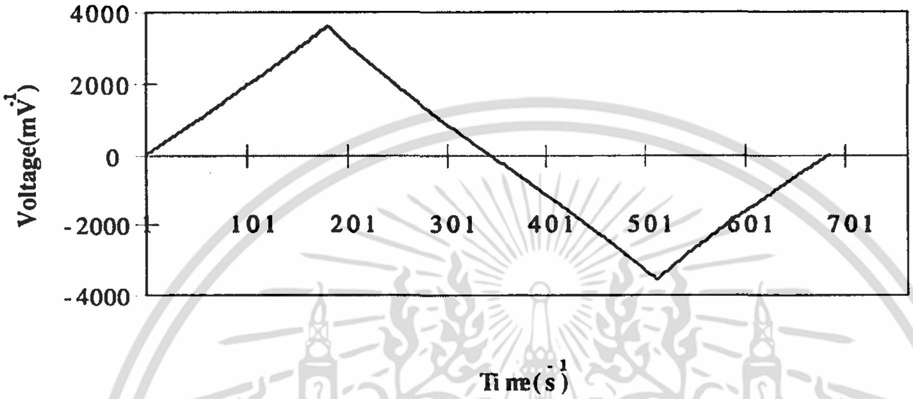


รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบสัญญาณสามเหลี่ยม

1.2 ข้อมูลที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์จะมีเพียง 1 ช่องสัญญาณเท่านั้น โดยจะใช้โปรแกรม Xtalk เป็นตัวจับสัญญาณไว้หลังจากนั้นนำข้อมูลมาพลอตกราฟเพื่อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้โดยใช้โปรแกรมเอ็กเซล (Excel) ซึ่งสัญญาณที่ได้มีลักษณะดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง

2. ทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

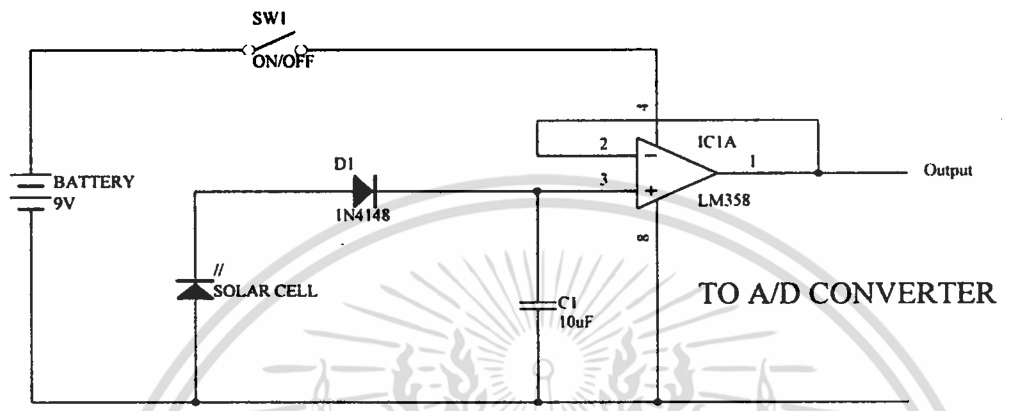
สำหรับการทดลองนี้จะมีวงจรกำเนิดสัญญาณอนาลอกที่มีความแม่นยำ โดยใช้โซลาร์เซลล์(Solar Cell) ต่อเป็นวงจรดังรูปที่ 4.3 เมื่อมีแสงมาตกกระทบบนโซลาร์เซลล์จะทำให้เกิดกระแสไหลและมีแรงดันตกคร่อมโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ จะนำแรงดันนี้ป้อนให้กับช่องสัญญาณต่างๆของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลและทำการบันทึกสัญญาณไว้ เช่นเดียวกับข้อ1 และนำสัญญาณที่ได้ไปพลอตกราฟเพื่อพิจารณาความเป็นเชิงเส้นของวงจร

ขั้นตอนในการทดลอง

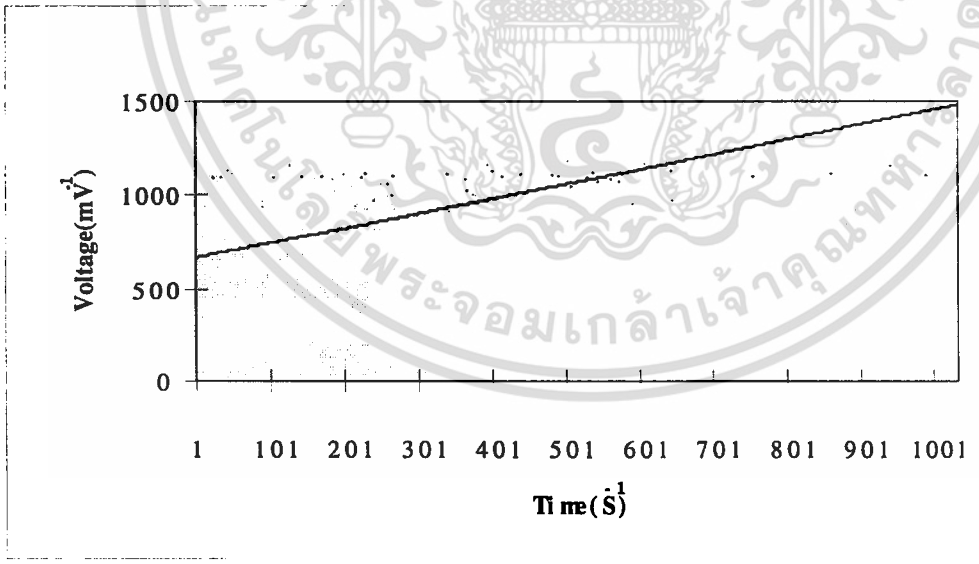
2.1 ต่อวงจรดังรูป 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ซึ่งลักษณะสัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้ง 2 ช่องสัญญาณมีลักษณะเป็นดังรูป 4.4 และ 4.5

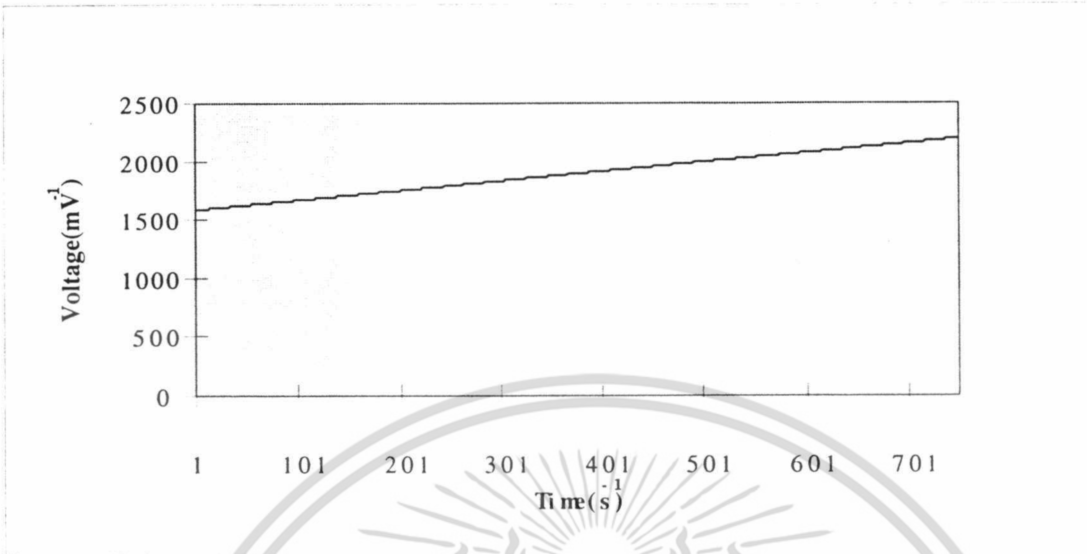


รูปที่ 4.3 วงจรทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 4.4 กราฟความเป็นเชิงเส้นสัญญาณช่องที่ 1ที่ได้จากการทดลอง

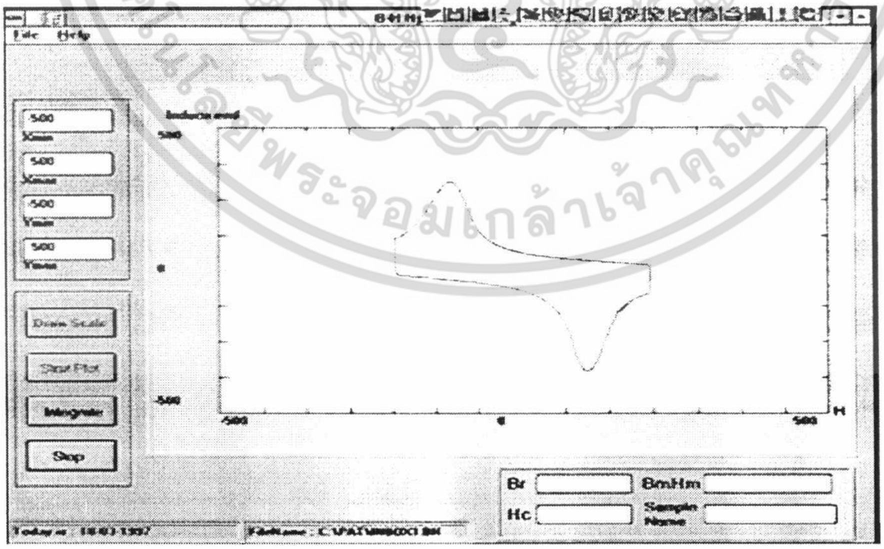
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟความเป็นเชิงเส้นสัญญาณช่องที่ 2ที่ได้จากการทดลอง

4.2 ส่วนซอฟท์แวร์ (Software)

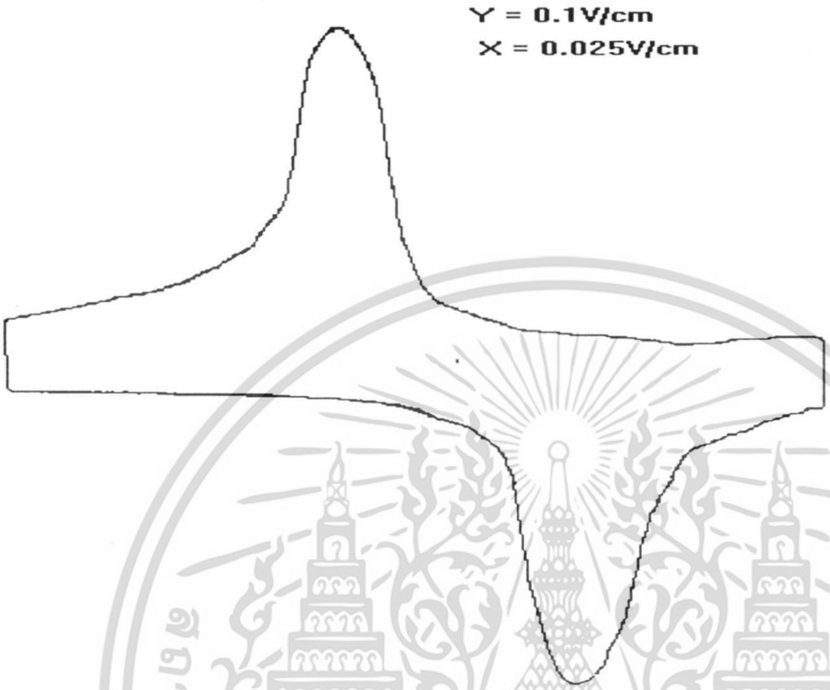
1. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยจะทำการรับข้อมูลสนามแม่เหล็ก H และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมาพลอตกราฟ ได้ผลดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
และสนามแม่เหล็กที่ได้จากโปรแกรม CB-HHLT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

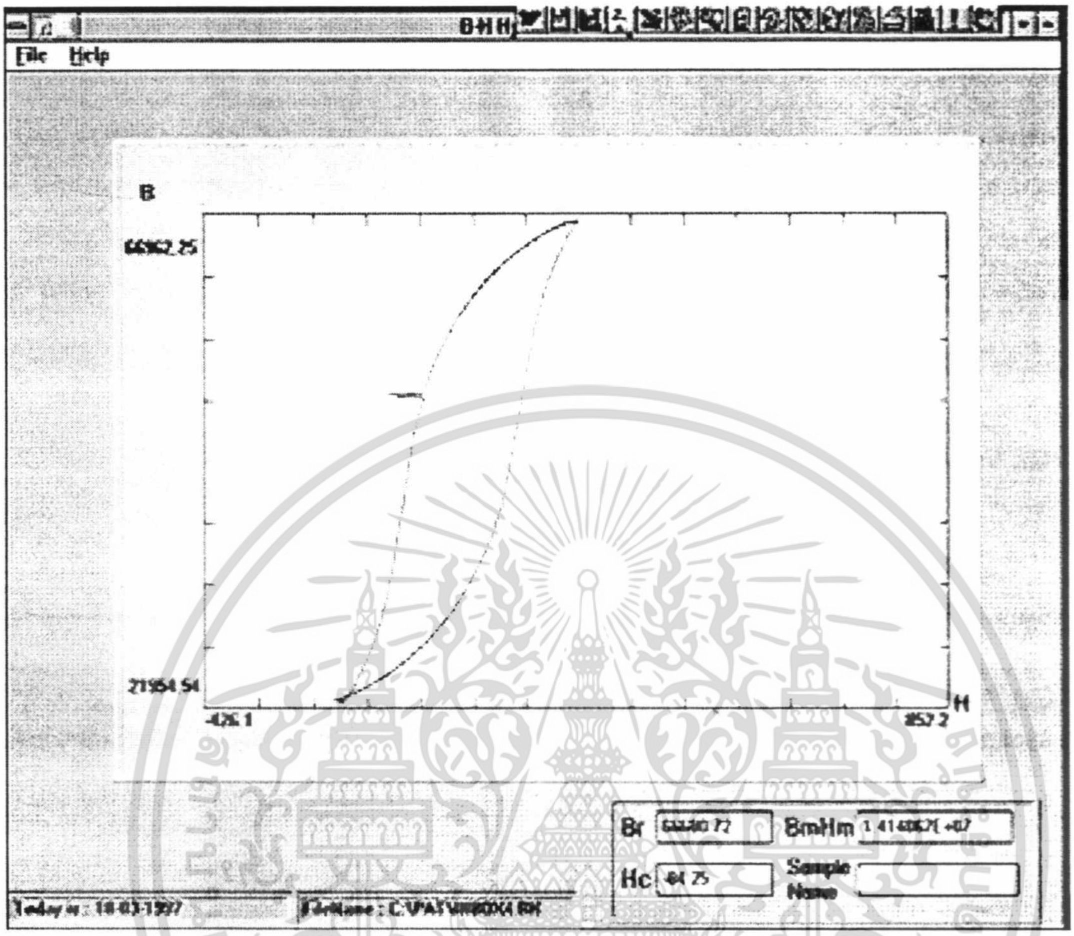
และเมื่อพลอตกราฟโดยใช้ X-Y recorder ได้สัญญาณดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และสนามแม่เหล็กที่ได้จากX-Y recorder

2. ทดสอบด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม โดยจะทำการรับข้อมูลสนามแม่เหล็ก H และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมาพลอตกราฟ และทำการอินทิเกรตสัญญาณเพื่อพิจารณาลูป B-H ฮิสเทอรีซิสที่ได้จากโปรแกรม CB-HHLT ซึ่งสัญญาณที่พลอตได้จากโปรแกรมที่เขียนแสดงดังรูป 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสที่ได้จากการทดลอง

4.3 การทดลองวัดเหล็กเพลาขาว 2 ชนิด

ในการทดลองนี้ได้นำชิ้นสารแม่เหล็กเฟอโรที่หามาได้จากท้องตลาด ซึ่งเป็นเหล็กเพลาขาวของ 2 ประเทศ คือจีนกับญี่ปุ่นมาทำการวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิส โดยเหล็ก 2 ชิ้นนี้เป็นเหล็กที่มีลักษณะเป็นรูปวงแหวน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากันคือ 5 เซนติเมตรและ 3 เซนติเมตรตามลำดับ และได้นำเหล็กทั้งสองนี้ไปทำการวิเคราะห์หาส่วนผสมภายในที่คณะพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ผลดังตาราง 4.1

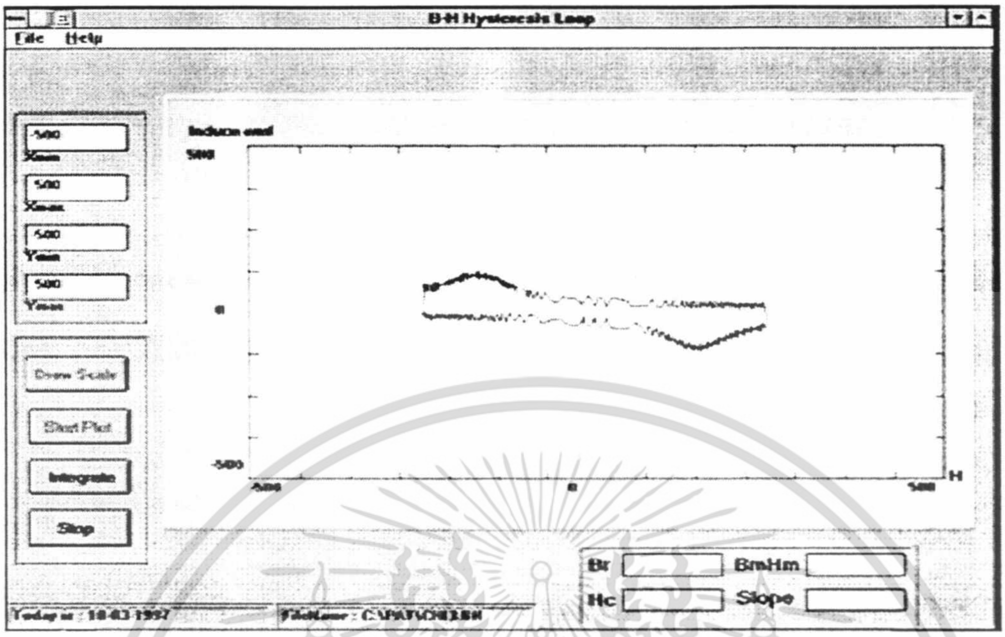
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	จีน	ญี่ปุ่น
ธาตุ	%	%
C	0.5000	0.5100
Si	0.2400	0.2400
Mn	0.6000	0.6000
P	0.0080	0.0080
S	0.0300	0.0310
Ni	0.0160	0.0170
Cr	<0.0100	<0.0100
Mo	<0.0390	<0.0390
Cu	0.0246	0.0250
V	0.03200	0.0220
Sn	<0.0016	<0.0016
Ti	0.0228	0.0228

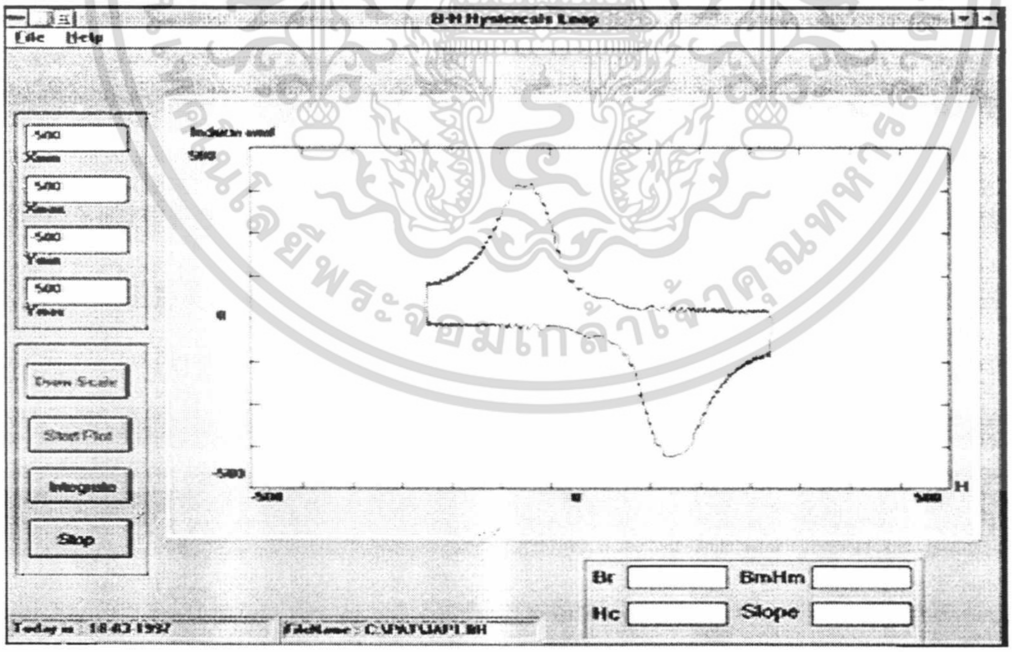
ตารางที่ 4.1 ส่วนผสมภายในของเหล็กที่นำมาทดสอบของเหล็ก 2 ชนิดจากประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่น

เมื่อนำเหล็กทั้งสองมาทดสอบเพื่อพิจารณาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ(induce electromotive force) และสนามแม่เหล็ก(H) และลักษณะลูป B-H ฮิสเทอรีซิส ได้ผลเป็นดังรูปที่ 4.9-4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

