สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมา

T058665

นายเฉลิมพล สาริบุตร

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

วิ/วว.
ส422ก
2547

เลขหมู่ 58665
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 31 ต.ค. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T058665
b.
i.

AUTOMATIC SYSTEM OF GAMMA-RAY FLAW DETECTION IN METAL

Mr.Chaloempol Saributr

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bechelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมา

นักศึกษา นายเฉลิมพล สาริบุตร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ปรีชา เทียนสมประสงค์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ปิติพร ถนอมงาม

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.ดร.วราวุฒิ เกาลัดดา	
กรรมการ	รศ.วิชิต ศิริโชติ	
กรรมการ	รศ.วิชาญ เตชิตธีระ	
กรรมการที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	ดร.ปิติพร ถนอมงาม	

.....

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ การสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมา

นักศึกษา นายเฉลิมพล สาริบุตร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ **คณะวิทยาศาสตร์**

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ปิติพร ถนอมงาม

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติใน 2 มิติ เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในการประยุกต์ใช้กับการเลื่อนชิ้นงานสำหรับตรวจหาโพรงในเหล็กโดยรังสีแกมมา ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัตินี้ประกอบด้วย ส่วนยึดชิ้นงาน ส่วนขับเคลื่อน วงจรขับ วงจรควบคุม และโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้ ในส่วนขับเคลื่อนนั้นขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด ยูนิโพลาร์ 4 เฟส ส่วนโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้พัฒนาจาก Delphi7 ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัตินี้มีความละเอียดในการเลื่อนต่อครั้ง 2 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อน 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specail Project Title	Automatic System of Gamma Ray Flaw Detection in Metal
Name	Mr.Chaloempol Saributr
Department	Applied Physics Faculty of Science
Program	Applied Physics
Academic Year	2004
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Preecha Teansomprasong
Special Project co-advisor	Dr.Pitiporn Thanomngam

Abstract

This special project is the foundation of auto- scan system in two dimensions. This auto-scan system is designed for holding the sample target in Gamma Ray flaw detection in metal. It consists of holder of the target, moving part, driving circuit, controller circuit and user interface program. The moving part is driven by the uni-polar stepping motors of 4 phases and the user interface program is developed from Delphi7. The auto-scan system has the step of 2 mm and the accuracy of 5 %.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาเป็นอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์การวิจัยตลอดการดำเนินการวิจัยและ ดร.ปิติพร ถนอมงาม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคอยให้คำแนะนำทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณธนรรจน์ แสงจันทร์ นักวิจัยกระบวนการเดินเครื่องปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่ให้คำปรึกษาด้านการเขียนโปรแกรมและการออกแบบวงจรตลอดถึงให้กำลังใจตลอดมา

ขอบขอบคุณ คุณวรเชษฐ์ พรมวัง นักศึกษาภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2547 ที่ช่วยปรับปรุงเอกสารประกอบรายงาน รวมถึงรุ่นน้องทุกคนที่มีส่วนร่วมในการทำรายงาน

ขอขอบคุณ พี่ทุกคน เพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาตลอดการทำโครงงานนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานพิเศษนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ บิดามารดา และผู้มีพระคุณในการศึกษาทุกท่าน

เฉลิมพล สาริบุตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร	3
2.2 การลดของรังสีแกมมา	8
2.3 Buildup factor	10
2.4 การตรวจและการวัดรังสีแกมมา	13
2.5 Uni-Polar Stepper Motor	16
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิบเดี่ยวตระกูล 51	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	40
3.1 ส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่ (Holder and Movement Part)	40
3.2 ส่วนขับเคลื่อนแท่นสแกน (Driver Part)	44
3.3 ส่วนควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Controller Part)	46
3.4ส่วนโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งาน	47
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การควบคุมการหมุนของ Full Steps หรือ One Phase	17
ตารางที่ 2.2 การควบคุมการหมุนของ Two Phase	18
ตารางที่ 2.3 การควบคุมการหมุนของ Half step	18
ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน x (M 2 ทำงาน) full step	48
ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน Y (M1 ทำงาน) full step	48
ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน x (M 2 ทำงาน) half step	48
ตารางที่ 4.4 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน Y (M1 ทำงาน) half step	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก	3
รูปที่ 2.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีแกมมาโฟตอนจากปรากฏการณ์คอมป์ตัน	5
รูปที่ 2.3 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน	5
รูปที่ 2.4 การเกิดขบวนการผลิตคู่และการทำลายล้าง	7
รูปที่ 2.5 ช่วงความสำคัญของอันตรกิริยาโฟโตอิเล็กทริก คอมป์ตัน และขบวนการผลิตคู่ เพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับเลขเชิงอะตอมของตัวกลาง และ พลังงานของรังสีแกมมา	7
รูปที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลในตะกั่วของรังสีแกมมาที่พลังงานต่าง ๆ	9
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของค่าครึ่งความหนากับพลังงานของโฟตอน โดยเปรียบเทียบ ระหว่างอะลูมิเนียม (Z = 13) และทองแดง (Z = 29)	10
รูปที่ 2.8 การเกิด Buildup factor	11
รูปที่ 2.9 การเซทเครื่องวัดรังสีแกมมา	12
รูปที่ 2.10 การจัดวางหัววัด HPGe แบบหุ้มโดยรอบ	13
รูปที่ 2.11 ภาคตัดขวางของ Dipstick Cryostat	13
รูปที่ 2.12H.V.Power Supply	14
รูปที่ 2.13 Amplifier	14
รูปที่ 2.14Analog to Digital Converter	14
รูปที่ 2.15 รูปร่างสัญญาณ การแปรค่าของแอมพลิจูดสัญญาณตามเวลา	15
รูปที่ 2.16 แสดงการพันขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด Uni-Polar Stepper Motor ทั้งแบบ 5 สาย 4 เฟส และ 6 สาย 4 เฟส	16
รูปที่ 2.17 แสดงการวางขดลวดแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	16
รูปที่ 2.18 ทิศทางการหมุนของ Full Steps หรือ One Phase	17
รูปที่ 2.19 ทิศทางการหมุนของ Two Phase	17
รูปที่ 2.20 ทิศทางการหมุนของ Half Step	18
รูปที่ 2.21 สถาปัตยกรรมภายในของ 89C1	19
รูปที่ 2.22 ไดอะแกรมของขา 8051	19
รูปที่ 2.23 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน	27
รูปที่ 2.24 ทำงานโดยสัญญาณภายนอก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.25 ไดอะแกรมของการอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก	37
รูปที่ 2.26 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก	38
รูปที่ 2.27 ไดอะแกรมเวลาการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก	39
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการจัดเครื่องมือสำหรับการตรวจหาโพรงหรือรอยร้าวในวัสดุ	40
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ	41
รูปที่ 3.3 ภาพโครงสร้างของส่วนยึดชิ้นงาน	42
รูปที่ 3.4 ภาพจริงของส่วนยึดชิ้นงาน	42
รูปที่ 3.5 โครงสร้างของแท่นสแกน	43
รูปที่ 3.6 แท่นสแกน	43
รูปที่ 3.7 รูปโครงสร้างของฐานยึดแท่นสแกน	44
รูปที่ 3.8 ฐานยึดแท่นสแกน	44
รูปที่ 3.9 รูปโครงสร้างของส่วนยึดชิ้นงานและส่วนเคลื่อนที่เมื่อประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน	45
รูปที่ 3.10 ชุดยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่	45
รูปที่ 3.11 วงจรขับ (Driving Board) ส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่	46
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1.ที่มาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ปัจจุบันการทดสอบวัสดุด้วยเทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายได้เข้ามามีบทบาทมากในวงการอุตสาหกรรมแทนที่การตรวจสอบความบกพร่องของวัสดุแบบดั้งเดิมซึ่งชิ้นงานจะเสียหายหรือถูกทำลายไปเนื่องจากการตรวจสอบ นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามคิดค้นและเสาะหาแนวทางในการตรวจสอบวัสดุโดยไม่ทำลายชิ้นงานโดยนำความรู้ทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ทำให้เกิดวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายหลายชนิดเพื่อตอบสนองเงื่อนไขและประเภทของงานที่ต้องการตรวจสอบ การตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ง่ายสุดคือ การตรวจวัดด้วยสายตา ขั้นสูงขึ้นมาเป็นการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-ray radiography) การใช้คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic waves) สนามแม่เหล็ก (magnetic field) กระแสไหลวน (eddy current) นอกจากวิธีดังกล่าวนี้ยังมีอีกหลายวิธีที่ใช้กระบวนการที่ซับซ้อนสำหรับการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย เช่น การทำลายล้างกันของโปรตอน (proton annihilation) การกระเจิงของนิวตรอน (neutron scattering) การถ่ายภาพโดยใช้โปรตอน (proton radiography) การใช้ไมโครเวฟ และ การใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์แมกเนติรีโซแนนซ์

จากการตรวจสอบแบบไม่ทำลายหลายชนิดที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นแต่ละชนิดก็จะมีข้อดีข้อเสียที่ต่างกัน การเลือกเทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบผู้ทำการตรวจสอบต้องคำนึงถึงข้อจำกัด ข้อดี และข้อเสียของแต่ละเทคนิคด้วยการตรวจสอบแบบไม่ทำลายได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องโดยมีการนำเอาความรู้ทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยทั้งในรูปของโปรแกรมในการคำนวณและการวิเคราะห์ตลอดถึงใช้ในการควบคุมทางกลไกของรูปแบบการวัดให้มีความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน ถึงระดับที่ผู้ที่จะทำการวัดนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีความชำนาญมากนักก็สามารถทำการวัดได้ เพียงแต่เข้าใจคำสั่งเบื้องต้นที่มีการระบุเอาไว้อย่างระเอียด

ในโครงงานพิเศษนี้พัฒนาระบบการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมา มุ่งเน้นไปที่การเคลื่อนชิ้นงานในการสแกน แต่เดิมยังใช้วิธีการเลื่อนด้วยมือซึ่งอาจจะมีการคลาดเคลื่อนและผิดพลาดมาก จึงได้มีการทำการออกแบบศึกษาเพื่อทำให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยลง และนอกจากนี้ยังสามารถลดการรับรังสีของผู้ทดลองได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและการนำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์มาพัฒนาระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติเพื่อประยุกต์ใช้กับระบบการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมา
2. ศึกษาขีดความแม่นยำของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

เพื่อออกแบบและทดสอบระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เพื่อลดการผ่านรังสีแกมมากับผู้ทดลองเมื่อต้องเลื่อนชิ้นงานขณะสแกนในการตรวจสอบรอยร้าวในโลหะโดยรังสีแกมมาและให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะตำแหน่งของโพรงภายในเหล็กได้อย่างแม่นยำ

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

แผนการดำเนินการแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องตลอดถึงศึกษาหลักการของเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้รังสีแกมมา

ขั้นตอนที่ 2. ทำการออกแบบและพัฒนาระบบขับเคลื่อนชิ้นงานแล้วทดสอบเบื้องต้นกับระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 3. ทดลองหาประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยการเปรียบเทียบระหว่างระยะที่วัดโดยโปรแกรมและการวัดจริง

ขั้นตอนที่ 4. ปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 5. สรุปผล และเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้ระบบการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้รังสีแกมมา ในการหารูโพรงในเหล็ก
2. สามารถนำความรู้ทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการพัฒนาในระบบการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ซึ่งจะทำให้สามารถ นำไปประยุกต์ใช้กับระบบการวัดอื่น ๆ ได้
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

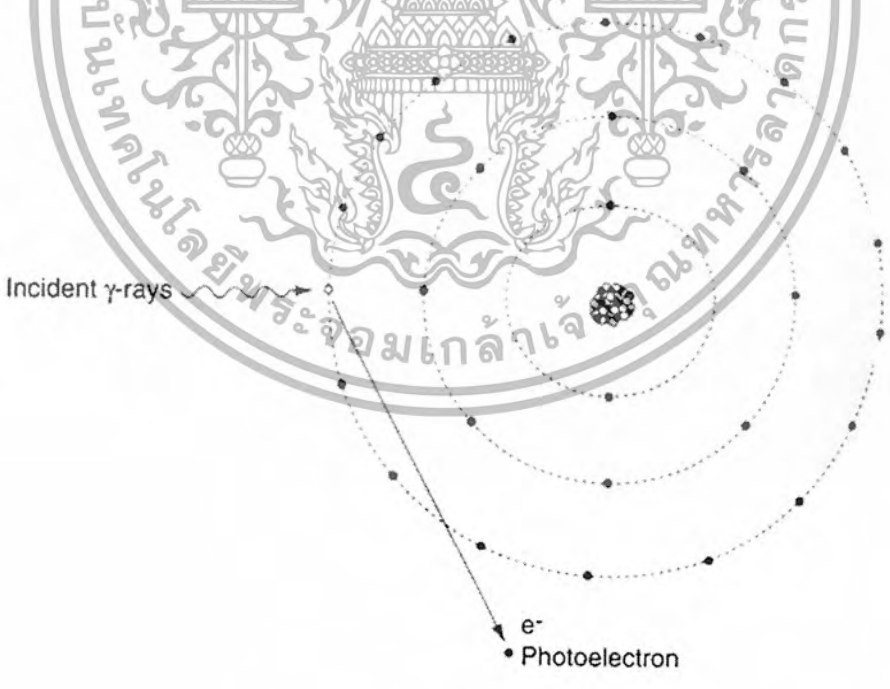
2.1 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร

รังสีแกมมาซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อกระทบกับสสารจะเกิดอัตรกิริยาขึ้นมากมาย แต่อันตรกิริยาที่สำคัญได้แก่ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect) ปรากฏการณ์คอมป์ตัน(Compton effect) และขบวนการผลิตคู่ (pair production)

2.1.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเกิดขึ้น เมื่อแกมมาโฟตอนกระทบสสารแล้วถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับอิเล็กตรอนของสสาร ทำให้อิเล็กตรอนนั้นหลุดออกจากอะตอม เรียกว่า **โฟโต-อิเล็กตรอน** (Photoelectron) โดยมีพลังงาน(E_e) เท่ากับผลต่างของพลังงานของแกมมาโฟตอน (hν) กับพลังงานยึดเหนี่ยว (*B.E.*) ดังสมการ

$$Ee = h\nu - B.E \qquad (2.1)$$



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโตอิเล็กตรอนมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอนุภาคบีตาที่มีพลังงานเท่ากัน จึงอาจจะทำให้เกิดอันตรกิริยาต่อไปได้อีก สำหรับรังสีแกมมาที่มีพลังงานสูง โฟโตอิเล็กตรอนจะมีทิศทางในแนวเดียวกับแกมมาโฟตอน และจะทำมุมกับทิศทางเดิม เมื่อรังสีแกมมามีพลังงานต่ำ อันตรกิริยานี้มักเกิดขึ้นกับอิเล็กตรอนวงใน K และขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมา (E) และเลขเชิงอะตอมของสสาร (Z) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

โอกาสของการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก = ค่าคงตัว (Z^n / E^3) (2.2)

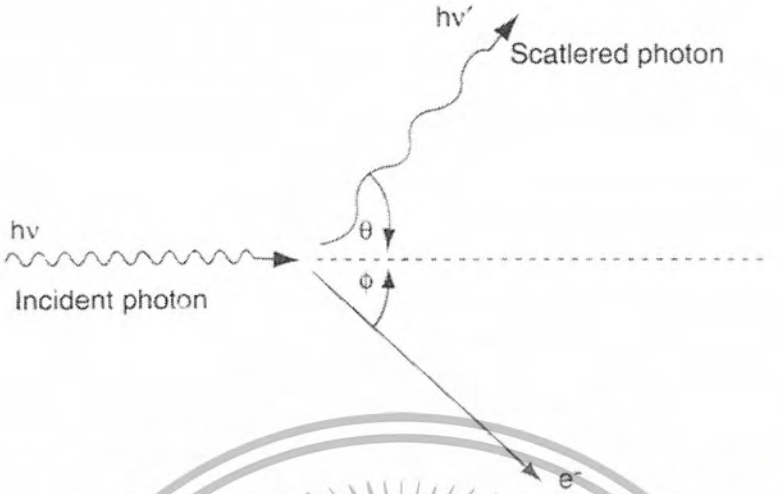
n มีค่าตั้งแต่ 3 สำหรับรังสีแกมมาพลังงานต่ำ ถึง 5 MeV สำหรับรังสีแกมมาพลังงานสูง จากความสัมพันธ์ดังกล่าว เห็นได้ว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเกิดมากขึ้น เมื่อรังสีแกมมามีพลังงานลดต่ำลง และในตัวกลางที่มีเลขเชิงอะตอมสูง โดยอันตรกิริยานี้มีความสำคัญเมื่อรังสีแกมมามีพลังงานน้อยกว่า 1 MeV กระทบกับตัวกลางที่มีเลขอะตอมสูงๆ แต่ถ้ารังสีแกมมามีพลังงานน้อยกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็คตรอนในอะตอมแล้ว อิเล็กตรอนก็ไม่หลุดออกจากอะตอม ถ้ารังสีแกมมามีพลังงานมากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในอะตอมจะเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก หลังจากโฟตอิเล็กตรอนหลุดออกไปแล้ว อิเล็กตรอนจากวงโคจรรอบนอกจะเข้ามาแทนที่ โดยการปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเป็นการดูดกลืนรังสีแกมมาทั้งหมดแล้วให้อิเล็กตรอนและรังสีเอกซ์ออกมา

2.1.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

ในปรากฏการณ์คอมป์ตัน แกมมาโฟตอนเข้าชนกับอิเล็กตรอนในอะตอมของสสารแบบยืดหยุ่นในการชนแบบนี้ ทั้งโมเมนตัมและพลังงานไม่สูญหาย โฟตอนจะเสียพลังงานบางส่วนให้กับอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากวงโคจรไปในทิศทางทำมุม ϕ กับทิศทางการเคลื่อนที่เดิมของโฟตอน เรียกอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปนี้ว่า **คอมป์ตันอิเล็กตรอน** (Compton electron) ส่วนโฟตอนที่มีพลังงานลดลงจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไป โดยทำมุม θ กับทิศทางเดิม และมีความยาวคลื่นมากขึ้น ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โดยพลังงานของโฟตอนที่เข้าชน $h\nu'$ และพลังงานของโฟตอนที่สะท้อนออกไป $h\nu$ มีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$h\nu = h\nu' / 1+(h\nu/mc^2)(1-\cos\theta) \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีแกมมาโฟตอนจากปรากฏการณ์คอมป์ตัน

รูปที่ 2.3 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

เมื่อ λ และ λ' เป็นความยาวคลื่นของโฟตอนที่เข้าชน และโฟตอนที่สะท้อนออกไป และ m เป็นมวลของอิเล็กตรอน ความยาวคลื่นของโฟตอนที่เปลี่ยนไป $(\lambda' - \lambda)$ คำนวณจากสมการ

$$(\lambda' - \lambda) = c(1/\nu' - 1/\nu) \quad (2.4)$$

$$(\lambda' - \lambda) = h/mc(1-\cos\theta) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไป ($\lambda' - \lambda$) นี้ว่า **ความยาวคลื่นคอมป์ตัน** (Compton wavelength) จะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับมุมสะท้อนของโฟตอนไม่เกี่ยวข้องกับพลังงานของโฟตอนที่ตกกระทบ ปรากฏการณ์คอมป์ตันที่เกิดขึ้นได้ดีกับสสารที่มีค่าเลขอะตอมสูงและลดลงเมื่อพลังงานโฟตอนสูงขึ้น ซึ่งประมาณได้ว่า

โอกาสของการเกิดปรากฏการณ์คอมป์ตัน = ค่าคงตัว (Z/E) (2.6)

ข้อแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และปรากฏการณ์คอมป์ตัน ก็คือ โฟโตอิเล็กทริกเป็นการดูดกลืนโฟตอนทั้งหมดที่มากระทบ ส่วนปรากฏการณ์คอมป์ตัน เพียงแต่ลดขนาดของพลังงานเดิมของโฟตอน โฟตอนที่มีพลังงานลดต่ำลงนี้ อาจจะทำให้เกิดอันตรกิริยาโฟโตอิเล็กทริกได้อีก เนื่องจากอันตรกิริยานี้เกิดได้ง่ายขึ้น เมื่อโฟตอนมีพลังงานต่ำ

