สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยการประมวลผลภาพ

PRODUCT INSPECTION BY IMAGE PROCESSING

โดย

นายชลธี มหัคฆพงศ์

นายคณิน ชมเดือน

นายวิทยา วินทไชย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72293
วัน,เดือน,ปี 13 ส.ค. 2550

b 11726486
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยการประมวลผลภาพ

PRODUCT INSPECTION BY IMAGE PROCESSING

โดย

นาย ชลธี มหัคฆพงศ์ รหัส 47015203

นาย คณิน ชมเดือน รหัส 47015239

นายวิทยา วินทไชย รหัส 47015259

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยการประมวลผลภาพ

ผู้จัดทำ

1.นาย ชลธี มหัคฆพงศ์ รหัส 47015203

2.นาย คณิน ชมเดือน รหัส 47015239

3.นายวิทยา วินทไชย รหัส 47015259

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยการประมวลผลภาพ

นาย ชลธี มหัคฆพงศ์ รหัส 47015203
นาย คณิน ชมเดือน รหัส 47015239
นายวิทยา วินทะไชย รหัส 47015259
อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการนำเสนอการออกแบบเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้การประมวลผลสัญญาณภาพ เริ่มจากใช้กล้องวีดีโอเป็นตัวตรวจจับภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งสัญญาณภาพที่ได้จะเป็นข้อมูลทางอนาล็อก แล้วทำการแปลงข้อมูลอนาล็อกให้เป็นข้อมูลทางดิจิตอลโดยใช้ไอซีเบอร์ TDA 8708A ซึ่งการเก็บภาพจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณซิงค์ ที่มาจากไอซีเบอร์ LM1881 ซึ่งเป็นไอซีแยกสัญญาณซิงค์ โดยในการเก็บข้อมูลภาพนั้น จะเก็บ 256 เส้นสแกน และในแต่ละเส้นสแกนนั้นจะเก็บ 128 จุดภาพ ทำให้ได้ความละเอียดของภาพ 32,768 จุดภาพ แล้วนำข้อมูลดิจิตอลที่ได้นั้นไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกนำไปประมวลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใช้หลักการเปรียบเทียบระหว่างภาพของผลิตภัณฑ์ต้นแบบกับภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT INSPECTION BY IMAGE PROCESSING

Mr. Chonlathee Mahakkapong ID.47015203
Mr. Khanin Chomduan ID.47015239
Mr. Wittaya Wintasai ID.47015259
Chinnapat Nantajivakornchai Advisor

Educational Year 2006

Abstract

This report presents product inspection by image processing. Product image is first captured by a video camera. The analog video signal is converted to digital signal by IC TDA8708A and stored by sync signal from IC LM1881. To store video information, It is required 256 scans and each scan stores 128 pixels which is the total resolution of 32,768 pixels. After that digital data is store in 128 kbytes memory. An image captured from other item of the same product are then compared by a microcontroller MCS-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานในครั้งนี้ที่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ในโครงงาน รวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้กำลังใจ ขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดแนะแนวทางการศึกษา ขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ และผู้เกี่ยวข้องทุกคน ที่ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือจนกระทั่ง ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีของสัญญาณโทรทัศน์	4
2.1 องค์ประกอบของภาพ	4
2.2 การสแกน	6
2.3 สัญญาณภาพรวม	11
บทที่ 3 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	17
3.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง	17
3.2 วิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	18
บทที่ 4 การจัดหน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	26
4.1 หน่วยความจำโปรแกรม	26
4.2 หน่วยความจำข้อมูล	28
4.3 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	30
4.3.1 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม	31
4.3.2 แอกคิวมูเลเตอร์	33
4.3.3 รีจิสเตอร์ B	33
4.3.4 โปรแกรมเคาน์เตอร์	33
4.3.5 สแต็กพอยน์เตอร์	35
4.3.6 รีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์	35
4.3.7 รีจีสเตอร์พอร์ต	35
4.3.8 รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม	35
4.3.9 รีจีสเตอร์ไทเมอร์	36
4.3.10 รีจีสเตอร์แคปเจอร์	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.11 รีจีสเตอร์ควบคุม	36
บทที่ 5 หลักการออกแบบและการทำงานของวงจร	38
5.1 หลักการออกแบบวงจร	38
5.2 หลักการทำงานของวงจร	38
5.2.1 การทำงานวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่	38
5.2.2 การทำงานแยกสัญญาณซิงค์	39
5.2.3 การทำงานวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	40
5.2.4 การทำงานวงจรนับ	41
5.2.5 การทำงานวงจรหน่วยความจำ	42
5.2.6 การทำงานวงจรส่วนควบคุมการทำงาน	43
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	49
6.1 การทดลอง	49
6.2 ผลการทดลอง	49
6.2.1 ผลการทดลองของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	49
6.2.2 ผลการทดลองวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่	50
6.2.3 ผลการทดลองของวงจรแยกสัญญาณซิงค์	50
6.2.4 ผลการทดลองของสัญญาณแสดงการหน่วงการเก็บภาพ	51
6.2.5 ผลการทดลองของสัญญาณควบคุมการเริ่มต้นทำงาน	52
6.2.6 ผลการทดลองของการสร้างสัญญาณที่ใช้ในการสุ่ม	53
6.2.7 ผลการทดลองการสุ่มภาพ	53
6.2.8 ช่วงเวลาการเก็บภาพลงในหน่วยความจำ	55
6.2.9 ช่วงเวลาหยุดการเก็บภาพ	55
6.2.10 ช่วงเวลาการอ่านข้อมูลออกจากแรม	56
6.3 รูปผลงานและรูปแดงการทำงาน	57
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	61
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยการประมวลผลภาพ 2

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของภาพที่ยุคปัจจุบันมีการเอาแต่พิกเซลไปใช้งานแล้ว 5

รูปที่ 2.2 แสดงวิธีเอาพิกเจอร์อิลิเมนต์ไปเก็บในหน่วยความจำระบบดิจิตอล 6

รูปที่ 2.3 แสดงวิธีเบื้องต้นของการสแกน 7

รูปที่2.4 รายละเอียดของการสแกนแบบสลับเส้นหรือการสแกนแบบสอดแทรก 8

รูปที่ 2.5 รายละเอียดของการสแกนแบบสลับเส้นหรือการสแกนแบบสอดแทรก ในระบบ CCIR 9

รูปที่ 2.6 หลักการเบื้องต้นการสแกน 12

รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณขาว-ดำ โดยเกรย์ สเกล 13

รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณภาพรวมที่มีรายละเอียดทุกอย่าง 15

รูปที่ 2.9 แสดงระดับพัลซ์ในฟิลด์ของการซิงโครไนซ์ของระบบโทรทัศน์ 15

รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของสัญญาณภาพรวมเบื้องต้น 16

รูปที่ 3.1 การสุ่มหลาย ๆ ช่วงจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสัญญาณเดิม 18

รูปที่ 3.2 แสดงวิธีการพื้นฐานของ ADC 19

รูปที่ 3.3 Counting Converter 20

รูปที่ 3.4 เอาท์พุทของวงจร Counting Converter 20

รูปที่ 3.5 flow chart Successive Approximation 22

รูปที่ 3.6 Binary Search Strategy 23

รูปที่ 3.7 แฟลชคอนเวอร์เตอร์ที่มีความเร็วในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสูง 24

รูปที่ 3.8 A "Flash" Converter 25

รูปที่ 4.1 การจัดสรรหน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 27

รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 28

รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช 29

รูปที่ 4.4 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 30

รูปที่ 4.5 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ พิเศษ (SFR) 31

รูปที่ 4.6 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 32

รูปที่ 4.7 การจัดสรรพื้นที่ของรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR) 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 รายละเอียดของรีจีสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW	34
รูปที่ 5.1วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่	38
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรแยกสัญญาณซิงค์	39
รูปที่ 5.3 แสดงรูปสัญญาณต่าง ๆ ที่มากับสัญญาณภาพรวม	40
รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการทำงานวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	41
รูปที่ 5.5 แสดงวงจรนับ	42
รูปที่ 5.6 แสดงวงวงจรหน่วยความจำ	43
รูปที่ 5.7 แสดงวงจรส่วนควบคุมการทำงาน	44
รูปที่ 5.8 แสดงวงจรแยกสัญญาณซิงค์และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	45
รูปที่ 5.9 แสดงวงจรนับ	46
รูปที่ 5.10 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และวงจรหน่วยความจำ	47
รูปที่ 5.11 แสดงวงจรส่วนควบคุมการทำงาน	48
รูปที่ 6.1 สัญญาณการแปลงของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	49
รูปที่ 6.2 สัญญาณนาฬิกา 2 เมกกะเฮิรตซ์	50
รูปที่ 6.3 สัญญาณจากวงจรแยกสัญญาณซิงค์	51
รูปที่ 6.4 สัญญาณแสดงการหน่วงการเก็บภาพ	51
รูปที่ 6.5 สัญญาณควบคุมการเริ่มต้นทำงาน	52
รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรหารความถี่เทียบกับสัญญาณภาพ	53
รูปที่ 6.7 แสดงช่วงเวลาที่เกิดการสุ่ม	54
รูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ	55
รูปที่ 6.9 แสดงสัญญาณในช่วงควบคุมการหยุดเก็บภาพ	56
รูปที่ 6.10 แสดงรูปสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลออกจากแรม	56
รูปที่ 6.11 รูปแสดงผลงานต้นแบบ	57
รูปที่ 6.12 รูปแสดงผลงานต้นแบบ	58
รูปที่ 6.13 แสดงการเตือนเมื่อยังไม่ได้เก็บภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	58
รูปที่ 6.14 แสดงการเตือนว่าเก็บข้อมูลภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว	59
รูปที่ 6.15 แสดงการเตือนว่าผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบถูกต้อง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.16 แสดงการเตือนว่าผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบต่างไปจากต้นแบบ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจีสเตอร์แบงก์ R0-R7 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

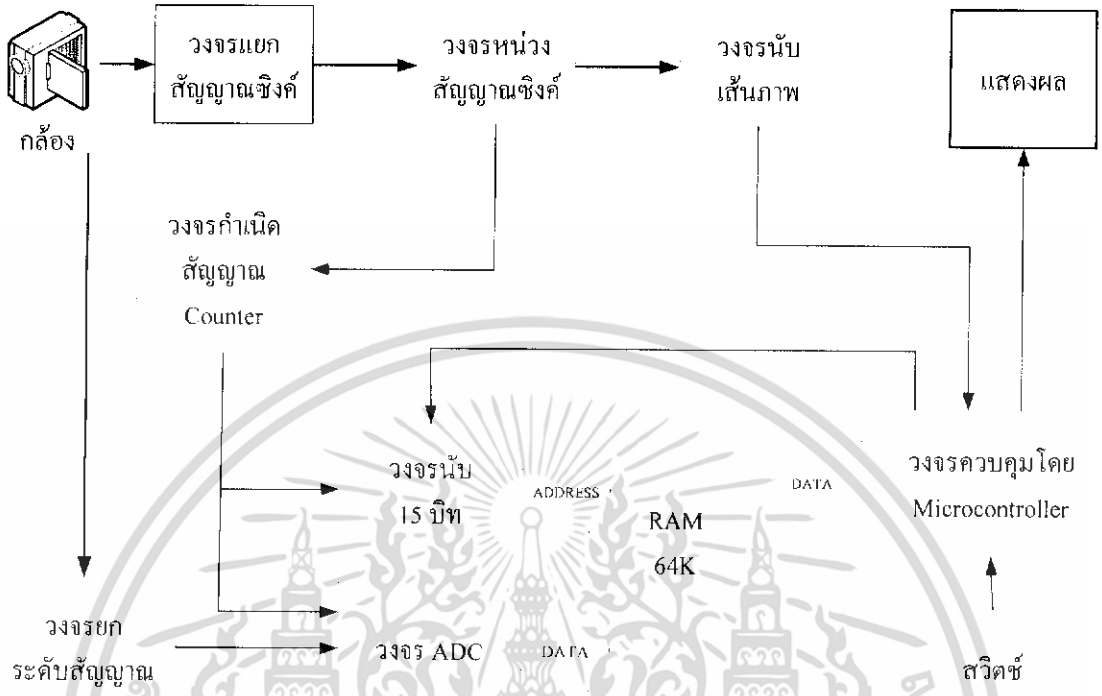
ปัจจุบันกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมมีการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมาครั้งละจำนวนมาก ๆ และผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งาน หรือจัดจำหน่าย จึงจำเป็นที่จะต้องมีกระบวนการตรวจสอบที่ได้มาตรฐาน โดยผลิตภัณฑ์หลายประเภทสามารถตรวจสอบคุณภาพได้ด้วยภาพลักษณ์ภายนอกว่าผลิตได้ถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่