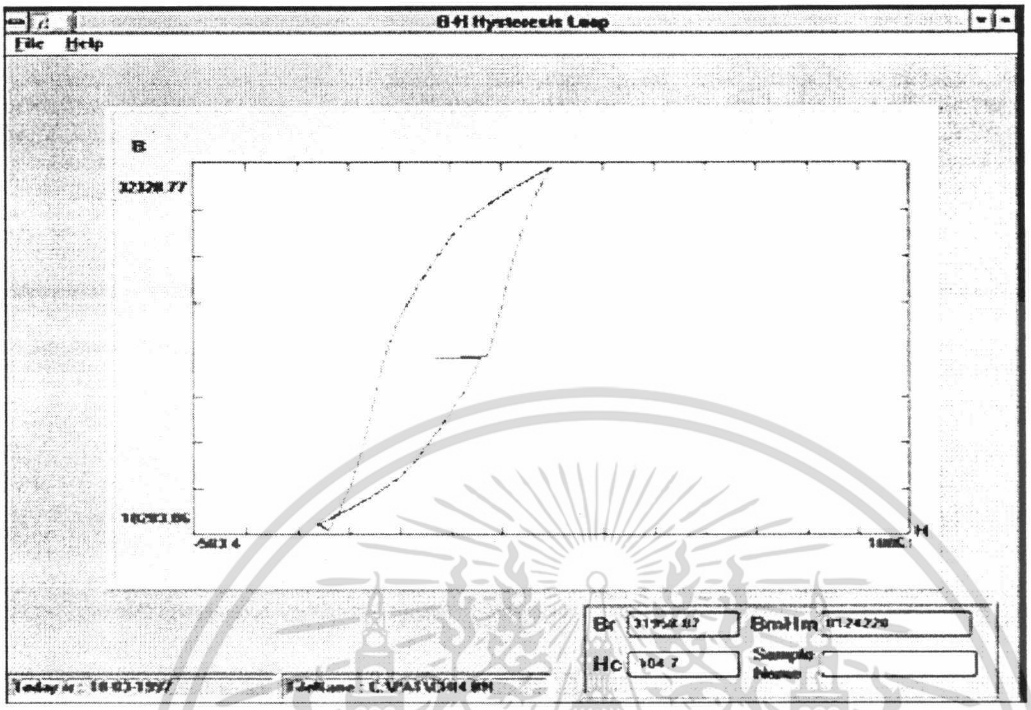


รูปที่ 4.9 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
และสนามทำแม่เหล็กของเหล็กจากประเทศจีน

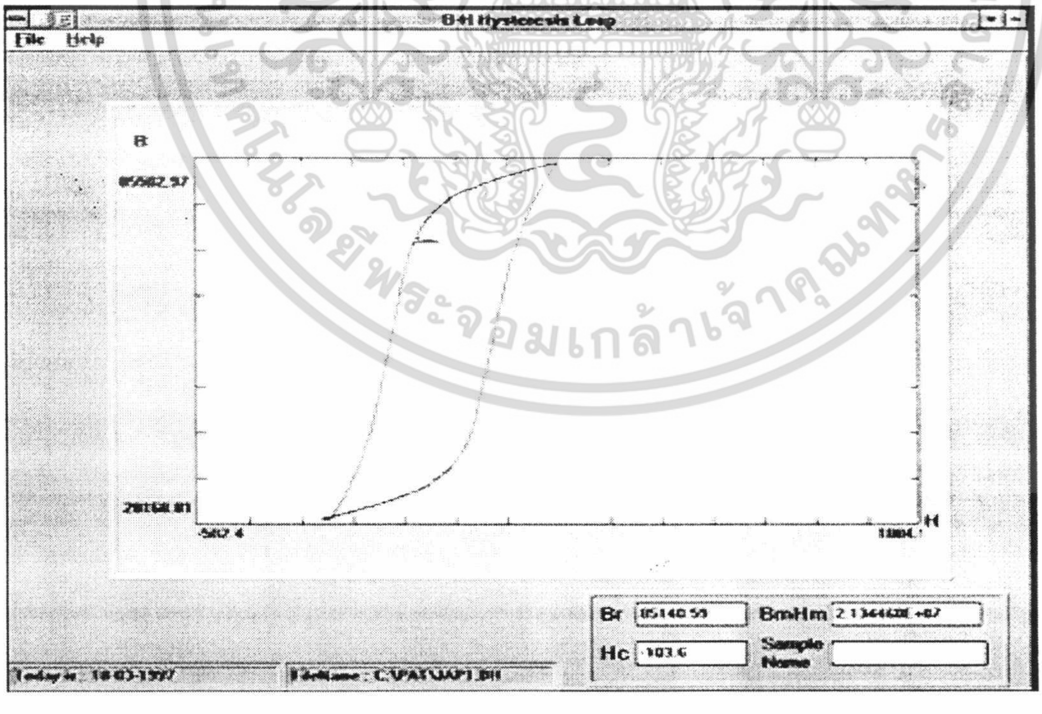


รูปที่ 4.10 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
และสนามทำแม่เหล็กของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กจากประเทศจีน



รูปที่ 4.12 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์ในปัจจุบัน มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือต่างๆเป็นอย่างมาก การสร้างเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ก็เป็นตัวอย่างหนึ่งซึ่งใช้เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งในการวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสในแบบเดิมนั้นจะแสดงผลทาง X-Y recorder แล้วจึงนำกราฟที่วัดได้ไปวิเคราะห์ผลสัญญาณหาค่า B_r, H_C และค่าต่างๆซึ่งทำให้ต้องเสียเวลาในการวิเคราะห์มาก ดังนั้นการสร้างเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จึงมีประโยชน์ในการแก้ไขปัญหานี้และสามารถบันทึกรูปสัญญาณที่วิเคราะห์ได้เพื่อนำกลับมาดูได้ใหม่

ผลการทดสอบ

จากผลการทดลองในแต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบลักษณะสัญญาณสามเหลี่ยมที่ทำการสร้างขึ้นมา ซึ่งสามารถปรับแอมปลิจูดได้อยู่ในช่วง $\pm$ 10 โวลต์ และมีคาบอยู่ในช่วง 20-120 วินาที เข้ากับวงจรปรับสภาวะสัญญาณเพื่อปรับระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วง $\pm$ 400 มิลลิโวลต์ ก่อนจะนำไปต่อกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล โดยทดลองรับค่ามาพลอตกราฟ พบว่าสัญญาณสามเหลี่ยมที่แสดงดังผลการทดลองในรูป 4.2 เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นมา มีความเป็นเชิงเส้นดี และมีคาบอยู่ในช่วงที่ต้องการ

2. การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งสองช่องสัญญาณ (Channel) โดยเชื่อมต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้ากับแหล่งกำเนิดสัญญาณอนาลอกที่มีความแม่นยำ โดยการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันให้กับช่องสัญญาณต่างๆ ของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำการบันทึกผลสัญญาณที่ได้และนำผลที่ได้มาพลอตกราฟเพื่อพิจารณาความเป็นเชิงเส้นของวงจร พบว่าสัญญาณที่แปลงได้โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลมีความเป็นเชิงเส้นดีดังแสดงในผลการทดลองรูป 4.4 และ4.5 ตามลำดับ

3. การทดสอบโปรแกรม CB-HHLT ในการรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามทำแม่เหล็กมาพลอตกราฟเทียบกับ X-Y recorder พบว่าระดับสัญญาณที่ได้จากโปรแกรม CB-HHLT และ X-Y recorder มีระดับสัญญาณใกล้เคียงกัน แสดงว่าโปรแกรม CB-HHLT สามารถรับค่าจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งสองช่องสัญญาณมาพลอตกราฟได้ถูกต้อง แต่สาเหตุที่กราฟนั้นไม่เรียบอาจมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนในระบบอิเลคทรอนิกส์ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.11

4. ทดสอบด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม โดยจะทำการรับสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและสนามทำแม่เหล็กมาพลอตกราฟและทำการอินทิเกรตสัญญาณ เพื่อพิจารณาลูป B-H ฮิสเทอรีซิสที่ได้จากโปรแกรม CB-HHLT พบว่าสัญญาณที่ได้เป็นลูปฮิสเทอรีซิส ดังรูป แสดงว่าโปรแกรมที่เขียนสามารถอินทิเกรตสัญญาณได้ แต่ระดับความถูกต้องของสัญญาณนั้นยังไม่สามารถปรับเทียบ (calibrate) ได้เนื่องจากไม่สามารถหาอุปกรณ์ในการปรับเทียบได้

5. ทดสอบวิเคราะห์ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของชิ้นสารแม่เหล็กเฟอโร 2 ชิ้นจากประเทศจีนและญี่ปุ่นพบว่าลักษณะลูป B-H ฮิสเทอรีซิสแสดงดังรูป 4.11 และ 4.12 โดยลักษณะลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็ก 2 ชิ้นนี้แตกต่างกันเนื่องจากสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เหนี่ยวนำได้ทางด้านขดลวดทุติยภูมิแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณมาอินทิเกรตจึงทำให้กราฟของลูป B-H ฮิสเทอรีซิสที่ได้แตกต่างกัน

การอธิปรายผล

จะสังเกตได้ว่าถึงแม้เป็นเหล็กชนิดเดียวกันมาจากต่างสถานที่กันซึ่งส่งผลถึงส่วนผสมภายในที่แตกต่างกัน ก็จะมีลูป B-H ที่ต่างกันออกไปแม้ว่าส่วนประกอบภายในจะต่างกันน้อยมากก็ตามที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องมือที่พัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบที่มีลักษณะดังนี้

- ใช้กับสารแม่เหล็กตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นวงแหวน
- มีการให้กระแสได้มากที่สุดถึง 3 แอมป์
- สามารถปรับอัตราขยายของเครื่องมือเพื่อให้เห็นลักษณะสัญญาณที่ชัดเจนขึ้น
- ความเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมเร็วถึง 9600 bps
- สามารถเลือกพอร์ตอนุกรมในการรับส่งข้อมูล
- ซอฟท์แวร์ใช้ได้ง่ายเนื่องจากปฏิบัติงานบนระบบวินโดว์
- สามารถเก็บบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ได้
- สามารถพิมพ์รูปกราฟออกทางเครื่องพิมพ์
- สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ Hc , Br
- สามารถสังเกตรูปสัญญาณได้ทั้งก่อนการอินทิเกรตและหลังอินทิเกรต

ในกรณีของเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องมือที่พัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบที่ใช้งานได้ แต่ยังมิได้ทำการปรับเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่มีอยู่ ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้งานจริงจะต้องพัฒนาเพิ่มเติม โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือด้านฮาร์ดแวร์ และด้านซอฟท์แวร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์นั้นควรจะปรับปรุงวงจรให้ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ภายในวงจร และควรพัฒนาวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดันให้สามารถจ่ายกระแสได้มากขึ้น เพื่อสามารถเหนี่ยวนำให้เห็นสัญญาณที่มีขนาดโตขึ้น และพัฒนาส่วนของวงจรปรับสภาวะสัญญาณให้เหมาะสมกับวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน

สำหรับส่วนของซอฟท์แวร์ควรจะพัฒนาด้านการวิเคราะห์สัญญาณให้มีความถูกต้องและแม่นยำขึ้น และพัฒนาด้านการแสดงผลสัญญาณให้สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับลูป B-H ฮิสเทอรีซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] David F. Hoeschele,Jr. ,Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion Techniques, 2nd ed., pp. 2-3, 19-22, 31-36, 71-76, John Wiley & Sons,1994.

[2] R.A. McCurrie ,Ferromagnetic Materials Structure and Properties, Academic press, London, 1994.

[3] Daniel D. Pollock ,Physical properties of materials for engineers, 2nd ed., pp. 338-340, 344-348, 355-362, CRC Press, 1993.

[4] John R. Reitz, Frederick J. Milford, Robert W. Christy ,Foundations of Electromagnetic Theory, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.

[5] William J. Orvis ,Do It Yourself Visual Basic For Windows, SAMS Publishing, 1992.

[6] Atkinson, L.V. and Harley, P.J. ,An Introduction to Numerical Methods with Pascal, Adison-Wesley Publishing Limited, 1989.

[7] Howard M. Berlin ,Op-Amp Circuits and Principles, 1st ed., SAMS,1991.

[8] American Society for Testing and Materials"Standard Test Method for D-C Magnetic Properties of Materials Using Ring and Permeameter Procedures with D-C Electronic Hysteresigraphs", 1995.

[9] Japanese Industrial Standard "Materials for electric Use", Japanese Standards Association, 1991.

[10] เฉลิมพล น้ำค้าง ,ทฤษฎีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก, ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ, กรุงเทพฯ, 2538.

[11] ราบินเดอร์ ศรีกิจจาภรณ์ ,คู่มือการใช้งาน Visual Basic สำหรับวินโดวส์, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ, 2538.

[12] วิโรจน์ อัศวรังสี, ชัชวาลย์ เต็มฤทธิวงศ์, กรชุลี ใช้สถิตย์ ,การใช้งาน ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การติดตั้งเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และการใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และการใช้งานโปรแกรม

ในการใช้งานเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์และซอฟท์แวร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์สัญญาณ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การติดตั้งเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และการใช้งานโปรแกรม CB-HHLT โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การติดตั้งเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมใช้งาน

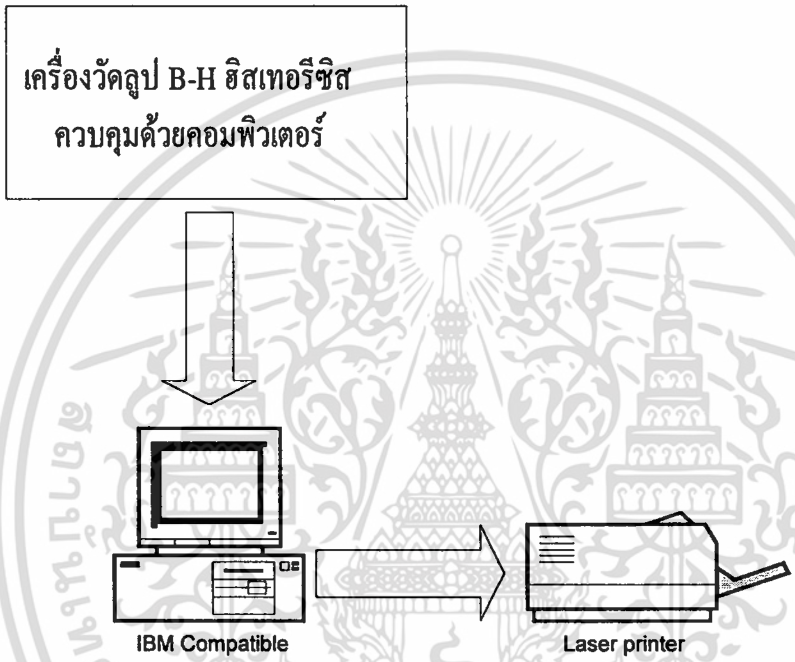
ในการติดตั้งเครื่องวัดลูปB-Hฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมใช้งาน จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ คือ

1. เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
2. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (IBM PC XT, AT, 386, 486 or Compatible PC)
   - Memory 4 MB
   - Floppy Disk Drive 1 ตัว
   - Monitor VGA
   - Windows version 3.1 หรือใหม่กว่า
   - Mouse 1 ตัว
   - Serial Port 1 Port (สำหรับเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสลูปควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์)
   - Parallel Port 1 Port (สำหรับพรินต์เตอร์)
3. ซอฟท์แวร์ CB-HHLT version 1.0 และจานแม่เหล็กสำหรับบันทึกข้อมูล
4. เครื่องพิมพ์แบบ Dot Matrix 8 เข็มหรือ 24 เข็ม

ในการติดตั้งจะเริ่มจากการต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 1 จากนั้นจึงเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นให้ใส่แผ่นที่มีโปรแกรม CB-HHLT ลงไปใน Floppy Disk Drive และพิมพ์คำว่า "setup" แล้วกด Enter หลังจากนั้นสักครู่จะปรากฏหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผู้ใช้เลือกว่าจะติดตั้งโปรแกรมลงที่ใด ให้ระบุไดเรกทอรีที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมให้เรียบร้อยจะนั้นกดปุ่ม OK เพื่อดำเนินการติดตั้งโปรแกรมต่อไป หลังจากนั้นรอสักครู่จะปรากฏ Menu group ของโปรแกรมและ icon รูป B-H ลูป แสดงว่าโปรแกรมติดตั้งเรียบร้อยแล้ว



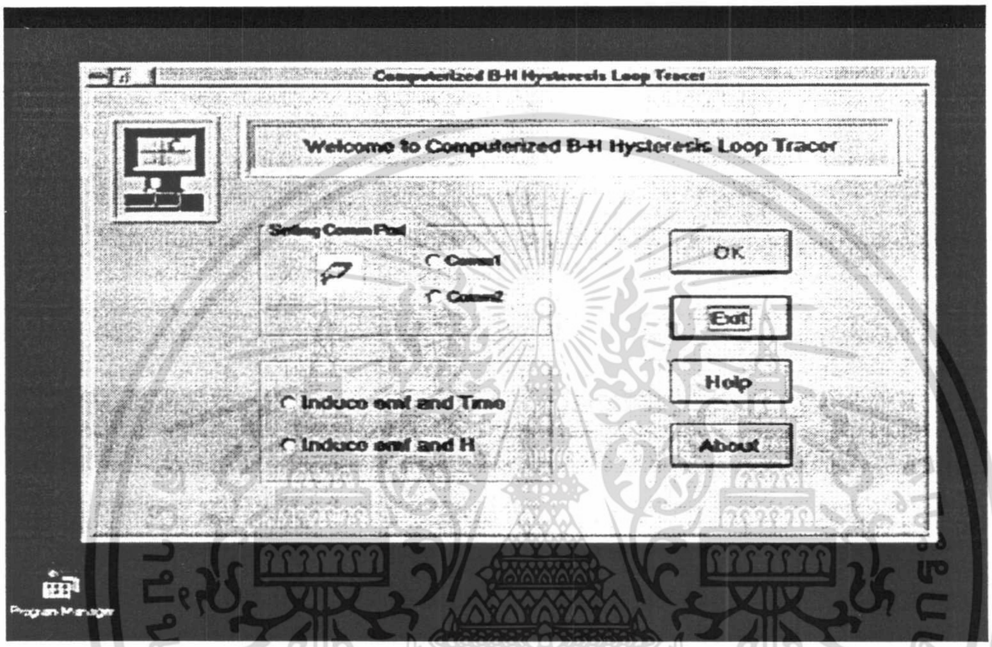
รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์

การใช้งานโปรแกรม CB-HHLT

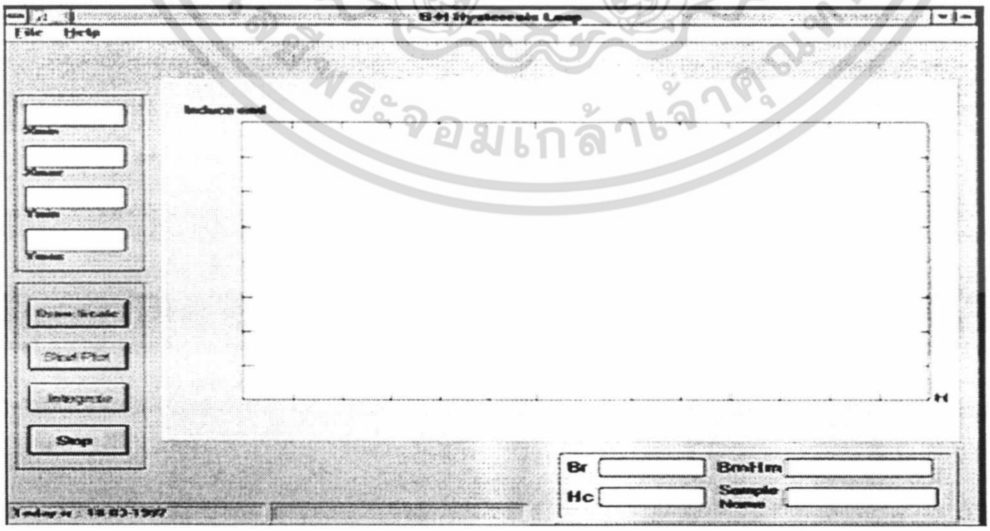
การใช้งานโปรแกรม CB-HHLT เริ่มจากการเข้าโปรแกรม Windows ให้เรียบร้อยและใช้เมาส์คลิกที่ไอคอนรูปลูป B-H ฮิสเทอรีซิส หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 2 โดยในตอนแรกปุ่ม OK จะยังใช้งานไม่ได้ ต้องทำการเลือกพอร์ตที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลและหน้าจอที่จะพลอตกราฟให้เรียบร้อยก่อนโดยหน้าจอ "induce emf and H" ใช้สำหรับพลอตกราฟระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับสนามทำแม่เหล็กและหน้าจอ "induce emf and time" ใช้สำหรับพลอตกราฟระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเทียบกับเวลา หลังจากเลือกเรียบร้อยปุ่ม OK จึงสามารถใช้งานได้ หลังจากนั้นให้กด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่ม OK จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 3 หรือรูปที่ 4 โดยรูปที่ 3 นั้นจะแสดงเมื่อเลือกติดต่อโดยใช้หน้าจอ "induce emf and H" และรูปที่ 4 จะแสดงเมื่อเลือกติดต่อโดยใช้หน้าจอ "induce emf and time"

