

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หน่วยปรับเทียบรังสีเอกซเรย์

X-RAY CALIBRATION UNIT



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 73152  
วัน,เดือน,ปี..... 6 ก.ค. 2550

b. 11๙๕๕13๓  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยปรับเทียบรังสีเอกซ์เรย์  
X-RAY CALIBRATION UNIT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2548

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หน่วยปรับเทียบรังสีเอกซเรย์

ผู้จัดทำ

1. นายทศ บุญแผน
2. นายธีระพงศ์ เมืองจีน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยปรับเทียบรังสีเอกซเรย์

The x-ray calibration unit

1.นายทศ บุญแผน 46015177

2.นายธีระพงศ์ เมืองจีน 46015182

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน่วยเปรียบเทียบรังสีเอกซ์เรย์

นาย ทศ บุญแผน รหัส 46015177  
นาย ชีระพงศ์ เมืองจีน รหัส 46015182  
ผศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2548

### บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ อธิบายโครงสร้างและการออกแบบของ เครื่องวัดรังสีเอกซ์เรย์ โดยโครงสร้างของเครื่องวัดรังสีเอกซ์เรย์จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักโดยภาคแรกเป็นภาคตรวจรับสัญญาณซึ่งจะมีหน้าที่ตรวจรับสัญญาณเอกซ์เรย์แล้วทำการกรองสัญญาณรบกวน เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า กระแสตรงที่มีความสมบูรณ์ กับสัญญาณกระแสสลับออกมานั้นทำการแปลงสัญญาณทั้งสองเป็นสัญญาณดิจิทัลและจากนั้นสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังภาคที่ 2 คือภาคประมวลผลและแสดงผล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการประมวลผลเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าของความแรงของรังสีเอกซ์เรย์ และเวลาที่ฉายรังสีและแสดงผลออกที่จอผลึกคริสตัลเหลว

## X-RAY CALIBRATION UNIT

Mr. Tod Boonphan ID.46015177  
Mr. Theerapong Muangjeen ID.46015182  
Assist.Prof.Dr. Chuchart Pentaverut Advisor  
Educational Year 2005

### Abstract

This report describes construction and designing of X-ray Calibration Unit. The X-ray Calibration Unit consists of two main parts. The first part is detective unit. It receives signals from X-ray Projector then filter noise in signals and after that separate both dc signal and alternating signal. Dc signal is sent to ADC circuit and alternating signal is sent to zero crossing circuit for converting to square wave that sent these digital signal to next part. The second part is processing system. This part will calculate and compare with the data in the table. The result is displayed on the led.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นจนประสบความสำเร็จเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆฝ่ายด้วยกันโดยบุคคลแรกที่ขอกล่าวถึงคือ ผศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือพวกเราทุกเรื่อง คอยให้คำแนะนำให้ความรู้ ช่วยแก้ปัญหา พวกเราต้องขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

บุคคลที่มีพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อพวกเราคือ บิดา มารดา ที่ทำให้พวกเรามีวันนี้ซึ่งพวกท่านคือกำลังใจที่มีค่ายิ่งเพราะท่านได้ให้การเลี้ยงดูที่ดีให้การอบรมสั่งสอนและเอาใจใส่จนทำให้เราเป็นคนที่ดีในวันนี้ พวกเราจะขอสำนึกในพระคุณอันสูงค่านี้ตลอดไป

และสุดท้ายต้องขอขอบคุณ พี่ๆปริญาโทที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์พวกเราขอบคุณมากครับ

นาย ทศ บุญแผน

นาย ธีระพงศ์ เมืองจีน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ภาคหลักของโครงการหน่วยปรับเทียบรังสีเอกซ์เรย์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น	
2.1 หลอดเอกซ์เรย์	4
2.2 หัววัดเอกซ์เรย์	5
2.3 วงจรแบบแอคทีฟไฟเตอร์	7
2.4 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	13
2.5 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์	17
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างวงจร	
3.1 ภาคตรวจจับรังสีเอกซ์เรย์	25
3.2 ภาคประมวลผล	35
3.3 ภาคแสดงผล	41
บทที่ 4 การทดลอง	
4.1 จุดวัดสัญญาณ M1	48
4.2 จุดวัดสัญญาณ M2	49
4.3 จุดวัดสัญญาณ M3	49
4.4 จุดวัดสัญญาณ M4	50
4.5 จุดวัดสัญญาณ M5	51
4.6 จุดวัดสัญญาณ M6	52
4.7 จุดวัดสัญญาณ M7	53
4.8 จุดวัดสัญญาณ M8	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 จุดวัดสัญญาณ M9	53
4.10 จุดวัดสัญญาณ M10	56
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	
สรุปผลของโครงการ	61
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงภาคหลักของ หน่วยปรับเทียบสัญญาณเอกซเรย์	2
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของหลอดเอ็กซ์เรย์	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างหลักของหัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิกลิตชั้นทั้งสองชนิด แบบหลอดขยายกำลังแสง (บน) และแบบโฟโตไดโอด (ล่าง)	6
รูปที่ 2.3 คุณสมบัติการตอบสนองความถี่ฟิลเตอร์แต่ละประเภท	8
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงการตอบสนองต่อความถี่สำหรับฟิลเตอร์แบบแบตเตอรี่เวทความถี่ต่ำ	10
รูปที่ 2.5 ผลเปรียบเทียบการตอบสนองต่อความถี่ของฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านแบบแบตเตอรี่เวท	12
รูปที่ 2.6 แสดง ERROR จากการวัดใน Aperture time	13
รูปที่ 2.7 การสุ่มสัญญาณ	15
รูปที่ 2.8 แสดงทรานสเฟอ์ชันของคอมพารเตอร์	16
รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของ Counter type DAC	16
รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช AT89cxx	21
รูปที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช AT89sxx.	21
รูปที่ 2.12 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 แบบแฟลช	22
รูปที่ 2.13 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 เบอร์ AT89C52x.	22
รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมเวลาแสดงการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกของ MCS 51 แบบแฟลช	24
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรทั้งหมด	25
รูปที่ 3.2 แสดงรูปวงจรภาคตรวจจับรังสีเอกซ์เรย์	27
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรรองความถี่เปลี่ยนรูปสัญญาณเป็นพัลส์	28
รูปที่ 3.4 แสดงวงจร โฟโต ไดโอด	29
รูปที่ 3.5 รูปแสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบป้อนกลับเพิ่มกำลังเมื่อ $E_i < V_{lt}$	30
รูปที่ 3.6 รูปแสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบป้อนกลับเพิ่มกำลังเมื่อ $E_i > V_{ut}$	30
รูปที่ 3.7 แสดงวงจร Zero crossing และวงจร Competition	31
รูปที่ 3.8 แสดงวงจร Active Low pass filter	32
รูปที่ 3.9 แสดงวงจร Active High pass filter.	33
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรของภาคประมวลผล	36
รูปที่ 3.11 โฟลชาร์ตโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล	37
รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งขาของ LCD เบอร์ BC1602	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 แสดงภาคตรวจรับรังสีเอ็กซเรย์ ที่เสร็จสมบูรณ์	44
รูปที่ 3.14 แสดงภาคประมวลผล ที่เสร็จสมบูรณ์	45
รูปที่ 3.15 แสดงเครื่อง X-ray calibration unit ที่เสร็จสมบูรณ์	45
รูปที่ 3.16 แสดงเครื่อง X-ray Calibration Unit ขณะใช้งาน	45
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงจุดวัดสัญญาณต่างๆ	47
รูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M1.	48
รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M2	49
รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M3	49
รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M4	50
รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M5	51
รูปที่ 4.7 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M6	52
รูปที่ 4.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M7	53
รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M8	54
รูปที่ 4.10 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M9	55
รูปที่ 4.11 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M10.	56
รูปที่ 4.13 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 50 KV	57
รูปที่ 4.14 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 60 KV	57
รูปที่ 4.15 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 70 KV	57
รูปที่ 4.16 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 80 KV	58
รูปที่ 4.17 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 90 KV	58
รูปที่ 4.18 วัดที่จุด M7 ความแรงของรังสี 100 KV	58
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับไฟตรงกับค่าของรังสีเอ็กซเรย์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอลโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์	19
ตารางที่ 4.1 แสดงระดับไฟตรงที่ระดับค่าความแรงของรังสีเอ็กซ์เรย์ค่าต่างๆ	59
ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาที่วัดได้	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ตั้งแต่ได้มีการค้นพบรังสีเอกซ์เมื่อปี ค.ศ.1895 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ วิลเลียม คอนราด เรมท์เดน ได้มีการใช้ประโยชน์จากรังสีเอกซ์อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านสร้างสรรค์และด้านการทำลาย เช่นการทำประโยชน์ทางด้านการแพทย์ ประโยชน์ทางด้านงานอุตสาหกรรม หรืออาจจะเป็นไปได้ในทางด้านสงคราม ดังนั้นการจะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นในด้านใดเราต้องตระหนักถึงโทษของรังสีด้วย ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบปริมาณรังสีเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดการรับปริมาณรังสี เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดการรับปริมาณรังสีที่มากเกินไป ซึ่งเราทราบถึงผลอันตรายกันคืออยู่แล้วดังนั้นเครื่องวัดปริมาณรังสีก็ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมาก ซึ่งในขณะนี้ประเทศได้มีการพัฒนาในการใช้เครื่องเอกซ์เรย์ทั้งการแพทย์ และในงานด้านอุตสาหกรรม ในปริมาณที่มากระดับในหนึ่ง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือวัดปริมาณรังสีเพื่อทำการตรวจสอบหรือปรับแต่งเครื่องกำเนิดรังสีอยู่เสมอเพื่อให้เครื่องกำเนิดรังสีมีความถูกต้องในการใช้งานทุกครั้ง โดยตรวจสอบคุณภาพเครื่องกำเนิดรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุขโดยใช้ IONIZATION CHAMBER ซึ่งได้ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องกำเนิดรังสีที่แม่นยำ แต่มีราคาต่อเครื่องที่แพง และมีจำนวนค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เรย์ ที่มีจำนวนเป็นหลักพันเครื่อง ทำให้การตรวจสอบมีข้อจำกัดเรื่องเวลา และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องต้องกระทำทั้งเครื่องใหม่ และเครื่องที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน การตรวจสอบเครื่องกำเนิดรังสีเป็นสิ่งสำคัญ ฉะนั้นการวัดปริมาณรังสีโดยใช้ PHOTOTRANSISTOR SEMICONDUCTOR DETECTOR น่าจะมีประโยชน์และสามารถทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เรย์ได้อย่างกว้างขวางและรวดเร็วยิ่งขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อศึกษาการสร้างเครื่องวัดรังสีเอกซ์เรย์แบบใหม่ เพื่อทดแทนเครื่องวัดรังสีเอกซ์เรย์ เดิมซึ่งมีราคาแพง
- 2 เพื่อศึกษาและเข้าใจการทำงานการวัดปริมาณของรังสีเอกซ์เรย์
- 3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง
- 4 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าช่วยในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 เพื่อที่จะประดิษฐ์เครื่องวัดรังสีเอกซเรย์เพื่อใช้เป็นแบบที่สามารถนำมาปรับปรุงและพัฒนาได้ในอนาคต

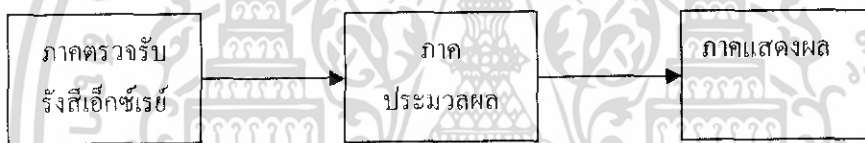
### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1 ศึกษาการทำงานและประดิษฐ์เครื่องวัดเทียบรังสีเอกซเรย์ที่สามารถวัดค่าพลังจากรังสีเอกซเรย์ได้
- 2 สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อช่วยในการประมวลผลได้
- 3 เครื่องวัดเทียบรังสีเอกซเรย์นี้สามารถวัดในค่าเบื้องต้นได้อย่างถูกต้องและมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงในเปอร์เซ็นต์ที่เล็กน้อย

### 1.4 ภาคลักษณ์ของโครงการหน่วยปรับเทียบรังสีเอกซเรย์

โครงการประกอบด้วยภาคลักษณ์ 3 ภาคลักษณ์ด้วยกัน คือ

- 1 ภาครวรับสัญญาณเอกซเรย์, 2 ภาคประมวลผล, 3 ภาคแสดงผล



รูปที่ 1.1 แสดงภาคลักษณ์ของ หน่วยปรับเทียบสัญญาณเอกซเรย์

#### 1.4.1 ภาครวรับสัญญาณรังสีเอกซเรย์

ภาครวรับสัญญาณรังสีเอกซเรย์ จะเป็นภาคที่ทำกรตรวจวัดสัญญาณ โดยแผ่นที่เคลือบสารฟอสเฟอร์ ใว้เมื่อรังสีเอกซเรย์ไปสัมผัสกับแผ่นฟอสเฟอร์จะให้สารฟอสเฟอร์ทำปฏิกิริยากับรังสีเอกซเรย์เกิดแสงขึ้นที่แผ่นฟอสเฟอร์ โดยความสว่างจะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีเอกซเรย์ และจากนั้นจะทำรับแสงดังกล่าวโดยใช้ โฟโตทรานซิสเตอร์ โดยคลื่นแสงจะไปมีผลต่อ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณไฟตรง และส่งไปยังภาคอื่นต่อไป โดยอุปกรณ์ในภาคนี้ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4.1.1 โฟโตทรานซิสเตอร์

โดยภาวะปกติ สารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อมีการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งถูกออกแบบขึ้นจากการเกิดปรากฏการณ์หนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโตทรานซิสเตอร์ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือมีตัวถังด้านบนของโฟโตทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือมีตัวถัง (case) ด้านบนของโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับแสงเพื่อส่องไปรอยต่อ P-N โดยที่ช่องรับแสงนี้ จะมีวัสดุเคลือบไมกา (clear mica) หรือควอตซ์เลนส์ (quartz Len) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

โฟโตทรานซิสเตอร์ทุกแบบ จะมีโครงสร้างเป็นชนิด NPN สารที่ถูกนำมาใช้ผลิต ได้แก่ซิลิเนียม, ซิลิกอน หรือเยอรมันเนียม สารแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงในย่านที่แตกต่างกันออกไป

โฟโตทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากซิลิเนียม จะตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงที่คนเราสามารถมองเห็นได้ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองได้ใกล้เคียงสายตาคนเรา

โฟโตทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากซิลิกอนจะมีการตอบสนองได้ดีต่อสเปกตรัมของแสงในย่านของแสงอินฟราเรดหรือใกล้เคียง

โฟโตทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากเยอรมันเนียม จะมีการตอบสนองต่อแสงได้ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งรวมถึงย่านของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วย

การทำงานและการตรวจจับแสงโฟโตทรานซิสเตอร์ มีความรวดเร็วกว่าโฟโตเซลล์มากซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วถึง 1 ไมโครวินาทีที่เกี่ยว ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมาก

#### 1.4.2 ภาคประมวลผล (Processing System)

ภาคประมวลผลหลักการทำงานในภาคนี้จะมีหน้าที่ในการคำนวณและเปรียบเทียบค่าของอินพุทที่เข้ามากับฐานข้อมูลเพื่อให้ได้ที่เราต้องการรวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ถือได้ว่า เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถที่จะสามารถปฏิบัติได้ดี และมีความสะดวก และมีราคาที่ไม่แพง

### 1.4.3 ภาคแสดงผล (Display System)

คือส่วนที่แสดงข้อมูลออก เพื่อถ่ายทอดความเข้าใจ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลควรมีความสามารถที่จะแสดงผลของตัวเลขตัวอักษร หรือแม้แต่จะเป็น สัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งโมดูล LCD เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาไม่แพงและมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ สามารถใช้งานง่ายไม่มีความซับซ้อนมากนัก



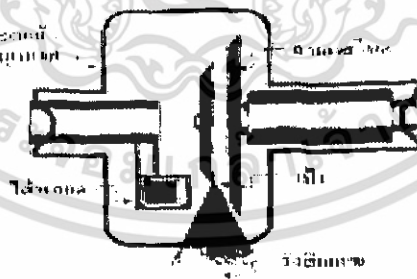
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเบื้องต้น

#### 2.1 หลอดเอกซเรย์

รังสีเอกซ์ที่เกิดได้หลายวิธีเช่น ถูกส่งออกมาจากอะตอมสารกัมมันตรังสีบางชนิด หรือเกิดจากการที่อิเล็กตรอนซึ่งมีพลังงานจลน์สูงมาก วิ่งเข้าชนอะตอมของธาตุนั้น วิธีการเกิดเอกซเรย์อันหลังนี้ถูกนำมาใช้ผลิตรังสีเอกซ์เพื่อใช้งานทางการแพทย์ในปัจจุบัน ดังรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของหลอดเอกซเรย์ที่ใช้งานไส้หลอดจะถูกเผาให้ร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากไส้หลอดอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้ จะถูกเร่งด้วยความต่างศักย์สูงมากในช่วง 50-150KV อิเล็กตรอนจะวิ่งชนเป้าบนแกนจานแอนอด (anode) ซึ่งกำลังหมุนด้วยเร็วเชิงมุมประมาณ 10,000 rpm โดยมีขนาดจุดโฟกัสประมาณไม่เกิน 2 mm (ปกติจะมีไส้หลอดสองขนาดคือเล็กและใหญ่) และปกติมีกระแสหลอด (Tude current) โดยทั่วไปประมาณ 200-800 ma การชนกันของอิเล็กตรอนและ อะตอมของเป้าทำให้เกิดรังสีเอกซเรย์ที่มีความเข้มสูงมากพอสำหรับสำหรับใช้ในงานซีที ตามหลักการอนุรักษ์พลังงานของอิเล็กตรอนที่เข้าไปชนเป้า ถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนในเป้าประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ กลายเป็นรังสีแค่ 1 เปอร์เซ็นต์ด้วยเหตุนี้ หลอดเอกซเรย์ที่ใช้กับซีทีจึงต้องออกแบบให้สามารถระบายความร้อนได้สูงและสามารถระบายความร้อนได้รวดเร็ว เพราะในการการสแกนแต่ละครั้งหลอดเอ็กเรย์จะถูกจุดให้ทำงานในช่วงเวลานานกว่าการใช้งานในการถ่ายภาพเอ็กเรย์แบบธรรมดาค่อนข้างมาก โดยทั่วไปหลอดเอกซเรย์ที่ใช้งานซึ่งจะมีความร้อนประมาณ 6 MHU( 1 HU = 1 J ) ซึ่งมากกว่าหลอดเอกซเรย์แบบธรรมดาประมาณ 6 เท่า ดังนั้นไส้หลอดและเป้าแอนอดจึงต้องใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนสูงสุดความร้อนสูงสุดหลอดหลอดสูงระบายความร้อนได้ดี ไส้หลอดมักทำด้วย ทังสเตน (Tungsten ) จานแอนอดมักทำด้วยอัลลอยด์อาร์ทีเอ็ม (RTM alloy :R= rhenium, T= tungsten, M=Molybdenum )



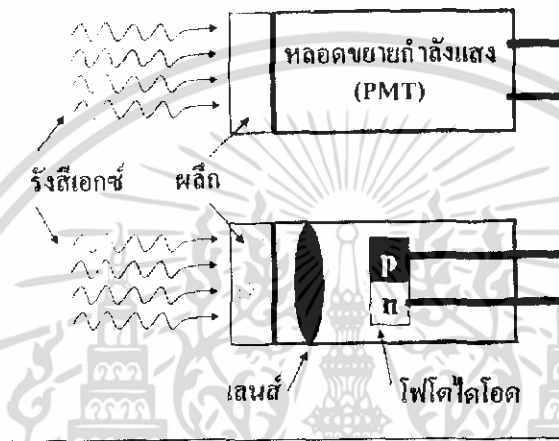
รูปที่ 2 . โครงสร้างของหลอดเอกซเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หัววัดเอกซเรย์

เนื่องจากรังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง สามารถทำให้อะตอมของตัวกลางที่มันเคลื่อนที่ผ่านแตกตัวได้ การวัดพลังงานหรือความเข้มข้นของรังสีเอกซ์จึงอาศัยสมบัติดังกล่าวนี้ซึ่งเป็นวิธีที่ทราบกันโดยทั่วไป หัววัดเอกซเรย์ที่ใช้ในซีทีสามารถแบ่งชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ หัววัดแบบซิลทิลเลชัน (Scintillation) และหัววัดแบบแก๊ส (gas detector)

หัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชัน มี 2 ชนิด คือ หัววัดแบบหลอดขยายกำลังแสง (crystal photomultiplier detector) และหัววัดแบบโฟโตไดโอด (Crystal- photodiode detector) หัววัดทั้งสองชนิดมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างหลักของหัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันทั้งสองชนิด  
แบบหลอดขยายกำลังแสง (บน) และแบบโฟโตไดโอด (ล่าง)

หัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันชนิดใช้หลอดขยายกำลังแสงหรือเรียกอย่างย่อว่าพีเอ็มที ประกอบด้วยผลึกและหลอดขยายกำลังแสง ผลึกที่ใช้ในกรณีนี้คือแคลเซียมฟลูออไรด์ หรือบิสเมทเจอร์มานิตเม็ รังสีเอกซ์ตกกระทบผลึกจากนั้น โฟตอนแสงเคลื่อนที่เข้าไปในหลอดขยายกำลังแสงซึ่งทำหน้าที่เพิ่มกำลังให้สูงจึงได้สัญญาณแรงมากพอที่จะอ่านค่าได้อย่างแม่นยำและความแรงของสัญญาณที่อ่านได้นั้นมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ รังสีเอกซ์ที่ตกกระทบผลึกสำหรับหัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันโฟโตไดโอดมีหลักการคล้ายคลึงกันแต่ใช้โฟโตไดโอดแทนหลอดพีเอ็มทีอีกประการหนึ่งผลึกที่ใช้มีความแตกต่างกัน โดยที่หัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันชนิดโฟโตไดโอดชนิดใช้ผลึกแคลเซียมทังสเตตหรือวัสดุเซรามิกซึ่ง ทำจากแรร์เอิร์ทออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์สูงแสงที่เกิดจากผลึกกรณีหัววัดเอกซเรย์แบบ ซิลทิลเลชันโฟโตไดโอด จะเข้าไปทำอันตรกิริยากับโฟโตไดโอด ทำให้เกิดสัญญาณขึ้นเนื่องจากหัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันใช้ผลึกหรือเซรามิกซึ่งเป็นสสารที่มีสถานะ เป็นของแข็งการจัดตัวของอะตอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงยึดแน่นมากทำให้สามารถจับโฟตอนของรังสีเอกซ์ได้ดีพบว่าหัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันมีประสิทธิภาพการตรวจจับ จากตัวเองสูงประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการตรวจจับรังสีเอกซ์ยังขึ้น กับบรรณาณมิติของหัววัดเอกซเรย์เรียกว่า ประสิทธิภาพการตรวจจับเชิงเรขาคณิตค่าประสิทธิภาพการตรวจจับเชิงเรขาคณิตขึ้นกับพื้นที่รับรังสีเอกซ์ ของหัววัดแนวโค้ง โดยไม่รวมพื้นที่ว่างระหว่างหัววัดเอกซเรย์ติดกัน ดังนั้น ถ้าหัววัดเอกซเรย์บนแถวของหัววัดแนวโค้ง มีพื้นที่ว่างระหว่างหัววัดเอกซเรย์ติดกันมาก ค่าประสิทธิภาพการตรวจจับเชิงเรขาคณิตก็จะมีค่าน้อยเป็นต้น ถ้ากำหนดให้คือประสิทธิภาพในการตรวจจับทั้งหมดจะได้

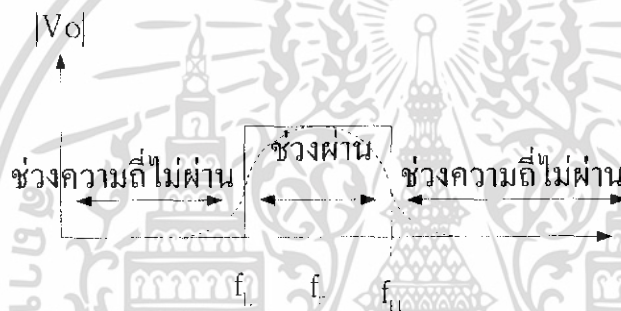
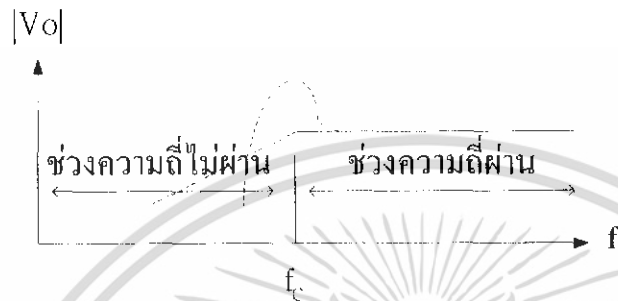
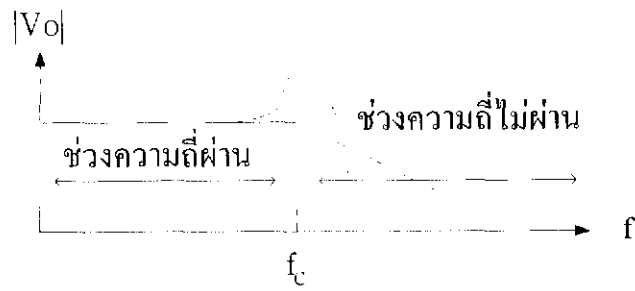
$$E = E_i \times E_g \quad \dots\dots(2. 1)$$

เมื่อ  $E_i$  คือประสิทธิภาพการตรวจจับจากตัวเองและ  $E_g$  คือประสิทธิภาพการตรวจจับเชิงเรขาคณิต หัววัดเอกซเรย์แบบซิลทิลเลชันจะมีค่าประสิทธิภาพการตรวจจับทั้งหมดขึ้นกับจำนวนหัววัดและการเบียดกันบนแถวของหัววัดแนวโค้ง

### 2.3 วงจรแบบแอดทีปไฟเตอร์

ฟิลเตอร์เป็นวงจรซึ่งได้รับการออกแบบเพื่อให้สัญญาณเฉพาะช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งผ่านได้ ทำนั้นส่วนสัญญาณอื่นซึ่งไม่อยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้ จะถูกลดระดับหมดวงจรฟิลเตอร์อาจจะ แบ่งออกได้เป็นแบบแอดทีปและ แบบพาสซีฟวงจรพาสซีฟจะประกอบด้วยความต้านทาน ความจุไฟฟ้า และ อินดักเตอร์เท่านั้นส่วน แอดทีปฟิลเตอร์จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์หรือออปแอมป์ นอกเหนือไปจากองค์ประกอบพาสซีฟทั้งสามชนิด แต่โดยทั่วไปวงจรแอดทีปฟิลเตอร์มักจะ ไม่ใช้อินดักเตอร์ทั้งนี้เพราะอินดักเตอร์มักจะมีขนาดใหญ่เทอะทะและราคาแพง

ฟิลเตอร์อาจจะแบ่งตามคุณสมบัติออกได้เป็นสี่ประเภท คือ ความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass) ความถี่สูงผ่าน (High-pass) ช่วงความถี่ผ่าน (Band-pass) และแบบช่วงความถี่กั้น (Band-reject) ซึ่งประเภทสุดท้ายบางครั้งอาจจะเรียกว่าเป็นฟิลเตอร์แบบนอทช์ (Notch) รูปที่ 2.3 แสดงกราฟของลักษณะการตอบสนองต่อความถี่ชนิดของฟิลเตอร์แต่ละประเภท ฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่าน จะมีค่าขยายคงตัวจากสักคาตรจนกระทั่งถึงจุดความถี่คัทออฟหรือ  $f_c$  เมื่อความถี่มีค่าสูงกว่า  $f_c$  ค่าขยายสัญญาณจะลดลงตาม เช่นที่แสดงในรูปที่ 2.3 เส้นทึบแสดงคุณสมบัติของฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่านในอุดมคติ ส่วนเส้นจุดแสดงสมบัติในฟิลเตอร์ในทางปฏิบัติ



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติการตอบสนองความถี่ฟิลเตอร์แต่ละประเภท

ช่วงความถี่ให้สัญญาณผ่านจะเรียกว่าพาสแบน ส่วนช่วงความถี่ที่สัญญาณลดระดับจะ เรียกว่า สตอปแบน ความถี่คัทออฟบางครั้งอาจจะเรียกได้ว่าความถี่ 0.707, ความถี่ 3 เดซิเบล, ความถี่หักมุมหรือ ความถี่แยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านจะลดระดับสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า  $f_c$  ส่วนสัญญาณความถี่สูงกว่า  $f_c$  จะมีค่าขยายคงที่ รูปที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติการตอบสนองต่อความถี่ฟิลเตอร์ ความถี่สูงผ่าน ทั้งแบบในอุดมคติและแบบในทางปฏิบัติ

ฟิลเตอร์ช่วงความถี่ผ่าน จะมีเฉพาะช่วงความถี่ในช่วงความถี่หนึ่งเท่านั้นที่มีค่าขยายศักดาสัญญาณสูงกว่าบริเวณอื่น ส่วนประเภทช่วงความถี่ใดช่วงความถี่หนึ่งเท่านั้นที่มีค่าขยายศักดาสัญญาณสูงกว่าบริเวณอื่น ส่วนประเภทช่วงความถี่กันจะมีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับประเภทช่วงความถี่ผ่าน การตอบสนองต่อความถี่ของฟิลเตอร์สองประเภทหลังนี้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ทั้งในกรณีคุณสมบัติในอุดมคติและกรณีคุณสมบัติในทางปฏิบัติ

### 2.3.1 ฟิลเตอร์ความถี่ขั้นมูลฐาน

วงจรในรูปที่ 2.3 แสดงวงจรซึ่งมักจะใช้เป็นเอกทิปฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่าน โดยทั่ว ๆ ไปการกรองสัญญาณเกิดจากวงจร  $R_c$  ส่วนออปแอมทำหน้าที่เป็นวงจรตามสัญญาณเท่านั้น ความต้านทาน  $R_c$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $R$  จะทำหน้าที่ลดระดับศักดาออฟเซตแบบศักดาตรง ทั้งนี้เพราะสำหรับสัญญาณศักดาตรงรีแอกแทนของความจุไฟฟ้าจากขาสัญญาณเข้าไปยังจุดสำหรับสัญญาณศักดาอินจะมีค่าเป็นอนันต์ดังนั้นความต้านทานสำหรับสัญญาณศักดาตรงระหว่างขาสัญญาณเข้าทั้งสองและ จุดศักดาอินควรจะมีค่าเท่ากันตามเช่นที่ได้อธิบายไปแล้ว

ผลต่างของศักดาระหว่างขา 2 และขา 3 เท่ากับศูนย์ ดังนั้นศักดาคร่อมความจุไฟฟ้า  $C$  จะเท่ากับศักดาสัญญาณออก  $V_o$  ส่วนศักดาสัญญาณเข้าถูกแบ่งตกคร่อม  $R$  และ  $C$  ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$v_o = \left\{ \frac{1/j\omega c}{R + 1/j\omega c} \right\} E_i \quad \dots\dots(2.2)$$

โดยที่  $\omega$  เป็นความถี่เชิงมุมสัญญาณเข้า  $E_i$  มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาทีและเท่ากับ  $2\pi f$  ส่วน  $j$  เท่ากับ  $\sqrt{-1}$  จากสมการ เราจะหาค่าขยายศักดาสัญญาณแบบลูปปิดได้เป็น

เพื่อที่จะแสดงว่าวงจรของรูปที่ (2.3) เป็นฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่าน เราจะพิจารณาว่า  $A_c$  ของสมการ แปรเปลี่ยนไปตามความถี่อย่างไรที่ความถี่ต่ำมาก ๆ นั่นคือ  $\omega$  เข้าใกล้ศูนย์เราจะได้  $|A_{cl}|$  กับความถี่  $\omega$  สำหรับความถี่ซึ่งมีค่าสูงกว่าความถี่คutoff  $\omega_c$ ,  $|A_{cl}|$  จะลดระดับลงในอัตรา 20 เดซิเบลต่อเดซิเดต นั่นคือค่าขยายศักดาจะลดลง 10 เท่า สำหรับทุก ๆ 10 เท่าของความถี่เพิ่มขึ้น

### 2.3.2. การออกแบบฟิลเตอร์

ความถี่คัทออฟ  $\omega_c$  คือจุดความถี่ที่  $|A_{CL}|$  ลดระดับลง 0.707 เท่าของค่าที่ความถี่ต่ำ ดังนั้นจากสมการจะเห็นได้ว่า ความถี่คัทออฟจะหาได้จาก

$$\omega_c = 2\pi fc = 1/Rc \quad \dots\dots(2.3)$$

ดังนั้นสมการอาจจะใช้หาค่าความจุไฟฟ้าที่ต้องการได้เท่ากับ

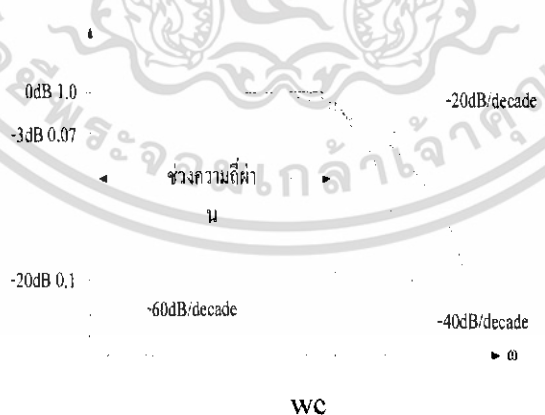
$$C = 1 / (2\pi fcR) \quad \dots\dots(2.4)$$

สรุป การออกแบบฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่านของรูปที่ 2.3 จะประกอบไปด้วย กรรมวิธีสามขั้น ดังนี้

1. กำหนดความถี่คัทออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. เลือกความต้านทาน R ค่าใดค่าหนึ่งในช่วง 10 กิโลโอห์ม ถึง 100 กิโลโอห์ม
3. คำนวณหาค่า C ที่ต้องการจากสมการ  $C = \frac{1}{2\pi fcR}$

ในการปฏิบัติงานหลายประเภทของฟิลเตอร์ให้สัญญาณความถี่ต่ำผ่านเรามักจะต้องการค่าขยายแบบรูปปิดให้ใกล้เคียงกับ 1 เท่าที่จะเป็นไปได้ในพาสแบนในกรณีดังกล่าวนี้ ฟิลเตอร์แบบพัคเตอร์เวท จะมีความเหมาะสมที่สุด ฟิลเตอร์แบบพัคเตอร์เวทนี้บางครั้งอาจจะเรียกว่าเป็นฟิลเตอร์แบบแมกซิมอลลีแฟลต (Maximally flat) และฟิลเตอร์ทุกแบบที่จะพิจารณาในบทนี้ จะจัดอยู่ในประเภทพัคเตอร์เวท รูปที่ (2.4) แสดงการตอบสนองแบบพัคเตอร์เวทในทางปฏิบัติ (เส้นจุด)สามแบบซึ่งมีความชันของการลดระดับค่าขยายต่าง ๆ กัน

แอกทีฟฟิลเตอร์ อาจจะนำมาต่ออนุกรมกันสองวงจร เพื่อให้ได้อัตราลดระดับในสตอบแบนเท่ากับ -40 เดซิเบลต่อดีเซด



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงการตอบสนองต่อความถี่สำหรับฟิลเตอร์แบบพัคเตอร์เวทความถี่ต่ำผ่าน สามแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จะเป็นการออกแบบที่ไม่ถูกต้องที่สุด เพราะต้องการออปแอมป์น้อยสองตัว จะแสดงในหัวข้อย่อย ก่อนหน้านี้ว่าเราสามารถจะสร้างฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ท ซึ่งมีอัตราระดับ -40 เดซิเบลได้จากออปแอมป์เพียงตัวเดียว และในหัวข้อ ที่แล้ว เราจะแสดงว่า ถ้าเรานำฟิลเตอร์ ซึ่งมีอัตราลดระดับ -20 เดซิเบลต่อดีเซต เซตวงจรรวมจะมีอัตราลดระดับ -60 เดซิเบลต่อดีเซต

ฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ท จะมีค่ามุมเฟส ณ ความถี่คัทออฟต่าง ๆ กัน เช่น ฟิลเตอร์ซึ่งมีอัตราลดระดับ -20 เดซิเบลต่อดีเซต จะมีมุมเฟสเท่ากับ  $-45^\circ$  ณ  $\omega_c$  ฟิลเตอร์ซึ่งมีอัตราลดระดับ -40 เดซิเบลต่อดีเซต จะมีมุมเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ณ  $\omega_c$  ส่วนฟิลเตอร์ซึ่งมีอัตราลดระดับ -60 เดซิเบลต่อดีเซต จะมีมุมเฟสเท่ากับ  $-135^\circ$  ณ  $\omega_c$  ดังนั้นสำหรับทุก -20 เดซิเบลต่อดีเซตที่ความชันของการลดระดับที่มีเพิ่มขึ้นมุมเฟส ณ จุดความถี่คัทออฟจะเพิ่มขึ้น  $-45^\circ$

**2.3.3 ฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ทสำหรับความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งมีอัตราลดระดับ -40 เดซิเบลต่อดีเซต หลักการ ออกแบบอย่างง่าย**

วงจรรูปที่ 2.4 เป็นวงจรแบบให้สัญญาณความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดแบบหนึ่ง อัตราลดระดับของวงจรมีค่าเท่ากับ -40 เดซิเบลต่อดีเซต นั่นคือสำหรับความถี่ที่สูงกว่าความถี่คัทออฟ ค่าขยาย  $A_{CL}$  จะลดลง 40 เดซิเบลทุก ๆ 10 เท่าของความถี่ที่เพิ่มขึ้น เส้นทึบในภาพที่ (2.4) แสดงคุณสมบัติการตอบสนองความถี่จริงของวงจร

ออปแอมป์จะต่ออยู่ในลักษณะของวงจรตามสัญญาณ ความต้านทาน  $R_1$  ต่ออยู่เพื่อลดผลจากศักดา ออฟเซต ดังเช่นที่ได้อธิบาย

เนื่องจากออปแอมป์อยู่ในลักษณะของวงจรตามสัญญาณ ดังนั้นศักดาตกคร่อม  $C_1$  จะเท่ากับศักดา สัญญาณออก

การออกแบบวงจรในภาพรูปที่ 2.4 จะง่ายขึ้นมากถ้าเราให้ความต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  เท่ากัน หลัก การ ออกแบบจะแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดความถี่คัทออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. ให้  $R_1 = R_2 = R$  และเลือกค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10 กิโลโอห์ม ถึง 100 กิโลโอห์ม และให้

$$R_f = 2R \quad \dots\dots(2.5)$$

3. คำนวณ  $C_1$  จาก

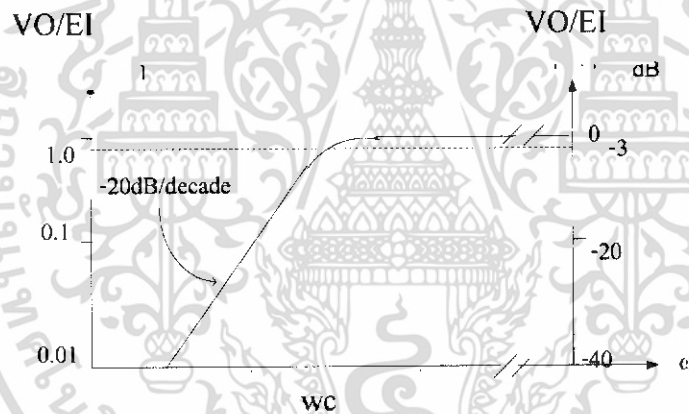
$$C = \frac{0.707}{\omega R} \quad \dots\dots(2.6)$$

4. และกำหนดให้  $C_2 = 2C_1$

**2.3.4 ฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ทสำหรับสัญญาณความถี่สูงผ่าน**

ฟิลเตอร์สำหรับสัญญาณความถี่สูงผ่านเป็นวงจร ที่ลดระดับสัญญาณความถี่ต่ำกว่าความถี่คัทออฟ  $\omega_c$  ส่วนสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า  $\omega_c$  จะให้ผ่านวงจรไปโดย ไม่มีการลดระดับดังนั้นฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านจะสลับลักษณะการปฏิบัติงานกับฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่านในรูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการตอบสนองต่อความถี่ สำหรับฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ทต่าง ๆ กัน 3 แบบ มุมเฟสของวงจรซึ่งมีอัตราเพิ่มระดับตามความถี่เท่ากับ 20 เดซิเบลต่อดีเซต จะเท่ากับ  $-45^\circ$  ณ  $\omega_c$  และมุมเฟส ณ จุด  $\omega_c$  จะเพิ่มขึ้น  $+45^\circ$  สำหรับ 20 เดซิเบลต่อดีเซตของอัตราเพิ่มระดับ ส่วนการเปรียบเทียบมุมเฟสของฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านทั้งสามแบบ

วงจรฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านในบทนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งได้กล่าวมาแล้วจะมีข้อแตกต่างกันเพียงประการเดียว คือตำแหน่งของความต้านทานและความจุไฟฟ้าจะสลับกัน



รูปที่ 2.5 ผลเปรียบเทียบการตอบสนองต่อความถี่ของฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ทรวม 3 กรณีด้วยกัน

**2.3.5 ฟิลเตอร์แบบ 20 เดซิเบลต่อดีเซต**

เมื่อเปรียบเทียบวงจรฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่าน กับฟิลเตอร์ ความถี่ต่ำผ่านของรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าตำแหน่งของ C และ R จะสลับกัน ส่วนความต้านทานป้อนสัญญาณกลับ  $R_f$  ทำหน้าที่ลดคอปเซต คักคาตรง เนื่องจากออปแอมในรูปต่ออยู่ในลักษณะวงจรตามสัญญาณดังนั้น คักคาสัญญาณออก  $V_o$  จะเท่ากับคักคาตกร่อม R และจะได้เท่ากับ

$$v_o = \frac{E_i}{1 - j/\omega R_c} \quad \dots\dots(2.7)$$

เมื่อ  $\omega$  มีค่าใกล้ศูนย์ในสมการ นี้  $V_o$  จะเข้าใกล้ศูนย์ด้วย และที่ความถี่สูงเมื่อ  $\omega$  เข้าใกล้อนันต์  $V_o$  จะเท่ากับ  $E_i$  เส้นทึบในกราฟของรูปที่ 2.5 แสดงการตอบสนองต่อความถี่จริงระดับของค่าขยายสัญญาณแบบรูปปี่จะเท่ากับ 0.707 เมื่อ  $\omega RC = 1$  ดังนั้นความถี่คutoffจะเท่ากับ

