สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบวัดเส้นสมศักย์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

นายปลื้มใจ อินช่วย
นายศิริชัย มินฮายีนุด
นางสาวอุสา อภิญญานุรักษ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่
เลขทะเบียน 40212
วัน, เดือน, ปี 20 ส.ค. 2544
b 11092014
i

นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดเส้นสมศักย์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

นายปลื้มใจ อินช่วย

นายศิริชัย มินฮายีนุด

นางสาวอุสา อภิญญานุรักษ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computerized Equipotential Line Measurement System

Mr.Plermjai Inchuay

Mr.Sirichai Minhayeenud

Miss.Usa Apinyanurak

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

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ระบบวัดเส้นสมศักย์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	
โดย	นายปลื้มใจ	อินช่วย
	นายศิริชัย	มินฮายีนุด
	นางสาวอุสา	อภิญญานุรักษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วราวุฒิ	เถาลัดดา
	ผศ.วิชาญ	เตชิตธีระ
	อาจารย์สุรศักดิ์	พิพัฒน์ศาสตร์

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ) หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา) ประธานกรรมการ

(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ) กรรมการ

(อาจารย์สุรศักดิ์ พิพัฒน์ศาสตร์) กรรมการ

(อาจารย์ ภัทรียา กิตติเดชาชาญ) กรรมการ

(อาจารย์ บดินทร์ ดำรงศักดิ์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ระบบวัดเส้นสมศักย์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	
นักศึกษา	นายปลื้มใจ	อินช่วย
	นายศิริชัย	มินฮายีนุด
	นางสาวอุสา	อภิญญานุรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วราวุฒิ	เถาลัดดา
	ผศ.วิชาญ	เตชิตธีระ
	อาจารย์สุรศักดิ์	พิพัฒน์ศาสตร์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2543	

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบวัดเส้นสมศักย์ของขั้วไฟฟ้าควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัววัดศักย์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถควบคุมการวัดศักย์ไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ 9 x 9 ตารางเซ็นติเมตร ด้วยความละเอียดสูงสุด 0.1 มิลลิเมตร ทั้งแนวแกน x และแกน y ส่วนนี้ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรับคำสั่งควบคุมจากผู้ใช้งานผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลและส่งกลับมายังไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่เขียนด้วยภาษาวิชวลเบสิกจะทำหน้าที่วิเคราะห์ผลการวัดและแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ทั้งในลักษณะภาพแสดงระดับสีและเส้นสมศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Computerized Equipotential Line Measurement System	
Name	Mr.Plermjai	Inchuay
	Mr.Sirichai	Minhayeenud
	Miss.Usa	Apinyanurak
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Warawoot	Thowladda
	Asst.Prof.Wicharn	Techitdheera
	Mr.Surasak	Pipatsart
Department	Applied Physics	
Acadamic Year	2000	

Abstract

The computerized equipotential line measurement system in this special project was developed to identify the equipotential contour lines of the electrode system. The measurement system consists of a mechanical part to control the probe movement. This microcontroller controlled part can scan the potential in the area of 9 x 9 cm^2 with the resolution of 0.1 mm. The control commands were transferred to this part via RS232 bus of the personal computer. The measured electric potential at each position was converted to digital signal and transferred to the PC. The program which developed by Microsoft Visual Basic compiler language processes the potential data and display the measured potential in the form of color map and the equipotential contour lines.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความสนับสนุน ช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ.ที่นี้ด้วย

ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา	ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและให้คำปรึกษาในการทำงานเป็นอย่างดีมาตลอดจนโครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ	ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและให้คำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินโครงงาน
อาจารย์สุรศักดิ์ พิพัฒน์ศาสตร์	ผู้ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและสนับสนุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นอย่างดี
บิดา-มารดา	ผู้ซึ่งให้กำเนิด เลี้ยงดู และให้โอกาสในการศึกษามาตลอด จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับชั้นอุดมศึกษา
คุณชัยสุริยา ประภาศิริ	ที่ให้คำแนะนำซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งในการเขียนโปรแกรมรวมทั้งตำราที่ใช้ประกอบในการทำโครงงานนี้
คุณ ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี	ที่ให้การสนับสนุนในการทดลองและเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี
คุณรัตน์สุดา ทองแดง	ที่คอยให้คำแนะนำและข้อคิดที่มีประโยชน์

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.2 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 ศักย์ไฟฟ้า	3
2.2 ความต่างศักย์ไฟฟ้า	3
2.3 พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ	4
2.4 เส้นสมศักย์	5
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นสนามไฟฟ้าและเส้นสมศักย์	9
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	15
3.1 ส่วนประกอบของโครงงาน	15
3.2 ส่วนควบคุม	16
3.2.1 การทำงานของวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	19
3.3 ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์	23
3.3.1 ส่วนติดต่อรับส่งข้อมูล	23
3.3.2 ส่วนแสดงผล	43
3.4 โฟล์ชาร์ทของโปรแกรมในส่วนต่างๆ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	53
4.1 ผลการทดลองพลอตเส้นสมศักย์จากขั้วไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ	53
4.2 ผลการทดลองเรื่องระดับของหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อลักษณะเส้นสมศักย์	56
4.3 ผลการทดลองเรื่องสเกลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีผลต่อเส้นสมศักย์	56
4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี	58
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปผลการวิจัยและการดำเนินงาน	60
5.2 ประสิทธิภาพของระบบวัดเส้นสมศักย์	60
5.3 วิจารณ์ผลการทดลอง	60
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	61
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม	
ภาคผนวก ข. ซอร์ทโคดโปรแกรม	
ภาคผนวก ค. รายละเอียดของไอซีที่ใช้ในวงจร	
บรรณานุกรม	
ประวัติผู้จัดทำโครงงานพิเศษ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของเส้นสมศักย์	5
รูปที่ 2.2 แสดงเส้นแรงไฟฟ้าและเส้นสมศักย์	6
รูปที่ 2.3 แสดงตัวนำที่อยู่ในสภาวะสมดุลสถิต	7
รูปที่ 2.4 แสดงตัวนำที่อยู่ในสภาวะสมดุลสถิตซึ่งมีโพรงอยู่ข้างใน	7
รูปที่ 2.5 เส้นสนาม(เส้นทึบ)และเส้นสมศักย์(เส้นประ)ของสนามไฟฟ้าที่เป็นเอกรูป	9
รูปที่ 2.6 เส้นสนาม(เส้นทึบ)และเส้นสมศักย์(เส้นประ)ของสนามไฟฟ้าที่ไม่เป็นเอกรูป	10
รูปที่ 2.7 สนามไฟฟ้าและค่าศักย์ที่เปลี่ยนแปลงรอบelectric dipole ซึ่งประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบที่มีค่า 140 pC. ห่างกัน 127 mm. เส้นทึบคือเส้นสนาม และเส้นประคือเส้นสมศักย์ ซึ่งระดับของค่าศักย์จะแสดงออกมาในค่าโวลท์	11
รูปที่ 2.8 สนามไฟฟ้าและค่าศักย์ที่เปลี่ยนแปลงรอบประจุบวกสองประจุที่มีค่า 140 pC. เท่ากัน ซึ่งห่างกัน 127 mm. เส้นทึบคือเส้นสนาม และเส้นประคือเส้นสมศักย์ ซึ่งระดับของค่าศักย์จะแสดงออกมาในค่าโวลท์	12
รูปที่ 2.9 เส้นสมศักย์ที่เกิดจากขั้วไฟฟ้าวงกลมที่มีการจัดวางในลักษณะต่างๆ	13
รูปที่ 2.10 เส้นสมศักย์ที่เกิดจากขั้ววงกลมที่มีการวางสลับกันระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ	14
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานใยส่วนต่างๆ	15
รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ขณะทำการเก็บข้อมูล	16
รูปที่ 3.3 ลักษณะและทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน x และแกน y	17
รูปที่ 3.4 ชุดมอเตอร์แกน x และแกน y	17
รูปที่ 3.5 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของระบบวัดเส้นสมศักย์	18
รูปที่ 3.6 วงจรภาคไมโครคอนโทรลเลอร์	19
รูปที่ 3.7 วงจรภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์	20
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส	21
รูปที่ 3.9 ไทมิงไดอะแกรมในการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส เมื่อสถานะ “1” แทนบวก และสถานะ “0” แทนลบ	22
รูปที่ 3.10 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	22
รูปที่ 3.11 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม	25
รูปที่ 3.12 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS232 ทั้ง DB-9 และ DB25 29

รูปที่ 3.14 (ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem 31

รูปที่ 3.14 (ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS232 โดยใช้สัญญาณเพียง 3 เส้น 31

รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม 33

รูปที่ 3.16 หน้าต่างของโปรแกรม Debug แสดงตำแหน่งของพอร์ต 34

รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95/98 35

รูปที่ 3.18 แสดงรายละเอียดของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95/98 36

รูปที่ 3.19 โฟล์ชาร์ทการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม 44

รูปที่ 3.20 โฟล์ชาร์ทการจัดเรียงข้อมูลลงตำแหน่ง 45

รูปที่ 3.21 โฟล์ชาร์ทการพล็อตรูปแบ่งระดับสี 46

รูปที่ 3.22 โฟล์ชาร์ทการพล็อตรูปเส้นสมศักย์ 47

รูปที่ 3.23 โฟล์ชาร์ทแสดงการปรับค่าข้อมูล 48

รูปที่ 3.24 โฟล์ชาร์ทการขยายขนาดของข้อมูล (1/2) 49

รูปที่ 3.25 โฟล์ชาร์ทการขยายขนาดของข้อมูล (2/2) 50

รูปที่ 3.26 โฟล์ชาร์ทการรับคำสั่งและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ 51

รูปที่ 3.27 โฟล์ชาร์ทการสแกนวัดค่าศักย์ไฟฟ้า 52

รูปที่ 4.1 ขั้วไฟฟ้ารูปดาว 53

รูปที่ 4.2 รูปแบ่งระดับสีที่ได้จาก ขั้วไฟฟ้าในรูปที่ 4.1 53

รูปที่ 4.3 รูปเส้นสมศักย์ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าในรูปที่ 4.1 53

รูปที่ 4.4 ขั้วไฟฟ้าวงกลม(ขั้วลบ) และวงกลม(ขั้วบวก) 54

รูปที่ 4.5 รูปเส้นศักย์ที่พล็อตได้จากขั้วลักษณะดังรูปที่ 4.4 54

รูปที่ 4.6 ขั้วไฟฟ้าวงกลม(ขั้วลบ) 2 ขั้ว และวงกลม(ขั้วบวก) 2 ขั้ว 55

รูปที่ 4.7 รูปเส้นศักย์ที่พล็อตได้จากขั้วลักษณะดังรูปที่ 4.6 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 (ก) ลักษณะเส้นสมศักย์เมื่อหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าอยู่เหนือขั้ว 2 มม.
(ข) ลักษณะเส้นสมศักย์เมื่อหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าอยู่เหนือขั้ว 2 มม. 56

รูปที่ 4.9 (ก)-(จ) เป็นการทดลองเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของเส้นสมศักย์ที่ได้เมื่อใช้สเกลต่าง ๆ กัน 57

รูปที่ 4.10 (ก) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการคำนวณ(ตามทฤษฎี)
(ข) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการทดลอง 58

รูปที่ 4.11 (ก) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการคำนวณ(ตามทฤษฎี)
(ข) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการทดลอง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 3.1 แสดงวิธีการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส 21

ตาราง 3.2 แสดงพารีตีของข้อมูล 27

ตาราง 3.3 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411 ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การศึกษาลักษณะของเส้นแรงไฟฟ้าเป็นสิ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเส้นแรงไฟฟ้าจะแสดงถึงทิศทางของแรงที่สนามไฟฟ้ากระทำต่อประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปเส้นแรงไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าใด ๆ สามารถหาได้โดยการคำนวณ ซึ่งการคำนวณจะยุ่งยากมากขึ้นตามลักษณะของขั้วไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขั้วไฟฟ้าไม่มีรูปทรงเชิงเรขาคณิต เส้นแรงไฟฟ้าไม่สามารถวัดได้โดยตรง อย่างไรก็ตามเส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศทางตั้งฉากกับเส้นสมศักย์ (equipotential line) เมื่อเส้นสมศักย์หมายถึงเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันภายในสนามไฟฟ้าและเส้นสมศักย์นี้สามารถหาได้โดยการวัด ดังนั้นจึงสามารถหาเส้นแรงไฟฟ้าได้หลังจากการวัดเส้นสมศักย์

การวัดเส้นสมศักย์ทำได้โดยการวัดศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่วางในอ่างน้ำ โดยลากหัววัดศักย์ไฟฟ้าผ่านไปตามตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เส้นทางของหัววัดนี้คือเส้นสมศักย์นั่นเอง หรืออาจทำได้โดยการวัดศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ทุกจุดในสนามไฟฟ้าแล้วบันทึกค่าทั้งหมดไว้ จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เมื่อลากเส้นเชื่อมจุดเหล่านี้ก็จะได้เส้นสมศักย์ที่ต้องการ

โครงงานพิเศษนี้ เป็นการสร้างระบบวัดเส้นสมศักย์ โดยการใช้สเตปปิงมอเตอร์ควบคุมตำแหน่งของหัววัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าที่วางอยู่ในอ่างน้ำ น้ำหรือสารอิเล็กโทรไลท์จะช่วยให้มีการนำไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้การวัดศักย์ไฟฟ้ามีความถูกต้องมากขึ้น ศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้และตำแหน่งของหัววัดจะถูกส่งและบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะคำนวณและพลอตภาพแสดงเส้นสมศักย์ทางหน้าจอ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นสมศักย์และวิธีการวัด
2. เพื่อสร้างระบบวัดเส้นสมศักย์ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
3. เพื่อการวิเคราะห์ลักษณะเส้นสมศักย์ โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก และทราบแนวโน้มการเกิดเส้นแรงไฟฟ้าได้
4. เพื่อนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบข่ายของโครงงานนี้คือ

1. ศึกษาสมบัติของเส้นสมศักย์และวิธีการวัด
2. ควบคุมมอเตอร์ที่บังคับแกน x,y ให้เคลื่อนที่ไปได้ในระยะที่ต้องการ
3. สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์
4. ใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกเชื่อมต่อ(interface) ระหว่างผู้ใช้งานกับตัวโปรแกรม
5. สามารถเก็บข้อมูลจากระบบการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในอ่างแล้วเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล
6. ดึงข้อมูลที่เก็บไว้เพื่อนำมาพลอตเป็นภาพแสดงเส้นสมศักย์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อโครงงานชิ้นนี้สำเร็จลง คาดว่าจะมีประโยชน์อย่างมากในการเรียนการสอน เรื่องศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะทำให้สามารถมองเส้นภาพของเส้นสมศักย์และเส้นแรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อเป็นการยืนยันผลการคำนวณเกี่ยวกับเส้นแรงไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential)

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งประจุทดสอบ ซึ่งวาง ณ จุดนั้น โดยที่ประจุทดสอบมักใช้ประจุบวก

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ r ใด ๆ คือ

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{kQ}{r} \qquad (1)$$

เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

U คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J)

q_0 คือ ประจุทดสอบ มีหน่วยเป็นคูลอมป์ (C)

k คือ ค่าคงที่ เท่ากับ $9x10^9\ Nm^2/C^2$

Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมป์(C)

r คือ ระยะห่างจากจุดประจุ Q มีหน่วยเป็นเมตร (m)

2.2 ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential Difference)

ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด a กับ จุด b คือผลต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าที่จุด a และ จุด b หรือหมายถึงค่าของศักย์ไฟฟ้าที่จุด a เทียบกับ จุด b

ความต่างศักย์ไฟฟ้าหาได้จากสมการ

$$V_a - V_b = V_{ab} = \frac{W_{ab}}{q_0} \qquad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r} \qquad (3)$$

เมื่อ V_a คือ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด a มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_b คือ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด b มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_{ab} คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด a และ b มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

W_{ab} คือ งานที่ได้จากการเคลื่อนประจุทดสอบจาก b ไป a มีหน่วยเป็นจูล (J)

$\vec{E}$ คือ สนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเมตร (V/m)

2.3 พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

พลังงานศักย์ไฟฟ้าของประจุ q_0 ซึ่งวางอยู่ที่จุด P เนื่องจากจุดประจุ $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$ หาได้จากสมการ

$$U = kq_0\frac{Q_1}{r_1} + kq_0\frac{Q_2}{r_2} + \cdots + kq_0\frac{Q_i}{r_i} \qquad (4)$$

$$U = kq_0\sum\frac{Q_i}{r_i} \qquad (5)$$

โดยที่ r_i คือ ระยะห่างจากจุดประจุ Q_i ถึงจุด P เช่น r_1 คือระยะจากประจุ Q_1 ถึงจุด P

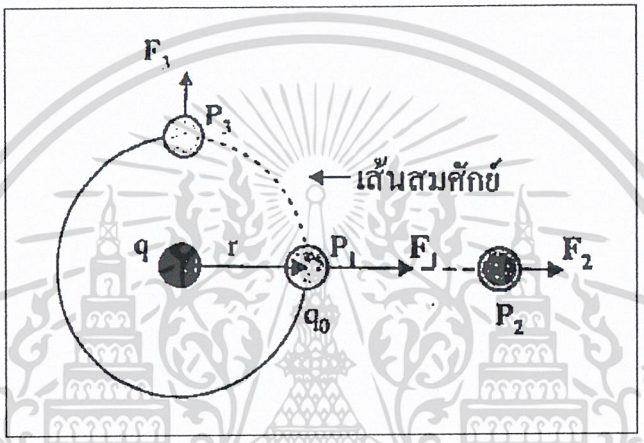
ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P คือ ผลรวมของพลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหน่วยประจุทดสอบ ณ จุดเดียวกัน และหาได้จากสมการ

$$V = \frac{U}{q_0} = k\sum\frac{Q_i}{r_i} \qquad (6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เส้นสมศักย์ (Equipotential Line)

เส้นสมศักย์ คือเส้นที่ลากผ่านตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน จากรูปที่ 2.1 สมมติว่าประจุทดสอบ q_0 ซึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของจุดประจุ q กำลังเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีจากตำแหน่ง P_1 ไปยังตำแหน่ง P_2 จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนไป แต่ถ้าเคลื่อนประจุจากตำแหน่ง P_1 นั้นไปตามวิถีวงกลมสู่ตำแหน่ง P_3 พลังงานศักย์ไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง วิถีวงกลมดังกล่าวนี้ คือ เส้นสมศักย์



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะเส้นสมศักย์

ผิวสมศักย์ (Equipotential Surface)

ผิวสมศักย์ คือ พื้นผิวหนึ่ง ซึ่งทุกตำแหน่งบนพื้นผิวนั้นมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

สมบัติโดยสรุปของผิวสมศักย์มีดังนี้

1. ทุกตำแหน่งบนผิวสมศักย์จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน โดยพิจารณาได้จาก

$$V = V_r = \frac{U_r}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (7)$$

เมื่อ V_r คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ระยะ r มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

U_r คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ r มีหน่วยเป็นจูล (J)

q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมป์ (C)

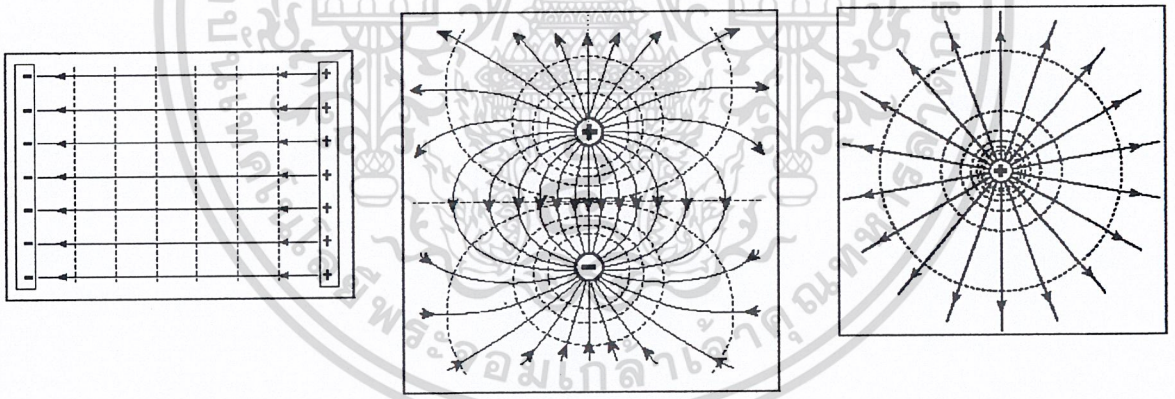
ε_0 คือ ค่าสภาพยอมของตัวกลางในสุญญากาศเท่ากับ 8.854×10^{-12} F/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทุกจุดบนผิวสมศักย์มีศักย์ไฟฟ้า V_r คงที่ ขณะที่ q_0 ของประจุทดสอบมีค่าคงที่เช่นกัน ย่อมแสดงว่าพลังงานศักย์ไฟฟ้า U_r มีค่าคงที่ด้วย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ขณะที่ประจุทดสอบ q_0 ตัวหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ตามผิวสมศักย์ ซึ่งตั้งฉากกับแรงไฟฟ้าจะไม่ต้องทำงาน ดังนั้นพลังงานศักย์ไฟฟ้าจึงคงที่

2. สนามไฟฟ้าย่อมตั้งฉากกับผิวสมศักย์ สมบัติข้อนี้จะสอดคล้องกับข้อ (1) เพราะถ้ากล่าวโดยกลับกันว่า ถ้าสนามไฟฟ้าไม่ตั้งฉากกับผิวสมศักย์ ณ ตำแหน่งที่ตัดกัน ก็ย่อมจะต้องมีองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าตามผิวสมศักย์ ผลก็คือ จะต้องมีการทำงานถ้าต้องการเคลื่อนประจุทดสอบไปบนผิวสมศักย์ ซึ่งก็จะขัดแย้งกับข้อ (1) ข้อสมมติดังกล่าวจึงเป็นไปไม่ได้

อนึ่ง โดยทั่วไปมักกล่าวว่า "เส้นแรงไฟฟ้าและผิวสมศักย์ย่อมตั้งฉากกัน" และโดยปกติเส้นแรงไฟฟ้าจะเป็นเส้นโค้ง ขณะที่ผิวสมศักย์ก็เป็นผิวโค้ง ดังรูปที่ 2.2 ข. และ รูปที่ 2..2 ค. นอกจากกรณีสนามไฟฟ้าเอกรูป ดังในรูปที่ 2.2 ก. เส้นแรงไฟฟ้าจะเป็นเส้นตรงขนานกัน มีระยะห่างระหว่างเส้นเท่ากัน ส่วนผิวสมศักย์ จะเป็นผิวระนาบขนานที่ตั้งฉากกับเส้นแรงไฟฟ้า



ก. ข. ค.

รูปที่ 2.2 แสดงเส้นแรงไฟฟ้า และเส้นสมศักย์

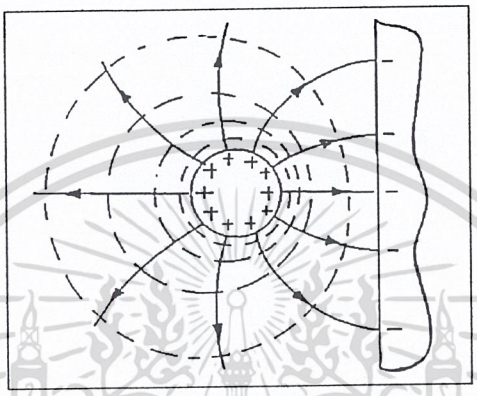
ก.สนามไฟฟ้าเอกรูป

ข.ขั้วคู่ประจุไฟฟ้า

ค.ประจุ +q

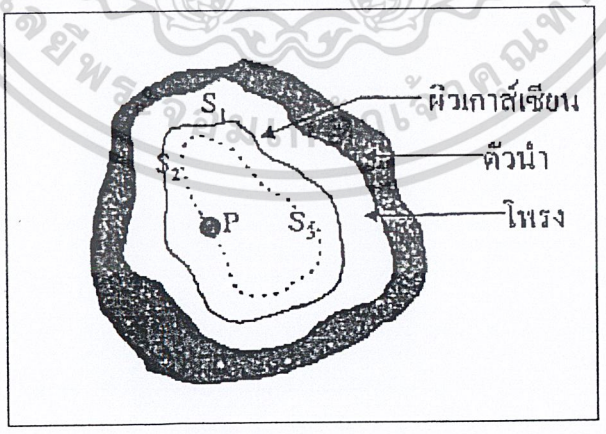
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สนามไฟฟ้าภายในตัวนำมีค่าเป็นศูนย์ ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวนอกของตัวนำเท่านั้น และผิวของตัวนำนั้นจะเป็นผิวสมศักย์ โดยสนามไฟฟ้าทุกที่นอกผิวตัวนำจะมีทิศตั้งฉากกับผิวของตัวนำนั้น และไม่มีองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าที่ขนานกับผิว รูปที่ 2.3 แสดงเส้นแรงไฟฟ้า และเส้นสมศักย์ของตัวนำทรงกลมที่วางอยู่ใกล้ ๆ กับผิวของตัวนำที่เป็นแผ่นเรียบ



รูปที่ 2.3 แสดงตัวนำที่อยู่ในสภาวะสมดุลสถิต

4. ถ้าตัวนำมีโพรงอยู่ภายในและไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ภายในโพรงนั้น จะไม่มีประจุไฟฟ้าสุทธิ ณ ที่ใด ๆ บนผิวของโพรงดังกล่าว ข้อสรุปดังกล่าวนี้เป็นผลมาจาก การใช้ความรู้เกี่ยวกับผิวสมศักย์มาประกอบการพิจารณาได้ดังนี้คือ



รูปที่ 2.4 แสดงตัวนำที่อยู่ในสภาวะสมดุลสถิตซึ่งมีโพรงอยู่ข้างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 แสดงตัวนำที่มีโพรงอยู่ภายใน โดยมีผิวของโพรงเป็น S_1 มี S_2 เป็นผิวเกาส์เซียน และ S_3 เป็นผิวสมศักย์

1. เราสามารถพิสูจน์ได้ว่า ทุก ๆ ตำแหน่งในโพรงอันนั้น จะต้องมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เช่น ถ้าที่ตำแหน่ง P นั้นมีศักย์ไฟฟ้าต่างจากที่อื่น ๆ อย่างน้อยจะทำให้ผิวสมศักย์สองผิวคือ S_1 และ S_2 มีศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกัน ซึ่งก็จะต้องมีฟลักซ์สุทธิผ่านผิวเกาส์เซียน S_2 หมายความว่าจะต้องมีประจุไฟฟ้าอยู่ในผิวเกาส์เซียน S_2 นั้นตามกฎของเกาส์ ซึ่งข้อสมมตินี้ต้องผิด *เพราะว่าไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ภายในโพรงนั้น* จึงแสดงว่าจุด P ต้องมีศักย์ไฟฟ้าเหมือนกับที่อื่น ๆ

2. เมื่อทั้งบริเวณภายในโพรงอันนั้นมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน สนามไฟฟ้าภายในโพรงดังกล่าวนั้นต้องเป็นศูนย์

3. จากกฎของเกาส์เรารู้ว่า ขนาดของสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่งบนผิวตัวนำอันหนึ่ง เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของประจุเชิงผิว (σ) ณ ตำแหน่งนั้น

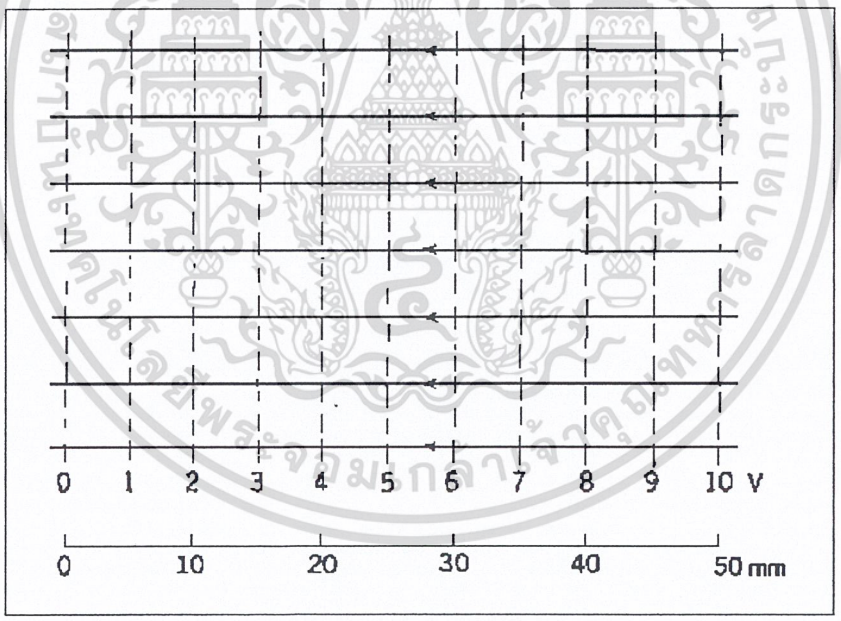
จากทั้งสามข้อจึงสรุปได้ว่า *"ความหนาแน่นของประจุเชิงผิวที่ผิวภายในของโพรงต้องเป็นศูนย์ ณ ทุก ๆ ตำแหน่ง"*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความสัมพันธ์ของเส้นสนามไฟฟ้าและเส้นสมศักย์

เส้นสนามแสดงถึงทิศทางของแรงบนประจุทดสอบชนิดบวกที่วางอยู่ในสนาม ถ้าประจุทดสอบถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ ประจุจะเคลื่อนที่ในทิศทางของเส้นสนาม

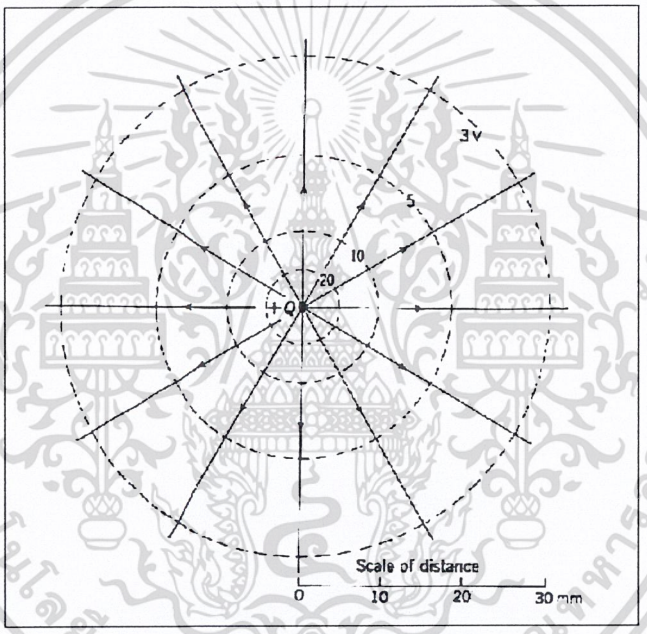
สำหรับสนามเอกรูป เส้นสนามจะขนานกันดังรูปที่ 2.5 เส้นสนามเพียงเส้นเดียวไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มของสนามไฟฟ้า มันเพียงแต่แสดงทิศทางของสนามเท่านั้น อย่างไรก็ตามด้วยการวัดงานต่อคูลอมป์ที่ต้องใช้ในการเคลื่อนประจุทดสอบชนิดบวกไปตามเส้นของสนามจะทำให้ได้ค่าความต่างศักย์ตามแนวเส้นแรงนี้ ถ้าค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะ 1 หน่วยความยาวมีค่ามากแสดงว่าสนามมีความแรงมาก ในสนามเอกรูปความต่างศักย์ต่อหนึ่งหน่วยความยาวจะมีค่าคงที่ ดังนั้นเส้นสมศักย์จะมีระยะห่างเท่ากับ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.5 ความเข้มของสนามไฟฟ้ามีค่า 0.2 V mm^{-1} ดังนั้นเส้นสมศักย์ที่มีค่าต่างกัน 1 V จะเป็นเส้นขนานที่อยู่กันเป็นระยะ 5 mm เมื่อให้เส้นสมศักย์เส้นใดเส้นหนึ่งมีศักย์เป็นศูนย์ ศักย์ไฟฟ้าของเส้นอื่น ๆ จะถูกวัดเทียบกับเส้นสมศักย์เส้นนี้



รูปที่ 2.5 เส้นสนาม(เส้นทึบ) และเส้นสมศักย์(เส้นประ)ของสนามไฟฟ้าที่เป็นเอกรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาในกรณีที่สนามไม่สม่ำเสมอ เช่น สนามไฟฟ้าจากจุดประจุ +Q ดังรูปที่ 2.6 ถ้าประจุทดสอบชนิดบวกถูกปล่อยไว้ในสนามนี้ มันจะเคลื่อนที่ออกจาก +Q ตามแนวเส้นรัศมี นั่นคือสนามไฟฟ้ามีทิศทางตามแนวรัศมีและความเข้มของสนามจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ในรูป 2.6 พบว่าเส้นสนามจะแยกออกจากกันมากขึ้นถ้าระยะห่างจากประจุ +Q เพิ่มขึ้น ค่าศักย์ไฟฟ้าจะแปรผกผันกับระยะห่างจากประจุ +Q ถ้า Q = 10 pC เส้นสมศักย์สำหรับศักย์ไฟฟ้า 20, 10, 5 และ 3 V จะมีลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกันดังรูปที่ 2.6 จากรูปจะสังเกตเห็นว่าศักย์ไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 เส้นสนาม(เส้นทึบ) และเส้นสมศักย์(เส้นประ)ของสนามไฟฟ้าที่ไม่เป็นเอกรูป

สนามของจุดประจุที่มีขนาดเท่ากันเมื่อเป็นประจุต่างชนิดกัน และประจุชนิดเดียวกัน

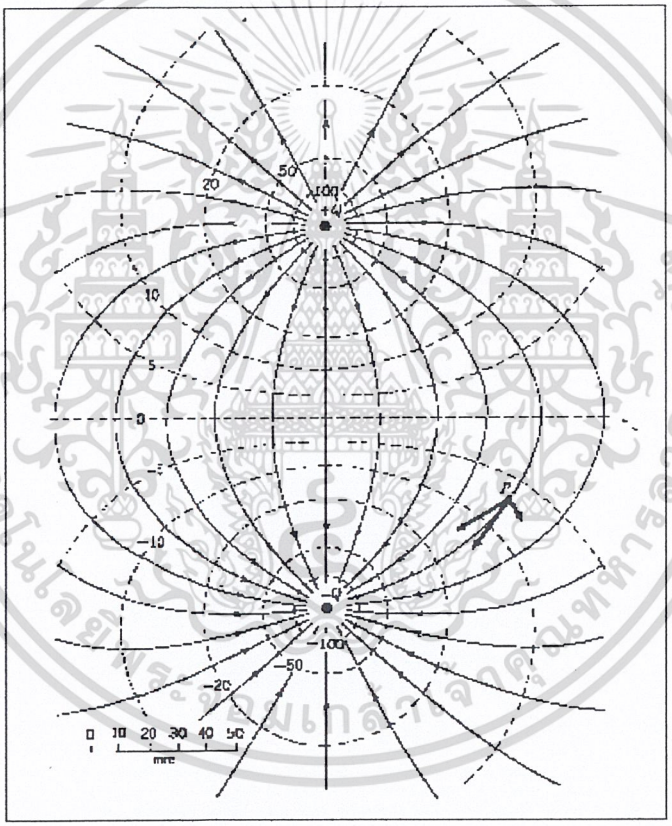
สนามไฟฟ้าที่จุด P ขึ้นอยู่กับจุดประจุ +Q และ –Q ซึ่งเท่ากับเวกเตอร์ลัพธ์ของสนามที่จุด P ที่แต่ละประจุเดี่ยว ๆ ดังแสดงในรูป 2.7 ค่าศักย์ V ที่จุด P เท่ากับผลรวมทางพีชคณิตของค่าศักย์ที่จุด P ที่ขึ้นกับแต่ละประจุเดี่ยวๆ

แผนที่ของเส้นสนาม (เส้นทึบ) และเส้นสมศักย์ (เส้นประ) แสดงดังรูป 2.7 สำหรับจุดประจุ +Q และ –Q ซึ่งห่างกัน127 mm เส้นสมศักย์จะแสดงออกมาในค่าศักย์ไฟฟ้าของ Q=140 pC รูปร่างของประจุในรูป 2.7 จะรวมกันเป็นอิเล็กทริกไดโพล ซึ่งประจุห่างกัน 127 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

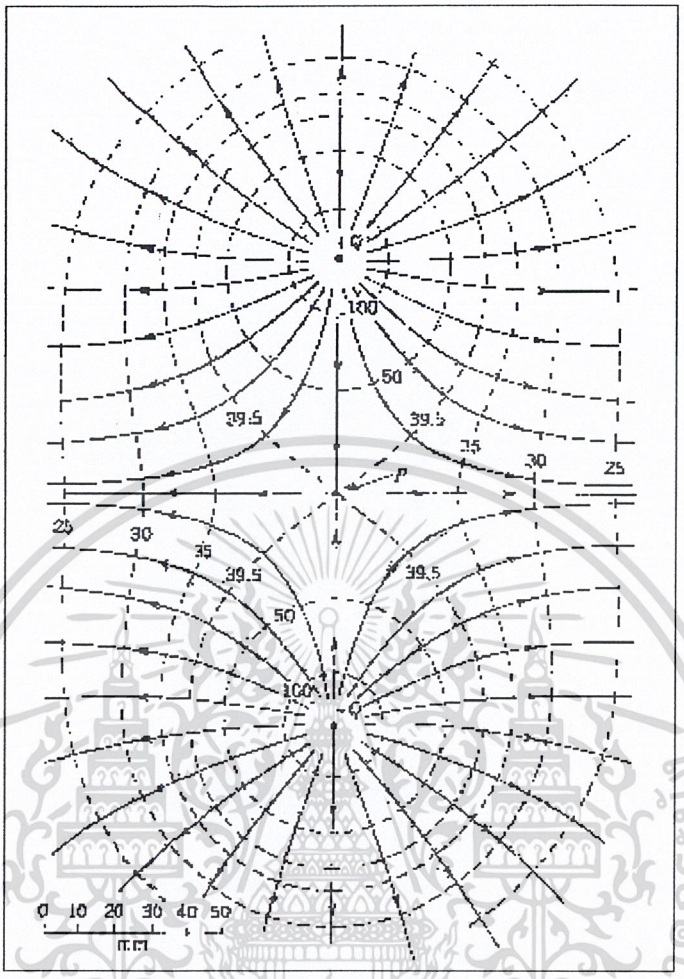
กรณีตรงกันข้ามหากเราพิจารณาจุดประจุที่เป็นชนิดเดียวกันและมีค่าเท่ากัน (ใช้ประจุบวก) ดังในรูป 2.8 แผนที่ของสนาม (เส้นทึบ) และเส้นสมศักย์ (เส้นประ) สำหรับจุดประจุซึ่งอยู่ห่างกัน 127 mm. เส้นสมศักย์จะแสดงออกมาในค่าศักย์ไฟฟ้าของ Q=140 pC

ที่บริเวณใกล้กับจุประจุแต่ละประจุ ได้รับผลกระทบจากประจุที่อยู่ข้างเคียงน้อย ดังนั้นเส้นสมศักย์จึงมรลักษณะเป็นรูปวงกลมคล้ายกับอยู่รอบประจุเดี่ยว สำหรับระยะตรงกลางของเส้นสมศักย์จะมีรูปร่างดังรูป 2.8 ส่วนที่น่าจะนำมาพิจารณาก็คือเส้นสมศักย์ (ค่าศักย์ = 39.5 โวลท์) ซึ่งมีรูปร่างตัดกันเป็นเลขแปดที่จุด P ซึ่งมีสนามไฟฟ้า E=0 จุดนี้เรียกว่า Singular point ที่จุดนี้สนามและเส้นสมศักย์จะไม่ตั้งฉากกัน



รูปที่ 2.7 สนามไฟฟ้าและค่าศักย์ที่เปลี่ยนแปลงรอบelectric dipole ซึ่งประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบที่มีค่า 140 pC. ห่างกัน 127 mm เส้นทึบคือเส้นสนาม และเส้นประคือเส้นสมศักย์ ซึ่งระดับของค่าศักย์จะแสดงออกมาในค่าโวลท์

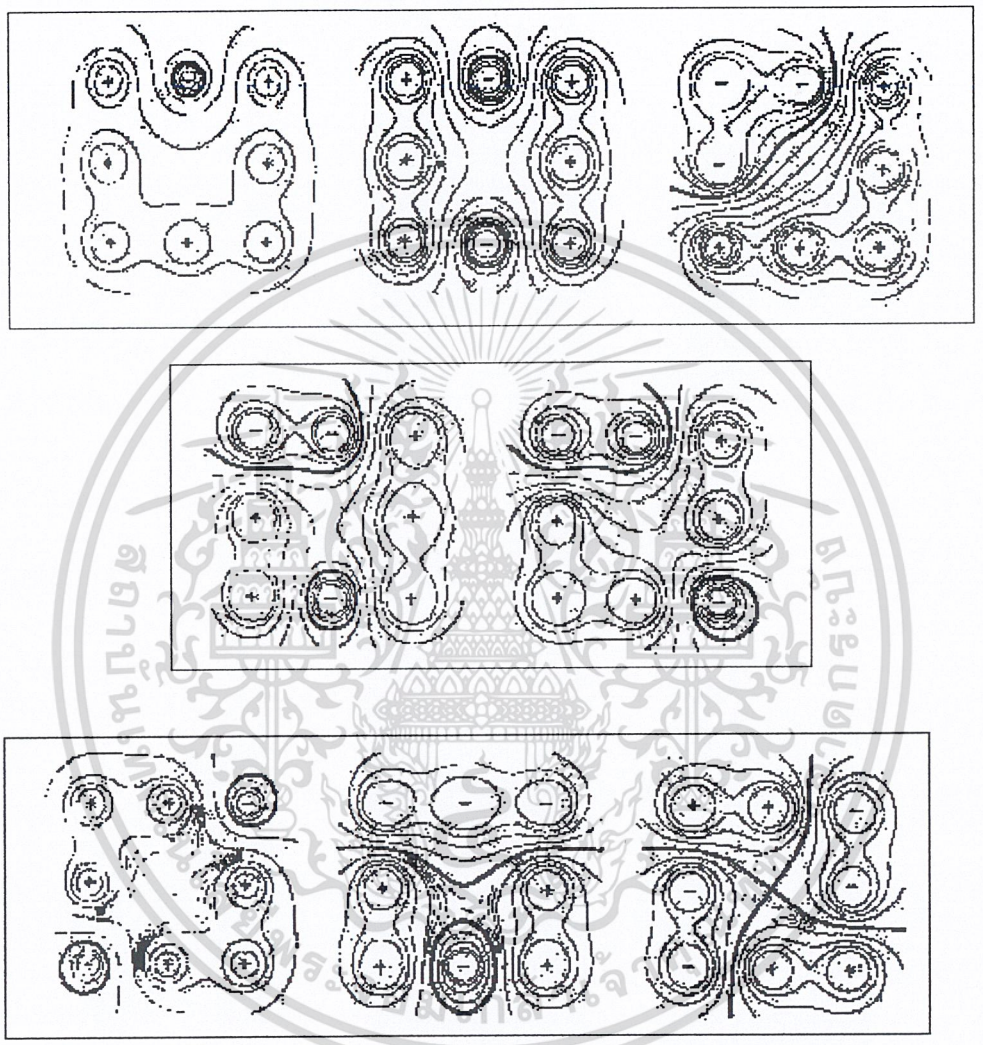
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 สนามไฟฟ้าและค่าศักย์ที่เปลี่ยนแปลงรอบประจุบวกสองประจุที่มีค่า 140 pC เท่ากัน ซึ่งห่างกัน 127 mm เส้นทึบคือเส้นสนาม และเส้นประคือเส้นสมศักย์ ซึ่งระดับของค่าศักย์จะแสดงออกมาในค่าโวลท์

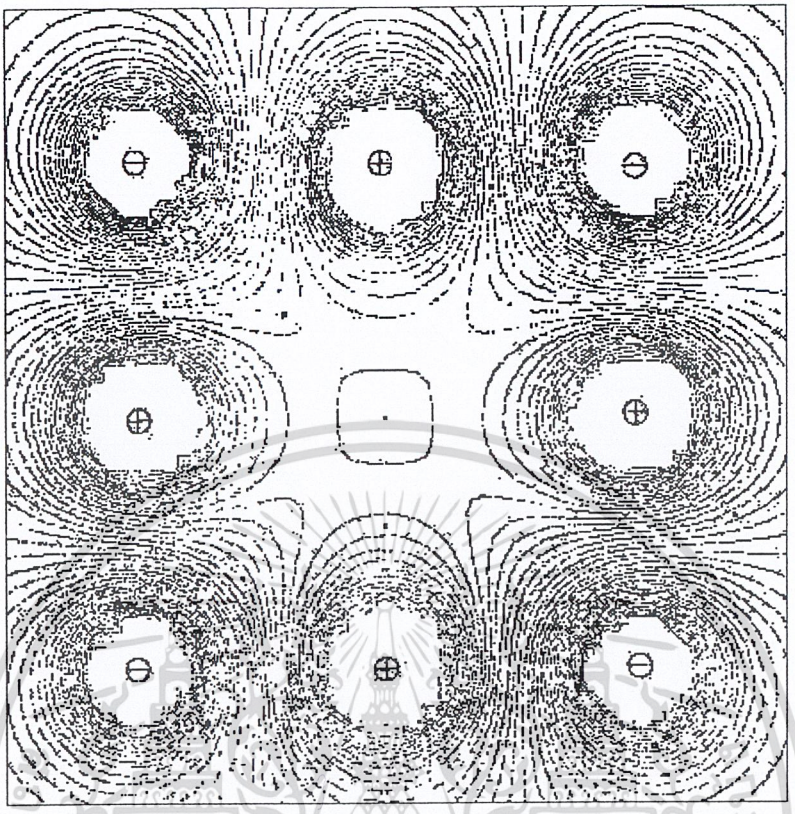
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 และ 2.10 เป็นตัวอย่างของเส้นสมศักย์จากขั้วไฟฟ้าวงกลมที่วางในลักษณะต่าง ๆ



รูปที่ 2.9 เส้นสมศักย์ที่เกิดจากขั้วไฟฟ้าวงกลมที่มีการจัดวางในลักษณะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เส้นสมศักย์ที่เกิดจากขั้วไฟฟ้าวงกลมที่มีการวางสลับกันระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

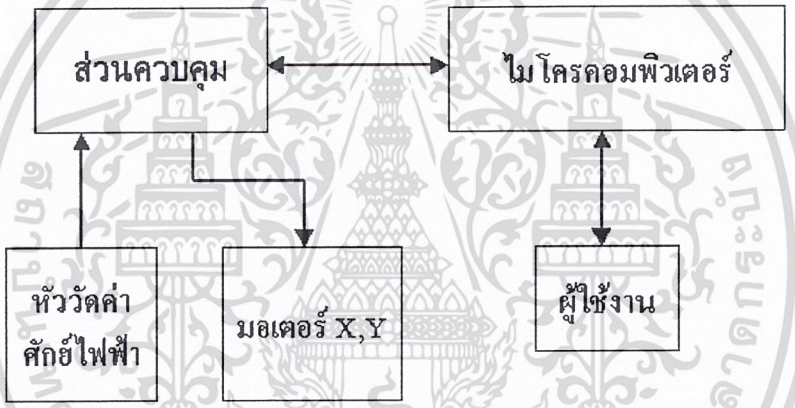
บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 ส่วนประกอบของโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

1. ส่วนควบคุม
2. ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์

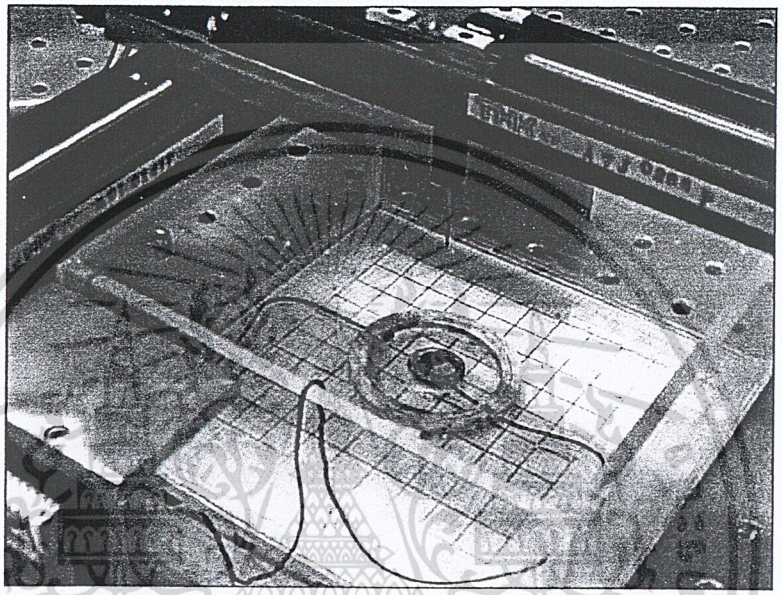


รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบวัดเส้นสมศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนควบคุม มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