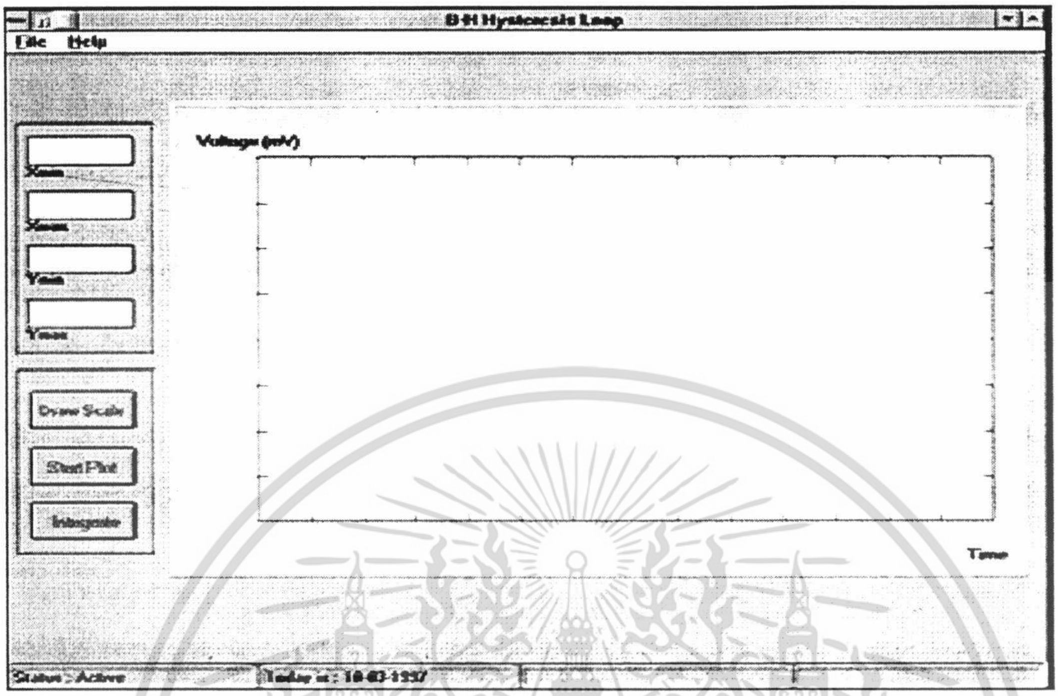


รูปที่ 2 หน้าจอแรกของโปรแกรม CB-HHLT



รูปที่ 3 หน้าจอ "induce emf and H"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 หน้าจอ "induce emf and time"

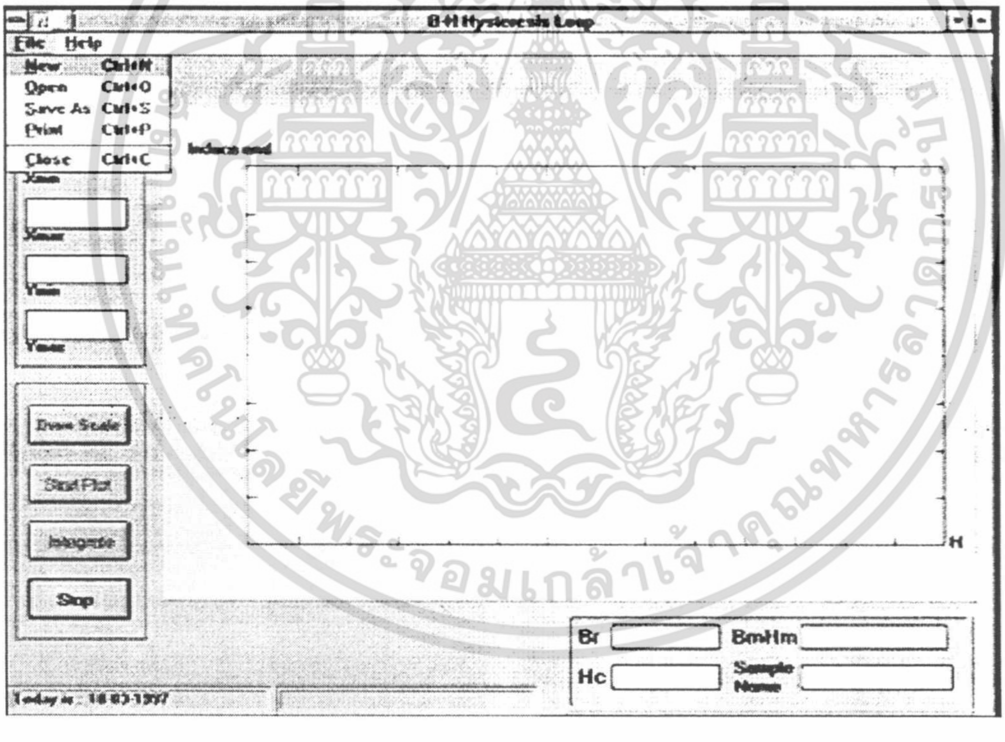
การใช้งานโปรแกรมเมื่ออยู่ในหน้าจอ "induce emf and H" ให้ป้อนช่วงสูงสุดและต่ำสุดที่จะพลอตกราฟในแกน X และ แกน Y ในกรอบ Xmax, Xmin, Ymax, Ymin และชื่อของสารที่ต้องการทดสอบในกรอบ Sample ให้เรียบร้อย ซึ่งโดยทั่วไปสัญญาณที่เข้ามาจะมีค่าไม่เกิน ±400 มิลลิโวลต์ดังนั้นการป้อนค่า Xmax, Xmin, Ymax, Ymin ที่เหมาะสมจึงไม่ควรป้อนเกินช่วงนี้ หลังจากป้อนช่วงเรียบร้อยปุ่ม Draw Axis จะสามารถใช้งานได้ ให้ทำการใช้เมาส์คลิกปุ่มนี้ หรืออาจจะใช้ปุ่ม Tab เลือกมาที่ปุ่มนี้และกด Enter ก็ได้หลังจากคลิกปุ่มนี้แล้วปุ่ม Start Plotจะสามารถใช้งานได้ ถ้าต้องการเริ่มพลอต กราฟให้ทำการกดปุ่มนี้ได้เลย และเมื่อต้องการเลิกพลอตให้กดปุ่ม Stop แต่ถ้าไม่ต้องการพลอตกราฟสามารถเลือกไปที่ File และเลือก Exit ออกไปหน้าจอแรกได้

สำหรับการใช้งานโปรแกรมเมื่ออยู่ในหน้าจอ "induce and time" ให้ป้อนช่วงสูงสุดและต่ำสุดที่จะพลอตกราฟในแกน X และ แกน Y ในกรอบ Xmax, Xmin, Ymax, Ymin เช่นเดียวกับหน้าจอ "induce emf and H" แต่จะต่างกันคือช่วงต่ำสุดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน X จะต้องป้อนเป็นศูนย์เสมอเนื่องจากในแกน X เป็นแกนของเวลาซึ่งเวลาจะมีค่าติดลบไม่ได้ สำหรับช่วงสูงสุดในแกน X จะมีค่าเป็นเท่าใดก็ได้แต่ต้องมีค่าเป็นบวกดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว หลังจากป้อนค่าต่างๆเรียบร้อยปุ่ม Draw Axis จะสามารถใช้งานได้ เมื่อกดปุ่ม Draw Axis จะทำให้ปุ่ม Start Plot ใช้งานได้ และถ้าต้องการเริ่มพลอตกราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเทียบกับเวลา สามารถกดปุ่ม Start Plot ได้ทันที โดยในกรณีนี้กราฟจะหยุดพลอตก็ต่อเมื่อครบช่วงเวลาที่ป้อนเข้าไป

กรณีที่ต้องการที่จะพลอตกราฟใหม่สามารถทำได้โดยเลือกไปที่ File และเลือก New ดังรูปที่ 5 ก็จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 3 หรือ 4 ให้ทำตามขั้นตอนดังที่ได้กล่าวมาแล้วอีกครั้ง

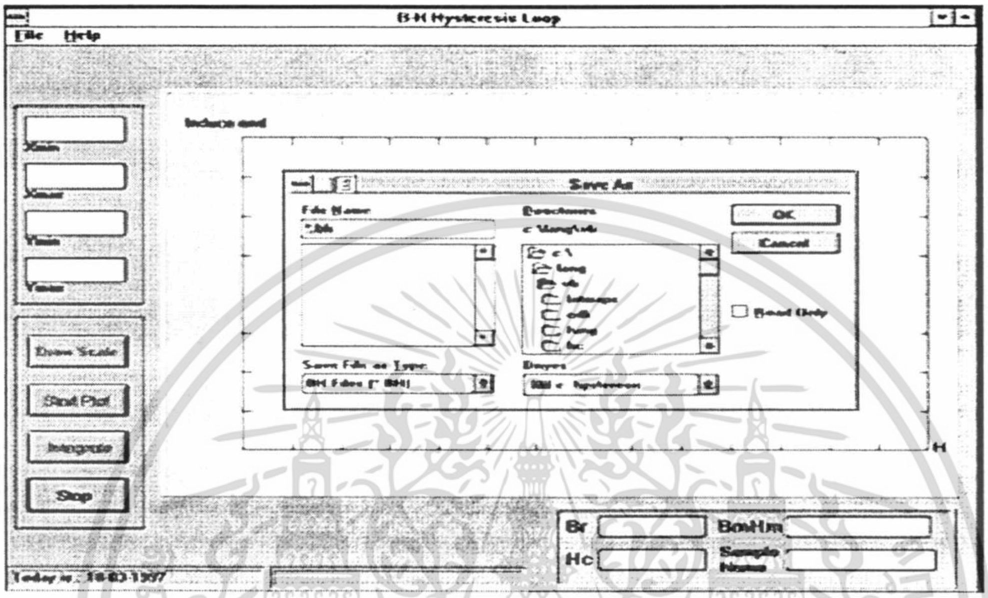


รูปที่ 5 แสดงหน้าจอเมื่อเลือก “File”

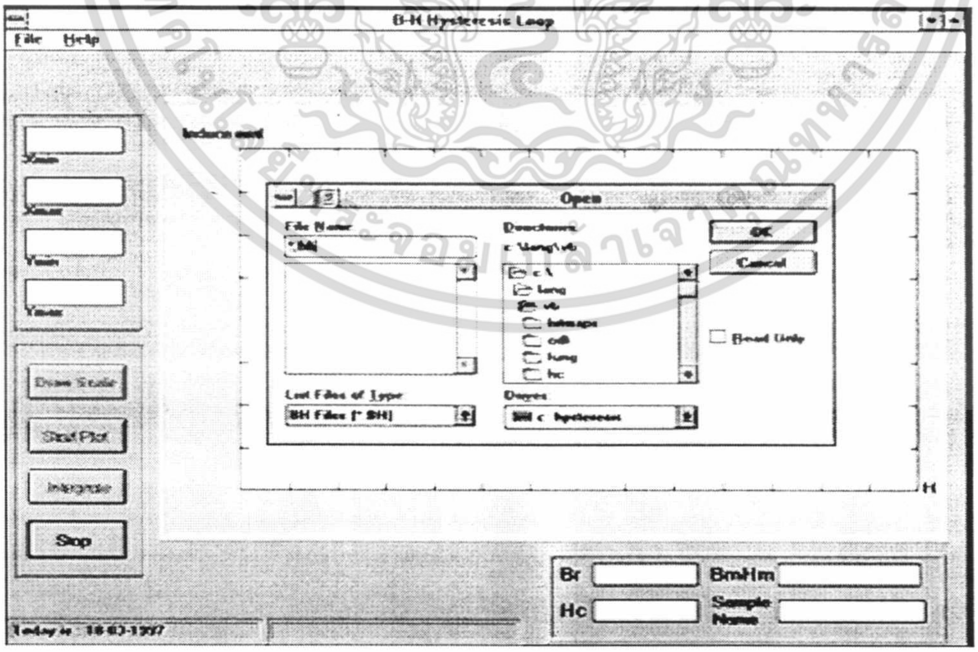
เมื่อทำการพลอตกราฟเรียบร้อยและต้องการบันทึกรูปกราฟและผลข้อมูลไว้สามารถทำได้เลือก File และเลือก Save As ซึ่งหลังจากเลือกแล้วจะปรากฏหน้าจอดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 ให้เลือกไดเรกทอรีที่ต้องการบันทึกไฟล์และตั้งชื่อไฟล์ให้เรียบร้อยและกด OK หรือกดปุ่ม Cancel กรณีไม่ต้องการบันทึก



รูปที่ 6 แสดงหน้าจอเมื่อเลือก "Save As"

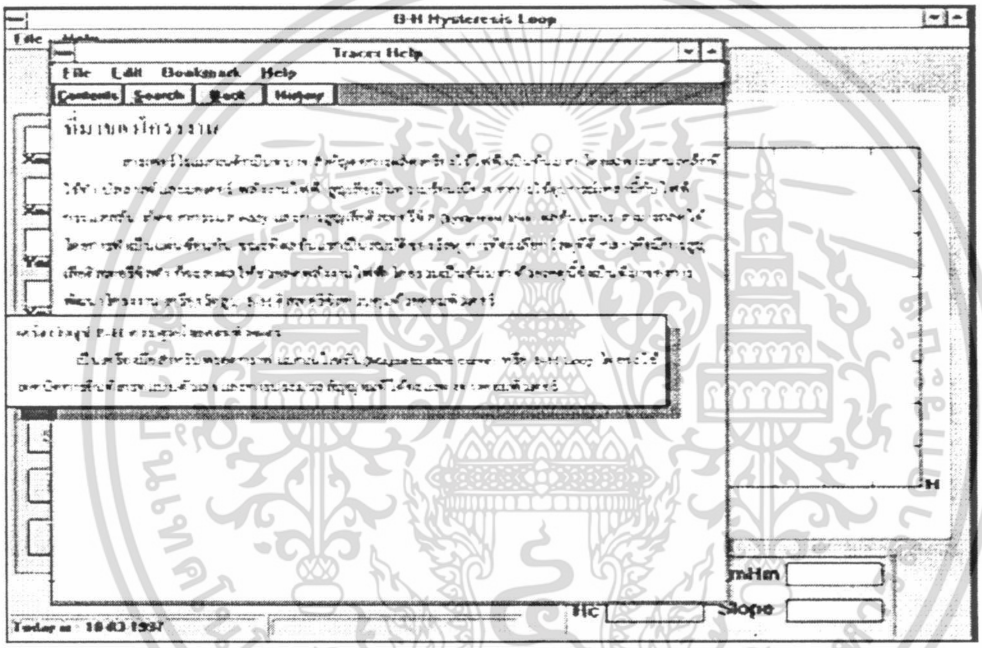


รูปที่ 7 แสดงหน้าจอเมื่อเลือก "Open"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเปิดไฟล์ที่เคยบันทึกไว้กลับมาดูใหม่สามารถทำได้โดยเลือกไปที่ File และเลือก Open ซึ่งจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 7 ให้เลือกไฟล์ที่ต้องการจะเปิดจากนั้นกดปุ่ม OK เพื่อเปิดไฟล์ หรืดกดปุ่ม Cancel กรณีไม่ต้องการเปิด

ในการใช้โปรแกรม CB-HHLT หากผู้ใช้ต้องการทราบรายละเอียดต่างๆของโครงงานรวมถึงวิธีใช้งานสามารถดูได้จาก Help โดยใช้เมาส์เลือกไปที่ Help จะปรากฎหน้าจอดังรูปที่ 8



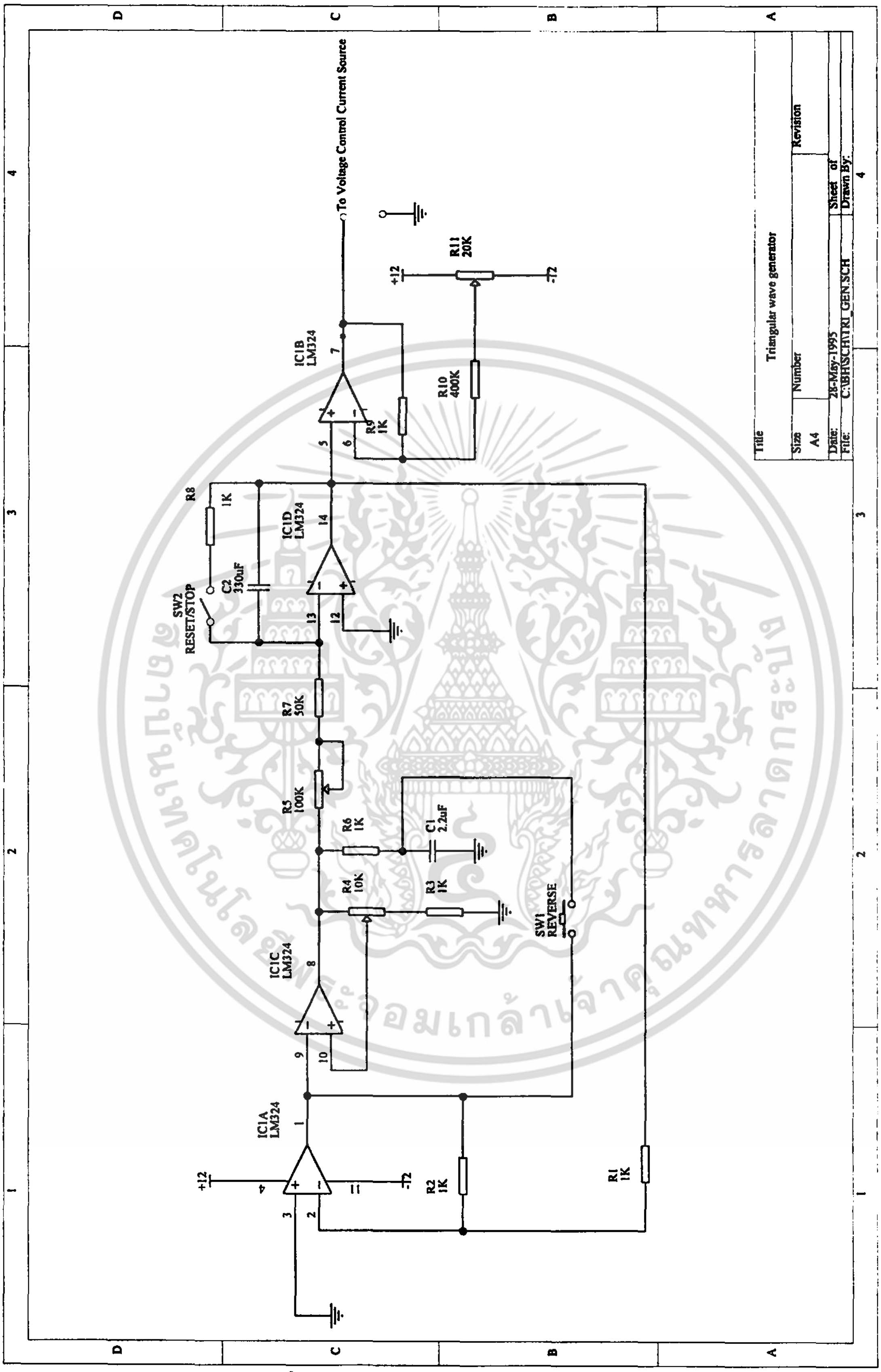
รูปที่ 8 แสดงหน้าจอเมื่อเลือก “Help”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