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad \dots\dots(2.8)$$

เหตุผลที่ว่าเราแสดงค่าของ R แทนที่จะเป็นค่าของ C ในสมการนี้ก็เพราะว่า ในฟิลเตอร์แบบความถี่สูงผ่าน เรามักจะกำหนดค่า C และ  $\omega_c$  แล้วคำนวณหาค่า R และกรรมวิธีการออกแบบวงจรมีดังต่อไปนี้

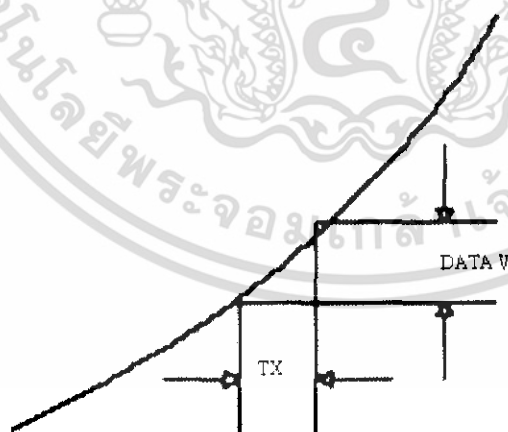
1. กำหนดความถี่คutoff  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. เลือกค่า C ที่เหมาะสม
3. เลือก  $R_f = R$

## 2.4 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

### 2.4.1 ทฤษฎีการ Sampling

ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นรหัสดิจิทัลนั้น ADC จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการซึ่งช่วงเวลาดังกล่าว นั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ แฟกเตอร์ เช่น ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ (จำนวนดิจิทัล) เทคนิคของการแปลงสัญญาณและความเร็วในการทำงานของชุดอุปกรณ์ร่วมอื่น ๆ การกำหนดความเร็วของการแปลงสัญญาณนี้ขึ้นอยู่กับ การประยุกต์ใช้งานเฉพาะอย่าง และความแม่นยำที่ต้องการ

ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณบางครั้งเรียกว่า Aperture time ซึ่งความหมายโดยทั่วไปหมายถึงช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนขึ้นในการวัด และผลก็คือเกิดความผิดพลาด (error) ต่อค่าที่วัดได้



รูปที่ 2.6 แสดง Error จากการวัดใน Aperture time.V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอนาล็อก  $V(t)$  มีอัตราการเปลี่ยนแปลง  $dv/dt$  ในช่วง Aperture time  $T_a$  ดังนั้นช่วงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอนาล็อกจะเท่ากับ  $\Delta v$  โดย

$$\Delta v = T_a \frac{dV(t)}{dt} \quad \dots\dots(2.9)$$

ดังนั้นหากเวลาที่ ADC ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในช่วงเวลา  $T_a$  นี้รหัสดิจิทัลที่ได้อาจจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาล็อกค่าใดค่าหนึ่งและส่วนอื่น ๆ ที่เหลือคือ error ที่เกิดขึ้น เรียก error ที่เกิดขึ้นนี้ว่า Aperture time error

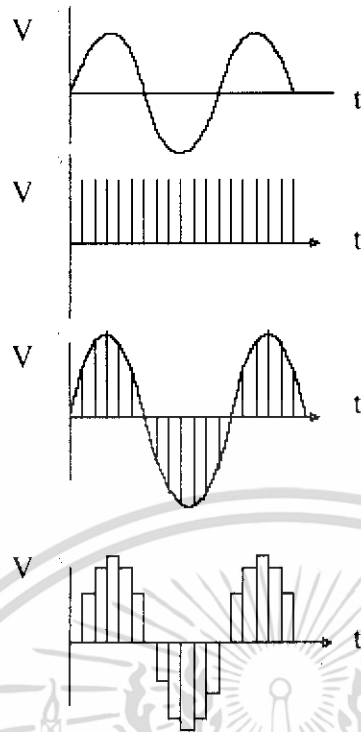
#### 2.4.2 ทฤษฎีการ Sample and Hold และ Aperture error

วงจร Sample and Hold จะทำการสุ่ม (Sampling) สัญญาณอินพุต และนำสัญญาณที่สุ่มนั้นมาเก็บ (hold) ไว้ในช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การประจุแรงดันนั้นไว้ในตัวเก็บประจุที่รั่วไหลต่อ Aperture time ของ Sample & Hold คือเวลาดังแต่เริ่มสุ่มสัญญาณจนเก็บประจุค่าแรงดันจนถึงค่าที่สุ่ม ซึ่งสำหรับ Sample and hold แล้ว Aperture time ขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์ และ Switching time ของอุปกรณ์แอกทีฟที่ใช้ในวงจรซึ่งหาและสร้างได้ง่ายและราคาถูกกว่าการสร้าง ADC ความเร็วสูง

ในการ สุ่มสัญญาณอนาล็อกจะถูกสุ่มเป็นระยะ ๆ ดังที่ตามรูปที่ 2.7 การสุ่มจะเป็นการตัดต่อสัญญาณอนาล็อกในช่วงเวลาอันสั้นด้วย สวิตซ์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วจะเสมือนกับการคูณขบวนสัญญาณพัลส์แคบ ๆ กับสัญญาณอนาล็อก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณที่มอดูเลตระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาล็อกโดยเสมือนว่าสัญญาณอนาล็อกจะขึ้นมาบนขบวนพัลส์ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ถ้าหากสัญญาณอนาล็อกที่ถูกสุ่มถูก hole จนกว่าสัญญาณค่าใหม่ถูกสุ่มเข้ามาซึ่งจะได้ลักษณะของเอาท์พุทที่แสดงในรูปที่ 2.7

มีปัญหาที่ว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นควรมีขนาดเท่าใดจึงจะไม่ทำให้ข้อมูลสูญหายไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นเช่นเดิม (Reconstruction) คำตอบ ก็คือขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณอนาล็อกทฤษฎีของการสุ่มกล่าวไว้ว่า “ถ้าสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีความถี่และฮาร์โมนิกไม่เกิน  $f_c$  ถูกสุ่มด้วยอัตราการสุ่มไม่ต่ำกว่า  $2f_c$  แล้วสัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้อย่างเดิมโดยไม่สูญเสียรายละเอียดผิดเพี้ยนไป”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การสุ่มสัญญาณ

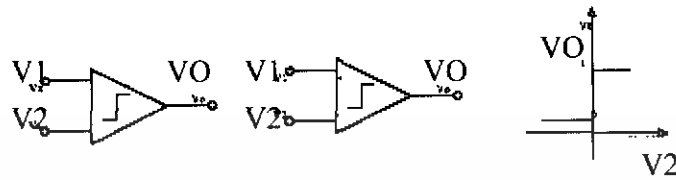
### 2.4.3 Analog to Digital Converter (ADC)

ลักษณะการจับวงจร ADC มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มีเพียงไม่กี่แบบและส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของวงจร

Basic conversion method วิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบง่าย ๆ แสดงในรูปที่ 23 แรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า  $V_x$  จะต่อเข้ากับขาอินพุตขาหนึ่งของอนาล็อก คอมพารเตอ์ และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา  $V_R$  ต่อเข้ากับอินพุตอีกขาหนึ่งของคอมพารเตอ์ ลักษณะของทรานเฟอร์ฟังก์ชันของคอมพารเตอ์แสดงในรูปที่ 24 ถ้าแรงดันอินพุต  $V_1$  มากกว่าอินพุต  $V_2$  แล้วแรงดันเอาต์พุตจะเป็นลอจิก 1 ถ้าอินพุต  $V_1$  น้อยกว่า  $V_2$  แล้วเอาต์พุตจะเป็นศูนย์ วิธีในการแปลงข้อมูล คือ แรงดันอ้างอิงจะถูกแปรค่าจนกระทั่งรู้ค่าแรงดันอินพุตที่ผิดพลาดไม่เกิน Quantization error ของคอนเวอร์เตอร์ในแนวความคิดแล้วตรรกะของ ADC คือพยายามเลือกกลุ่มของ ส.ป.ส. ไบนารี  $a_i$  เพื่อให้ผลต่างระหว่างแรงดันอินพุต  $V_x$  และค่าคงที่ Quantize ได้ครั้งสุดท้าย น้อยกว่า  $0.5 \text{ LSB}$  ซึ่งเขียนเป็นสมการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

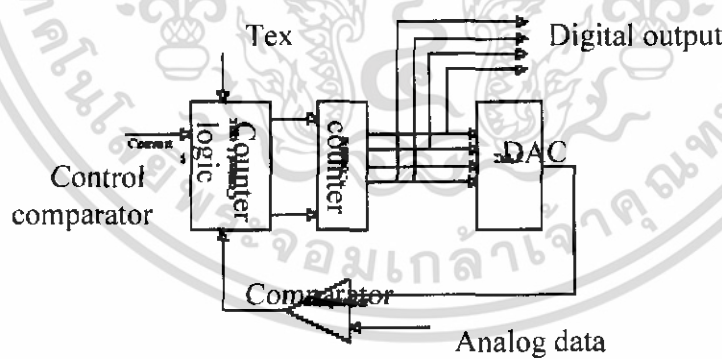
$$\left[ \left( V_x - V_{FSR} \sum a_i 2^i \right) \right] < 0.5LSB \quad \dots\dots(2.10)$$



รูปที่ 2.8 แสดงทรานสเฟอร์ชันของคอมพารเตอร์

2.4.4 Counter type ADC

การจับวงจร ADC ลักษณะนี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุด หลักการทำงานของวงจรคือ การเปรียบเทียบขนาดของแรงดันที่เข้าพุทของ DAC กับสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่า  $V_{in}$  การทำงานจะเริ่มโดยสัญญาณ star conversion สตอจิกคอนโทรลจะรีเซ็ตเคาน์เตอร์ให้เป็นศูนย์ แล้วเริ่มนับขึ้นจากศูนย์เอาต์พุตของเคาน์เตอร์จะป้อนให้ DAC เพื่อแปลงเป็นสัญญาณอนาลอกลักษณะเป็นขั้นบันได นำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาลอกอินพุตที่คอมพารเตอร์ โดยเคาน์เตอร์จะยังนับจนกระทั่งเอาต์พุตเท่ากับสัญญาณอนาลอกอินพุตหรือต่างกันไม่เกิน 1 LSB แล้วคอมพารเตอร์จะเปลี่ยนสถานะไปหยุดการนับของเคาน์เตอร์ และ latch ค่าจากเคาน์เตอร์เพื่อรอการประมวลต่อไป และรอรับสัญญาณ start ใหม่



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของ counter type DAC

วงจรมีข้อเสียที่ทำงานได้ช้าเพราะการ Conversion แต่ละครั้งเคาน์เตอร์จะต้องถูกรีเซ็ตและเริ่มนับจากศูนย์ทุกครั้ง ดังนั้นในการ conversion เป็นดิจิทัล ก บิตจะใช้จำนวน clock ถึง  $2n$  เพื่อเปลี่ยนให้ได้ค่าสูงสุดเต็มสเกล ส่วนข้อดี คือ สร้างได้ง่ายรวดเร็วราคาถูกแต่ความแม่นยำขึ้นอยู่กับ DAC ที่ใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

### Tracking ADC

Tracking ADC จะปรับปรุงวงจรแบบcounter type ทางด้านความเร็ว โดยใช้เคาน์เตอร์แบบนับขึ้นลงได้ไม่จำเป็นต้องเริ่มจากรับจากศูนย์ทุกครั้ง แต่จะเริ่มนับจากค่าที่ได้ Latch ไว้จากการเปลี่ยนสัญญาณครั้งล่าสุด ดังนั้น ส่วนควบคุมการทางลอจิกจึงซับซ้อนมากกว่า โดยการทำงานจะเป็นดังนี้ เอาต์พุตจาก DAC จะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต ( $V_{in}$ ) หาก  $V_{in}$  มากกว่า ลักษณะลอจิกของคอมพิวเตอร์จะควบคุมให้เคาน์เตอร์นับขึ้นแต่ถ้า  $V_{in}$  น้อยกว่าเคาน์เตอร์จะนับลงจนกว่าค่าล่าสุดของเคาน์เตอร์จะต่างจากสัญญาณอนาล็อก อินพุตไม่เกิน 1 LSB และค่าของเคาน์เตอร์ จะถูก latch ไว้จากนั้นเคาน์เตอร์จะทำงานแบบติดตาม (track) สัญญาณอินพุตจนได้ค่าเท่ากันอีกครั้งก็จะ latch ค่าใหม่ไว้

จากลักษณะการทำงานดังกล่าว  $V_{in}$  จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเร็วกว่าการทำงานของเคาน์เตอร์ มิฉะนั้นค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่สอดคล้องกับสัญญาณอินพุต ตัวอย่างในกรณี สัญญาณรูปไซน์เปลี่ยนแปลงขนาดได้มากที่สุดเท่ากับค่าเต็มสเกล อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตของเคาน์เตอร์ คือ 1 LBS /clock period ดังนั้นถ้าต้องการให้ ADC ตามอินพุตได้จะต้องให้

$$\frac{V_{LS}}{2} \omega_a < \frac{V_{LS} f_c}{2} \quad \dots (2.11)$$

และ  $f_a < \frac{f_c}{\pi 2^n} \quad \dots (2.12)$

$f_c$  คือความถี่ของ Clock

### 2.5 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกวงจรรับสัญญาณอินพุตวงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มากกว่า 2 คำ รวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือ ซีพียู หน่วยความจำคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ แลวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

73152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์

แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก บัสข้อมูลและ แอดเดรสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำ โปรแกรมกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นั้นหมายความว่า การใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าหากต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ไอซี ขยายพอร์ต ทำให้การสร้างระบบควบคุมจึงต้องการอุปกรณ์จำนวนมาก ส่งผลให้ขนาดระบบใหญ่พอสมควร

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเห็นได้ชัดอย่างชัดเจนว่า ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์หากแต่จะบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมหน่วยความจำข้อมูล และพอร์ตอินพุตไว้ภายในพร้อมสรรพ ผู้ใช้งานจึงเพียงแต่บรรจุหน่วยความจำโปรแกรมโปรแกรมควบคุมลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อาทิ คริสตัล ตัวเก็บประจุเป็นต้น สุดท้ายเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตเข้ากับพอร์ต เพียงเท่านี้ก็สามารถใช้งานได้แล้ว

อย่างไรก็ตามไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้เช่นกัน โดยพิจารณาให้หน่วยความจำภายนอกนั้นเป็นอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตตัวหนึ่ง แล้วใช้ขาพอร์ตที่มีอยู่ทำการติดต่อ ในตารางที่ 1-1 เป็นตารางสรุปความแตกต่างที่สำคัญระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติ	ไมโครโปรเซสเซอร์	ไมโครคอนโทรลเลอร์
ขนาดของหน่วยประมวลผลกลาง	ไม่น้อยกว่า 8 บิต	ส่วนในจะจะมีขนาด 8 บิต
หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก	มีอยู่ภายใน	มีอยู่ภายใน
วงจรถ่ายทอดสัญญาณนาฬิกา	มีอยู่ภายใน	มีอยู่ภายใน
การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม	เชื่อมต่อกับภายนอกเท่านั้น	ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูล	เชื่อมต่อกับภายนอกเท่านั้น	ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	เชื่อมต่อกับภายนอกเท่านั้น	มีอยู่ภายใน และสามารถขยายได้
โทเมอร์/แคปเตอร์	ไม่มีในชิพขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว ขนาด 8-16 บิต
วอตซ์ดีท็อกโทเมอร์	ไม่มีในชิพขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว
จำนวนขาต่อใช้งาน	ไม่น้อยกว่า 40 ขา	มีตั้งแต่ 8 ขาขึ้นไป

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ ไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์

โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่ใช้เรียนรู้ในหนังสือเล่มนี้อ้างอิงถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนเพื่อใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้โปรแกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

2. ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์ละเครื่องโปรแกรมอีพรอม

3. บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

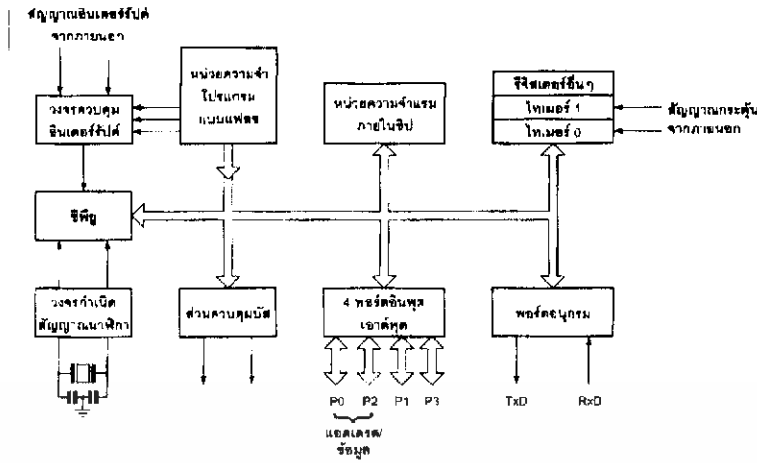
5. ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำการ โปรแกรมข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม ได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการ โปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือในระบบ (In-system programming) ทำให้การพัฒนา หรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนปรับปรุง หรืออัปเดตข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้สะดวก ภายในได้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเทล, ซิเมนต หรือคัลลัส

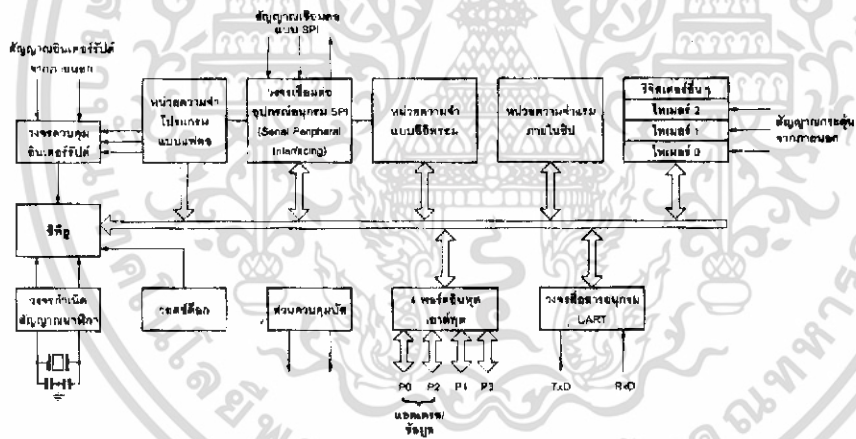
คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 รุ่น AT89xx

- 1 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- 2 ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช สามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- 3 หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- 4 ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- 5 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- 6 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- 7 สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- 8 สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- 9 มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกที่อยู่ภายในชิป
- 10 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในเป็นอนุกรม AT89Sxx
- 11 มีวอตช์ด็อกไทมเมอร์ในตัวสำหรับในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

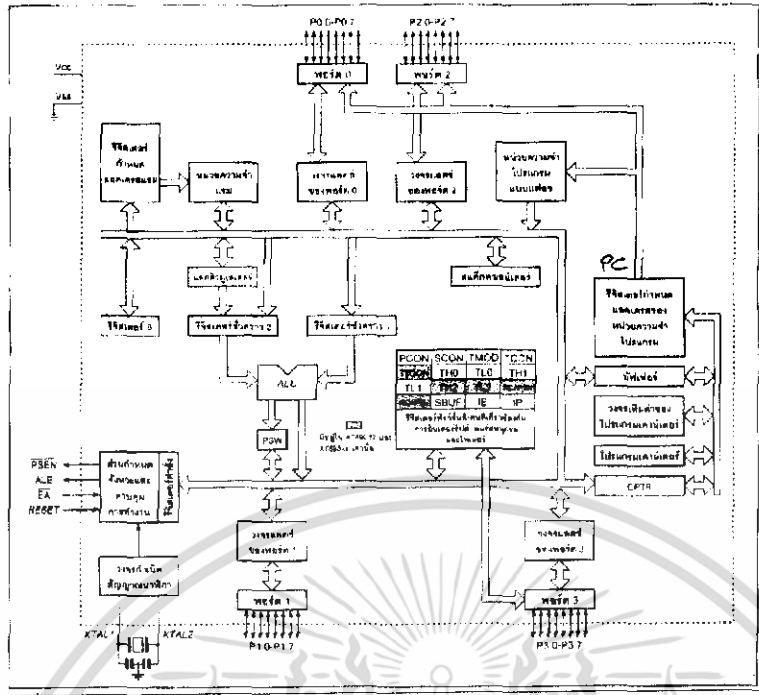


รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

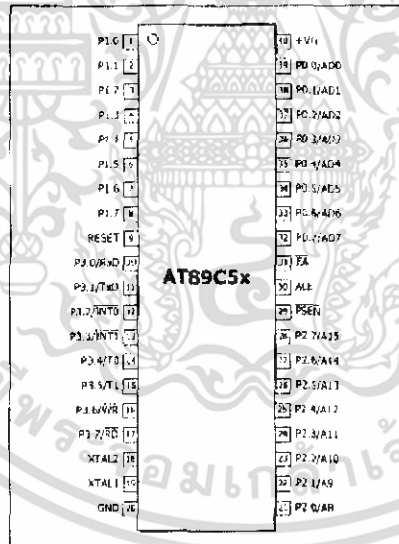


รูปที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 แบบเฟรช



รูปที่ 2.13 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 เบอร์ AT89C52x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