1. ส่วนที่ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรม (Serial Communication port) เพื่อรับคำสั่งและข้อมูลที่จำเป็นในการควบคุมการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor)



รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ขณะทำการเก็บข้อมูล

2. ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัววัดศักย์ไฟฟ้า ประกอบด้วย แท่นสแกน และสเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 5 เฟส จำนวน 2 ตัว เพื่อขับเคลื่อนหัววัดไปในแกน x และแกน y

รายละเอียดของมอเตอร์

ความละเอียดของมอเตอร์ 0.72 องศาต่อสเต็ป

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ 0.75 A

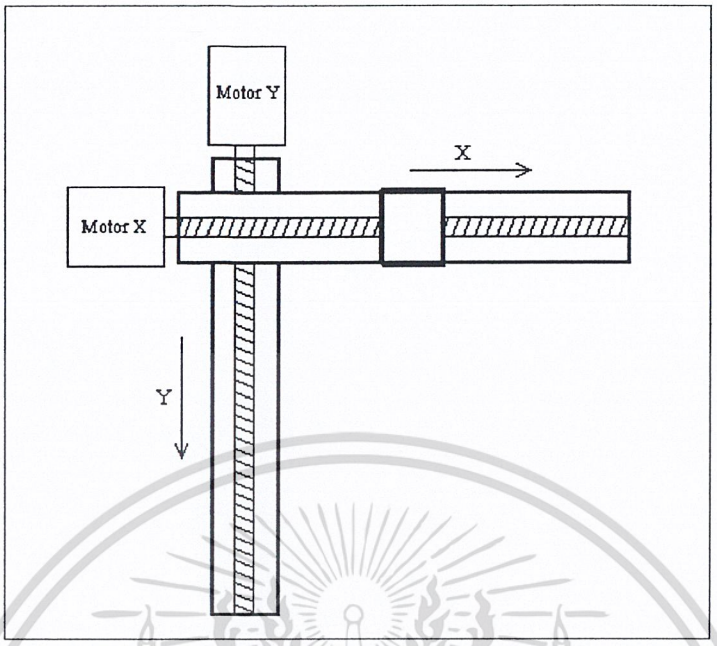
รายละเอียดของแท่นสแกน

ความละเอียดของแท่นสแกน 2 μm ต่อมอเตอร์ 1 สเต็ป (1mm/รอบ)

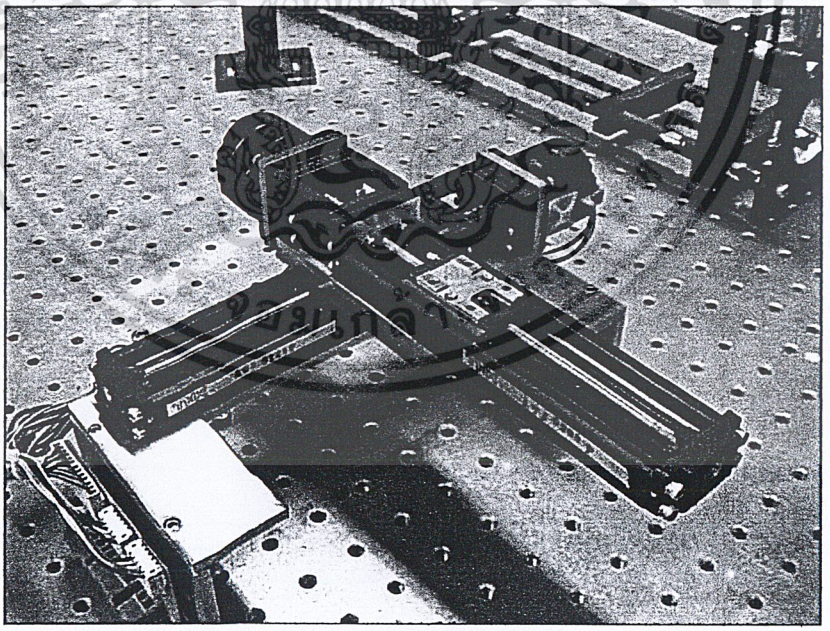
ช่วงระยะการสแกนสูงสุด 0-9 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.3 ลักษณะและทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน x และแกน y

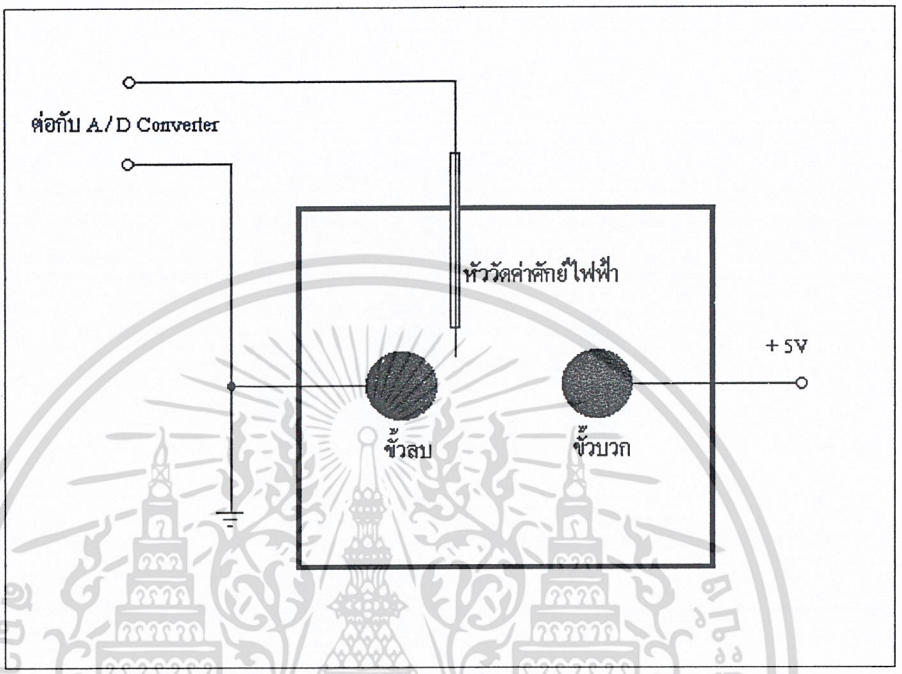


รูปที่ 3.4 ชุดมอเตอร์แกน x และ แกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40212

3. ส่วนที่วัดค่าศักย์ไฟฟ้า ได้แก่ หัววัดศักย์ไฟฟ้า และวงจรแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นรหัสดิจิตอล



รูปที่ 3.5 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของระบบวัดเส้นสมศักย์

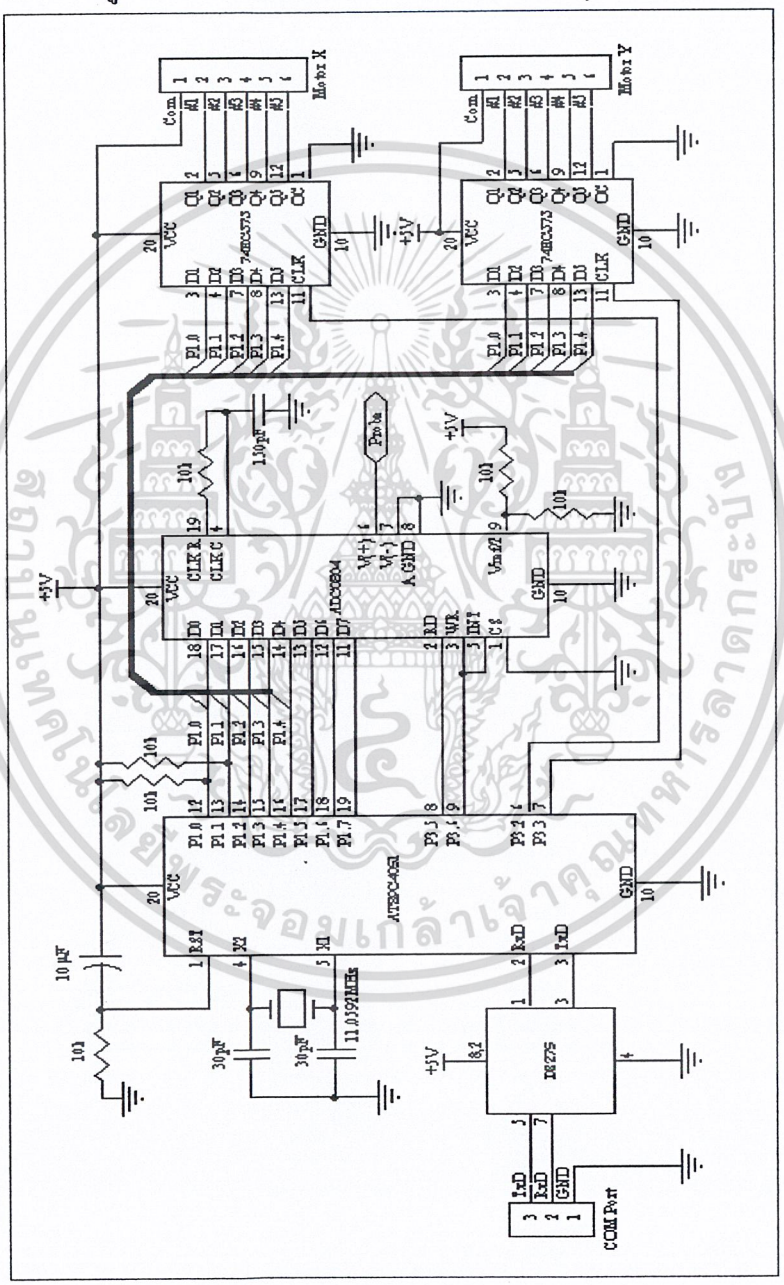
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การทำงานของวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่

ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ อ่านค่าศักย์ไฟฟ้า และรับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 3.6 วงจรภาคไมโครคอนโทรลเลอร์

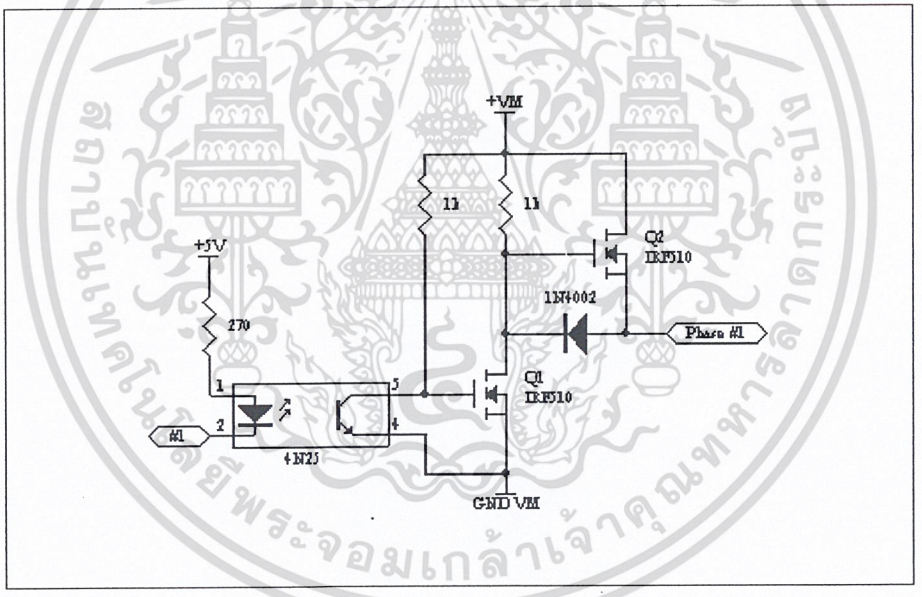
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

หัวใจหลักของวงจรคือไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C4051 ซึ่งจะทำการรับข้อมูลของตำแหน่งในการเคลื่อนหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าจากไมโครคอมพิวเตอร์และขับสเต็ปปิงมอเตอร์ผ่านทาง 5 บิท (P1.0-P1.4) ของ P1 โดยใช้ 74HC373 ช่วยในการแลตช์ข้อมูล ซึ่งควบคุมการแลตช์ข้อมูลโดย P3.2 และ P3.3 สำหรับสเต็ปปิงมอเตอร์แกน X และ Y ตามลำดับ

เมื่อหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าเคลื่อนถึงจุดที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการแปลงค่าจากอนาลอกให้เป็นดิจิตอลโดย ADC0804 ผ่านทาง P1 ซึ่งควบคุมการอ่านข้อมูลโดย P3.5 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลของค่าศักย์ไฟฟ้าให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรม

2. ภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์



รูปที่ 3.7 วงจรภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์

หน้าที่

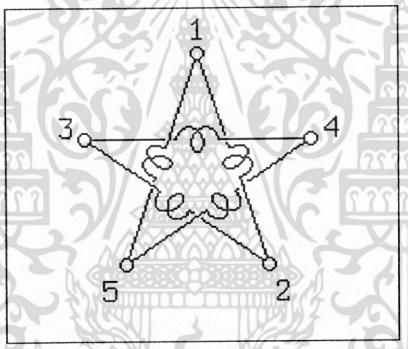
วงจรภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์ทำหน้าที่ขับสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิด 5 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

การขับสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิด 5 เฟส ใช้วงจรดังรูปที่ 3.7 จำนวน 5 ชุดต่อสเต็ปปิงมอเตอร์ 1 ตัว อินพุตของวงจรแต่ชุด(จุด #1) ถูกต่อกับเอาท์พุตของ 74HC373 ของภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ และเอาท์พุตของภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์(จุด Phase#1) จะต่อกับสเต็ปปิงมอเตอร์ โดยเมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "1" จะทำให้ Q1 อยู่ในสภาวะ ON และ Q2 อยู่ในสภาวะ OFF เอาท์พุตของวงจรจึงเป็น 0V และในทางกลับกัน เมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "0" จะทำให้ Q1 อยู่ในสภาวะ OFF และ Q2 อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นเอาท์พุตของวงจรจึงมีค่าเป็น +VM

สเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 5 เฟส ที่ใช้ในโครงงานนี้มีโครงสร้างในรูป 3.8 วิธีการขับจะเป็นแบบไบโพลาร์ โดยที่ การขับแต่ละรอบประกอบด้วย 10 สเต็ป วิธีการขับแต่ละสเต็ปแสดงในตาราง 3.1

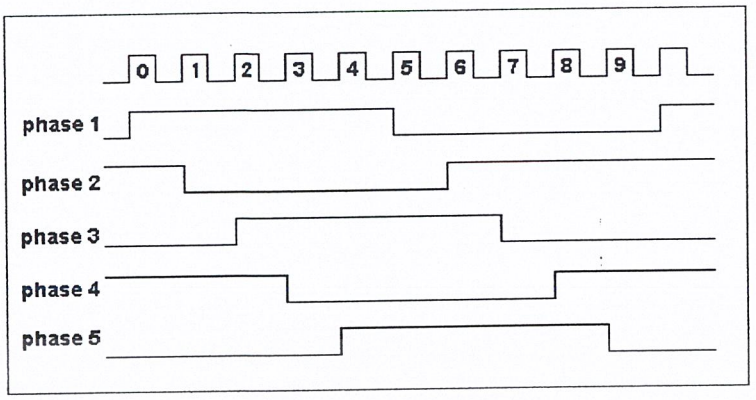


รูป 3.8 โครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส

ตาราง 3.1 แสดงวิธีการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส

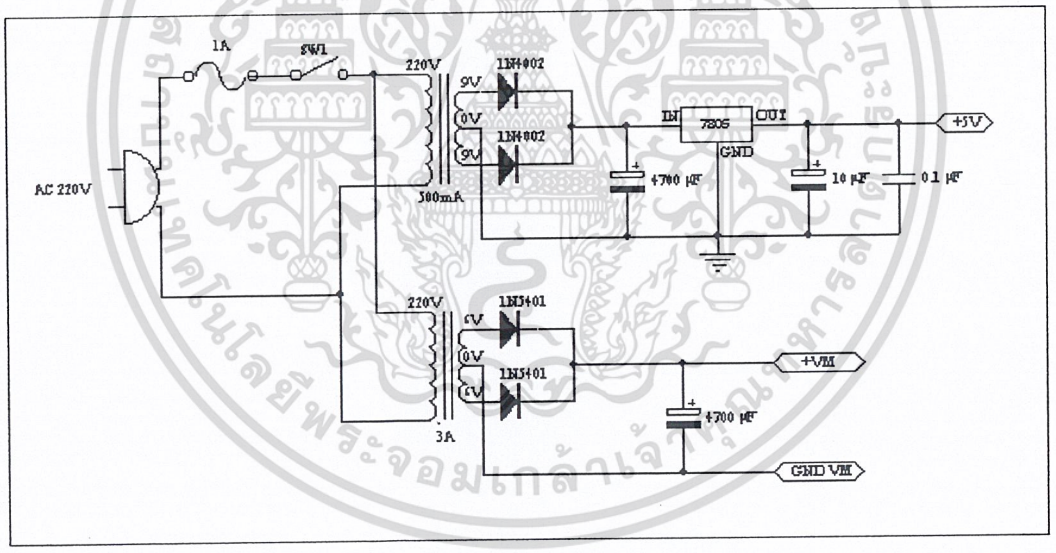
Phase/Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ
2	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก
3	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ
4	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก
5	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.9 ไทม์มิงไดอะแกรมในการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส เมื่อสถานะ "1" แทนบวก และสถานะ "0" แทนลบ

3. ภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.10 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

หน้าที่

ภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ และภาคขับสเต็ปปิงมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

วงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะทำการลดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ให้เหลือ 9V สำหรับใช้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์และ 6V สำหรับ สเต็ปปิงมอเตอร์ โดยทั้งคู่จะถูกทำให้เป็นกระแสตรงโดยใช้ไดโอดเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น และกรองให้เรียบด้วยตัวเก็บประจุ กระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์จะผ่านเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7805 เพื่อให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงมีระดับแรงดันคงที่ 5V

3.3 ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์ แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.3.1 ส่วนติดต่อรับส่งข้อมูล ส่วนนี้จะประกอบไปด้วยการทำงาน 3 ส่วนคือ

1. ส่วนที่ติดต่อรับข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม
2. ส่วนที่ติดต่อรับและส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ส่วนที่แสดงผลข้อมูลให้กับผู้ใช้โปรแกรม

การทำงานของแต่ละส่วนจะอธิบายขอบข่ายงานได้ดังนี้

1. ส่วนที่ติดต่อรับข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม จะเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิก ไว้สำหรับรับข้อมูลจากผู้ใช้งานคือ จะรับค่าระยะห่างในแนวแกน X และแกน Y ว่าแต่ละจุดที่จะเก็บข้อมูลนั้นห่างกันเท่าไร จะรับค่าช่วงระยะในการเก็บข้อมูล ว่าในแนวแกน X และ แกน Y ว่าจะยาวเท่าไร

2. ส่วนที่ติดต่อรับและส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะนำข้อมูลที่รับมาจากผู้ใช้งานโปรแกรม ส่งไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดขอบเขต และ สเกลในการที่จะเก็บข้อมูลและรอรับข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เก็บมาในแต่ละจุดของคู่อันดับ(X,Y) จนครบตามจำนวนที่ผู้ใช้งานต้องการ ในส่วนนี้ข้อมูลที่ได้มาจะเก็บไว้ในตำแหน่งที่สมนัยกับตำแหน่งที่เก็บข้อมูลมา เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่ได้มาไปวิเคราะห์โดยการพลอตเป็นภาพด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิกต่อไป

3. ส่วนที่แสดงผลข้อมูลให้กับผู้ใช้โปรแกรม จะนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บมาแสดงตามตำแหน่งในแนวแกน X และ แกน Y โดยในส่วนนี้จะสามารถเปิดแฟ้มข้อมูล และบันทึกแฟ้มข้อมูลได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

ทำความรู้จักกับพอร์ตอนุกรม

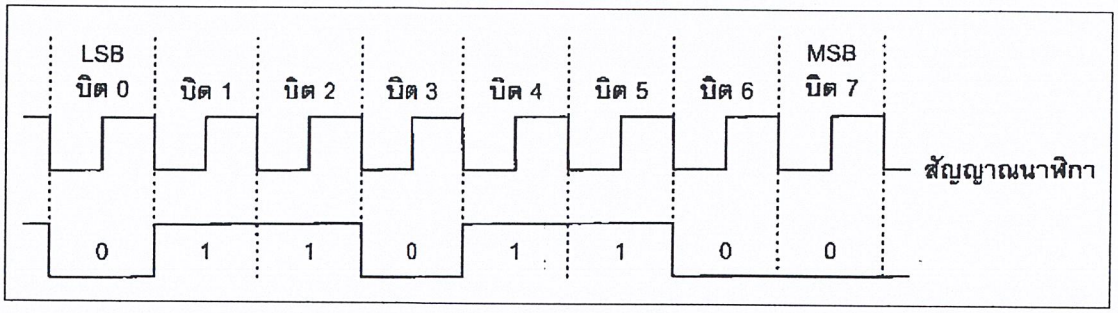
มีทางเลือกอยู่ 2 ทางในการเคลื่อนย้ายข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับส่งข้อมูลคราวละ 4 ถึง 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับส่งข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็วซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการการส่งจะต้องมีเท่ากับจำนวนของบิตที่จะใช้ส่ง นอกจากนี้ยังรวมถึงสายที่ที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายเป็นจำนวนมากเป็น 2 เท่า ของจำนวนบิตที่จะส่งได้ ซึ่งจะเป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักมีราคาแพง

ในขณะการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถส่งข้อมูลทีละหลาย ๆ บิตได้ หากแต่ต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวรับกับตัวส่ง จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรับข้อมูลให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายน้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้ 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งต่ำกว่าแบบขนาน

การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารแบบอนุกรมซิงโครนัสและการสื่อสารแบบอนุกรมอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสจึงต้องใช้สายต่อกันอย่างน้อย 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา ข้อมูล และกราวด์ รูปที่ 3.11 แสดงให้เห็นไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

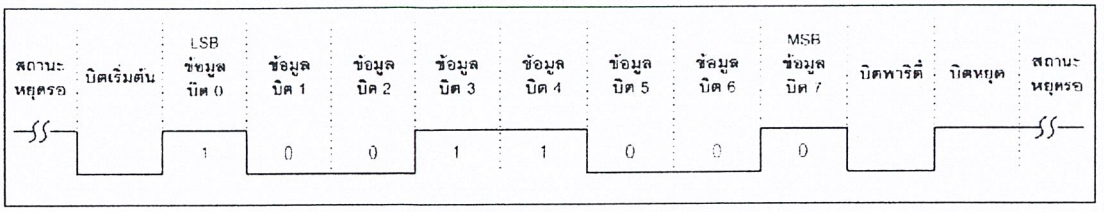
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ขา DATA จะมีสถานะ ลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มี ลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นก็ตามด้วยบิตพาริตี เพื่อใช้ตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา DATA มีสถานะเป็น ลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต ซึ่งเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือค่าบอดเรต ซึ่งก็คือจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลบอดเรตมาตราฐาน ที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่ามากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรต คือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลแบบอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งจะเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (Odd) แบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็น ลอจิก "1" ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ มีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตีเข้าไปด้วย ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวน ลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ค่าในบิตพาริตี จะต้องมี ลอจิกเป็น "0" แต่ถ้าพาริตีเป็นคี่ ค่า พาริตีจะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตีที่มีจำนวนบิตที่เป็น ลอจิก "1" มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตีในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

ตารางที่ 3.2 แสดงบิตพาริตีของข้อมูล

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตีคู่หรือพาริตีคี่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้เป็นเลขคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีข้อผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตีบิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UART เบอร์ 8250 UART ชิป เหล่านี้ที่ระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล (0 และ + 5 V) แต่เพื่อให้มีแรงดันตามมาตราฐาน RS - 232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดย ลอจิก "0" มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V ในขณะที่ ลอจิก "1" มีระดับแรงดัน -3V จนถึง -12V

<u>มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232</u>

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนั้นสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์ อีกชุดซึ่งอยู่ไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียก

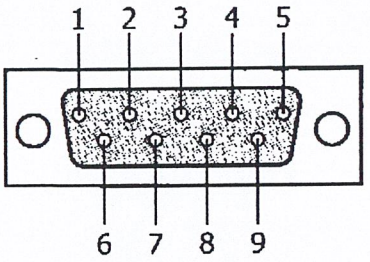
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในระยะแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ + 3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

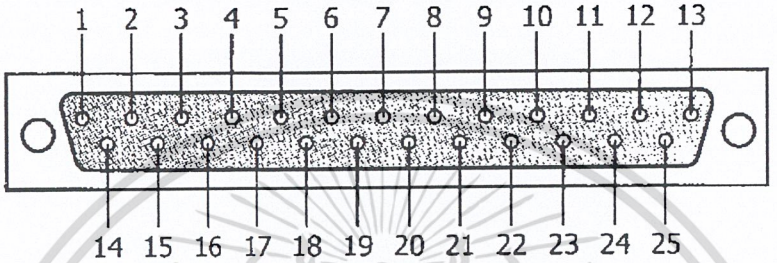
มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรม ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง จะกระทำผ่านมาตรฐาน RS -232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และ อุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นชัดก็คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็ม หรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 ฟุต คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS -232 จะใช้คอนเน็กแบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้ในอดีตปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป รูปร่างและตำแหน่งขาแสดงดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)



(ข) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

รูปที่ 3.13 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

สำหรับการเชื่อมคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก แสดงในรูปที่ 3.14 ลูกศรในรูปแสดงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 3.14 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม มีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 3.14 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem ในลักษณะที่ใช้สัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดการทำงาน ในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS -232 มีดังนี้

Data Carrier Detect: DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD สายนี้จะแอกตีฟ เมื่อมีการส่งสัญญาณพาหะจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็มสำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานนัก

Receive Data: RD หรือ RxD สายนี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

Transmitted Data: TD หรือ TxD ขานี้เพื่อใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

Data Terminal Ready: DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ ต้องการติดต่อกับ ขา DTR นี้จะต้องเชื่อมกับขา DSR ของอุปกรณ์ที่ปลายทางและขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ถ้าใช้เชื่อมค่าเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีการสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาหะ

Signal Ground: SNG ขากราวด์ของระบบ

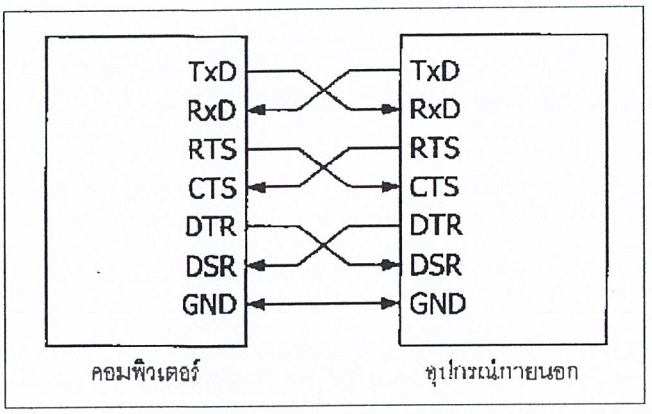
Data Set Ready: DSR ขานี้จะใช้คู่กับ DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกที่ถูกส่งมาจากขา DTR

Request To Send: RTS เป็นขาสำหรับสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและการส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

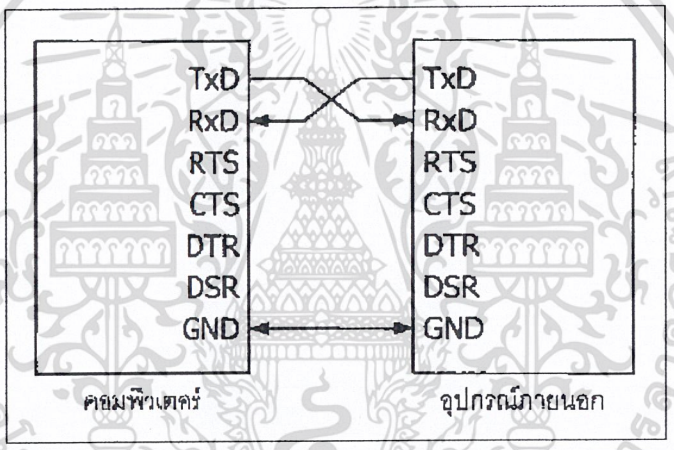
Clear To Send: CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลหรือไม่

Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 (ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem



รูปที่ 3.14 (ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์ แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารแบบอนุกรม หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบของแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่น ๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วยเช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต) รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูล ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล , โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (Programmable Buadrate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งได้ในคราวเดียวกัน

ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์ คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UARTที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุก ๆ รุ่น จะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่ง คือ 16450 มีความสามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจีสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนี้ยังเพิ่มชิฟต์รีจีสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่าเช่น TL16C750 ซึ่งมีรีจีสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

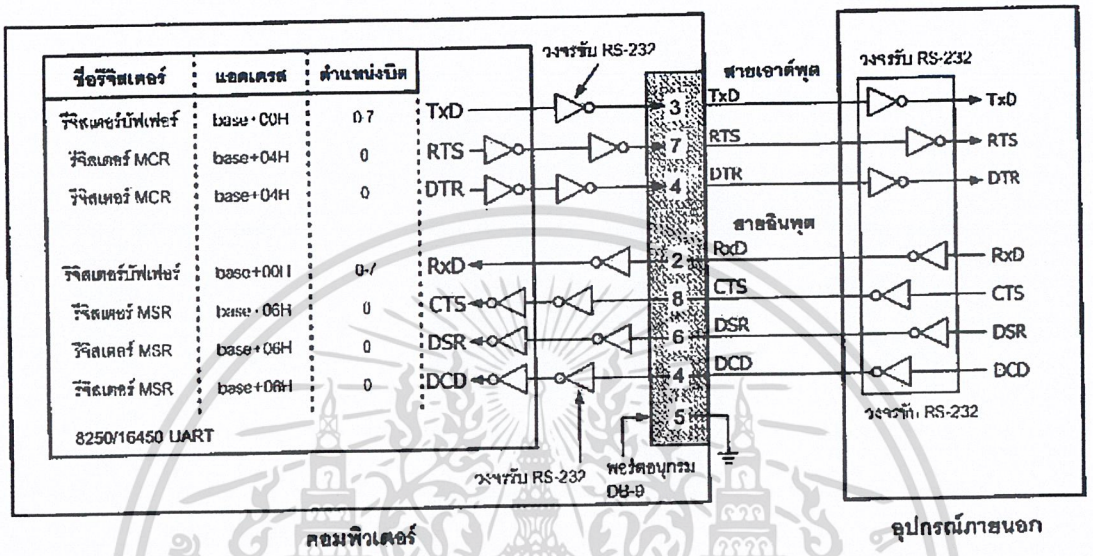
อย่างไรก็ตาม ความเร็วมากมายที่ใช้ในการส่งข้อมูล UART เบอร์ใหม่ ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHz เท่านั้น

ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาครับและส่งจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะได้รับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จะต้องส่งเข้าสู่วงจรเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์ สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกันเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณเดียวกันแต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ ดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งคือ ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

COM1:3F8H

COM2:2F8H

COM3:3E8H

COM4:2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออส ภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออส ตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออส จะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 000:0400 และ 000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ มีดังนี้

COM2=0000:0402H-0000:0403H

COM3=0000:0404H-0000:0405H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COM4=0000:0406H-0000:0407H

นอกจากนี้หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับการแสดงจำนวนพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วยโดยมีรายละเอียดดังในตาราง 3.3

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

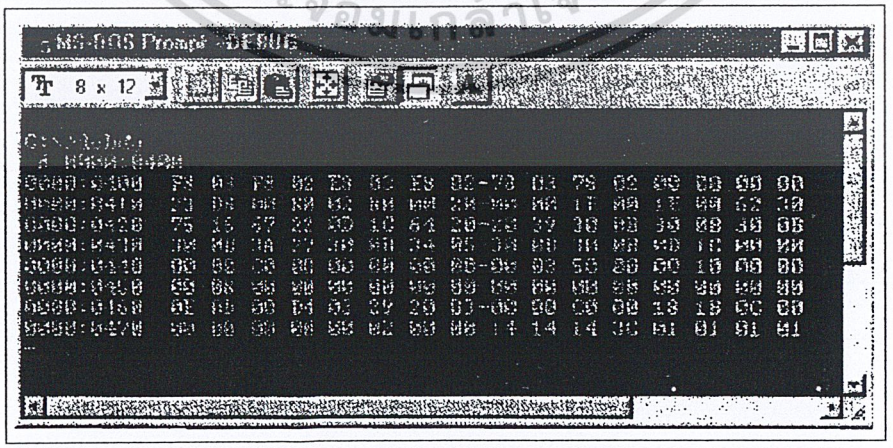
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411 ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม

<u>การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม</u>

การหาค่าแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

<u>วิธีที่ 1</u> โดยการใช้โปรแกรม Debug ไปดูค่าตำแหน่งแอดเดรสที่ตำแหน่ง 0000:0400H โดยใช้พิมพ์คำสั่งที่ดอสพรอมพ์ดังแสดงในรูปที่ 3.16

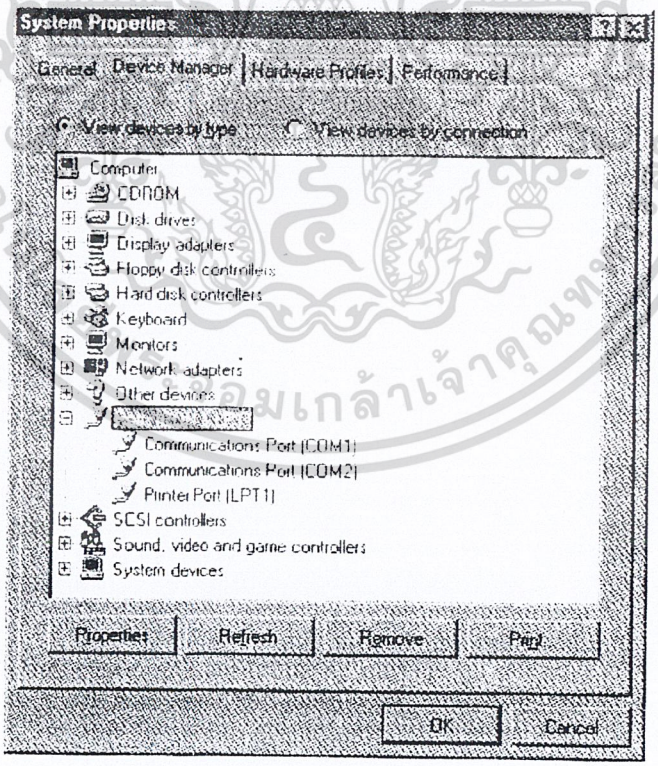


รูปที่ 3.16 หน้าต่างของโปรแกรม Debug แสดงตำแหน่งของพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

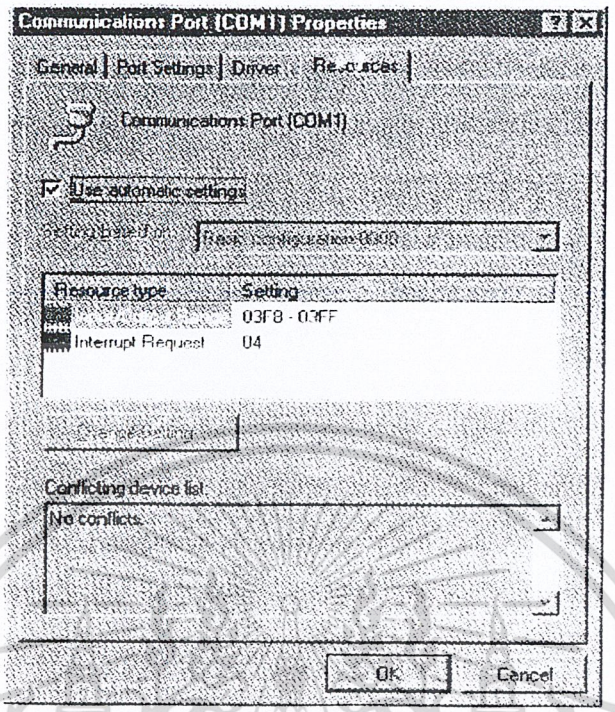
ค่าที่เห็นในรูปแสดงว่า พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เครื่องนี้มีถึง 4 พอร์ต มีตำแหน่งแอดเดรสไล่เรียงกันตั้งแต่หน่วยความจำที่ 0000: 0400H - 0000: 0407H ตัวอย่างเช่นที่ตำแหน่งหน่วยความจำ 0000: 0400H-0000:0401H แสดงตัวเลข F803 ซึ่งหมายความว่าแอดเดรสของพอร์ต COM1 คือ 03F8H นั่นเองสำหรับจำนวนพอร์ตอนุกรมที่ระบุอยู่ที่หน่วยความจำตำแหน่ง 0000:0411 มีค่าเท่ากับD8H ซึ่งเมื่อแปลงเป็นเลขฐานสองจะได้ค่าเป็น11011000 บิตที่ 1-3 มีค่าเท่ากับ 100 หมายความว่ามีจำนวนพอร์ตอนุกรมทั้งหมด 4 พอร์ตดังที่ได้กล่าวไปตอนต้น

วิธีที่ 2 สามารถดูได้จาก วินโดว์ 95 โดยไปที่ Control Panel เรียก System => Device Manager => Ports (COM & LPT) จากนั้นเลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการดูค่าแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.17 แล้วเลือก Properties => Resource ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ซึ่งในหน้าต่างนี้จะแสดงทั้งตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมนั้น ๆ รวมถึงตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ด้วย



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95/98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงรายละเอียดของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95/98

วิธีที่ 3 การเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่าโดยสามารถใช้โปรแกรมภาษาใด ๆ ก็ได้เพื่ออ่านค่าแต่ในตัวอย่างใช้ QBASIC ในการแสดงค่าแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม โดยจะใช้คำสั่ง PEEK ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าจากหน่วยความจำ นอกจากนี้ยังอ่านค่าจำนวนของพอร์ตอนุกรมออกมาโดยใช้คำสั่งเดียวกัน แต่จะใช้คำสั่ง AND เข้าช่วยเพื่อเลือกเอาเฉพาะบิตที่ต้องการอ่านค่าเท่านั้น จากนั้นก็ทำการเลื่อนบิตไปทางขวา 1 บิต โดยใช้วิธีการหารด้วย 2 เพื่อให้บิตที่ต้องการไปอยู่ด้านขวามือสุดและแสดงค่าพอร์ตที่แท้จริงออกมา คำสั่ง HEX$ ช่วยให้การแสดงผลตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมที่ออกมาเป็นค่าเลขฐานสิบหก ส่วนการคูณค่าด้วย 100H นั่นก็เพื่อที่จะเลื่อนบิตไปข้างหน้า 1 ไบต์ ทำให้เมื่อนำมาบวกแล้วมีค่าเป็น 2 ไบต์พอดี มีโปรแกรมแสดงดังนี้

```
DEF SEG = 0
CLS
PRINT "Address Of COM1: ", HEX$((PEEK (&H401)*&h100)+PEEK (&H400)
PRINT "Address Of COM2: ", HEX$((PEEK (&H403)*&h100)+PEEK (&H402)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINT "Address Of COM3: ", HEX$((PEEK (&H405)&h100)+PEEK (&H404)*

PRINT "Address Of COM4: ", HEX$((PEEK (&H404)&h100)+PEEK (&H406)*

PRINT "Number Of RS-232 Port in This Computer:", (PEEK (&H411) AND&HE)/2

END

กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับพอร์ตอนุกรม

ก่อนการใช้งานพอร์ตอนุกรมนั้นจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวมันก่อน ซึ่งก็คือการกำหนดจำนวนบิตข้อมูลที่ต้องการส่ง จำนวนบิตปิดท้าย ชนิดของพาริตีที่ใช้และบอดเรต การกำหนดสามารถทำได้หลายวิธี

วิธีที่ 1 เป็นวิธีกำหนดจากดอสพรอมพ์ โดยใช้คำสั่ง MODE ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังนี้

MODE COMm: baud = b, parity = p, data = d, stop = s, retry = r

หรือ *MODE COMm: b, p, d, s, r*

ตัวอย่าง *MODE COM1: 9600,n,8,1* จะเป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรม COM 1 มีบอดเรตเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ไม่มีการตรวจสอบพาริตี รับส่งข้อมูลแบบ 8 บิต และมีบิตปิดท้าย 1 บิต

วิธีที่ 2 เป็นการกำหนดโดยใช้อินเตอร์รัปต์ของดอส ตำแหน่งที่ 14H ซึ่งการใช้งานจะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ลงในรีจีสเตอร์ด้วย โดยจะต้องกำหนดให้รีจีสเตอร์ AH มีค่าเท่ากับ 0 รีจีสเตอร์ DX เก็บค่าของพอร์ตอนุกรมที่ต้องการกำหนดค่าเริ่มต้น โดย

DX = 0 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM 1

DX = 1 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM 2

DX = 2 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM 3

DX = 3 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM 4

รีจีสเตอร์ AL มีขนาด 8 บิต ใช้เก็บค่าเริ่มต้นต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต0
BD2	BD1	BD0	PAR1	PAR0	STOP	DA1	DA0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BD2, BD1, BD0 ใช้สำหรับกำหนดค่าบอดเรต

"111" บอดเรตเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที

"110" บอดเรตเท่ากับ 4800 บิตต่อวินาที

"101" บอดเรตเท่ากับ 2400 บิตต่อวินาที

"100" บอดเรตเท่ากับ 1200 บิตต่อวินาที

"011" บอดเรตเท่ากับ 600 บิตต่อวินาที

"010" บอดเรตเท่ากับ 300 บิตต่อวินาที

"001" บอดเรตเท่ากับ 150 บิตต่อวินาที

"000" บอดเรตเท่ากับ 110 บิตต่อวินาที

ตัวอย่างโปรแกรมย่อยเทอร์โบปาสคาลสำหรับการกำหนดค่าให้กับพอร์ตอนุกรม โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้พอร์ตอนุกรม COM1 มีอัตราบอดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีการตรวจสอบพาริตี บิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต เขียนได้ดังนี้

