สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องสแกนภาพ
IMAGE SCANNER

โดย
นางสาวชุติมา จงจอหอ
นางสาวชุติมา เตียวเจริญ
นางสาวปฐมาวดี พนิโคดม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37107
วัน, เดือน, ปี 4 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสแกนภาพ

IMAGE SCANNER

โดย

นางสาวชุติมา จงจอหอ 39014136

นางสาวชุติมา เตียวเจริญ 39014137

นางสาวปฐมาวดี พนิโคดม 39014291

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องสแกนภาพ**

IMAGE SCANNER

ผู้จัดทำ

1. **นางสาวชุติมา จงจอหอ 39014136**
2. **นางสาวชุติมา เตียวเจริญ 39014137**
3. **นางสาวปฐมาวดี พนิโคดม 39014291**

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสแกนภาพ

IMAGE SCANNER

โดย นางสาวชุติมา จงจอหอ 39014136
นางสาวชุติมา เตียวเจริญ 39014137
นางสาวปฐมาวดี พนิโคดม 39014291

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับข้อมูลภาพหรือตัวอักษรโดยใช้การสแกน แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เซ็นเซอร์สำหรับรับแสงที่ผ่านกระดาษที่นำมาสแกน แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และส่วนที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำข้อมูลที่เป็นดิจิตอลนี้เข้าสู่คอมพิวเตอร์ ส่วนที่สองเป็นส่วนของซอฟท์แวร์ เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ที่ถูกแปลงเป็นดิจิตอลแล้วมาทำให้เป็นภาพปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

This project is an invention of a device for receiving pictures or data by scanning before displaying them on the monitor. There are two important parts in this project. The first part is the hardware that composes of sensors for receiving light through the scanned stuff, then conversing them into analog signals, as well as analog-to-digital converter (ADC) which transforms analog signals to digital signals and transmits to the computer. The second part is the software that receives the digital data from the hardware and displays them on the monitor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	4
2.1 ตัวตรวจจับทางแสง	4
2.1.1 โฟโต้เซลล์	4
2.1.2 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	5
2.1.3 อินฟราเรด แอลอีดี	5
2.1.4 ออปโตไอโซเลเตอร์	5
2.2 อนาลอกสวิทช์	6
2.2.1 ลักษณะการทำงานเบื้องต้นของอนาลอกสวิทช์	6
2.3 การมัลติเพล็กซ์เชิงเวลา	7
2.4 การประมวลสัญญาณ	9
2.4.1 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณเวลาต่อเนื่องในโดเมนเวลา	10
2.4.1.1 ตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล	10
2.4.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล	10
2.4.1.3 หลักการเบื้องต้นของวงจร	10
2.4.1.4 A/D แบบแฟลช	11
2.4.1.5 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณอนาลอก	15
2.4.2 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง	16
2.4.3 การสร้างสัญญาณขึ้นใหม่	19
2.4.4 สัญญาณสุ่ม	20
2.4.5 การควอนไทซ์สัญญาณที่มีขนาดต่อเนื่อง	20
2.4.6 การเข้ารหัสตัวอย่างที่ถูกควอนไทซ์แล้ว	23
2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	23
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	24
3.1 วงจรดีเทคเตอร์และวงจรแอมพลิฟายเออร์	25
3.2 วงจรสร้างส่วนสัญญาณควบคุม	26
3.2.1 ส่วนเลื่อนสัญญาณ	26
3.2.2 ส่วนเคาน์เตอร์	27
3.2.3 ส่วนมัลติเพล็กซ์	27
3.3 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	29
3.4 ส่วนของการ์ด A/D อินเตอร์เฟส	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.4.1 วงจรหารสัญญาณนาฬิกา 31
3.4.2 วงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ 32
3.4.3 วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ 32
3.4.4 วงจรหน่วยความจำ 32
3.4.5 วงจรเลือกสถานะการทำงาน 34
3.4.6 วงจรบัฟเฟอร์ 35
3.4.7 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 36
3.4.8 วงจรถอดรหัส 37
3.5 การเชื่อมต่อกับระบบบัสของ IBM PC 37
3.6 โฟลว์ชาร์ตในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนภาพ 41
3.6.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการสแกนภาพ 42
3.6.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการแสดงผล 42
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 43
4.1 ส่วนดีเทคเตอร์ 43
4.2 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม 43
4.3 ส่วนมัลติเพล็กซ์ 45
4.4 ส่วนวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 47
4.5 ส่วนของวงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ 47
4.6 การทดลองการสแกนภาพ 48
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 53
ภาคผนวก
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 สแกนเนอร์แบบแบน	1
รูปที่ 1.2 สแกนเนอร์แบบแผ่น	2
รูปที่ 1.3 สแกนเนอร์แบบโอเวอร์เฮด	2
รูปที่ 1.4 สแกนเนอร์แบบพกพา	3
รูปที่ 2.1 แสดงการใช้งานอนาลอกสวิทซ์	6
รูปที่ 2.2 การสุ่มตัวอย่างตามธรรมชาติ	7
รูปที่ 2.3 แสดงความแตกต่างเมื่อเพิ่มความเร็วในการส่ง	8
รูปที่ 2.4 ระบบ TDM	9
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบพื้นฐานของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	10
รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุทที่เป็นแรงดันกับสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุท	11
รูปที่ 2.7 วงจร A/D แบบแฟลช	13
รูปที่ 2.8 วงจรพื้นฐานของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบขนาน	14
รูปที่ 2.9 แสดงการกำเนิดสัญญาณสุ่ม	16
รูปที่ 2.10 ก) สัญญาณจำกัดแถบความถี่	18
ข) สเปคตรัมเมื่อสุ่มตัวอย่างด้วย $T < \frac{\pi}{\omega_M}$	18
ค) สเปคตรัมเมื่อสุ่มตัวอย่างด้วย $T > \frac{\pi}{\omega_M}$	18
ง) การเหลื่อมของสเปคตรัมทำให้สัญญาณผิดเพี้ยน	18
รูปที่ 2.11 การสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ เมื่อมองในโดเมนความถี่	19
รูปที่ 2.12 แสดงการควอนไทซ์	22
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมโดยรวมของวงจร	24
รูปที่ 3.2 วงจรดีเทคเตอร์และวงจรแอมพลิฟายเออร์	25
รูปที่ 3.3 วงจรสร้างส่วนสัญญาณควบคุม	26
รูปที่ 3.4 วงจรเลื่อนสัญญาณ	26
รูปที่ 3.5 วงจรส่วนเคาน์เตอร์	28
รูปที่ 3.6 วงจรมัลติเพล็กซ์	29
รูปที่ 3.7 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	29
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของการ์ด A/D อินเทอร์เฟส	30
รูปที่ 3.9 วงจรหารสัญญาณนาฬิกา	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.10 วงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ 32
รูปที่ 3.11 วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ 33
รูปที่ 3.12 วงจรหน่วยความจำ 34
รูปที่ 3.13 วงจรเลือกสถานะการทำงาน 34
รูปที่ 3.14 วงจรบัฟเฟอร์ส่วนที่ 1 35
รูปที่ 3.15 วงจรบัฟเฟอร์ส่วนที่ 2 36
รูปที่ 3.16 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 36
รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัส 37
รูปที่ 3.18 แสดงระบบบัสของระบบที่ออกมาที่สล็อตของ IBM PC 38
รูปที่ 3.19 โฟลว์ชาร์ตโดยรวมของการสแกน 41
รูปที่ 3.20 แสดงโฟลว์ชาร์ตการสแกนภาพและแสดงผล 42

รูปที่ 4.1 แสดงความต้านทานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 43
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกากับสัญญาณจากส่วน Shifter 44
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกากับสัญญาณ Control Pulse 44
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกา, สัญญาณจากส่วน Shifter และสัญญาณ Control Pulse 45
รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนกระดาษสีดำ 45
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนกระดาษสีขาว 46
รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนแผ่นใส 46
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบสัญญาณรีเซ็ทกับสัญญาณที่ส่งไปควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 47
รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาท์พุทหลังจากผ่านวงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ 48
รูปที่ 4.10 กระดาษทดสอบการสแกน 48
รูปที่ 4.11 เอาท์พุทจากเซ็นเซอร์ที่ออกจากการสแกนกระดาษในรูปที่ 4.10 49
รูปที่ 4.12 รูปที่สแกนได้จากการสแกนรูปที่ 4.10 49
รูปที่ 4.13 จากการสแกนรูปวงกลม 50
รูปที่ 4.14 จากการสแกนรูปสามเหลี่ยม 50
รูปที่ 4.15 จากการสแกนรูปตัว H 51
รูปที่ 4.16 จากการสแกนรูปตัว E 51
รูปที่ 4.17 จากการสแกนรูปเครื่องหมาย + 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 แสดงค่าแรงดันที่สัมพันธ์กับรหัสไบนารี่ 3 บิท	12
ตาราง 2.2 แสดงค่าของเอาท์พุทที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงแรงดันของอนาลอกอินพุท	14
ตาราง 2.3 ค่าตัวเลขของการควอนไทซ์โดยมีนัยสำคัญหนึ่งหลัก	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

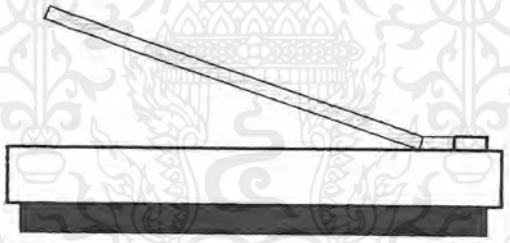
บทที่ 1
บทนำ

สแกนเนอร์ (scanner) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่สามารถนำภาพหรือตัวอักษร ให้มาปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการพิมพ์ข้อมูลใหม่หรือสร้างภาพใหม่ขึ้นมา เพียงแต่นำสิ่งที่เราต้องการจะสแกนมาวางลงบนเครื่องสแกน หลังจากที่เครื่องได้ทำการสแกนเสร็จเรียบร้อย ภาพก็จะปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังสามารถดัดแปลง แก้ไข หรือเพิ่มเติมข้อมูลลงไปได้อีกด้วย

สแกนเนอร์ที่ใช้กันมานั้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีความแตกต่างกันออกไป ทั้งทางด้านความสะดวกในการใช้งาน คุณภาพของงานที่สแกนได้ ตลอดจนราคาของเครื่องด้วย รายละเอียดของสแกนเนอร์ในแต่ละแบบ มีดังต่อไปนี้

1. สแกนเนอร์แบบแบน (Flatbed scanner)

สแกนเนอร์ชนิดนี้มีใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งสามารถนำเอกสารที่ต้องการสแกน วางลงบนกระจกแล้วปิดฝาลง จากนั้นก็ทำการสแกน โดยจะมีหลักการคล้ายๆกับเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่งมีหัวอ่านหรือเซ็นเซอร์ (sensor) ทำหน้าที่อ่านข้อมูลตลอดทั่วทั้งเอกสาร ซึ่งจะมีความเหมาะสมกับภาพที่มีขนาดใหญ่ แต่ก็มีราคาสูงด้วยเช่นกัน

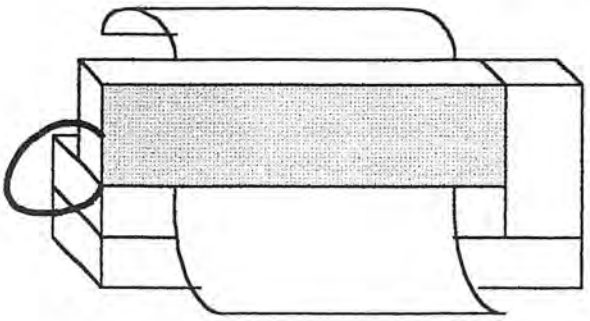


รูปที่ 1.1 สแกนเนอร์แบบแบน

2. สแกนเนอร์แบบแผ่น (Sheeted scanner)

ต่างจากสแกนเนอร์แบบแบนคือ แทนที่หัวอ่านข้อมูลจะเป็นตัวเคลื่อนที่ สแกนเนอร์แบบนี้จะใช้วิธีการเลื่อนเอกสารผ่านตัวเซ็นเซอร์แทน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการทำงานของเครื่องแฟกซ์ (FAX) ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่าแบบแรก

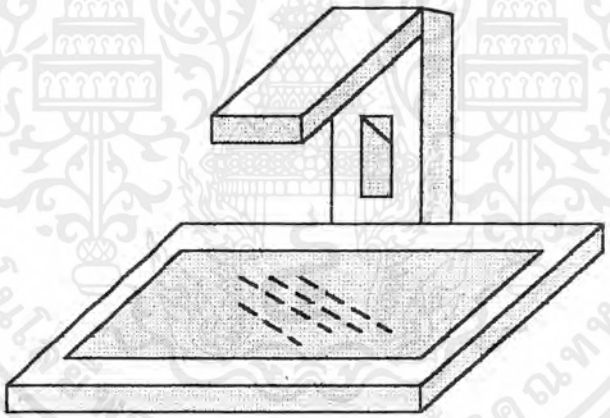
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 สแกนเนอร์แบบแผ่น

3. สแกนเนอร์แบบโอเวอร์เฮด (Overhead scanner)

ตัวเซ็นเซอร์จะอยู่เหนือพื้นที่ที่จะสแกน โดยที่เซ็นเซอร์จะทำหน้าที่อ่านตลอดทั้งเอกสาร ข้อแตกต่างของสแกนเนอร์แบบนี้คือไม่ต้องใช้แสงสว่างจากตัวเครื่องดังเช่นแบบอื่นๆ แต่แสงสว่างที่ใช้นั้นจะได้จากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นภาพที่ได้อาจจะไม่ชัดเจนหรือผิดเพี้ยนไป ถ้าแสงในบริเวณรอบๆนั้นไม่เพียงพอ

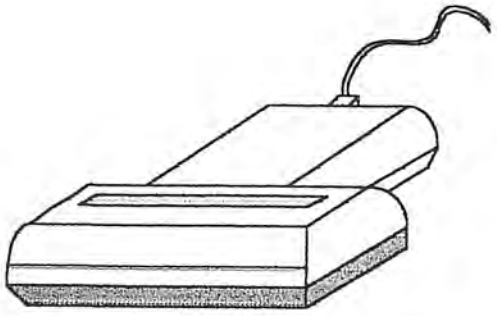


รูปที่ 1.3 สแกนเนอร์แบบโอเวอร์เฮด

4. สแกนเนอร์แบบพกพา (Handheld scanner)

สแกนเนอร์แบบนี้มีราคาถูกที่สุด แต่จะใช้งานได้ดีสำหรับภาพที่มีขนาดเล็ก ถ้าภาพที่ต้องการสแกนมีขนาดใหญ่ คุณภาพของรูปที่ได้จะต่ำ เนื่องจากในการใช้งานจะต้องวางภาพให้อยู่กับที่แล้วเลื่อนตัวเครื่องผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 สแกนเนอร์แบบพกพา

ซึ่งโดยหลักการของสแกนเนอร์ที่แท้จริงแล้ว เป็นการใช้เซ็นเซอร์รับแสงที่สะท้อนกลับมาจากวัตถุที่ต้องการสแกน โดยแสงที่ไปกระทบกับวัตถุที่มีสีแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละสีก็มีความสามารถในการดูดซึมแสงได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นแสงจะสะท้อนกลับออกมาในปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เซ็นเซอร์ที่รับแสงที่สะท้อนออกมานั้น มีเอาท์พุทโวลท์เตจออกมาแตกต่างกันตามปริมาณความเข้มแสงที่รับได้

แต่ในโครงงานนี้ ใช้การส่องแสงทะลุผ่านวัตถุ ซึ่งในที่นี้ข้อมูลหรือภาพที่ต้องการนำมาสแกนต้องอยู่บนกระดาษที่สามารถให้แสงทะลุผ่านไปได้ โดยที่มีอุปกรณ์อ่านข้อมูลหรือเซ็นเซอร์อยู่ที่ด้านตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดแสง ดังนั้นปริมาณความเข้มแสงที่ทะลุผ่านภาพหรือข้อมูลนั้นๆก็จะแตกต่างกันออกไป เซ็นเซอร์ที่รับแสงเหล่านี้ได้จึงมีระดับของเอาท์พุทโวลท์เตจแตกต่างกันด้วย เช่นเดียวกันกับกรณีที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นสัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละตัว จะถูกมัลติเพล็กซ์แล้วนำไปแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วแสดงผลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ตัวตรวจจับทางแสง (Photo Sensor)

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของอินพุทที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับความรู้สึกต่างๆ เราเรียกว่าตัวตรวจจับหรือเซ็นเซอร์ (Sensor) ซึ่งมันจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณต่างๆ เช่นแสงหรือความร้อนไฟ ที่รับได้ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะออกมาในรูปแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมายและนำเอาผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบพื้นฐานง่ายๆที่เราคุ้นเคยกันดีเช่น สวิทช์กลไก , สวิทช์แม่เหล็ก , เซลล์รับแสง , โฟโต้ทรานซิสเตอร์ , ออปโตคัปเปอร์ , ตัวตรวจจับตำแหน่ง , ตัวตรวจจับแรง , ตัวตรวจจับอุณหภูมิ, ตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆเหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งเราจะกล่าวถึงในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับทางแสง

อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงเป็นการนำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อสามารถนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงที่เราคุ้นเคยกันดีก็มีอยู่หลายชนิด ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปดังนี้

2.1.1 โฟโต้เซลล์ (Photo Cells)

โฟโต้เซลล์เป็นตัวตรวจจับทางแสงแบบพื้นฐานที่มีใช้กันทั่วไป ตัวตรวจจับแบบนี้จะมีโครงสร้างที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำมีขั้วต่อใช้งาน 2 ขั้ว เมื่อมีแสงมากระทบกับตัวตรวจจับชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าของความต้านทานบนตัวโฟโต้เซลล์ตามการเปลี่ยนแปลงของแสงที่เปลี่ยนไป

โฟโต้เซลล์มักจะสร้างมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium-Sulfide : CdS) หรือ แคดเมียมเซเลไนด์ (Cadmium-Selenide : CdSe)

โฟโต้เซลล์ที่สร้างจากแคดเมียมเซเลไนด์จะใช้เวลาประมาณ 10 มิลลิวินาทีในการตอบสนองต่อความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงไป ส่วนโฟโต้เซลล์ที่สร้างจากแคดเมียมซัลไฟด์จะใช้เวลาในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงประมาณ 100 มิลลิวินาที จากผลการตอบสนองต่อแสงที่ค่อนข้างช้าเช่นนี้ ทำให้การใช้งานเชื่อมต่อกับวงจรดิจิตอลค่อนข้างลำบากและมีปัญหาบ้างเล็กน้อย แต่ตัวโฟโต้เซลล์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้มากตามปริมาณความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงไปมากๆได้ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง

ค่าความต้านทานของตัวโฟโต้เซลล์ขึ้นอยู่กับสารที่นำมาใช้ในการผลิต ส่วนใหญ่แล้วค่าความต้านทานขณะไม่ได้รับแสงอาจจะสูงถึง 1 เมกะโอห์มหรือมากกว่านั้น ส่วนค่าความต้านทานขณะได้รับแสงเต็มที่จะมีค่าประมาณ 250 โอห์มหรือต่ำกว่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โดยภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อมีการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบขึ้นจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือ ที่ตัวถัง (Case) ด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับแสงเพื่อส่องไปยังรอยต่อ P-N โดยที่ช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลียร์ไมกา (Clear Mica) หรือควอตซ์เลนซ์ (Quartz Lenz) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทุกแบบจะมีโครงสร้างชนิด NPN สารที่ถูกนำมาใช้ผลิตได้แก่ ซิลิเนียม, ซิลิคอน หรือเยอรมันเนียม สารแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อสเปคตรัมของคลื่นแสงในย่านที่แตกต่างกันออกไป เช่น

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากซิลิเนียม จะตอบสนองต่อสเปคตรัมของคลื่นแสงที่คนเราสามารถมองเห็นได้ ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองได้ใกล้เคียงกับสายตาของคนเรา

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารซิลิคอน จะมีการตอบสนองได้ดีต่อสเปคตรัมของแสงในย่านของแสงอินฟราเรดหรือใกล้เคียง

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารเยอรมันเนียม จะมีการตอบสนองต่อแสงได้ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งรวมถึงย่านของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วย

การทำงานและการตรวจจับของโฟโต้ทรานซิสเตอร์มีความรวดเร็วกว่าโฟโต้เซลล์มาก ซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วถึง 1 ไมโครวินาทีทีเดียว ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ถูกนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวางมาก

2.1.3 อินฟราเรด แอลอีดี (Infrared LED)

อินฟราเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟาเรด เมื่ออินฟาเรดแอลอีดีนำกระแส อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานขึ้นจากโฟตอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน

อินฟราเรด แอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วง 2 ความยาวคลื่นคือ อินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide : GaAs) จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรด แอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอลูมินั่มอาร์เซไนด์ (Gallium Aluminum : GaAIAs) จะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

2.1.4 ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto Isolater)

ออปโตไอโซเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์มาก เนื่องจากมันรวมเอาตัวกำเนิดแสงและตรวจจับแสงเข้าด้วยกัน จุดประสงค์หลักของออปโตไอโซเลเตอร์คือ การใช้งานเพื่อเป็นการแยกกันทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Electrical Isolation) ตัวอย่างเช่นการเชื่อมโยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเข้าไปควบคุมงานไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายและความปลอดภัยสูงสุดจากการที่มีระบบแหล่งจ่ายไฟที่ไม่เหมือนกัน

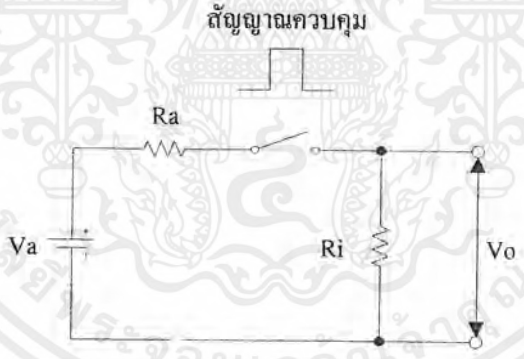
ออปโตไอโซเลเตอร์จะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ทึบแสง เพื่อป้องกันการรบกวนของแสงจากภายนอก ออปโตไอโซเลเตอร์อาจจะรวมเอาอุปกรณ์ตรวจจับแสงดังที่ได้กล่าวมาแล้วจับคู่กัน และบรรจุในตัวถังเดียวกันก็ได้เช่น แสงจากหลอดนีออนกับตัวรับโฟโต้เซลล์ , หลอดอินแคนเดสเซนต์กับโฟโต้เซลล์ และตัวส่งอินฟราเรดกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือกับโฟโต้ไดโอด เป็นต้น

ออปโตไอโซเลเตอร์ที่ใช้งานในกำลังสูงจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ใหญ่และค่อนข้างแข็งแรง ส่วนออปโตไอโซเลเตอร์ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรืองานที่มีกำลังค่อนข้างต่ำและปานกลางจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังรูปไอซีที่เคยพบเห็นกันมาบ้างแล้ว

2.2 อนาลอกสวิทช์ (Analog Switch)

2.2.1 ลักษณะการทำงานเบื้องต้นของอนาลอกสวิทช์

วงจรอนาลอกสวิทช์ที่ใช้ได้ปัจจุบันจะใช้แรงดันควบคุมสวิทช์ในการปิดเปิด ดังรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าลักษณะของสัญลักษณ์ก็เหมือนกับสวิทช์โดยทั่วไป โดยสามารถควบคุมสวิทช์ได้ด้วยสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสามารถต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าได้โดยตรง



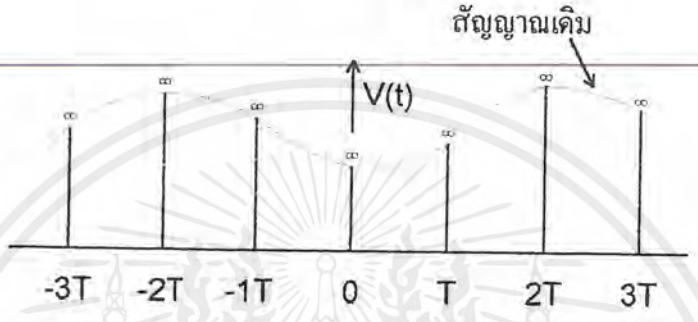
รูปที่ 2.1 แสดงการใช้งานอนาลอกสวิทช์

สัญญาณควบคุมสวิทช์ของอนาลอกสวิทช์มักจะเป็นสัญญาณทางดิจิตอล ซึ่งระดับแรงดันที่ลอจิกระดับค่าหนึ่งจะทำให้สวิทช์ปิดวงจร ส่วนอีกระดับหนึ่งจะทำให้สวิทช์เปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การมัลติเพล็กซ์เชิงเวลา (Time Division Multiplex : TDM)

การมัลติเพล็กซ์เชิงเวลา หมายถึง การรวมสัญญาณเบสแบนด์หลายๆสัญญาณ เพื่อส่งผ่านช่องสัญญาณร่วมอันเดียวกันโดยการจัดแบ่งช่องเวลา (Time Slot) ให้กับแต่ละสัญญาณเบสแบนด์อย่างเหมาะสม โดยสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณจะถูกสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ สัญญาณที่ถูกสุ่มตัวอย่างนี้จะอยู่ในรูปของพัลส์ที่มีความกว้างแคบๆและมีขนาดเหมือนกับขนาดของสัญญาณในขณะที่สุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 2.2 การสุ่มตัวอย่างตามธรรมชาติ