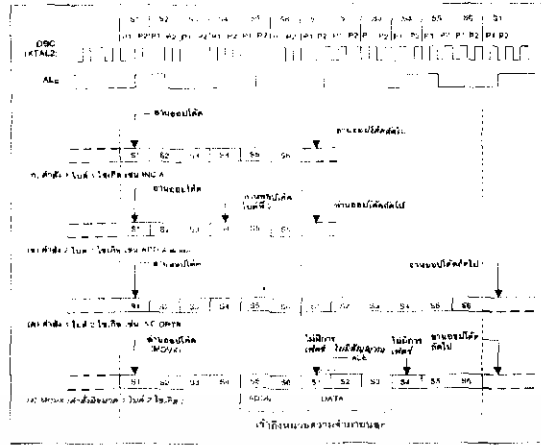
### 2.5.2 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของ ซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลัก ๆ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือ กระบวนการเอ็กซีคิวต์ (execute) เป็นการ กระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้าที่ เมื่อทำการ เอ็กซีคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้วก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซ็ตในลักษณะที่เรียกว่า เพาเวอร์ออร์นรีเซ็ต (power-on reset) ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยรับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือ แมซินไซเคิล ในรูปที่ 2.14 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมซินไซเคิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมี ค่าเวลาเท่ากับ 2 ความเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีความเวลาเท่ากับ 1ms ความเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส 1 (phase 1 ) และเฟส 2 (phase 2)

ในรูปที่ 2.14 จะเป็นการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเคิล เริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง การเฟตช์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมซินไซเคิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟตช์ครั้งที่ 2 ภายใน แมซินไซเคิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเคิล จะสิ้นสุดการทำงานลง ในสเตต 6 ของแมซินไซเคิลเดียวกันในกรณีคำสั่งใช้เวลา 2 ไซเคิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมซินไซเคิลที่สองดังที่ไดอะแกรมรูปที่ 2.14 (ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเคิล จะไม่มีการเฟตช์เกิดขึ้นใน ไซเคิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้เนื่องจากซีพียูจะ ไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงใน ไดอะแกรมรูปที่ 2-7 (ง) จะเห็นได้ว่าเวลา ในการ เอ็กซีคิวต์ จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

ในรูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณและ ไดอะแกรมองการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยในรูปที่ 2.14 เป็นไดอะแกรมในขณะที่ยังไม่มีกระทำการคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ ALE และ PSEN จะเกิดการ แอکتีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมซินไซเคิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอکتีฟที่พอร์ต 0 (P0) จะมีค่าของรีจิสเตอร์ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ต 2 (P2) ก็จะมีค่าของ PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับขา PSEN ก็จะมีการแอکتีฟ เมื่อมีการติดต่อกับหน่วย ความจำโปรแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำการคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงความจำ



รูปที่ 2.14 ไตอะแกรมเวลาแสดงการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกของ MCS 51 แบบแฟรช ข้อมูลภายนอกที่ขา PSEN จะไม่เกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายใน 1 แมซึนไซเกิลเนื่องจากบัสแอดเดรสและ บัสข้อมูลจะถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคงแอกตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไตอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า การทำงาน 1 รอบ หรือ 1 แมซึนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบ เวลาของสัญญาณนาฬิกานั้นคือเวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมซึนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปได้เป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

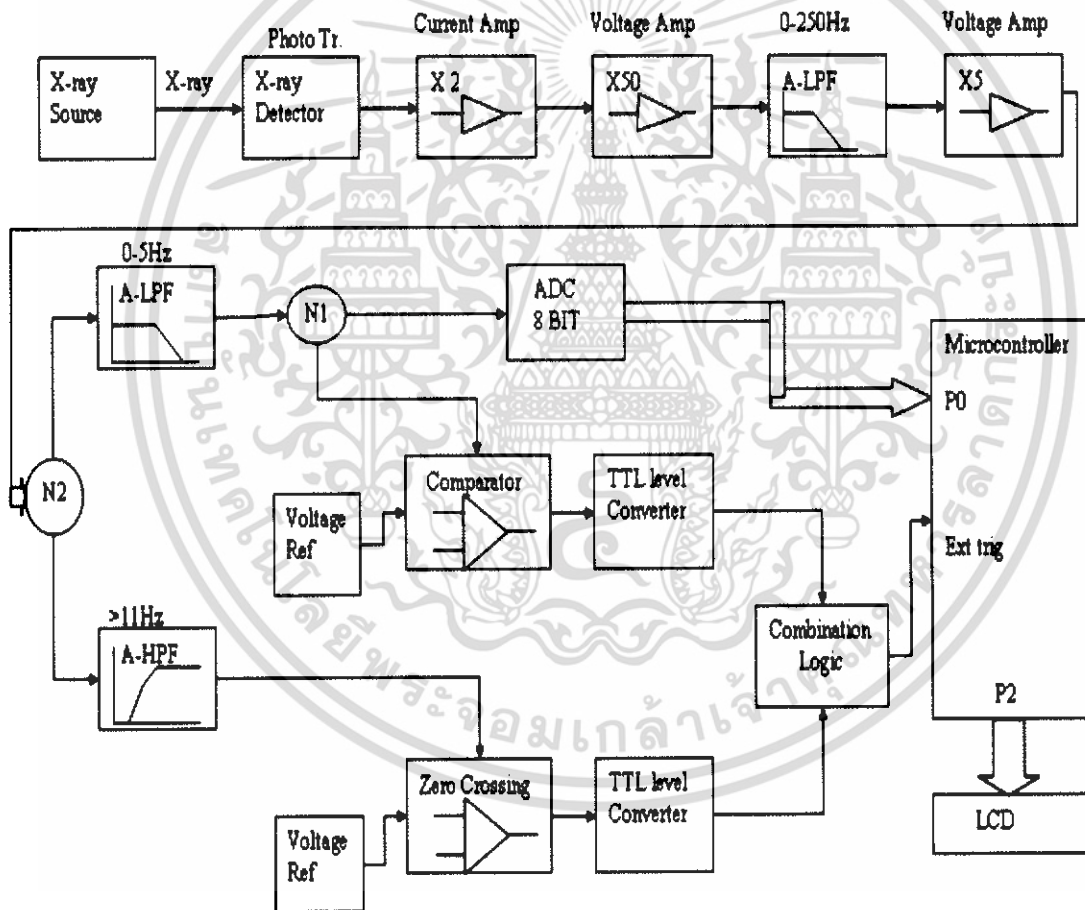
$$\begin{aligned} & \text{ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ} \\ & \text{ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2)/12} \\ & \text{เวลา 1 แมซึนไซเกิล} = 1/\text{ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## การออกแบบและสร้างวงจร

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วไว้ในบทที่ 1 ว่าโครงการนี้ประกอบด้วย 3 ภาคคือ ภาคตรวจรับรังสีเอ็กซเรย์ ภาคประมวลผล ภาคแสดงผล ในบทนี้จะได้นำเสนอกระบวนการ การออกแบบการสร้างจริง โดยเราสามารถเขียน บล็อกไดอะแกรมของวงจรรวมทั้งหมดได้ดังนี้

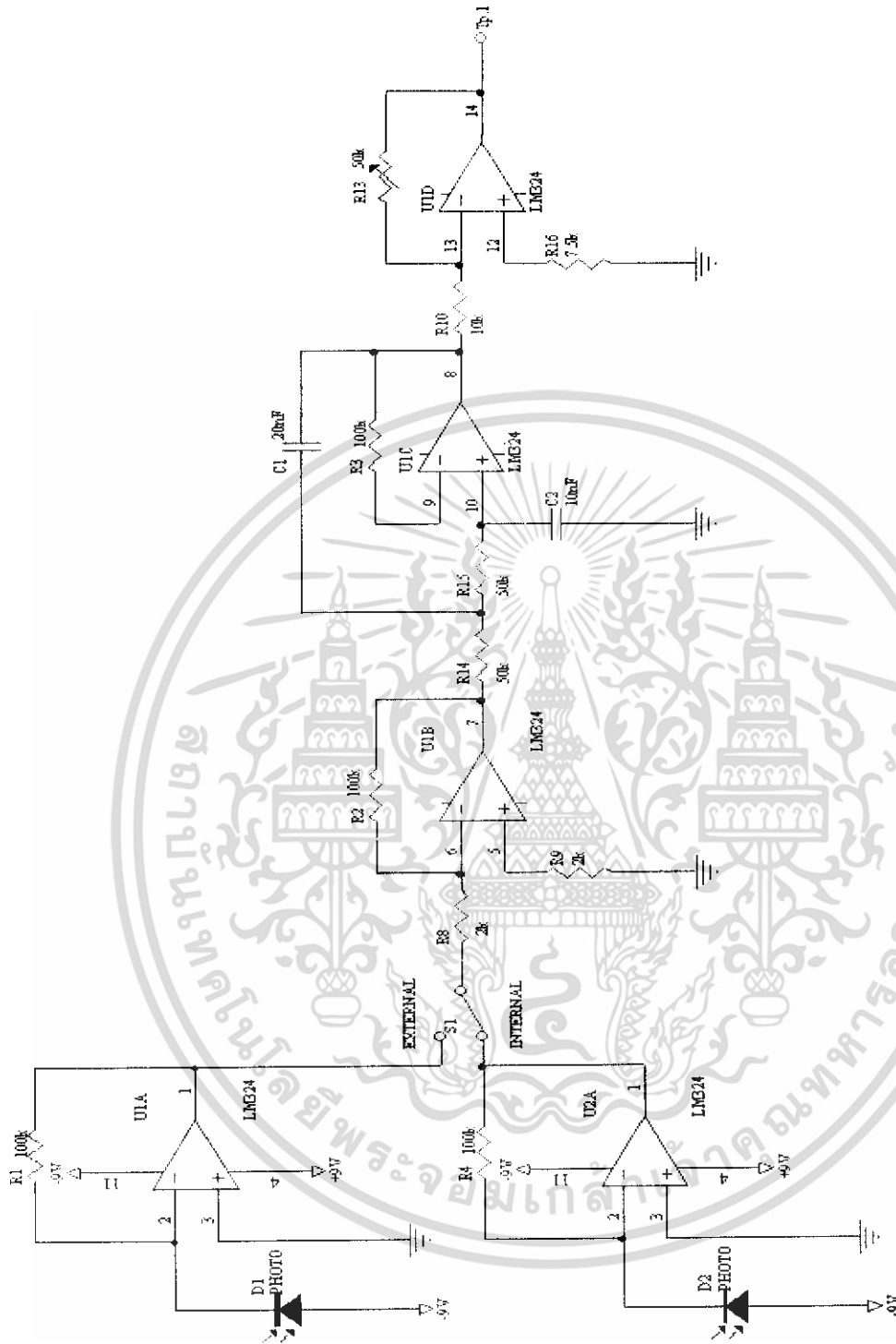


รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ X-ray calibration unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

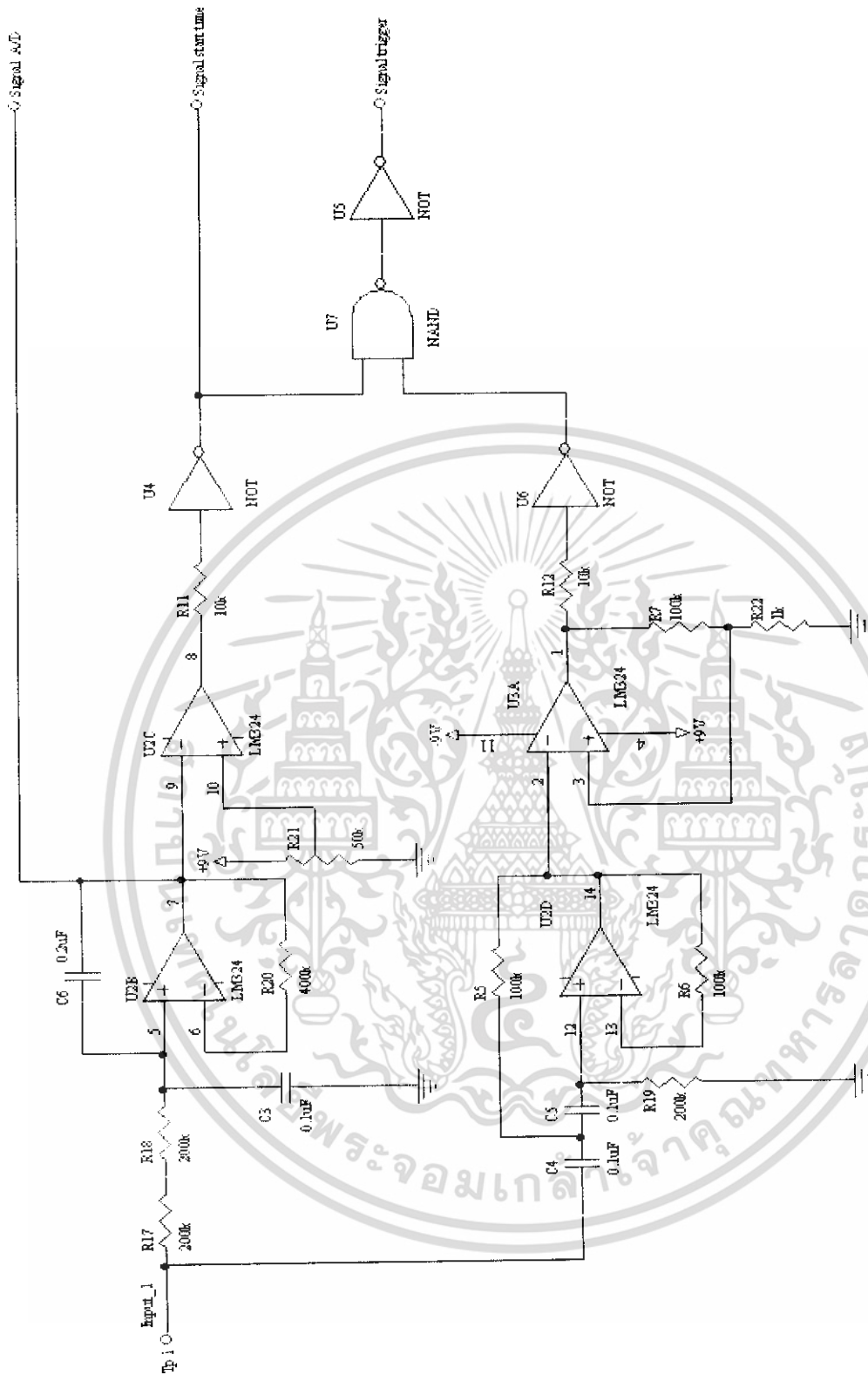
### 3.1 ภาคตรวจรับรังสีเอ็กซ์เรย์

โดยหลักการการทำงานของวงจรมอเตอร์ในส่วนนี้คือการที่วงจรมอเตอร์จะต้องสามารถที่จะทำการตรวจสอบสัญญาณของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งสัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณที่มีการผสมรวมกันระหว่างสัญญาณไฟตรงกับสัญญาณไฟสลับ โดยสัญญาณไฟสลับจะเข้ามาบนสัญญาณไฟตรง โดยความแรงของสัญญาณไฟตรงจะมีระดับความแรงสัญญาณขึ้นกับความแรงของรังสีเอ็กซ์ เพราะฉะนั้นเราจะต้องตรวจวัดสัญญาณดังกล่าวออกมาและแยกสัญญาณทั้งสองออกจากกันเพราะว่าเราจะต้องนำสัญญาณแต่ละตัวไปสู่กระบวนการอื่นต่อไปโดยโดยวงจรมอเตอร์นี้ได้มีการประยุกต์ใช้ไดโอดรับแสง(Photo diode) รับแสงที่เกิดที่สารฟอสเฟอร์เนื่องจากว่าสารฟอสเฟอร์จะมีการทำปฏิกิริยากับพลังงานของรังสีเอ็กซ์ทำให้สารฟอสเฟอร์จะมีการเรืองแสงขึ้นมา ซึ่งปริมาณความสว่างของแสงจะแปรผันตรงกับระดับความแรงของรังสีเอ็กซ์ที่ฉายมานั้นเองดังนั้นเราสามารถที่จะดึงเอาสัญญาณตรงขาเอาต์พุตของ ทราานซิสเตอร์แสงออกมาส่งต่อไปยังวงจรมอเตอร์ เพื่อที่จะทำการขยายสัญญาณดังกล่าวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและทำการตัดสัญญาณรบกวนออกไปและ เมื่อได้สัญญาณออกมาตามต้องการเราจะต้องทำการยกสัญญาณไฟตรงกับสัญญาณไฟสลับออกจากกันโดยการใช่วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านซึ่งทำให้เราสามารถที่จะได้สัญญาณไฟตรงออกมาจากวงจรมอเตอร์ และในทำนองเดียวกันก็สามารถแยกสัญญาณไฟสลับออกมาได้ใช่วงจรกรองความถี่สูงผ่านนั่นเอง และหลังจากนั้นสัญญาณไฟตรงจะถูกส่งไปยังวงจรมอเตอร์แปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล แล้วค่าดิจิตอลที่ได้มาจะถูกส่งไปยังไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อประมวลผลโดยจะขออธิบายในหัวข้อต่อไป ส่วนสัญญาณไฟสลับที่ออกมาได้ข้างต้นจะใช้ประโยชน์ในการหาเวลาในการฉายรังสีแต่ละครั้ง เพราะอย่างที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่ารังสีเอ็กซ์ที่ออกมาจะมีสัญญาณกระแสสลับออกด้วยซึ่งสัญญาณนี้จะความถี่ 50 เฮิร์ต เป็นสัญญาณ ชาร์จเวฟ ซึ่งเราจะทำการสร้างสัญญาณแควเวฟขึ้นมา โดยอ้างอิงจากสัญญาณชาร์จเวฟดังกล่าวโดยจะใช่วงจร ZERO CROSSING เพื่อที่จะสร้างสัญญาณแควเวฟขึ้นมาแล้วจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป ซึ่งจากหลักการที่กล่าวไปนั้นเราจะทำการออกแบบวงจรมอเตอร์ดังรูปที่3.2



รูปที่ 3.2 แสดงรูปวงจรภาคตรวจรับรังสีเอกซ์เรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

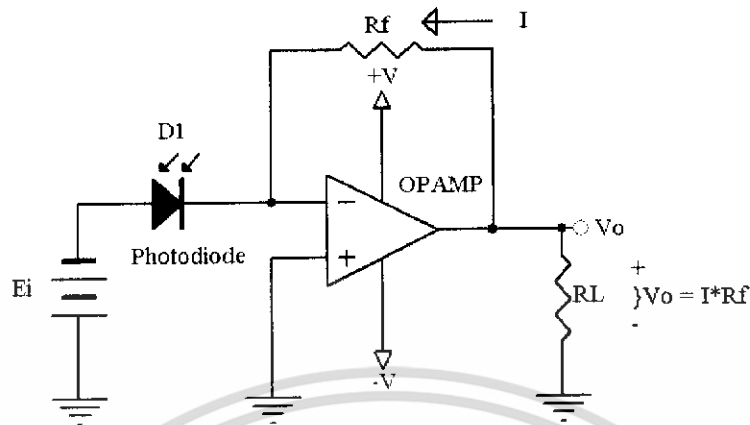


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรองความถี่เปลี่ยนรูปสัญญาณเป็นพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 การคำนวณวงจรขยายภาคต่างๆ

#### โฟโตไดโอด(Photodiode)



รูปที่ 3.4 แสดงวงจร โฟโตไดโอด

ขาค้านอนของโฟโตไดโอดจะต่ออยู่ที่ศักดาลบ(-) ของแหล่งจ่าย  $E_i$  ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อกับศักดาดินเสมือน ดังนั้นโฟโตไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับ ซึ่งเป็นลักษณะการไบอัสที่ไดโอดต้องการในกรณีปฏิบัติงานปกติ ดังนั้นในบริเวณที่มีดจะมีกระแสไหลผ่านโฟโตไดโอดในระดับต่ำมาก (ในระดับนาโนแอมป์) แต่ในกรณีที่มีแสงตกกระทบกระแสไหลผ่านโฟโตไดโอดอาจจะได้ค่าสูงถึง 50 ไมโครแอมป์ ดังนั้นกระแส  $I$  ซึ่งไหลผ่านไดโอดจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงเป็นส่วนใหญ่ และ  $E_i$  จะมีผลต่อกระแส  $I$  น้อยมาก กระแสไหลผ่านไดโอดดังกล่าวนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นศักดาโดยความต้านทาน  $R_f$