2.1.3 ขบวนการผลิตคู่

อันตรกิริยาขบวนการผลิตคู่เป็นแบบหนึ่งของการดูดกลืนแกมมาโฟตอน เกิดขึ้นได้เมื่อโฟตอนมีพลังงานอย่างน้อย 1.02 MeV วิ่งเข้าใกล้นิวเคลียสของอะตอม โฟตอนจะหายไป โดยใช้พลังงานไปในการสร้างอิเล็กตรอนกับโพซิตรอนขึ้นมาคู่หนึ่ง เนื่องจากมวลของอิเล็กตรอนกับโพซิตรอนมีค่าเทียบเท่ากับพลังงาน 1.02 MeV ดังนั้น แกมมาโฟตอนต้องมีพลังงานไม่ต่ำกว่า 1.02 MeV จึงสามารถทำให้ขบวนการผลิตคู่ได้ ถ้าแกมมาโฟตอนมีพลังงานมากกว่า 1.02 MeV พลังงานที่เกิดส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนและโพซิตรอนมีบางส่วนเท่านั้นที่ที่ถ่ายเทให้กับนิวเคลียสของอะตอมโอกาสของการเกิดอันตรกิริยาขบวนการผลิตคู่ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมาและเลขเชิงอะตอมของสสารโดย

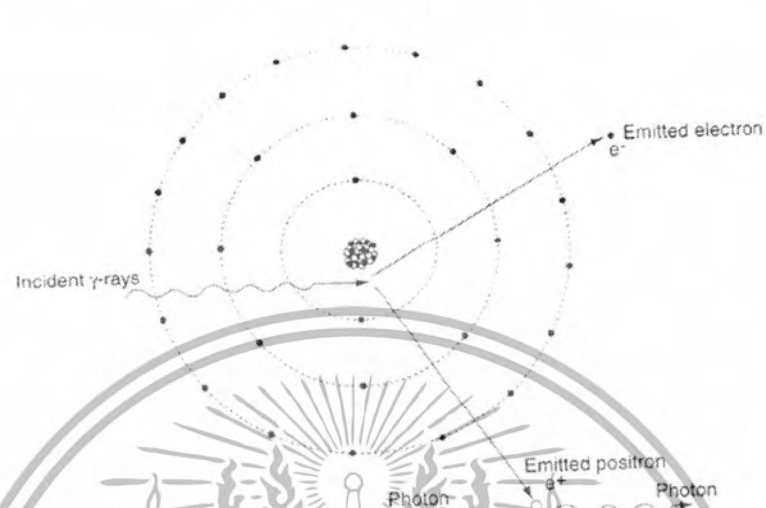
โอกาสของการเกิดอันตรกิริยาขบวนการผลิตคู่ = ค่าคงตัว $Z^2(E-1.02)$ (2.7)

หลังจากการเกิดแพร์โปรดักชันโพซิตรอนอาจรวมตัวกับอิเล็กตรอนอื่น แล้วให้โฟตอน 2 ตัวซึ่งมีพลังงานตัวละ 0.51 MeV เรียกว่า **การทำลายล้าง** (annihilation) ดังภาพที่ 2.4 แต่อย่างไรก็ตามโฟตอนที่เกิดขึ้นนี้มีพลังงานต่ำและกระจัดกระจายไปทุกทิศทุกทาง

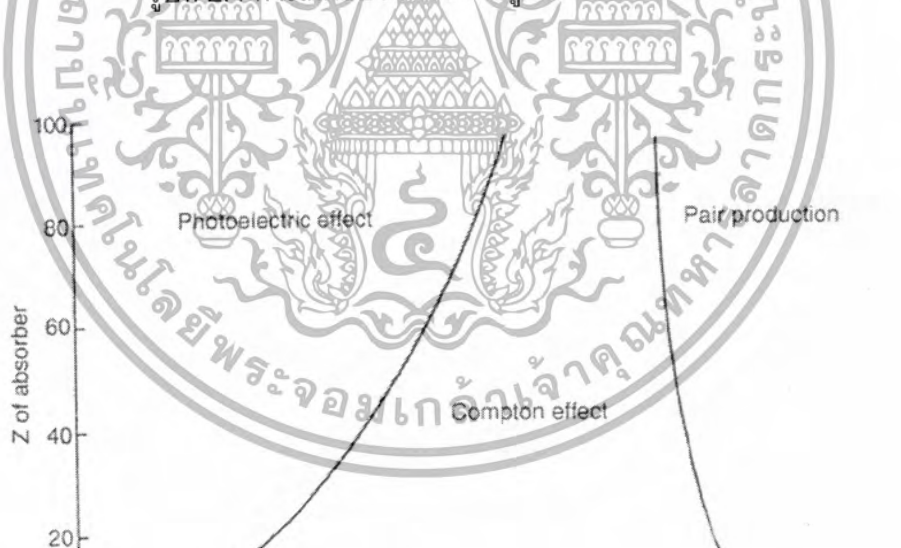
จากสมการ 2.7 แสดงว่า อันตรกิริยาขบวนการผลิตคู่เพิ่มขึ้นตามเลขเชิงอะตอมของสสารและพลังงานของโฟตอนที่เกินกว่า 1.02 MeV เมื่อพลังงานของรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นอันตรกิริยาของโฟโตอิเล็กทริกและคอมป์ตันจะลดลง แต่ขบวนการผลิตคู่จะเพิ่มขึ้น สำหรับสสารที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขเชิงอะตอมสูงและรังสีแกมมาที่มีพลังงานมากกว่า 5 MeV แล้วขบวนการผลิตคู่เป็นกระบวนการดูดกลืนโฟตอนที่มีความสำคัญที่สุด ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 การเกิดขบวนการผลิตคู่และการทำลายล้าง



รูปที่ 2.5 ช่วงความสำคัญของอันตรกิริยาโฟโตอิเล็กทริก คอมป์ตัน และขบวนการผลิตคู่เพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับเลขเชิงอะตอมของตัวกลาง และ พลังงานของรังสีแกมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การลดของรังสีแกมมา

เมื่อรังสีแกมมาผ่านเข้าไปในสสารหรือตัวกลางใดๆ บางส่วนของรังสีถูกดูดกลืนโดยอันตรกิริยาต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว บางส่วนก็จะกระเจิงไป และบางส่วนก็ผ่านออกมาได้ ความเข้มของรังสีแกมมาลดลงในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียลเมื่อพิจารณารังสีแกมมาพลังงานเดียว เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางการสูญเสียความเข้มของรังสีในความหนา dx ของตัวกลางที่จุดใดๆ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของรังสีที่จุดนั้น กับความหนาของตัวกลางนั่นคือ

$$dI = -\mu I dx \tag{2.8}$$

$$dI/I = -\mu dx$$

เมื่อ I คือ ความเข้มของแกมมาโฟตอน หน่วย โฟตอน/ซม.วินาที

μ คือ สัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้น(linear attenuation coefficient) หน่วย ซม.$^{-1}$

เมื่อรังสีแกมมามากระทบตัวกลางจะเกิดอันตรกิริยาทั้ง 3 ประเภท อันได้แก่ การดูดกลืนเนื่องจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และขบวนการผลิตคู่ และการกระเจิงจากปรากฏการณ์คอมป์ตัน ค่า μ ที่ใช้ในสมการที่ 2.8 จึงเป็น สัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้นรวม (total linear attenuation coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของสัมประสิทธิ์การลดเนื่องจากแต่ละอันตรกิริยา ดังสมการ

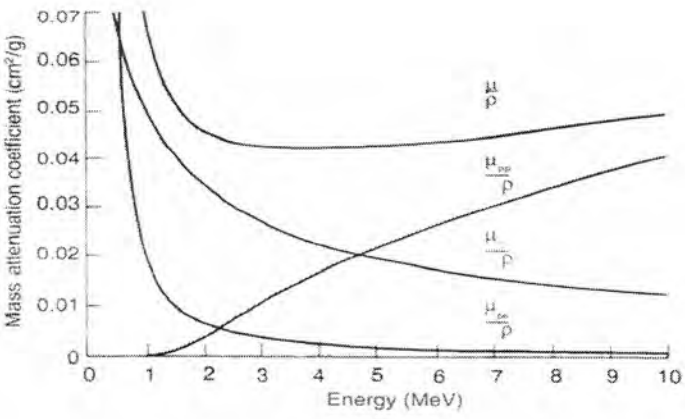
$$\mu = \mu_{pe} + \mu_c + \mu_{pp} \tag{2.9}$$

เมื่อ μ เป็นสัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้นรวม และ μ_{pe} , μ_c , μ_{pp} เป็นสัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้นเนื่องจากอันตรกิริยาโฟโตอิเล็กทริก คอมป์ตันและขบวนการผลิตคู่ ตามลับดับ ค่าสัมประสิทธิ์การลดนี้อาจกล่าวในพจน์ของสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวล (mass attenuation coefficient) ซึ่งมีหน่วย ซม.^{2}/กรัม โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\mu/\rho = (\mu_{pe} + \mu_c + \mu_{pp}) / \rho \tag{2.10}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ลดเชิงมวล ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมาและชนิดของสสารที่รังสีแกมมาทำอันตรกิริยา ภาพที่ 2.6 แสดงสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวลในตะกั่วของรังสีแกมมาที่พลังงานต่างๆ ค่า μ_{pc}/ρ และ μ_c/ρ มีค่ามาก เมื่อรังสีแกมมามีพลังงานต่ำ และลดลงเมื่อพลังงานมีค่ามากขึ้น ส่วน μ_{pp}/ρ มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามค่าพลังงาน และ μ/ρ เป็นสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวลรวม ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อรังสีแกมมามีพลังงานประมาณ 3.5 MeV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลในตะกั่วของรังสีแกมมาที่พลังงานต่าง ๆ

ถ้า I_0 เป็นความเข้มเดิมของรังสีแกมมาพลังงานเดียวที่เป็นลำแคบๆ เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนา x เซนติเมตร ความเข้มของรังสีแกมมาที่ผ่านตัวกลางออกมาได้ คือ I คำนวณได้จากการอินทิเกรตสมการ (2.8) จะได้ผลดังสมการ

$$I = I_0 e^{-\mu x} \qquad (2.11)$$

จากค่า μ สามารถคำนวณค่า HVL และ TVL(tenth value layer) ซึ่งหมายถึง ความหนาของตัวกลางที่ทำให้ความเข้มของรังสีแกมมาลดลง 1/10 เท่าของความเข้มเดิม ได้จากสมการ

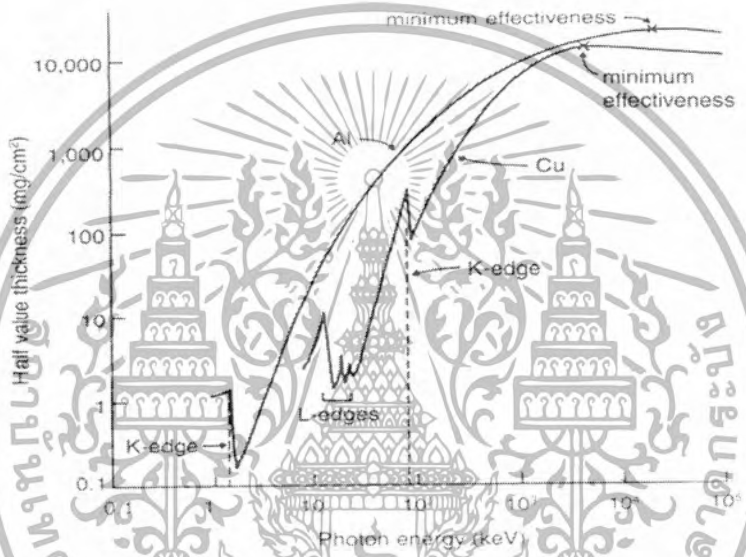
$$HVL = 0.693 / \mu \qquad (2.12)$$

$$TVL = 2.3 / \mu \qquad (2.13)$$

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีอำนาจทะลุทะลวงสูง ในการเลือกวัสดุกำบังรังสีแกมมาอาจพิจารณาได้จากค่า HVL โดยวัสดุที่เหมาะสมจะมีค่า HVL ต่ำ ภาพที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ของ HVL กับพลังงานของโฟตอน เปรียบเทียบอะลูมิเนียม (Z =13) ซึ่งมีเลขเชิงอะตอมต่ำ และทองแดง (Z = 29) ซึ่งมีเลขเชิงอะตอมสูงกว่า เส้นกราฟปรากฏรอยหยัก แสดงถึงระดับพลังงานที่ต้องใช้ในการผลักอิเล็กตรอนออกจากวงโคจร เช่นที่ K – edge แสดงระดับพลังงานที่ใช้เพื่อผลักให้อิเล็กตรอนในวง K ออกจากอะตอม หลังจากอิเล็กตรอนหลุดออกไป อิเล็กตรอนที่วงนอกจะเข้ามาแทนที่ ทำให้มีการปล่อยรังสีเอกซ์โดยรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานต่ำกว่าพลังงานของโฟตอนที่ผลักอิเล็กตรอนออกไป วัสดุที่มีเลขเชิงอะตอมสูง แม้ว่าจะเหมาะสมกับการกำบังรังสีแกมมา แต่ก็จะปล่อยรังสีเอกซ์ออกมาด้วย ดังนั้นในการกำบังรังสีแกมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงต้องคำนึงถึงรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งอาจจะใช้วัสดุหลายชนิดประกอบกัน โดยเรียงเป็นชั้นจากวัสดุที่มีเลขเชิงอะตอมมากไปน้อยเพื่อกำบังทั้งรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ เช่น เริ่มจากชั้นแรกเป็นตะกั่ว (Z = 82) ใช้กำบังรังสีแกมมา ชั้นถัดมาเป็นดีบุก (Z = 50) ใช้กำบังรังสีเอกซ์ ที่เกิดขึ้นจากตะกั่ว ถัดมาเป็นทองแดง (Z = 30) กำบังรังสีเอกซ์ที่เกิดจากดีบุก ถัดมาเป็นอลูมิเนียม (Z = 13) ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของค่าครึ่งความหนากับพลังงานของโฟตอน โดยเปรียบเทียบระหว่างอะลูมิเนียม (Z = 13) และทองแดง (Z = 29)

2.3 Buildup factor

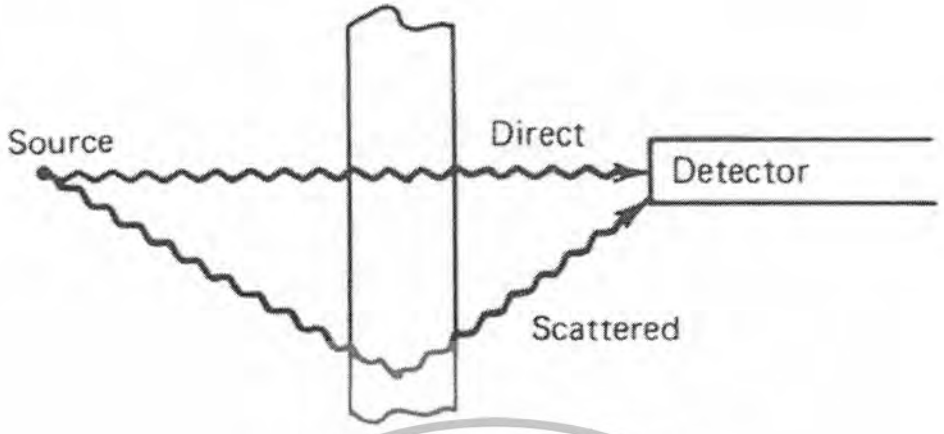
ในสมบัติการลดทอนจริง ๆ ของรังสีแกมมานั้นต้องคำนึงถึง สมบัติของความหนาของวัสดุตามสมการ

$$I = \beta I_0 e^{-\mu x}$$

เมื่อ β เป็น Buildup factor.

โดยทั่วไปในการวัดปริมาณรังสีของหัววัดนั้นหัววัดจะนับทุกครั้งเมื่อรังสีตกกระทบหัววัดโดยไม่การแยกแยะทิศทางของรังรังสีซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบตรง (direct) และแบบกระเจิง ดังรูป 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเกิด Buildup factor

1. แบบตรง คือ แนวทางเดินของโฟตอนที่ตรงจากแหล่งกำเนิดแล้วผ่านวัสดุไปจนกระทบหัววัดรังสี เรียกโฟตอนเหล่านี้ว่า โฟตอนอันดับแรก (primary photons)
2. แบบกระเจิง คือ แนวทางเดินของโฟตอนที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งอาจจะเกิดการชนระหว่างโฟตอนกับอิเล็กตรอนมากกว่า 1 ครั้ง และการกระเจิงกลับมาตกกระทบกับหัววัดพอดี เรียกโฟตอนที่ตกกระทบในลักษณะนี้ว่าโฟตอนอันดับสอง (secondary photons)
เมื่อนำค่าที่วัดได้ทั้งสองรูปแบบนี้ไปวิเคราะห์ความหนาจะได้ค่าที่ผิดไป เรียกส่วนที่เกินไปนั้นว่า builup factor

และในความเป็นจริงพบว่าปริมาณรังสีส่วนที่เกินมานี้เป็นผลเนื่องมาจากการตกกระทบหัววัดของโฟตอนอันดับ 2 นั้นเอง และมันจะมีค่าขึ้นกับความหนาของวัสดุด้วยที่จะทำให้เกิดการกระเจิงของรังสีเข้าหัววัดมากน้อยเพียงใด

2.4 การตรวจและการวัดรังสีแกมมา (Radiation Detection and Measurement)

มนุษย์ไม่สามารถที่จะวัดรังสีแกมมาได้โดยใช้ประสามสัมผัส, การมองเห็น ฯลฯ ดังนั้นเครื่องมือวัดหรือตรวจสอบจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะทำให้ทราบปริมาณของรังสีแกมมา โดยทั่วไประบบการวัดรังสีแกมมาสามารถจัดได้ดังรูป 2.9

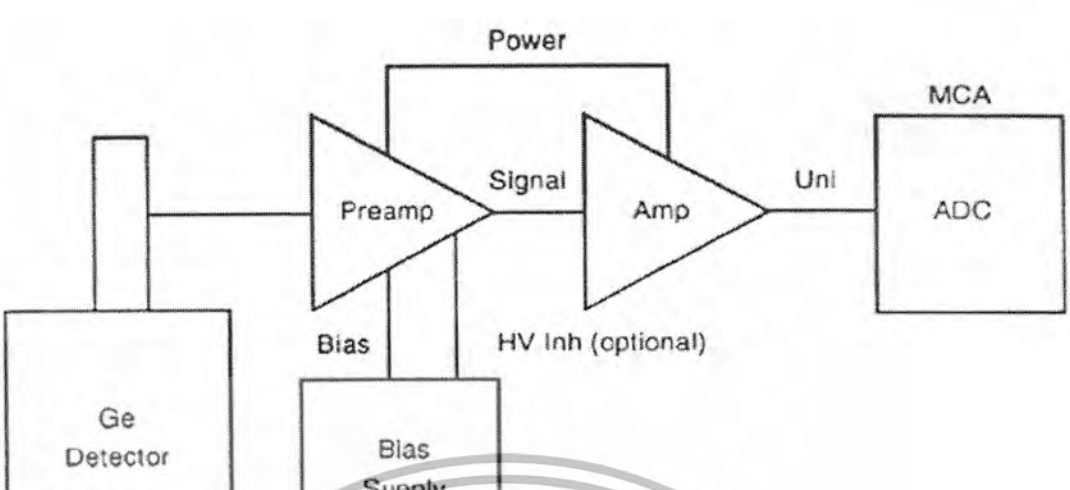
จากรูป 2.9 จะเห็นว่าในระบบการวัดรังสีแกมมานั้นประกอบด้วย

หัววัดรังสีแกมมา(Gamma Ray Detector)

แหล่งจ่ายกำลังความต่างศักดิ์สูง (H.V. Power Supply)

หน่วยขยายส่วนหน้า (Preamplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การติดตั้งเครื่องวัดรังสีแกมมา

หน่วยขยาย (Amplifier)

หน่วยแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC)

หน่วยวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง (Multichanel Analyzer)

ภาคแสดงผล (Personal Computer , PC)

2.4.1 **หัววัดรังสีแกมมา** (Gamma Ray Detector)

โดยปกติทั่วไปแล้วหัววัดรังสีแกมมามีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

-หัววัดรังสีชนิดบรรจุแก๊ส (Gass-filled Detector)

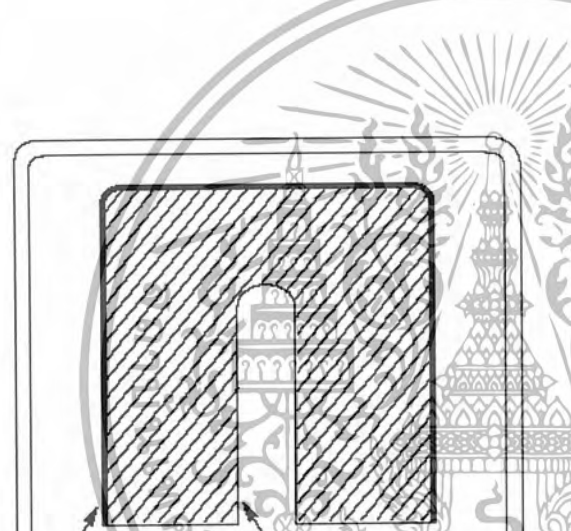
-หัววัดรังสีชนิดเปล่งแสงวับ (Scintillation Detector)

-หัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Detector)

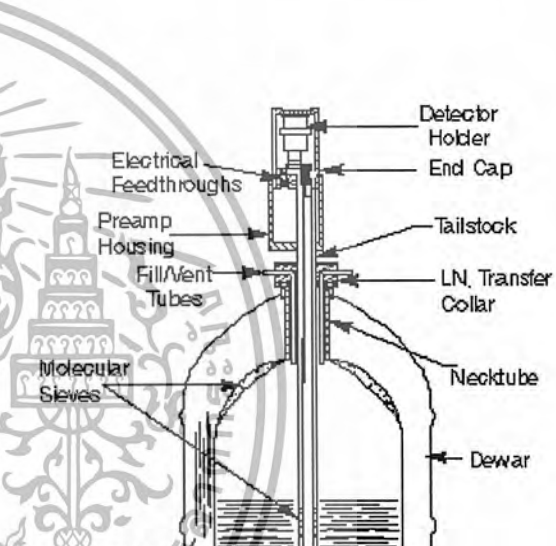
ในโครงงานพิเศษนี้ได้กล่าวเฉพาะหัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Detector) ซึ่งมีหลักการทำงานคล้ายกับแชมเบอร์การแตกตัวเป็นไอออน พาหะประจุในสารกึ่งตัวนำนั้นไม่ใช่อิเล็กตรอนและไอออนเช่นกับในหัววัดแก๊ส แต่จะเป็นอิเล็กตรอนกับโฮล (Hole)ในปัจจุบันหัววัดสารกึ่งตัวนำที่ประสบความสำเร็จที่สุดนั้นทำด้วยซิลิกอนและเจอร์เมเนียมวัสดุอื่นที่ได้พยายามและพบความสำเร็จบ้างคือ CdTe และ HgI_2 ข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดในหัววัดสารกึ่งตัวนำเมื่อเปรียบเทียบกับหัววัดชนิดอื่น ก็คือการจำแนกพลังงาน ความสามารถในการจำแนกพลังงานของอนุภาคออกจากสเปกตรัมพลังงานที่มีหลายพลังงาน ความได้เปรียบอื่น ๆ อีกคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การตอบสนองเชิงเส้นในช่วงพลังงานที่กว้างของพลังงาน
2. ประสิทธิภาพสูงกว่าสำหรับขนาดที่กำหนดเนื่องจากความหนาแน่นสูงของวัสดุของแข็งใช้ทำหัววัด
3. มีความเป็นไปได้สำหรับการจัดวางเชิงเรขาคณิตพิเศษ
4. เวลาลาดพัลส์เร็ว (Fast pulse rise time)
5. สามารถทำงานในสุญญากาศ
6. ไม่ไวต่อสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.10 การจัดวางหัววัด HPGe แบบหุ้มโดยรอบ



รูปที่ 2.11 ภาคตัดขวางของ Dipstick Cryostat

2.4.2 หน่วยจ่ายกำลังความต่างศักดิ์สูง (H.V.Power Supply)

แหล่งจ่ายกำลังความต่างศักดิ์สูง จะจ่ายความต่างศักดิ์บวกหรือลบตามความต้องการของหัววัด หัววัดส่วนใหญ่ต้องการความต่างศักดิ์สูงบวก (Positive HV) HVPS ในทางการค้าส่วนใหญ่จะแสดงสัญญาณไฟเพื่อบอกสถานการทำงานว่าเป็นบวกหรือเป็นลบ มีปุ่มสองปุ่มสำหรับปรับค่าความต่างศักดิ์ โดยปุ่มแรกสำหรับปรับแบบหยาบๆ ในขณะที่ปุ่มที่สองสำหรับปรับอย่างละเอียด ส่วนปุ่มความต่างศักย์ส่งออกจะอยู่ด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12H.V.Power Supply รูปที่ 2.13 Amplifier รูปที่ 2.14 Analog to Digital Converter

2.4.3 **หน่วยขยายส่วนหน้า** (Preamplifier)

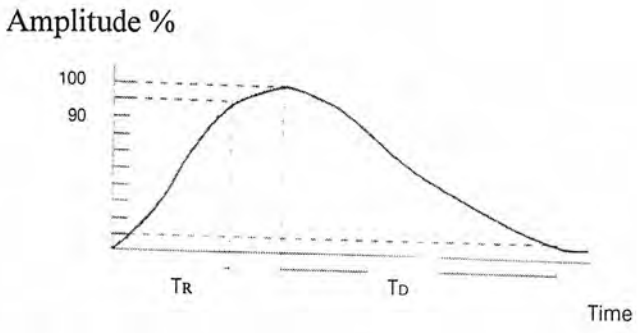
เป็นส่วนที่อยู่หน้าส่วยขยายทำหน้าที่ปรับค่าอิมพีแดนซ์ให้พอเหมาะที่จะเป็นสัญญาณ "อินพุท" ของเครื่องขยายสัญญาณ ในระบบวัดรังสีแกมมาดังรูปข้างบนนั้น พรีแอมพลิไฟเออร์นั้นจะติดกับ หัววัดบน Cryostat LN_2 ดังรูป 2.11

2.4.4 **หน่วยขยาย** (Amplifier)

หน่วยขยายสัญญาณหรือส่วนที่เรียกว่า "แอมพลิไฟเออร์"(amplifier) ทำหน้าที่ขยายขนาดของสัญญาณที่ได้จากหน่วยขยายส่วนหน้า โดยที่อุปกรณ์ส่วนนี้จะต้องมีอัตราขยายที่มากพอที่จะทำให้ส่วนเลือกสัญญาณทำงานได้สะดวก ขณะเดียวกันต้องรักษาจุดทำงานของหัววัดให้อยู่ในช่วงที่กำหนดด้วย และอัตราขยายต้องมีค่าคงที่แม้ว่าจะมีค่ารบกวนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า จากอุณหภูมิ หรือ จากแฟคเตอร์อื่นซึ่งอาจเกิดแบบชั่วขณะหรือเกิดขึ้นเป็นเวลานานก็ตาม นอกจากนี้จะต้องประกอบด้วยค่าไรส์ไทม์ (rise time) ที่ถูกต้อง เพื่อมิให้เกิดการสูเสียข้อมูลในการนับวัด ค่าไรส์ไทม์ต้องมีค่าที่เหมาะสม

การแบ่งระดับของส่วนขยายสัญญาณ มักจะพิจารณาจากความไวต่อแรงดันไฟฟ้าหรือ ความไวต่อประจุเช่นเดียวกับการพิจารณาส่วนก่อนขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 รูปร่างสัญญาณ การแปรค่าของแอมพลิจูดสัญญาณตามเวลา

- ไรส์ไทม์ หรือ เวลาที่เพิ่มขึ้น (rise time) หรือ T_R คือช่วงเวลาที่ค่าสูงของสัญญาณเริ่มเพิ่มขนาดจาก 10 % จนถึง 90% ของค่าสูงสุด
- เวลาการสลายตัว (decay time) หรือ T_D เป็นช่วงเวลาที่สัญญาณมีขนาดลดลงจากค่าสูงสุดจนถึงค่าเพียง 10% ของค่าสูงสุด
- ดีเลย์ไทม์ (delay time) เป็นช่วงเวลาที่สัญญาณจะเพิ่มขนาดจนถึง 50% ของค่าสูงสุด
- ช่วงเวลาเกิดสัญญาณ (Pulse duration) ในทางปฏิบัติค่านี้วัดจากสัญญาณเริ่มต้นจนถึงเวลาที่สัญญาณมีค่าลดลงถึง 10% ของค่าสูงสุด

สัญญาณเอาท์พุทของหัววัดอาจจะถูกกำหนดลักษณะสมบัติโดยช่วงเวลาการเกิดประจุ หรือช่วงเวลาการเก็บประจุ ไรส์ไทม์ของส่วนขยายสัญญาณควรมีค่าสั้นกว่าช่วงเวลาจับเก็บประจุของหัววัดรังสี หน้าที่สำคัญของส่วนขยายสัญญาณคือ

-ขยายสัญญาณ

-จัดรูปร่างสัญญาณ

2.4.5 **หน่วยแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล**

หน่วยแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC) เป็นส่วนที่รับสัญญาณจากหน่วยขยายสัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณอะนาลอกก่อนที่จะส่งข้อมูลให้ หน่วยวิเคราะห์สัญญาณต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน

2.4.6 **เครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง**(Multichanel Analyzer)

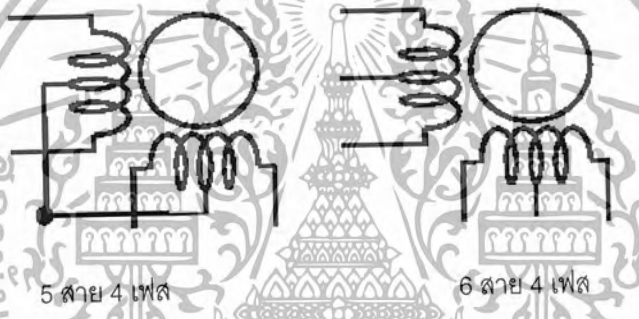
เครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง (MCA) จะบันทึกและเก็บพัลส์ที่ขึ้นอยู่กับขนาดความสูง หน่วยเก็บแต่ละหน่วยจะเรียกว่าช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

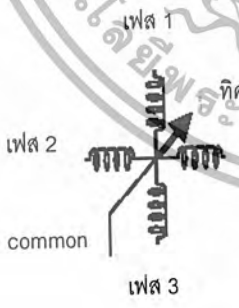
ความสูงของพัลส์จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ในรูปของปฏิภาคกับพลังงานของอนภาคที่เข้าสู่หัววัด แต่ละพัลส์จะถูกเก็บในช่องเฉพาะที่สมนัยกับพลังงานนั้น ๆ การแจกแจงของพัลส์ในช่องก็คือภาพของการแจกแจงพลังงานของอนุภาค เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาการวัดสเปกตรัมที่ถูกบันทึกจะแสดงที่จอภาพ ของจอคอมพิวเตอร์ที่มีMCA Slot ติดตั้งอยู่

2.5 Uni-Polar Stepper Motor

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นอุปกรณ์เชิงกลที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น plotter, Disk drive ,แขนกลหุ่นยนต์ เป็นต้นและ ณ ที่นี้จะอธิบายชนิด Uni-Polar Stepper Motor เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมตำแหน่งในการหมุนได้ การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะทำงานแตกต่างจากดีซีมอเตอร์หรือเอซีมอเตอร์ เพราะสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะทำงานแบบลำดับตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้ามา



รูปที่ 2.16 แสดงการพันขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด Uni-Polar Stepper Motor ทั้งแบบ 5 สาย 4 เฟส และ 6 สาย 4 เฟส



รูปที่ 2.17 แสดงการวางขดลวดแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

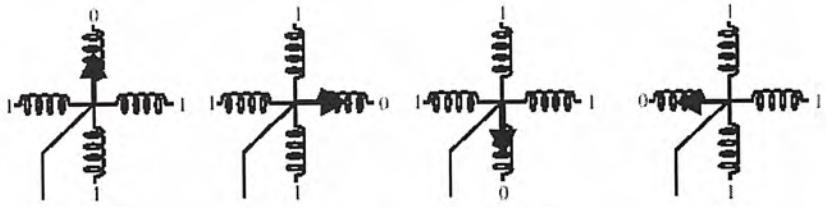
การควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นแบ่งเป็น 3 โหมดการทำงานคือ

1. One Phase
2. Two Phase
3. Half Step

โดยขึ้นกับการจ่ายกำลังไฟผ่านแต่ละเฟส ซึ่งทำเป็นซีเควนเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

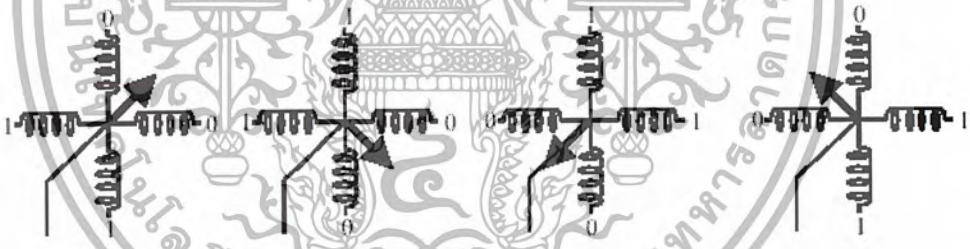
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.18 ทิศทางการหมุนของ Full Steps หรือ One Phase

Step	Phase1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	On	-	-	-
2	-	On	-	-
3	-	-	On	-
4	-	-	-	On

ตารางที่ 2.1 การควบคุมการหมุนของ Full Steps หรือ One Phase



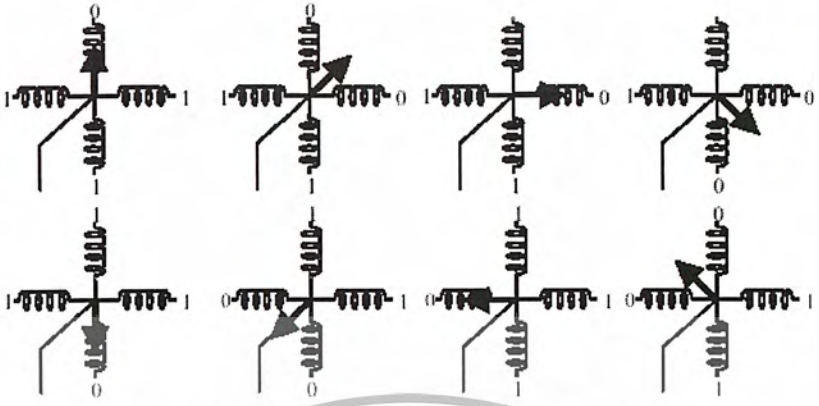
รูปที่ 2.19 ทิศทางการหมุนของ Two Phase

Step	Phase1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	On	On	-	-
2	-	On	On	-
3	-	-	On	On
4	On	-	-	On

ตารางที่ 2.2 การควบคุมการหมุนของ Two Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58665



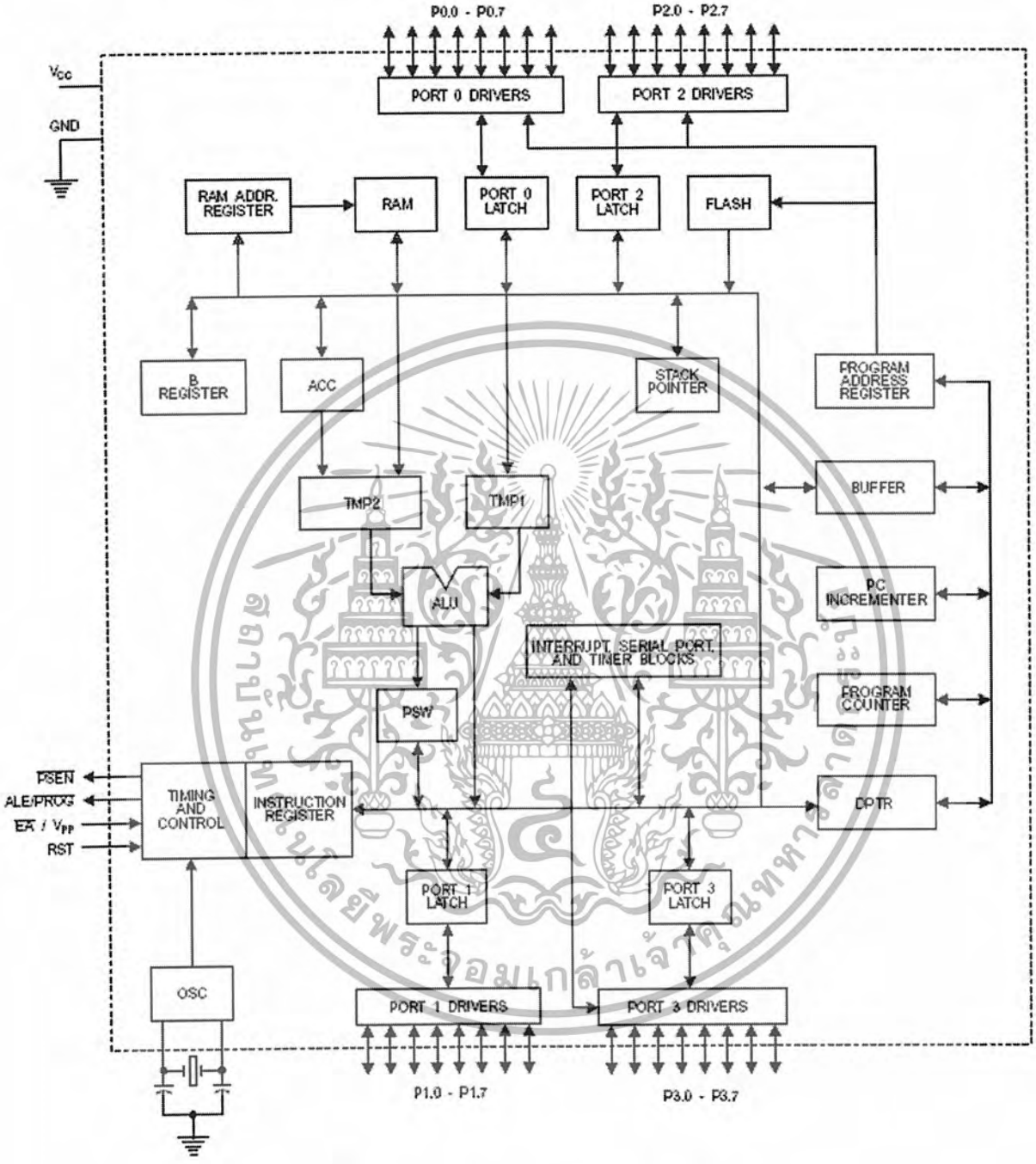
รูปที่ 2.20 ทิศทางการหมุนของ Half Step

Step	Phase1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	On	-	-	-
2	On	On	-	-
3	-	On	-	-
4	-	On	On	-
5	-	-	On	-
6	-	-	On	On
7	-	-	-	On
8	On	-	-	On

ตารางที่ 2.3 การควบคุมการหมุนของ Half step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51



รูปที่ 2.21 สถาปัตยกรรมภายในของ 89C1

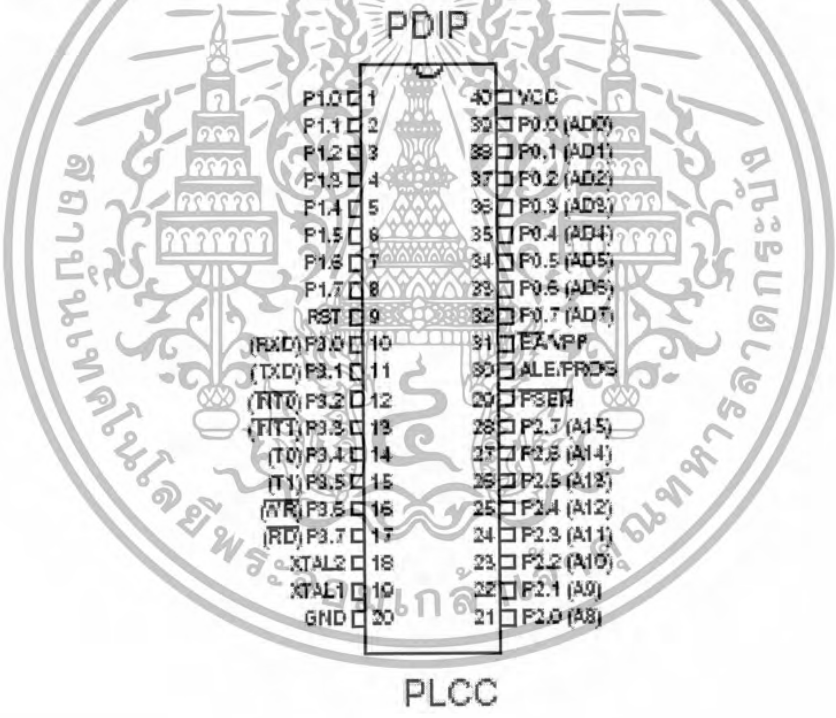
ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (SingleChip Microcontroller) คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียว เหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ แบบอัตโนมัติเพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ เบอร์ 8051 และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับบทนี้จะขอกล่าวถึง โครงสร้าง, สถาปัตยกรรม , รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register , SFR) ,การขัดจังหวะ , การรีเซ็ทและไดอะแกรมเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำของ MCS51 โดยใช้ 8051 เป็นตัวอย่างในการอธิบาย เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลนี้จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยท่านั้น ส่วนชุดคำสั่งของ MCS51 จะขอกล่าวไว้ในภาคผนวก