สัญญาณจากช่องสัญญาณอื่นก็จะผ่านการสุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน แล้วถูกแบ่งตามเวลาหนึ่งเป็นของสัญญาณพัลส์จากช่องหนึ่ง ตามด้วยสัญญาณพัลส์จากอีกช่องหนึ่งจนกว่าจะครบทุกช่อง ส่งเป็นอนุกรมด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของสัญญาณพัลส์

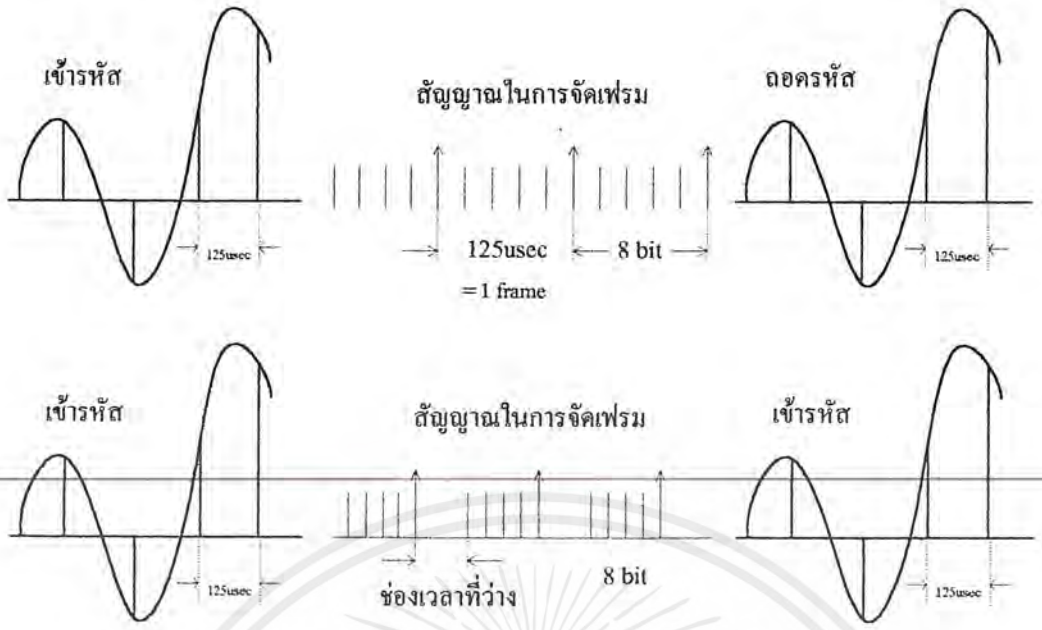
การสุ่มตัวอย่างตามวิธีการขั้นต้นเรียกว่า การสุ่มตัวอย่างตามธรรมชาติ ที่ปลายทางจะมีเครื่องถอดรหัสทำการแยกพัลส์ที่สานกัน (Interleave) ตอนส่งให้แยกออกเป็นพัลส์อย่างถูกต้อง เพื่อความถูกต้องในการแยกพัลส์ที่ปลายทางจึงต้องมีพัลส์จับเวลาให้ตรงกัน

สัญญาณพัลส์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างเรียกว่า พัลส์แอมปลิจูดมอดดูเลชั่น (Pulse Amplitude Modulation : PAM) จะเห็นได้ว่าขนาดของพัลส์มีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเดิม สัญญาณพัลส์จะเกิดในอัตราที่สม่ำเสมอ เวลาระหว่างพัลส์หนึ่งกับอีกพัลส์หนึ่งควรมีระยะห่างพอสมควร เพื่อป้องกันไม่ให้พัลส์เกิดการซ้อนทับกันเมื่อผ่านตัวกรองความถี่ต่ำในภาครับ โดยเวลาห่างระหว่างพัลส์ 2 พัลส์นี้เรียกว่า "การ์ดไทม์" (Guard Time) และอัตราการสุ่มตัวอย่างจะเป็นไปตามอัตราสุ่มตัวอย่างของ Nyquist ซึ่งกล่าวว่า "ความถี่ของการแซมปลิ้งจะต้องมีค่ามากว่า 2 เท่าของความถี่สูงสุด (f_m) จึงจะทำให้ได้สัญญาณเดิมกลับคืนมาครบถ้วนในภาครับ"

$$f_{sampling} > 2f_m$$

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่าเป็นการส่งสัญญาณแบบดิสครีท ซึ่งจะไม่นิยมในทางปฏิบัติ ทั้งนี้เนื่องมาจากสัญญาณแบบดิสครีทจะถูกรบกวนได้โดยง่าย เราจึงทำการเปลี่ยนสัญญาณดิสครีทนั้นเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อลดปัญหาการถูกรบกวนขณะที่ทำการส่งไปในสายส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงความแตกต่างเมื่อเพิ่มความเร็วในการส่ง

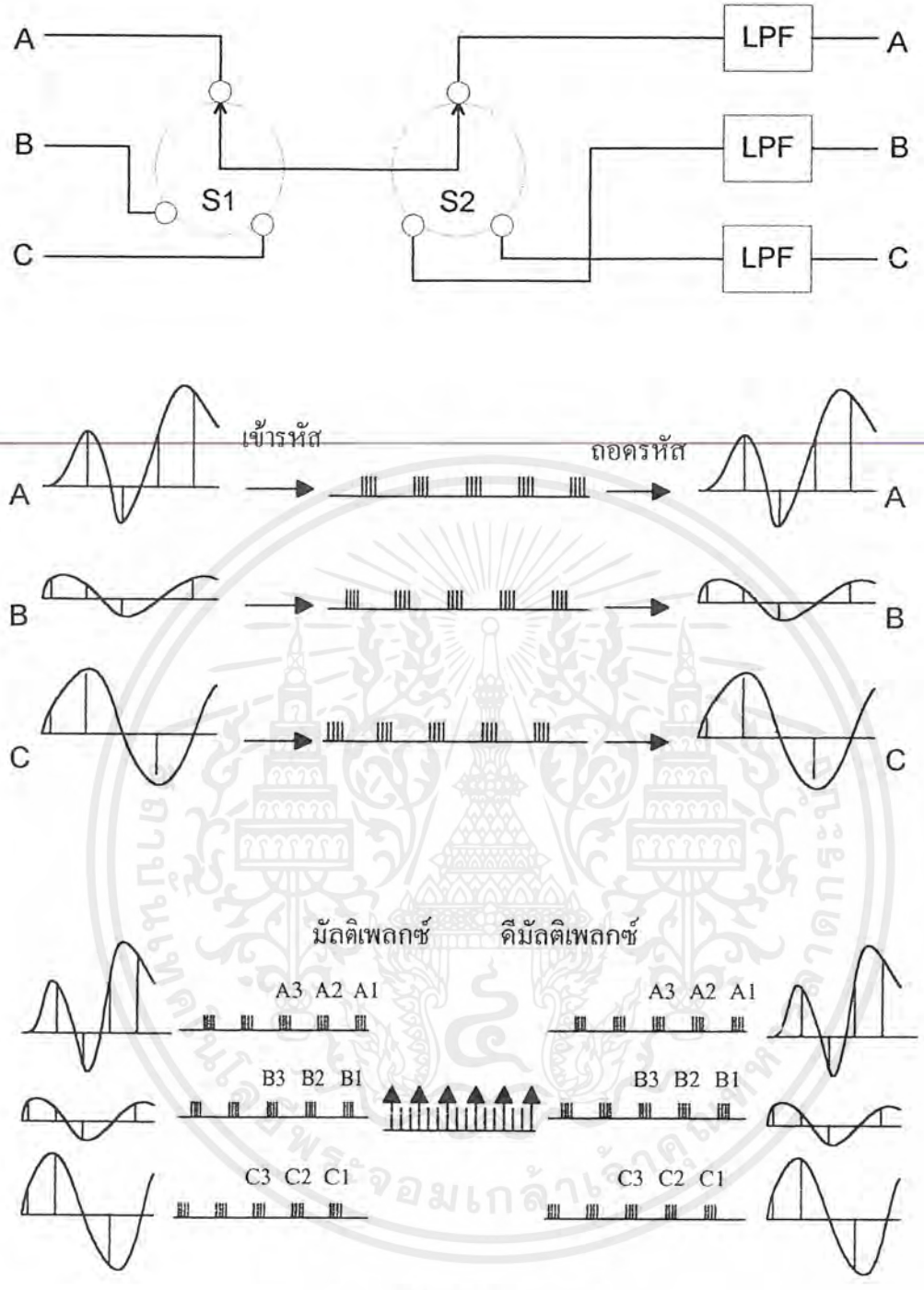
จากสัญญาณเสียงที่ถูกแซมปลิ้งด้วยความถี่ 8 kHz แล้วเปลี่ยนเป็นตัวกำหนดเฟรม โดยจัดให้ 8 บิทเป็น 1 เฟรม เมื่อทำการเพิ่มความเร็วในการส่งพัลส์มากขึ้น ความกว้างของพัลส์แต่ละพัลส์จะแคบลง ซึ่งจะทำให้มีช่องว่างระหว่างเฟรมทุกๆเฟรมมากขึ้น จากหลักการดังกล่าวเราสามารถที่จะเพิ่มช่องสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าไปในช่องว่างระหว่างเฟรมได้ และจะทำการแยกสัญญาณนั้นออกจากกันทางด้านรับ ซึ่งจะทำให้ส่งสัญญาณได้มากกว่า 2 ช่องสัญญาณในสายส่งเดียวกัน

เมื่อนำสวิทซ์หมุน 2 ชุดมาต่อประกอบกันเป็นวงจร โดยสวิทซ์หมุนจะเป็นตัวช่วยให้เกิดการส่งสัญญาณระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ 3 ชุดคือ A-A , B-B , C-C ได้โดยใช้สายส่งสัญญาณระหว่างสวิทซ์ทั้ง 2 ตัวเพียงเส้นเดียว แทนที่จะต้องใช้สายส่งถึง 3 เส้น

จากกฎของไนควิสถ้าเราควบคุมการหมุนของสวิทซ์ทั้ง 2 ให้หมุนสัมพันธ์ไปพร้อมๆกัน โดยมีอัตราการหมุนที่มีจำนวนรอบต่อวินาทีมากกว่า 2 เท่าของค่าความถี่สูงสุดของสัญญาณที่เป็นส่วนประกอบของอินพุททั้ง 3 แล้ว S_1 จะทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างสัญญาณทั้ง 3 ส่งออกไปยังสายส่งสัญญาณอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ S_2 จะทำหน้าที่แยกสัญญาณที่ส่งมาทั้งหมดเหล่านั้นจ่ายออกไปตามสายเอาท์พุทที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับอินพุทที่เข้ามายัง S_1 ส่วนวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter : LPF) ทางด้านรับจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิสครีทที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างสัญญาณให้กลับไปเป็นสัญญาณอนาลอกอย่างเดิม

ระบบ TDM นี้มีประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสื่อสารระบบดิจิตอล ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวคอยควบคุมกระบวนการมัลติเพล็กซ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ระบบ TDM

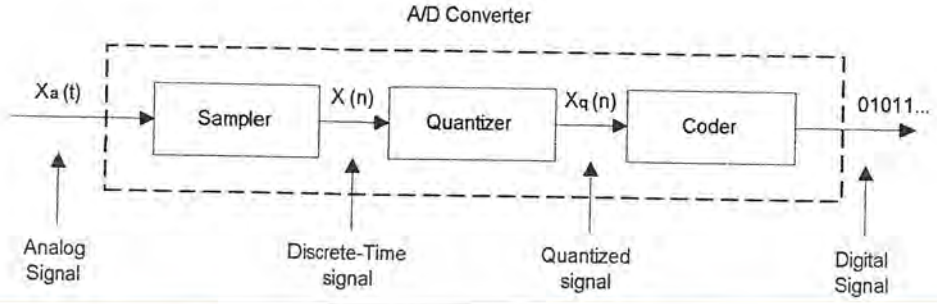
2.4 การประมวลสัญญาณ (Signal Processing)

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) เป็นกระบวนการแปลงสัญญาณซึ่งเป็นฟังก์ชันของตัวแปรต่อเนื่องเป็นสัญญาณซึ่งเป็นฟังก์ชันของตัวแปรที่ไม่ต่อเนื่อง ถ้าสัญญาณเป็นแบบแถบความถี่จำกัด (band limited) เราสามารถสร้างสัญญาณต้นกำเนิดขึ้นมาใหม่จากตัวอย่างที่สุ่ม ถ้าหากเราทำการสุ่มด้วยอัตราอย่างน้อยสองเท่าของความถี่สูงสุดที่บรรจุอยู่ในสัญญาณนั้น ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างได้มีการเสนอครั้งแรกโดยไนควิสในปี ค.ศ. 1928

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณเวลาต่อเนื่องในโดเมนเวลา

2.4.1.1 ตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบพื้นฐานของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

กระบวนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ

ก. การสุ่มตัวอย่าง เป็นการแปลงสัญญาณเวลาต่อเนื่องเป็นสัญญาณเวลาเป็นช่วง โดยดึงตัวอย่าง (sample) ของสัญญาณเวลาเป็นช่วงที่ช่วงเวลาที่เท่ากัน

ข. การควอนไทซ์ (quantization) เป็นการเปลี่ยนจากสัญญาณเวลาต่อเนื่องเป็นสัญญาณเวลาเป็นช่วง ค่าของแต่ละตัวอย่างของสัญญาณจะถูกแทนโดยค่าที่เลือกจากเซทของค่าที่เป็นไปได้ที่จำกัด

ค. การเข้ารหัส (coding) แต่ละค่าของสัญญาณที่ถูกควอนไทซ์ จะถูกแทนโดยเลขฐานสอง

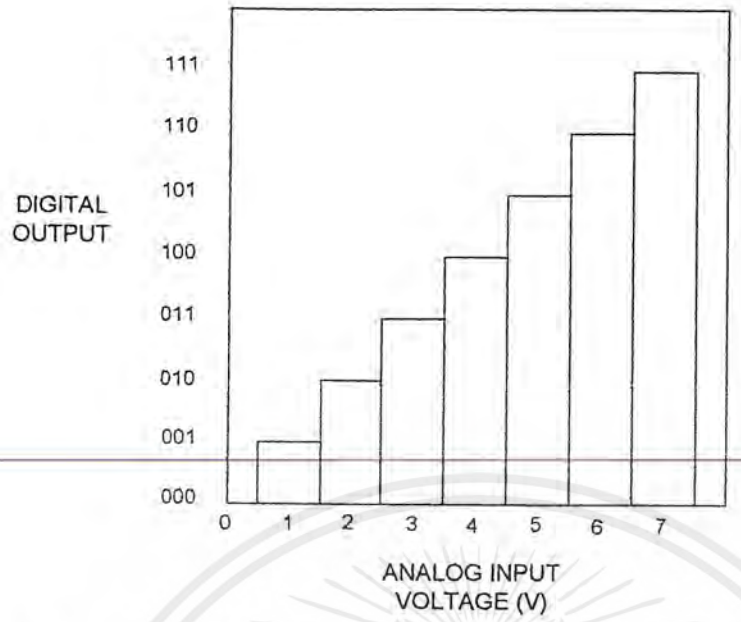
2.4.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติส่วนใหญ่หากนำมาแปรค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ก็มักจะเป็นสัญญาณในรูปของแรงดันหรือกระแส หรือไม่ก็เป็นลักษณะของค่าความต้านทาน ลักษณะที่ได้จะเป็นสัญญาณอนาลอก จึงไม่สามารถนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

2.4.1.3 หลักการเบื้องต้นของวงจร

หากนำเอาสัญญาณดิจิตอลขนาด 3 บิท มาเขียนกราฟคุณสมบัติระหว่างสัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุท สมมุติว่าแรงดันอินพุทมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0 -7 โวลท์ และสัญญาณเอาท์พุทเป็นสัญญาณดิจิตอลจาก 000 - 111 ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุทที่เป็นแรงดันกับสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุท

ค่าความละเอียดของ A/D หาได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันอินพุทแล้วทำให้สัญญาณดิจิตอลเปลี่ยนค่านัยสำคัญต่ำสุดไป

ความละเอียด = ค่าแรงดันอินพุทต่อบิท = ค่าเต็มสเกลหารด้วย $2^n - 1$

หรือถ้าอ้างถึงเรื่อง A/D ที่กล่าวมาแล้วจะได้ว่า

ความละเอียด = 2^n

โดย n คือจำนวนบิทของวงจร

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่าขณะเอาท์พุทเป็น 001 แรงดันอินพุทมีค่าเท่ากับ 1 โวลท์ ซึ่งค่านี้เกิดจากแรงดันค่าเฉลี่ยของ 0.5 โวลท์ กับ 1.5 โวลท์ หรืออาจกล่าวได้ว่าขณะเอาท์พุทเป็น 001 แรงดันอินพุทถูกกำหนดให้จะอยู่ในช่วง 0.5 โวลท์ ซึ่งจะมีค่าผิดพลาดเท่ากับครึ่งบิท ดังนั้นหากต้องการให้ค่าผิดพลาดนี้ลดลงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนบิทให้สูงขึ้น

2.4.1.4 A/D แบบแฟลช (Flash A/D)

A/D แบบนี้เป็นแบบที่มีความเร็วในการแปลงค่าสูงมากๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 แรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะถูกแบ่งค่าแรงดันด้วยตัวต้านทานเป็นขั้นๆ ขั้นละ 1 โวลท์ เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะถูกต่อเป็นอินพุทของวงจรเข้ารหัสแบบจัดลำดับที่มีอินพุท 8 ค่า และให้เอาท์พุทออกมา 3 ค่า ซึ่งลอจิกที่แปลงได้ทางด้านเอาท์พุทจะแปรตามค่าของสัญญาณอนาลอกทางด้านอินพุท ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าแรงดันที่สัมพันธ์กับรหัสไบนารี่ 3 บิท

อินพุท	เอาท์พุท		
	D2	D1	D0
0 – 0.5	0	0	0
0.5 - 1.5	0	0	1
1.5 - 2.5	0	1	0
2.5 - 3.5	0	1	1
3.5 - 4.5	1	0	0
4.5 - 5.5	1	0	1
5.5 - 6.5	1	1	0
มากกว่า 6.5	1	1	1

ช่วงเวลาสำหรับการแปลงค่าจะเร็วมากน้อยเท่าไหร่ขึ้นอยู่กับผลการตอบสนองของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรเข้ารหัส สามารถนำมาใช้งานกับสัญญาณภาพหรือเรดาร์ได้ จากวงจรรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าจำนวนของวงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็น 7 ตัว ถ้าหากต้องการเอาท์พุท 3 บิท หาได้จากสูตร $(2^{n} - 1) = 7$ ดังนั้นหากเป็นวงจร A/D ขนาด n บิทจะได้ว่า

จำนวนวงจรเปรียบเทียบแรงดัน $= 2^{n} - 1$

การตอบสนองต่อความถี่ทางสัญญาณอินพุทที่แปรค่าไปไม่เกิน $1/2$ บิท A/D มีการตอบสนองต่อความถี่ของสัญญาณอินพุทที่มีการแปรค่าเป็นคลื่นรูปไซน์ช่วงไม่เกิน $1/2$ บิท หาความถี่ได้ดังนี้

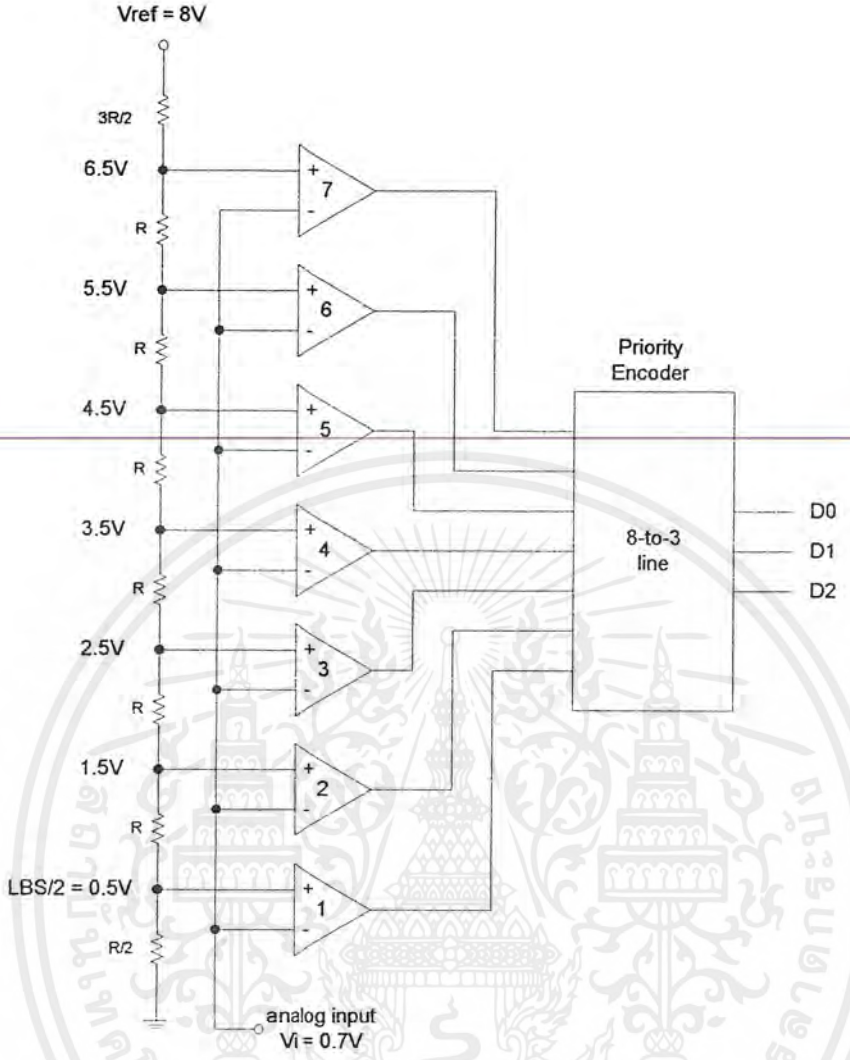
$$f_{max} = \frac{1}{2\,(T_c)\,2^{n}}$$

กำหนดให้ f_{max} คือ ค่าความถี่สูงสุดที่ยอมรับได้ (เฮิร์ต)

T_c คือ ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณ 1 รอบ

n คือ จำนวนบิทของ A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

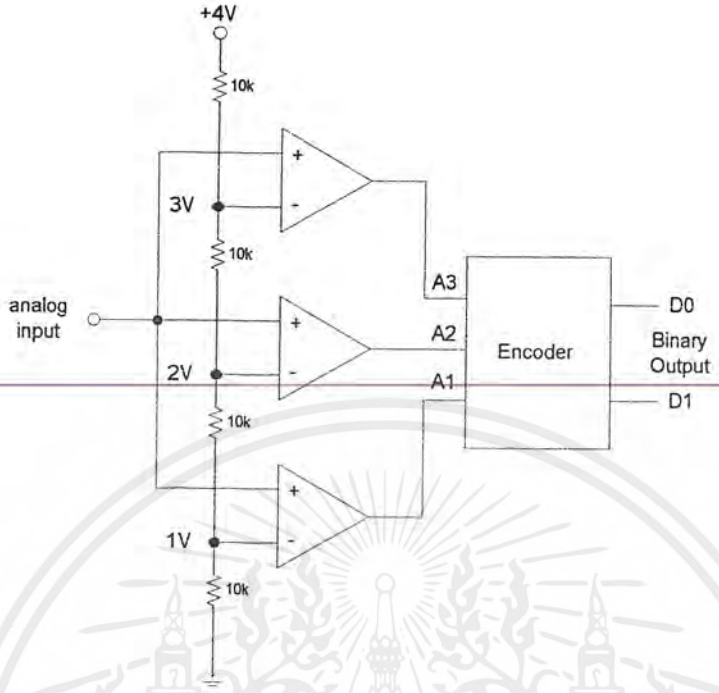


รูปที่ 2.7 วงจร A/D แบบแฟลช

หลักการอย่างง่ายที่สุดของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบขนาน แสดงดังรูปที่ 2.8 โดยใช้ตัวเปรียบเทียบ (Comparator) 3 ตัว ต่อในลักษณะขนานกัน มีตัวต้านทานต่อแบ่งแรงดันอ้างอิงไว้ กำหนดค่าแรงดันต่ำสุดที่ตัวเปรียบเทียบทั้ง 3 ตัว และยังสามารถทำงานได้แรงดันอ้างอิง ซึ่งอาจมีค่าเท่ากับค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาลอกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบขนาน



รูปที่ 2.8 วงจรพื้นฐานของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบขนาน

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าของเอาท์พุทที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงแรงดันของอนาลอกอินพุท

อนาลอกอินพุท (โวลท์)	เอาท์พุทตัวเปรียบเทียบ			เอาท์พุทเลขฐานสอง	
	A1	A2	A3	D1	D0
0 - 1	0	0	0	0	0
1 - 2	1	0	0	0	1
2 - 3	1	1	0	1	0
3 - 4	1	1	1	1	1