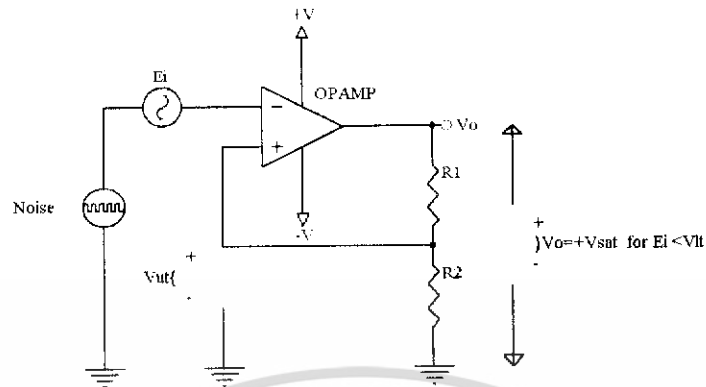
การคำนวณค่าแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  โดยกำหนดค่า  $R_f = 100\text{k}\Omega$  เมื่อแสงตกกระทบโฟโตไดโอดและมีกระแสไหลเท่ากับ 1 ไมโครแอมป์ และ 50 ไมโครแอมป์จะคำนวณได้

$$\text{จากสูตร } V_o = R_f \cdot I \quad \dots\dots(3.1)$$

$$\text{ที่ } I = 1\mu\text{A} \text{ ได้ } V_o = 100\text{k}\Omega \times 1\mu\text{A} = 0.1\text{V}$$

$$\text{ที่ } I = 50\mu\text{A} \text{ ได้ } V_o = 100\text{k}\Omega \times 50\mu\text{A} = 5.0\text{V}$$

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ(Comparators)

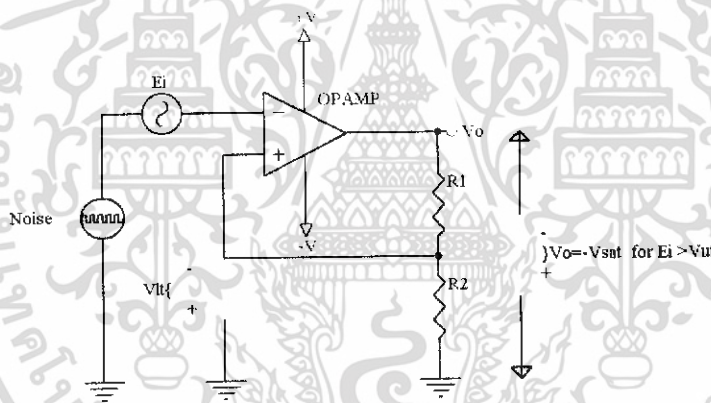


รูปที่ 3.5 รูปแสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบป้อนกลับเพิ่มกำลังเมื่อ  $E_i < V_{It}$

การคำนวณหาค่า  $V_{ut}$  โดยที่ 
$$V_{ut} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{sat}) \dots\dots(3.2)$$

และกำหนดค่า  $R_1 = 100k\Omega$  ,  $R_2 = 100\Omega$  และ  $+V_{sat} = +9V$

$$V_{ut} = \frac{100}{100k + 100} (+9V) = 9.0mV$$



รูปที่ 3.6 รูปแสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบป้อนกลับเพิ่มกำลังเมื่อ  $E_i > V_{It}$

การคำนวณหาค่า  $V_{It}$  โดยที่ 
$$V_{It} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{sat}) \dots\dots(3.3)$$

และกำหนดค่า  $R_1 = 100k\Omega$  ,  $R_2 = 100\Omega$  และ  $-V_{sat} = -9V$

$$V_{It} = \frac{100}{100k + 100} (-9V) = -9.0mV$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

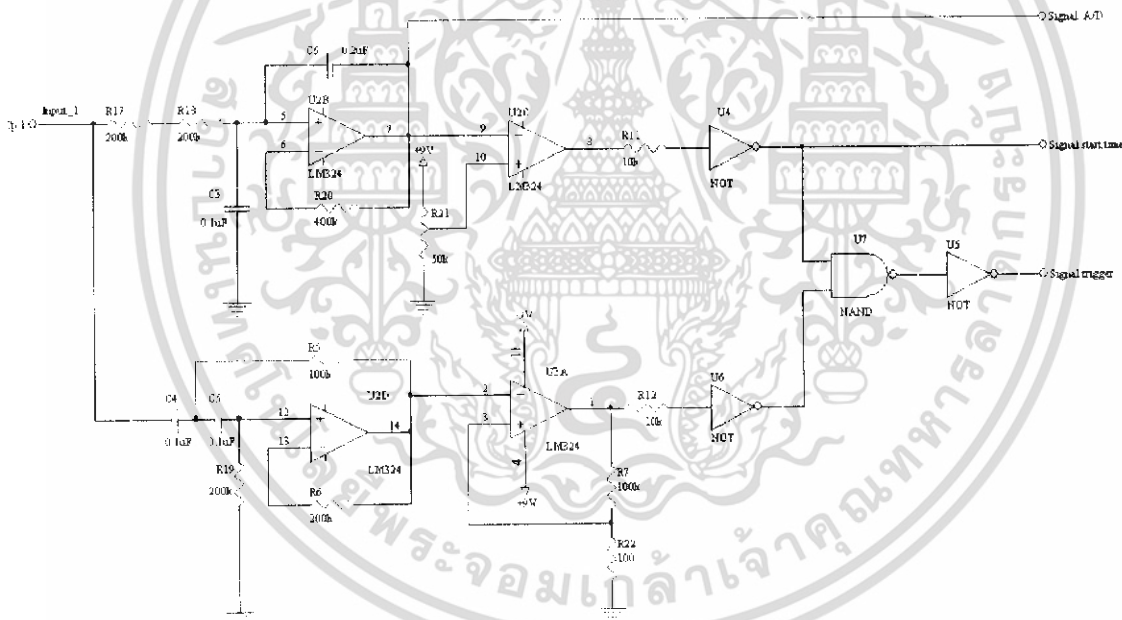
**ฮิสเทอเรซิส (Hysteresis)**

จากค่า  $V_{ut}$  และ  $V_{lt}$  ที่คำนวณได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระดับค่าแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  โดยในกรณีที่สัญญาณ  $E_i + \text{Noise}$  มีระดับต่ำกว่า  $V_{ut}$ ,  $V_o = +V_{sat}$  ในขณะที่  $E_i + \text{Noise}$  มีระดับสูงกว่า  $V_{ut}$  ค่า  $V_o$  จะเปลี่ยนจาก  $+V_{sat}$  เป็น  $-V_{sat}$  และในทางกลับกัน  $V_o$  จะเปลี่ยนจาก  $-V_{sat}$  ไปสู่  $+V_{sat}$  ในกรณีที่  $E_i + \text{Noise}$  มีระดับต่ำกว่า  $V_{lt}$  ระดับสวิตช์แตกต่างกันระหว่าง  $V_{ut}$  และ  $V_{lt}$  จะเรียกว่าเป็นระดับ สวิตช์คาฮิสเทอเรซิส ( $V_H$ ) โดยคำนวณได้จากสมการ

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} \quad \dots\dots(3.4)$$

$$V_H = 9.0m - (-9.0m) = 1.8mV$$

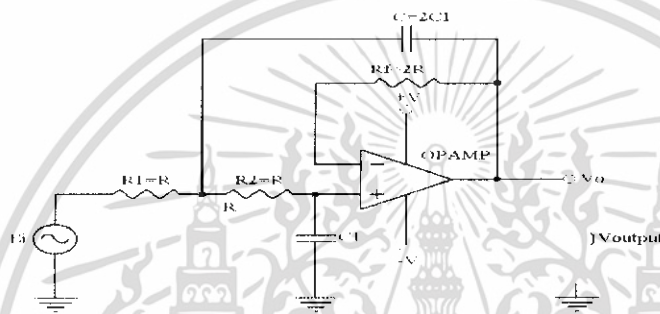
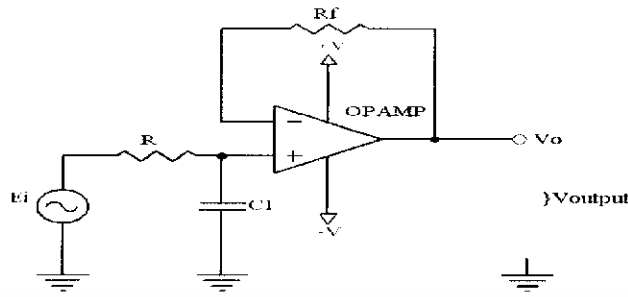
ถ้าการออกแบบค่าสวิตช์คาฮิสเทอเรซิสมากกว่าค่าแรงจากขอดีขงขอดีของสัญญาณรบกวน ผลสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะออกมาถูกต้อง



รูปที่ 3. 7 แสดงวงจร Zero crossing และวงจร Competition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การคำนวณวงจร Active Low pass filter



รูปที่ 3.8 แสดงวงจร Active Low pass filter

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบลดลงทีละ 20dB/decade หากความถี่คัตออฟ (Cutoff frequency) ของวงจร ได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \dots\dots(3.5)$$

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C} \dots\dots(3.6)$$

วิธีการออกแบบมี 3 ลำดับคือ

1. เลือกค่าความถี่คัตออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. เลือกค่าตัวเก็บประจุ C โดยควรใช้ค่าระหว่าง 0.001uF ถึง 0.1uF
3. คำนวณหาค่าความต้านทานจากสมการ  $R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบลดลงทีละ 40dB/decade หากความถี่คัตออฟ(Cutoff frequency) ของวงจรได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{0.707}{RC} \quad \dots\dots(3.7)$$

วิธีการออกแบบมี 5 ลำดับคือ

1. เลือกความถี่คัตออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. เลือกค่า  $C_1$  โดยให้มีค่าอยู่ระหว่าง 100pF และ 0.1uF
3. กำหนดค่า  $C_2 = 2C_1$
4. คำนวณหาค่าความต้านทาน  $R$

$$R = \frac{0.707}{\omega_c C_1} \quad \dots\dots(3.8)$$

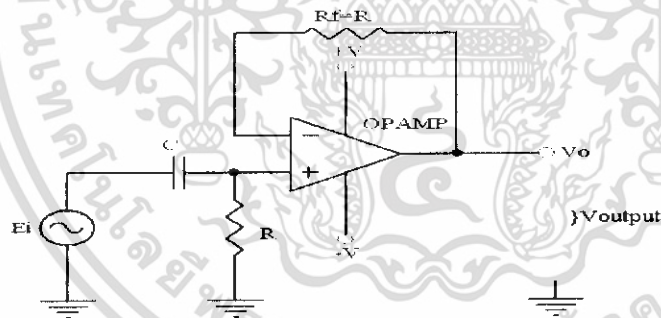
5. เลือกค่า  $R_f = 2R$

การคำนวณค่าต่างๆในวงจร สมมติเลือกความถี่ที่  $f_c = 200H_z$  เลือกค่า  $C_1 = 10nF$  และ  $C_2 = 2C_1 = 20nF$  คำนวณหาความต้านทาน  $R$

$$R = \frac{0.707}{\omega_c C_1} = \frac{0.707}{2\pi(200)(10 \times 10^{-9})} = 56.2k\Omega$$

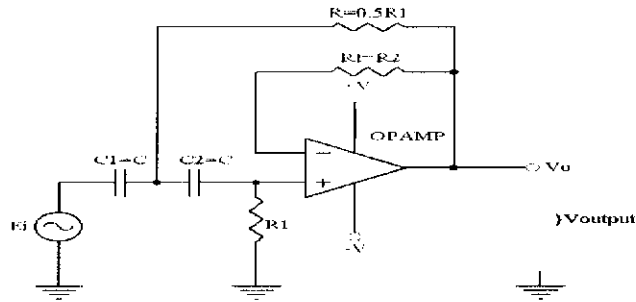
แต่เลือกค่าความต้านทานที่  $R = 50k\Omega$  ซึ่งได้ค่าความถี่เท่ากับ  $225 H_z$  และจะได้ค่า  $R_f = 2R = 100k\Omega$

### 3.1.3 การคำนวณวงจร Active High pass filter



รูปที่ 3.9 แสดงวงจร Active High pass filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 (ต่อ) แสดงวงจร Active High pass filter

วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบเพิ่มขึ้นที่ละ 20dB/decade หาความถี่คัตออฟ(Cutoff frequency) ของวงจรได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c$$

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

วิธีการออกแบบมี 4 ลำดับคือ

1. เลือกค่าความถี่คัตออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. เลือกค่าตัวเก็บประจุ C โดยควรใช้ค่าระหว่าง 0.001 $\mu$ F ถึง 0.1 $\mu$ F
3. คำนวณหาค่าความต้านทานจากสมการ  $R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$
4. เลือกค่า  $R_f = R$

วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบเพิ่มขึ้นที่ละ 40dB/decade หาความถี่คัตออฟ(Cutoff frequency) ของวงจรได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{1.414}{R_1 C} \quad \dots\dots(3.9)$$

วิธีการออกแบบมี 5 ลำดับคือ

1. เลือกความถี่คัตออฟ  $\omega_c$  หรือ  $f_c$
2. กำหนดค่า  $C_1 = C_2 = C$  และเลือกค่าตามความเหมาะสม
3. คำนวณหาค่า  $R_1$  จาก

$$R_1 = \frac{1.414}{\omega_c C} \quad \dots\dots(3.10)$$

4. เลือกค่า  $R_2 = \frac{1}{2}(R_1) \quad \dots\dots(3.11)$

5. และทำให้ค่า ดีซีออฟเซตมีค่าน้อยที่สุดโดยเลือกค่า  $R_f = R_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าต่างๆในวงจร สมมติเลือกความถี่ที่  $f_c = 10\text{Hz}$  เลือกค่า  $C_1 = C_2 = C = 0.1\mu\text{F}$  แล้วคำนวณหาค่า  $R_1$  จาก

$$R_1 = \frac{1.414}{2\pi(10)(0.1 \times 10^{-6})} = 225\text{k}\Omega$$

แต่เลือกค่าความต้านทานที่  $R_1 = 200\text{k}\Omega$  ซึ่งได้ค่าความถี่เท่ากับ  $11\text{Hz}$  เสร็จแล้วเลือกค่า

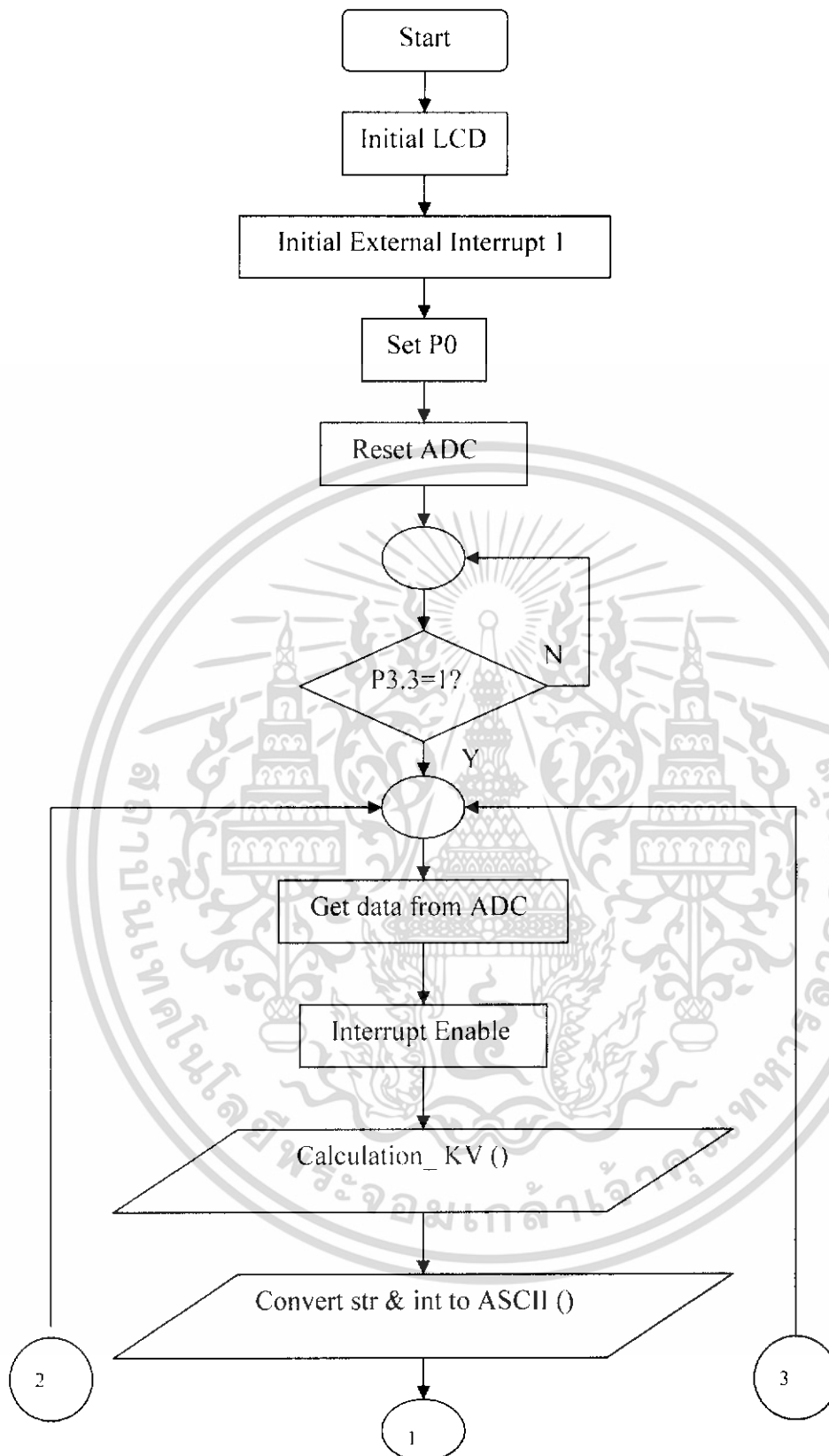
$$R_2 = \frac{1}{2}R_1 = 100\text{k}\Omega \text{ และเลือกค่า } R_f = R_1 = 200\text{k}\Omega \text{ เพื่อให้ค่า ดีซีออฟเซต(DC offset) มีค่าน้อย}$$

สุด

### 3.2 ภาคประมวลผล

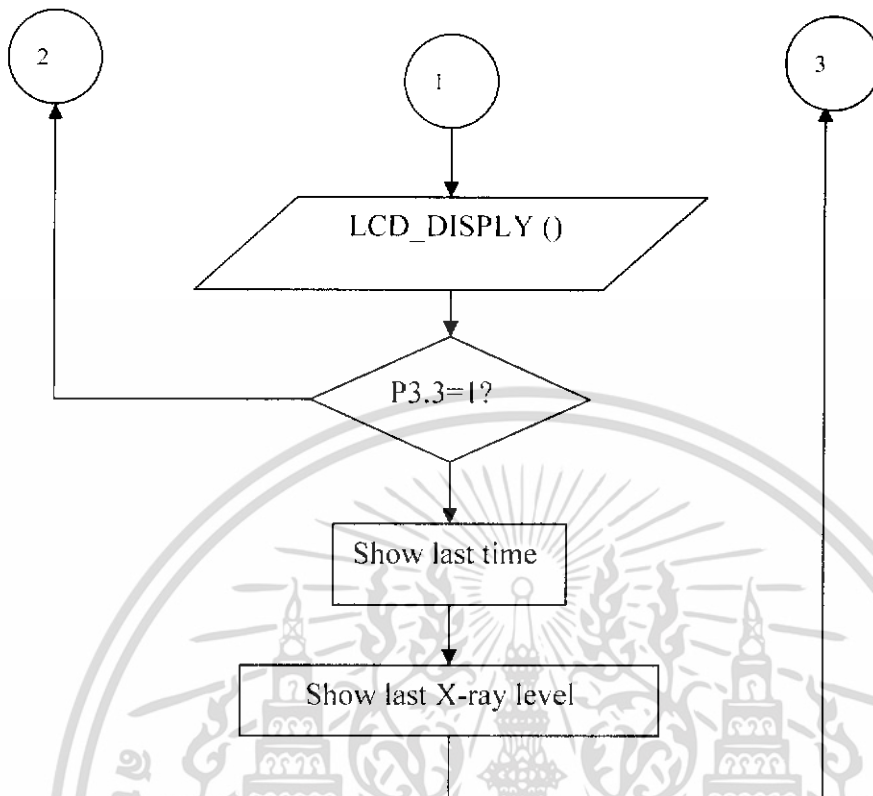
หลักการการทำงานของภาคประมวลผลสัญญาณคือการรับสัญญาณดิจิทัลซึ่งเปรียบเหมือนสัญญาณอินพุตของภาคประมวลผลนั่นเอง ซึ่งเราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8252 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ของ บริษัท ATMAL โดยรายละเอียดเบื้องต้นได้แนะนำไว้ในบทที่ 2 แล้วหลักการประมวลผลคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับอินพุตที่ได้กำหนดไว้ให้ต่ออยู่ที่ PORT 0 เข้ามาซึ่งเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อินพุตเข้ามาแล้วจะนำค่าดังกล่าว ไปทำการเปรียบเทียบกับค่าที่เป็นฐานข้อมูลซึ่งฐานข้อมูลนี้ได้มาจากการทำการทดลองเก็บค่าข้อมูลหลายๆครั้งและ ทำการหาค่าเฉลี่ยของมูดดังกล่าวแล้วจึงนำไปเป็นฐานข้อมูล และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำการพบข้อมูลที่ต้องการก็จะนำข้อมูลนั้นไปแสดงผลต่อ ซึ่งค่าที่แสดงออกไปนั้นคือค่าความแรงของรังสีเอกซ์ที่เราต้องการที่จะวัดและแสดงผลนั่นเอง ส่วนปริมาณอีกส่วนหนึ่งที่เราต้องการแสดงจะนำเสนอคือเวลาที่ใช้ในการฉายซึ่งได้อธิบายไปแล้วในตอนต้น ดังนั้นจึงมีการใช้ประโยชน์จากฟังก์ชันการ บริการการอินเตอร์รัปต์ที่มีอยู่แล้วในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเราจะทำการต่อสัญญาณแควเวฟที่ได้มาจากภาคตรวจจับสัญญาณโดยหลักการเกิดของสัญญาณแควเวฟนี้ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้นเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้และจากนั้นเวลาจริงที่ต้องการส่งออกจะถูกส่งไปยังภาคแสดงผล ต่อไปซึ่งวงจรภาคประมวลผลนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.6