```
procedue initial;
var regis : registers;
begin
    with  regis do begin
          ah := 0;
          al := $0e3
          dx := 0;
          intr($14,regis);
    end;
end;
```

PAR1, PAR2 ใช้กำหนดค่าพาริตีโดย

"00" หรือ "10" ไม่มีการตรวจสอบพาริตี

"01" พาริตีคี่

"11ไ พาริตีคู่

STOP ใช้กำหนดจำนวนของบิตปิดท้าย

"1" มีบิตปิดท้ายเท่ากับ 2 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"0" มีบิตปิดท้ายเท่ากับ 1 บิต

DA1, DA0 กำหนดความยาวของข้อมูลโดย

"10" ความยาวข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

"11" ความยาวข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

<u>การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม</u>

มีหลากหลายวิธีในการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 เช่น ใช้คำสั่งพิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์ เรียกอินเตอร์รัปต์ ของ ไบออส หรือของดอสการเขียนหรืออ่านไปยังแอดเดรสของพอร์ตโดยตรง วิธีสุดท้ายเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานที่สุด ยกตัวอย่าง ถ้าต้องการส่งข้อมูลไปยังพอร์ตอนุกรม COM1 สามารถเขียนข้อมูลโดยตรงไปที่รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (แอดเดรส 3F8H) โดยใช้คำสั่งภาษา QBASIC ง่าย ๆ ดังนี้

OUT &H3F8,X

ค่า X ในที่นี้หมายถึงข้อมูลที่ต้องการส่ง มีขนาด 8 บิต

สำหรับการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม จะเป็นการอ่านข้อมูลมาจากรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (แอดเดรส 3F8H เช่นเดียวกัน) ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่าย ๆ ดังนี้

Y = INP(H3F8)

ค่า Y ในที่นี้คือค่าที่อ่านได้จากรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลมีขนาด 8 บิต

สำหรับการเขียนโปรแกรมด้วย Turbo Pascal ก็สามารถใช้คำสั่ง

PORT [H3F8] = X

สำหรับการเขียนข้อมูลไปยังพอร์ตอนุกรมและ

Y = PORT [H3F8]

สำหรับการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าใช้คำสั่งนี้ในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานผ่านระบบปฏิบัติการวินโดว์ จะไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากระบบปฏิบัติการวินโดว์ ได้เข้าพอร์ตฝังตัวอนุกรมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการแล้ว ดังนั้นการใช้งานจึงจำเป็นต้องเรียกผ่านเครื่องมือที่ติดต่อผ่านระบบปฏิบัติการ เช่น การใช้ คอนโทรล MSCOMM32.OCX ของโปรแกรม Visual BASIC

คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual BASIC ตั้งแต่เวอร์ชัน 2 เป็นต้นมา ใน Visual BASIC ได้สร้างคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้โดย ใน Visual BASIC เวอร์ชัน 2 และเวอร์ชัน 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วนเวอร์ชัน 4 ใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานระบบปฏิบัติการ 16 บิต และ MSCOMM32.OCX สำหรับการทำงานของระบบปฏิบัติการ 32 บิต สำหรับใน Visual BASIC เวอร์ชัน 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้นเพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต

MSComm จัดเตรียมทางเลือกไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรก คือ การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Event-Driven Communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา DDC หรือขา RTS เหตุการณ์ Oncomm ของ MSComm จะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อคุณสมบัติ CommEvent ต่อไป ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชันต่าง ๆ ไปเรียบร้อยแล้วซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm 1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม ได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ต จะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัวเพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม และแอดเดรสของการอินเตอร์รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel

ค่าคงที่คุณสมบัติของคอนโทรล MSComm

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ Handshake

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comNone	0	ไม่ใช้การตรวจสอบแฮนด์เชก
comXonXoff	1	ใช้การตรวจสอบแฮนด์เชกแบบ Xon/Xoff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

comRTS	2	ใช้การตรวจสอบแฮนด์เชกผ่านทางขา RTS และ CTS
comRTSXOnXOff	3	กำหนดการตรวจสอบแฮนด์เชกทั้งแบบ RTS,CTSและXon/Xoff

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ OnComm

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comEvSend	1	ส่งค่าเหตุการณ์ (send event)
comEvReceive	2	รับค่าเหตุการณ์ (receive event)
comEvCTS	3	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา CTS
comEvDSR	4	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา DSR
comEvCD	5	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา DCD
comEvRing	6	ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งของโทรศัพท์
comEvEOF	7	ตรวจพบตำแหน่งท้ายสุดของไฟล์ (End of file)

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ Error

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comEventBreak	1001	ได้รับสัญญาณ Break
comEventCTSTO	1002	ขา CTS เกิดไทม์เอาต์
comEventDSRTO	1003	ขา DSR เกิดไทม์เอาต์
comEventFrame	1004	เกิดข้อผิดพลาดที่แฟรมข้อมูล(Framing error)
comEventOverrun	1006	พอร์ตอนุกรมเกิดโอเวอร์รัน (Port overrun)
comEventCDTO	1007	ขา DCD เกิดไทม์เอาต์
comEventRxOver	1008	บัฟเฟอร์รับข้อมูลเกิดโอเวอร์โฟลว์
comEventRxParity	1009	เกิดข้อผิดพลาดที่พาริตี (parity error)
comEventTxFull	1010	บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเต็ม

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ InputMode

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comInputModeText	0	ข้อมูลที่รับมีคุณสมบัติเป็นข้อความ (ค่าปกติ)
computModeBinary	1	ข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นข้อมูลไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ MSComm เพื่อการติดต่อฮาร์ดแวร์

จากรายละเอียดของ MSComm ที่กล่าวไปตอนต้นนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีการที่จะอ่านค่าหรือเขียนค่าไปยังขาสถานะและขาควบคุมพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ง่ายดายมาก โดยใช้คำสั่งเหล่านี้

DTREnable	สำหรับสั่งให้ขา DTR มีลอจิก "0" หรือ "1"
RTSEnable	สำหรับสั่งให้ขา RTS มีลอจิก "0" หรือ "1"
CTSHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา CTS มีลอจิก "0" หรือ "1"
CDHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DCD มีลอจิก "0" หรือ "1"
DSRHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DSR มีลอจิก "0" หรือ "1"
Break	สำหรับการส่งให้ขา Txd มีลอจิก "0" หรือ "1"

หลักการจัดเรียงข้อมูลลงในตำแหน่ง

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บมามีลักษณะที่ต่อกันเป็นชุดข้อมูล เราจึงต้องทำการแยกข้อมูลแต่ละค่าเพื่อใส่ลงในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อความถูกต้อง และนำไปใช้ในการพล็อตรูปเส้นสมศักย์ได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

ในการเรียงข้อมูลลงไปในแต่ละตำแหน่งของอาร์เรย์สำหรับแถวเลขคู่และเลขคี่นั้นจะต่างกันเนื่องจากข้อมูลจะเรียงในลักษณะต่อกันคล้ายรูปตัว S ดังนี้

d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 d13 d14 d15 =====>

d1 d2 d3 d4 d5

d10 d9 d8 d7 d6

d11 d12 d13 d14 d15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ส่วนแสดงผล

เมื่อทำการเก็บข้อมูลเสร็จแล้ว ข้อมูลที่เก็บได้จะถูกเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลที่เรากำหนดขึ้นมา จากนั้นก็ทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาวิชวลเบสิกเพื่อเปิดแฟ้มข้อมูลนั้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพลอตเป็นภาพแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าในแต่ละช่วงได้ จากนั้นก็พลอตเป็นภาพแสดงเส้นสมศักย์ต่อไป

หลักการที่ใช้ในการพลอตภาพ

- ภาพแสดงช่วงที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

นำค่าข้อมูลดิบที่ได้จากวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ยังไม่ได้แปลงเป็นค่าโวลท์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-255 โดยเมื่อเปิดแฟ้มข้อมูลเพื่อดึงข้อมูลออกมาใช้ เราจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ ซึ่งแต่ละช่วงจะสั่งให้โปรแกรมพลอตจุดที่แสดงค่าสีที่แตกต่างกันออกไป โดยค่าสีที่นำมาใช้ในการพลอตจุดสีนั้น ได้มาจากฟังก์ชันการผสมสี 3 สีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือเรียกว่าฟังก์ชัน (R,G,B) นั่นเอง ซึ่งค่าสีจะเป็นการไล่ระดับสีตามแถบสีสเปกตรัมเป็นการแสดงถึงค่าศักย์ไฟฟ้า

- ภาพแสดงเส้นสมศักย์

จากภาพแรกที่เราพลอตภาพแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าในแต่ละช่วง ทำการสแกนภาพทั้งแถวและหลัก เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าสีว่าต่างกันหรือไม่ ถ้าต่างกันก็ให้พลอตจุดสีนั้นลงไป แต่ถ้าไม่ต่างกัน ซึ่งก็คือมีค่าศักย์ไฟฟ้าอยู่ในช่วงเดียวกันนั่นเองก็ไม่ต้องพลอตจุดใด ๆ ลงไป เมื่อสแกนครบทั้งภาพแล้วจะพบว่า ภาพที่ได้คือภาพแสดงเส้นสมศักย์นั่นเอง

หลักการปรับค่าข้อมูล

เมื่อทำการสแกนแต่ละครั้งพบว่า อาจมีการผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้ข้อมูลบางค่าที่เก็บมาได้นั้นมีค่าสูงหรือต่ำกว่าข้อมูลที่อยู่ติดกันมาก ทำให้เมื่อเรานำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตเป็นรูปแล้วเกิดเป็นจุดสีที่แปลกออกไป จึงต้องทำการปรับข้อมูลให้มีค่าที่มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

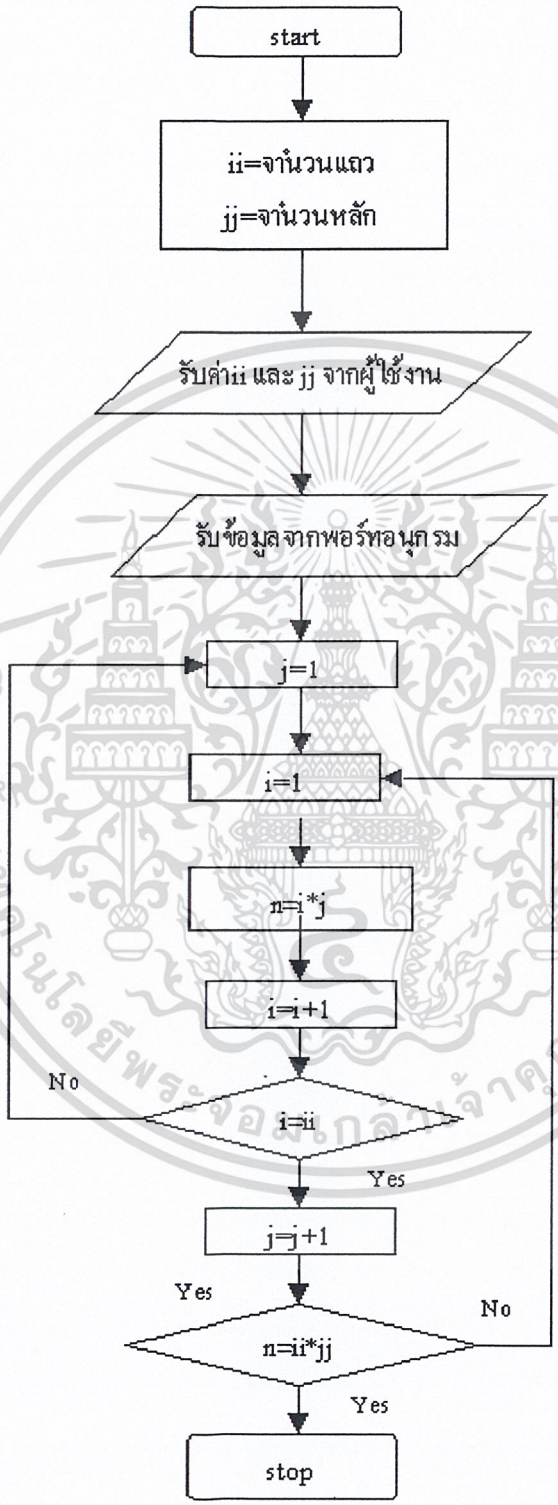
โดยการนำชุดข้อมูลที่อยู่ล้อมรอบมาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

$$\begin{bmatrix} d1 & d2 & d3 \\ d4 & X & d5 \\ d6 & d7 & d8 \end{bmatrix}$$

โดยที่ค่าจะเท่ากับ $X = (d1+d2+d3+d4+d5+d6+d7+d8)/8$

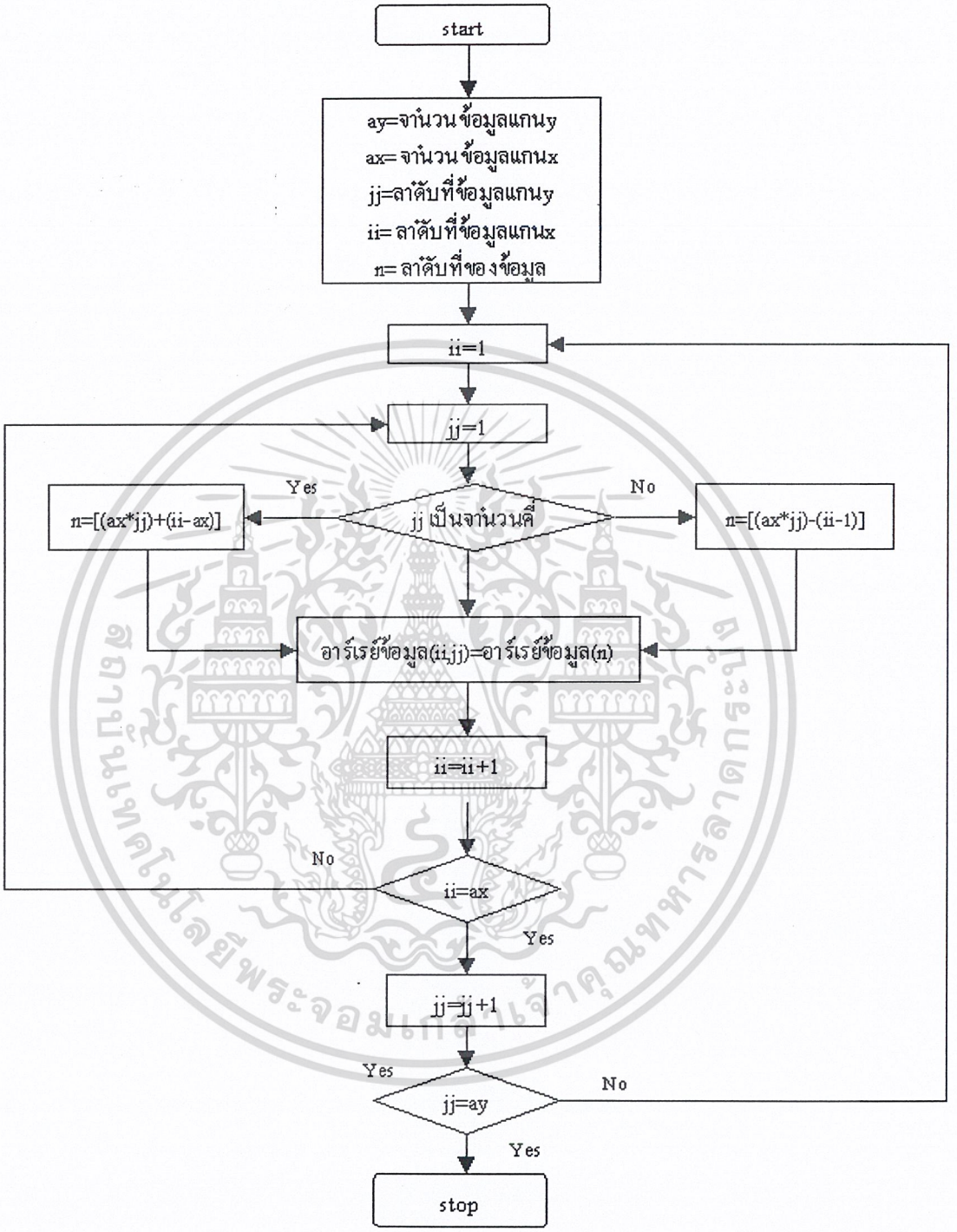
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โฟล์ชาร์ทของโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ



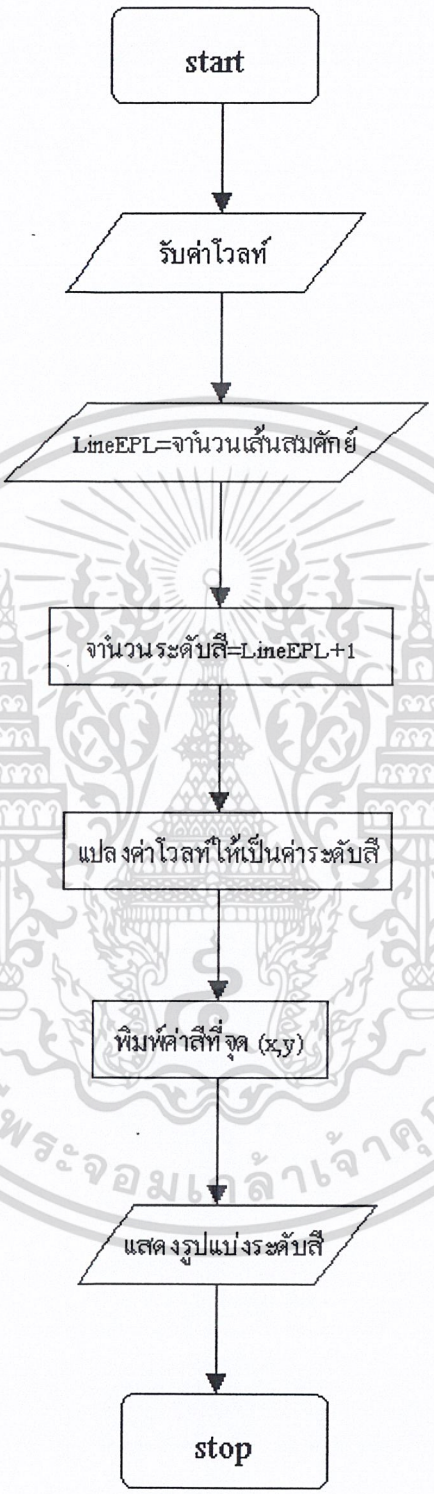
รูปที่ 3.19 โฟล์ชาร์ทการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



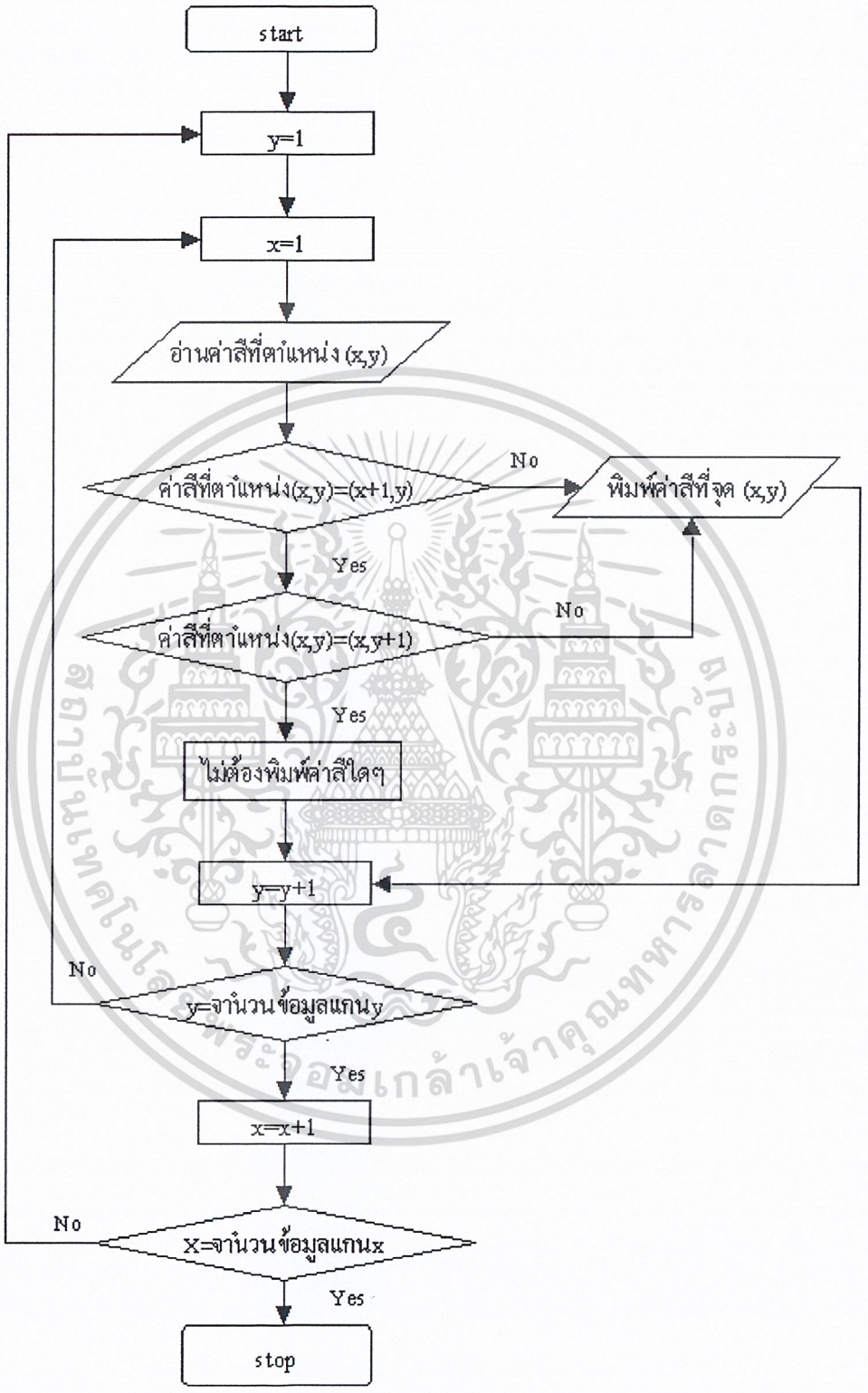
รูปที่ 3.20 โฟล์ชาร์ทการจัดเรียงข้อมูลลงตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



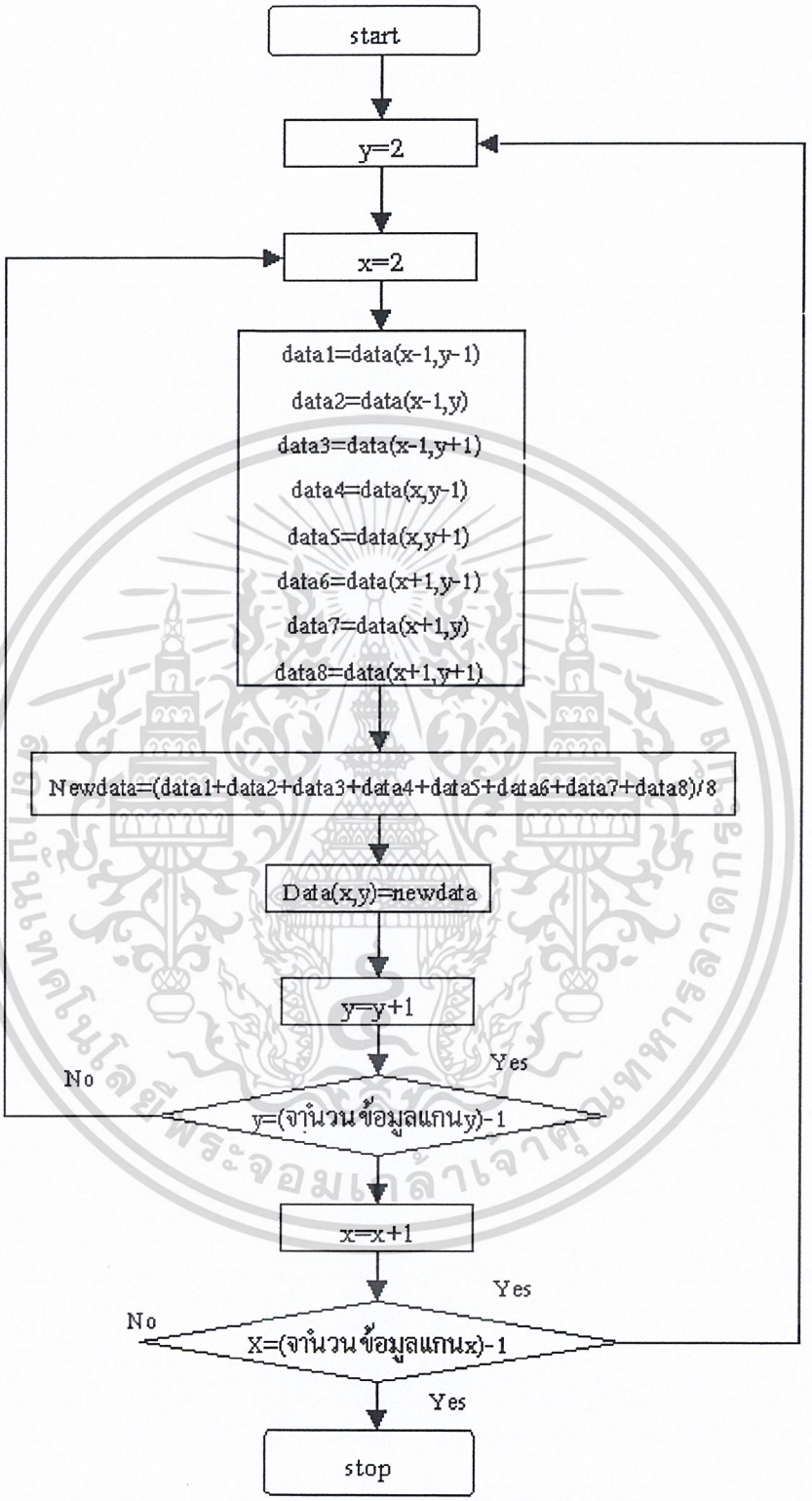
รูปที่ 3.21 โฟล์ชาร์ทการพล็อตรูปแบ่งระดับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



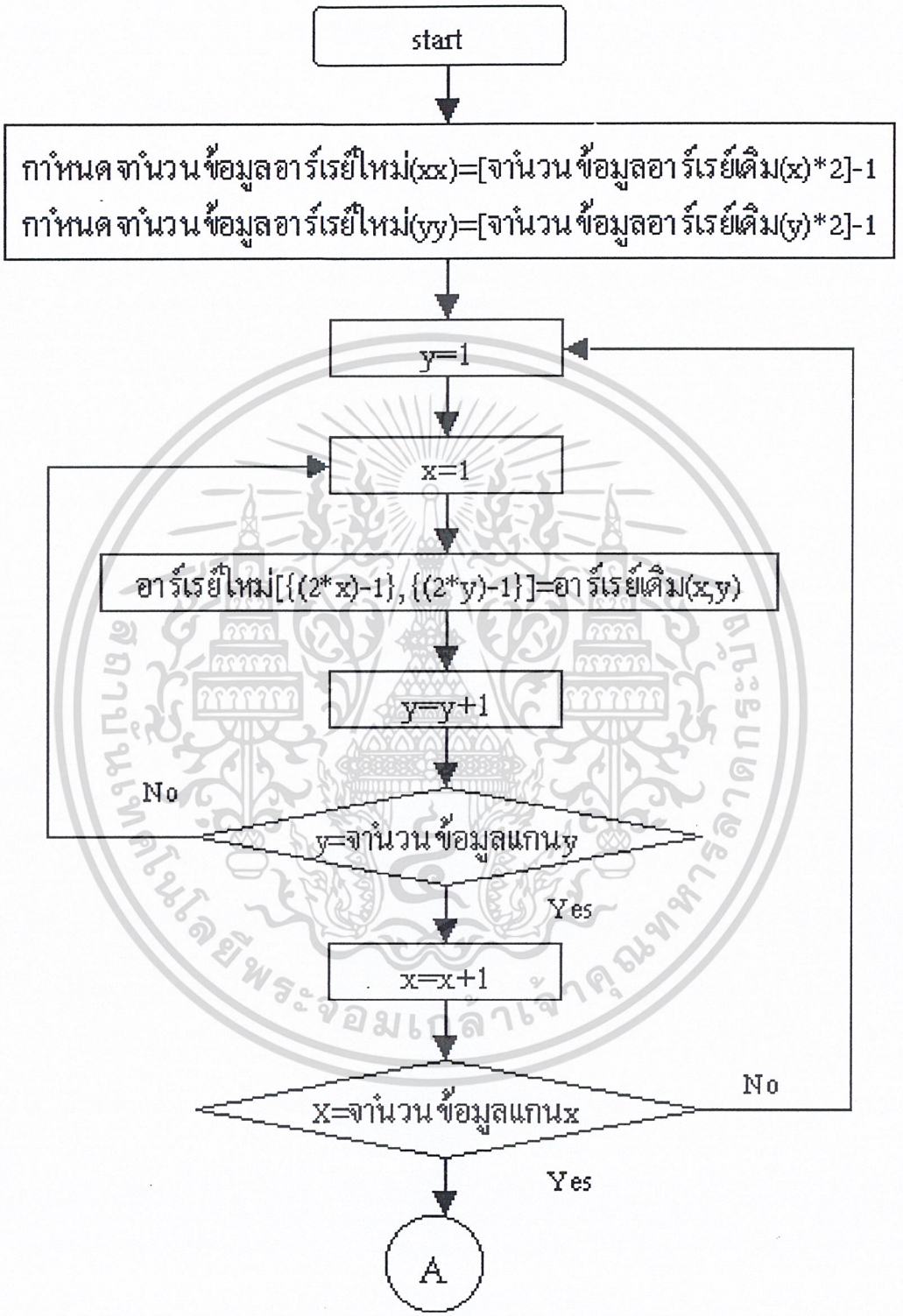
รูปที่ 3.22 โฟล์ชาร์ทการพล็อตรูปเส้นสมศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



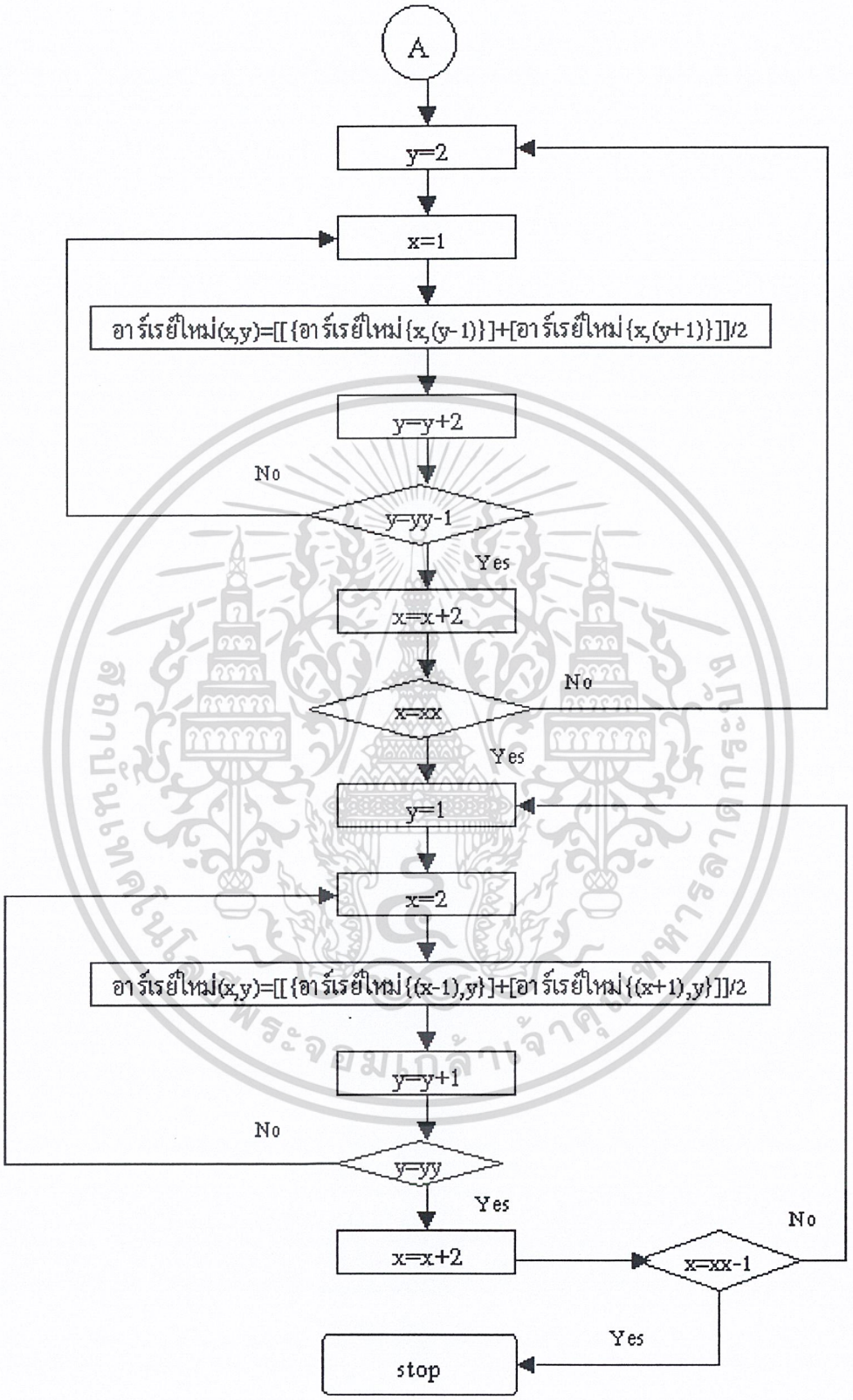
รูปที่ 3.23 โฟล์ชาร์ทแสดงการปรับค่าข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



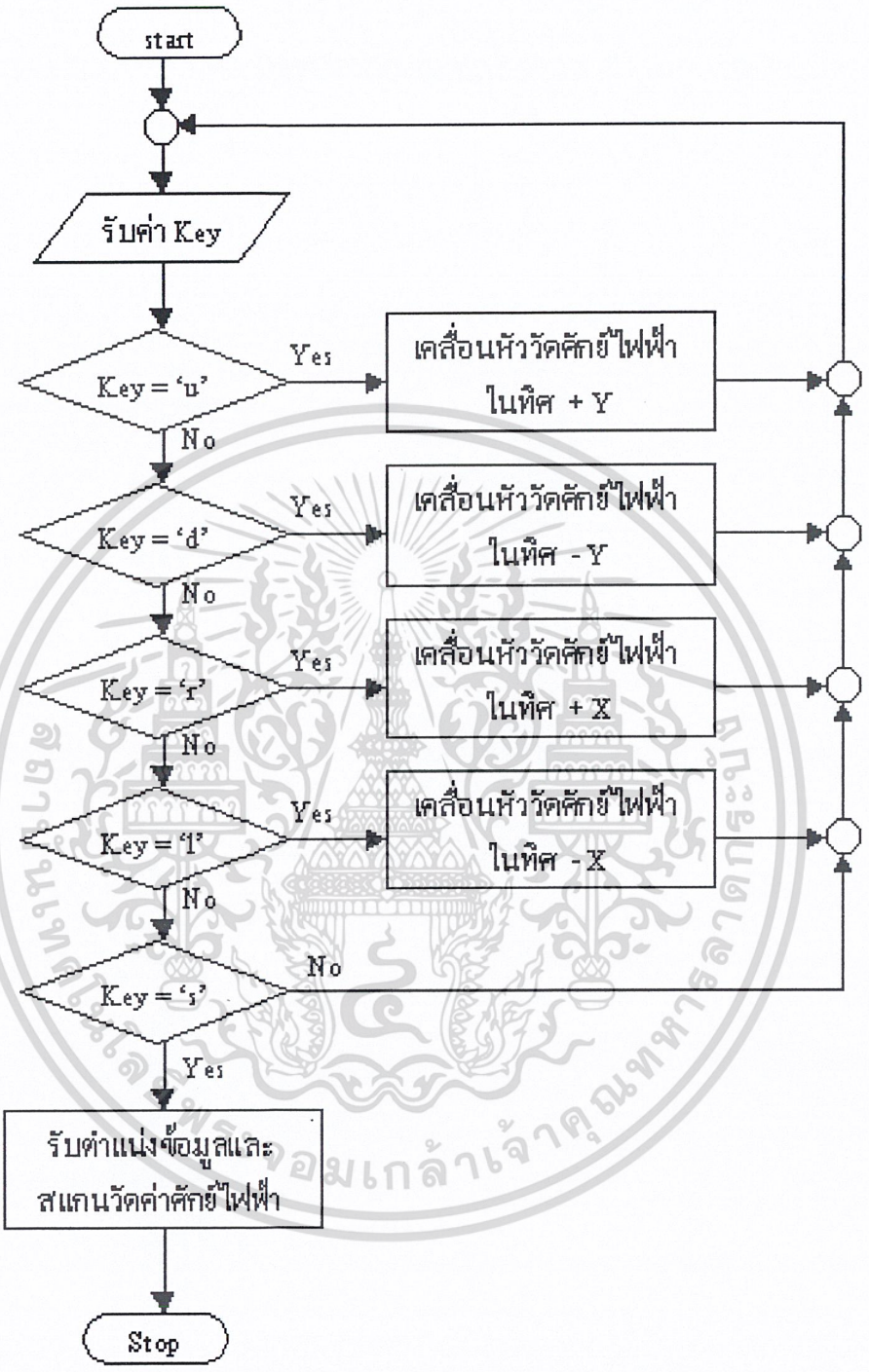
รูปที่ 3.24 โฟล์ชาร์ทการขยายขนาดของข้อมูล (1/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



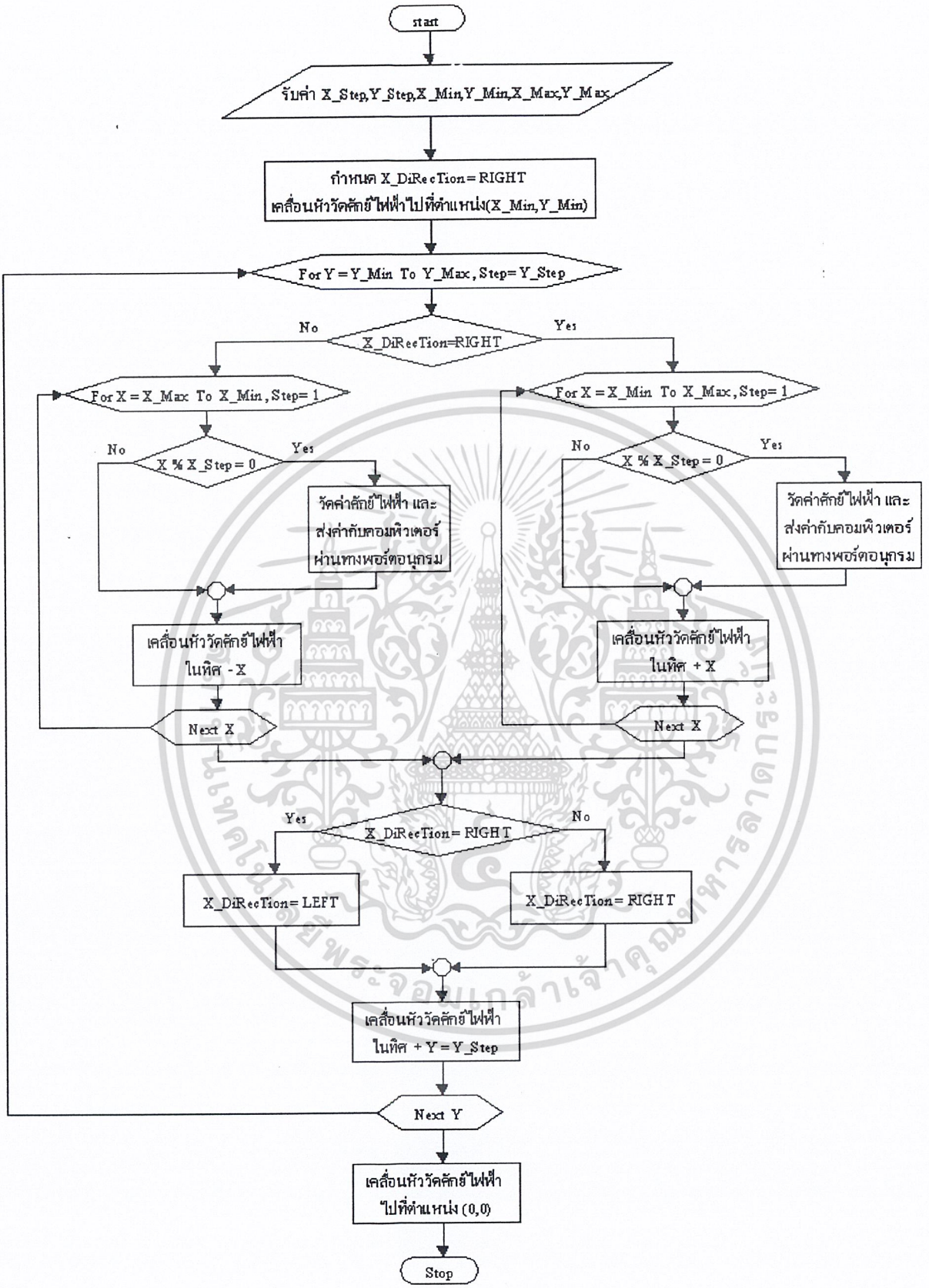
รูปที่ 3.25 โฟล์ชาร์ทการขยายขนาดของข้อมูล (2/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 โฟล์ชาร์ทการรับคำสั่งและควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 โฟล์ชาร์ทการสแกนวัดค่าศักย์ไฟฟ้า

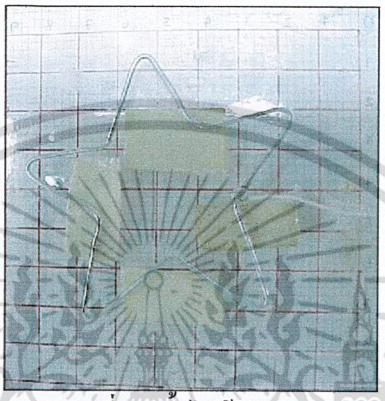
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

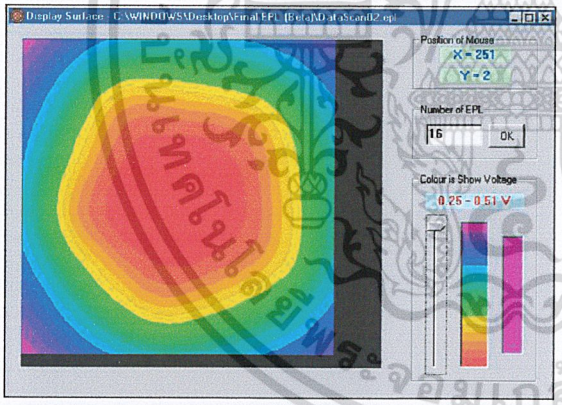
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลองพลอตเส้นสมศักย์จากขั้วไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ

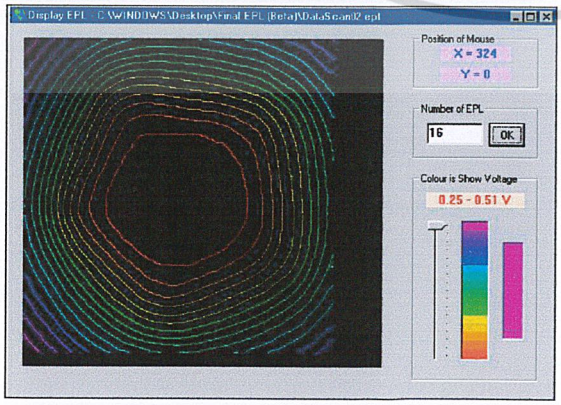
4.1.1 ขั้วไฟฟ้ารูปดาว (ขั้วรูปดาวเป็นขั้วบวกและล้อมรอบด้วยลวดที่เป็นขั้วลบ)



รูปที่ 4.1 ขั้วไฟฟ้ารูปดาว



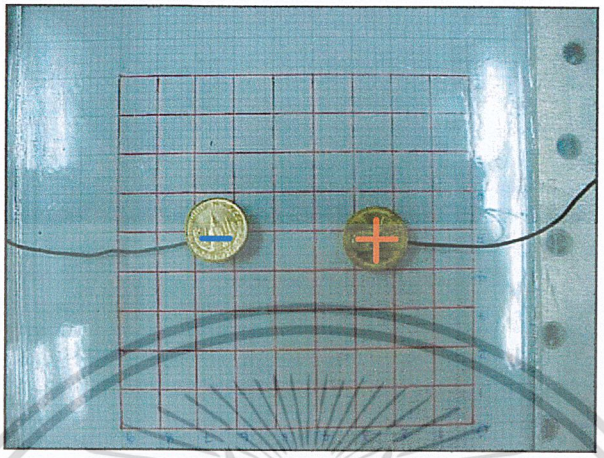
รูปที่4.2 รูปแบ่งระดับสีที่ได้จากขั้วไฟฟ้ารูปที่ 4.1



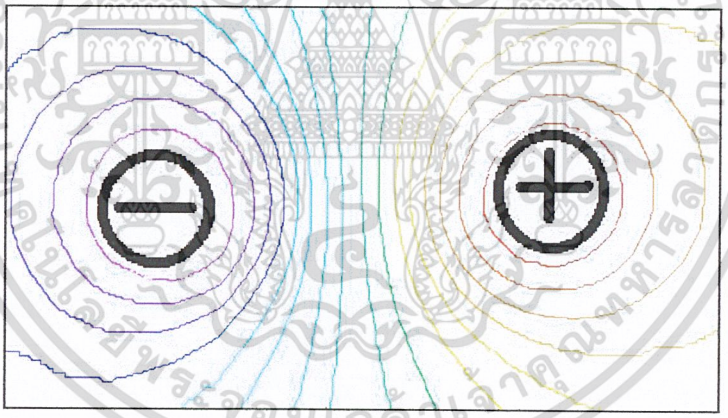
รูปที่ 4.3 รูปเส้นสมศักย์ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าดังรูป 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ขั้วไฟฟ้าวงกลม 2 วง (ขั้วบวก 1 ขั้ว ขั้วลบ 1 ขั้ว)



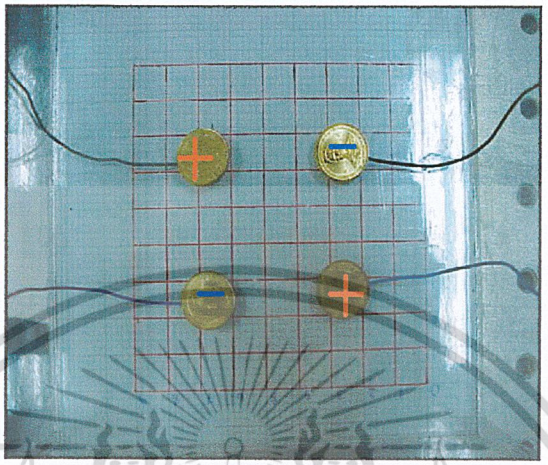
รูปที่ 4.4 ขั้วไฟฟ้าวงกลม(ขั้วลบ) และวงกลม(ขั้วบวก)



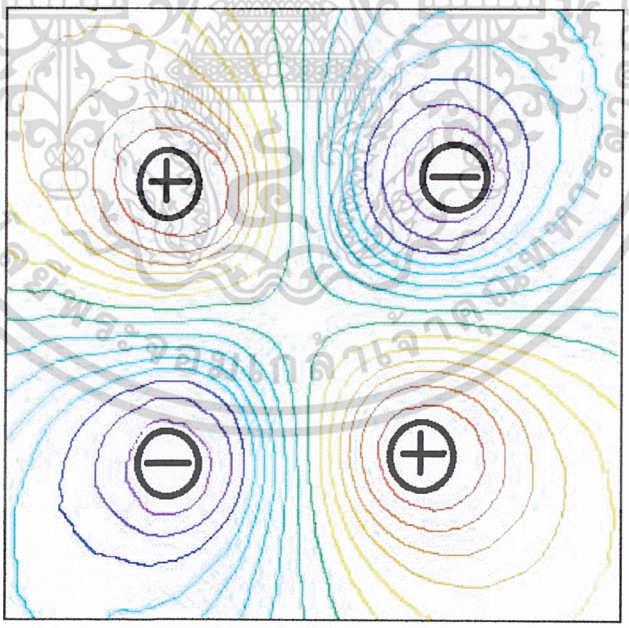
รูปที่ 4.5 รูปเส้นสมศักย์ที่พล็อตได้จากขั้วลักษณะดังรูป 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ขั้วไฟฟ้าวงกลม 4 ขั้ว(ขั้วบวก 2 ขั้ว ขั้วลบ 2 ขั้ว)



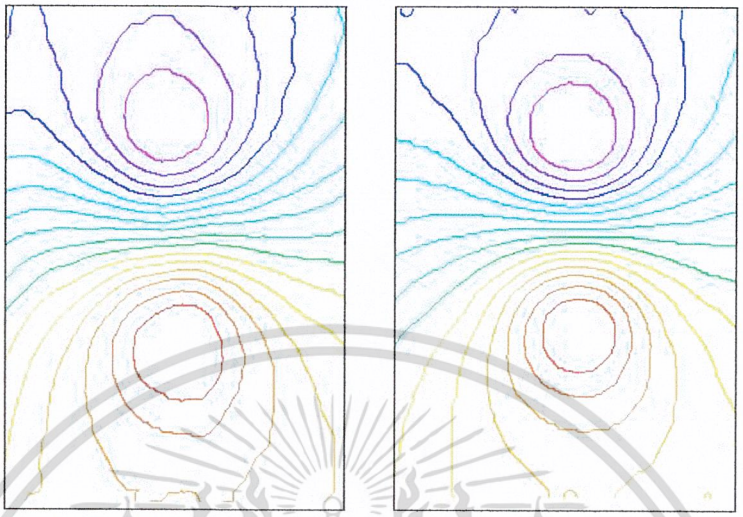
รูปที่ 4.6 ขั้วไฟฟ้าวงกลม(ขั้วลบ) 2 ขั้ว และวงกลม(ขั้วบวก) 2 ขั้ว



รูปที่ 4.7 รูปเส้นสมศักย์ที่พล็อตได้จากขั้วลักษณะดังรูป 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองเรื่องระดับของหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อลักษณะเส้นสมศักย์

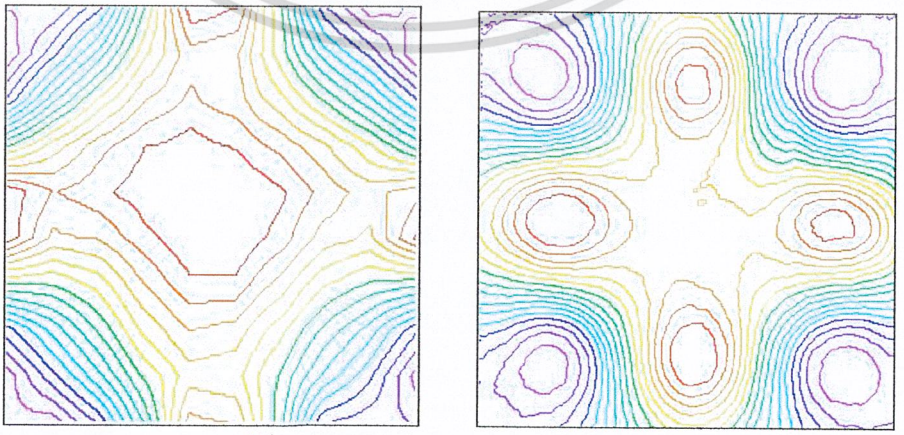


(ก) ระยะ 2 มม. (ข) ระยะ 3 มม.

รูปที่ 4.8 (ก) ลักษณะเส้นสมศักย์เมื่อหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าอยู่เหนือขั้ว 2 มม.
(ข) ลักษณะเส้นสมศักย์เมื่อหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าอยู่เหนือขั้ว 3 มม.

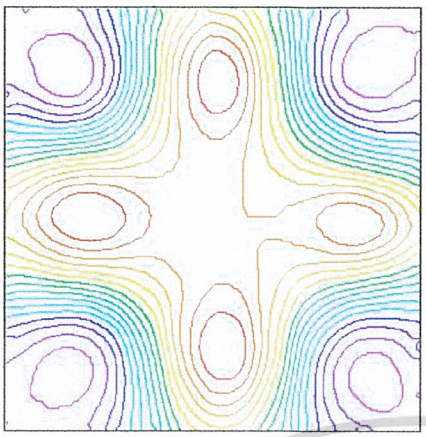
จากผลการทดลองข้างต้นเป็นการแสดงให้ทราบว่าระยะความสูงของหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าไม่มีผลต่อลักษณะแนวโน้มเส้นสมศักย์มากนัก ซึ่งในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง จะใช้ระยะความสูงของหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าเพียง 1 มม. เท่านั้น

4.3 ผลการทดลองเรื่องสเกลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีผลต่อเส้นสมศักย์

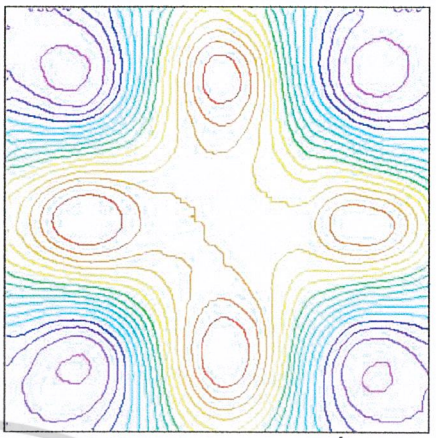


(ก) สเกล 10 มม.(1ซม.) ใช้เวลา 9:45 นาที (ข) สเกล 5 มม.ใช้เวลา 16:30 นาที

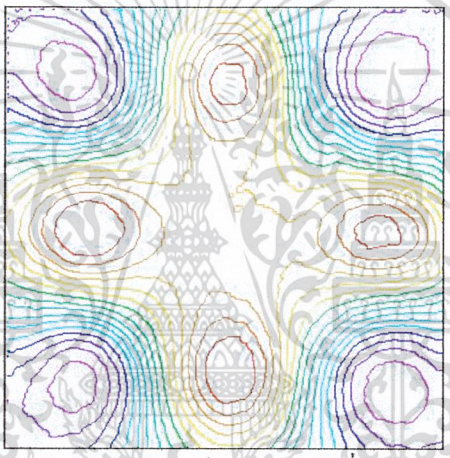
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) สเกล 2 มม.ใช้เวลา 36:45 นาที



(ง) สเกล 1 มม.ใช้เวลา 1:10:30 ชั่วโมง



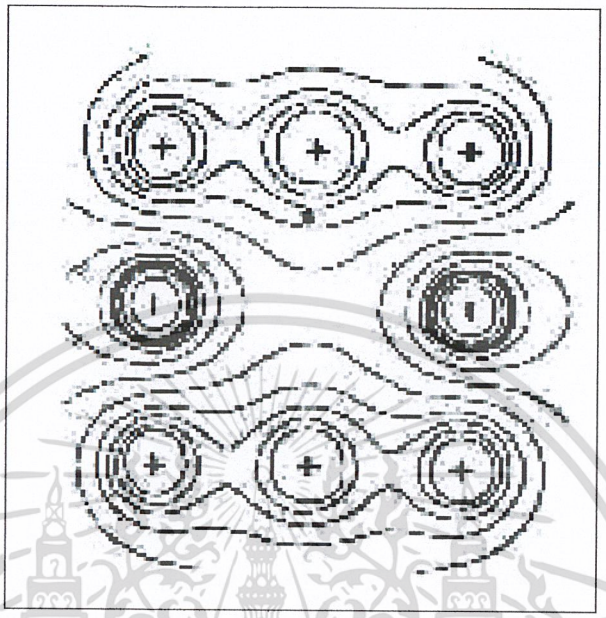
(จ) สเกล 1 มม.ใช้เวลา 2:18:00 ชั่วโมง

รูปที่ 4.9 (ก) – (จ) เป็นการทดลองเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของเส้นสมศักย์ที่ได้เมื่อใช้สเกลต่าง ๆ กัน

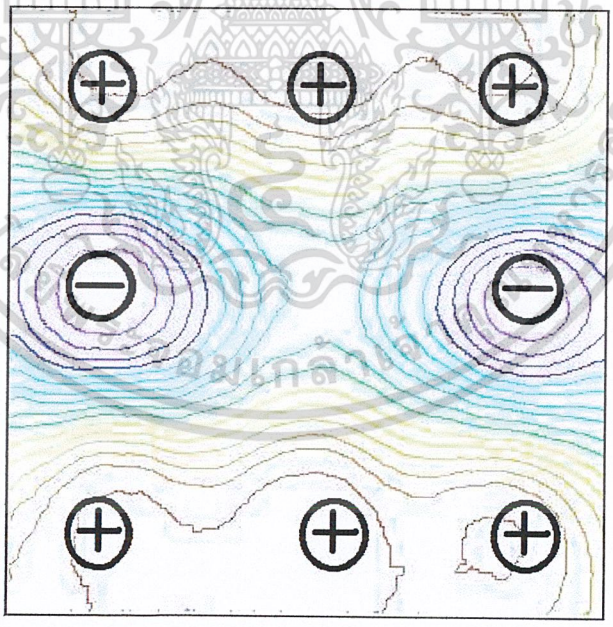
จากผลการทดลองเปลี่ยนสเกลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลข้างต้น เราเปรียบเทียบกับในกรณีที่เก็บข้อมูลในพื้นที่ 9 ซม.x 9 ซม. ทำให้ทราบความละเอียดของข้อมูลและเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการเก็บข้อมูลว่าต้องการความละเอียดมากน้อยเพียงไรเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี



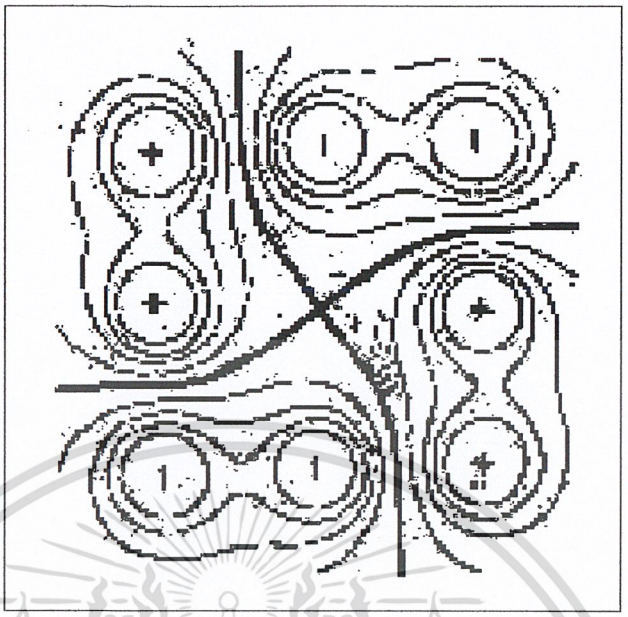
(ก)



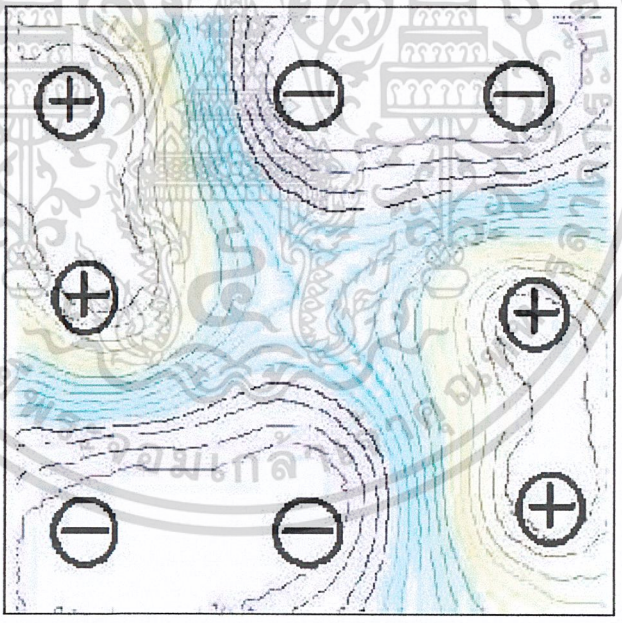
(ข)

รูปที่ 4.10 (ก) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการคำนวณ(ตามทฤษฎี)
(ข) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.11 (ก) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการคำนวณ(ตามทฤษฎี)
(ข) รูปเส้นสมศักย์ที่พลอตได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยและการดำเนินงาน

วิชาฟิสิกส์นั้นจัดว่าเป็นวิชาที่มีบทบาทต่อการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นอย่างมาก เนื่องจากต้องอาศัยหลักการและทฤษฎีหลาย ๆ ด้าน การจะศึกษาวิชาฟิสิกส์ให้มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจึงควรเริ่มตั้งแต่รากฐานที่ดี ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาเรื่องสนามไฟฟ้าและเส้นสมศักย์ ที่เกิดจากประจุที่มีลักษณะต่าง ๆ หรือมีการจัดเรียงตัวของประจุชนิดบวกและชนิดลบในลักษณะต่าง ๆ กัน จึงได้สร้างระบบวัดเส้นสมศักย์ที่สามารถควบคุมผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ทำให้มีความสะดวกต่อการใช้งานหรือเพื่อการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5.2 ประสิทธิภาพของระบบวัดเส้นสมศักย์มีดังนี้คือ

- มีขอบเขตในการสแกน 9 ซม.X 9 ซม.
- สามารถปรับสเกลในการสแกนทั้งแกน X และ แกน Y โดยมีค่าละเอียดที่สุดคือ 0.1 มม.
- ส่วนแสดงผลแบ่งเป็น
    - ภาพแสดงระดับสี ซึ่งแสดงถึงค่าศักย์ไฟฟ้าของแต่ละตำแหน่ง
    - ภาพแสดงเส้นสมศักย์ ซึ่งแสดงถึงส่วนที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าที่เท่ากัน

5.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าระบบนี้สามารถที่จะใช้เพื่อศึกษาในเรื่องสนามไฟฟ้า โดยพิจารณาจากเส้นสมศักย์ แต่ก็ยังมีขอบเขตในการสแกนที่จำกัดอยู่ รวมทั้งการเซ็ตตำแหน่งมอเตอร์ก่อนการสแกน อาจมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากเป็นการกำหนดขึ้นเองโดยผู้ใช้งาน ในส่วนของซอฟท์แวร์ ซึ่งสามารถใช้ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรมยังไม่เหมาะสม เนื่องจากยังขาดความเป็นสากลทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ยาก หากไม่มีคำอธิบายคุณสมบัติของปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ในส่วนของอุปกรณ์

- อาจจะปรับเปลี่ยนแกนของมอเตอร์ให้มีระยะสแกนได้มากขึ้น
- เพิ่มส่วนของมอเตอร์เพื่อสแกนในแกน z เพื่อการพัฒนาลักษณะของการเก็บข้อมูลต่อไป

ในส่วนของซอฟท์แวร์

- ควรจะพัฒนาให้ผู้ใช้งานสามารถได้ง่ายขึ้น
- ควรจะจัดหาไอคอนที่มีความเป็นสากล เพื่อให้ผู้ใช้ง่ายเข้าใจการทำงานของไอคอนนั้น ๆ ได้ง่ายขึ้น
- ควรจะเพิ่มฟังก์ชันอื่น ๆ เช่น กราฟพื้นผิว 3 มิติ เพื่อให้สามารถมองเห็นความแตกต่างค่าศักย์ไฟฟ้าได้ชัดเจนกว่าแค่ภาพแบ่งระดับสี 2 มิติ
- อาจจะศึกษาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ให้มากขึ้นเพื่อให้สามารถพล็อตเส้นแรงไฟฟ้าซึ่งตั้งฉากกับเส้นสมศักย์เพื่อให้การศึกษาเรื่องสนามไฟฟ้ามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม EPL Project 1.0

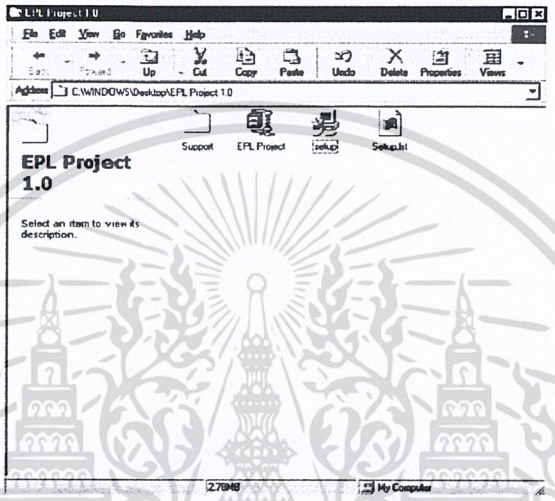
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การติดตั้งโปรแกรม EPL Project 1.0

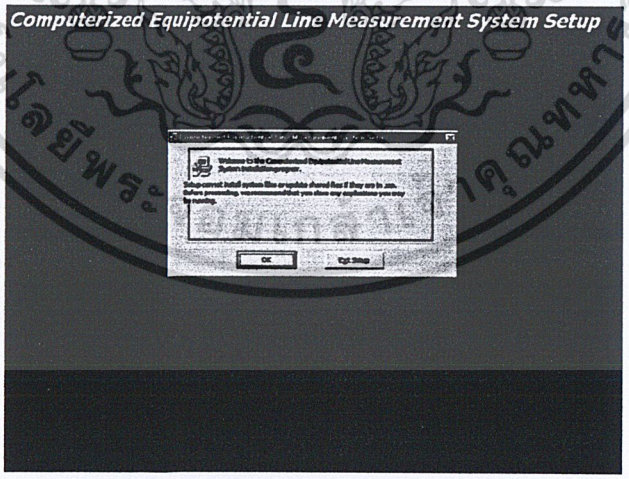
1.1 ใส่แผ่นโปรแกรม EPL Project 1.0 ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 เข้าไปที่โฟลเดอร์ EPL Project 1.0 ดังรูปที่ 1

1.3 เลือก Setup แล้วทำตามขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 โปรแกรม EPL Project 1.0

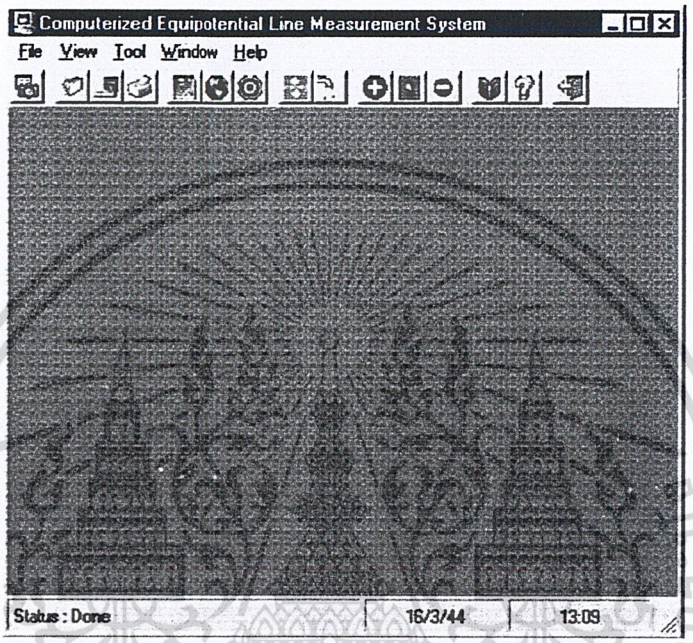


รูปที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม EPL Project 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การใช้งานโปรแกรม EPL Project 1.0

2.1 MDI Form เป็น Form หลักในการควบคุมการทำงานของโปรแกรม EPL Project 1.0 ซึ่งมีการทำงาน และการใช้งานเหมือน Windows ทั่ว ๆ ไป ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ฟอร์ม MDI ของ EPL Project 1.0

โดยมีปุ่มควบคุมการทำงานดังนี้

2.1.1 ปุ่มสแกนใหม่ หรือ New Scan เป็นปุ่มที่ใช้เลือกเพื่อการเก็บข้อมูลใหม่

2.1.2 ปุ่มเปิดแฟ้มข้อมูล หรือ Open File ก็จะเป็นปุ่มที่ใช้ในการดูข้อมูลที่เก็บไว้แล้ว โดยที่การเปิดข้อมูลจะมีให้เลือกดูข้อมูลอยู่ 4 แบบคือ

- ข้อมูลที่ได้จากการสแกน EPL File (*.epl)
- ข้อมูลที่เป็นรูปภาพ Picture File (*.bmp, *.jpg, *.gif)
- ข้อมูลที่เป็นรูปภาพ หรือ ข้อมูลจากการสแกน Support File (*.bmp, *.jpg, *.gif, *.epl)
- ข้อมูลทุกชนิด แต่จะเปิดดูได้แต่ Support File เท่านั้น

2.1.3 ปุ่มบันทึกข้อมูล หรือ Save File ก็จะทำการบันทึกข้อมูลหรือรูปภาพตาม Windows ที่เปิดอยู่

2.1.4 ปุ่มพิมพ์ข้อมูล หรือ Print File ก็จะทำการพิมพ์ข้อมูลหรือรูปภาพตาม Windows ที่เปิดอยู่ แต่ในการพิมพ์ข้อมูลที่ได้จากการสแกนจะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการพิมพ์ข้อมูล

2.1.5 ปุ่มแสดงข้อมูลที่ได้จากการสแกน หรือ Display Table Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ปุ่มแสดงรูปของเส้นสมศักย์ หรือ Display Equipotential Line

2.1.7 ปุ่มแสดงรูปของภาพแบ่งระดับสี หรือ Display Surface

2.1.8 ปุ่มแสดงการปรับข้อมูลให้เรียบขึ้น หรือ Smooth Data

2.1.9 ปุ่มแสดงการเพิ่มจำนวนของข้อมูล หรือ Increase Data

2.1.10 ปุ่มแสดงการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้น หรือ Zoom In

2.1.11 ปุ่มแสดงรูปภาพให้มีขนาดเท่าเดิม หรือ Default Zoom

2.1.12 ปุ่มแสดงการขยายภาพให้เล็กลง หรือ Zoom Out

2.1.13 ปุ่มแสดงคำอธิบาย EPL Project 1.0 หรือ About Project

2.1.14 ปุ่มแสดงวิธีการใช้โปรแกรม EPL Project 1.0 หรือ Help

2.1.15 ปุ่มจบการทำงานของโปรแกรม EPL Project 1.0 หรือ Exit Program

2.2 Form ScanData เป็น Form ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยมีวิธีใช้ดังนี้

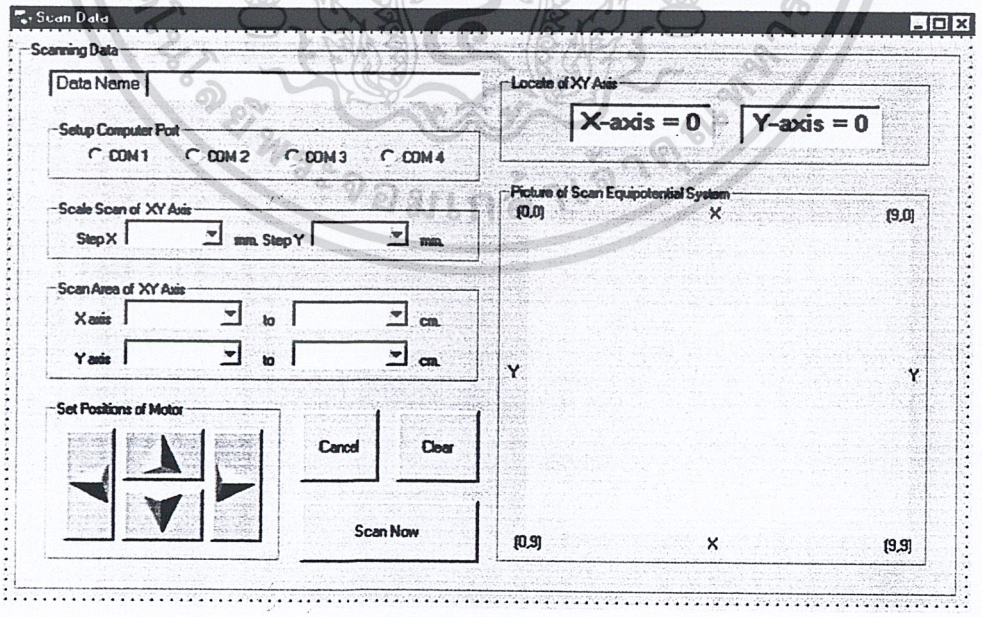
2.2.1 ป้อนข้อมูลให้ครบตามจำนวนช่องว่างที่เว้นไว้ให้เติม ดังรูปที่ 4

2.2.2 ระยะในการสแกนอยู่ในช่วง 0-9 ซม. ทั้งแกน X และแกน Y

2.2.3 ความละเอียดในการสแกนสูงสุด 0.1 มม. ทั้งแกน X และแกน Y

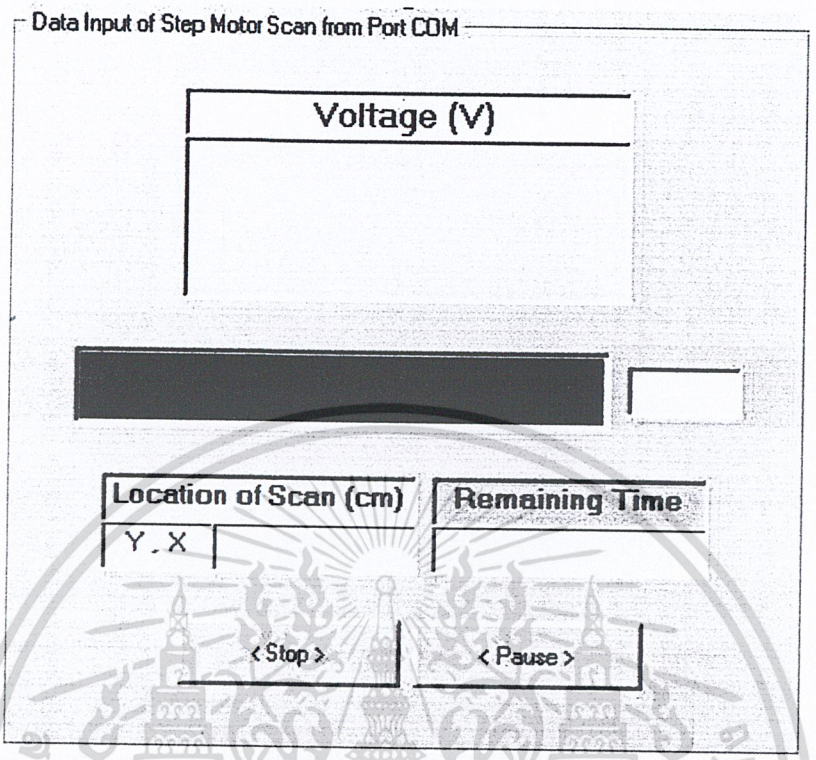
2.2.4 ขณะสแกนอยู่สามารถหยุด และทำการสแกนต่อ หรือ จะยกเลิกการสแกนได้ ดังในรูปที่ 5

2.2.5 เมื่อสแกนครบตามระยะที่ต้องการก็จะแสดงรูปเส้นสมศักย์ และ รูปการแบ่งระดับสี



รูปที่ 4 ฟอร์มที่ใช้ในการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ฟอร์มที่ใช้แสดงข้อมูลที่ได้จากการสแกน

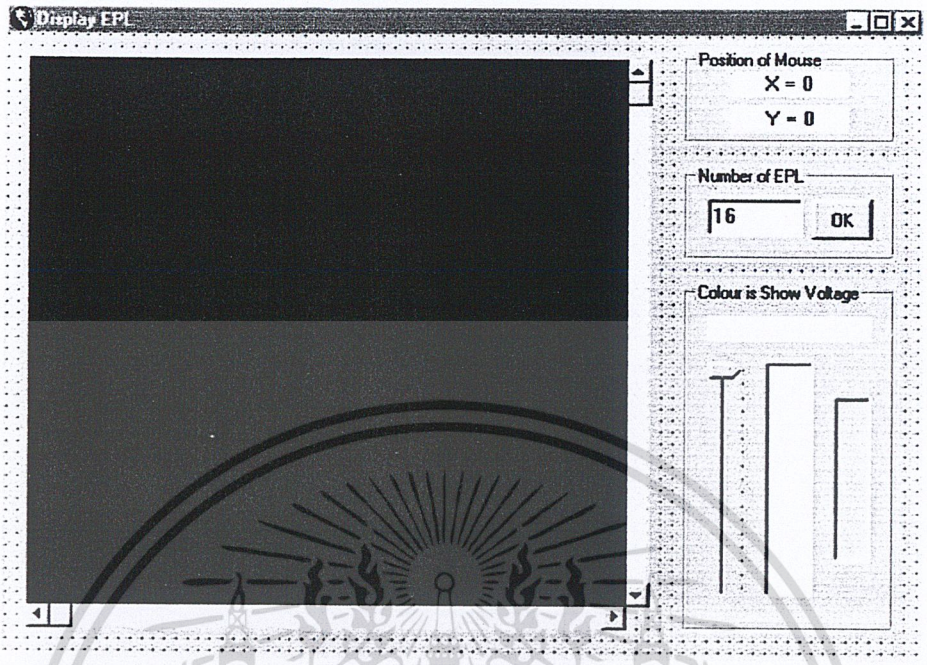
2.3 การแสดงผล จะแสดงโดย Form EPL (รูปที่ 6) และ Form Surface (รูปที่ 7) โดยแสดงรูปที่ได้จากการสแกน ส่วน Form Picture (รูปที่ 8) จะแสดงรูปจากการเปิด File Picture

2.3.1 Form EPL และ Form Surface จะแสดงตำแหน่งของการเลื่อนเมาส์

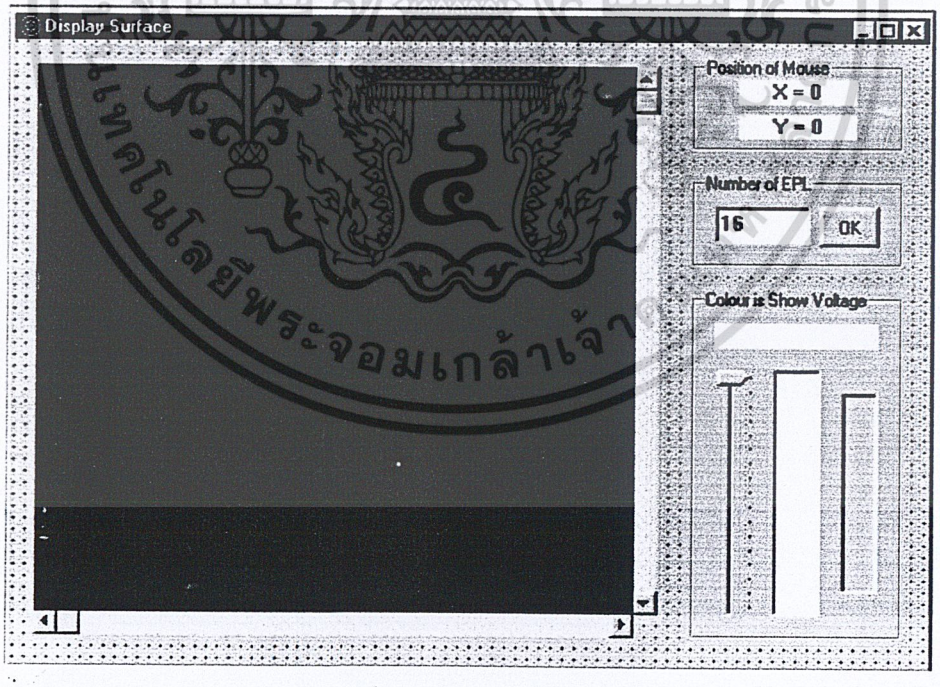
2.3.2 Form EPL และ Form Surface จะแสดงสีเปรียบเทียบกับค่าศักย์ที่ได้จากการเก็บข้อมูล

2.3.3 Form EPL และ Form Surface จะสามารถเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

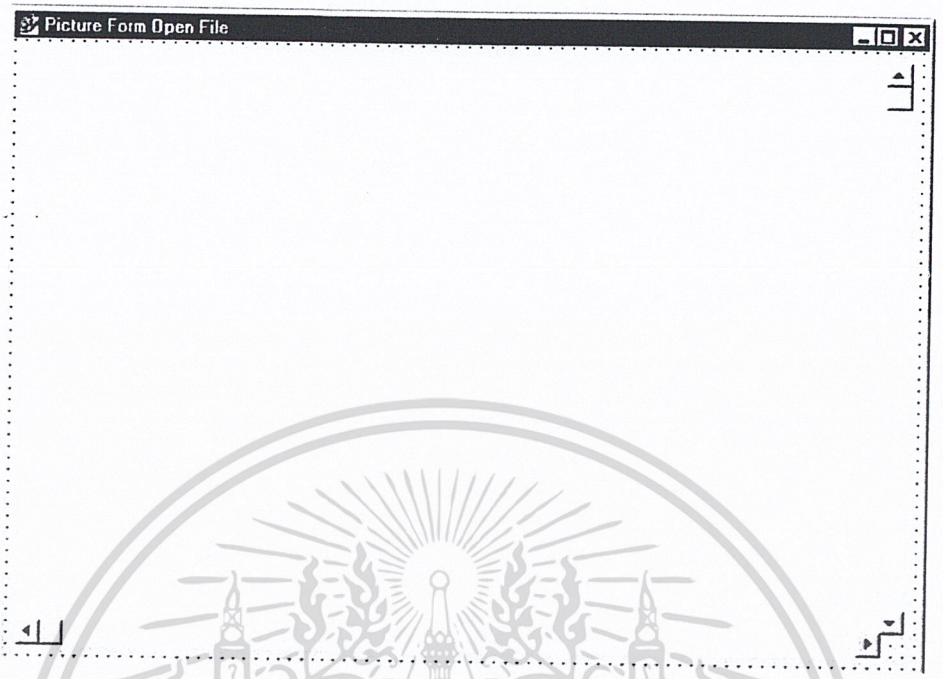


รูปที่ 6 ฟอร์มแสดงรูปเส้นสมศักย์



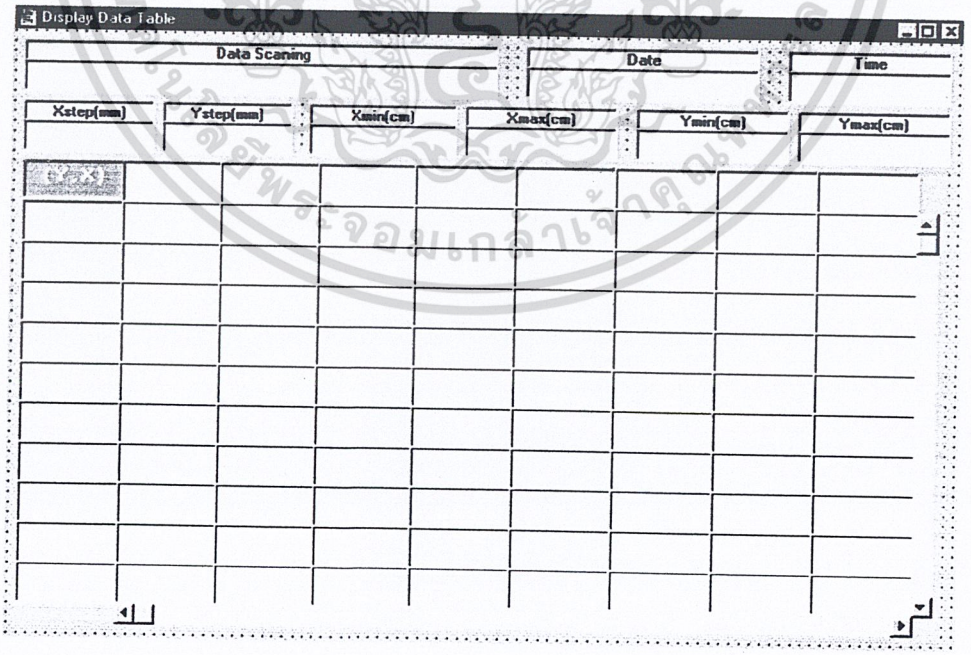
รูปที่ 7 ฟอร์มแสดงรูปแบ่งระดับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 ฟอร์มแสดงการเปิดรูปจากแฟ้มข้อมูล

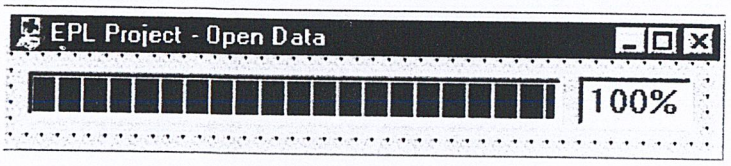
2.4 Form Table Data จะแสดงข้อมูลที่ได้จากการสแกน ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ฟอร์มแสดงข้อมูลที่ได้จากการสแกน

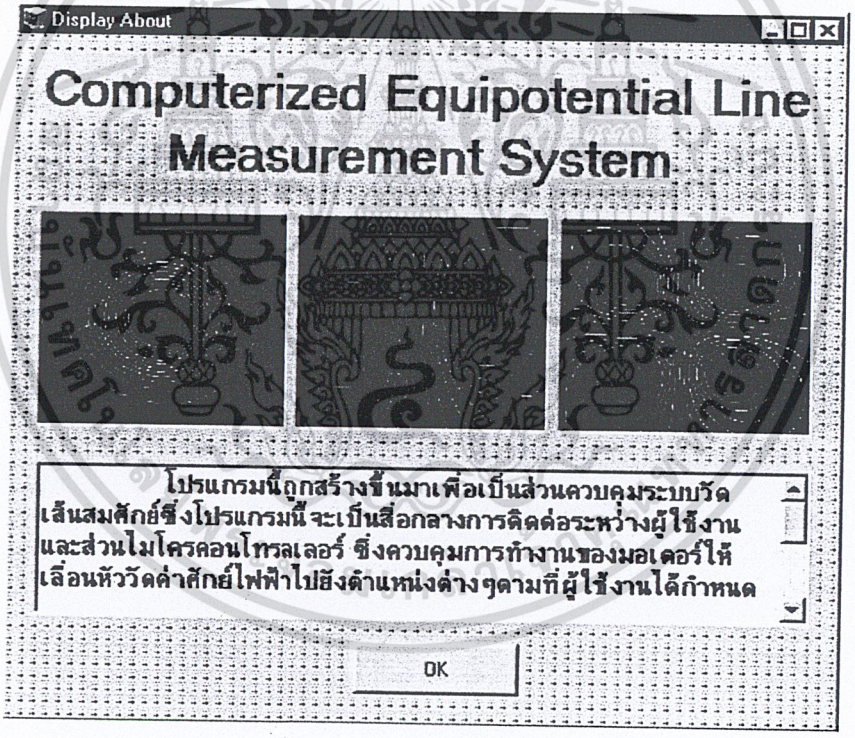
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Form Process จะแสดงถึงการทำงานในกระบวนการต่าง ๆ ว่าทำงานได้เป็นอย่างไร ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ฟอร์มแสดงกระบวนการทำงาน

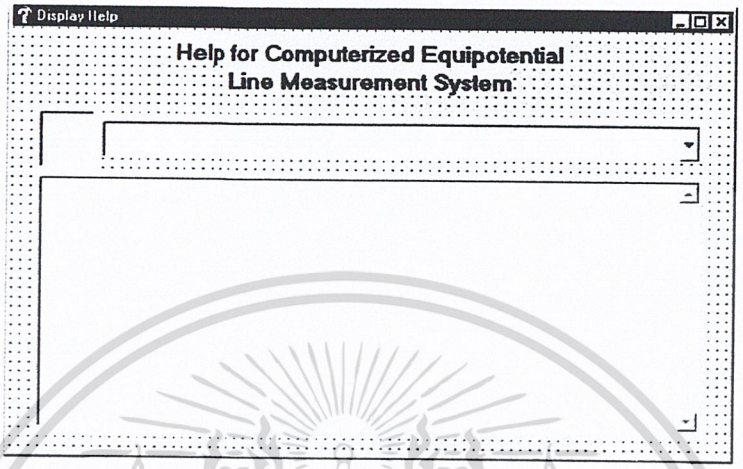
2.6 Form About Project จะแสดงคำอธิบายเกี่ยวกับโปรเจค ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ฟอร์มแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรเจค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Form Help จะแสดงถึงวิธีการใช้งาน EPL Project 1.0 ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ฟอร์มแสดงวิธีการใช้โปรแกรม

หากมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมก็สามารถอ่านคำอธิบายได้จากฟอร์ม Help ซึ่งได้อธิบายถึงขั้นตอนการใช้งานและฟังก์ชันการใช้งานต่าง ๆ ของโปรแกรมไว้เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสซ์โคดโปรแกรมภาษาวิชวลเบสิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม About Project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำฟอร์มให้หายไปเมื่ออ่านเข้าใจแล้ว
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
   displayAbout.Hide
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   Me.ZOrder
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
   Me.ZOrder
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Help Project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแป้นพิมพ์บน Combo Box
Private Sub Combo1_Change()
   Combo1.Text = Text2.Text
End Sub
'การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกดเมาส์บน Combo Box
Private Sub Combo1_Click()
On Error Resume Next
      Select Case Combo1
        Case "เริ่มต้นการใช้งาน"
           Text2.Text = Combo1.Text
           Picture1(0).ZOrder
           Text1.Text = "      การใช้งานเริ่มต้น เราต้องทราบก่อนว่า EPL Project 1.0 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ
1.ส่วนแสดงผลคือคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราเตรียมพร้อมการใช้งานไว้แล้ว 2.ส่วนควบคุมการทำงานคือชุดอุปกรณ์ไม
โครคอนโทรลเลอร์ เราต้องต่อสายอุปกรณ์เข้ากับคอมพิวเตอร์ให้เรียบร้อย ยังไม่ต้องเปิดสวิตซ์ 3.ส่วนชุดทดลอง
คือประกอบไปด้วยอ่างน้ำ มอเตอร์ และหัววัดศักย์ไฟฟ้า เราต้องจัดขั้วไฟฟ้าที่ต้องการวัดให้ได้ตำแหน่งตาม
ต้องการ ต่อสายไฟให้เรียบร้อย ใส่น้ำให้พอดีสูงกว่าขั้วไฟฟ้าเล็กน้อย สุดท้ายก็เปิดสวิตซ์ชุดไมโคร
คอนโทรลเลอร์ พร้อมที่จะทำการเก็บข้อมูลได้ตามต้องการ ส่วนที่เป็นโปรแกรมจะมีลักษณะการใช้งานที่ง่าย
เหมือนกับการใช้งานโปรแกรมทั่ว ๆ ไป โดยจะมี ToolBar และ MenuBar ช่วยในการใช้โปรแกรม"
        Case "การสแกนเพื่อเก็บข้อมูล (New Scan)"
           Text2.Text = Combo1.Text
           Picture1(15).ZOrder
           Text1.Text = "      การสแกนเพื่อเก็บข้อมูล เลือก New Scan จากนั้นก็ทำการใส่ขอบเขตในการสแกน
คือ Xmax(0-9 ซม.),Xmin(0-9 ซม.),Ymax(0-9 ซม.) และ Ymin(0-9 ซม.) โดยการลากเมาส์ หรือ เลือกจาก
Combo Box หรือ พิมพ์ค่าลงไปเองก็ได้ จากนั้นก็เลือกความละเอียดในการเก็บข้อมูล คือ ScaleX(ไม่น้อยกว่า 0.1
มม.) และ ScaleY(ไม่น้อยกว่า 0.1 มม.) แล้วทำการป้อนข้อความเกี่ยวกับการสแกน จากนั้นก็เลือก Scan Now
โปรแกรมก็จะทำการเก็บข้อมูลจนครบตามที่ต้องการแล้วจะแสดงผลออกมาหลังจากการสแกนเสร็จเป็นรูปเส้น
สมศักย์ และรูปการแบ่งระดับสี ในขณะสแกนสามารถหยุดสแกนชั่วคราวคือกดปุ่ม Hold หรือจะให้สแกนต่อก็
กดปุ่ม Continue หรือจะเลิกการสแกนก็กดปุ่ม Stop ขณะที่เก็บข้อมูลก็จะแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่เก็บมาได้ ตำแหน่ง
ที่เก็บ และเวลาที่เหลืออยู่ในการเก็บข้อมูล"
        Case "การเปิดข้อมูล (Open File)"
           Text2.Text = Combo1.Text
           Picture1(1).ZOrder
           Text1.Text = "      การเปิดข้อมูล เลือก Open File ก็จะใช้ในการดูข้อมูลที่เก็บไว้แล้ว โดยที่การเปิดข้อ
มูลจะมีให้เลือกดูข้อมูลอยู่ 4 แบบคือ 1.ข้อมูลที่ได้จากการสแกน EPL File (*.epl) 2.ข้อมูลที่เป็นรูปภาพ Picture
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

File (*.bmp, *.jpg, *.gif) 3.ข้อมูลที่เป็นรูปภาพ หรือ ข้อมูลจากการสแกน Support File (*.bmp, *.jpg, *.gif, *.epl) 4.ข้อมูลทุกชนิด All File แต่จะเปิดดูได้แต่ Support File เท่านั้น โดยในการเปิดข้อมูล(*.epl) จะแสดงผลออกมาใน ตารางแสดงผลข้อมูล(Display Table Data), หน้าต่างแสดงรูปเส้นสมศักย์(Display EPL) และ หน้าต่างแสดงรูปการแบ่งระดับสี(Display Surface) ส่วนข้อมูลที่เป็นรูปภาพ(*.bmp, *.jpg, *.gif) จะแสดงที่หน้าต่างของการดูรูป(Display Picture) เท่านั้น"