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่า ตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะให้เอาท์พุทเป็น "1" ก็ต่อเมื่อแรงดันอินพุทมีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงของตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว ซึ่งมีค่าแตกต่างกันและถ้าแรงดันอินพุทมีค่าอยู่ในช่วง 3 - 4 โวลท์ (แรงดันอ้างอิง +4 โวลท์) จะทำให้ตัวเปรียบเทียบทั้ง 3 ตัวให้เอาท์พุทเป็น "1" ทั้งหมด เอาท์พุทจากตัวเปรียบเทียบทั้งหมดจะส่งเข้าไปที่วงจรเข้ารหัส เพื่อทำให้เป็นสัญญาณดิจิตอลในระบบเลขฐานสองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 นี้ วงจรจะตอบสนองแรงดันอินพุทที่เป็นอนาลอก 4 ระดับ แต่ละระดับมีความแตกต่าง 1 โวลท์ ดังนั้น ความละเอียด (Resolution) ของวงจรนี้มีขนาด 2 บิท เราสามารถหาความละเอียดของวงจรได้จากจำนวนของตัวเปรียบเทียบ คือ

$$\text{จำนวนตัวเปรียบเทียบ} = 2^{n} - 1$$

เมื่อ n คือ ความละเอียด

เช่น ต้องการความละเอียดขนาด 8 บิท จะต้องใช้ตัวเปรียบเทียบถึง 255 ตัว (แทนค่า n = 8) จากลักษณะการต่อตัวเปรียบเทียบให้ขนานกันเพื่อให้รับสัญญาณอินพุทได้พร้อม ๆ กัน เราจึงเรียกวงจรนี้ว่า วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลแบบขนาน (Parallel A/D converters) และเนื่องจากมันสามารถตอบสนองต่อสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาลอก และแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยความเร็วสูง เราจึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบแฟลช (Flash A/D converters)

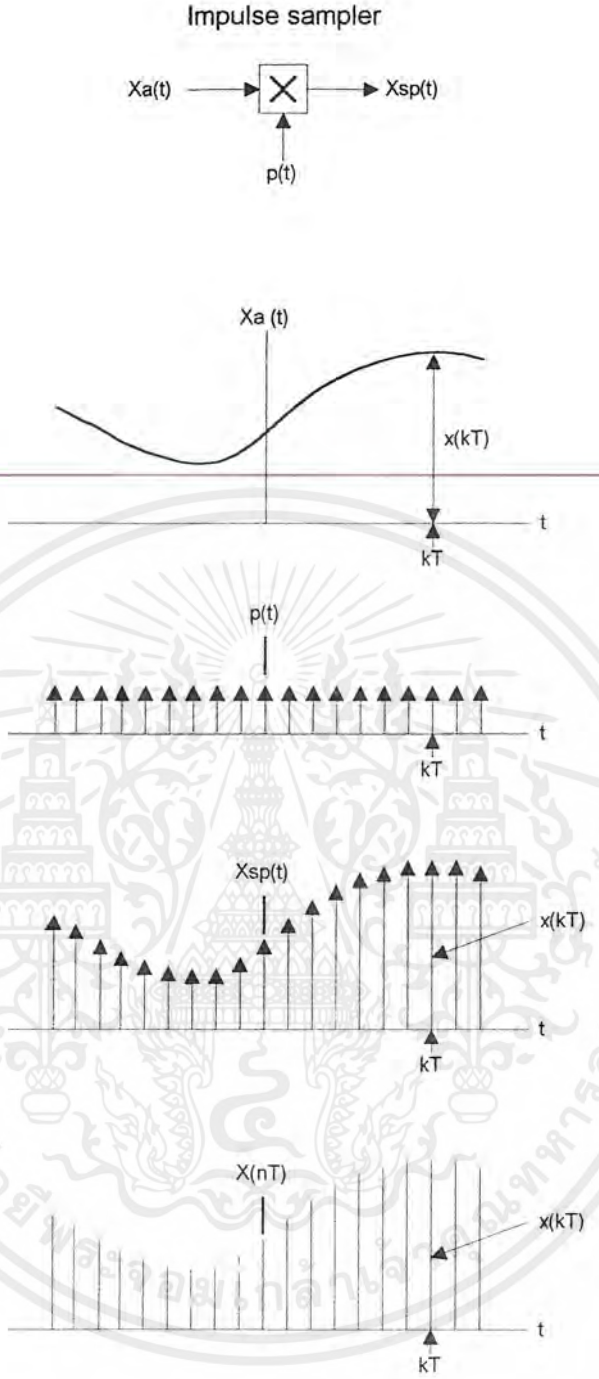
2.4.1.5 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณอนาลอก

การสุ่มตัวอย่างสามารถอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์

$$x(n) = x_a(nt) \qquad -\infty < n < \infty \qquad (2.1)$$

เมื่อ x(n) เป็นสัญญาณเวลาเป็นช่วงที่ได้จากการดึงตัวอย่างสัญญาณอนาลอก $x_a(t)$ ทุกๆ T วินาที ช่วงเวลา T ระหว่างตัวอย่างที่ติดกันจะเรียกว่าคาบของการสุ่ม (sampling period or sample interval) และส่วนกลับของมัน $\frac{1}{T} = f_s$ จะเรียกว่า อัตราการสุ่ม หรือความถี่การสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการกำเนิดสัญญาณสุ่ม

2.4.2 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theorem)

เมื่อเราสุ่มตัวอย่างสัญญาณเวลาต่อเนื่อง $x_a(t)$ เพื่อให้เกิดซีเควนซ์ $\{x(n)\}$ เราต้องการให้สาระทั้งหมดใน $x_a(t)$ ยังคงอยู่ในชุดของตัวอย่างที่เราสุ่มออกมา เราจะแน่ใจได้ว่าสาระทั้งหมดยังอยู่ครบถ้วนถ้าเราสามารถสร้างสัญญาณเวลาต่อเนื่องขึ้นมาใหม่ที่เหมือนกับ $x_a(t)$ จากชุดของตัวอย่างที่สุ่มมาได้ ความถี่ของการสุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแปรสำคัญในการหาเงื่อนไขซึ่งจะทำให้ไม่มีการสูญเสียสาระดังกล่าว โดยให้พิจารณา $x_a(t)$ ว่าเป็นสัญญาณที่มีสเปคตรัมแบบจำกัดแถบความถี่ นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$x_a(\omega) = 0 \text{ สำหรับ } |\omega| > \omega_M \tag{2.2}$$

ดังแสดงในรูป 2.10 ก) ซึ่งหมายถึงจะไม่มีองค์ประกอบความถี่ ที่ความถี่สูงกว่า ω_M เมื่อ $x_a(t)$ ถูกสุ่มตัวอย่างด้วยคาบของการสุ่ม T ดังนั้น สเปคตรัม $X_{sp}(\omega)$ จะเป็นฟังก์ชันซ้ำคาบที่ขยาย $X_a(\omega)$ ออกไป โดยมีคาบ $\frac{2\pi}{T} = \omega_S$ จะเห็นว่า $X_{sp}(\omega)$ ในช่วงความถี่จาก $-\frac{\pi}{T}$ ถึง $\frac{\pi}{T}$ จะเหมือนกับ $X_a(\omega)$ ถ้า

$$\frac{\omega_S}{2} = \frac{\pi}{T} > \omega_M \text{ หรือ } T < \frac{\pi}{\omega_M} \tag{2.3}$$

ในกรณีนี้จะไม่เกิดการเหลื่อมขององค์ประกอบของสเปคตรัมที่ติดกัน (รูป 2.10 ข) และเราสามารถนำ $X_a(\omega)$ ออกจาก $X_{sp}(\omega)$ อย่างแน่นอน โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่มีการตอบสนองขนาดที่เหมาะสม เช่น $|H(\omega)| = 1$ เมื่อ $|\omega| \le \frac{\pi}{T}$ และ $|H(\omega)| = 0$ เมื่อ $|\omega| > \frac{\pi}{T}$ แต่ถ้าเลือก T มากกว่า $\frac{\pi}{\omega_M}$ จะเกิดการเหลื่อมล้ำ (ดังรูป 2.10 ค) ทำให้ $x_{sp}(\omega)$ ในช่วงความถี่ $-\frac{\pi}{T}$ ถึง $\frac{\pi}{T}$ แตกต่างไปจาก $x_a(\omega)$ (ดังรูป 2.10 ง) การเหลื่อมนี้จะเนื่องมาจากการสุ่มด้วยอัตราที่ต่ำเกินไป ทำให้รูปร่างของสเปคตรัมผิดไป ในลักษณะนี้จะไม่สามารถนำสัญญาณเดิมกลับคืนมาได้ ซึ่งเราจะเรียกว่าเกิดการแปลความหมายผิดหรือการอะเลียส (aliasing) เพื่อป้องกันความผิดพลาดนี้ คาบของการสุ่มตัวอย่าง T จะต้องสอดคล้องกับสมการเงื่อนไข (2.3) และเพื่อจะให้ได้เงื่อนไขที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือจดจำ จะนิยามอัตราการสุ่มตัวอย่าง (sampling rate) เป็น f_s โดย $f_s = \frac{1}{T}$ เนื่องจาก $\omega = 2\pi f$ ดังนั้นจะสามารถเขียนสมการเงื่อนไข (2.3) ได้เป็น

$$\frac{\pi}{T} > 2\pi f_M$$

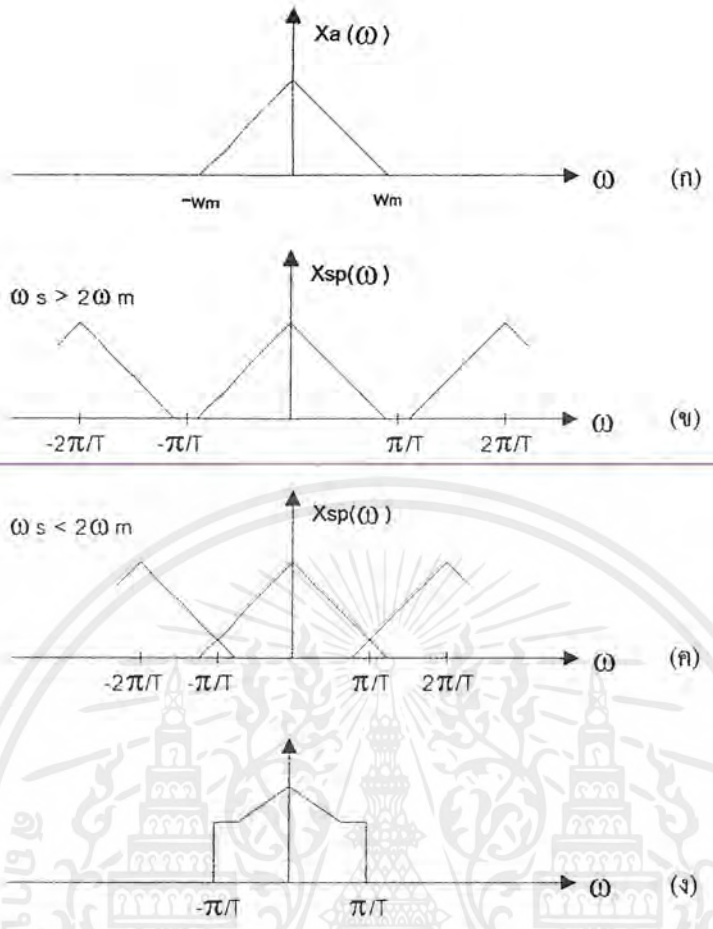
หรือ

$$f_s > 2f_M \tag{2.4}$$

เมื่อ f_M คือองค์ประกอบความถี่สูงสุดในสัญญาณ $x_a(t)$ หรืออาจกล่าวอย่างง่ายก็คือ จะต้องสุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 ตัวอย่างต่อ 1 คาบขององค์ประกอบซายน์ความถี่สูงสุดที่ปรากฏในสัญญาณนั้น อัตราการสุ่มที่น้อยที่สุดก่อนที่จะเกิดการแปลความหมายผิด (aliasing) $2f_M = f_N$ จะเรียกว่าอัตราไนควิส (Nyquist rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37107



รูปที่ 2.10 ก) สัญญาณจำกัดแถบความถี่ ข) สเปคตรัมเมื่อสุ่มตัวอย่างด้วย $T < \frac{\pi}{\omega_M}$

ค) สเปคตรัมเมื่อสุ่มตัวอย่างด้วย $T > \frac{\pi}{\omega_M}$ ง) การเหลื่อมของสเปคตรัมทำให้สัญญาณผิดเพี้ยน

โดยทั่วไปถ้าเรากำหนดเอาความถี่การสุ่มตัวอย่าง f_s เป็นหลัก ความถี่อนาลอกของอินพุทที่สูงที่สุด = $\frac{f_s}{2}$ ที่จะถูกแทนได้โดยไม่ซ้ำ (คือความถี่อนาลอกของอินพุทที่สูงกว่า $\frac{f_s}{2}$ จะเกิดการอะเลียสเข้ามาปรากฏที่ความถี่ต่ำกว่า ดังนั้นเราอาจใช้ $\frac{f_s}{2}$ เป็นจุดหมุน และพับ (fold) ความถี่อะเลียสเข้าสู่พิสัย $0 \le f \le \frac{f_s}{2}$ เราจึงเรียกความถี่ $\frac{f_s}{2}$ นี้ว่า ความถี่พับ (folding frequency) ดังนั้นจะต้องเลือกความถี่ในการสุ่มตัวอย่างสูงเพียงพอที่ทุกสัญญาณจะไม่ปรากฏเป็นสัญญาณความถี่ต่ำเมื่อถูกสุ่มตัวอย่าง

ในทางปฏิบัติสัญญาณอาจมีช่วงความถี่ที่มันมีขนาดที่มีนัยสำคัญมากเกินกว่าช่วงความถี่ที่บรรจุสาระที่ต้องการ เช่นในกรณีสัญญาณความถี่ต่ำถูกรบกวนด้วยสัญญาณที่มีช่วงความถี่กว้าง หรือในกรณีสัญญาณถูกมอดูเลต เช่นในวิทยุ ถ้าเราสุ่มตัวอย่างสัญญาณด้วยความถี่ประมาณมากกว่า 2 เท่าของความถี่ของสัญญาณที่เราต้องการ จะเกิดการอะเลียสเนื่องจากสัญญาณความถี่สูงที่เราไม่ต้องการ เพื่อป้องกัน

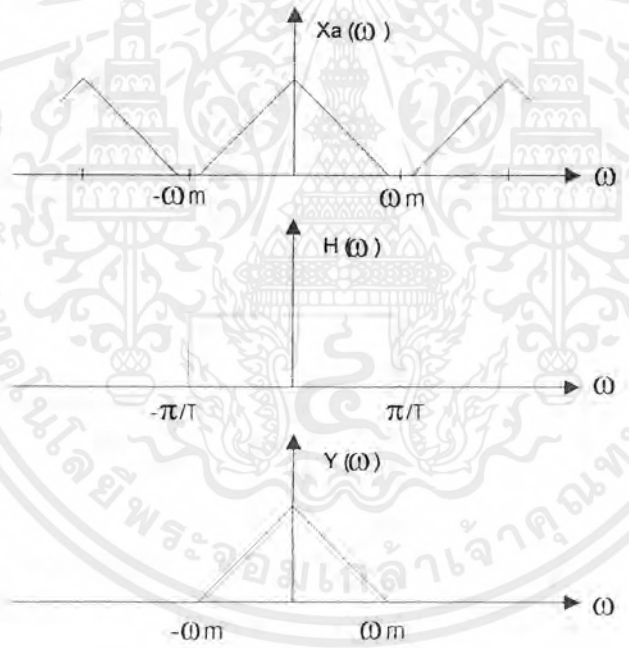
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดเนื่องจากการอะเลียส ในกรณีนี้เราจะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบอนาลอกเรียกว่า antialiasing filter สัญญาณจะต้องถูกส่งผ่านเข้าวงจรกรองนี้ก่อนการสุ่มตัวอย่าง และมันจะทำหน้าที่ลดกำลัง (power) ของสัญญาณอนาลอกในช่วงความถี่ $\omega_M > \frac{\pi}{T}$ วงจรกรองที่ใส่เข้าไปเพื่อป้องกันการอะเลียสนั้นจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไข 2 ข้อ

ก) วงจรกรองนี้จะต้องไม่ลดทอนองค์ประกอบของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า ω_M เมื่อ ω_M คือช่วงความถี่สูงสุดขององค์ประกอบสัญญาณที่เราต้องการ

ข) เพื่อป้องกันการอะเลียส วงจรกรองจะต้องลดทอนองค์ประกอบสัญญาณที่มีความถี่ $|\omega| \geq \frac{2\pi}{T} - \omega_M$ เนื่องจากภายหลังการสุ่มตัวอย่าง องค์ประกอบสัญญาณที่มีความถี่ในช่วงนี้จะตกลงในช่วง $-\omega_M \leq \omega \leq \omega_M$ เมื่อการเกิดสเปคตรัมขึ้นซ้ำๆกันเนื่องจากการสุ่มตัวอย่าง

2.4.3 การสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ (Reconstruction)



รูปที่ 2.11 การสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ เมื่อมองในโดเมนความถี่

จากตัวอย่างที่สุ่มจากรูป 2.10 จะเห็นว่าสเปคตรัม $X_a(\omega)$ จะเหมือนกับ $X_{sp}(\omega)$ ในช่วง $-\frac{\pi}{T} \leq \omega \leq \frac{\pi}{T}$ โดยการใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบอนาลอก ซึ่งมีความตอบสนองความถี่ในอุดมคติ ดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

$$H(\omega) = \begin{cases} 1 & ,-\frac{\pi}{T} \leq \omega \leq \frac{\pi}{T} \\ 0 & ,otherwise \end{cases} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 สัญญาณสุ่ม

จากสมการ

$$x(n) = x_a(nt) \tag{2.6}$$

$x(n)$ จะแทนซีเควนซ์ (หรือสัญญาณเวลาเป็นช่วง) และ $x_a(nt)$ จะแทนค่าของ $x_a(t)$ ที่เวลา $t = nT$ แต่เมื่อพิจารณารูปให้ละเอียดจะเห็นว่าเราแทนแต่ละองค์ประกอบของ $x(n)$ คล้ายเข็มหมุดปักห่างจากกันเป็นระยะเท่ากัน และมีความยาวต่างกัน ตามขนาดของสัญญาณ โดยเฉพาะที่อยากให้พิจารณาเป็นพิเศษคือส่วนหัว ซึ่งมีลักษณะกลม ซึ่งเราแทนสัญญาณเวลาเป็นช่วงหรือซีเควนซ์มาตลอด แต่จากที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้เราจะพบสัญญาณหรือฟังก์ชัน $x_{sp}(t)$ ซึ่งจะได้จากการคูณ $x_a(t)$ เข้ากับกระบวนการของอิมพัลส์ จะเห็นได้ว่าจะใช้สัญลักษณ์ของส่วนหัวของแต่ละองค์ประกอบของ $x_{sp}(t)$ เป็นหัวลูกศรซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่เราใช้แทนอิมพัลส์หรือเดลต้าฟังก์ชัน การที่เราใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่างก็เพื่อที่จะบอกว่า $x_{sp}(t)$ กับ $x_n(t)$ นั้นแตกต่างกันโดยเราจะเรียก $x_{sp}(t)$ ว่าสัญญาณสุ่ม (sampled signal)

2.4.5 การควอนไทซ์สัญญาณที่มีขนาดต่อเนื่อง

เราทราบมาแล้วว่าสัญญาณดิจิตอล คือ ซีเควนซ์ของตัวเลข (ตัวอย่าง) ซึ่งตัวเลขแต่ละค่าถูกแทนโดยจำนวนหลักที่จำกัด (บอกว่ามีความละเอียดที่จำกัด)

กระบวนการเปลี่ยนสัญญาณเวลาเป็นช่วงขนาดต่อเนื่องเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยแทนค่าแต่ละตัวอย่างเป็นตัวเลขที่มีจำนวนหลักที่จำกัด เรียกว่า การควอนไทซ์ (quantizing) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการแทนสัญญาณค่าต่อเนื่อง โดยเซทที่จำกัดของระดับค่าที่เป็นช่วงจะเรียกว่า quantization error หรือ quantization noise

เราแทนการดำเนินการของตัวควอนไทซ์ (quantizer) ต่อตัวอย่าง $x(n)$ ว่า $Q[x(n)]$ และให้ $x_q(n)$ แทนซีเควนซ์ของตัวอย่างที่เอาท์พุทของตัวควอนไทซ์ ดังนั้น

$$x_q(n) = Q[x(n)] \tag{2.7}$$

ให้ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์ เป็นซีเควนซ์ $e_q(n)$ ซึ่งนิยามว่าคือ ผลต่างระหว่างค่าที่ถูกควอนไทซ์กับค่าตัวอย่างตามปกติ ดังนั้น

$$e_q(n) = x_q(n) - x(n) \tag{2.8}$$

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงกระบวนการควอนไทซ์ พิจารณาสัญญาณเวลาเป็นช่วง

$$x(n) = \begin{cases} 0.9^n & , n \geq 0 \\ 0 & , n \leq 0 \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างสัญญาณอนาลอก $x_a(t) = 0.9^t$, $t \geq 0$ โดยมีความถี่ของการสุ่ม $f_s = 1$ Hz (ตามรูป 2.12) โดยพิจารณาจากตาราง 2.3 ซึ่งแสดงค่าของ 10 ตัวอย่างแรกของ $x(n)$ จะเห็นว่ารายละเอียดของค่าตัวอย่างของ $x(n)$ ต้องการเลขนัยสำคัญ n ตัว ดังนั้นไม่สามารถประมวลผลสัญญาณนี้โดยใช้เครื่องคิดเลข เพราะว่าเพียงไม่กี่ตัวอย่างแรกเท่านั้นที่สามารถถูกเก็บและนำไปใช้ (อย่างถูกต้อง) เช่น เครื่องคำนวณโดยทั่วไปประมวลผลจำนวนเลขโดยใช้เพียงเลขนัยสำคัญ 8 หลัก

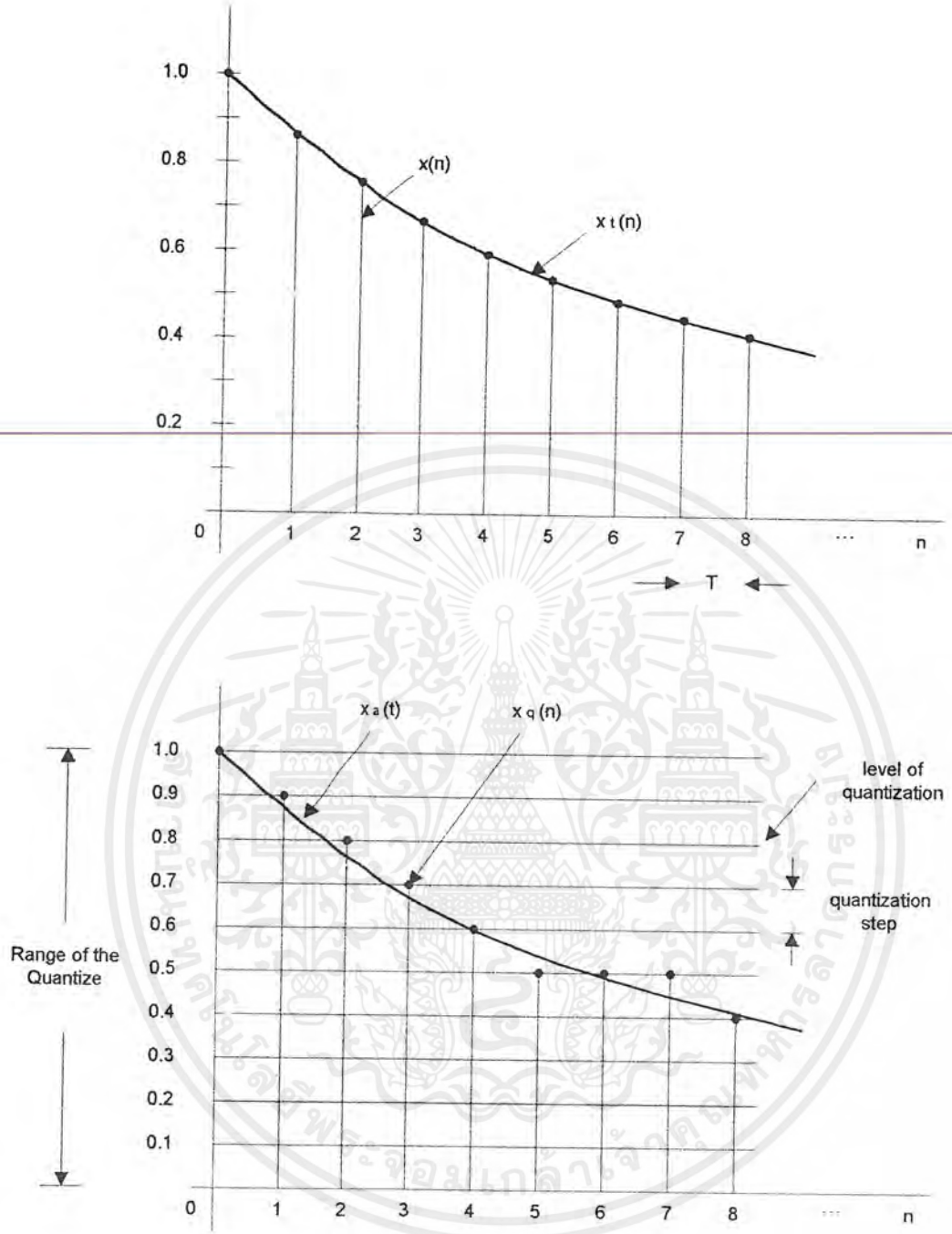
อย่างไรก็ตาม ลองสมมติว่าเราต้องการใช้เลขนัยสำคัญเพียงหลักเดียว เพื่อกำจัดเลขหลักที่เกินออกไป เราอาจจะทำโดยการทิ้งไปเฉยๆ (truncation) หรือ ทิ้งโดยการปัดค่า (rounding) สัญญาณที่ถูกควอนไทซ์ $x_q(n)$ จะแสดงในตาราง 2.3 โดยเราจะพิจารณาเพียงกรณีการควอนไทซ์โดยการปัดเศษ (rounding) โดยจะแสดงด้วยกราฟในรูป 2.12 ค่าที่ยอมให้มีได้ในกรณีสัญญาณดิจิตอลจะเรียกว่าระดับการควอนไทซ์ (quantization level) ขณะที่ระยะ Δ ระหว่างระดับการควอนไทซ์ที่ติดกันจะเรียกว่าขั้นการควอนไทซ์ (quantization step) ตัวควอนไทซ์แบบปัดเศษจะกำหนดค่าให้แต่ละตัวอย่างของ $x(n)$ เท่ากับระดับการควอนไทซ์ที่ใกล้ที่สุด (ขณะที่ตัวควอนไทซ์แบบตัดทิ้งจะกำหนดค่าให้แต่ละตัวอย่างของ $x(n)$ เท่ากับระดับการควอนไทซ์ด้านล่างมัน) ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์ $e_q(n)$ (ในกรณีปัดเศษ) จะถูกจำกัดอยู่ในช่วง $-\frac{\Delta}{2}$ ถึง $\frac{\Delta}{2}$ นั่นคือ

$$-\frac{\Delta}{2} \leq e_q(n) \leq \frac{\Delta}{2} \tag{2.9}$$

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวเลขของการควอนไทซ์โดยมีนัยสำคัญหนึ่งหลัก

n	$x(n)$ Discrete – Time Signal	$x_q(n)$ (Truncation)	$x_q(n)$ (Rounding)	$e_q(n) = x_q(n) - x(n)$ (Rounding)
0	1	1.0	1.0	0.0
1	0.9	0.9	0.9	0.0
2	0.81	0.8	0.8	- 0.01
3	0.729	0.7	0.7	- 0.029
4	0.6561	0.6	0.7	0.0439
5	0.59049	0.5	0.6	0.00951
6	0.531441	0.5	0.5	- 0.031441
7	0.4782969	0.4	0.5	0.0217031
8	0.43046721	0.4	0.4	- 0.03046721
9	0.387420489	0.3	0.4	0.012579511