รูปที่ 3.11 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 11 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมประมวลผล (ต่อ)

### 3.2.1 โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล

```

#pragma code
#include<reg52.h>
#include<stdio.h>
#include "show_lcd.h"
  
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void CombStr_1();
void CombStr_2();
void Cal_KV();
void Cal_Time();
/** Global Variable */
unsigned int counter,Real_Time;
unsigned int data_KV,TestTime,dTime;
int st,R;
char LcdStr1[17]="Xray:   ";
char LcdStr2[17]="Time:   ";
void counter_10ms() interrupt 2
{ counter++;
if(counter>900) counter=0;
}
/** Main program */
void main()
{ delay(1);
Reset_ADC=0; //reset ADC
Reset_ADC=1;
counter=0;
Real_Time=0;
EA=1; EX1=1;IE1=1;IT1=1; //defined Interrupt
lcd_init();
TestTime=0;
while(1) // loop start poin
{ delay(5);
data_KV=P0;
dTime=TestTime;
Cal_KV();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    CombStr_1();
    display_lcd(1,LcdStr1);
    Cal_Time();
    CombStr_2();
    display_lcd(2,LcdStr2);
    }
};

void CombStr_1()//funtion combined charrecter wite integer.
{
    unsigned char i;
    char Temp1[7]=" KV ";
    char data_char1[5]=" ";
    unsigned char Length1;
    Length1=sprintf(data_char1,"%d",data_KV);
    for (i=Length1;i<=4;i++) data_char1[i]=' ';
    for(i=6;i<=9;i++) LcdStr1[i]=data_char1[i-6];
    for(i=10;i<=15;i++) LcdStr1[i]=Temp1[i-10];
}

void CombStr_2()//funtion combined charrecter wite integer.
{
    unsigned char i;
    char Temp2[7]=" msec";
    char data_char2[6]=" ";
    unsigned char Length2;
    char space[2]=" ";
    Length2=sprintf(data_char2,"%d",Real_Time);
    for(i=Length2;i<=6;i++) data_char2[i]=' ';
    for(i=6;i<=9;i++) LcdStr2[i]=data_char2[i-6];
    for(i=10;i<=15;i++) LcdStr2[i]=Temp2[i-10];
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void Cal_KV()
{
int Answer_sub1,Answer_sub2,R,q;
unsigned int KV_Real[8]={40,50,60,70,80,90,100,110};
unsigned char data_base[8]={50,70,90,120,150,180,200,220};
for(q=0;q<=8;q++)
    { if((st>=data_base[q])&&(st<data_base[q+1]))
        { Answer_sub1=st-data_base[q];
          Answer_sub2=data_base[q+1]-st;
          if(Answer_sub1<Answer_sub2)
              R=q;
            else R=q+1;
          }
    }
data_KV=KV_Real[R];
}
void Cal_Time()
{ Real_Time=counter*10;
}

```

### 3.3 ภาคแสดงผล

ภาคแสดงผลเป็นภาคที่ทำหน้าที่ในการแสดงผลค่าที่ไว้ได้ตามที่ต้องการแสดงออกไปเพื่อความสะดวกต่อการอ่านค่าต่างๆ โดยในโครงการนี้ได้ใช้โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว เป็นตัวแสดงผลซึ่งรายละเอียดเบื้องต้นของ โมดูลผลึกเหลวหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า LCD LCD ที่ใช้นี้คือ LCD เบอร์ BC1602HGREH ซึ่งเป็น LCD ประเภท CHARACTER โมดูล LCD มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดรูปแบบขาตามรูปที่ 3. สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

Vss (ขา1): ต่อกาวด์

Vdd (ขา 2): ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

Vo (ขา3): เป็นขาอินพุทรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS (ขา4): เป็นขาอินพุทใช้ในการแยกชนิดข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่ง รีจิสเตอร์ IR หรือเป็นรีจิสเตอร์ DR

R/W (ขา 5): เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับโมดูล LCD

E (ขา 6): เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD

D0-D7 (ขา 7-14): เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก

คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

1 คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล

เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่าง

2 คำสั่ง Return Home

เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล

2 คำสั่ง3 เลือกโหมดการป้อนข้อมูล

บิต S เป็นบิตที่กำหนดลักษณะของการแสดงผลเมื่อมีการป้อนข้อมูลถ้าหากบิต S เป็น 1 เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผลตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าบิตนี้เป็น 0 ข้อมูลใหม่จะเลื่อนไปทางขวา

บิต I/D เป็นที่ใช้กำหนดว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแอดเดรส DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่ง แอดเดรส

4 คำสั่งควบคุมการแสดงผล

บิต D ใช้ควบคุมการแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงเคอร์เซอร์บนตัวแสดงผล

บิต B ใช้ควบคุมการกะพริบของเคอร์เซอร์

5 คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผลขึ้นอยู่กับคำสั่งกำหนดบิต S/C และ R/L

6 คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล

7 คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

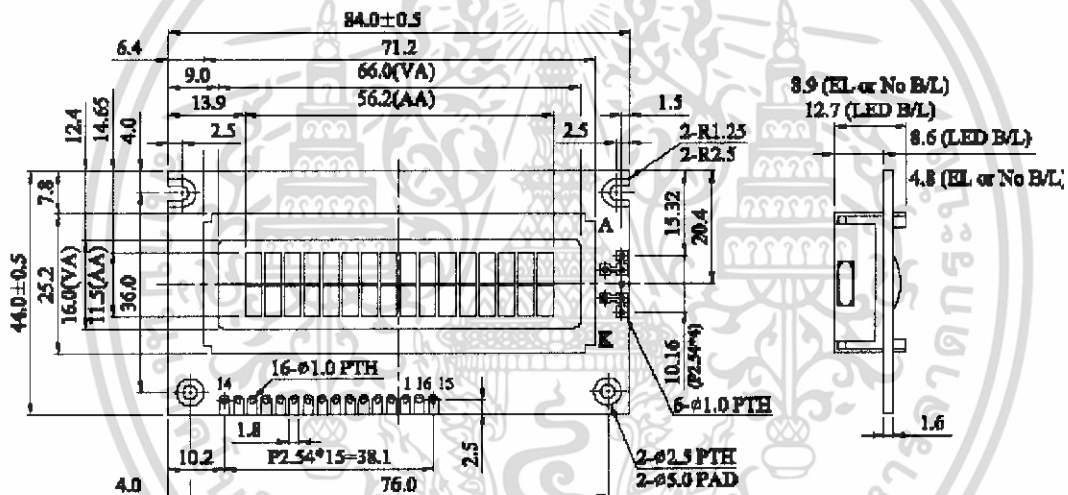
เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต เป็น 7 เป็น 0 บิต 6 เป็น 1 ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูล

8 คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น 1 ที่ข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM

9 คำสั่งอ่านแฟล็ก BUSY และแอดเดรส

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟล็ก BUSY โดยแฟล็กนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ BF เป็น 0 แสดงว่า LCD พร้อมจะรับข้อมูล BF เป็น 1 LVCD ยังไม่พร้อม

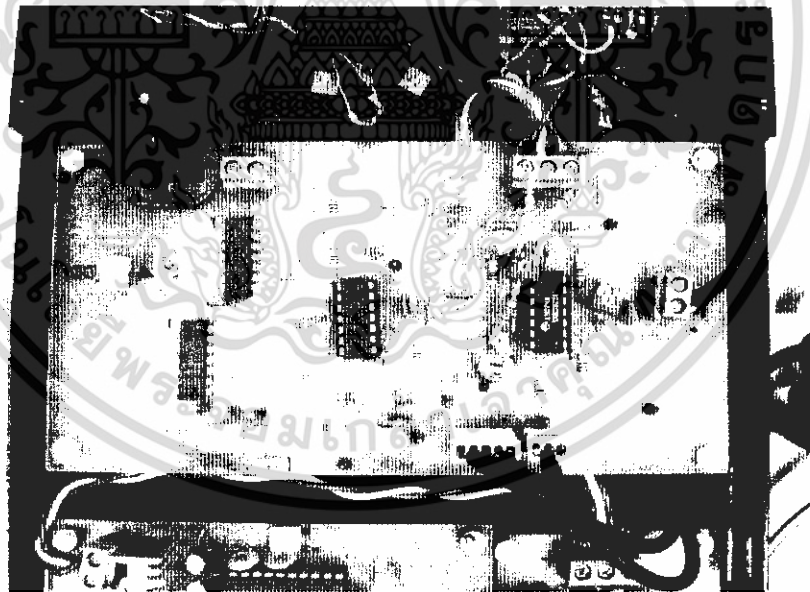


รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งของ LCD เบอร์ BC1602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

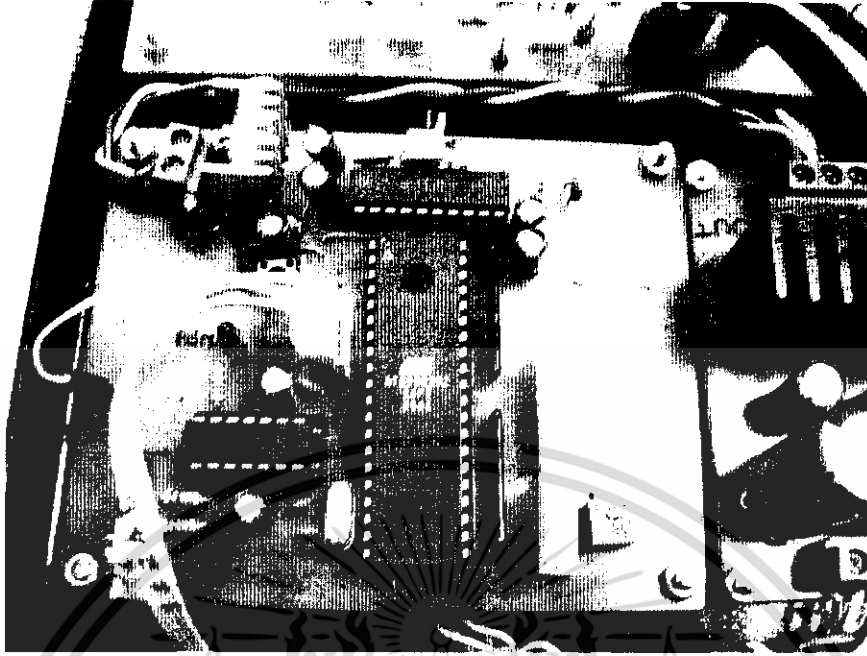
FIN NO.	SYMBOL
1	V <sub>ss</sub>
2	V <sub>dd</sub>
3	V <sub>o</sub>
4	RS
5	R/W
6	E
7	DB0
8	DB1
9	DB2
10	DB3
11	DB4
12	DB5
13	DB6
14	DB7
15	A/NV
16	K

รูปที่ 3.12 (ต่อ) แสดงตำแหน่งขาของ LCD เบอร์ BC1602

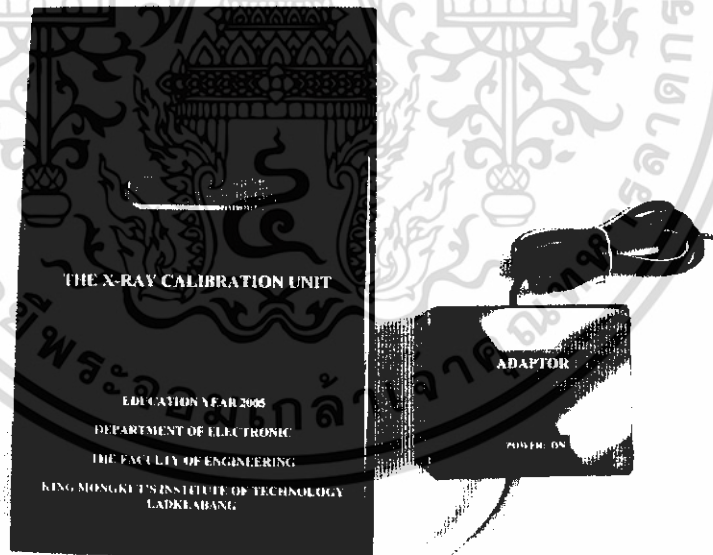


รูปที่ 3.13 แสดงภาคตรวจรับรังสีเอกซ์เรย์ ที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงภาพประมวลผล ที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.15 แสดงเครื่อง X-ray calibration unit ที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



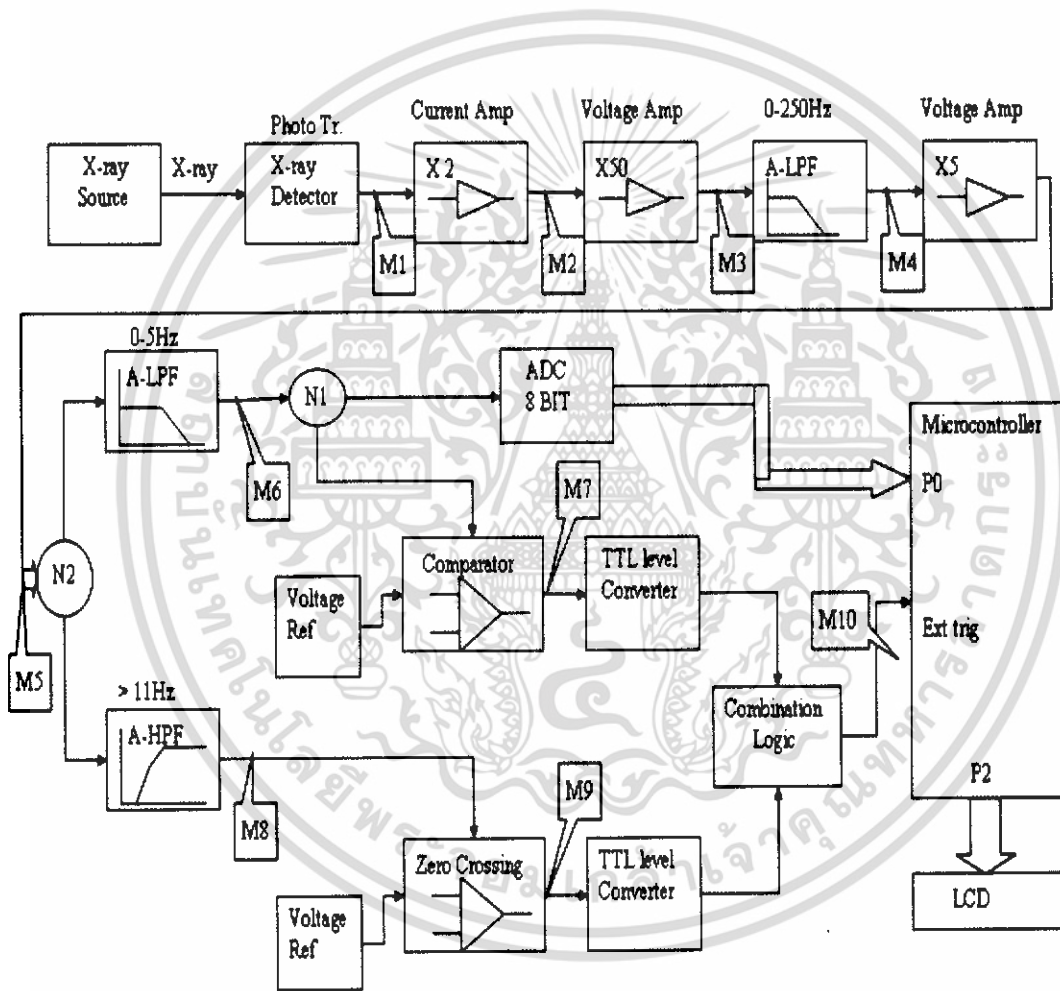
รูปที่ 3.16 แสดงเครื่อง X-ray Calibration Unit ขณะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## การทดลอง

บทนี้จะเป็นการนำเสนอ ผลการทดลอง ซึ่งจะแสดงสัญญาณที่จุดต่าง และแสดงผลของค่าเออร์พท เมื่อมีอินพุทที่ระดับความแรงของรังสีเอ็กซ์เรย์ตามระดับค่าต่างๆ โดยจุดที่จะทำการวัดสัญญาณนั้นจะแสดงไว้ในบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.1

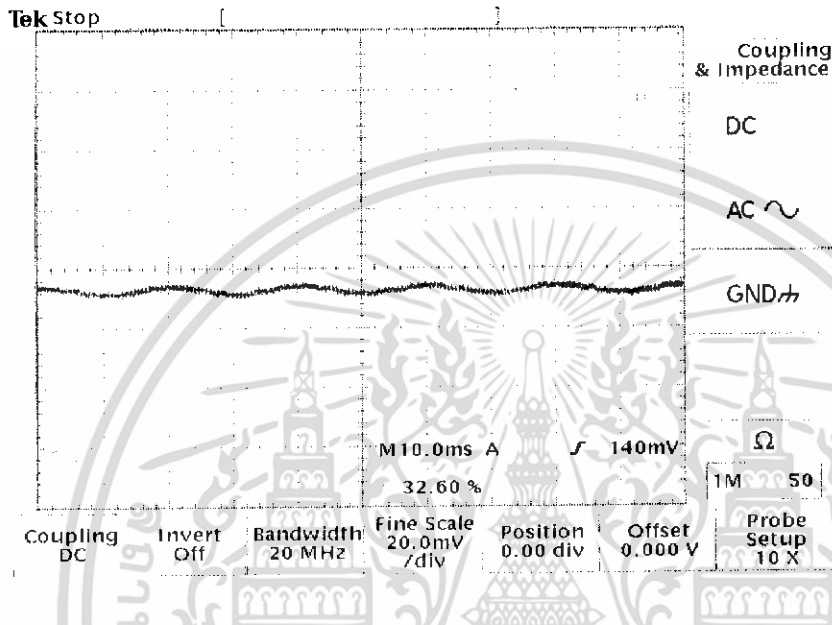


รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่บอกจุดวัดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1 จุดวัดสัญญาณ M1

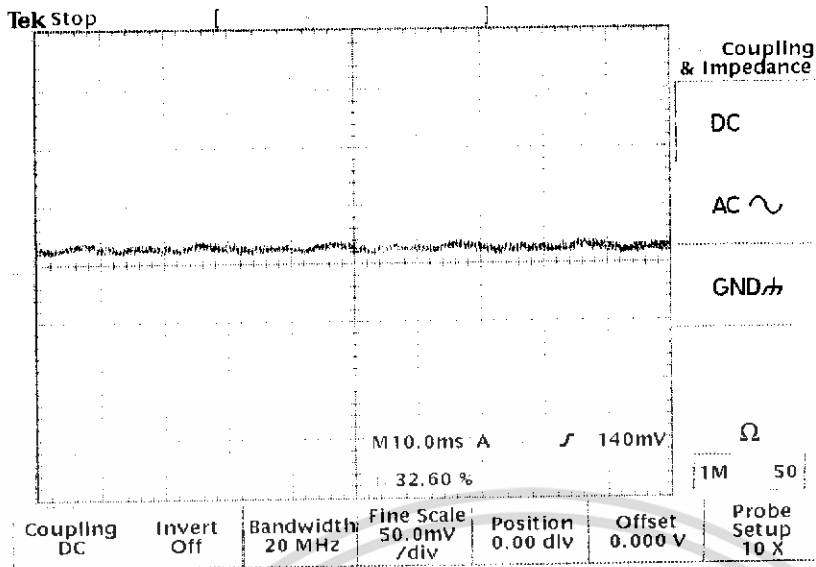
สัญญาณ ณ จุดนี้จะได้จากวงจร X-ray detector ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณ เอ็กซเรย์โดยตรง สัญญาณที่รับได้จะเป็นสัญญาณซาร์ยเวฟที่ขึ้นมาบนสัญญาณไฟตรง แต่มีขนาดที่เล็กมาก และมีสัญญาณรบกวนรวมด้วย ดังในรูปที่ 4. 2



รูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณที่จุดM1

#### 4.2 จุดวัดสัญญาณ M2

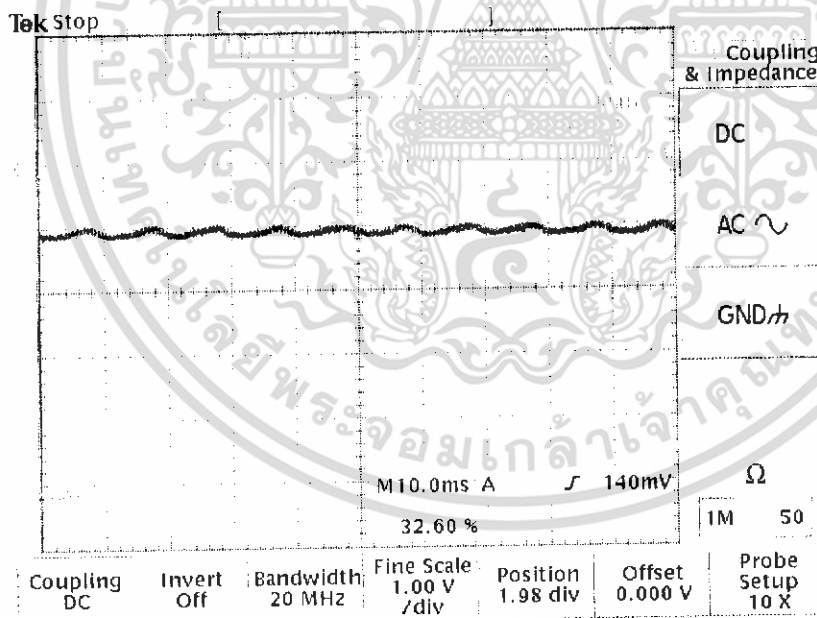
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยาย 2 เท่า ทำให้สัญญาณที่มีขนาดเล็กที่ใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับสัญญาณอินพุต แสดงได้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณที่จุดM2

#### 4.3 จุดวัดสัญญาณ M3

สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจรขยายแรงดันอีกชั้นหนึ่งที่มีอัตราเกาเท่ากับ 50 เท่า สัญญาณที่ได้แสดงได้ในรูปที่ 4.4

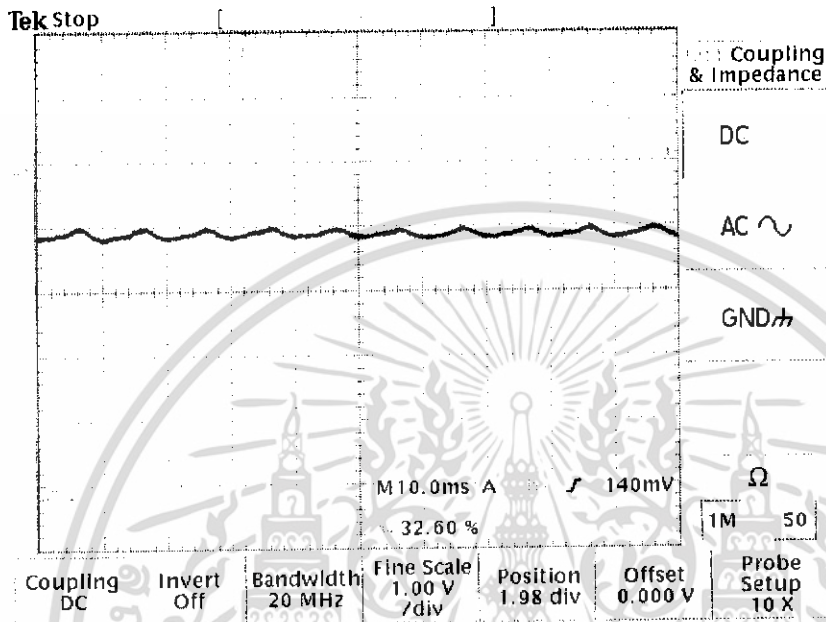


รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่จุดM3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 จุดวัดสัญญาณ M4

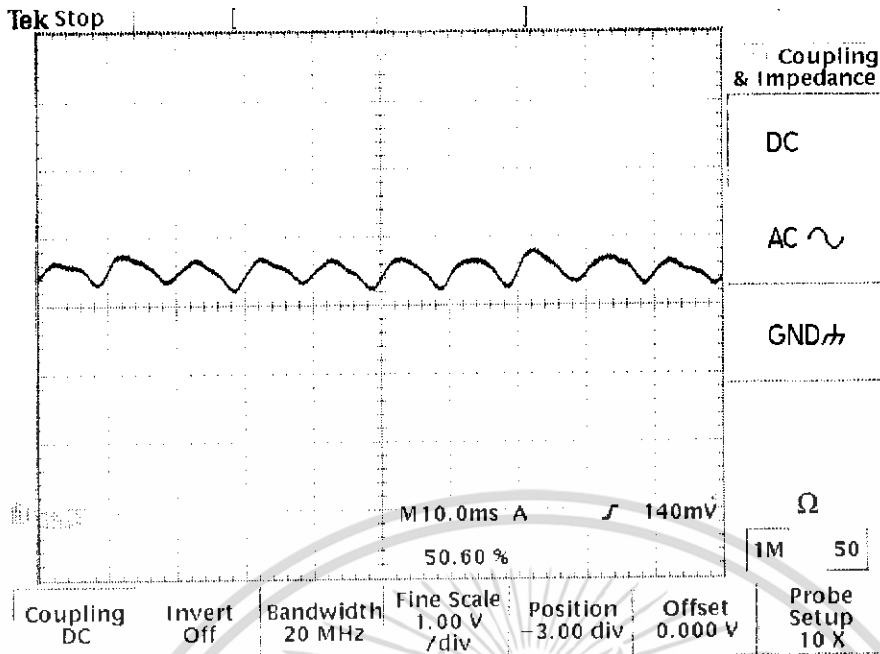
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจร Active low pass filter ที่ทำหน้าที่กรองให้ความถี่ในช่วง 0-250 Hz ผ่านไปได้และทำให้เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนทิ้งไปด้วยจะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้มีความคมชัดขึ้นมาก รูปสัญญาณแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณที่จุดM4

#### 4.5 จุดวัดสัญญาณ M5

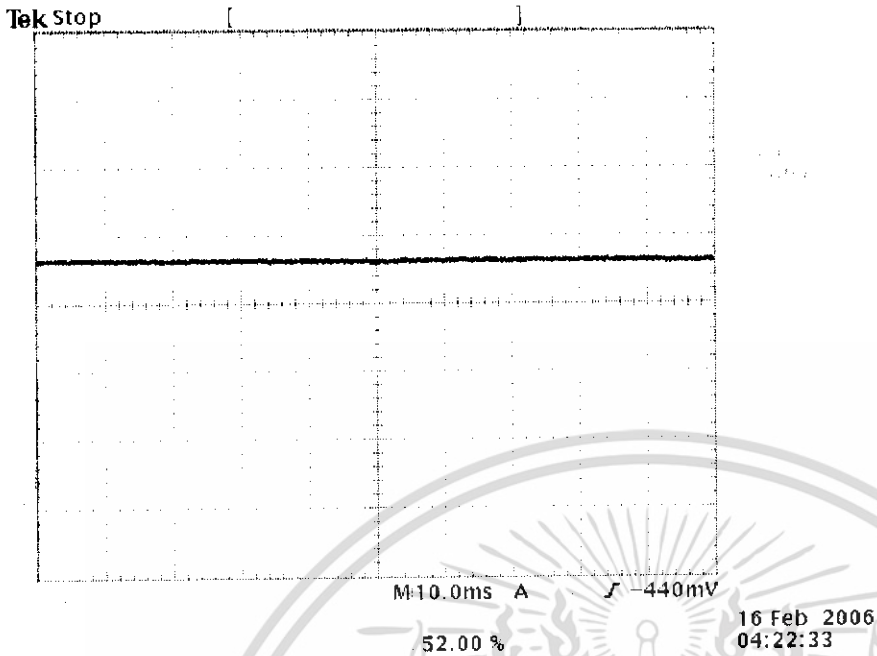
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยายเท่ากับ 5 เท่าซึ่งจะทำให้ได้ขนาดของสัญญาณที่อยู่ในช่วงที่เราต้องการคือประมาณ 0-5 โวลต์ รูปสัญญาณได้แสดงในรูป 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณที่จุดM5

#### 4.6 จุดวัดสัญญาณ M6

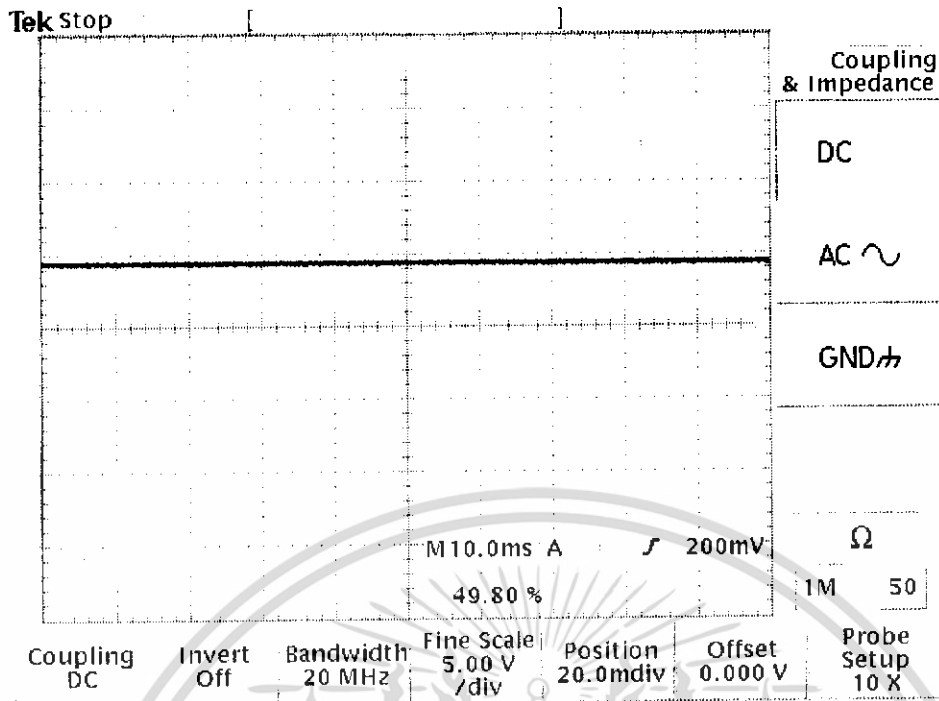
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจร Active Low pass filter ซึ่งวงจรในส่วนนี้ทำหน้าที่แยกสัญญาณไฟตรงออกจาก สัญญาณรวม เพราะว่าการไฟตรงเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็น สัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลต่อไป แสดงรูปสัญญาณนี้แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M6

#### 4.7 จุดวัดสัญญาณ M7

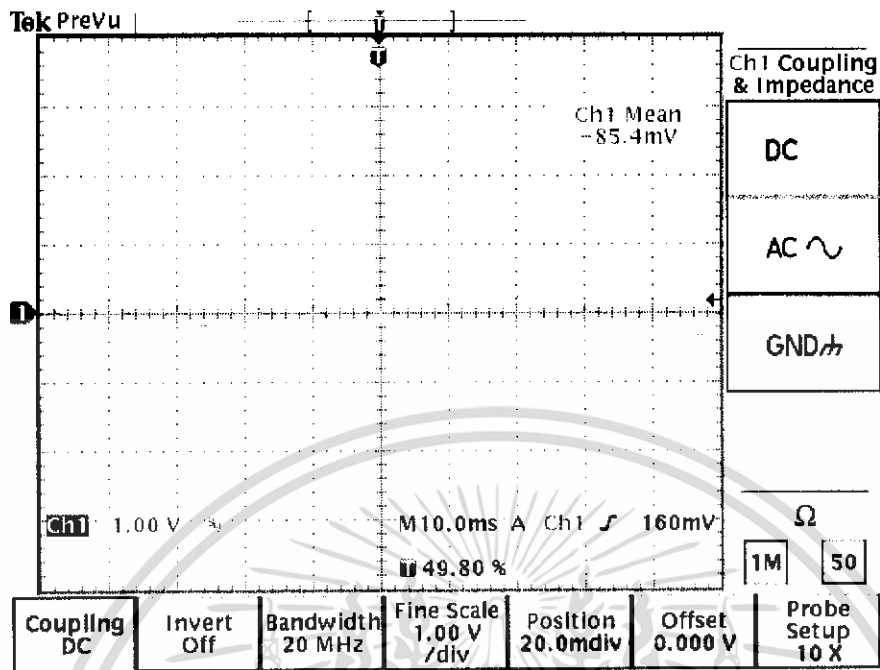
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจร Comparator ซึ่งวงจรจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณอ้างอิงกับระดับแรงดันไฟตรงค่าหนึ่ง ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้ประโยชน์เพื่อจะส่วนที่ตรวจสอบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มนับสัญญาณพัลส์ที่มาจากแปลงสัญญาณชายเวฟที่ได้มาจากรังสีเอ็กซ์จริงๆ ลอจิก 1 แสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M7

#### 4.8 จุดวัดสัญญาณ M8

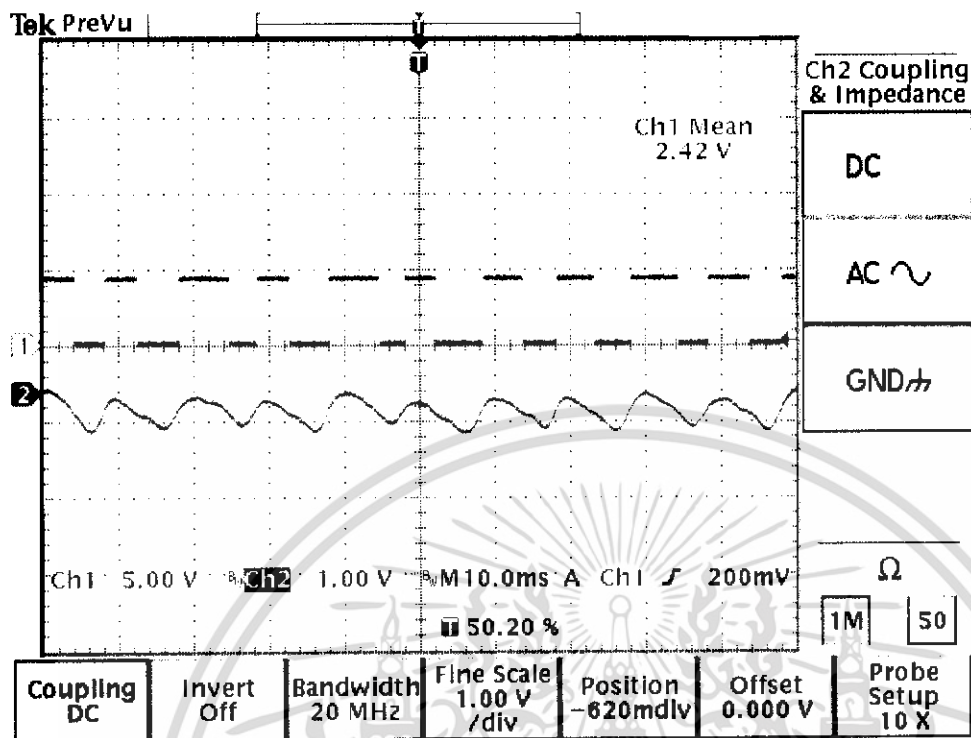
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจร Active High pass filter ซึ่งวงจรส่วนนี้ทำหน้าที่แยกสัญญาณไฟชารีย์เวฟ ออกจากสัญญาณรวม เพื่อนำสัญญาณชารีย์เวฟ ความถี่ 100 Hz นำไปสร้างเป็นสัญญาณสแควนนี้ส่งไปยังภาคประมวลผลต่อไป สัญญาณนี้แสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M8

#### 4.9 จุดวัดสัญญาณ M9

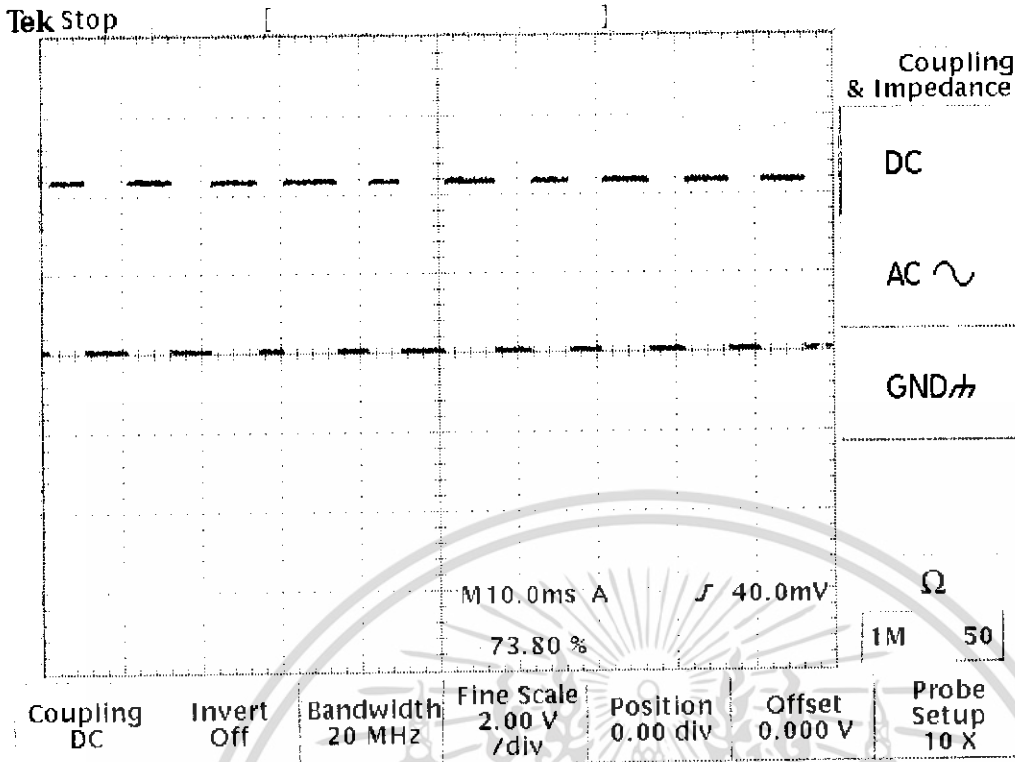
สัญญาณ ณ จุดนี้ ได้จากวงจร Zero crossing ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณซาร์ยเวฟที่ได้มาจาก รังสีเอ็กซ์ เป็นสัญญาณแควเวฟ เพื่อที่จะสามารถส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถ รูปสัญญาณ แสดงในรูปที่ 4.10



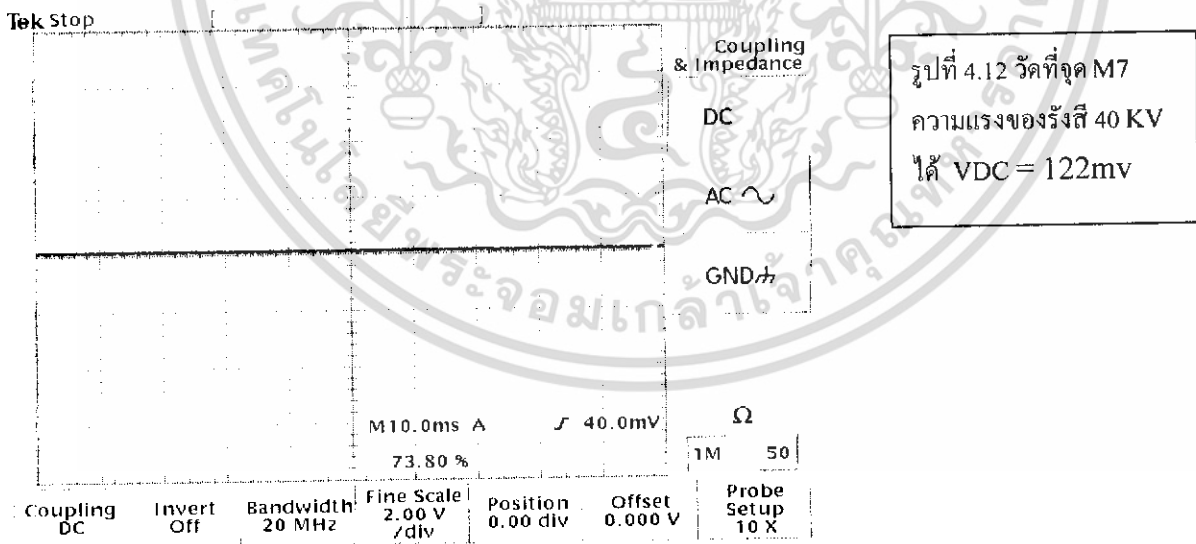
รูปที่ 4.10 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M9

#### 4.10 จุดวัดสัญญาณ M10

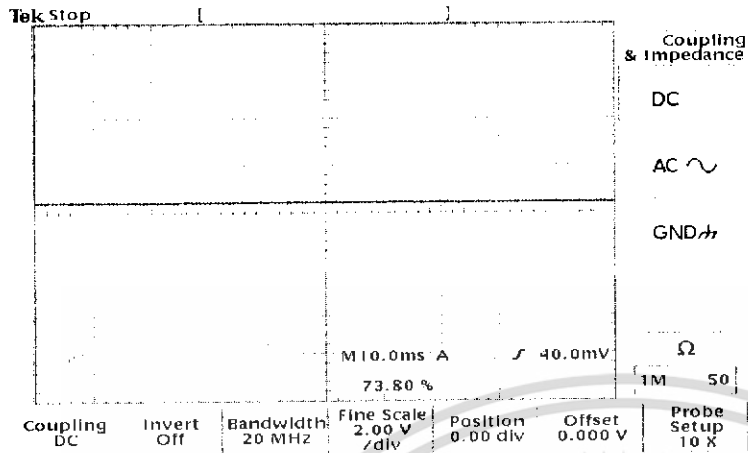
สัญญาณ ณ จุดนี้ได้มาจากวงจร Combination logic วงจรนี้ทำหน้าที่ ANDสัญญาณที่มาจากวงจร Comparator กับสัญญาณที่มาจากวงจร Zero crossing เพื่อจะให้ได้สัญญาณพัลส์ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์มีความถูกต้อง สัญญาณนี้แสดงได้ในรูปที่ 4.11



