

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

Simulated Computed Tomography



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**82449**
วัน,เดือน,ปี.....**11 ก.ค. 2551**

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

๗๑๙๔๗๔X
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

Simulated Computed Tomography

โดย

นางสาวอภิรติ	สวามิชัย	เลขประจำตัวนักศึกษา 47010939
นางสาวอภิษฐา	เรืองโกศล	เลขประจำตัวนักศึกษา 47010943
นางสาวโชติรส	สุควิไล	เลขประจำตัวนักศึกษา 47010196

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

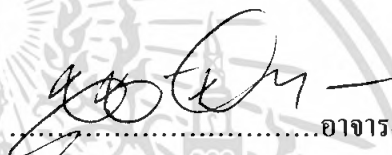
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Simulated Computed Tomography)

ผู้จัดทำ

1. นางสาวอภิรติ สวามิชัย เลขประจำตัวนักศึกษา 47010939
2. นางสาวอภิษฐา เรือง โภศล เลขประจำตัวนักศึกษา 47010943
3. นางสาวโชติรส สุควิไล เลขประจำตัวนักศึกษา 47010196


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

นางสาวอภิรติ สวามิชัย รหัส 47010939
นางสาวอภิษฐา เรืองโกศล รหัส 47010943
นางสาวโชติรส สุดวิไล รหัส 47010196
รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา โครงงาน 2 (รหัสวิชา 01044058) ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้จำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยที่เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยซึ่งใช้ช่วยในการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย โดยเครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมานี้จะอาศัยหลักการการทำงานที่คล้ายคลึงกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ทั่วไปแต่จะมีขนาดที่เล็กกว่าของจริง ซึ่งสามารถที่จะนำวัตถุสอดเข้าไปในเครื่อง และไม่ใช้แสงเอกซเรย์แต่ใช้กล้องถ่ายภาพของวัตถุโดยรอบ แล้วนำภาพนั้นมาผ่านกระบวนการจัดการทางภาพ (Image Processing) เพื่อใช้ในการจัดการกับภาพของวัตถุที่เป็นภาพสองมิติให้กลายเป็นภาพสามมิติที่เหมือนกับวัตถุจริง แล้วนำภาพนั้นแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้น โครงงานนี้จะประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่ใช้ในการจับภาพของวัตถุ ซึ่งก็คือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Simulated CT scan) ที่เราสร้างขึ้นมา และ ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulated Computed Tomography

Miss Apirati Sawamichai ID 47010939

Miss Apitta Ruangkosol ID 47010943

Miss Chotirot Sudwilai ID 47010196

Assoc.Dr. Chuchart Pintaviruj Advisor

Educational Year 2007

Abstract

This thesis is a part of Project 2 (01044058) which describes the simulation of computed tomography. Computed tomography is a useful technology to diagnose patient's sickness. The function of the simulated computed tomography is similar to the real CT scan but is resized and doesn't use the x-ray. It could insert an object into simulated scanner attached with camera to take pictures around an object. The pictures will be processed by the specific program to reconstruct and model the object. This project has 2 main parts which are simulated computed tomography and image processing program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ส่วนประกอบของโครงการ	2
1.4 โครงสร้างของรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	
2.1 เทคโนโลยีการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย	3
2.1.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan)	3
2.1.2 เครื่องตรวจพลังแม่เหล็ก (MRI)	5
2.1.3 D.S.A.	6
2.1.4 PET Scan	7
2.2 มาตรฐานไดคอม (DICOM Standard)	9
2.2.1 ประวัติความเป็นมา	9
2.2.2 ส่วนหัวของไดคอม (DICOM Header)	9
2.2.3 มาตรฐานไดคอม	10
2.3 Voxel	18
2.4 RGB Model	18
2.5 ภาพ Bitmap	19
2.6 ภาพ Raw	19
2.7 Computer Graphic	19
2.8 OpenGL	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 Rendering	23
2.10 Lighting	24
2.11 RAY-CASTING	24
2.12 VTK (Visualization ToolKit)	28
2.13 Image Reconstruction	30
2.14 วิธีการสร้างข้อมูลโปรเจกชัน	34
2.14.1 เอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี	34
2.14.2 คอมพิวเตอร์อิมิตชัน โทโมกราฟี	35
2.14.3 อุตตราซาวด์คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี	36
2.14.4 ทฤษฎีฟูเรียร์สไลซ์	37
2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์	40
2.15.1 ความหมายต่างๆ	41
2.15.2 การสื่อสารแบบอนุกรม	46
2.15.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน RS-232	47
2.15.4 กิ่งและการเชื่อมต่อของกิ่ง	49
2.16 สเต็ปมอเตอร์	49
2.17 วงจรขับ (DRIVE)	54
บทที่ 3 การออกแบบ	
3.1 ส่วนของกลไกที่ใช้ในการทำงาน	57
3.1.1 วงจรที่ใช้ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์	57
3.1.2 วงจรขับมอเตอร์	59
3.2 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการทำงาน	60
3.2.1 โปรแกรมในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์	60
3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของกิ่ง	61
3.2.3 โปรแกรมในการทำ Reconstruction เพื่อให้ได้ภาพ Raw	61
3.2.4 โปรแกรมอ่านภาพทางการแพทย์	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองส่วนของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์	66
4.2 การทดลองส่วนการรับภาพและบันทึกภาพ	67
4.3 การทดลองส่วนโปรแกรม Simulated Computed Tomography	71
4.4 แสดงส่วนการ Import Dicom	72
4.5 แสดงส่วน Dicom Header	73
4.6 แสดงส่วนภาพแนว Axial ,Saggital และ Coronal	74
4.7 แสดงส่วน VTK Rendering ของภาพไดค้อม	77
4.8 แสดงหน้าต่างการทำ Image Reconstruction	78
4.9แสดงผลการ Reconstruction	79
4.10แสดงผลการ Render โดย VTK Rendering	80
บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผล	
5.1 สรุปผลการทดลอง	87
5.2 สรุปผลการปฏิบัติงาน	87
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน	88
5.4 แนวทางในการแก้ไข	88
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบ	1
รูปที่ 2.1 แสดงเครื่อง CT scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย	4
รูปที่ 2.2 ภาพที่ได้จากเครื่อง CT scan	4
รูปที่ 2.3 แสดงเครื่อง MRI scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย	5
รูปที่ 2.4 ภาพที่ได้จากเครื่อง MRI scan	6
รูปที่ 2.5 แสดงเครื่อง D.S.A. scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย	6
รูปที่ 2.6 ภาพที่ได้จากเครื่อง D.S.A. scan	7
รูปที่ 2.7 แสดงเครื่อง PET scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย	8
รูปที่ 2.8 ภาพที่ได้จากเครื่อง PET scan	8
รูปที่ 2.9 แสดง Data Element	10
รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตของไดคอม	10
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์แต่ละส่วนของมาตรฐานทั้ง 9 ส่วน	11
รูปที่ 2.12 แสดง Data Set และ Data Element	12
รูปที่ 2.13 แสดง DICOM และ OSI Basic Model	14
รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของ DICOM Message	14
รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมของ DICOM Protocol	15
รูปที่ 2.16 แสดง DICOM Model สำหรับ Media Storage	16
รูปที่ 2.17 แสดง Media Storage และ ส่วนของ DICOM	17
รูปที่ 2.18 แสดงไฟล์ฟอร์แมตและไฟล์เซท	17
รูปที่ 2.19 สถาปัตยกรรมของ OpenGL	23
รูปที่ 2.20 แสดงชนิดของแสงที่ตกกระทบพื้นผิว	24
รูปที่ 2.21A แสดงลักษณะภาพสองมิติ	26
รูปที่ 2.21B แสดงฉายในการฉายภาพสามมิติ	26
รูปที่ 2.22 แสดงการประยุกต์ใช้งานของ RAY-CASTING ที่จะใช้แสดงภาพภูมิประเทศ	26
รูปที่ 2.23 ภาพจาก Wolfenstein 3D (iD Software)	27
รูปที่ 2.24 ภาพจาก 7 th Guest (Virgin Software/Trylobyte)	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.25 VTK downloads	29
รูปที่ 2.26 VTK Packages	29
รูปที่ 2.27 ฟังก์ชัน $P_\theta(t)$ คือ โปรเจกชันของ $f(x,y)$ ที่มุม θ	30
รูปที่ 2.28 สาธิตการโปรเจกชันแบบขนาน	31
รูปที่ 2.29 สาธิตการโปรเจกชันแบบลำแสงพัด	31
รูปที่ 2.30 (a) แพนทอมหัวของ Shepp และ Logan (b) ข้อมูลโปรเจกชันของภาพ Shepp Logan ประกอบด้วยวงรีหลายๆวงรี	32
รูปที่ 2.31 สาธิตการโปรเจกชันของวงรี	33
รูปที่ 2.32 สาธิตการโปรเจกชันของวงรีที่เอียง	33
รูปที่ 2.33 ลำแสงขนานของเอ็กซ์เรย์ที่ทะลุผ่านร่างกายมนุษย์	34
รูปที่ 2.34 ภาพตัดขวางของส่วนของร่างกายที่เป็นแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา	36
รูปที่ 2.35 เรย์ AB แทนการเดินทางของพัลส์อัลตราซาวด์ภายใต้เงื่อนไขที่เป็นอุดมคติ	37
รูปที่ 2.36 สาธิตทฤษฎี Fourier Slice Theory	38
รูปที่ 2.37 สาธิตการใส่การแปลงฟูเรียร์ 1 มิติของข้อมูลโปรเจกชันในระนาบความถี่ 2 มิติ	40
รูปที่ 2.38 ขาของ AT89C51	40
รูปที่ 2.39 แสดงสัญญาณการรับและส่งข้อมูลในโหมด 0	45
รูปที่ 2.40 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลในโหมด 1	46
รูปที่ 2.41 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลในโหมด 2	46
รูปที่ 2.42 แสดง DB-9 ที่ใช้ในการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม	47
รูปที่ 2.43 (ก) โครงสร้าง (ข) วงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด	51
รูปที่ 2.44 แสดงวิธีจับเอาท์พุทของสเต็ปมอเตอร์	54
รูปที่ 2.45 วงจรสมมูลย์ (equivalent circuit) ของสเต็ปมอเตอร์	54
รูปที่ 2.46 การใช้ไดโอดชัฟเฟรสเซอร์	55
รูปที่ 2.47 การใช้ไดโอดและตัวต้านทานชัฟเฟรสเซอร์	55
รูปที่ 2.48 การใช้ซีเนอร์ชัฟเฟรสเซอร์	56
รูปที่ 2.49 การใช้ตัวเก็บประจุชัฟเฟรสเซอร์	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.1 วงจรที่ใช้ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์	57
รูปที่ 3.2 แสดงขาของไอซี MAX232	57
รูปที่ 3.3 แสดงขาไอซี AT89C51	58
รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้ในการจับสเต็ปมอเตอร์	59
รูปที่ 3.5 Flow Chart การทำงานของมอเตอร์ที่รับค่าจากพอร์ตอนุกรม	60
รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการ Reconstruction	61
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 8 บิต	62
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 8 บิตที่เป็น Stack	62
รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 16 บิต	62
รูปที่ 3.10 แสดงภาพไดคอม	63
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ DICOM	64
รูปที่ 3.12 แสดง pipeline ของกระบวนการการrender	64
รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการRender	65
รูปที่ 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของVolume	65
รูปที่ 4.1 แสดงการจัดวางของกล้องที่จับภาพจากวัตถุ	66
รูปที่ 4.2 โปรแกรมที่ออกแบบ	67
รูปที่ 4.3 แสดงการรับภาพจากกล้องแสดงบนโปรแกรม	68
รูปที่ 4.4 เมื่อกดปุ่ม Setting จะปรากฏ Dialog box ในการปรับค่าต่างๆ ของกล้อง	69
รูปที่ 4.5 Dialog box ปรับแต่งค่าของกล้อง	69
รูปที่ 4.6 แสดงการบันทึกภาพที่จับได้ลงในโฟลเดอร์ ที่กำหนดไว้	70
รูปที่ 4.7 แสดงส่วนโปรแกรม Simulated Computed Tomography	71
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนการ Import Dicom	72
รูปที่ 4.9 แสดงส่วน Dicom Header	73
รูปที่ 4.10 แสดงส่วน Axial	74
รูปที่ 4.11 แสดงส่วน Saggital	75
รูปที่ 4.12 แสดงส่วน Coronal	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 แสดงส่วนของ VTK Rendering ของภาพใดคอม	77
รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างการทำ Image Reconstruction	78
รูปที่ 4.15 แสดงผลการ Reconstruction	79
รูปที่ 4.16 แสดงผลการrenderที่มุม projection 45°	80
รูปที่ 4.17 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°	80
รูปที่ 4.18 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°	80
รูปที่ 4.19 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 2000	81
รูปที่ 4.20 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 6000	81
รูปที่ 4.21 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 12000	81
รูปที่ 4.22 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 2000	82
รูปที่ 4.23 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 6000	82
รูปที่ 4.24 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 12000	82
รูปที่ 4.25 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 2000	83
รูปที่ 4.26 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 6000	83
รูปที่ 4.27 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 12000	83
รูปที่ 4.28 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 2000	84
รูปที่ 4.29 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 6000	84
รูปที่ 4.30 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7° ที่ระดับ function filter 12000	84
รูปที่ 4.31 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 2000	85
รูปที่ 4.32 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 6000	85
รูปที่ 4.33 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9° ที่ระดับ function filter 12000	85
รูปที่ 4.34 แสดงผลภาพวัตถุทรงกลมที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง	86
รูปที่ 4.35 แสดงผลภาพขวดที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง	86
รูปที่ 4.36 แสดงผลภาพแตรที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง	86

อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง RAY-CASTING และ RAY-TRACING	27
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติพิเศษของพอร์ต 3 ของ AT89C51	42
ตารางที่ 2.3 แสดงบิตต่างๆ ของ SCON	43
ตารางที่ 2.4 แสดงโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม	44
ตารางที่ 2.5 แสดงหน้าที่ต่างๆ ของขา DB-9	48
ตารางที่ 2.6 แสดงมุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่เฟสต่าง ๆ 8 ตำแหน่ง	51
ตารางที่ 2.7 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Half Step	52
ตารางที่ 2.8 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Full Step	52
ตารางที่ 2.9 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Half Step	53
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงหน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ของ MAX232	58
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณสมบัติพิเศษของพอร์ต 3 ของ AT89C51	59

บทที่ 1

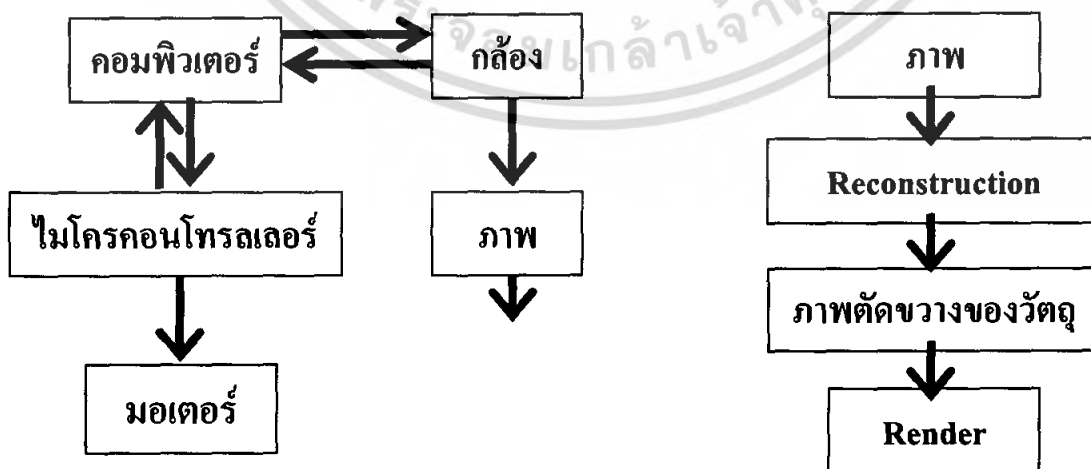
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เนื่องจากทางคณะผู้จัดทำได้สังเกตพบว่า ในปัจจุบันวิทยาการทางการแพทย์ได้มีความเจริญก้าวหน้าขึ้นมาก คงจะสังเกตได้จากเครื่องเอกซเรย์ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นวิวัฒนาการที่ทันสมัยที่จะช่วยให้แพทย์สามารถตรวจสอบโครงสร้างของกระดูก, อวัยวะต่างๆภายในร่างกาย หรือแม้กระทั่งเป็นเลือดและเส้นประสาท จึงทำให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคต่างๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น

เครื่องจำลองการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมานี้ จะอาศัยหลักการการทำงานที่คล้ายคลึงกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ทั่วไปแต่จะมีขนาดที่เล็กกว่าของจริงและจะใช้กล้องถ่ายภาพถ่ายภาพของวัตถุแทนรังสีเอกซเรย์ แล้วนำมาผ่านกระบวนการทาง Image processing เพื่อใช้ในการจัดการกับภาพของวัตถุที่เป็นภาพ 2 มิติ ให้กลายเป็นภาพ 3 มิติ ที่เหมือนกับวัตถุจริง เพื่อแสดงภาพออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

ดังนั้นโครงการนี้จะกล่าวถึงการจำลองภาพ 3 มิติจากวัตถุ โดยทำการรับภาพนิ่งจากกล้องในมุมต่างๆ ที่ได้จากการหมุนของกล้องจนครบ 360 องศา หลังจากนั้นจะนำภาพที่ได้มาประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรม C++ Builder เพื่อจำลองออกมาเป็นภาพ 3 มิติ ซึ่งจะแสดงภาพนั้นออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ สำหรับการหมุนของกล้องนั้นสามารถควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์แล้วจะส่งคำสั่งผ่านทางพอร์ตอนุกรม ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามต้องการ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณภาพกลับมาที่คอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผลภาพ



รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการทำโครงการนี้ก็เพื่อศึกษาการนำภาพที่ได้รับจากวัตถุจริงมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ และจำลองภาพออกมาเป็น 3 มิติ โดยอาศัยการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม C++ Builder นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการควบคุมการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ สำหรับการจัดทำรายงานเพื่อเสนอรายละเอียดของโครงการนี้จะทำให้ทราบถึงการนำเสนอโครงการ การจัดลำดับในการทำงานรวมถึงรูปแบบการนำเสนอให้ถูกต้อง และสามารถนำเสนอเนื้อหาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการนี้ก็คือ ประสบการณ์ที่ใช้ในการคิดและวิเคราะห์การทำงาน การคิดแปลง การตัดแปลง การแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น มีความสามารถในการทำรายงานนำเสนอผลงานในลักษณะที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ การนำเสนอโครงการ ตลอดจนถึงการจัดลำดับของการทำงาน ว่าควรที่จะจัดลำดับการทำงานอย่างไรเพื่อให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพดีและสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

1.3 ส่วนประกอบของโครงการ

1. กล้อง เป็นตัวจับภาพ และส่งภาพที่จับได้กลับไปยังคอมพิวเตอร์ผ่าน USB Port เพื่อนำไปประมวลผลภาพต่อไป
2. คอมพิวเตอร์ จะเป็นตัวทำการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องโดยใช้โปรแกรม C++ Builder และยังเป็นตัวส่งคำสั่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวรับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และส่งสัญญาณกลับไปยังคอมพิวเตอร์
4. สเต็ปมอเตอร์ ใช้ในการหมุนกล้อง

1.4 โครงสร้างของรายงาน

รายงานเล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมทฤษฎี อธิบายขั้นตอน และวิธีในการออกแบบ โดยมีเนื้อหา ดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ จะกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างโปรแกรมนี้

บทที่ 3 การออกแบบ จะกล่าวถึงในส่วนของการออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

2.1 เทคโนโลยีการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย

การดูแลรักษาผู้ป่วยไม่ว่าจะเป็นโรคอะไรก็ตาม แพทย์จะเริ่มจากการซักถามประวัติการเจ็บป่วยว่าเป็นมาอย่างไร? เป็นมานาน้อยเพียงไร? จากนั้นจึงจะทำการตรวจร่างกายอย่างละเอียด เพื่อค้นหาความผิดปกติ หรือร่องรอยการเป็นโรคต่างๆ ถ้ายังได้ข้อมูลเพื่อการวินิจฉัยโรคไม่เพียงพอ ก็จะมีการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ เช่น การเจาะเลือด ตรวจปัสสาวะ เอกซเรย์ หรือตรวจอัลตราซาวด์ โรคโดยส่วนใหญ่ เมื่อตรวจเพียงเท่านี้ ก็มักจะสามารรถให้การรักษาได้แล้ว

แต่ในบางโรคนั้น การตรวจเท่านี้ยังไม่เพียงพอ ยังจะต้องอาศัยเครื่องมือที่มีเทคโนโลยีที่ซับซ้อน ทันสมัยยิ่งขึ้นมาช่วยในการวินิจฉัยโรคให้ถูกต้องแม่นยำการักษาโรคอย่างมีประสิทธิภาพจึงจะเกิดขึ้นได้

มีเทคโนโลยีทันสมัย ซึ่งจำเป็นต้องมีเพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย ได้แก่ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ CT scan (Computerized Tomography Scan), เครื่องตรวจพลังแม่เหล็ก MRI (Magnetic Resonance Imaging), เครื่องตรวจหลอดเลือด DSA (Digital Subtraction Angiography) และ PET Scan

2.1.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan)

หลักการทำงานคือ ให้ผู้ป่วยนอนบนเตียง เข้าไปในเครื่อง ซึ่งมีหลอดเอกซเรย์ถ่ายภาพตัดขวาง ตามแนวตัดขวางของอวัยวะ ที่เราอยากทราบ แล้วสร้างรูปเป็นรูปภาพของอวัยวะภายใน และภายนอกที่เหมือนอวัยวะจริงๆ ของมนุษย์ เปรียบเสมือนการเอามัดหรือเครื่องตัดไข่ ตัดลงไปบนไข่ต้มแล้วมาดูเป็นแว่นๆ สามารถเห็นความผิดปกติของอวัยวะภายในอย่างละเอียด เหมือนของจริง

โดยทั่วไปภาพของอวัยวะที่ต้องการตรวจ จะถูกตัดออกมาเป็นภาพหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ในกรณีที่ยากให้บางกว่านั้น ก็สามารถตัดให้บางได้ถึง 1-2 มิลลิเมตร เครื่องมือนี้สามารถทำให้เราเห็นความผิดปกติในอวัยวะของมนุษย์ช่วยให้ แพทย์ทราบความผิดปกติของผู้ป่วย และตัดสินใจรักษาโรคได้ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยอายุ 45 ปี มีประวัติแขนและขาซ้ายอ่อนแรงทันทีทันใดใน 1 ชั่วโมง แพทย์ทั่วไปทราบว่าเป็นโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดทางสมอง ซึ่งมี 2 ภาวะคือ เส้นเลือดแตก หรือเส้นเลือดตีบตัน การรักษาแต่ละอย่างจะตรงกันข้าม เช่น ในกรณีเส้นเลือดอุดตัน

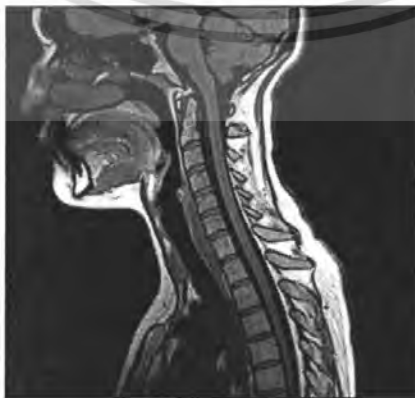
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัน เราให้ยาละลายลิ่มเลือดได้ แต่ถ้าเส้นเลือดแตกไม่ให้เกิดการรักษาโดยยาละลายลิ่มเลือด เพราะเลือดจะออกมากขึ้น ดังนั้นแพทย์จึงจำเป็นต้องทราบความผิดปกติของโรคให้ถูกต้อง โดยการส่งตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) ดูเนื้อสมองว่าเป็นภาวะใด จะเห็นได้ว่าการตรวจนี้มีความจำเป็นจริงๆ ในการให้การรักษาผู้ป่วยประเภทนี้

ในบางกรณีที่มีผู้มีเส้นเลือดแตกในสมอง การฉีดยาเข้าไปในเส้นเลือด อาจเห็นภาวะเส้นเลือดโป่งพองใหญ่ๆ ในสมองหรือเส้นเลือดผิดปกติในสมอง ที่เป็นสาเหตุของเลือดออกในสมองได้ แต่ข้อจำกัดของเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) คือ ในบริเวณอวัยวะส่วนที่มีกระดูกบังอาจเห็นไม่ชัด เพราะถูกกระดูกรอบๆ รบกวนการสร้างภาพ เช่น บริเวณแกนสมอง บริเวณประสาทไขสันหลัง ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นหาเครื่องมือใหม่มาตรวจบริเวณเหล่านี้ คือ



รูปที่ 2.1 แสดงเครื่อง CT scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย



รูปที่ 2.2 ภาพที่ได้จากเครื่อง CT scan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องตรวจพลังแม่เหล็ก (MRI)

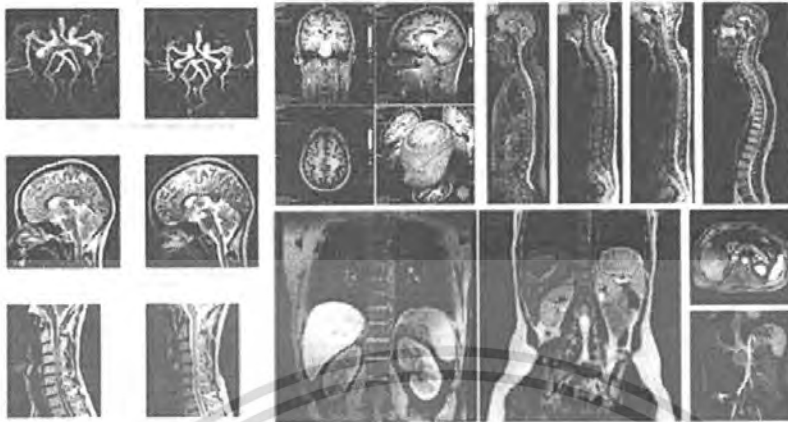
MRI scan เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจอวัยวะของร่างกายได้ทุกส่วน ข้อดีคือ ไม่ถูกรบกวนโดยกระดูกของร่างกาย และไม่มีผลทางรังสีต่อผู้ป่วย เพราะใช้หลักการของคลื่นวิทยุ และคลื่นแม่เหล็ก สามารถสร้างภาพในแนวต่างๆ ที่เราต้องการ โดยให้ผู้ป่วยนอนนิ่งๆ สามารถสร้างภาพในแนวตั้ง ตะแคง แนวนอน หรือแนวเฉียง แล้วแต่เราว่าต้องการจะให้เกิดภาพในแนวใด ข้อเสียคือผู้ป่วยต้องนอนนิ่งๆ ใช้เวลานานกว่าการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) ธรรมดา ตัวอย่างเช่น การตรวจสมองใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ขณะที่เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ CT scan ใช้เวลาประมาณ 10-30 นาที

ในแง่ของการตรวจแกนสมอง และไขสันหลัง อาจเรียกได้ว่า MRI scan เป็นเครื่องมือชนิดเดียวที่จะเห็นความผิดปกติของแกนสมอง และไขสันหลังได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถเห็นความผิดปกติของเส้นเลือดได้อย่างคร่าวๆ อาจวินิจฉัยภาวะเส้นเลือดโป่งพองหรือเส้นเลือดอุดตันได้ชัดเจนในผู้ป่วยบางราย โดยไม่ต้องฉีดสารทึบแสง หรือฉีดสีเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยในกรณีที่ผู้ป่วยต้องได้รับการฉีดสารแม่เหล็กเข้าหลอดเลือดเพื่อวินิจฉัยโรคบางอย่าง ก็ไม่มีผลต่อไตของผู้ป่วย ไม่เหมือนสารทึบแสงที่ใช้ในเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) อย่างไรก็ตามการดูเส้นเลือดผิดปกติเส้นเล็กๆ ก็ยังให้ภาพและความชัดเจนสู้ การฉีดสีและทำการตรวจหลอดเลือดด้วยเอกซเรย์ไม่ได้ โดยเฉพาะการเอกซเรย์โดยใช้เครื่อง D.S.A



รูปที่ 2.3 แสดงเครื่อง MRI scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



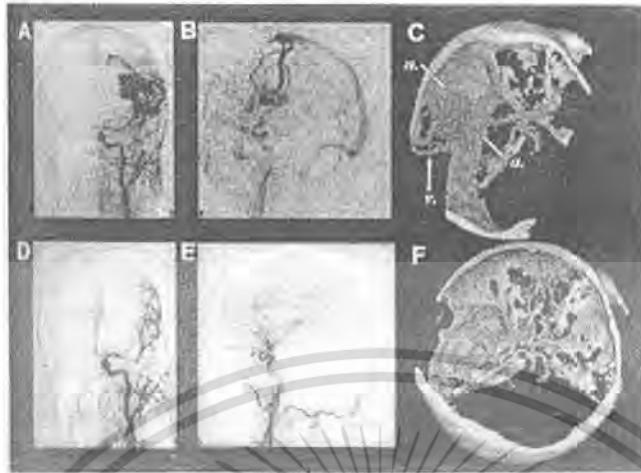
รูปที่ 2.4 ภาพที่ได้จากเครื่อง MRI scan

2.1.3 D.S.A.

เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการของหลอดเลือดถ่ายภาพอวัยวะของผู้ป่วย แล้วจะลบภาพอวัยวะเดิมออก เพื่อจะให้ถ่ายภาพเห็นเฉพาะเส้นเลือดที่เราอยากจะตรวจ โดยการฉีดสารทึบแสง แล้วถ่ายภาพบริเวณนั้นซ้ำให้เห็นภาพของเส้นเลือดอย่างละเอียดได้เลย โดยไม่มีภาพอวัยวะข้างเคียงมาคบบัง ซึ่งจะให้เห็นความผิดปกติของเส้นเลือดอย่างละเอียดขนาด 2-3 มิลลิเมตร ก็สามารถจะเห็นได้ ราคาเครื่องประมาณ 20 ล้านบาท การตรวจต้องใช้เครื่องมือพิเศษสอดเข้าไปในหลอดเลือดเพื่อดูความผิดปกติของเส้นเลือด ที่ใช้กันมาก คือตรวจเส้นเลือดในสมอง หรือเส้นเลือดหัวใจ แขน ขา เป็นต้น ต้องใช้แพทย์ผู้ชำนาญ ผู้ช่วยและผู้ร่วมงานที่มีความสามารถเฉพาะทาง



รูปที่ 2.5 แสดงเครื่อง D.S.A. scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพที่ได้จากเครื่อง D.S.A. scan

2.1.4 PET Scan

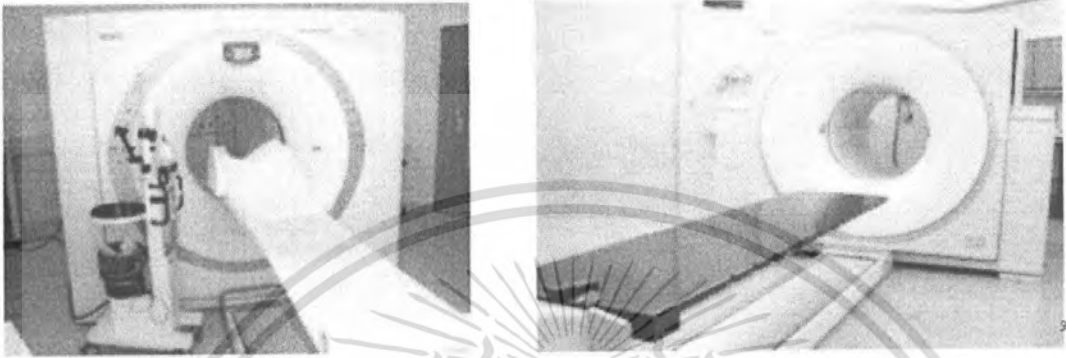
เครื่อง PET Scan หรือที่เรียกว่า (CT – PET) เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง ด้านการวินิจฉัยด้วยภาพ ซึ่งแตกต่างจากภาพที่ได้จากการตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT – Scan) อย่างเดียว เครื่องนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็น CT Scan ให้ภาพการวินิจฉัยโดยแสดงรายละเอียดของอวัยวะต่าง ๆ ซ้อนรวมกัน ส่วนที่ 2 ที่เป็น PET ซึ่งจะสามารถแสดงจุดที่เซลล์เนื้อเยื่อมีการทำงานผิดปกติไป เช่น เซลล์มะเร็งหรือเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดไปเลี้ยง

รูปที่ได้จะเห็นเด่นชัดทำให้สามารถเห็นความผิดปกติและวางแผนรักษาได้ นอกจากนี้การตรวจด้วย PET – CT จะเห็นความผิดปกติได้ทั้งตัวในการตรวจเพียงครั้งเดียว ในกรณีผู้ป่วยโรคมะเร็งที่ได้ผลชิ้นเนื้อแล้วจะดูว่าเนื้อร้ายแพร่กระจายไปที่อวัยวะอื่นทั่วตัวหรือไม่ การติดตามผู้ป่วยอาจพบมีก้อนขึ้นใหม่บริเวณเดิม ซึ่งการตรวจ CT หรือ MRI (เครื่องตรวจด้วยคลื่นสะท้อนในสนามแม่เหล็ก) ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นก้อนพังผืดที่เป็นผลจากการรักษาหรือเป็นก้อนเนื้อออก

ผู้ป่วยที่มีอาการสงสัยว่าจะเป็นมะเร็ง โดยที่มีผลการตรวจในห้องปฏิบัติการผิดปกติ แต่การตรวจร่างกายและเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ธรรมดา (CT) ไม่สามารถหาก้อนหรือความผิดปกติได้ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดไปเลี้ยง PET – CT จะบอกได้ว่ากล้ามเนื้อหัวใจบริเวณที่ขาดเลือดนั้นจะสามารถกลับคืนเป็นกล้ามเนื้อหัวใจปกติหรือไม่ (หลังการผ่าตัดต่อหลอดเลือดหรือการขยายหลอดเลือดแล้ว) การตรวจนี้จะได้ข้อมูลเหมือนกันกับการตรวจด้วย MRI ที่มีคุณสมบัติในการทำ Functional study ได้ ผู้ป่วยโรคลมชัก PET – CT จะสามารถแสดงจุดในสมองที่เซลล์มีการทำงานผิดปกติที่ทำให้ผู้ป่วยเกิดการชักได้ ทำให้วางแผนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าตัดได้อย่างแม่นยำ ในผู้ป่วยโรคสมองเสื่อม PET – CT จะสามารถบอกสาเหตุของโรคสมองเสื่อมเพื่อประโยชน์ในการรักษาอย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.7 แสดงเครื่อง PET scan ใช้การถ่ายภาพโครงสร้างภายในร่างกาย



รูปที่ 2.8 ภาพที่ได้จากเครื่อง PET scan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มาตรฐานไดคอม (DICOM Standard)

2.2.1 ประวัติความเป็นมา

เนื่องจากในยุค 70 ได้เริ่มมีการใช้ computed tomography (CT) และ การรักษาโดยใช้ Digital Imaging อื่นๆ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ในการรักษา ดังนั้น American College of Radiology (ACR) และ National Electrical Manufacturers Association (NEMA) จึงได้ตระหนักในเวลานั้นว่าควรจะมีการจัดทำมาตรฐานในการจัดรูปแบบรูปภาพระหว่างอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่งอย่างเร่งด่วน

American College of Radiology (ACR) และ National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ได้ร่วมมือกันในปี 1983 ได้ถูกพัฒนามาจากความร่วมมือกับองค์กรอื่นๆ รวมถึง TC251 ในยุโรป และ JIRA ในญี่ปุ่น และมีการตรวจสอบโดย IEEE, HL7 และ ANSI ในสหรัฐอเมริกา เพื่อ พัฒนามาตรฐานดังนี้

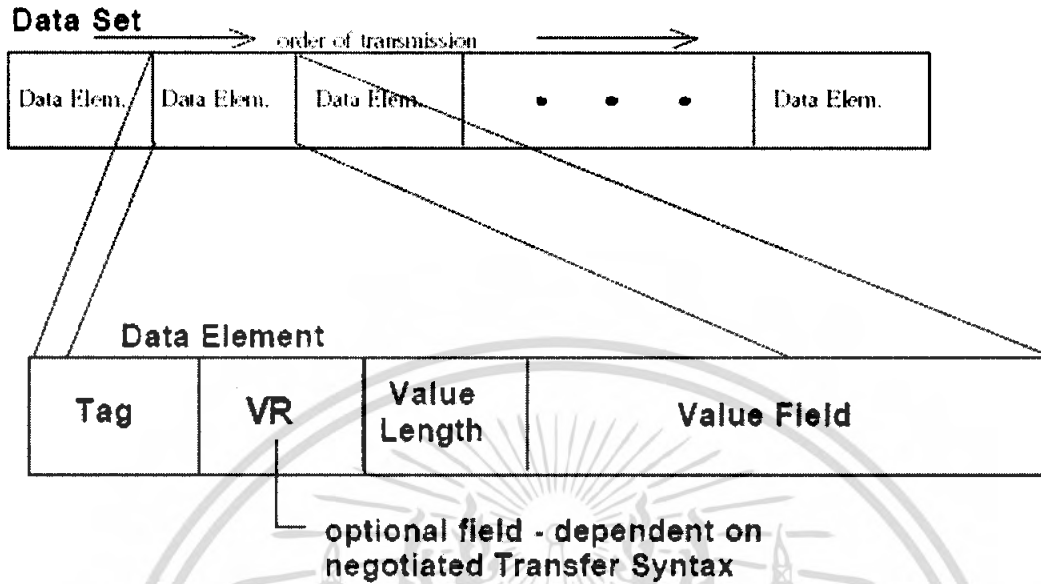
- เพื่อพัฒนาการสื่อสารของข้อมูลภาพดิจิทัลโดยไม่คำนึงถึงผู้ผลิต
- อำนวยความสะดวกในการพัฒนาและขยายระบบข้อมูลภาพและการสื่อสาร(PACS) ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารกับระบบของโรงพยาบาลอื่นๆ
- อนุญาตให้ผู้สร้างฐานข้อมูลการรักษาสามารถซักถามโดยความหลากหลายทางอุปกรณ์ซึ่งได้กระจายไปตามที่ต่างๆ

โดยให้ชื่อมาตรฐานนี้ว่า DICOM ซึ่งมาจากคำว่า Digital Imaging and Communication in Medicine ซึ่งมาตรฐานนี้แบ่งออกเป็น 18 ส่วนซึ่งอธิบายการจำแนกรูปแบบของไฟล์ (File Format) สำหรับการจำแนกรูปภาพ โดยรูปแบบนี้เป็นการขยายมาตรฐาน NEMA ซึ่งมีมาก่อนหน้า โดยไฟล์ไดคอมจะประกอบไปด้วยส่วนหัว(Header) ซึ่งเป็นส่วนเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชื่อผู้ป่วย ชนิดของสแกน ชนิดของรูปภาพ เป็นต้น และส่วนของรูปภาพซึ่งจะเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Raw ไฟล์

2.2.2 ส่วนหัวของไดคอม (DICOM Header)

รูปที่(อย่าลืมสแกน) แสดงไฟล์รูปไดคอมในตัวอย่างนี้ 794 ไบท์แรกจะถูกใช้สำหรับส่วนหัวของไดคอมซึ่งระบุทิศทางของรูปและเก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (Text) เกี่ยวกับการสแกน ขนาดของส่วนหัวนี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ โดยข้อมูล 128 ไบท์แรกจะเป็น 0 หลังจากนั้นไบต์ต่อๆมาจะตามด้วย D, I, C และ M และหลังจากนั้นจะตามด้วยข้อมูลซึ่งในที่นี้คือ Data Element ดังภาพที่ โดย Data Element ประกอบไปด้วย Tag, VR, Value Length และ Value Field โดยที่ Tag เป็นข้อมูลขนาด 4 ไบท์, VR เป็นข้อมูลขนาด 2 ไบท์, Value Length เป็นข้อมูลขนาด 2 ไบท์ และ Value Field เป็นข้อมูลที่ถูกระบุโดยส่วนของ Value Length

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



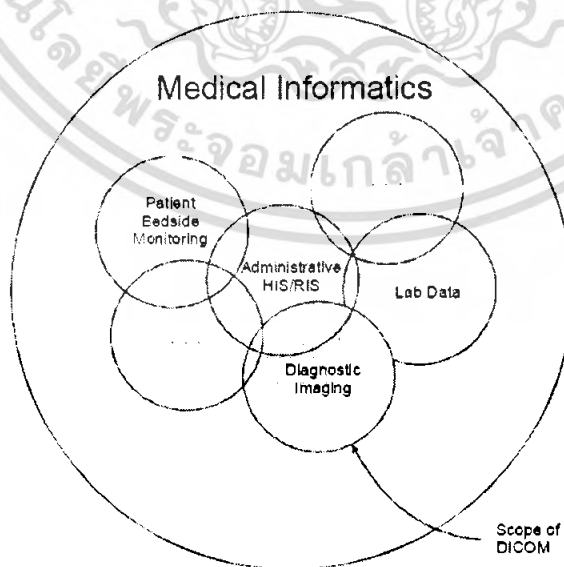
รูปที่ 2.9 แสดง Data Element

2.2.3 มาตรฐานไดคอม

มาตรฐาน 18 ส่วนประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. Introduction and Overview ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วย

1.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)