2.6.1โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย GATE ต่างๆ เช่น AND , OR , NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้ จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Intruction decorder) , วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.22 ไดอะแกรมของขา 8051

ไดอะแกรมในรูปที่ 2.22 เป็นโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือ CPU(Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่ สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม(Control Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่สร้างจากวงจรที่ควบคุมไดแก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมกาขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลอร์ เพื่อให้ทุกๆ ส่วน ในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ , คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ใน รีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล โดยมีหน่วยความจำแบ่งไว้เป็น 2 แบบตามลักษณะของการใช้งานคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ที่ต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณ ควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็น Non volatile ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงไปบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ในระหว่างการทำงานของ 8051 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้ ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH จำนวน 4 กิโลไบท์ นั้น ผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก 8051 (ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอื่นๆ เช่น 8052 จะมีขนาดของ ROM ส่วนนี้ไดถึง 8 กิโลไบท์ ตำแหน่ง 0000H ถึง 1FFFH) ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROMภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก High (1)เข้าที่ขา $\overline{EA}$ ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ก็ให้ต่อลอจิก Low(o) เข้าที่ขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memory Map)ในรูปที่ 3.3 Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน 8051 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031, 8051, และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการ แตกต่างกันที่

- 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ อยู่ภายใน ผู้ใช้ต้องการเลือกใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบท์

- 8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ อยู่ภายในถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ ต้องส่งโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ใน ROM ให้ตั้งแต่ในขั้นตอนการผลิตวงจรรวม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง ถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรกอยู่ภายนอก ก็สามารถทำได้โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอก แล้วต่อขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0

- 8751 จะมีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวม เอาไว้ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงไปใน EPROM ได้เอง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องโปรแกรม EPROM(EPROM Programmer)และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมที่อยู่ใน EPROM ได้โดยการล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ EPROM ออก ด้วยการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลตผ่านกระจกใสบนวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดในคู่มือเฉพาะ (Data sheet) ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้จะสะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพักเก็บข้อมูลแล้วเรียกมาใช้ใหม่ระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ในโปรแกรม Memory หน่วยความจำนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหายแต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะนี้ว่า ข้อมูลสูญหายไป หน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051 จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128 ไบท์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH (เบอร์ 8052 จะมี 256 ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00Hถึง FFH) และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่ภายนอกของวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536ไบท์ (64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH ดังแสดงในรูปที่ 3.3 หน่วยความจำเป็นแบบ Data Memory ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H ถึง FFH นั้นไม่ได้มีอยู่ทุกตำแหน่งจะมีเฉพาะในบางตำแหน่งซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function Register (SFR) เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำแบบ SFR นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเป็น RAM หรือวงจรนับ (Counter) วงจรตั้งเวลา (Timer) ก็ได้ ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256ไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำช่วงตำแหน่ง 80H ถึง FFH เป็น SFR ส่วนตำแหน่งอื่นที่เห็นเป็น RAM เหมือนหน่วยความจำช่วง 00H ถึง 7FH นั่นเอง

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังในไดอะแกรมรูปที่ 3.2 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท ได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0,Timer 1, Serial port การทำงานของแต่ละส่วนมีผลดังนี้

1. 4 I/O Port คำว่าพอร์ท หมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS - 51พอร์ทมีทั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะรับ – ส่งข้อมูลได้ 8 บิท มีพอร์ท PO, P1 , P2 และ P3 บางพอร์ทจะทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น พอร์ท P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ และพอร์ท PO จะใช้รับส่งข้อมูลเพื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับ โดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control) ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2. Timer 0 และ Timer 1เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นได้โดย CPU

3. Serial Port หรือ พอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิทออกจากขา TXD และการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

3.2 สถาปัตยกรรมของ 8051

ในรูปที่ 3.4 เป็นสถาปัตยกรรมภายในของ 8051 ซึ่งจะอธิบายส่วนย่อยๆ ของ 8051 เพียงชิพเดียว และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขา (Pin) ของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขารวมทั้งหมด 40 ขา นั้นจะใช้งานต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ระดับโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

Vss

ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวน์ (Ground)ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวน์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

Port 0

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิทอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิท 0 ถึงบิท 7 ตามลำดับดังในรูปที่ 3.5 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0 , Po.1 , ..., P0.7 นั้น P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant) และ P0.0 คือ บิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ – ส่ง ตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ทรับ – ส่ง ข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกที่พอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท ซึ่งสามารถสรุปการใช้งานของพอร์ท 0 ได้ดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่อได้คือ 64 กิโลไบท์ จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิทของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ 8 บิทล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะส่งออกไปทางพอร์ท 2

2. ใช้รับ – ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory

3. ใช้รับ – ส่งข้อมูลทางพอร์ทโดตรงกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data Memory

Port 1

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 3.5 คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Least Significant Bit และบิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 7 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Most Significant Bit พอร์ท 1 นี้จะใช้เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้แล้วส่งออกไปทางขา

Port 2

พอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา P2.0 ถึง P2.7 (บิท 0 ถึงบิท 7 ของพอร์ท 2) ในรูปที่ 3.5 พอร์ท 2 จะใช้งานได้ดังนี้

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิทบนของค่าตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

Port 3

คือขา P3.0 ถึง P3.7 หรือขา 10 – 17 ตามลำดับในรูปที่ 3.5 พอร์ทที่ 3 นี้แต่ละบิทสามารถจะใช้ในการทำงานเป็นพอร์ทรับ – ส่งข้อมูลหรือใช้ทำงานในฟังก์ชันอื่นๆ ได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงานดดยแต่ละบิทของพอร์ท 3 จะมีฟังก์ชันอื่นดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/ $\overline{INTO}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/ $\overline{INT1}$ ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/TO (Timer/Counter External Input)ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร

Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ ..... นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง

Timer/Counter1 ซึ่งมีการทำงานหมือนกับ TO

P3.6/ $\overline{WR}$ (External Data Memory Write Strobe)ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังภายนอก 8051

P3.7/ $\overline{RD}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

RST

ขารีเซ็ทขานี้จะใช้ทำการรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับขากราวน์ (Ground) ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้จะเป็นการทำงานของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เพื่อให้เกิดการรีเซ็ทเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power on reset เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทในรีจิสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิทตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น High อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซ็ท 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program Memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจิสเตอร์ PC(Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 0000H ดังนั้นผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALE

Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกา จากออสซิลเลเตอร์สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลา ยกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active (เป็นลอจิก1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ข้อมูลไว้เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้นซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะใช้รับ - ส่ง ข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable เป็นขาที่ 29 ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน 8051 แล้วสัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา $\overline{PSEN}$ นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

$\overline{EA}$

External Access ขา 31 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control ในรูปที่ 3.4 เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ $\overline{PSEN}$ ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ ขา $\overline{EA}$ นี้แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานถูกเก็บไว้ภายนอก 8051 จะต้องสร้างสัญญาณ $\overline{PSEN}$ ออกไปยังภายนอก เพื่อทำการ FETCH คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขา $\overline{EA}$ เป็น 1 หมายความว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บไว้ภายใน 8051 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆ จาก ROM ภายใน 8051

XTAL 1

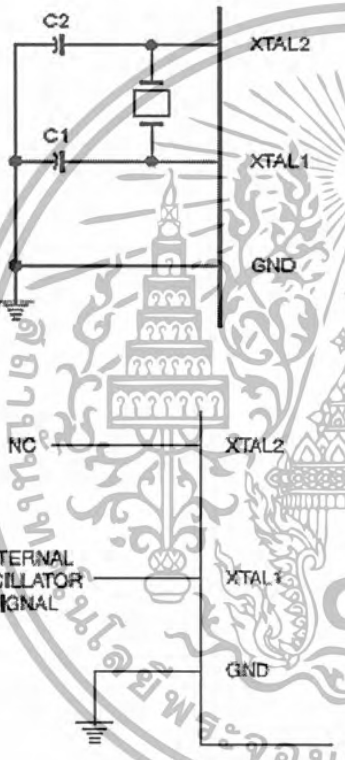
ขาที่ 19 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier(วงจรขยายแบบป้อนกลับเฟสสัญญาณ) ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 3.7 จะเห็นวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND Gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายกลับเฟสของสัญญาณที่จะควบคุมให้มีการออสซิลเลตหรือไม่ก็ขึ้นกับสัญญาณ PD ซึ่งมาจากบิท PD ของรีจิสเตอร์ PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock Signal) จากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้ แต่ถ้าต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในก็ให้ต่อ Crytal หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ คาปาซิเตอร์ในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 PF

XTAL 2

ขาที่ 18 ขานี้เป็นจุดเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (อินพุท คือขา XTAL 1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ลอยไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL 1 ดังรูปที่2.23



รูปที่ 2.23 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

รูปที่ 2.24 ทำงานโดยสัญญาณภายนอก

2.6.2 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register, SFR)

ใน 8051 จะใช้วิธีการกำหนดชื่อให้กับตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) ที่เรียกว่าการ Symbolize เช่น การให้ชื่อหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งในแต่ละ Bank ซึ่งอยู่ในช่วงหน่วยความจำตำแหน่ง 00H ถึง 1FH แล้วในคำสั่งจะอ้างอิงหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งโดยการใช้ชื่อ RO, R1, R2, R3, R4, R5, R6 และ R7 หน่วยความจำตำแหน่งเหล่านี้จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นรีจิสเตอร์ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บหรือพักข้อมูล หรือใช้สำหรับการกระทำบางอย่าง รีจิสเตอร์กลุ่มหนึ่งใน 8051 ที่เรียกว่า (Special Function Register, SFR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับงานเฉพาะคือข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บไว้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์เหล่านี้ ความหมายเฉพาะตัวของรีจิสเตอร์ที่แต่ละตำแหน่งของ SFR .อาจจะไม่ใช่เป็นหน่วยความจำ (RAM) แต่อาจเป็นตัวนับ (Count Register) , Shift Register หรือ Latch ซึ่งการอ้างอิงข้อมูลในแต่ละตำแหน่งนั้น 8051 จะถือเสมือนว่าเป็นหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่ง จึงเรียกการมองข้อมูลแต่ละตำแหน่งนี้ว่า Memory Map I/O รีจิสเตอร์ Symbol ทางซ้ายจะเป็นสัญลักษณ์ของรีจิสเตอร์ในช่องถัดมาคือชื่อของรีจิสเตอร์ตามสัญลักษณ์ที่อยู่ทางซ้าย ในช่องขวาสุดจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่แทนด้วยชื่อหรือสัญลักษณ์ทางซ้ายนั่นเอง การอ่านหรือเขียน ข้อมูลกับรีจิสเตอร์เหล่านี้ สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่งในกลุ่มการเคลื่อนย้ายข้อมูล และรีจิสเตอร์บางตัวในกลุ่มนี้ยังสามารถใช้คำสั่งในกลุ่ม Boolean Instruction เพื่อการทำงานกับแต่ละบิทในรีจิสเตอร์เหล่านี้ได้ รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย * อยู่ข้างหน้า จะสามารถใช้คำสั่ง Boolean Instruction
จัดการกับแต่ละบิทได้รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย + นำหน้าหมายความว่ารีจิสเตอร์นั้นจะมีเฉพาะใน 80C52 และ 83C154 เท่านั้นไม่มีใน 8051

ในช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆ จะเป็นตำแหน่งของบิทนั้นในแต่ละรีจิสเตอร์ เช่น ในช่องซ้ายสุดของรีจิสเตอร์ TCON มีค่า 8FH ซึ่งเป็นตำแหน่งบิท 7 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 88H

รีจิสเตอร์ในกลุ่ม Special Function Register มีดังนี้

1. Accumulator ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ OEOH

รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิท เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้มาก ซึ่งในรหัสคำสั่งช่วยจำจะอ้างอิงถึงรีจิสเตอร์นี้โดยใช้สัญลักษณ์ A เช่น MOV A , #15H คำสั่งที่อ่านหรือเก็บข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกจะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้เท่านั้น เช่น MOVX @RO , A หรือ MOVX A,@RO เป็นต้น และข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์นี้ก็สามารถที่จะให้โปรแกรมตรวจสอบเพื่อกระโดดการทำงานไปยังตำแหน่งอื่นได้ เช่น JZ rel

2. B Register ตำแหน่งหน่วยความจำเท่ากับ OFOH

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทที่ใช้ คำสั่งในการคูณ (MUL AB) และคำสั่งการหาร (DIV AB) เท่านั้น โดยรีจิสเตอร์ B นี้จะเก็บตัวคูณและผลลัพธ์บิท 8 ถึง 15 ในคำสั่งการคูณ ส่วนในคำสั่งการหารนั้นรีจิสเตอร์ B จะเก็บตัวหารและผลการหาร การเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์นี้จะต้องใช้สั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลไปยังตำแหน่ง OFOH เช่น MOV OFOH, 25H จะเป็นการกำหนดค่า 25H ให้กับรีจิสเตอร์ B

3. Program Status Word ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ ODOH เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท แต่ละบิทของ PSW จะสามารถกำหนดให้เป็น 1 หรือ 0 ได้ด้วยคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SETB หรือ CLR ตามลำดับ ค่าตำแหน่งบิท 0 ถึงบิท 7 ของรีจิสเตอร์ PSW เท่ากับ D0H ถึง D7H

4. Stack Pointer ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท รีจิสเตอร์นี้จะใช้ตำแหน่งหน่วยความจำภายใน 8051 ที่ใช้เก็บตำแหน่ง (Adderess) เดิมของโปรแกรมก่อนทำงานคำสั่ง CALL หรือตำแหน่งที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยคำสั่ง PUSH และตำแหน่งที่จะอ่านข้อมูลออกมาในคำสั่ง POP เมื่อทำการรีเซ็ท 8051 โดยการป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขา RST ของ 8051 จะทำให้ข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้มีค่าเป็น
07H หมายความว่า รีจิสเตอร์ SP ชี้หน่วยความจำภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 07H ค่าของ SP จะเปลี่ยนแปลงไปโดยการใช้คำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล หรือการทำงานของคำสั่ง PUSH , POP, CALL

5. Data Pointer Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82H และ 83H

รีจิสเตอร์ DPTR มีขนาด 16 บิท หน้าที่ของรีจิสเตอร์นี้ก็คือ ใช้สำหรับชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำ DPTR นี้สามารถใช้อ้างอิงตำแหน่งหน่วยความจำได้สูงสุด 60 × 1024 ตำแหน่ง เช่นคำสั่ง MOVX A, @DPTR หรือใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่ต้องการกระโดดข้ามไปทำงาน เช่น คำสั่ง JMP @A + DPTR รีจิสเตอร์ DPTR นี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท 2 ตัวคือ DPH ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 83H และ DPL ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 82H ในหน่วยความจำภายในสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลในรีจีสเตอร DPTR จึงทำได้ทีละ 16 บิท เช้นคำสั่ง MOV DPTR,#data16 หรือจัดการทีละ 8 บิทโดยการแก้ไขข้อมูลใน DPH หรือ DPLด้วยคำสั่ง MOV 83H,#data 8 หรือ MOV 82H,#data8

6.Port 0ถึง 3 ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80H,90H,0A0H,0B0H Special Function Register ชื่อ P0,P1,P2 และ P3 เป็นรีจิสเตอรขนาด 8 บิท ของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H,90H,0A0H และ 0BOH ตามลำดับ การเขียนข้อมูลลงไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้นๆ ของ 8051 ข้อมูลที่เขียนออกไปจะถูก Latch ค้างไว้ และปรากฏที่แต่ละบิทของพอร์ท ในการอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์แต่ละตัวนั้นเป็นการอ่านสภาวะลอจิกของสัญญาณ ที่ปรากฏอยู่ที่แต่ละขาของพอร์ทนั้น การอ่านข้อมูลแต่ละพอร์ทจะต้องเขียนข้อมูล 11111111B ไปไว้ที่พอร์ทนั้นๆ เสียก่อน ทุกบิทของพอร์ท 0 ถึง 3 จะสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ยใช้คำสั่ง SETB bit และ CRL bit

7.Serial Data Buffer ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 99H รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิทและมีตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 เท่ากับ 99H โครงสร้างภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วรีจิสเตอร์นี้มี 2 ตัวที่มีชื่อเดียวกัน ตัวหนึ่งสำหับเก็บข้อมูลที่จะส่งแบบอนุกรมออกจาก 8051 และอีกตัวหนึ่งสำหรับเก็บข้อมูลแบบอนุกรมที่เข้ามาดังนั้น Serial Port ของ 8051 จึงเรียกว่ามีการทำงานแบบ Full Duplex เพราะสามารถส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันเนื่องจากมีรีจิสเตอร์และรับแยกออกจากกัน ข้อมูลที่ต้องการจะส่งออกให้เขียนไปยังรีจิสเตอร์ SBUF แล้วสั่งงานให้ส่งข้อมูลออกมา ข้อมูลในรีจิสเตอร์จะเริ่มส่งออกโดยเริ่มจากบิท 0 ถึงบิท 7 ตามลำดับ ถ้ามีข้อมูลเข้ามาทางขวาขา RXD ก็จัดเก็บไว้ในรีจิสเตอร์นี้โดยถือว่าข้อมูลบิทแรกที่เข้ามาคือบิท 0

8. SCON (Serial Port Control Register)ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 98H รีจิสเตอร์ SCON มีขนาด 8 บิท มีขนาด 8 บิท ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งและข้อมูลผ่านทาง Serial Port แต่ละบิทของข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้มีความหมายเฉพาะรูปดังรูปที่ 3.11 ซึ่งมีบิท RI เป็นชื่อของบิท 0 และ เป็นบิทที่ 7 ของรีจิสเตอร์ SCON

9.Timer Register THO,TLO,TH1,TL1 ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 8CH8,8AH,8DH,8BH

ใน8051 จะมีวงจร Timer อยู่ 2 ชุดคือ Timer 0และ Timer 1(8052 จะมีTimer 2 อีก1 ชุด)ใน Timer แต่ละชุดจะมี Register อยู่ 2ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16บิท ในTimer 0 รีจิสเตอร์นี้คือ THO,TLO และใน Timer 1คือ Register TH1,TLX(X หมายถึง 0 หรือ 1) จะเก็บค่าของการนับ 8 บิทลงล่าง และ THX จะเก็บค่าของารนับ 8 บิทบน ผู้ใช้จะสามารถเลือกให้วงจร Timner ทำงานในโหมด Timer หรือโหมด Counter ได้โดยการกำหนดในรีจิสเตอร์ชื่อ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer นั้นจะให้รีจิสเตอร์ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิล(Cycle)ของสัญญาณนาฬิกาที่ผ่านวงจรหาร 12 เมื่อการนับถึงค่าสูงสุดที่รีจิสเตอร์ TLx และ THx จะเก็บได้คือค่า FFFH แล้วยังนับต่อไป ค่าที่ได้จากการนับจะเป็น 0000 ทำให้เกิดการ Set บิทบางบิทในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อบอกสภาวะ Timer Overflow นี้ในวงจร Timer ทำงานเป็น Counter ก็คือการใช้รีจิสเตอร์ THx และ TLx ที่ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1 ของ 8051 สัญญาณเข้ามาทางงขา T0 หรือ T1 อาจจะมาจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ก็ได้ แต่สภาวะของสัญญาณนี้จะต้องมีระดับโวลเตจไม่เกิน 0.6 โวลต์และลอจิก 1 ต้องมีโวลเตจมากกว่า2.4 โวลต์

10. TMOD Timer/Counter Mode Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 89H

TMXD เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Timer 0 และ Timer 1 แต่ละบิทในรีจอสเตอร์นี้มีความหมายเฉพาะ

ในรูปที่ 3.12 MO เป็นชื่อของบิท 0 และ GATE ทางซ้ายสุดเป็นชื่อของบิท 7 รีจิสเตอร์นี้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2ชุด ชุดละ 4 บิท คือบิท 0-3 ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer 0 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท 4-7 ใช้ควบคุมการทำงานของ Timer1 หน้าที่ในการควบคุม Timer ของแต่ละบิทที่มีชื่อเดียวกันจะเหมือนกัน

11.TCON Timer Control Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 088H

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทนี้ใช้ควบคุมการทำงานและบอกสภาวะของ Timer 0 และ Timer 1 TO เป็นชื่อของบิท 0 และ TF เป็นชื่อของบิท 7 โดย 4 บิทแรกจะเกี่ยวข้องกับการขัดจังหวะ (Interrupt) ส่วน4บิทหลังนั้นจะเกี่ยวข้องกับโหมดการทำงานของ Timer