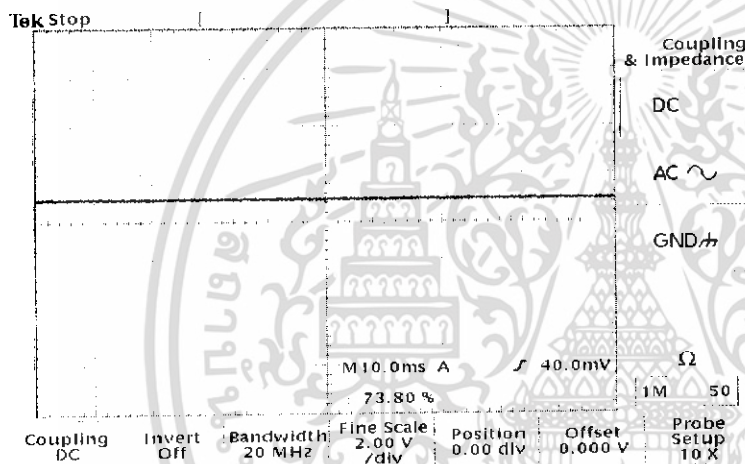
รูปที่ 4.11 แสดงรูปสัญญาณที่จุด M10



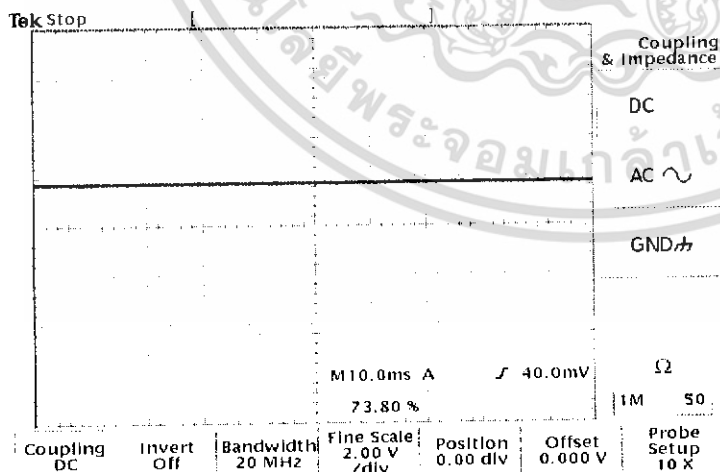
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 วัดที่จุด M7  
ความแรงของรังสี 50 KV  
ได้ VDC = 428mv

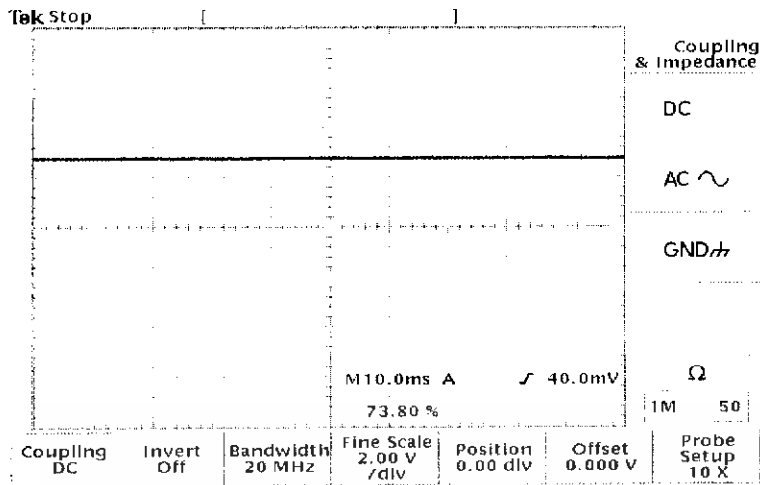


รูปที่ 4.14 วัดที่จุด M7  
ความแรงของรังสี 60 KV  
ได้ VDC = 945mv

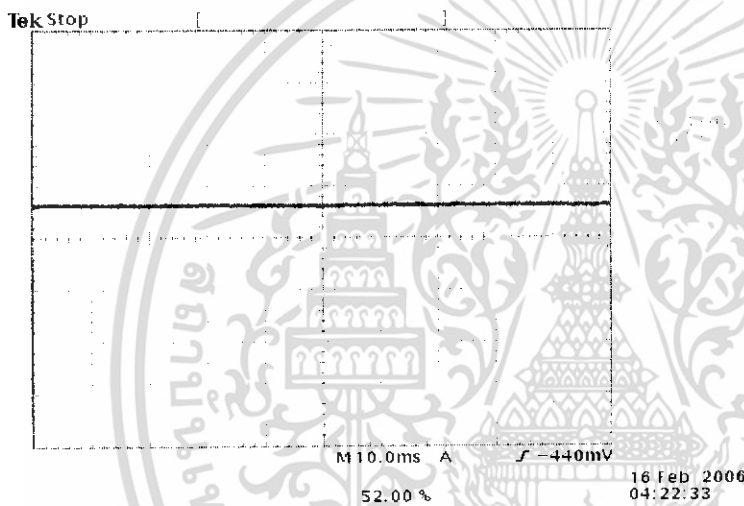


รูปที่ 4.15 วัดที่จุด M7  
ความแรงของรังสี 70 KV  
ได้ VDC = 1.76v

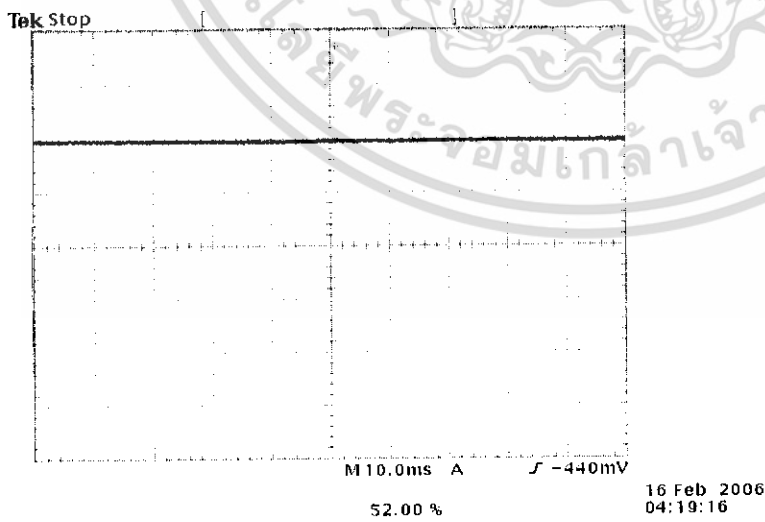
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 วัดที่จุด M7  
 ความแรงของรังสี 80 KV  
 ได้ VDC = 2.75v



รูปที่ 4.17 วัดที่จุด M7  
 ความแรงของรังสี 90 KV  
 ได้ VDC = 3.63v



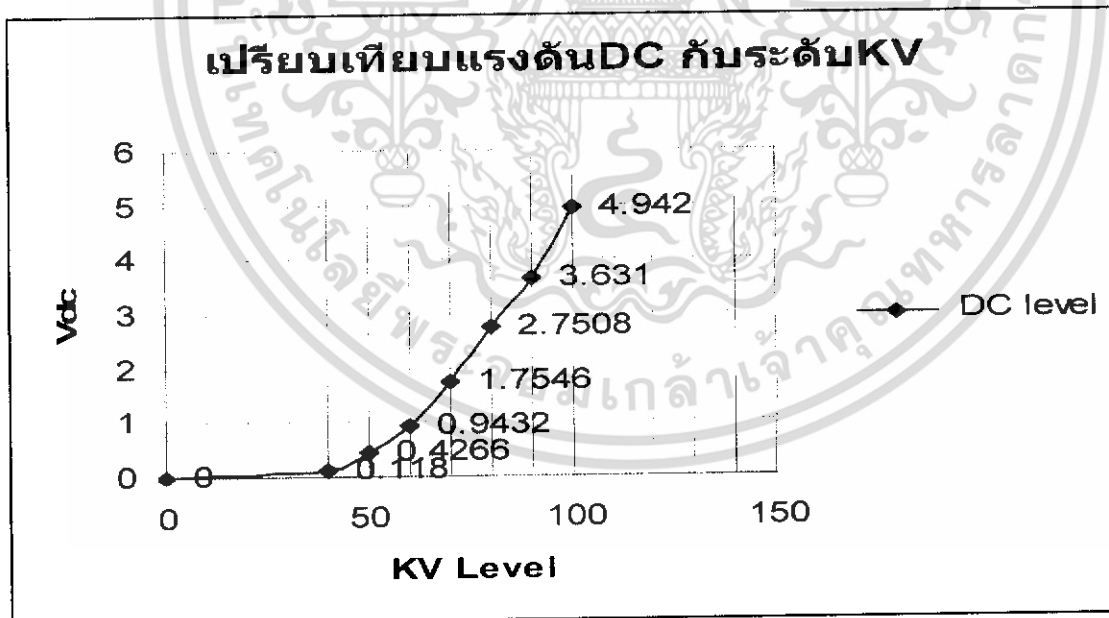
รูปที่ 4.18 วัดที่จุด M7  
 ความแรงของรังสี 100 KV  
 ได้ VDC = 4.95v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ Input KV	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ค่าเฉลี่ย
0	0	0	0	0	0	0
40	0.1	0.122	0.127	0.115	0.13	0.118
50	0.431	0.421	0.428	0.428	0.425	0.4266
60	0.941	0.945	0.945	0.943	0.942	0.9432
70	1.752	1.751	1.76	1.76	1.75	1.7546
80	2.751	2.75	2.75	2.753	2.75	2.7508
90	3.63	3.632	3.628	3.635	3.63	3.631
100	4.95	4.94	4.92	4.95	4.95	4.942

KV level	DC level
0	0
40	0.118
50	0.4266
60	0.9432
70	1.7546
80	2.7508
90	3.631
100	4.942

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า ไฟตรงที่ ระดับ kv ต่างๆ



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับไฟตรงกับค่าของรังสีเอ็กซ์เรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาจริง (ms)	เวลาที่วัดได้ (ms)					ค่าเฉลี่ย	%ความผิดพลาด
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
1000	750	720	710	690	680	710	29%
2000	1810	1790	1690	1720	1690	1740	13%
3000	2760	2760	2760	2760	2760	2760	8%
4000	3720	3710	3750	3690	3740	3722	6.90%
5000	4500	4650	4590	4630	4690	4612	7.70%
6000	5750	5800	5710	5490	5400	5630	6.10%
7000	6710	6800	6740	6710	6690	6730	3.80%
8000	7750	7760	7680	7650	7790	7726	3.40%
9000	8640	8730	8620	8590	8610	8638	4.50%

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาที่วัดได้

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เครื่องวัดจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องมาจากเวลาจริงคือเวลาที่วัดจากตอนที่เริ่ม on จนถึง off แต่ในความจริง เครื่อง X-ray จะไม่ทำงานในทันทีโดยจะต้องรอให้เครื่องมีการเริ่มกระบวนการด้วยเวลาประมาณหนึ่ง ซึ่งเวลาที่วัดได้ เริ่มจากตอนที่มิรังสีเอกซเรย์ออกมาแล้วซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากเปิดเครื่องไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง จึงทำให้ค่าที่วัดได้เกิดการผิดพลาดแต่ในอีกแง่หนึ่งค่าเวลาที่วัดได้นี้ก็คือค่าเวลาที่บอกถึงเวลาที่เกิดรังสีเอกซเรย์ฉายออกมาจริงๆนั่นเอง

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์

โรงงานหน่วยปรับเทียบรังสีเอกซเรย์ (The X-ray calibration unit) สามารถทำการตรวจวัดสัญญาณรังสีเอกซเรย์สามารถที่จะทำการตรวจวัดรังสีเอกซ์เรย์ด้วยการประยุกต์ใช้ โฟโตทรานซิสเตอร์ และคุณสมบัติของสาร ฟอสเฟอร์ที่เมื่อได้รับพลังงานค่าสูงจะทำปฏิกิริยากันทำให้สารฟอสเฟอร์เรืองแสงขึ้นมา โดยความสว่างของแสงจะแปรผันตรงกับค่าพลังงานที่มากกระทบ จากคุณสมบัติในส่วนนี้ทำให้ใช้ในการตรวจรังสีเอกซเรย์ได้นั่นเองและก็ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ตรวจรับแสงนี้ประมวลผลซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าสามารถทำการตรวจวัดรังสีเอกซ์เรย์ได้อย่างมีคุณภาพและ มีความน่าเชื่อถือในระดับหนึ่ง ซึ่งถือว่านี่คือเครื่องต้นแบบและเมื่อมีการพัฒนาต่อไปในอนาคตและมีการปรับเทียบกับเครื่องจายรังสีเอกซ์เรย์ที่มาตรฐานมีการพัฒนาตัวตรวจรับให้มีคุณภาพสูงขึ้น เครื่องปรับเทียบรังสีเอกซ์เรย์นี้ก็จะเป็ทางเลือกใหม่ของ บริษัท โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม ต่างๆ ลดการพึ่งเครื่องตรวจสอบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ราคาแพง

ปัญหาที่พบในโรงงานนี้เช่น

\* ปัญหาด้านสัญญาณรบกวนถือได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่สำหรับโรงงานนี้มากเพราะว่าความถี่ได้จากรังสีเอกซ์เรย์มีค่า 100 HZ ซึ่งความถี่ที่รับได้จากหลอดไฟหรือแสงใดๆ ก็จะมีค่าที่ประมาณนี้เหมือนกันดัง นั้นการป้องกันจึงต้องกระทำเป็นอย่างดี ได้มีการออกแบบวงจรที่ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนทั้ง และสายที่ใช้การต่อระหว่างตัวเครื่องกับชุดหัววัดที่ ต่อออกไปข้างนอกนั้นก็ได้มีการใช้สายสัญญาณที่ป้องกันสัญญาณรบกวน

\* ปัญหาของอุปกรณ์ทางแสง โฟโตทรานซิสเตอร์เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้จะ พบปัญหาเกี่ยวกับ ความไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งจะทำให้ค่าที่วัดมาค่าที่ผิดพลาดไปจากค่าจริงเล็กน้อย ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ด้วยการ ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลหลายๆครั้งซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่มีความผิดพลาดน้อยออกไป และการใช้อุปกรณ์ที่มีความเป็นเชิงเส้นสูงๆ ก็จะช่วยได้ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ดี

## หนังสืออ้างอิง

- 1 ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม, " วงจรขยายสัญญาณ โอเปอร์เนชันแนล", พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, ดวงกมล 2523, หน้า 1-20
- 2 นิกร สุขุมตันติ, "อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน", พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, แผนกตำรา สจล, 2533 หน้า 69-76
- 3 วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและ ชัยวัฒน์ ลิมพิจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟรช", กรุงเทพฯ, อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนท์, หน้า 3-19
- 4 วิโรจน์ อัสวรังสี, "อปแอมป์และลิเนียร์ไอซี", กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 29-135



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

## Features

- Compatible with MCS-51 Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

## Description

The AT89S8252 is a low-power high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read-only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless lock bits have been activated.



8-bit  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
Flash

AT89S8252

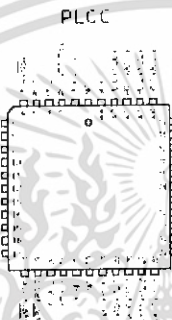
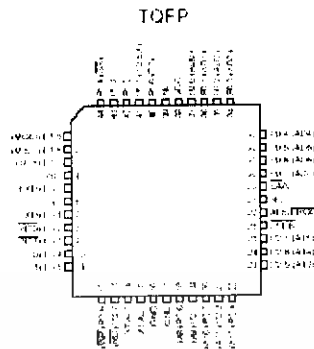
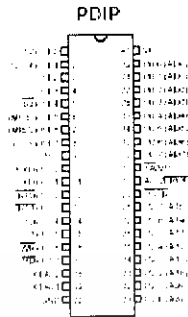
3421F-MICRO-11/03



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Pin Configurations



### Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, Port 0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pull-ups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit open-drain I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1's are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (due to the internal pull-ups).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

### General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder — similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS800A derivative control bus with TRI-STATE output latches directly onto the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

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

### Features

- Compatible with 8050  $\mu$ P derivatives — no interfacing logic needed - access time = 135 ns
- Easy interface to all microprocessors or operates stand alone

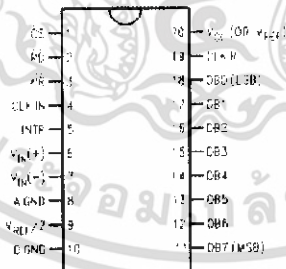
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates independently or with 5  $V_{DD}$ , 2.5  $V_{DD}$ , or analog span adjusted voltage reference

### Key Specifications

- Resolution: 8 bits
- Total error:  $\pm 1/2$  LSB,  $\pm 1$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time: 130  $\mu$ s

### Connection Diagram

ADC080X  
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



D9229871-02

See Ordering Information

### Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	-40°C TO +85°C
ERROR	$\pm 1/2$ Bit Adjusted	ADC0802LCWM	ADC0804LCN	ADC0801LCN
	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted			ADC0802LCN
	$\pm 1$ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	$\pm 1$ Bit Unadjusted			ADC0805LCN; ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B — Small Outline	N20A — Molded DIP	

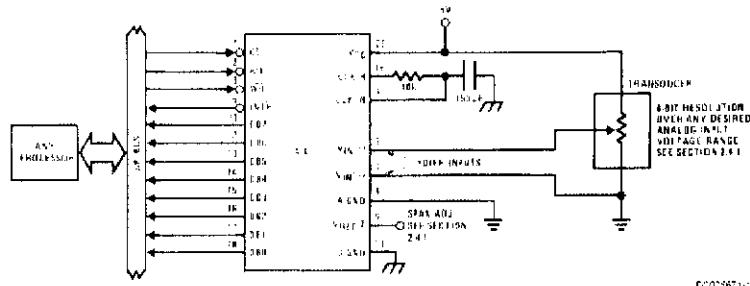
©2001 National Semiconductor Corporation

©2001 National Semiconductor Corporation D920567

www.national.com

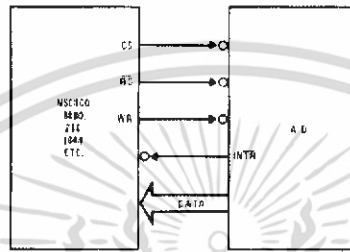
ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit  $\mu$ P Compatible A/D Converters

Typical Applications



00029671

8080 Interface



00029671

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2 = 2.501 V_{CC}$ (No Adjustments)	$V_{REF}/2 = \text{No Connection}$ (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0802		$\pm 1$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		$\pm 1$ LSB	
ADC0805			$\pm 1$ LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Logic Control Inputs	-0.3V to +16V
All Other Inputs and Outputs	-0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
Quad-Pin Package (plastic)	300°C
Quad-Pin Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	215°C
Wapor Phase (60 seconds)	215°C

infrared (10 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

### Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$
ADC0804LDC	-40°C to $T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/06LDC	-40°C to $T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0804LDC	0°C to $T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/LCWM	0°C to $T_A \leq +70^\circ\text{C}$
Range of $V_{CC}$	4.5 $V_{CC}$ to 6.3 $V_{CC}$

### Electrical Characteristics

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

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 6)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1\%$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 6)	$V_{REF2}=2.500 V_{CC}$			$\pm 1\%$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 6)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1\%$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 6)	$V_{REF2}=2.500 V_{CC}$			$\pm 1\%$	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 6)	$V_{REF2}$ : No Connection			$\pm 1\%$	LSB
$V_{REF2}$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05	2.5	6.0		k $\Omega$
	ADC0804 (Note 6)	0.75	1.1		k $\Omega$
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V_{REF1}$ to $V_{REF2}$	Gnd-0.05		$V_{CC}+0.05$	$V_{DIG}$
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC}=5 V_{CC}$ , $\pm 10\%$ Over Allowed $V_{REF1}$ and $V_{REF2}$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

### AC Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$T_{C1}$	Conversion Time	$f_{CLK}=640$ kHz (Note 5)	103		114	$\mu\text{s}$
$T_{C2}$	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
$f_{CLK}$	Clock Frequency	$V_{CC}=5V$ (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with $V_{CC}=5 V_{CC}$ , $f_{CLK}=640$ kHz	8770		9708	convs
$t_{WDR}$	Width of WR Input (Strobe Pulse Width)	$V_{CC}=5 V_{CC}$ (Note 7)	100			ns
$t_{ACC}$	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	$f_{CLK}=100$ kHz		135	300	ns
$t_{TR1}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to $z$ -Z State)	$C_L=10$ pF, $R_L=10k\Omega$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{WDR}$	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			300	450	ns
$C_i$	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้