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงการควอนไทซ์

หรือกล่าวได้ว่า ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์ที่ขณะใดๆ จะไม่เกินครึ่งหนึ่งของการควอนไทซ์ (ดูตาราง 2.3)

ถ้า x_{max} และ x_{min} แทนค่าสูงสุดและต่ำสุดของ $x(n)$ และ L แทนจำนวนระดับการควอนไทซ์ ดังนั้น

$$\Delta = \frac{x_{max} - x_{min}}{L-1} \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรานิยามพิสัยไดนามิค (dynamic range) ของสัญญาณว่าเท่ากับ $x_{max} - x_{min}$ ในตัวอย่างของเรา เรามี $x_{max} = 1$, $x_{min} = 0$ และ $L = 11$ ทำให้เราได้ $\Delta = 0.1$ โปรดสังเกตว่าถ้าให้พิสัยไดนามิคคงที่ การเพิ่มจำนวนระดับการควอนไทซ์ L จะลดขนาดของขั้นการควอนไทซ์ ดังนั้นความผิดพลาดจากการควอนไทซ์จะลดลง (ความถูกต้องของตัวควอนไทซ์จะเพิ่มขึ้น) ในทางปฏิบัติเราสามารถลดความผิดพลาดจากการควอนไทซ์ลงจนถึงปริมาณที่ไม่มีนัยสำคัญ โดยเลือกจำนวนระดับการควอนไทซ์ให้มากพอ

2.4.6 การเข้ารหัสตัวอย่างที่ถูกควอนไทซ์แล้ว

กระบวนการเข้ารหัส (coding) ในตัวแปลง A/D จะเป็นการกำหนดเลขฐานสองที่ไม่ซ้ำกันให้แก่แต่ละระดับของการควอนไทซ์ ถ้าเรามี L ระดับ เราต้องการอย่างน้อยที่สุด L จำนวนเลขฐานสองที่แตกต่างกัน ดังนั้นเรามี $2^b \geq L$ หรือ $b \geq \log_2 L$ ดังนั้นจำนวนบิทที่ต้องการในตัวเข้ารหัสก็คือเลขจำนวนเต็มที่น้อยที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับ $\log_2 L$ ในตัวอย่างของเรา จะเห็นว่าต้องการตัวเข้ารหัสที่มี $b = 4$ บิท ตัวแปลง A/D ที่หาได้ในท้องตลาดจะมีความละเอียดจำกัด คือ $b \leq 16$ บิท โดยทั่วไป ถ้าหากความเร็วในการสุ่มตัวอย่างยิ่งสูง และการควอนไทซ์ยิ่งละเอียดราคาก็จะยิ่งแพงขึ้น

2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

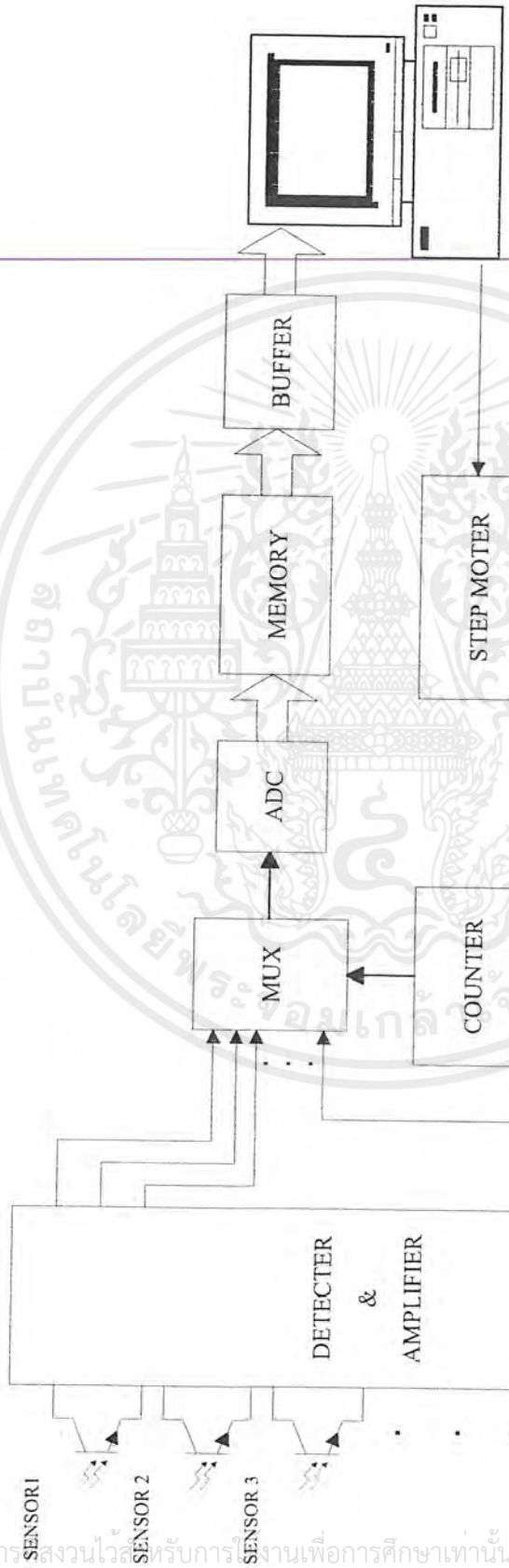
แบ่งตามการพันขดลวดบนสเตเตอร์ แบ่งเป็น

แบบไบโพลาร์ (Bipolar) มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งกำหนดทิศการไหลและการกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทำได้โดยการใช้วงจรสวิตชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตชิ่งกระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่ง ขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าชนิดไบโพลาร์ เพราะต้องการเพียงสวิทช์ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

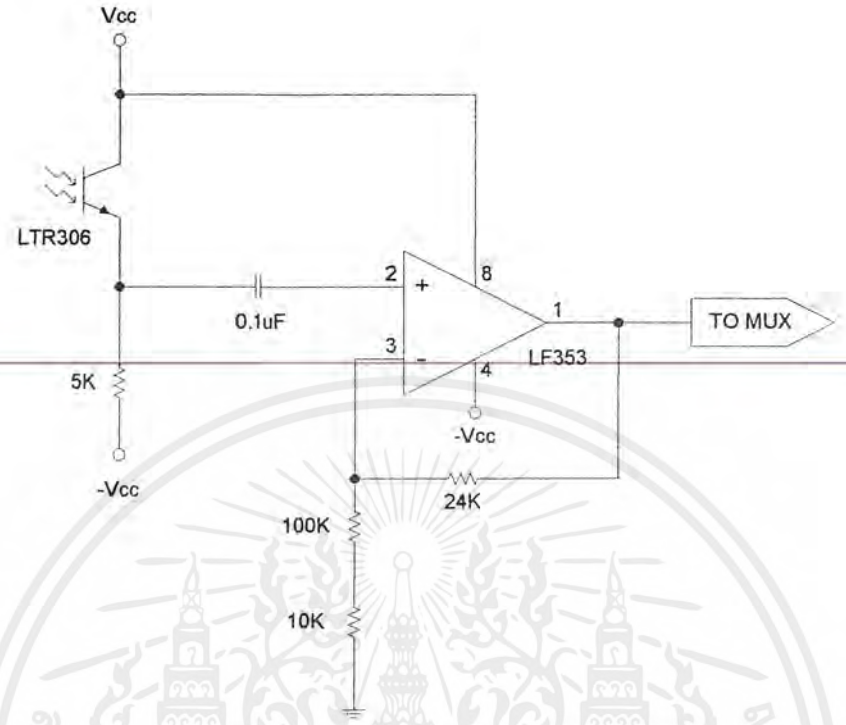
บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมโดยรวมของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจรดีเทคเตอร์และวงจรแอมพลิฟายเออร์



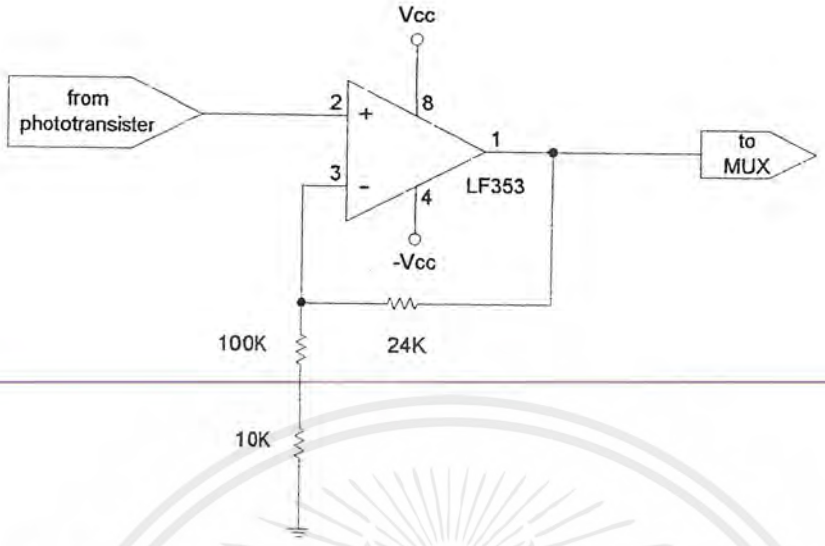
รูปที่ 3.2 วงจรดีเทคเตอร์และวงจรแอมพลิฟายเออร์

วงจรดีเทคเตอร์นี้ เราใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนแสงที่ได้รับให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งในที่นี้เราใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์เบอร์ LTR306 ซึ่งทำงานอยู่ในช่วงของแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ (Visible Light) โดยเมื่อมีแสงมาตกกระทบตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ค่าความต้านทานของมันจะมีค่าลดลง ทำให้ได้ระดับแรงดันสูง ในทางตรงกันข้าม เมื่อไม่มีแสงตกกระทบ ค่าความต้านทานของมันจะมีค่าสูงขึ้น ทำให้ค่าระดับแรงดันมีค่าต่ำตามไปด้วย

เนื่องจากค่าระดับแรงดันที่ได้จากตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์มีค่าต่ำ จึงต้องมีการขยายสัญญาณที่ได้โดยผ่านวงจรแอมพลิฟายเออร์ ซึ่งมีอัตราการขยาย 1.22 เท่า เพื่อส่งสัญญาณไปส่วนมัลติเพล็กซ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณอัตราการขยายของวงจรแอมพลิฟายเออร์



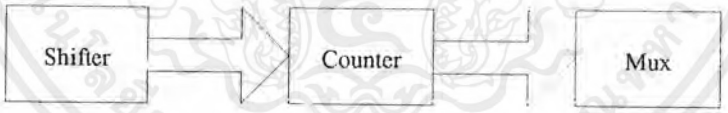
$$\frac{v_{in}-0}{100k+10k}+\frac{v_{in}-v_o}{24k} = 0$$

$$v_{in}\left(\frac{1}{110k}+\frac{1}{24k}\right) = \frac{v_o}{24k}$$

$$\frac{v_o}{v_{in}} = 24k\left(\frac{1}{110k}+\frac{1}{24k}\right)$$

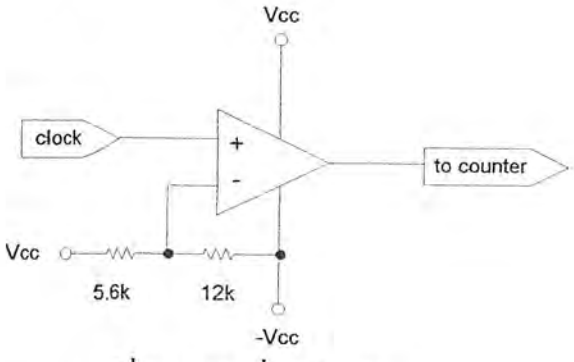
$$= 1.22 \text{ เท่า}$$

3.2 วงจรสร้างส่วนสัญญาณควบคุม



รูปที่ 3.3 วงจรสร้างส่วนสัญญาณควบคุม

3.2.1 ส่วนวงจรเลื่อนสัญญาณ



รูปที่ 3.4 วงจรเลื่อนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากวงจรดีเทคเตอร์มีค่าอยู่ในช่วง –3.5 ถึง +4.5 โวลท์ ในส่วนของวงจรมัลติเพล็กซ์จึงต้องใช้คอนโทรลพัลส์ที่มีค่าระดับอ้างอิงเดียวกับสัญญาณคือ ±5 โวลท์ แต่เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากการ์ด A/D อินเตอร์เฟส มีค่าระดับสัญญาณอยู่ในช่วง 0-5 โวลท์ เพื่อให้วงจรเคาน์เตอร์ผลิตสัญญาณควบคุมดังกล่าวจึงต้องใช้วงจรเลื่อนสัญญาณเพื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณนาฬิกาให้มีระดับสัญญาณอยู่ในช่วง ±5 โวลท์

3.2.2 ส่วนเคาน์เตอร์

ในส่วนนี้เราใช้ไอซีเบอร์ 4017 สร้างสัญญาณ คอนโทรลพัลส์ ให้แต่ละช่องสัญญาณ ซึ่งเราใช้สัญญาณนาฬิกาจากการ์ด A/D อินเตอร์เฟส ที่ความถี่ 156.25 กิโลเฮิร์ต ในการสร้างสัญญาณควบคุม ซึ่งพัลส์ที่ได้จะถูกส่งไปควบคุมการเปิดและปิดของอนาลอกสวิทช์ เพื่อใช้ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณทั้ง 96 ช่องสัญญาณ

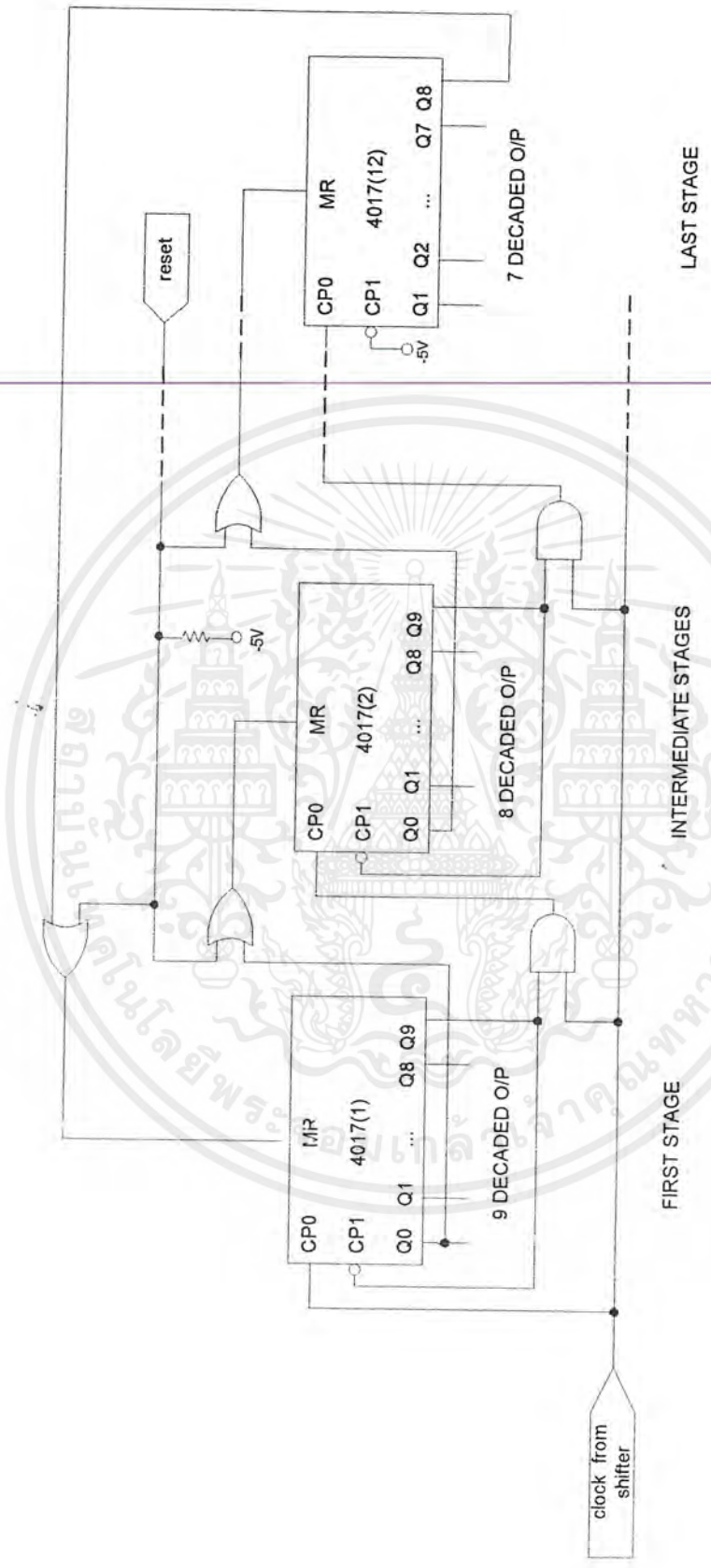
โดยไอซีเบอร์ 4017 ตัวแรกจะเริ่มทำการนับและส่งสัญญาณเอาท์พุทเรียงกันตั้งแต่ Q0-Q8 เมื่อถึง Q9 จะเป็นการเปิดสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซีเบอร์ 4017 ตัวต่อไป เพื่อใช้ในการนับและส่งสัญญาณเอาท์พุทออกมา ในวงจรนี้เราใช้ไอซีเบอร์ 4017 ทั้งหมด 12 ตัว เพื่อให้ได้ คอนโทรลพัลส์ ทั้งหมด 96 ช่องสัญญาณ

วงจรนี้จะทำการเริ่มต้นนับใหม่ตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 1 ทุกครั้งที่มีการรีเซ็ทสัญญาณ

3.2.3 ส่วนมัลติเพล็กซ์

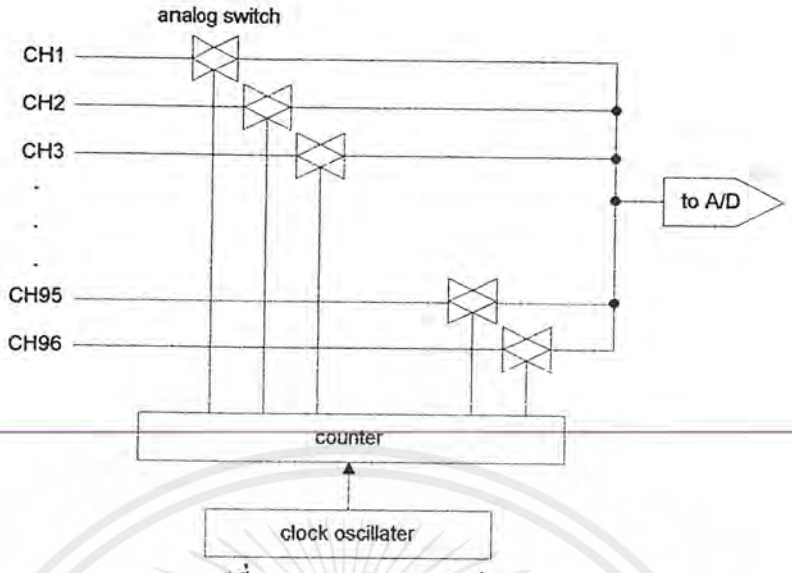
เนื่องจากเราใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ในการสแกน ซึ่งเรียงกันเป็นเส้นตรงแนวเดียวกันทั้งหมด 96 ช่องสัญญาณ เพื่อทำการสแกนทีละบรรทัดจึงต้องมีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเพื่อส่งไปประมวลผลต่อไป ซึ่งวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณทำหน้าที่ในการนำเอาสัญญาณอินพุทจากแหล่งกำเนิดสัญญาณหลายๆช่องอินพุทมารวมเข้าด้วยกัน และให้สัญญาณเอาท์พุทออกเพียงช่องสัญญาณเดียว ซึ่งสัญญาณอินพุทของช่องต่างๆจะถูกจัดให้ออกที่เอาท์พุทในเวลาที่ต่างกัน ซึ่งเทคนิคของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบนี้จะเรียกว่าการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex : TDM) ซึ่งจะนำมาใช้ในวงจรนี้ โดยสัญญาณที่ได้จากวงจรดีเทคเตอร์ในแต่ละช่องสัญญาณจะถูกส่งผ่านอนาลอกสวิทช์แต่ละตัว ซึ่งตัวอนาลอกสวิทช์จะมีส่วนที่เรียกว่า คอนโทรลพัลส์ เพื่อควบคุมการเปิดและปิดของอนาลอกสวิทช์แต่ละช่องสัญญาณเรียงตามลำดับกันไปตามทฤษฎีการมัลติเพล็กซ์เชิงเวลา ซึ่งความเร็วที่ใช้ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณคือ 156.25 กิโลเฮิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



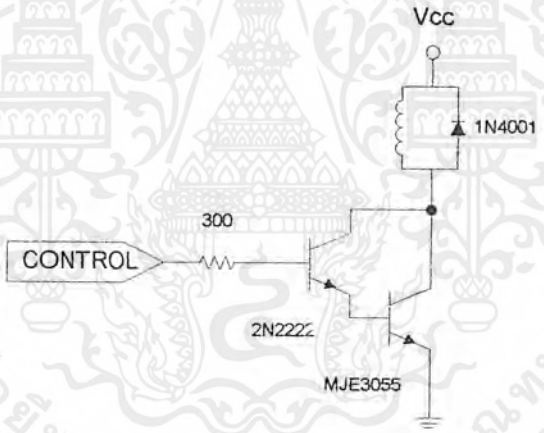
รูปที่ 3.5 วงจรส่วนเคาน์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรมัลติเพล็กซ์

3.3 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



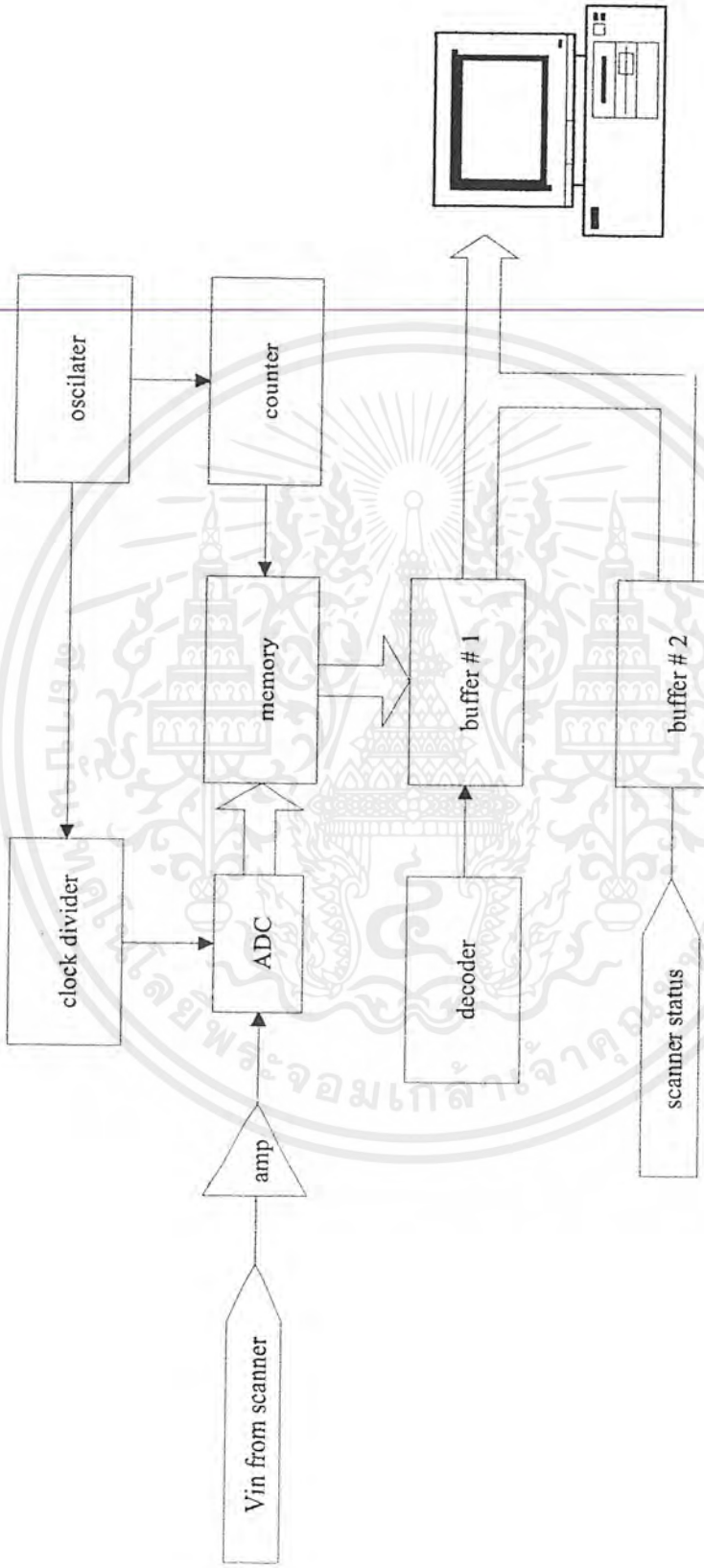
รูปที่ 3.7 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