ในขณะที่ Timer ทำงานในโหมดของ Timer นั้น รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวนับจะมีค่าเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆ 1ไซเคิลของเครื่อง ซึ่งเท่ากับ 12 คาบ ของสัญญาณขากออกซิลเลเตอร์ ในกรณี Timer ทำงานเป็น Counter เพื่อนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขวา T0 หรือ T1 รีจิสเตอร์จะเพิมค่าเข้าไป 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณที่ขาดังกล่าวจาก 1 เป็น 0 โดยวงจรภายใน 8051 จะตรวจสอบสถานะของสัญญาณดังกล่าวในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ในทุกๆ 1 ไซเคิลของเครื่องเช่น ในเวลา S5P2 ครั้งหนึ่งพบว่าสัญญาณที่ขา T0 มีสภาวะลอจิกเป็น 1 และในเวลา S5P2 ของไซเคิลของเครื่องถัดมาพบว่าสัญญาณที่ขา T0 มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ก็จะทำให้ค่าในรีจิสเตอร์ตัวนับเพิ่มค่าไป 1 แต่ละไซเคิลของเครื่องจะเท่ากับ 12 ไซเคิล ของสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นสัญญาณที่นับได้จะต้องเป็น 1 อย่างน้อยให้ถูกจับได้ใน 1 ไซเคิล ของเครื่องและเป็น 0 อย่างน้อยก็ต้องให้ถูกตรวจจับได้ใน 1 ไซเคิลของเครื่องเช่นกัน ทำให้ความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ขา T0 หรือ T1 ที่นับได้ต้องไม่เกิน 1/24เท่าของสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์

2.6.3 IE Interrupt Enable Register ตำแหน่งของหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0A8H

การขัดจังหวะการทำงาน (Interrupt) เป็นการที่มีสัญญาณหนึ่งหรือคำสั่งหนึ่งที่(ไม่ใช่คำสั่ง CALL หรือ JMP) จะทำให้การทำงานปกติของโปรแกรมถูกขัดจังหวะแล้วข้ามไปทำงานยังตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดที่กำหนดไว้ เมื่อทำงานในโปรแกรมขัดจังหวะเสร็จสิ้นก็จะกลับมาทำงานในโปรแกรมที่ตำแหน่งก่อนจะไปทำงานยังตำแหน่งขัดจังหวะ โปรแกรมที่ถูกกระโดดไปทำงานเรียกว่า โปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ใน8051 จะสามารถขัดจังหวะด้วยสัญญาณจาก 6 แหล่งดังรูป 3.14 ถ้าเป็น 8052 หรือ 83154 จะสามารถขัดจังหวะด้วยสัญญาณจาก 8 แหล่งคือ สัญญาณในชุดล่างของรูป จะสามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะได้ 2 วิธีคือ มีข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมเก็บอยู่ที่รีจิสเตอร์ SBUF และกรณีข้อมูล SBUF ส่งออกไปทางพอร์ตอนุกรมหมดแล้ว ไม่ว่าเกิดกรณีใดๆก็ทำให้การขัดจังหวะเกิดขึ้น สัญญาณภายนอกที่เข้ามายัง 8051 ทางขา INTO และ INT1 จะสามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะการทำงาน 8051 ได้ (สัญญาณที่ 1 และ 3 ในรูปที่ 3.14)โดยสภาวะของสัญญาณนั้นเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 1 เป็น 0 หรือเมื่อสัญญาณนั้นเป็น 0 แล้วแต่การกำหนดในบิท IT0 และ IT1 ของรีจิสเตอร์ TCON จะทำให้บิท IE0 กับ IE1 เป็นตัวสร้างสัญญาณการขัดจังหวะต่อไป

จาก Timer 0 และ Timer 1 เมื่อค่าการนับในแต่ละโมดถึงค้าสูงสุดในโหมดนั้น แล้วเมื่อทำการนับต่อไปค่ากี่นับต่อไปจะเป็น 0 (หรืออาจเป็นค่าที่ Relode จาก THx ในโมด2) และทำให้บิต TF0,TF1 เป็น1 ซึ่งสัญญาณ 2 บิทนี้จะสามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะได้เช่นกันดัง เช่นการขัดจังหวะที่ 2 และ 4

แหล่งกำเนิดสัญญาณทั้ง 6 ที่สามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะได้ 5 แบบนี้ ผู้ใช้สามารถกำหนดให้สัญญาณใดบ้างเกิดการขัดจังหวะเรียกว่า Disable โดยกำหนดในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ซึ่งมี 8 บิท แต่ละบิทสามารถ Enable ให้จังหวะได้จากสัญญาณ ถ้าต้องการ Enable บิทใดก็ให้โปรแกรมกำหนดค่าบิทนั้นเป็น 1 ถ้าค่าในบิทนั้นเป็น 0 หมายถึง Disable การ Disable จะทำให้ไม่มีการขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรมเนื่องจากสัญญาณของการขัดจังหวะนั้นๆ EX0 เป็นชื่อบิท 0 และ EA เป็นชื่อของ บิท 7 โดย X (บิท6) จะๆไม่มีการใช้งาน การกำหนดให้บิทใดๆ Enable หรือ Disable นั้นจะเป็นไปโดยอิสระไม่ขึ้นแก่กันจึงสามารถกำหนดให้บิทใดหรือมากกว่า 1 บิท Enable ก็ได้ ดังนั้น 8051จึงไม่มีรีจิสเตอร์อีกตัวที่ใช้เลือกว่า ถ้ามีสัญญาณของการขัดจังหวะโปรแกรมเข้ามาพร้อมกันมากกว่า 1 แล้วจะทำโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะอันใดก่อนรีจิสเตอร์นั้นคือ IP Interrupt Priority Register

13. IP Interrupt Priory Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ OB8H

ในการตอบสนองต่อสัญญาณขัดจังหวะของ 8051 นั้น ถ้าสัญญาณขัดจังหวะทั้งหมดเข้ามาพร้อมกัน 8051 จะต้องเลือกทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ โดยการตรวจสอบสัญญาณเรียงตามลำดับ ซึ่งเรียกว่าการ Polling สัญญาณขัดจังหวะหนึ่งจะถูกตรวจสอบแล้วสัญญาณอื่นๆจะถูกตรวจสอบต่อมา ถ้าสัญญาณนั้นขอขัดจังหวะ 8051 จะสร้างคำสั่ง CALL เป็นพิเศษขึ้นมาเพื่อไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณนั้น เมื่อเสร็จสิ้นแล้วก็จะกลับเข้ามาทำงานในโปรแกรมเดิมก่อนการขัดจังหวะทั้งหมดทำให้เสมือนว่าสัญญาณแต่ละสัญญาณมีลำดับความสำคัญไม่เท่ากันตามหลัก สัญญาณขัดจังหวะจะมีลำดับความสำคัญดังนี้โดยเรียงจากลำดับความสำคัญสูงสุดถึงต่ำสุด

1.IE0

2.TF0

3.IE1

4.TF1

5.RI+TI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการใช้งานบางครั้ง จำเป็นต้องให้สัญญาณใดสัญญาณหนึ่งมีลำดับความสำคัญสูงสุด (Highest Priority) เพื่อจะทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะได้ก่อนการขัดจังหวะก่อนสัญญาณอื่น จะสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของการขัดจังหวะได้ใหม่โดยการกำหนดข้อมูลในบทของรีจิสเตอร์ IP(Interrupt Priority Register) ตามค่าตำแหน่งของแต่ละบิท

14. PCON (Power Control Register) ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 87H 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี ทั้งแบบ CMMOS และ HMOS ซึ่งแบบ CMMOS มีข้อดีตรงที่ใช้กำลังไปต่ำกว่าแบบ HMOS ดังนั้นต่อไปในอนาคตจึงมีเฉพาะรุ่น CMOS เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว 8051 ยังมีข้อดีตรงที่สามารถลดการใช้กำลังไปลงได้โดยการทำงานใน Idle Mode และ Power Down Mode ใน Idle Mode นั้นสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์จะป้อนให้เฉพาะส่วน Interrupt ,Serial Port และ Timer ในส่วนอื่นจะไม่มีสัญญาณนาฬิกาไปเลี้ยงแต่จะมีไฟเลี้ยงให้กับทุกส่วนในวงจร การใช้กำลังไฟจึงลดมากส่วนใน Power Down Mode นั้นออสซิลเลเตอร์จะหยุดทำงานทำให้ไม่สัญญาณนาฬิกาไปเลี้ยงส่วนใดๆในวงจรเลย แต่ข้อมูลภายในรีจิสเตอร์จะยังคงอยู่ไม่สูญหายไป การสั่งงานให้ 8051 ทำงานในโหมดของ Idle หรือ Power Down จะสามารถทำได้โดยใช้กำหนดค่าในรีจิสเตอร์ PCON(Power Control Register)

ถ้าต้องการให้สัญญาณใดๆ มีความสำคัญสูงก็ให้กำหนดบิทนั้นในรีจีสเตอร์ IP เป็น 1 สวิตซ์ที่ 3 จะเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่งบน ถ้าไม่ต้องการก็กำหนดให้บิทนั้นเป็น 0 บิทใดเป็น 1 เรียกว่าเรียกว่าสัญญาณนั้นอยู่ในกลุ่มลำดับความสำคัญสูง และบิทใดเป็น 0 เรียกว่าสัญญาณนั้นอยู่ในกลุ่มลำดับความสำคัญต่ำ ถ้าในกลุ่มลำดับความสำคัญสูงมีเพียง 1 สัญญาณ ก็จะรียกว่าสัญญาณนั้นมีลำดับความสำคัญสูงสุดในกลุ่มลำดับความสำคัญเดียวกัน ก็จะมีการจัดลำดับความสำคัญเฉพาะกลุ่มโดยวิธี Polling เหมือนเดิม เช่น กรณีที่มีการกำหนดในบิทของรีจีสเตอร์ IP ให้มีความสำคัญสูงหรือต่ำเหมือนกัน แล้วเกิดมีความต้องการขอขัดจังหวะจากสัญญาณนั้นๆมาพร้อมๆกัน 8051 ก็จะทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะรียงตามลำดับความสำคัญ 5 ลำดับที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในขณะที่ 8051 กำลังทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะที่มีความลำดับสำคัญต่ำอยู่ ถ้ามีสัญญาณขัดจังหวะที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าเกิดขึ้นการทำงานของโปรแกรมก็จะกระโดดไปทำงานในตำแหน่งโปรแกรมตอบสนองขัดจังหวะของสัญญาณที่มีลำดับความสำคัญสูง เสร็จแล้วจึงกลับมาทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะลำดับความสำคัญต่ำต่อไป

14. PCON (Power control Register) ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 87 H 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี ทั้งแบบ CHMOS และ HMOS มีข้อดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ HMOS ดังนั้นต่อไปในอนาคตจึงจะมีเฉพาะรุ่น CHOMS เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว 8051 ยังมีข้อดีตรงที่สามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าลงได้โดยการทำงานใน Idle Mode และ Power Down Mode นั้นสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์จะป้อนให้เฉพาะส่วน Interrupt , Serial Port และ Timer ในส่วนอื่นจะไม่มีสัญญาณนาฬิกาไปเลี้ยงให้กับทุกส่วนในวงจร การใช้กำลังไฟฟ้าจึงลดลงมากส่วนใน Power Down Mode นั้น ออสซิลเลเตอร์จะหยุดทำงาน ทำให้ไม่มีสัญญาณไปเลี้ยงส่วนใดๆ ในวงจรเลย แต่ข้อมูลภายในรีจีสเตอร์จะยังคงอยู่ไม่สูญหายไป การสั่งงานให้ 8051 ทำงานในโหมดของ Idle หรือ Power Down จะสามารถทำได้โดยใช้กำหนดค่าในรีจีสเตอร์ PCON (Power Control Register)

2.6.4 การขัดจังหวะ (Interrupt)

การขัดจังหวะคือสภาวะที่คอมพิวเตอร์กำลังทำงานอยู่แล้วถูกขัดจังหวะด้วยสัญญาณหรือคำสั่งพิเศษที่ทำให้คอมพิวเตอร์ต้องละจากงานที่กำลังทำอยู่ ไปทำงานในโปรแกรมตอบสนอง การขัดจังหวะนั้นเมื่อเสร็จแล้วก็จะกลับมาทำงานต่อไปได้ ใน 8051 จะสามารถขัดจังหวะการทำงานได้ 6 แหล่งคือ

1. INTO , INT1 เป็น 2 ขาของ 8051 ที่จะรับสัญญาณจากภายนอกการขัดจังหวะจะเกิดขึ้นที่ขาดังกล่าวมีสภาวะลอจิกเป็น 0 หรือเปลี่ยน จาก 1 เป็น 0 โดยเลือกด้วยการกำหนดในบิท ITO หรือ IY1 ในรีจีสเตอร์ TCON

2. TF0 , TF1 เป็นบิทหนึ่งที่จะบอกการทำงานของ Timer 0 , timer 1 เมื่อเกิด Overflow ขึ้นใน Timer จะทำให้บิทนี้เป็น 1 และเกิดการขัดจังหวะการทำงานของ 8051 ได้

3. TI , RI เป็น 2 บิท ในรีจีสเตอร์ SCON ถ้าบิทนี้ถูกเซ็ทให้เป็น 1 โดยฮาร์ดแวร์อันเนื่องจากเสร็จสิ้นการส่งหรือรับข้อมูลจะสามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะได้

8051 จะทำการอ่านสัญญาณจากทั้ง 6 แหล่งที่เวลา S5P2 ของทุกๆไซเคิลของเครื่องเข้าเก็บและในช่วงของไซเคิลของเครื่องถัดไปก็จะตรวจสอบสถานะของสัญญาณทั้ง 6 ที่เก็บเข้ามา ถ้าสัญญาณนั้นมีการขัดจังหวะที่ถูกต้อง 8051 ก็จะละทิ้งการทำงานเดิมไว้ชั่วคราว แล้วสร้างคำสั่ง LCALL ขึ้นมาภายใน 8051 เพื่อไปทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะแต่ละสัญญาณนั้น เมื่อทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะเสร็จสิ้นก็จะสามารถกลับมาทำงานเดิมได้ โดยใช้คำสั่ง RETI เป็นคำสั่งสุดท้ายในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะจากแต่ละแหล่งจะมีตำแหน่งหน่วยความจำที่จะเก็บโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะไว้ต่างกันดังนี้

สัญญาณที่ขอขัดจังหวะ	ตำแหน่งเริ่มต้นโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ
1	TNTO 0003H
2	TFO 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	INT1	0013H
4	TF1	001BH
5	TI , RI	0023H

เมื่อ 8051 ทำการตรวจสอบสัญญาณการขอขัดจังหวะ ที่เก็บมาเมื่อเวลา S5P2 แล พบว่ามีการขอขัดจังหวะนั้น แม้ว่าจะมี Enable ในรีจีสเตอร์ IE ถูกต้อง แต่จะต้องมีเงื่อนไขดังนี้ด้วย

1. ไม่ได้กำลังทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณขัดจังหวะซึ่งมีลำดับความสำคัญสูงกว่าหรือเท่ากัน เช่น กำลังทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณ INTO อยู่แล้วมีการขอขัดจังหวะจากสัญญาณ INT1 อีก จะไม่เกิดการทิ้งงานเดิมคือไม่มีการไปทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณ INT1

2. เนื่องจากการสุ่มสัญญาณเข้าไปเพื่อตรวจสอบนั้นจะทำที่เวลา S5P2 ของในไซเคิลสุดท้ายของคำสั่ง และคำสั่งที่อยู่ถัดมาจะต้องใช้เวลาในการทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่อง ดังนั้นในการตรวจสอบจะกระทำในไซเคิลแรก แม้ว่าจะมีการขอขัดจังหวะเข้ามาก็จะไม่ทำโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ จะต้องอ่านสัญญาณที่เวลา S5P2 อีกครั้งแล้วไปตรวจสอบที่ไซเคิลที่ 2 ของคำสั่งถ้ามีการขอขัดจังหวะถูกต้องจึงจะข้ามไปทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ

3. คำสั่งที่กำลังทำงานอยู่ขณะที่ตรวจสอบสัญญาณขอขัดจังหวะ จะต้องไม่ใช่คำสั่ง RET หรือคำสั่งใดๆ ก็ตามที่พยายามเขียนข้อมูลไปยังรีจีสเตอร์ IE หรือ IP สัญญาณของขัดจังหวะที่ถูกอ่านเข้าไปที่เวลา S5P2 นี้ไม่ว่าได้รับการตอบสนองหรือไม่ก็จะถูกทิ้งไป แล้วอ่านเข้าไปใหม่ทุกเวลา S5P2

เมื่อป้อนสัญญาณที่สภาวะลอจิก 1 เข้ามาไปทางขา RST จะไม่ได้เกิดการรีเซ็ทขึ้นทันทีทันใด แต่ลำดับการเกิดการรีเซ็ทจะแสดงได้ดังไดอะแกรมเวลาในรูป

การรีเซ็ทสภาวะลอจิกของสัญญาณที่ขา RST จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลา S5P2 เฟส 2 state 5 ของวงทุกๆไซเคิลเครื่อง ในกรณีที่เป็นคำสั่งซึ่งมีการทำงานเสร็จสิ้นใน 2 ไซเคิลของเครื่องก็จะตรวจสอบเฉพาะสัญญาณที่อ่านเข้ามาในไซเคิลที่ 2 ของการทำงาน ดังนั้นการรีเซ็ทจะต้องไปป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้เป็นเวลา 2 ไซเคิลของเครื่องมือหรือ 24 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051 เพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณรีเซ็ทจะถูกอ่านเข้าไปตรวจสอบและทำงาน ขณะที่ทำการรีเซ็ท 8051 ออสซิลเลเตอร์จึงจะต้องทำงานอยู่ด้วยเมื่อ 8051 สุ่มข้อมูลที่ขา RST แล้วตรวจพบว่าเป็นสภาวะลอจิก 1 ก็จะสร้างสัญญาณรีเซ็ทขึ้นภายในที่เวลา S4P2 ของไซเคิลเครื่องถัดไป ข้อมูลที่แต่ละพอร์ทส่งออกมาจะยังคงปรากฏที่พอร์ท จนกว่าจะเกิดการรีเซ็ทขึ้น ซึ่งต้องใช้เวลา 19 ไซเคิลของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากออสซิลเลเตอร์นับตั้งแต่เวลา S5P2 ในไซเคิลของเครื่องที่พบสัญญาณรีเซ็ท ในระหว่างเวลา 19 ไซเคิลนี้ยังจะมีการ Fetch คำสั่งเข้าไปทำงานได้อยู่

สภาวะของสัญญาณลอจิกที่ขา RST จะอ่านเข้าไปตรวจสอบที่เวลา S5P2 ของทุกไซเคิลของเครื่อง ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณที่ขา RST จะมีลอจิกเป็น 1 มาก่อนก็จะยังไม่เกิดการตรวจสอบสัญญาณรีเซ็ทดังในรูปที่ 3.20 สัญญาณที่ขา RST อาจเป็น 1 มาตั้งแต่ State ที่ 6 ก้จะไม่เกิดอะไรขึ้นจนกระทั่ง 1 ไซเคิลของออสซิลเลเตอร์ต่อมา ซึ่งเป็นเวลา S5P2 จึงจะเกิดการตรวจสอบสัญญาณที่ขา RST ถ้าคำสั่งนั้นมีการทำงานมากกว่า 1 ไซเคิลของเครื่อง 8051 ก็จะต้องทำงานในคำสั่งนั้นให้เสร็จสิ้นเสียก่อนจึงจะเริ่มการรีเซ็ทได้ โดย 8051 จะดูสภาวะสัญญาณที่ขา RST ของ S5P2 ในไซเคิลของเครื่องสุดท้ายเท่านั้น ดังนั้นใน S5P2 ของไซเคิลเครื่องแรกๆ ในคำสั่งอาจมีสภาวะลอจิกที่ขา RST เป็น 1 แต่ S5P2 ของไซเคิลของเครื่องสุดท้ายมีสภาวะลอจิกที่ขา RST เป็น 0 ก็จะมาเกิดการรีเซ็ทขึ้น