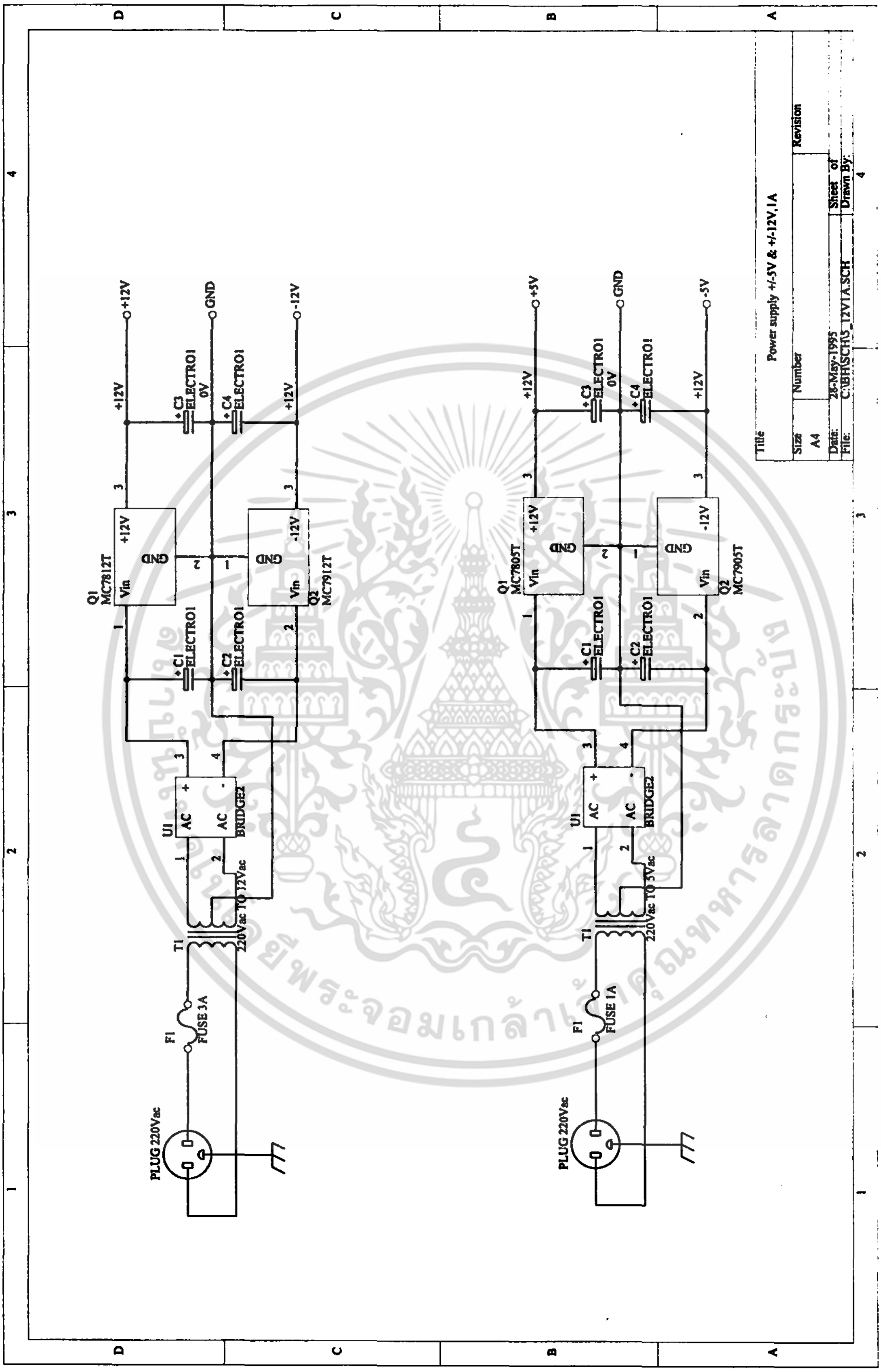
วงจรภายในเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิส ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



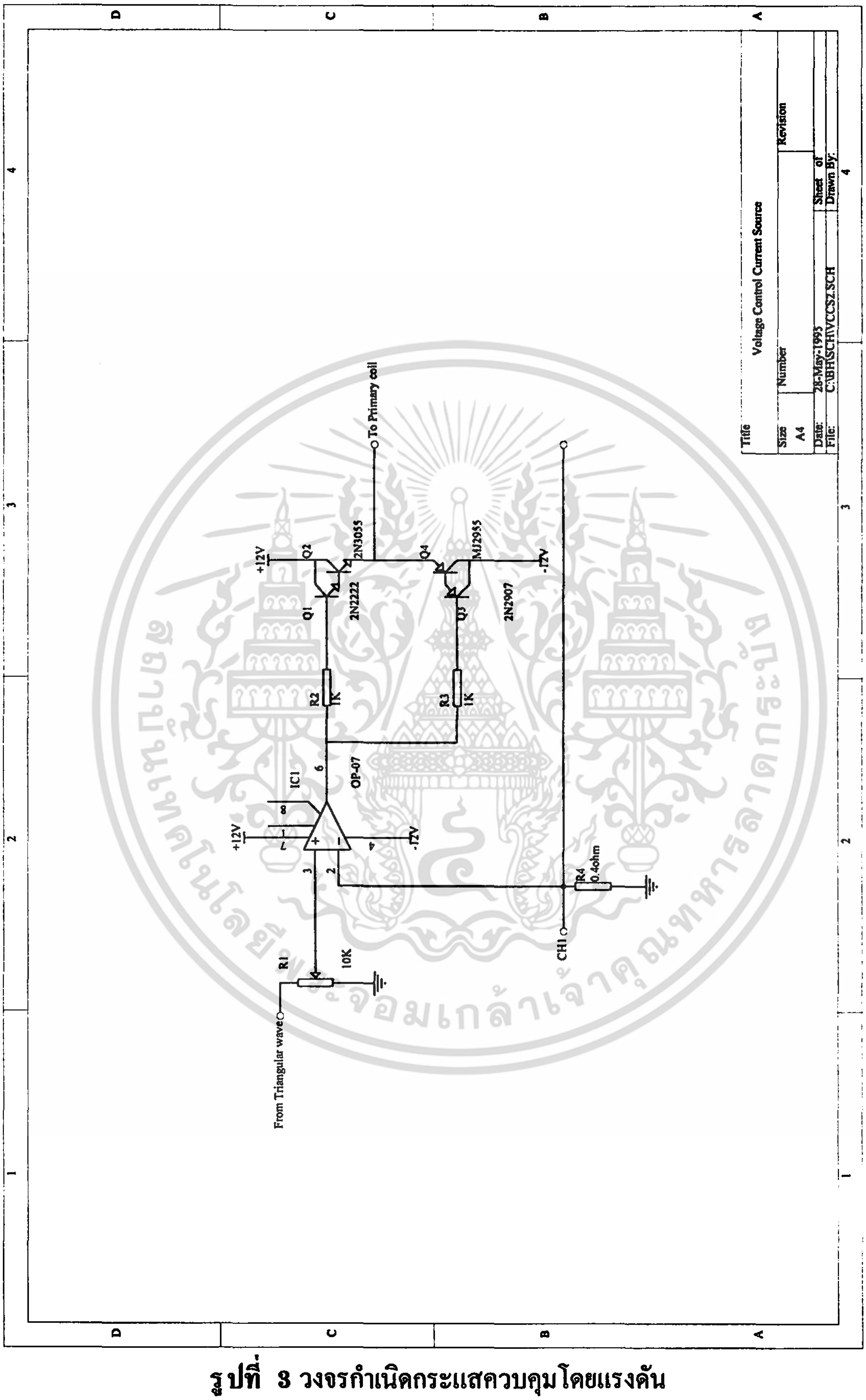
รูปที่ 1 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



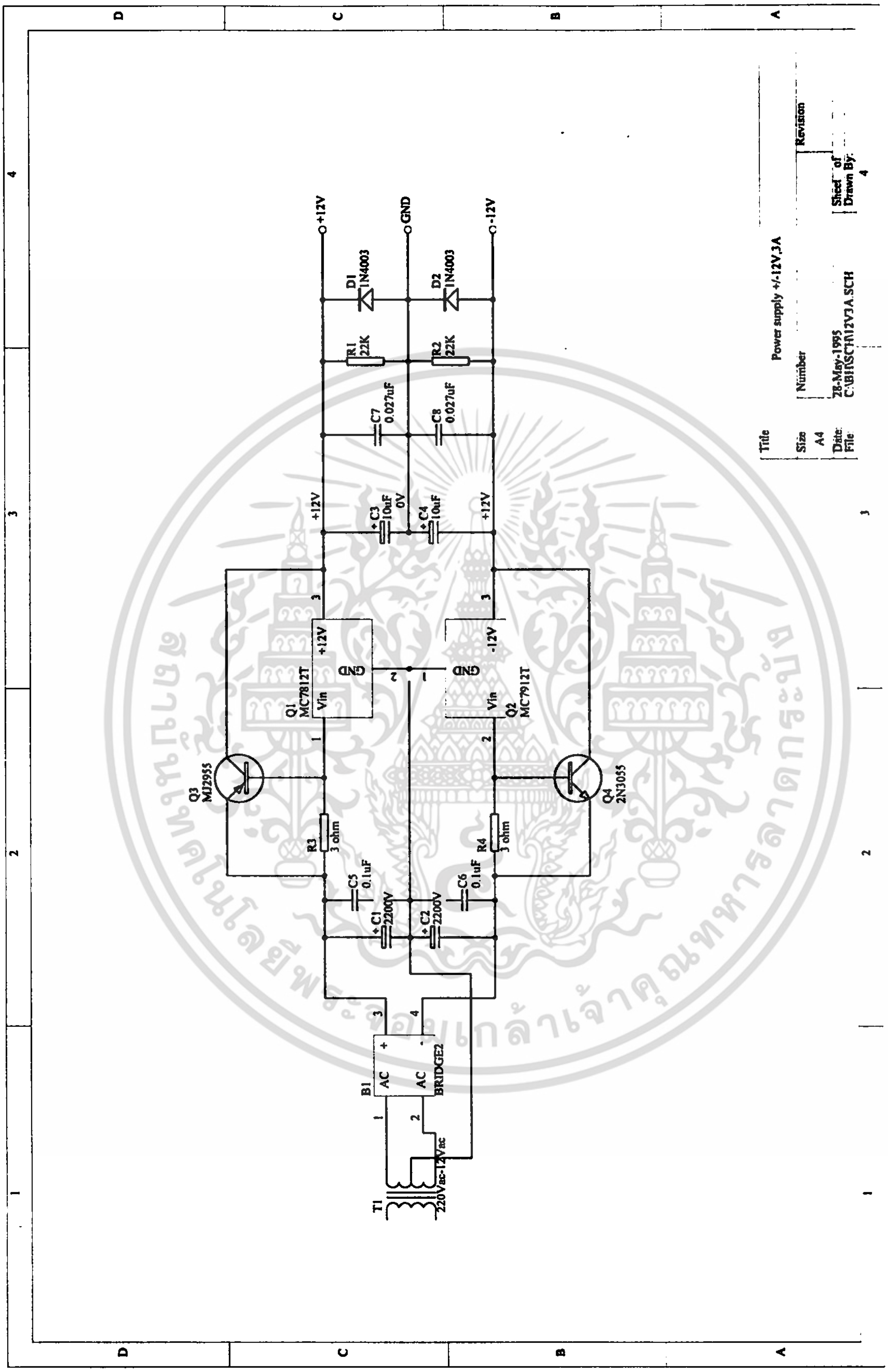
รูปที่ 2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ และ 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



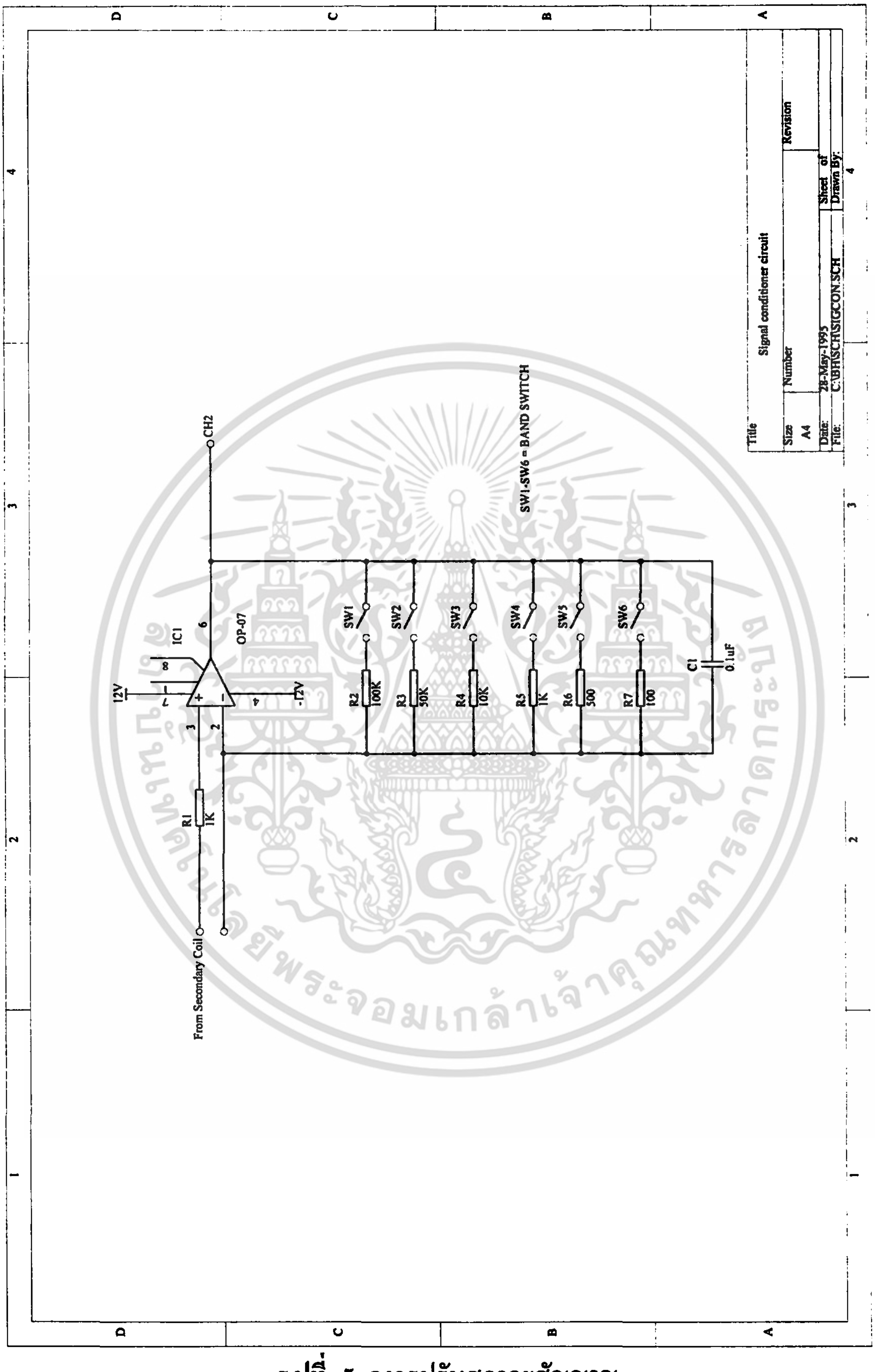
รูปที่ 3 วงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



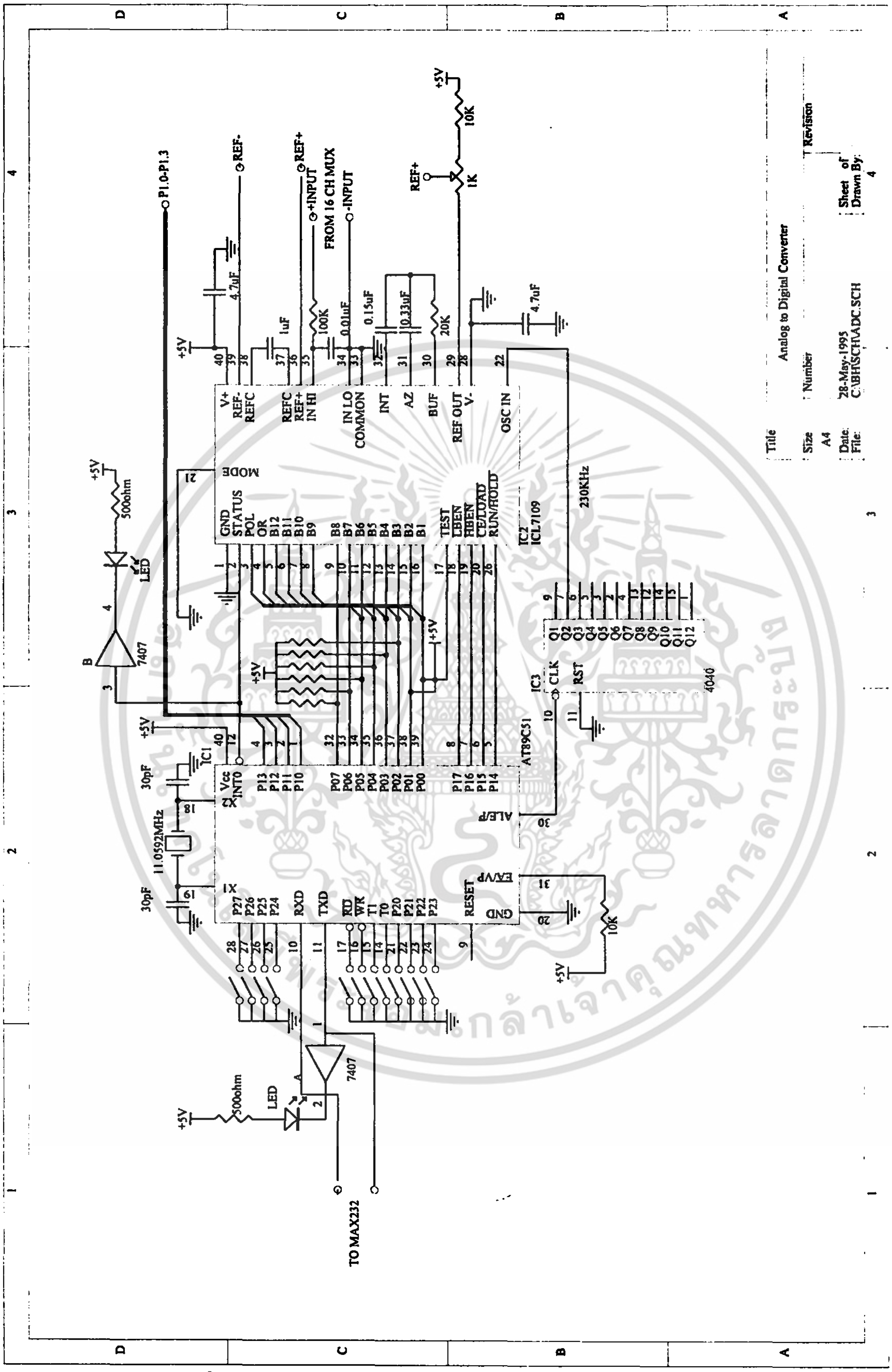
รูปที่ 4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรกำเนิดกระแสควบคุมโดยแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรปรับสภาวะสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

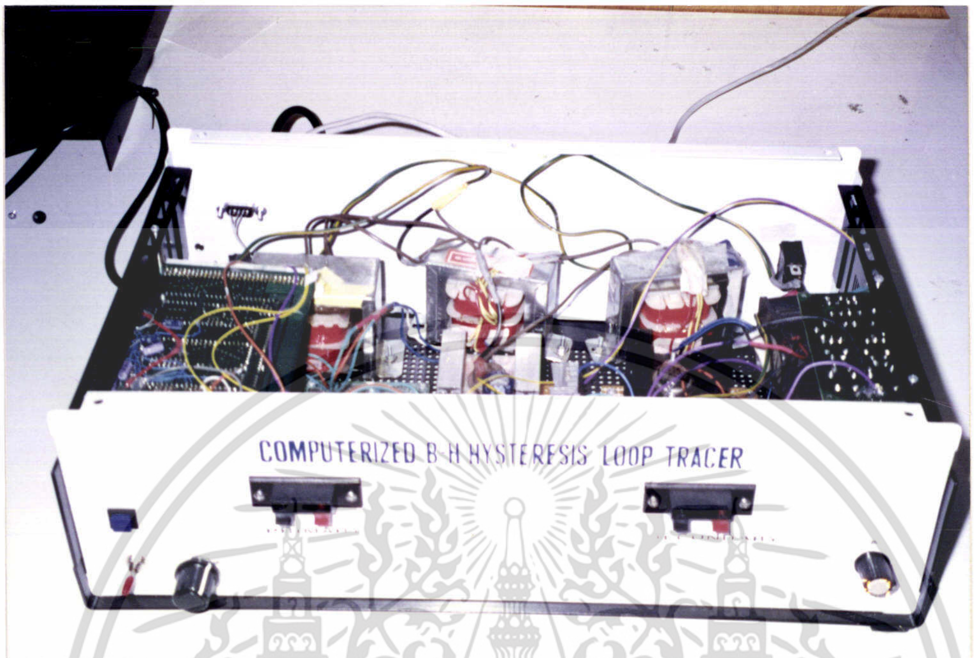


รูปที่ 6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

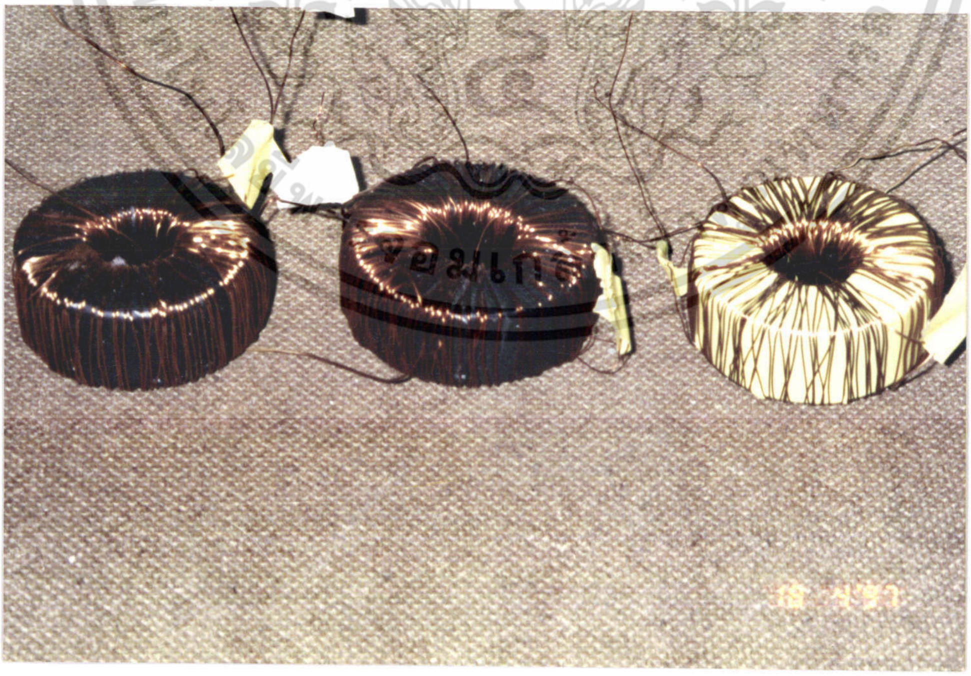
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 วงจรมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 เครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิสควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์