จากแนวคิดข้างต้นจึงได้เกิดโครงงานเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยการประมวลผลภาพขึ้นโดยโครงงานเล่มนี้ เป็นการนำเสนอเรื่องเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้การประมวลผลสัญญาณภาพ เริ่มจากใช้กล้องวีดีโอเป็นตัวตรวจจับภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบซึ่งสัญญาณภาพที่ได้จะเป็นข้อมูลทางอนาล็อก แล้วทำการแปลงข้อมูลทางอนาล็อกให้เป็นข้อมูลทางดิจิตอล โดยในการเก็บข้อมูลภาพนั้น จะเก็บ 256 เส้นสแกน และในแต่ละเส้นสแกนนั้นจะเก็บ 128 จุดภาพ ทำให้ได้ความละเอียดของภาพ 32,768 จุดภาพ แล้วนำข้อมูลดิจิตอลที่ได้นั้นไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกนำไปประมวลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้หลักการเปรียบเทียบระหว่างภาพของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ทำการเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อนกับภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบว่ามีอะไรผิดไปจากต้นแบบหรือไม่

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานสัญญาณภาพรวมในงานด้านการประมวลผลภาพ
2. เพื่อศึกษาและออกแบบการแปลงสัญญาณภาพเป็นสัญญาณดิจิตอล
3. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานด้านการประมวลผลภ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยการประมวลผลภาพ

หลักการทำงาน

การทำงานของบล็อกไดอะแกรมสามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการกดสวิตช์จากผู้ใช้งาน เมื่อมีการกดสวิตช์ส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณให้วงจรเพื่อทำการเก็บข้อมูลต่อไป

และขณะที่กล้องจับภาพผลิตภัณฑ์อยู่นั้น สัญญาณวีดีโอจะถูกปรับแต่งให้มีขนาดและระดับที่เหมาะสมก่อน แล้วจึงค่อยส่งไปให้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ทำให้ได้ข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต เพื่อที่นำไปเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ และสัญญาณวีดีโอส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังวงจรแยกสัญญาณซิงค์ เพื่อนำสัญญาณซิงค์ไปสร้างสัญญาณควบคุม ในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาความถี่ 2 เมกกะเฮิรตซ์จะทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการทำงานต่างของวงจรและวงจรนับจะทำหน้าที่อ้างแอดเดรสให้หน่วยความจำในจังหวะที่มีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ และเมื่อมีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำครบแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการกดสวิตช์จากผู้ใช้งานอีกครั้ง เพื่อทำการเก็บข้อมูลของภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบและทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลข้อมูลในหน่วยความจำโดยใช้หลักการเปรียบเทียบระหว่างภาพของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ทำการเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อนกับภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบว่ามีอะไรผิดไปจากต้นแบบหรือไม่

ขอบเขตของโครงงาน

ในส่วนของภาคการศึกษาที่หนึ่ง จะศึกษาในส่วนของสัญญาณวีดีโอ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

ในส่วนของภาคการศึกษาที่สอง จะศึกษาส่วนของการประมวลผลข้อมูลในหน่วยความจำ และศึกษาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีสัญญาณโทรทัศน์

ในโครงงานนี้ได้มีการศึกษาเรื่องต่างๆ หลายเรื่อง แต่มีเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งคือ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณภาพวีดีโอรวมและการนำสัญญาณภาพเหล่านี้มาใช้งาน เพื่อจะได้นำมาประยุกต์ใช้ในโครงงานชิ้นนี้

ภาพที่เกิดขึ้นที่จอโทรทัศน์อันที่จริงแล้วเกิดจาก การที่เราเอาภาพนิ่งมาต่อกัน โดยแต่ละภาพจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย และเกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็วจนทำให้สายตาของคนเราเห็นเป็นภาพที่ต่อเนื่อง ในแต่ละเฟรมของตัวของมันเองประกอบด้วยพื้นที่เล็กๆ ของแสงและจุด หากภาพนั้นมีรายละเอียด (Detail) ของจุดแสงมากภาพที่ออกมาจะมีรายละเอียดมากกว่าภาพที่มีจุดและแสงรายละเอียดน้อย

2.1 องค์ประกอบของภาพ

หากเราตัดภาพจากหนังสือพิมพ์มาสักหนึ่งภาพ แล้วขยายให้ใหญ่ขึ้น จะพบว่าภาพมีองค์ประกอบจากจุดสีขาวและสีดำมากมาย มาเรียงประกอบกันเป็นภาพ จุดเหล่านี้เองที่เรียกว่าองค์ประกอบของภาพ

ทำนองเดียวกัน ภาพที่เกิดทางจอโทรทัศน์ก็นำหลักการดังกล่าวมาใช้ ภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์ประกอบด้วยเส้นขวางเล็กๆในแนวนอนเป็นจำนวนมาก แต่ละเส้นนั้นมีส่วนที่ดำสนิทส่วนที่จางและส่วนที่สว่างรวมกันอยู่ เส้นเหล่านี้เราได้มาจากการกวาดของลำแสง หรือ การสแกน (Scan) ความแตกต่างของเส้นที่มีการกวาดของลำแสง เราเรียกว่าองค์ประกอบของภาพ

ระบบการสแกน 525 เส้นเราจะแบ่งส่วนทางแนวตั้งได้ 700 เส้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าหากจะหาจำนวนขององค์ประกอบภาพในระบบการสแกน 525 เส้นแล้ว จะได้เท่ากับ 525 x 700 เท่ากับ 367500 พิกเซล ยิ่งทำให้ภาพมีจำนวนเส้นมากเท่าไหร่รายละเอียดของภาพยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

โทรทัศน์ที่มีจำนวนเส้นภาพมากขึ้นย่อมได้รายละเอียดมากขึ้นเท่านั้นแต่นั่นแหละการออกแบบทำได้ยากตามไปด้วยเนื่องจากแบนวิดธ์ของความถี่จะต้องกว้างขึ้นด้วย

$$fmax = \tfrac{1}{2} Kn^2 fp\ b/h\ Y/X$$

เมื่อ fmax คือ ความถี่สูงสุด

K คือ ค่าคงที่ประมาณ 0.64 ถึง 0.7

n คือ จำนวนเส้นสแกน

fp คือ จำนวนภาพต่อวินาที

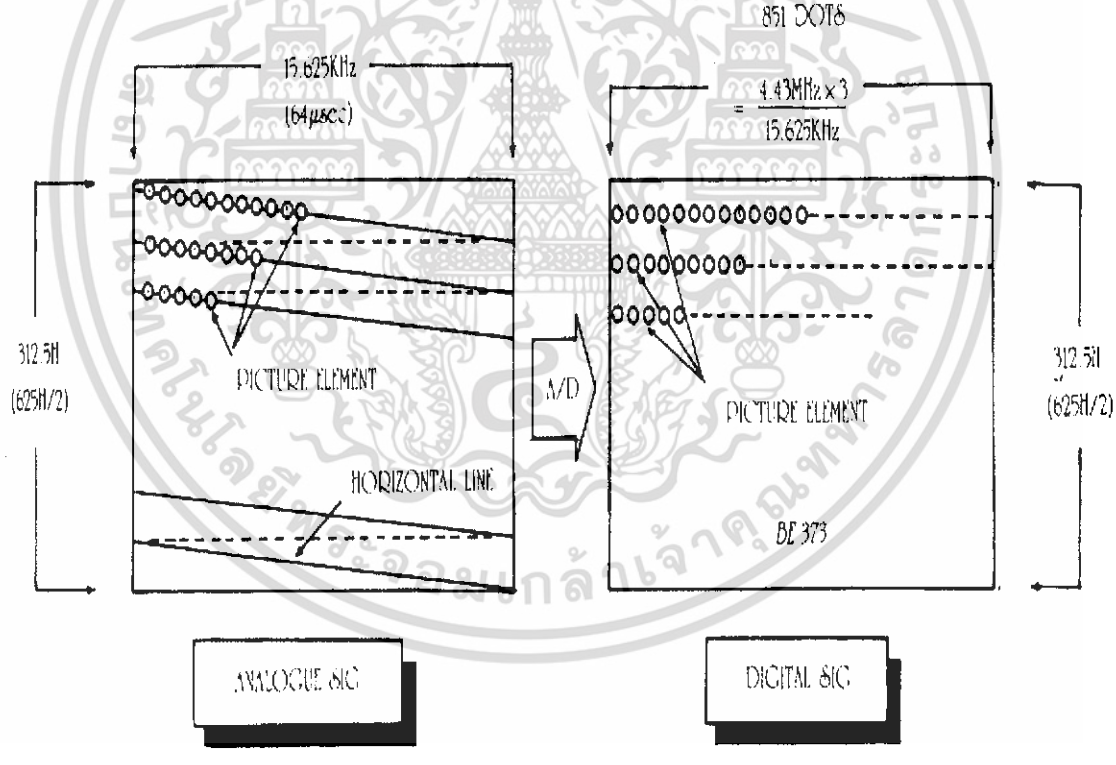
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b/h คือ อัตราส่วนแอสเป็คท์ซึ่งโดยทั่วไปใช้ 4:3

Y/X คือ ค่าแอฟเฟ็คตีฟแคเตอร์ มีค่า 0.95/0.84

จากสูตรนี้จะพบว่าถ้าจำนวนเส้นสแกนเพิ่มมากขึ้น ความถี่จะเพิ่มตามขึ้นมาด้วย จากที่กล่าวว่าระบบ 525 เส้น นั้นมีองค์ประกอบภาพ 367,500 พิกเซล แต่ในความเป็นจริงเราไม่สามารถจะเห็นได้ครบทุกพิกเซล เนื่องจากมีบางส่วนหายไประหว่างการสแกน จากการทดลองจะพบว่าภาพที่พอดูได้จะมีองค์ประกอบไม่ต่ำกว่า 200,000 พิกเซล

ระบบที่ใช้ในประเทศไทย ปัจจุบันเราใช้ระบบการสแกน 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที จึงทำให้แบนวิดธ์ต้องกว้าง 7 MHz ในระบบ 525 เส้น กว้างเพียง 6 MHz เท่านั้น อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบภาพจะมีความละเอียดมากขึ้น โดยสามารถหาองค์ประกอบภาพได้จากค่าจำนวนเส้นสแกน 625 เส้น คูณกับจำนวนจุดหรือองค์ประกอบในแนวตั้ง 851 เส้น ได้เท่ากับ 531,875 พิกเซล



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของภาพที่ยุคปัจจุบันมีการเอาแต่พิกเซลไปใช้งานแล้ว

2.2 การสแกน

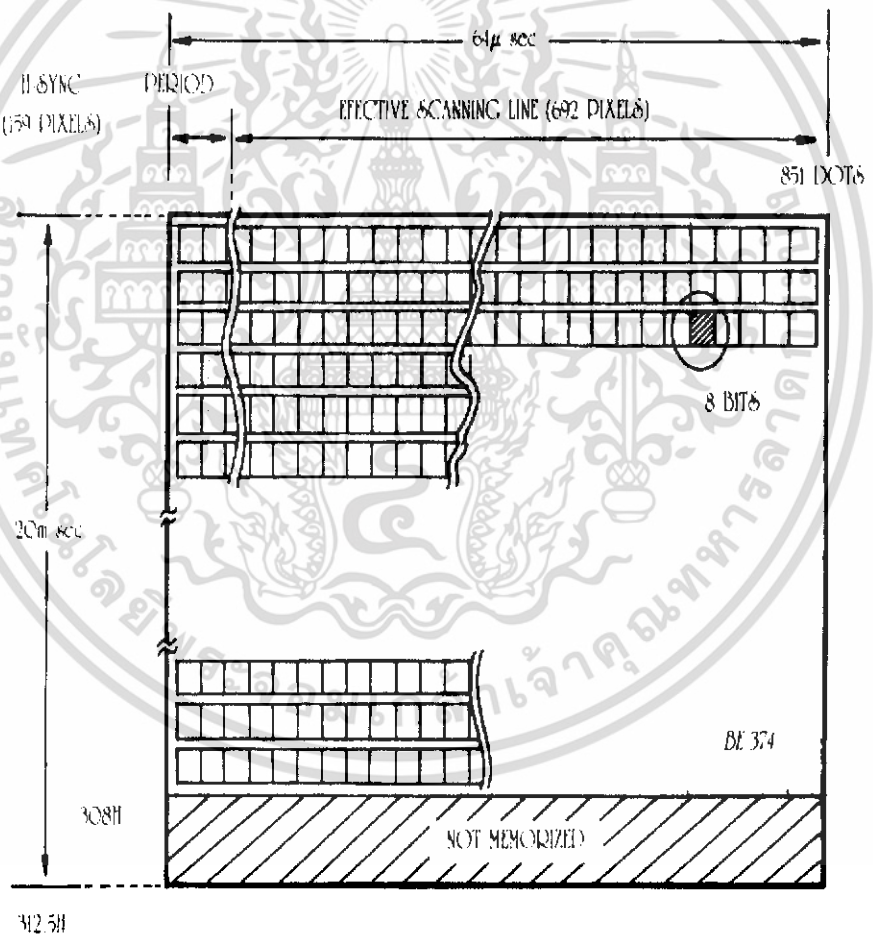
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากองค์ประกอบภาพที่ได้กล่าวมาตอนต้น เครื่องรับภาพแล้วเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งเป็นจุดขาวดำมา เครื่องรับจะรับเอาสัญญาณเหล่านี้มาเรียงกันใหม่ โดยการกวาดเป็นเส้นภาพขึ้นที่หน้าจอ วิธีการนี้เราเรียกว่า การสแกน(Scanning) โดยตัวที่มีหน้าที่สำคัญคือจอภาพหรือหลอดภาพนั้นเอง หลอดภาพมีโครงสร้างกับหลอดสุญญากาศทั่วไปที่ปล่อยอิเล็กตรอนจากขั้วแคโถด แล้วจะมีการดึงลำอิเล็กตรอนให้วิ่งเข้าไปกระทบกับขั้วแอโหนดหรือหน้าจอ ตรงหน้าจอนั้นจะมีการฉาบสารเรืองแสงไว้เพื่อให้เกิดการเรืองแสงของจอ