ที่เวลา S5P2 เมื่อตรวจสอบสภาวะที่ขา RST แล้วพบว่าเป็น 1 จะต้องรอไปจนถึงเวลา S4P2 ของไซเคิลเครื่องถัดไป จึงจะทำให้สัญญาณภายในรีเซ็ทนั้นเปลี่ยนสภาวะลอจิกที่ 0 เป็น 1 ในระหว่างเวลา S5P2 ที่ตรวจพบสัญญาณ RST มีลอจิกเป็น 1 จนถึง S4P2 ของไซเคิลของเครื่องถัดไปจะยังคงมีการ Fetch คำสั่งที่เข้าไปทำงานอีก 2 คำสั่ง เมื่อสัญญาณรีเซ็ทเปลี่ยนเป็น 1 ก็จะเริ่มการรีเซ็ท โดยการเขียนข้อมูล 0 ลงไปถึง Special Function Register ทุกตัวยกเว้นพอร์ท 0 ถึง พอร์ท 3 Stack Pointer และรีจีสเตอร์ SBUF ดังตารางในรูป 3.6 ระหว่างนี้ข้อมูลใน RAM ภายใน 8051 จะไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูล ในระหว่างการเขียนข้อมูลลงไปยัง SFR นั้นจะยังมีการ Fetch คำสั่งเข้ามาทำงานอีก 1 คำสั่ง จนกว่าจะถึง S3P1 ของไซเคิลเครื่องที่ 2 (นับตั้งแต่ไซเคิลของเครื่องที่ตรวจพบลอจิกที่ขา RST) ก็จะทำให้สภาวะลอจิกขา ALE และ PSEN ค้างอยู่ที่สภาวะลอจิก 1 และจะเป็นอย่างนี้ต่อไปจนกว่าสภาวะลอจิกที่ขา RST เป็น 0 เวลานับตั้งแต่พบสัญญาณลอจิก 1 ที่ขา RST ที่เวลา S5P2 จนถึงเวลาที่ ALE และ PSEN ค้างอยู่ที่ 1 จะเท่ากับ 19 ไซเคิล ของออสซิลเลเตอร์ เมื่อสัญญาณที่ขา RST ถูกเปลี่ยนกลับเป็นลอจิก 0 8051 จะรออีก 1 ถึง 2 ไซเคิลของเครื่อง สัญญาณ ALE และ PSEN จะเริ่มเปลี่ยนแปลงเพื่อเริ่มกระบวนการ Fetch คำสั่งเข้าไปทำงานเริ่มจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมตำแหน่ง 0000H

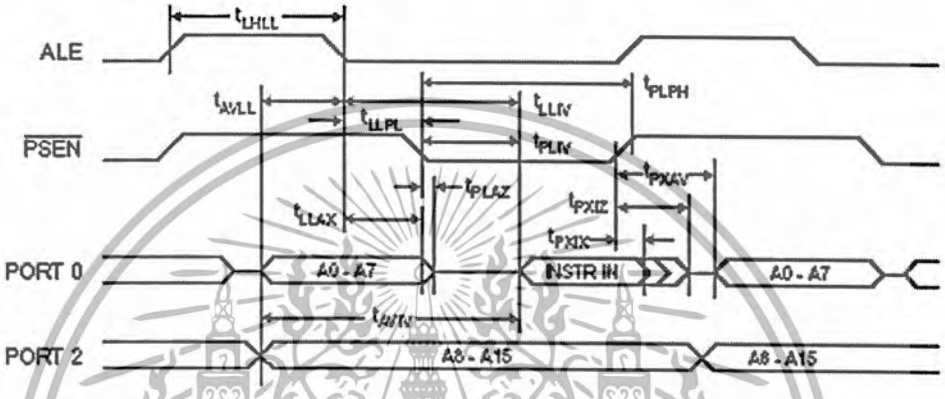
2.6.5 ไดอะแกรมเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำ

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051

จากรูปที่ 2.25 จะเป็นลำดับสัญญาณตามเวลา (Timing Diagram) ของสัญญาณที่ทำการอ่านคำสั่ง โดยการอ่านคำสั่ง (Fetch)จากโปรแกรม Area ภายนอกจะเริ่มจาก 8051 ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณลอจิก 1 ออกมาทางขา ALE ขณะที่สัญญาณที่ขา PSEN จะเป็น 1 จากนั้นพอร์ท 0จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่าง และพอร์ท 2 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทบนออกมาแล้วสัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์จะสามารถใช้ขอบขาลงของสัญญาณ



รูปที่ 2.25 ไดอะแกรมของการอานโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก

ALE เพื่อ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำที่พอร์ท 0 ไว้ จากนั้นพอร์ท 0ก็จะยกเลิกการส่งค่าตำแหน่งหน่วยจำเข้าสู่ High Impedance และสัญญาณ PSEN จะเป็น 0 เพื่อเตรียมรับคำสั่งออก จากหน่วยความจำภายนอกเข้าไปยัง 8051 เพื่อทำงานต่อไป เมื่อคำสั่งถูกอ่านเข้าไปเก็บใน Instruction Register แล้วสัญญาณ PSEN จะกลับเป็น 1 พร้อมกับสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น High เพื่อการอ่านคำสั่งต่อไปทำงาน ข้อมูลในพอร์ท 2 จะคงที่ตลอดเวลาตั้งแต่สัญญาณ ALE เป็น 1 จนกระทั่งสัญญาณ ALE เปลี่ยนเป็น 0 และจะกลับเป็น 1 อีกครั้งหนึ่งจากนั้นจะเริ่มลำดับการ Fetch ไบท์แรกนั่นเอง

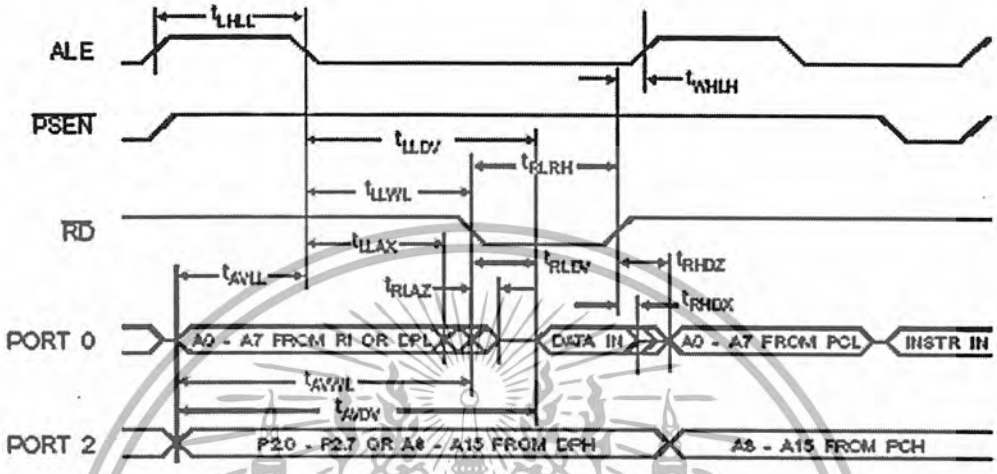
2. การอ่าน – เขียนข้อมูลกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

การอ่าน – เขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายใน 8051 นั้นจะมีสัญญาณสร้างมาจากส่วน Timing and Control โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจ แต่การอ่าน – เขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายนอกอันเนื่องมาจากคำสั่ง MOVX นั้น เมื่อคำสั่งดังกล่าวถูกอ่านเข้ามายัง Instruction Register แล้ว Timing and Control จะทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมนี้

- การอ่านข้อมูลจาก External Data Memory จะมีไดอะแกรมสัญญาณตามเวลาดังรูปที่ 2.26 การทำงานจะเริ่มจากการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8 บิทล่างออกทางพอร์ท 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 8 บิทนอกออกทางพอร์ท 2 เมื่อส่งค่าตำแหน่งแล้วสัญญาณ ALE ซึ่งเดิมมีลอจิกเป็น 1 จะกลับมาเป็น 0 เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำไว้เหมือนการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 เพื่อส่งไปยังหน่วยความจำ



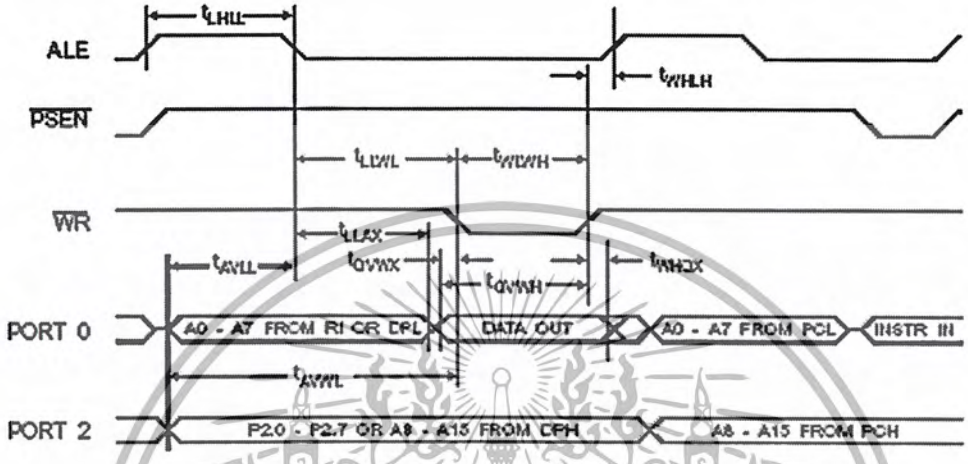
รูปที่ 2.26 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

แม้ว่าข้อมูลบนพอร์ท 0 จะเปลี่ยนแปลงไปก็จะยังมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำส่งไปยังหน่วยความจำ ในระหว่างการติดต่อกับ Data Memory นี้สัญญาณ PSEN จะเป็น 1 ตลอด เพราะสัญญาณ PSEN จะ Active (เป็น 0) ก็ต่อเมื่อเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 เท่านั้น 8051 จะส่งสัญญาณออกมาทางขา RD (P3.7) เพื่อบอกความจำกับหน่วยภายนอกว่าต้องการอ่านข้อมูลเข้าไป เมื่อ 8051 ส่งสัญญาณ RD เป็นลอจิก 0 จะทำให้พอร์ท 0 เข้าสู่สถานะ High Impedance พร้อมที่จะให้หน่วยความจำภายนอกส่งข้อมูลมาพอร์ท 0 ข้อมูลบนพอร์ท 0 ซึ่งส่งมาจากหน่วยความจำภายนอกจะถูกอ่านเข้าไปเก็บที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ RD จากนั้นสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น 1 เพื่อเริ่มทำงานคำสั่งต่อไป ในระหว่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกนี้พอร์ท 2 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทบนออกมาตลอดเวลา

- การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 มีไดอะแกรมสัญญาณตามเวลาดังรูปที่ 2.27 เมื่อ 8051 ส่งค่าหน่วยความจำ 8 บิทล่างไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนลงไปทางพอร์ท 2 แล้วสัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์ภายนอกจะสามารถใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนพอร์ท 0 เหมือนกับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก เมื่อสัญญาณ ALE เป็น 0 แล้วจะให้สัญญาณ WR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนสภาวะลอจิกเป็น 0 ขณะนี้หน่วยความจำภายนอกจะต้องเขียนข้อมูลไปยังตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นสัญญาณ WR จะกลับเป็น 1 เพื่อเป็นการบอกสิ้นสุดการเขียนข้อมูลแล้ว สัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น 1 เพื่อ Fetch คำสั่งต่อไปมาทำงาน

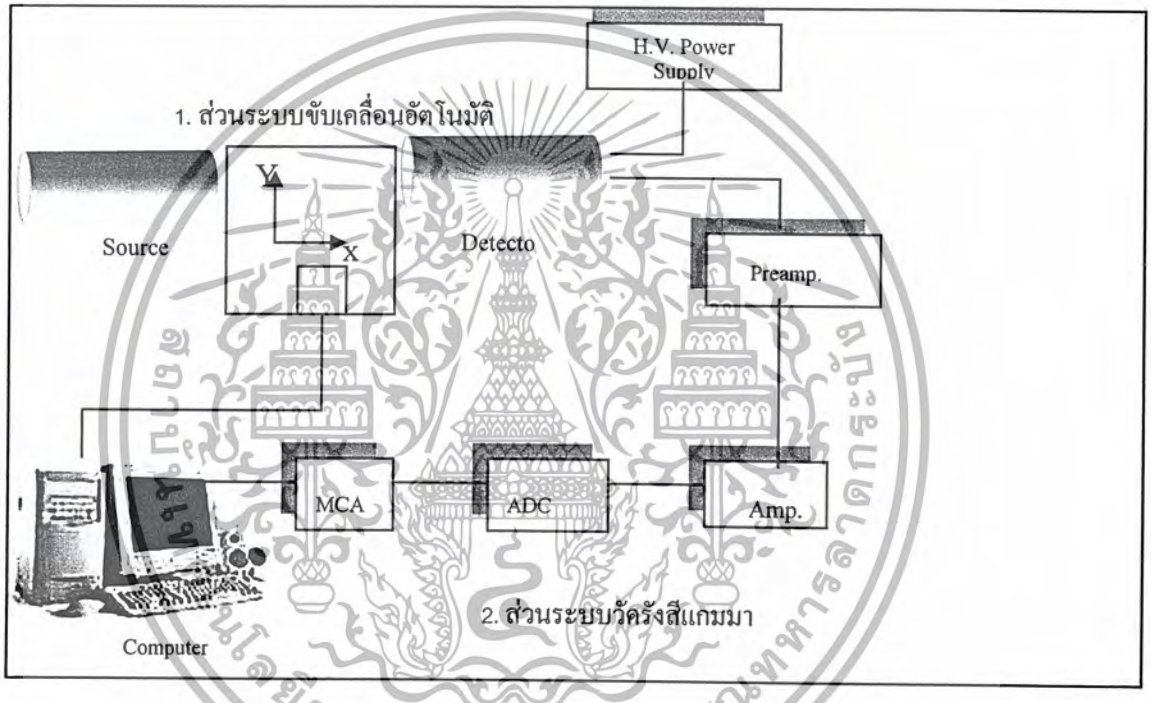


รูปที่ 2.27 ไดอะแกรมเวลาการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในโครงงานนี้มีผังการดำเนินการทดลองตามรูปที่ 3.1 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน คือหมายเลข 1 เป็นส่วนควบคุมระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน และ หมายเลข 2 เป็นส่วนระบบวัดรังสีแกมมา ซึ่งเราจะมุ่งเน้นในการพัฒนาส่วนควบคุมระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติเป็นหลัก



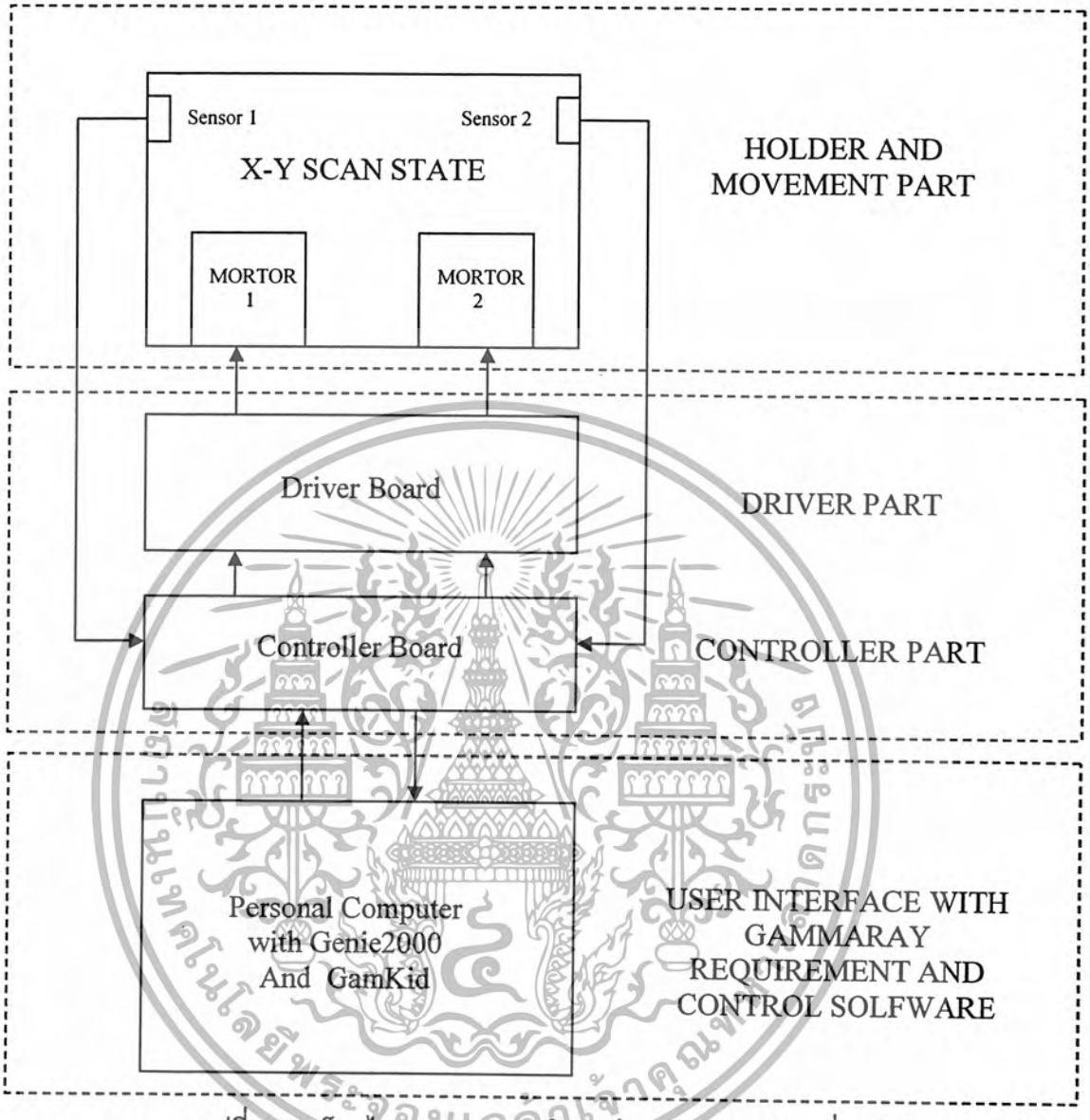
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการจัดเครื่องมือสำหรับการตรวจหาโพรงหรือรอยร้าวในวัสดุ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ **ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์** กับ ส่วนที่เป็นโปรแกรม และในแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วยส่วนย่อย ๆ ซึ่งสามารถอธิบายประกอบภาพไดอะแกรมได้ดังนี้

3.1 ส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่ (Holder and Movement Part)

เป็นส่วนที่มีความสำคัญส่วนหนึ่งของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติเนื่องจากเป็นส่วนที่บ่งชี้ถึงขีดความสามารถในการเลื่อนตำแหน่ง ความคงทนแข็งแรงในการยึดชิ้นงาน ความเสถียรภาพของข้อมูล ความละเอียดต่อจุดในการสแกน ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการออกแบบให้ส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่นั้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและเหมาะสมกับงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ

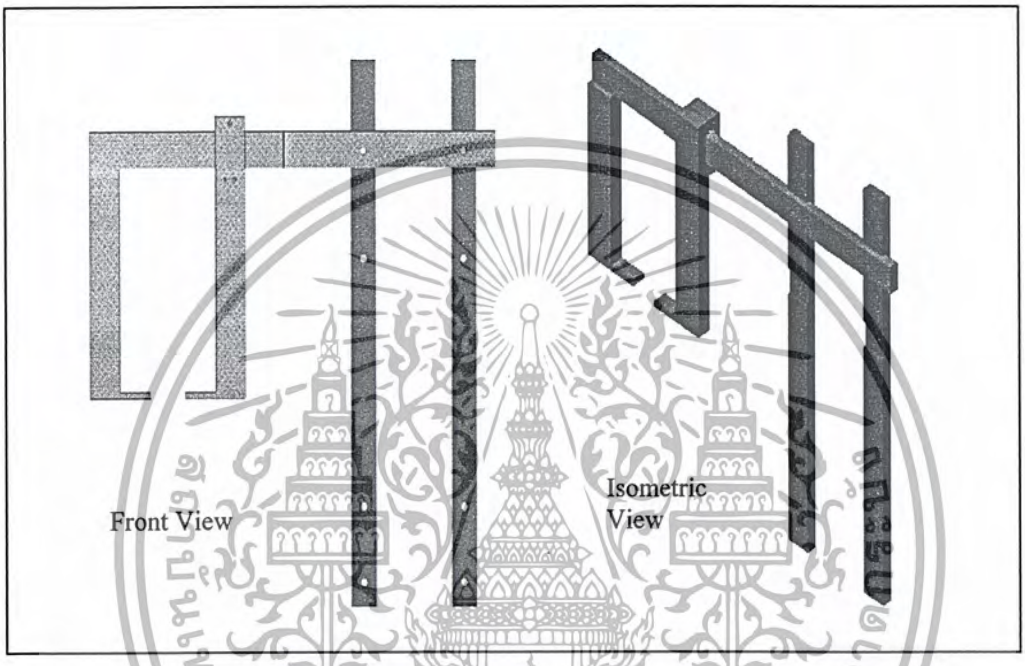
ในขั้นตอนการสร้างส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่สามารถบ่างออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนยึดชิ้นงาน (Holder)
- ส่วนแท่นสแกน (x-y scan)
- ส่วนฐานยึดแท่นสแกน (State of x-y Scan)