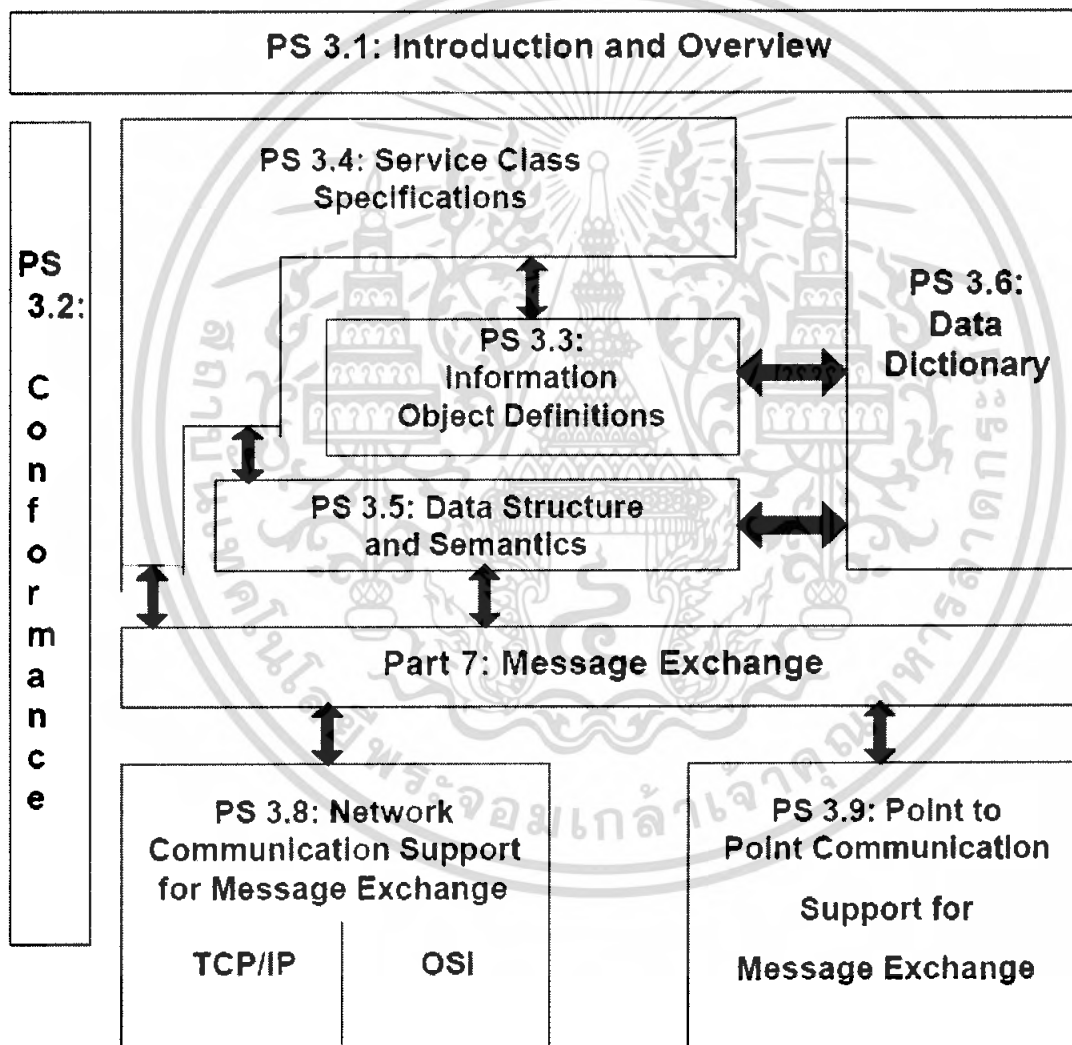
รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตของไดคอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)
- 1.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)
- 1.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)
- 1.5 เป้าหมายของมาตรฐานไคคอม (Goals of DICOM Standard)
- 1.6 การอธิบายถึงมาตรฐานไคคอมอย่างคร่าวๆ (Overview of the DICOM

Standard)

- 1.7 ความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของไคคอม (Relationship of Part of the Standard)



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์แต่ละส่วนของมาตรฐานทั้ง 9 ส่วน

2. ความเกี่ยวข้องกัน (Conformance) มาตรฐานส่วนที่สองนี้ประกอบด้วย

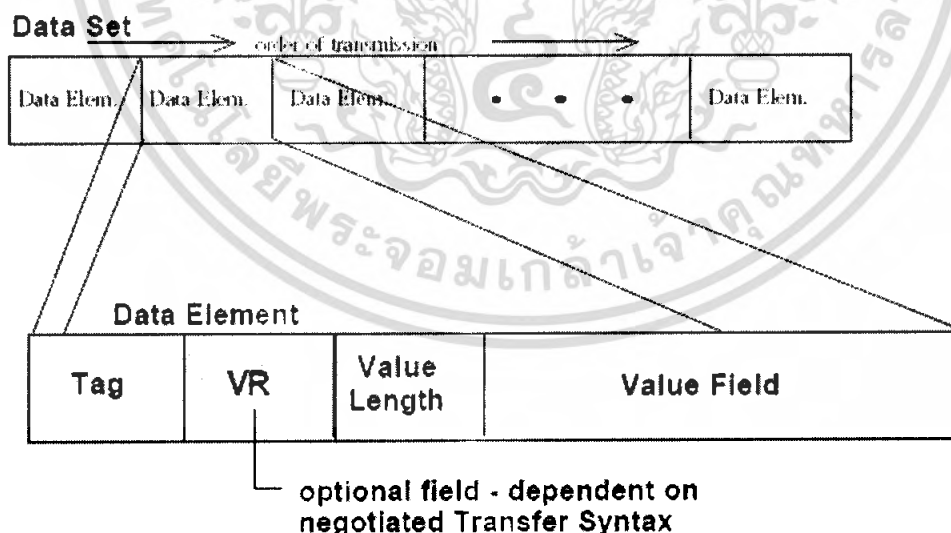
2.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)
- 2.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)
- 2.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)
- 2.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)
- 2.6 จุดประสงค์ในการทำห้วข้อนี้ (Purpose of a Conformance Statement)
- 2.7 ข้อเรียกร้องในห้วข้อนี้ (Conformance Requirement)

3. โครงสร้างข้อมูลและการถอดรหัสข้อมูล (Data Structure and Encoding) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- 3.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)
- 3.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)
- 3.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)
- 3.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)
- 3.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)
- 3.6 ค่าที่ใช้ในการถอดรหัสข้อมูล (Value Encoding) โดยส่วนนี้จะเป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดในการถอดรหัสข้อมูล
- 3.7 ชุดข้อมูล (Data Set) ซึ่งแสดง Data Set และ Data Element มีโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 2.12 แสดง Data Set และ Data Element

นอกจากนี้ยังมีการแสดง Group Length ชนิดต่างๆอีกด้วย

3.8 การถอดรหัสข้อมูลของข้อมูลพิกเซล (Encoding of Pixel Data)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 Unique Identifiers (UIDs)

3.10 Transfer Syntax

4. พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

4.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)

4.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)

4.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)

4.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)

4.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)

4.6 ข้อมูลของไดคอบดาตาเอลิเมนต์ (Registry of DICOM Data Elements)

4.7 ข้อมูลของไดคอบเมตาเอลิเมนต์ (Registry of DICOM Meta Elements)

4.8 ข้อมูลของไดคอบไดเรกทอรีสตรัคเจอร์เอลิเมนต์ (Registry of DICOM

Directory Structuring Elements)

5. การแลกเปลี่ยนข้อความ (Message Exchange)

5.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)

5.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)

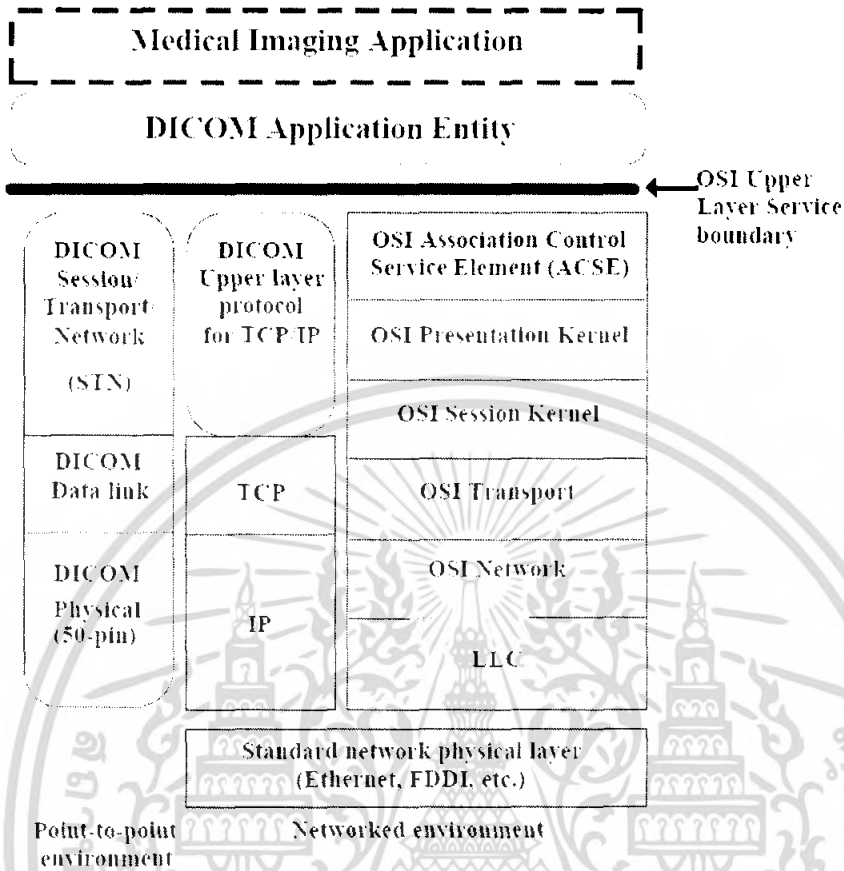
5.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)

5.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)

5.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)

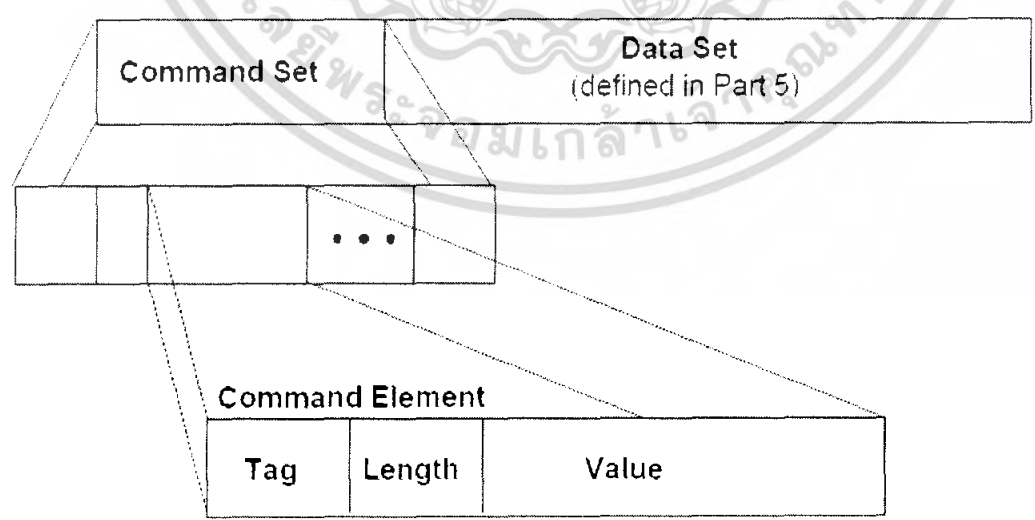
5.6 การบริการข้อมูล (Service Context) ซึ่งในส่วนนี้กำหนด DICOM Message

Service Element และ Protocol ภายใน context ของ DICOM โดย DICOM และ OSI ได้กำหนดมาตรฐานร่วมกันดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดง DICOM และ OSI Basic Model

DICOM Message



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของ DICOM Message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 สรุปเนื้อหาคร่าวๆของ Service (Service Overview)

5.8 สรุปเนื้อหาคร่าวๆของ Protocol (Protocol Overview)

5.9 DIMSE-C

5.10 DIMSE-N

6. การสื่อสารข้อมูลของเครือข่ายซึ่งสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อความ (Network Communication Support for Message Exchange) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

6.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)

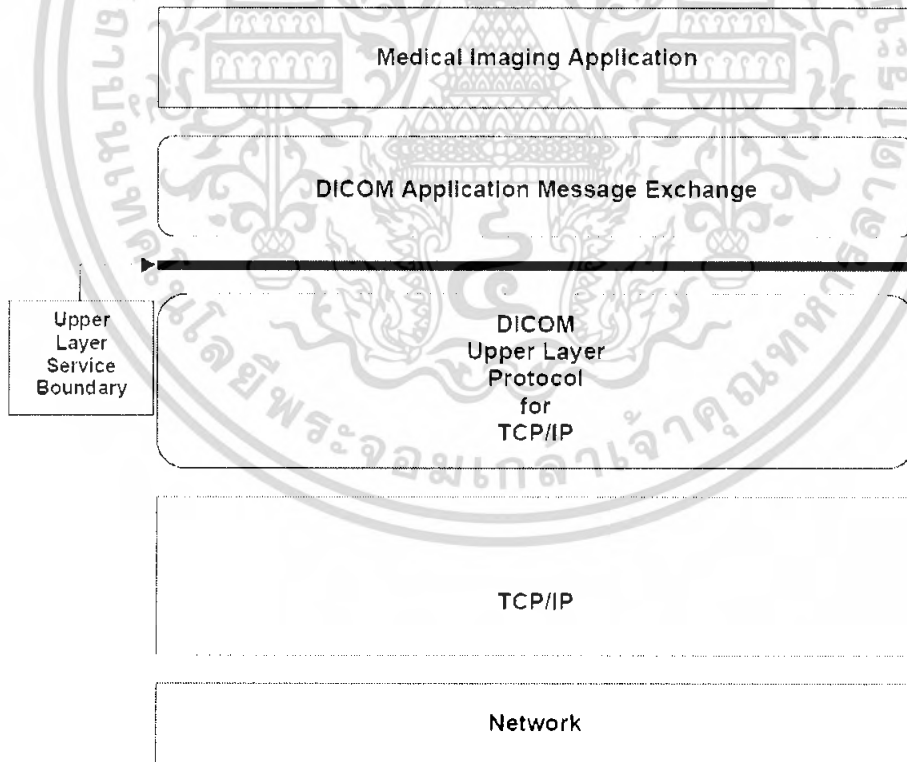
6.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)

6.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)

6.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)

6.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)

6.6 การสื่อสารข้อมูลเครือข่ายซึ่งสนับสนุนสิ่งรอบข้าง (Network communication support environment) โดยสถาปัตยกรรมของไดค่อมโพรโตคอลแสดงดังภาพที่



รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมของ DICOM Protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 เลขที่รับของ OSI Layer Service สำหรับ DICOM (OSI upper layer service for DICOM application entities)

6.8 Retired

6.9 โพรโตคอลเลขที่รับของ ไดคคอมสำหรับ TCP/IP (DICOM Upper Layer Protocol for TCP/IP)

6.10 ข้อตกลง (Conformance)

7. การเก็บข้อมูลและชนิดของไฟล์สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล (Media Storage and File Format for Media Interchange)

7.1 ขอบเขตของมาตรฐาน (Scope and Field of Application)

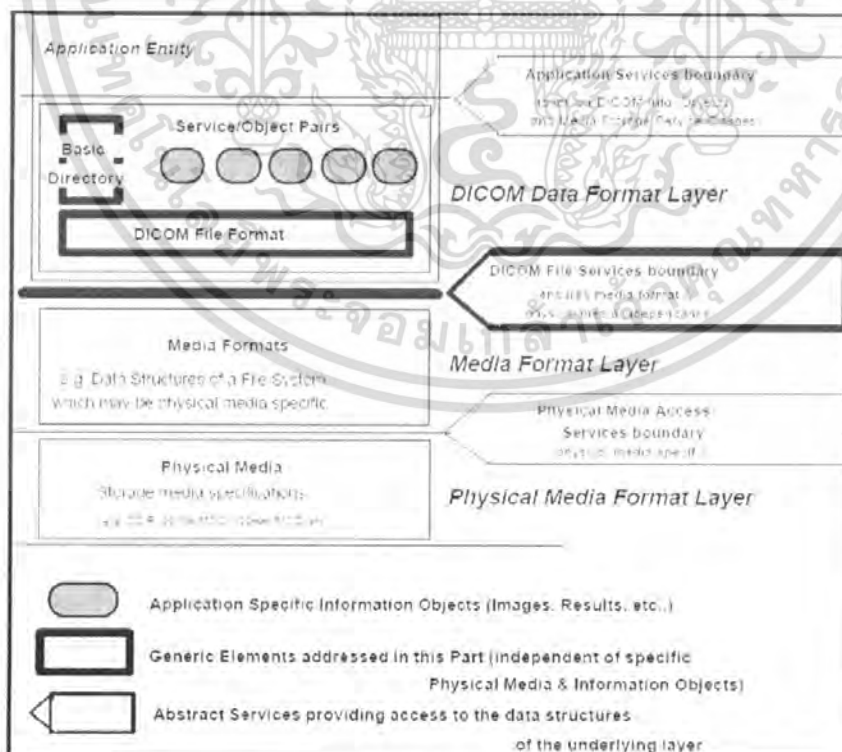
7.2 กฎเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง (Normative References)

7.3 คำจำกัดความต่างๆ (Definition)

7.4 คำย่อและสัญลักษณ์ (Symbols and Abbreviation)

7.5 ข้อตกลงในการใช้สัญลักษณ์ต่างๆ (Conventions)

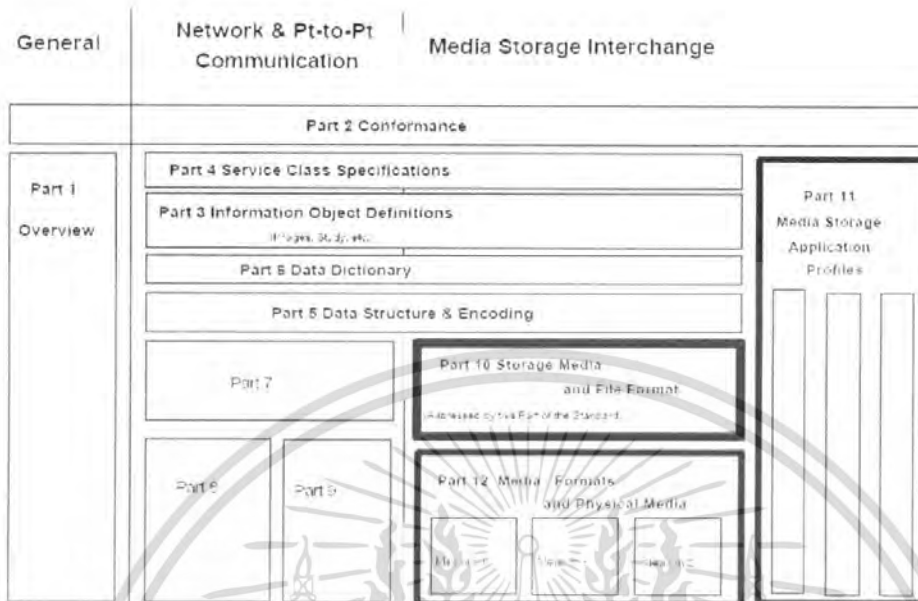
7.6 แบบจำลองของไดคคอมสำหรับการเก็บข้อมูล (DICOM Models for Media Storage)



รูปที่ 2.16 แสดง DICOM Model สำหรับ Media Storage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

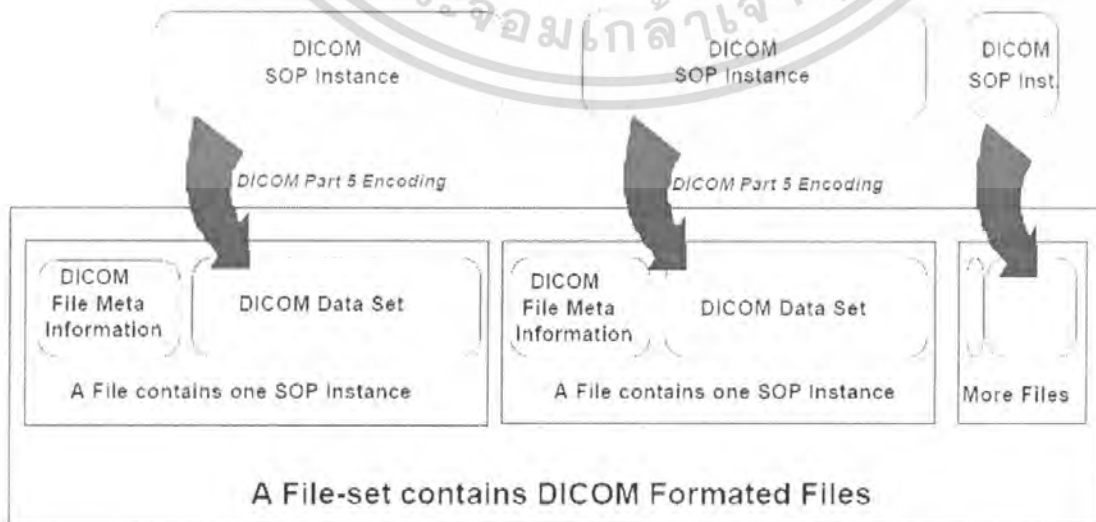
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



- Initial Parts of DICOM
- Parts to support Media Storage Interchange
- The Part of the DICOM Standard

รูปที่ 2.17 แสดง Media Storage และ ส่วนของ DICOM

- 7.7 รูปแบบของไฟล์ DICOM (DICOM File Format)
- 7.8 DICOM File Service
- 7.9 Conformance Requirement



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.18 แสดงไฟล์ฟอร์เมทและ ไฟล์เซต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ประวัติโดยย่อของการเก็บข้อมูล (Media Storage Application Profiles)
9. ชนิดของข้อมูลและข้อมูลที่เป็นรูปธรรมสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล (Media Formats and Physical Media for Media Interchange)
10. ข้อมูลเกรย์สเกลมาตรฐานสำหรับแสดงผลของฟังก์ชัน (Grayscale Standard Display Function)
11. ระบบความปลอดภัยและระบบการจัดการประวัติโดยย่อ (Security and System Management Profiles)
12. หัวข้อของการแมปปีงข้อมูล (Content Mapping Resource)
13. การอธิบายข้อมูล (Explanatory Information)
14. Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO)

2.3 Voxel

Voxel เป็น Primitive ที่มีลักษณะชนิดพิเศษก็คือ เป็น Primitive ที่แสดงวัตถุอยู่ในรูปของปริมาตรหรือ Volume Representation ซึ่งแตกต่างจาก Polygon หรือ Parametric Surface ที่แสดงในลักษณะของพื้นผิวหรือ Boundary Representation ดังนั้น Voxel จึงมีลักษณะที่ตันหรือมีปริมาตรภายใน

Voxel แสดงปริมาตรวัตถุโดยการ แบ่งปริมาตรของวัตถุออกเป็นปริมาตรที่เล็กลงเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาดเล็กที่มีขนาดที่เท่ากันหรือมีขนาดที่แตกต่างกันก็ได้ซึ่งจะเห็นว่า Voxel ก็คือ Discrete Volume นั่นเอง จึงสามารถเปรียบเทียบ Voxel ได้กับ Pixel ที่เป็น Discrete Area ได้ หมายความว่า Voxel ก็คือ Pixel ในสามมิติ

Voxel ถูกใช้ในวงการแพทย์เพื่อทำการสร้างภาพจาก CT Scan ที่มีลักษณะคล้ายภาพเอกซเรย์ในสองมิติแต่เป็นการ Scan เป็นภาพของ Cross Section หลายๆชั้นจากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาแปลงให้อยู่ในรูปของ Voxel เพื่อที่จะสามารถเห็นภาพภายในร่างกายแบบสามมิติ และใช้ในการวินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้อง Voxel ต้องการการ Render ที่มีลักษณะเฉพาะ โดยจะต้องเป็น renderer ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้มีความสามารถในการ Render Voxel โดยเฉพาะเนื่องจาก Volume Rendering นั้นจะแตกต่างจาก Surface Rendering ทั่วไป

2.4 RGB Model

จอภาพทั่วไปสามารถแสดงสีที่แตกต่างกันได้เพียง 10 ถึง 12 บิต เท่านั้นอีกทั้งตาของมนุษย์สามารถที่จะแยกแยะสีต่างๆได้ประมาณ 10 ล้านสีและจอภาพก็ไม่สามารถที่แสดงสีเหล่านั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทั้งหมด ดังนั้นการใช้ข้อมูลสีที่มีขนาด 8 บิต/ชานแนล หรือ 256 ระดับในแต่ละ Channel ที่สามารถแสดงสีที่แตกต่างกันได้ทั้งหมดประมาณ 16.7 ล้านสีนั้นก็เพียงพอที่จะแสดงสีที่มนุษย์เห็นได้อย่างเป็นธรรมชาติและใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลสีเพียง 4 Bytes/Pixel เท่านั้น

ดังนั้นในการใช้ระบบ RGB ทั่วไปจึงกำหนดค่า Intensity เป็น 8 Bits ซึ่งเท่ากับ 256 ระดับในแต่ละ Channel แต่เนื่องจากภาพ DICOM เป็นภาพ 16 Bits ดังนั้นการที่จะทำให้ภาพมีสีที่ถูกต้องจึงต้องทำการ Mapping เพื่อให้ได้สีของภาพที่ต้องการ

2.5 ภาพ Bitmap

BMP (Bit mapped) ไฟล์รูปแบบนี้ใช้เฉพาะในระบบปฏิบัติการ Windows โดยทั่วไปไฟล์ชนิดนี้จะไม่ถูกบีบอัด ประโยชน์โดยทั่วไปของไฟล์ BMP คือ ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางเรียบง่าย และถูกใช้ในโปรแกรมวินโดวทุกชนิด โดยทั่วไปไฟล์ BMP ถูกใช้ในโปรแกรม Paint ซึ่งไฟล์ที่ได้จากโปรแกรมนี้จะเป็นไฟล์ที่ไม่ถูกบีบอัดนอกจากนี้รูปภาพจาก Scanner จะถูกเก็บเป็นไฟล์ BMP ด้วย

2.6 ภาพ Raw

ภาพ RAW เป็นรูปแบบภาพที่ใช้ในกล้องดิจิทัลบางชนิด โดยไฟล์ชนิดนี้เป็นไฟล์ที่มีการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย(lossless)ดังนั้นจึงทำให้ไฟล์ชนิดนี้มีขนาดใหญ่ แต่ภาพ RAW นั้นเป็นภาพที่ไม่เป็นมาตรฐานเดียวกันในแต่ละผู้ผลิตและสำหรับโปรแกรมเกี่ยวกับกราฟิกหรือโปรแกรมเกี่ยวกับการปรับแต่งภาพอาจจะไม่สนับสนุนไฟล์ภาพ RAW และส่วนใหญ่กล้องดิจิทัลจะสนับสนุนการบันทึกภาพเป็นภาพชนิด TIFF เท่านั้น ซึ่งภาพ TIFF นั้นเป็นภาพที่มีความละเอียดมากกว่าภาพ RAW ในเดือนกันยายนปี 2004 Adobe ได้ทำการกำหนดมาตรฐานภาพ RAW ซึ่งถูกใช้ในแต่ละกล้องดิจิทัลในแต่ละผู้ผลิต โปรแกรมเกี่ยวกับการปรับแต่งภาพอาจจะไม่สนับสนุนไฟล์ภาพ RAW และส่วนใหญ่กล้องดิจิทัลจะสนับสนุนการบันทึกภาพเป็นภาพชนิด TIFF เท่านั้น ซึ่งภาพ TIFF นั้นเป็นภาพ

2.7 Computer Graphic

Computer Graphic หมายถึง การสร้างและการจัดการกับภาพกราฟิกโดยใช้คอมพิวเตอร์ (ซึ่งโดยมากจะเป็นการแสดงผลทางจอภาพ และเครื่องพิมพ์ชนิดต่างๆ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างภาพกราฟิกด้วยคอมพิวเตอร์ มีวิธีการสร้าง 2 แบบ คือ แบบบิตแมพ (Bit Mapped) และแบบเวกเตอร์ (Vector) หรือสโตรก (Stroked) แต่ละแบบวิธีการสร้างภาพดังต่อไปนี้

1. กราฟิกแบบบิตแมพ

กราฟิกแบบบิตแมพความหมายที่ค่อนข้างจะตรงไปตรงมา คือ มีลักษณะเป็นช่องๆ เหมือนตาราง แต่ละบิตก็คือส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ซึ่งก็คือสวิตช์ปิดเปิดในหน่วยความจำ "1" หมายถึงเปิด และ "0" หมายถึงปิด) และสวิตช์ปิดเปิดนี้ก็ยังคงหมายถึงสีดำและสีขาวอีกด้วย ดังนั้น ถ้าเราเอาบิตที่แตกต่างกันในแต่ละตารางมารวมกันเข้า เราจะสามารถสร้างภาพจากจุดดำและขาวเหล่านี้ได้ กราฟิกแบบบิตแมพทุกชนิดมีลักษณะที่เหมือนกันอยู่บางประการ ถ้าทำความเข้าใจส่วนต่างๆ เหล่านี้ เราสามารถที่จะหลีกเลี่ยงหรือป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้

พิกเซล (Pixel) พิกเซล (เป็นคำที่ใช้แทนองค์ประกอบของภาพ) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของภาพบิตแมพ ซึ่งองค์ประกอบย่อยๆ เหล่านี้ถูกรวมกันเข้าทำให้เกิดภาพ เราคงคุ้นเคยกับการที่ส่วนประกอบย่อยๆ มารวมกันเพื่อประกอบเป็นรายการสิ่งของต่างๆ เป็นต้นว่า เอาแต่ละชิ้นของบล็อกกระจกมาประกอบกันเป็นหน้าต่าง แต่ละเข็มของการเย็บปักถักร้อยประกอบกันกลายเป็นผลงานทางด้านเย็บปักถักร้อย 1 ชิ้น หรือแต่ละจุดของโลหะเงินประกอบกันเป็นรูปภาพ 1 รูป นั่นคือองค์ประกอบอาจจะเป็นแก้วชิ้นใหญ่บนหน้าต่าง หรือจุดโลหะเงินเล็กๆ บนแผ่นฟิล์มก็ได้ โดยแต่ละชิ้นเป็นองค์ประกอบที่แยกจากกัน เปรียบเทียบได้กับพิกเซลซึ่งถือเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของรูปภาพ พิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างกราฟิกของคอมพิวเตอร์มาก เพราะทุกๆ ส่วนของกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลายและสีของภาพ ล้วนเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น พิกเซลหนึ่งๆ อาจจะมีขนาดความเข้มและสีแตกต่างกันได้

ในโลกแห่งดิจิทัลของรูปภาพคอมพิวเตอร์พิกเซล ได้ถูกใช้สำหรับสิ่งต่างๆ เป็นต้นว่าจุดแต่ละจุดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จุดแสดงความละเอียดของเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลประเภทกราฟิกอื่นๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งบางครั้งอาจทำให้เราสับสนได้ เพื่อให้เกิดความชัดเจน ขอให้คำจำกัดความดังต่อไปนี้ พิกเซล หมายถึง องค์ประกอบย่อยในไฟล์กราฟิกแบบบิตแมพ วิดีโอพิกเซล หมายถึง องค์ประกอบย่อยของภาพในหน้าจอคอมพิวเตอร์ จุดหรือดอต หมายถึง ความละเอียดของภาพที่พิมพ์โดยเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์

แอสเป็กเรโซของภาพ (Image Aspect Ratio) แอสเป็กเรโซของภาพ คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกเซลทางแนวขวาง และจำนวนพิกเซลทางแนวตั้งที่ใช้ในการสร้างภาพ หากจะยกตัวอย่างเปรียบเทียบกับกระดาษกราฟ จะเห็นได้ว่าภาพบิตแมพใดๆ ก็ตามจะมีจำนวนพิกเซลคงที่ในมิติแนวขวางและแนวตั้ง ซึ่งอัตราส่วนมีไว้อ้างอิงขนาดของภาพและมักจะเขียนในรูปของ 800 x 600 (ซึ่งหมายถึงรูปภาพที่มี 800 พิกเซลในแนวขวาง และ 600 บรรทัดของพิกเซลในแนวตั้ง) เราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณหาจำนวนพิกเซลทั้งหมดในรูปภาพได้โดยการคูณตัวเลขทั้งสองนี้เข้าด้วยกัน นั่นคือรูปภาพที่มีแอสเป็กรโ 800 x 600 จะมีทั้งหมด 480,000 พิกเซล ซึ่งจำนวนดังกล่าวไม่ได้หมายถึงขนาดของไฟล์ของภาพนั้นๆ

รีโซลูชัน (Resolution) รีโซลูชัน (Resolution) หมายถึง รายละเอียดที่อุปกรณ์แสดงกราฟิกชนิดหนึ่งมีอยู่ ค่ารีโซลูชันมักระบุเป็นจำนวนพิกเซลในแนวนอนคือแนวแกน X และจำนวนพิกเซลในแนวตั้งคือแนวแกน Y ดังนั้นรีโซลูชัน 720 x 348 จึงหมายความว่า อุปกรณ์แสดงกราฟิกชนิดนี้สามารถแสดงพิกเซลในแนวนอนได้ไม่เกิน 720 พิกเซล และแสดงพิกเซลในแนวตั้งได้ไม่เกิน 348 พิกเซล ผู้ผลิตอุปกรณ์แสดงกราฟิกบางรายจะระบุค่ารีโซลูชันเป็นระดับสูง (High Resolution) ปานกลาง (Medium Resolution) และระดับต่ำ (Low Resolution) โดยพิจารณาจากจำนวนพิกเซลในแนวนอนเพียงอย่าง 512 เป็นระดับสูง สำหรับจอภาพขนาดปกติ ถ้ามีค่ารีโซลูชันมากกว่า 1500 ตาจะมองไม่เห็นแต่ละพิกเซลคือจะมองเห็นเป็นภาพที่มีความละเอียดคมชัดสูงมาก คอมพิวเตอร์กราฟิกที่ใช้กับฟิล์มถ่ายรูปในระดับมืออาชีพจะต้องใช้ค่ารีโซลูชันสูงถึง 3000

2. กราฟิกแบบเวกเตอร์

กราฟิกแบบเวกเตอร์ต่างจากบิตแมปตรงที่บิตแมปนั้นประกอบไปด้วย จุดต่างๆ มากมาย แต่กราฟิกแบบเวกเตอร์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เป็นตัวสร้างภาพ เช่น วงกลม หรือเส้นตรง เป็นต้น ถึงแม้ว่าอาจจะฟังดูซับซ้อนเล็กน้อยแต่ภาพบางชนิดก็ถูกสร้างได้ง่าย หลักที่จะนำไปสู่กราฟิกแบบเวกเตอร์ก็คือ การรวมเอาคำสั่งทางคอมพิวเตอร์และสูตรทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับออบเจ็กต์ ซึ่งจะปล่อยให้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เช่น จอภาพ หรือเครื่องพิมพ์เป็นตัวกำหนดเองว่าจะวางจุดจริงๆ ไว้ที่ตำแหน่งใดในการสร้างภาพ คุณลักษณะเด่นเหล่านี้ทำให้กราฟิกแบบเวกเตอร์มีข้อ ได้เปรียบ และข้อเสียเปรียบมากมายกับกราฟิกแบบบิตแมป

ออบเจ็กต์ (Object) ออบเจ็กต์ต่างๆ (เช่น วงกลม เส้นตรง ทรงกลม ลูกบาศก์ และอื่นๆ เรียกว่ารูปทรงพื้นฐาน) สามารถใช้ในการสร้างออบเจ็กต์ที่ซับซ้อนขึ้น กราฟิกแบบเวกเตอร์สามารถสร้างรูปภาพโดยการรวมเอาออบเจ็กต์หลายๆ ชนิดมาผสมกันเราสามารถผสมออบเจ็กต์ต่างชนิดกัน (เช่น วงกลมและเส้นตรง) เพื่อสร้างภาพที่แตกต่างกัน กราฟิกแบบเวกเตอร์ใช้คำสั่งง่ายๆ เพื่อสร้างออบเจ็กต์พื้นฐาน ถ้าเขียนเป็นภาษาคำพูดแบบธรรมดา คำสั่งอาจจะอ่านได้ว่า "ลากเส้นตรงจากจุด A ไปยังจุด B" หรือ "ลากวงกลมรัศมี R โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด P"

เปรียบเทียบคุณสมบัติของกราฟิกแบบบิตแมปและภาพแบบเวกเตอร์ ในด้านความเร็วของการแสดงภาพที่จอภาพและความสามารถในการเปลี่ยนขนาดภาพจะได้ผลดังนี้

1. กราฟิกแบบบิตแมปสามารถแสดงให้เห็นที่จอภาพได้เร็วกว่าภาพแบบเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น การแสดงภาพแบบบิตแมปขนาด 1000 ไบต์ จะทำโดยการใช้คำสั่งย้ายข้อมูลขนาด 1000 ไบต์ จากหน่วยความจำที่เก็บภาพไปยังหน่วยความจำของจอภาพ (คือ Video Display Buffer) ภาพนั้นก็จะปรากฏบนจอภาพทันที การแสดงภาพแบบเวกเตอร์คอมพิวเตอร์จะใช้เวลามากกว่า เนื่องจากคอมพิวเตอร์ต้องทำตามคำสั่งที่มีจำนวนมากกว่า

2. การเปลี่ยนแปลงขนาดภาพให้โตขึ้นหรือเล็กลงกว่าภาพเดิม กรณีภาพแบบบิตแมปจะทำได้ไม่มากนัก นอกจากนั้นยังอาจจะทำให้ลักษณะของภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดภาพทำโดยวิธีการเพิ่มหรือลดพิกเซลจากที่มีอยู่เดิม ภาพที่ขยายโตขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกัน ทำให้ขาดความสวยงาม แต่ภาพแบบเวกเตอร์จะสามารถย่อและขยายขนาดได้มากกว่า โดยสัดส่วนและลักษณะของภาพยังคงคล้ายเดิม ยิ่งกว่านั้นเราสามารถขยายเฉพาะความกว้างหรือความสูง เพื่อให้มองเห็นเป็นภาพพอมหรืออ้วนกว่าภาพเดิมได้

2.8 OpenGL

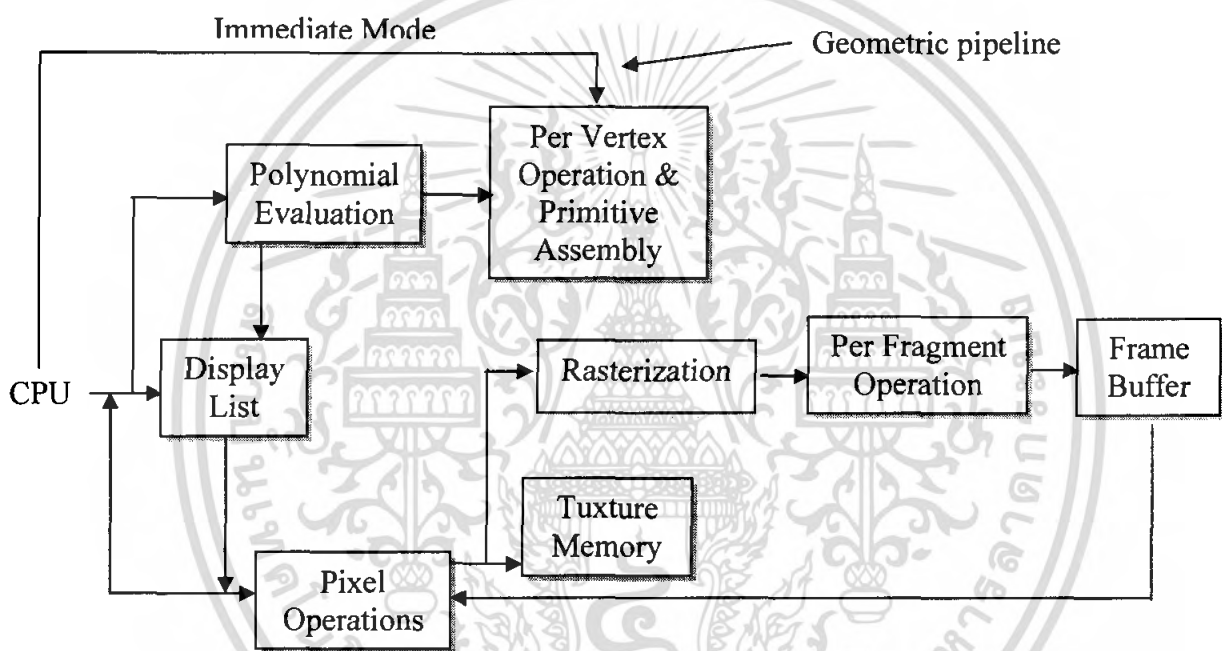
OpenGL (Open Graphics Library) เป็นซอฟต์แวร์ไลบรารี (Software Library) ที่ใช้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์เพื่อการแสดงภาพกราฟฟิก โดย OpenGL จะมีคำสั่งสำหรับการวาดภาพพื้นฐาน คือ จุด เส้น และรูปเหลี่ยมต่างๆ และการแสดงภาพแรสเตอร์ ซึ่งคำสั่งพื้นฐานมีอยู่ประมาณ 120 คำสั่งที่สามารถใช้กำหนดคุณลักษณะ และควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน 3 มิติ ซึ่งผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ไลบรารี OpenGL ได้โดยไม่มีค่าลิขสิทธิ์ ทำให้มีการนำไลบรารีของ OpenGL ไปใช้งานได้อย่างแพร่หลายในงานกราฟฟิก

ภาษาที่สามารถใช้กับ OpenGL มีดังนี้ C/C++ (VC++, Borland C++, C++ Builder, C compiler on UNIX), Delphi, Visual Basic, Java, Perl, Python, Fortran และ Ada เป็นต้น