การสแกนมี 2 วิธี

1 การสแกนแบบก้าวหน้า (Progressive Scanning)

2 การสแกนแบบสลับเส้น (Interlaced Scanning)



รูปที่ 2.2 แสดงวิธีเอาพิกเจอร์อิลิเมนต์ไปเก็บในหน่วยความจำระบบดิจิตอล

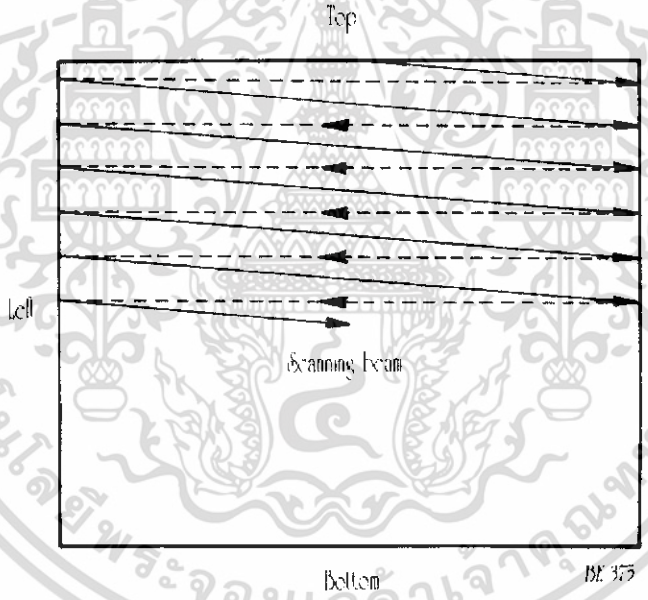
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะทำให้การสแกนมีความต่อเนื่องขององค์ประกอบภาพ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะต้องคำนึงถึงหลัก 3 ประการคือ

1 ลำอิเล็กตรอนที่กวาดไปทางแนวนอน (Horizontal Scanning) ในแต่ละครั้ง จะต้องครอบคลุมองค์ประกอบภาพทั้งหมดของเส้นนั้นๆ

2 ในแต่ละเส้นของการสแกนลำอิเล็กตรอน ลำแสงจะต้องกวาดกลับด้วยความเร็วสูงไปยังทางด้านซ้าย เพื่อเริ่มต้นเส้นภาพทางแนวนอนลำดับต่อไป เวลาของการสะบัดกลับเราเรียกว่า "รีเทรซ" (Retrace) หรือฟลายแบ็ค (Flyback) ในกรณีดังกล่าวจะต้องไม่มีข้อมูลภาพใดๆ เพราะว่าทั้งกล้องถ่ายและหลอดภาพจะเกิดการแบลงค์เอาท์ (Blank Out) ในขณะนั้น

3 ในขณะที่เส้นสแกนสะบัดกลับมาเพื่อเริ่มต้นทางซ้ายใหม่ ตำแหน่งทางแนวตั้งต่ำกว่าตำแหน่งเดิมเพื่อทำให้การสแกนเส้นต่อไปไม่ทับกัน ทั้งนี้โดยการควบคุมของสัญญาณทางแนวตั้ง (Vertical Scanning)



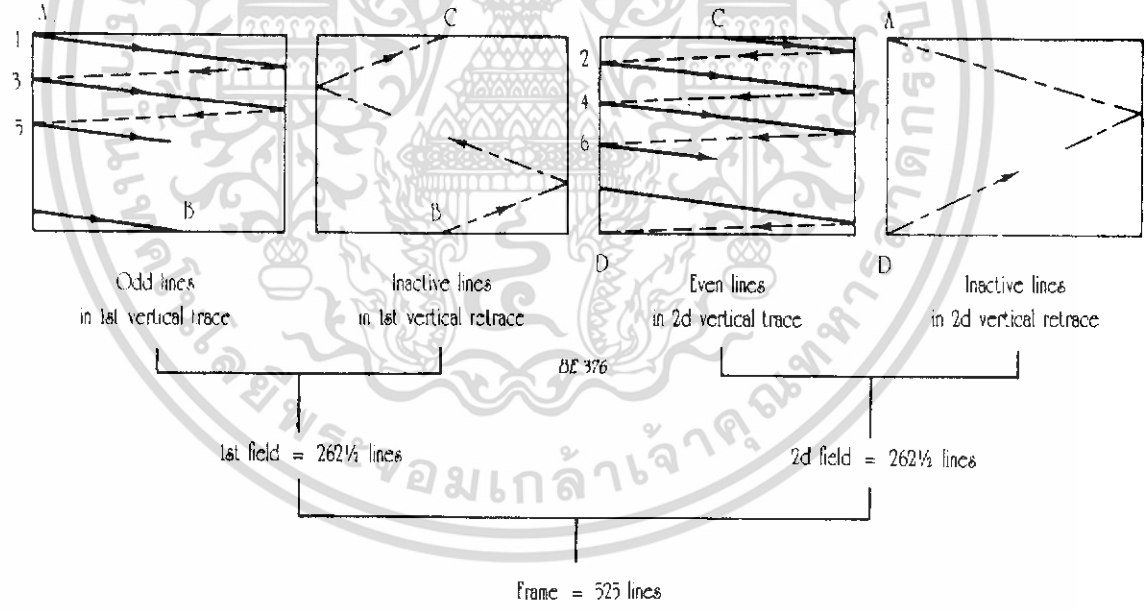
รูปที่ 2.3 แสดงวิธีเบื้องต้นของการสแกน

การสแกนที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์ถึงแม้เราจะพบว่าหากให้มีการเรียงภาพเกินกว่า 16 ภาพต่อวินาที แล้ว สายตาจะเห็นเป็นภาพที่ต่อเนื่อง จากการทดลองสแกนเส้นภาพเราพบว่าแม้ภาพที่เกิดขึ้น 24 ภาพต่อวินาทีแล้วก็ตาม ยังมีการกระพริบ (Flicker) เกิดขึ้น เนื่องจากว่าในขณะที่การสแกนเริ่มจากขอบบนลงมาด้านล่าง (ซึ่งคล้ายกับการเขียนหนังสือที่เริ่มจากซ้ายไปขวา แล้วบนลงล่าง) เมื่อเส้นสแกนลงมาถึงขอบด้านล่างแสงทางด้านบนในความรู้สึกมนุษย์เริ่มมืดลงกว่าด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ลำแสงสแกนวกกลับไปด้านบน ด้านล่างก็จะเกิดปัญญาหาเช่นเดียวกัน ความรู้สึกต่อกรณีนี้ก็จะเกิดแสงกระพริบหรือวูบวาบขึ้น (Flicker) จึงต้องใช้การสแกนแบบสลับเส้นหรือการสแกนแบบสอดแทรก (Interlaced Scanning)โดยครั้งแรกจะสแกนฟิลด์คี่ (Odd line Trace) และครั้งต่อไปจะสแกนฟิลด์คู่ (Even line Trace) เป็นการสแกนแบบเส้นเว้นเส้นนั้นหมายความว่าการได้ภาพ 1 ภาพ หรือที่เรียกว่าภาพ 1 เฟรม (Frame) ต้องใช้การสแกนแนวตั้งถึง 2 ครั้งหรือ 2 ฟิลด์ (Field)

ตามมาตรฐาน เอฟซีซี (FCC) ใช้เส้นสแกน 525 เส้นต่อ 1 ภาพ และใช้ภาพ 30 ภาพต่อวินาที ดังนั้นใน 1 ฟิลด์จะมีเส้นสแกน 262.5 เส้น ภาพนิ่งแต่ละภาพซึ่งเป็นองค์ประกอบขององค์ประกอบภาพจะเกิดขึ้นภายใน 1/30 วินาที ความถี่ที่ใช้ในการหักเหลำอิเล็กตรอนในแนวนอนจึงได้มาจากจำนวนเส้นภาพ คูณกับจำนวนเส้นภาพในแต่ละเฟรม จึงได้ 525x30 เท่ากับ 15,750 เฮิรตซ์ ส่วนความถี่บังคับการหักเหในแนวตั้งใน 1 ฟิลด์ จะใช้เวลาเพียง 1/60 วินาทีเท่านั้น ความถี่จึงเท่ากับ 60 เฮิรตซ์

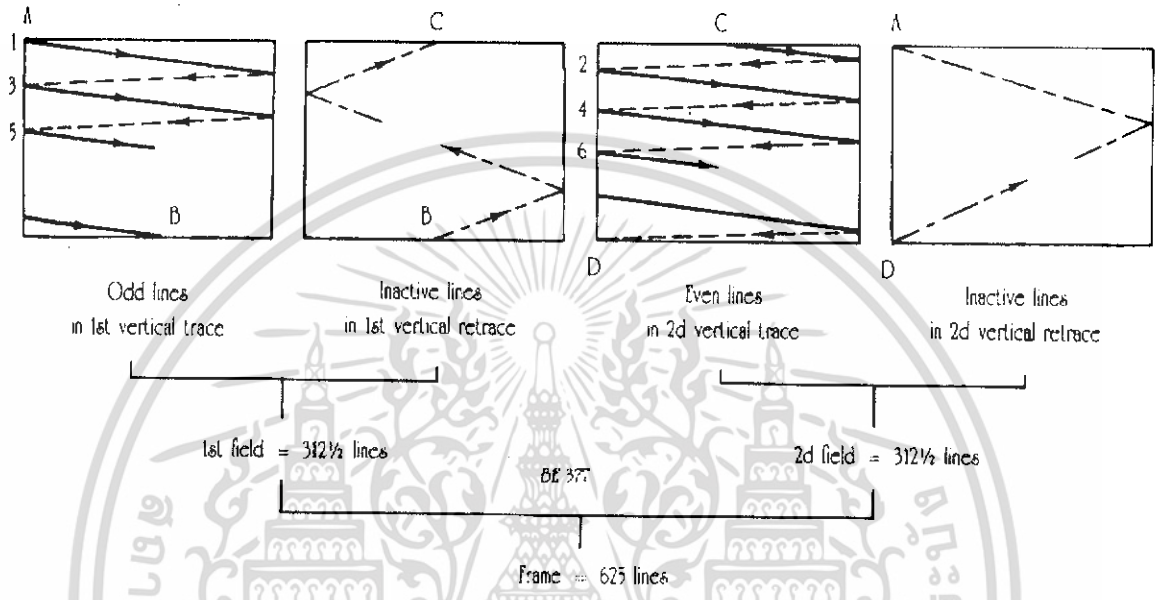


รูปที่2.4 รายละเอียดของการสแกนแบบสลับเส้นหรือการสแกนแบบสอดแทรก

ตามมาตรฐาน ซีซีไออาร์ (CCIR) ใช้เส้นสแกน 625 เส้นต่อ 1 ภาพ และใช้ภาพ 25 ภาพต่อวินาทีดังนั้นใน 1 ฟิลด์จะมีเส้นสแกน 312.5 เส้น ภาพนิ่งแต่ละภาพซึ่งเป็นองค์ประกอบขององค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบภาพจะเกิดขึ้นภายใน 1/25 วินาที ความถี่ที่ใช้ในการหักเหลำอิเล็กตรอนในแนวนอนจึงได้มาจากจำนวนเส้นภาพ คูณกับจำนวนเส้นภาพในแต่ละเฟรม จึงได้ 625x25 เท่ากับ 15,625 เฮิรตซ์ ความถี่บังคับการหักเหในแนวตั้งในจึงเท่ากับ 50 เฮิรตซ์