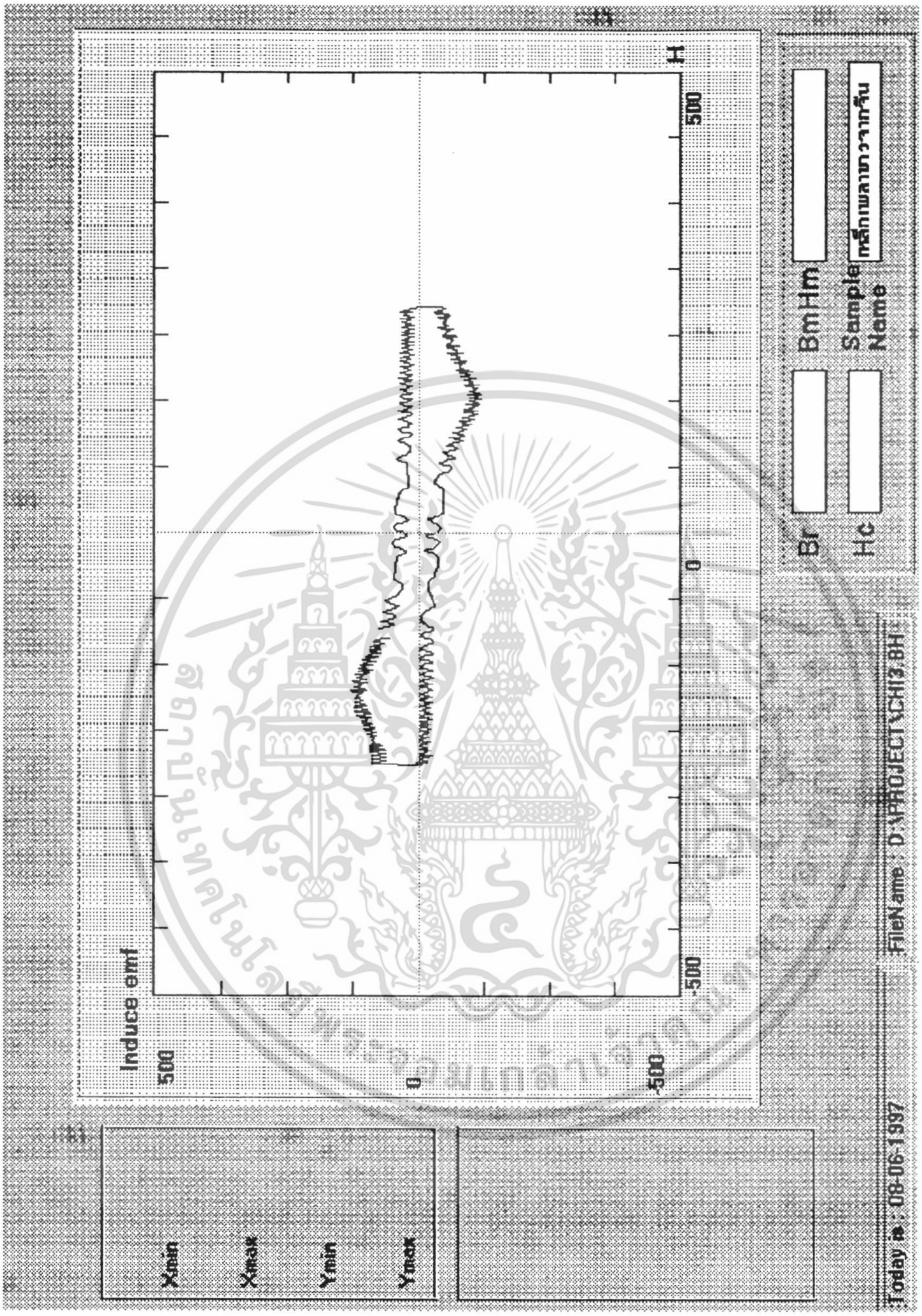
รูปที่ 9 สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

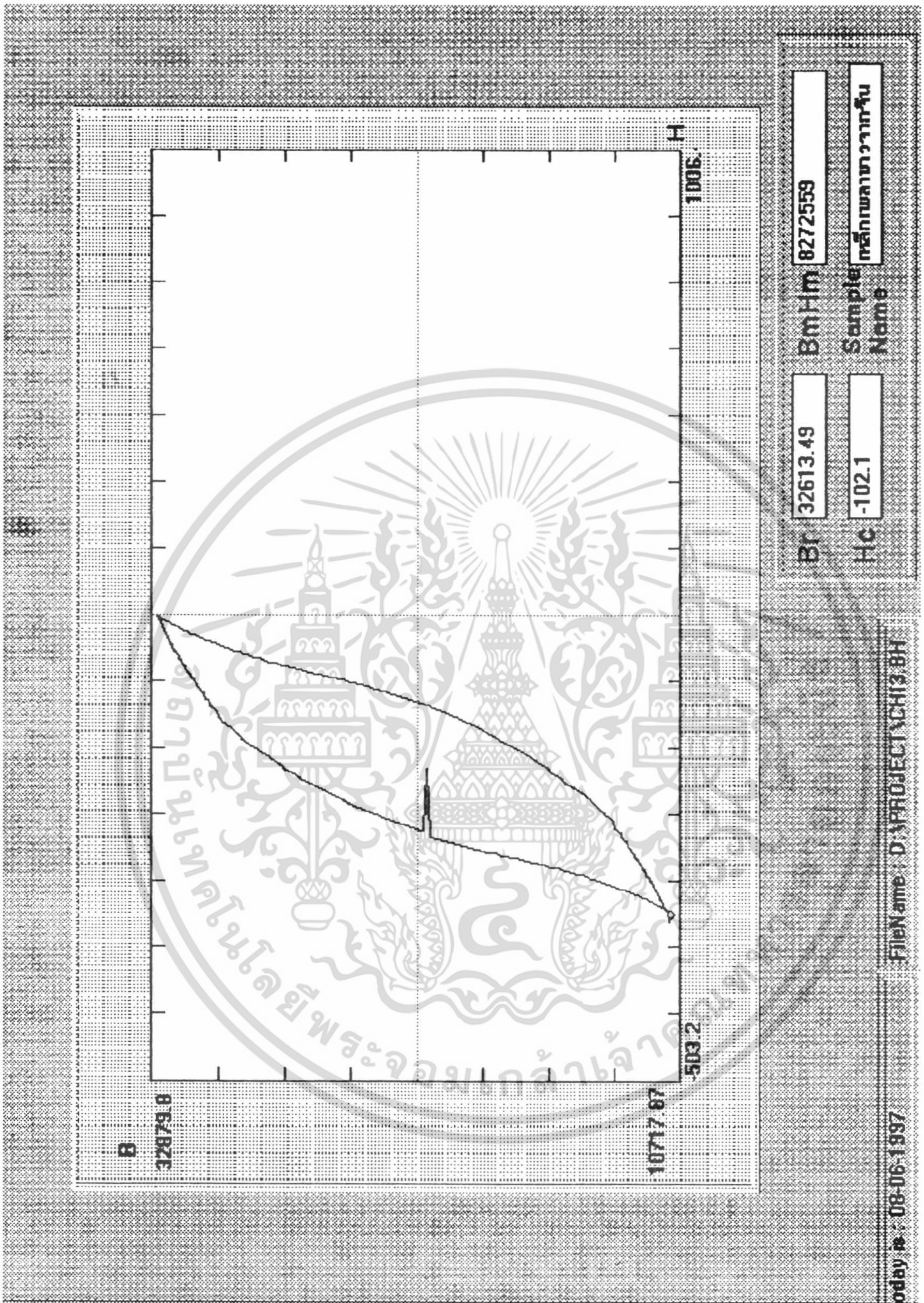
ผลการรทดลองจากเครื่องวัดลูป B-H ฮิสเทอรีซิส ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



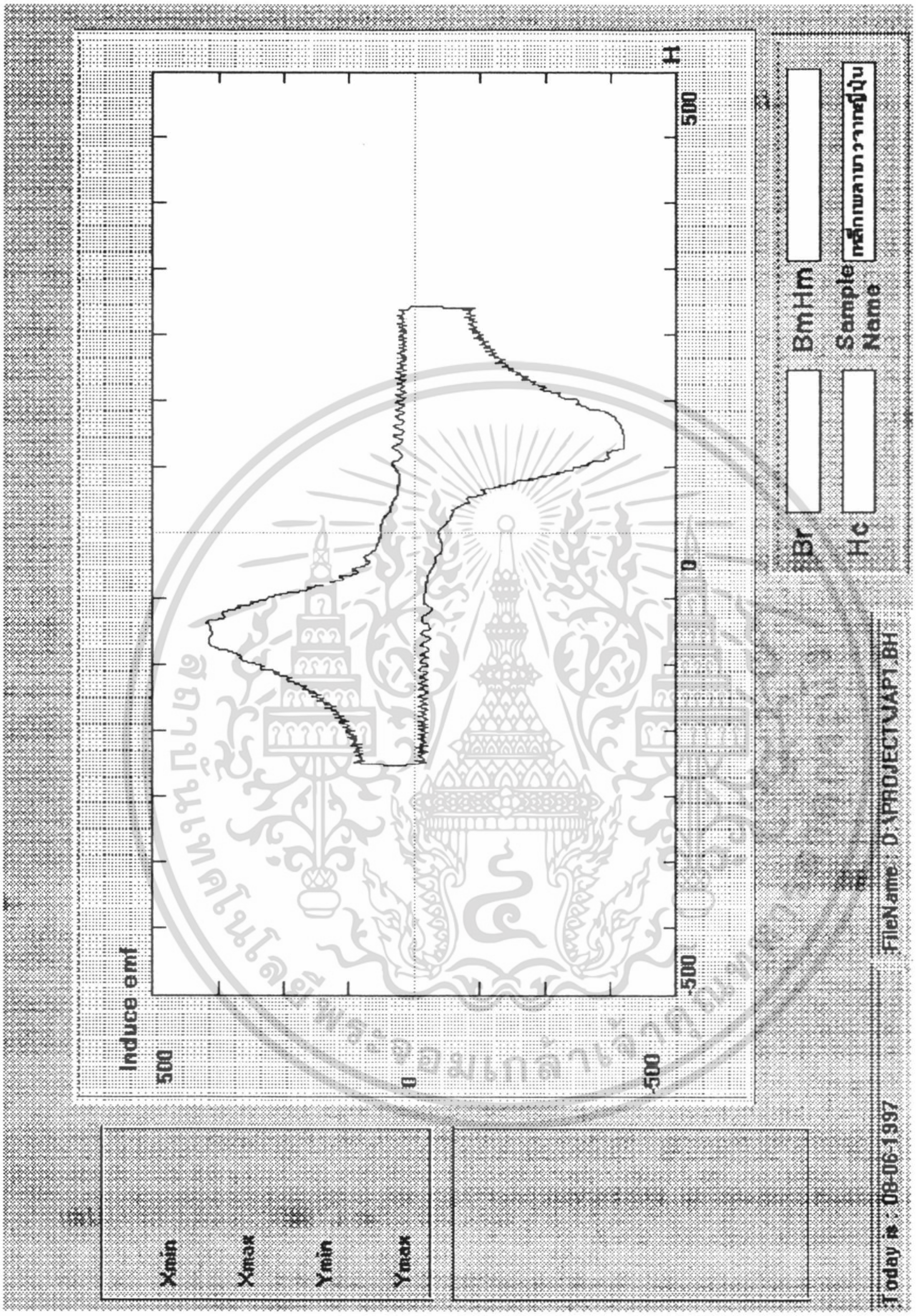
รูปที่ 1 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
และสนามทำแม่เหล็กของเหล็กเพลาขาวจากประเทศจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กเพลาขาวจากประเทศจีน

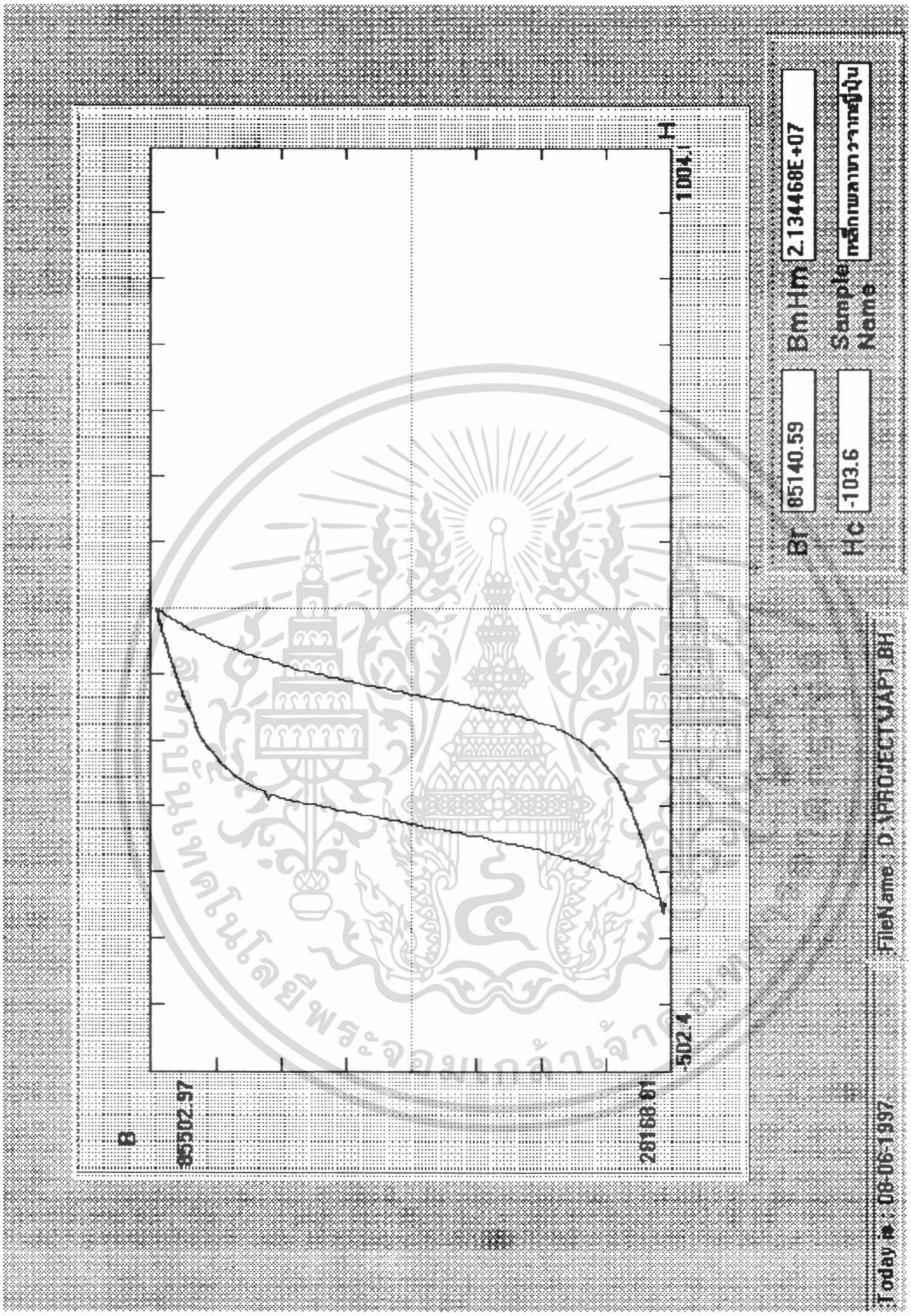
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 สัญญาณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

และสนามทำแม่เหล็กของเหล็กเพลาขาวจากประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ลูป B-H ฮิสเทอรีซิสของเหล็กเพลาขาวจากประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 ลูป B-H ที่สร้างเสร็จจากซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

โปรแกรม CB-HHLT และโปรแกรม ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'*************************************************************
'Computerized B-H Hysteresis Loop Tracer (CB-HHLT)
' Language : Visual Basic Version 3.0
'*************************************************************

Global TheFileName As String
Global TheNewPath As String
Global FileInfoTitle As String
Global WorkingFileName As String
Global Const SAVEFILE = 1
Global Const LOADFILE = 2
Global Const ReplaceFile = 1
Global Const READFILE = 2
Global Const ADDTOFILE = 3
Global Const RANDOMFILE = 4
Global Const BINARYFILE = 5
Const FileFromCLICK = 0
Const TEXTBOXCHANGE = 1
Const DIRSBOXCLICK = 2
Dim LastChange As Integer
Global port As Integer
Global StartTime As Variant
Global EndTime As Variant
Global ElapsedTime As Variant
Global valuecomm
Global valuetype
Global checker
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Function ConfirmFile (TheName As String, Operation As Integer) As Integer
    On Error GoTo ConfirmFileError
    TheFile$ = Dir$(TheName)
    On Error GoTo 0
    If TheFile$ <> "" And Operation = ReplaceFile Then
        Msg$ = "File exists. Do you want to over write?"
        Comfirmation% = MsgBox(Msg$, 65, "File Message")
    ElseIf TheFile$ = "" And Operation = READFILE Then
        Msg$ = "File doesn't exist. Create it?"
        Confirmation% = MsgBox(Msg$, 65, "File Message")
    ElseIf TheFile$ = "" Then
        If Operation = RANDOMFILE Or Operation = BINARYFILE Then
            Confirmation% = 2
        End If
    End If
    If Confirmation% > 1 Then
        ConfirmFile = 0
    Else ConfirmFile = 1
    End If
    If Confirmation% = 1 Then
        If Operation = LOADFILE Then
            Operation = ReplaceFile
        End If
    End If
    Exit Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ConfirmFileError:
    Action% = FileErrors(Err)
    Select Case Action%
        Case 0  Resume
        Case 1  Resume Next
        Case 2   Exit Function
        Case Else
            Error Err
    End Select
End Function

Function FileErrors (errVal As Integer) As Integer
    msgType% = MB_EXCLAIM
    Select Case errVal
        Case Err_DeviceUnavailable       'Error #68
            Msg$ = "Device uvavailable."
            msgType% = MB_EXCLAIM + 4
        Case Err_DiskNotReady            'Error #71
            Msg$ = "Drive not ready."
        Case Err_DeviceIO                'Error #57
            Msg$ = "Internal disk error."
            msgType% = MB_EXCLAIM + 4
        Case Err_DiskFull
            Msg$ = "Disk full."
            msgType% = 35
        Case Err_BadFileName             'Error #64
            Msg$ = "File name is illegal."
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case Err_BadFileNameOrNumber    'Error #52
            Msg$ = "File name is illegal."
        Case Err_PathDoesNotExist       'Error #76
            Msg$ = "Path dose not exist."
        Case Err_BadFileMode            'Error #54
            Msg$ = "Can't open file in current mode."
        Case Err_FileAlreadyOpen        'Error #55
            Msg$ = "File already open."
        Case Err_InputPastEndOfFile     'Error #62
            Msg$ = "Attempting to read past EOF."
        Case Else
            FileErrors = 3
            Exit Function
        End Select
        Response% = MsgBox(Msg$, msgType%, "Disk Error")
        Select Case Response%
            Case 1, 4               'OK, Retry buttons
                FileErrors = 0
            Case 5                  'Ignore buttons
                FileErrors = 1
            Case 2, 3               'Cancel, abort buttons
                FileErrors = 2
            Case Else
                FileErrors = 3
        End Select
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Function OpenAFile (NameToUse$, Mode%, RecordLen%) As Integer
    FileNum% = FreeFile
    Select Case Mode
        Case ReplaceFile
            Open NameToUse For Output As FileNum%
        Case READFILE
            Open NameToUse For Input As FileNum%
        Case ADDTOFILE
            Open NameToUse For Append As FileNum%
        Case RANDOMFILE
            Open NameToUse For Random As FileNum% Len = RecordLen%
        Case BINARYFILE
            Open NameToUse For Binary As FileNum%
        Case Else
            Exit Function
    End Select
    OpenAFile = FileNum%
    Exit Function
OpenFileError:
    Action% = FileErrors(Err)
    Select Case Action%
        Case 0
            Resume
        Case Else
            OpenAFile = 0           'Open failed
            Exit Function
    End Select
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Function