```
Case "การบันทึกข้อมูล (Save File)"
    Text2.Text = Combo1.Text
    Picture1(2).ZOrder
    Text1.Text = "
```

การบันทึกข้อมูล เลือก Save File ก็จะทำการบันทึกข้อมูล และรูปภาพ โดยโปรแกรมจะรู้เองว่าจะบันทึกข้อมูลเป็น ข้อมูลหรือรูปภาพ โดยโปรแกรมจะดูว่าตอนนี้ผู้ใช้เปิดใช้งานหน้าต่างใดอยู่ ก็จะทำการบันทึกหน้าต่างนั้นอัตโนมัติ โดยถ้าเป็นหน้าต่างตารางแสดงผลข้อมูล(Display Table Data) จะบันทึกเป็น EPL File กับ XLS File(Microsoft Excel) ที่เป็นชื่อเดียวกัน ส่วนหน้าต่างแสดงรูปเส้นสมศักย์(Display EPL), หน้าต่างแสดงรูปการแบ่งระดับสี(Display Surface) และหน้าต่างของการดูรูป(Display Picture) จะบันทึกเป็น BMP File"

```
Case "การพิมพ์ข้อมูลทางเครื่องพิมพ์ (Print File)"
    Text2.Text = Combo1.Text
    Picture1(3).ZOrder
    Text1.Text = "
```

การพิมพ์ข้อมูลทางเครื่องพิมพ์ เลือก Print File ก็จะทำการพิมพ์ข้อมูล และรูปภาพ โดยโปรแกรมจะรู้เองว่าจะพิมพ์ข้อมูลหรือรูปภาพ โดยโปรแกรมจะดูว่าตอนนี้ผู้ใช้เปิดใช้งานหน้าต่างใดอยู่ ก็จะทำการพิมพ์หน้าต่างนั้นอัตโนมัติออกทางเครื่องพิมพ์ โดยถ้าเป็นหน้าต่างตารางแสดงผลข้อมูล(Display Table Data) ก็จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการพิมพ์ เนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาได้มีจำนวนมาก ในการเปิดข้อมูลนั้นต้องทำการจัดข้อมูลก่อนโดยใช้ตัวคั่น (,) เป็นตัวแบ่งข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากข้อมูลที่บันทึกเป็นข้อมูลแบบ Text File ส่วนหน้าต่างแสดงรูปเส้นสมศักย์(Display EPL), หน้าต่างแสดงรูปการแบ่งระดับสี(Display Surface) และหน้าต่างของการดูรูป(Display Picture) จะพิมพ์เป็นรูปออกมาทางเครื่องพิมพ์ได้เลย"

```
Case "การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน (Display Table Data)"
    Text2.Text = Combo1.Text
    Picture1(4).ZOrder
    Text1.Text = "
```

การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน เลือก Display Table Data ก็จะแสดงตารางข้อมูลโดยมีตำแหน่งของการเก็บข้อมูลบอกไว้ รวมถึงวันที่สแกน เวลาสแกน ขอบเขตในการสแกน ความละเอียดในการสแกน และข้อความกำกับการสแกน(Name Scan)"

```
Case "การแสดงรูปของเส้นสมศักย์ (Display EPL)"
    Text2.Text = Combo1.Text
    Picture1(5).ZOrder
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Text1.Text = " การแสดงรูปของเส้นสมศักย์ เลือก Display EPL ก็จะแสดงรูปของเส้นสมศักย์ โดยในหน้าต่างดังกล่าวจะบอกถึงตำแหน่งของเมาส์ที่เคลื่อนที่ไปซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของการเก็บข้อมูล บอกถึงค่าศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับสีที่แสดงผล และสามารถเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์ได้ตามต้องการ"

Case "การแสดงรูปของการแบ่งระดับสี (Display Surface)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(6).ZOrder

Text1.Text = " การแสดงรูปของการแบ่งระดับสี เลือก Display Surface ก็จะแสดงรูปของการแบ่งระดับสี โดยในหน้าต่างดังกล่าวจะบอกถึงตำแหน่งของเมาส์ที่เคลื่อนที่ไปซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของการเก็บข้อมูล บอกถึงค่าศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับสีที่แสดงผล และสามารถเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์ได้ตามต้องการ"

Case "การปรับข้อมูลให้เรียบ (Smooth Data)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(7).ZOrder

Text1.Text = " การปรับข้อมูลให้เรียบ เลือก Smooth Data เป็นการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ทำให้ข้อมูลมีการเฉลี่ยทำให้ข้อมูลเรียบขึ้น"

Case "การขยายข้อมูล (Increase Data)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(8).ZOrder

Text1.Text = " การขยายข้อมูล เลือก Increase Data เป็นการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ทำให้ข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีระบบทำให้ข้อมูลมีมากขึ้น และข้อมูลข้อมูลเก่าก็ไม่เสียหายยังคงรักษารูปของเส้นสมศักย์และรูปของการแบ่งระดับสีไว้เหมือนเดิม"

Case "การขยายภาพให้ใหญ่ขึ้น (Zoom In)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(9).ZOrder

Text1.Text = " การขยายภาพให้ใหญ่ขึ้น เลือก Zoom In เป็นการขยายรูปให้มีขนาดใหญ่ขึ้น"

Case "การแสดงรูปขนาดเท่าเดิมหลังจากการขยาย/ย่อ (Default Zoom)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(10).ZOrder

Text1.Text = " การแสดงรูปขนาดเท่าเดิมหลังจากการขยาย/ย่อ เลือก Default Zoom เป็นการทำให้รูปมีขนาดเท่าเดิมก่อนที่มีการย่อหรือขยาย"

Case "การย่อภาพให้เล็กลง (Zoom Out)"

Text2.Text = Combo1.Text

Picture1(11).ZOrder

Text1.Text = " การย่อภาพให้เล็กลง เลือก Zoom Out เป็นการย่อรูปให้มีขนาดเล็กลง"