รูปที่ 2.5 รายละเอียดของการสแกนแบบสลับเส้นหรือการสแกนแบบสอดแทรก ในระบบ CCIR

จากรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 ได้แสดงวิธีของการสแกนแบบสอดแทรกของระบบโทรทัศน์ทั้ง 2 ระบบใหญ่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มต้นการสแกนสมมุติว่าการการสแกนในกรณีนี้เริ่มจากการสแกนจากเฟรมที่เป็นเส้นสแกนคี่ โดยเริ่มต้นจาก A ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายแล้วกวาดไปทางขวา นับเป็นเส้นสแกนเส้นที่ 1 แล้วจึงสแกนเส้นที่ 3,5,7,9 และต่อๆ ไป จนกระทั่งได้เส้นสแกน 262.5 เส้น ในระบบเอฟซีซี หรือ 312.5 เส้นในระบบซีซีไออาร์ ซึ่งก็คือสแกนมาถึงจุด B ดังทั้ง 2 ภาพก่อนหน้านี้ ณ. จุดนี้การสแกนจะถูกความถี่หักเหทางแนวตั้งซึ่งเราเรียกว่า เวอร์ติคอล รีเทรซ (Vertical Retrace) หรือสัญญาณฟายแบ็ค (Flyback) ดึงกลับไปยังตำแหน่งจุด C เพื่อเริ่มการสแกนแนวคู่ต่อไป

เวลาของการีเทรซ (Retrace Time) ทั้งการรีเทรซทางเวอร์ติคอลและฮอริซอลตอลเป็นเวลาสั้นๆ ถึงอย่างก็ตามเราไม่ต้องการให้เส้นสแกนที่เป็นช่วงของการสะบัดกลับนี้เข้ามารบกวนทำให้เกิดสัญญาณภาพ ในส่วนนี้จึงต้องทำการลบเส้นสะบัดกลับ ก่อนที่จะถึงจุดี่ว่านั้น เรามาดูรายละเอียดของการสะบัดกลับอีกนิดว่าในส่วนของการกวาดลำแสงหรือการสแกนในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Horizontal) เวลาการรีเทรซจะประมาณ 10-16 เปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมด ในระบบเอฟซีซี เราใช้เวลาในการสแกเท่ากับ 63.5 ไมโครเซ็ค ดังนั้นเวลาของการรีเทรซจึงเท่ากับ 6.35 ไมโครเซ็ค ส่วนในระบบซีซีไออาร์ เราใช้เวลาในการสแกนเท่ากับ 64 ไมโครเซ็ค ดังนั้นเวลาของการรีเทรซจึงเท่ากับ 6.4 ไมโครเซ็ค ในส่วนของความถี่ที่หักเหในแนวตั้ง (Vertical) เราใช้เวลารีเทรซ ไม่เกิน 5-8 เปอร์เซ็นต์ อย่างเช่นเราใช้เวลาในส่วนนี้เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ ของเวลา 1/50 หรือ 1/60 ของวินาที ดังนั้นเวลาของการรีเทรซจึงเท่ากับ 600 ไมโครเซ็ค และ 500 ไมโครเซ็ค ตามลำดับ นั่นหมายความว่าในช่วงของการรีเทรซทางแนวตั้งกินเวลานานกว่าการสแกนทางแนวนอนประมาณ 8-10 เส้นภาพ

จากหลักการดังกล่าวเราสามารถสรุปกฎเกณฑ์บางอย่างได้ว่า ตามความเป็นจริงแล้วในเส้นภาพ 525 เส้นหรือ 625 เส้นนั้น เรามิอาจเห็นได้ครบทุกเส้น อย่างน้อยๆ ในกรณีที่เกิดเวอร์ติคอลรีเทรซจะกินเวลาของการสแกนทางแนวนอน (Line) ไปด้วย แต่จะกินไปกี่เส้นนั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณบังคับการฟลายแบ็ค ซึ่งในเครื่องรับโทรทัศน์นั้นเราเรียกว่า สัญญาณแบลงกิ้ง

ตัวอย่าง ในระบบโทรทัศน์ เรากำหนดการสแกนภาพด้วยระบบ 625 เส้นภาพ และกำหนดว่าการสแกนนั้นให้มีเวอร์ติคอล รีเทรซ เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาทั้งหมดของการสแกนทางแนวตั้ง ดังนั้นจงหาเส้นภาพที่หายไปจากจอภาพในระบบสแกนแบบนี้

เวลาการสแกนทางแนวตั้ง	1/50	วินาที
ค่า 3 เปอร์เซ็นต์ของการรีเทรซ	3/(50x100)	วินาที
เวลาของการรีเทรซ	600	ไมโครเซ็ค
เวลาของการสแกนภาพ	1/15,625	วินาที
ดังนั้นการีเทรซจะกินเส้นภาพไป	600/64	
คือประมาณ	10	เส้น

ตัวอย่าง ในระบบโทรทัศน์ซีซีไออาร์ หากว่าค่าการรีเทรซทางเวอร์ติคอลใช้เวลามากที่สุดตามที่มาตราฐานในปัจจุบันกำหนดไว้ คือเวลาประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาทั้งหมดของการสแกนทางแนวเวอร์ติคอล จงหาจำนวนเส้นภาพที่ปรากฏบนหน้าจอจริงบนหน้าจอว่ามีกี่ภาพ

เวลาการสแกนทางแนวตั้ง	1/50	วินาที
ค่า 5 เปอร์เซ็นต์	5/(50x100)	วินาที
เวลาของการรีเทรซ	600	ไมโครเซ็ค
เวลาของการสแกนภาพ	1/15,625	วินาที
ดังนั้นการีเทรซจะกินเส้นภาพไป	1000/64	
คือประมาณ	16	เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเส้นภาพที่ปรากฏเท่ากับ	625-16	เส้น
คือประมาณ	609	เส้น

จากหลักการดังกล่าวนี้เอง ที่ไขประตูไปสู่โทรทัศน์ระบบดิจิตอลทำไมเวลาที่เขานำเอาสัญญาณภาพเข้าสู่หน่วยความจำของระบบดิจิตอล เขาจึงเอาเส้นภาพไปเก็บเพียงครั้งละ 308 เส้นภาพเท่านั้น (แทนที่จะเอาทั้ง 312.5 เส้นภาพ) เพราะจากมาตรฐานโทรทัศน์ปัจจุบันที่กำหนดมาตรฐานสัญญาณในการรีเทรซทางแนวตั้งเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ เราจึงได้เส้นภาพประมาณ 625-10 เมื่อแบ่งเฟรมแล้วจะได้ค่าเส้นภาพประมาณ 308 เส้นภาพ

2.3 สัญญาณภาพรวม

หากจะถามว่าเครื่องส่งสัญญาณอะไรมาให้เครื่องรับรับบ้าง หากตอบกันง่ายๆก็ต้องตอบว่าส่งสัญญาณภาพรวม (Composite Video Signal) ซึ่งการที่เราจะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์บรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นต้องให้สถานีโทรทัศน์ส่งสัญญาณภาพต่างๆดังนี้

1 สัญญาณเสียง
2 สัญญาณภาพ
3 สัญญาณแบลงกิ้ง
4 สัญญาณซิงโครไนซ์
5 สัญญาณอีควอไลซิ่ง

ในส่วนของระบบสัญญาณเราจะใช้คลื่นพาห์ (Carrier) เฉพาะ เพราะทราบกันเบื้องต้นแล้วว่า ระบบเสียงในโทรทัศน์เป็นระบบ เอฟเอ็ม ส่วนสัญญาณภาพและอื่นๆที่เหลือนั้นเราส่งเป็นสัญญาณภาพรวมหรือ คอมโพสิท วีดิโอ ซิกแนล (Composite Video Signal) แล้วใช้คลื่นพาห์ภาพส่งออกไป การที่เราต้องส่งสัญญาณทั้ง 5 ตัว ออกอากาศแพร่คลื่นออกอากาศแพร่คลื่นออกไปเพื่อวัตถุประสงค์ดังนี้

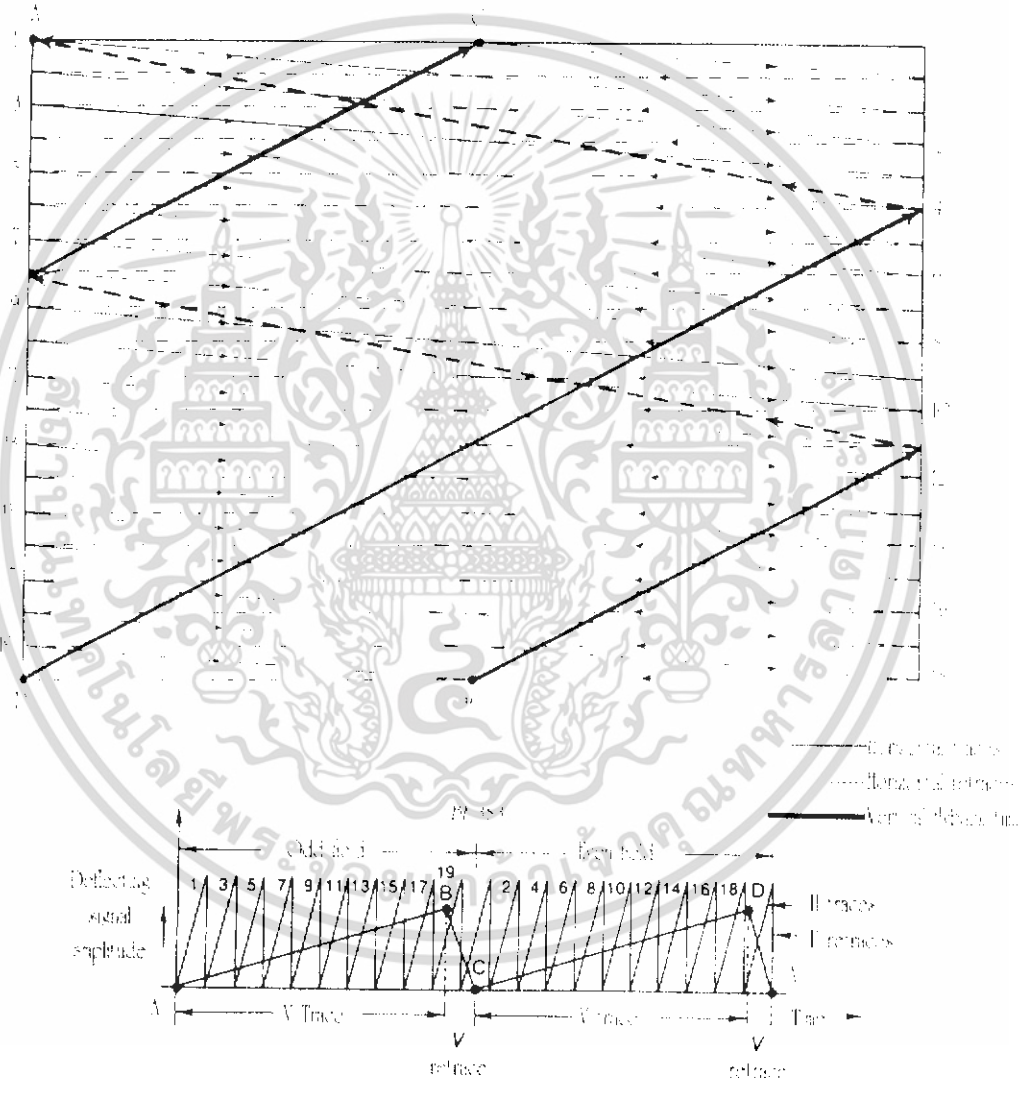
1) สัญญาณภาพและสัญญาณเสียง เป็นสัญญาที่ส่งไปเพื่อให้เกิดภาพและเสียงขึ้นในเครื่องรับโทรทัศน์

2) สัญญาณแบลงกิ้ง เป็นสัญญาณที่ส่งมาเพื่อให้ลบเส้นสะบัดกลับทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สัญญาณซิงโครไนซ์ เป็นสัญญาณที่ส่งมาเพื่อช่วยให้วงจรหักเหทางแนวตั้งและแนวนอน เพื่อให้เครื่องรับโทรทัศน์ทำงานสอดคล้องกัน

4) สัญญาณอีควอไลซิ่ง เป็นสัญญาณที่ช่วยให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทั้งแนวตั้งและแนวนอนยังคงรูปอยู่ได้ แม้ว่าจะเป็นการสแกนแบบสลับเส้นก็ตาม