วงจรนี้จะทำการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์เพื่อใช้หมุนแกนเพลา ยึดกระดาษให้สแกนเนอร์ทำการสแกนกระดาษทีละบรรทัด โดยวงจรนี้จะนำสัญญาณรีเซ็ทจากคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงจรนับ เพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมให้กับวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ต่อไป

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแบบยูนิโพลาร์ 4 เฟส 6 สาย ซึ่งจะต้องใช้คอนโทรลพัลส์เรียงกันไปในแต่ละเฟส จึงจะทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนทีละสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

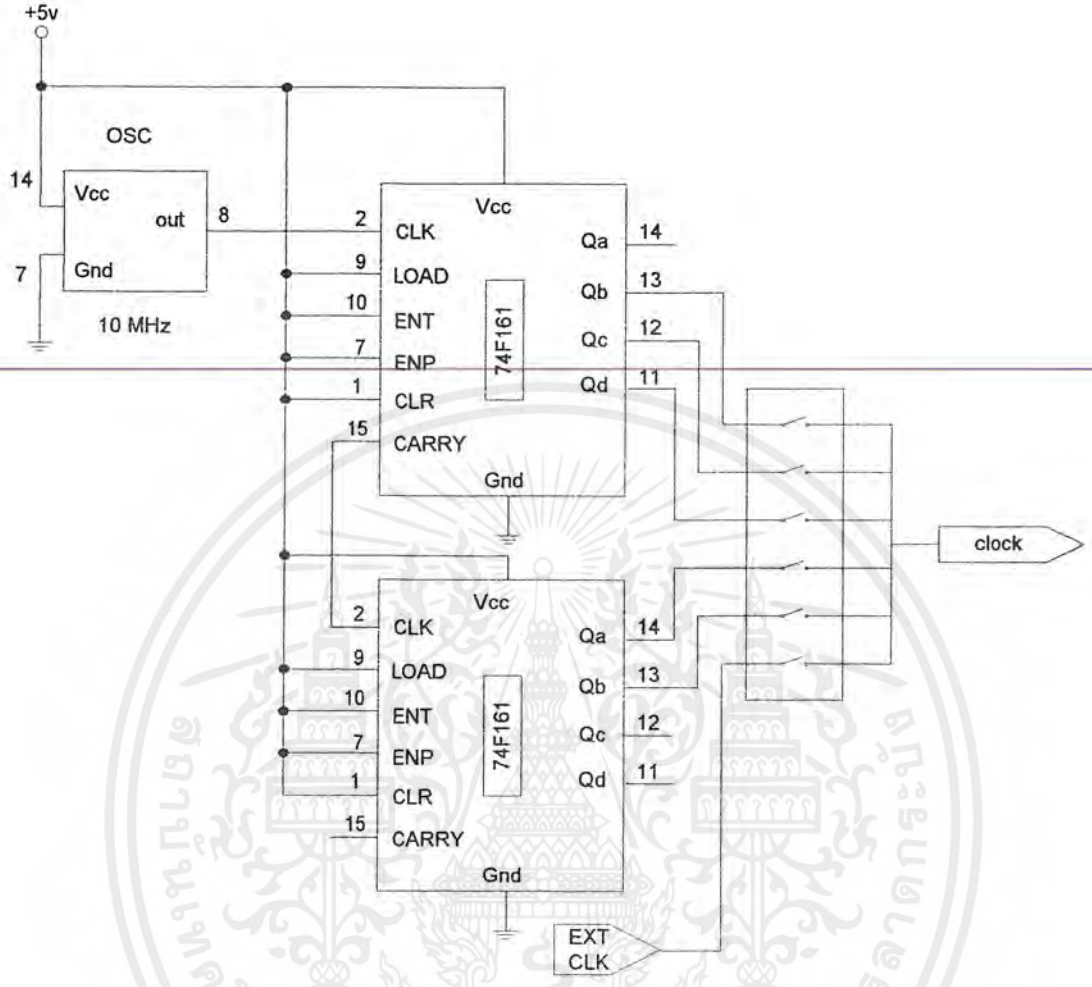
3.4 ส่วนของการ์ด A/D อินเตอร์เฟส



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของการ์ด A/D อินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 วงจรหารสัญญาณนาฬิกา

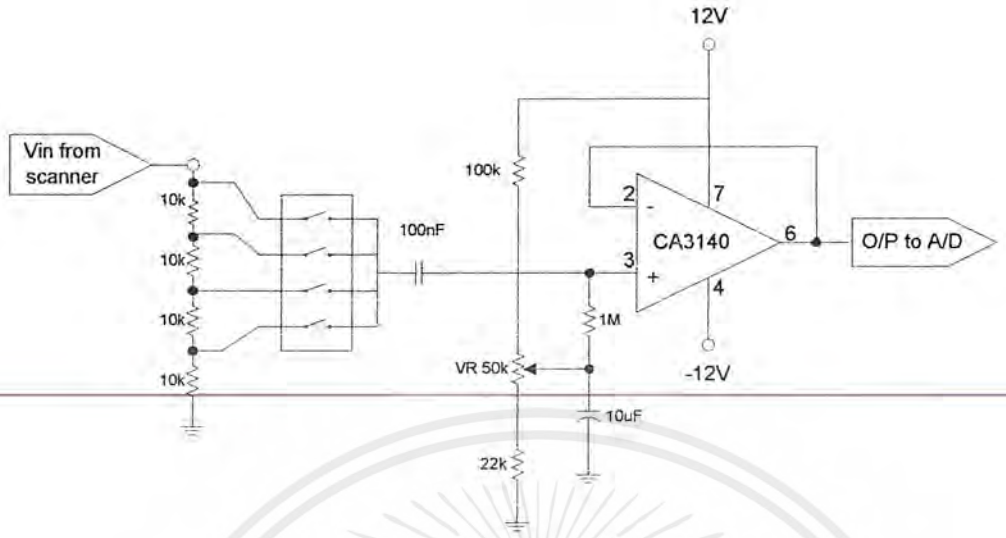


รูปที่ 3.9 วงจรหารสัญญาณนาฬิกา

วงจรส่วนนี้ใช้คริสตอล (crystal) ออสซิเลเตอร์ความถี่ 10 เมกะเฮิร์ต ต่อเข้ากับไอซีเบอร์ 74F161 ซึ่งทำหน้าที่หารสัญญาณนาฬิกาให้เป็น 2.5 , 1.25 เมกะเฮิร์ต และ 625 , 312.5 , 156.25 กิโลเฮิร์ต ตามลำดับ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ความถี่ที่ต้องการได้ โดยที่สัญญาณนาฬิกาตัวนี้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ ได้แก่ วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ เพื่อเลือกอัตราแซมปลิ้งข้อมูลที่เข้ามา และนอกจากนั้นยังเป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงานของกระบวนการมัลติเพล็กซ์ในส่วนของการสแกนอีกด้วย ซึ่งในที่นี้กำหนดให้สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการมัลติเพล็กซ์เป็น 156.25 กิโลเฮิร์ต และอัตราที่ใช้ในการแซมปลิ้งเป็น 625 กิโลเฮิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ



รูปที่ 3.10 วงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ

ในส่วนของวงจรลดทอน ใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมกันจำนวน 4 ตัว เพื่อลดทอนระดับแรงดันของสัญญาณให้ต่ำลง เพื่อให้สามารถเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้ และเนื่องจากระดับแรงดันที่ต้องการอยู่ในช่วงประมาณ 1.5-3.5 โวลท์ จึงต้องทำการยกระดับแรงดันของสัญญาณให้สูงขึ้นด้วย โดยใช้ไอซีเบอร์ CA3140 ซึ่งเป็นแอมพลิฟายเออร์

3.4.3 วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ

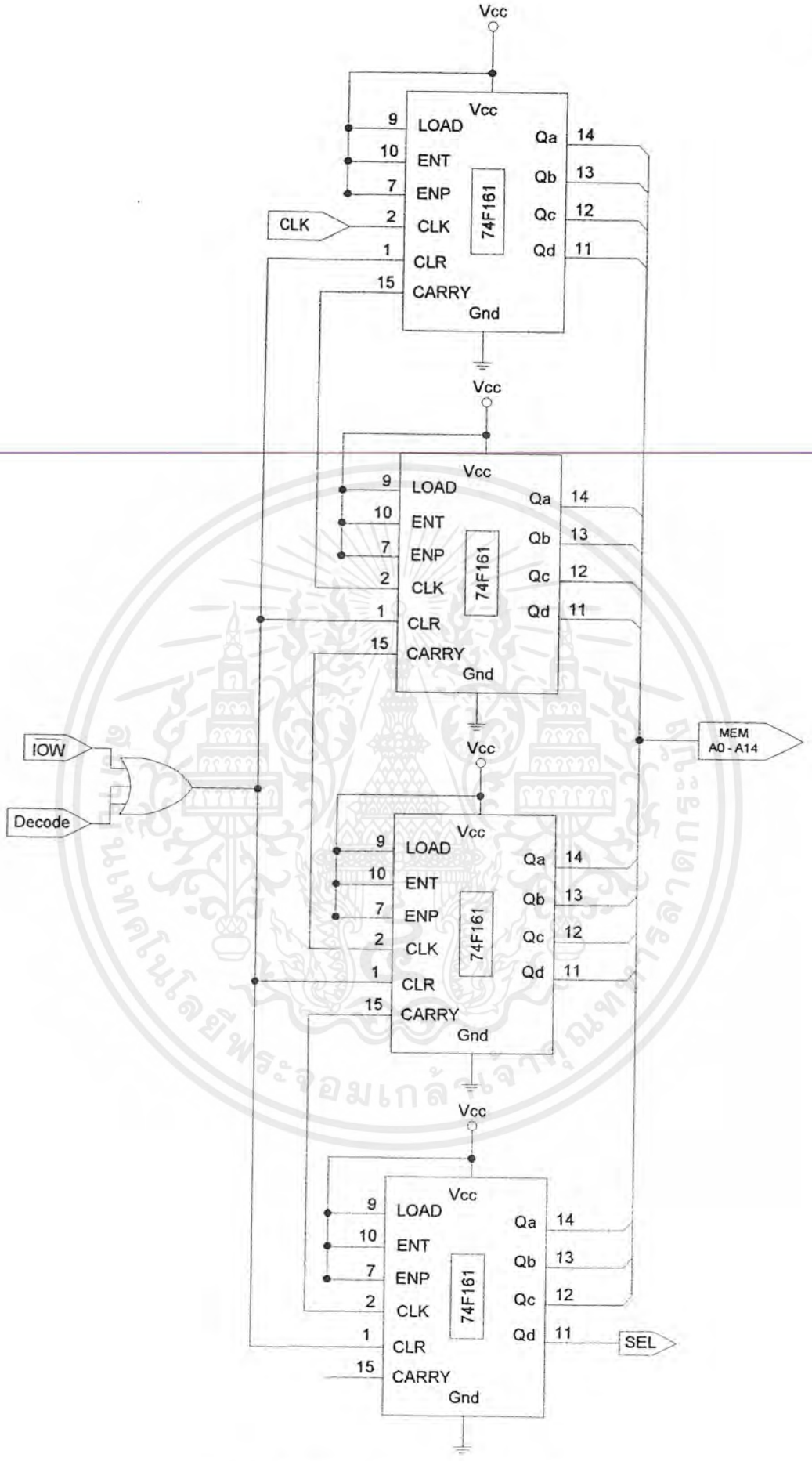
วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำนี้ ใช้นับตำแหน่งทั้งหมด 2^{15} ตำแหน่ง ตามแอดเดรสของหน่วยความจำ โดยใช้ไอซีเบอร์ 74F161 มาต่อกัน 4 ตัว โดยการป้อนสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซีตัวแรกเพียงตัวเดียวเท่านั้น แล้วหลังจากนั้นจะใช้ขา RCO ทำการป้อนสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซีตัวถัดไป

เมื่อมีการนับจำนวนเต็ม ขา Q_D ของไอซีตัวสุดท้ายก็จะมีหน้าที่ไปควบคุมวงจรเลือกสถานะการทำงาน และเมื่อต้องการรีเซ็ทวงจรนับนี้ก็ใช้คำสั่งจากคอมพิวเตอร์ให้ขา "1" มีค่าเป็น "0" วงจรก็จะเริ่มต้นทำการนับใหม่

3.4.4 วงจรหน่วยความจำ

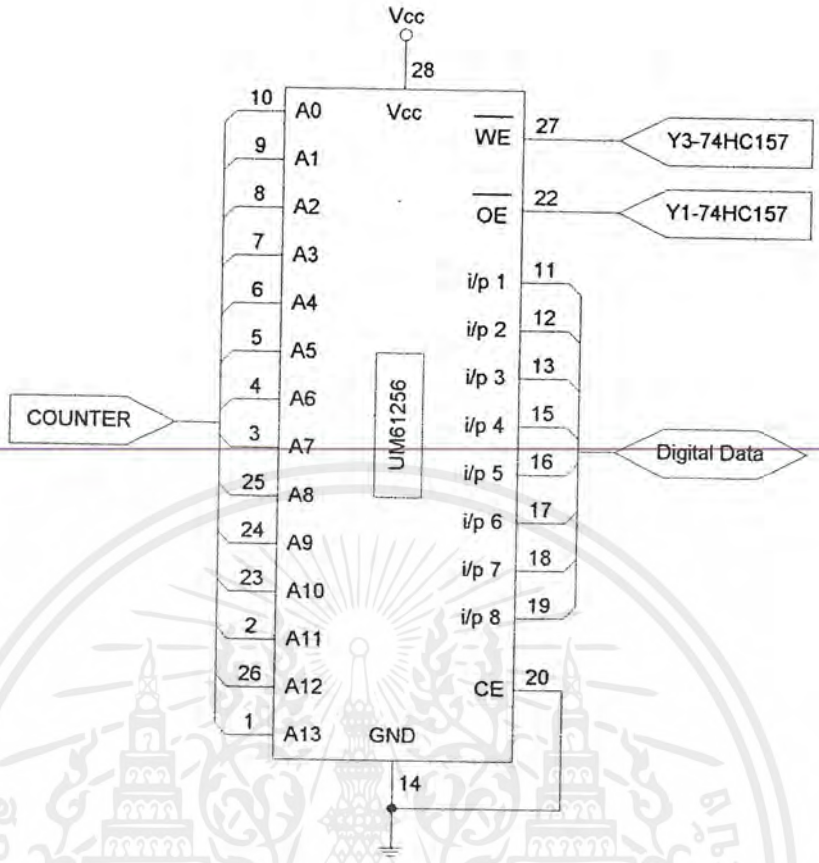
วงจรนี้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากส่วน A/D หลังจากเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วมาเก็บไว้ในแอดเดรสต่างๆ โดยมีวงจรนับแอดเดรสเป็นตัวกำหนด โดยขณะที่หน่วยความจำทำการเก็บข้อมูล ขา $\overline{WE}$ จะเป็น $\overline{CLK}$ และขา $\overline{OE}$ เป็น "1" ข้อมูลที่เป็นดิจิตอลก็จะถูกเก็บไว้ ส่วนขณะที่ทำการอ่านข้อมูลนั้นขา $\overline{WE}$ จะเป็น "1" และขา $\overline{OE}$ เป็น "0" ข้อมูลเหล่านี้ก็จะถูกส่งออกไปยังภายนอกตามตำแหน่งแอดเดรสที่วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



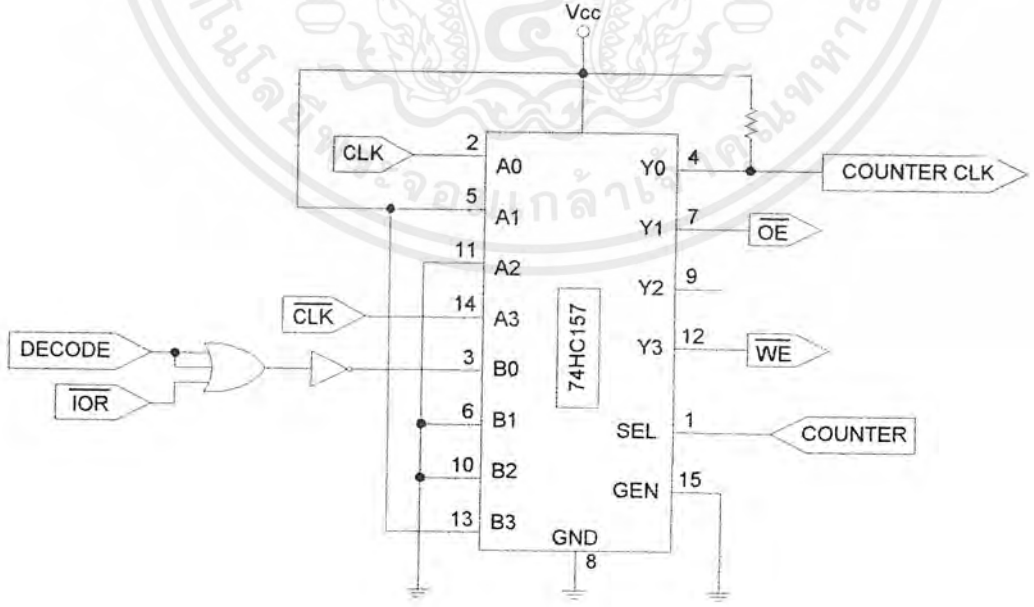
รูปที่ 3.11 วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรหน่วยความจำ

3.4.5 วงจรเลือกสถานะการทำงาน



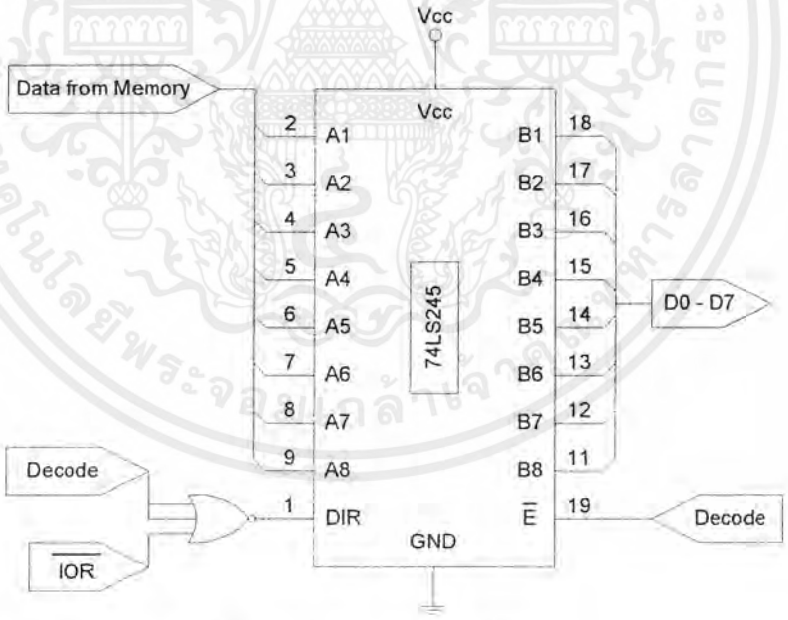
รูปที่ 3.13 วงจรเลือกสถานะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ 74HC157 เพื่อทำหน้าที่ในการเลือกสถานะการทำงานให้แก่วงจรนับส่วนอื่นๆ ซึ่งเป็นมัลติเพล็กซ์เกท โดยในขณะที่ขา SEL (Select) เป็น "0" A0-A3 จะต่อเข้ากับ Y0-Y3 และเมื่อขา SEL เป็น "1" B0-B3 จะต่อเข้ากับ Y0-Y3 แทน ฉะนั้นเมื่อต้องการให้วงจรทำการอ่านข้อมูลแล้วนำมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ จึงต้องทำให้วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำทำงาน (โดยการจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้) และในขณะเดียวกันหน่วยความจำก็ต้องทำงานด้วย โดยให้ขา $\overline{OE}$ เป็น "1" และ $\overline{WE}$ จะเป็น $\overline{CLK}$ เมื่อทำการเก็บข้อมูลจนเต็มแล้ว วงจรนับก็จะเป็นตัวกำหนดให้ขา SEL เป็น "1" โดยทันที หลังจากนั้นก็จะทำการอ่านข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งในขณะนี้นั้นวงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำก็จะต้องทำงานตามคำสั่งที่เราอ่านข้อมูล และหน่วยความจำก็ต้องส่งข้อมูลที่เก็บเอาไว้นั้นออกมา โดยให้ขา $\overline{OE}$ เป็น "0" และ $\overline{WE}$ เป็น "1" เมื่ออ่านข้อมูลได้ตามที่ต้องการแล้ว ก็จะทำการรีเซ็ทขาSEL ให้เป็น "0" โดยใช้คำสั่งจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการทำงานในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ

3.4.6 วงจรบัฟเฟอร์

บัฟเฟอร์มี 2 ส่วน ส่วนแรกใช้ในการส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ โดยในขณะที่ต้องการอ่านข้อมูลนั้น โปรแกรมจะส่งให้บัฟเฟอร์เปิดออกเป็นจังหวะ ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลจะถูกส่งจากส่วน A ไปสู่ส่วน B ของไอซีเบอร์ 74LS245 จึงต้องทำการเซ็ตให้ขา DIR เป็น "1" พร้อมกับขา $\overline{E}$ เป็น "0" ข้อมูลจึงจะผ่านไปได้

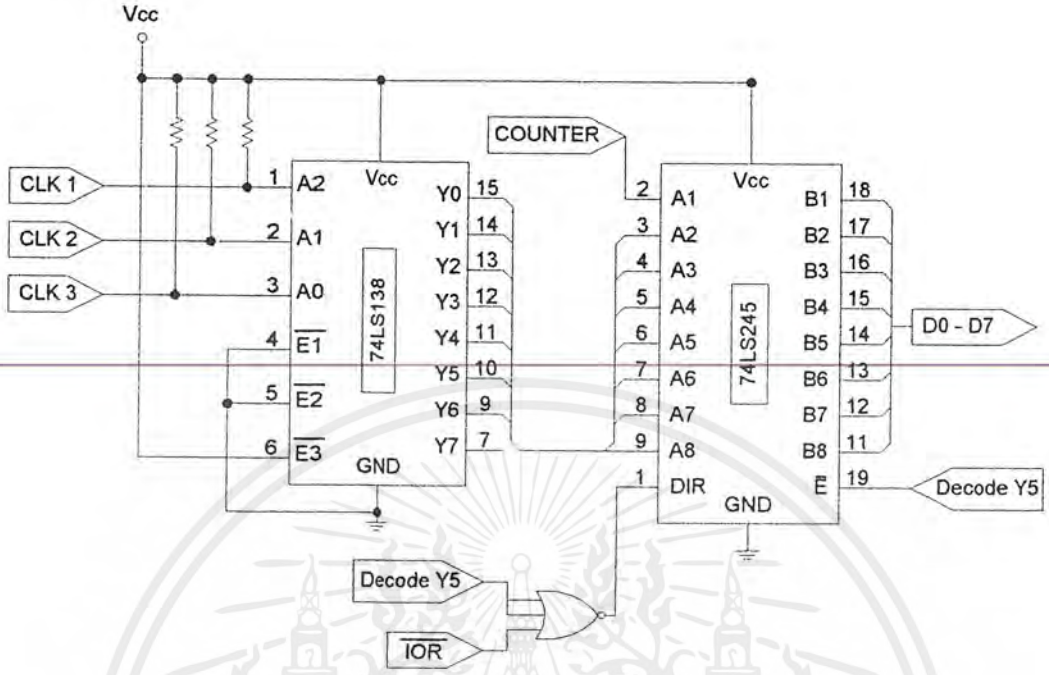


รูปที่ 3.14 วงจรบัฟเฟอร์ส่วนที่ 1

ส่วนที่ 2 ใช้ในการตรวจสอบสถานะของเครื่องสแกนว่าพร้อมที่จะทำงานหรือไม่ โดยที่ A1 ของบัฟเฟอร์นั้น จะตรวจสอบว่าการนับตำแหน่งหน่วยความจำเต็มแล้วหรือยัง ส่วน A2-A7 นั้น จะมาจากเอาท์พุทของตัวถอดรหัสเบอร์ 74LS138 ซึ่งอินพุท A0-A2 จะมาจากเครื่องสแกน