Case "การอธิบายเกี่ยวกับ EPL Project 1.0 (About Project)"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Text2.Text = Combo1.Text
            Picture1(12).ZOrder
            Text1.Text = "      การอธิบายเกี่ยวกับ EPL Project 1.0 เลือก About Project จะเป็นการอธิบายโดยย่อ
เกี่ยวกับ EPL Project 1.0"
        Case "วิธีใช้งาน EPL Project 1.0 (Help Project)"
            Text2.Text = Combo1.Text
            Picture1(13).ZOrder
            Text1.Text = "      วิธีใช้งาน EPL Project 1.0 เลือก Help Project จะเป็นการอธิบายวิธีใช้งานโปรแกรม
EPL Project 1.0 ไว้โดยละเอียด"
        Case "การจบการทำงาน EPL Project 1.0 (Exit Program)"
            Text2.Text = Combo1.Text
            Picture1(14).ZOrder
            Text1.Text = "      การจบการทำงาน EPL Project 1.0 เลือก Exit Program จะออกจากโปรแกรม EPL
Project 1.0 ข้อแนะนำก่อนออกจากโปรแกรมควรทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสแกนทุกครั้งเพื่อป้องกันข้อมูล
สูญหาย แต่ถ้าลืมบันทึกหรือเกิดการผิดพลาดบางประการเช่น ไฟฟ้าดับ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ขัดข้องไม่ทำงาน
ข้อมูลที่ได้จากการสแกนจะถูกบันทึกไว้แล้วที่ C:\BackupScan.epl และ C:\BackupScan.xls"
    End Select
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะที่ใดใช้งานอยู่
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
  Text2.Text = "เริ่มต้นการใช้งาน"
  Combo1.Text = Text2.Text
  Picture1(0).ZOrder
  Text1.Text = "      การใช้งานเริ่มต้น เราต้องทราบก่อนว่า EPL Project 1.0 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ 1.ส่วน
แสดงผลคือคอมพิวเตอร์  ซึ่งเราเตรียมพร้อมการใช้งานไว้แล้ว  2.ส่วนควบคุมการทำงานคือชุดอุปกรณ์ไมโคร
คอนโทรลเลอร์ เราต้องต่อสายอุปกรณ์เข้ากับคอมพิวเตอร์ให้เรียบร้อย ยังไม่ต้องเปิดสวิตซ์ 3.ส่วนชุดทดลองคือ
ประกอบไปด้วยอ่างน้ำ มอเตอร์ และหัววัดศักย์ไฟฟ้า เราต้องจัดขั้วไฟฟ้าที่ต้องการวัดให้ได้ตำแหน่งตามต้องการ
ต่อสายไฟให้เรียบร้อย ใส่น้ำให้พอดีสูงกว่าขั้วไฟฟ้าเล็กน้อย สุดท้ายก็เปิดสวิตซ์ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อม
ที่จะทำการเก็บข้อมูลได้ตามต้องการ"
  Text3.Text = Text1.Text
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม MDI EPL Project 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub MDIForm_Load()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.WindowState = 2
    menuSave.Enabled = False
    menuPrint.Enabled = False
    menuView.Enabled = False
    menuTool.Enabled = False
    menuWindow.Enabled = False
    menuPrintSetup.Enabled = False
    For i = 4 To 17 Step 1
      mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    displayAbout.Visible = True
    displayAbout.Command1.SetFocus
    displayAbout.Show
    displayAbout.ZOrder
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub MDIForm_UnIoad(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
  If MsgBox("Do you to Exit EPL Project ?", vbOKCancel + vbQuestion, "EPL Project") = vbOK Then
    displayScanData.MSComm1.Output = "x"
    End
  Else
    Cancel = 1
  End If
End Sub
'การทำงานของ Tool Bar
Private Sub mdiToolbar_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
On Error Resume Next
  Select Case Button.Index
    Case 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    displayScanData.Show
    displayScanData.ZOrder
Case 3
    Me.MousePointer = 11
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Open File"
    OpenFile
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Me.MousePointer = 0
Case 4
    Me.MousePointer = 11
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Save File"
    SaveFile
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Me.MousePointer = 0
Case 5
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Ptint File"
    PrintSelect
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
Case 7
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Data"
    ProcessPicture.Show
    ProcessPicture.ZOrder
    ProcessPicture.ProgressBar1.Max = 100
    ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
    ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Show Data Process"
    ProcessPicture.Label2 = "0%"
      Clear_TableText
      DataToScan2
   ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 25
   ProcessPicture.Label2 = "25%"
   ProcessPicture.ZOrder
     DisplayDataScan
   ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 50
   ProcessPicture.Label2 = "50%"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ProcessPicture.ZOrder
          DisplayData
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 75
        ProcessPicture.Label2 = "75%"
        ProcessPicture.ZOrder
          TableData
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 100
        ProcessPicture.Label2 = "100%"
        ProcessPicture.ZOrder
        ProcessPicture.Hide
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
        displayDataTable.ZOrder
    Case 8
        EPL
        EplZoom
        displayEPL.ZOrder
    Case 9
        Surface
        SurfaceZoom
        displaySurface.ZOrder
    Case 11
        Me.MousePointer = 11
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Smooth Process"
        Smooth
        Surface
        SurfaceZoom
        EPL
        EplZoom
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
        Me.MousePointer = 0
    Case 12
        Me.MousePointer = 11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Increase Process"
        Increase
        Surface
        SurfaceZoom
        EPL
        EplZoom
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
        Me.MousePointer = 0
    Case 14
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Zoom In"
        ZoomIn
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Case 15
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Default Picture"
        NotZoom
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Case 16
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Zoom Out"
        ZoomOut
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Case 18
        displayAbout.Show
        displayAbout.ZOrder
    Case 19
        displayHelp.Show
        displayHelp.ZOrder
    Case 21
        mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Exit Program"
        On Error Resume Next
        If MsgBox("Do you to Exit EPL Project ?", vbOKCancel + vbQuestion, "EPL Project") = vbOK Then
            displayScanData.MSComm1.Output = "x"
            End
        End If
End Select
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'การทำงานของเมนู About Project
Private Sub menuAboutProject_Click()
On Error Resume Next
   displayAbout.Show
   displayAbout.ZOrder
End Sub
'การทำงานของเมนู Display EPL
Private Sub menuEPL_Click()
On Error Resume Next
   EPL
   EplZoom
   displayEPL.ZOrder
End Sub
'การทำงานของเมนู Exit Program
Private Sub menuExit_Click()
On Error Resume Next
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Exit Program"
   If MsgBox("Do you to Exit EPL Project ?", vbOKCancel + vbQuestion, "EPL Project") = vbOK Then
      displayScanData.MSComm1.Output = "x"
      End
   End If
End Sub
'การทำงานของเมนู Increase
Private Sub menuIncrease_Click()
On Error Resume Next
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Increase Process"
   Increase
   Surface
   EPL
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
End Sub
'การทำงานของเมนู New Scan
Private Sub menuNewScan_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    On Error Resume Next
      displayScanData.Show
      displayScanData.ZOrder
    End Sub
    'การทำงานของเมนู Default Zoom
    Private Sub menuNotZoom_Click()
    On Error Resume Next
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Default Picture"
      NotZoom
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    End Sub
    'การทำงานของเมนู Open
    Private Sub menuOpen_Click()
    On Error Resume Next
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Open File"
      OpenFile
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    End Sub
    'การทำงานของเมนู Print
    Private Sub menuPrint_Click()
    On Error Resume Next
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Ptint File"
      PrintSelect
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    End Sub
    'การทำงานของเมนู Print Setup
    Private Sub menuPrintSetup_Click()
    On Error Resume Next
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Ptint Setup"
      PrintSetup
      mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    End Sub
    'การทำงานของเมนู Save
    Private Sub menuSave_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error Resume Next
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Save File"
   SaveFile
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
End Sub
'การทำงานของเมนู Smooth
Private Sub menuSmooth_Click()
On Error Resume Next
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Smooth Process"
   Smooth
   Surface
   EPL
   mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
End Sub
'การทำงานของเมนู Display Surface
Private Sub menuSurface_Click()
On Error Resume Next
   Surface
   SurfaceZoom
   displaySurface.ZOrder
End Sub
'การทำงานของเมนู Display Table Data
Private Sub menuTableData_Click()
On Error Resume Next
  mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Data"
       ProcessPicture.ProgressBar1.Max = 100
       ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
       ProcessPicture.Label2 = "0%"
         Clear_TableText
         DataToScan2
       ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 25
       ProcessPicture.Label2 = "25%"
       ProcessPicture.ZOrder
         DisplayDataScan
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 50
        ProcessPicture.Label2 = "50%"
        ProcessPicture.ZOrder
          DisplayData
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 75
        ProcessPicture.Label2 = "75%"
        ProcessPicture.ZOrder
          TableData
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 100
        ProcessPicture.Label2 = "100%"
        ProcessPicture.ZOrder
        ProcessPicture.Hide
        displayDataTable.Show
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
        displayDataTable.ZOrder
End Sub
'การทำงานของเมนู Help
Private Sub menuUsedHelp_Click()
On Error Resume Next
        displayHelp.Show
        displayHelp.ZOrder
End Sub
'การทำงานของเมนู Zoom In
Private Sub menuZoomIn_Click()
On Error Resume Next
  mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Zoom In"
  ZoomIn
  mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
End Sub
'การทำงานของเมนู Zoom Out
Private Sub menuZoomOut_Click()
On Error Resume Next
  mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Zoom Out"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ZoomOut
    mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Scan Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การกำหนดตัวแปร
Dim KeyD, KeyU, KeyL, KeyR As Boolean
Dim ComPortValue As Integer
Dim coppic As Boolean
Dim x00 As Integer
Dim y00 As Integer
Dim x0 As Integer
Dim y0 As Integer
Dim sx1, sy1, sy2, sx2 As Integer
Dim DataP1000, DataP100, DataP10, DataP1 As Integer
Dim DataP As Currency
Dim CountXY As Integer
Dim HHH As Boolean
Dim CCC As Boolean
Dim kxy As Long
Dim xy As Long
Dim lll As Long
Dim xxx1 As Long
Dim hh, mm, ss, tt2, hh1 As Integer
Dim xxx, yyy As Currency
Dim hun As Integer
Dim ax1 As Long
'ตรวจสอบการป้อนข้อมูลจากแป้นพิมพ์บน Combo Box
Private Sub Combo1_Change(Index As Integer)
On Error Resume Next
    If (Val(Combo1(1)) <> 0) And (Val(Combo1(2)) <> 0) Then
       CheckInput
       Combo1(1).SetFocus
    Else
       Command2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
    End Sub
    'ตรวจสอบการกดเมาส์บน Combo Box
    Private Sub Combo1_Click(Index As Integer)
    On Error Resume Next
       CheckInput
    End Sub
    'ปุ่มกดเพื่อยกเลิกการสแกน
    Private Sub Command1_Click()
    On Error Resume Next
       displayScanData.Hide
       Scan1.Visible = True
       Scan3.Visible = True
       Command3.Value = True
       For i = 2 To 3 Step 1
          mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
       Next i
       mdiProjectEPL.menuOpen.Enabled = True
       mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
       Scan1.ZOrder
    End Sub
    'ปุ่มกดเพื่อหยุดการสแกนชั่วขณะ
    Private Sub Command18_Click()
    On Error Resume Next
       Timer2.Enabled = False
       Command19.ZOrder
       HHH = True
       HHH1
    End Sub
    'ปุ่มกดเพื่อทำการสแกนต่อ
    Private Sub Command19_Click()
    On Error Resume Next
       Timer2.Enabled = True
       Command18.ZOrder
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    HHH = False
    CCC = True
    CCC1
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อเริ่มการสแกน
Private Sub Command2_Click()
On Error Resume Next
    Timer1.Enabled = True
    Scan1.Visible = False
    Scan3.ZOrder
    SetComPort
    DataToPort
    ax = ((Val(displayScanData.Combo1(4)) - Val(displayScanData.Combo1(3))) /
Val(displayScanData.Combo1(1)) * 10) + 1
    ay = ((Val(displayScanData.Combo1(6)) - Val(displayScanData.Combo1(5))) /
Val(displayScanData.Combo1(2)) * 10) + 1
    BackupAx = ax
    BackupAy = ay
    ax1 = ax
    xy = (ax * ay)
    E_Time1
    ProgressBar
    ReDim DataArray(ay, ax)
    ReDim DataInput(xy)
    ReDim DataGraph(ay, ax)
    ReDim DataPlot(xy)
    DataToScan
    Command18.SetFocus
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อ Reset ค่าต่าง ๆ
Private Sub Command3_Click()
On Error Resume Next
  Picture2.AutoRedraw = True
  Picture2.Cls
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For i = -1 To 8 Step 1
            Picture2.Line (i + 1, 0)-(9, 9), vbWhite, B
            Picture2.Line (0, i + 1)-(9, 9), vbWhite, B
            DoEvents
        Next i
    Picture2.AutoRedraw = False
    For i = 1 To 6 Step 1
        Combo1(i) = ""
    Next i
    Text26 = ""
    Text27 = ""
    Text28 = ""
    Text29 = ""
    Text30 = ""
    Text31 = ""
    Text32 = ""
    kxy = 0
    Option3.Value = True
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อยกเลิกการสแกนขณะที่ทำการสแกนอยู่
Private Sub Command6_Click()
On Error Resume Next
    MSComm1.Output = "x"
    Timer2.Enabled = False
    displayScanData.Hide
    Scan1.Visible = True
    Scan3.Visible = True
    Command3.Value = True
    For i = 2 To 3 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
    Next i
    mdiProjectEPL.menuOpen.Enabled = True
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    If Timer1.Enabled Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Timer1.Enabled = False
    End If
    Scan1.ZOrder
    SaveData
End Sub
'การทำงานขณะที่ฟอร์มถูกเปิดใช้
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "New Scan"
    For i = 2 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuOpen.Enabled = False
        Picture2.AutoRedraw = True
            For i = -1 To 8 Step 1
                Picture2.Line (i + 1, 0)-(9, 9), vbWhite, B
                Picture2.Line (0, i + 1)-(9, 9), vbWhite, B
            DoEvents
            Next i
        Picture2.AutoRedraw = False
    Nsquar = 0
    Ncircle = 0
    Option3.Value = True
End Sub
'การทำงานขณะที่ฟอร์มถูกเปิดใช้
Private Sub Form_Deactivate()
On Error Resume Next
    For i = 2 To 3 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
    Next i
    mdiProjectEPL.menuOpen.Enabled = True
End Sub
'การทำงานขณะที่ฟอร์มถูกเปิดใช้
Private Sub Form_Load()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error Resume Next
    Timer1.Enabled = False
    Command2.Enabled = False
    kxy = 0
End Sub
'การทำงานขณะที่ฟอร์มถูกเปิดใช้
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
    For i = 2 To 3 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
    Next i
    mdiProjectEPL.menuOpen.Enabled = True
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Exit Sub
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น
Private Sub Command13_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    If Not MSComm1.PortOpen Then
        MSComm1.PortOpen = True
    End If
    KeyU = True
    KeyUp
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น
Private Sub Command13_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    KeyU = False
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ทางซ้าย
Private Sub Command14_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    If Not MSComm1.PortOpen Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MSComm1.PortOpen = True
    End If
    KeyL = True
    KeyLeft
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ทางซ้าย
Private Sub Command14_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    KeyL = False
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ขวา
Private Sub Command15_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    If Not MSComm1.PortOpen Then
        MSComm1.PortOpen = True
    End If
    KeyR = True
    KeyRight
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ขวา
Private Sub Command15_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    KeyR = False
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ลง
Private Sub Command16_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    If Not MSComm1.PortOpen Then
        MSComm1.PortOpen = True
    End If
    KeyD = True
    KeyDown
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ลง
Private Sub Command16_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
   KeyD = False
   MSComm1.PortOpen = False
End Sub
'การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม
Private Sub MSComm1_OnComm()
On Error Resume Next
   If MSComm1.CommEvent Then
      If (kxy = 0) Then
         Timer2.Enabled = True
      End If
      DataIn = MSComm1.Input
      data = Asc(DataIn)
      kxy = kxy + 1
      DataPlot(kxy) = data
      data = (data / 255) * 5
      DataInput(kxy) = Str(data)
      Label7 = Format(data, "00.00")
      LocationXY
      ProgressBar
      CCC = False
        If kxy >= xy Then
           MSComm1.Output = "e"
           Timer2.Enabled = False
           MSComm1.PortOpen = False
           Label5 = "00:00:00"
           ProgressBar1.Value = 100
           displayScanData.Hide
           Scan1.Visible = True
           Scan3.Visible = True
           Command3.Value = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Scan1.ZOrder
            SaveData
        End If
    End If
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อเลือก Com3
Private Sub Option1_Click()
On Error Resume Next
    ComPortValue = 3
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อเลือก Com4
Private Sub Option2_Click()
On Error Resume Next
    ComPortValue = 4
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อเลือก Com1
Private Sub Option3_Click()
On Error Resume Next
    ComPortValue = 1
End Sub
'ปุ่มกดเพื่อเลือก Com2
Private Sub Option4_Click()
On Error Resume Next
    ComPortValue = 2
End Sub
'การทำงานขณะลากเมาส์
Private Sub Picture2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
  If coppic = True Then
    If (X <= 9) And (X >= 0) Then
      x00 = X
    End If
    If (Y <= 9) And (Y >= 0) Then
      y00 = Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
    Label2(1) = "X-axis = " & Format(X, "0")
    Label2(0) = "Y-axis = " & Format(Y, "0")
        Cop
    End If
    Label2(1) = "X-axis = " & Format(X, "0")
    Label2(0) = "Y-axis = " & Format(Y, "0")
End Sub
'การทำงานขณะลากเมาส์
Private Sub Picture2_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    coppic = True
    If (X <= 9) And (X >= 0) Then
        x0 = X
    End If
    If (Y <= 9) And (Y >= 0) Then
        y0 = Y
    End If
End Sub
'การทำงานขณะลากเมาส์
Private Sub Picture2_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    coppic = False
    Cut_Area
End Sub
'การสร้างกรอบที่ได้จากการลากเมาส์
Sub Cop()
On Error Resume Next
   Do
    Picture2.Refresh
    Picture2.Line (x0, y0)-(x00, y00), vbRed, B
    DoEvents
   Loop While coppic
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การสร้างกรอบที่ได้จากการลากเมาส์
Sub Cut_Area()
On Error Resume Next
   If x0 > x00 Then
      sx1 = x00
      sx2 = x0
   Else
      sx1 = x0
      sx2 = x00
   End If
   If y0 > y00 Then
      sy1 = y00
      sy2 = y0
   Else
      sy1 = y0
      sy2 = y00
   End If
   Picture2.AutoRedraw = True
   Picture2.Line (x0, y0)-(x00, y00), vbRed, B
   Picture2.AutoRedraw = False
   Combo1(3) = Format(sx1, "00.00")
   Combo1(4) = Format(sx2, "00.00")
   Combo1(5) = Format(sy1, "00.00")
   Combo1(6) = Format(sy2, "00.00")
End Sub
'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
Sub DataToPort()
On Error Resume Next
     MSComm1.Output = "s"

     For i = 1 To 2 Step 1
        DataP = Val(Combo1(i)) * 10
        CutDataTo_DB9
     DoEvents
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Next i