Sub SaveAFile (ThisTextBox As Control)
    'Note!! If you haven't opened a file.
    'This routine will crash.
    If ConfirmFile((WorkingFileName), ReplaceFile) Then
        FileNum% = OpenAFile((WorkingFileName), ReplaceFile, 0)
        If FileNum% = 0 Then
        Exit Sub
        End If
        Print #FileNum%, ThisTextBox.Text
        Close FileNum%
    End If
End Sub

Global xyData() As Single'x,y data
Global DataLen As Single        'length of filled array
Global Xmin As Single, Xmax As Single 'x axis limits
Global Ymin As Single, Ymax As Single 'y axis limits
Global OldXmin As Single
Global xyInt(10000, 2)
Global NewArray(10000)
Global KeepTest(5000, 2)
Global Area(500)
Global zzz
Global standc
Global savpigat(10000, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Global DataN(10000, 2)
Global Sp
Global KeepXmin
Global KeepXmax
Global KeepBr
Global KeepHc
Global CenterX
Global CenterY

Sub Form_Unload (Cancel As Integer)
Timer1.Enabled = False
End Sub

Sub Timer1_Timer ()
    Form1.Hide
    Timer1.Enabled = False
    Load Intro
    Intro.Show 1
End Sub

Dim I As Integer
Sub CmdHelp_Click ()
    h = Shell("winhelp c:\project\bh.hlp", 1)
End Sub

Sub CmdOK_Click ()
    Unload Me
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If checker = 1 Then
        Load frmMain
        frmMain.Show 1
    ElseIf checker = 2 Then
        Load frmemfH
        frmemfH.Show 1
    End If
End Sub

Sub Command1_Click ()
    End
End Sub

Sub Opt3dComm1_Click (Value As Integer)
    port = 1
    valuecomm = 1
    If valuetype = 1 And valuecomm = 1 Then
        CmdOk.Enabled = True
    End If
End Sub

Sub Opt3dComm2_Click (Value As Integer)
    port = 2
    valuecomm = 1
    If valuetype = 1 And valuecomm = 1 Then
        CmdOk.Enabled = True
    End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Sub Option3D1_Click (Value As Integer)
    checker = 1
    valuetype = 1
    If valuecomm = 1 And valuetype = 1 Then
        CmdOk.Enabled = True
    End If
End Sub

Sub Option3D2_Click (Value As Integer)
    checker = 2
    valuetype = 1
    If valuecomm = 1 And valuetype = 1 Then
        CmdOk.Enabled = True
    End If
End Sub

Sub Timer1_Timer ()
    If I = 1 Then
        image3.Picture = picture2.Picture
    Else
        image3.Picture = picture3.Picture
    End If
    If bh.Picture = bh1.Picture Then
        bh.Picture = bh2.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh2.Picture Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        bh.Picture = bh3.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh3.Picture Then
        bh.Picture = bh4.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh4.Picture Then
        bh.Picture = bh5.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh5.Picture Then
        bh.Picture = bh6.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh6.Picture Then
        bh.Picture = bh7.Picture
    ElseIf bh.Picture = bh7.Picture Then
        bh.Picture = bh8.Picture
        I = 1
    ElseIf bh.Picture = bh8.Picture Then
        bh.Picture = bh1.Picture
        I = 0
    Else bh.Picture = bh1.Picture
    End If
End Sub

Dim char0$
Dim char1$
Dim char2$
Dim Char3$
Dim Char4$
Dim maxI As Integer
Dim Indat As Variant
Dim Vtic As Single, Htic As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim ShapeFac As Single
Dim MyTime As Variant

Sub AxisForInt ()
    ScaleMode = 1
    ShapeFac = Picture2.Width / Picture2.Height
    Vtic = .01 * (Ymax - Ymin)
    Htic = .01 * (Xmax - Xmin) / ShapeFac
    Picture2.Scale (Xmin - Htic, Ymax + Vtic)-(Xmax + Htic, Ymin - Vtic)
    XminBox.Text = Xmin
    YminBox.Text = Ymin
    XmaxBox.Text = Xmax
    YmaxBox.Text = Ymax
    Label6.Caption = "B"
    XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
    XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
    Xmax_2Label.Visible = False
    YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
    YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
    Ymax_2Label.Visible = False
    Command1.Enabled = False
    Command2.Enabled = False
End Sub

Sub ClearScreen ()
        Picture2.BackColor = &HFFFFFF
        XminBox.Text = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        XmaxBox.Text = ""
        YminBox.Text = ""
        YmaxBox.Text = ""
        YmaxLabel.Caption = ""
        Ymax_2Label.Caption = ""
        YminLabel.Caption = ""
        XminLabel.Caption = ""
        Xmax_2Label.Caption = ""
        XmaxLabel = ""
End Sub

Sub CmdPlot_Click ()
Dim I As Integer
Dim startI
    Panel3D2.Caption = "Status : Now Plotting..."
    'CmdPrint.Enabled = False
    comm1.CommPort = port
    ' 9600 baud, no parity, 8 data, and 1 stop bit.
    comm1.Settings = "9600,N,8,1"
    ' Tell the control to read entire buffer when Input is used.
    comm1.InputLen = 0
    ' Open the port.
    comm1.PortOpen = True
    I = 0
    c = 0
    Do
    I = I + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Start1:
    Indat = Left$(comm1.Input, 1)
    If Indat <> Chr$(58) Then GoTo Start1
    comm1.InBufferCount = 0
    Do
        Dummy = DoEvents()
    Loop Until comm1.InBufferCount >= 16
    instring$ = comm1.Input
    Indat = Left$(instring$, 14)
    ReDim xyData(I, 2)
    xyData(I, 2) = Val(Right$(Indat, 5)) / 10
    savpigat(I, 2) = xyData(I, 2)
    xyData(I, 1) = I
    savpigat(I, 1) = xyData(I, 1)
    If I = 8 Then
        savpigat(1, 2) = (savpigat(1, 2) + savpigat(2, 2)
                        + savpigat(3, 2) + savpigat(4, 1)
                        + savpigat(5, 2) + savpigat(6, 2)
                        + savpigat(7, 2) + savpigat(8, 2)) / 8
        Picture2.CurrentX = savpigat(1, 1)
        Picture2.CurrentY = savpigat(1, 2)
    End If
    If I >= 9 Then
        savpigat(I - 7, 2) = (savpigat(I - 7, 2) + savpigat(I - 6, 2)
                            + savpigat(I - 5, 2) + savpigat(I - 4, 2)
                            + savpigat(I - 3, 2) + savpigat(I - 2, 2)
                            + savpigat(I - 1, 1) + savpigat(I - 0, 2)) / 8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Picture2.Line -(savpigat(I, 1), savpigat(I, 2))
    End If
    Loop Until I >= Xmax
    zzz = I - 8
    ReDim xyData(I, 2)
    For J = 1 To zzz
        xyData(J, 1) = savpigat(J, 1)
        DataN(J, 1) = savpigat(J, 1)
        xyData(J, 2) = savpigat(J, 2)
        DataN(J, 2) = savpigat(J, 2)
    Next J
    Command2.Enabled = True
End Sub

Sub Command1_Click ()
 CmdPlot.Enabled = True
 ScaleMode = 1
 ShapeFac = Picture2.Width / Picture2.Height
 Picture2.Scale (Xmin, Ymax)-(Xmax, Ymin)
 XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
 XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
 Xmax_2Label.Caption = Str$((Xmax + Xmin) / 2)
 YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
 YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
 Ymax_2Label.Caption = Str$((Ymax + Ymin) / 2)
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'Integrate button
Sub Command2_Click ()
Dim BaseConst
Dim Totalconst
    KeepXmin = DataN(0, 1)
    keepI = 0
    For I = 1 To zzz
        If KeepXmin > DataN(I, 1) Then
            KeepXmin = DataN(I, 1)
        End If
    Next I
    For I = 0 To zzz
        If DataN(I, 1) = KeepXmin Then
            keepI = I + 1
        End If
    Next I
    ReDim xyData(zzz, 2)
    For I = keepI To zzz
        savpigat(I - keepI, 1) = DataN(I, 1)
        savpigat(I - keepI, 2) = DataN(I, 2)
    Next I
    K = 1
    For I = 0 To keepI - 1
        savpigat(zzz - keepI + K, 1) = DataN(I, 1)
        savpigat(zzz - keepI + K, 2) = DataN(I, 2)
        K = K + 1
    Next I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
For I = 0 To zzz
    DataN(I, 1) = savpigat(I, 1) - KeepXmin
    DataN(I, 2) = savpigat(I, 2)
    xyData(I, 1) = DataN(I, 1)
    xyData(I, 2) = DataN(I, 2)
Next I
'********* Start Integrating **********
BaseConst = DataN(1, 2) / 2
xyInt(0, 1) = DataN(1, 1)
xyInt(0, 2) = BaseConst
xyInt(1, 1) = DataN(2, 1)
xyInt(1, 2) = BaseConst + (DataN(2, 2) / 2)
I = 2
NewArray(1) = 0
Do
    I = I + 1
    Totalconst = BaseConst + (DataN(I, 2) / 2)
    xyInt(I, 1) = DataN(I, 1)
    NewArray(I) = NewArray(I - 1) + DataN(I - 1, 2)
    xyInt(I, 2) = Totalconst + NewArray(I)
Loop Until I > zzz + 1
Picture2.BackColor = &HFFFFFF
'*********** Change Scale *************
'*********** Find Xmin ****************
Xmin = xyInt(1, 1)
For I = 1 To zzz
    If Xmin > xyInt(I - 1, 1) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Xmin = xyInt(I - 1, 1)
    End If
Next I
'********** Find Xmax *****************
Xmax = xyInt(1, 1)
For I = 1 To zzz
    If Xmax < xyInt(I - 1, 1) Then
        Xmax = xyInt(I - 1, 1)
    End If
Next I
'********** Find Ymin *****************
Ymin = xyInt(1, 2)
For I = 1 To zzz
    If Ymin > xyInt(I - 1, 2) Then
        Ymin = xyInt(I - 1, 2)
    End If
Next I
'********** Find Ymax *****************
Ymax = xyInt(1, 2)
For I = 1 To zzz
    If Ymax < xyInt(I - 1, 2) Then
        Ymax = xyInt(I - 1, 2)
    End If
Next I
AxisForInt
'********** Plotting ******************
Picture2.CurrentY = xyInt(0, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Picture2.CurrentX = xyInt(0, 1)
    For I = 1 To zzz - 1
        Picture2.Line -(xyInt(I, 1), xyInt(I, 2))
    Next I
End Sub

Sub Form_Load ()
    Paneldate1.Caption = "Today is : " & Format(Date, "dd-mm-yyyy")
End Sub

Sub mnuFileItem_Click (Index As Integer)
Dim I As Integer
'CancelError is True
On Error GoTo errhandler
'ReDim DataN(10000, 2)

Select Case Index
    Case 0  ' If index = 0, the user chose "New"
        CmdPlot.Enabled = False
        mnuFileItem(2).Enabled = True
        ClearScreen
        TheFileName = "Untitled"
        comm1.PortOpen = False
    Case 1  ' If index = 1, the user chose "Open..."
        'mnuFileItem(2).Enabled = False
        Panel3D2.Caption = "Status : Now Opening File..."
        ' Set filters
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CMDialog1.Filter = "BH Files (*.BH)|*.BH"
' Specify default filter
CMDialog1.FilterIndex = 1
' display the File Open dialog
CMDialog1.Action = 1
TheFileName = CMDialog1.Filename
Panel3D5.Caption = "FileName : " & TheFileName
WorkingFileName = TheNewPath + TheFileName
If WorkingFileName <> "" Then
    OpenMode% = LOADFILE
    Filenum% = OpenAFile(WorkingFileName, OpenMode%, 0)
End If
If Filenum% = 0 Then
    Exit Sub
End If
If LOF(Filenum%) > 32000 Then
    msg = "File too Large."
    MsgBox msg
    Exit Sub
End If
frmMain.Caption = "Triangular Wave: " & TheFileName
mnuFileItem(3).Enabled = True
I = -1
Do Until EOF(Filenum%)
    Line Input #Filenum%, NextLine$
    LineFromFile$ = LineFromFile$ + NextLine$ + Chr$(13) + Chr$(10)
    If I = -1 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        char0$ = NextLine$
        zzz = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 0 Then
        char1$ = NextLine$
        Xmin = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 1 Then
        char2$ = NextLine$
        Xmax = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 2 Then
        Char3$ = NextLine$
        Ymin = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 3 Then
        Char4$ = NextLine$
        Ymax = Val(NextLine$)
        XminBox.Text = char1$
        XmaxBox.Text = char2$
        YminBox.Text = Char3$
        YmaxBox.Text = Char4$
        ScaleMode = 1
        ShapeFac = Picture2.Width / Picture2.Height
        Vtic = .01 * (Ymax - Ymin)
        Htic = .01 * (Xmax - Xmin) / ShapeFac
      Picture2.Scale (Xmin - Htic, Ymax + Vtic)
                  -(Xmax + Htic, Ymin - Vtic)
        Picture2.Line (Xmin - Htic, Ymin)-(Xmax + Htic, Ymin)
        Picture2.Line (Xmin, Ymin - Vtic)-(Xmin, Ymax + Vtic)
        Picture2.Line (Xmax, Ymin - Vtic)-(Xmax, Ymin + Vtic)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture2.Line ((Xmax + Xmin) / 2, Ymin - Vtic)
              -((Xmax + Xmin) / 2, Ymin + Vtic)
  Picture2.Line (Xmin - Htic, Ymax)-(Xmin + Htic, Ymax)
Picture2.Line (Xmin - Htic, (Ymax + Ymin) / 2)
              -(Xmin + Htic, (Ymax + Ymin) / 2)
  XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
  XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
  Xmax_2Label.Caption = Str$((Xmax + Xmin) / 2)
  YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
  YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
  Ymax_2Label.Caption = Str$((Ymax + Ymin) / 2)
ElseIf I = 4 Then
  DataN(4, 1) = Val(NextLine$)
ElseIf I = 5 Then
  DataN(4, 2) = Val(NextLine$)
ElseIf I >= 6 Then
  If I Mod 2 = 0 Then
     DataN(I, 1) = Val(NextLine$)
  Else
     DataN(I, 2) = Val(NextLine$)
  End If
End If
I = I + 1
Loop
Close Filenum%
I = 5,  J = 5,  K = 0
Do Until I >= zzz + 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    DataN(I, 1) = DataN(J + 1, 1)
    DataN(I, 2) = DataN(J + 2, 2)
    I = I + 1
    J = J + 2
Loop
Picture2.BackColor = &HFFFFFF
Command1_Click
For I = 0 To zzz
    savpigat(I, 1) = DataN(I + 4, 1)
    savpigat(I, 2) = DataN(I + 4, 2)
Next I
For I = 0 To zzz
    DataN(I, 1) = savpigat(I, 1)
    DataN(I, 2) = savpigat(I, 2)
Next I
Picture2.CurrentX = DataN(0, 1)
Picture2.CurrentY = DataN(0, 2)
I = 1
Do
    Picture2.Line -(DataN(I, 1), DataN(I, 2))
    I = I + 1
Loop Until I >= zzz
Command2.Enabled = True
Panel3D2.Caption = "Status : Active"
Command1.Enabled = False
CmdPlot.Enabled = False
Case 2  ' If index = 2, the user chose "Save As..."
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ' Set filters
    CMDialog1.Filter = "BH Files (*.BH)|*.BH"
    ' Specify default filter
    CMDialog1.FilterIndex = 1
    ' display the File Open dialog
    CMDialog1.Action = 2
    TheFileName = CMDialog1.Filename
    Panel3D5.Caption = "FileName : " & TheFileName
    Open TheFileName For Random As #1 Len = 128
    Close #1
    'Open the file and save the content of Register
    f% = FreeFile
    Open TheFileName For Output As #f%
    Print #f%, zzz
    Print #f%, Xmin
    Print #f%, Xmax
    Print #f%, Ymin
    Print #f%, Ymax
    For I = 1 To zzz '+ 1
        Print #f%, xyData(I, 1)
        Print #f%, xyData(I, 2)
    Next I
    Close #f%
Case 3  ' If index = 3, the user chose "Print"
    frmMain.PrintForm
Case 4
Case 5  ' If index = 5, the user chose "Close"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mnuFileItem(2).Enabled = True
        If comm1.PortOpen = True Then
        comm1.PortOpen = False
        End If
        Unload Me
        Load Intro
        Intro.Show 1
End Select
errhandler:
' user pressed cancel button
    Exit Sub
End Sub

Sub mnuhelp_Click ()
    h = Shell("winhelp c:\project\bh.hlp", 1)
End Sub

Sub Timer1_Timer ()
    Const MB_OK = 0, MB_OKCANCEL = 1     ' Define buttons.
    Const MB_YESNOCANCEL = 3, MB_YESNO = 4
    Const MB_ICONSTOP = 16, MB_ICONQUESTION = 32     ' Define Icons.
    Const MB_ICONEXCLAMATION = 48, MB_ICONINFORMATION = 64
    Const MB_DEFBUTTON2 = 256, IDYES = 6, IDNO = 7  ' Define other.
    Dim DgDef, msg, Response, Title ' Declare variables.
    Title = "Information"
    ' Put together a sample message box with all the proper components.
    msg = "No data receive."
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    msg = msg & " Do you want to continue?"
    DgDef = MB_YESNO + MB_ICONSTOP + MB_DEFBUTTON2   ' Describe
dialog.
    Response = MsgBox(msg, DgDef, Title)    ' Get user response.
    If Response = IDYES Then    ' Evaluate response
        Unload Me
        frmMain.Show 1
    Else    ' action.
      Unload Me
      Intro.Show 1
    End If
    MsgBox msg  ' Display action taken.
End Sub

Sub Timer2_Timer ()
    MyTime = Now
    Panel3D4.Caption = "Time : " & Format(MyTime, "hh:mm:ss")
End Sub

Sub XmaxBox_Change ()
    Xmax = Val(XmaxBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    Else
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub XminBox_Change ()
    Xmin = Val(XminBox.Text)
End Sub

Sub YmaxBox_Change ()
    Ymax = Val(YmaxBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    End If
    If Ymin = Ymax Then
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub

Sub YminBox_Change ()
    Ymin = Val(YminBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    End If
    If Ymin >= Ymax Then
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub

Option Explicit
Sub Command2_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    PrintFrm.Hide
End Sub

Sub Option3D1_Click (Value As Integer)
    Image1.Picture = Portait.Picture
End Sub

Sub Option3D2_Click (Value As Integer)
    Image1.Picture = Landscap.Picture
End Sub

Dim char0$
Dim char1$
Dim char2$
Dim Char3$
Dim Char4$
Dim maxI As Integer
Dim Indat As Variant
Dim Vtic As Single, Htic As Single
Dim ShapeFac As Single
Dim MyTime As Variant
Dim Pos_sense
Dim Neg_sense

Sub AxisForInt ()
    ScaleMode = 1
    ShapeFac = picture2.Width / picture2.Height
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Vtic = .01 * (Ymax - Ymin)
    Htic = .01 * (Xmax - Xmin) / ShapeFac
    picture2.Scale (Xmin - Htic, Ymax + Vtic)-(Xmax + Htic, Ymin - Vtic)
    XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
    XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
    Frame3D1.Visible = False
    XminBox.Visible = False
    YminBox.Visible = False
    XmaxBox.Visible = False
    YmaxBox.Visible = False
    Frame3D4.Visible = False
    Command1.Visible = False
    CmdPlot.Visible = False
    Command2.Visible = False
    CmdStop.Visible = False
    Label6.Caption = "B"
    Xmax_2Label.Visible = False
    YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
    YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
    Ymax_2Label.Visible = False
    Command1.Enabled = False
    Command2.Enabled = False
End Sub

Sub ClearScreen ()
        Panel3D3.Left = 1890
        picture2.BackColor = &HFFFFFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label6.Caption = "Induce emf"
txtsName.Text = ""
txtBr.Text = ""
txtHc.Text = ""
txtsName.Text = ""
txtBmHm.Text = ""
XminBox.Text = ""
XmaxBox.Text = ""
YminBox.Text = ""
YmaxBox.Text = ""
YmaxLabel.Caption = ""
Ymax_2Label.Caption = ""
YminLabel.Caption = ""
XminLabel.Caption = ""
Xmax_2Label.Caption = ""
XmaxLabel = ""
Frame3D1.Visible = True
XminBox.Visible = True
YminBox.Visible = True
XmaxBox.Visible = True
YmaxBox.Visible = True
Frame3D4.Visible = True
Command1.Visible = True
CmdPlot.Visible = True
Command2.Visible = True
CmdStop.Visible = True
txtBr.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        txtHc.Enabled = False
        txtBmHm.Enabled = False
End Sub