เนื่องจากโครงสร้างของ OpenGL เป็นอินเทอร์เฟซที่เป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์ (Hardware - Independent interface) และสามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการหลายๆแบบ ไม่ว่าจะเป็น Windows, UNIX, (X Window System), IBM OS/2 หรือ Apple Mac OS ก็ได้ และด้วยเหตุที่ OpenGL ถูกออกแบบให้ทำงานโดยไม่ยึดติดกับระบบ สามารถทำงานได้บนทุกๆแพลตฟอร์ม (Independent Platform) ทำให้ทำงานโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโค้ดโปรแกรมเลย การที่ OpenGL สามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการที่หลากหลายนี้เอง ทำให้ OpenGL ไม่มีคำสั่งที่จัดการกับระบบปฏิบัติการเลย อีกทั้งยังไม่มีคำสั่งเพื่อรับอินพุตจากผู้ใช้อีกด้วย หน้าที่ทั้งสองอย่างนี้เป็นของผู้เขียนโปรแกรม (Programmer) ที่จะต้องออกแบบและเขียนโค้ดเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม ยังมียูทิลิตี้ที่ช่วยจัดการงานทั้งสองนี้หากพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแบบ Windows ยูทิลิตี้ดังกล่าวคือ GLUT (OpenGL Utility Toolkit) นอกจากนี้ OpenGL ยังไม่มีคำสั่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสูงที่จะใช้วัตถุ 3 มิติแบบซับซ้อน เช่น รถยนต์ อวัยวะ หรือ โมเดลต่างๆ สิ่งที่ OpenGL เตรียมไว้มีเพียงการสร้างรูปจำลอง 3 มิติคือรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายได้แก่ จุด เส้น และรูปหลายเหลี่ยมซึ่งผู้ใช้งานจะต้องนำรูปทรงเหล่านี้มาประกอบกันเพื่อให้เกิดรูปทรง 3 มิติที่ซับซ้อน (ไลบรารี Open Inventor ถูกสร้างขึ้นจากชุดคำสั่งของ OpenGL เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดสร้างรูปทรงที่ซับซ้อนได้โดยง่าย)

ปัจจุบัน OpenGL ได้ถูกพัฒนามาจนถึงเวอร์ชัน 2.0 ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ OpenGL ได้จาก <http://www.opengl.org/documentation/spec.html>



รูปที่ 2.19 สถาปัตยกรรมของ OpenGL

2.9 Rendering

ในกระบวนการสร้างภาพ สามมิติด้วยคอมพิวเตอร์นั้นสามารถแบ่งกระบวนการหลัก ๆ ได้ 2 ประเภท คือ การ modeling และการ rendering โดยที่การ modeling คือการสร้างวัตถุด้วย geometric primitive แบบต่างๆไม่ว่าจะเป็น polygon หรือ NURBS รวมถึงการกำหนดแหล่งกำเนิดแสงและมุมมอง ส่วนการ rendering นั้นเป็นขั้นตอนที่จะทำการสร้างภาพโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการ modeling เพื่อทำการแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป ซึ่งจุดมุ่งหมายของการ render ก็คือการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะมาประกอบกันเป็นภาพๆหนึ่ง เพียงแต่แตกต่างจากการสร้างภาพแบบอื่นตรงที่เป็นการสร้างจากข้อมูลของวัตถุในพิกัดสามมิติ ที่ถูกสร้างโดยใช้คอมพิวเตอร์ทั้งหมด ซึ่งการ render นั้นเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก

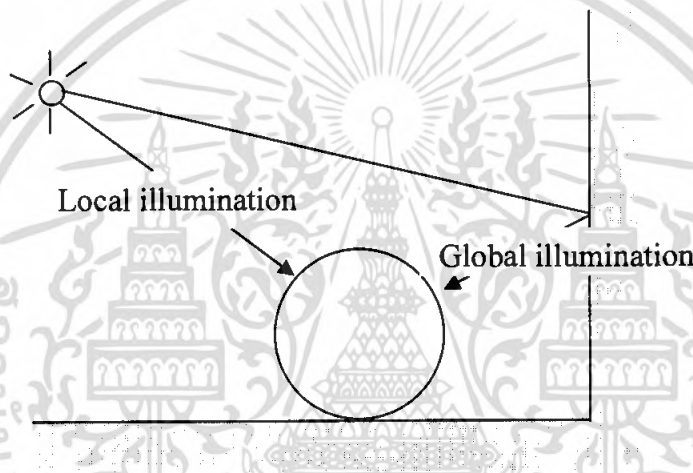
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 Lighting

ในการสร้างภาพสามมิติด้วยคอมพิวเตอร์นั้น แสงที่ตกลงบนพื้นผิวของวัตถุที่ตำแหน่งใดๆ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ local illumination และ global illumination

Local illumination คือการที่แสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบบนพื้นผิววัตถุโดยตรง

Global illumination คือการที่แสงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้นเป็นแสงที่สะท้อนมาจากพื้นผิวอื่นรอบตัวมัน ซึ่งอาจเป็นการสะท้อนเพียงครั้งเดียวหรือนับครั้งไม่ถ้วนก็ตาม



รูปที่ 2.20 แสดงชนิดของแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิว

2.11 RAY-CASTING

เมื่อ 2-3 ปีที่ผ่านมา ได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการเจริญเติบโตนี้ ทำให้เกิดความตื่นตัวและความสนใจในเรื่องของมัลติมีเดีย รายงานในส่วนนี้ จึงพยายามที่จะรวบรวมความรู้ และประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาระบบมัลติมีเดีย โดยเฉพาะในเรื่องของมัลติมีเดียสามมิติ

ลักษณะของแสง

การฉายของแสงเป็นสิ่งสำคัญของวิทยาศาสตร์แสงและการมองเห็นในปัจจุบัน สิ่งที่สามารถอธิบายให้เข้าใจในเรื่องของแสงนั้นก็คือ ทฤษฎีอนุภาค และ ทฤษฎีคลื่น

ทางทฤษฎีอนุภาค : แสงเป็นส่วนหนึ่งของส่วนของเส้นตรง , ซึ่งเส้นตรงนี้ถูกจำกัดโดยระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุด 2 จุด (นิยามนี้มักใช้กับเรขาคณิตที่ไม่เป็นไปตามแบบของยูคลิด) เนื่องจากการแสดงของมวลที่เรากำลังพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางทฤษฎีคลื่น : ได้กล่าวถึงเพียงส่วนน้อยแต่ก็มีความสลับซับซ้อนและยังต้องการความคิดเห็นอื่นๆอีก , สิ่งนั้น คือ “หน้าคลื่น” คลื่นจะมีการแปรผันเป็นช่วงๆ (เป็นฟังก์ชันคาบ) จุดบนคลื่นที่สามารถเรียกว่า เฟส ได้ก็ต่อเมื่อ จุดนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันและในเวลาเดียวกัน ตำแหน่งที่จุดนั้นมีเฟสเดียวกันในเวลาเดียวกัน จะถูกเรียกว่า หน้าคลื่น ของคลื่นนั้นๆ แสงในระบบนี้ คือ ตำแหน่งของจุดบนหน้าคลื่นที่เคลื่อนที่นั่นเอง

กล่าวโดยสรุป , นิยามทั้ง 2 ได้อธิบายถึงความคิดเห็นในทางเดียวกัน คือ แสง เป็นส่วนหนึ่งที่ได้จากการแพร่กระจายของแสงไฟ

RAY-CASTING

RAY-CASTING คือ วิธีสำหรับการสร้างภาพสามมิติ เพื่อให้มองเห็นภาพบนหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคต่างๆเช่นเดียวกับการ scanline หรือ Z-buffer ที่ใช้ในการสร้างรูปก็จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน สิ่งที่น่าสนใจและเป็นการขยายของ RAY-TRACING ก็คือ RAY-CASTING ซึ่งโดยปกติเป็นการเคลื่อนย้าย hidden-surface ซึ่งมันพยายามที่จะให้ผลกระทบทางกายภาพตามความเป็นจริงกับการฉายแสงของหลอดไฟ

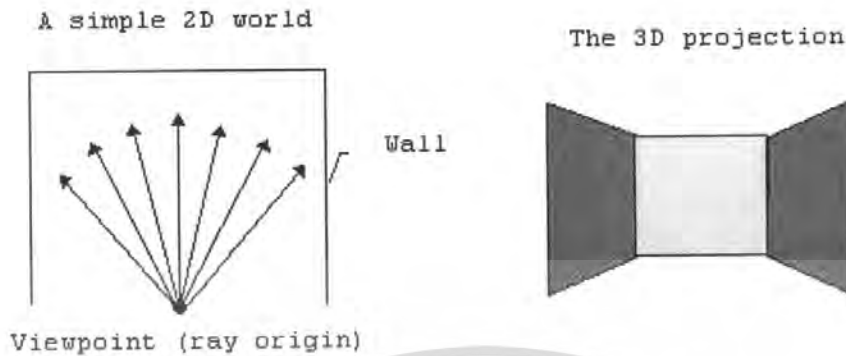
ปัญหาหลักของการแสดงภาพสามมิติก็คือ การตัดพื้นผิวที่ไม่ต้องการออก , ตัวอย่างเช่นพื้นผิวนั้นเป็นตำแหน่งที่สายตาไม่สามารถมองเห็นได้ ปัญหานี้ได้ถูกแก้ไขในวิธีการต่างๆ เป็นต้นว่า ในวิธีการของ Z-buffer , ค่าความลึกที่เกี่ยวข้องในแต่ละพิกเซลบนจอภาพ ถ้าความลึกของจุดที่เรากำลังพิจารณาบนจอภาพ (จอภาพการฉายแสง) มีค่าน้อยกว่าความลึกที่ถูกเก็บไว้ที่จุดของพิกเซลนั้น , พิกเซลถูกกำหนดสีของจุด และค่าความลึกที่เปลี่ยนแปลงเป็นค่าใหม่

ใน RAY-CASTING รังสีของแสงไฟจากระดับสายตาที่ฉายแสงไปยังจุดบนระนาบที่สอดคล้องกับพิกเซลนั้น สำหรับพื้นผิวของภาพแต่ละชนิด ระยะทางของแสงที่จะต้องเดินทางก่อนที่จะไปตัดผ่านพื้นผิวนั้นจะต้องถูกคำนวณโดยวิธีการเบื้องต้นหรือวิธีทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง พื้นผิวที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดจะอยู่ใกล้ที่สุด และจะเป็นพื้นผิวที่มองเห็นได้ โดยที่มันจะเป็นตัวปิดกั้นบริเวณอื่นๆ ดังนั้น RAY-CASTING จะเป็นวิธีการเคลื่อนย้ายพื้นผิวที่ถูกปิดกั้นเอาไว้

ในความเป็นจริง , RAY-CASTING มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย, ปริมาตรของวัตถุที่ไม่มีรูปแบบเป็นมาตรฐานก็อาจถูกวิเคราะห์ได้โดยวิธีการของ RAY-CASTING คู่กับเทคนิคการรวมกันเป็นกลุ่ม RAY-CASTING อาจจะถูกประยุกต์ใช้ในการแสดงภาพข้อมูลเชิงปริมาตร

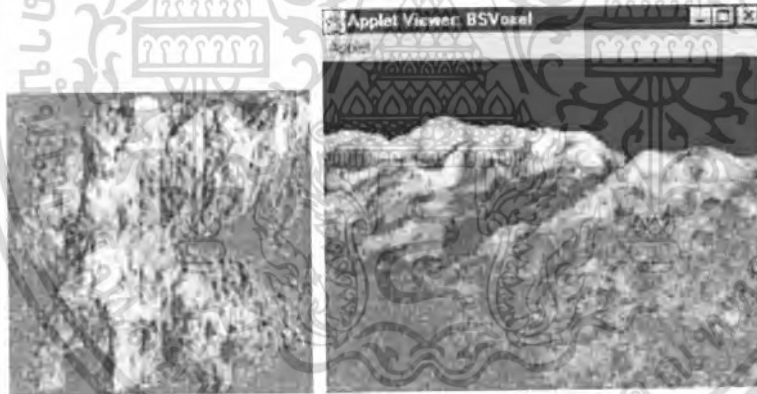
ดังนั้น RAY-CASTING จึงเป็นเทคนิคการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่มีข้อจำกัด เข้าไปฉายโดย tracing rays จากจุด Viewpoint เข้าไปในปริมาตรที่เราต้องการ ยกตัวอย่างเช่น RAY-CASTING เป็นการเปลี่ยนแปลงบางอย่างของภาพจาก A ไปยัง B ดังรูปด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21A แสดงลักษณะภาพสองมิติ รูปที่ 2.21B แสดงฉายในการฉายภาพสามมิติ

หมายเหตุ นี่เป็นเพียงบางส่วนของกระบวนการประยุกต์ใช้งานของ RAY-CASTING , RAY-CASTING สามารถที่จะใช้แสดงภาพภูมิประเทศ ดังเช่น ในรูปด้านล่างนี้ จุดสำคัญที่สุดของ RAY-CASTING คือ “การฉายแสงไฟไปยังด้านหลังของ สายตาของผู้สังเกตวัตถุนั้น”



รูปที่ 2.22 แสดงการประยุกต์ใช้งานของ RAY-CASTING ที่จะใช้แสดงภาพภูมิประเทศ

ข้อแตกต่างระหว่าง RAY-CASTING และ RAY-TRACING



ความคล้ายคลึงกันระหว่าง RAY-CASTING และ RAY-TRACING ก็คือ การค้นหาพื้นผิวที่สามารถมองเห็นได้โดยใช้แสงฉายผ่านวัตถุจากสายตาของผู้สังเกตไปยังภาพ อย่างไรก็ตาม RAY-CASTING ก็เป็นเครื่องมือพิเศษของ RAY-TRACING

ความแตกต่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือ วิธีของ RAY-CASTING จะเร็วกว่าวิธีของ RAY-TRACING ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะ RAY-CASTING จะใช้ประโยชน์การบังค้ำเกี่ยวกับเรขาคณิต

จำนวนหนึ่งจะเพิ่มความเร็วในกระบวนการแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 : การเปรียบเทียบระหว่าง RAY-CASTING และ RAY-TRACING

RAY-CASTING	RAY-TRACING
<p>Principle:แสงจะ cast และ traced เป็นกลุ่ม โดยอาศัยพื้นฐานของเรขาคณิตจำนวนหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น ในหน้าจอแสดงผลที่มีความละเอียด 320 x 200 จะมี RAY-CASTER TRACES เพียง 320 rays (ตัวเลข 320 มาจากความจริงในการแสดงผลความละเอียด 320 พิกเซลตามแนวนอน , แนวตั้งก็จะมี 320 เช่นกัน)</p>	<p>Principle:แสงแต่ละแสงจะถูกแยกออกจากกัน , ดังนั้นในทุกๆพิกเซลบนหน้าจอแสดงผลจะถูก traced โดยแสงเพียง 1 แสง ยกตัวอย่างเช่น ในหน้าจอแสดงผลที่มีความละเอียด 320 x 200 RAY-TRACES จะต้องการ traced 320 x 200 (64,000) rays (นั่นจึงทำให้ช้ากว่า RAY-CASTING ถึง 200 times)</p>
<p>Formula: ในกรณีส่วนมากจะไม่แน่นอน</p>	<p>Formula: ในกรณีส่วนมากจะแน่นอน</p>
<p>Speed: เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ RAY-TRACING จึงเหมาะสำหรับภาพแบบ real time</p>	<p>Speed: ช้า ไม่เหมาะสำหรับภาพแบบ real time</p>
<p>Quality: ผลของรูปภาพจะไม่เหมือนจริงมากนัก</p>	<p>Quality: ผลของรูปภาพจะมีความเหมือนจริงมาก</p>
<p>World: ถูกจำกัดด้วยรูปทรงทางเรขาคณิตของสิ่งหนึ่งหรือมากกว่า</p>	<p>World: สามารถแสดงภาพได้ทุกรูปแบบ</p>
<p>Storage: เล็ก , ไม่สามารถจัดเก็บในดิสก์ได้</p>	<p>Storage: สามารถจัดเก็บในดิสก์ได้ และสามารถโหลดภาพได้เร็ว</p>
<p>Examples: Wolfenstein 3D (iD Software) , Shadow Caster (Raven) , Arena (Bethesda) , Doom (iD Software) , Dark Forces (LucasArts)</p>	<p>Examples: 7th Guest (Trylobyte) , Critical Path (Mechadeus) , 11th Hour (Trylobyte) , Myst (Cyan) , Cyberia (Xatrix)</p>
<p>รูปที่ 2.23 : ภาพจาก Wolfenstein 3D (iD Software)</p> 	<p>รูปที่ 2.24 : ภาพจาก 7th Guest (Virgin Software/Trylobyte)</p> 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ลงในโซเชียลมีเดีย การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 VTK (Visualization ToolKit)

Visualization ToolKit (VTK) จัดเป็น open source เพื่อใช้สำหรับ 3D คอมพิวเตอร์ กราฟฟิก การประมวลผลภาพ และ visualization ซึ่งประกอบไปด้วย C++ class library โดยการออกแบบและเครื่องมือของไลบรารีได้รับอิทธิพลมาจากหลักการ object-oriented

graphics model ใน VTK มีระดับของ library ที่สูงกว่าไลบรารีของ OpenGL หรือ PEX ซึ่งหมายความว่ามีความง่ายในการสร้างกราฟฟิกและการประยุกต์ visualization ในโปรแกรม VTK สามารถเข้าถึงได้ด้วยภาษา C++, TCL, JAVA หรือ Python ทั้งนี้ VTK เป็น Source ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Kitware, Inc. ซึ่งจะสามารถรองรับกับระบบปฏิบัติการ Unix ทุก platform, PCs (Windows 98/ME/NT/2000/XP) และ Mac OSX

VTK รองรับ วิธี Visualization ที่หลากหลาย ประกอบด้วย สเกลาร์ เวกเตอร์ tensor พื้นผิว และวิธีการเกี่ยวกับการวัดปริมาตร และเทคนิคการจำลองเหมือน implicit modelling การลดรูปของรูปหลายเหลี่ยม ประสานความราบเรียบ การตัด การปรับให้เหมาะสมกับเส้นขอบนอก (contouring) และ Delaunay triangulation

จุดมุ่งหมายคือ การทำซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้สามารถอ่าน เขียน และใช้ประโยชน์ได้ง่าย ซึ่งรวมไปถึง นักเรียน นักพัฒนาซอฟต์แวร์ นักวิเคราะห์ข้อมูล วิศวกร นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ และผู้ใช้งานยังสามารถเลือกใช้ภาษาในการ โปรแกรมได้หลายภาษาอีกด้วย เช่น C++, TCL, JAVA หรือ Python

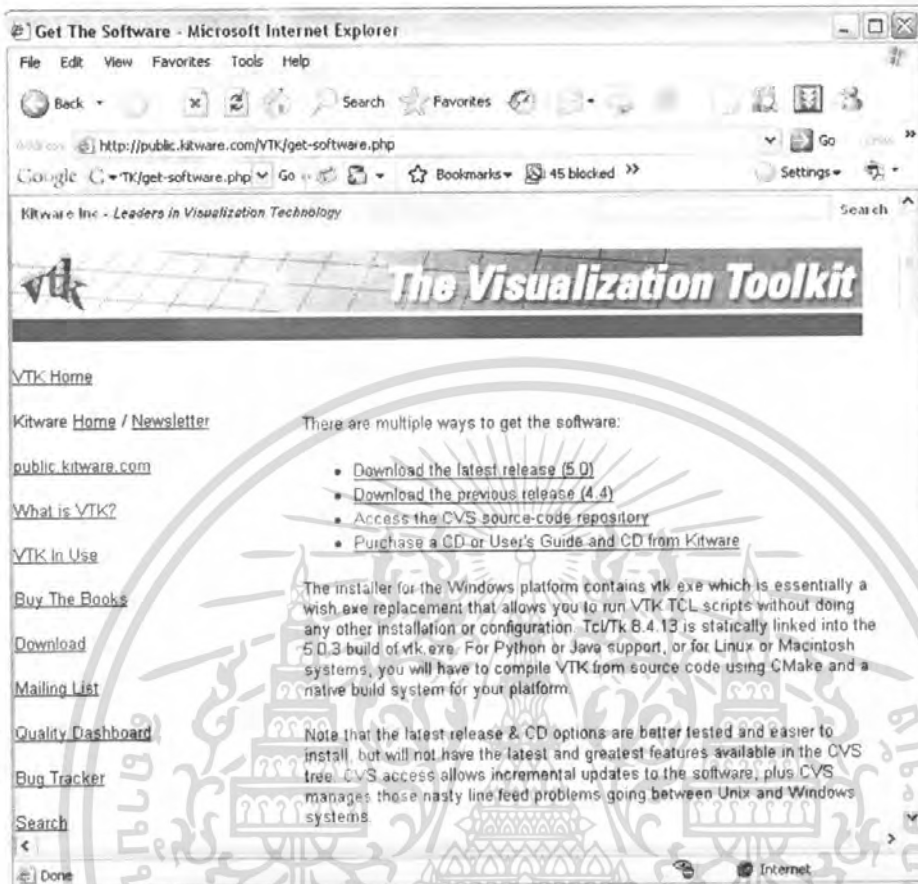
โดยในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงการติดตั้ง VTK ในระบบปฏิบัติการ Window XP เพื่อใช้งานร่วมกับ C++ Builder

การ Set up VTK สิ่งที่ต้องเตรียมและติดตั้งลงในเครื่องก่อนการ set up ให้ vtk สามารถใช้งานได้ คือ

Library VTK source codes, data และ binaries

VTK source codes เป็น directory VTK ที่มี source codes และ file ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของ vtk สามารถ download version ล่าสุดฟรีได้ที่ <http://public.kitware.com/VTK/get-software.php>

VTK data เป็น directory ที่บรรจุ file อื่นๆ ที่นอกเหนือจากการทำงานหลักของ VTK เช่น ชุด file รูปภาพเพื่อประกอบการ run example ที่แสดงการขึ้นรูปสามมิติ เป็นต้น สามารถ download ฟรีได้ที่ <http://public.kitware.com/VTK/get-software.php>



รูปที่ 2.25 VTK downloads

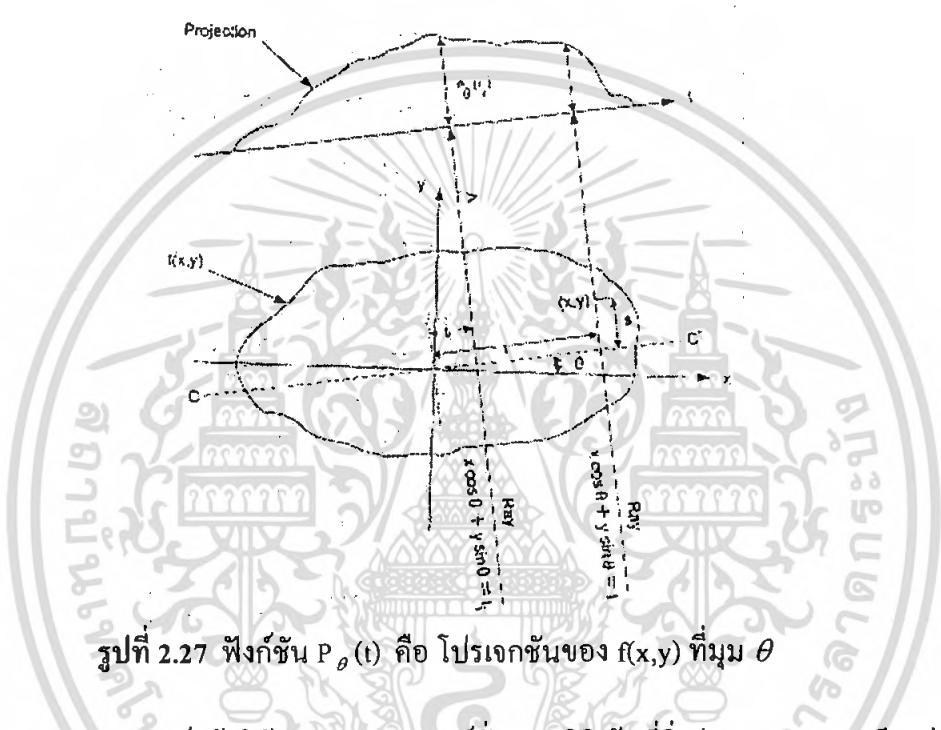


รูปที่ 2.26 VTK Packages

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 Image Reconstruction

ในปัจจุบันนั้นการสร้างภาพตัดขวางได้ถูกนำไปประยุกต์ในการใช้งานหลายอย่าง อาทิเช่น การประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ เช่น Computerized Tomography หรือ CT ซึ่งรังสีเอ็กซ์เรย์ถูกนำไปใช้ในการสร้างข้อมูลโปรเจกชันสำหรับการสร้างภาพตัดขวางของร่างกายมนุษย์



รูปที่ 2.27 ฟังก์ชัน $P_\theta(t)$ คือ โปรเจกชันของ $f(x,y)$ ที่มุม θ

ในทางคณิตศาสตร์แล้วให้ $f(x,y)$ แทนฟังก์ชันสองมิติเส้นที่วิ่งผ่าน $f(x,y)$ ถูกเรียกว่ารังสี (Ray) การอินทิกรัลของฟังก์ชัน $f(x,y)$ ตลอดแนวรังสีถูกเรียกว่าเรย์อินทิกรัล (Ray Integral) เซ็ตของเรย์อินทิกรัลคือข้อมูลโปรเจกชัน โดยเรย์อินทิกรัลถูกนิยามดังต่อไปนี้

$$x \cos \theta + y \sin \theta = t_1 \dots \dots \dots (2.1)$$

โดยที่ t_1 คือระยะตั้งฉากจากเส้นถึงจุดกำเนิด เห็นได้ชัดว่าการอินทิกรัลของฟังก์ชัน $f(x,y)$ ตามแนวเส้น AB สามารถเขียนได้เป็น

$$P_\theta(t) = \int_{r_{\alpha,y} AB} f(x,y) ds = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - t) dx dy \dots \dots (2.2)$$

โดยที่ฟังก์ชัน $P_\theta(t)$ แทนการโปรเจกชันของ $f(x,y)$ มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าการแปลงเรดอน (Radon Transform) ของ $f(x,y)$ การโปรเจกชันตลอดแนวรังสีที่ขนานถูกเรียกว่าการโปรเจกชันแบบขนาน (Parallel Projection) จากรูปที่ 2.28 เราสามารถสร้างข้อมูลโปรเจกชันโดยการอินทิเกรตฟังก์ชันตามแนวเส้นที่แผ่ออกมาจากจุดกำเนิดดังแสดงในรูปที่ 2.4 การโปรเจกชันดังกล่าวถูกเรียกว่า การโปรเจกชันแบบลำแสงพัด (Fan-Beam)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 (a) เฟ้นทอมหัวของ Shepp และ Logan
 (b) ข้อมูลโปรเจกชันของภาพ Shepp Logan ประกอบด้วยวงรีหลายๆวงรี

ประโยชน์ที่สำคัญอันหนึ่งของการใช้ภาพในรูป 2.30(b) สำหรับการจำลองทางคอมพิวเตอร์คือ เราสามารถเขียนสูตรสำหรับข้อมูลโปรเจกชันได้ ข้อมูลโปรเจกชันของภาพที่ประกอบด้วยวงรีหลายๆวงรีก็คือผลรวมของข้อมูลโปรเจกชันสำหรับแต่ละวงรี ซึ่งเป็นไปตามความเป็นเชิงเส้นของการแปลงเรดอน ต่อไปนี้เราจะแสดงข้อมูลโปรเจกชันสำหรับวงรีเดียวให้ $f(x,y)$ คือภาพในรูปที่ 2.5 นั่นคือ

$$F(x,y) = p \text{ สำหรับ } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \leq 1 \text{ (ภายในวงรี)}$$

$$= 0 \text{ (ภายนอกวงรี)} \dots \dots \dots (2.3)$$

เห็นได้ชัดว่าข้อมูลโปรเจกชันของฟังก์ชันนี้คือ

$$P_\theta(t) = \frac{2pAB}{a^2(\theta)} \sqrt{a^2(\theta) - t^2} \text{ สำหรับ } |t| \leq a(\theta)$$

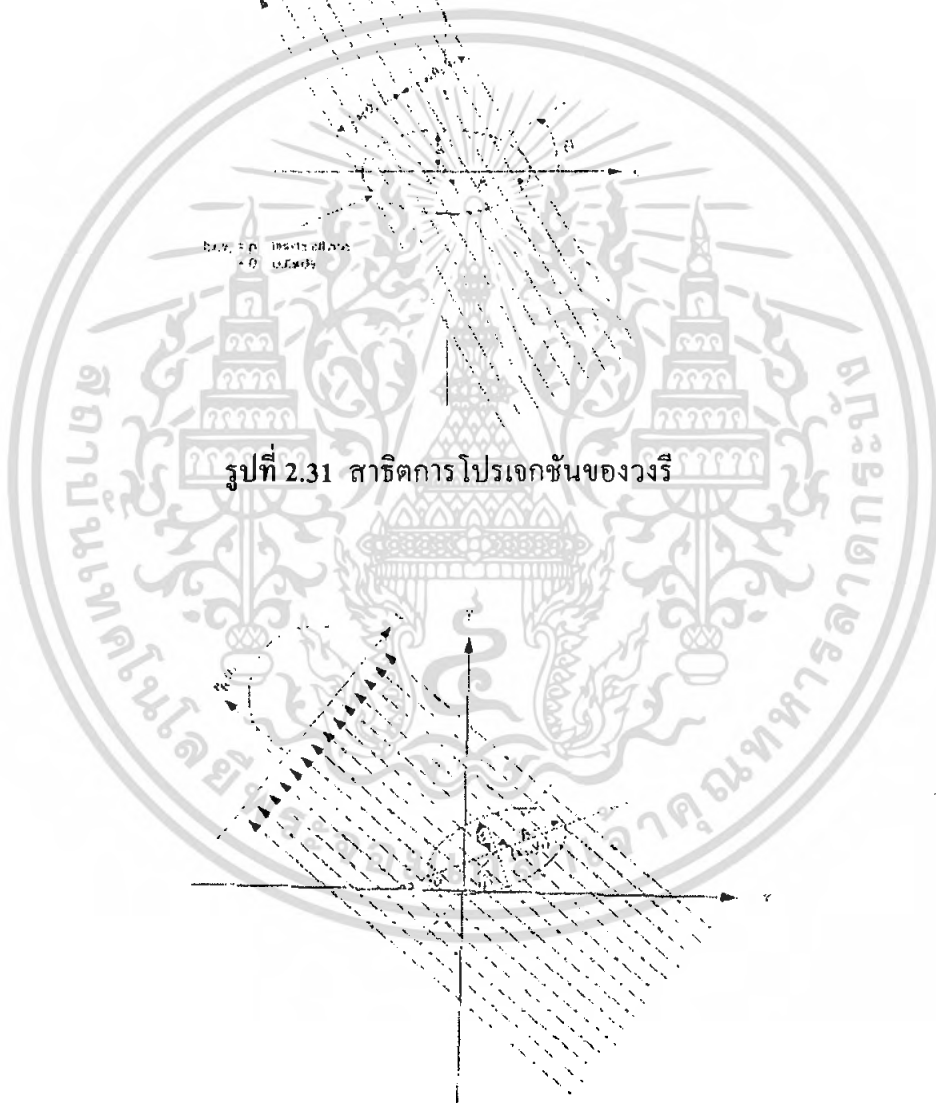
$$= 0 \text{ สำหรับ } |t| \geq a(\theta) \dots \dots \dots (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $a^2(\theta) = A^2 \cos^2 \theta + B^2 \sin^2 \theta$ บันทึกว่า $a(\theta)$ คือความกว้างครึ่งหนึ่ง (Half-Width) ของโปรเจกชัน ดังแสดงในรูป 2.31

$$a_p(\theta) = \frac{2E_0 B}{a^2(\theta)} \sqrt{a^2(\theta) - 1}$$

$$a^2(\theta) = A^2 \cos^2 \theta + B^2 \sin^2 \theta$$



รูปที่ 2.31 สาคิตการโปรเจกชันของวงรี

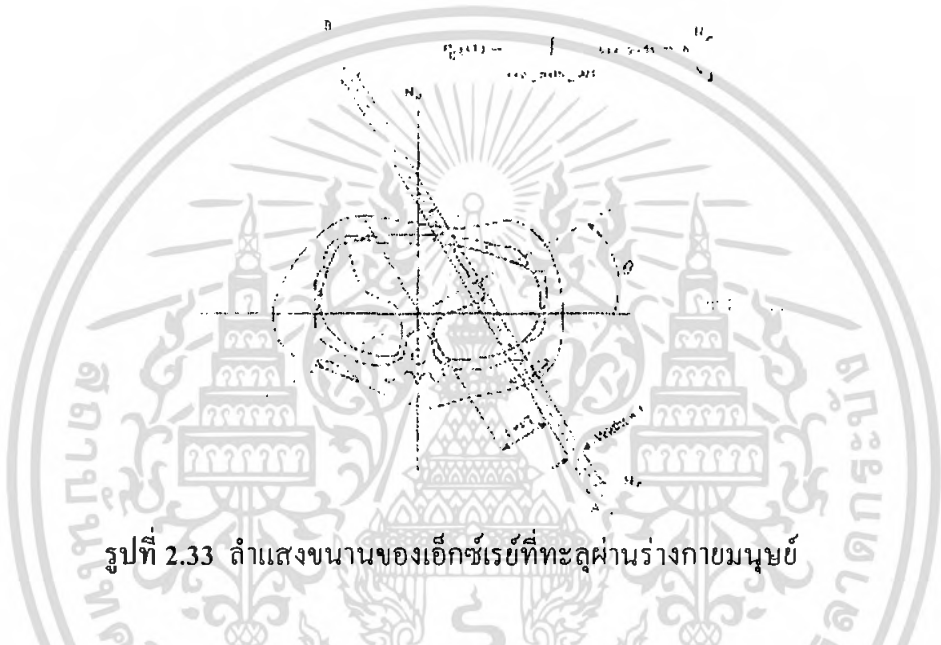
รูปที่ 2.32 สาคิตการโปรเจกชันของวงรีที่เอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเราลองพิจารณาวงรีที่กล่าวถึงนี้มีจุดศูนย์กลางที่ (x_1, y_1) และถูกหมุนด้วยมุม α ดังแสดงในรูป ให้ $P'(\theta)$ คือ โปรเจกชันของวงรีดังกล่าว $P'(\theta)$ มีความสัมพันธ์กับ $P(\theta)$ ในสมการที่ (2.30) ดังนี้

$$P(t) = P_{\theta-\alpha}(t - s \cos(\gamma - \theta)) \dots \dots \dots (2.5)$$

โดยที่ $s = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ และ $\gamma = \tan^{-1}(\frac{y_1}{x_1})$



รูปที่ 2.33 ลำแสงขนานของเอ็กซ์เรย์ที่ทะลุผ่านร่างกายมนุษย์

2.14 วิธีการสร้างข้อมูลโปรเจกชัน (Method for Generating Projection Data)

2.14.1 เอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Computed X-ray Tomography)

พิจารณาลำแสงเอ็กซ์เรย์ที่แสดงในรูป เฉพาะโปรตอนแผ่เข้าไปในทิศทางของหัวลูกศร จะถูกพิจารณาว่าเป็นส่วนหนึ่งของรังสี ขณะที่รังสีแผ่ไปโปรตอนจะถูกสูญเสียไปโดยการหักเห (Defected) หรือโดยการดูดกลืน ที่แต่ละจุดการสูญเสียทั้งสองสาเหตุนี้จะขึ้นอยู่กับค่าคงที่อันหนึ่งที่ถูกเรียกว่า สัมประสิทธิ์การบั่นทอนเชิงเส้น (Linear Attenuation Coefficient) เราจะใช้สัญลักษณ์แทนว่า μ ให้ N_0 แทนจำนวนโปรตอนเข้าไปที่ชั่วขณะนั้น ที่เวลาขณะเดียวกันให้ N_d แทนจำนวนโปรตอนที่ออกมาด้าน B ถ้าเราสมมติว่าโปรตอนที่เข้าไปมีพลังงานนี้เท่ากับความสัมพันธ์ระหว่าง N_0 และ N_d คือ

$$N_d = N_0 \exp(- \int_{r_0}^{r_B} \mu(x, y) ds) = \ln \frac{N_0}{N_d} \dots \dots \dots (2.6)$$

คือสัมประสิทธิ์การบั่นทอนเชิงเส้นที่จุด (x, y) และ ds คือหน่วยตลอดความยาวของรังสี จากสมการด้านบนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\int_{\Gamma_{2,y}} \mu(x,y) ds = \ln \frac{N_{in}}{N_{out}} \dots \dots \dots (2.7)$$

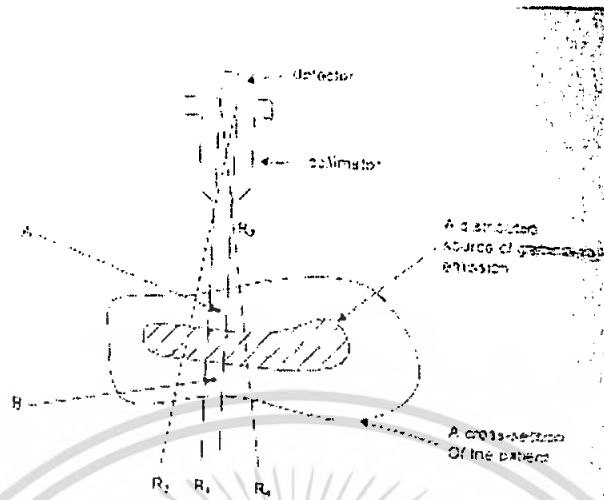
เทอมขวามือของสมการคือ เรย์อินทิกรัลสำหรับโปรเจกชันของฟังก์ชัน $\mu(x,y)$

สมมติฐานเบื้องต้นที่ให้ คือ โปรตอนของเอ็กซ์เรย์มีพลังงานเท่ากันความจำเป็นสำหรับสมมติฐานนี้เนื่องจาก ค่าสัมประสิทธิ์การบั่นทอนเชิงเส้นนั้นมีค่าขึ้นกับพลังงาน เนื่องจากในทางปฏิบัติเอ็กซ์เรย์โปรตอนที่เกิดจากหลอดเอ็กซ์เรย์จะไม่มีพลังงานเดียว ถ้าไม่เป็นไปตามสมมติฐานสำหรับสมการที่ (2.7) ทำให้เกิดภาพรบกวน (Artifact) ในภาพที่สร้างได้อันเนื่องจากพลังงานหลายค่าของโปรตอน

2.14.2 คอมพิวเตอร์อิมิสชันโทโมกราฟี (Computerized Emission Tomography)

วัตถุประสงค์ของเครื่องอิมิสชันโทโมกราฟี เพื่อสร้างภาพตัดขวางของการกระจายของสารกัมมันตภาพรังสีในร่างกาย สารกัมมันตภาพรังสีถูกนำเข้าสู่ร่างกายในรูปของยาซึ่งอาจจะใช้การสูดดมหรือการฉีด สารกัมมันตภาพรังสีจะปล่อยอนุภาคแกมมา ความหนาแน่นของสารกัมมันตภาพรังสี จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาไปอันเนื่องมาจากการปล่อยอนุภาครังสีและกลศาสตร์ชีวเคมี (Biochemical Kinetics) ภายในร่างกาย นั้นหมายความว่าข้อมูลสำหรับการสร้างภาพตัดขวางจะต้องถูกเก็บภายในระยะเวลาอันสั้น ผลก็คือการเก็บข้อมูลในลักษณะดังกล่าวทำให้คอมพิวเตอร์อิมิสชันโทโมกราฟีมีศักยภาพสูงและมีประโยชน์อย่างมากในทางการวินิจฉัยโรค ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ภาพที่ถ่ายที่เวลาต่างกัน สามารถวิเคราะห์การทำงานของอวัยวะดังกล่าวในร่างกายคนไข้

รูปที่ 2.34 แสดงภาพตัดขวาง (cross section) ของร่างกายที่มีแหล่งของรังสีแกมมากระจายอยู่ภายใน หน่วยที่เล็กมาก (Element) ของแหล่งกำเนิดนี้อาจถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งกัมมันตภาพของรังสีแกมมา จำนวนของโปรตอนที่ทำให้รังสีแกมมาที่ให้ออกมาต่อวินาทีจากหน่วยเล็กดังกล่าว



รูปที่ 2.34 ภาพตัดขวางของส่วนของร่างกายที่เป็นแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา

2.14.3 อุลตราซาวด์คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี(Ultrasound Computer Tomography)

สำหรับคลื่นอุลตราซาวด์การสร้างภาพตัดขวาง (Tomography) สามารถแบ่งเป็นแบบ Time-of-Flight หรือแบบการใช้การบั่นทอน (Attenuation) ในแบบ Time-of-Flight ภาพตัดขวางที่สร้างได้จะแทนพารามิเตอร์ของดัชนีหักเห (Refractive-Index) ดัชนีหักเหของวัสดุที่จุดใด ๆ สามารถถูกให้นิยามดังนี้

$$\eta(x,y) = \frac{V_w}{V(x,y)} \dots \dots \dots (2.8)$$

โดยที่ V_w และ V(x,y) แทนความเร็วของคลื่นอุลตราซาวด์ในน้ำและที่จุด (x,y) ในวัสดุตามลำดับ

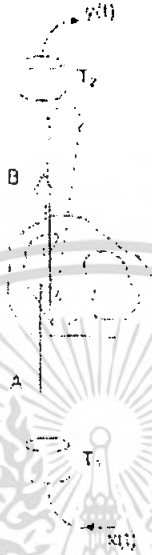
พิจารณาการแผ่ของพัลส์อุลตราซาวด์จากจุด A ไป B ในรูป 14.8 เราสามารถแสดงได้ว่า

$$\int_A^B [1 - \eta(x,y)] ds = -V_w T_d \dots \dots \dots (2.9)$$

โดยที่ T_d แทนผลต่างระหว่างเวลาในคลื่นอุลตราซาวด์ที่เคลื่อนผ่านวัสดุและผ่านน้ำ สังเกตว่าเราเขียนเรย์อินทิกรัลอยู่ในรูป 1- η(x,y) แทนที่จะเป็น η(x,y) ทั้งนี้เพื่อว่าค่าของ Background จะมีค่าเป็นศูนย์ สำหรับจุดในน้ำนอกวัสดุเราได้ η(x,y)=1 ดังนั้น 1- η(x,y) = 0