        For i = 3 To 6 Step 1
          DataP = Val(Combo1(i)) * 100
          CutDataTo_DB9
        DoEvents
        Next i
End Sub
'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
Sub CutDataTo_DB9()
On Error Resume Next
   DataP1000 = DataP \ 1000
   MSComm1.Output = CStr(DataP1000)
   DataP1000 = DataP Mod 1000
   DataP100 = DataP1000 \ 100
   MSComm1.Output = CStr(DataP100)
   DataP100 = DataP Mod 100
   DataP10 = DataP100 \ 10
   MSComm1.Output = CStr(DataP10)
   DataP1 = DataP100 Mod 10
   MSComm1.Output = CStr(DataP1)
End Sub
'แสดงการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
  If kxy <= 0 Then
     CountXY = CountXY + 1
     Scan3.Visible = True
    Text15(2) = "Y = " & Combo1(5) & " cm. And X = " & Combo1(3) & " cm."
    Scan3.ZOrder
      Select Case (CountXY Mod 2)
        Case 1
          Shape1.BackColor = vbRed
        Case 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Shape1.BackColor = vbBlue
            End Select
        Else
            Timer1.Enabled = False
            Scan3.Visible = False
            CountXY = 0
        End If
    End Sub
    'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
    Sub HHH1()
        On Error Resume Next
        Do
            MSComm1.Output = "h"
            DoEvents
        Loop While HHH
    End Sub
    'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
    Sub CCC1()
    On Error Resume Next
        Do
            MSComm1.Output = "c"
            DoEvents
        Loop While CCC
    End Sub
    'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
    Sub KeyDown()
    On Error Resume Next
        Do
        MSComm1.Output = "d"
        DoEvents
        Loop While KeyD
    End Sub
    'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
    Sub KeyUp()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error Resume Next
   Do
   MSComm1.Output = "u"
   DoEvents
   Loop While KeyU
End Sub
'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
Sub KeyRight()
On Error Resume Next
   Do
   MSComm1.Output = "r"
   DoEvents
   Loop While KeyR
End Sub
'การส่งข้อมูลให้พอร์ตอนุกรม
Sub KeyLeft()
On Error Resume Next
   Do
   MSComm1.Output = "l"
   DoEvents
   Loop While KeyL
End Sub
'การคำนวณเวลาที่ใช้ในการสแกน
Sub E_Time1()
Dim tY As Currency
Dim tX As Currency
Dim tYstep As Currency
On Error Resume Next
  tY = (Val(Combo1(6)) * 10) - (Val(Combo1(5)) * 10)
  tX = (Val(Combo1(4)) * 10) - (Val(Combo1(3)) * 10)
  tYstep = Val(Combo1(2))
  tt2 = ((1 + (tY / tYstep)) * 0.5 * tX) + (tY * 1)
  hh = tt2 \ 3600
  hh1 = tt2 Mod 3600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mm = hh1 \ 60
    ss = hh1 Mod 60
    ss = ss
    Label5 = Format(hh, "00") & ":" & Format(mm, "00") & ":" & Format(ss, "00")
  End Sub
  'การนับเวลาถอยหลัง
  Sub E_Time2()
  On Error Resume Next
    tt2 = tt2 - 1
    hh = tt2 \ 3600
    hh1 = tt2 Mod 3600
    mm = hh1 \ 60
    ss = hh1 Mod 60
    If (hh = 0) And (mm = 0) And (ss = 1) Then Timer2.Enabled = False
    Label5 = Format(hh, "00") & ":" & Format(mm, "00") & ":" & Format(ss, "00")
  End Sub
  'การแสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูล
  Sub LocationXY()
  On Error Resume Next
    lll = kxy
    If (lll Mod ax1) = 0 Then
      xxx1 = ax1
      yyy = (lll \ ax1)
    Else
      xxx1 = (lll Mod ax1)
      yyy = (lll \ ax1) + 1
    End If
    Select Case (yyy Mod 2)
      Case 1
        xxx = xxx1
      Case 0
        xxx = (ax1 - xxx1) + 1
  End Select
  xxx = Val(Combo1(3)) + ((xxx - 1) * ((Val(Combo1(1))) / 10))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    yyy = Val(Combo1(5)) + ((yyy - 1) * ((Val(Combo1(2))) / 10))
    Label3 = Format(yyy, "00.00") & " , " & Format(xxx, "00.00")
End Sub
'การแสดงกระบวนการทำงาน
Sub ProgressBar()
On Error Resume Next
    hun = (kxy / xy) * 100
    ProgressBar1.Value = hun
    Label9 = hun & "%"
End Sub
'การ Setup Port
Sub SetComPort()
On Error Resume Next
  Select Case ComPortValue
    Case 1
      MSComm1.CommPort = 1
    Case 2
      MSComm1.CommPort = 2
    Case 3
      MSComm1.CommPort = 3
    Case 4
      MSComm1.CommPort = 4
  End Select
  MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
  MSComm1.InputLen = 1
  MSComm1.RThreshold = 1
    If Not MSComm1.PortOpen Then
      MSComm1.PortOpen = True
    End If
End Sub
'การนับเวลาถอยหลังตามเวลาจริง
Private Sub Timer2_Timer()
On Error Resume Next
  E_Time2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'การตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามาจากผู้ใช้งาน
Sub CheckInput()
On Error Resume Next
  If (Combo1(1) = "" Or Combo1(2) = "" Or Combo1(3) = "" Or Combo1(4) = "" Or Combo1(5) = "" Or
Combo1(6) = "") Then
      Command2.Enabled = False
  ElseIf (CInt(Combo1(3)) > CInt(Combo1(4))) Then
    If MsgBox("Xmin > Xmax", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
  ElseIf (CInt(Combo1(5)) > CInt(Combo1(6))) Then
    If MsgBox("Ymin > Ymax", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
  ElseIf (Val(Combo1(1)) < 0.1) Then
    If MsgBox("Xscale < 0.1 mm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
ElseIf (Val(Combo1(2)) < 0.1) Then
    If MsgBox("Yscale < 0.1 mm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
  ElseIf (Val(Combo1(3)) < 0) Then
    If MsgBox("Xmin <  0 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
  ElseIf (Val(Combo1(4)) < 0) Then
    If MsgBox("Xmax <  0 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
    End If
ElseIf (Val(Combo1(5)) < 0) Then
    If MsgBox("Ymin < 0 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
      Command2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
    ElseIf (Val(Combo1(6)) < 0) Then
        If MsgBox("Ymax <  0 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
            Command2.Enabled = False
        End If
    ElseIf (Val(Combo1(3)) > 9) Then
        If MsgBox("Xmin >  9 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
            Command2.Enabled = False
        End If
    ElseIf (Val(Combo1(4)) > 9) Then
        If MsgBox("Xmax >  9 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
            Command2.Enabled = False
        End If
    ElseIf (Val(Combo1(5)) > 9) Then
        If MsgBox("Ymin >  9 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
            Command2.Enabled = False
        End If
    ElseIf (Val(Combo1(6)) > 9) Then
        If MsgBox("Ymax >  9 cm.", vbOKOnly + vbCritical, "Data Input Error") = vbOK Then
            Command2.Enabled = False
        End If
    Else
        Command2.Enabled = True
    End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Display Data Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Data"
   mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = False
   mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = False
   For i = 4 To 10 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
   Next i
   mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = True
   Select Case ValueD
      Case True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = True
         mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = True
      Case False
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = False
         mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = False
   End Select
   ValuePrint = 1
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Deactivate()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Data"
   mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = False
   mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = False
   For i = 4 To 10 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
   Next i
   mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    Select Case ValueD
      Case True
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = True
        mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = True
      Case False
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = False
    End Select
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
    ValueD = False
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(7).Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuTableData.Enabled = True
    For i = 4 To 17 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    ValueD = True
    Exit Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub HScroll1_Change()
On Error Resume Next
   DataTableHScroll
   TableData
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub VScroll1_Change()
On Error Resume Next
   DataTableVScroll
   TableData
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Display EPL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   ValueLine = False
   LineEPL = Text1 + 1
   If LineEPL <= 1 Then
      Text1 = ""
   Else
      NumberLine
   End If
   mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
   Me.Caption = "Display EPL - " & OpenName
   ValSlider = 1
   Slider1.Value = Min
   For i = 1 To 17 Step 1
      ASDF = i
      FGHJ
      CCCC(i) = ZXCV
   Next i
   Picture3.BackColor = CCCC(1)
   Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * 1 * 5 / 255
   Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * 2 * 5 / 255
   Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
   For i = 1 To 17 Step 1
      Picture2.Line (0, i - 1)-(50, i), CCCC(i), BF
   Next i
   ValueE = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การแสดงตำแหน่งเมาส์
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
   Label1 = "X = " & X
   Label2 = "Y = " & Y
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display EPL"
   mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = False
   mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = False
   For i = 4 To 17 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
   Next i
   mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuView.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = True
   Select Case ValueLine
      Case True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(11).Enabled = True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(12).Enabled = True
         mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = True
      Case False
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(11).Enabled = False
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(12).Enabled = False
         mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
   End Select
   Select Case ValueE
      Case True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = True
         mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case False
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = False
            mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = False
    End Select
    ValuePrint = 2
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Deactivate()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = False
    For i = 4 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    Select Case ValueE
        Case True
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = True
            mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = True
        Case False
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = False
            mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = False
    End Select
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(8).Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuEPL.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    For i = 4 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    ValueE = True
    Exit Sub
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub HScroll1_Change()
On Error Resume Next
    Select Case EplPicZOOM
        Case 1
            Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
        Case 2
            Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
    End Select
End Sub
'การทำงานของ Slider
Private Sub Slider1_Click()
On Error Resume Next
    Select Case ValSlider
        Case 1
            Picture3.BackColor = CCCC(Slider1.Value)
            Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * Slider1.Value * 5 / 255
            Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * (Slider1.Value + 1) * 5 / 255
            Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
        Case 2
            Picture3.BackColor = CLineEPL(Slider1.Value)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * Slider1.Value * 5 / 255
        Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * (Slider1.Value + 1) * 5 / 255
        Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
    End Select
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub VScroll1_Change()
On Error Resume Next
    Select Case EplPicZOOM
        Case 1
            Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
        Case 2
            Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
    End Select
End Sub
'การกำหนดสีพื้นฐานให้ Slider เพื่อบอกค่าของศักย์ไฟฟ้า
Sub FGHJ()
On Error Resume Next
    Select Case ASDF
            Case 1
                ZXCV = RGB(255, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 2
                ZXCV = RGB(200, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 3
                ZXCV = RGB(150, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 4
                ZXCV = RGB(100, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 5
                ZXCV = RGB(0, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Case 6
   ZXCV = RGB(0, 255, 255)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 7
   ZXCV = RGB(0, 255, 200)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 8
   ZXCV = RGB(0, 255, 150)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 9
   ZXCV = RGB(0, 255, 100)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 10
   ZXCV = RGB(0, 255, 50)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 11
   ZXCV = RGB(0, 255, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 12
   ZXCV = RGB(255, 255, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 13
   ZXCV = RGB(255, 200, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 14
   ZXCV = RGB(255, 150, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 15
   ZXCV = RGB(255, 100, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 16
   ZXCV = RGB(255, 50, 0)
   Picture3.BackColor = ZXCV
Case 17
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ZXCV = RGB(255, 0, 0)
            Picture3.BackColor = ZXCV
        End Select
    End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Display Surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของปุ่มเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   ValueLine = False
   LineEPL = Text1 + 1
   If LineEPL <= 1 Then
      Text1 = ""
   Else
      NumberLine
   End If
   mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Surface"
   mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = False
   mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = False
   For i = 4 To 17 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
   Next i
   mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuView.Enabled = True
   mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = True
   Select Case ValueLine
      Case True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(11).Enabled = True
         mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(12).Enabled = True
         mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = True
      Case False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(11).Enabled = False
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(12).Enabled = False
            mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
        End Select
        Select Case ValueS
            Case True
                mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = True
                mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = True
            Case False
                mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = False
                mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = False
        End Select
        ValuePrint = 3
    End Sub
    'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
    Private Sub Form_Deactivate()
    On Error Resume Next
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = False
        For i = 4 To 17 Step 1
            mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
        Next i
        mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
        mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
        Select Case ValueS
            Case True
                mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = True
                mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = True
            Case False
                mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = False
    End Select
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
    Me.Caption = "Display Surface - " & OpenName
    Slider1.Value = Min
    For i = 1 To 17 Step 1
        ASDF = i
        FGHJ
        CCCC(i) = ZXCV
    Next i
    Picture3.BackColor = CCCC(1)
    Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * 1 * 5 / 255
    Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * 2 * 5 / 255
    Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
    For i = 1 To 17 Step 1
        Picture2.Line (0, i - 1)-(50, i), CCCC(i), BF
    Next i
    ValueS = False
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(9).Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuSurface.Enabled = True
    For i = 4 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mdiProjectEPL.menuTool.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    ValueS = True
    Exit Sub
End Sub
'การแสดงตำแหน่งของเมาส์
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
On Error Resume Next
    Label1 = "X = " & X
    Label2 = "Y = " & Y
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub HScroll1_Change()
On Error Resume Next
    Select Case SurfacePicZOOM
        Case 1
            Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
        Case 2
            Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
    End Select
End Sub
'การทำงานของ Slider
Private Sub Slider1_Click()
On Error Resume Next
        Select Case ValSlider
        Case 1
            Picture3.BackColor = CCCC(Slider1.Value)
            Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * Slider1.Value * 5 / 255
            Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / 17 * (Slider1.Value + 1) * 5 / 255
            Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
        Case 2
            Picture3.BackColor = CLineEPL(Slider1.Value)
            Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * Slider1.Value * 5 / 255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * (Slider1.Value + 1) * 5 / 255
        Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
    End Select
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub VScroll1_Change()
On Error Resume Next
    Select Case SurfacePicZOOM
        Case 1
            Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
        Case 2
            Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
    End Select
End Sub
'การกำหนดสีพื้นฐานให้ Slider เพื่อแสดงค่าศักย์ไฟฟ้า
Sub FGHJ()
On Error Resume Next
    Select Case ASDF
            Case 1
                ZXCV = RGB(255, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 2
                ZXCV = RGB(200, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 3
                ZXCV = RGB(150, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 4
                ZXCV = RGB(100, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 5
                ZXCV = RGB(0, 0, 255)
                Picture3.BackColor = ZXCV
            Case 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ZXCV = RGB(0, 255, 255)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 7
    ZXCV = RGB(0, 255, 200)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 8
    ZXCV = RGB(0, 255, 150)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 9
    ZXCV = RGB(0, 255, 100)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 10
    ZXCV = RGB(0, 255, 50)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 11
    ZXCV = RGB(0, 255, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 12
    ZXCV = RGB(255, 255, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 13
    ZXCV = RGB(255, 200, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 14
    ZXCV = RGB(255, 150, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 15
    ZXCV = RGB(255, 100, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 16
    ZXCV = RGB(255, 50, 0)
    Picture3.BackColor = ZXCV
Case 17
    ZXCV = RGB(255, 0, 0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Picture3.BackColor = ZXCV
        End Select
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Display Picture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของฟอร์มขณะที่เปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
   Me.Caption = "Display Open Picture - " & OpenName
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub HScroll1_Change()
On Error Resume Next
   Select Case OpenPicZoom
      Case 1
         Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
      Case 2
         Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
   End Select
End Sub
'การทำงานของ Scroll Bar
Private Sub VScroll1_Change()
On Error Resume Next
   Select Case OpenPicZoom
      Case 1
         Picture1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
      Case 2
         Image1.Move -HScroll1.Value, -VScroll1.Value
   End Select
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะที่เปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Display Picture form Open File"
   For i = 4 To 5 Step 1
      mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
   Next i
   For i = 14 To 17 Step 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = True
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = True
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = True
    ValuePrint = 4
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะที่เปิดใช้งาน
Private Sub Form_Deactivate()
On Error Resume Next
    For i = 4 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuView.Enabled = False
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะที่เปิดใช้งาน
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
    For i = 4 To 17 Step 1
        mdiProjectEPL.mdiToolbar.Buttons(i).Enabled = False
    Next i
    mdiProjectEPL.menuSave.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrint.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuPrintSetup.Enabled = False
    mdiProjectEPL.menuWindow.Enabled = False
    mdiProjectEPL.mdiStatusBar.Panels(1) = "Status : " & "Done"
    Exit Sub
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์ม Process Picture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
   Me.ZOrder
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
   Me.ZOrder
   ProgressBar1.Max = 100
   ProgressBar1.Min = 0
End Sub
'การทำงานของฟอร์มขณะเปิดใช้งาน
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
On Error Resume Next
   Exit Sub
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูล EPL Project 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การกำหนดตัวแปร
Public ValueLine As Boolean
Public ValueE As Boolean
Public ValueS As Boolean
Public ValueD As Boolean
Public BackupAx As Long
Public BackupAy As Long
Public Vslider1 As Currency
Public Vslider2 As Currency
Public ValSlider As Integer
Public ASDF As Integer
Public ZXCV As String
Public CCCC(1 To 17) As String
Public CLineEPL() As String
Public RvbLineEPL() As String
Public RbgLineEPL() As String
Public RgrLineEPL() As String
Public LineEPL As Integer
Public RLineEPL1 As Integer
Public RLineEPL2 As Integer
Public Rvb As Integer
Public Rbg As Integer
Public Rgr As Integer
Public Rvb1 As Integer
Public Rbg1 As Integer
Public Rgr1 As Integer
Public DataEPL As Integer
Public r As Long
Public Const CV = 16711935
Public Const CB = 16711680
Public Const CG = 65280
Public Const CR = 255
Public OpenPicZoom As Integer
Public EplPicZOOM As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Const CG = 65280
Public Const CR = 255
Public OpenPicZoom As Integer
Public EplPicZOOM As Integer
Public SurfacePicZOOM As Integer
Public IncData1() As Integer
Public IncData2() As Integer
Public IncData3() As Integer
Public IncX1 As Long
Public IncY1 As Long
Public IncX2 As Long
Public IncY2 As Long
Public IncX3 As Long
Public IncY3 As Long
Public Data1 As String
Public Data2 As String
Public Sdata(8) As Integer
Public yy As Long
Public xx As Long
Public DataIn As String
Public DataNew As String
Public OpenName, SaveName, CaseFile, PictureName As String
Public ValuePrint As Long
Public ValueV(10) As Long
Public ValueH(10) As Long
Public HLocate(10) As Variant
Public VLocate(10) As Variant
Public Hax As Long
Public Vay As Long
Public BinaryName As String
Public CountByte As Long
Public DataInput() As String
Public DataPlot() As Currency
Public DataByte As Byte
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public data, NumBinary As Currency
Public ax As Long
Public ay As Long
Public ay01 As Integer
Public ay02 As Integer
Public ax02 As Integer
Public ax01 As Integer
Public ay03 As Integer
Public ax03 As Integer
Public ValueMaxMin As Integer
Public Vmax As Integer
Public Vmin As Integer
Public Vmax1 As Integer
Public Vmin1 As Integer
Public i As Long
Public j As Long
Public ii As Long
Public jj As Long
Public iii As Long
Public jjj As Long
Public DataGraph(), DataArray() As String
Public DataAsc As Long
Public modxy As Long
Public DataColour As Long
Public c As Long
Public b As Long
Public a As Long
Public d As Long
Private Type NameOfData
   DataStepX As String * 5
   DataStepY As String * 5
   DataXmin As String * 5
   DataXmax As String * 5
   DataYmin As String * 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    DataYmax As String * 5
    DataDate As String * 10
    DataTime As String * 8
    DataNameScan As String * 30
End Type
Public DataScan As NameOfData
Public BackupScan(78), BackupScan1 As String
'การเปิดข้อมูลจาก Dialog Box
Sub OpenFile()
On Error Resume Next
    With mdiProjectEPL.mdiCommonDialog
      .CancelError = True
      .DialogTitle = "Open"
      .FileName = ""
      .Filter = "Support File|*.epl;*.bmp;*.gif;*.jpg;|EPL File|*.epl;|Picture File|*.bmp;*.gif;*.jpg;|ALL File|*.*"
      .ShowOpen
        If Err.Number = 32755 Then
          Exit Sub
        End If
      OpenName = .FileName
    End With
    CaseFile = Right$(OpenName, 3)
    Select Case CaseFile
      Case "epl"
        ProcessPicture.Show
        ProcessPicture.ZOrder
        ProcessPicture.ProgressBar1.Max = 100
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPictureProcessPicture.Caption = "EPL Project - Open Data Process"
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 40
        ProcessPicture.Label2 = "40%"
        ProcessPicture.ZOrder
        BinaryName = OpenName
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OpenBinary
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 100
    ProcessPicture.Label2 = "100%"
    ProcessPicture.ZOrder
    Smooth
    Smooth
    Do While True
      If (ax * 2) < 400 Then
        Increase
      Else
        Exit Do
      End If
    Loop
    Do While True
      If (ay * 2) < 400 Then
        Increase
      Else
        Exit Do
      End If
    Loop
    Surface
    EPL
    ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
    ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
    ProcessPicture.Label2 = "0%"
  Case "gif"
    PictureName = OpenName
    OpenPicture
    displayPicture.Show
  Case "bmp"
    PictureName = OpenName
    OpenPicture
    displayPicture.Show
  Case "jpg"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PictureName = OpenName
        OpenPicture
        displayPicture.Show
      Case Else
        MsgBox "EPL File, BMP File, GIF File or JPG File", vbOKOnly, "Open File Error"
    End Select
End Sub
'การเปิดข้อมูลจาก Binary File
Sub OpenBinary()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    Open BinaryName For Binary As #1
    CountByte = LOF(1)
      ReDim DataPlot(CountByte - 151)
      For iii = 1 To (CountByte - 151) Step 1
        Get #1, iii, DataByte
        DataPlot(iii) = CInt(DataByte)
        MaxMin
      DoEvents
      Next iii
      Get #1, (CountByte - 150), DataByte
      ax01 = CInt(DataByte)
      Get #1, (CountByte - 149), DataByte
      ax02 = CInt(DataByte)
      Get #1, (CountByte - 148), DataByte
      ax03 = CInt(DataByte)
      ax = (ax01 * 1000) + (ax02 * 100) + ax03
      BackupAx = ax
      Get #1, (CountByte - 147), DataByte
      ay01 = CInt(DataByte)
      Get #1, (CountByte - 146), DataByte
      ay02 = CInt(DataByte)
      Get #1, (CountByte - 145), DataByte
      ay03 = CInt(DataByte)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ay = (ay01 * 1000) + (ay02 * 100) + ay03
    BackupAy = ay
    For iii = 1 To 78 Step 1
      Get #1, (CountByte - 145 + iii), DataByte
      DataAsc = CInt(DataByte)
      BackupScan(iii) = Chr(DataAsc)
    DoEvents
    Next iii
  Close #1
  DataToArrayDatagraph
  ValueLine = True
  mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การบันทึกข้อมูล Binary File
Sub SaveBinary()
On Error Resume Next
  mdiProjectEPL.MousePointer = 11
  Open BinaryName For Binary As #1
    For iii = 1 To (BackupAx * BackupAy) Step 1
      DataByte = CByte(DataPlot(iii))
      Put #1, iii, DataByte
    DoEvents
    Next iii
    ax01 = BackupAx \ 1000
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 1), CByte(ax01)
    ax02 = (BackupAx Mod 1000) \ 100
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 2), CByte(ax02)
    ax03 = (BackupAx Mod 1000 Mod 100)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 3), CByte(ax03)
    ay01 = BackupAy \ 1000
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 4), CByte(ay01)
    ay02 = (BackupAy Mod 1000) \ 100
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 5), CByte(ay02)
    ay03 = (BackupAy Mod 1000 Mod 100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 6), CByte(ay03)
For iii = 1 To 30 Step 1
   DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataNameScan), iii, 1))
   DataByte = CByte(DataAsc)
   Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 6 + iii), DataByte
DoEvents
Next iii
For iii = 1 To 10 Step 1
   DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataDate), iii, 1))
   DataByte = CByte(DataAsc)
   Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 36 + iii), DataByte
DoEvents
Next iii
For iii = 1 To 8 Step 1
   DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataTime), iii, 1))
   DataByte = CByte(DataAsc)
   Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 46 + iii), DataByte
DoEvents
Next iii
For iii = 1 To 5 Step 1
   DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataStepX), iii, 1))
   DataByte = CByte(DataAsc)
   Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 54 + iii), DataByte
DoEvents
Next iii
For iii = 1 To 5 Step 1
    DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataStepY), iii, 1))
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 59 + iii), DataByte
DoEvents
Next iii
For iii = 1 To 5 Step 1
   DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataXmin), iii, 1))
   DataByte = CByte(DataAsc)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 64 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
  For iii = 1 To 5 Step 1
    DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataXmax), iii, 1))
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 69 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
  For iii = 1 To 5 Step 1
    DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataYmin), iii, 1))
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 74 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
  For iii = 1 To 5 Step 1
    DataAsc = Asc(Mid$((DataScan.DataYmax), iii, 1))
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 79 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
  For iii = 1 To 31 Step 1
    DataAsc = Asc("1")
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 84 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
  For iii = 1 To 41 Step 1
    DataAsc = Asc("1")
    DataByte = CByte(DataAsc)
    Put #1, ((BackupAx * BackupAy) + 110 + iii), DataByte
  DoEvents
  Next iii
Close #1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
    SaveText
End Sub
'การเปิดรูปภาพจากแฟ้มข้อมูล
Sub OpenPicture()
On Error Resume Next
    OpenPicZoom = 1
    OpenZoom
End Sub
'การขยายรูปที่ได้จากการเปิดแฟ้มข้อมูล
Sub OpenZoom()
On Error Resume Next
    displayPicture.Picture1.Picture = LoadPicture(PictureName)
    displayPicture.Image1.Picture = displayPicture.Picture1.Picture
    displayPicture.Image1.Width = displayPicture.Picture1.Width
    displayPicture.Image1.Height = displayPicture.Picture1.Height
    displayPicture.Image1.Visible = False
    If displayPicture.Picture1.Width > displayPicture.Picture2.Width Then
        displayPicture.HScroll1.Visible = True
        displayPicture.HScroll1.Max = displayPicture.Picture1.Width - displayPicture.Picture2.Width
    Else
        displayPicture.HScroll1.Visible = False
    End If
    If displayPicture.Picture1.Height > displayPicture.Picture2.Height Then
        displayPicture.VScroll1.Visible = True
        displayPicture.VScroll1.Max = displayPicture.Picture1.Height - displayPicture.Picture2.Height
    Else
        displayPicture.VScroll1.Visible = False
    End If
End Sub
'การขยายรูปเส้นสมศักย์
Sub EplZoom()
On Error Resume Next
    EplPicZOOM = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    displayEPL.Image1.Picture = displayEPL.Picture1.Image
    displayEPL.Image1.Width = displayEPL.Picture1.Width
    displayEPL.Image1.Height = displayEPL.Picture1.Height
    displayEPL.Image1.Visible = False
    If displayEPL.Picture1.Width > displayEPL.Picture4.Width Then
       displayEPL.HScroll1.Visible = True
       displayEPL.HScroll1.Max = displayEPL.Picture1.Width - displayEPL.Picture4.Width
    Else
       displayEPL.HScroll1.Visible = False
    End If
    If displayEPL.Picture1.Height > displayEPL.Picture4.Height Then
       displayEPL.VScroll1.Visible = True
       displayEPL.VScroll1.Max = displayEPL.Picture1.Height - displayEPL.Picture4.Height
    Else
       displayEPL.VScroll1.Visible = False
    End If
End Sub
'การขยายรูปจากเส้นแบ่งระดับสี
Sub SurfaceZoom()
On Error Resume Next
    SurfacePicZOOM = 1
    displaySurface.Image1.Picture = displaySurface.Picture1.Image
    displaySurface.Image1.Width = displaySurface.Picture1.Width
    displaySurface.Image1.Height = displaySurface.Picture1.Height
    displaySurface.Image1.Visible = False
    If displaySurface.Picture1.Width > displaySurface.Picture4.Width Then
       displaySurface.HScroll1.Visible = True
       displaySurface.HScroll1.Max = displaySurface.Picture1.Width - displaySurface.Picture4.Width
    Else
       displaySurface.HScroll1.Visible = False
    End If
    If displaySurface.Picture1.Height > displaySurface.Picture4.Height Then
       displaySurface.VScroll1.Visible = True
       displaySurface.VScroll1.Max = displaySurface.Picture1.Height - displaySurface.Picture4.Height
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Else
      displaySurface.VScroll1.Visible = False
    End If
  End Sub
  'การหาค่ามากที่สุดและค่ามากที่สุดจากข้อมูลที่ได้จากการสแกน
  Sub MaxMin()
  On Error Resume Next
    ValueMaxMin = DataPlot(iii)
    If ValueMaxMin > Vmax Then
      Vmax = ValueMaxMin
      Vmax1 = Vmax
      If Vmax >= 255 Then
        Vmax = 255
      End If
    ElseIf ValueMaxMin < Vmin Then
      Vmin = ValueMaxMin
      Vmin1 = Vmin
    End If
  End Sub
  'การหาค่ามากที่สุดและค่ามากที่สุดจากข้อมูลที่ได้จากการสแกน
  Sub MaxMin2()
  On Error Resume Next
    ValueMaxMin = CInt(DataGraph(j, i))
    If ValueMaxMin > Vmax Then
      Vmax = ValueMaxMin
      If Vmax >= 255 Then
        Vmax = 255
      End If
    ElseIf ValueMaxMin < Vmin Then
      Vmin = ValueMaxMin
    End If
  End Sub
  'การหาค่ามากที่สุดและค่ามากที่สุดจากข้อมูลที่ได้จากการสแกน
  Sub MaxMin3()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error Resume Next
   ValueMaxMin = Sdata(8)
   If ValueMaxMin > Vmax Then
      Vmax = ValueMaxMin
      If Vmax >= 255 Then
         Vmax = 255
      End If
   ElseIf ValueMaxMin < Vmin Then
      Vmin = ValueMaxMin
   End If
End Sub
'การจัดเรียงข้อมูลเข้าตามตำแหน่งที่ได้จากการสแกน
Sub DataToArrayDatagraph()
On Error Resume Next
   ReDim DataGraph(ay, ax)
   ReDim DataArray(ay, ax)
   For jj = 1 To ay Step 1
      Select Case (jj Mod 2)
         Case 1
            For ii = 1 To ax Step 1
               modxy = ((ax * jj) + (ii - ax))
               DataGraph(jj, ii) = DataPlot(modxy)
               NumBinary = CInt(DataPlot(modxy))
               NumBinary = (NumBinary / 255) * 5
               DataArray(jj, ii) = CStr(NumBinary)
            DoEvents
            Next ii
         Case 0
            For ii = 1 To ax Step 1
               modxy = ((ax * jj) - (ii - 1))
               DataGraph(jj, ii) = DataPlot(modxy)
               NumBinary = CInt(DataPlot(modxy))
               NumBinary = (NumBinary / 255) * 5
               DataArray(jj, ii) = CStr(NumBinary)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            DoEvents
            Next ii
        End Select
    Next jj
    DataTo255
End Sub
'การขยายข้อมูลให้อยู่ในช่วง 0-255
Sub DataTo255()
On Error Resume Next
    c = Vmax - Vmin
    For j = 1 To ay
        For i = 1 To ax
            DataNew = DataGraph(j, i)
            b = CInt(DataNew)
            d = (255 / c) * (b - Vmin)
            DataGraph(j, i) = CStr(d)
        DoEvents
        Next i
    Next j
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DisplayData()
On Error Resume Next
    If (BackupAx < 8) And (BackupAy < 10) Then
        displayDataTable.HScroll1.Enabled = False
        displayDataTable.VScroll1.Enabled = False
        DisplayData2
    ElseIf (BackupAx < 8) Then
        displayDataTable.HScroll1.Enabled = False
        displayDataTable.VScroll1.Enabled = True
        For i = 1 To BackupAx Step 1
            displayDataTable.Text13(i) = i
        DoEvents
        Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For j = 1 To 10 Step 1
            displayDataTable.Text14(j) = j
        DoEvents
        Next j
        DisplayData3
    ElseIf (BackupAy < 10) Then
        displayDataTable.VScroll1.Enabled = False
        displayDataTable.HScroll1.Enabled = True
        For i = 1 To 8 Step 1
            displayDataTable.Text13(i) = i
        DoEvents
        Next i
        For j = 1 To BackupAy Step 1
            displayDataTable.Text14(j) = j
        DoEvents
        Next j
        DisplayData4
    Else
        displayDataTable.HScroll1.Enabled = True
        displayDataTable.VScroll1.Enabled = True
        displayDataTable.VScroll1.Min = 10
        displayDataTable.HScroll1.Min = 8
        For i = 1 To 8 Step 1
            displayDataTable.Text13(i) = i
        DoEvents
        Next i
        For j = 1 To 10 Step 1
            displayDataTable.Text14(j) = j
        DoEvents
        Next j
        DisplayData1
    End If
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub DisplayData1()
On Error Resume Next
  Hax = BackupAx
  Vay = BackupAy
  If BackupAx < 8 Then
    displayDataTable.HScroll1.Min = BackupAx
    displayDataTable.HScroll1.Max = BackupAx
      For i = 1 To BackupAx Step 1
        ValueH(i) = i
        HLocate(i) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(i) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
        displayDataTable.Text13(i) = Format(CStr(HLocate(i)), "00.00")
      DoEvents
      Next i
  Else
    displayDataTable.HScroll1.Min = 8
    displayDataTable.HScroll1.Max = Hax
      For i = 1 To 8 Step 1
        ValueH(i) = i
        HLocate(i) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(i) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
        displayDataTable.Text13(i) = Format(CStr(HLocate(i)), "00.00")
      DoEvents
      Next i
  End If
  If BackupAy < 10 Then
    displayDataTable.VScroll1.Min = BackupAy
    displayDataTable.VScroll1.Max = BackupAy
      For j = 1 To BackupAy Step 1
        ValueV(j) = j
        VLocate(j) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(j) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
        displayDataTable.Text14(j) = Format(CStr(VLocate(j)), "00.00")
      DoEvents
      Next j
  Else
    displayDataTable.VScroll1.Min = 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    displayDataTable.VScroll1.Max = Vay
      For j = 1 To 10 Step 1
        ValueV(j) = j
        VLocate(j) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(j) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
        displayDataTable.Text14(j) = Format(CStr(VLocate(j)), "00.00")
      DoEvents
      Next j
  End If
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DisplayData2()
On Error Resume Next
  For i = 1 To BackupAx Step 1
    ValueH(i) = i
    HLocate(i) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(i) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(i) = Format(CStr(HLocate(i)), "00.00")
  DoEvents
  Next i
  For j = 1 To BackupAy Step 1
    ValueV(j) = j
    VLocate(j) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(j) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(j) = Format(CStr(VLocate(j)), "00.00")
  DoEvents
  Next j
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DisplayData3()
On Error Resume Next
  Vay = BackupAy
  Hax = BackupAx
  displayDataTable.VScroll1.Min = 10
  displayDataTable.VScroll1.Max = Vay
  For i = 1 To Hax Step 1
    ValueH(i) = i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        HLocate(i) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(i) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
        displayDataTable.Text13(i) = Format(CStr(HLocate(i)), "00.00")
    DoEvents
    Next i
    For j = 1 To 10 Step 1
        ValueV(j) = j
        VLocate(j) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(j) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
        displayDataTable.Text14(j) = Format(CStr(VLocate(j)), "00.00")
    DoEvents
    Next j
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DisplayData4()
On Error Resume Next
    Hax = BackupAx
    Vay = BackupAy
    displayDataTable.HScroll1.Min = 8
    displayDataTable.HScroll1.Max = Hax
    displayDataTable.VScroll1.Enabled = False
    For i = 1 To 8 Step 1
        ValueH(i) = i
        HLocate(i) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(i) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
        displayDataTable.Text13(i) = Format(CStr(HLocate(i)), "00.00")
    DoEvents
    Next i
    For j = 1 To Vay Step 1
        ValueV(j) = j
        VLocate(j) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(j) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
        displayDataTable.Text14(j) = Format(CStr(VLocate(j)), "00.00")
    DoEvents
    Next j
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub TableData()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error Resume Next
  mdiProjectEPL.MousePointer = 11
  displayDataTable.Text3(1) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(1)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(2) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(2)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(3) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(3)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(4) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(4)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(5) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(5)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(6) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(6)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(7) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(7)), "00.00")
  displayDataTable.Text3(8) = Format(DataArray(ValueV(1), ValueH(8)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(1) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(1)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(2) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(2)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(3) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(3)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(4) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(4)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(5) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(5)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(6) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(6)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(7) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(7)), "00.00")
  displayDataTable.Text4(8) = Format(DataArray(ValueV(2), ValueH(8)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(1) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(1)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(2) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(2)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(3) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(3)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(4) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(4)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(5) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(5)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(6) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(6)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(7) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(7)), "00.00")
  displayDataTable.Text5(8) = Format(DataArray(ValueV(3), ValueH(8)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(1) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(1)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(2) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(2)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(3) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(3)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(4) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(4)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(5) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(5)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(6) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(6)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(7) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(7)), "00.00")
  displayDataTable.Text6(8) = Format(DataArray(ValueV(4), ValueH(8)), "00.00")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
displayDataTable.Text7(1) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(1)), "00.00")
displayDataTable.Text7(2) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(2)), "00.00")
displayDataTable.Text7(3) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(3)), "00.00")
displayDataTable.Text7(4) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(4)), "00.00")
displayDataTable.Text7(5) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(5)), "00.00")
displayDataTable.Text7(6) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(6)), "00.00")
displayDataTable.Text7(7) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(7)), "00.00")
displayDataTable.Text7(8) = Format(DataArray(ValueV(5), ValueH(8)), "00.00")
displayDataTable.Text8(1) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(1)), "00.00")
displayDataTable.Text8(2) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(2)), "00.00")
displayDataTable.Text8(3) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(3)), "00.00")
displayDataTable.Text8(4) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(4)), "00.00")
displayDataTable.Text8(5) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(5)), "00.00")
displayDataTable.Text8(6) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(6)), "00.00")
displayDataTable.Text8(7) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(7)), "00.00")
displayDataTable.Text8(8) = Format(DataArray(ValueV(6), ValueH(8)), "00.00")
displayDataTable.Text9(1) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(1)), "00.00")
displayDataTable.Text9(2) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(2)), "00.00")
displayDataTable.Text9(3) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(3)), "00.00")
displayDataTable.Text9(4) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(4)), "00.00")
displayDataTable.Text9(5) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(5)), "00.00")
displayDataTable.Text9(6) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(6)), "00.00")
displayDataTable.Text9(7) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(7)), "00.00")
displayDataTable.Text9(8) = Format(DataArray(ValueV(7), ValueH(8)), "00.00")
displayDataTable.Text10(1) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(1)), "00.00")
displayDataTable.Text10(2) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(2)), "00.00")
displayDataTable.Text10(3) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(3)), "00.00")
displayDataTable.Text10(4) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(4)), "00.00")
displayDataTable.Text10(5) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(5)), "00.00")
displayDataTable.Text10(6) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(6)), "00.00")
displayDataTable.Text10(7) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(7)), "00.00")
displayDataTable.Text10(8) = Format(DataArray(ValueV(8), ValueH(8)), "00.00")
displayDataTable.Text11(1) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(1)), "00.00")
displayDataTable.Text11(2) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(2)), "00.00")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    displayDataTable.Text11(3) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(3)), "00.00")
    displayDataTable.Text11(4) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(4)), "00.00")
    displayDataTable.Text11(5) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(5)), "00.00")
    displayDataTable.Text11(6) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(6)), "00.00")
    displayDataTable.Text11(7) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(7)), "00.00")
    displayDataTable.Text11(8) = Format(DataArray(ValueV(9), ValueH(8)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(1) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(1)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(2) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(2)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(3) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(3)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(4) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(4)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(5) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(5)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(6) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(6)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(7) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(7)), "00.00")
    displayDataTable.Text12(8) = Format(DataArray(ValueV(10), ValueH(8)), "00.00")
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
  End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
 Sub DataToScan()
 On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    displayScanData.Text1 = ""
    DataScan.DataNameScan = displayScanData.Text16
    displayScanData.Text1 = Format(Date, "dd/mm/yyyy")
    DataScan.DataDate = displayScanData.Text1
    displayScanData.Text1 = Format(Time, "hh:mm:ss")
    DataScan.DataTime = displayScanData.Text1
    displayScanData.Text1 = ""
    DataScan.DataStepX = Format(displayScanData.Combo1(1), "00.00")
    DataScan.DataStepY = Format(displayScanData.Combo1(2), "00.00")
    DataScan.DataXmin = Format(displayScanData.Combo1(3), "00.00")
    DataScan.DataXmax = Format(displayScanData.Combo1(4), "00.00")
    DataScan.DataYmin = Format(displayScanData.Combo1(5), "00.00")
    DataScan.DataYmax = Format(displayScanData.Combo1(6), "00.00")
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DataToScan2()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   BackupScan1 = ""
   For i = 1 To 78 Step 1
      BackupScan1 = BackupScan1 & BackupScan(i)
   DoEvents
   Next i
   DataScan.DataNameScan = Mid$(BackupScan1, 1, 30)
   DataScan.DataDate = Mid$(BackupScan1, 31, 10)
   DataScan.DataTime = Mid$(BackupScan1, 41, 8)
   DataScan.DataStepX = Mid$(BackupScan1, 49, 5)
   DataScan.DataStepY = Mid$(BackupScan1, 54, 5)
   DataScan.DataXmin = Mid$(BackupScan1, 59, 5)
   DataScan.DataXmax = Mid$(BackupScan1, 64, 5)
   DataScan.DataYmin = Mid$(BackupScan1, 69, 5)
   DataScan.DataYmax = Mid$(BackupScan1, 74, 5)
   displayDataTable.Text1 = ""
   mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DisplayDataScan()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   displayDataTable.Text17 = DataScan.DataNameScan
   displayDataTable.Text18 = DataScan.DataDate
   displayDataTable.Text19 = DataScan.DataTime
   displayDataTable.Text20 = Format(DataScan.DataStepX, "00.00")
   displayDataTable.Text21 = Format(DataScan.DataStepY, "00.00")
   displayDataTable.Text22 = Format(DataScan.DataXmin, "00.00")
   displayDataTable.Text23 = Format(DataScan.DataXmax, "00.00")
   displayDataTable.Text24 = Format(DataScan.DataYmin, "00.00")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    displayDataTable.Text25 = Format(DataScan.DataYmax, "00.00")
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
    End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DataTableVScroll()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    ValueV(1) = displayDataTable.VScroll1.Value - 9
    VLocate(1) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(1) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(1) = Format(CStr(VLocate(1)), "00.00")
    ValueV(2) = displayDataTable.VScroll1.Value - 8
    VLocate(2) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(2) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(2) = Format(CStr(VLocate(2)), "00.00")
    ValueV(3) = displayDataTable.VScroll1.Value - 7
    VLocate(3) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(3) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(3) = Format(CStr(VLocate(3)), "00.00")
    ValueV(4) = displayDataTable.VScroll1.Value - 6
    VLocate(4) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(4) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(4) = Format(CStr(VLocate(4)), "00.00")
    ValueV(5) = displayDataTable.VScroll1.Value - 5
    VLocate(5) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(5) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(5) = Format(CStr(VLocate(5)), "00.00")
    ValueV(6) = displayDataTable.VScroll1.Value - 4
    VLocate(6) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(6) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(6) = Format(CStr(VLocate(6)), "00.00")
    ValueV(7) = displayDataTable.VScroll1.Value - 3
    VLocate(7) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(7) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(7) = Format(CStr(VLocate(7)), "00.00")
    ValueV(8) = displayDataTable.VScroll1.Value - 2
    VLocate(8) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(8) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(8) = Format(CStr(VLocate(8)), "00.00")
    ValueV(9) = displayDataTable.VScroll1.Value - 1
    VLocate(9) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(9) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(9) = Format(CStr(VLocate(9)), "00.00")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ValueV(10) = displayDataTable.VScroll1.Value
    VLocate(10) = Val(DataScan.DataYmin) + ((ValueV(10) - 1) * (Val(DataScan.DataStepY) / 10))
    displayDataTable.Text14(10) = Format(CStr(VLocate(10)), "00.00")
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การแสดงตารางข้อมูลที่ได้จากการสแกน
Sub DataTableHScroll()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    ValueH(1) = displayDataTable.HScroll1.Value - 7
    HLocate(1) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(1) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(1) = Format(CStr(HLocate(1)), "00.00")
    ValueH(2) = displayDataTable.HScroll1.Value - 6
    HLocate(2) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(2) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(2) = Format(CStr(HLocate(2)), "00.00")
    ValueH(3) = displayDataTable.HScroll1.Value - 5
    HLocate(3) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(3) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(3) = Format(CStr(HLocate(3)), "00.00")
    ValueH(4) = displayDataTable.HScroll1.Value - 4
    HLocate(4) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(4) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(4) = Format(CStr(HLocate(4)), "00.00")
    ValueH(5) = displayDataTable.HScroll1.Value - 3
    HLocate(5) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(5) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(5) = Format(CStr(HLocate(5)), "00.00")
    ValueH(6) = displayDataTable.HScroll1.Value - 2
    HLocate(6) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(6) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(6) = Format(CStr(HLocate(6)), "00.00")
    ValueH(7) = displayDataTable.HScroll1.Value - 1
    HLocate(7) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(7) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(7) = Format(CStr(HLocate(7)), "00.00")
    ValueH(8) = displayDataTable.HScroll1.Value
    HLocate(8) = Val(DataScan.DataXmin) + ((ValueH(8) - 1) * ((Val(DataScan.DataStepX)) / 10))
    displayDataTable.Text13(8) = Format(CStr(HLocate(8)), "00.00")
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'การบันทึกข้อมูลจาก Dialog Box
Sub SaveFile()
On Error Resume Next
  With mdiProjectEPL.mdiCommonDialog
    .CancelError = True
    .DialogTitle = "Save"
    If Not (DataScan.DataNameScan = "") Then
      .FileName = DataScan.DataNameScan
    Else
      .FileName = "EPLScanData"
    End If
    .Filter = "Support File|*.epl;*.bmp;*.gif;*.jpg;|EPL File|*.epl;|Picture File|*.bmp;*.gif;*.jpg;|ALL File|*.*"
    .ShowSave
      If Err.Number = 32755 Then
        Exit Sub
      End If
    SaveName = .FileName
  End With
  BinaryName = SaveName
  Select Case ValuePrint
    Case 2
      BinaryName = Left(SaveName, Len(SaveName) - 4) + ".bmp"
      SavePicture displayEPL.Picture1.Picture, BinaryName
    Case 3
      BinaryName = Left(SaveName, Len(SaveName) - 4) + ".bmp"
      SavePicture displaySurface.Picture1.Picture, BinaryName
    Case 4
      BinaryName = Left(SaveName, Len(SaveName) - 4) + ".bmp"
      SavePicture displayPicture.Picture1.Picture, BinaryName
    Case 1
      BinaryName = SaveName
      SaveBinary
  End Select
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'การแสดงการ Setup Printer
Sub PrintSetup()
On Error Resume Next
   With mdiProjectEPL.mdiCommonDialog
      .CancelError = True
      .Flags = cdlPDHidePrintToFile Or cdlPDNoSelection Or cdlPDNoPageNums Or cdlPDCollate
      .PrinterDefault = True
      .Copies = 1
      .ShowPrinter
   End With
End Sub
'การข้อมูลให้เรียบ
Sub Smooth()
On Error Resume Next
      mdiProjectEPL.MousePointer = 11
      ProcessPicture.Show
      ProcessPicture.ZOrder
      ProcessPicture.ProgressBar1.Max = (ax - 1)
      ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 1
      ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Smooth Process"
      ProcessPicture.Label2 = "0%"
      Vmax = 0
      Vmin = 255
      For xx = 2 To ax - 1 Step 1
         ProcessPicture.ProgressBar1.Value = xx
         ProcessPicture.Label2 = Format(((xx / (ax - 1)) * 100), "###") & "%"
         ProcessPicture.ZOrder
         For yy = 2 To ay - 1 Step 1
            Sdata(0) = CInt(DataGraph(yy - 1, xx - 1))
            Sdata(1) = CInt(DataGraph(yy, xx - 1))
            Sdata(2) = CInt(DataGraph(yy + 1, xx - 1))
            Sdata(3) = CInt(DataGraph(yy - 1, xx))
            Sdata(4) = CInt(DataGraph(yy + 1, xx))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Sdata(5) = CInt(DataGraph(yy - 1, xx + 1))
            Sdata(6) = CInt(DataGraph(yy, xx + 1))
            Sdata(7) = CInt(DataGraph(yy + 1, xx + 1))
            Sdata(8) = (Sdata(0) + Sdata(1) + Sdata(2) + Sdata(3) + Sdata(4) + Sdata(5) + Sdata(6) + Sdata(7)) /
8
            DataGraph(yy, xx) = CStr(Sdata(8))
            MaxMin3
          DoEvents
          Next yy
        Next xx
        DataTo255
        mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การเพิ่มข้อมูล
Sub Increase()
On Error Resume Next
   IncY1 = ay
   IncX1 = ax
   IncY3 = IncY1
   IncX3 = IncX1
   ReDim IncData1(IncY1, IncX1)
   ReDim IncData3(IncY3, IncX3)
   ProcessPicture.Show
   ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Increase Process"
   ProcessPicture.ProgressBar1.Max = 100
   ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 10
   ProcessPicture.Label2 = "10%"
   ProcessPicture.ZOrder
   For j = 1 To IncY1 Step 1
     For i = 1 To IncX1 Step 1
       IncData1(j, i) = DataGraph(j, i)
       IncData3(j, i) = DataGraph(j, i)
     DoEvents
     Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Next j
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 20
    ProcessPicture.Label2 = "20%"
    ProcessPicture.ZOrder
    IncreaseDataGraph
End Sub
'การเพิ่มข้อมูล
Sub IncreaseDataGraph()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    Vmax = 0
    Vmin = 255
    IncY2 = (IncY3 * 2) - 1
    IncX2 = (IncX3 * 2) - 1
    ReDim IncData2(IncY2, IncX2)
    For j = 1 To IncY3 Step 1
      For i = 1 To IncX3 Step 1
        IncData2(((2 * j) - 1), ((2 * i) - 1)) = IncData3(j, i)
      DoEvents
      Next i
    Next j
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 40
    ProcessPicture.Label2 = "40%"
    ProcessPicture.ZOrder
    AVERAGE
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 70
    ProcessPicture.Label2 = "70%"
    ProcessPicture.ZOrder
    ay = IncY2
    ax = IncX2
    ReDim DataGraph(ay, ax)
    For j = 1 To ay Step 1
      For i = 1 To ax Step 1
        DataGraph(j, i) = IncData2(j, i)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MaxMin2
      DoEvents
      Next i
    Next j
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 90
    ProcessPicture.Label2 = "90%"
    ProcessPicture.ZOrder
    DataTo255
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 100
    ProcessPicture.Label2 = "100%"
    ProcessPicture.ZOrder
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การเพิ่มข้อมูล
Sub AVERAGE()
On Error Resume Next
  For j = 2 To (IncY2 - 1) Step 2
    For i = 1 To IncX2 Step 2
      IncData2(j, i) = ((IncData2((j - 1), i)) + (IncData2((j + 1), i))) / 2
    DoEvents
    Next i
  Next j
  For j = 1 To IncY2 Step 1
    For i = 2 To (IncX2 - 1) Step 2
      IncData2(j, i) = ((IncData2(j, (i - 1))) + (IncData2(j, (i + 1)))) / 2
    DoEvents
    Next i
  Next j
End Sub
'การย่อรูปภาพ
Sub ZoomOut()
On Error Resume Next
  Select Case ValuePrint
    Case 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OpenPicZoom = 2
        displayPicture.Picture1.Visible = False
        displayPicture.Image1.Visible = True
        displayPicture.Image1.Width = displayPicture.Image1.Width * 0.5
        displayPicture.Image1.Height = displayPicture.Image1.Height * 0.5
        If displayPicture.Image1.Width > displayPicture.Picture2.Width Then
           displayPicture.HScroll1.Visible = True
           displayPicture.HScroll1.Max = displayPicture.Image1.Width - displayPicture.Picture2.Width
        Else
           displayPicture.HScroll1.Visible = False
           displayPicture.Image1.Move 0, 0
        End If
        If displayPicture.Image1.Height > displayPicture.Picture2.Height Then
           displayPicture.VScroll1.Visible = True
           displayPicture.VScroll1.Max = displayPicture.Image1.Height - displayPicture.Picture2.Height
        Else
           displayPicture.VScroll1.Visible = False
           displayPicture.Image1.Move 0, 0
        End If
     Case 3
        SurfacePicZOOM = 2
        displaySurface.Picture1.Visible = False
        displaySurface.Image1.Visible = True
        displaySurface.Image1.Width = displaySurface.Image1.Width * 0.5
        displaySurface.Image1.Height = displaySurface.Image1.Height * 0.5
        If displaySurface.Image1.Width > displaySurface.Picture4.Width Then
           displaySurface.HScroll1.Visible = True
           displaySurface.HScroll1.Max = displaySurface.Image1.Width - displaySurface.Picture4.Width
        Else
           displaySurface.HScroll1.Visible = False
           displaySurface.Image1.Move 0, 0
        End If
        If displaySurface.Image1.Height > displaySurface.Picture4.Height Then
           displaySurface.VScroll1.Visible = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            displaySurface.VScroll1.Max = displaySurface.Image1.Height - displaySurface.Picture4.Height
          Else
            displaySurface.VScroll1.Visible = False
            displaySurface.Image1.Move 0, 0
          End If
        Case 2
          EplPicZOOM = 2
          displayEPL.Picture1.Visible = False
          displayEPL.Image1.Visible = True
          displayEPL.Image1.Width = displayEPL.Image1.Width * 0.5
          displayEPL.Image1.Height = displayEPL.Image1.Height * 0.5
          If displayEPL.Image1.Width > displayEPL.Picture4.Width Then
            displayEPL.HScroll1.Visible = True
            displayEPL.HScroll1.Max = displayEPL.Image1.Width - displayEPL.Picture4.Width
          Else
            displayEPL.HScroll1.Visible = False
            displayEPL.Image1.Move 0, 0
          End If
          If displayEPL.Image1.Height > displayEPL.Picture4.Height Then
            displayEPL.VScroll1.Visible = True
            displayEPL.VScroll1.Max = displayEPL.Image1.Height - displayEPL.Picture4.Height
          Else
            displayEPL.VScroll1.Visible = False
            displayEPL.Image1.Move 0, 0
          End If
    End Select
End Sub
'การขยายรูปภาพ
Sub ZoomIn()
On Error Resume Next
    Select Case ValuePrint
      Case 4
        OpenPicZoom = 2
        displayPicture.Picture1.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
displayPicture.Image1.Visible = True
displayPicture.Image1.Width = displayPicture.Image1.Width * 2
displayPicture.Image1.Height = displayPicture.Image1.Height * 2
If displayPicture.Image1.Width > displayPicture.Picture2.Width Then
   displayPicture.HScroll1.Visible = True
   displayPicture.HScroll1.Max = displayPicture.Image1.Width - displayPicture.Picture2.Width
Else
   displayPicture.HScroll1.Visible = False
   displayPicture.Image1.Move 0, 0
End If
If displayPicture.Image1.Height > displayPicture.Picture2.Height Then
   displayPicture.VScroll1.Visible = True
   displayPicture.VScroll1.Max = displayPicture.Image1.Height - displayPicture.Picture2.Height
Else
   displayPicture.VScroll1.Visible = False
   displayPicture.Image1.Move 0, 0
End If
Case 3
SurfacePicZOOM = 2
displaySurface.Image1.Visible = True
displaySurface.Image1.Width = displaySurface.Image1.Width * 2
displaySurface.Image1.Height = displaySurface.Image1.Height * 2
displaySurface.Picture1.Visible = False
If displaySurface.Image1.Width > displaySurface.Picture4.Width Then
   displaySurface.HScroll1.Visible = True
   displaySurface.HScroll1.Max = displaySurface.Image1.Width - displaySurface.Picture4.Width
Else
   displaySurface.HScroll1.Visible = False
   displaySurface.Image1.Move 0, 0
End If
If displaySurface.Image1.Height > displaySurface.Picture4.Height Then
   displaySurface.VScroll1.Visible = True
   displaySurface.VScroll1.Max = displaySurface.Image1.Height - displaySurface.Picture4.Height
Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            displaySurface.VScroll1.Visible = False
            displaySurface.Image1.Move 0, 0
        End If
    Case 2
        EplPicZOOM = 2
        displayEPL.Image1.Visible = True
        displayEPL.Image1.Width = displayEPL.Image1.Width * 2
        displayEPL.Image1.Height = displayEPL.Image1.Height * 2
        displayEPL.Picture1.Visible = False
        If displayEPL.Image1.Width > displayEPL.Picture4.Width Then
            displayEPL.HScroll1.Visible = True
            displayEPL.HScroll1.Max = displayEPL.Image1.Width - displayEPL.Picture4.Width
        Else
            displayEPL.HScroll1.Visible = False
            displayEPL.Image1.Move 0, 0
        End If
        If displayEPL.Image1.Height > displayEPL.Picture4.Height Then
            displayEPL.VScroll1.Visible = True
            displayEPL.VScroll1.Max = displayEPL.Image1.Height - displayEPL.Picture4.Height
        Else
            displayEPL.VScroll1.Visible = False
            displayEPL.Image1.Move 0, 0
        End If
  End Select
End Sub
'การทำให้รูปมีขนาดเท่าเดิมหลังจากที่มีการย่อหรือขยาย
Sub NotZoom()
On Error Resume Next
  Select Case ValuePrint
    Case 4
      OpenPicZoom = 1
      displayPicture.Image1.Visible = False
      displayPicture.Picture1.Visible = True
      displayPicture.Image1.Width = displayPicture.Picture1.Width
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        displayPicture.Image1.Height = displayPicture.Picture1.Height
        displayPicture.Image1.Picture = displayPicture.Picture1.Picture
        If displayPicture.Picture1.Width > displayPicture.Picture2.Width Then
           displayPicture.HScroll1.Visible = True
           displayPicture.HScroll1.Max = displayPicture.Picture1.Width - displayPicture.Picture2.Width
        Else
           displayPicture.HScroll1.Visible = False
        End If
        If displayPicture.Picture1.Height > displayPicture.Picture2.Height Then
           displayPicture.VScroll1.Visible = True
           displayPicture.VScroll1.Max = displayPicture.Picture1.Height - displayPicture.Picture2.Height
        Else
           displayPicture.VScroll1.Visible = False
        End If
    Case 3
        SurfacePicZOOM = 1
        displaySurface.Image1.Visible = False
        displaySurface.Picture1.Visible = True
        displaySurface.Image1.Width = displaySurface.Picture1.Width
        displaySurface.Image1.Height = displaySurface.Picture1.Height
        displaySurface.Image1.Picture = displaySurface.Picture1.Image
        If displaySurface.Picture1.Width > displaySurface.Picture4.Width Then
           displaySurface.HScroll1.Visible = True
           displaySurface.HScroll1.Max = displaySurface.Picture1.Width - displaySurface.Picture4.Width
        Else
           displaySurface.HScroll1.Visible = False
        End If
        If displaySurface.Picture1.Height > displaySurface.Picture4.Height Then
           displaySurface.VScroll1.Visible = True
           displaySurface.VScroll1.Max = displaySurface.Picture1.Height - displaySurface.Picture4.Height
        Else
           displaySurface.VScroll1.Visible = False
        End If
    Case 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        EplPicZOOM = 1
        displayEPL.Image1.Visible = False
        displayEPL.Picture1.Visible = True
        displayEPL.Image1.Width = displayEPL.Picture1.Width
        displayEPL.Image1.Height = displayEPL.Picture1.Height
        displayEPL.Image1.Picture = displayEPL.Picture1.Image
        If displayEPL.Picture1.Width > displayEPL.Picture4.Width Then
          displayEPL.HScroll1.Visible = True
          displayEPL.HScroll1.Max = displayEPL.Picture1.Width - displayEPL.Picture4.Width
        Else
          displayEPL.HScroll1.Visible = False
        End If
        If displayEPL.Picture1.Height > displayEPL.Picture4.Height Then
          displayEPL.VScroll1.Visible = True
          displayEPL.VScroll1.Max = displayEPL.Picture1.Height - displayEPL.Picture4.Height
        Else
          displayEPL.VScroll1.Visible = False
        End If
    End Select
End Sub
'การเลือกว่าจะพิมพ์ข้อมูลหรือรูปภาพ
Sub PrintSelect()
On Error Resume Next
    Select Case ValuePrint
      Case 1
        PrintData
      Case 2
        PrintEPL
      Case 3
        PrintSurface
      Case 4
        PrintPicture
    End Select
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การพิมพ์ข้อมูล
Sub PrintData()
On Error Resume Next
   Shell "C:\Program Files\Microsoft Office\Office\EXCEL.EXE", vbMaximizedFocus
End Sub
'การพิมพ์รูปเส้นสมศักย์
Sub PrintEPL()
On Error Resume Next
   Printer.PaintPicture displayEPL.Picture1.Image, 1000, 1000, 14000, 11000, 0, 0, displayEPL.Picture1.Width,
displayEPL.Picture1.Height, &HCC0020
   Printer.EndDoc
End Sub
'การพิมพ์รูปการแบ่งระดับสี
Sub PrintSurface()
On Error Resume Next
   Printer.PaintPicture displaySurface.Picture1.Image, 1000, 1000, 14000, 11000, 0, 0,
displaySurface.Picture1.Width, displaySurface.Picture1.Height, &HCC0020
   Printer.EndDoc
End Sub
'การพิมพ์รูปที่ได้จากการเปิด File Picture
Sub PrintPicture()
On Error Resume Next
   Printer.PaintPicture displayPicture.Picture1.Image, 1000, 1000, 14000, 11000, 0, 0,
displayPicture.Picture1.Width, displayPicture.Picture1.Height, &HCC0020
   Printer.EndDoc
End Sub
'การแสดงเส้นแบ่งระดับสี
Sub Surface()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   displaySurface.Show
   displaySurface.ZOrder
   ProcessPicture.Show
   ProcessPicture.ZOrder
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ProcessPicture.ProgressBar1.Max = ay
ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 1
ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Surface Process"
ProcessPicture.Label2 = "0%"
displaySurface.Picture1.AutoRedraw = True
displaySurface.Picture1.Cls
  For j = 1 To ay
    ProcessPicture.ProgressBar1.Value = j
    ProcessPicture.Label2 = Format(((j / ay) * 100), "###") & "%"
    ProcessPicture.ZOrder
    For i = 1 To ax
      DataColour = CInt(DataGraph(j, i))
      If (DataColour >= 0) And (DataColour < 15) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 0, 255)
      End If
      If (DataColour >= 15) And (DataColour < 30) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(200, 0, 255)
      End If
      If (DataColour >= 30) And (DataColour < 45) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(150, 0, 255)
      End If
      If (DataColour >= 45) And (DataColour < 60) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(100, 0, 255)
      End If
      If (DataColour >= 60) And (DataColour < 75) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 0, 255)
      End If
      If (DataColour >= 75) And (DataColour < 90) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 255)
      End If
      If (DataColour >= 90) And (DataColour < 105) Then
        displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 200)
      End If
      If (DataColour >= 105) And (DataColour < 120) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 150)
          End If
          If (DataColour >= 120) And (DataColour < 135) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 100)
          End If
          If (DataColour >= 135) And (DataColour < 150) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 50)
          End If
          If (DataColour >= 150) And (DataColour < 165) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(0, 255, 0)
          End If
          If (DataColour >= 165) And (DataColour < 180) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 255, 0)
          End If
          If (DataColour >= 180) And (DataColour < 195) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 200, 0)
          End If
          If (DataColour >= 195) And (DataColour < 210) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 150, 0)
          End If
          If (DataColour >= 210) And (DataColour < 225) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 100, 0)
          End If
          If (DataColour >= 225) And (DataColour < 240) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 50, 0)
          End If
          If (DataColour >= 240) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), RGB(255, 0, 0)
          End If
        Next i
      displaySurface.Picture1.Refresh
      DoEvents
      Next j
      displaySurface.Picture1.AutoRedraw = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        displaySurface.Picture1.Picture = displaySurface.Picture1.Image
        SurfaceZoom
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
        ProcessPicture.Hide
        mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การแสดงเส้นสมศักย์
Sub EPL()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   displayEPL.Show
   displayEPL.ZOrder
   ProcessPicture.Show
   ProcessPicture.ZOrder
   ProcessPicture.ProgressBar1.Max = ay - 1
   ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
   ProcessPicture.Caption = "EPL Project - EPL Process"
   ProcessPicture.Label2 = "0%"
   displaySurface.Picture1.AutoRedraw = True
   displayEPL.Picture1.Cls
   displayEPL.Picture1.Line (0, 0)-(displayEPL.Picture1.Width, displayEPL.Picture1.Height), 0, BF
   For j = 1 To ay - 1
      ProcessPicture.ProgressBar1.Value = j
      ProcessPicture.Label2 = Format(((j / ay) * 100), "###") & "%"
      ProcessPicture.ZOrder
      For i = 1 To ax - 1
         If displaySurface.Picture1.Point(j, i) <> displaySurface.Picture1.Point(j, i + 1) Then
            If displaySurface.Picture1.Point(j, i) > displaySurface.Picture1.Point(j, i + 1) Then
               displayEPL.Picture1.PSet (j, i), displaySurface.Picture1.Point(j, i)
            Else
               displayEPL.Picture1.PSet (j, i), displaySurface.Picture1.Point(j, i + 1)
            End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            End If
            If displaySurface.Picture1.Point(j, i) <> displaySurface.Picture1.Point(j + 1, i) Then
              If displaySurface.Picture1.Point(j, i) > displaySurface.Picture1.Point(j + 1, i) Then
                displayEPL.Picture1.PSet (j, i), displaySurface.Picture1.Point(j, i)
              Else
                displayEPL.Picture1.PSet (j, i), displaySurface.Picture1.Point(j + 1, i)
              End If
            End If
          Next i
          displayEPL.Picture1.Refresh
          DoEvents
        Next j
        displaySurface.Picture1.AutoRedraw = False
        displayEPL.Picture1.Picture = displayEPL.Picture1.Image
        EplZoom
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
        ProcessPicture.Hide
        mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล
Sub SaveData()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
      ProcessPicture.Show
      ProcessPicture.ProgressBar1.Max = 100
      ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
      ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Manage Data Process"
      ProcessPicture.Label2 = "0%"
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 20
        ProcessPicture.Label2 = "20%"
        ProcessPicture.ZOrder
    Kill ("C:\BackupScan.epl")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BinaryName = "C:\BackupScan.epl"
    OpenName = "C:\BackupScan.epl"
      SaveBinary
      SaveText
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 60
        ProcessPicture.Label2 = "60%"
        ProcessPicture.ZOrder
      OpenBinary
        ProcessPicture.ProgressBar1.Value = 100
        ProcessPicture.Label2 = "100%"
        ProcessPicture.ZOrder
      Smooth
      Smooth
      Do While True
        If (ax * 2) < 400 Then
          Increase
        Else
          Exit Do
        End If
      Loop
      Do While True
          If (ay * 2) < 400 Then
            Increase
          Else
            Exit Do
          End If
      Loop
        Surface
        EPL
        ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
        ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
        ProcessPicture.Label2 = "0%"
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'การบันทึกข้อมูลเป็น XLS File
Sub SaveText()
On Error Resume Next
   mdiProjectEPL.MousePointer = 11
   Data2 = LeftS(BinaryName, Len(BinaryName) - 3)
   Data2 = Data2 + "xls"
   Open Data2 For Output As #1
   For jj = 1 To ay Step 1
   Data1 = ""
      For ii = 1 To ax Step 1
         If ii = 1 Then
            Data1 = Format(DataArray(jj, ii), "0#.00")
         Else
            Data1 = Data1 & "," & Format(DataArray(jj, ii), "0#.00")
         End If
      Next ii
      Print #1, Data1
   Next jj
   Close #1
   mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การ Reset ตารางแสดงผลของข้อมูล
Sub Clear_TableText()
On Error Resume Next
   For i = 1 To 8 Step 1
      displayDataTable.Text3(i) = ""
      displayDataTable.Text4(i) = ""
      displayDataTable.Text5(i) = ""
      displayDataTable.Text6(i) = ""
      displayDataTable.Text7(i) = ""
      displayDataTable.Text8(i) = ""
      displayDataTable.Text9(i) = ""
      displayDataTable.Text10(i) = ""
      displayDataTable.Text11(i) = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        displayDataTable.Text12(i) = ""
        displayDataTable.Text13(i) = ""
        displayDataTable.Text14(i) = ""
    DoEvents
    Next i
    displayDataTable.Text14(9) = ""
    displayDataTable.Text14(10) = ""
    displayDataTable.Text17 = ""
    displayDataTable.Text18 = ""
    displayDataTable.Text19 = ""
    displayDataTable.Text20 = ""
    displayDataTable.Text21 = ""
    displayDataTable.Text22 = ""
    displayDataTable.Text23 = ""
    displayDataTable.Text24 = ""
    displayDataTable.Text25 = ""
End Sub
'แสดงการเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Sub Case_CLineEPL1()
On Error Resume Next
  Select Case LineEPL
      Case 2
        ReDim CLineEPL(2)
        CLineEPL(1) = CV
        CLineEPL(2) = CR
      Case 3
        ReDim CLineEPL(3)
        CLineEPL(1) = CV
        CLineEPL(2) = CG
        CLineEPL(3) = CR
      Case 4
        ReDim CLineEPL(4)
        CLineEPL(1) = CV
        CLineEPL(2) = CB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CLineEPL(3) = CG
            CLineEPL(4) = CR
        Case Is >= 5
            Case_CLineEPL2
    End Select
End Sub
'แสดงการเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Sub Case_CLineEPL2()
On Error Resume Next
  ReDim CLineEPL(LineEPL)
  RLineEPL1 = (LineEPL - 4) \ 3
  RLineEPL2 = (LineEPL - 4) Mod 3
    Select Case RLineEPL2
      Case 2
        Rvb = RLineEPL1 + 1
        Rbg = RLineEPL1 + 1
        Rgr = RLineEPL1
      Case 1
        Rvb = RLineEPL1 + 1
        Rbg = RLineEPL1
        Rgr = RLineEPL1
      Case 0
        Rvb = RLineEPL1
        Rbg = RLineEPL1
        Rgr = RLineEPL1
    End Select
  ReDim RvbLineEPL(Rvb)
  ReDim RbgLineEPL(Rbg)
  ReDim RgrLineEPL(Rgr)
  Rvb1 = 255 \ (Rvb + 1)
    For r = 1 To Rvb Step 1
      RvbLineEPL(r) = RGB((255 - (Rvb1 * r)), 0, 255)
    Next r
  Rbg1 = 255 \ (Rbg + 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For r = 1 To Rbg Step 1
            RbgLineEPL(r) = RGB(0, 255, (255 - (Rbg1 * r)))
        Next r
    Rgr1 = 255 \ (Rgr + 1)
        For r = 1 To Rgr Step 1
            RgrLineEPL(r) = RGB(255, (255 - (Rgr1 * r)), 0)
        Next r
    Case_CLineEPL3
End Sub
'แสดงการเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Sub Case_CLineEPL3()
On Error Resume Next
    CLineEPL(1) = CV
    For r = 1 To Rvb Step 1
        CLineEPL(1 + r) = RvbLineEPL(r)
    Next r
    CLineEPL(2 + Rvb) = CB
    For r = 1 To Rbg Step 1
        CLineEPL(2 + Rvb + r) = RbgLineEPL(r)
    Next r
    CLineEPL(3 + Rvb + Rbg) = CG
    For r = 1 To Rgr Step 1
        CLineEPL(3 + Rvb + Rbg + r) = RgrLineEPL(r)
    Next r
    CLineEPL(4 + Rvb + Rbg + Rgr) = CR
End Sub
'แสดงการเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์ในขั้นตอนการแบ่งระดับสี
Sub EPL_Compare()
On Error Resume Next
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    displaySurface.Show
    displaySurface.ZOrder
    ProcessPicture.Show
    ProcessPicture.ZOrder
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ProcessPicture.ProgressBar1.Max = ay
    ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 1
    ProcessPicture.Caption = "EPL Project - Surface Process"
    ProcessPicture.Label2 = "0%"
    displaySurface.Picture1.Cls
    displaySurface.Picture1.AutoRedraw = True
    DataEPL = 255 \ LineEPL
    For j = 1 To ay Step 1
      ProcessPicture.ProgressBar1.Value = j
      ProcessPicture.Label2 = Format(((j / ay) * 100), "###") & "%"
      ProcessPicture.ZOrder
      For i = 1 To ax Step 1
        For r = 1 To LineEPL Step 1
          If (CInt(DataGraph(j, i)) >= (DataEPL * (r - 1))) And (CInt(DataGraph(j, i)) < (DataEPL * r)) Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), CLineEPL(r)
          ElseIf CInt(DataGraph(j, i)) = 255 Then
            displaySurface.Picture1.PSet (j, i), CR
          End If
        Next r
      Next i
    displaySurface.Picture1.Refresh
    DoEvents
    Next j
    displaySurface.Picture1.AutoRedraw = False
    displaySurface.Picture1.Picture = displaySurface.Picture1.Image
    ProcessPicture.ProgressBar1.Min = 0
    ProcessPicture.Caption = "EPL Project"
    ProcessPicture.Label2 = "0%"
    ProcessPicture.Hide
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'แสดงการเพิ่มจำนวนเส้นสมศักย์
Sub NumberLine()
On Error Resume Next
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mdiProjectEPL.MousePointer = 11
    displaySurface.Text1.Text = LineEPL - 1
    displayEPL.Text1.Text = LineEPL - 1
    Case CLineEPL1
    displaySurface.Picture1.Cls
    EPL_Compare
    EPL
    SliderVolt
    mdiProjectEPL.MousePointer = 0
End Sub
'การแสดงสีที่สัมพันธ์กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการเก็บข้อมูล
Sub SliderVolt()
On Error Resume Next
    ValSlider = 2
    displayEPL.Slider1.Max = LineEPL
    displaySurface.Slider1.Max = LineEPL
    displayEPL.Slider1.Min = 1
    displaySurface.Slider1.Min = 1
    displayEPL.Picture2.ScaleHeight = LineEPL
    displaySurface.Picture2.ScaleHeight = LineEPL
    displayEPL.Picture3.BackColor = CLineEPL(displayEPL.Slider1.Value)
    Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * displayEPL.Slider1.Value * 5 / 255
    Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * (displayEPL.Slider1.Value + 1) * 5 / 255
    displayEPL.Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
    displaySurface.Picture3.BackColor = CLineEPL(displaySurface.Slider1.Value)
    Vslider1 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * displaySurface.Slider1.Value * 5 / 255
    Vslider2 = (Vmax1 - Vmin1) / LineEPL * (displaySurface.Slider1.Value + 1) * 5 / 255
    displaySurface.Label3 = Format(Vslider1, "0.00") & " - " & Format(Vslider2, "0.00") & " V"
    For i = 1 To LineEPL Step 1
        displaySurface.Picture2.Line (0, i - 1)-(50, i), CLineEPL(i), BF
        displayEPL.Picture2.Line (0, i - 1)-(50, i), CLineEPL(i), BF
    Next i
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสซ์โคดโปรแกรมภาษาซีของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* EPL.C */
/* C-Programing for Microcontroller */
/* Computerized Equipotential Line Measurement System */
/* Wrote by Mr.Plermjai Inchuay,Mr.Sirichai Minhayeenud and Miss Usa Apinyanurak */

#include c:\mc51\8051io.h
#include c:\mc51\8051reg.h

extern register char SET00;
register unsigned char X_DiRecTion;
register unsigned char Key;
register unsigned char PoTential;
register unsigned char RIGHT;
register unsigned char LEFT;
register int I;
register int J;
register int Time_Delay_X;
register int Time_Delay_Y;
register int ReSolution;
register int X;
register int Y;
register int X_Step;
register int Y_Step;
register int X_Min;
register int X_Max;
register int Y_Min;
register int Y_Max;
char STEP[10]={0x12,0x16,0x14,0x15,0x05,0x0D,0x09,0x0B,0x0A,0x1A};

main()
{
  RIGHT=0;
  LEFT=1;
  serinit(9600);
  InitADC();
  Time_Delay_X = 3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Time_Delay_Y = 10;
  ReSolution = 50; //กำหนดความละเอียดเท่ากับ 0.1 mm/step
  if(SET00) == 1) Set00();
  while(1)
    {
      X_DiRecTion = LEFT;
      InitSET();
      GetData(); //รับค่าข้อมูล
      PreSet();  //เคลื่อนหัววัดไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น
      Scan();  //สแกนวัดค่า
      Set00();  //เคลื่อนหัววัดกลับไปที่ตำแหน่ง(0,0)
    }
}

InitADC() //กำหนดค่าเริ่มต้นให้ A/D converter
{
  asm " CLR  P3.2 ";
  asm " CLR  P3.3 ";
  asm " CLR  P3.4 ";
  asm " SETB  P3.5 ";
  delay(2);
  asm " SETB  P3.4 ";
}


InitSET() // set มอเตอร์
{
  char Exit;
  Exit=1;
  P1=0xFF;
  CLK_X();
  CLK_Y();
  while(Exit)
    {
      Key=getchr(); //รับค่า Key จากพอร์ตอนุกรม
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
switch(Key) {
      case 'u' :  Y_UP();  break;
      case 'd' :  Y_DOWN();   break;
      case 'r' :  X_RIGHT();  break;
      case 'l' :  X_LEFT();   break;
      case 's' :  Exit = 0;   break;
       }
   }
}

GetData() //รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม
{
  X_Step= GetByte();
  Y_Step= GetByte();
  X_Min = GetByte();
  X_Max = GetByte();
  Y_Min = GetByte();
  Y_Max = GetByte();
}

PreSet()  //เคลื่อนหัววัดไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น
{
  for(Y=0;Y<Y_Min;Y++)  Y_DOWN();
  for(X=0;X<X_Min;X++)  X_RIGHT();
}

Scan() //สแกนวัดค่า
{
  NewXY_Max();  // ปรับค่าระยะให้พอดีกับจำนวน step
  for(Y=Y_Min;Y<=Y_Max;Y+=Y_Step)
   {
    X_DiRecTion ^= 0x01;  // เปลี่ยนทิศของ X_DiRecTion
    if(X_DiRecTion==RIGHT)
    {
      for(X=X_Min;X<=X_Max;X++)
      {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if(((X-X_Min)%X_Step)==0)
         {
           ReadData();
           Chk_Key();
         }
       X_RIGHT(); //เคลื่อนหัววัดทางทิศ +X  1 step
      }
    }
    else
    {
      for(X=X_Max;X>=X_Min;X--)
      {
       if(((X_Max-X)%X_Step)==0)
        {
          ReadData();  //วัดค่าศักย์ไฟฟ้าและส่งค่าทางพอร์ตอนุกรม
          Chk_Key();  //ตรวจสอบการยกเลิกและการหยุดวัดชั่วคราว
        }
       X_LEFT();  //เคลื่อนหัววัดทางทิศ -X  1 step
      }
    }
    if(Y<Y_Max) {
       for(J=0;J<Y_Step;J++)  Y_DOWN();    //เคลื่อนหัววัดทางทิศ +Y  Y_Step steps
           }
    else {
      Y=Y_Max;
     }
}

Set00()  //เคลื่อนหัววัดกลับไปที่ตำแหน่ง(0,0)
{
 for(J=0;J<X;J++)  X_LEFT();
 for(J=0;J<Y;J++)  Y_UP();
}

X_LEFT()   //เคลื่อนหัววัดทางทิศ -X  1 step
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 for(I=0;I<=ReSolution;I++)
  {
   P1=STEP[I%10];
   CLK_X();
   Delay_Time(Time_Delay_X);
  }
}

X_RIGHT() //เคลื่อนหัววัดทางทิศ +X 1 step
{
 for(I=ReSolution;I>=0;I--)
  {
   P1=STEP[I%10];
   CLK_X();
   Delay_Time(Time_Delay_X);
  }
}

Y_DOWN() //เคลื่อนหัววัดทางทิศ +Y 1 step
{
 for(I=0;I<=ReSolution;I++)
  {
   P1=STEP[I%10];
   CLK_Y();
   Delay_Time(Time_Delay_Y);
  }
}

Y_UP() //เคลื่อนหัววัดทางทิศ -Y 1 step
{
 for(I=ReSolution;I>=0;I--)
  {
   P1=STEP[I%10];
   CLK_Y();
   Delay_Time(Time_Delay_Y);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

NewXY_Max() // ปรับค่าระยะให้พอดีกับจำนวน step
{
 X_Max = X_Max-((X_Max-X_Min)%X_Step);
 Y_Max = Y_Max-((Y_Max-Y_Min)%Y_Step);
}

ReadData()  //วัดค่าศักย์ไฟฟ้าและส่งค่าทางพอร์ตอนุกรม
{
 asm " CLR  P3.5 ";
 delay(1);
 P1 = 0xFF;
 PoTential = P1;
 asm " SETB P3.5 ";
 putch(PoTential);
}

CLK_X()
{
 asm " SETB  P3.2 ";
 asm " NOP ";
 asm " CLR   P3.2 ";
}

CLK_Y()
{
 asm " SETB  P3.3 ";
 asm " NOP ";
 asm " CLR   P3.3 ";
}

GetByte() //รับค่าจากพอร์ตอนุกรมและแปลงค่าเป็นจำนวนเต็ม
{
 char S[5];
 for(J=0;J<=3;J++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
   S[J] = getchr();
  }
 S[4] ='\0';
 return _atoi(S);
}

Chk_Key() //ตรวจสอบการยกเลิกและการหยุดสแกนชั่วคราว
{
 char Chk_KEY;
 Chk_KEY = chkchr();
 if(Chk_KEY == 'x') Reset(); //ยกเลิก
 else if(Chk_KEY == 'h') //หยุดสแกนชั่วคราว
  {
   while(Chk_KEY != 'c')
    {
    Chk_KEY = chkchr();
    if(Chk_KEY=='x') Reset();
    }
  }
}

Reset() // ยกเลิกการสแกน
{
 SET00 = 1;
 asm " LJMP  START ";
}

Delay_Time(int Time) //หน่วงเวลา
{
 int i;
 for(i=0;i<=Time;i++)
  {
   asm " NOP ";
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 3.0V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes
- Brown-Out Detection

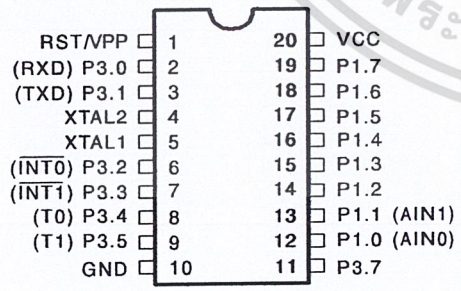
Description

The AT89C4051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C4051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C4051 provides the following standard features: 4K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C4051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software-selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Configuration

PDIP/SOIC



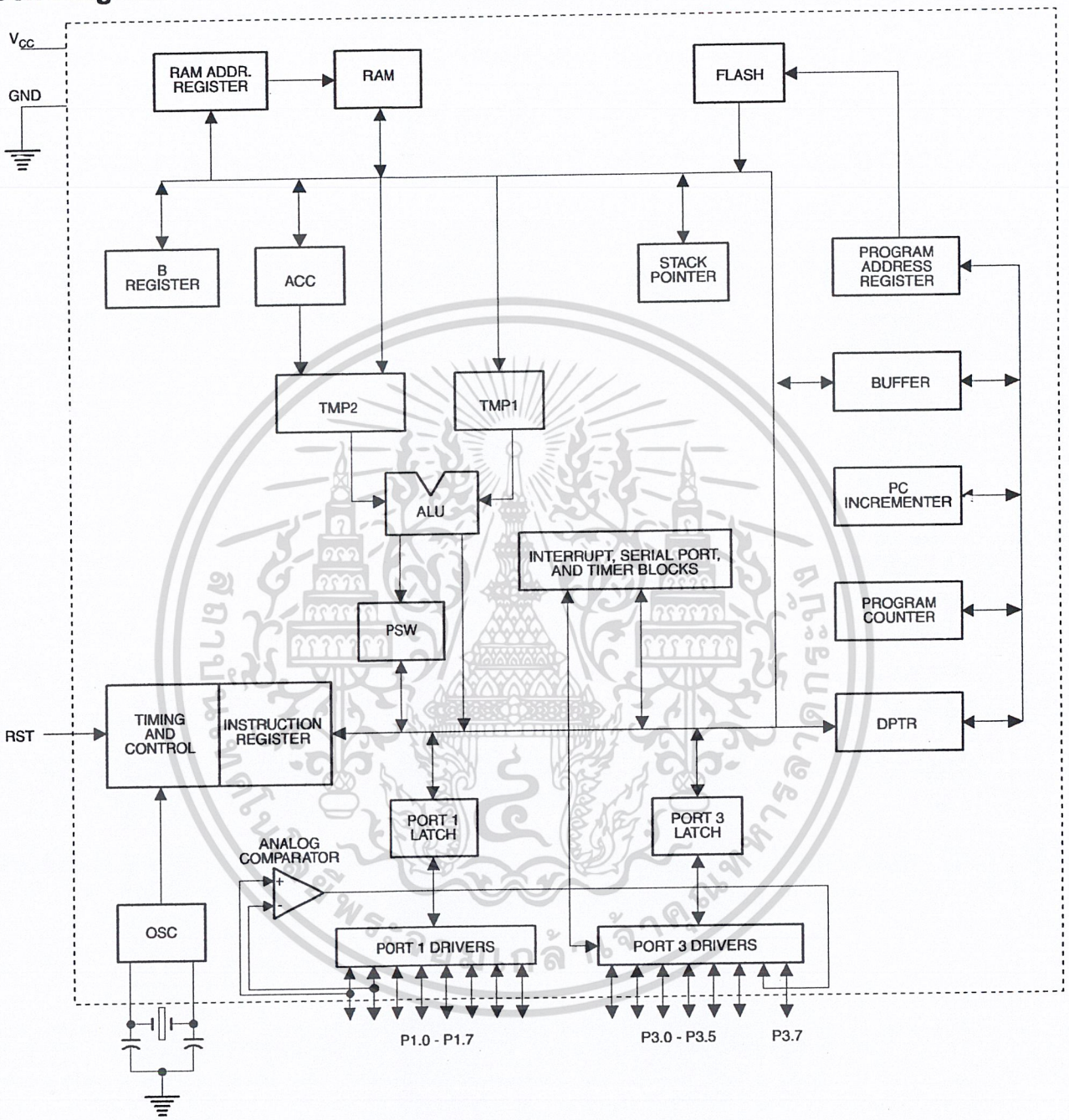
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C4051
Preliminary

Rev. 1001A–02/98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C4051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

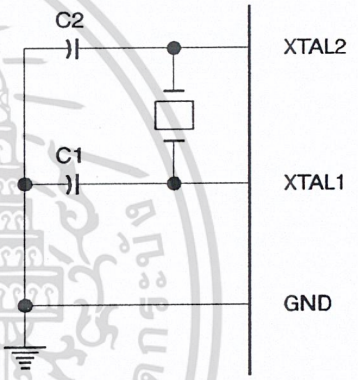
XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

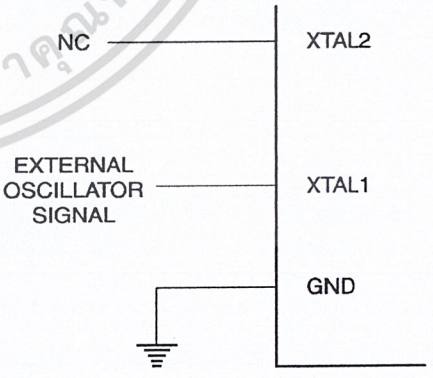
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in the table below.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Table 1. AT89C4051 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XXX00000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0XX00000								0AFH
0A0H									0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H		SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Restrictions on Certain Instructions

The AT89C4051 is an economical and cost-effective member of Atmel's growing family of microcontrollers. It contains 4K bytes of flash program memory. It is fully compatible with the MCS-51 architecture, and can be programmed using the MCS-51 instruction set. However, there are a few considerations one must keep in mind when utilizing certain instructions to program this device.