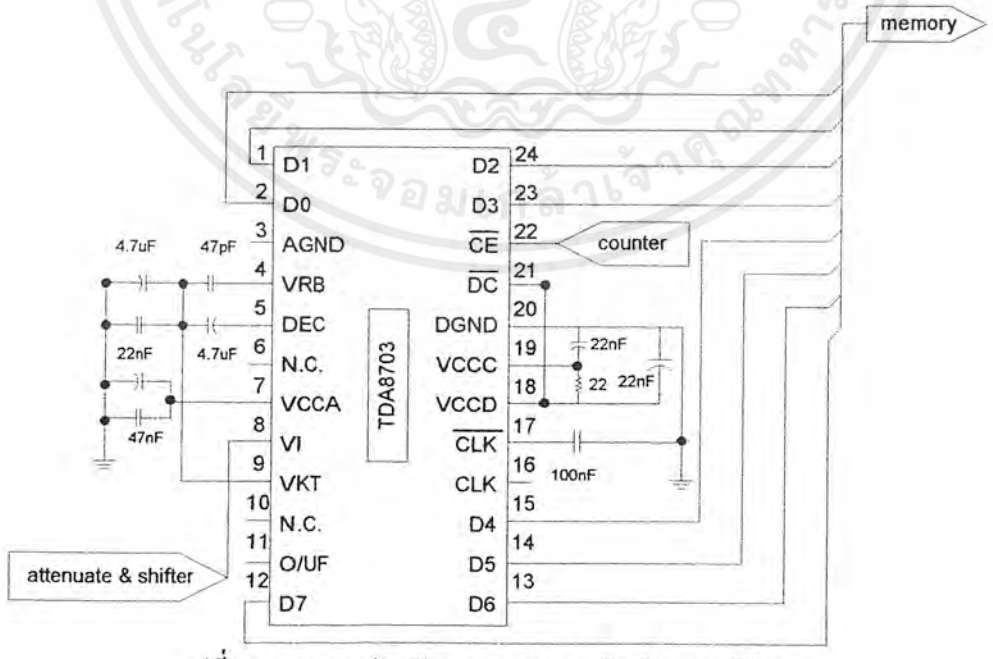
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้โปรแกรมตรวจสอบสภาวะได้ว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้วก็จะเริ่มทำการอ่านข้อมูลเข้ามาตามขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.15 วงจรบัฟเฟอร์ส่วนที่ 2

3.4.7 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล



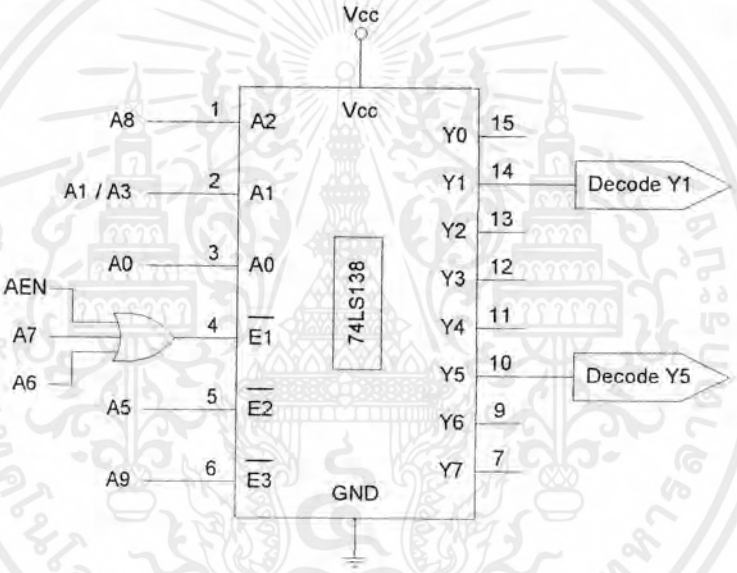
รูปที่ 3.16 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้จะรับสัญญาณจากเครื่องสแกนที่ถูกลดทอนและยกระดับแรงดันแล้ว มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิทเข้าสู่หน่วยความจำในขณะที่ทำการเก็บข้อมูล แต่ขณะที่ทำการอ่านข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์นั้น ถ้าวงจรส่วนนี้ทำงาน ข้อมูลที่ได้จะไปชนกับข้อมูลที่ออกมาจากหน่วยความจำ จะทำให้ข้อมูลที่เราอ่านได้นั้นผิดพลาด จึงต้องควบคุมให้วงจรส่วนนี้ไม่ทำงานในขณะที่มีการอ่านข้อมูล โดยให้ขา $\overline{CE}$ เป็น "1"

3.4.8 วงจรถอดรหัส

วงจรถอดรหัสนี้มีหน้าที่หลายอย่างได้แก่ ใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้แก่วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำในขณะที่มีการอ่านข้อมูล ใช้เคลียร์วงจรนับตำแหน่งหน่วยความจำ และใช้ควบคุมการส่งข้อมูลผ่านบัฟเฟอร์ โดยอินพุทของวงจรถอดรหัสนี้มาจากการกำหนดหมายเลขแอดเดรสหรือตำแหน่งพอร์ท ซึ่งในที่นี้ใช้ตำแหน่งพอร์ทที่ $0300h และ $0301h เพื่อให้มีการถอดรหัสที่ขา y1 และ y5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัส

3.5 การเชื่อมต่อกับระบบบัสของ IBM PC (Interfacing to the IBM PC bus)

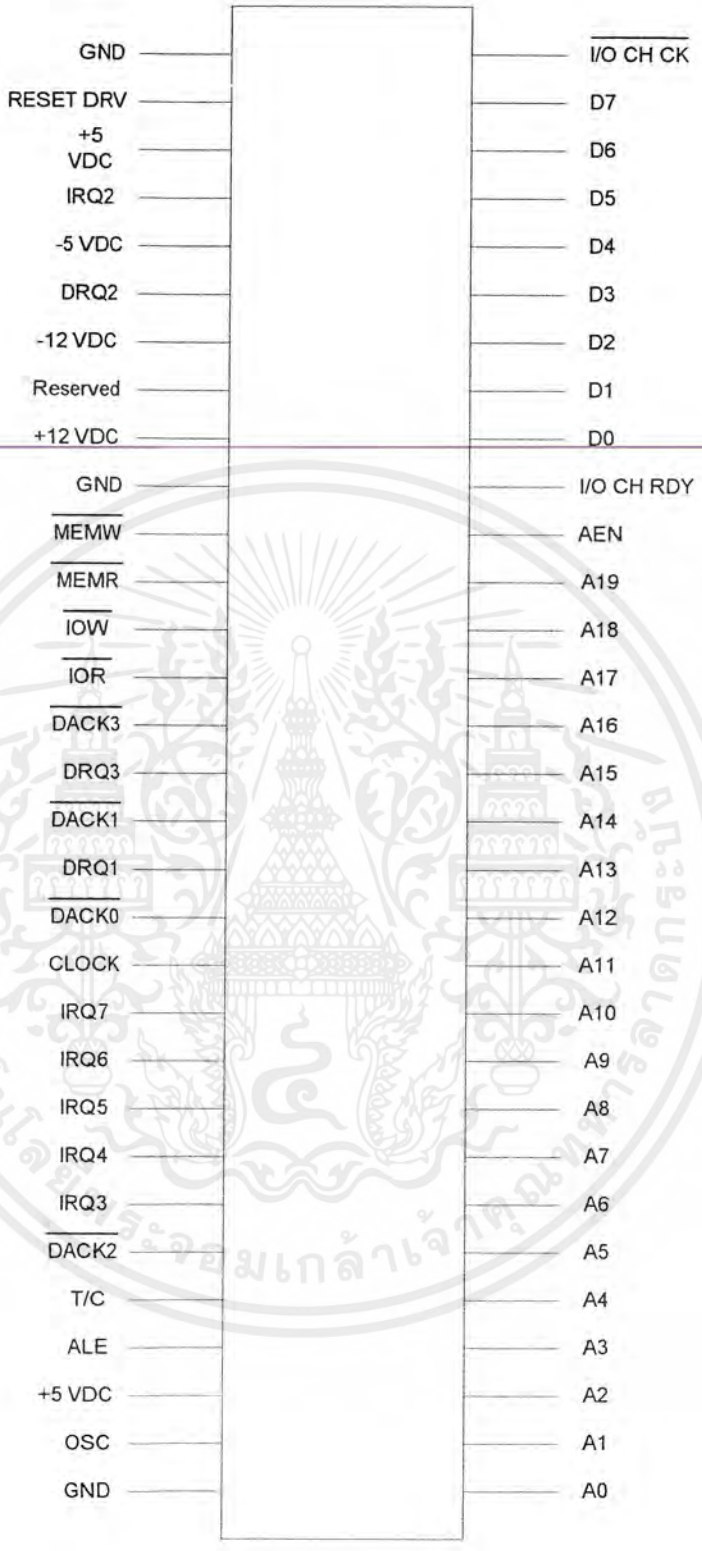
ระบบบัสของ IBM PC

รูปที่ 3.18 เป็นการกำหนดบัสของ IBM PC ออกมาที่คอนเนคเตอร์ขนาด 62 ขา รายละเอียดเป็นดังนี้

A0 - A19

ทั้ง 20 ขา จะให้สัญญาณแอดเดรสของหน่วยความจำและอินพุท/เอาท์พุทออกมา โดยมี A0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) และ A19 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (MSB) สายสัญญาณเหล่านี้ขับตรงออกมาจาก 8088 ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ DMA คอนโทรลเลอร์ โดยผ่านการดีมัลติเพล็กซ์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงระบบบัสของระบบที่ออกมาที่สล็อตของ IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D0 -D7

เป็นบัสข้อมูลขนาด 8 บิท แบบ 2 ทิศทาง มี D0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด และ D7 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด ในขณะที่ 8088 กำลังทำวงรอบการเขียนข้อมูลลงในบัส 8088 จะวางข้อมูลลงบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณเขียนอินพุท/เอาท์พุท (IOW) หรือสัญญาณเขียนหน่วยความจำ (MEMW) ซึ่งจะให้เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ใช้เกทข้อมูลไปยังเอาท์พุทพอร์ทหรือหน่วยความจำ ในขณะที่ 8088 กระทำวงรอบเขียนข้อมูล ข้อมูลจากอินพุทพอร์ทหรือหน่วยความจำจะวางลงในบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณอ่านอินพุท/เอาท์พุท (IOR) หรืออ่านจากหน่วยความจำ (MEMR) ซึ่งจะแลตช์ข้อมูลเข้าสู่ 8088

(MEMR) , (MEMW) , (IOR) , (IOW)

เป็นสัญญาณแอคทีฟด้านต่ำ (active-low) ใช้สำหรับควบคุมการอ่านและเขียนตามที่กล่าวมาข้างต้น สัญญาณเหล่านี้สร้างมาจาก 8088 หรือ DMA คอนโทรลเลอร์

ALE (Address Latch Enable)

ในระบบบัสของ PC สัญญาณ ALE จะแสดงการเริ่มต้นของวงรอบของบัส เมื่อสัญญาณนี้ปรากฏออกมา เป็นการแสดงว่าเป็นการเริ่มต้นวงรอบของบัสเมื่อถึงขอบขาลงของพัลส์ จะเป็นการแสดงว่าข้อมูลที่บัส AD0 - AD7 จะเป็นแอดเดรส (ที่ขาของ 8088) แต่ที่สล็อตสัญญาณ ALE จะแสดงถึงจุดเริ่มต้นของบัสเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก สัญญาณข้อมูลกับแอดเดรสเมื่อมาถึงสล็อต จะถูกดีมัลติเพล็กซ์และแลตช์สถานะเอาไว้เรียบร้อยแล้ว

AEN (Address Enable)

สัญญาณนี้ถูกส่งออกมาจาก DMA คอนโทรลเลอร์ เพื่อแสดงว่าวงรอบของการ DMA กำลังกระทำอย่างต่อเนื่องอยู่กับสัญญาณนี้ จะถูกนำมาใช้ดีสเอเบิลลอจิกที่ใช้ถอดรหัสอินพุท/เอาท์พุทพอร์ท ในขณะทำ DMA เพื่อไม่ให้แอดเดรสที่ส่งออกไปจาก DMA คอนโทรลเลอร์ ถูกมองเป็นอินพุท/เอาท์พุทพอร์ท ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณ IOR หรือ IOW อาจแอคทีฟในขณะที่ทำ DMA

OSC (Oscillator) , CLOCK

สัญญาณออสซิเลเตอร์จะเป็นสัญญาณนาฬิกาของระบบที่ต้องการสัญญาณที่มีความถี่สูง มีช่วงเวลาเป็น 70 นาโนวินาที (14.31818 MHz.) และ 50 เปอร์เซ็นต์ดิวตี้ไซเคิล ส่วนสัญญาณนาฬิกาจะมีความถี่เป็นหนึ่งในสามของออสซิเลเตอร์ (4.77 MHz.) ซึ่งใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8088 มีช่วงกว้างเป็น 210 นาโนวินาที และ 33 เปอร์เซ็นต์ดิวตี้ไซเคิล สัญญาณเหล่านี้ส่งมาจากชิพ 8284

IRQ2 - IRQ7 (Interupt Request)

อุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท จะใช้สายสัญญาณอินพุททั้ง 6 เส้นนี้ สร้างสัญญาณร้องขอการอินเตอร์รัพท์ไปยัง 8088 ลำดับความสำคัญจัดไว้คือ IRQ2 จะมีลำดับความสำคัญสูงที่สุด (ในกระบวนที่ออกมาที่สล็อต) และ IRQ7 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด การอินเตอร์รัพท์จะเกิดเมื่อสายสัญญาณเปลี่ยนสภาวะจากลอจิก "0" เป็น "1" (ขอบขาขึ้น) และค้างสภาวะเป็นลอจิก "1" จนกระทั่งจะได้รับการตอบรับจากโปรเซสเซอร์ เพราะว่าสัญญาณการตอบรับที่มาจากไมโครโปรเซสเซอร์ (INTA) จะไม่ออกมาที่สล็อต ฉะนั้นการตอบรับจะต้องกระทำโดยการอาศัยบิทใดบิทหนึ่งของอินพุท/เอาท์พุทพอร์ทเป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงสถานะแทนผ่านคำสั่ง OUT ออกมาภายนอก (โดยคำสั่ง OUT จะอยู่ในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ที่ผู้ใช้เขียนขึ้น)

I/O CH RDY (I/O Channel Ready)

เป็นสัญญาณอินพุทใช้สำหรับสร้างสภาวะการรอ เพื่อขยายความยาวของวงรอบของบัสออกไป ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับบัสเข้ากับหน่วยความจำหรืออุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท ที่ทำงานช้ากว่าข้อกำหนดของระบบ

RESET DRV (Reset Drive)

สัญญาณนี้ใช้สำหรับทำการรีเซ็ทหรือกำหนดสภาวะเริ่มต้นให้กับลอจิกของระบบ เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ สัญญาณนี้จะซิงค์โครไนซ์กับขอบขาลงของออสซิเลเตอร์

DRQ1 - DRQ3 (DMA Request)

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณอินพุทที่สอดคล้องกับการร้องขอการทำ DMA แต่ละช่องสัญญาณการร้องขอการทำ DRQ จะต้องค้างสภาวะลอจิก "1" ไว้จนกระทั่งสัญญาณ DACK ซึ่งเป็นการตอบรับการ DMA เป็นลอจิก "0" ข้อสังเกตคือ DRQ0 จะไม่ถูกต่อออกมายังสล็อตเพื่อใช้งานภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากตัวมันใช้สำหรับรีเฟรชไดนามิคแรม ซึ่งเป็นหน่วยความจำหลักของระบบ

DACK0 - DACK3 (DMA Acknowledge Signal)

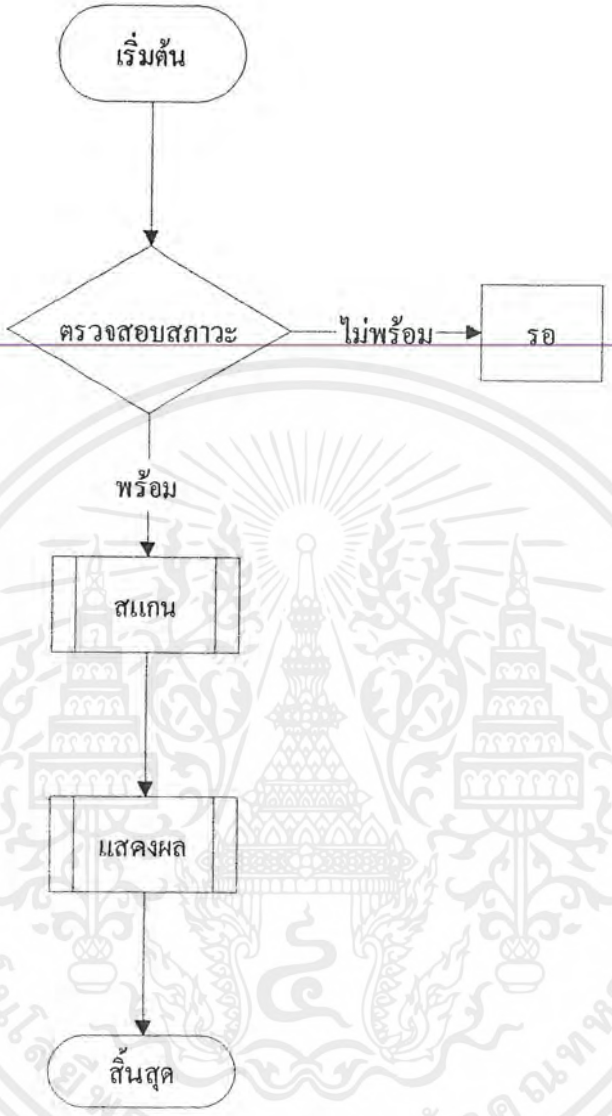
สัญญาณนี้แอคทีฟด้านต่ำ เป็นสัญญาณตอบรับการร้องขอการทำ DMA ส่วน DACK0 ใช้สำหรับรีเฟรชไดนามิคแรมของระบบ

T/C (Terminal Count)

สัญญาณนี้ใช้สำหรับสร้างพัลส์ออกมาภายนอก เมื่อ terminal count ที่เกิดจากการทำ DMA ของช่วงนั้น ๆ ถึงค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โฟลว์ชาร์ตในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนภาพ



รูปที่ 3.19 โฟลว์ชาร์ตโดยรวมของการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการสแกนภาพ

3.6.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการแสดงผล

รูปที่ 3.20 แสดงโฟลว์ชาร์ตการสแกนภาพและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

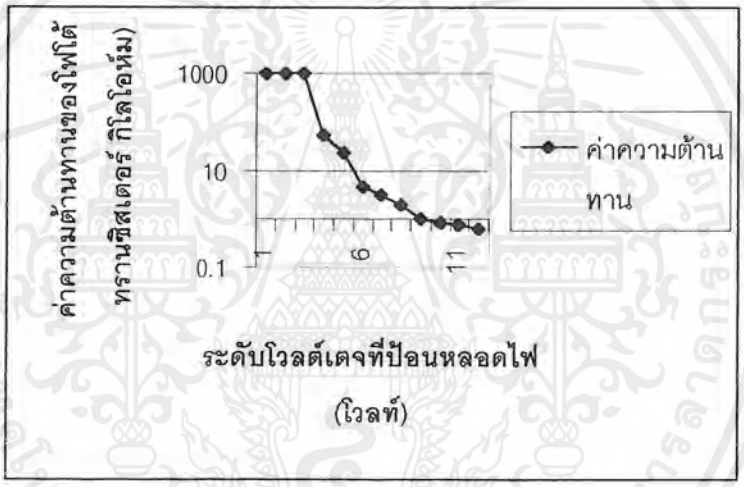
4.1 ส่วนดีเทคเตอร์

วิธีการทดลอง

4.1.1 ในกรณีนี้เราใช้หลอดไฟเบรครถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสง และปรับระดับของสัญญาณแสงโดยการเพิ่มโวลท์เตจที่ป้อนให้กับหลอดไฟให้มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเพิ่มครั้งละ 1 โวลท์

4.1.2 วัดค่าความต้านทานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ และโวลท์เตจเอาท์พุทที่ได้จากออปแอมป์ ที่ได้จากการเพิ่มโวลท์เตจให้หลอดไฟในแต่ละครั้ง

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงความต้านทานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

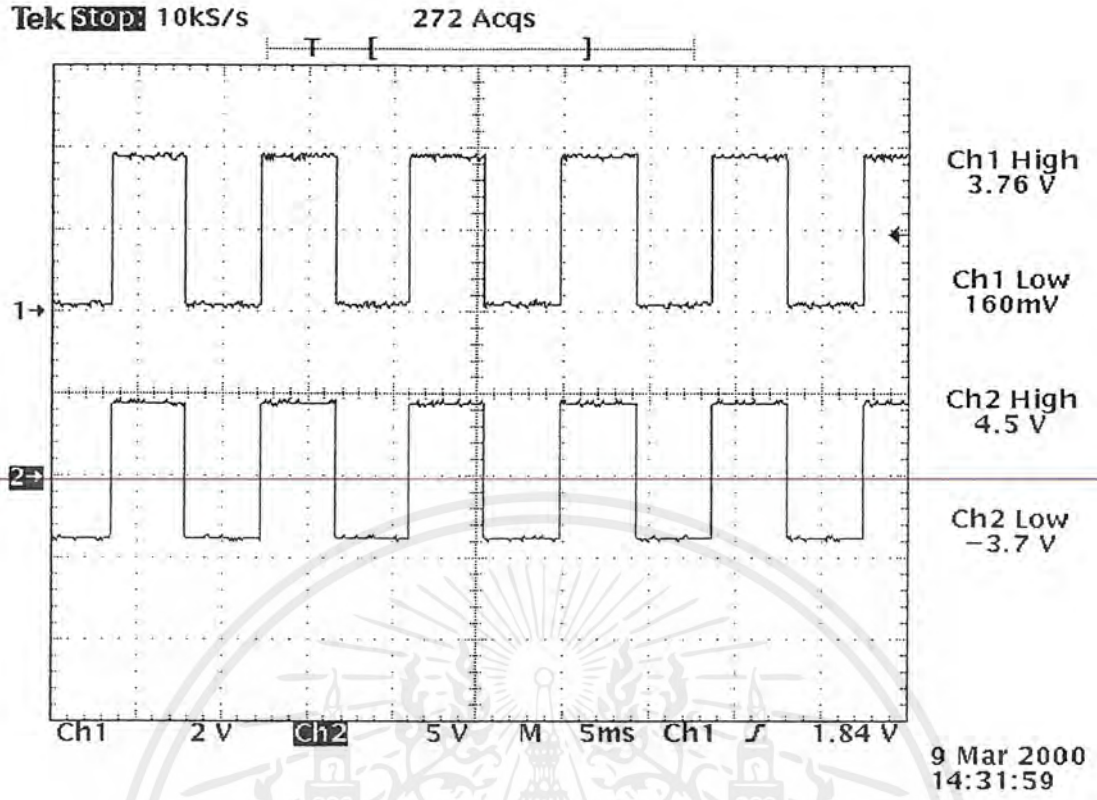
4.2 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม

วิธีการทดลอง

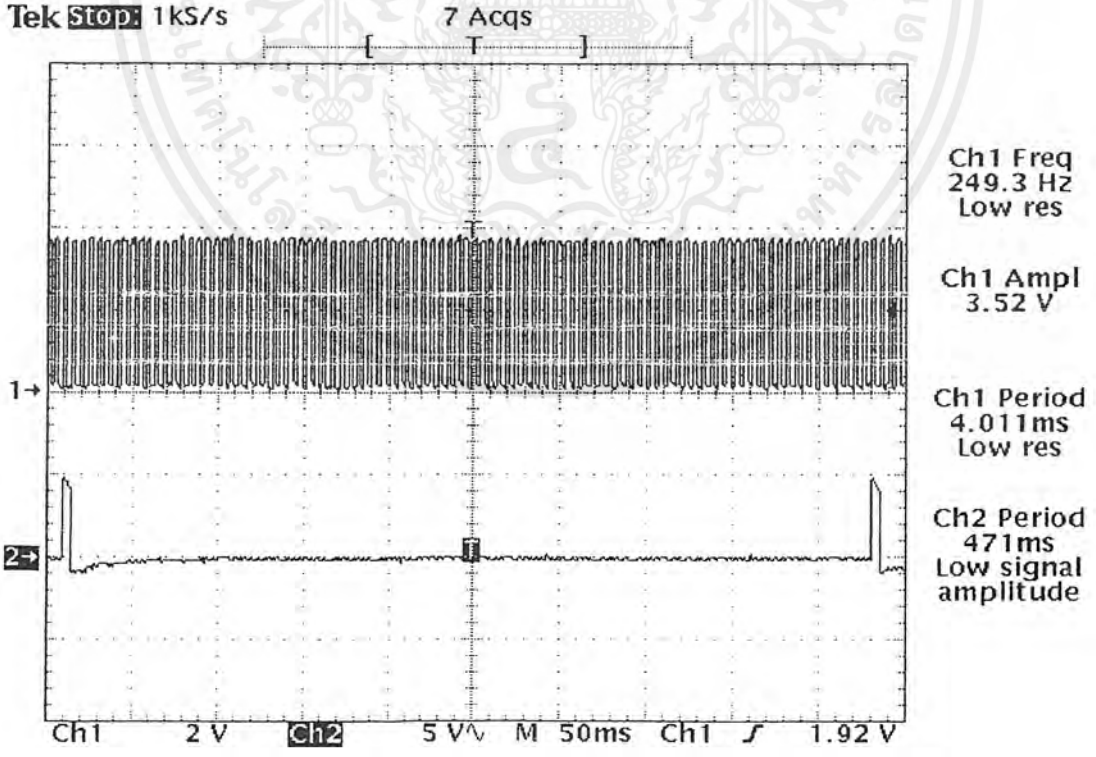
4.2.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5