เรย์อินทิกรัลในรูปที่ 2.35 จะสามารถหาค่าได้ถ้าอุลตราซาวด์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจาก A ไป B ในทางการแพทย์สมมติฐานจะเป็นจริงเฉพาะในเนื้อเยื่ออ่อน (Soft Tissue) ในส่วนของร่างกายที่ประกอบด้วยกระดูกการหักเหของลำอุลตราซาวด์ที่เขตต่อระหว่างเนื้อเยื่ออ่อนกับกระดูกทำให้การวัดเรย์อินทิกรัลมีความผิดพลาดสูง เราสามารถสร้างภาพตัดขวางสำหรับสัมประสิทธิ์การ

บันทอนคลื่นอุลตราซาวด์ เพื่อที่จะหาเรย์อินทิกรัลของสัมประสิทธิ์การบันทอนคลื่นอุลตราซาวด์
 เรามักต้องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบสเปกตรัมของคลื่นที่เข้าและผ่านวัสดุ



รูปที่ 2.35 เรย์ AB แทนการเดินทางของพัลส์อัลตราซาวด์ภายใต้เงื่อนไขที่เป็นอุดมคติ

2.14.4 ทฤษฎีฟูเรียร์สไลซ์ (Fourier Slice Theorem)

พื้นฐานของเทคนิคการสร้างภาพตัดขวางหลายๆเทคนิคคือทฤษฎีฟูเรียร์สไลซ์ ทฤษฎีนี้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแปลงฟูเรียร์หนึ่งมิติของโปรเจกชันของฟังก์ชัน $f(x,y)$ กับการแปลงฟูเรียร์สองมิติของฟังก์ชัน $f(x,y)$

ให้ $F(u,v)$ เป็นการแปลงฟูเรียร์ของภาพ $f(x,y)$ โดยนิยาม

$$F(u,v) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy \dots\dots\dots(2.10)$$

และให้ $S_u(\omega)$ คือการแปลงฟูเรียร์ของโปรเจกชัน $P_\theta(t)$ นั่นคือ

$$S_u(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} P_\theta(t) e^{-j2\pi\omega t} dt \dots\dots\dots(2.11)$$

ตอนนี้เราลองพิจารณา $F(u,v)$ ที่เส้น $v=0$ ในระนาบ uv จากสมการ

$$\begin{aligned} F(u,0) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi ux} dx dy \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) dy \right] e^{-j2\pi ux} dx \\ &= \int P_\theta(t) e^{-j2\pi\omega t} dt = S_u(\omega) \dots\dots\dots(2.12) \end{aligned}$$

ทั้งนี้เนื่องจาก $\int f(x,y) dy$ คือการโปรเจกชันของภาพที่ $\theta = 0$ และบันทึกว่าสำหรับการโปรเจกชันนี้ x และ t คืออันเดียวกัน

จากผลลัพธ์ข้างบนนี้เราสามารถกล่าวได้ว่าค่าของการแปลงฟูเรียร์ $F(u,v)$ บนเส้น $v = 0$ สามารถได้มาจากการแปลงฟูเรียร์ของโปรเจกชันในแนวตั้งของภาพ ในกรณีทั่วไปเราสามารถกล่าวได้ว่าถ้า $F(w,\theta)$ แทนค่าของ $F(u,v)$ บนเส้นที่ทำมุม θ กับแกน u และถ้า $S_\theta(w)$ คือการแปลงฟูเรียร์ของโปรเจกชัน $P_\theta(t)$ แล้ว

$$F(w,\theta) = S_\theta(w) \dots\dots\dots(2.13)$$

เราสามารถพิสูจน์ได้ดังนี้ ให้ $f(t,s)$ แทนฟังก์ชันในระบบพิกัดหมุน (Rotate coordinate System) ดังรูปที่ 2.10 พิกัด (t,s) สัมพันธ์กับพิกัด (x,y) โดยความสัมพันธ์

$$\begin{bmatrix} t \\ s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.14)$$

เห็นได้ชัดว่า

$$P_\theta(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t,s) ds \dots\dots\dots(2.15)$$

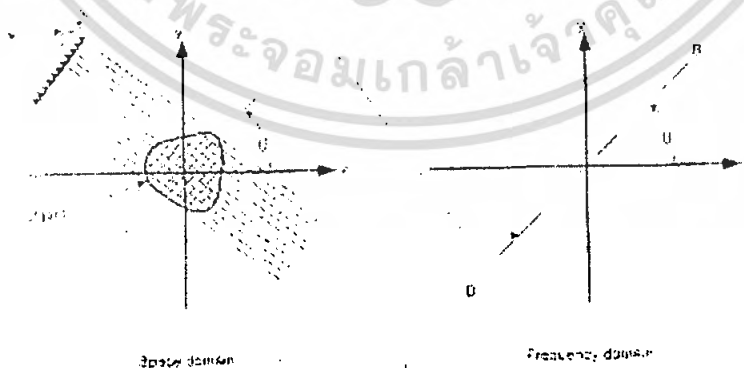
ดังนั้น

$$S_\theta(w) = \int_{-\infty}^{\infty} P_\theta(t) e^{-j2\pi w t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(t,s) ds e^{-j2\pi w t} dt \dots\dots\dots(2.16)$$

ทำการเปลี่ยนด้านทางขวามือของสมการที่เป็นพิกัด (x,y) เราได้

$$\begin{aligned} S_\theta(w) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi w(x\cos\theta + y\sin\theta)} dx dy \\ &= F(u,v) \text{ เนื่องจาก } u = w\cos\theta, v = w\sin\theta \\ &= F(w,\theta) \dots\dots\dots(2.17) \end{aligned}$$

ซึ่งพิสูจน์สมการที่ผลลัพธ์นี้รู้จักในชื่อทฤษฎีโปรเจกชันสไลซ์ (Projection Slice Theorem)



รูปที่ 2.36 สาธิตทฤษฎี Fourier Slice Theory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีโปรเจกชันสไลซ์ระบุการหาโปรเจกชันของภาพที่มุมต่างๆ $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_x$ แล้วทำการแปลงฟูเรียร์โปรเจกชันเหล่านี้ เราสามารถหา $F(u,v)$ ตามเส้นรัศมีในรูปที่

ถ้าโปรเจกชันมีจำนวนอนันต์แล้ว เราสามารถรู้ $F(u,v)$ สำหรับทุกจุดในระนาบ uv เมื่อเรารู้ $F(u,v)$ ฟังก์ชันภาพ $f(x,y)$ สามารถหาได้โดยการแปลงฟูเรียร์ย้อนกลับ

$$f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u,v) e^{j2\pi u(x-\frac{1}{2}) + j2\pi v(y-\frac{1}{2})} du dv \dots\dots\dots(2.18)$$

ถ้าฟังก์ชัน $f(x,y)$ มีค่าจำกัดโดย $-A/2 < x < A/2$ และ $-A/2 < y < A/2$ สมการสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$f(x,y) = \frac{1}{A^2} \sum_{m=-N/2}^{N/2} \sum_{n=-N/2}^{N/2} F\left(\frac{m}{A}, \frac{n}{A}\right) \exp \left[j2\pi \left(\frac{m}{A} x - \frac{n}{A} y \right) \right] \dots\dots\dots(2.19)$$

สำหรับ $-A/2 < x < A/2$ และ $-A/2 < y < A/2$

เนื่องจากในทางปฏิบัติเราจะรู้แต่จำนวนจำกัดของค่าฟูเรียร์ เราสามารถเขียน

$$f(x,y) = \frac{1}{A^2} \sum_{m=-N/2}^{N/2} \sum_{n=-N/2}^{N/2} F\left(\frac{m}{A}, \frac{n}{A}\right) \exp \left[j2\pi \left(\frac{m}{A} x - \frac{n}{A} y \right) \right] \dots\dots\dots(2.20)$$

สำหรับ $-A/2 < x < A/2$ และ $-A/2 < y < A/2$

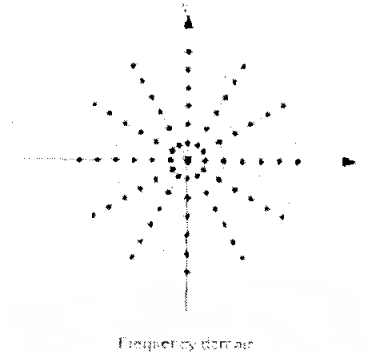
โดยสมมติว่า N เป็นจำนวนเต็มคู่ เราจะเห็นว่ารายละเอียด(Resolution)ของภาพที่สร้างได้จะถูกกำหนดโดย N สมการที่สามารถถูกคำนวณได้แบบเร็วโดยใช้อัลกอริทึมการแปลงฟูเรียร์เร็ว (FFT)

ถ้าเรารู้สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จำนวน N^2 เทอมของ $F(m/A, n/A)$

ในทางปฏิบัติจำนวนของโปรเจกชันมีจำกัด ในกรณีนี้เราจะรู้ฟังก์ชัน $F(u,v)$ ตามจำนวนจำกัดของเส้นรัศมีดังแสดงในรูปที่ เพื่อที่เราสามารถใช้สมการที่เราต้องทำการอินเตอร์โพลจากจุดในแนวเส้นรัศมีนี้เพื่อให้ได้กริดสี่เหลี่ยม ตามทฤษฎีเราสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จำนวน N^2 ในสมการที่ได้ ถ้าเรารู้ฟังก์ชัน $F(u,v)$ จำนวนมากตามเส้นรัศมีบางเส้น ในการทำ

อินเตอร์โพลจากจุดในแนวเส้นรัศมีนี้เพื่อให้ได้กริดสี่เหลี่ยมเรามักใช้อินเตอร์โพลแบบ

Nearest Neighborhood หรือแบบเชิงเส้น (Linear) เนื่องจากความหนาแน่นของจุดตามเส้นรัศมีจะหนาแน่นน้อยลงเมื่อห่างจากจุดกำเนิด ดังนั้นความผิดพลาดจากการอินเตอร์โพลชันจะมีความถี่ขึ้น นั่นหมายความว่า การคำนวณส่วนประกอบความถี่สูงจะมีความผิดพลาดสูงกว่าความถี่ต่ำ ซึ่งทำให้คุณภาพของภาพเสื่อมไป



รูปที่ 2.37 สาริตถการใส่การแปลงฟูเรียร์ 1 บิตของข้อมูลโปรเจกชันในระนาบความถี่ 2 มิติ

2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณทางเอาต์พุต หน่วยความจำ และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์ได้หลายด้าน โดยที่สามารถเลือกจากความต้องการสร้างระบบควบคุมขนาด 8 บิต มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกไม่มากนัก โดยในโครงการนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ซึ่งมีขาแสดงดังรูป

1	P1.0	Vcc	40
2	P1.1	(AD0) P0.0	36
3	P1.2	(AD1) P0.1	38
4	P1.3	(AD2) P0.2	37
5	P1.4	(AD3) P0.3	36
6	P1.5	(AD4) P0.4	35
7	P1.6	(AD5) P0.5	34
8	P1.7	(AD6) P0.6	33
9	RST	(AD7) P0.7	32
10	P3.0 (RND)	(Vpp) EA	31
11	P3.1 (TXD)	(PROG) ALE	30
12	P3.2 (INT0)	PSEN	29
13	P3.3 (INT1)	(A15) P2.7	28
14	P3.4 (T0)	(A14) P2.6	27
15	P3.5 (T1)	(A13) P2.5	26
16	P3.6 (WR)	(A12) P2.4	25
17	P3.7 (RD)	(A11) P2.3	24
18	XTAL2	(A10) P2.2	23
19	XTAL1	(A9) P2.1	22
20	GND	(A8) P2.0	21

รูปที่ 2.38 ขาของ AT89C51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีจำนวนมาก ขึ้นกับโครงสร้างภายใน บางเบอร์มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบบรอม บางเบอร์เป็นแบบอีพรอม บางเบอร์มีแรมภายใน 128 ไบท์ บางเบอร์มี 256 ไบท์ เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- หน่วยความจำรวม 4 กิโลไบท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำแรม 128 ไบท์
- พอร์ตอินพุทและเอาต์พุท ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- ไทเมอร์ 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- วงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรมานาฬิกาบนชิพ
- พอร์ตอนุกรมสามารถรับส่งข้อมูลแบบ ฟูล ดูเพล็กซ์ ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบท์
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบท์
- สามารถประมวลผลทีละบิต
- อ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาทีขณะทำงานด้วย Clock 12

เมกะเซิร์ท

มีดังนี้

2.15.1 ความหมายขาต่างๆ

1. พอร์ต 0 (Port 0)

พอร์ต 0 ได้แก่ขา 32-39 สามารถเป็นพอร์ตอินพุทและเอาต์พุทได้ ซึ่งในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกสามารถเป็นขาบัสดำเนินงาน และบัสดำเนินงานได้

2. พอร์ต 1 (Port 1)

พอร์ต 1 ได้แก่ขา 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ เป็น P1.0, P1.1,...etc

3. พอร์ต 2 (Port 2)

พอร์ต 2 ได้แก่ขา 21-28 สามารถทำงานได้ 2 หน้าที เป็นพอร์ต 8 บิต และเป็นขาแอดเดรส 8 บิต ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ต 3 (Port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขา 10-17 สามารถทำงานได้ 2 หน้าที เป็นพอร์ตอินพุทและเอาต์พุท และเป็นขาควบคุมต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 : แสดงคุณสมบัติพิเศษของพอร์ต 3 ของ AT89C51

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา/ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา/ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

5. $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ ได้แก่ขา 29 เป็นขาที่ส่งสัญญาณออก ขานี้ทำการแอกทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็นอีพรอมขา $\overline{\text{PSEN}}$ ต่อกับขา Output Enable $\overline{\text{OE}}$ ของอีพรอม

6. ALE (Address Latch Enable)

เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถเป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 ซึ่งมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้ใช้ผสมสัญญาณบัสดำแหน่งของพอร์ต 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น ต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับพอร์ต 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณบัสดำแหน่ง เมื่อ MCS-51 ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 ส่งสัญญาณบัสดำแหน่งออกมาก่อนทาง พอร์ต 0 จากนั้นส่งสัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่าบัสดำแหน่งของพอร์ต 0 ไว้เพื่อใช้พอร์ต 0 เป็นบัสดำข้อมูลต่อไป

7. $\overline{\text{EA}}$ (External Access)

ขา $\overline{\text{EA}}$ ได้แก่ขา 31 ในสถานะเป็นลอจิก "1" ใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายใน และในสถานะเป็นลอจิก "0" ทำให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (เมื่อ $\overline{\text{EA}}$ เป็น "0" ขา $\overline{\text{PSEN}}$ ทำการแอกทีฟ) หากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา $\overline{\text{EA}}$ เป็น "0" เสมอ เพราะไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน หากใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในและให้ขา $\overline{\text{EA}}$ เป็น "0" ซึ่งหยุดการทำงานของรอมภายในและอ่านโปรแกรมจากอีพรอมภายนอกแทน

8. RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 เป็นขารีเซ็ต MCS-51 โดยให้เป็นสภาวะลอจิก "1" อย่างน้อย 2 MachineCyclesจึงสามารถรีเซ็ตระบบได้

การรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 จะมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (วงจรสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ หมายถึง วงจรที่สามารถทำการรับและส่งข้อมูลในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลช เป็นแบบอะซิงโครนัส

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัวดังนี้ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register) มีขนาด 8 บิต แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล(Transmit buffer register) และรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม ข้อมูลนั้นจะถูกส่งออกไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือ P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือขา P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือ SCON (Serial port control register) SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบด้วยบิตต่างๆ 8 บิตดังนี้

ตารางที่ 2.3 : แสดงบิตต่างๆ ของ SCON

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0 (Serial port mode bit 0): ปกติจะใช้ร่วมกับบิต SM1 เพื่อกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม การเข้าถึงบิตนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งก็คือ บิต 6 ของรีจิสเตอร์ PCON ในกรณีที่ใช้ความสามารถในการตรวจจับข้อผิดพลาดของเฟรมบิตข้อมูลนี้ บิตนี้จะแจ้งความผิดพลาดโดยจะเซตเป็น 1 ทันที เมื่อพบว่าไม่สามารถตรวจจับบิตหยุด(stop bit) ของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเนื้อหาเว็บไซต์พบข้อผิดพลาดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลพอร์ตอนุกรมได้ SM1 (serial port mode bit 1): ใช้ร่วมกับบิต SM0 ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม โดยกำหนดได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 : แสดงโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	รายละเอียด	อัตราบอด(Buad rate)
0	0	0	ซีพรีจิสเตอร์	ความถี่สัญญาณนาฬิกา/6
0	1	1	UART 8 บิต	ปรับค่าได้
1	0	2	UART 9 บิต	ความถี่สัญญาณนาฬิกา/2
1	1	3	UART 9 บิต	ปรับค่าได้

SM2 (serial port mode bit 1): ใช้ในการเอ็นเนเบิลการสื่อสารในแบบมัลติโพรเซสเซอร์ (multiprocessor) ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกทีฟ ถ้าบิตที่ 9 ที่เข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซต บิต RI จะไม่แอกทีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception): ใช้ในการเอ็นเนเบิล ความสามารถในการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม "1" เอ็นเนเบิลการรับข้อมูล และ "0" ดิสเอเบิลการรับข้อมูล

TB8 (Transmit data bit 8): ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรม

RB8 (Receive data bit 8): ใช้เก็บข้อมูลบิต 8 ของข้อมูลที่รับเข้ามาของพอร์ตอนุกรมเมื่อทำงานในโหมด 2 และ 3 ในโหมด 1 ถ้าบิต SM2 = 0 ข้อมูลของบิตหยุดจะเก็บไว้ที่บิตนี้ ไม่ใช้งานบิตนี้ในโหมด

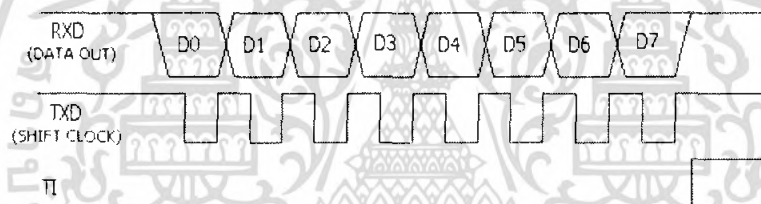
TI (Transmit Interrupt Flag): ใช้ในการแสดงการเกิดอินเทอร์รัพท์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 0 บิตนี้จะเซตเมื่อมีการส่งข้อมูลบิต 7 หรือ บิตที่ 8 ออกไป แต่ถ้าทำงานในโหมดอื่นบิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย

RI (Receive Interrupt flag): ใช้ในการเกิดอินเทอร์รัพท์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 0 บิตนี้จะเซตเมื่อมีการส่งข้อมูลบิต 7 หรือบิตที่ 8 เสร็จสมบูรณ์ แต่ถ้าทำงานในโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อการรับบิตปิดท้ายดำเนินไปได้ครึ่งทาง นอกจากนี้การเซตบิตนี้ยังมีเงื่อนไขที่กำหนด โดยบิต SM2 ร่วมด้วย

โหมดการการติดต่อทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

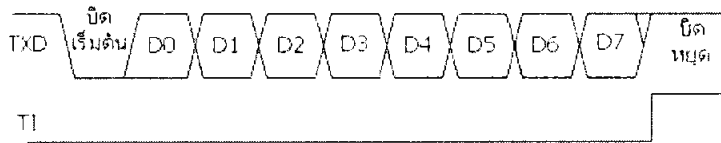
การสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์จะแบ่งออกได้เป็น 4 โหมดด้วยกัน และในแต่ละโหมดจะสามารถสรุปหน้าที่ได้ดังนี้

1.โหมด 0 : จะเป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรม การส่งข้อมูลจะเลื่อนออกไปทีละบิต โดยจะใช้งานของขา RXD เพียงขาเดียว และจะไม่มี การส่งบิตเริ่มต้น (Start bit) ส่วนขา TXD จะใช้เป็นขาของสัญญาณนาฬิกาในการให้จังหวะการเลื่อน ข้อมูลกับวงจรรภายนอก (Shift clock) อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา การรับและส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตต่ำ (LSB) ก่อน ใช้สำหรับเป็นชิพทรีจิสเตอร์ (Shift Register) จุดประสงค์เพื่อใช้ในการขยายพอร์ตอินพุต หรือพอร์ตเอาต์พุต ให้มีจำนวนมาก แต่ในโหมด 0 เรามักจะไม่ค่อยนิยมนำมาใช้งาน เพราะไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันที่เราใช้อยู่ นั้น มีจำนวนพอร์ตที่มากพอ และมีไอซีเบอร์อื่นๆ ในตระกูลเดียวกันให้เลือกจำนวนพอร์ตใช้งานมากมายอยู่แล้ว



รูปที่ 2.39 แสดงสัญญาณการรับและส่งข้อมูลในโหมด 0

2.โหมด 1 : จะเป็นการรับและส่งข้อมูลขนาด 10 บิตแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) สามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารอนุกรมกับมาตรฐานของ RS-232C ของไมโครคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งข้อมูลอนุกรม 10 บิต จะเข้ามาทางขา RXD และ ส่งข้อมูลออกแบบอนุกรมทางขา TXD โดยจะประกอบด้วย 1 บิตแรกเป็นบิตเริ่มต้น (Start bit ค่า 0) , 8 บิตต่อมาจะเป็นบิตของข้อมูล (การรับ/ส่งจะเริ่มจากบิตต่ำก่อน) และ บิตหยุดอีก 1 บิต (Stop bit ค่า 1) ส่วนทางด้านรับข้อมูลจะนำค่าบิตหยุด (Stop bit) ที่รับเข้ามาได้นำไปเก็บไว้ในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON และความเร็วของการส่งข้อมูลในโหมด 1 จะขึ้นอยู่กับบิต SMOD ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของไทเมอร์ 1 ซึ่งอัตราการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้สามารถกำหนดได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.40 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลในโหมด 1

3.โหมด2 : จะเป็นการรับและส่งข้อมูลขนาด 11 บิตแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) ข้อมูลแบบอนุกรมจะถูกรับเข้ามาทางขา RXD และส่งข้อมูลออกไปทางขา TXD ซึ่งข้อมูล 11 บิตประกอบด้วย บิตแรกจะเป็นบิตเริ่มต้น (Start bit ค่า 0) , 9 บิตต่อมาเป็นบิตของข้อมูล และบิตสุดท้ายจะเป็นบิตหยุด 1 บิต (Stop bit ค่า 1) สำหรับข้อมูลในบิตที่ 9 จะกำหนดไว้ใน TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งสามารถกำหนดเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ นิยมนำมาใช้ในการส่งบิตเพื่อตรวจสอบการส่งข้อมูล (Parity bit)



รูปที่ 2.41 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลในโหมด 2

4.โหมด3 : เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 11 บิตแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) เหมือนกับ โหมด 2 แต่ในโหมด 3 สามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตามต้องการ

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) : เป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยขึ้นอยู่กับความพร้อมของทางด้านส่ง และด้านรับ เป็นการส่งข้อมูลโดยทำการเพิ่มเติมข้อมูลบางอย่างเข้าไป (Start bit ,Stop bit ,Parity bit) เพื่อให้การรับ และการส่งข้อมูลสามารถจะทำงานให้มีความถูกต้องของข้อมูลมากยิ่งขึ้น

2.15.2 การสื่อสารแบบอนุกรม

Interface หมายถึงการต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่อยู่ในสถานะแวดล้อมในการทำงาน ที่แตกต่างกัน สำหรับในด้านการสื่อสารข้อมูลหมายถึงการเชื่อมต่อระหว่าง computer หรือ data terminal equipment ชนิดอื่นๆกับอุปกรณ์ภายนอก ในบางครั้งเราเรียกมันว่า I/O port วัตถุประสงค์ประการแรกของการใช้งาน Interface ก็คือการใช้เป็นตัวกลางสำหรับถ่ายโอนข้อมูล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับโลกภายนอกซึ่งจะต้องมีความสามารถในเรื่อง self-protection เพื่อป้องกันการผิดพลาดในระหว่างการถ่ายโอนข้อมูลกับโลกภายนอกด้วย ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้น สิ่งที่สำคัญอันจะขาดเสียมิได้คือ อุปกรณ์ในการแปลงระหว่างการสื่อสารหรือการถ่ายโอนข้อมูลแบบขนานกับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

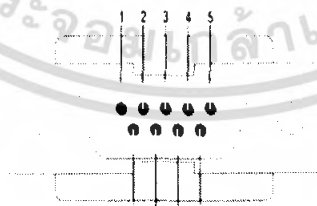
การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงการนี้ใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าได้มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

2.15.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน RS-232

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมชื่อว่า RS-232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต RS-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจาก สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา หรือ EIA (RS-232 : Recommended Standard Number 232, EIA: Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232 มาตรฐานของรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของโครงการนี้นั้นเราจะให้ พอร์ตอนุกรมที่มีลักษณะเป็น 9 pin หรือที่เรียกว่า DB-9



รูปที่ 2.42 แสดง DB-9 ที่ใช้ในการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา (DB-9) แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 : แสดงหน้าที่ต่างๆ ของขา DB-9

ขา	ฟังก์ชัน
1	Received Line Signal Detect
2	Received Data
3	Transmit Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Ground
6	Data Set Ready
7	Request to Send
8	Clear to Send
9	Ring Indicator

คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9

Transmit Data (TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่า Stop Bit

Received Data (RD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขา นี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น "1"

Request to Send (RTS) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง TD สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS ที่อุปกรณ์รับ หากได้รับ สัญญาณ RTS จะตรวจตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

Clear to Send (CTS) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออฟ (Negative Voltage หรือลอจิก "1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่า พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออน (ลอจิก "0") จะเป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่า พร้อมที่จะส่งได้แล้ว

Signal Ground (SG) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆสายสัญญาณจะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสายสัญญาณอื่นๆ

Data Terminal Ready (DTR) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ออน (ลอจิก "0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องที่ใช้ในการรับภาพในโครงการนี้เป็นกล้องเว็บแคมร่า ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- กล้องที่ใช้ในการรับภาพมีความละเอียด 320x240 pixel
- เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดย USB-Port
- ตัวกล้องมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา

ระบบ Universal Serial Bus (USB)

ระบบ USB นั้นนับว่าเป็นระบบที่ทันสมัย เนื่องจากรองรับอุปกรณ์ได้มากขึ้น และง่ายต่อการติดตั้ง มีความสามารถรองรับ Plug & Play ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

- สามารถลดข้อจำกัดในการต่ออุปกรณ์พ่วงได้มากขึ้นถึง 127 ชิ้น
 - ขยายอุปกรณ์มาตรฐานด้วยไดรเวอร์มาตรฐานได้
 - สามารถจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Volt ให้แก่อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับ USB
 - "Hot Swapping" สนับสนุนการต่อ ,ถอดออก และรีเซต อุปกรณ์ที่ติดต่อยู่โดยไม่ต้อง Reset เครื่อง Computer
 - สามารถส่งถ่ายข้อมูลได้สูงสุดถึง 1.5 Mbit/Sec และ 12 Mbit สัญญาณเสียง และสัญญาณภาพ
 - ลดจำนวนสายเคเบิล ท การเชื่อมต่อที่ยุ่งยากเนื่องจากสายสัญญาณมีแค่ 4 สายสัญญาณ คือ V+, D+, D- และ V- โดยสายสัญญาณข้อมูล (D+ และ D-) นั้นจะเป็นแบบ Twist pair
 - สายเคเบิลนั้นสามารถยาวได้ถึง 5 เมตร
 - มีระบบ Suspend เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน
 - มีการกำหนดค่าตำแหน่งแอดเดรสของ อุปกรณ์ต่างๆ โดยอัตโนมัติ
- ในการเชื่อมต่อของ USB นั้นจะสายเคเบิลแบบ 4 คอร์ ซึ่งมีตำแหน่งขา ดังนี้
- ขา 1 เป็น Voltage +
 - ขา 2 เป็น DATA -
 - ขา 3 เป็น DATA+
 - ขา 4 เป็น Voltage -

2.16 สเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่โครงสร้างของมอเตอร์ ลักษณะที่ นำมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTTER เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเทป ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTTER เป็นต้น

ข้อดีของสเต็ปมอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง(DCMOTOR)

- 1.การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
- 2.ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค(ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำใน โรเตอร์)ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
3. การควบคุมโดยทางวงจรถิศจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์ ทำได้ง่าย และสะดวก

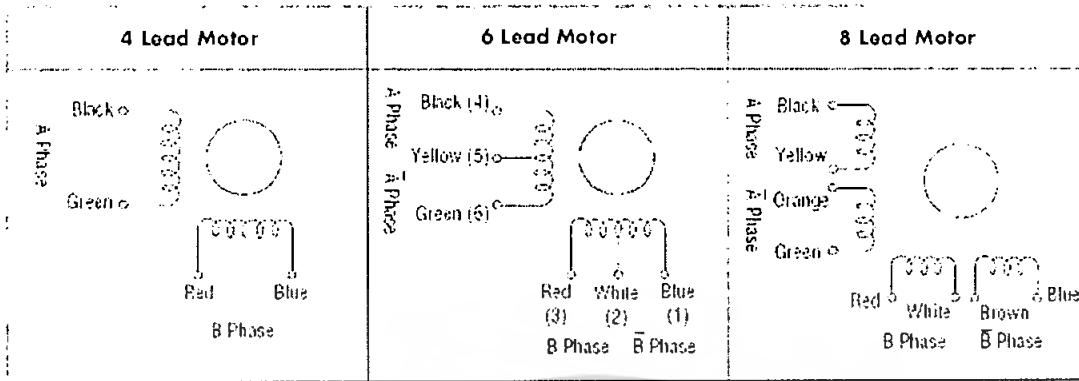
ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

1. แบบแม่เหล็กถาวร(PERMANENT MAGNET_PM) สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่ฟันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมีโรเตอร์ (ROTOR) เป็นรูปทรง กระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงจูงยัดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

2. แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE- VR) สเต็ปมอเตอร์แบบVR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

3. แบบผสม(HYBRID-H) สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกะทัดรัด และให้แรงจูงยัดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



รูปที่ 2.43 (ก) โครงสร้าง

(ข) วงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด

ตารางที่ 2.6 : แสดงมุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่เฟสต่าง ๆ 8 ตำแหน่ง

เฟสที่จ่ายกระแสไฟฟ้า	ϕ_1	$\phi_1\phi_2$	ϕ_2	$\phi_2\phi_3$	ϕ_3	$\phi_3\phi_4$	ϕ_4	$\phi_4\phi_1$
ตำแหน่งโรเตอร์	↑	↗	→	↘	↓	↙	←	↖

การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละขดบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่า ซีควีนเชียลในรูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบบ ได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็มีข้อดีและข้อเสียต่างกันออกไป

1.แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียววนเวียนกันไป เรียกว่าแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส หรือเรียกว่าแบบเวฟ จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำให้การกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆเรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือ ขด 1, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องการให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังในรูปของวงจรการจ่ายไฟ ที่อยู่ด้านบนนั้น เราสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Half Step

สเต็ป	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

2. แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีเดียว 2 เฟสเรียกหรือ FULL STEP 2 เฟส แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่ แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ จะยกตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ ซี่เลขวนให้ดูดังนี้ 12,23,34,41,12,23,34,41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14,43,32,21,14,43,32,21 เรียงกันไปเรื่อยๆ เช่นกัน ถ้าจะมากล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส แล้วมีดังนี้ ข้อดี การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็มๆ แรงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน ข้อเสีย แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ ก็เป็นไปตามธรรมชาติ ได้อย่างก็ต้องเสียอย่าง นั้นล่ะครับ เราสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.8 : แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Full Step

สเต็ป	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียก ONE-TWO EXCITATION หรือ HALF STEP เหมือนรูปแสดงของมอเตอร์ แต่แบบนี้จำนวน STEP ทวนเข็มจะเป็นตรงกันข้าม แบบนี้แบบรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่าง แบบเวฟ กับ แบบ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้ มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆ เป็นลำดับ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ 1,12,2,23,3,34,4,41,1,12,2,23,3,34,4,41,1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยไป ถ้าเราจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้ 1,41,4,43,3,32,2,21,1,41,4,43,3,32,2,21,1 เป็นลำดับกันไป

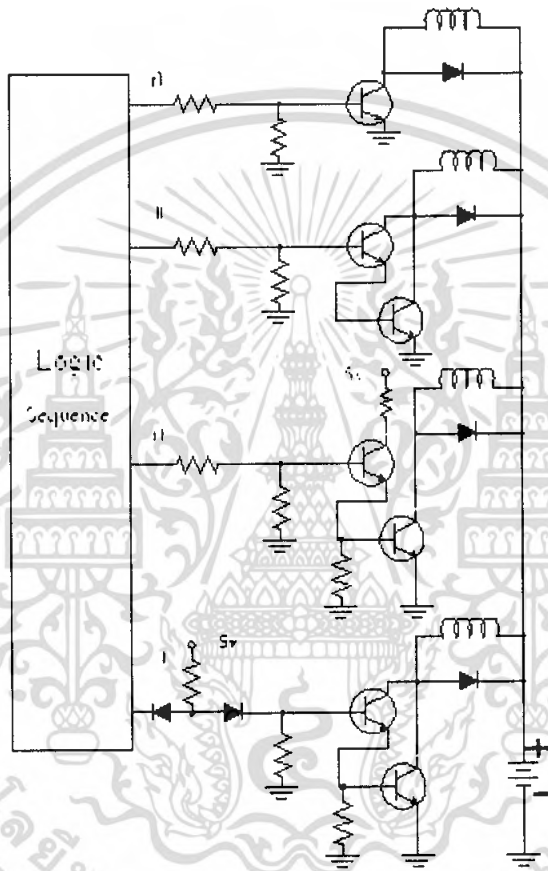
ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลง อีกประการหนึ่งแต่ละ สเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย ข้อเสีย เช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2เฟส ดังนั้นเราสามารถนำลำดับการทำงานของ แบบครึ่งเฟส ในรูปของตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.9 : แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ Half Step

สเต็ป	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

2.17 วงจรขับ (DRIVE)

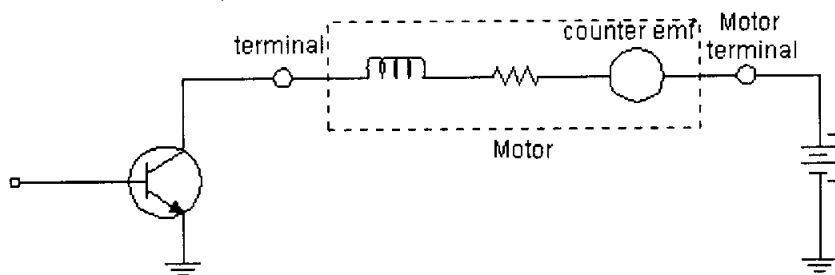
เมื่อเรารู้ซีควเอนซ์ของมันแล้วต่อไปเราก็ต้องมีวงจร DRIVE ให้แก่ STEPPING MOTOR วิธีที่ง่ายที่สุดในการ ต่อวงจรซีควเอนซ์เข้ากับวงจรขับ คือ การต่อโดยตรง ดังเอาต์พุต ก และ ข แต่ถ้ากระแสเอาต์พุต ของวงจรซีควเอนซ์ไม่ เพียงพอก็ต้องต่อ บัฟเฟอร์ (BUFFER) เพื่อขยายกระแสดังรูป เอาต์พุต ค และง



รูปที่ 2.44 แสดงวิธีขับเอาต์พุตของสเต็ปมอเตอร์

ปัญหาเกี่ยวกับวงจรขับ

ขดลวดของสเต็ปมอเตอร์เป็น โทลคชนิดตัวเหนี่ยวนำ และมีค่าเปรียบเสมือนผลรวมของความเหนี่ยวนำ (Inductance)อนุกรมกับความต้านทานดังรูปที่ 2.46



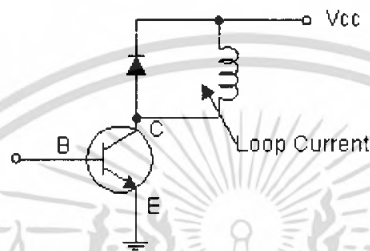
รูปที่ 2.45 วงจรสมมูลย์ (equivalent circuit) ของสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัพเพรสเซอร์ (SUPPRESSOR)

เมื่อทรานซิสเตอร์รูป A หยุคนำกระแสจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าสูงจำนวนหนึ่ง เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสในตัวหนึ่งขั้วนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้จะเป็นอันตรายต่อทรานซิสเตอร์ได้มีวิธีป้องกันได้ด้วยวิธีการต่อไปนี้

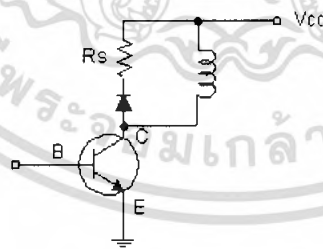
1. ใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.46 การใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์

กระแสหมุนเวียน CIRCULATING CURRENT จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์ หยุคนำกระแสและตัดาบนคอลเลกเตอร์ จะเท่ากับศักดาของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ข้อเสียคือ กระแสจะหมุนเวียนอยู่นานและ จะทำให้เกิดแรงบิดห้ามล้อ (BREAKING TORQUE) พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียเป็นความร้อนในความต้านทานของขดลวด

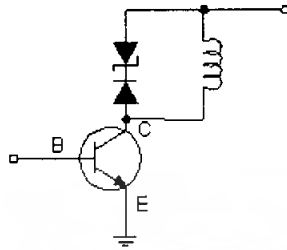
2. ใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.47 การใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์

ถ้าค่าตัวต้านทาน R_S ยิ่งมากกระแสหมุนเวียนก็จะลดลงเร็วขึ้นแต่ศักดาของ คอลเลกเตอร์ ในขณะที่กระแสไหลย้อนกลับ จะมีค่าสูงขึ้นพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในตัวต้านทาน R_S

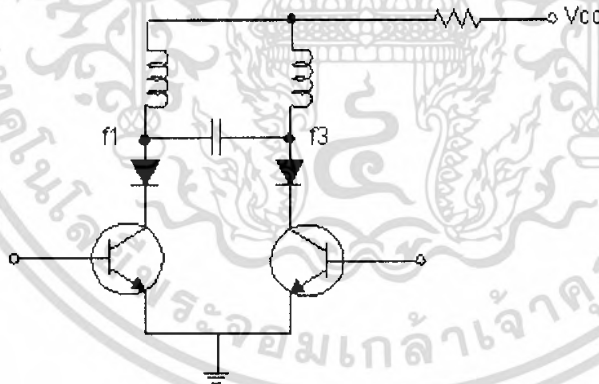
3. ใช้ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.48 การใช้ซีเนอร์ซัพเพรสเซอร์

เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส กระแสจะลดลงได้เร็วกว่า 2 แบบแรก และศักดาที่คอลเลกเตอร์ขณะกระแสไหลย้อน กลับจะเท่ากับศักดาของซีเนอร์บวกกับศักดาของแหล่งจ่าย ซึ่งเป็นอิสระต่อกระแสพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในซีเนอร์ไดโอด

4. ใช้ตัวเก็บประจุซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.49 การใช้ตัวเก็บประจุซัพเพรสเซอร์

จะใส่ตัวเก็บประจุให้ $f1$ กับ $f3$ และ $f2$ กับ $f4$ เมื่อทรานซิสเตอร์ หยุดนำกระแสตัวเก็บประจุ C จะต่อกับทรานซิสเตอร์ โดยผ่านไดโอด และจะดูดกลืนกระแสที่ค่อยๆ ลดลงจากขดลวดของมอเตอร์ เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสียหาย และยังช่วยแคมปีไฟ คือช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวดสเตเตอร์เนื่องจากการแกว่งของโรเตอร์

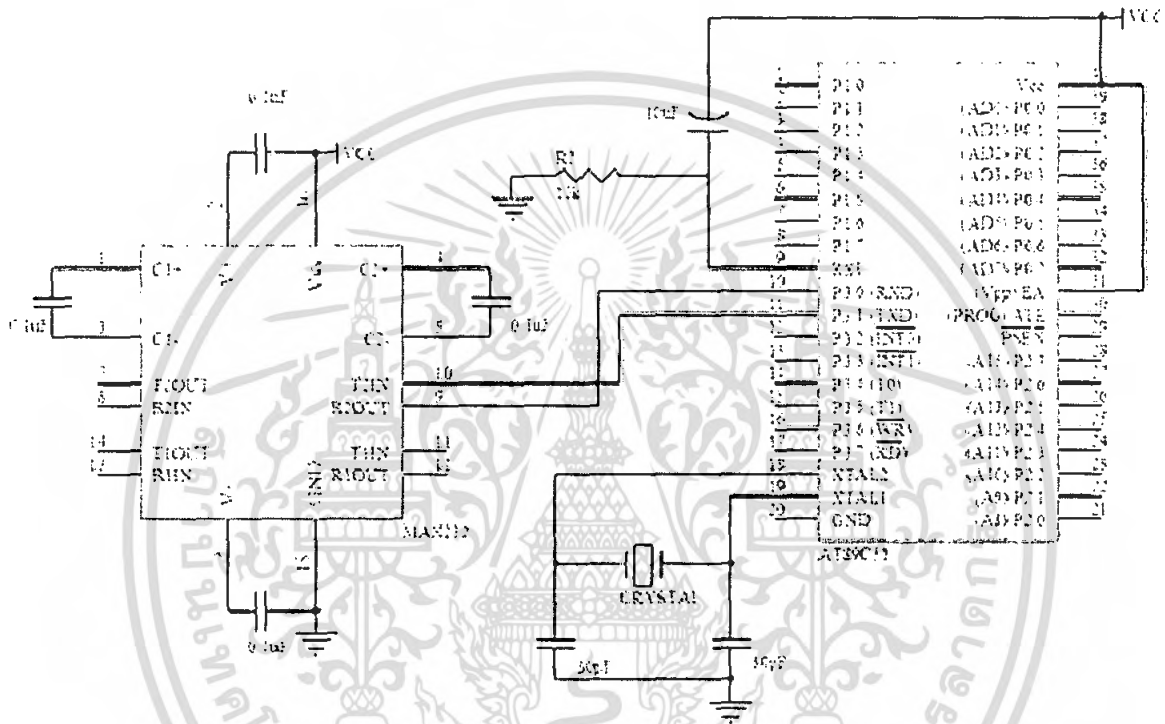
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 ส่วนของกลไกที่ใช้ในการทำงาน