Sub CmdPlot_Click ()
Dim I As Integer
Dim startI
    Comm1.CommPort = port
    ' 9600 baud, no parity, 8 data, and 1 stop bit.
    Comm1.Settings = "9600,N,8,1"
    ' Tell the control to read entire buffer when Input is used.
    Comm1.InputLen = 0
    ' Open the port.
    Comm1.PortOpen = True
    I = 0
    C = 0
    Pos_sense = 0
    Neg_sense = 0
    Do
    I = I + 1
Start1:
    ' Receive character from serial until :
    Indat = Left$(Comm1.Input, 1)
    If Indat <> Chr$(58) Then GoTo Start1
    Comm1.InBufferCount = 0
    Do
        Dummy = DoEvents()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Loop Until Comm1.InBufferCount >= 16
instring$ = Comm1.Input
Indat = Left$(instring$, 14)
ReDim xyData(I, 2)
xyData(I, 2) = Val(Right$(Indat, 5)) / 10
savpigat(I, 2) = xyData(I, 2)
Indat = Left$(instring$, 9)
xyData(I, 1) = Val(Right$(Indat, 5)) / 10
savpigat(I, 1) = xyData(I, 1)
If I = 1 Then
    picture2.CurrentX = savpigat(1, 1)
    picture2.CurrentY = savpigat(1, 2)
End If
If I >= 2 Then
    picture2.Line -(savpigat(I, 1), savpigat(I, 2))
End If
Loop Until Pos_sense = 1 And Neg_sense = 1
Comm1.PortOpen = False
zzz = I - 8
ReDim xyData(I, 2)
For J = 1 To zzz
    xyData(J, 1) = savpigat(J, 1)
    DataN(J, 1) = savpigat(J, 1)
    xyData(J, 2) = savpigat(J, 2)
    DataN(J, 2) = savpigat(J, 2)
Next J
Command2.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Sub CmdStop_Click ()
    Pos_sense = 1
    Neg_sense = 1
End Sub

Sub Command1_Click ()
 CmdPlot.Enabled = True
 ScaleMode = 1
 ShapeFac = picture2.Width / picture2.Height
 Vtic = .01 * (Ymax - Ymin)
 Htic = .01 * (Xmax - Xmin) / ShapeFac
 picture2.Scale (Xmin - Htic, Ymax + Vtic)-(Xmax + Htic, Ymin - Vtic)
 XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
 XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
 Xmax_2Label.Caption = Str$((Xmax + Xmin) / 2)
 YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
 YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
 Ymax_2Label.Caption = Str$((Ymax + Ymin) / 2)
End Sub

'Integrate button
Sub Command2_Click ()
Dim BaseConst
Dim Totalconst
Dim BkYmax
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ReDim KeepBmHm(10000)
    For I = 0 To zzz
        xyInt(I, 1) = 0
        xyInt(I, 2) = 0
    Next I
    CenterX = 0
    CenterY = 0
    KeepXmin = 0
    Ymax = 0
    Ymin = 0
    BaseConst = 0
    KeepXmin = DataN(0, 1)
    keepI = 0
    For I = 1 To zzz
        If KeepXmin > DataN(I, 1) Then
            KeepXmin = DataN(I, 1)
        End If
    Next I
    For I = 0 To zzz
        If DataN(I, 1) = KeepXmin Then
            keepI = I
        End If
    Next I
    ReDim xyData(zzz, 2)
    For I = keepI To zzz
        savpigat(I - keepI, 1) = DataN(I, 1)
        savpigat(I - keepI, 2) = DataN(I, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Next I
K = 1
For I = 0 To keepI - 1
    savpigat(zzz - keepI + K, 1) = DataN(I, 1)
    savpigat(zzz - keepI + K, 2) = DataN(I, 2)
    K = K + 1
Next I
For I = 0 To zzz
    DataN(I, 1) = savpigat(I, 1) - KeepXmin
    DataN(I, 2) = savpigat(I, 2)
    xyData(I, 1) = DataN(I, 1)
    xyData(I, 2) = DataN(I, 2)
Next I
'********* Start Integrating **********
BaseConst = DataN(1, 2) / 2
xyInt(0, 1) = DataN(1, 1)
xyInt(0, 2) = 0
xyInt(1, 1) = DataN(2, 1)
xyInt(1, 2) = (BaseConst + (DataN(2, 2) / 2))
            * Abs(DataN(2, 1) - DataN(1, 1))
I = 2,     J = 2,  L = 0
NewArray(1) = 0
Do
    I = I + 1
    J = J + 1
    If I < zzz / 2 Then
      Totalconst = (BaseConst + (DataN(I, 2) / 2))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                * Abs(DataN(I, 1) - DataN(1, 1)) / (J - 1)
        xyInt(I, 1) = DataN(I, 1)
        NewArray(I) = NewArray(I - 1) + (DataN(I - 1, 2)
                * Abs(DataN(I, 1) - DataN(1, 1)) / (J - 1))
        xyInt(I, 2) = Totalconst + NewArray(I)
    End If
    If I >= zzz / 2 Then
        xyInt(I, 1) = DataN(I, 1)
        xyInt(I, 2) = (xyInt(zzz / 2 - 1, 2) - xyInt(L, 2))
        L = L + 1
    End If
Loop Until I >= zzz
picture2.BackColor = &HFFFFFF
'*********** Change Scale *************
'*********** Find Xmin ****************
Xmin = xyInt(1, 1)
For I = 1 To zzz
    If Xmin > xyInt(I - 1, 1) Then
        Xmin = xyInt(I - 1, 1)
        KeepXmin = Xmin
    End If
Next I
'********** Find Xmax *****************
Xmax = xyInt(1, 1)
For I = 1 To zzz
    If Xmax < xyInt(I - 1, 1) Then
        Xmax = xyInt(I - 1, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        KeepXmax = Xmax
    End If
Next I
'********** Find Ymin *****************
Ymin = xyInt(1, 2)
For I = 1 To zzz
    If Ymin > xyInt(I - 1, 2) Then
        Ymin = xyInt(I - 1, 2)
    End If
Next I
'********** Find Ymax *****************
Ymax = xyInt(1, 2)
For I = 1 To zzz
        If Ymax < xyInt(I - 1, 2) Then
        Ymax = xyInt(I - 1, 2)
        BkYmax = Ymax
    End If
Next I
Ymax = -Ymin
Ymin = -BkYmax
CenterX = (Xmin + Xmax) / 2
CenterY = (Ymin + Ymax) / 2
Xmin = Xmin - Xmax
Xmax = Xmax * 2
Ymax = Ymax + CenterY
Ymin = Ymin + CenterY
AxisForInt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Panel3D3.Left = 1200
For I = 0 To zzz
    xyData(I, 1) = xyInt(I, 1)
    xyData(I, 2) = xyInt(I, 2)
    xyInt(I, 1) = xyInt(I, 1) - CenterX
    xyInt(I, 2) = xyInt(I, 2) - CenterY
Next I
'********** Plotting ******************
picture2.CurrentX = xyInt(0, 1)
picture2.CurrentY = -xyInt(0, 2)
For I = 1 To zzz
    picture2.Line -(xyInt(I, 1), -(xyInt(I, 2)))
    xyData(I, 1) = xyInt(I, 1)
    xyData(I, 2) = -(xyInt(I, 2))
Next I
'********** Find Br *******************
For I = 0 To zzz
   If xyData(I, 1) <= CenterX + 25 And xyData(I, 1) >= CenterX - 25
          And xyData(I, 2) >= CenterY Then
       KeepBr = xyData(I, 2)
    End If
Next I
CenterY = (Ymax + Ymin) / 2
'MsgBox CenterY
'********** Find Hc *******************
KeepHc = 0
For I = 0 To zzz
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If xyData(I, 2) <= CenterY + 300 And xyData(I, 2) >= CenterY - 300
                And xyData(I, 1) <= CenterX Then
            KeepHc = xyData(I, 1)
        End If
    Next I
    '********** Find BmHm *****************
    For I = 0 To zzz
        If xyData(I, 1) >= KeepHc And xyData(I, 1) < CenterX Then
            KeepBmHm(I) = xyData(I, 1) * xyData(I, 2)
        End If
    Next I
    BmHm = KeepBmHm(0)
    For I = 1 To zzz
        If BmHm <= KeepBmHm(I) Then
            BmHm = KeepBmHm(I)
        End If
    Next I
    txtBr.Enabled = True
    txtHc.Enabled = True
    txtBmHm.Enabled = True
    txtBr.Text = KeepBr
    txtHc.Text = KeepHc
    txtBmHm.Text = BmHm
End Sub

Sub Form_Load ()
    Paneldate1.Caption = "Today is : " & Format(Date, "dd-mm-yyyy")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Sub mnuFileItem_Click (Index As Integer)
Dim I As Integer
'CancelError is True
On Error GoTo errhandler

Select Case Index
    Case 0  ' If index = 0, the user chose "New"
        For I = 0 To zzz
            xyData(I, 1) = 0
            xyData(I, 2) = 0
            xyInt(I, 1) = 0
            xyData(I, 2) = 0
            savpigat(I, 1) = 0
            savpigat(I, 2) = 0
            DataN(I, 1) = 0
            DataN(I, 2) = 0
        Next I
        CenterX = 0
        CenterY = 0
        Ymax = 0
        Ymin = 0
        Xmin = 0
        Xmax = 0
        CmdPlot.Enabled = False
        mnuFileItem(2).Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ClearScreen
        TheFileName = "Untitled"
        Comm1.PortOpen = False
    Case 1  ' If index = 1, the user chose "Open..."
        ' Set filters
        CmDialog1.Filter = "BH Files (*.BH)|*.BH"
        ' Specify default filter
        CmDialog1.FilterIndex = 1
        ' display the File Open dialog
        CmDialog1.Action = 1
        TheFileName = CmDialog1.Filename
        Panel3D5.Caption = "FileName : " & TheFileName
        WorkingFileName = TheNewPath + TheFileName
        If WorkingFileName <> "" Then
            OpenMode% = LOADFILE
            Filenum% = OpenAFile(WorkingFileName, OpenMode%, 0)
        End If
        If Filenum% = 0 Then
            Exit Sub
        End If
        If LOF(Filenum%) > 32000 Then
            msg = "File too Large."
            MsgBox msg
            Exit Sub
        End If
        frmMain.Caption = "Triangular Wave: " & TheFileName
        mnuFileItem(3).Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
I = 0
Do Until EOF(Filenum%)
    Line Input #Filenum%, NextLine$
    LineFromFile$ = LineFromFile$ + NextLine$ + Chr$(13) + Chr$(10)
    If I = 0 Then
        txtsName.Text = NextLine$
    End If
    If I = 1 Then
        zzz = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 2 Then
        char1$ = NextLine$
        Xmin = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 3 Then
        char2$ = NextLine$
        Xmax = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 4 Then
        Char3$ = NextLine$
        Ymin = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 5 Then
        Char4$ = NextLine$
        Ymax = Val(NextLine$)
        XminBox.Text = char1$
        XmaxBox.Text = char2$
        YminBox.Text = Char3$
        YmaxBox.Text = Char4$
        ScaleMode = 1
        ShapeFac = picture2.Width / picture2.Height
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        picture2.Scale (Xmin, Ymax)-(Xmax, Ymin)
        XminLabel.Caption = Str$(Xmin)
        XmaxLabel.Caption = Str$(Xmax)
        Xmax_2Label.Caption = Str$((Xmax + Xmin) / 2)
        YminLabel.Caption = Str$(Ymin)
        YmaxLabel.Caption = Str$(Ymax)
        Ymax_2Label.Caption = Str$((Ymax + Ymin) / 2)
    ElseIf I = 6 Then
        DataN(4, 1) = Val(NextLine$)
    ElseIf I = 7 Then
        DataN(4, 2) = Val(NextLine$)
    ElseIf I >= 8 Then
        If I Mod 2 = 0 Then
            DataN(I, 1) = Val(NextLine$)
        Else
            DataN(I, 2) = Val(NextLine$)
        End If
    End If
    I = I + 1
Loop
Close Filenum%
I = 5,  J = 5,  K = 0
Do Until I >= zzz + 6
    DataN(I, 1) = DataN(J + 3, 1)
    DataN(I, 2) = DataN(J + 4, 2)
    I = I + 1
    J = J + 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Loop
Panel3D3.Left = 1890
Frame3D1.Visible = True
XminBox.Visible = True
YminBox.Visible = True
XmaxBox.Visible = True
YmaxBox.Visible = True
Frame3D4.Visible = True
Command1.Visible = True
CmdPlot.Visible = True
Command2.Visible = True
CmdStop.Visible = True
txtBr.Enabled = False
picture2.BackColor = &HFFFFFF
Command1_Click
For I = 0 To zzz
    savpigat(I, 1) = DataN(I + 4, 1)
    savpigat(I, 2) = DataN(I + 4, 2)
Next I
For I = 0 To zzz
    DataN(I, 1) = savpigat(I, 1)
    DataN(I, 2) = savpigat(I, 2)
Next I
picture2.CurrentX = DataN(0, 1)
picture2.CurrentY = DataN(0, 2)
I = 1
Do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        picture2.Line -(DataN(I, 1), DataN(I, 2))
        I = I + 1
    Loop Until I >= zzz
    Command2.Enabled = True
    Command1.Enabled = False
    CmdPlot.Enabled = False
Case 2  ' If index = 2, the user chose "Save As..."
    ' Set filters
    CmDialog1.Filter = "BH Files (*.BH)|*.BH"
    ' Specify default filter
    CmDialog1.FilterIndex = 1
    ' display the File Open dialog
    CmDialog1.Action = 2
    TheFileName = CmDialog1.Filename
    Panel3D5.Caption = "FileName : " & TheFileName
    Open TheFileName For Random As #1 Len = 128
    Close #1
    'Open the file and save the content of Register
    f% = FreeFile
    Open TheFileName For Output As #f%
    Print #f%, txtsName.Text
    Print #f%, zzz
    Print #f%, Xmin
    Print #f%, Xmax
    Print #f%, Ymin
    Print #f%, Ymax
    For I = 1 To zzz
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Print #f%, xyData(I, 1)
            Print #f%, xyData(I, 2)
        Next I
        Close #f%
    Case 3
        frmemfH.PrintForm
    Case 4
    Case 5  ' If index = 5, the user chose "Close"
        mnuFileItem(2).Enabled = True
        If Comm1.PortOpen = True Then
        Comm1.PortOpen = False
        End If
        Unload Me
        Load Intro
        Intro.Show 1
End Select
errhandler:
' user pressed cancel button
    Exit Sub
End Sub

Sub mnuhelp_Click ()
    h = Shell("winhelp c:\project\bh.hlp", 1)
End Sub

Sub Timer1_Timer ()
    Const MB_OK = 0, MB_OKCANCEL = 1     ' Define buttons.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Const MB_YESNOCANCEL = 3, MB_YESNO = 4
    Const MB_ICONSTOP = 16, MB_ICONQUESTION = 32    ' Define Icons.
    Const MB_ICONEXCLAMATION = 48, MB_ICONINFORMATION = 64
    Const MB_DEFBUTTON2 = 256, IDYES = 6, IDNO = 7  ' Define other.
    Dim DgDef, msg, Response, Title ' Declare variables.
    Title = "Information"
    ' Put together a sample message box with all the proper components.
    msg = "No data receive."
    msg = msg & " Do you want to continue?"
    DgDef = MB_YESNO + MB_ICONSTOP + MB_DEFBUTTON2   ' Describe
dialog.
    Response = MsgBox(msg, DgDef, Title)    ' Get user response.
    If Response = IDYES Then    ' Evaluate response
        Unload Me
        frmMain.Show 1
    Else    ' action.
       Unload Me
       Intro.Show 1
    End If
    MsgBox msg  ' Display action taken.
End Sub

Sub XmaxBox_Change ()
    Xmax = Val(XmaxBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub

Sub XminBox_Change ()
    Xmin = Val(XminBox.Text)
End Sub

Sub YmaxBox_Change ()
    Ymax = Val(YmaxBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    End If
    If Ymin = Ymax Then
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub

Sub YminBox_Change ()
    Ymin = Val(YminBox.Text)
    If Xmax > 0 And YminBox.Text <> "" And YmaxBox.Text <> "" Then
        Command1.Enabled = True
    End If
    If Ymin >= Ymax Then
        Command1.Enabled = False
    End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************
;Program for transfer data from Analog section to Digital section(ADC)
;Language : Assembly for 8051
;*********************************************************

                CPU     "8051.TBL"
                HOF     "INT8"

;MCS-51 INTERNAL REGISTERS
B:      EQU     0F0H    ;B REGISTER
ACC:    EQU     0E0H    ;ACCUMULATOR
PSW:    EQU     0D0H    ;PROGRAM STATUS WORD
IPC:    EQU     0B8H    ;INTERRUPT PRIORITY
P3:     EQU     0B0H    ;PORT 3  P3.4-P3.7 BOARD ADDRESS
IEC:    EQU     0A8H    ;INTERRUPT ENABLE
P2:     EQU     0A0H    ;PORT 2
SBUF:   EQU     99H     ;SEND BUFFER
SCON:   EQU     98H     ;SERIAL CONTROL
P1:     EQU     90H     ;PORT 1
TH1:    EQU     8DH     ;TIMER 1 HIGH
TH0:    EQU     8CH     ;TIMER 0 HIGH
TL1:    EQU     8BH     ;TIMER 1 LOW
TL0:    EQU     8AH     ;TIMER 0 LOW
TMOD:   EQU     89H     ;TIMER MODE
TCON:   EQU     88H     ;TIMER CONTROL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PCON:   EQU   87H    ;POWER CONTROL REGISTER
DPH:    EQU   83H    ;DATA POINTER HIGH
DPL:    EQU   82H    ;DATA POINTER LOW
SP:     EQU   81H    ;STACK POINTER
P0:     EQU   80H    ;PORT 0  B1-B8, B9-B12, OR, POL 7109

;MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES
CY:     EQU   0D7H   ;CARRY FLAG
AC:     EQU   0D6H   ;AUXILIARY-CARRY FLAG
F0:     EQU   0D5H   ;USER FLAG 0
RS1:    EQU   0D4H   ;REGISTER SELECT MSB
RS0:    EQU   0D3H   ;REGISTER SELECT LSB
OV:     EQU   0D2H   ;OVERFLOW FLAG
P:      EQU   0D0H   ;PARITY FLAG
PS:     EQU   0BCH   ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:    EQU   0BBH   ;PRIORITY TIMER 1
PX1:    EQU   0BAH   ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:    EQU   0B9H   ;PRIORITY TIMER 0
PX0:    EQU   0B8H   ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:     EQU   0AFH   ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:     EQU   0ACH   ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:    EQU   0ABH   ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:    EQU   0AAH   ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
ET0:    EQU   0A9H   ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:    EQU   0A8H   ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
SM0:    EQU   09FH   ;SERIAL MODE 0
SM1:    EQU   09EH   ;SERIAL MODE 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SM2:    EQU    09DH    ;SERIAL MODE 2
REN:    EQU    09CH    ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:    EQU    09BH    ;TRANSMITT BIT 8
RB8:    EQU    09AH    ;RECEIVE BIT 8
TI:     EQU    099H    ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:     EQU    098H    ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:    EQU    08FH    ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:    EQU    08EH    ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT
TF0:    EQU    08DH    ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:    EQU    08CH    ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT
IE1:    EQU    08BH    ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG
IT1:    EQU    08AH    ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG
IE0:    EQU    089H    ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG
IT0:    EQU    088H    ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG
                                                  ; PORT
1 BIT ADDRESS
P1.0:   EQU    090H    ;P1.0-P1.3 OUTPUT TO SELECT MUX CHANNEL
P1.1:   EQU    091H    ;
P1.2:   EQU    092H    ;
P1.3:   EQU    093H    ;
P1.4:   EQU    094H    ;RUN/HOLD 7109
P1.5:   EQU    095H    ;CE/LOAD
P1.6:   EQU    096H    ;HBEN
P1.7:   EQU    097H    ;LBEN
P2.0:   EQU    0A0H    ;19200/9600 BIT/SEC SELECT H=19200,L=9600
P2.1:   EQU    0A1H
P2.2:   EQU    0A2H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P2.3:     EQU     0A3H
P2.4:     EQU     0A4H     ;maximum channel to be scanned
P2.5:     EQU     0A5H     ;p2.4-p2.7
P2.6:     EQU     0A6H
P2.7:     EQU     0A7H
R0:       EQU     00H
R1:       EQU     01H
R2:       EQU     02H
R3:       EQU     03H
;RAM BIT ADDRESS
KEY:            EQU     0BH
LED:            EQU     08H  ;INTERRUPT BLINK
XOFF_FLAG:      EQU     0AH
ZEROING:        EQU     0DH
VALVE:          EQU     0EH
CYCLE_COUNT:    EQU     0FH
EOF:            EQU     10H
SPACE_FLAG:     EQU     11H
SEC_FLAG:       EQU     12H
MIN_FLAG:       EQU     13H
CHECK_SUM:      EQU     14H
EOC:            EQU     15h
;RAM BYTE ADDRESS
MUX:            EQU     20H     ; 7 6 5 4  3 2 1 0 BIT ADDRESS
DATA_4BIT:      EQU     21H     ; F E D C  B A 9 8 BIT ADDRESS
pol:            equ     23h
BCC:            EQU     24H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BOARD_ADDRESS:  EQU     25H
CHANNEL_MAX:    EQU     26H
WARM:           EQU     49H
WORD_L:         EQU     4AH
WORD_H:         EQU     4BH
CHANNEL:        EQU     4CH
UP_START_L:     EQU     50H
UP_START_H:     EQU     51H
UP_STOP_L:      EQU     52H
UP_STOP_H:      EQU     53H
SEC50:          EQU     30H
ADC_DATA:       EQU     30H
SEC:            EQU     31H
MIN:            EQU     32H
HOUR:           EQU     33H
DAY:            EQU     34H
MONTH:          EQU     35H
YEAR:           EQU     36H
VANE:           EQU     37H  ;WIND DIRECTION PB0-PB3
WIND_SPEED:     EQU     38H  ;WIND SPEED 38H 39H (MAX 9999 Hz)
WIND_COUNTER:   EQU     3AH  ;WIND COUNTER USED IN EX1 SERVICE
DAY_MONTH:      EQU     3BH
INPUT_BUFFER:   EQU     57H  ;INPUT CONSOLE ASCII 40-45 (6
CHARACTERS)
BIN_LOW:        EQU     4DH
BIN_HIGH:       EQU     4EH
BCD10:          EQU     46H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BCD100:        EQU    47H
BCD1000:       EQU    48H
ADC_BUFFER:    EQU    54H  ;and ADC_BUFFER+1
      BS:      EQU      08H
      FS:      EQU      0CH
      CR:      EQU      0DH
      LF:      EQU      0AH
      EOS:     EQU      10H
      BELL:    EQU      07H
      SPACE:   EQU      20H
;*****************************************************
        ORG     0000H
        LJMP    MAIN_SENDER
        ORG     0003H
        LJMP    READ_7109  ; SERVICE EX0