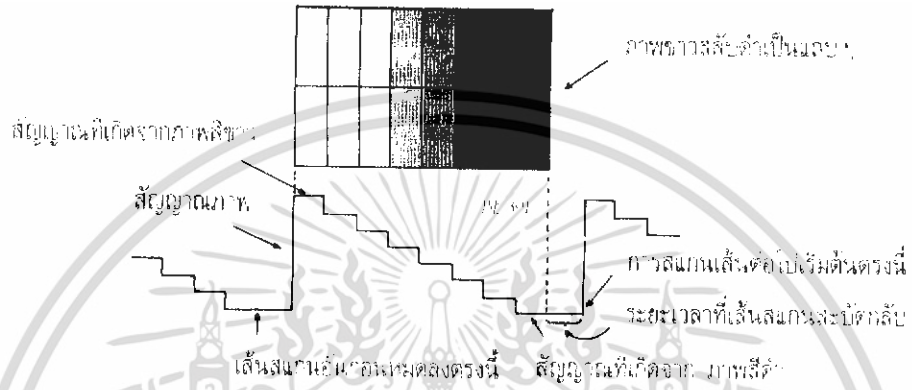


รูปที่ 2.6 หลักการเบื้องต้นการสแกน

2.3.1 สัญญาณภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติว่าเราจะดูระดับสัญญาณขาว-ดำ กรณีที่เรากล่าวถึงสัญญาณขาว-ดำ หรือสัญญาณโมโนโครมได้ดีที่สุดต้องกล่าวว่าภาพที่เป็นสีขาวคือภาพที่มีความสว่างมากที่สุด และภาพที่เป็นสีดำคือ ภาพที่ไม่มีความสว่างเลยภาพจำลองที่ดีที่สุดของกรณีนี้ก็คือ แถบภาพที่มีความแตกต่างของระดับขาวดำทีละน้อย ซึ่งเรียกว่าระดับเกรย์สเกลนั่นเอง



รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณขาว-ดำ โดยเกรย์ สเกล

จากรูปที่ 2.7 จะแสดงให้เห็นระดับของเกรย์สเกล ในกรณีที่ระดับสัญญาณภาพเป็นสัญญาณสีขาวเข้ามา นั่นหมายความว่าระดับความแรงของสัญญาณภาพมากที่สุดจึงให้ความสว่างที่หน้าจอสว่างมากที่สุด และเมื่อระดับสัญญาณสีขาวลดลงเป็นสีมัว เทา และ ดำ ระดับสัญญาณจะลดลงมาเรื่อยๆ นั่นหมายความว่าเมื่อสัญญาณมีวามแรงน้อยลงความสว่างก็จะน้อยลงมาตามไปด้วย

อันที่จริงแล้วภาพแต่ละภาพเป็นสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าที่มีความสูงต่ำไม่เท่ากัน โดยความถี่สูงสุดไม่เกิน 4 เมกะเฮิรตซ์ในระบบซีซีไออาร์ ภาพที่เกิดจากความถี่สูงย่อมมีความละเอียดกว่าความถี่ต่ำ (มีจำนวนจุดดำมากกว่า)

2.3.2 สัญญาณแบลงกิ้ง

เมื่อมีการสแกนลำอิเล็กตรอนที่ทำหน้าที่จอจะเกิดเส้นสะบัดกลับ ซึ่งเป็นเส้นภาพที่เราต้องการ เครื่องส่งจึงต้องส่งสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) เพื่อบังคับให้เครื่องรับสามารถลบเส้นสะบัดกลับได้ สัญญาณแบลงกิ้งส่วนหนึ่งเครื่องรับจะต้องสร้างขึ้นเหมือนการสร้างสัญญาณซิงโครไนซ์ สัญญาณแบลงกิ้งมีอยู่ 2 อย่างคือ เวอร์ติคอลแบลงกิ้ง กับฮอริซอนตอลแบลงกิ้ง

2.3.3 สัญญาณซิงโครไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณเพื่อให้การสแกนเป็นไปอย่างถูกต้อง ทั้งการสแกนแนวตั้งและแนวนอน โดยสัญญาณซิงโครไนซ์หรือสัญญาณซิงค์มีอยู่ 2 สัญญาณ คือ

1) ฮอริซอนตอล ซิงโครไนซ์ (Horizontal Synchronize) เป็นสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวนอน ซึ่งมีความถี่ 15,625 เฮิรตซ์ (ในระบบ CCIR) หรือ 15,750 เฮิรตซ์ (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีสัญญาณส่วนนี้ส่งมาจะทำให้ภาพเกิดการล้มได้

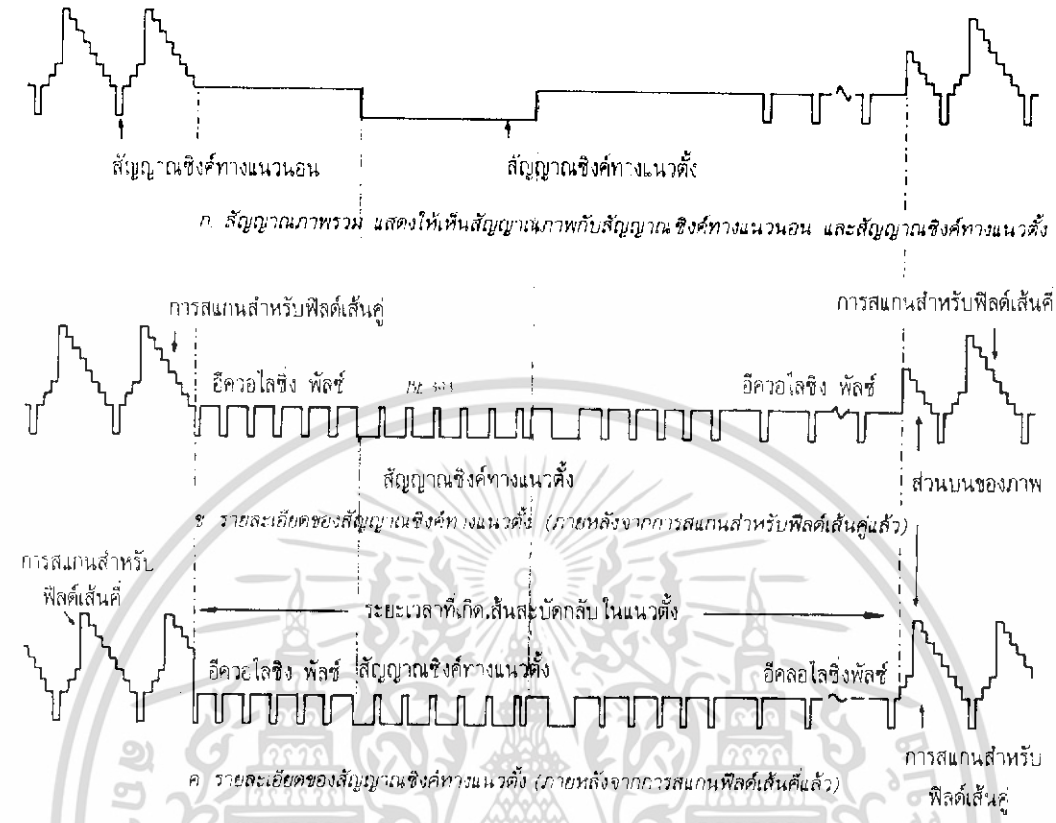
2) เวอร์ติคอล ซิงโครไนซ์ (Vertical Synchronize) เป็นสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิรตซ์ (ในระบบ CCIR) หรือ 60 เฮิรตซ์ (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีการส่งสัญญาณส่วนนี้มาจะทำภาพเลื่อน

เนื่องจากสัญญาณซิงโครไนซ์กับสัญญาณแบลงกิ้งไม่ว่าจะเป็นแนวตั้งหรือแนวนอน จะมีความถี่เท่ากัน เวลาส่งจึงต้องมีการกำหนดตำแหน่งของการส่งให้ถูกต้อง มิฉะนั้นแล้วจะเกิดการกวนกันได้ ในทางปฏิบัติจึงให้สัญญาณซิงค์พัลซ์มีขนาดกว้างน้อยกว่าแบลงกิ้งพัลซ์ แล้วใช้วิธีการส่งแบบผสม กล่าวคือส่งซิงค์พัลซ์ กับการส่งแบลงกิ้งพัลซ์ไปด้วยกัน ให้แบลงกิ้งเป็นฐานของสัญญาณซิงค์พัลซ์ เมื่อมีการจัดระดับของสัญญาณส่วนนี้เทียบกับเกรย์สเกลระดับของแบลงกิ้ง จะอยู่ที่ระดับต่ำกว่าดำ ส่วนซิงค์จะเป็นระดับต่ำกว่าระดับดำมากกว่าลงไปอีก สัญญาณเหล่านี้จึงไม่มีการส่งผลต่อการมองเห็น (หรือไม่กวนสัญญาณภาพ)

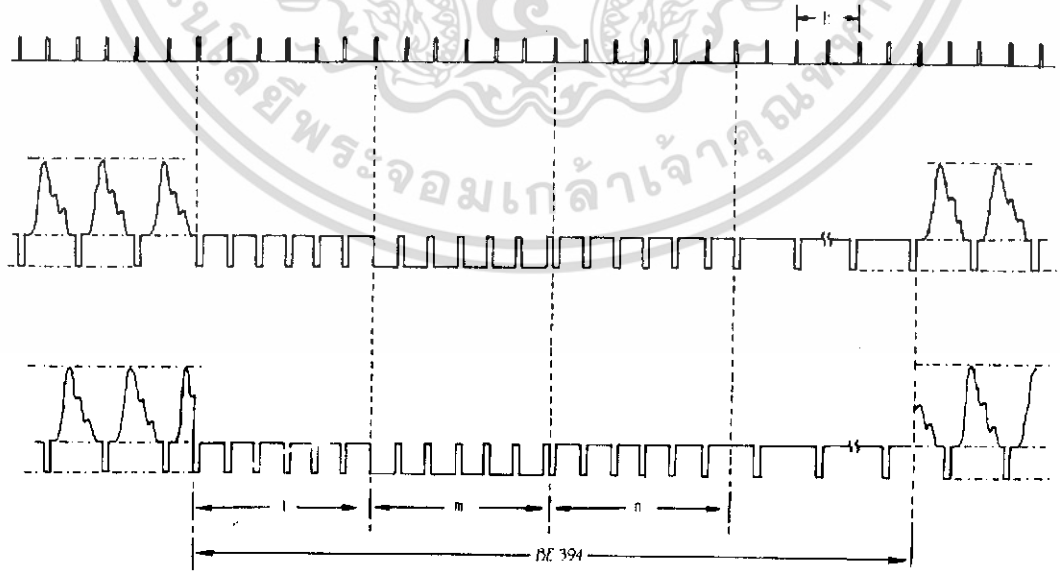
2.3.4 สัญญาณอีควอไลซิ่ง

เป็นสัญญาณบังคับรูปร่างของ สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง เพื่อให้สามารถคงรูปถูกต้อง แล้วยังช่วยให้การสแกนแบบสลับเส้นเป็นไปได้ถูกต้องด้วย สามารถขึ้นเส้นคู่และเส้นคี่ในตำแหน่งที่ถูกต้องได้ ทั้งยังส่งผลทางอ้อมให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวนอนไม่ขาดช่วงหายไปในระหว่างการส่งสัญญาณทางแนวตั้งด้วย สัญญาณตัวนี้จะมีขนาดของพัลส์รวมเท่ากับเวอร์ติคอลซิงโครไนซ์ พัลส์ สัญญาณส่วนนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 6 ลูกเล็กๆ ในระบบ 525 เส้น และถูกแบ่งเป็น 5 ลูกในระบบ 625 เส้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