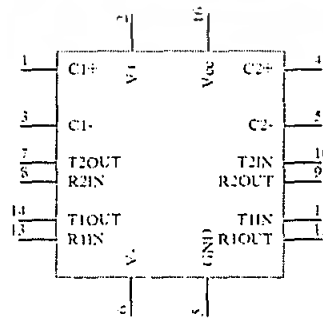
3.1.1 วงจรที่ใช้ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.1 วงจรที่ใช้ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ ไอซี MAX232 จะเป็นตัวรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมเข้ามาทางขา T2OUT และ R2IN และส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ทาง T2IN และ R2OUT

ไอซี MAX232 เราจะใช้ไอซี MAX232 เป็นตัวรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไอซี MAX232 มีความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 120 กิโลบิตต่อ 1 วินาที (kbps)



รูปที่ 3.2 แสดงขาของไอซี MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงหน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ของ MAX232

ขา	ชื่อ	รายละเอียด
1,3	C1+,C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	V+	+2VCC voltage generated by the charge pump
4,5	C2+,C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	V-	-2VCC voltage generated by the charge pump
7,14	T2OUT	RS-232 Driver Outputs
8,13	T1OUT	RS-232 Receiver Inputs
9,12	R2OUT,R1OUT	RS-232 Receiver Outputs
10,11	T2IN,T1IN	RS-232 Driver Inputs
15	GND	Ground
16	VCC	+4.5V to +5.5V Supply – Voltage Input

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เราจะใช้เป็น AT89C51 ซึ่งมีพอร์ตที่ใช้งาน 2 พอร์ตคือพอร์ต 1 และพอร์ต 3 โดยที่พอร์ต 3 นั้นจะเป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ต (I/O Port) แล้วยังมีคุณสมบัติพิเศษดังนี้

1	P1.0	Vcc	40
2	P1.1	(AD0) P0.0	39
3	P1.2	(AD1) P0.1	38
4	P1.3	(AD2) P0.2	37
5	P1.4	(AD3) P0.3	36
6	P1.5	(AD4) P0.4	35
7	P1.6	(AD5) P0.5	34
8	P1.7	(AD6) P0.6	33
9	RST	(AD7) P0.7	32
10	P3.0 (RND)	(Vpp) EA	31
11	P3.1 (TND)	(PROG) ALE	30
12	P3.2 (INT0)	PSEN	29
13	P3.3 (INT1)	(A15) P2.7	28
14	P3.4 (T0)	(A14) P2.6	27
15	P3.5 (T1)	(A13) P2.5	26
16	P3.6 (WR)	(A12) P2.4	25
17	P3.7 (RD)	(A11) P2.3	24
18	NTAL2	(A10) P2.2	23
19	NTAL1	(A9) P2.1	22
20	GND	(A8) P2.0	21

รูปที่ 3.3 แสดงขาไอซี AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

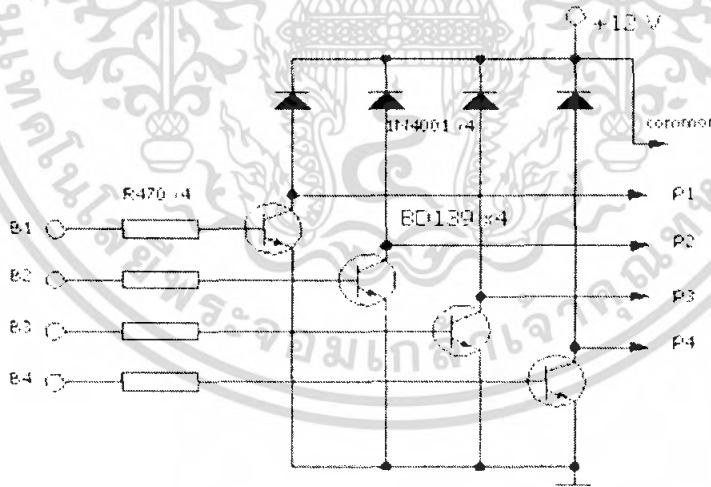
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณสมบัติพิเศษของพอร์ต 3 ของ AT89C51

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

3.1.2 วงจรขับมอเตอร์

สแต็ปมอเตอร์ เราใช้สแต็ปมอเตอร์ในการขับงานหมุนที่มีกล็องติดอยู่ให้หมุนตามองศาที่ต้องการ

วงจรถับมอเตอร์ ในโครงการนี้ใช้เป็นวงจรถานซิสเตอร์ โดยใช้ BD139 ทำหน้าที่ในการขับมอเตอร์แต่ละเฟส



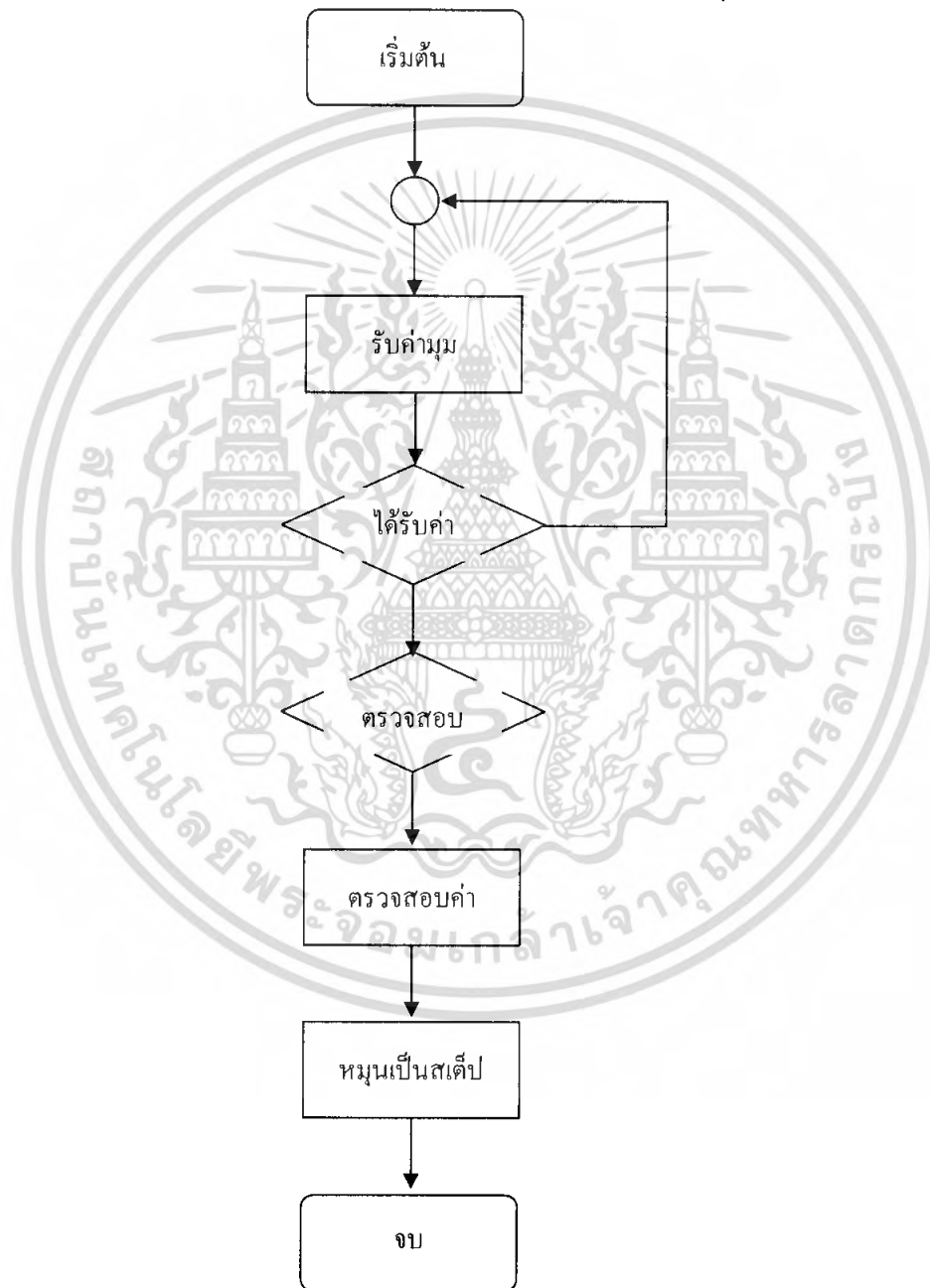
รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้ในการขับสแต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการทำงาน

3.2.1 โปรแกรมในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์นั้นจะควบคุมผ่านพอร์ตอนุกรม โดยใช้โปรแกรม Bordland C++ Builder โดยที่เราต้องการให้มอเตอร์นั้นทำงานได้โดย หมุนในลักษณะเป็นสเต็ปแล้วหยุดตามขนาดองศาที่กำหนดเพื่อให้กล้องบนจานหมุนจับภาพเป็นภาพนิ่ง



รูปที่ 3.5 Flow Chart การทำงานของมอเตอร์ที่รับค่าจากพอร์ตอนุกรม

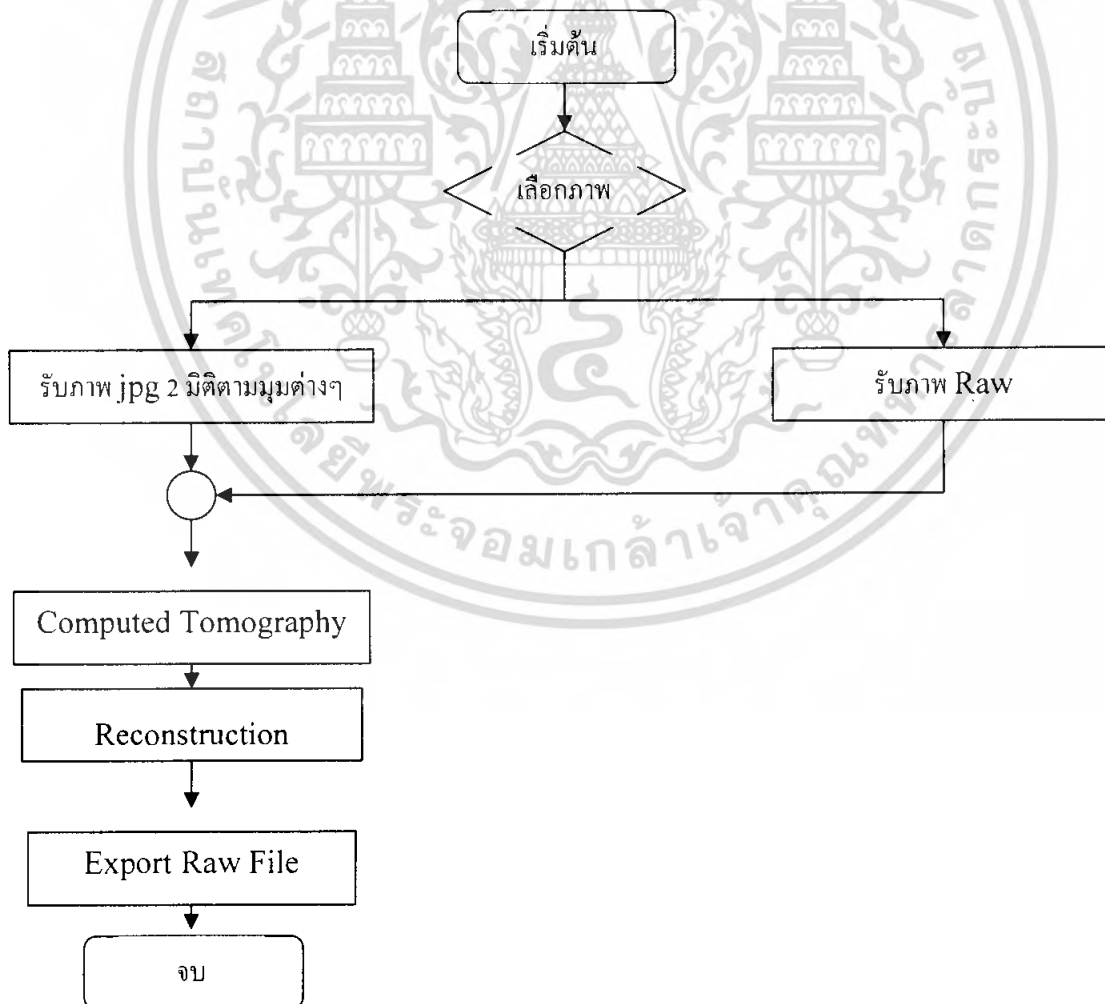
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของกล้อง

โปรแกรมควบคุมการทำงานของกล้อง จะใช้โปรแกรม C++Builder โดยใช้ component VideoOCX ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการแสดงผลภาพโดยเฉพาะ โดยเราต้องการโปรแกรมที่สามารถแสดงภาพที่รับจากกล้องให้เห็นได้ชัดเจน สามารถที่จะรับภาพนั้นเป็นภาพนิ่งและภาพวิดีโอได้ แล้วนำภาพที่รับได้มาบันทึกเก็บไว้ใน Folder ที่กำหนดโดยฟังก์ชันที่เราต้องการมีดังนี้คือ

1. Start เป็นปุ่มคำสั่งเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม
2. Stop เป็นปุ่มคำสั่งหยุดการทำงานของกล้อง
3. Image เป็นปุ่มคำสั่งในการจับภาพนิ่ง
4. Setting เป็นปุ่มคำสั่งในการปรับค่าของกล้อง
5. Exit เป็นปุ่มคำสั่งจบการใช้งานโปรแกรม

3.2.3 โปรแกรมในการทำ Reconstruction เพื่อให้ได้ภาพ Raw



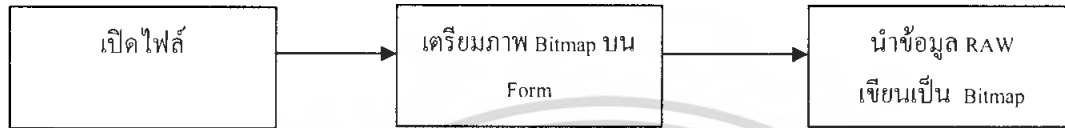
รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการ Reconstruction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าไม่เหมาะสมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 โปรแกรมอ่านภาพถ่ายทางการแพทย์

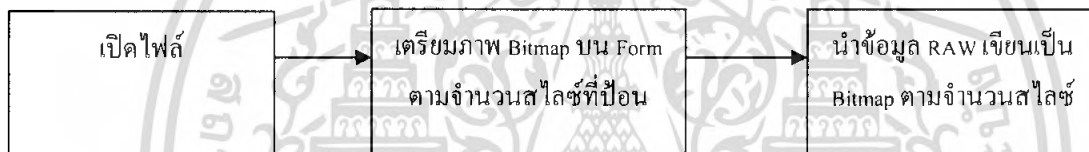
การออกแบบการอ่านภาพ RAW 8 บิต 1 ภาพ

เนื่องจากภาพ RAW เป็นภาพที่เป็นข้อมูลดิบ ดังนั้นเพื่อให้สามารถอ่านภาพได้จึงจำเป็นต้องทำให้รูปแบบภาพเป็นภาพ Bitmap โดยมีบล็อกไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 8 บิต

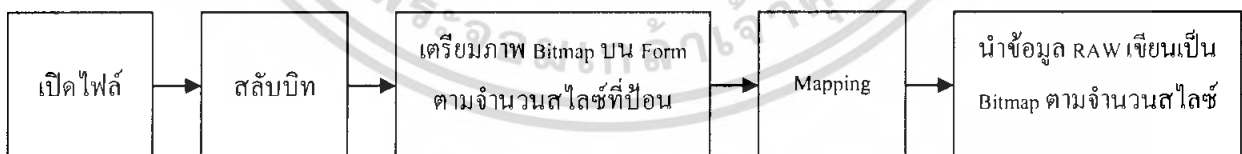
การออกแบบการอ่านภาพ RAW 8 บิตที่เป็น Stack



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 8 บิตที่เป็น Stack

การออกแบบการอ่านภาพ RAW 16 บิต

เนื่องจากภาพ RAW 16 บิตนั้นจำเป็นต้องมีการ Mapping และการสลับการอ่านข้อมูลบิตจากปกติ MSB ไป LSB ไปเป็น LSB ไป MSB



รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ RAW 16 บิต

การออกแบบการอ่านภาพ DICOM

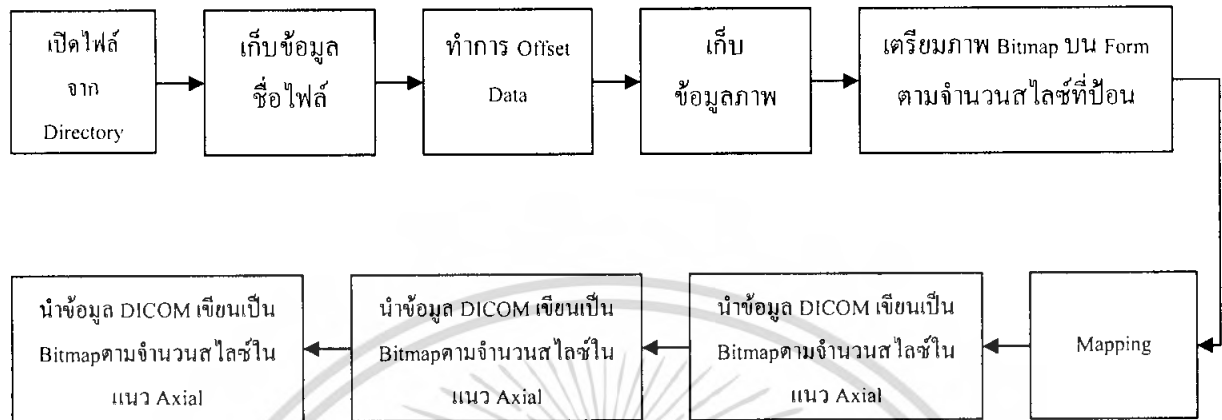
เนื่องจากภาพในข้อมูล DICOM นั้นประกอบไปด้วยรูปภาพหลายๆรูปภาพซ้อนทับกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอ่านภาพจากทั้ง Directory และเก็บชื่อภาพไว้หลังจากนั้นจึงทำการเปิดอ่านไฟล์แต่ละไฟล์และเก็บไว้เป็นหนึ่งข้อมูลซึ่งทำให้ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเหมือน RAW และเนื่องจากภาพ DICOM นั้นประกอบด้วยส่วน Header และส่วนรูปภาพ ดังนั้นเราจำเป็นต้องแยกส่วน Header กับส่วนรูปภาพอีกทั้งในส่วนของ Header นั้นมีจำนวนข้อมูลไม่เท่ากันในแต่ละภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการอ่านภาพทุกภาพขึ้นมาและแยกส่วน Header และรูปภาพในแต่ละภาพทุกภาพ ถ้าหากไม่ทำเช่นนี้ภาพจะสั้น ในส่วนของรูปภาพนั้นเราจำเป็นที่จะต้องสร้างข้อมูลเป็นภาพ RAW ที่เป็นก้อนเดียว เพื่อที่จะทำให้สามารถอ่านภาพในแนว Axial, Coronal และ Saggital โดยใช้ข้อมูลเพียงข้อมูลเดียว



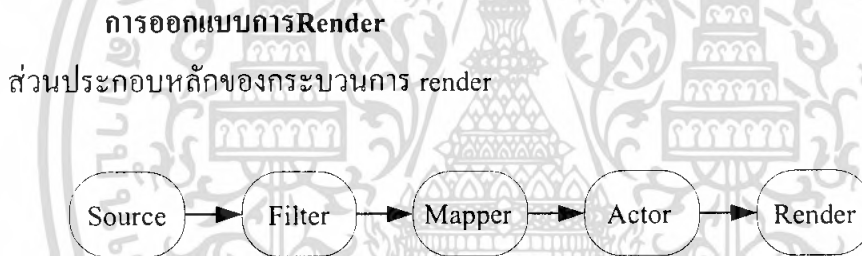
รูปที่ 3.10 แสดงภาพไดคอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรม



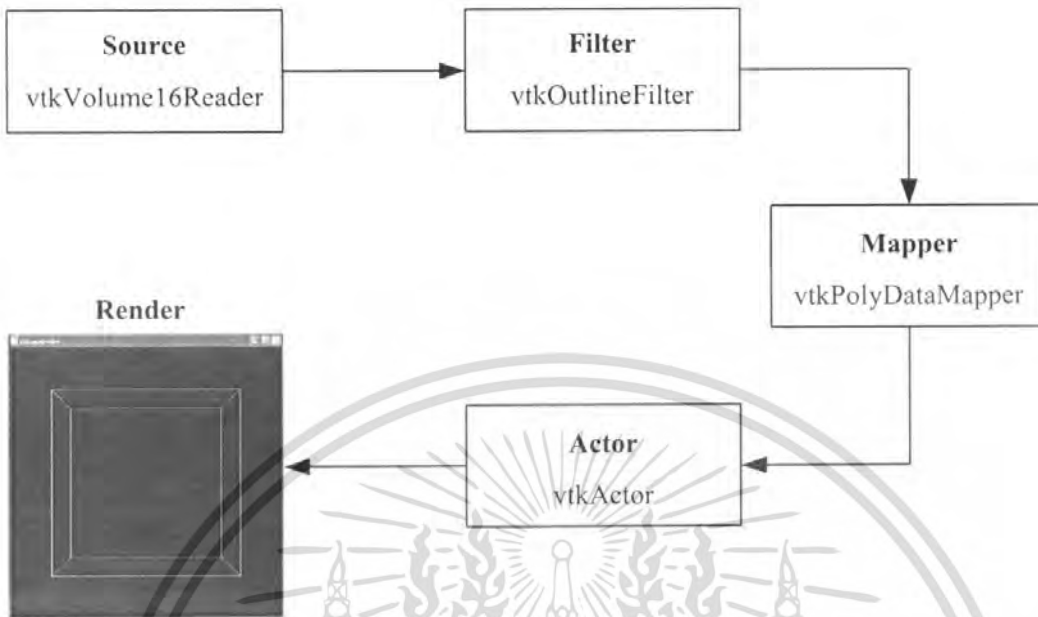
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการอ่านภาพ DICOM



รูปที่ 3.12 แสดง pipeline ของกระบวนการการ render

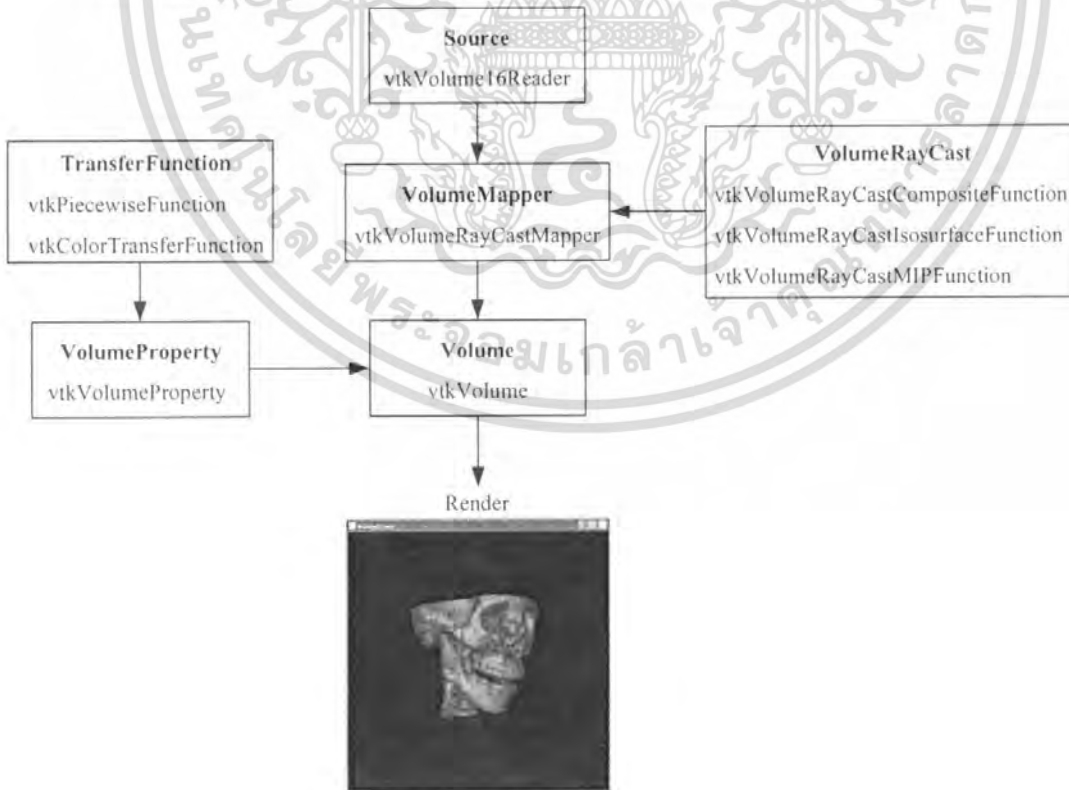
จากรูป 3.12 pipeline ที่นำมาแสดง เป็นกระบวนการของการ render เห็นได้ว่า ข้อมูลที่จะนำมา render นั้นจะถูกส่งผ่านตัวกรองข้อมูล (Filter) แล้ว Map กลุ่มข้อมูลนั้นๆ ไปพักไว้ในส่วนของ Actor เพื่อ render ข้อมูลออกมาแสดงผล

จากหลักการข้างต้นนี้ ในนำมาใช้การวิเคราะห์ render จาก Source Code ของตัวอย่าง vtk: VolumeRenderWithBoxWidget พบว่าในการ Render ของตัวอย่างนี้ มีการ Render 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนของการสร้างกล่องเปล่า และส่วนของการสร้าง Volume ซึ่งเขียนเป็น pipeline ได้ดังนี้



รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการRender

จากส่วนนี้เป็นpipeline ของการสร้างกล่องเปล่าขึ้นมาดังที่แสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของVolume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่เฉพาะของหน่วยงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

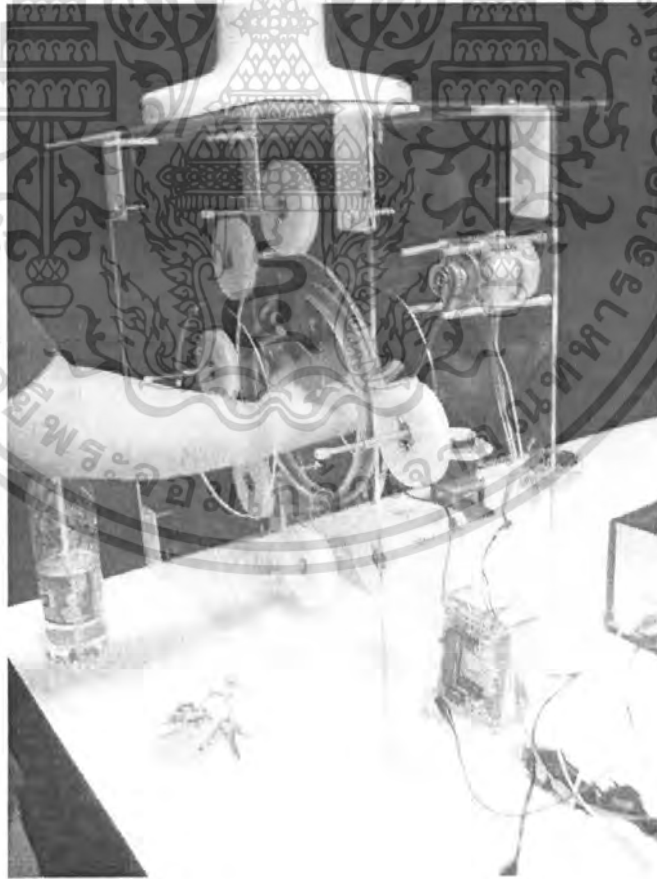
บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองส่วนของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์

จากการทดลองการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ พบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมจากคอมพิวเตอร์ได้ และสามารถบังคับกับการหมุนของมอเตอร์ในแบบต่างๆ ได้คือ

- แบบหมุนต่อเนื่องสำหรับการถ่ายภาพวิดีโอ 360 องศา
- แบบหมุนทีละสเต็ปสำหรับการถ่ายภาพนิ่ง โดยจะกำหนดให้หมุนครั้งละ 5 องศา จนครบ 360 องศา หรือหมุนทั้งหมด 72 สเต็ปต่อรอบ ซึ่งจะทำให้สามารถถ่ายภาพได้ทั้งหมด 72 ภาพเช่นกัน



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดวางของกล้องที่จับภาพจากวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองส่วนการรับภาพและบันทึกภาพ

โปรแกรมที่ใช้สำหรับรับภาพและควบคุมการหมุนของมอเตอร์เป็นดังรูปที่แสดงนี้ มีปุ่มในการทำงานต่างดังนี้คือ

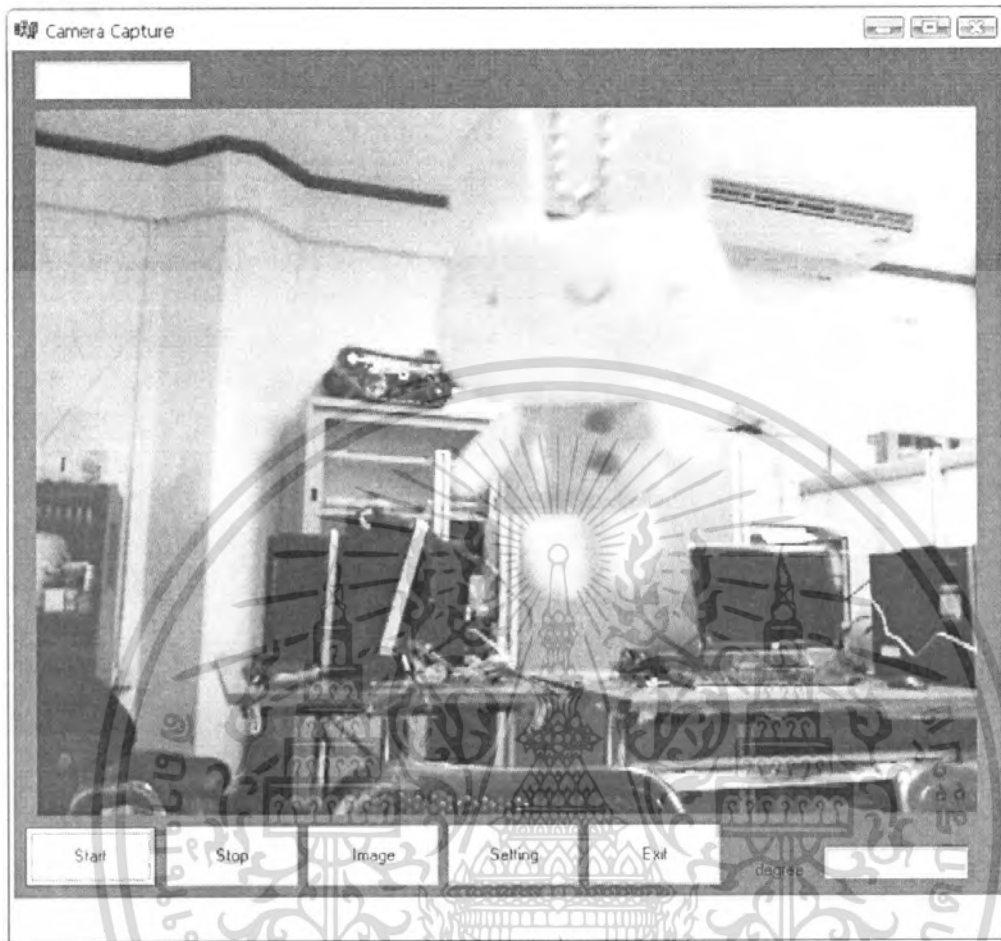


รูปที่ 4.2 โปรแกรมที่ออกแบบ

1. Start โปรแกรมจะเริ่มจับภาพจากกล้องแสดงออกมาบนจอ
2. Image เป็นปุ่มที่กำหนดการทำงานของโปรแกรมให้จับภาพแบบภาพนิ่ง
3. Video เป็นปุ่มกำหนดการทำงานของโปรแกรมให้จับภาพเป็นภาพเคลื่อนไหว
4. Setting ใช้สำหรับการปรับแต่งค่าต่างๆ ของกล้อง เช่น ความคมชัด ภาพสี ขาวดำ ความสว่าง เป็นต้น
5. Stop ใช้ในการหยุดการทำงานของกล้องในการจับภาพ
6. Exit ใช้ในการออกจากโปรแกรม

สำหรับการทดลองในส่วนของการรับภาพของกล้องนั้น สามารถที่จะรับภาพของวัตถุได้ และนำภาพที่ได้นั้นมาจัดเก็บไว้ใน Folder ที่กำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการรับภาพจากกล้องแสดงบนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เมื่อคุณปุ่ม Setting จะปรากฏ Dialog box ในการปรับค่าต่างๆ ของกล้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.5 Dialog box ปรับตั้งค่าของกล้อง นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

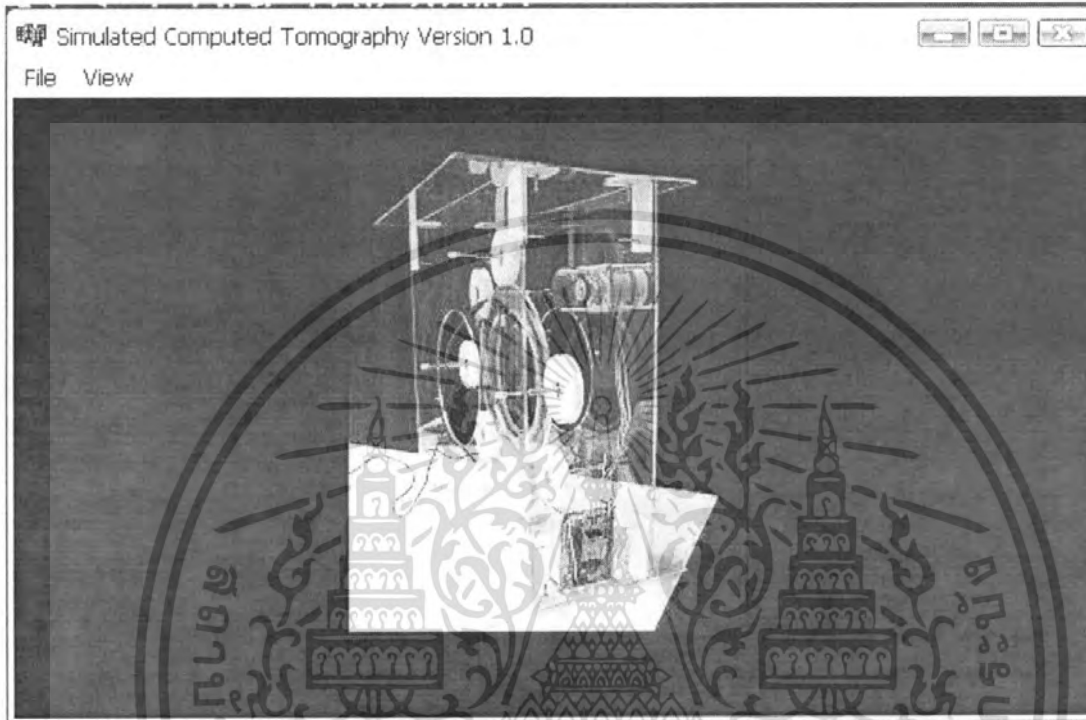


รูปที่ 4.6 แสดงการบันทึกภาพที่จับได้ลงในโฟลเดอร์ที่กำหนดไว้

ในส่วนของการจับภาพนี้เราจะบันทึกภาพที่ได้เก็บไว้แล้วนำไปประมวลผลภาพเพื่อจำลองออกมาเป็นรูป 3 มิติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

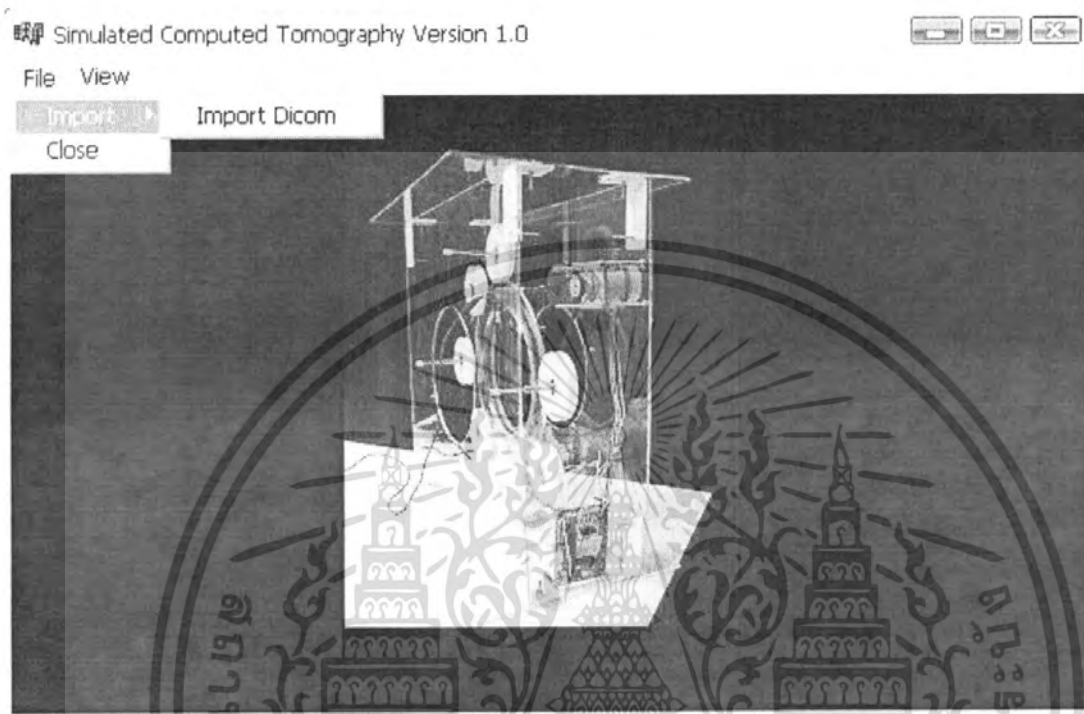
4.3 การทดลองส่วนโปรแกรม Simulated Computed Tomography



รูปที่ 4.7 แสดงส่วนโปรแกรม Simulated Computed Tomography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

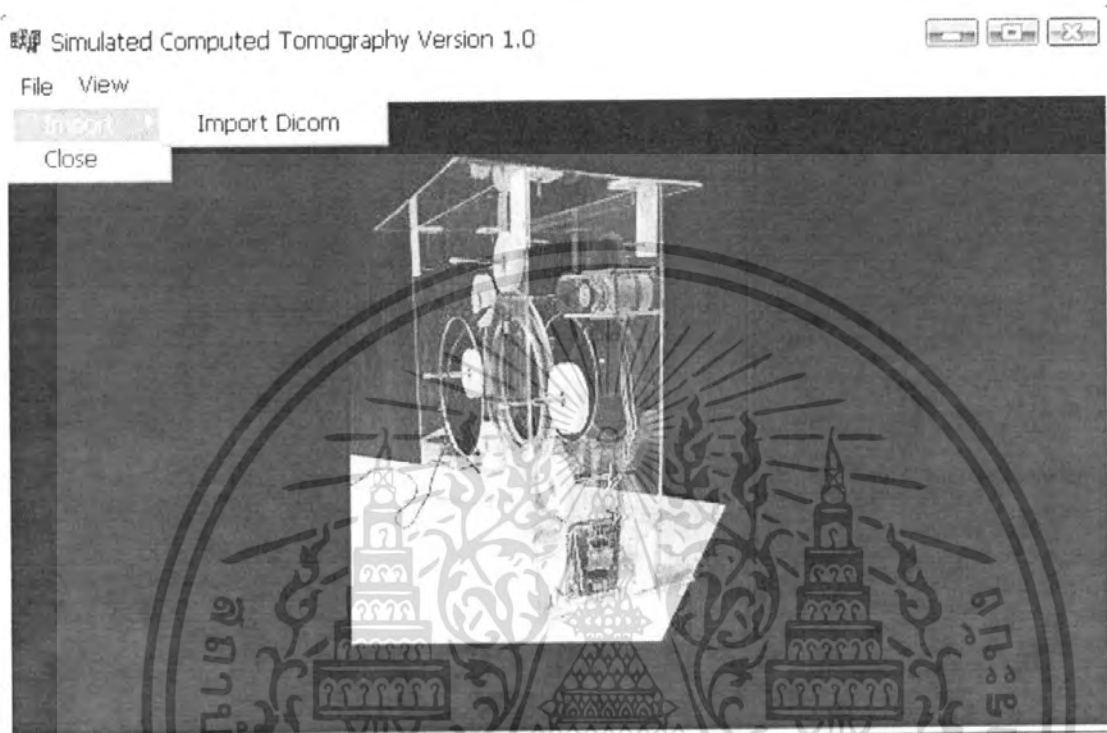
4.4 แสดงส่วนการ Import Dicom



รูปที่ 4.8 แสดงส่วนการ Import Dicom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