All the instructions related to jumping or branching should be restricted such that the destination address falls within the physical program memory space of the device, which is 4K for the AT89C4051. This should be the responsibility of the software programmer. For example, LJMP 0FE0H would be a valid instruction for the AT89C4051 (with 4K of memory), whereas LJMP 1000H would not.

1. Branching instructions:
LCALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP @A+DPTR

These unconditional branching instructions will execute correctly as long as the programmer keeps in mind that the destination branching address must fall within the physical boundaries of the program memory size (locations 00H to FFFH for the 89C4051). Violating the physical space limits may cause unknown program behavior.

CJNE [...], DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ With these conditional branching instructions the same rule above applies. Again, violating the memory boundaries may cause erratic execution.

For applications involving interrupts the normal interrupt service routine address locations of the 80C51 family architecture have been preserved.

2. MOVX-related instructions, Data Memory:
The AT89C4051 contains 128 bytes of internal data memory. Thus, in the AT89C4051 the stack depth is limited to 128 bytes, the amount of available RAM. External DATA memory access is not supported in this device, nor is external PROGRAM memory execution. Therefore, no MOVX [...] instructions should be included in the program.

A typical 80C51 assembler will still assemble instructions, even if they are written in violation of the restrictions mentioned above. It is the responsibility of the controller user to know the physical features and limitations of the device being used and adjust the instructions used correspondingly.

Program Memory Lock Bits

On the chip are two lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

Lock Bit Protection Modes(1)

Program Lock Bits			
	LB1	LB2	Protection Type
1	U	U	No program lock features.
2	P	U	Further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	Same as mode 2, also verify is disabled.

Note: 1. The Lock Bits can only be erased with the Chip Erase operation.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

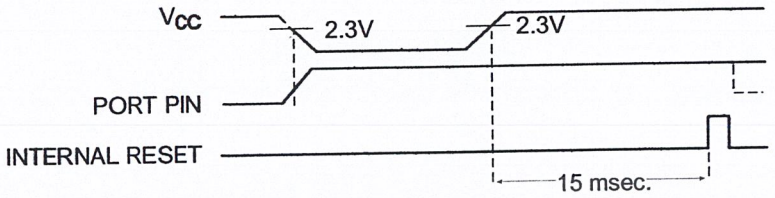
In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brown-Out Detection

When V_{CC} drops below the detection threshold, all port pins (except P1.0 and P1.1) are weakly pulled high. When V_{CC} goes back up again, an internal Reset is automatically generated after a delay of typically 15 msec. The nominal brown-out detection threshold is 2.3V ± 10%.



Programming The Flash

The AT89C4051 is shipped with the 4K bytes of on-chip PEROM code memory array in the erased state (i.e., contents = FFH) and ready to be programmed. The code memory array is programmed one byte at a time. *Once the array is programmed, to re-program any non-blank byte, the entire memory array needs to be erased electrically.*

Internal Address Counter: The AT89C4051 contains an internal PEROM address counter which is always reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by applying a positive going pulse to pin XTAL1.

Programming Algorithm: To program the AT89C4051, the following sequence is recommended.

1. Power-up sequence:
   Apply power between V_{CC} and GND pins
   Set RST and XTAL1 to GND
2. Set pin RST to 'H'
   Set pin P3.2 to 'H'
3. Apply the appropriate combination of 'H' or 'L' logic levels to pins P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 to select one of the programming operations shown in the PEROM Programming Modes table.

To Program and Verify the Array:

4. Apply data for Code byte at location 000H to P1.0 to P1.7.
5. Raise RST to 12V to enable programming.
6. Pulse P3.2 once to program a byte in the PEROM array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.2 ms.
7. To verify the programmed data, lower RST from 12V to logic 'H' level and set pins P3.3 to P3.7 to the appropriate levels. Output data can be read at the port P1 pins.
8. To program a byte at the next address location, pulse XTAL1 pin once to advance the internal address counter. Apply new data to the port P1 pins.
9. Repeat steps 5 through 8, changing data and advancing the address counter for the entire 4K bytes array or until the end of the object file is reached.
10. Power-off sequence:
    set XTAL1 to 'L'
    set RST to 'L'
    Turn V_{CC} power off

Data Polling: The AT89C4051 features $\overline{\text{Data}}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P1.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{\text{Data}}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{\text{Busy}}$: The Progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{\text{BSY}}$ output signal. Pin P3.1 is pulled low after P3.2 goes High during programming to indicate BUSY. P3.1 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed code data can be read back via the data lines for verification:

1. Reset the internal address counter to 000H by bringing RST from 'L' to 'H'.
2. Apply the appropriate control signals for Read Code data and read the output data at the port P1 pins.
3. Pulse pin XTAL1 once to advance the internal address counter.
4. Read the next code data byte at the port P1 pins.
5. Repeat steps 3 and 4 until the entire array is read.

The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire PEROM array (4K bytes) and the two Lock Bits are erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding P3.2 low for 10 ms. The code array is written with all "1"s in the Chip Erase operation and must be executed before any non-blank memory byte can be re-programmed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 001H, and 002H, except that P3.5 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

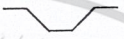
(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(001H) = 41H indicates 89C4051

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST/VPP	P3.2/$\overline{PROG}$	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data[1][3]		12V		L	H	H	H
Read Code Data[1]		H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	12V		H	H	H	H
	Bit - 2	12V		H	H	L	L
Chip Erase		12V	(2)	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	H	L	L	L	L

Notes:
1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL 1 pin.
2. Chip Erase requires a 10-ms $\overline{PROG}$ pulse.
3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/$\overline{BSY}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash Memory

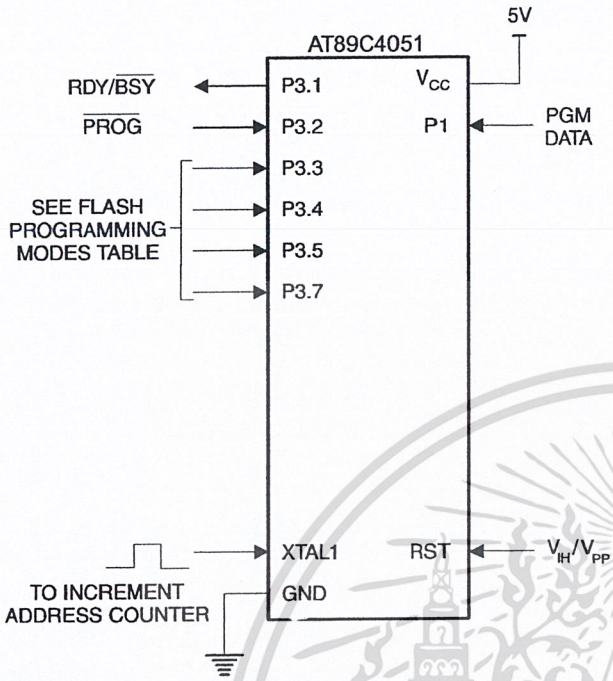
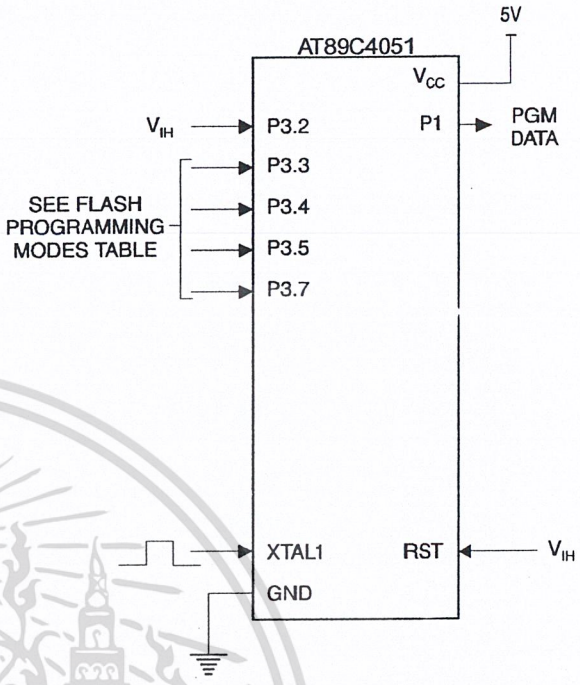


Figure 4. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

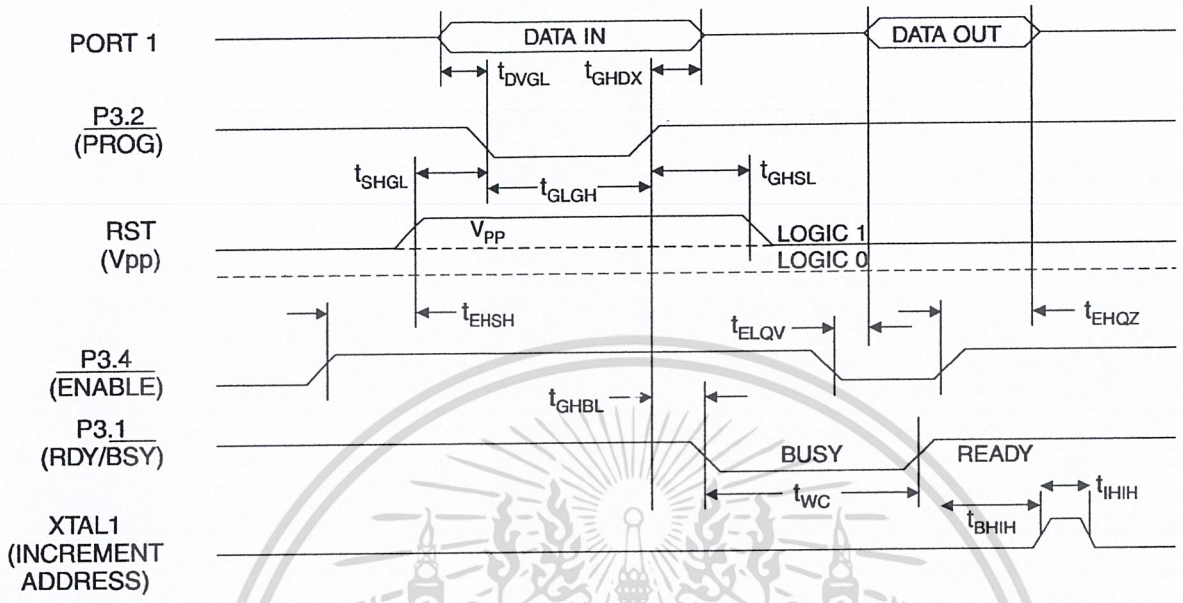
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Enable Current		250	µA
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	1.0		µs
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	1.0		µs
t_{EHSH}	P3.4 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	1.0		µs
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		1.0	µs
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	1.0	µs
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		50	ns
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
t_{BHIH}	RDY/$\overline{BSY}$\ to Increment Clock Delay	1.0		µs
t_{IHIL}	Increment Clock High	200		ns

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	25.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC Characteristics

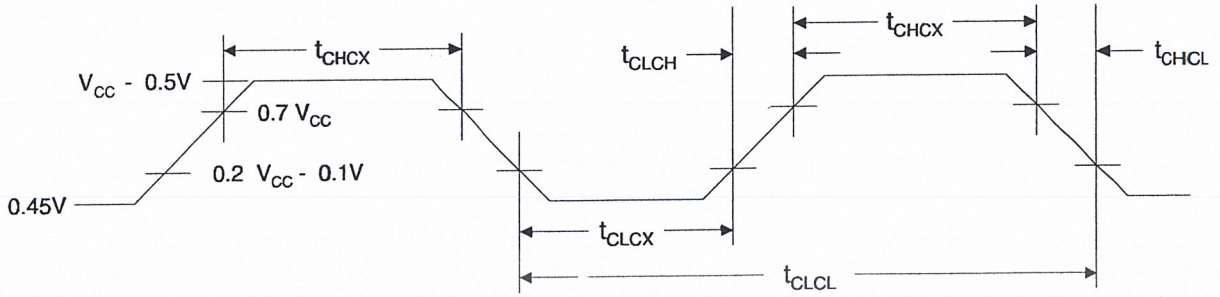
T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 3.0V to 6.0V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage[1] (Ports 1, 3)	I_{OL} = 20 mA, V_{CC} = 5V I_{OL} = 10 mA, V_{CC} = 2.7V		0.5	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I_{OH} = -80 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -30 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -12 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-750	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
V_{OS}	Comparator Input Offset Voltage	V_{CC} = 5V		20	mV
V_{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V_{CC}	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6V/3V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6V/3V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		5/1	mA
	Power Down Mode[2]	V_{CC} = 6V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		100	µA
		V_{CC} = 3V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		20	µA

Notes:
1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
   Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 80 mA
   If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	V_{CC} = 3.0V to 6.0V		V_{CC} = 4.0V to 6.0V		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	12	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	83.3		41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	30		15		ns
t_{CLCX}	Low Time	30		15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20		20	ns

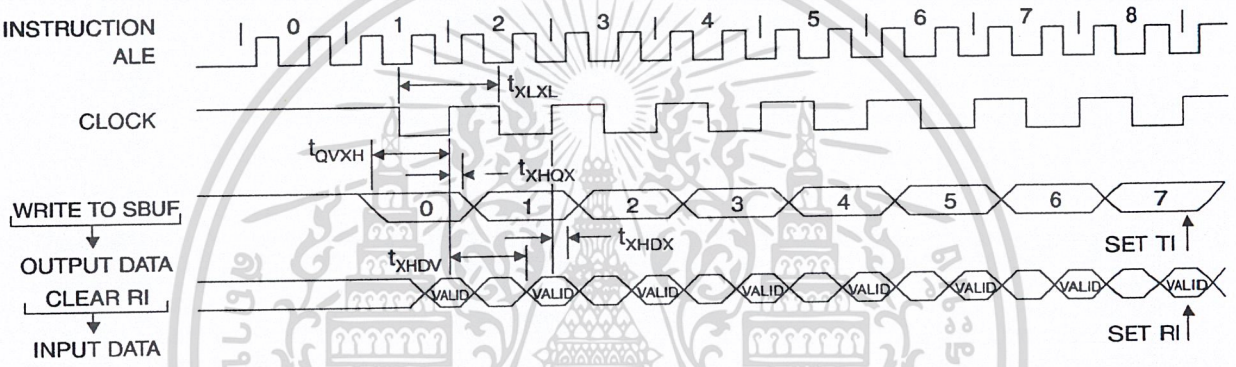
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

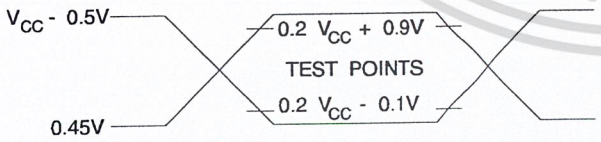
(V_{CC} = 5.0V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

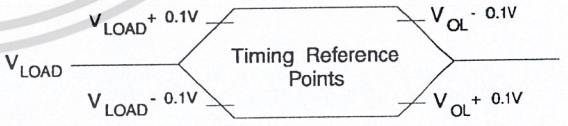


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms(1)

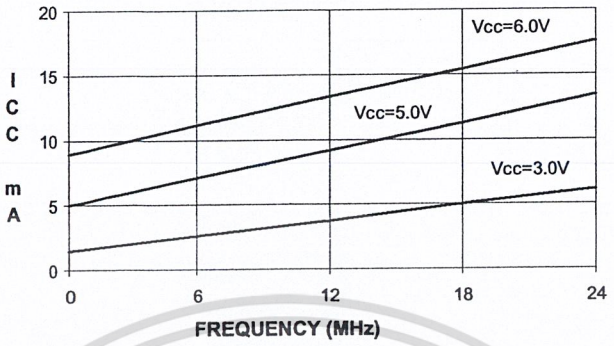


Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change frothe loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

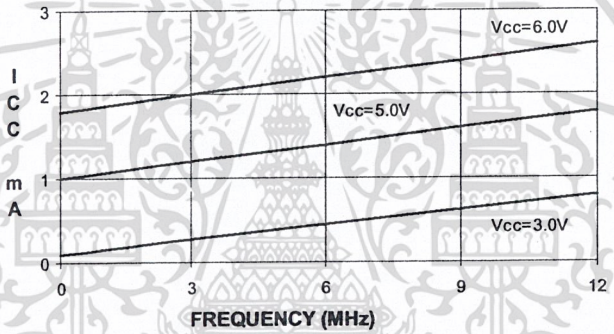
AT89C4051

TYPICAL ICC - ACTIVE (85°C)



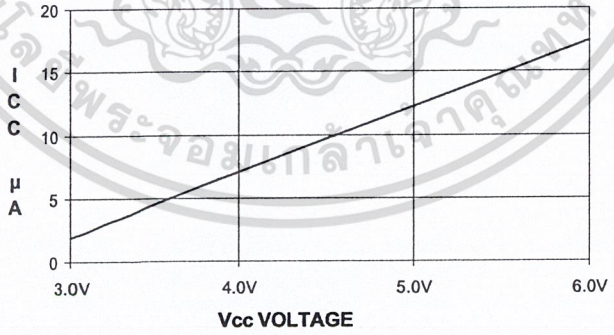
AT89C4051

TYPICAL ICC - IDLE (85°C)



AT89C4051

TYPICAL ICC vs. VOLTAGE- POWER DOWN (85°C)



Notes:
1. XTAL1 tied to GND for I_{CC} (power down)
2. P1.0 and P1.1 = V_{CC} or GND
3. Lock bits programmed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

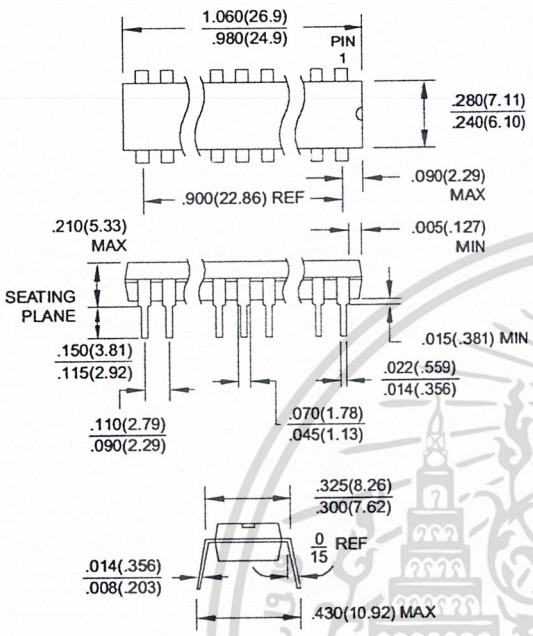
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	3.0V to 6.0V	AT89C4051-12PC AT89C4051-12SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C4051-12PI AT89C4051-12SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C4051-12PA AT89C4051-12SA	20P3 20S	Automotive (-40°C to 105°C)
24	4.0V to 6.0V	AT89C4051-24PC AT89C4051-24SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C4051-24PI AT89C4051-24SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)

Package Type	
20P3	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
20S	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)

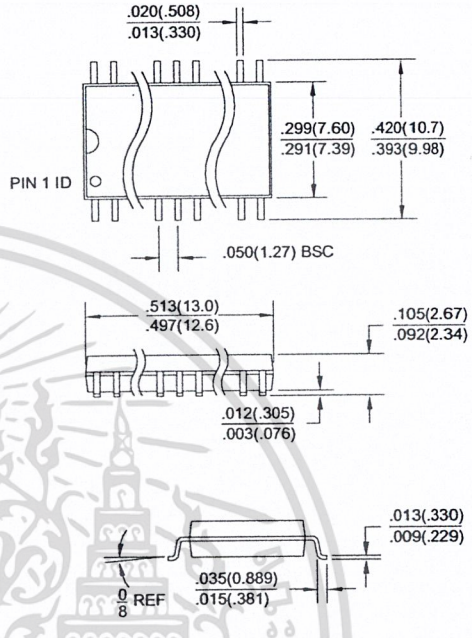
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

20P3, 20-Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-001 AD



20S, 20-Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1994

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

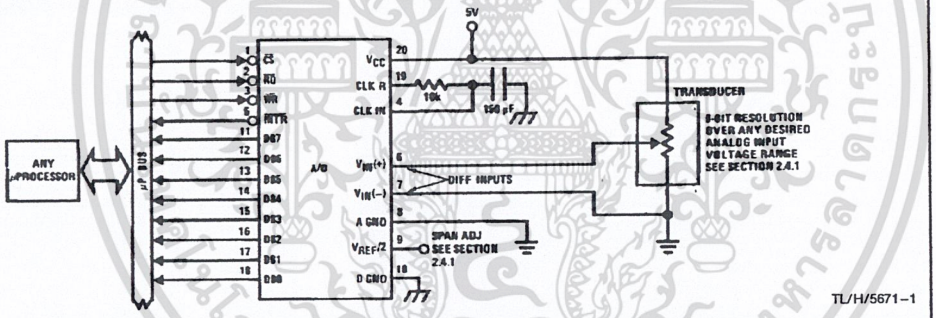
Features

- Compatible with 8080 μP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

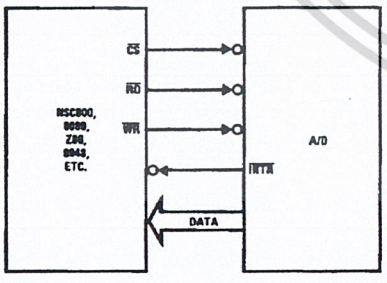
■ Resolution	8 bits
■ Total error	±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
■ Conversion time	100 μs

Typical Applications



TL/H/5671–1

8080 Interface



TL/H/5671–31

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

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

© 1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5671

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

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

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

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

Electrical Characteristics

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

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

AC Electrical Characteristics

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

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

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

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

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

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

Note 4: For $V_{IN}(-) \ge V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct–especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

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

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

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

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

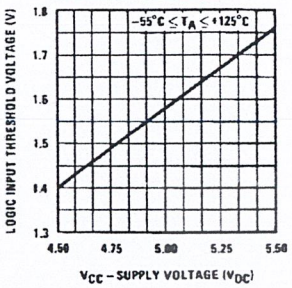
Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically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

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

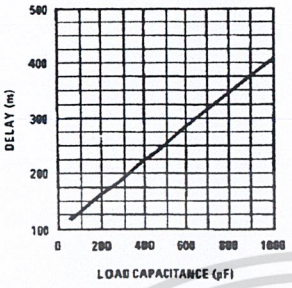
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

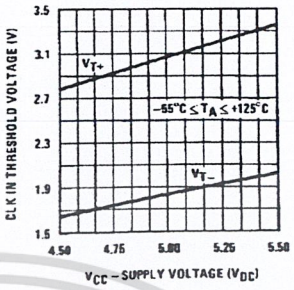
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



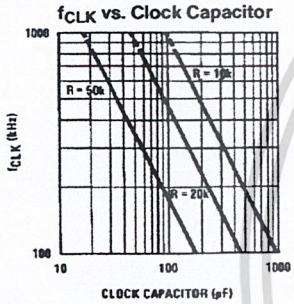
Delay From Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid vs. Load Capacitance



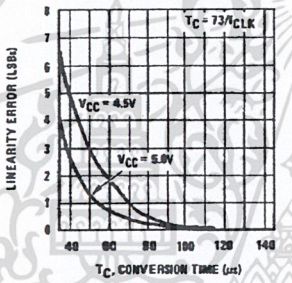
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



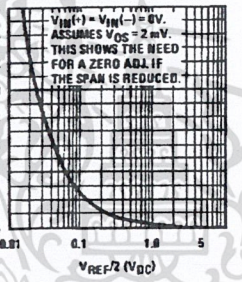
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



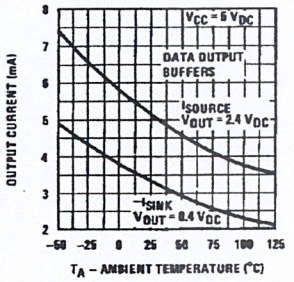
Full-Scale Error vs Conversion Time



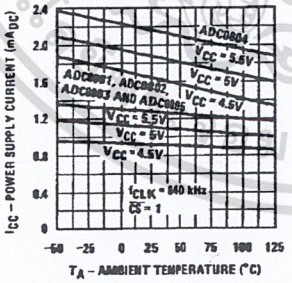
Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF}/2$ Voltage



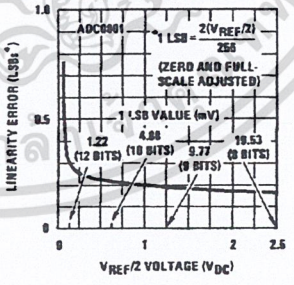
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



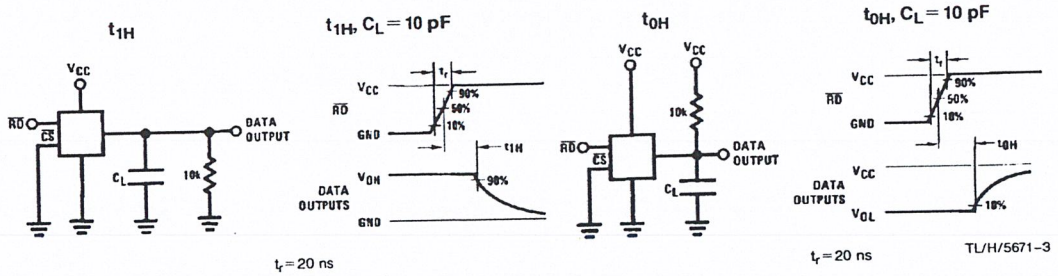
Linearity Error at Low $V_{REF}/2$ Voltages



TL/H/5671–2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

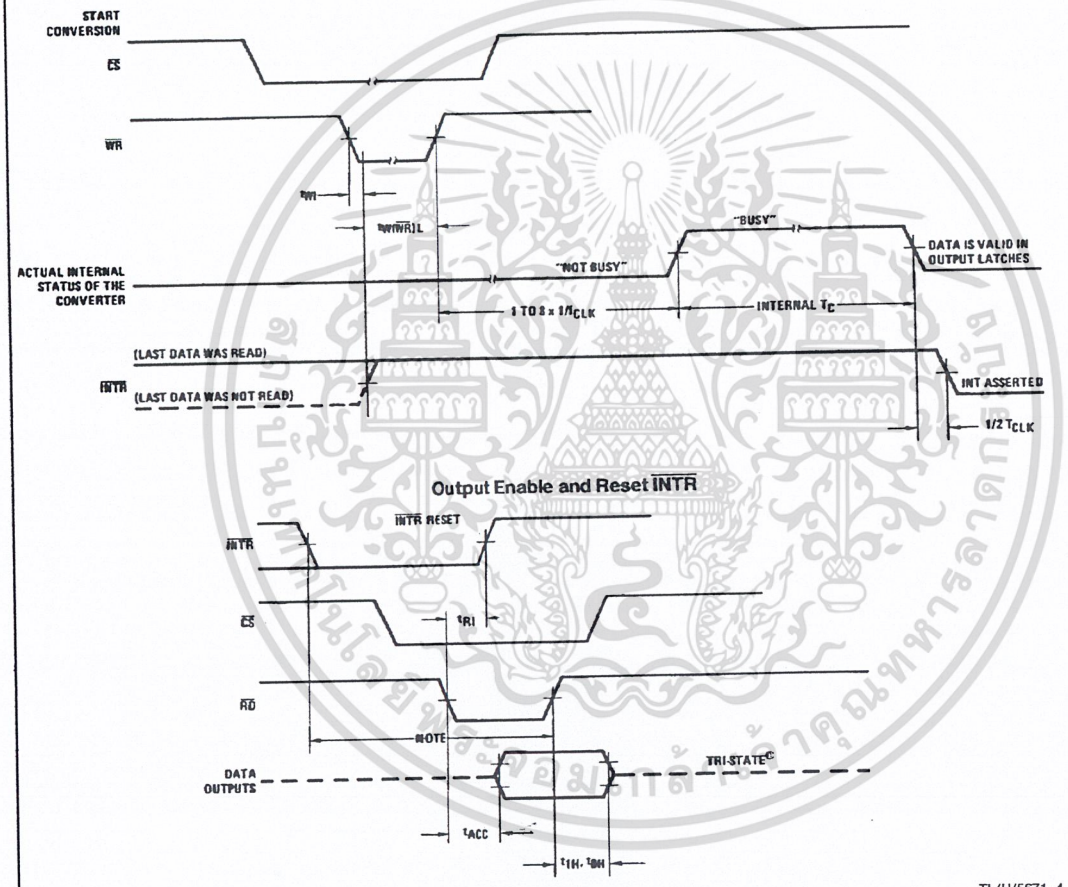


t_r = 20 ns

t_r = 20 ns

TL/H/5671–3

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



TL/H/5671–4

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS275
Line–Powered RS–232 Transceiver Chip

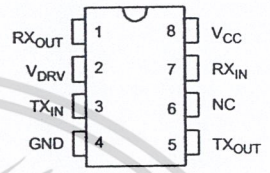
FEATURES

- Low–power serial transmitter/receiver for battery–backed systems
- Transmitter steals power from receive signal line to save power
- Ultra–low static current, even when connected to RS–232–E port
- Variable transmitter level from +5 to +12 volts
- Compatible with RS–232–E signals
- Available in 8–pin, 150 mil wide SOIC package (DS275S)
- Low–power CMOS

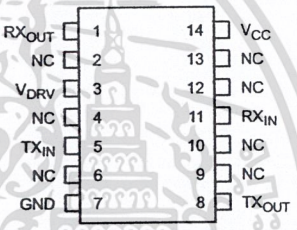
ORDERING INFORMATION

DS275	8–pin DIP
DS275S	8–pin SOIC
DS275E	14–pin TSSOP

PIN ASSIGNMENT



DS275 8–PIN DIP (300 Mil.)
DS275S 8–PIN SOIC (150 MIL)



DS275E 14–PIN TSSOP

PIN DESCRIPTION

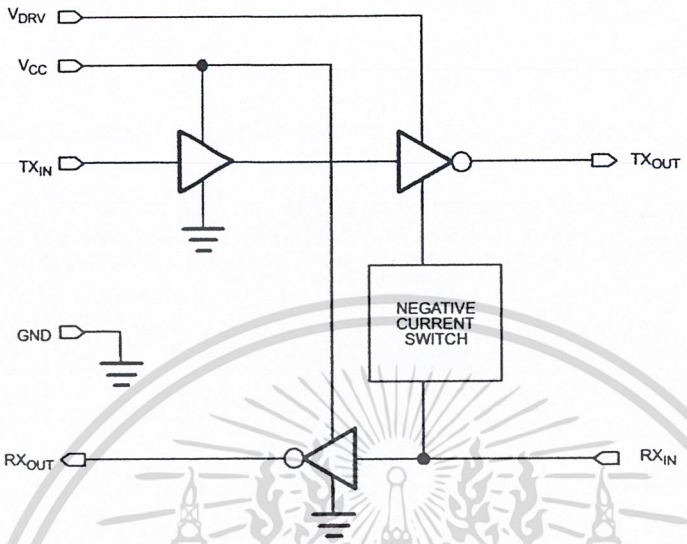
RX_{OUT}	– RS–232 Receiver Output
V_{DRV}	– Transmit driver +V
TX_{IN}	– RS–232 Driver Input
GND	– System Ground (0V)
TX_{OUT}	– RS–232 Driver Output
NC	– No Connection
RX_{IN}	– RS–232 Receive Input
V_{CC}	– System Logic Supply (+5V)

DESCRIPTION

The DS275 Line–Powered RS–232 Transceiver Chip is a CMOS device that provides a low–cost, very low–power interface to RS–232 serial ports. The receiver input translates RS–232 signal levels to common CMOS/TTL levels. The transmitter employs a unique circuit which steals current from the receive RS–232 signal when that signal is in a negative state (marking). Since most serial communication ports remain in a negative state statically, using the receive signal for negative power greatly reduces the DS275's static power consumption. This feature is especially important for battery–powered systems such as laptop computers, remote sensors, and portable medical instruments. During an actual communication session, the DS275's transmitter will use system power (5–12 volts) for positive transitions while still employing the receive signal for negative transitions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS275 BLOCK DIAGRAM Figure 1



OPERATION

Designed for the unique requirements of battery–backed systems, the DS275 provides a low–power half–duplex interface to an RS–232 serial port. Typically, a designer must use an RS–232 device which uses system power during both negative and positive transitions of the transmit signal to the RS–232 port. If the connector to the RS–232 port is left connected for an appreciable time after the communication session has ended, power will statically flow into that port, draining the battery capacity. The DS275 eliminates this static current drain by stealing current from the receive line (RX_{IN}) of the RS–232 port when that line is at a negative level (marking). Since most asynchronous communication over an RS–232 connection typically remains in a marking state when data is not being sent, the DS275 will not consume system power in this condition. System power would only be used when positive–going transitions are needed on the transmit RS–232 output (TX_{OUT}) when data is sent. However, since synchronous communication sessions typically exhibit a very low duty–cycle, overall system power consumption remains low.

RECEIVER SECTION

The RX_{IN} pin is the receive input for an RS–232 signal whose levels can range from ±3 to ±15 volts. A negative data signal is called a mark while a positive data signal is called a space. These signals are inverted and then level–shifted to normal +5 volt CMOS/TTL logic levels. The logic output associated with RX_{IN} is RX_{OUT} which swings from $+V_{CC}$ to ground. Therefore, a mark on RX_{IN} produces a logic 1 at RX_{OUT}; a space produces a logic 0.

The input threshold of RX_{IN} is typically around 1.8 volts with 500 millivolts of hysteresis to improve noise rejection. Therefore, an input positive–going signal must exceed 1.8 volts to cause RX_{OUT} to switch states. A negative-going signal must now be lower than 1.3 volts (typically) to cause RX_{OUT} to switch again. An open on RX_{IN} is interpreted as a mark, producing a logic 1 at RX_{OUT}.

TRANSMITTER SECTION

TX_{IN} is the CMOS/TTL–compatible input for digital data from the user system. A logic 1 at TX_{IN} produces a mark (negative data signal) at TX_{OUT} while a logic 0 produces a space (positive data signal). As mentioned earlier, the transmitter section employs a unique driver design that uses the RX_{IN} line for swinging to negative levels. The RX_{IN} line must be in a marking or idle state to take advantage of this design; if RX_{IN} is in a spacing state, TX_{OUT} will only swing to ground. When TX_{OUT} needs to transition to a positive level, it uses the V_{DRV} power pin for this level. V_{DRV} can be a voltage supply between 5 to 12 volts, and in many situations it can be tied directly to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the +5 volt V_{CC} supply. *It is important to note that V_{DRV} must be greater than or equal to V_{CC} at all times.*

The voltage range on V_{DRV} permits the use of a 9 volt battery in order to provide a higher voltage level when TX_{OUT} is in a space state. When V_{CC} is shut off to the DS275 and V_{DRV} is still powered (as might happen in a battery–backed condition), only a small leakage current (about 50–100 nA) will be drawn. If TX_{OUT} is loaded during such a condition, V_{DRV} will draw current only if RX_{IN} is not in a negative state. During normal operation (V_{CC}=5 volts), V_{DRV} will draw less than 2 uA when TX_{OUT} is marking. Of course, when TX_{OUT} is spacing, V_{DRV} will draw substantially more current – about 3 mA depending upon its voltage and the impedance that TX_{OUT} sees.

The TX_{OUT} output is slew–rate limited to less than 30 volts/us in accordance with RS–232 specifications. In the event TX_{OUT} should be inadvertently shorted to ground, internal current–limiting circuitry prevents damage, even if continuously shorted.

RS–232 COMPATIBILITY

The intent of the DS275 is not so much to meet all the requirements of the RS–232 specification as to offer a low-power solution that will work with most RS–232 ports with a connector length of less than 10 feet. As a prime example, the DS275 will not meet the RS–232 requirement that the signal levels be at least ±5 volts minimum when terminated by a 3KΩ load and V_{DRV}= +5 volts. Typically a voltage of 4 volts will be present at TX_{OUT} when spacing. However, since most RS–232 receivers will correctly interpret any voltage over 2 volts as a space, there will be no problem transmitting data.

APPLICATIONS INFORMATION

The DS275 is designed as a low–cost, RS–232–E interface expressly tailored for the unique requirements of battery–operated handheld products. As shown in the electrical specifications, the DS275 draws exceptionally low operating and static current. During normal operation when data from the handheld system is sent from the TX_{OUT} output, the DS275 only draws significant V_{DRV} current when TX_{OUT} transitions positively (spacing). This current flows primarily into the RS–232 receiver's 3–7KΩ load at the other end of the attaching cable.

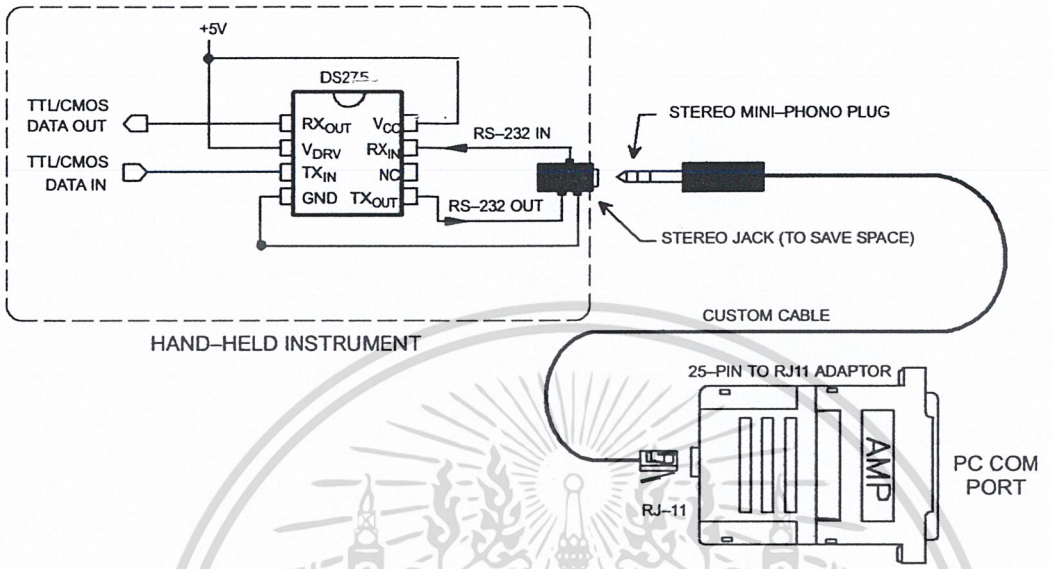
When TX_{OUT} is marking (a negative data signal), the V_{DRV} current falls dramatically since the negative voltage is provided by the transmit signal from the other end of the cable. This represents a large reduction in overall operating current, since typical RS–232 interface chips use charge–pump circuits to establish both positive and negative levels at the transmit driver output.

To obtain the lowest power consumption from the DS275, observe the following guidelines. First, to minimize V_{DRV} current when connected to an RS–232 port, always maintain TX_{IN} at a logic 1 when data is not being transmitted (idle state). This will force TX_{OUT} into the marking state, minimizing V_{DRV} current. Second, V_{DRV} current will drop to less than 100 nA when V_{CC} is grounded. Therefore, if V_{DRV} is tied directly to the system battery, the logic +5 volts can be turned off to achieve the lowest possible power state.

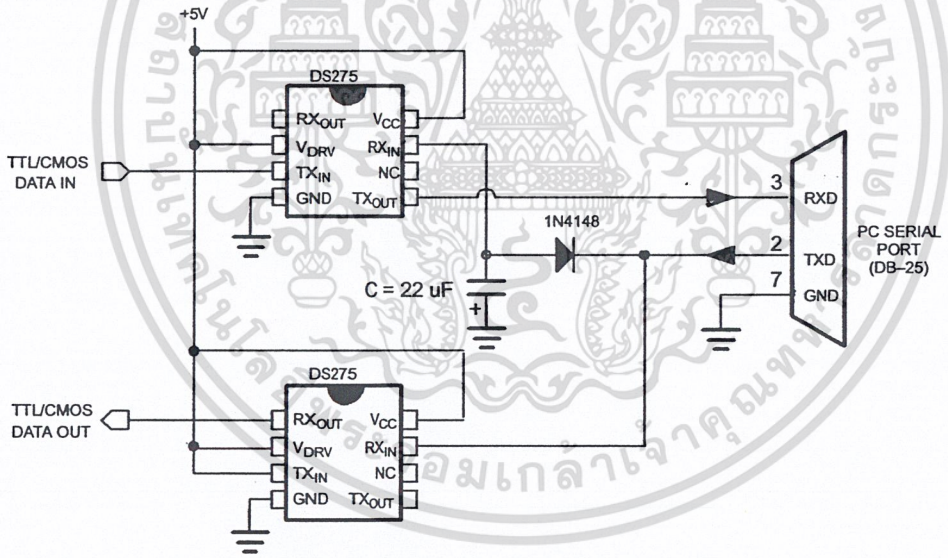
FULL–DUPLEX OPERATION

The DS275 is intended primarily for half–duplex operation; that is, RX_{IN} should remain idle in the marking state when transmitting data out TX_{OUT} and visa versa. However, the part can be operated full–duplex with most RS–232–E serial ports since signals swinging between 0 and +5V will usually be correctly interpreted by an RS–232–E receiver device. The 5–volt swing occurs when TX_{OUT} attempts to swing negative while RX_{IN} is at a positive voltage, which turns on an internal weak pull–down to ground for the TX_{OUT} driver's negative reference. So, transmit mark signals at TX_{OUT} may have voltage jumps from some negative value (corresponding to RX_{IN} marking) to approximately ground. One possible problem that may occur in this case is if the receiver at the other end requires a negative voltage for recognizing a mark. In this situation, the full–duplex circuit shown in Figure 3 can be used as an alternative. The 22 µF capacitor forms a negative–charge reservoir; consequently, when the TXD line is spacing (positive), TX_{OUT} still has a negative source available for a time period determined by the capacitor and the load resistance at the other end (3–7KΩ). This circuit was tested from 150–19,200 bps with error–free operation using a SN75154 Quad Line Receiver as the receiver for the TX_{OUT} signal. Note that the SN75154 can have a marking input threshold below ground; hence there is the need for TX_{OUT} to swing both positive and negative in full-duplex operation with this device.