        ORG     0100H
;INIT_RS232C INITIALIZED 8051 SERIAL PORT
;          BAUD RATE: 19200 bit/sec OR 9600 BIT/SEC
;          DATA LENGTH: 8 BIT
;          STOP BIT: 1 BIT
;          PARITY: NO
;          X-TAL: 11.0592 MHz
;          ENTRY : P2.0, IF P2.0 = H THEN BAUD RATE=19200
;                       IF P2.0 = 0 THEN BAUD RATE=9600
;
   INIT:   MOV       TMOD,#00100101B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     SCON,#01010010B
        JB      P2.0,HIGH_BAUD
        MOV     PCON,#00000000B
        SJMP    LOW_BAUD
HIGH_BAUD:  mov     pcon,#10000000b ;double board rate 19200 bit/sec
LOW_BAUD:   MOV     TH1,#0FDH       ;TIMER1 LOAD VALUE
        SETB    TR1             ;START TIMER1
        RET
;SEND   SEND A TO SERIAL PORT
;       CHECK TRANSMITTER BUFFER BEFORE SEND
;       ENTRY: A
;       EXIT: NO
;
  SEND:  JNB     TI,SEND
       CLR     TI
       MOV     SBUF,A   ;OK BUFFER EMPTY SEND OUT...
       JNB     CHECK_SUM,NO_CHECK_SUM
       ADD     A,BCC
       MOV     BCC,A
       NO_CHECK_SUM:
       RET
;RECIVES RECIVE BYTE FROM SERIAL PORT WITH TIME-OUT FUNCTION
;       ENTRY: NO
;       EXIT: A = ASCII NUMBER OR STRING COMMAND
;           A = FF  TIME-OUT
;
   RECIVES:  MOV     R7,#05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AGAIN:  MOV   R6,#00H        ;TIME-OUT DELAY
GET_RI: JB    RI,READY
        DJNZ  R6,GET_RI
        DJNZ  R7,AGAIN
        MOV   A,#0FFH        ;TIME-OUT NO DATA RECEPTED
        RET
READY:  CLR   RI
        MOV   A,SBUF
        RET
;RECIVE  RECIVE BYTE PUT TO A FROM SERIAL PORT
;       WAIT UNTIL RECIVER BUFFER READY
;       ENTRY: NO
;       EXIT: A
;
RECIVE: JNB   RI,RECIVE
        CLR   RI
        MOV   A,SBUF     ;GET IT
        LCALL SEND       ;ECHO TO TERMINAL
        RET
;RECEIVE RECEIVE BYTE NO ECHO
;
RECEIVE: JNB  RI,RECEIVE
        CLR   RI
        MOV   A,SBUF
        RET
;CR_SEND SEND CR TO RS232
;       ENTRY: NO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;       EXIT: NO
;
    SEND_CR:  MOV       A,#CR
              LCALL     SEND
    SEND_LF:  MOV       A,#LF
              LCALL     SEND
              RET

;SEND_SPACE
;
    SEND_SPACE:       MOV    A,#SPACE
                  LCALL  SEND
                  RET
    XOFF:   EQU       13H
    XON:    EQU       11H
    BREAK:  EQU       00H
;XOFF_SEND SEND XOFF TO RS232
;       ENTRY: NO
;       EXIT: NO
;
   XOFF_SEND: MOV      A,#XOFF    ;GET XOFF CHARACTER
              LCALL   SEND
              RET
;XON_SEND
;
   XON_SEND:       MOV       A,#XON
                 LCALL    SEND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RET
;NIBBLE_SHIFT SHIFT FOUR DIGIT BCD NUMBER LEFT A NIBBLE
;       ENTRY : R0 POINTED TO LSD
;       EXIT : NO
;
   NIBBLE_SHIFT:  INC      R0
                  MOV      A,@R0
                  SWAP     A
                  ANL      A,#0F0H
                  MOV      R3,A
                  DEC      R0
                  MOV      A,@R0
                  SWAP     A
                  MOV      R2,A
                  ANL      A,#0FH
                  ADD      A,R3
                  INC      R0
                  MOV      @R0,A
                  MOV      A,R2
                  ANL      A,#0F0H
                  DEC      R0
                  MOV      @R0,A
                  RET
;SHIFT_16BIT SHIFT LEFT 1 BIT ADDRESS $4D,$4E
;       $4D  LO BYTE
;       $4E  HI BYTE
;       ENTRY: NO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;            EXIT: Carry Flag
;
      SHIFT_16BIT: CLR    C          ; {($4E,$4D)} X 2
                   MOV    A,5DH
                   ADD    A,5DH
                   MOV    5DH,A
                   MOV    A,5EH
                   ADDC   A,5EH
                   MOV    5EH,A
                   RET              ; CARRY GONE
;BIN_BCD CONVERT 16 BIT BINARY TO BCD
; SHIFT LEFT 1 BIT FROM MOST SIGNIFICANT BIT TO LEAST
SIGNIFICANT
; BIT , IF CARRY = 1 THEN BCD= (2^N + BCD)
;   ENTRY: 16 BIT DATA
;      5D  4D  $3D = LO BYTE
;      5E  4E  $3E = HI BYTE
;   EXIT: 6 DIGIT BCD
;      46 $36L =      0
;         $36H =     10
;      47 $37L =    100
;         $37H =   1000
;      48 $38L =  10000
;         $38H = 100000
;
BIN_BCD:   MOV     56H,#00    ; CLEAR BCD BEFORE
           MOV     57H,#00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     58H,#00
        MOV     R1,#00H
        MOV     R7,#16D
BIN_1:    LCALL   SHIFT_16BIT
        JNC     NEXT_BIT
; OK CARRY = 1 ADD BCD TO 2^N CONSTANT IN TABLE2
;
        MOV     DPTR,#TABLE2
        CLR     C
        MOV     R0,#56H
        MOV     R6,#03H
 BIN_2:   MOV     A,R1
        MOVC    A,@A+DPTR
        ADDC    A,@R0
        DAA
        MOV     @R0,A
        INC     DPTR
        INC     R0
        DJNZ    R6,BIN_2
     NEXT_BIT: INC     R1
            INC     R1
            INC     R1
            DJNZ    R7,BIN_1
            RET
     TABLE2:        DFB     68H,27H,03H
                DFB     84H,63H,01H
                DFB     92H,81H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DFB     96H,40H,00H
        DFB     48H,20H,00H
        DFB     24H,10H,00H
        DFB     12H,05H,00H
        DFB     56H,02H,00H
        DFB     28H,01H,00H
        DFB     64H,00H,00H
        DFB     32H,00H,00H
        DFB     16H,00H,00H
        DFB     08H,00H,00H
        DFB     04H,00H,00H
        DFB     02H,00H,00H
        DFB     01H,00H,00H
;##########################################################
;       INTERRUPT SERVICE ROUTINE EX0
;       READ DATA FROM ICL7109 12 BIT ADC
;
  READ_7109: PUSH   PSW
        PUSH   ACC
        PUSH   B
        PUSH   DPL
        PUSH   DPH
        MOV    PSW,#00010000B  ; SELECT REGISTER BANK 2
        CLR    P1.4            ; HOLD 7109
        MOV    R0,#ADC_DATA    ; COMPUTE ADDRESS OF ADC
BUFFER
        MOV    A,MUX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     B,#02H
        MUL     AB
        ADD     A,R0
        MOV     R0,A
        INC     MUX
        MOV     A,MUX
        CJNE    A,channel_max,NEXT_CHANNEL
                ; change 10 to variable in channel_max
        MOV     MUX,#00H
        SETB    EOC  ; 16 channel finished
NEXT_CHANNEL:   MOV     C,00H
                MOV     P1.0,C
                MOV     C,01H
                MOV     P1.1,C
                MOV     C,02H
                MOV     P1.2,C
                MOV     C,03H
                MOV     P1.3,C
                CLR     P1.5    ; CE --> 0
                CLR     P1.7    ; LBEN -> 0
                MOV     P0,#0FFH
                NOP
                MOV     A,P0
                MOV     @R0,A
                SETB    P1.7    ; LBEN -> 1
                NOP
                CLR     P1.6    ; HBEN -> 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    P0,#0FFH
                NOP
                MOV    A,P0
                INC    R0
                MOV    @R0,A     ;SAVE TO @R0+1
                SETB   P1.6      ; HBEN -> 1
                SETB   P1.4      ; run 7109 again
                POP    DPH
                POP    DPL
                POP    B
                POP    ACC
                POP    PSW
                RETI
;*****************************************************
;       SEND_7109_SERIAL  SEND RECORD TO TERMINAL
;       VIA 9600/19200 BPS SERIAL PORT
;
        SEND_7109_SERIAL: MOV    BCC,#00H
                 MOV    A,#":"   ; START OF RECORD
                 LCALL  SEND
; delay section for matching speed to send to PC
;
        DELAY1S:      setb   rs1
                  MOV    R5,#0FH
        SUBD1:        MOV    R6,#0FFH
        SUBD2:        NOP
                  DJNZ   R6,SUBD2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R5,SUBD1
                clr     rs1
      SETB   CHECK_SUM
             ; TERMINAL SHOULD CALCULATE BCC WHEN RECEIVED
             ; IF NOT CORRECT THEN SEND THE SAME ADDRESS
             ; AGAIN WITHIN SAYS 10 TIMES THEN ALARM
             ; ON THE TERMINAL SCREEN
MOV     A,BOARD_ADDRESS
LCALL   SEND_ASCII        ; SEND BOARD ADDRESS
MOV     A,P2              ; SEND INPUT STATUS
LCALL   SEND_ASCII
MOV     R3,channel_max   ; change 16d to channel_max
MOV     R0,#ADC_DATA
READ_BUFFER:   PUSH   R3
          MOV    A,@R0
          INC    R0
          MOV    A,@R0
          jb     p2.3,no_pol
          lcall  find_polarity
no_pol:   ANL    A,#0FH
          MOV    5EH,A
          DEC    R0
          MOV    A,@R0
          MOV    5DH,A
          PUSH   R0          ; SAVE R0
          LCALL  BIN_BCD
          POP    R0          ; PULL R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            jb      p2.3,no_send_pol
            mov     a,pol
            lcall   send
no_send_pol:    MOV     A,57H
            LCALL   SEND_ASCII
            MOV     A,56H
            LCALL   SEND_ASCII
            mov     a,R3
            cjne    a,#01h,old_line
            sjmp    new_line
  old_line:
;LCALL  SEND
;
new_line:   INC     R0
            INC     R0
            POP     R3
            DJNZ    R3,READ_BUFFER
            MOV     A,BCC
            CPL     A
            INC     A
            LCALL   SEND_ASCII  ; SEND BYTE CHECK SUM
            LCALL   SEND_CR
            RET
;find_polarity
;       entry: A
;        exit: ascii + or - in pol byte
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
find_polarity:  push    acc
                anl     a,#00100000b
                cjne    a,#00h,positive
                mov     pol,#"-"
                sjmp    found_pol
positive:       mov     pol,#"+"
found_pol:      pop     acc
                ret
;BCD_SUM ADD TWO'S SIX DIGIT BCD CONTAIN IN THREE BYTE
;       POINTED BY R0 AND R1
;           FIRST = {FIRST + SECOND}
;       ENTRY: R0 POINT TO LSD FIRST BCD NUMBER
;           R1 POINT TO LSD SECOND BCD NUMBER
;       EXIT:  RESULTS PLACE TO FIRST BCD NUMBER
;           C = 1 {OVERFLOW,eg.GREATER THAN 999999}
;
BCD_SUM:  CLR     C
          MOV     R7,#03H
SUM:      MOV     A,@R0
          ADDC    A,@R1
          DAA
          MOV     @R0,A
          INC     R0
          INC     R1
          DJNZ    R7,SUM
          RET
;BCD_ASCII CONVERT BCD NUMBER TO ASCII CODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;           ENTRY: A {LOW NIBBLE ONLY}
;           EXIT: A
;
 BCD_ASCII: ANL     A,#0FH          ;GET ONLY LOW NIBBLE
            ADD     A,#30H          ;CONVERT TO ASCII CODE
            RET
;BUFFER_ASCII CONVERT BCD IN BUFFER START $30 - $35
;          ENTRY: BCD NUMBER IN TRANSMIT BUFFER
;          EXIT: ASCII CODE IN TRANSMIT BUFFER
;
   BUFFER_ASCII:    MOV   R7,#06H
                    MOV   R0,#30H
   NEXT_ASCII:      MOV   A,@R0
                    LCALL BCD_ASCII
                    MOV   @R0,A
                    INC   R0
                    DJNZ  R7,NEXT_ASCII
                    RET
;SEND_BUFFER SEND ASCII CODE IN TRANSMIT BUFFER TO SERIAL
PORT
;          THEN DATA SEPERATOR /32/32
;          ENTRY: ASCII CODE IN TRANSMIT BUFFER
;          EXIT: NO
;
      SEND_BUFFER:   MOV    R7,#06H
                     MOV    R0,#35H
      NEXT_BYTE:     MOV    A,@R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL   SEND        ;SEND OUT TO SERIAL PORT
        DEC     R0
        DJNZ    R7,NEXT_BYTE
        MOV     A,#20H
        LCALL   SEND
        MOV     A,#20H
        LCALL   SEND
        RET
;TRANSFERS MOV 4 BYTE IN DATA BUFFER POINTED BY R0
;TO DISPLAY BUFFER
;       ENTRY: BCD NUMBER 4 BYTES IN CURRENT PROG & TIME
;       EXIT: BCD NUMBER 6 DIGIT IN TRANSMIT BUFFER
;
  TRANSFERS:  MOV    R7,#03
        MOV     R1,#30H
  TRANS2:     MOV    A,@R0
        MOV     R6,A
        ANL     A,#0FH
        MOV     @R1,A
        INC     R1
        MOV     A,R6
        SWAP    A
        ANL     A,#0FH
        MOV     @R1,A
        INC     R0
        INC     R1
        DJNZ    R7,TRANS2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RET
;COMPARE TWO 16 BIT BINARY NUMBER
;       ENTRY: R0 FIRST OPERAND
;              R1 SECOND OPERAND
;       EXIT: C=1 FIRST OPERAND < SECOND OPERAND
;             C=0 FIRST OPERAND >= SECOND OPERAND
;
  COMPARE:    CLR     C
            MOV     A,@R0
            SUBB    A,@R1
            INC     R0
            INC     R1
            MOV     A,@R0
            SUBB    A,@R1
            RET
;##################################################
;#          MAIN PROGRAM                        #
;##################################################
  MAIN_SENDER: mov  r0,#00h
  power_delay: djnz r0,power_delay
            MOV  SP,#60H   ; FIRST, STACK MUST BE INITIALIZED
            CLR  P1.4      ; HOLD 7109
            mov  channel_max,#02H ;For B-H use 2 channel
                      ;GET BOARD ADDRESS FROM P3.4-P3.7
            mov   p3,#0ffh     ; write '1' before read
            mov   a,p3
            anl   a,#0f0h      ; get data only p3.4-p3.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            swap  a
            MOV   BOARD_ADDRESS,A
            SETB  EA          ; ENABLE ALL INTERRUPT
            SETB  EX0         ; ENABLE EXTERNAL INTERRUPT 0
            SETB  IT0         ; FALLING EDGE EXT0
            MOV   CHANNEL,#00H
            LCALL INIT
;***********************************************
;           MAIN PROGRAM
;
  TEST10:  CLR  P1.0        ; SELECT CH0
        CLR  P1.1
        CLR  P1.2
        CLR  P1.3
        MOV   MUX,#00H
        clr   EOC
  RUN:      SETB  P1.4        ; START adc
        jb    p2.1,soft_trig
              ; if p2.1 low then send data to PC continuously
        sjmp  free_run
  soft_trig:  jnb   ri,run      ; els wait address from PC
          clr   ri          ; address is in SBUF
          clr   p1.4        ; hold 7109
          MOV   A,SBUF
          CJNE  A,#"/",RUN ;WAIT HEADER "/"
          LCALL RECEIVE     ; WAIT ADDRESS SAYS @1, @2, @3,...
          MOV   A,SBUF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL ASCII_BIN
            CJNE    A,BOARD_ADDRESS,RUN         ; address board #0,1,2,3,..
A,B,C,..F
; if address match send data via serial port 9600/19200 bit/sec
    free_run:  jnb    EOC,$
            clr    p1.4          ; STOP ADC
            LCALL  SEND_7109_SERIAL
            SJMP  test10
;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
;SEND_STRING SEND STRING CONSTANT TO TERMINAL
;           ENTRY: DPTR
;           EXIT: FOUND EOS
;
      SEND_STRING:  CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
                CJNE  A,#EOS,SEND_STRING1
                RET
      SEND_STRING1: PUSH  DPL
                PUSH  DPH
                LCALL SEND
                POP   DPH
                POP   DPL
                INC   DPTR
                SJMP  SEND_STRING
;SEND_SP
;
            SEND_SP:   MOV     A,#SPACE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  SEND
                MOV    A,#SPACE
                LCALL  SEND
                RET
;BIN_ASCII CONVERT BIN TO ASCII CODE
;       ENTRY: A
;       EXIT : A
;
   BIN_ASCII:     ANL     A,#0FH
                MOV     R2,A
                CLR     C
                SUBB    A,#0AH
                JNC     ASCII_AF2
                MOV     A,R2
                ADD     A,#30H
                RET
   ASCII_AF2:     MOV     A,R2
                ADD     A,#37H
                RET
;BCD_BIN CONVERT 0-12 BCD NUMBER TO BINARY NUMBER
;       ENTRY: A
;       EXIT:  A
;
BCD_BIN: CJNE   A,#10H,BIN2
       MOV     A,#0AH
       RET
BIN2:   CJNE   A,#11H,BIN3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV    A,#0BH
        RET
BIN3:   CJNE   A,#12H,BIN4
        MOV    A,#0CH
        RET
BIN4:   RET
;BYTE_ASCII  CONVERT A TO ASCII IN R4, R5
;
    BYTE_ASCII:  MOV    B,A
                 LCALL  BIN_ASCII
                 MOV    R4,A
                 MOV    A,B
                 SWAP   A
                 LCALL  BIN_ASCII
                 MOV    R5,A
                 RET
;ASCII_BIN  CONVERTS SINGLE ASCII CHARACTER TO SINGLE NIBBLE
;        BINARY
;  ENTRY: A ( 30-39 for 0-9, 41-46 for A-F, 61-66 for a-f)
;  EXIT: A
;  for ASCII A-F accepts only uppper case i.e., A,B,C,D,E,F
;
   ASCII_BIN: ORL     A,#00100000B  ; CHANGE TO LOWER CASE
              CLR     C
              MOV     R6,A
              SUBB    A,#61H
              JNC     ASCII_AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV      A,R6
            CLR      C
            SUBB     A,#30H
            RET
    ASCII_AF:  CLR      C
            MOV      A,R6
            SUBB     A,#57H
            RET
;SEND_ASCII SEND ASCII IN R5(HI) R4(LO) BYTE TO MONITOR
;         INPUT : A
;         OUTPUT : NONE
;
     SEND_ASCII:  LCALL  BYTE_ASCII
              MOV    A,R5
              LCALL  SEND
              MOV    A,R4
              LCALL   SEND
              RET
;COMBINE DATA 2 BYTE TO SINGLE BYTE
;        ENTRY: R4= LOW NIBBLE
;               R5= HIGH NIBBLE
;        EXIT:  A
;
      COMBINE:        MOV        A,R5
                  SWAP      A
                  ADD       A,R4
                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;GET_BYTE GET DATA FROM SERIAL PORT TWO BYTE SAVE TO
;   R5 AS A HIGH NIBBLE AND R4 AS A LOW NIBBLE
;   ENTRY: NO, serial port must be initialzed before calling
;   EXIT: A
;
   GET_BYTE:    LCALL   RECIVE  ;FIRST READING MUST GO TO R5 !!
                LCALL   ASCII_BIN
                MOV     R5,A
                LCALL   RECIVE
                LCALL   ASCII_BIN
                MOV     R4,A
                LCALL   COMBINE
                RET
         END
;-----------------------------End of Software------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้