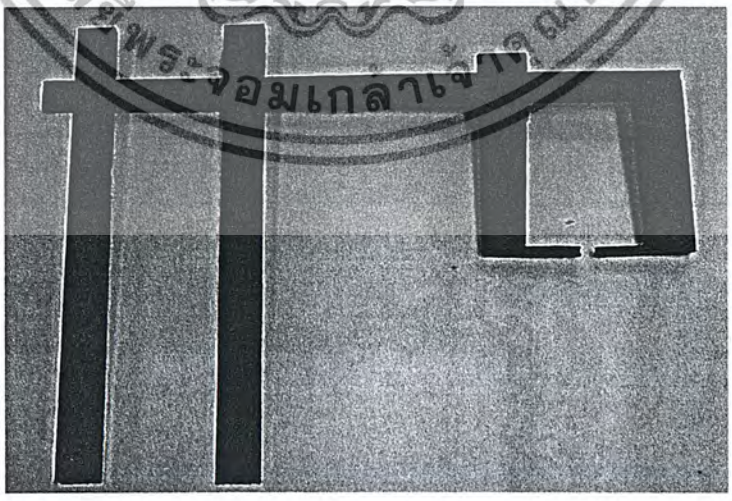
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1ส่วนยึดชิ้นงาน

ในการสร้างส่วนยึดชิ้นงานสำหรับการสแกนโดยใช้รังสีแกมมานั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ปริมาณรังสีที่ผ่านชิ้นงานกับส่วนยึดนั้นต้องให้ชิ้นงานกับส่วนยึดชิ้นงานต้องเป็นวัสดุที่แตกต่างกัน ในการดูดกลืนรังสีแกมมา ในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้ส่วนยึดสร้างขึ้นจาก พลาสติกชนิดแข็ง สามารถปรับความสูงได้ 2 ระดับ



รูปที่ 3.3 ภาพโครงสร้างของส่วนยึดชิ้นงาน

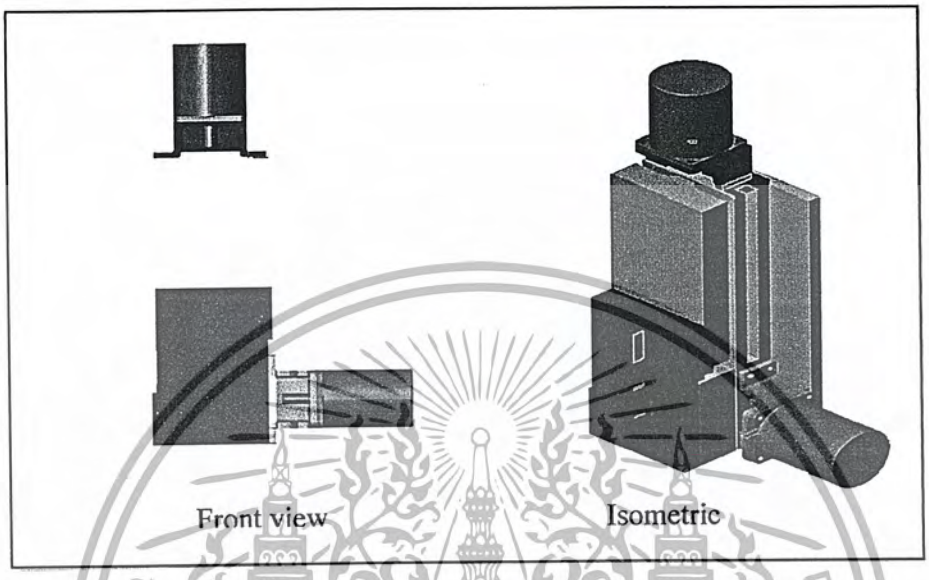


รูปที่ 3.4 ภาพจริงของส่วนยึดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 **ส่วนแท่นสแกน** (x-y Scan)

แท่นสแกนมีพิสัยการเลื่อน 60 mm x 60 mm ทำด้วยเหล็กทั้งหมด มีเฟืองทดรอบการหมุนมีระยะต่อรอบ 5 mm ยึดติดด้วยเต็ปปิ้งมอเตอร์ ขนาด 5.4 โวลต์ 1.5 แอมแปร์ มีระยะการหมุนต่อสเต็ป 1.8 องศา



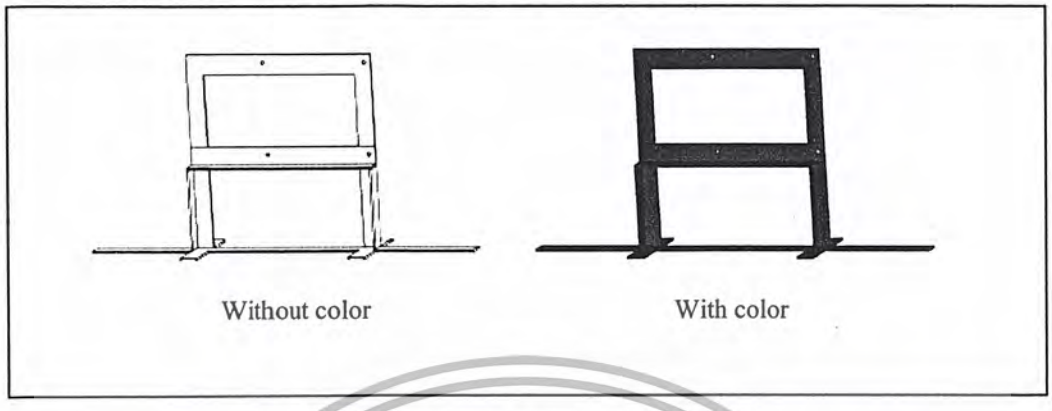
รูปที่ 3.5 โครงสร้างของแท่นสแกน

รูปที่ 3.6 แท่นสแกน

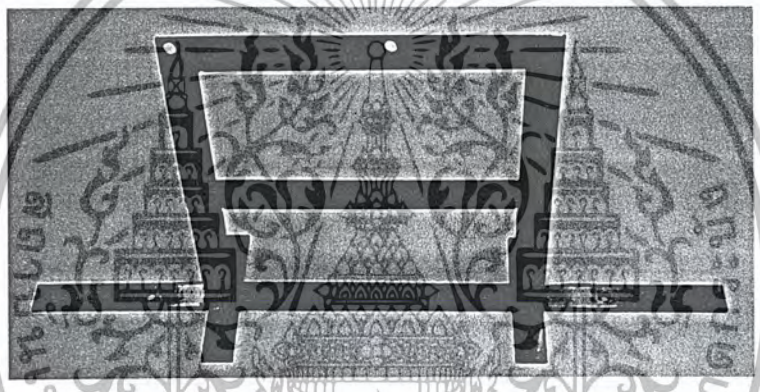
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนฐานยึดแท่นสแกน

ทำด้วยเหล็กแผ่นและเหล็กฉากหน้ากว้าง 30 mm หนา 3 mm



รูปที่ 3.7 รูปโครงสร้างของฐานยึดแท่นสแกน

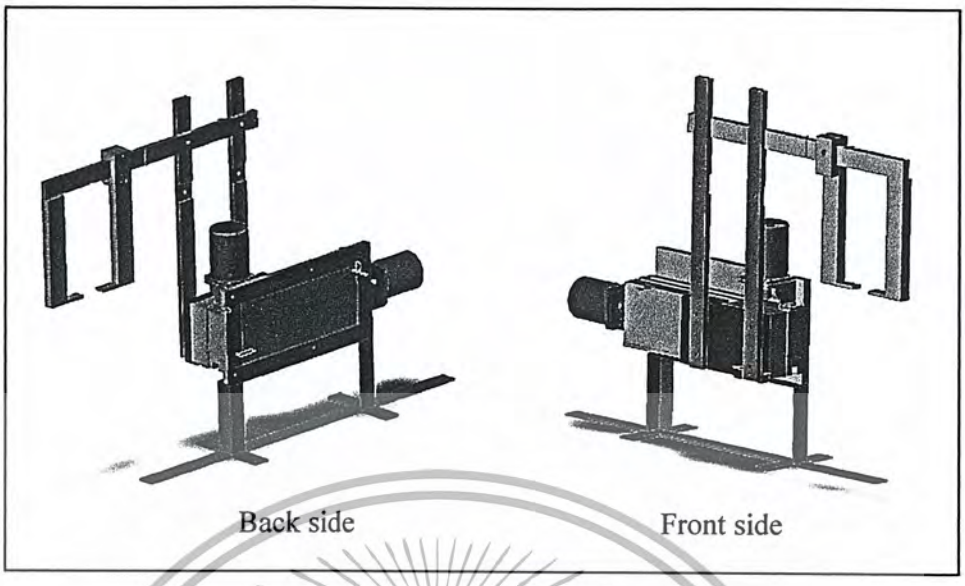


รูปที่ 3.8 ฐานยึดแท่นสแกน

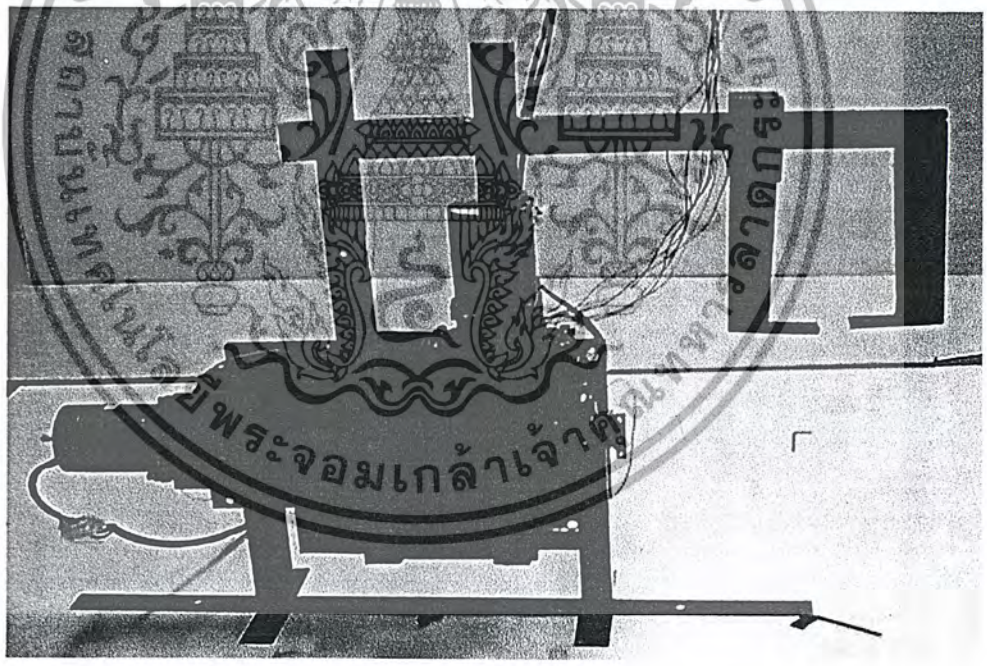
3.2 ส่วนขับเคลื่อนแท่นสแกน (Driver Part)

ส่วนขับเคลื่อนแท่นสแกนมีหน้าที่จ่ายไฟให้กับขดลวดของเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยจะมีผลโดยตรงกับแรงบิดของเต็ปปิ้งมอเตอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้มอเตอร์ที่รับกระแสไฟฟ้าสูงถึง 1.5 แอมแปร์ ดังนั้นการออกแบบวงจรขับ(Driver Circuit) จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทนต่อกระแสไฟฟ้าในระดับเดียวกัน จากวงจรในรูปที่ 3.5 นั้นจะมีทรานซิสเตอร์เบอร์ MJE9255 ซึ่งมีระดับการทนกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 10 แอมแปร์ และนอกจากนี้ในการออกแบบวงจรขับ นั้นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของวงจรจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากการไหลย้อนกลับไปกลับมาของกระแสผ่านขดลวดเหนี่ยวนำภายในเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถแก้ปัญหานี้โดยการต่อไดโอดที่จะเป็นทั้งถ่ายโอนประจุสะสมกลับออกไปจากขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์และจำกัดกระแสไหลย้อนกลับมาทำลายวงจรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



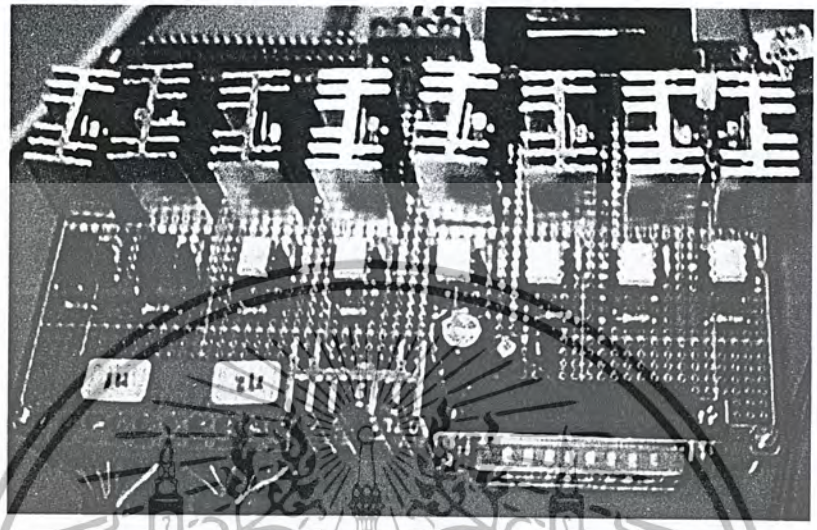
รูปที่ 3.9 รูปโครงสร้างของส่วนยึดชิ้นงานและส่วนเคลื่อนที่เมื่อประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.10ชุดยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

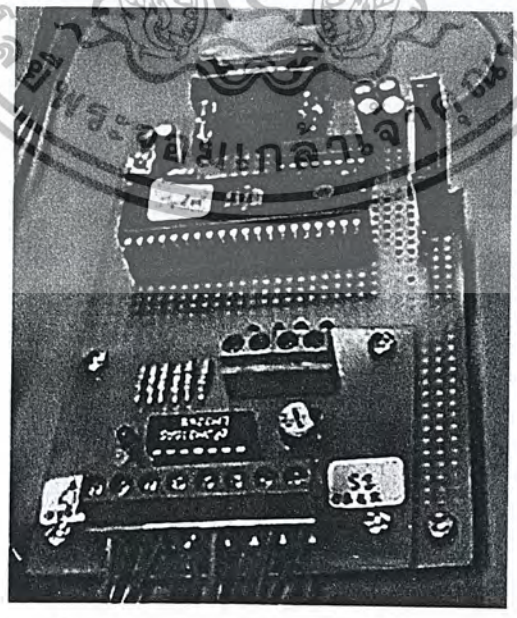
แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้เลี้ยงวงจรมีอำนาจจ่ายกระแสไฟฟ้า 5/3 แอมแปร์ และ ให้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ และ 12 โวลต์



รูปที่ 3.11วงจรขับ (Driving Board) ส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่

3.3 ส่วนควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Controller Part)

ส่วนควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนที่สำคัญและเริ่มมีความซับซ้อนในการทำงานเพราะในส่วนนี้จะความสามารถในการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับจากผู้ใช้งานไปควบคุมแท่นสแกนให้มีการทำงานในรูปแบบต่าง ๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือ MCS-51



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมส่วนยึดชิ้นงานและเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4ส่วนโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งาน

(USER INTERFACE WITH GAMMARAY REQUIREMENT AND CONTROL SOLFWAR)

ส่วนนี้มีบทบาทในด้านการอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ นอกจากจะมีประโยชน์ในด้านการใช้งานที่ง่าย สะดวกแล้ว ยังมีส่วนให้ความรื่นรมย์กับผู้ใช้ด้วยเมื่อมีการออกแบบรูปลักษณ์สิ่งแวดล้อมของโปรแกรมให้มีความน่าสนใจ ในโครงงานพิเศษนี้ก็ได้พัฒนาโปรแกรมจาก Delphi เวอร์ชัน 7 ผนวกกับการใช้ภาษาแอสเซมบลีและภาษาซีเขียนติดต่อกับฮาร์ดแวร์ รวมทั้งชุด(package)เรียกว่าโปรแกรม GamKid NPRL version 1.0 และส่วนที่เป็นระบบนับรังสีแกมมาจะควบคุมโดยโปรแกรม Ginee2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน x (M 2 ทำงาน) full step

ระยะทาง(มิลลิเมตร) →	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8
ระยะทาง(มิลลิเมตร) ←	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.12	2.12	2.12	2.12	5.3

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน Y (M1 ทำงาน) full step

ระยะทาง(มิลลิเมตร) ↑	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8
ระยะทาง(มิลลิเมตร) ↓	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน x (M 2 ทำงาน) half step

ระยะทาง(มิลลิเมตร) →	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8
ระยะทาง(มิลลิเมตร) ←	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.12	2.12	2.12	2.12	5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 บันทึกผลการเลื่อนชิ้นงานในแกน Y (M1 ทำงาน) half step

ระยะทาง(มิลลิเมตร) ↑	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8
ระยะทาง(มิลลิเมตร) ↓	ระยะที่เคลื่อนที่จริง(มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
	1	2	3	4	
2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการสร้างระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยมีจุดประสงค์ใช้เป็นส่วนเลื่อนชิ้นงานขณะที่มีการผ่านรังสีแกมมาเพื่อวิเคราะห์หาโพรงภายในชิ้นงาน ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติได้ถูกควบคุมด้วยโปรแกรม GamKid NPRL version 1.0 ซึ่งพัฒนาจากภาษา Delphi และจัดทำเป็น Package สามารถนำไปติดตั้งระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติเข้ากับคอมพิวเตอร์ทั่วๆไปเพื่อประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ นอกจากนี้คุณสมบัติของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัตินี้ยังมีความแม่นยำในการเลื่อนชิ้นงานสูงมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 5 % ที่ระยะต่อสเต็ป 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่โปรแกรม GamKid NPRL verion 1.0 ควบคุมให้เป็นระยะที่น้อยที่สุดในการเลื่อนชิ้นงาน

ข้อเสนอแนะ

1) ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสามารถพัฒนาให้มีความละเอียดได้มากว่านี้เมื่อมีการเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมตามต้องการโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรแกรม

2). ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสามารถนำไปประยุกต์กับงานที่ต้องการเลื่อนชิ้นงานได้หลากหลายโดยการออกแบบชุดจัดชิ้นงาน(Holder) ให้เหมาะสมกับงาน

3). โปรแกรม GamKid NPRL version 1.0 สามารถพัฒนาให้มีการรับค่า Count ของรังสีแกมมาขณะที่มีการเลื่อนได้ระยะที่ต้องการแล้ว เพื่อทำการประมวลผลการสแกนชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

CANBERRA COMPANY, 1997. **Germanium detector user 's manual** ,User-manual ,48. USA

Glenn F.Knoll " Radiation detection and measurement" John Wiley & Sons New York, 1989

แก้วใจ มีเทียน. 2545. **การตรวจหารอยร้าวในเหล็กโดยใช้รังสีแกมมา**. วิทยานิพนธ์**ปริญญา**วิทยาศาสตรมหมาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรรณิการ์ กำจายกิตติกุล . 2536 . **เครื่องนับรังสีควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์,** โครงงานพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศา**สตร์** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธวัช ชิตตระการ. 2541. **การตรวจ และ การวัดรังสี** 3.กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิ**ทยาลัย**

นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ .2545. **วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์** (Nuclear Science) 4, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//   ******PROGRAM  GAMAKID REQUIREMENT NPRL VERSION 1.0*************
//                    *******CREATED MAR. 16 2005**********

#include<8051io.h>
#include<8051reg.h>
#include<8051bit.h>

register char command,i,j,flag1r,flag1l,flag2r,flag2l,flags,flagc;
main()
{ command=i=j=flag1r=flag1l=flag2r=flag2l=flags=flagc=0;
  INT_SER();
  flagc=0x01;
  P2=0xFF;
  P1=0xFF;
  check_cal();
  while(1)
  {
    get_command();
    setdirect();
    get_command();
    setdirect();
    check_cal();
    right();
    left();
    down();
    up();
  }
}
check_cal()                    // set check cal
{   if(flagc==0x01)
   {
    motoryzcal();
    motorycal();
    motorzcal();
   asm
   {
      MOV   A,#'C'
      JNB   SCON.1,$
      CLR   SCON.1
      MOV   SBUF,A