HANDHELD RS–232–C APPLICATION USING A STEREO MINI–JACK Figure 2



FULL–DUPLEX CIRCUIT USING NEGATIVE–CHARGE STORAGE Figure 3



NOTE:

The capacitor stores negative charge whenever the TXD signal from the PC serial port is in a marking data state (a negative voltage that is typically –10 volts). The top DS275's TX_{OUT} uses this negative charge reservoir when it is in a marking state. The capacitor will discharge to 0 volts when the TXD line is spacing (and TX_{OUT} is still marking) at a time constant determined by its value and the value of the load resistance reflected back to TX_{OUT}. However, when TXD is marking, the capacitor will quickly charge back to –10 volts. Note that TXD remains in a marking state when idle, which improves the performance of this circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

V_{CC}	–0.3 to +7.0 volts
V_{DRV}	–0.3 to +13.0 volts
RX_{IN}	±15 volts
TX_{IN}	-0.3 to V_{CC} + 0.3 volts
TX_{OUT}	±15 volts
RX_{OUT}	–0.3 to V_{CC} + 0.3 volts
Storage Temperature	–55°C to +125°C
Operating Temperature	0°C to 70°C

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Logic Supply	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Transmit Driver Supply	V_{DRV}	4.5	5–12	13.0	V	1
Logic 1 Input	V_{IH}	2.0		V_{CC}+0.3	V	2
Logic 0 Input	V_{IL}	–0.3		+ 0.8	V	
RS-232 Input Range (RX_{IN})	V_{RS}	–15		+15	V	
Dynamic Supply Current TX_{IN} = V_{CC} TX_{IN} = GND	 I_{DRV1} I_{CC1} I_{DRV1} I_{CC1}		 400 40 3.8 40	 800 100 5.0 100	 µA µA µA µA	3
Static Supply Current TX_{IN} = V_{CC} TX_{IN} = GND	 I_{DRV2} I_{CC2} I_{DRV2} I_{CC2}		 1.5 10.0 3.8 10.0	 10.0 15.0 5.0 20.0	 µA µA mA µA	4
Driver Leakage Current (V_{CC}= 0V)	I_{DRV3}		0.05	1.0	µA	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC} = V_{DRV} = 5V ± 10%)

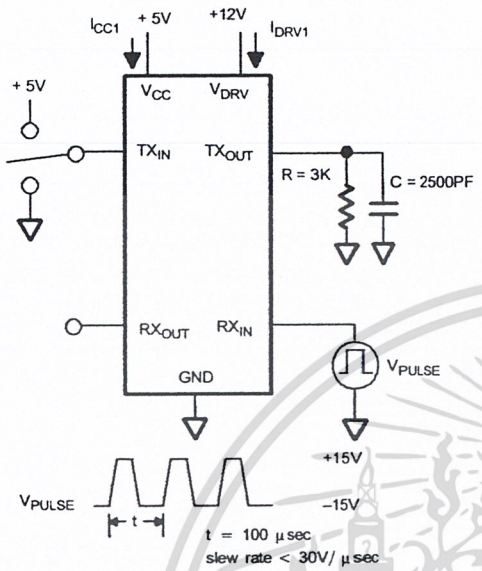
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
TX_{OUT} Level High	V_{OTXH}	3.5	4.0	5.0	V	6
TX_{OUT} Level Low	V_{OTXL}	–8.5	–9.0		V	7
TX_{OUT} Short Circuit Current	I_{SC}		+60	+85	mA	
TX_{OUT} Output Slew Rate	t_{SR}			30	V/µs	
Propagation Delay	t_{PD}		5		µs	8
RX_{IN} Input Threshold Low	V_{TL}	0.8	1.2	1.6	V	
RX_{IN} Input Threshold High	V_{TH}	1.6	2.0	2.4	V	
RX_{IN} Threshold Hysteresis	V_{HYS}	0.5	0.8		V	9
RX_{OUT} Output Current @ 2.4 V	I_{OH}	–1.0			mA	
RX_{OUT} Output Current @ 0.4 V	I_{OL}			3.2	mA	

NOTES:

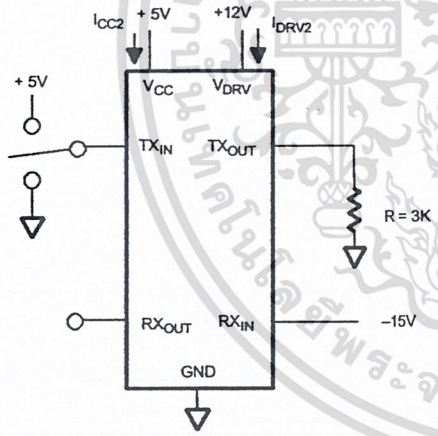
1. V_{DRV} must be greater than or equal to V_{CC}.
2. V_{CC} = V_{DRV} = 5V ± 10%.
3. See test circuit in Figure 4.
4. See test circuit in Figure 5.
5. See test circuit in Figure 6.
6. TX_{IN} = V_{IL} and TX_{OUT} loaded by 3KΩ to ground.
7. TX_{IN} = V_{IH} , RX_{IN} = –10 volts and TX_{OUT} loaded by 3KΩ to ground.
8. TX_{IN} to TX_{OUT} – see Figure 7.
9. V_{HYS} = V_{TH} – V_{TL}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

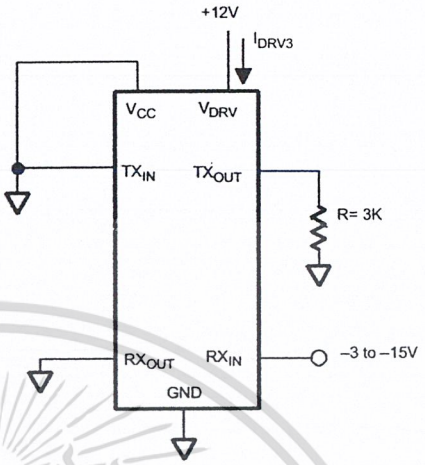
DYNAMIC OPERATING CURRENT TEST CIRCUIT Figure 4



STATIC OPERATING CURRENT TEST CIRCUIT Figure 5

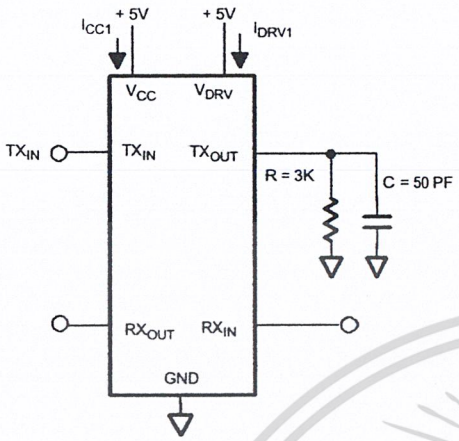


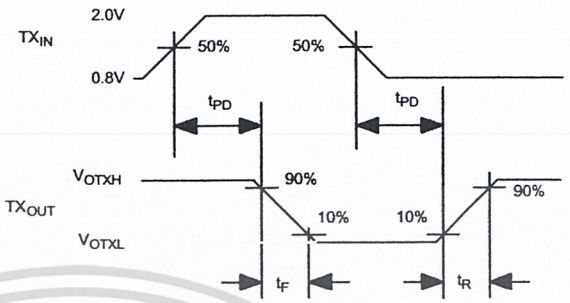
DRIVER LEAKAGE TEST CIRCUIT Figure 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

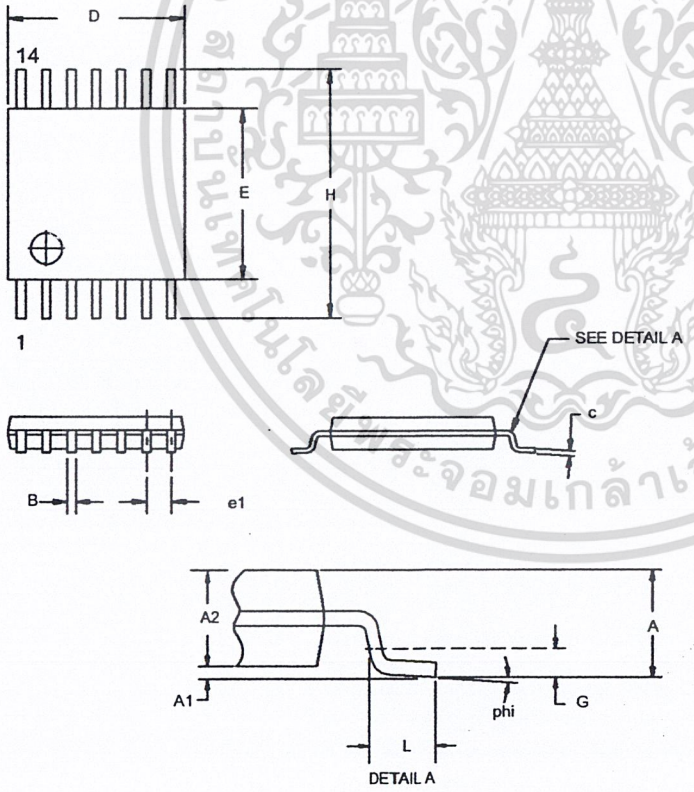
PROPAGATION DELAY TEST CIRCUIT Figure 7





$$t_{SR} = \frac{0.8(V_{OTXH} - V_{OTXL})}{t_F \text{ or } t_R}$$

DS275E 14–PIN TSSOP



DIM	14–PIN MIN	14–PIN MAX
A MM	–	1.10
A1 MM	0.05	–
A2 MM	0.75	1.05
B MM	0.18	0.30
C MM	0.09	0.18
D MM	4.90	5.10
E MM	4.40 NOM	
e1 MM	0.65 BSC	
G MM	0.25 REF	
H MM	6.25	6.55
L MM	0.50	0.70
phi	0°	8°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

74HC/HCT373
Octal D-type transparent latch; 3-state

Product specification
File under Integrated Circuits, IC06

September 1993

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Octal D-type transparent latch; 3-state | 74HC/HCT373

FEATURES

- 3-state non-inverting outputs for bus oriented applications
- Common 3-state output enable input
- Functionally identical to the "563", "573" and "533"
- Output capability: bus driver
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT373 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT373 are octal D-type transparent latches featuring separate D-type inputs for each latch and 3-state outputs for bus oriented applications. A latch enable (LE) input and an output enable ($\overline{OE}$) input are common to all latches.

The "373" consists of eight D-type transparent latches with 3-state true outputs. When LE is HIGH, data at the D_n inputs enters the latches. In this condition the latches are transparent, i.e. a latch output will change state each time its corresponding D-input changes.

When LE is LOW the latches store the information that was present at the D-inputs a set-up time preceding the HIGH-to-LOW transition of LE. When $\overline{OE}$ is LOW, the contents of the 8 latches are available at the outputs. When $\overline{OE}$ is HIGH, the outputs go to the high impedance OFF-state. Operation of the $\overline{OE}$ input does not affect the state of the latches.

The "373" is functionally identical to the "533", "563" and "573", but the "563" and "533" have inverted outputs and the "563" and "573" have a different pin arrangement.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay	C_L = 15 pF; V_{CC} = 5 V			
	D_n to Q_n		12	14	ns
	LE to Q_n		15	13	ns
C_I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per latch	notes 1 and 2	45	41	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in µW):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   f_i = input frequency in MHz
   f_o = output frequency in MHz
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
   C_L = output load capacitance in pF
   V_{CC} = supply voltage in V
2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}. For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} – 1.5 V

ORDERING INFORMATION

See *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information"*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1	$\overline{OE}$	3-state output enable input (active LOW)
2, 5, 6, 9, 12, 15, 16, 19	Q_0 to Q_7	3-state latch outputs
3, 4, 7, 8, 13, 14, 17, 18	D_0 to D_7	data inputs
10	GND	ground (0 V)
11	LE	latch enable input (active HIGH)
20	V_{CC}	positive supply voltage

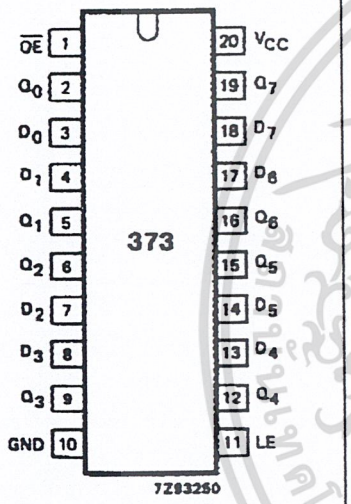


Fig.1 Pin configuration.

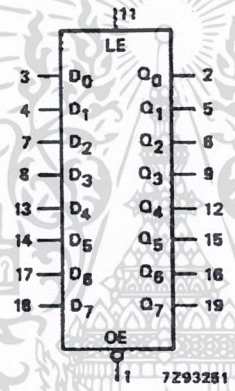


Fig.2 Logic symbol.

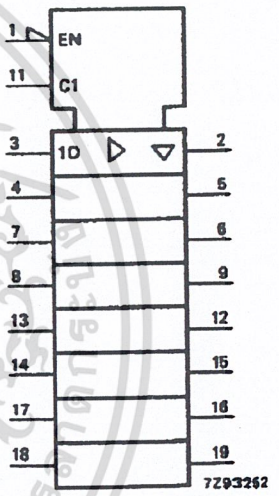


Fig.3 IEC logic symbol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

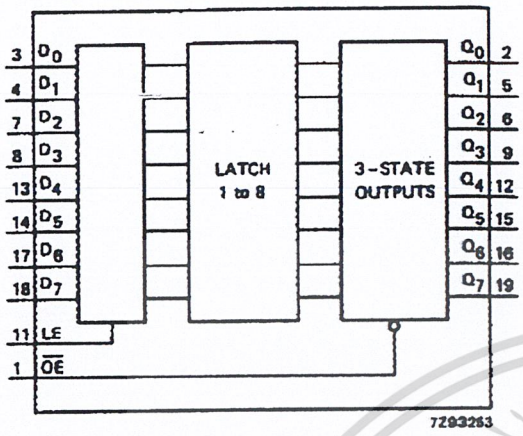


Fig.4 Functional diagram.

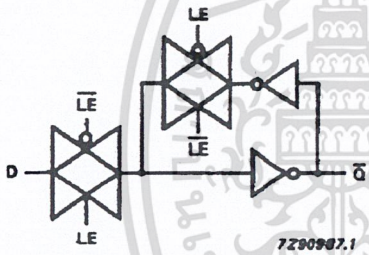


Fig.5 Logic diagram (one latch).

FUNCTION TABLE

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL LATCHES	OUTPUTS
	$\overline{OE}$	LE	D_n		Q_0 to Q_7
enable and read register (transparent mode)	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
latch and read register	L	L	l	L	L
	L	L	h	H	H
latch register and disable outputs	H	X	X	X	Z
	H	X	X	X	Z

Notes

1. H = HIGH voltage level
   h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
   L = LOW voltage level
   l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
   X = don't care
   Z = high impedance OFF-state

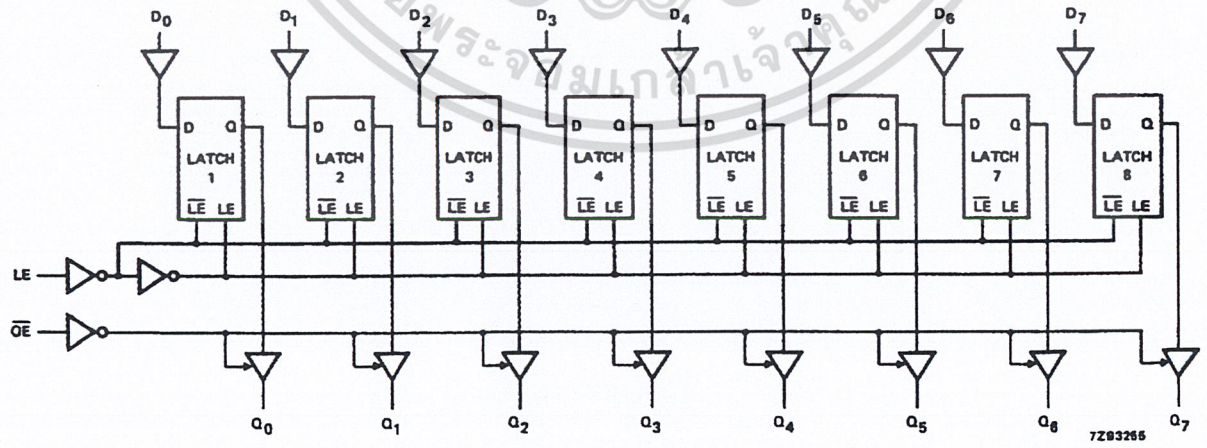


Fig.6 Logic diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*.

Output capability: bus driver
I_{CC} category: MSI

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T_{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC								V_{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			–40 to +85		–40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t_{PHL}/ t_{PLH}	propagation delay D_n to Q_n		41 15 12	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t_{PHL}/ t_{PLH}	propagation delay LE to Q_n		50 18 14	175 35 30		220 44 37		265 53 45	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8
t_{PZH}/ t_{PZL}	3-state output enable time $\overline{OE}$ to Q_n		44 16 13	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.9
t_{PHZ}/ t_{PLZ}	3-state output disable time $\overline{OE}$ to Q_n		47 17 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.9
t_{THL}/ t_{TLH}	output transition time		14 5 4	60 12 10		75 15 13		90 18 15	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t_W	LE pulse width HIGH	80 16 14	17 6 5		100 20 17		120 24 20		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8
t_{su}	set-up time D_n to LE	50 10 9	14 5 4		65 13 11		75 15 13		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.10
t_h	hold time D_n to LE	5 5 5	–8 –3 –2		5 5 5		5 5 5		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*.

Output capability: bus driver
I_{CC} category: MSI

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
D_n	0.30
LE	1.50
$\overline{OE}$	1.00

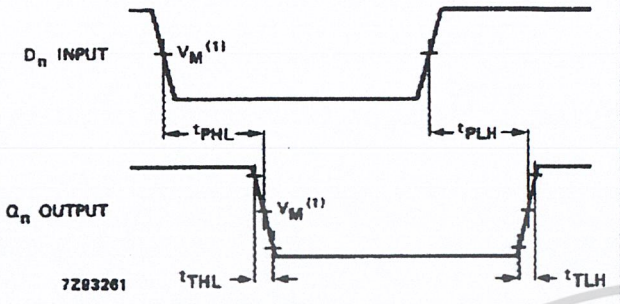
AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T_{amb} (°C) 74HCT +25 min.	+25 typ.	+25 max.	−40 to +85 min.	−40 to +85 max.	−40 to +125 min.	−40 to +125 max.	UNIT	TEST CONDITIONS V_{CC} (V)	TEST CONDITIONS WAVEFORMS
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay D_n to Q_n		17	30		38		45	ns	4.5	Fig.7
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay LE to Q_n		16	32		40		48	ns	4.5	Fig.8
t_{PZH}/t_{PZL}	3-state output enable time $\overline{OE}$ to Q_n		19	32		40		48	ns	4.5	Fig.9
t_{PHZ}/t_{PLZ}	3-state output disable time $\overline{OE}$ to Q_n		18	30		38		45	ns	4.5	Fig.9
t_{THL}/t_{TLH}	output transition time		5	12		15		18	ns	4.5	Fig.7
t_W	LE pulse width HIGH	16	4		20		24		ns	4.5	Fig.8
t_{su}	set-up time D_n to LE	12	6		15		18		ns	4.5	Fig.10
t_h	hold time D_n to LE	4	−1		4		4		ns	4.5	Fig.10

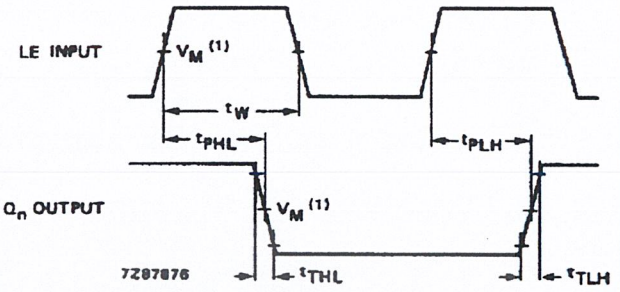
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS



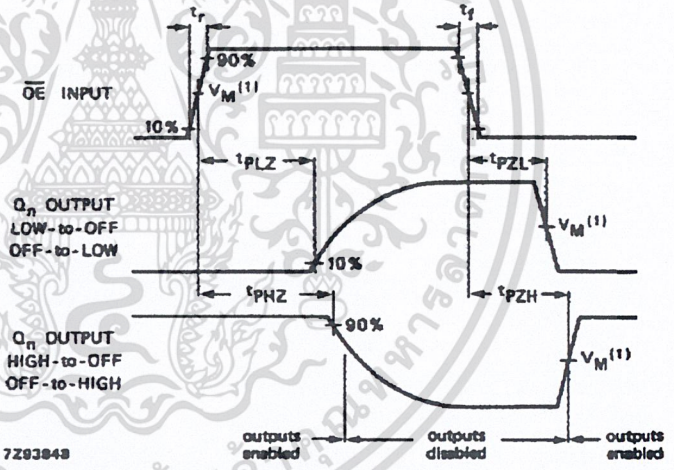
(1) HC : V_M = 50%; V_I = GND to V_{CC}.
HCT : V_M = 1.3 V; V_I = GND to 3 V.

Fig.7 Waveforms showing the input (D_n) to output (Q_n) propagation delays and the output transition times.



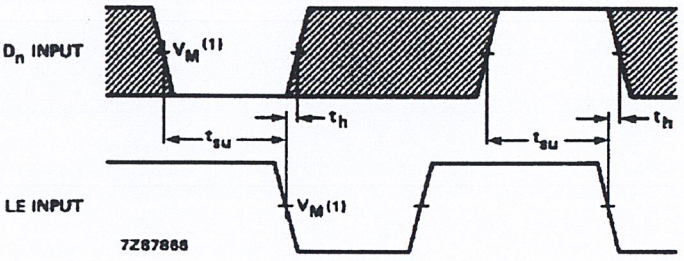
(1) HC : V_M = 50%; V_I = GND to V_{CC}.
HCT : V_M = 1.3 V; V_I = GND to 3 V.

Fig.8 Waveforms showing the latch enable input (LE) pulse width, the latch enable input to output (Q_n) propagation delays and the output transition times.



(1) HC : V_M = 50%; V_I = GND to V_{CC}.
HCT : V_M = 1.3 V; V_I = GND to 3 V.

Fig.9 Waveforms showing the 3-state enable and disable times.



The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.

(1) HC : V_M = 50%; V_I = GND to V_{CC}.
HCT : V_M = 1.3 V; V_I = GND to 3 V.

Fig.10 Waveforms showing the data set-up and hold times for D_n input to LE input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE OUTLINES

See *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines"*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

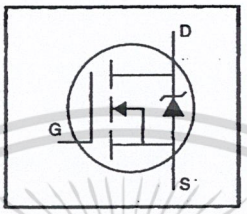
PD-9.325Q

International IOR Rectifier

IRF510

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



V_{DSS} = 100V

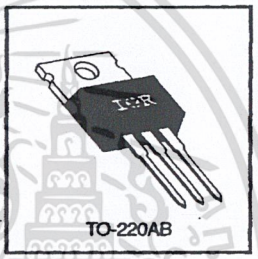
$R_{DS(on)}$ = 0.54Ω

I_D = 5.6A

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combiriation of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



TO-220AB

DATA SHEETS

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ T_C = 25°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10 V	5.6	A
I_D @ T_C = 100°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10 V	4.0	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	20	
P_D @ T_C = 25°C	Power Dissipation	43	W
	Linear Derating Factor	0.29	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	±20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	100	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ①	5.6	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	4.3	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.5	V/ns
T_J T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	3.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	62	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	V_{GS}=0V, I_D= 250μA
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.12	—	V/°C	Reference to 25°C, I_D= 1mA
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.54	Ω	V_{GS}=10V, I_D=3.4A ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	V_{DS}=V_{GS}, I_D= 250μA
g_{fs}	Forward Transconductance	1.3	—	—	S	V_{DS}=50V, I_D=3.4A ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	V_{DS}=100V, V_{GS}=0V
		—	—	250		V_{DS}=80V, V_{GS}=0V, T_J=150°C
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V_{GS}=20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		V_{GS}=-20V
Q_g	Total Gate Charge	—	—	8.3	nC	I_D=5.6A
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	2.3		V_{DS}=80V
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	3.8		V_{GS}=10V See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	6.9	—	ns	V_{DD}=50V
t_r	Rise Time	—	16	—		I_D=5.6A
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	15	—		R_G=24Ω
t_f	Fall Time	—	9.4	—		R_D=8.4Ω See Figure 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	180	—	pF	V_{GS}=0V
C_{oss}	Output Capacitance	—	81	—		V_{DS}=25V
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	15	—		f=1.0MHz See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	5.6	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	20		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	2.5	V	T_J=25°C, I_S=5.6A, V_{GS}=0V ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	100	200	ns	T_J=25°C, I_F=5.6A
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	0.44	0.88	μC	di/dt=100A/μs ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)

② V_{DD}=25V, starting T_J=25°C, L=4.8mH R_G=25Ω, I_{AS}=5.6A (See Figure 12)

③ I_{SD}≤5.6A, di/dt≤75A/μs, V_{DD}≤$V_{(BR)DSS}$, T_J≤175°C

④ Pulse width ≤ 300 μs; duty cycle ≤2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

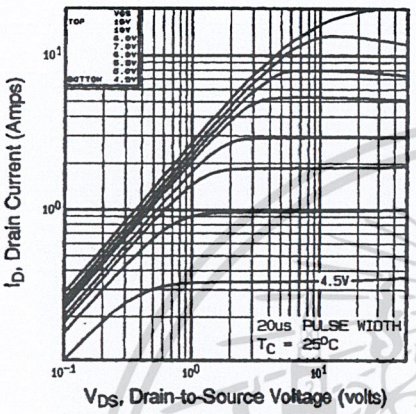


Fig 1. Typical Output Characteristics, T_C=25°C

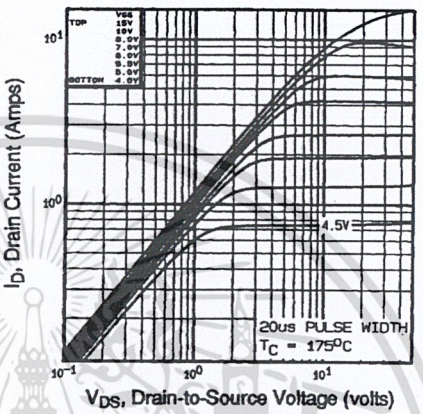


Fig 2. Typical Output Characteristics, T_C=175°C

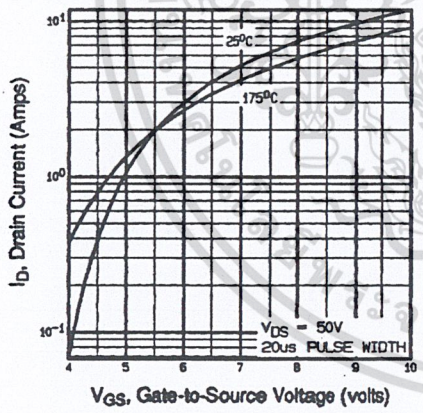


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

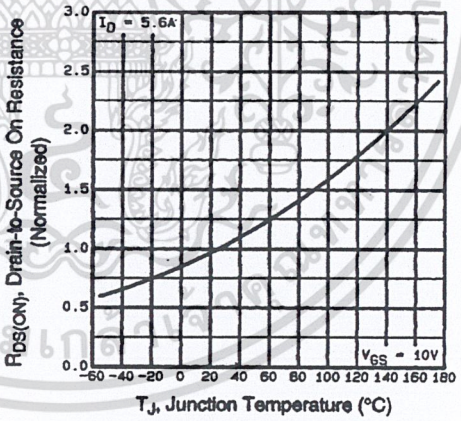


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

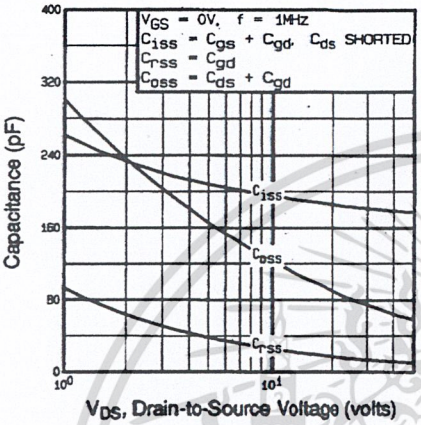


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

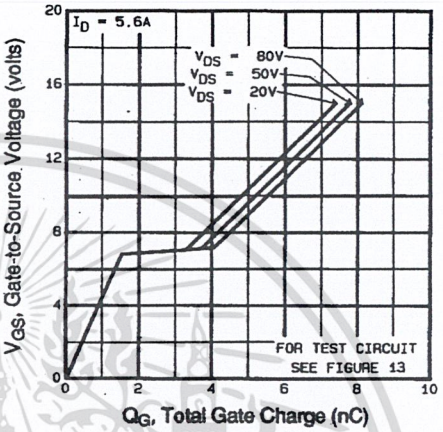


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

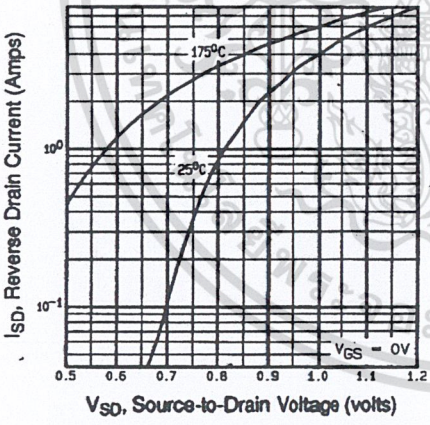


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

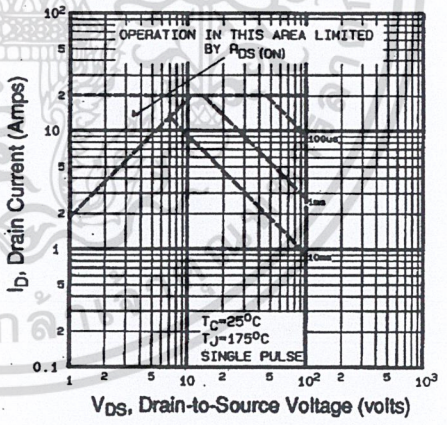


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

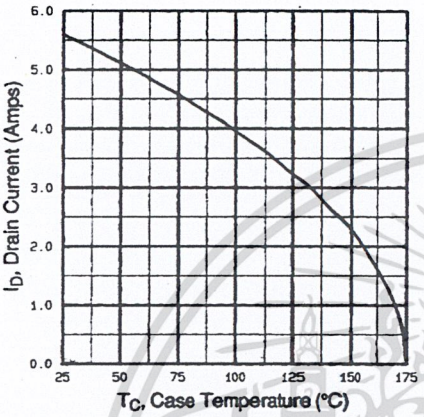


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

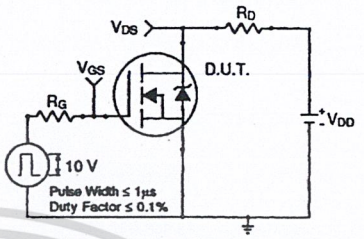


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

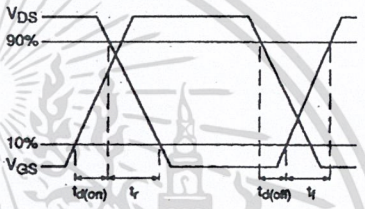


Fig 10b. Switching Time Waveforms

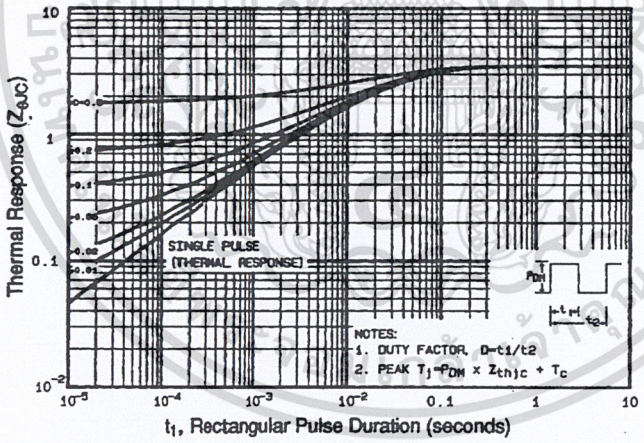


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

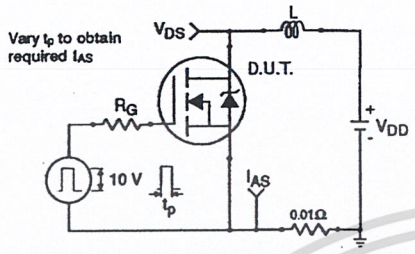


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

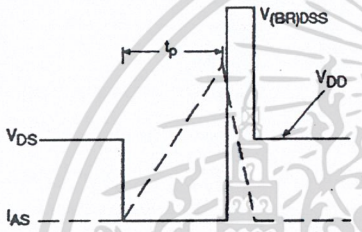


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

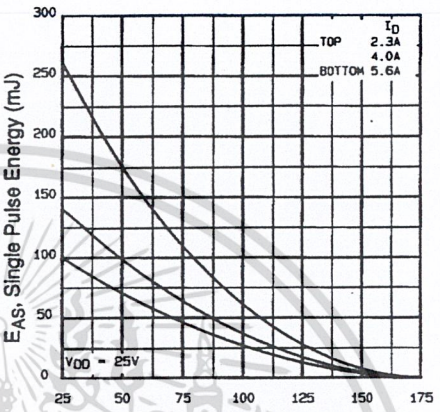


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

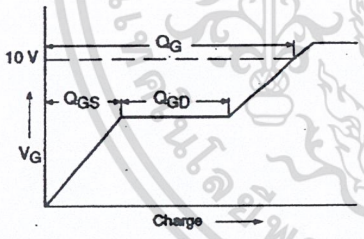


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

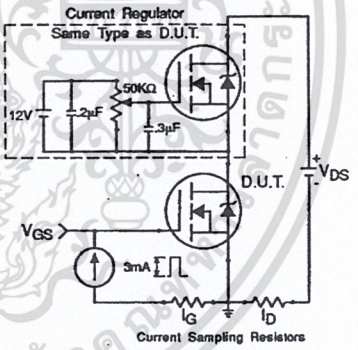


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1509

Appendix C: Part Marking Information – See page 1516

Appendix E: Optional Leadforms – See page 1525

International IOR Rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GlobalOptoisolator™

VDE | UL | CSA | SETI | SEMKO | DEMKO | NEMKO | BABT

6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

4N25
4N25A
4N26
[CTR = 20% Min]
4N27
4N28
[CTR = 10% Min]

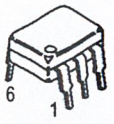
The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- ***To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.***

Applications

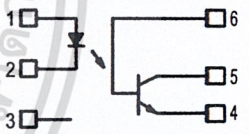
- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A–04

SCHEMATIC



PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Output Detector	P_D	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Input LED	P_D	150	mW
Derate above 25°C		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage(1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	250	mW
Derate above 25°C		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range(2)	T_A	−55 to +100	°C
Storage Temperature Range(2)	T_{stg}	−55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16″ from case)	T_L	260	°C

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

© Motorola, Inc. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)(1)

Characteristic		Symbol	Min	Typ(1)	Max	Unit
INPUT LED						
Forward Voltage (I_F = 10 mA)	T_A = 25°C T_A = –55°C T_A = 100°C	V_F	— — —	1.15 1.3 1.05	1.5 — —	Volts
Reverse Leakage Current (V_R = 3 V)		I_R	—	—	100	µA
Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector–Emitter Dark Current (V_{CE} = 10 V, T_A = 25°C	4N25,25A,26,27 4N28	I_{CEO}	— —	1 1	50 100	nA
(V_{CE} = 10 V, T_A = 100°C)	All Devices	I_{CEO}	—	1	—	µA
Collector–Base Dark Current (V_{CB} = 10 V)		I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1 mA)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage (I_C = 100 µA)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage (I_E = 100 µA)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain (I_C = 2 mA, V_{CE} = 5 V)		h_{FE}	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance (f = 1 MHz, V_{CE} = 0)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{CB} = 0)		C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{EB} = 0)		C_{EB}	—	9	—	pF
COUPLED						
Output Collector Current (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	4N25,25A,26 4N27,28	I_C (CTR)(2)	2 (20) 1 (10)	7 (70) 5 (50)	— —	mA (%)
Collector–Emitter Saturation Voltage (I_C = 2 mA, I_F = 50 mA)		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn–On Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)(3)		t_{on}	—	2.8	—	µs
Turn–Off Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)(3)		t_{off}	—	4.5	—	µs
Rise Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)(3)		t_r	—	1.2	—	µs
Fall Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)(3)		t_f	—	1.3	—	µs
Isolation Voltage (f = 60 Hz, t = 1 sec)(4)		V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance (V = 500 V)(4)		R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)(4)		C_{ISO}	—	0.2	—	pF

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).
2. Current Transfer Ratio (CTR) = I_C/I_F x 100%.
3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.
4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

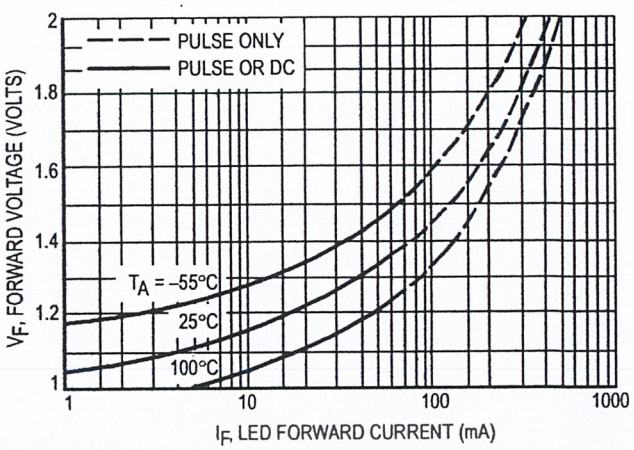


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

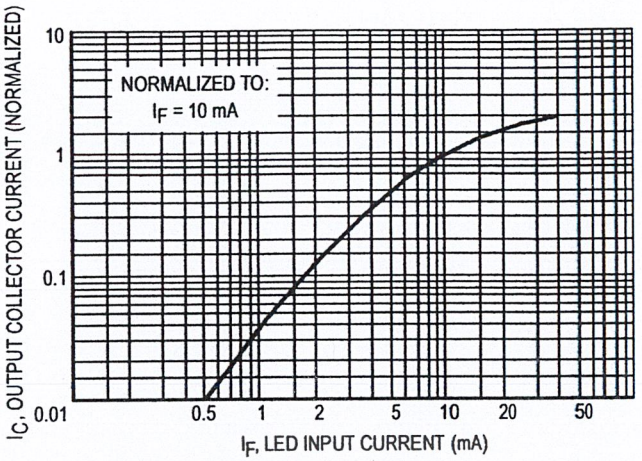


Figure 2. Output Current versus Input Current

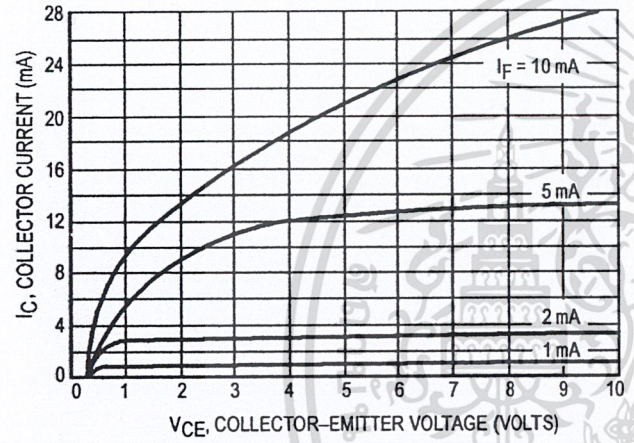


Figure 3. Collector Current versus Collector–Emitter Voltage

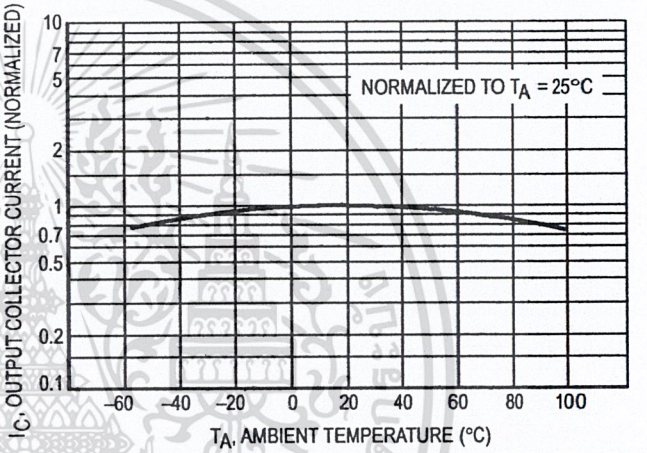


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

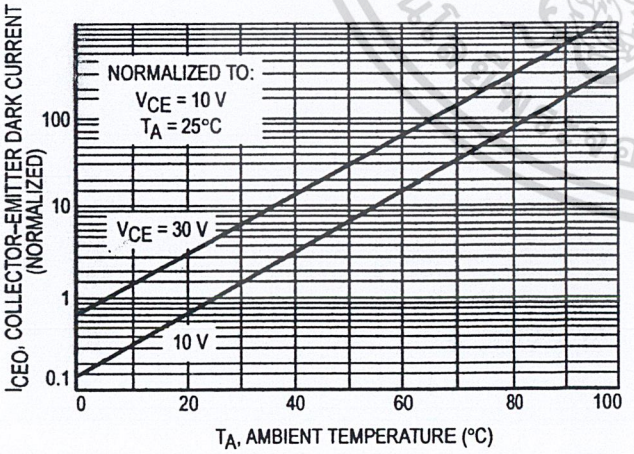


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

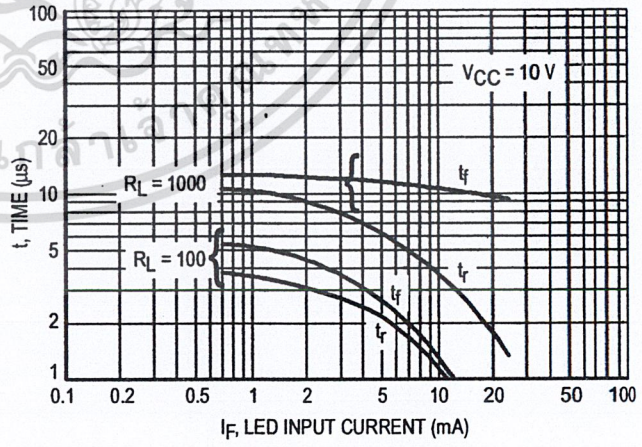


Figure 6. Rise and Fall Times (Typical Values)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

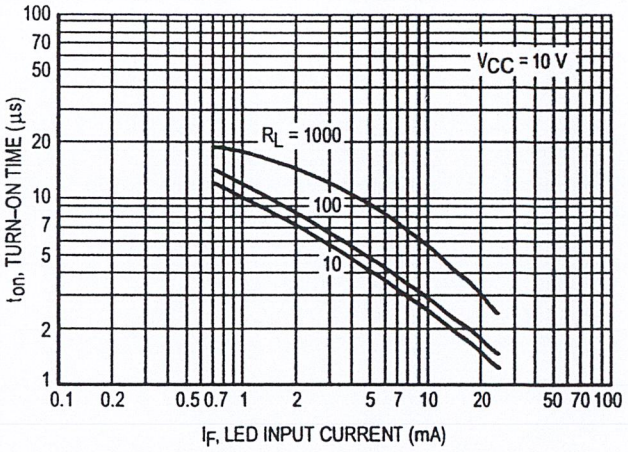


Figure 7. Turn–On Switching Times (Typical Values)

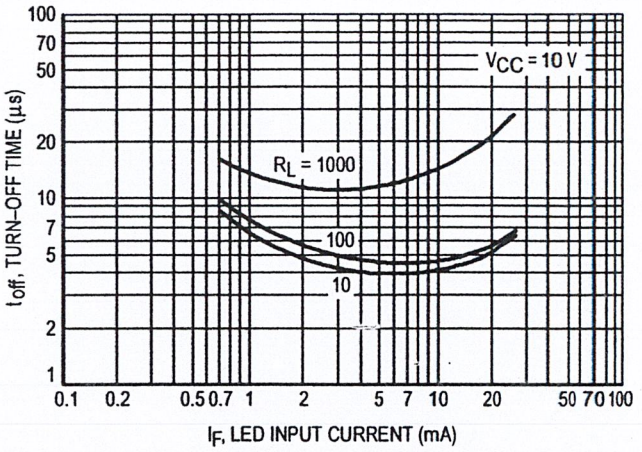


Figure 8. Turn–Off Switching Times (Typical Values)

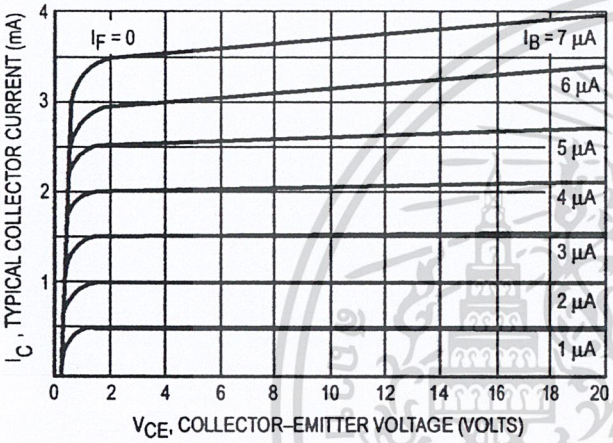


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

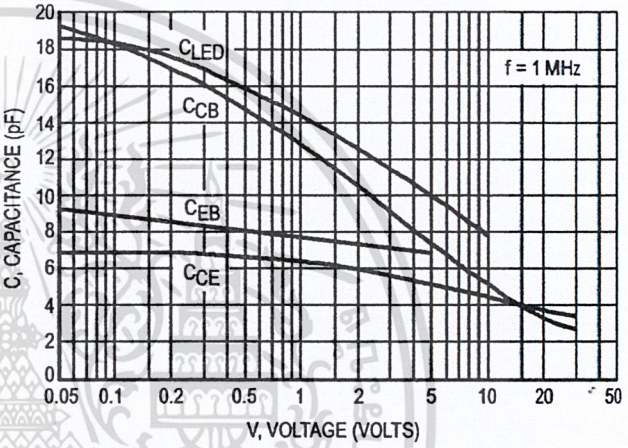


Figure 10. Capacitances versus Voltage

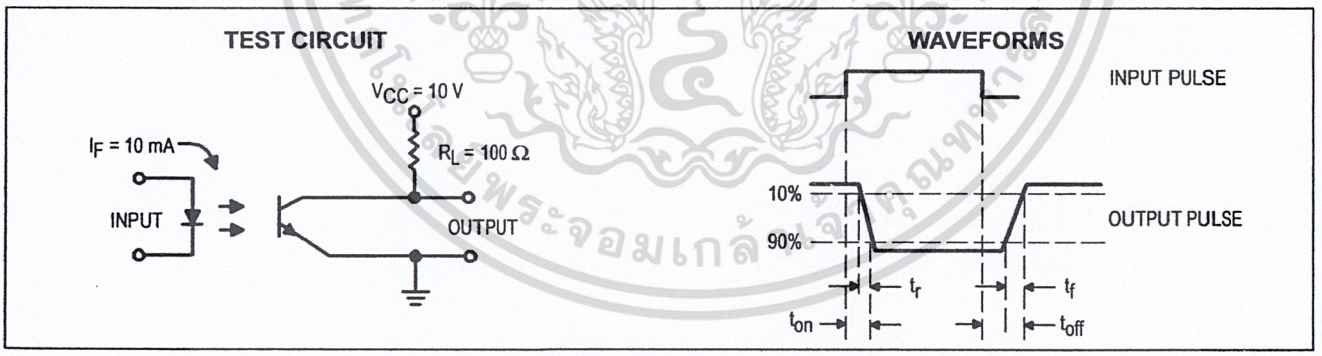
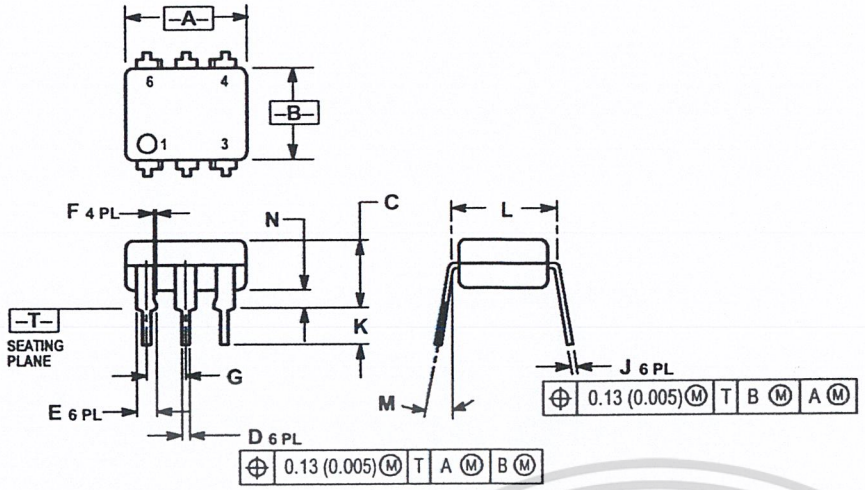


Figure 11. Switching Time Test Circuit and Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

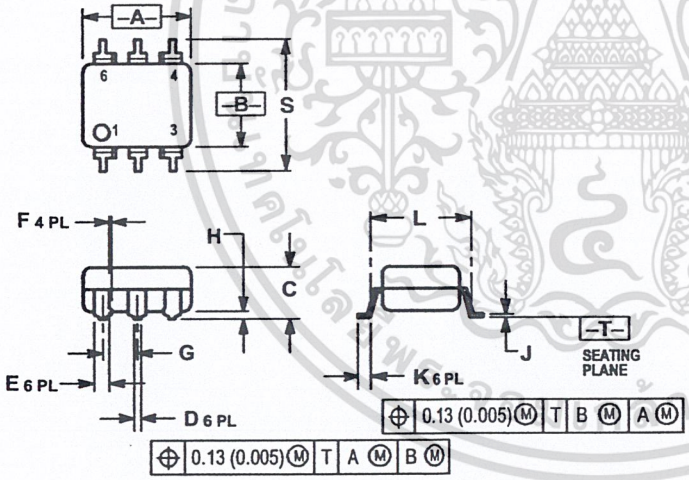


NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.015	0.100	0.38	2.54

STYLE 1:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

CASE 730A–04
ISSUE G

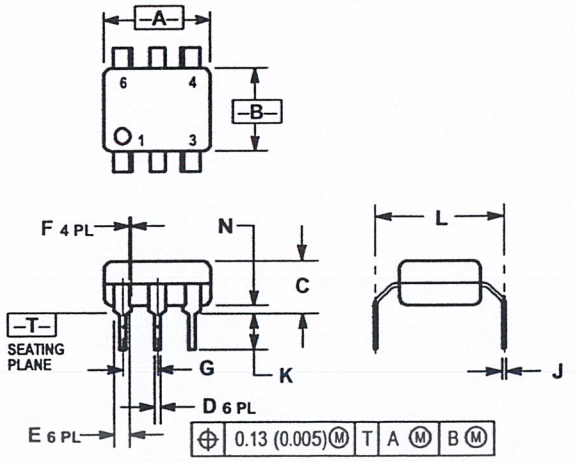


NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.020	0.025	0.51	0.63
J	0.008	0.012	0.20	0.30
K	0.006	0.035	0.16	0.88
L	0.320 BSC		8.13 BSC	
S	0.332	0.390	8.43	9.90

CASE 730C–04
ISSUE D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.400	0.425	10.16	10.80
N	0.015	0.040	0.38	1.02

CASE 730D–05
ISSUE D

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

บรรณานุกรม

กฤษดา ใจเย็น, อรรถพล บุญยะโภคา และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ทอนุกรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ.Visual Basic 5 ฉบับโปรแกรมเมอร์, พิมพ์ครั้งที่ 4 มกราคม 2542.

คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ฟิสิกส์ 2,พิมพ์ครั้งที่ 3. หน้า 102-105 ,สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2539.

John D. Kraus. Electromanetics 3rd Edition , McGraw-Hill Book Company.

Rod Stephen. Visual Graphics Programming Basic , John Wiley & Sons, Inc., 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำโครงงานพิเศษ

นายปลื้มใจ อินช่วย เกิดเมื่อวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนวัดลำกะดาน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2543

นายศิริชัย มินฮายีนุด เกิดเมื่อวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนวัดกระทุ่มเสือปลา เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมักกระสันพิทยา เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2543

นางสาวอุสา อภิญญานุรักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนสายน้ำทิพย์ เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสตรีเศรษฐบุตรบำเพ็ญ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้