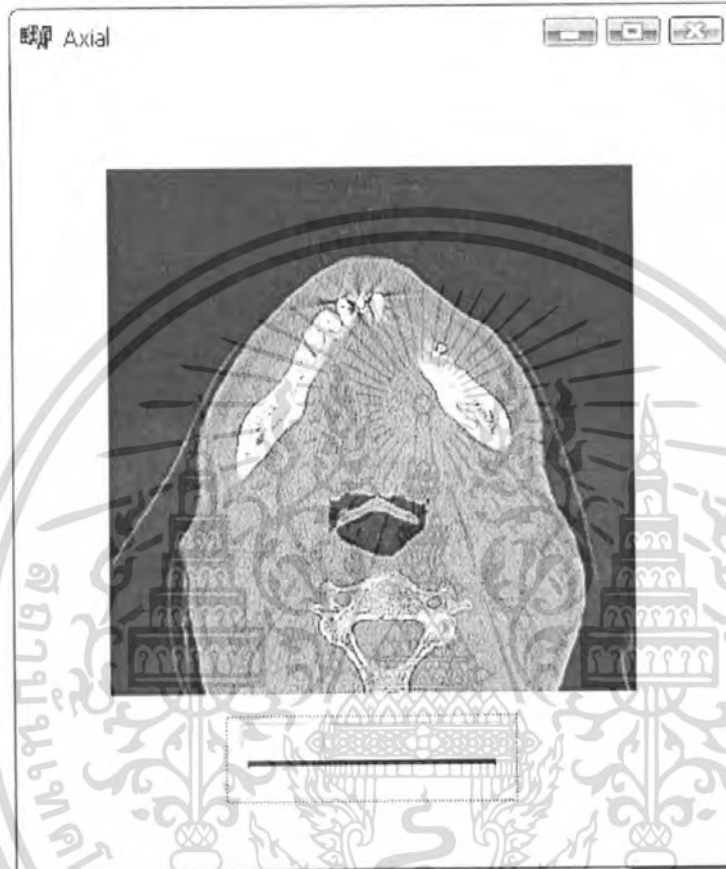
4.5 แสดงส่วน Dicom Header



รูปที่ 4.9 แสดงส่วน Dicom Header

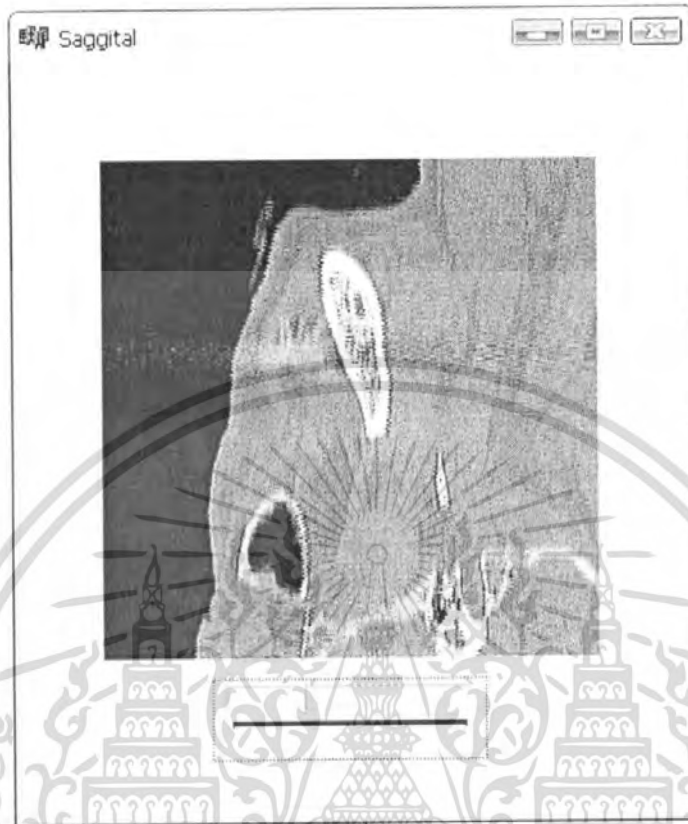
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แสดงส่วนภาพแนว Axial ,Saggital และ Coronal



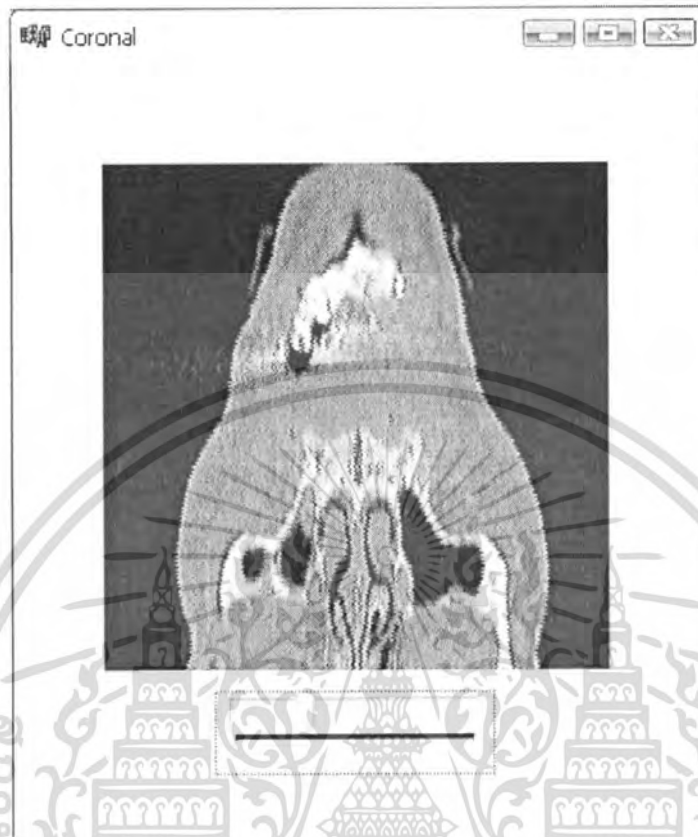
รูปที่ 4.10 แสดงส่วน Axial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงส่วน Saggital

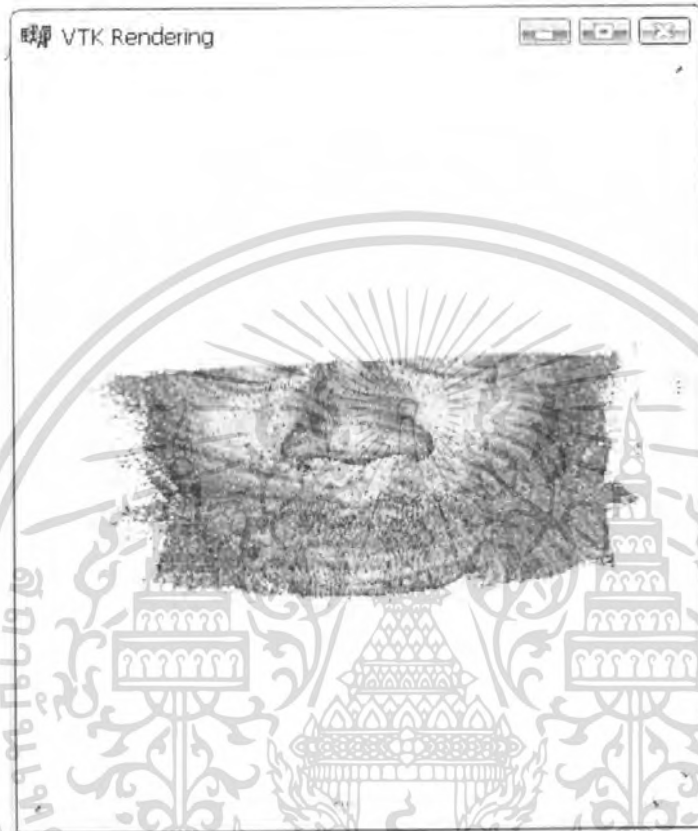
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงส่วน Coronal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 แสดงส่วน VTK Rendering ของภาพใดคอม



รูปที่ 4.13 แสดงส่วนของ VTK Rendering ของภาพใดคอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

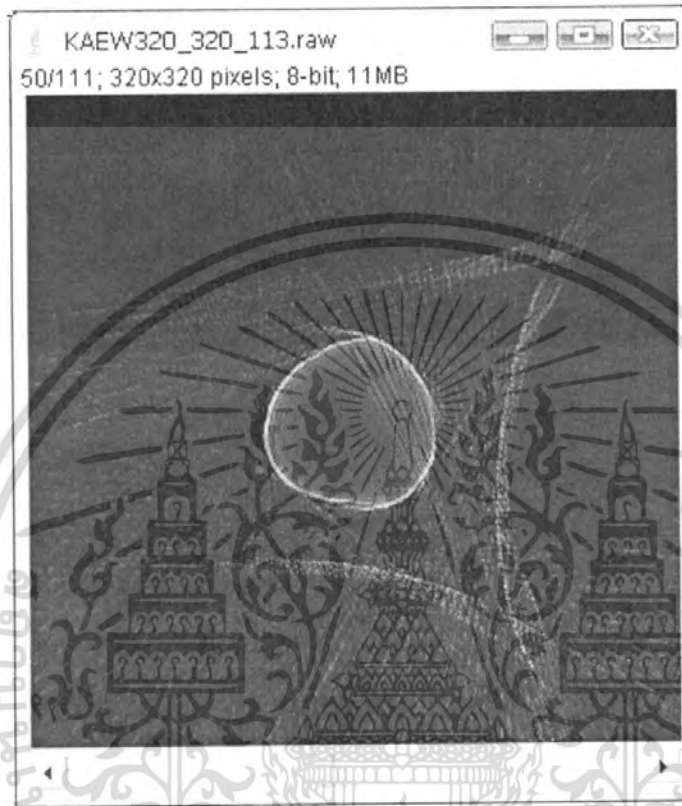
4.8 แสดงหน้าต่างการทำ Image Reconstruction



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างการทำ Image Reconstruction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

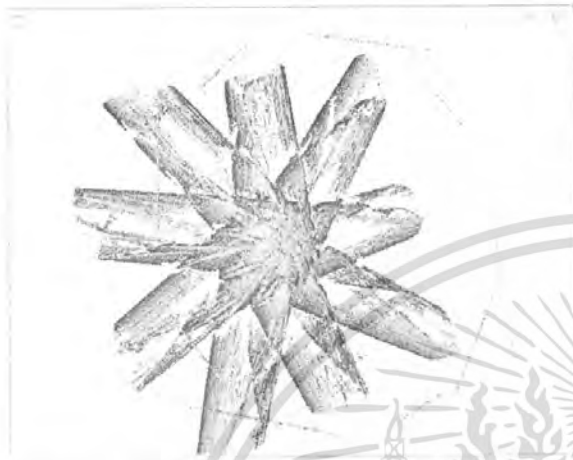
4.9 แสดงผลการ Reconstruction



รูปที่ 4.15 แสดงผลการ Reconstruction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 แสดงผลการ Render โดย VTK Rendering



รูปที่ 4.16 แสดงผลการrenderที่มุม projection 45°



รูปที่ 4.17 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°



รูปที่ 4.18 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงผลการrenderที่นุ่ม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 2000



รูปที่ 4.20 แสดงผลการrenderที่นุ่ม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 6000

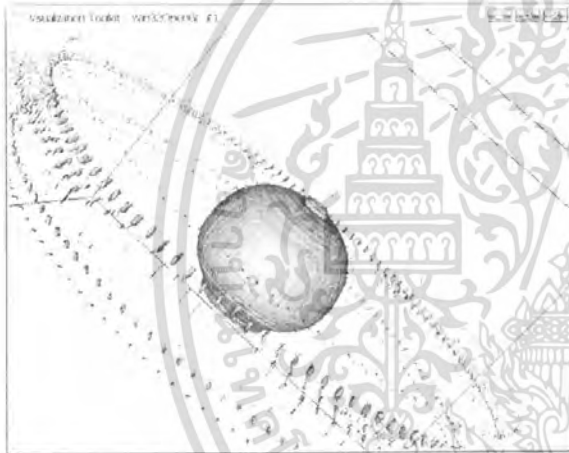


รูปที่ 4.21 แสดงผลการrenderที่นุ่ม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 12000

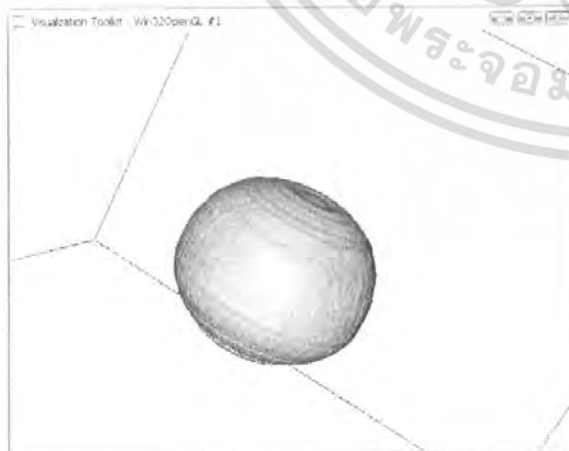
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 2000



รูปที่ 4.23 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 6000



รูปที่ 4.24 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 2000



รูปที่ 4.26 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 6000



รูปที่ 4.27 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Visualization Toolkit - Win32OpenGL #1



รูปที่ 4.28 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 2000

Visualization Toolkit - Win32OpenGL #1



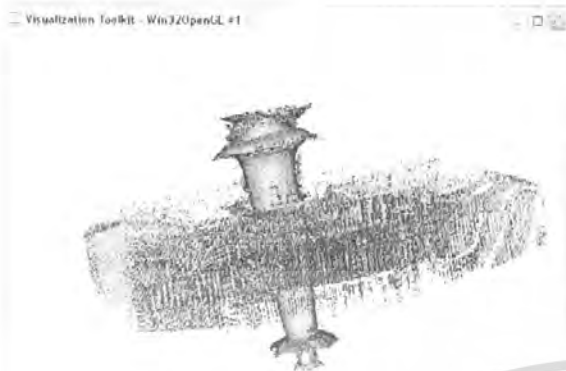
รูปที่ 4.29 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 6000

Visualization Toolkit - Win32OpenGL #1



รูปที่ 4.30 แสดงผลการrenderที่มุม projection 2.7°
ที่ระดับ function filter 12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 2000

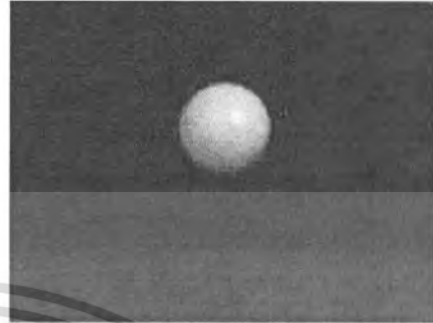
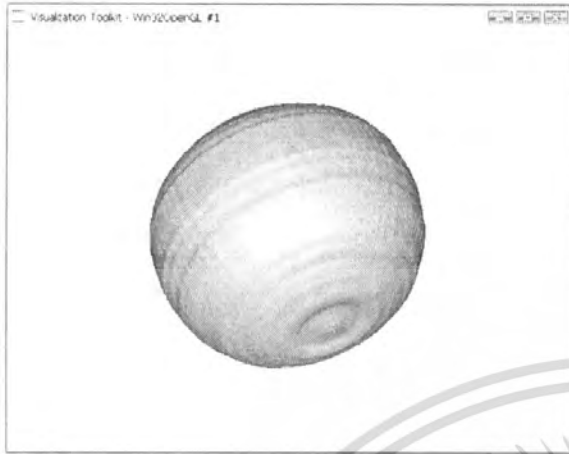


รูปที่ 4.32 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 6000



รูปที่ 4.33 แสดงผลการrenderที่มุม projection 0.9°
ที่ระดับ function filter 12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 แสดงผลภาพวัตถุทรงกลมที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง



รูปที่ 4.35 แสดงผลภาพขวดที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.36 แสดงผลภาพเมตรที่ได้จากการ render เปรียบเทียบกับวัตถุจริง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการ แสดงผลการ Render โดย VTK Rendering การเลือกมุมโปรเจกชันที่ต่างกันภาพที่ได้ก็就会有ความละเอียดที่ไม่เหมือนกัน โดยภาพที่ได้จากการ render โดยใช้มุมโปรเจกชันที่ละเอียดที่สุด(0.9 องศา)จะมีความละเอียดและดูเหมือนของจริงมากกว่าภาพที่ใช้มุมโปรเจกชัน 2.7 องศา และภาพที่ใช้มุมโปรเจกชัน 2.7 องศา มีความละเอียดและดูเหมือนของจริงมากกว่าภาพที่ใช้มุมโปรเจกชัน 45 องศา ส่วนการใช้ filter function ก็มีผลต่อความละเอียดและดูเหมือนจริงของภาพด้วยเช่นกัน โดยภาพที่ได้จากการใช้ filter function ค่า 2000 จะดูเหมือนจริงน้อยกว่าภาพที่ได้จากการใช้ filter function ค่า 6000 แลภาพที่ได้จากการใช้ filter function ค่า 6000 จะดูเหมือนจริงน้อยกว่าภาพที่ได้จากการใช้ filter function ค่า 12000 และค่า filter function ที่ 12000 ขึ้นไปจะมีรูปร่างที่เหมือนกันกับภาพที่ใช้ filter function ค่า 12000

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการทำการออกแบบ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับรับภาพ

จากการทดสอบรับภาพ โดยจากการที่เราใส่ค่ามุมที่ต้องการให้กล้องหมุนตามมุมที่เราต้องการ ผลปรากฏว่าสามารถใช้งานได้ดี แต่อาจจะมีปัญหาในเรื่องของมุมที่อาจคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นเพราะว่าการคำนวณสเตปของมอเตอร์ ซึ่งสเตปมอเตอร์ที่ใช้มีขีดจำกัดความสามารถของตัวเอง

ส่วนที่ 2 ส่วนของโปรแกรมการทำ Reconstruction

เมื่อได้ภาพจากโปรแกรมที่ใช้ในการจับภาพของวัตถุแล้ว แล้วก็ทำการเปลี่ยนภาพนั้นให้กลายเป็นภาพตัดขวาง ซึ่งจะต้องใช้โปรแกรมในการทำ Reconstruction โดยจากการทดสอบก็พบว่าสามารถใช้โปรแกรมนี้ทำได้จริง แต่จะต้องใช้เวลาในการประมวลผลที่นาน

ส่วนที่ 3 ส่วนของโปรแกรมการสร้างภาพสามมิติ

เมื่อได้ภาพตัดขวางของวัตถุจากการทำ Reconstruction มาแล้ว เราก็จะนำข้อมูลนั้นมาสร้างเป็นภาพสามมิติ โดยจะใช้ VTK ในการ Render โดยจะได้ภาพของวัตถุที่เป็นสามมิติ แสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ แต่มีข้อบกพร่องตรงที่ถ้าเรายิ่งใช้มุมในการจับภาพที่มีความละเอียดสูง ก็จะทำให้ภาพสามมิติที่ได้ยิ่งมีความละเอียดสูง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

ในการทำโครงการชิ้นนี้มีปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างที่เกิดขึ้น คือ

1. การลงโปรแกรมvtk ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ลงยาก และมีขั้นตอนการลงที่ซับซ้อน
2. เป็นโครงการที่เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ยังไม่เคยใช้มาก่อน

จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษา ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างล่าช้า

3. เนื่องจากความไม่ชำนาญและการวางแผนงานที่ไม่ดี
4. การออกแบบโครงสร้างของเครื่องจำลองการทำงาน CT-Scan ซึ่งต้องการระบบการหมุนที่ดี จึงทำให้ออกแบบได้ยาก
5. ในการแสดงผลภาพสามมิติ จะใช้เวลาในการประมวลผลภาพที่นาน
6. การออกแบบโปรแกรมในการ Reconstruction ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนได้ยาก

5.4 แนวทางในการแก้ไข

1. ต้องขอความช่วยเหลือจากผู้รู้ มาช่วยในการลงโปรแกรม
2. ต้องประสบการณ์เป็นเรื่องที่ต้องลงมือทำจึงจะเกิดความชำนาญ แนวทางในการแก้ไขก็คือ ลงมือทำให้เกิดความชำนาญมากขึ้น
3. ควรมีการวางแผนการทำงานที่ดี จึงจะทำให้งานออกมาตรงตามกำหนดการ
4. ต้องออกแบบให้การหมุนของเครื่องเป็นไปอย่างคงที่
5. เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการประมวลผลที่ช้านั้นอยู่ในเกณฑ์ที่พอรับได้ จึงอาจจะไม่ต้องแก้ไข แต่ถ้าหากต้องการแก้ไขอาจต้องหาความรู้เพิ่มเติมว่าควรจะทำอย่างไร
6. ต้องสอบถามและขอความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา

บรรณานุกรม

- 1.พรพล สาครินทร์, กฤษณา แก้วมณี, “3D Graphic Rendering”, บริษัท ชัคเชส มีเดีย จำกัด, 2001
- 2.นุภูฏ กระจาย, “การเขียนโปรแกรมแบบวิชวลด้วย C++ Builder 5”, บริษัท เคสโก้ไทย จำกัด, 2544
- 3.National Electrical Manufacturers Association, “Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM) Part 6: Data Dictionary”,1999.
- 4.Will Schroeder, Ken Martin, Bill Lorensen, “The Visualization ToolkitAn Object-Oriented Approach To 3D Graphics 4th Edition ”, Prentice-Hall, 2002.
- 5.Will J Schroeder, Lisa S. Avila, Kenneth M. Martin, William A. Hoffman, C.Charles Law, “The VTK User’s Guide”, Kitware, 2001.
- 6.ประยงค์ อยู่ประสิทธิ์วงศ์, “หลักการเขียน โปรแกรม และการแก้ไขปัญหา ด้วยภาษา C++”, ดวงกมลสมัย, 2549.
- 7.รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, “การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย Matlab”,แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2550

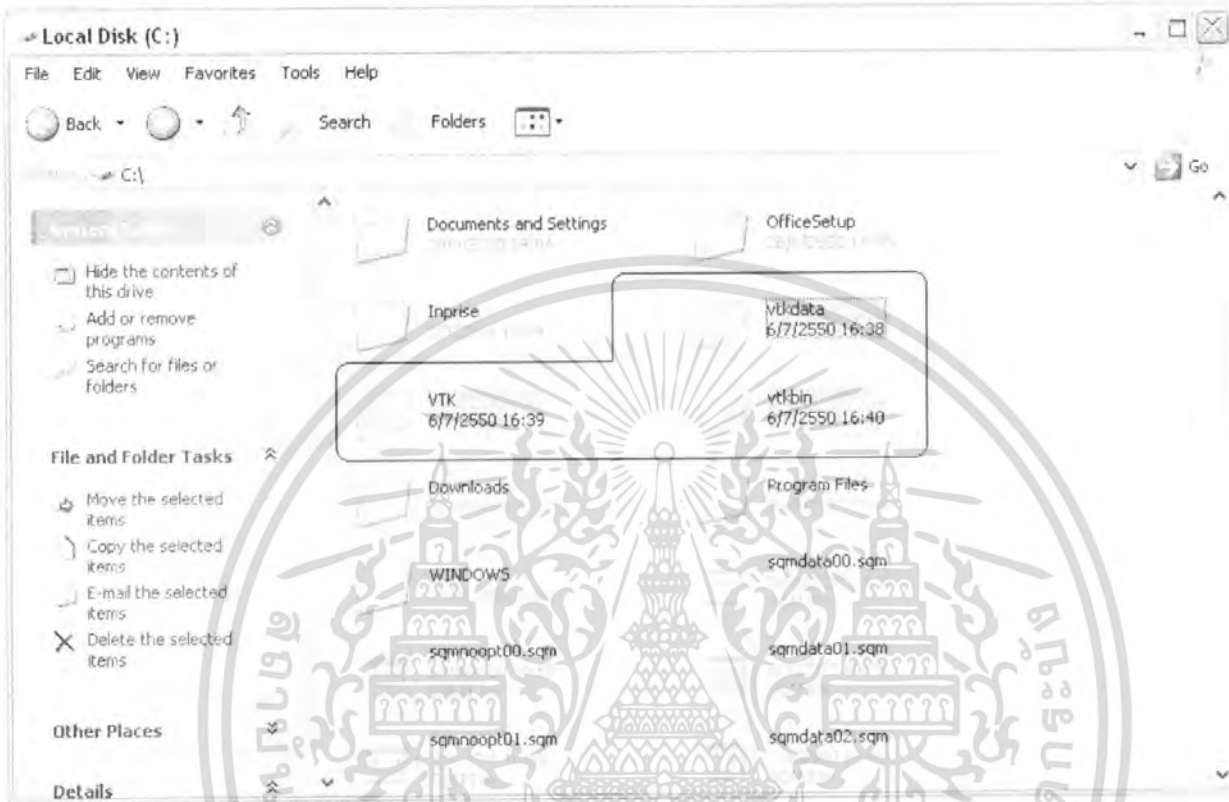
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการติดตั้ง

1. ทำการลงไฟล์เคอร์ VTKที่จะติดตั้ง ซึ่งนั่นก็คือไฟล์ vtk , vtkdata และ vtkbin



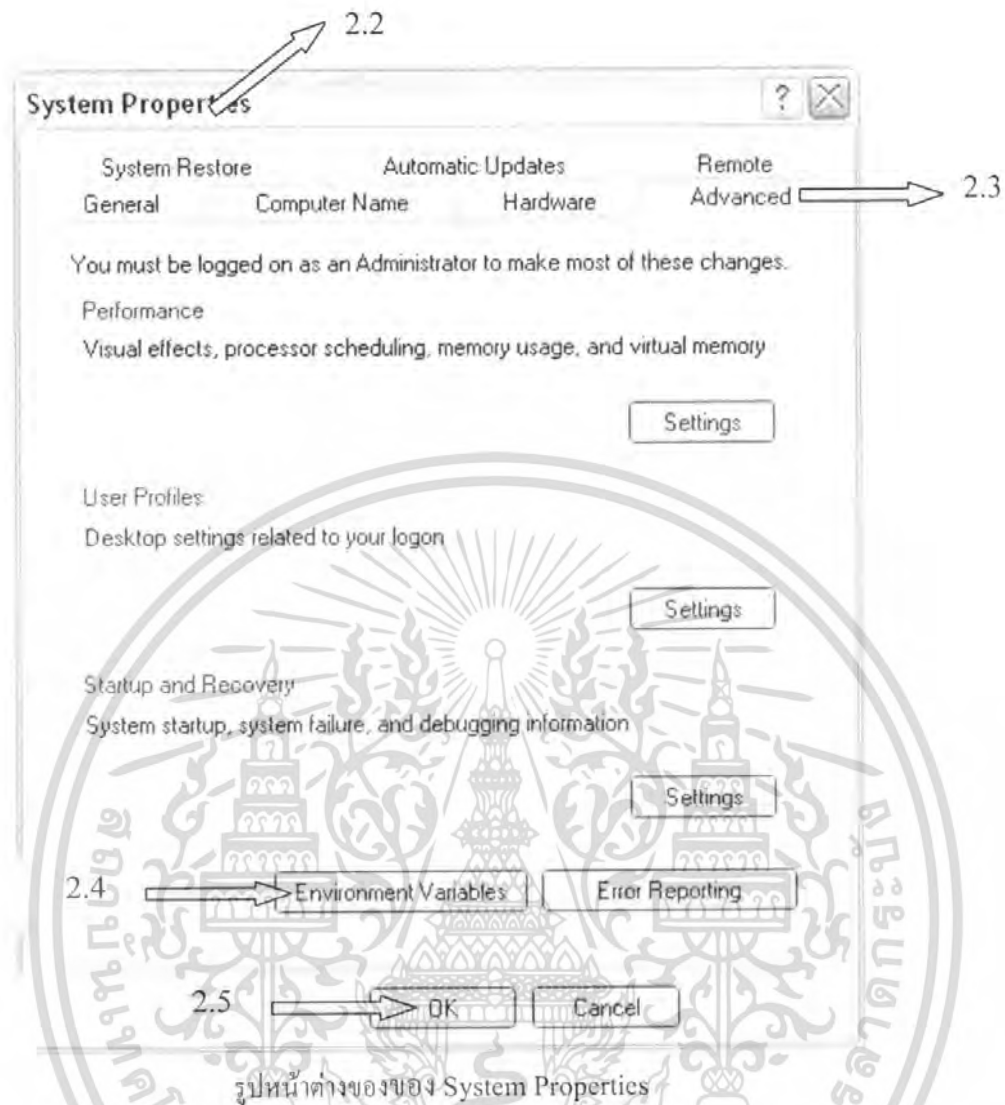
2. กำหนด System Path บน Windows

โดยการคลิกขวาที่ My Computer → Properties

จากนั้นก็เข้าถึงหน้าต่างของ System Properties ทำการเลือก Advanced ตามรูปด้านล่างนี้

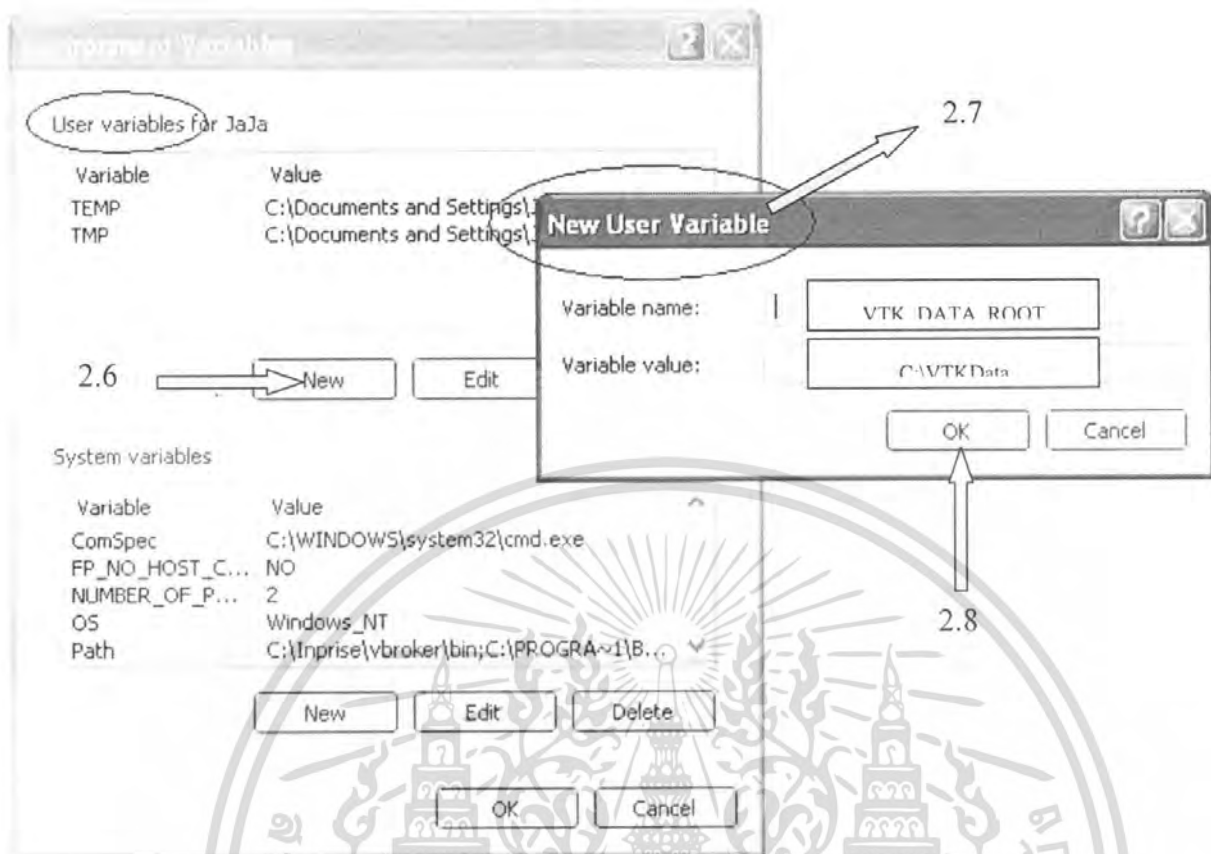


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข้าไปกำหนด System path โดยการสร้างตัวแปรชื่อ "PATH" ใน "Environment variables"
 ส่วนของ "User Variable"
 คลิก New
 จะขึ้นหน้าต่างของ New User Variable
 กำหนด User variables ชื่อ "VTK_DATA_ROOT" ให้ชี้ไปที่ "C:\VTKData"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



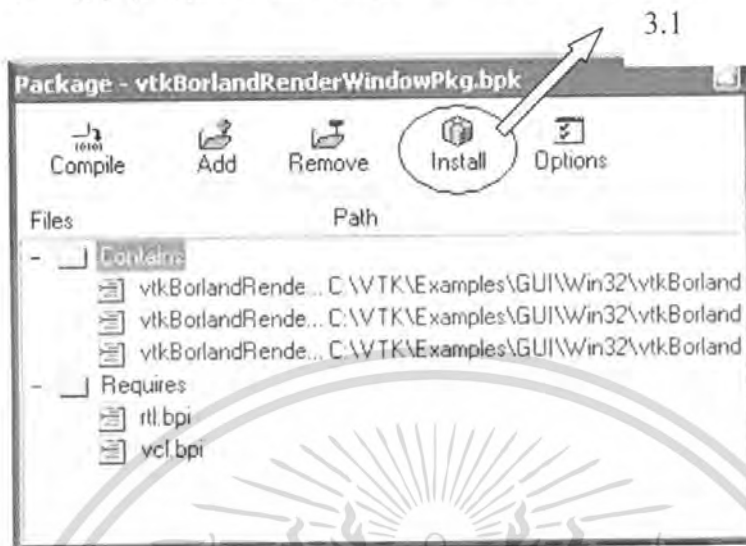
ผลที่ได้จากการกำหนด User variables



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เข้าไปยังโปรแกรม C++Builder

ที่ Package dialog pops up → Install Componen → Into new package



ที่ Into new package

Unit file name: ให้คลิกที่ (Browse) แล้วค้นหาไฟล์

C:\VTK\Examples\GUI\Win32\vtkBorland\Package\vtkBorlandRenderWindow.cpp

- Package file name: (Browse for directory and type)

C:\VTK\Examples\GUI\Win32\vtkBorland\Package\vtkBorlandRenderWindowPkg

- Package description: (as a suggestion)

VTK-Borland render window



***เมื่อมี Confirm dialogue pops up ที่มีคำถาม

'Package vtkBorlandRenderWindowPkg will be built then installed'

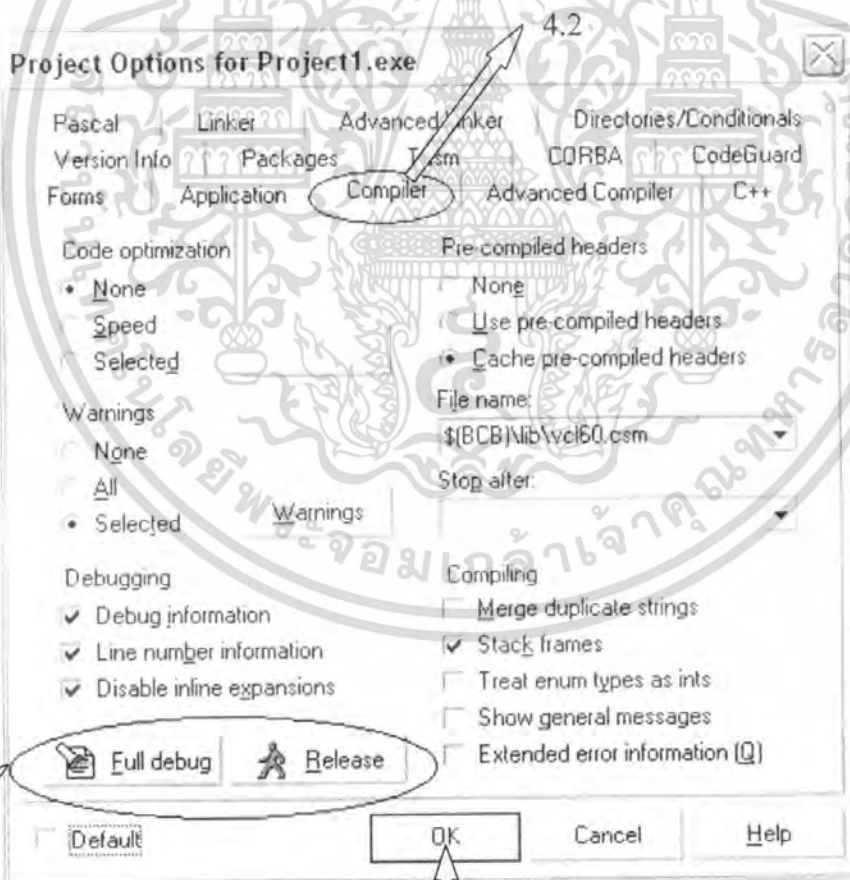
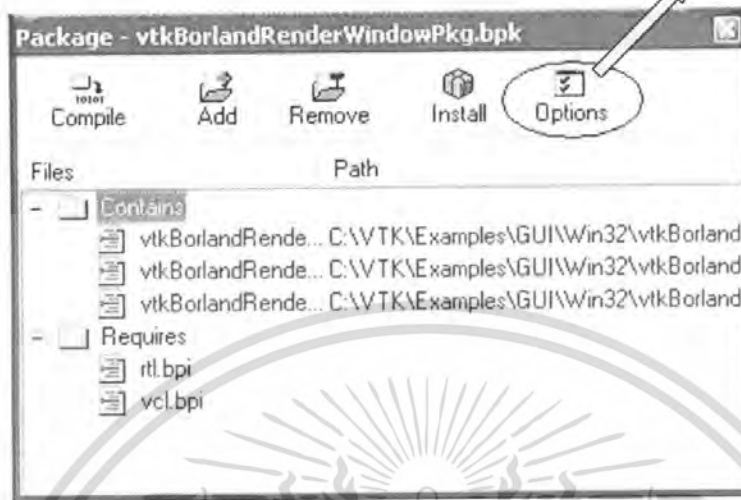
-ให้ เลือกคลิก **No**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ที่ Package dialog pops up -> Options -> Compiler

หลังจากเลือก Compiler แล้วให้เลือก Full debug

4.1



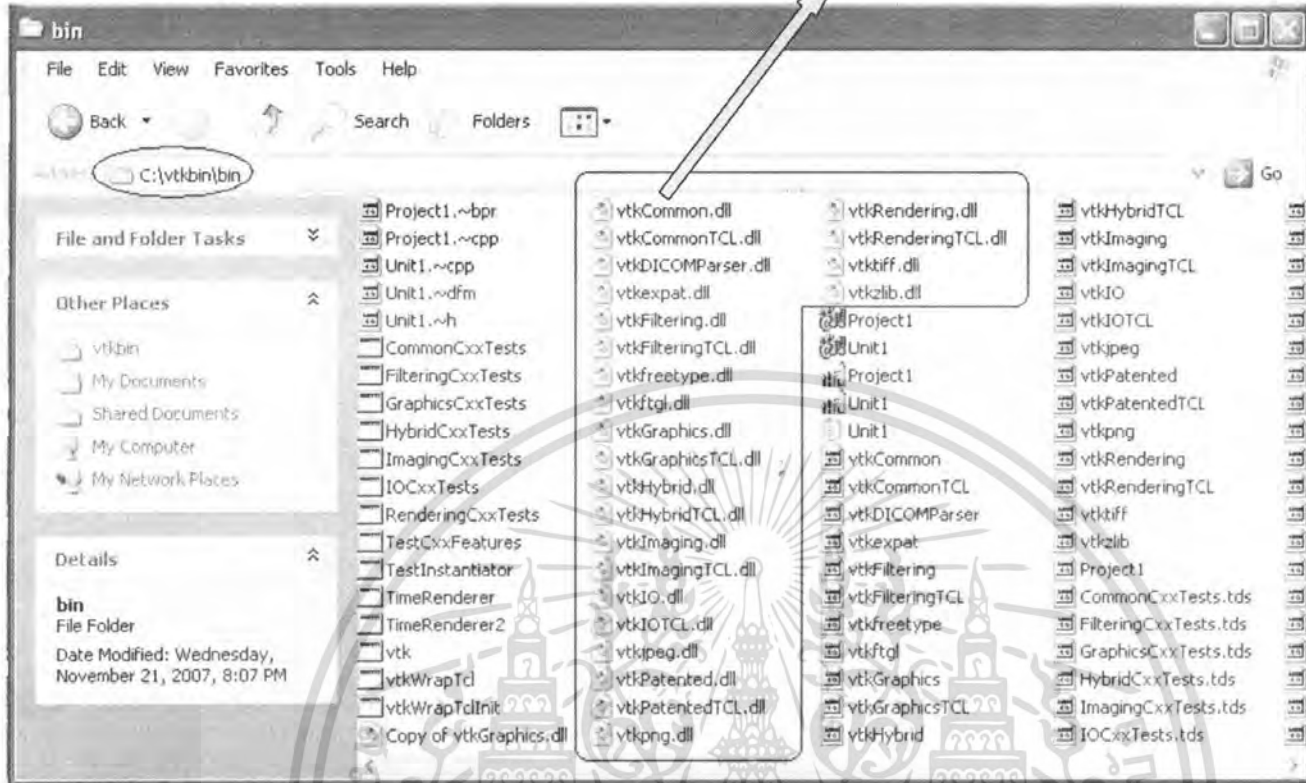
4.3

4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เข้าไปที่ My Computer -> C:\vtkbin\bin