4.2.2 วัดสัญญาณเอาท์พุทโดยเทียบสัญญาณนาฬิกากับสัญญาณจากวงจรเลื่อนสัญญาณ , สัญญาณนาฬิกากับสัญญาณคอนโทรลพัลส์ และเปรียบเทียบกันระหว่างสัญญาณนาฬิกา, สัญญาณจากวงจรเลื่อนสัญญาณ และสัญญาณคอนโทรลพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

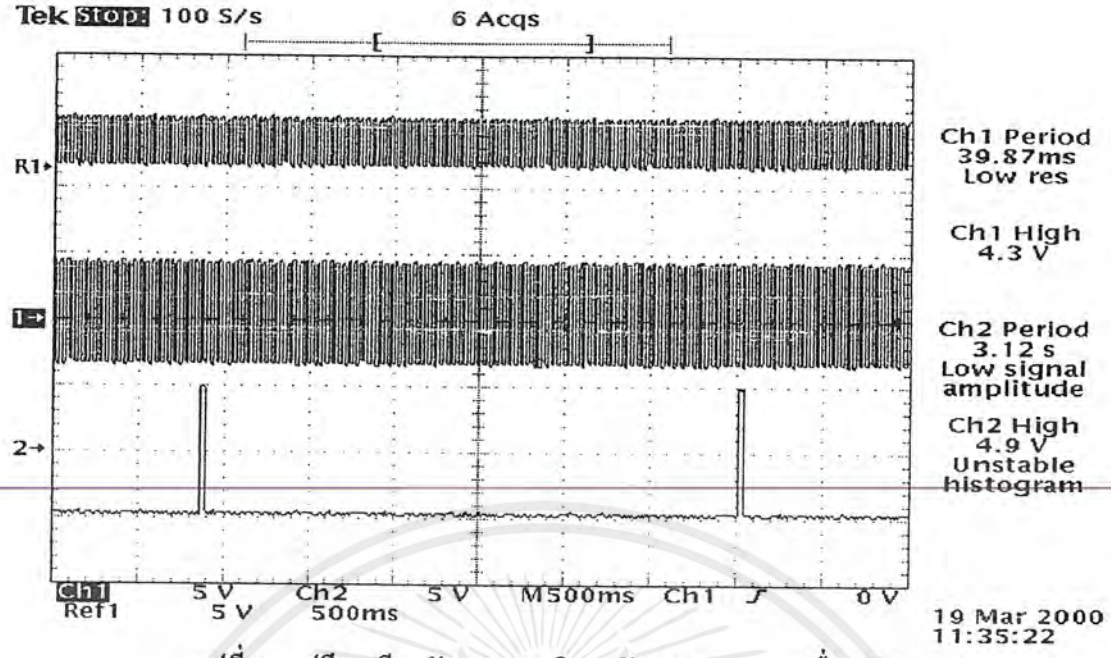


รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกากับสัญญาณจากวงจรเลื่อนสัญญาณ



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกากับสัญญาณคอนโทรลพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกา , สัญญาณจากวงจรเลื่อนสัญญาณ และสัญญาณคอนโทรลพัลส์

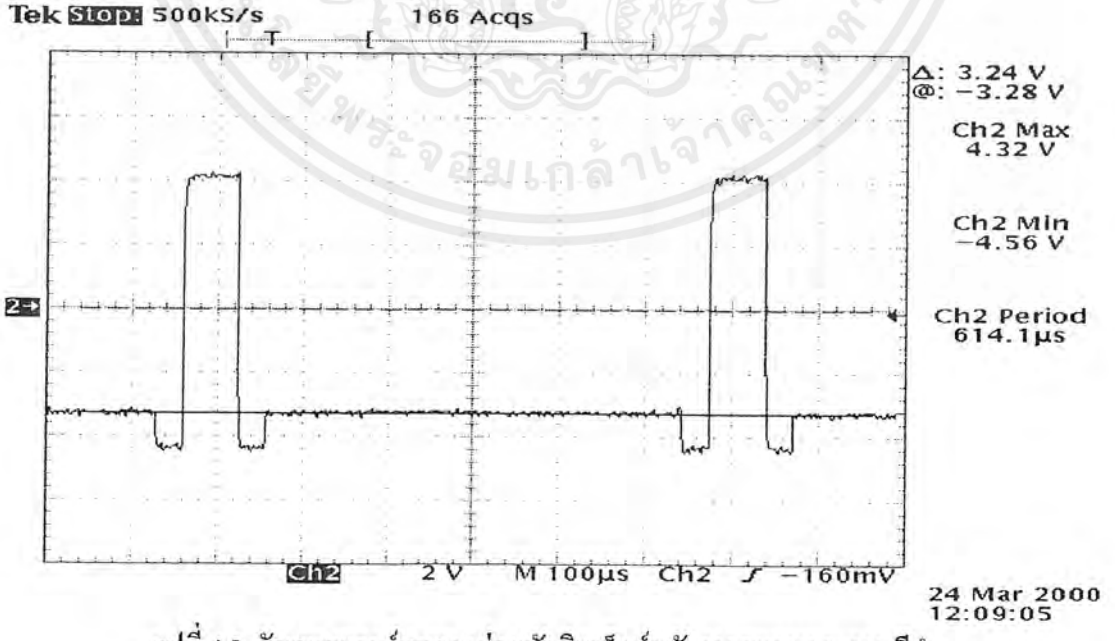
4.3 ส่วนมัลติเพล็กซ์

วิธีการทดลอง

4.3.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 3.6

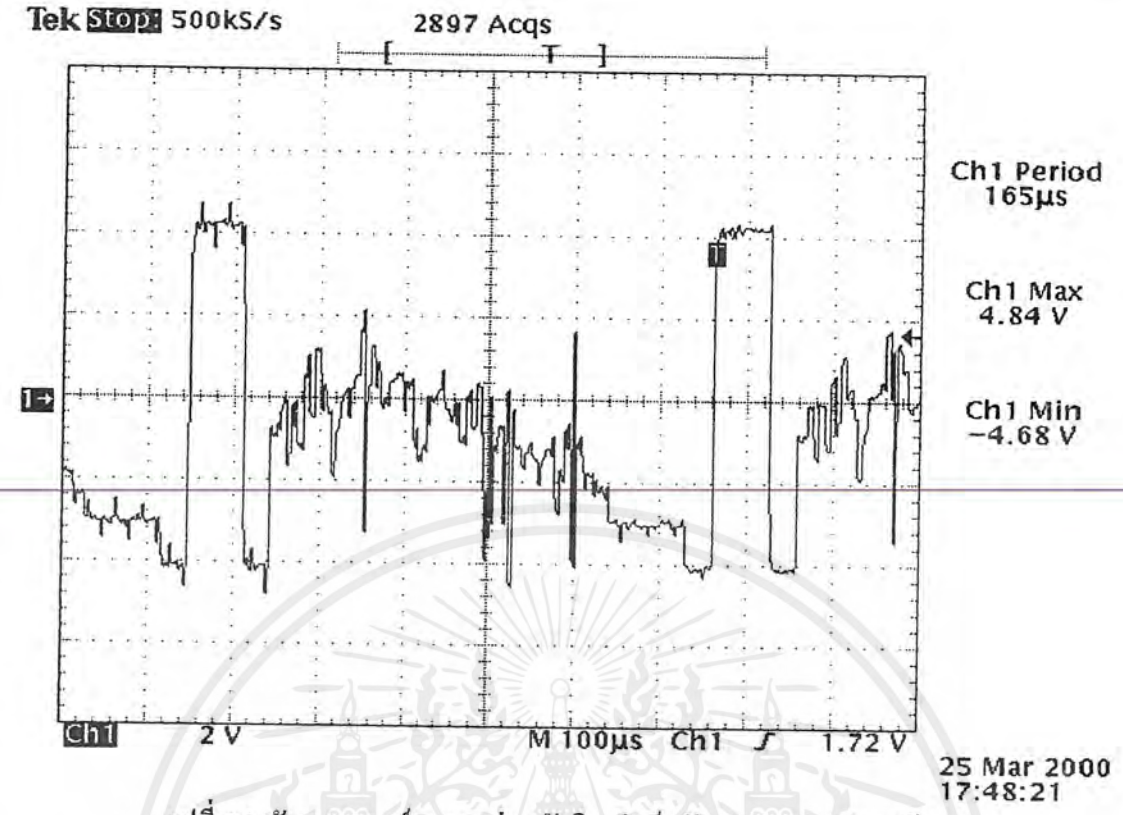
4.3.2 วัดสัญญาณเอาท์พุทหลังการสแกนกระดาษสีดำ , สีขาว และแผ่นใส

ผลการทดลอง

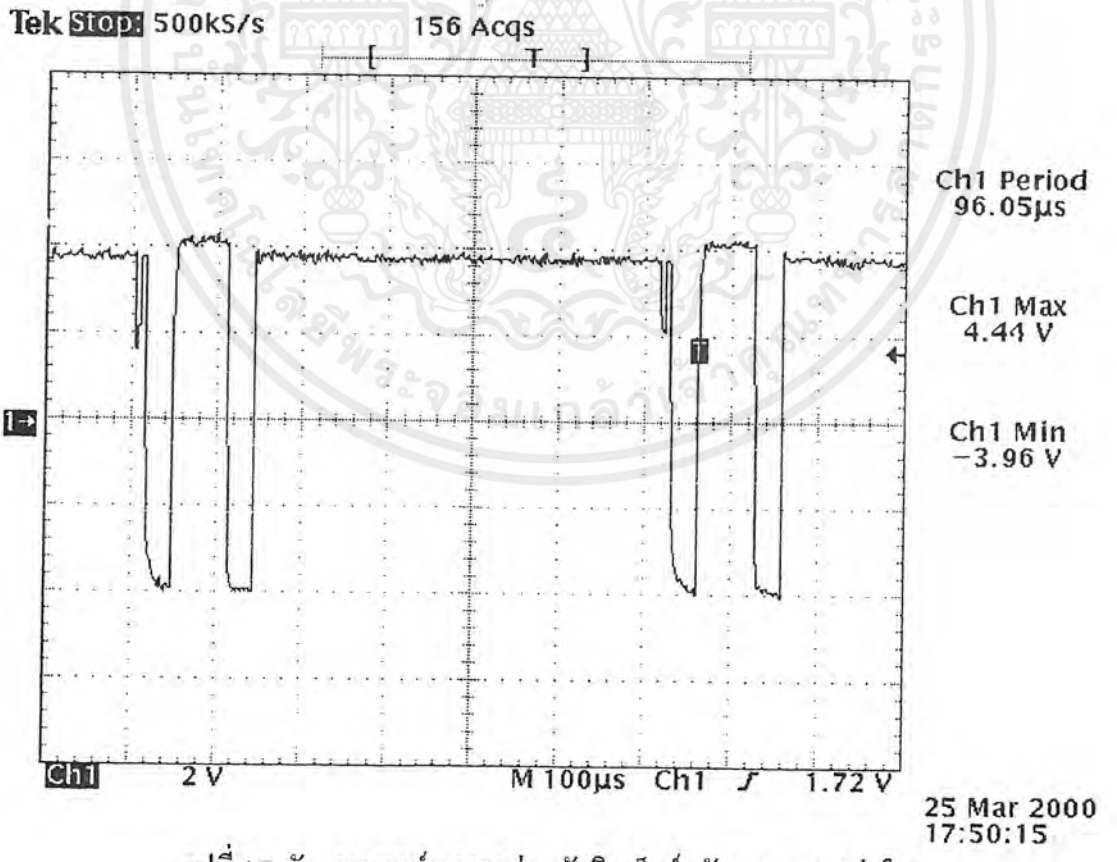


รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนกระดาษสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนกระดาษสีขาว



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทจากส่วนมัลติเพล็กซ์หลังการสแกนแผ่นใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

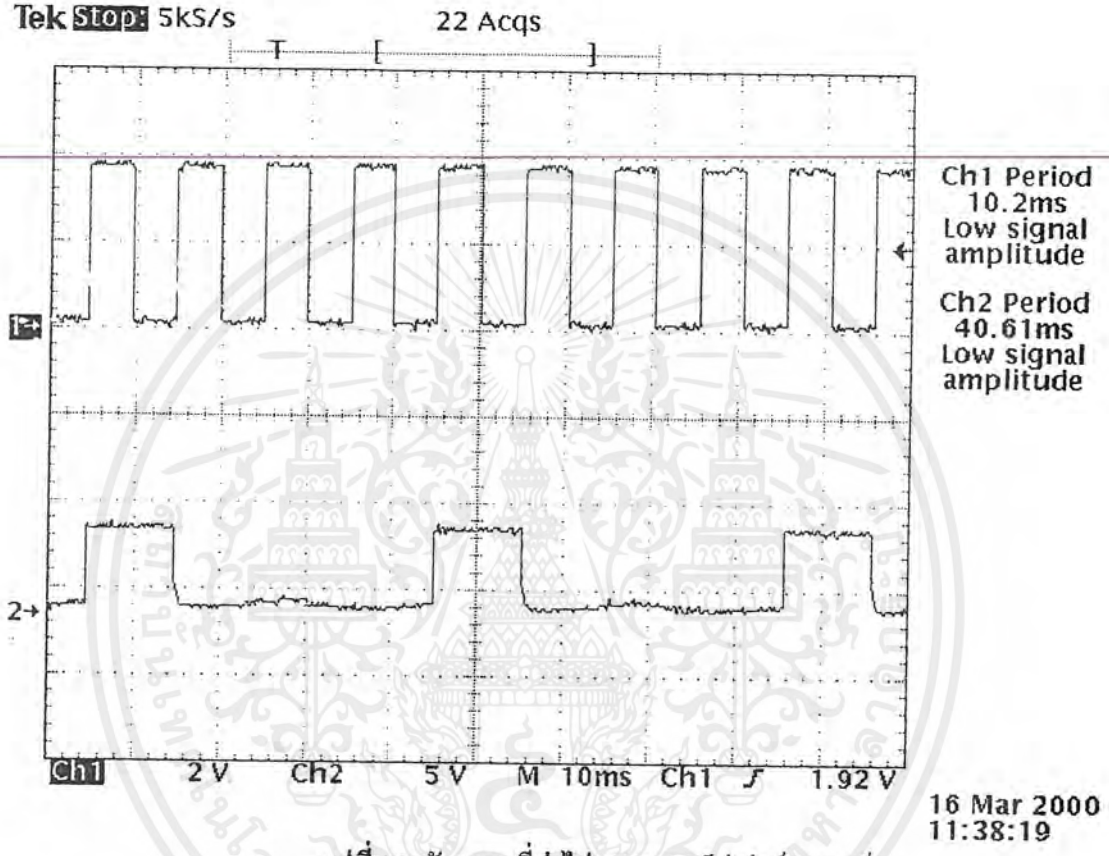
4.4 ส่วนวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

วิธีการทดลอง

4.4.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 3.7

4.4.2 วัดสัญญาณที่ส่งไปควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.8 สัญญาณที่ส่งไปควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

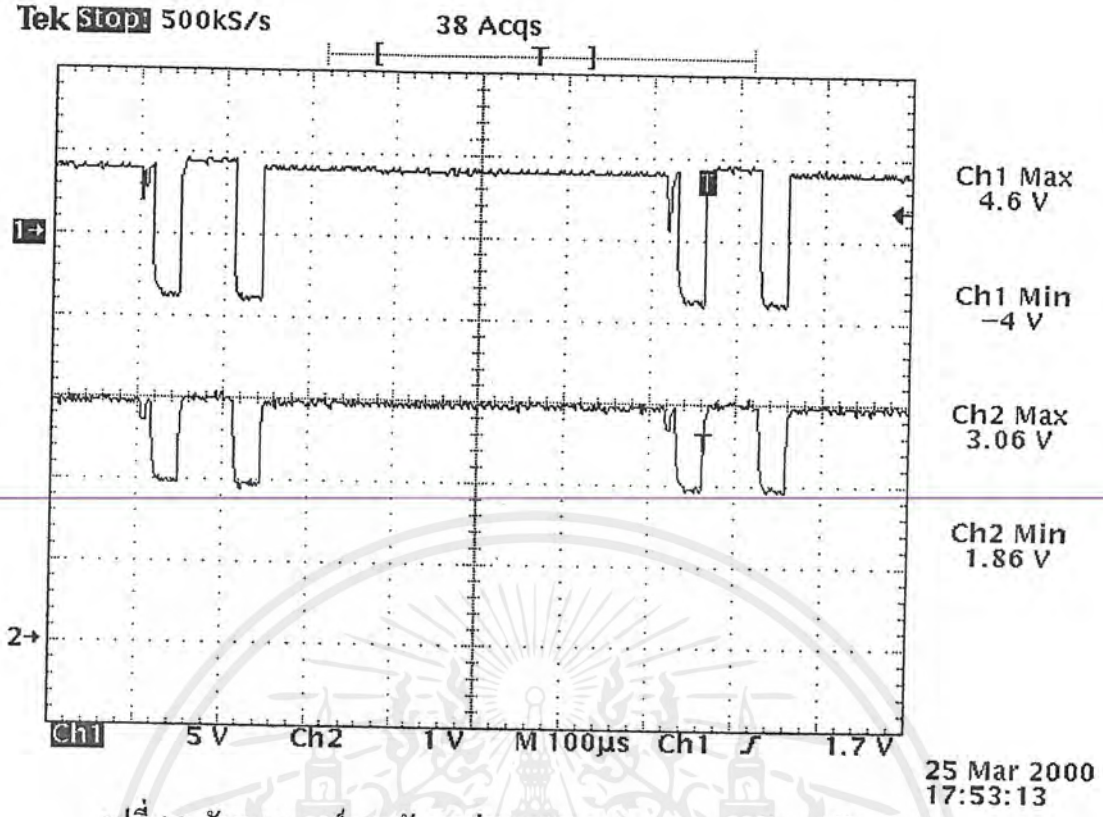
4.5 ส่วนของวงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ

วิธีการทดลอง

4.5.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 3.9

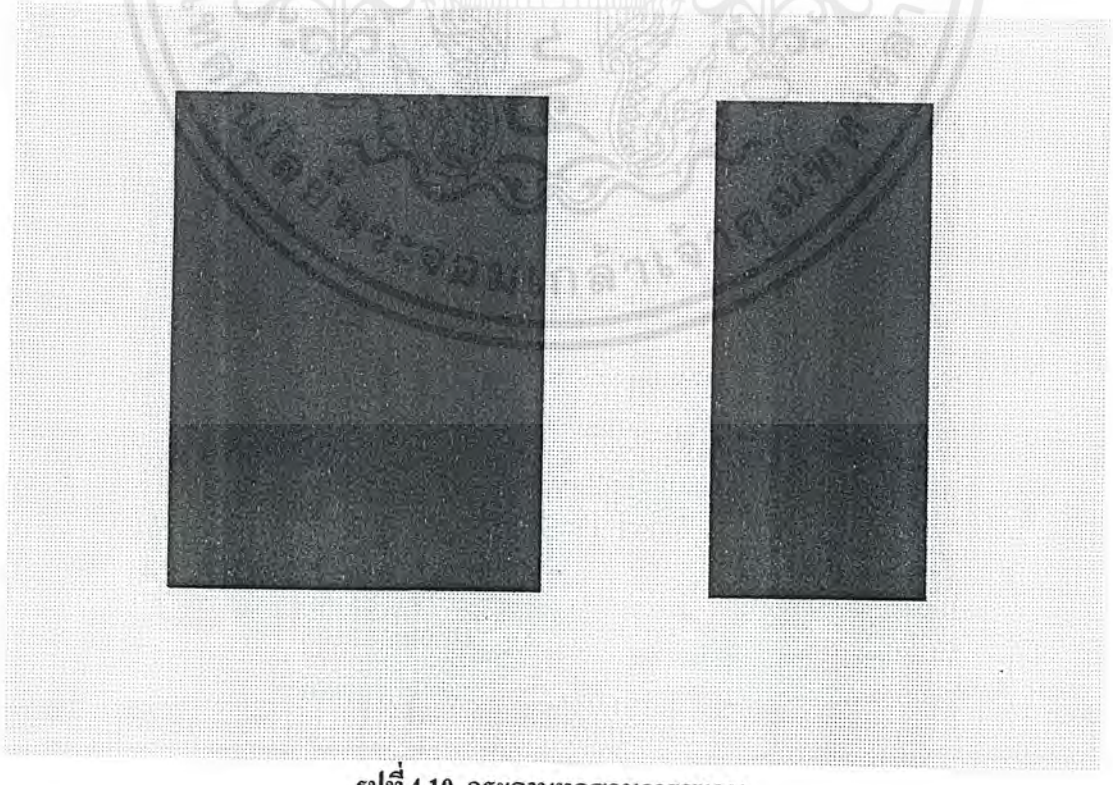
4.5.2 วัดสัญญาณเอาท์พุทหลังจากผ่านวงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



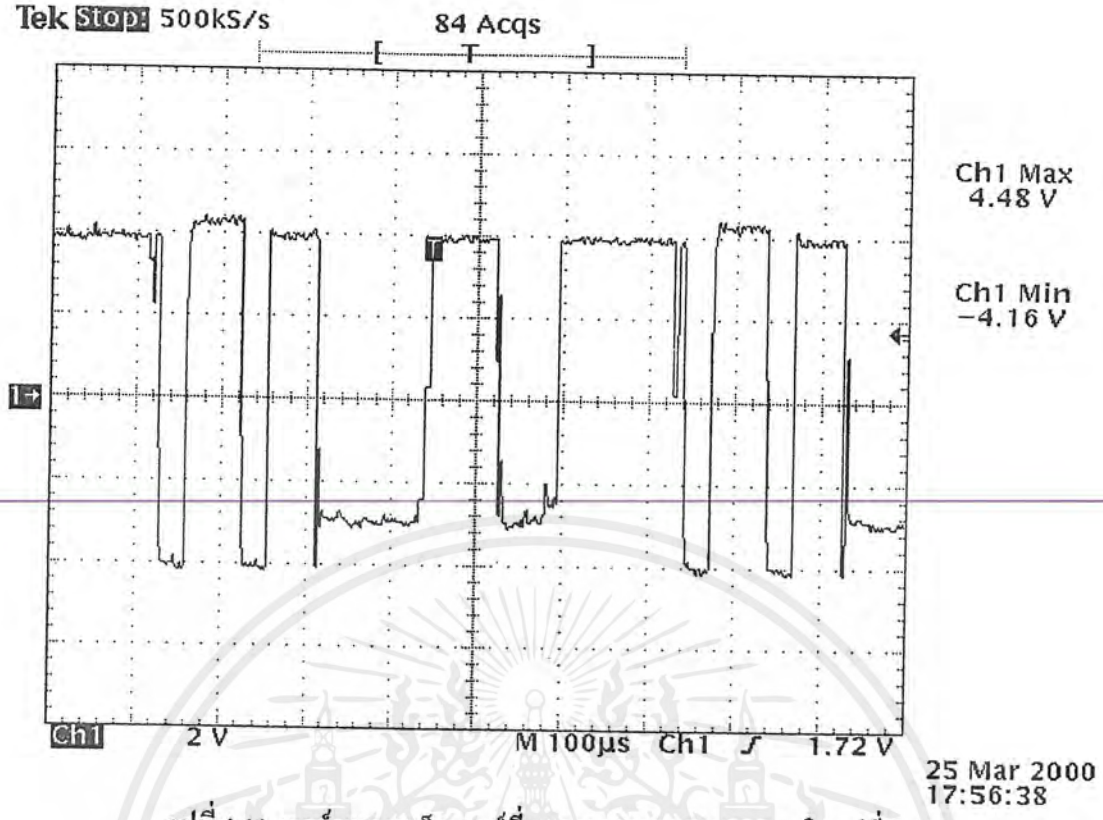
รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาท์พุทหลังจากผ่านวงจรลดทอนและยกระดับแรงดันของสัญญาณ CH1 สัญญาณก่อนเข้าวงจร , CH2 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้