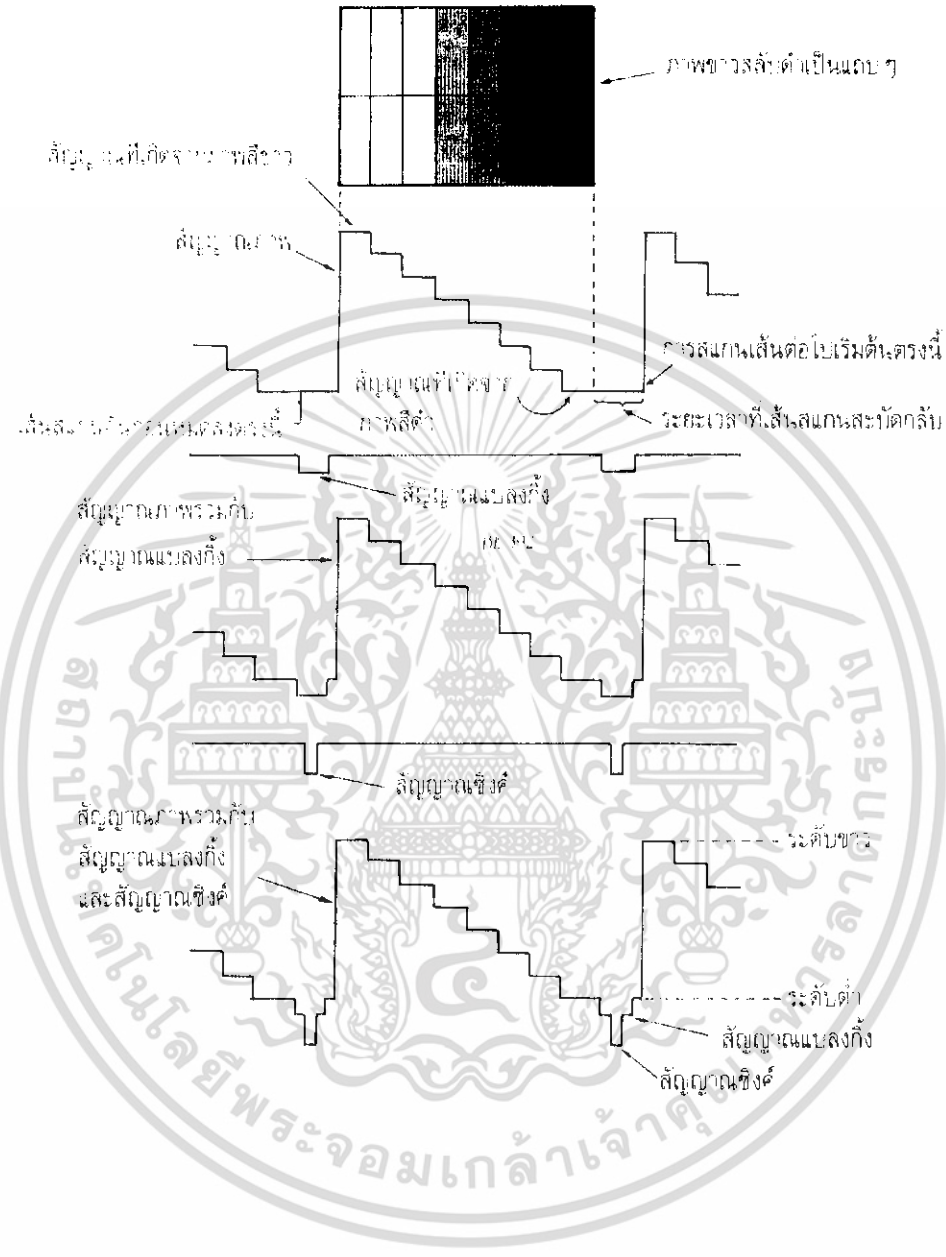


รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณภาพรวมที่มีรายละเอียดทุกอย่าง



รูปที่ 2.9 แสดงระดับพัลซ์ในฟิลด์ของการซิงโครไนซ์ของระบบโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของสัญญาณภาพรวมเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

สัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มี 2 ชนิดคือ สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาล็อกจะใช้ในอุปกรณ์ทั่วๆไปและใช้ในการควบคุมแบบเก่า

ในปัจจุบันมีไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ มากมายซึ่งทำให้การควบคุมนั้นทำได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น แต่ในการควบคุมนั้นเราจำเป็นต้องใช้ สัญญาณดิจิตอลในการติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ในความเป็นจริงนั้น เราใช้สัญญาณอนาล็อกในการควบคุม ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงนำสัญญาณนั้นเข้ามาสู่ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ควบคุมระบบต่อไป

แม้ว่าสัญญาณอนาล็อกนั้นมีความแน่นอนและแม่นยำสูงแต่สัญญาณอนาล็อกนั้นก็ควบคุมได้ยาก เนื่องจากในสภาพแวดล้อม มีสัญญาณรบกวนอยู่มาก และการที่จะทำให้การควบคุมแบบอนาล็อกมีความสามารถควบคุมเท่ากับการควบคุมแบบดิจิตอลนั้น ทำได้ยากเนื่องจากวงจรควบคุมแบบอนาล็อกจะต้องมีความซับซ้อนสูง

อย่างไรก็ตามสัญญาณดิจิตอลก็ไม่สามารถทดแทนความละเอียดของสัญญาณอนาล็อกได้อย่างสมบูรณ์แต่ทำให้การควบคุมนั้นทำให้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

3.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง(Sampling Theory)

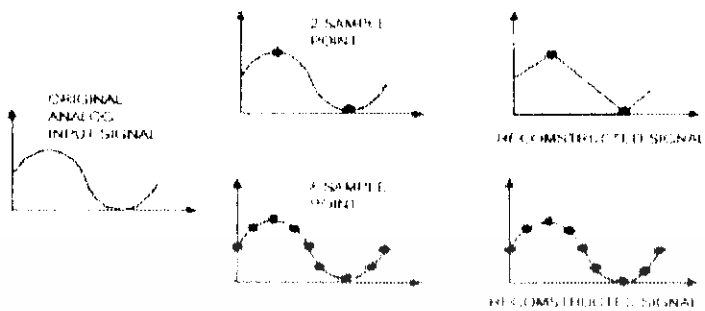
เนื่องจาก ADC ต้องการค่าเวลาขณะหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ช่วงเวลาหนึ่งจะใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ เช่น ADC สามารถเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสมบูรณ์ได้ภายใน 1 มิลลิเซคคั่น ดังนั้น มันจึงสามารถเปลี่ยนสัญญาณได้ 1000 ครั้ง ใน 1 วินาที อัตราการเปลี่ยนสัญญาณสูงสุดมีค่าเท่ากับส่วนกลับของค่าเวลาการเปลี่ยน

ตัวคอนเวอร์เตอร์จะสุ่มตัวอย่างของสัญญาณด้วยอัตราต่ำสุดเป็น 2 เท่า ของความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุทที่เข้ามา อัตราการสุ่มนี้เรียกว่า Nyquist rate

พิจารณาสัญญาณอนาล็อกที่เป็นคลื่นสัญญาณรูปซายน์ 10 เฮิรตซ์ จ่ายให้กับตัว ADC ตามรูปที่ 3.1

72293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การสุ่มหลาย ๆ ช่วงจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสัญญาณเดิม

อัตราต่ำสุดของการสุ่มตัวอย่างเป็น 20 เฮิรตซ์ ซึ่งจะให้ข้อมูลดิจิตอลขนาด 2 บิต ออกมาในแต่ละไซเกิล เมื่อข้อมูลดิจิตอลถูกนำมาสร้างเป็นสัญญาณอนาลอกขึ้นมาใหม่ โดย ADC สัญญาณอนาลอกตัวใหม่มีสัญญาณคล้ายคลึงกับสัญญาณเดิม ถ้าความถี่ 10 เฮิรตซ์เป็นความถี่สูงสุดที่เข้ามายังตัว ADC ค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณสูงสุดเป็น 1/20 เฮิรตซ์หรือ 50 มิลลิเซคคั่นเป็นต้น

การที่เราจะปรับปรุงประสิทธิภาพของ ADC ในแง่ความเหมือนจริงของการแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล เราจะต้องเพิ่มอัตราการสุ่มขึ้น ในขณะที่คาบเวลาเท่าเดิมอัตราการสุ่ม 8 จุดต่อไซเคิล ต้องการอัตราการสุ่มของส่วนประกอบความถี่สูงสุดอินพุท 8 ครั้ง เช่น สัญญาณความถี่อินพุท 10 เฮิรตซ์ จะต้องสุ่มตัวอย่างที่ 80 เฮิรตซ์ ดังนั้น ตัวคอนเวอร์เตอร์ควรจะมีค่าเวลาการเปลี่ยนแปลงเป็น 1/80 เฮิรตซ์ หรือ 12.5 มิลลิเซคคั่น ถ้าตัว ADC ไม่สามารถสุ่มตัวอย่างได้เร็วพอต่อสัญญาณอินพุทที่เปลี่ยนแปลงไปข้อมูลที่บรรจุในสัญญาณอนาล็อกทางอินพุทจะสูญหายไป ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อินพุท ค่าเวลาในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณและอัตราการสุ่มเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ และได้มีการพัฒนาในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีด้วยกัน 6 วิธี

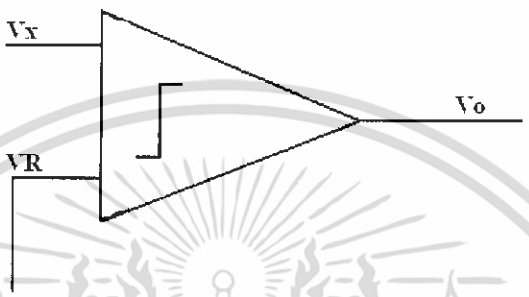
3.2 วิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

3.2.1 Basic conversion method

วิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบง่าย ๆ แสดงดังรูปที่ 3.2 แรงดันอินพุทที่ไม่ทราบค่า Vx จะต่อเข้ากับขาอินพุทขาหนึ่งของอนาล็อกคอมพาราเตอร์และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา VR ต่อเข้ากับขาอินพุทอีกขาหนึ่งของคอมพาราเตอร์ ลักษณะของทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาราเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.2 ถ้าแรงดันอินพุท V1 มากกว่าอินพุท V2 แล้วแรงดันเอาท์พุทน้อยกว่า V2 แล้วเอาท์พุทจะเป็นศูนย์ วิธีการแปลงข้อมูลคือ แรงดันอ้างอิงจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรค่าจนกระทั่งรู้ว่าค่าแรงดันอินพุทที่ผิดพลาดไม่เกิน Quantization error ของคอนเวอร์เตอร์ใน แนวความคิดแล้วตรรกะของ ADC สัมประสิทธิ์ไบนารี a1 เพื่อให้ผลต่างระหว่างแรงดันอินพุท Vx และค่าคงที่ Quantize ได้ครั้งสุดท้ายน้อยกว่า 0.5 LSB



รูปที่ 3.2 แสดงวิธีการพื้นฐานของ ADC

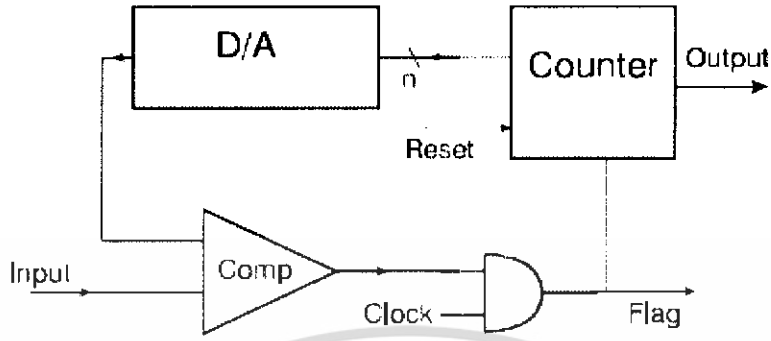
3.2.2 Counting Converter

Counting Converter เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้อัลกอริทึม การนับค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วนำผลที่ได้จากการนับไปเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการที่ตั้งไว้ ลักษณะการทำงานเป็นดังรูปที่ 3.4

จากวงจร Counter เป็นอุปกรณ์นับค่าที่เพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง แล้วส่งค่าที่ได้ให้ D/A มีขา Reset รับสัญญาณ Reset เมื่อต้องการให้เริ่มนับใหม่ D/A เมื่อรับค่าที่นับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งจากตัวนับ ก็แปลงค่าให้เป็นสัญญาณ อนาล็อกที่มีค่าความต่างศักย์ค่าๆ หนึ่ง แล้วส่งต่อเข้าไปที่อุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบ(Comparator)

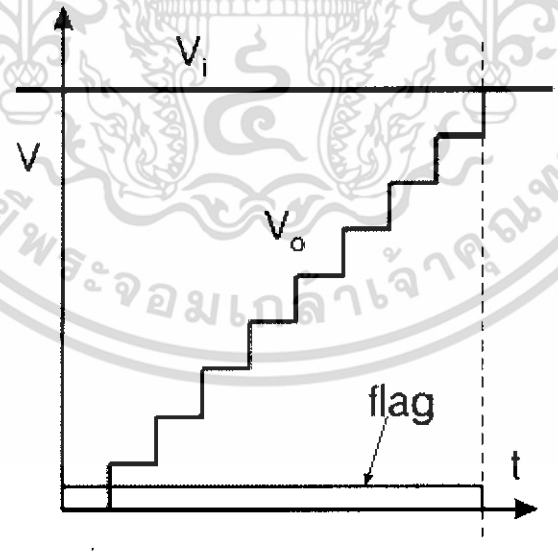
Comparator จะเป็นอุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ ของอินพุต และค่าจากที่ตัวนับ ถ้าหากทั้งสองสัญญาณมีค่าเท่ากันส่งค่าความต่างศักย์ 0 โวลต์ออกมา(ลอจิก 0) ถ้าไม่เท่ากันก็จะส่งความต่างศักย์ที่ไม่ใช่ 0 โวลต์ออกมา(ลอจิก 1) ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่ออกมา จะนำมาเข้าลอจิกเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Counting Converter