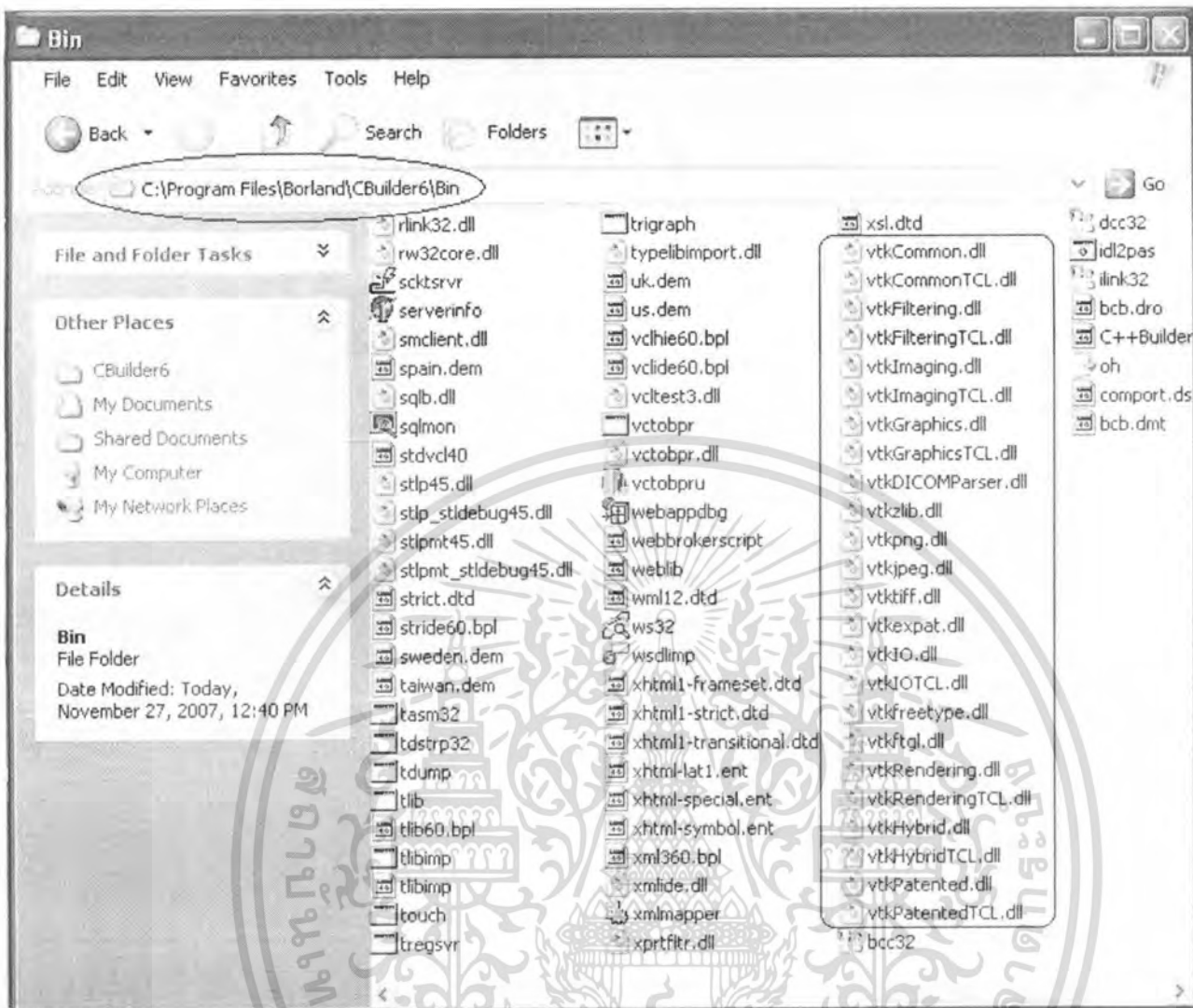
ทำการ copy file ดังนี้



นำไปไว้ที่ C:\Program Files\Borland\Cbuilder6\Bin

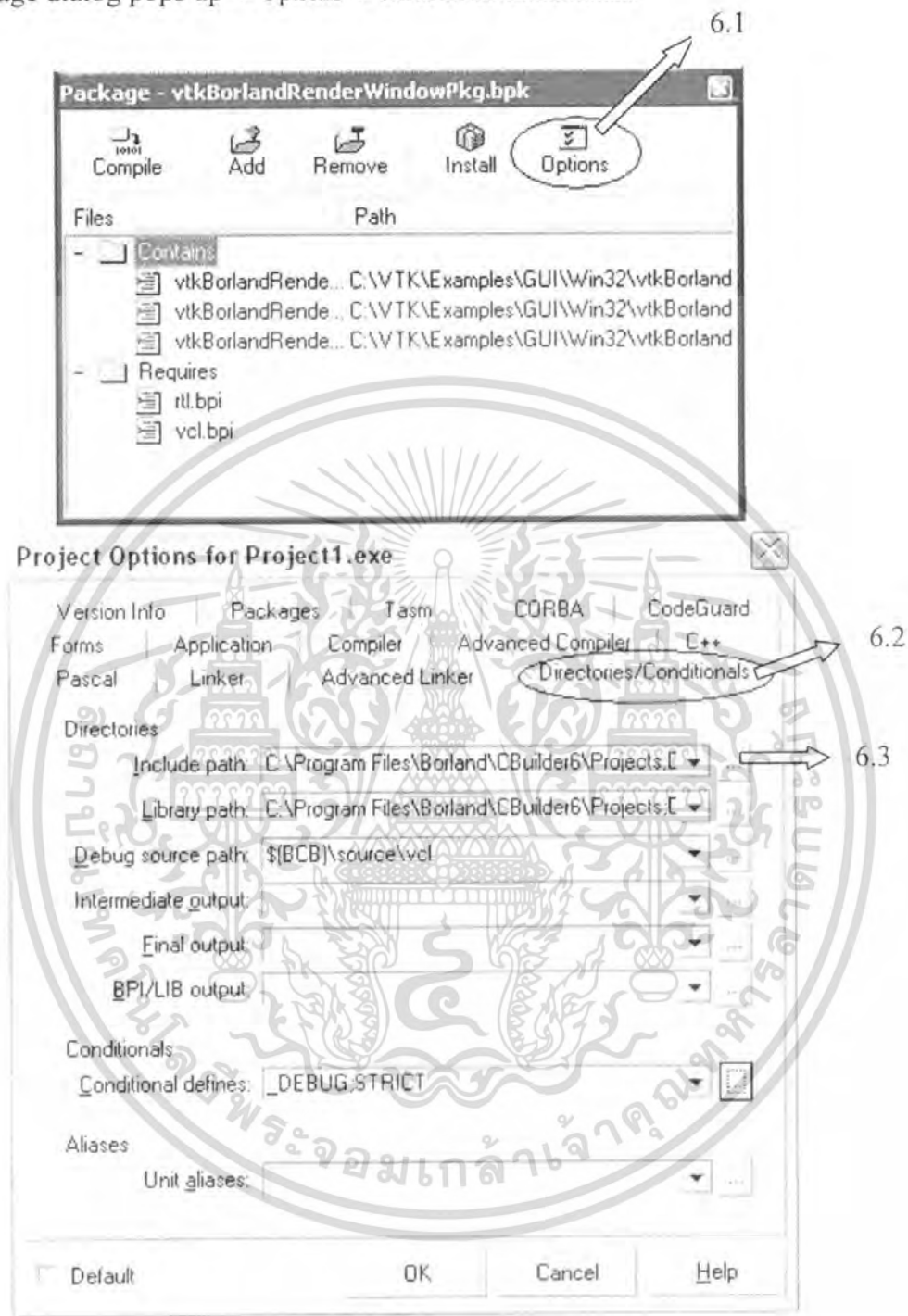
ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คลิก ที่ Package dialog pops up -> Options -> Directories/Conditionals



- Include path: ให้คลิกที่ ที่อยู่ด้านหลัง แล้วจะเข้าไปที่ Browse for Folder แล้วเลือกโฟลเดอร์ต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น

/VTK/Common

/VTK/Filteing

/VTK/Rendering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
/VTK/Graphics
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

vtkConfigure.h (เลือกได้ที่ C:\vtkbin\bin ดังตัวอย่างรูปด้านล่าง)



- Conditionals: ให้ให้คลิกที่ ที่อยู่ด้านหลังของ Conditional defines

ลบ _DEBUG ออกแล้วพิมพ์ STRICT เข้าไปแทน

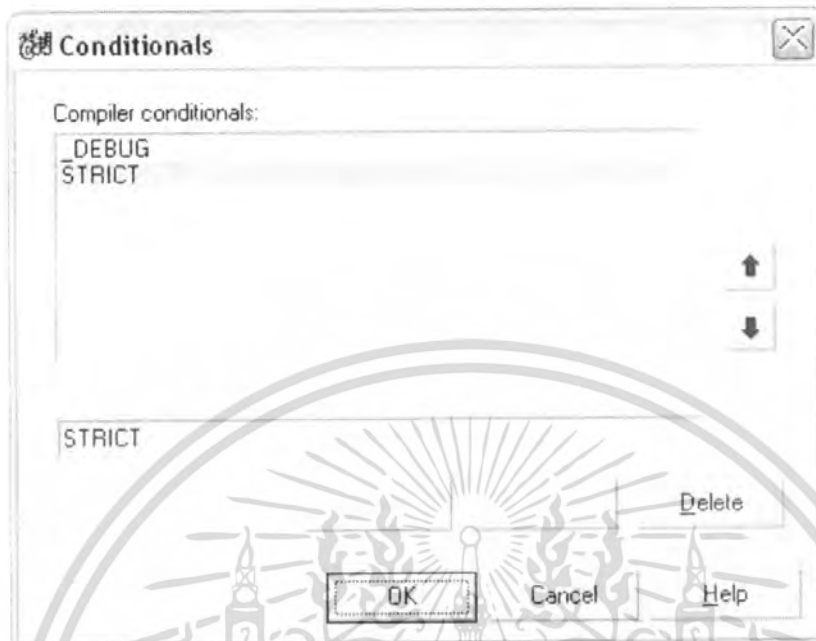
คลิก Add



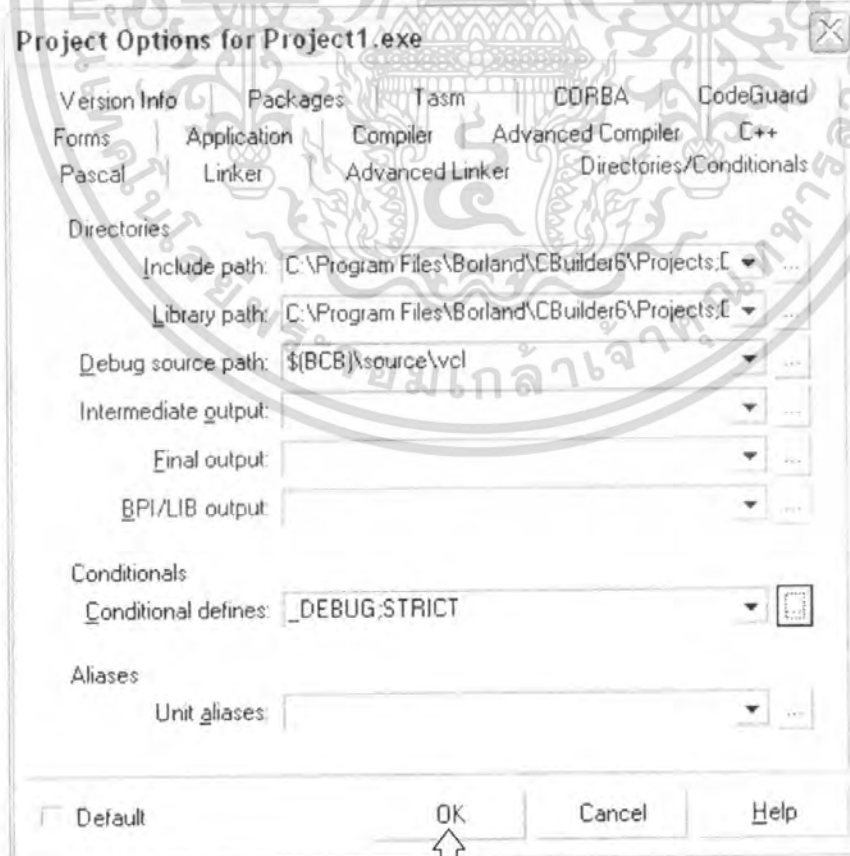
คลิก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ Conditionals ดังรูปข้างล่าง



และจะได้ผลลัพธ์ดังรูป จากนั้นคลิก OK

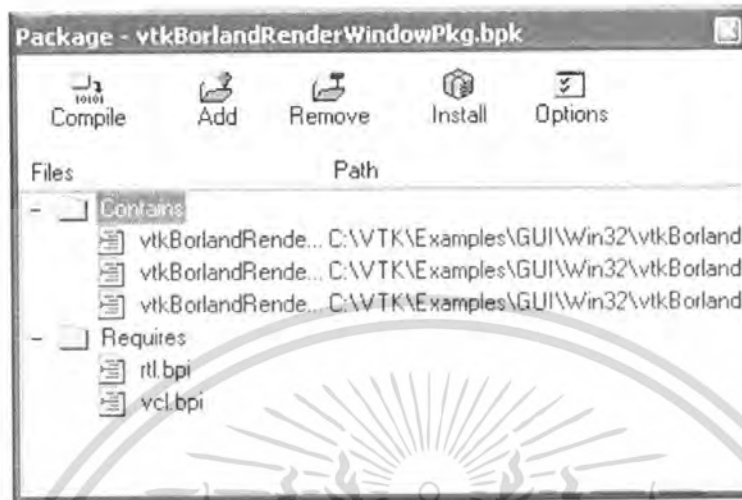


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คลิก



Add -> Add Unit -> Browse



Files of type:

เลือก Library file (*.lib) โดยให้เลือกจาก C:\vtkbin\bin

และเลือกไฟล์เตอร์ต่างๆต่อไปนี้

vtkCommon.lib

vtkFiltering.lib

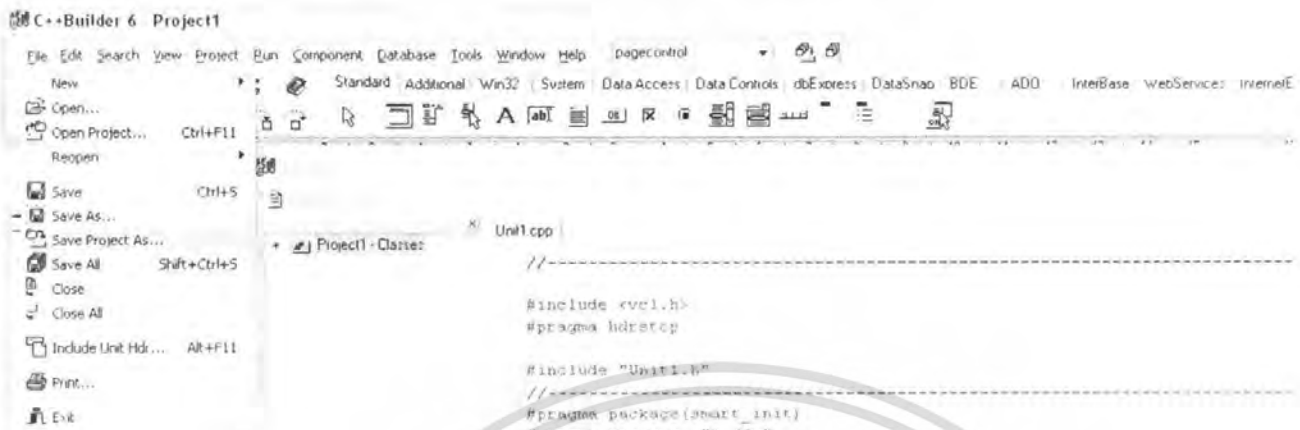
vtkRendering.lib

vtk Graphics.lib

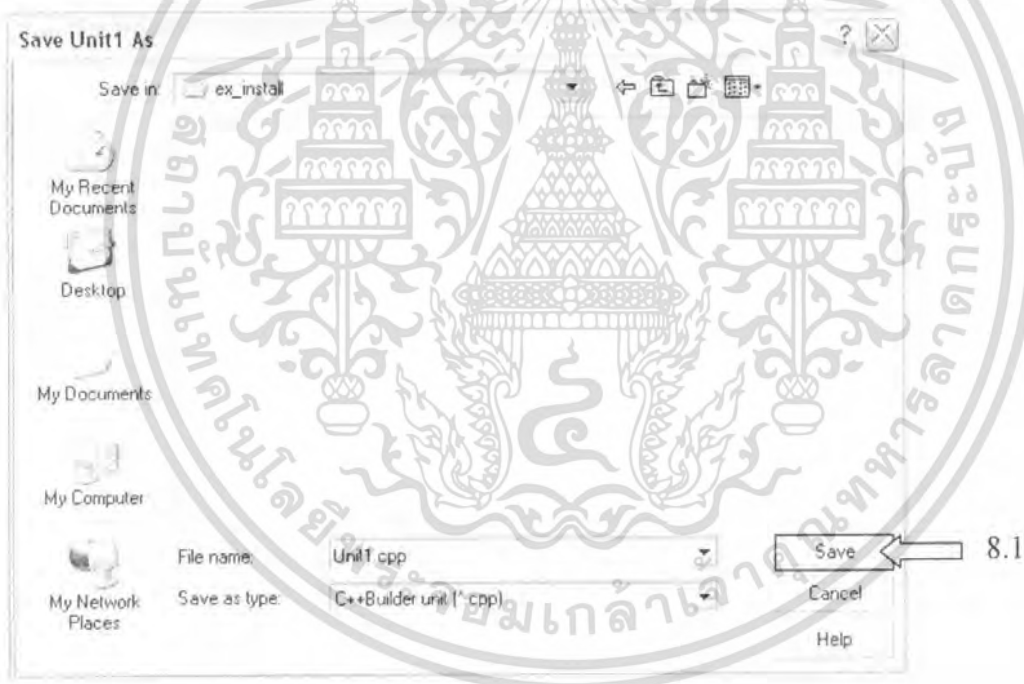


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไปที่หน้าต่างของโปรแกรม Cbuilder6 คลิกไปที่ File->Save Project As



ตั้งชื่อโปรแกรมและทำการ save ยกตัวอย่างเช่นตั้งชื่อไฟล์เป็น Unit1.cpp และกด save ดังรูป



จากนั้น หน้าต่าง Save Project1 As จะปรากฏขึ้นมา ดังรูปด้านล่าง

หลังจากนั้นให้ตั้งชื่อโปรแกรมให้กับหน้าต่างนี้ ดังตัวอย่างจะตั้งชื่อเป็น Project1.bpr และกด save ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



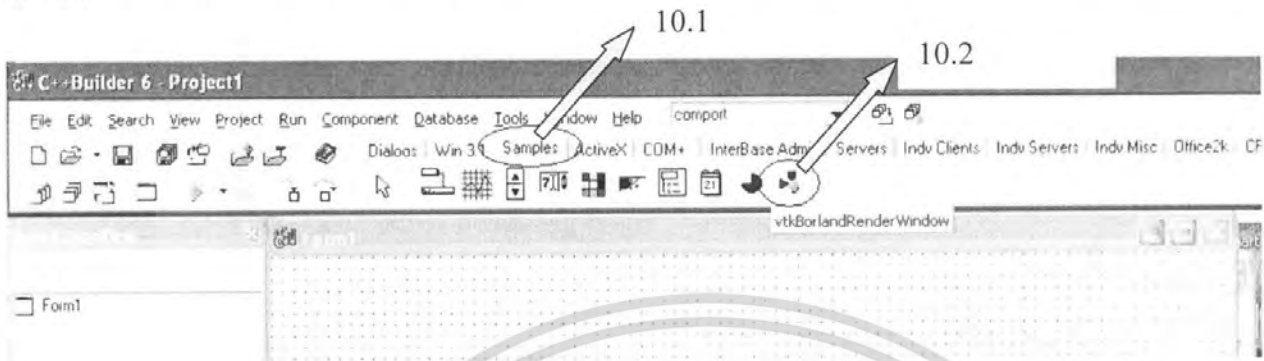
9. จากนั้นทำการ RUN โปรแกรมโดยProject->Run หรืออาจจะกด F9 แทนก็ได้
จะได้ผลลัพธ์ออกมาดังรูป



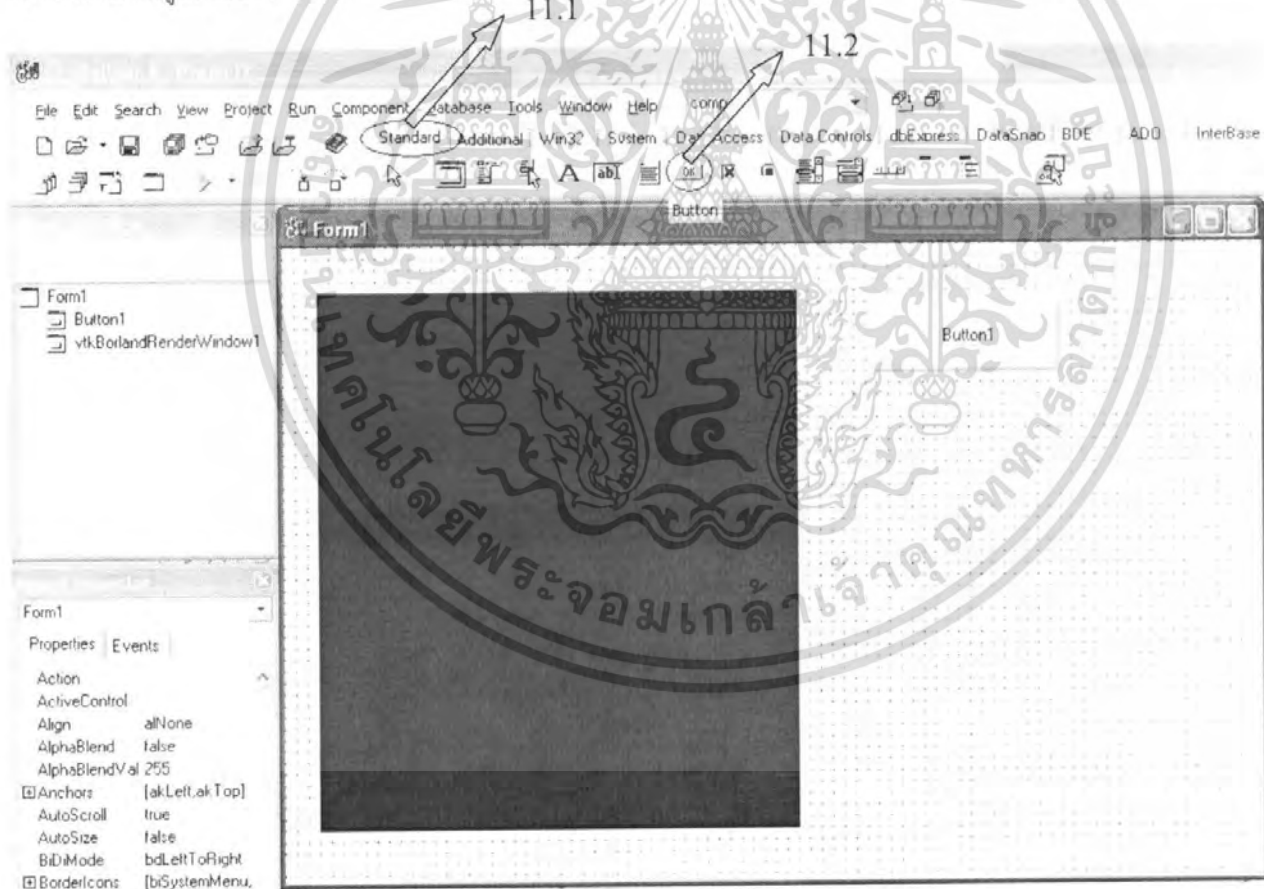
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการ Render Cone

10. ที่ Component Palettes คลิก Samples แล้วเลือก vtkBorlandRenderWindow เพื่อทำการสร้างหน้าต่าง แสดงผล



11. ที่ Component Palettes คลิก Standard แล้วเลือก Button เพื่อทำการสร้างปุ่มสำหรับเรียกภาพมาแสดงผล ซึ่ง แสดงออกมามีรูปร่างตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ทำการดับเบิ้ลคลิกที่ Button1 เพื่อทำการเขียนโค้ดแสดงผลรูปกรวย ดังโค้ดตัวอย่างต่อไปนี้

```
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    vtkConeSource *cone = vtkConeSource::New();
    cone->SetHeight(3.0);
    cone->SetRadius(1.0);
    cone->SetResolution(500.0);

    vtkPolyDataMapper *coneMapper = vtkPolyDataMapper::New();
    coneMapper->SetInput( cone->GetOutput() );

    vtkActor *coneActor = vtkActor::New();
    coneActor->SetMapper(coneMapper);
    coneActor->GetProperty()->SetColor(200,0,0);
    coneActor->GetProperty()->SetDiffuse(100);
    coneActor->GetProperty()->SetSpecular(60);
    coneActor->GetProperty()->SetSpecularPower(500);

    vtkBorlandRenderWindow1->GetRenderer()->AddActor(coneActor);

    coneActor->Delete();
    coneMapper->Delete();
    cone->Delete();
}
//-----
```

จากนั้นทำการ save project โดยให้ทำเหมือนตัวอย่างการติดตั้งในข้อที่ 8

จากนั้นทำการรัน โดยกด F9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เมื่อ Run และ จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้น

```

c:\vtk\examples\gui\win32\vtkborland\package\vtkBorlandRenderWindow.cpp
Project1 - Classes
Unit1.cpp  vtkBorlandRenderWindow.h
//-----
#ifndef vtkBorlandRenderWindowH
#define vtkBorlandRenderWindowH
//-----
#include <SysUtils.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <Classes.hpp>
#include <Forms.hpp>

#include "vtkCommand.h"
#include "vtkRenderer.h";
#include "vtkWin32OpenGLRenderWindow.h";
#include "vtkWin32RenderWindowInteractor.h";

typedef bool __fastcall (__closure *TvtkBorlandCloseEvent)

// Callback for abort check
class vtkAbortCallback : public vtkCommand
10 11
Insert  vtkBorlandRenderWindow.h
[C++ Error] vtkBorlandRenderWindow.h(10): E2209 Unable to open include file 'vtkComand.h'
[C++ Error] vtkBorlandRenderWindow.h(11): E2209 Unable to open include file 'vtkRenderrer.h'
[C++ Error] vtkBorlandRenderWindow.h(12): E2209 Unable to open include file 'vtkWin32OpenGLRenderWindow.h'
[C++ Error] vtkBorlandRenderWindow.h(13): E2209 Unable to open include file 'vtkWin32RenderWindowInteractor.h'
Build

```

13.1

ซึ่งก็อาจจะเกิด Error ขึ้น โดยวิธีการแก้ไขนั้นสามารถดูได้จาก Build ที่อยู่ด้านล่างของ window นี้

ซึ่ง Error นี้สามารถแก้ไขได้ โดยการ include path :

vtkComand.h

vtkRenderrer.h

vtkWin32OpenGLRenderWindow.h

vtkWin32RenderWindowInteractor.h

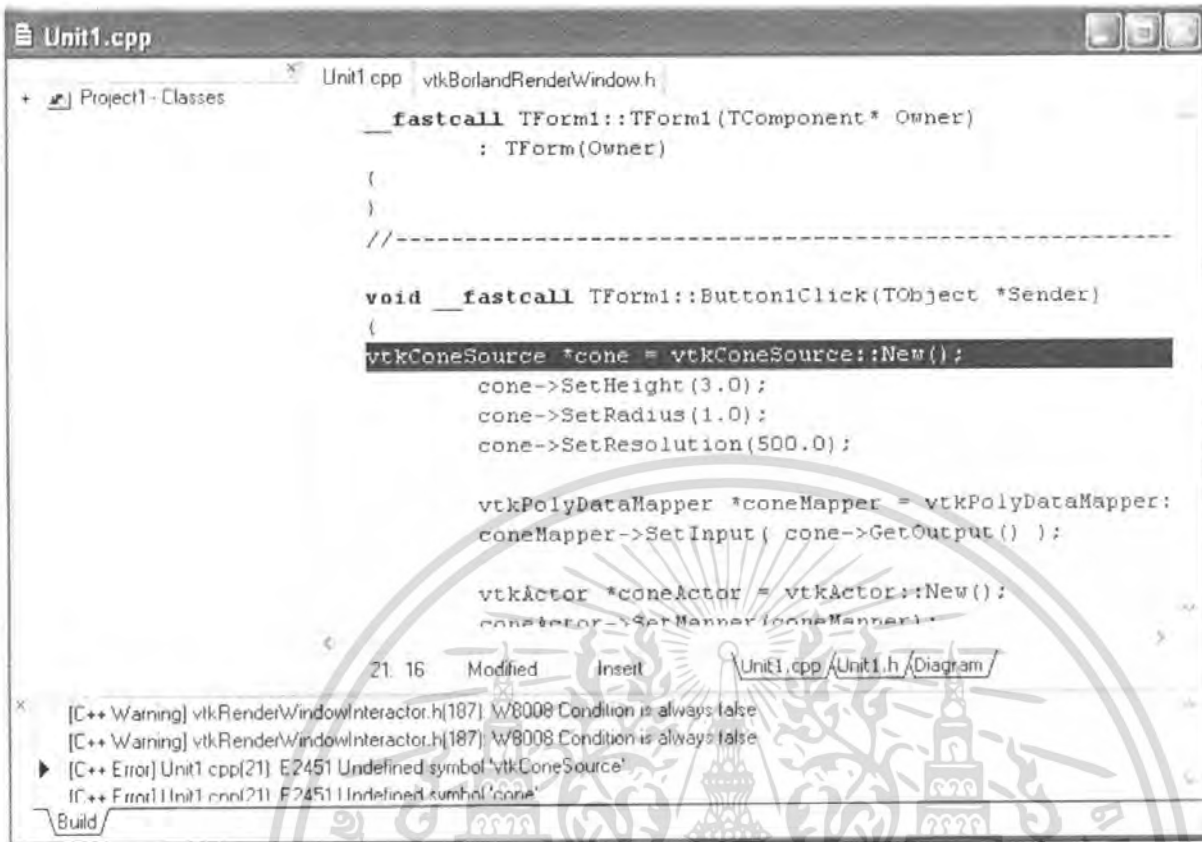
โดยเข้าไปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากนั้นให้ทำเหมือนตัวอย่างการติดตั้ง ข้อที่ 6
ทำการ Run อีกครั้งหนึ่ง โดย กด F9
จากนั้นจะเกิด Error ที่ต้องแก้ไขอีกรูปแบบหนึ่ง แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

Unit1.cpp
+ Project1 - Classes
Unit1.cpp | vtkBorlandRenderWindow.h
    __fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
        : TForm(Owner)
    {
    }
//-----

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    vtkConeSource *cone = vtkConeSource::New();
    cone->SetHeight(3.0);
    cone->SetRadius(1.0);
    cone->SetResolution(500.0);

    vtkPolyDataMapper *coneMapper = vtkPolyDataMapper;
    coneMapper->SetInput(cone->GetOutput());

    vtkActor *coneActor = vtkActor::New();
    coneActor->SetMapper(coneMapper);
}
21 16 Modified Inset Unit1.cpp /Unit1.h /Diagram/
[C++ Warning] vtkRenderWindowInteractor.h(187): W8008 Condition is always false
[C++ Warning] vtkRenderWindowInteractor.h(187): W8008 Condition is always false
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2451 Undefined symbol 'vtkConeSource'
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2451 Undefined symbol 'cone'
Build

```

แสดงโค้ดตัวอย่าง Error

[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2451 Undefined symbol 'vtkConeSource'

เราจะทำการแก้ไข โดยการพิมพ์

```
#include "vtkConeSource.h"
```

```
#include "vtkPolyDataMapper.h"
```

```
#include "vtkActor.h"
```

```
#include "vtkProperty.h"
```

พิมพ์เพิ่มเข้าไปในส่วนของด้านบนของโปรแกรม
ดังแสดงในรูป

ดังแสดงด้วยรูปตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Unit1.cpp | vtkBorlandRenderWindow.h
+ Project1 - Classes
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"

#include "vtkConeSource.h"
#include "vtkPolyDataMapper.h"
#include "vtkActor.h"
#include "vtkProperty.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma link "vtkBorlandRenderWindow"
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
7: 1 Modified Insert Unit1.cpp /Unit1.h /Diagram/
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2451 Undefined symbol 'vtkConeSource'
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2451 Undefined symbol 'cone'
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2090 Qualifier 'vtkConeSource' is not a class or namespace name
[C++ Error] Unit1.cpp(21): E2379 Statement missing
Build

```

ทำการ รัน อีกครั้งหนึ่ง

จากนั้นจะเกิด Error ที่ต้องแก้ไขอีกรูปแบบหนึ่ง แสดง โค้ดตัวอย่าง Error

ดังรูป

```

[C++ Warning] vtkProperty.h(180): W8008 Condition is always false
[C++ Warning] vtkProperty.h(180): W8008 Condition is always false
[Linker Error] Unresolved external 'vtkConeSource::New()' referenced from D:\PI\NY NAT\BNDPRA\INIT1.OBJ
[Linker Error] Unresolved external 'vtkPolyDataMapper::New()' referenced from D:\PI\NY NAT\BNDPRA\INIT1.OBJ
Build

```

แก้ไขโดยใส่โค้ดคำสั่ง แสดงให้ดูดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit1.h | vtkProperty.h | vtkBorlandRenderWindow.h |

```
//-----
#include <Classes.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <StdCtrls.hpp>
#include <Forms.hpp>
#include "vtkBorlandRenderWindow.h"

class vtkShrinkPolyData;
//-----
class TForm1 : public TForm
(
  __published:      // IDE-managed Components
    TvtkBorlandRenderWindow *vtkBorlandRenderWindow1;
    TButton *Button1;
    void __fastcall Button1Click(TObject *Sender);
private:           // User declarations
public:            // User declarations
    __fastcall TForm1(TComponent* Owner);
    vtkShrinkPolyData *cone;
);
//-----
```

12: 26

Insert

Unit1.cpp | Unit1.h | Diagram |

จากนั้นทำการ Add Library Files

โดยเข้าไปที่

13.4

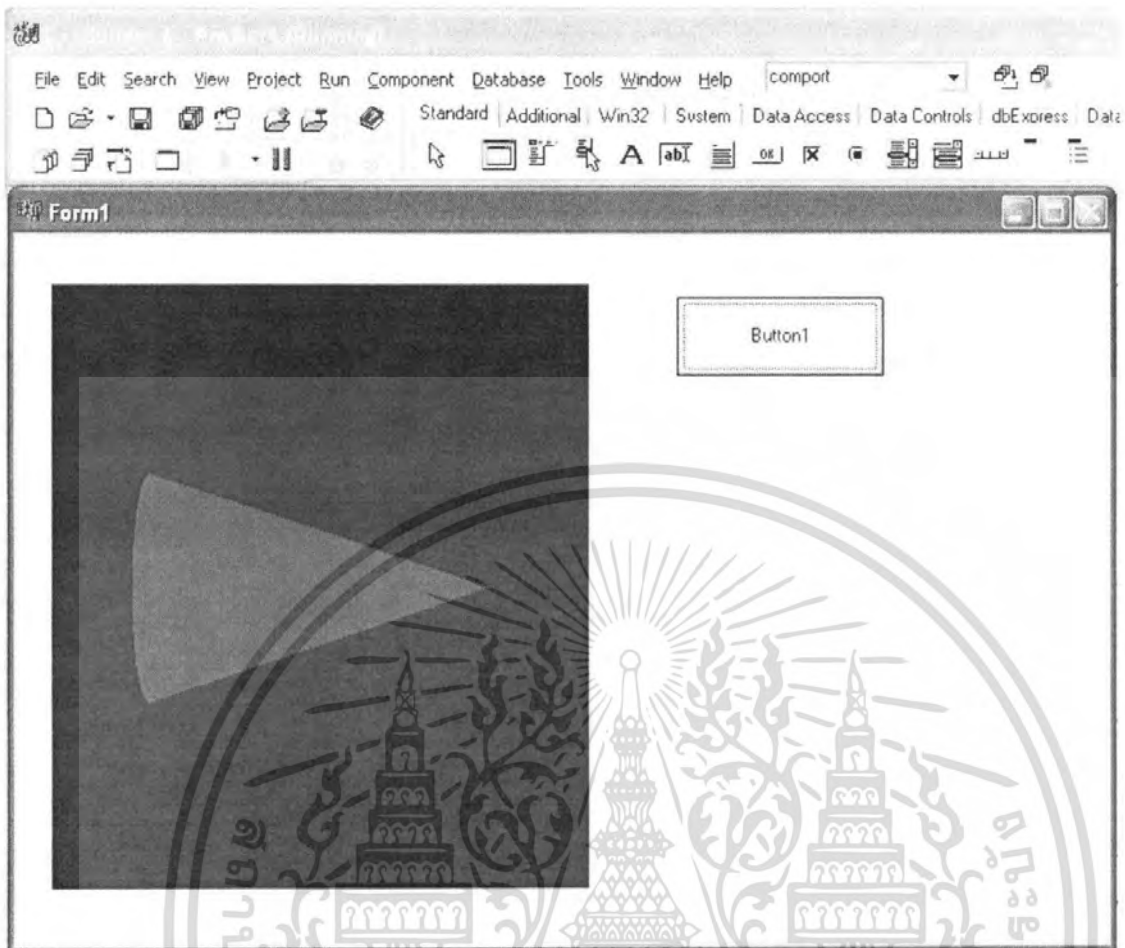


และขั้นตอนต่อไปให้ทำเหมือนตัวอย่างการติดตั้งในข้อที่ 7

ทำการ Run อีกครั้งหนึ่ง

จะได้ผลการทดลอง แสดงได้ดังรูปตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก็จะได้การแสดงผลเป็นรูปทรงกรวย 3 มิติ ที่สามารถหมุนได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

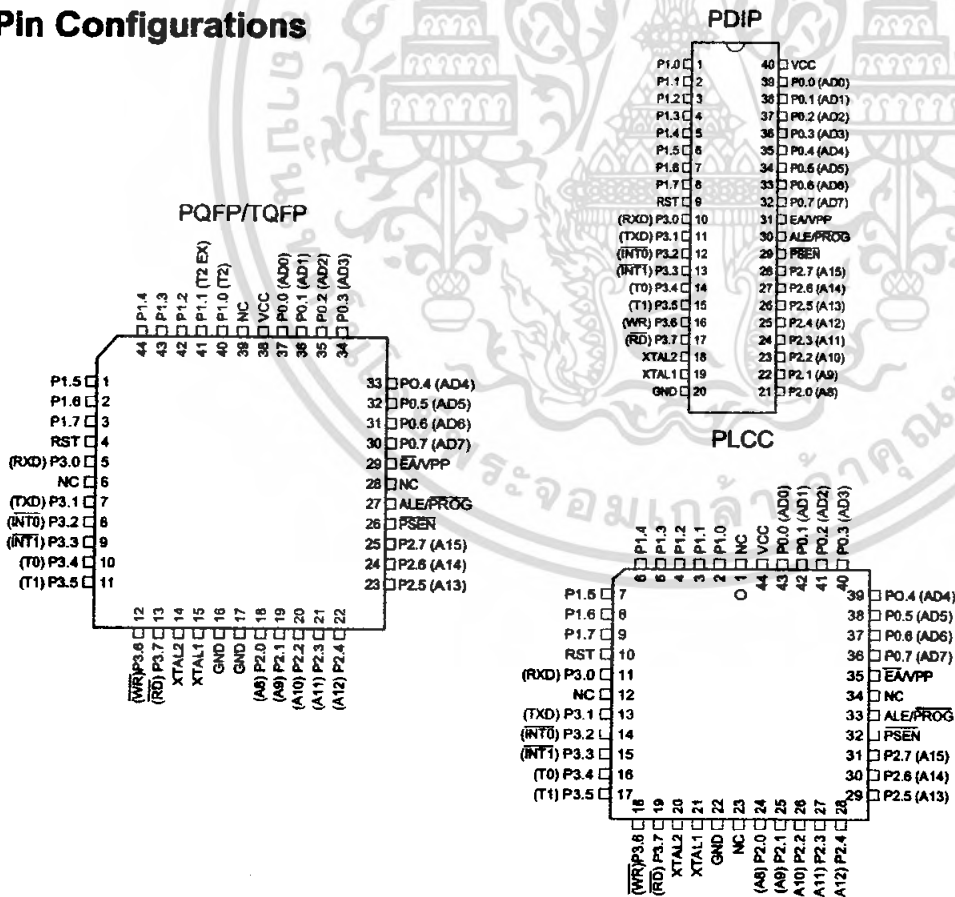
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, 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 and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

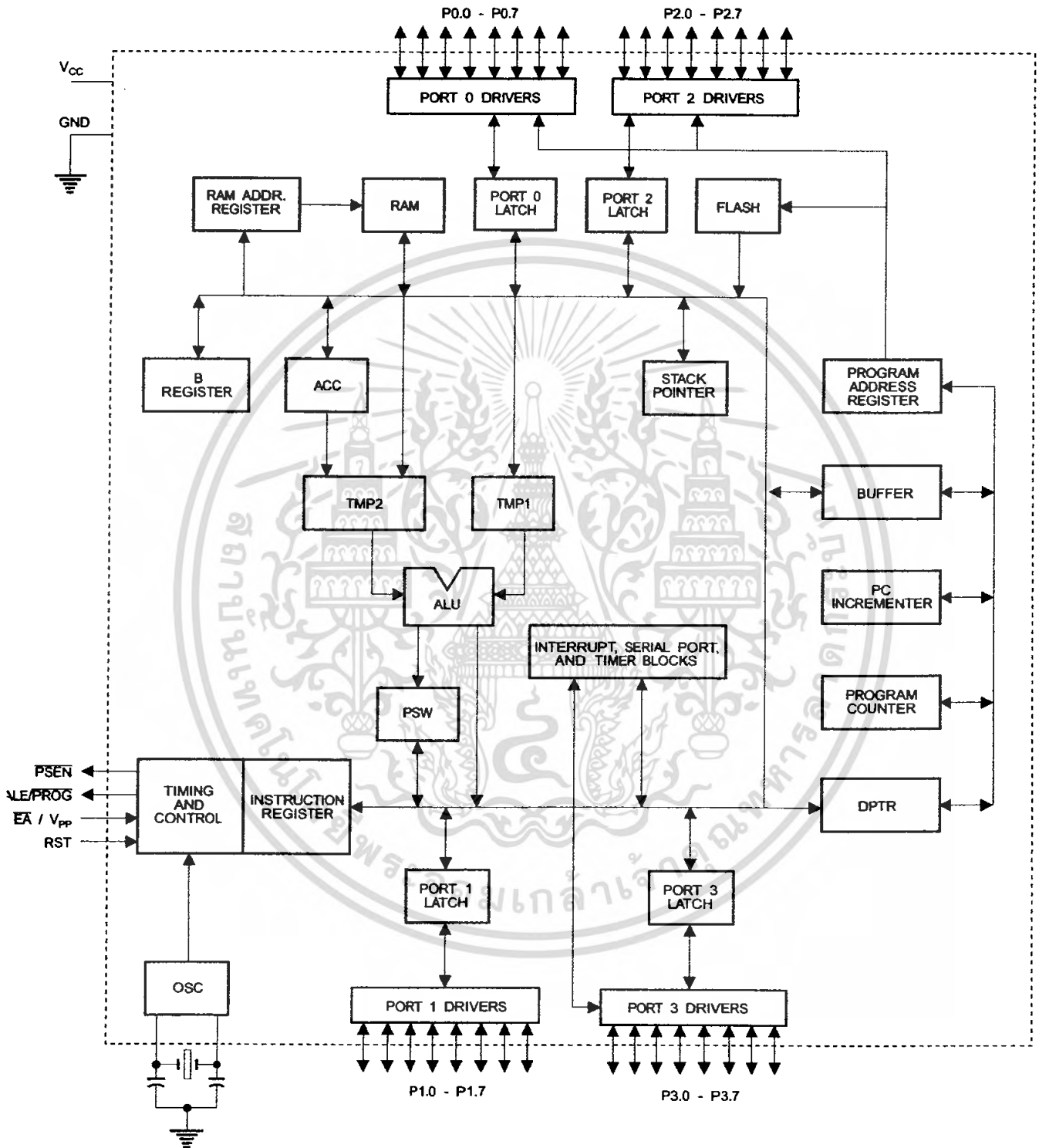
Not Recommended
for New Designs.
Use AT89S51.

Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 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 Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. 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 AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

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

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE



pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, \overline{PSEN} is activated twice each machine cycle, except that two \overline{PSEN} activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP} .

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

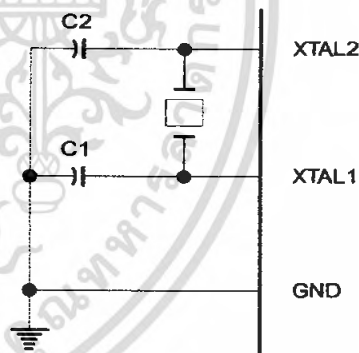
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

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.

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.

Figure 1. Oscillator Connections

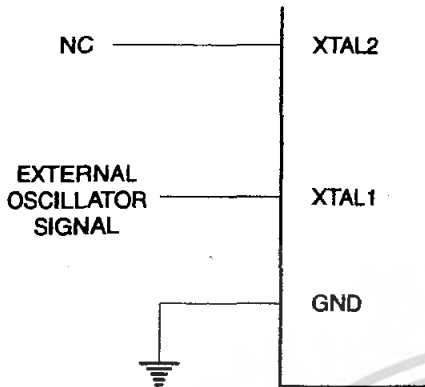


Note: C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals
= 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Figure 2. External Clock Drive Configuration



ters 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.

Program Memory Lock Bits

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

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of \overline{EA} be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

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 Regis-

Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled



Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{E}A/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/\overline{PROG} once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features \overline{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 datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. 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 Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 51H indicates 89C51
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

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.

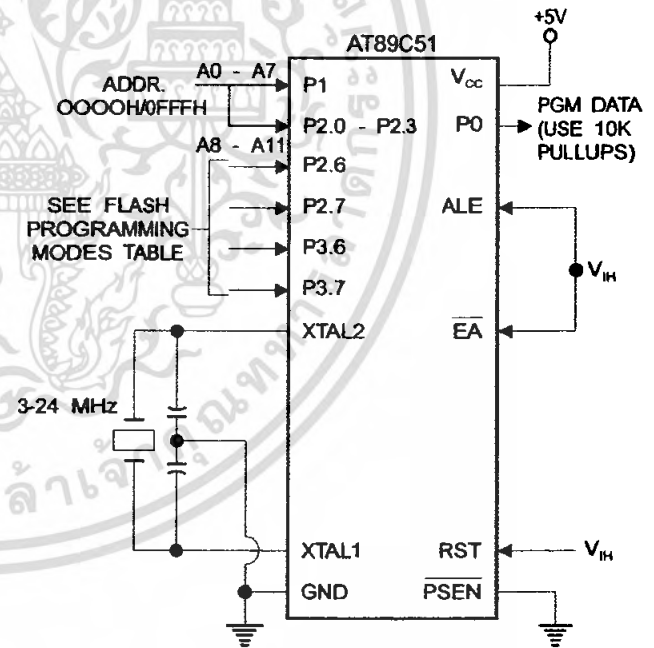
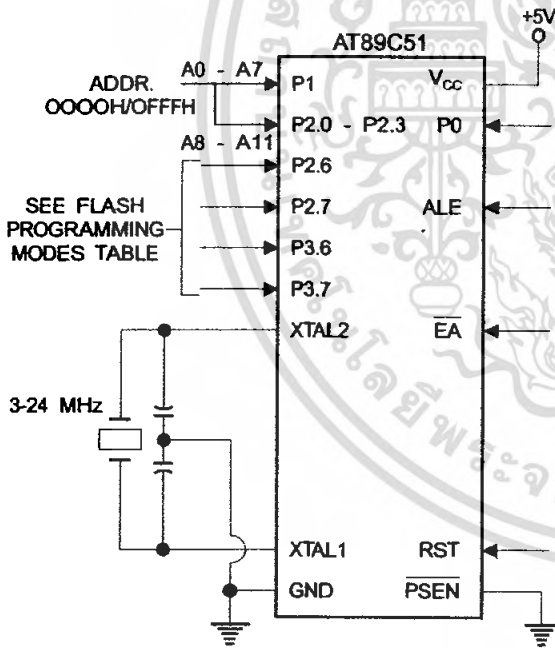
Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	H	L		H/12V	H	H	H	H
Chip Erase	H	L		H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

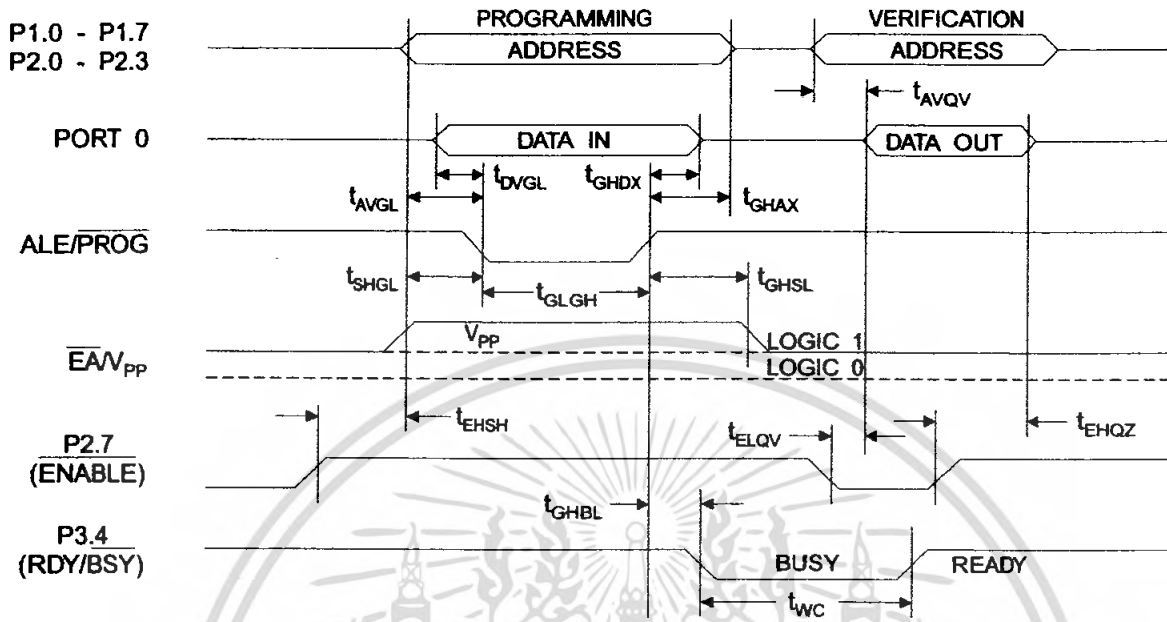
Figure 3. Programming the Flash

Figure 4. Verifying the Flash

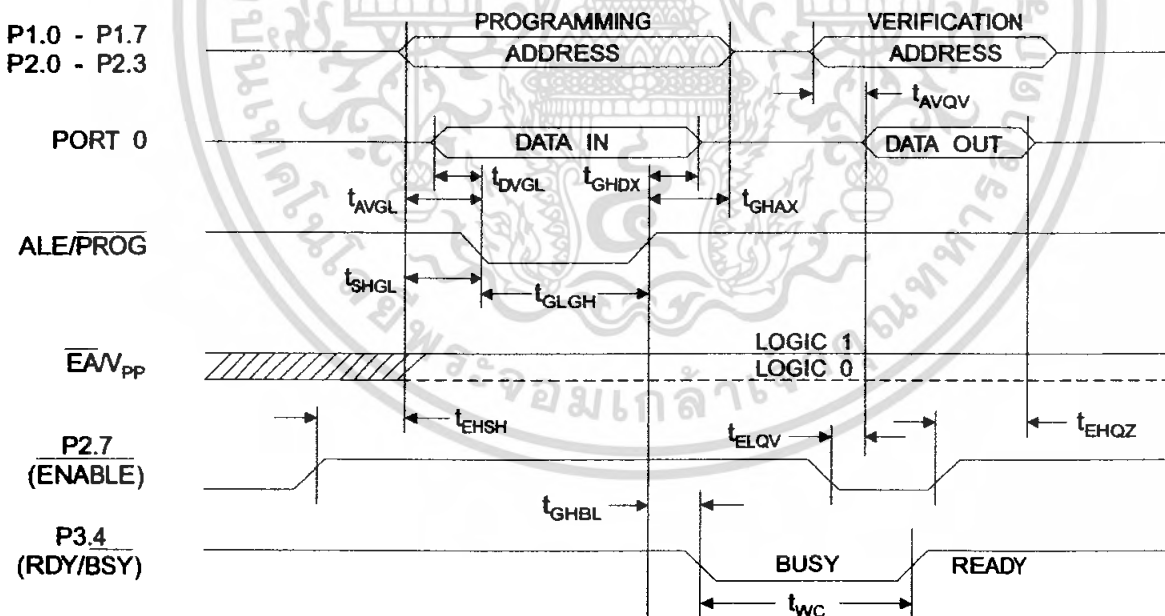


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ($V_{PP} = 12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ($V_{PP} = 5V$)



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C , $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{ENSH}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVOV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELOV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHOZ}	Data Float after $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

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



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.....	15.0 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.

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	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 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_L	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
 Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 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.

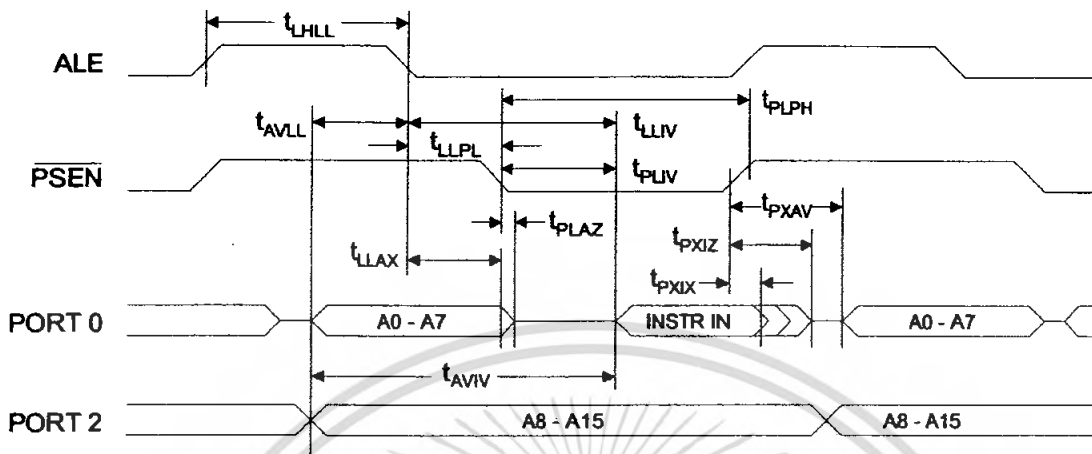
AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

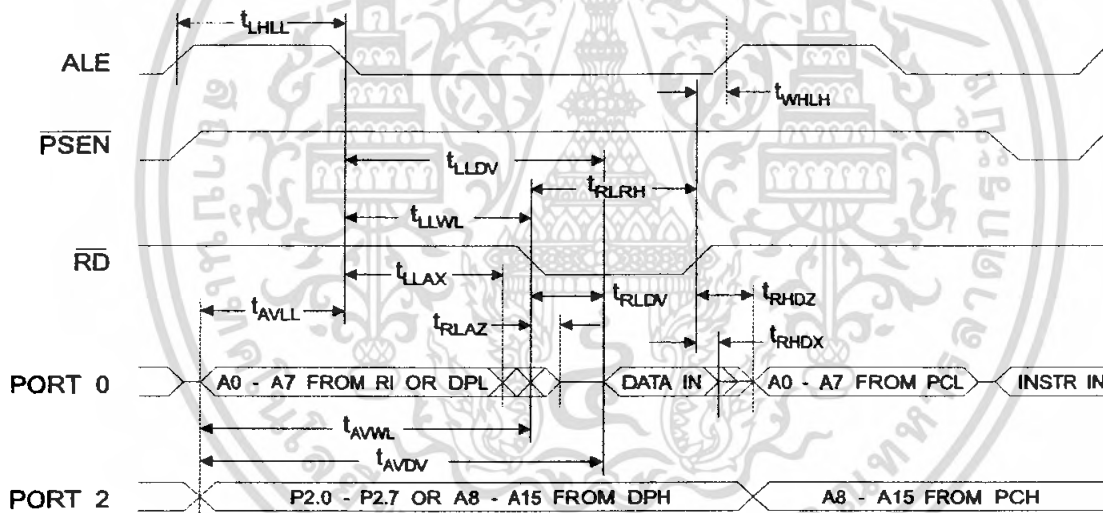
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/f_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold after ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after PSEN	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after PSEN		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold after RD	0		0		ns
t_{RHDX}	Data Float after RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold after WR	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

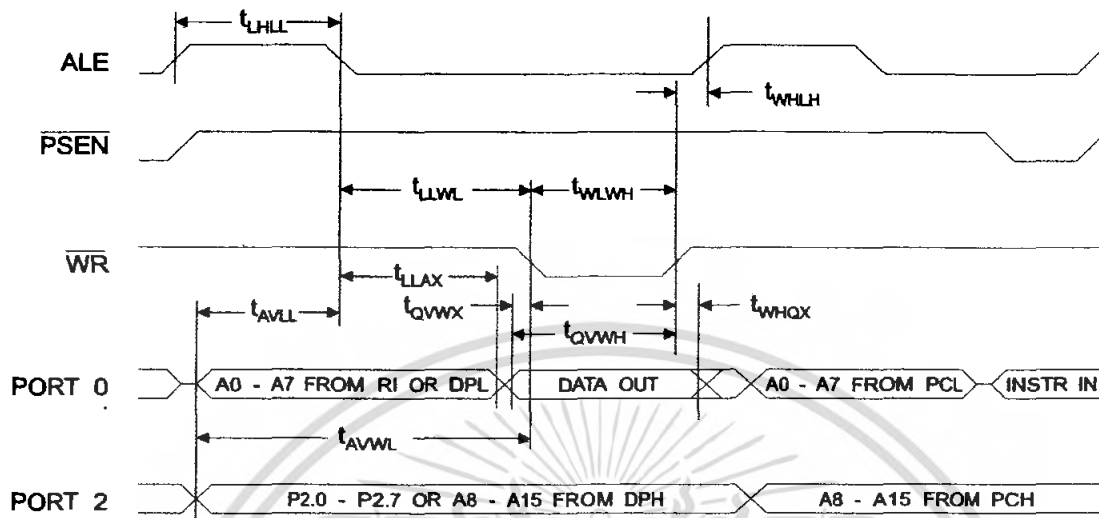
External Program Memory Read Cycle



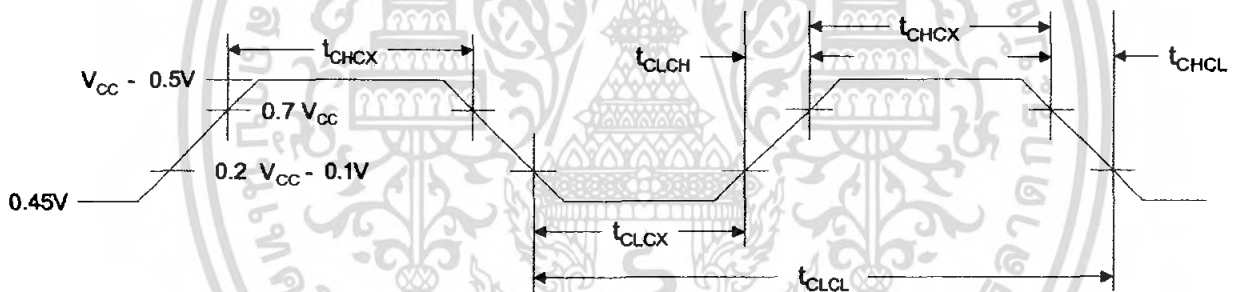
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

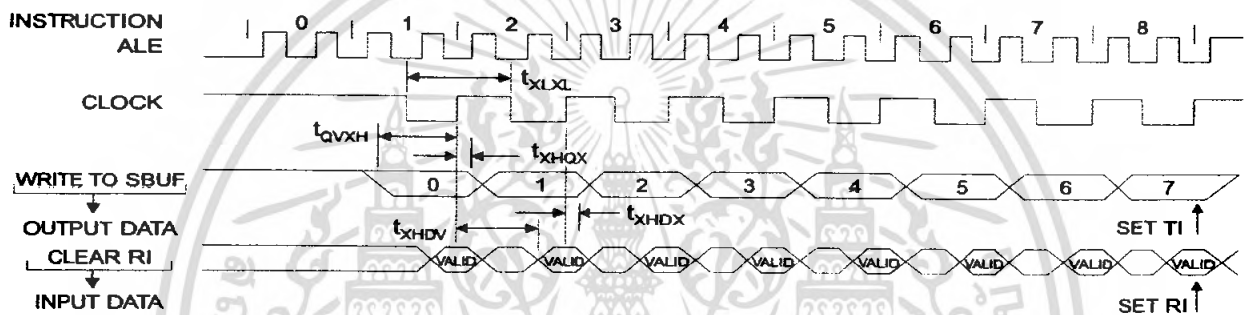


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

($V_{CC} = 5.0 V \pm 20\%$; 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_{XHGX}	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⁾ Float 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.

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 from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C51-12JC	44J		
		AT89C51-12PC	40P6		
		AT89C51-12QC	44Q		
			AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C51-12JI	44J	
			AT89C51-12PI	40P6	
			AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C51-16JC	44J		
		AT89C51-16PC	40P6		
		AT89C51-16QC	44Q		
			AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C51-16JI	44J	
			AT89C51-16PI	40P6	
			AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C51-20JC	44J		
		AT89C51-20PC	40P6		
		AT89C51-20QC	44Q		
			AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C51-20JI	44J	
			AT89C51-20PI	40P6	
			AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C51-24JC	44J		
		AT89C51-24PC	40P6		
		AT89C51-24QC	44Q		
			AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C51-24JI	44J	
			AT89C51-24PI	40P6	
			AT89C51-24QI	44Q	

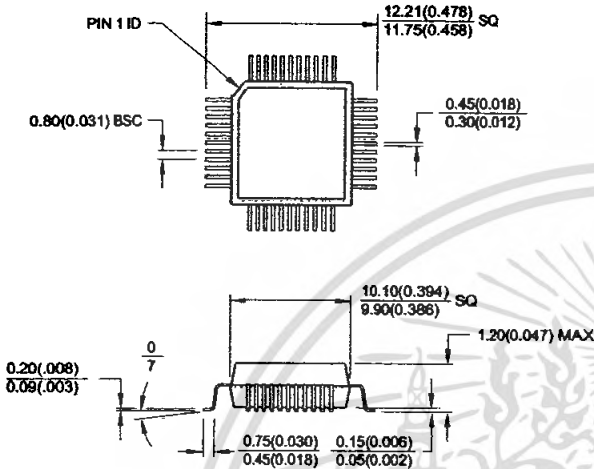
Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)

Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-028 ACB

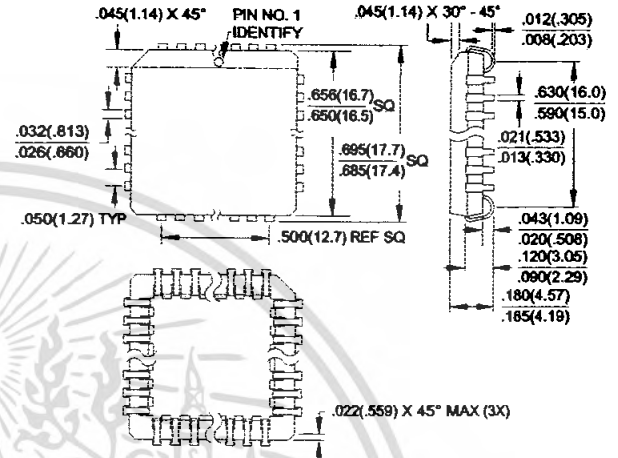


Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-Headed Chip Carrier (PLCC)

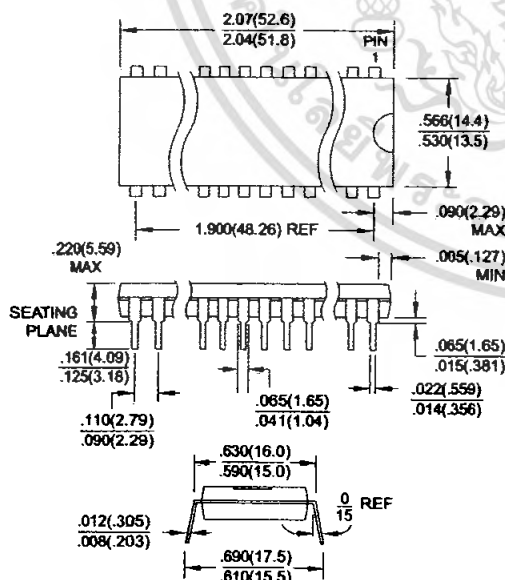
Dimensions in Inches and (Millimeters)

JEDEC STANDARD MS-018 AC



40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

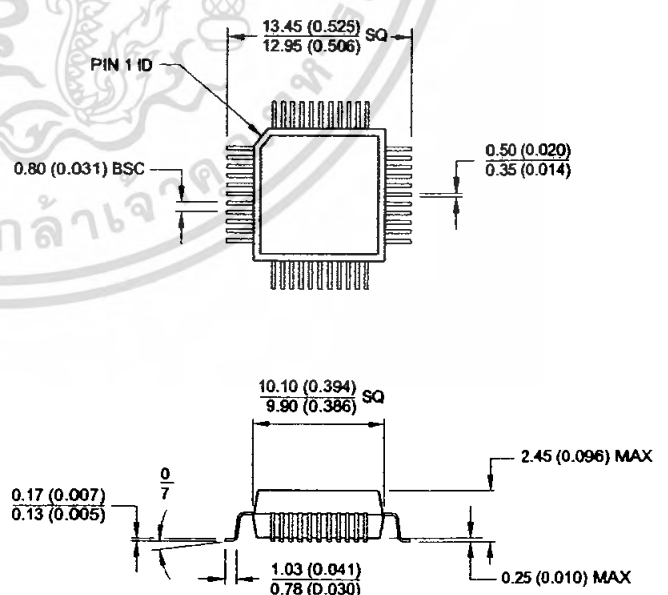
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)

Dimensions in Millimeters and (Inches)*

JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:

1-(800) 292-8635

International:

1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0265G-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than $5\mu W$. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multidrop RS-232 Networks

Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four
0.1 μF External Capacitors (MAX3246E Available
in a UCSP™ Package)
- ◆ For Low-Cost Applications
MAX221E: $\pm 15kV$ ESD-Protected, +5V, 1 μA ,
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Ordering Information continued at end of data sheet.
*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX220-MAX249

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
V+ (Note 1)	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	440mW
V- (Note 1)	+0.3V to +14V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R _{IN} (Except MAX220)	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
R _{IN} (MAX220)	±25V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
T _{OUT} (Except MAX220) (Note 2)	±15V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT} (MAX220)	±13.2V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
Output Voltages		Operating Temperature Ranges	
T _{OUT}	±15V	MAX2_AC, MAX2_C	0°C to +70°C
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	MAX2_AE, MAX2_E	-40°C to +85°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	MAX2_AM, MAX2_M	-55°C to +125°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW	Lead Temperature (soldering, 10s) (Note 3)	+300°C

Note 1: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Note 2: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, SHDN or V_{CC} = 0V.

Note 3: Maximum reflow temperature for the MAX233A is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2-C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V	
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V	
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220	2	1.4		V	
	MAX220: V _{CC} = 5.0V	2.4				
Logic Pullup/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	µA	
	SHDN = 0V, MAX222/MAX242, shutdown, MAX220		±0.01	±1		
Output Leakage Current	V _{CC} = 5.5V, SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/MAX242		±0.01	±10	µA	
	V _{CC} = SHDN = 0V	V _{OUT} = ±15V	±0.01	±10		
		MAX220, V _{OUT} = ±12V		±25		
Data Rate			200	116	kbps	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V+ = V- = 0V, V _{OUT} = ±2V	300	10M		Ω	
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V	V _{OUT} = 0V	±7	±22	mA	
		MAX220		±60		
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V	
	MAX220			±25		
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R2 _{IN}	0.8	1.3	V	
		MAX243 R2 _{IN} (Note 4)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R2 _{IN}		1.8	2.4	V
		MAX243 R2 _{IN} (Note 4)		-0.5	-0.1	

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX220/MAX243, V _{CC} = 5V, no hysteresis in SHDN		0.2	0.5	1.0	V
	MAX220		0.3			
	MAX243		1			
RS-232 Input Resistance	T _A = +25°C (MAX220)		3	5	7	kΩ
			3	5	7	
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA		0.2		0.4	V
	I _{OUT} = 1.6mA (MAX220)		0.4			
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA		3.5	V _{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V _{OUT} = V _{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V _{CC} or EN = V _{CC} (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}		±0.05		±10	µA
EN Input Threshold Low	MAX242		1.4		0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5	5.5		V
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}), figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220	0.5		2	µA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	4		10	
	3kΩ load both inputs	MAX220	12			
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	15			
Shutdown Supply Current	MAX222/MAX242	T _A = +25°C	0.1	10		µA
		T _A = 0°C to +70°C	2	50		
		T _A = -40°C to +85°C	2	50		
		T _A = -55°C to +125°C	35	100		
SHDN Input Leakage Current	MAX222/MAX242				±1	µA
SHDN Threshold Low	MAX222/MAX242		1.4		0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/MAX242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3kΩ to 7kΩ, V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30.0	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t _{PHLT}	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.3		3.5	µs
		MAX220	4		10	
	t _{PLHT}	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.5		3.5	
		MAX220	5		10	

Note 4: MAX243 R_{2OUT} is guaranteed to be low when R_{2IN} is ≥ 0V or is floating.

MAXIM

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

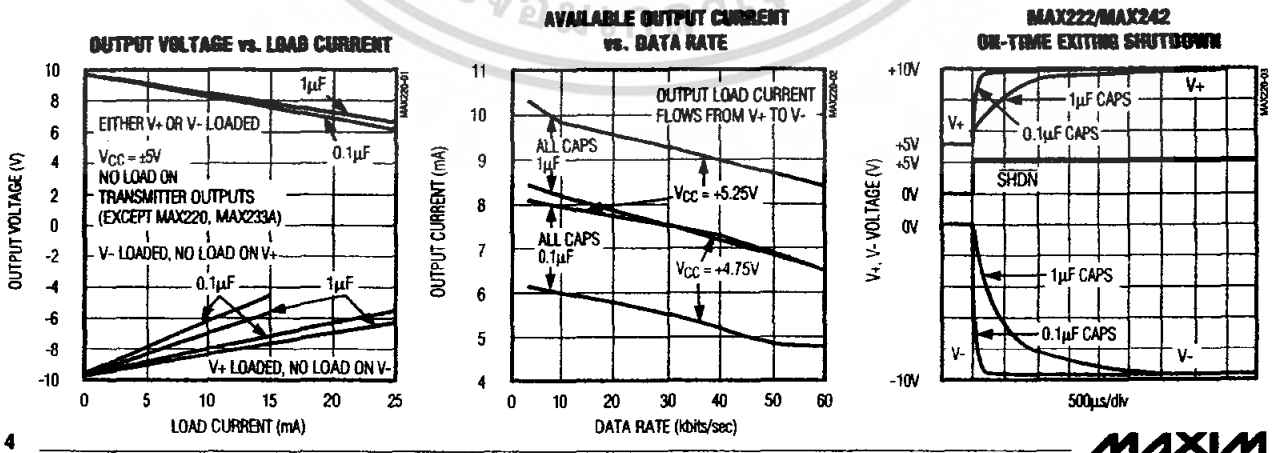
ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1μF, MAX220, C1 = 0.047μF, C2-C4 = 0.33μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	t _{PHLR}	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.5	1	μs
		MAX220		0.6	3	
	t _{PLHR}	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	t _{PHLS}	MAX242		0.5	10	μs
	t _{PHLS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t _{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t _{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High), Figure 4	t _{ET}	MAX222/MAX242, 0.1μF caps (includes charge-pump start-up)		250		μs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low), Figure 4	t _{DT}	MAX222/MAX242, 0.1μF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t _{PHLT} - t _{PLHT}	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t _{PHLR} - t _{PLHR}	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		100		ns
		MAX220		225		

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230—MAX241

V _{CC}-0.3V to +6V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
V ₊(V _{CC} - 0.3V) to +14V	24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....941mW
V ₋+0.3V to -14V	28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....1W
Input Voltages	44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW
T _{IN}-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....727mW
R _{IN}±30V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
Output Voltages	20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW
T _{OUT}(V ₊ + 0.3V) to (V ₋ - 0.3V)	24-Pin Narrow CERDIP
R _{OUT}-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	(derate 12.50mW/°C above +70°C).....1W
Short-Circuit Duration, T _{OUT}Continuous	24-Pin Sidebrazed (derate 20.0mW/°C above +70°C).....1.6W
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW	Operating Temperature Ranges
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....842mW	MAX2 __ C0°C to +70°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW	MAX2 __ E-40°C to +85°C
24-Pin Narrow Plastic DIP	MAX2 __ M-55°C to +125°C
(derate 13.33mW/°C above +70°C).....1.07W	Storage Temperature Range.....-65°C to +160°C
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....500mW	Lead Temperature (soldering, 10s) (Note 4).....+300°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW	

Note 4: Maximum reflow temperature for the MAX233/MAX235 is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230—MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C₁-C₄ = 1.0μF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V₊ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5.0	±7.3		V
V _{CC} Power-Supply Current	No load, T _A = +25°C	MAX232/233	5	10	mA
		MAX223/230/234-238/240/241	7	15	
		MAX231/239	0.4	1	
V ₊ Power-Supply Current		MAX231	1.8	5	mA
		MAX239	5	15	
Shutdown Supply Current	T _A = +25°C	MAX223	15	50	μA
		MAX230/235/236/240/241	1	10	
Input Logic Threshold Low	T _{IN} ; EN, SHDN (MAX233); $\overline{\text{EN}}$, SHDN (MAX230/235-241)			0.8	V
Input Logic Threshold High	T _{IN}	2.0			V
	EN, SHDN (MAX233); $\overline{\text{EN}}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)	2.4			
Logic Pull-Up Current	T _{IN} = 0V		1.5	200	μA
Receiver Input Voltage Operating Range		-30		+30	V

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230—MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, $V_{CC} = +5V \pm 10\%$; MAX233/MAX235, $V_{CC} = 5V \pm 5\%$, $C_1-C_4 = 1.0\mu F$; MAX231/MAX239, $V_{CC} = 5V \pm 10\%$; $V_+ = 7.5V$ to $13.2V$; $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} ; unless otherwise noted.)

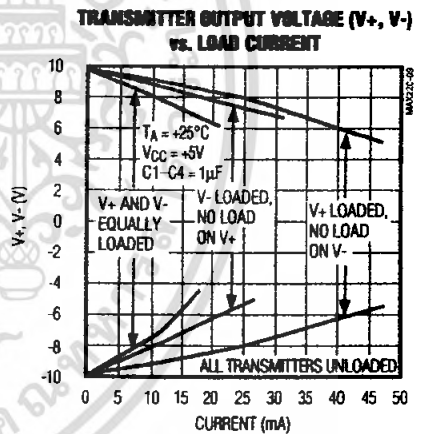
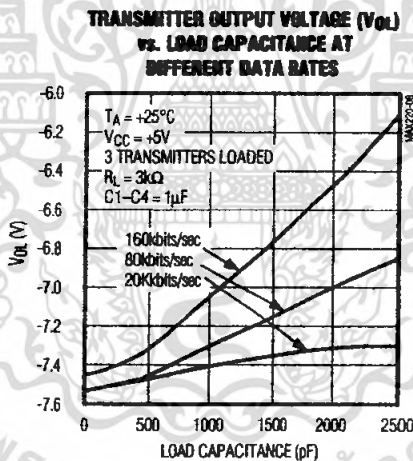
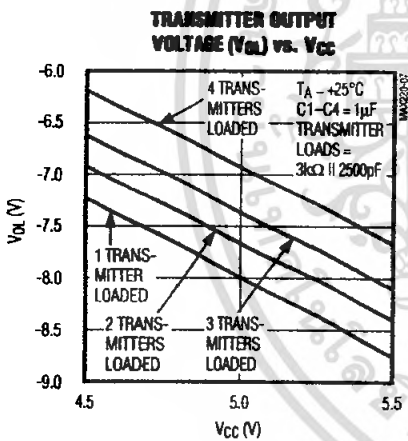
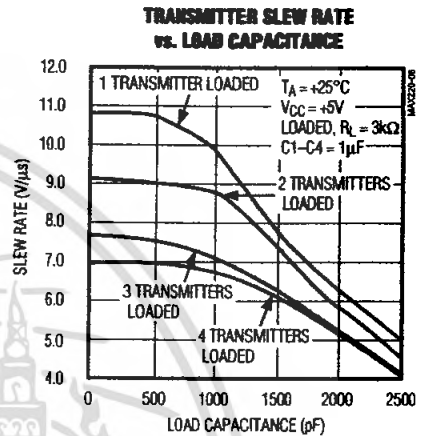
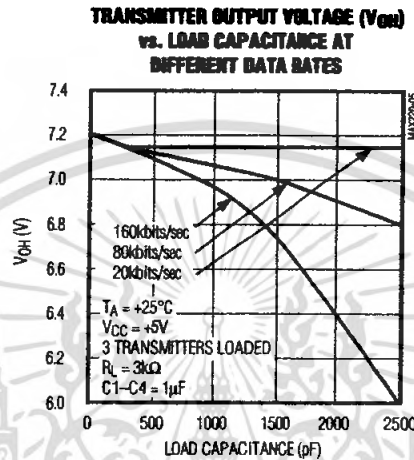
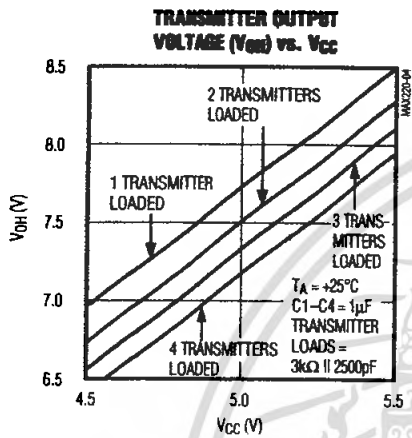
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V	
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R_{4IN} , R_{5IN})	0.6	1.5			
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V	
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R_{4IN} , R_{5IN})		1.5	2.4		
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V	
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$		3	5	7	k Ω	
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX231/232/233, $I_{OUT} = 3.2mA$)				0.4	V	
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1mA$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V	
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$; EN = 0V (MAX223); EN = V_{CC} (MAX235–241)			0.05	± 10	μA	
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns	
		MAX235/236/239/240/241		400			
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns	
		MAX235/236/239/240/241		250			
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150pF$	Normal operation SHDN = 0V (MAX223)		tPHLS	4	40	μs
				tPLHS	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, $T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $C_L = 50pF$ to $2500pF$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		3	5.1	30	V/ μs	
	MAX231/MAX232/MAX233, $T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $C_L = 50pF$ to $2500pF$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$			4	30		
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$, $V_{OUT} = \pm 2V$		300			Ω	
Transmitter Output Short-Circuit Current				± 10		mA	

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

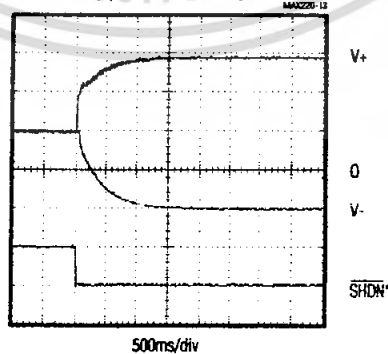
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230-MAX241

MAX220-MAX249



V_+ , V_- WHEN EXITING SHUTDOWN ($1\mu\text{F}$ CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

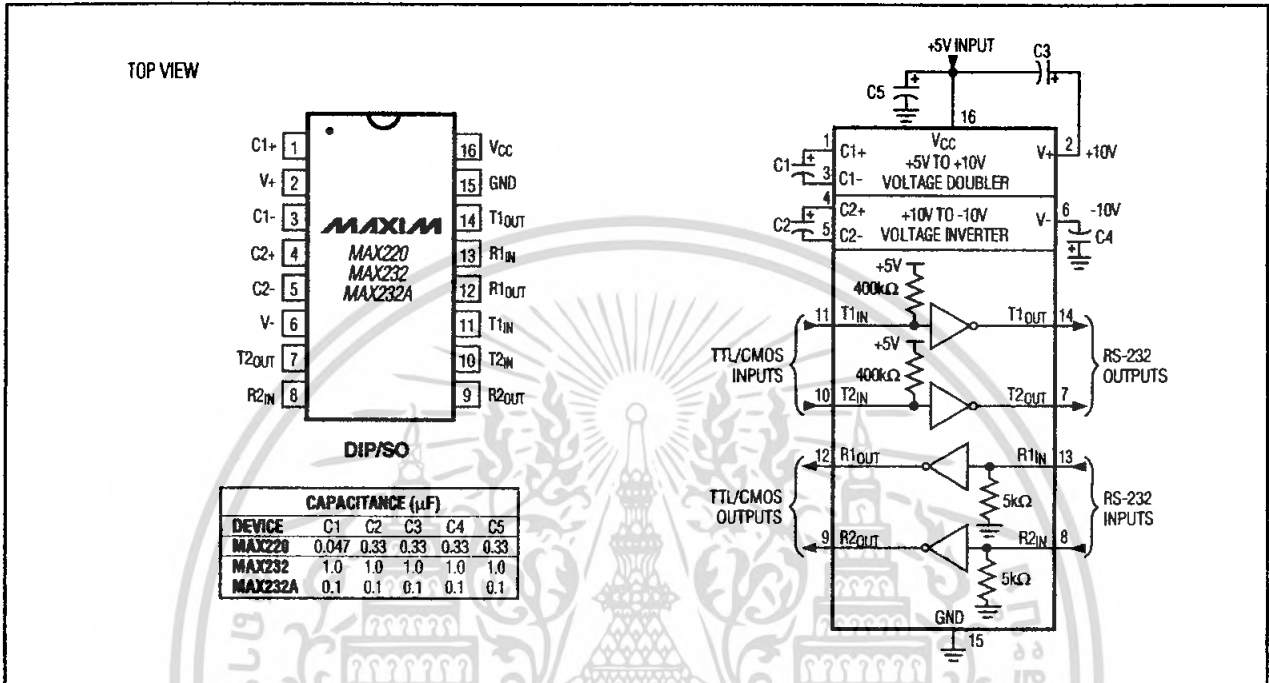


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

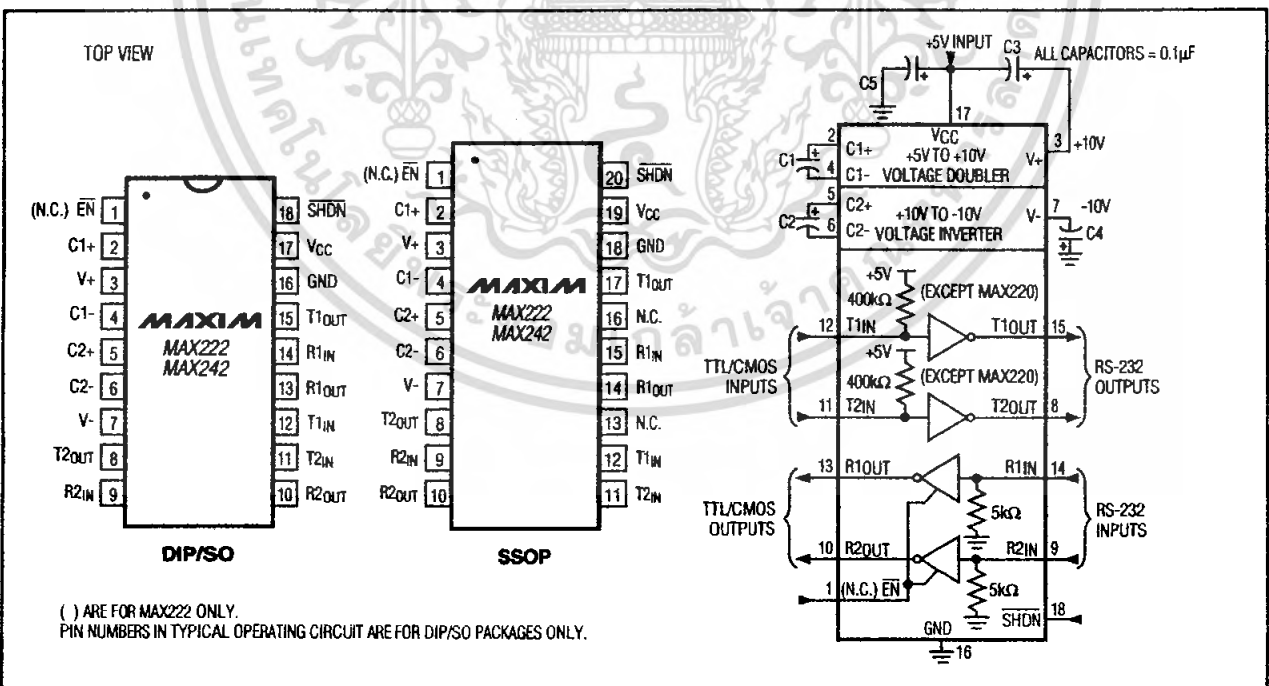


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้