4.6 การทดลองการสแกนภาพ

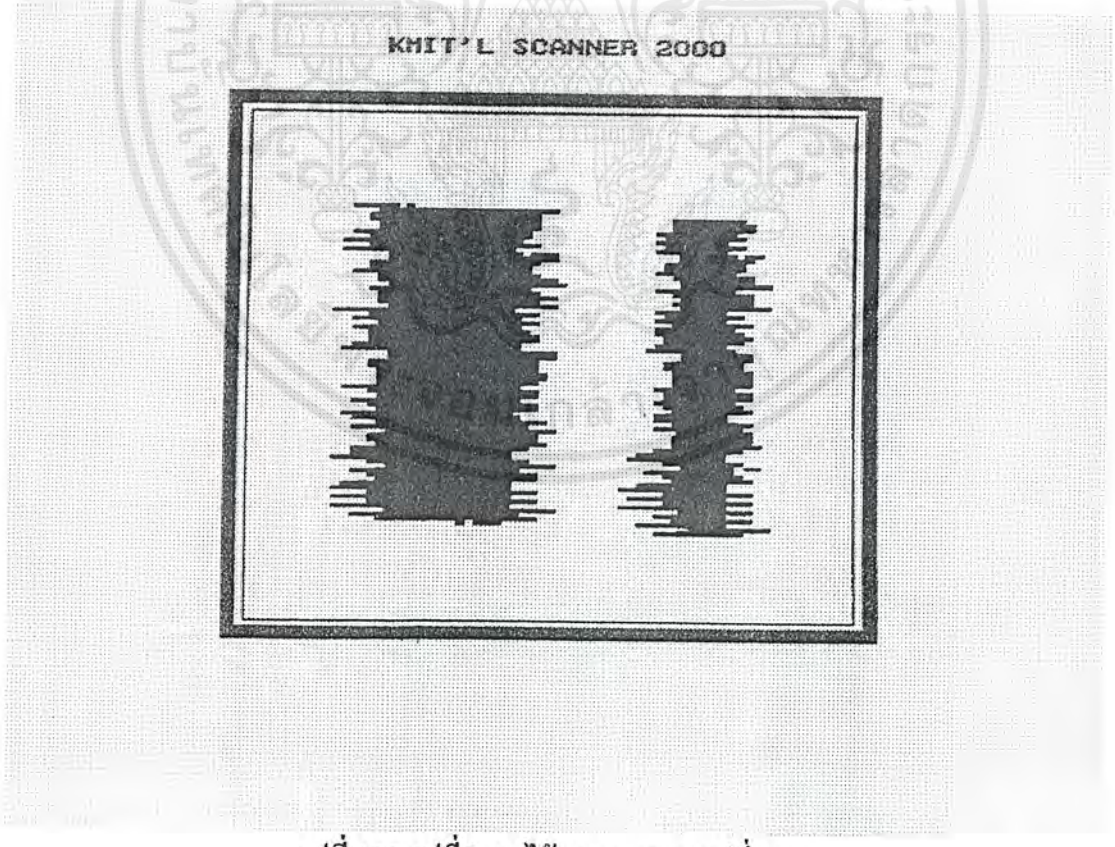


รูปที่ 4.10 กระดาษทดสอบการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

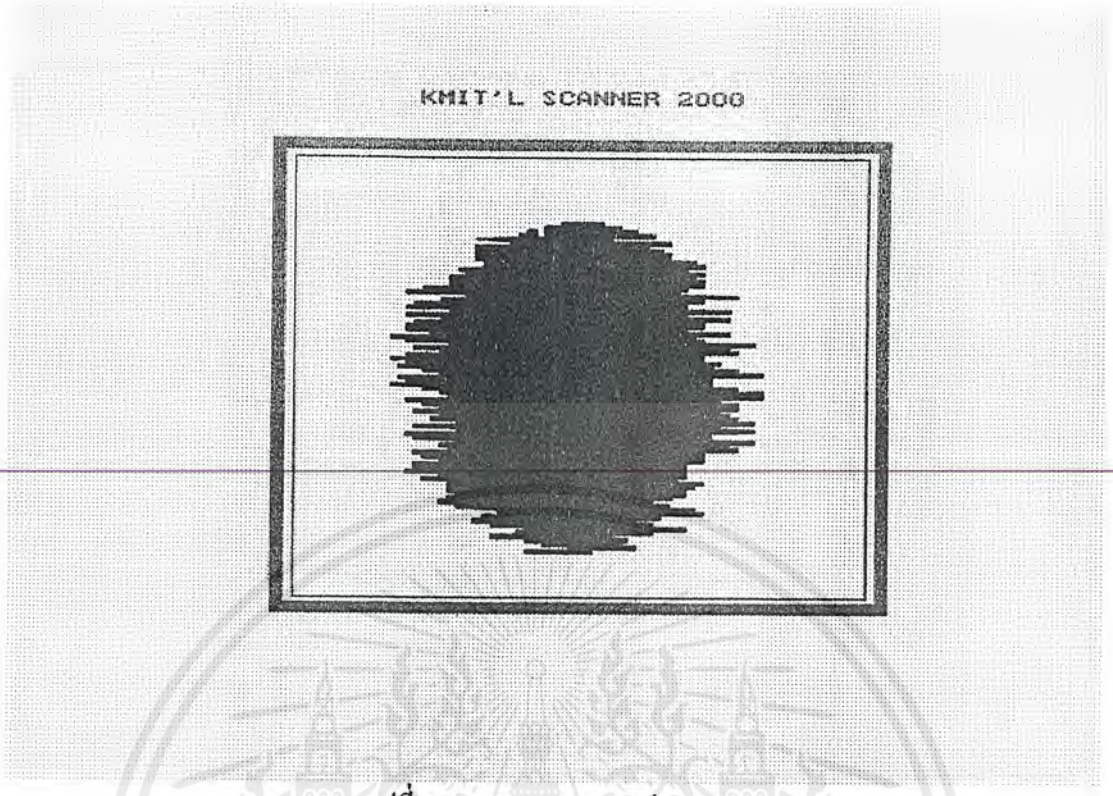


รูปที่ 4.11 เอาท์พุทจากเซ็นเซอร์ที่ออกจากการสแกนกระดาษในรูปที่ 4.10

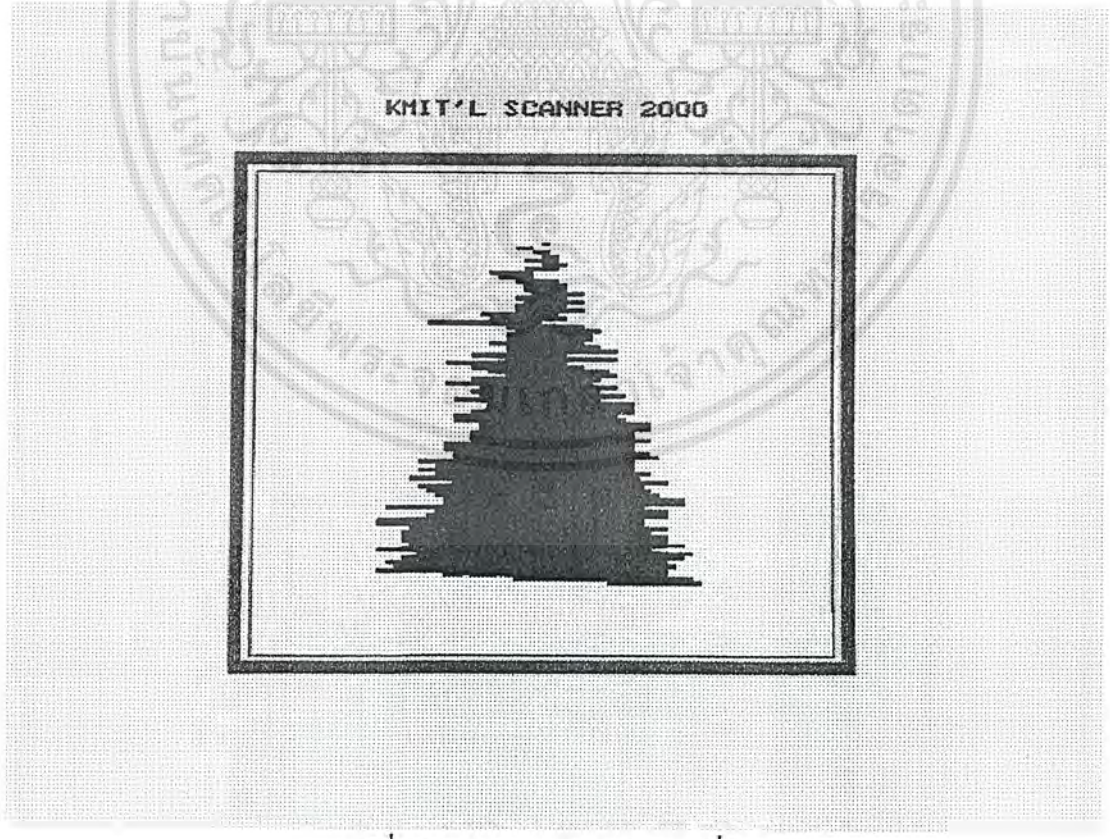


รูปที่ 4.12 รูปที่สแกนได้จากการสแกนรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

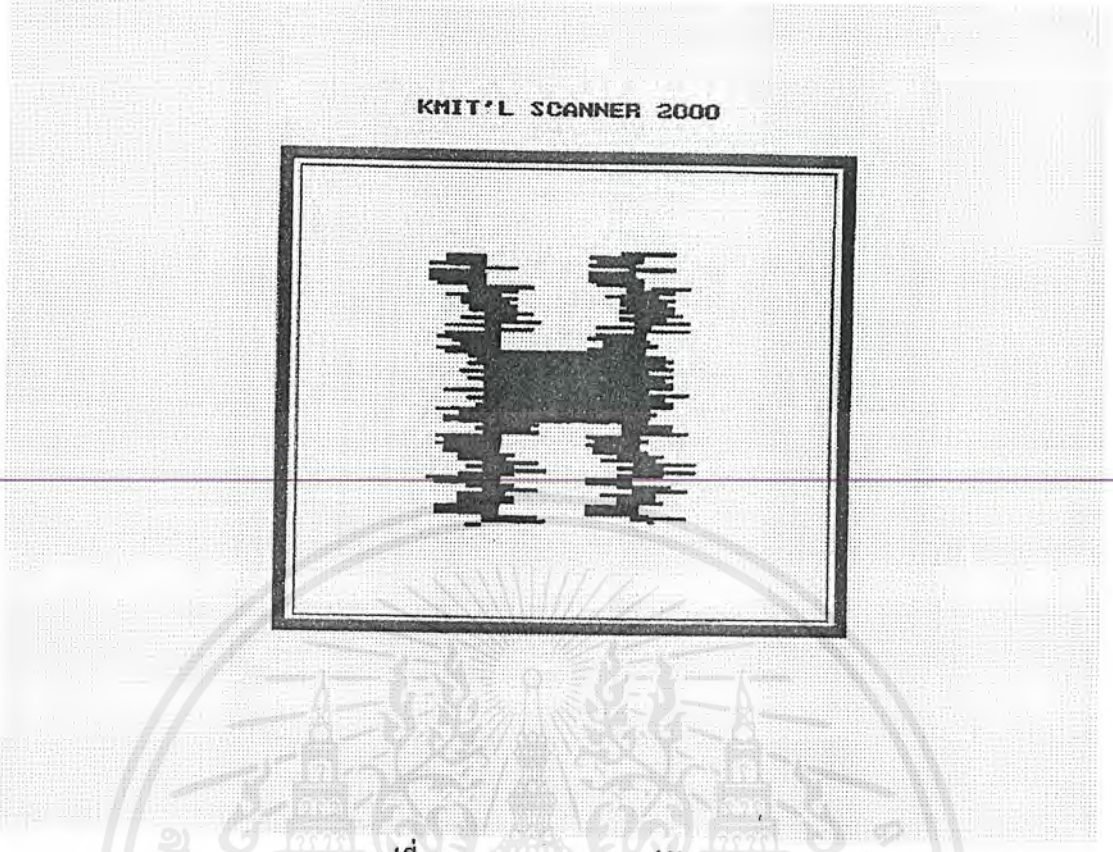


รูปที่ 4.13 จากการสแกนรูปวงกลม

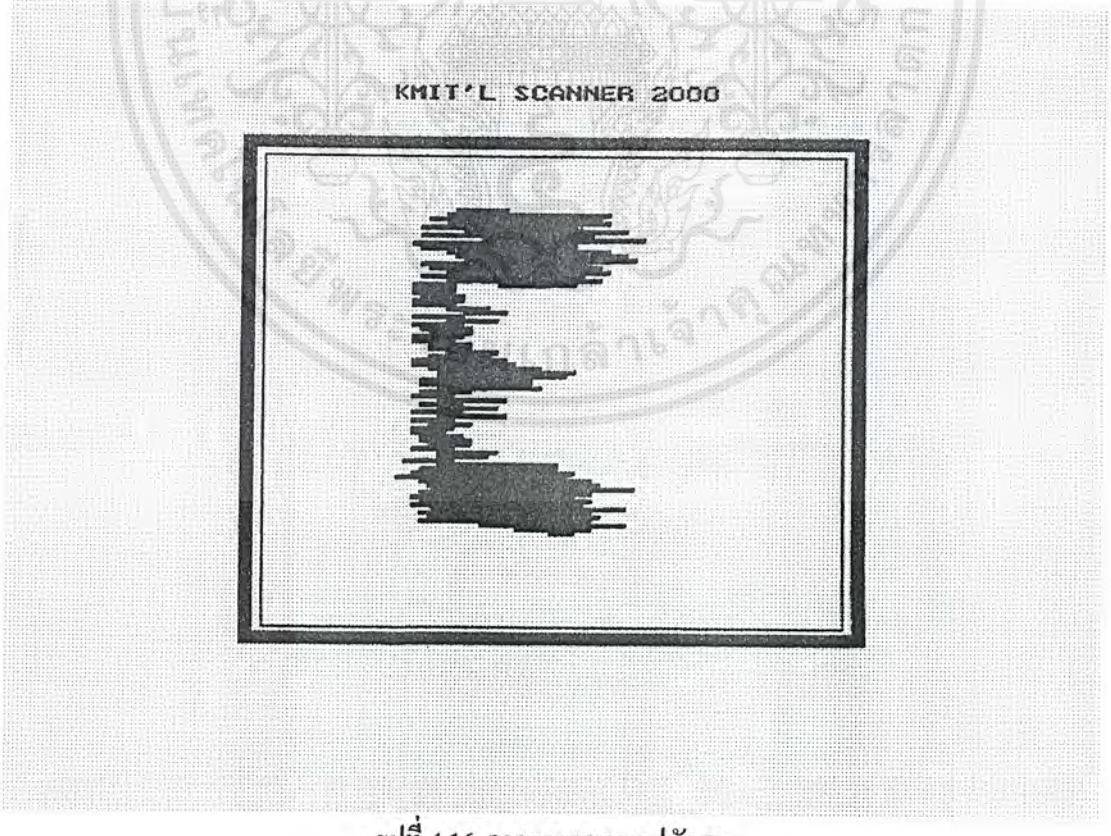


รูปที่ 4.14 จากการสแกนรูปสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

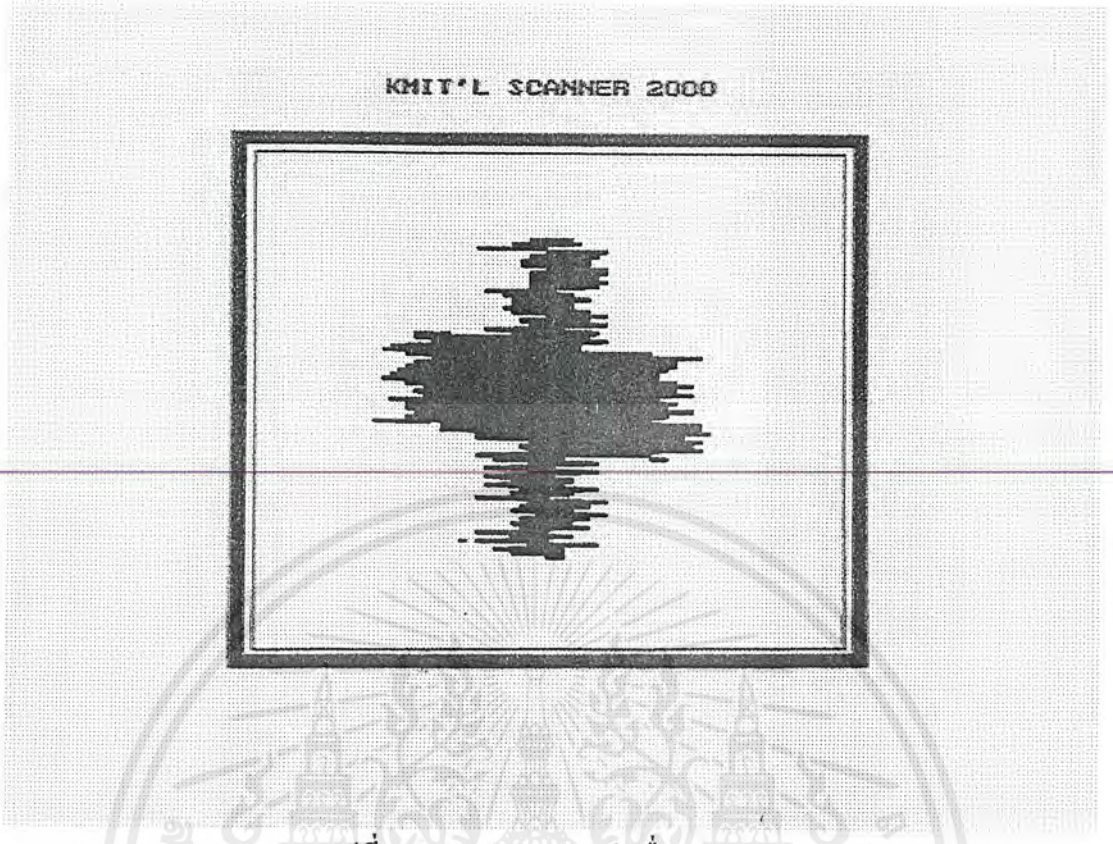


รูปที่ 4.15 จากการสแกนรูปตัว H



รูปที่ 4.16 จากการสแกนรูปตัว E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 จากการสแกนรูปเครื่องหมาย +

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

โครงงานทั้งหมดที่ได้ศึกษา มีดังนี้

ในส่วนวงจรดีเทคเตอร์ สามารถดีเทคสัญญาณแสงออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและสามารถนำไปประมวลผลต่อได้ ซึ่งค่าเอาท์พุทโวลท์เตจที่ได้จะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปเนื่องจากเมื่อระดับความเข้มแสงสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความต้านทานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ต่ำลงด้วย ดังจะเห็นได้จากผลการทดลอง

ในส่วนวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณที่มามัลติเพล็กซ์จะมีค่าในช่วงบวก-ลบ ดังนั้นสัญญาณที่มาควบคุมการมัลติเพล็กซ์จึงต้องมีค่าอยู่ในช่วงบวก-ลบด้วย โดยที่สัญญาณควบคุมการมัลติเพล็กซ์สัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณจะเป็นบวกทุกๆ 96 รอบของสัญญาณนาฬิกาซึ่งเท่ากับจำนวนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในการมัลติเพล็กซ์

ในส่วนการ์ดอินเตอร์เฟสและโปรแกรม ซึ่งในส่วนการ์ดอินเตอร์เฟสจะมีวงจรสำคัญๆคือ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล , วงจรหน่วยความจำ และวงจรบัฟเฟอร์ โดยการ์ดจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากการสแกนเป็นสัญญาณที่เหมาะสม เพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในการประมวลผลเป็นภาพปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะใช้พัลส์ซิงค์โครนัสในการหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของข้อมูลในการสแกนแต่ละบรรทัด ซึ่งผลที่ได้จากการสแกนที่ปรากฏทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ได้ผลค่อนข้างเป็นที่น่าพอใจ แต่จะมีความผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากแสงสะท้อนและการหาจุดเริ่มต้นบรรทัดของโปรแกรม

ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงงาน

โปรแกรมไม่สามารถส่งสัญญาณไปรีเซ็ทที่วงจรมัลติเพล็กซ์โดยตรงเพื่อทำการเริ่มต้นสแกนจากโฟโต้ทรานซิเตอร์ตัวที่ 1 ได้ เพราะจะทำให้ระดับของสัญญาณที่รับได้มีความผิดเพี้ยนไปมาก จึงต้องสร้างสัญญาณซิงค์โครไนซ์ขึ้น โดยให้โฟโต้ทรานซิเตอร์ตัวที่ 1-5 , 92-96 สร้างระดับโวลท์เตจเป็น +4.5 โวลท์ และตัวที่ 6-10 , 87-91 สร้างระดับโวลท์เตจเป็น –4.2 โวลท์ แล้วเขียนโปรแกรมเพื่อหาจุดเริ่มต้นของข้อมูล ดังนั้นจึงทำให้จุดเริ่มต้นที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไปบ้างซึ่งจะเห็นได้จากการทดลอง

เนื่องจากเวลาที่ใช้กระดาษ A4 สีขาว ระดับของสัญญาณที่รับได้จะไม่เรียบดังจะเห็นจากผลการทดลอง จึงได้ทำการเปลี่ยนไปใช้แผ่นพลาสติกใสแทน และเนื่องจากขนาดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่ใหญ่ทำให้ไม่สามารถสแกนภาพตัวอักษรที่มีขนาดเล็กๆได้

แนวทางพัฒนาต่อ

จากปัญหาดังกล่าว ควรปรับปรุงโดยลดระยะห่างจากกระดาษที่จะสแกนกับตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้แคบลง เพื่อเป็นการลดแสงสะท้อนและการกระเจิงของแสงที่จะเกิดขึ้น และพัฒนาโปรแกรมให้สามารถลดค่าความผิดพลาดจากการหาจุดเริ่มต้นของข้อมูลให้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานนี้ได้ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ คือสามารถสแกนค่าความแตกต่างของสีขาว-ดำแล้วแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ การใช้งานสะดวกเนื่องจากสามารถต่อใช้ไฟจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่ต้องต่อเข้ากับไฟกระแสสลับ 220 โวลท์ ก็สามารถใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม โครงงานนี้ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อให้สามารถแยกความแตกต่างของระดับสีขาว-ดำได้ และปรับปรุงให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <graphics.h>

void scan(void);
void picture(void);

unsigned int j,image[150][96];

void main(void)
{
   clrscr();
   j = 100;

   scan();
   picture();
}

void scan()
{
   unsigned int  i,o,k,z,c,d,a,e,l,q,r,b,u,t,g,s,x;
   unsigned int  data[384],data2[384];
   unsigned int  data3[96],data4[96],data5[96];
   unsigned int  result_1[12000],conv[96],start,result_2;
   unsigned long sigma[96],max,data1[384];
   int           port_1 = 0x300;
   int           port_2 = 0x301;

   for (i=0;i<j;i++)
   {
      /* clear data in array */
      for (o=0;o<384;o++)
      {
         data[o] = 0;
         data1[o] = 0;
         data2[o] = 0;
      }
      for(o=0;o<96;o++)
      {
         data3[o] = 0;
         data4[o] = 0;
         sigma[o] = 0;
      }

      outp(port_1,0);   /* reset counter & drive motor */
      result_2 = 0;

      /* check memory & scanner ready */
      do{
           result_2 = inportb(port_2);
        }while(result_2 != 0xFF);

      /* receive data from scanner */
      for (k=0;k<11904;k++)
      {
         result_1[k] = inportb(port_1);
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* do not use first 383 value */
c = 384;
d = 768;

/* sum data each line */
for (a=0;a<29;a++)
{
   if (a==0)
   {
      e = 0;
      for (k=c;k<d;k++)
      {
         data1[e] = result_1[k];
         e = e+1;
      }
   }
   e = 0;
   c = c+384;
   d = d+384;
   for (k=c;k<d;k++)
   {
      data2[e] = result_1[k];
      e = e+1;
   }
   for (l=0;l<384;l++)
   {
      data1[l] = data1[l] + data2[l];
   }
}

/* find average for line */
for (l=0;l<384;l++)
{
   data[l] = data1[l]/30.;
}

/* sum data each dot */
q = 0;
r = 4;
for (b=0;b<96;b++)
{
   if (b==0)
   {
      for (l=q;l<r;l++)
      {
         data3[b] = data3[b] + data[l];
      }
   }
   if (b>0)
   {
      q = q+4;
      r = r+4;
      for (l=q;l<r;l++)
      {
         data3[b] = data3[b] + data[l];
      }
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        /* find average for dot */
        for (b=0;b<96;b++)
        {
           data4[b] = data3[b]/4.;
        }

        /* find start */
        for (u=0;u<10;u++)
        {
           conv[u] = 0xFF;
        }
        for (u=10;u<96;u++)
        {
           conv[u] = 0x0;
        }

        g = 0;
        for (t=0;t<96;t++)
        {
           sigma[t] = 0;
           for (u=0;u<96;u++)
           {
              sigma[t] = sigma[t]+data4[t]*conv[u];
           }
        }
        max = 0;
        start = 0;
        for(t=0;t<96;t++)
        {
           if (sigma[t]>max)
           {
              max = sigma[t];
              start = t;
           }
        }
        x = 0;
        for (s=start;s<96;s++)
        {
           data5[x] = data4[s];
           x = x+1;
        }

        /* arrange data */
        for (s=0;s<start;s++)
        {
           data5[x] = data4[s];
           x = x+1;
        }
        for (b=0;b<96;b++)
        {
           image[i][b] = data5[b];
        }
     }
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void picture()
{
   int gdriver = DETECT,gmode,errorcode;
   unsigned int  h,x,y,p,width,length;

   initgraph (&gdriver,&gmode,"c:\\tc\\bgi");
   errorcode = graphresult();
   if (errorcode != grOk)
   {
      printf("Graphics error:%s\n",grapherrormsg(errorcode));
      printf("Press anykey to halt:");
      getch();
      exit(1);
   }

   /* render the frames */
   bar(170,140,175,390);
   bar(455,140,460,390);
   bar(175,140,455,145);
   bar(175,385,455,390);
   rectangle(180,149,450,382);
   outtextxy(240,115,"KMIT'L SCANNER 2000");

   /* display scan */
   for(y=0;y<j;y++)
   {
      width = 4;
      length = 2;
      if (image[y][x] > 160)
      {
         for (h=0;h<width;h++)
         {
            for (p=0;p<length;p++)
            {
               putpixel(x*width+h+160,y*length+p+165,0);
            }
         }
      }
      if (image[y][x] < 160)
      {
         for (h=0;h<width;h++)
         {
            for (p=0;p<length;p++)
            {
               putpixel(x*width+h+160,y*length+p+165,0);
            }
         }
      }
      getch();
      closegraph();
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. " เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 143 ", หน้า 88-94, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2537.
2. เอก ไชยสวัสดิ์, รศ.ดร., " สัญญาณและระบบ ", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.
3. " HOBBY ELECTRONICS ฉบับที่ 93 ", หน้า 56-63, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2542.
4. GOPEL, W. & HESSE, J., " SENSORS ", Weinheim, 1992.
5. DRISCOIL, FREDERICK F., " DATACOMMUNICATIONS ", Fort Worth Philadelphia, 1992.
6. GLASGAL, RALPH, " TECHNIQUES IN DATACOMMUNICATION ", Dedham, 1985.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้