   } }
   flagc=~0x01;
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
motoryzcal()                    // set yz zero
{

 while(!(P3^~0xC0))
  {
    get_command();
    setdirect();
    motor2_r();
  }
   P2=0xFF;

}

motorycal()                     // set y zero
{
 while(!(P3^~0x40))             // sensor  RED
  {  get_command();
     setdirect();
     motor2_r();
  }
  P2=0xFF;

}


motorzcal()                     // motor1 left
{
 while(!(P3^~0x80))             // sensor GREEN
   { get_command();
     setdirect();
     motor1_l();
   }
    P1=0xFF;

 }

 get_command()                  //check flag for direction
 {
  command=chkch();
 }
 setdirect()
 {
  if(command=='r')              //check flag for up
    {
     flag1r=0x01;
     flag1l=~0x01;
     flag2r=~0x01;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  flag2l=~0x01;
  flags=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
if(command=='l')              //check flag for down
 {
  flag1l=0x01;
  flag1r=~0x01;
  flag2r=~0x01;
  flag2l=~0x01;
  flags=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
 if(command=='f')             //check flag for left
 {
  flag2r=0x01;
  flag2l=~0x01;
  flag1r=~0x01;
  flag1l=~0x01;
  flags=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
 if(command=='b')             //check flag for right
 {
  flag2l=0x01;
  flag2r=~0x01;
  flag1r=~0x01;
  flag1l=~0x01;
  flags=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
 if(command=='s')             //check flag for stop
 {
  flag1r=~0x01;
  flag1l=~0x01;
  flag2r=~0x01;
  flag2l=~0x01;
  flags=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
 if(command=='S')             //check flag for stop
 {
  flags=0x01;
  flag1r=~0x01;
  flag1l=~0x01;
  flag2r=~0x01;
  flag2l=~0x01;
  flagc=~0x01;
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(command=='c')          //check flag for cal
{
 flagc=0x01;
 flag1r=~0x01;
 flag1l=~0x01;
 flag2r=~0x01;
 flag2l=~0x01;
 flags=~0x01;
 }
}

right()                   //move right
{ if(flag2l==0x01)
  {
   get_command();
   setdirect();
   motor2_l();
  }
  P2=0xFF;
}

left()                    //move left
{ if(flag2r==0x01)
 {get_command();
  setdirect();
  motor2_r();
 }
 P2=0xFF;
}

down()                    // move down
{
 if(flag1l==0x01)
 {
   get_command();
   setdirect();
   motor1_l();
 }
  P1=0xFF;
}

up()                      // move up
{ if(flag1r==0x01)
  { get_command();
    setdirect();
    motor1_r();
  }
  P1=0xFF;
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INT_SER()                    // initial serial port
{
 asm
  {
     MOV   SCON,#01010000b
     mov   PCON,#0
     orl   TMOD,#20h
     mov   TH1,#0FDH
     SETB  TCON.6
     SETB  SCON.1
     SETB  SCON.4
     mov   P1,#0
     mov   P2,#0
  }
}

CIN()                        // get asci via serial from gamkidwindow
{
 asm
  {
     JNB   SCON.0,$
     CLR   SCON.0
     MOV   A,SBUF
  }
}

COUT()                       // send asci via serial to gamkidwindow
{
 asm
  {
     JNB   SCON.1,$
     CLR   SCON.1
     MOV   SBUF,A
  }
 }


 motor2_r()                  //motor2 clock right
 {
  asm
  {

 moto2r   MOV   DPTR,#rr2
          MOV   A,R0
          MOVC  A,@A+DPTR
          MOV   P2,A
          INC   R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL LAY2
        DJNZ  R1,moto2r
        MOV   R0,#0
        MOV   R1,#4
        MOV   A,#'F'
        JNB   SCON.1,$
        CLR   SCON.1
        MOV   SBUF,A
LAY2    MOV   R2,#0AH
DELAYZ12 MOV  R3,#010H
DELAYZ22 MOV  R4,#10H
        DJNZ  R4,$
        DJNZ  R3,DELAYZ22
        DJNZ  R2,DELAYZ12
        RET

rr2: DB 01H,02H,04H,08H
  } //asm
  P2=0xFF;
}  // motor2r


motor1_l()              // motor1  clock left
{
 asm
 {

moto2l   MOV  DPTR,#ll2
        MOV   A,R0
        MOVC  A,@A+DPTR
        MOV   P1,A
        INC   R0
        LCALL  DELAYY2
        DJNZ  R1,moto2l
        mov   R0,#0
        MOV   R1,#4
        MOV   A,#'L'
        JNB   SCON.1,$
        CLR   SCON.1
        MOV   SBUF,A
 DELAYY2  MOV  R2,#0AH
 DELAYY12 MOV  R3,#010H
 DELAYY22 MOV  R4,#10H
         DJNZ  R4,$
         DJNZ  R3,DELAYY22
         DJNZ  R2,DELAYY12
        RET
 ll2:  DB 08H,04H,02H,01H
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 P1=0xFF;
}

motor1_r()                  //motor1 clock right
{
 asm
 {

moto1r  MOV  DPTR,#rr1
        MOV  A,R0
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV  P1,A
        INC  R0
        LCALL LAY1
        DJNZ R1,moto1r
        MOV  R0,#0
        MOV  R1,#4
        MOV  A,#'R'
        JNB  SCON.1,$
        CLR  SCON.1
        MOV  SBUF,A
LAY1    MOV  R2,#0AH
DELAYZ11 MOV  R3,#010H
DELAYZ21 MOV  R4,#10H
        DJNZ R4,$
        DJNZ R3,DELAYZ21
        DJNZ R2,DELAYZ11
        RET

rr1: DB 01H,02H,04H,08H
  }
 P1=0xFF;
}

motor2_l()                  //motor2 clock left
{
 asm
 {

 moto1l  MOV  DPTR,#ll1
        MOV  A,R0
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV  P2,A
        INC  R0
        LCALL DELAYY1
        DJNZ R1,moto1l
        mov  R0,#0
        MOV  R1,#4
        MOV  A,#'B'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

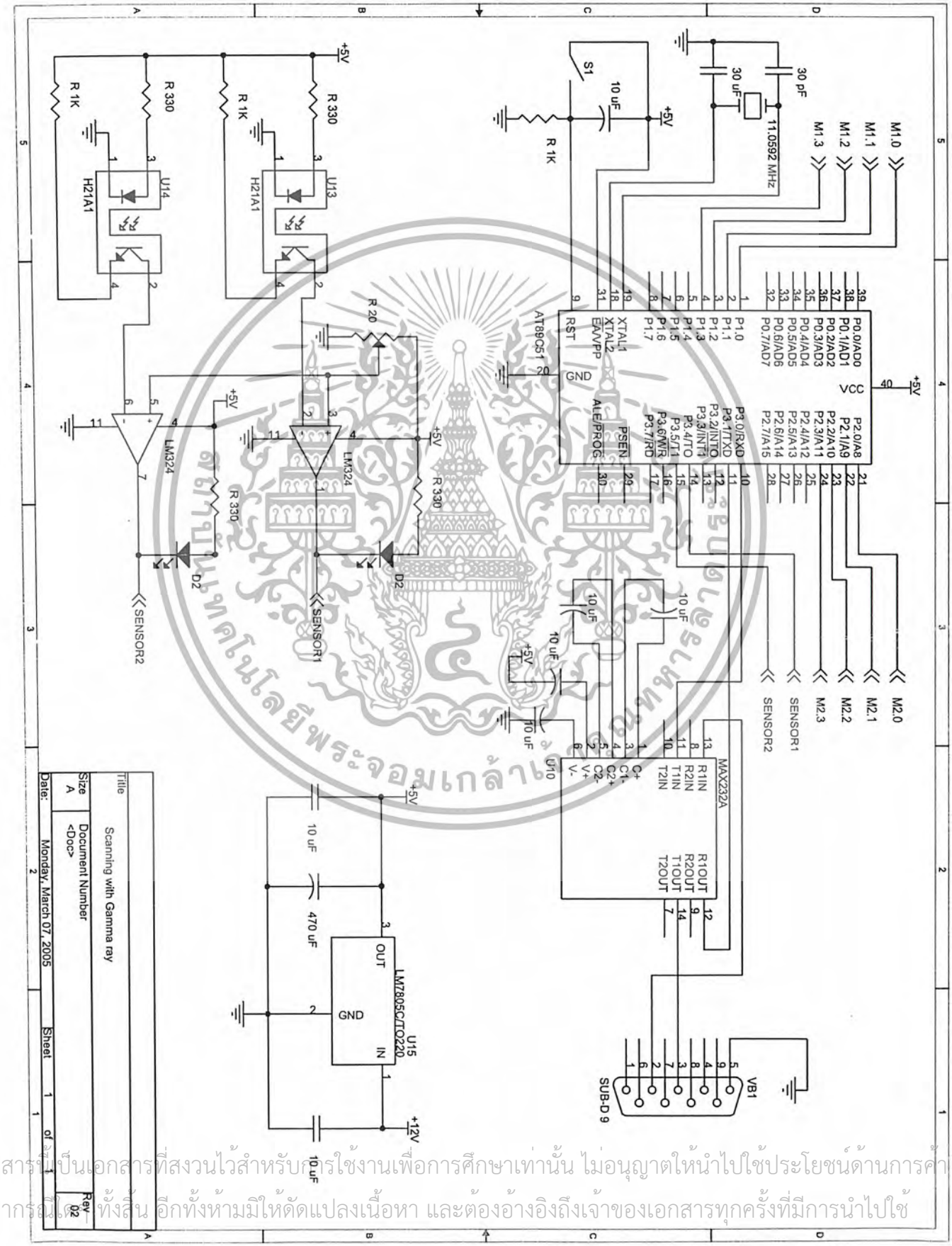
```
      JNB  SCON.1,$
      CLR  SCON.1
      MOV  SBUF,A
DELAYY1  MOV  R2,#0AH
DELAYY11 MOV  R3,#010H
DELAYY21 MOV  R4,#10H
      DJNZ R4,$
      DJNZ R3,DELAYY21
      DJNZ R2,DELAYY11
      RET
ll1:  DB 08H,04H,02H,01H
 }
 P2=0xFF;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

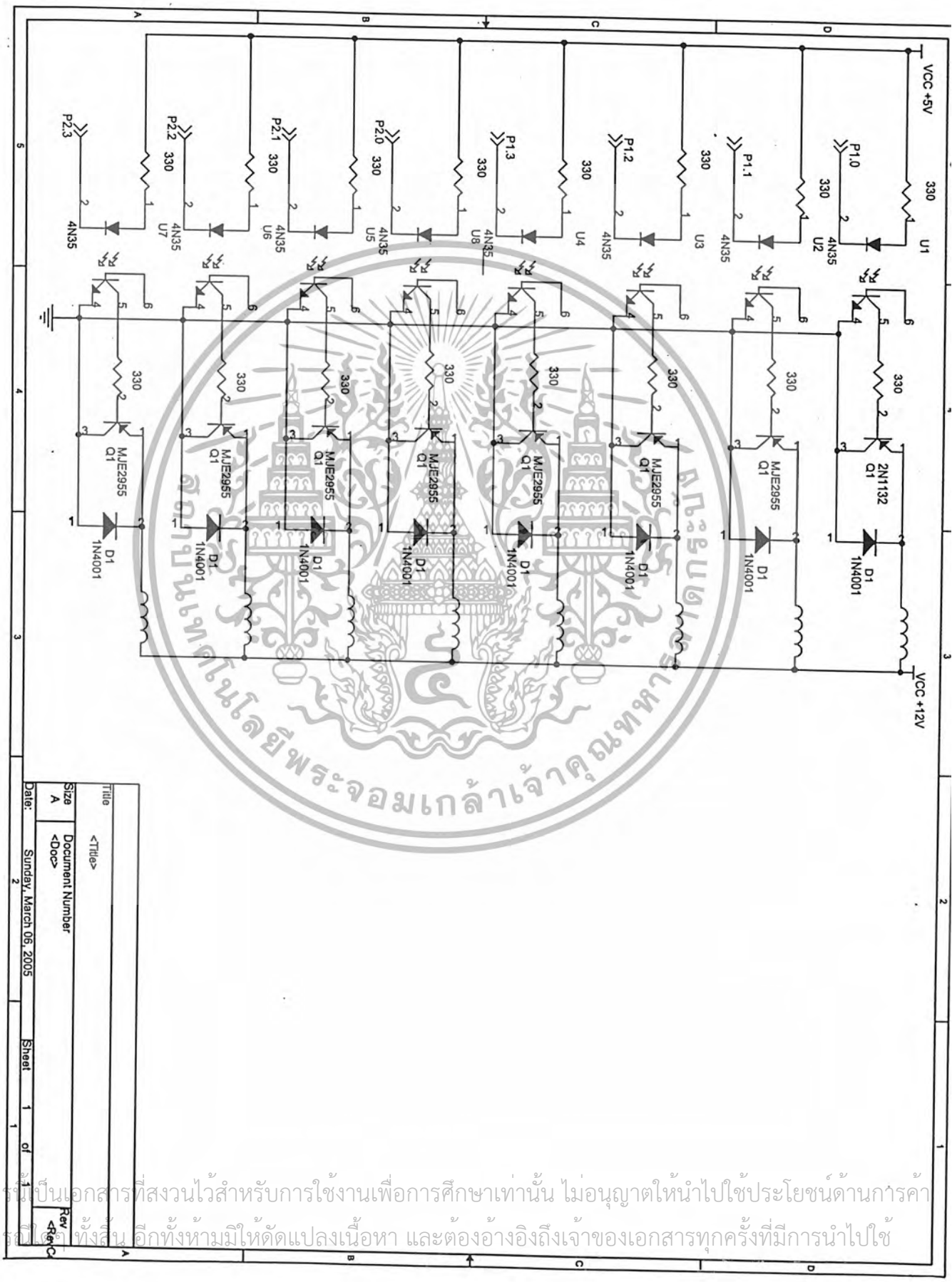
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

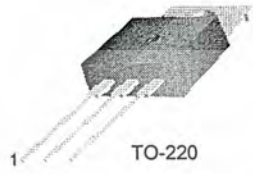
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

MJE2955T

General Purpose and Switching Applications

- DC Current Gain Specified to I_C = 10 A
- High Current Gain Bandwidth Product : f_T = 2MHz (Min.)



TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

PNP Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	- 70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	- 60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	- 5	V
I_C	Collector Current	- 10	A
I_B	Base Current	- 6	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)	75	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)	0.6	W
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	- 55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
BV_{CEO}	Collector- Emitter Breakdown Voltage	I_C= - 200mA, I_B = 0	-60		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	V_{CE} = - 30V, I_B = 0		-700	μA
I_{CEX1}	Collector Cut-off Current	V_{CE} = - 70V, V_{BE}(off) = 1.5V		-1	mA
I_{CEX2}	Collector Cut-off Current	V_{CE} = - 70V, V_{BE}(off) = 1.5V @ T_C = 150°C		-5	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = - 5V, I_C = 0		-5	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	V_{CE} = - 4V, I_C = - 4A V_{CE} = - 4V, I_C = - 10A	20 5	100	
V_{CE}(sat)	* Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = - 4A, I_B = - 0.4A I_C = - 10A, I_B = - 3.3A		-1.1 -8	V V
V_{BE} (on)	* Base-Emitter ON Voltage	V_{CE} = - 4V, I_C = - 4A		-1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	V_{CE} = - 10V, I_C = - 500mA	2		MHz

* Pulse test: PW≤300μs, duty cycle≤2% Pulse

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

Rev. A1, February 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristic

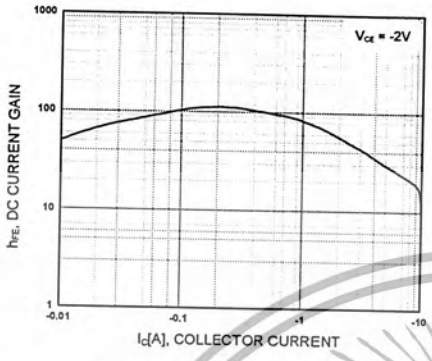


Figure 1. DC current Gain

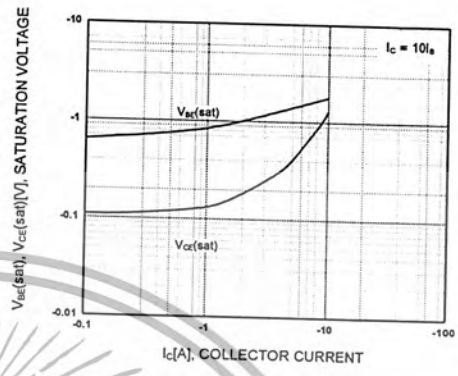


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

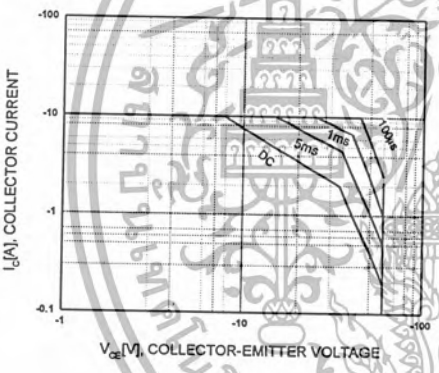


Figure 3. Safe Operating Area

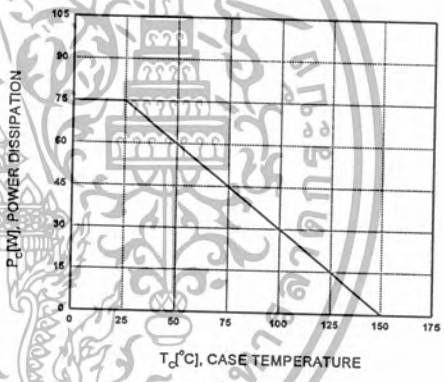


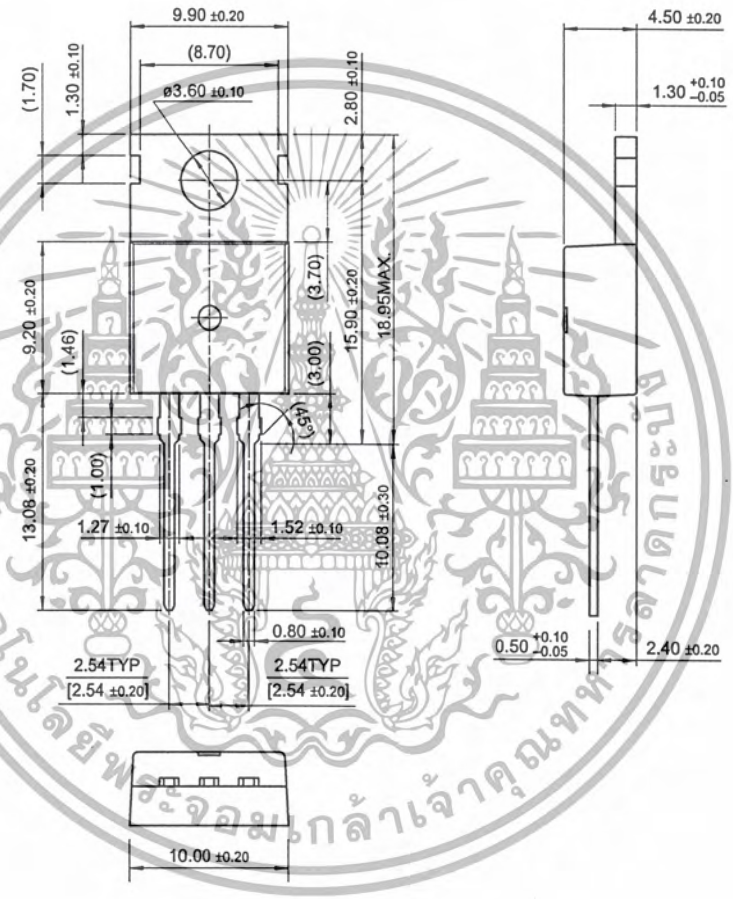
Figure 4. Power Derating

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FASTr™	PowerTrench®	SyncFET™
Bottomless™	GlobalOptoisolator™	QFET™	TinyLogic™
CoolFET™	GTO™	QS™	VCX™
CROSSVOLT™	HiSeC™	QT Optoelectronics™	UHC™
DOME™	ISOPLANAR™	Quiet Series™	
E^2CMOS™	MICROWIRE™	LILENT SWITCHER®	
EnSigna™	OPTOLOGIC™	SMART START™	
FACT™	OPTOPLANAR™	SuperSOT™-3	
FACT Quiet Series™	PACMAN™	SuperSOT™-6	
FAST®	POP™	SuperSOT™-8	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้