"AND" กับ สัญญาณนาฬิกา จะได้ค่าลอจิกออกมา ถ้าผลลัพธ์ออกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาแสดงว่ายังไม่ได้ผลลัพธ์เท่าที่ต้องการ สัญญาณนาฬิกาก็จะไปทำให้ตัวนับนับเพิ่มขึ้นต่อไป และเมื่อได้ค่าผลลัพธ์ดิจิตอลที่ต้องการแล้ว ค่าที่ได้จาก ตัวเปรียบเทียบจะให้ค่าความต่างศักย์เป็น 0 (ลอจิก 0) ซึ่งเมื่อนำมาเข้าลอจิกเกต "และ" กับสัญญาณนาฬิกาแล้ว ก็จะให้ลอจิก 0 ซึ่งทำให้ตัวนับไม่นับเพิ่มอีก ก็จะได้ค่าดิจิตอลจากตัวนับที่ต้องการ จากคำอธิบายข้างต้นจะได้กราฟดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เอาท์พุทของวงจร Counting Converter

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ การนับต้องเริ่มนับที่ 0 เสมอ และนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ช้า เอาท์พุตที่ได้จะมี delay จึงไม่ค่อยนิยมใช้เท่าที่ควร จึงได้เปลี่ยนตัวนับเป็นแบบนับลงได้ด้วย ซึ่งจะอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับจากระดับเก่า ทำให้ไม่จำเป็นต้องนับ 0 ใหม่ เมื่อมีการเปลี่ยนอินพุตใหม่ แต่ให้อ้างอิงกับผลลัพธ์เดิม ทำให้ได้ผลลัพธ์เร็วขึ้น

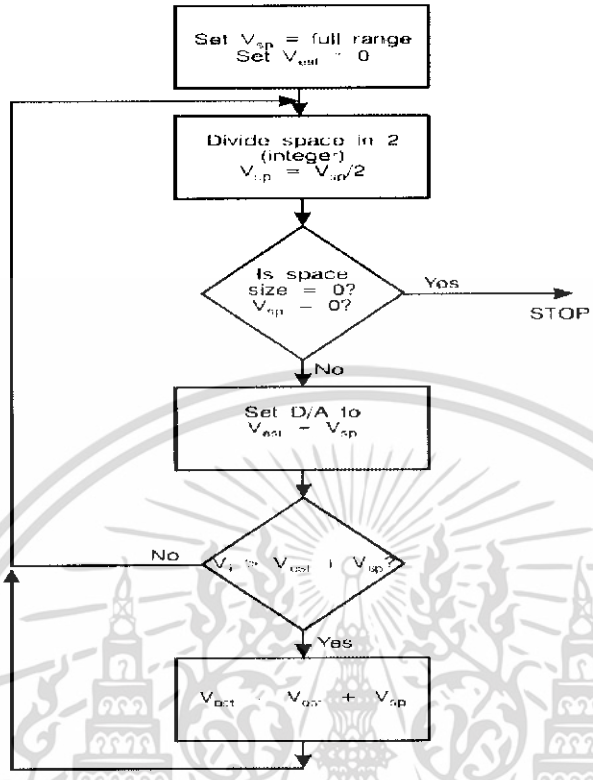
3.2.3 Tracking ADC

Tracking ADC จะปรับปรุงจากแบบ Counting Converter ทางด้านความเร็ว โดยใช้เคาน์เตอร์แบบนับขึ้นลงได้โดยไม่จำเป็นต้องเริ่มนับจากศูนย์ทุกครั้ง แต่จะเริ่มนับจากค่าที่ได้แลตซ์ไว้จากการเปลี่ยนแปลงครั้งล่าสุด ดังนั้น ส่วนควบคุมทางลอจิกจึงซับซ้อนมากกว่าโดยการทำงานจะ เป็นดังนี้ O/P จาก ADC จะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อก I/P ไม่เกิน 1 LSB และค่าเคาน์เตอร์จะถูกแลตซ์ไว้จากนั้นเคาน์เตอร์จะถูกทำงานแบบติดตาม (Track) สัญญาณ I/P จะได้เท่ากันอีกก็จะแลตซ์ค่าใหม่ไว้

3.2.4 Successive Approximation

ใช้หลักการของ "binary scarch" ในการหาคำตอบ โดยนำค่าผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วง เพื่อให้ทราบว่า ค่านั้นๆ มากกว่า หรือน้อยกว่า โดยจะปรับช่วงให้แคบลงมาเรื่อยๆ แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่ากึ่งกลางของช่วงไปเรื่อยๆ จนได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น เลขที่เป็นคำตอบคือ 3 จากช่วงของคำตอบที่ 0-7 ครั้งแรกเอาค่า (0+7)/2 = 4 มาเปรียบเทียบ ได้ผลว่า คำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 2 ก็เลือกค่า (0-4)/2 = 2 มาเปรียบเทียบ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 3 ก็เลือกค่า (2-4)/2 = 3 มาเปรียบเทียบ ได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการ จากหลักการที่กล่าวมาอาจเขียน flow chart ได้ดังรูปที่ 3.5

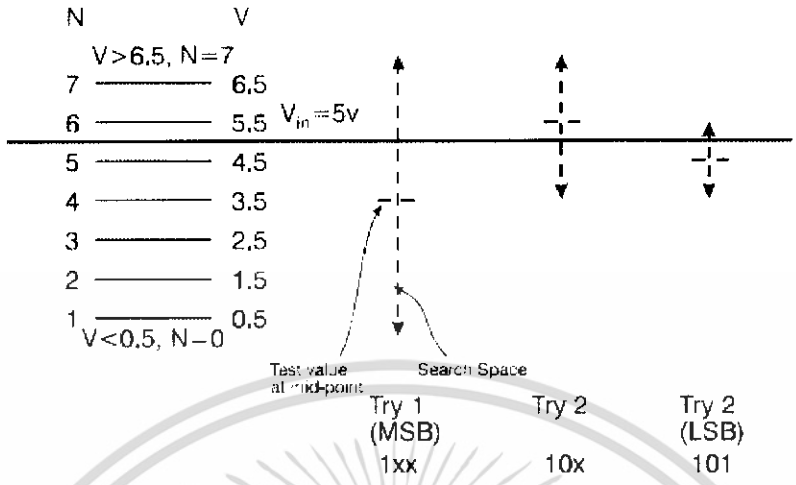
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 flow chart Successive Approximation

ข้อดีของวิธีนี้ คือ เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ n รอบ แน่นอน (สำหรับ n bit converter ซึ่งอ้างอิงได้ 2^n ระดับ และระดับ Vin ที่คงที่) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าแบบ "Counting Algorithm" แต่มีข้อเสีย คือถ้า V_{in} เปลี่ยนทันทีทันใด ขณะที่กำลังทำ binary search อยู่นั้น คำตอบที่ได้จะผิดพลาด ตัวอย่างเช่น เปลี่ยน V_{in} จาก 5 Volt เป็น 2 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Binary Search Strategy

ช่วงของ Vin คือ 1-7 ใช้ n=3 (เพราะว่า 2^3=8) ครั้งแรก ใช้ 4 เปรียบเทียบกับ Vin (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง lower ได้ 1xx ครั้งที่ 2 ใช้ 2 เปรียบเทียบกับ Vin (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง upper ได้ 10x ครั้งที่ 3 ใช้ 3 เปรียบเทียบกับ Vin (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จะผิดพลาด ได้ 100

3.2.5 Integrating ADC

หัวใจสำคัญของวงจร ADC ชนิดนี้คือ Integrator เทคนิคของการ ADC แบบ Integration คือจะใช้สัญญาณ ramp ต่อเนื่องแทนสัญญาณขั้นบันไดจาก DAC ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้สองแบบ คือ Single Slope Converter และ Dual Slope Converter

3.2.6 Flash Converter

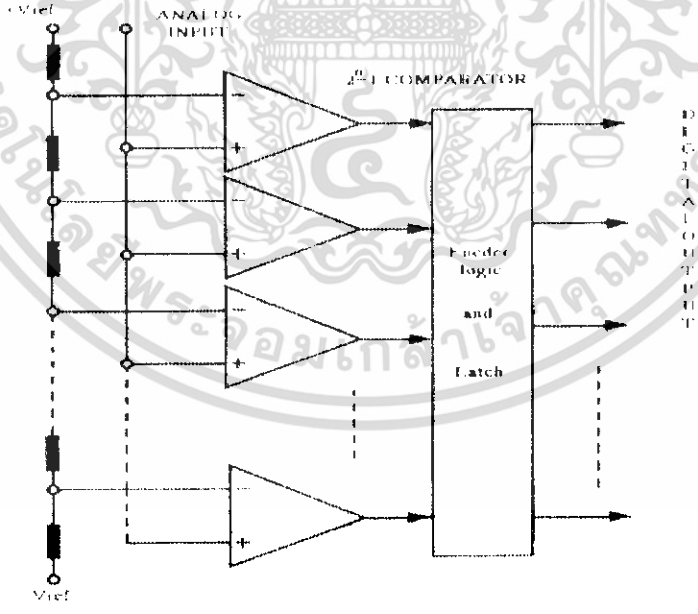
แฟลชคอนเวอร์เตอร์เป็น ADC ที่เร็วที่สุดในบรรดา ADC ที่ใช้เทคนิคแบบอื่ลักษณะของวงจรแฟลชคอนเวอร์เตอร์จะใช้ชุดของตัวเปรียบเทียบที่ต่อขนานกันเพื่อจะทำการแปลงสัญญาณอนาลอกทางอินพุทให้เป็นรหัสทางดิจิตอล ดังนั้นแฟลชคอนเวอร์เตอร์จึงเป็นคอนเวอร์เตอร์แบบขนาน

พิจารณาในรูปที่ 3.7 ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกันจะอยู่ในรูปที่ 3.7 วงจรแบ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวแรงดันอินพุทสูงสุดจะขึ้นอยู่กับค่าของ สัญญาณเอาท์พุทจากตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะเป็น 1 หรือ 0 ซึ่งเป็นระดับสัญญาณลอจิกของวงจรดิจิตอล เมื่อไม่มีแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทเข้าเอาท์พุทของตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว จะมีลอจิก 0 ต่อมาแรงดันอินพุทเพิ่มขึ้น เอาท์พุทของตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะมีลอจิก 1 ไล่ตามลำดับขึ้นไป เมื่อแรงดันอินพุทมีมากกว่าแรงดันอ้างอิงแต่ละค่าที่ถูกเซตไว้โดยวงจรแบ่งแรงดัน เน็ทเวอร์คของดิจิตอลเกทถูกใช้ในการเรียงลำดับของสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบให้อยู่ในรูปรหัสของเลขฐานสองซึ่งเป็นการสร้างรหัสที่เอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์

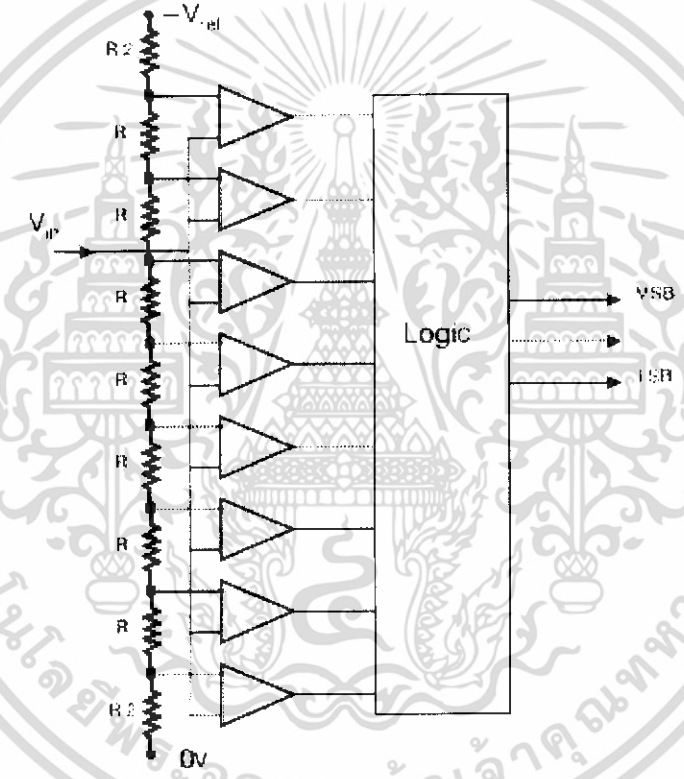
จากตัวอย่างในรูปที่ 3.7 เป็น ADC ขนาด 2 บิต ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริงๆ ได้เนื่องจากความละเอียดต่ำเกินไป จะพบว่าวงจรจะใช้วงจรเปรียบเทียบ 2-1 ตัว เป็นการแสดงถึงความละเอียดของคอนเวอร์เตอร์ขนาด 2 บิต ต้องการตัวเปรียบเทียบ 2^2-1 = 3 ตัว เป็นการแสดงถึงความละเอียดของคอนเวอร์เตอร์ขนาด 4 บิต ตัวเปรียบเทียบ 2^4-1=15 ตัว คอนเวอร์เตอร์ขนาด 8 บิต ต้องการตัวเปรียบเทียบถึง 2^8-1=255 ตัว จะเห็นได้ว่าคอนเวอร์เตอร์ยิ่งมากขึ้นเท่าไร ตัวเปรียบเทียบก็ต้องมากขึ้นทวีคูณ จะทำให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อน ในการสร้างวงจรแฟลชคอนเวอร์เตอร์ขึ้นมาใช้ ซึ่งเป็นข้อเสียของ ADC ชนิดนี้และ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือเมื่อใช้ตัวเปรียบเทียบมากขึ้นวงจรก็จะมีขนาดใหญ่ไปแต่วงจรแฟลชคอนเวอร์เตอร์มีข้อดีด้านความเร็ว เพราะสัญญาณอนาล็อกจากอินพุทเข้ามาที่ตัวเปรียบเทียบพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลาการเปลี่ยนนั้นมีค่าเท่ากัน จึงใช้เวลาน้อย



รูปที่ 3.7 แฟลชคอนเวอร์เตอร์ที่มีความเร็วในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของ Flash Converter คือการใช้การแบ่งแรงดันเป็น Voltage หลายๆ ค่า แล้วเปรียบเทียบกับ Vin เป็นคู่ๆ พร้อมกัน แล้วกระทำการทาง logic จากรูปที่ 3.8 มี Voltage เปรียบเทียบ 8 bit ค่าความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มขึ้น ความต่างศักย์ที่ได้นั้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ Vin แล้วมากกว่าก็จะปล่อยลอจิกออกมา ถ้ามากกว่าก็จะให้ลอจิก 1 ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากันก็จะให้ลอจิก 0 วิธี Flash Converter นี้จะเร็วที่สุด แต่ใช้อุปกรณ์ทาง Hardware มากกว่าแบบอื่นๆ



รูปที่ 3.8 A "Flash" Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การจัดหน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลักๆอยู่ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลซึ่งก็มีขนาดและการจัดสรรแตกต่างกันไป ในแต่ละเบอร์ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของการจัดสรรหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช การเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก และข้อมูลเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

4.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ในรูปที่ 4.1 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลชในเบอร์ต่าง ๆ ที่นิยมใช้งานประกอบด้วยเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่าทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ดังในรูปที่ 4.1 (ก)โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

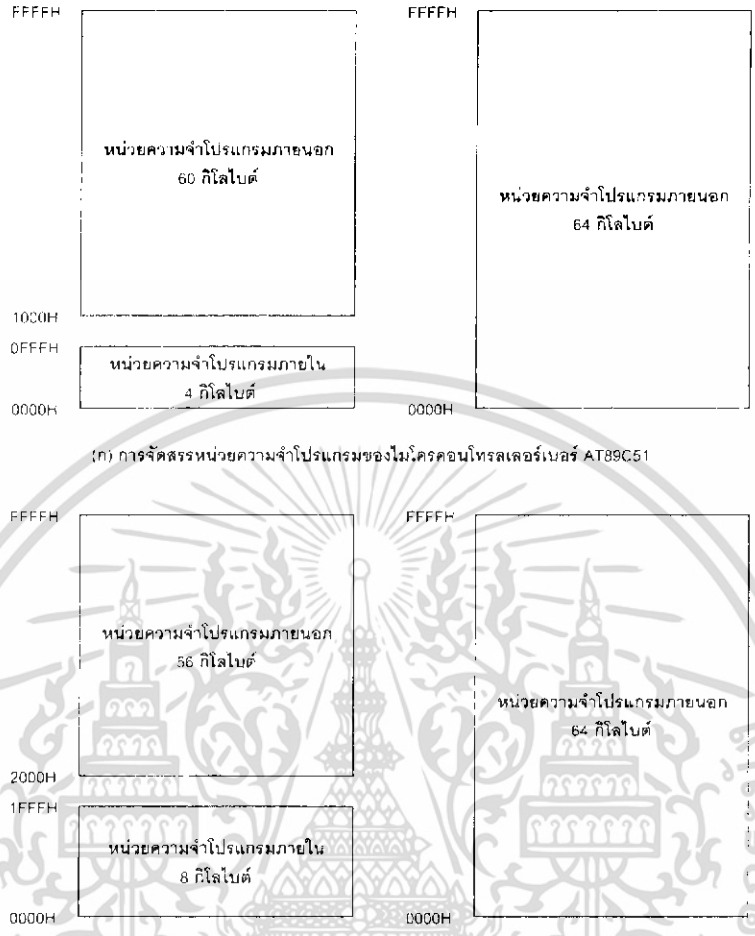
หน่วยความจำโปรแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรอเลอร์หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory)ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภทและ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การจัดสรรหน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่างเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H-0FFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

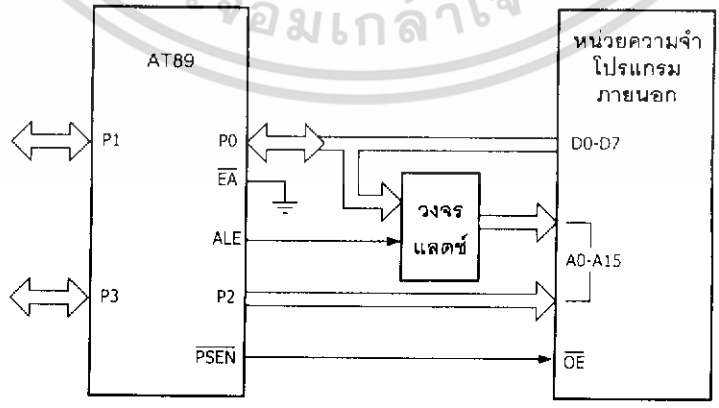
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อหน่วยความจำภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.2 ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรแลตช์ ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PSEN ในการเลือกใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตเพียง 16 บิต คือ ที่ขาพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7

4.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

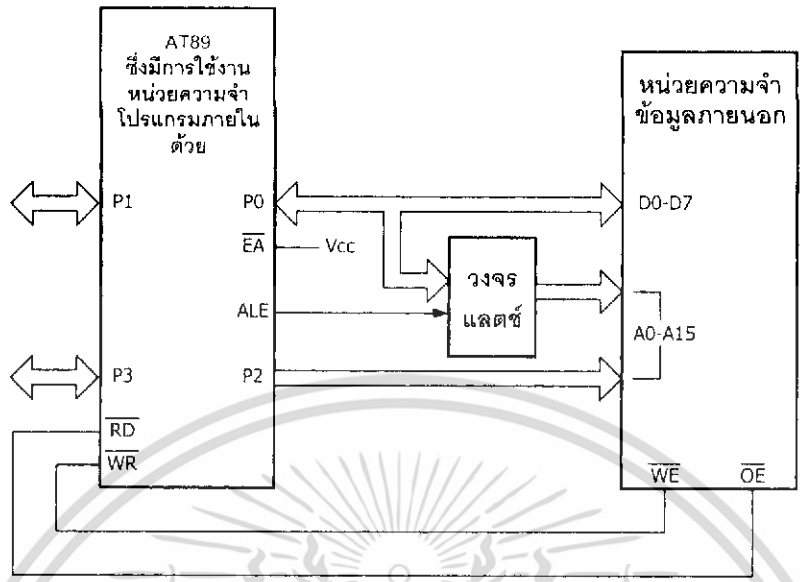
มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS– 51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 แบบแฟลชแสดงดังในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความโปรแกรมภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา RD และ WR

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM: Random Access Memory) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็นสามส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (lower) ส่วนบน (upper) และ รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษมีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกันและในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเสมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยความจำในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H- 7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์เช่นกันมีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์ จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR

ในรูปที่ 4.5 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หน่วยความจำ 32 ไบต์ ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงก์แต่ละแบงก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R0-R7 การติดต่อกับหน่วยความจำในแบงก์ใดที่กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW (Program Status Word register)

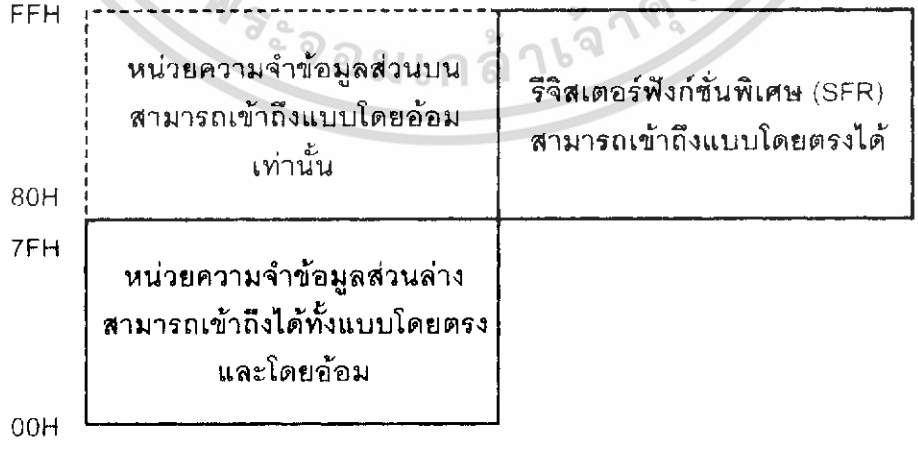
หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ ถัดมาที่แอดเดรส 20H -2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (Bit addressable) และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์ จะต้องส่วนหนึ่งสำรองไว้เป็นพื้นที่ของสแต็ก (สแต็ก คือ ที่พักข้อมูลชั่วคราวในกรณีที่ซีพียูมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย) การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระบบไบต์

ในรูปที่ 4.6 แสดงหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์ไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแต็ก จะต้องใช้การเข้าถึงโดยลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น

4.3 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register : SFR)

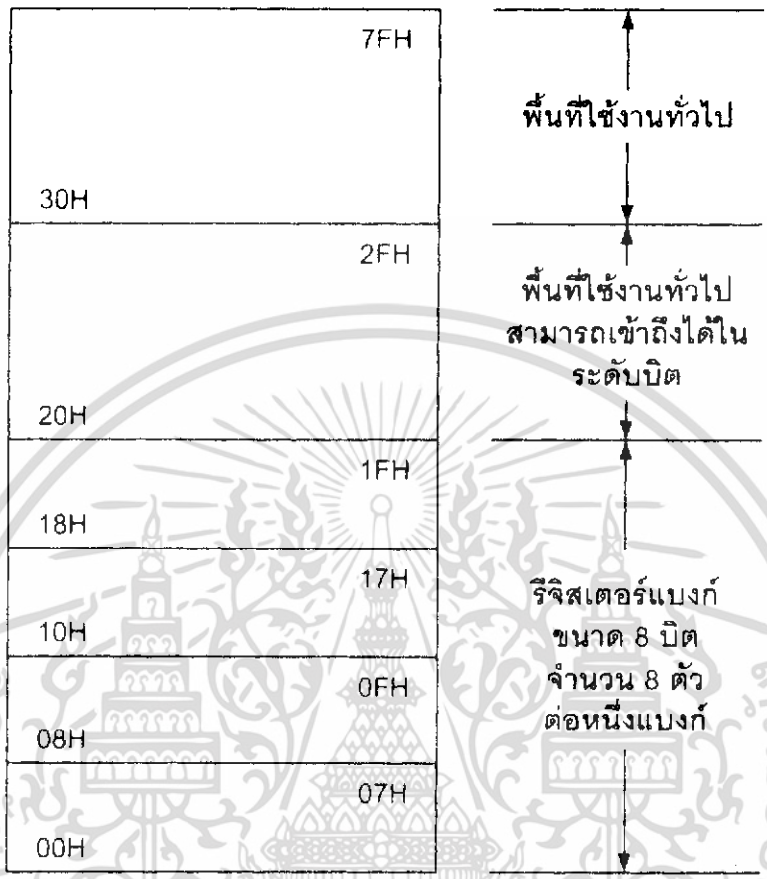
เป็นรีจิสตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วย 22 ตัว เบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H- FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direct addressing) ในรูปที่ 4.7 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้



รูปที่ 4.4 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์พิเศษ (SFR)

4.3.1 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word :PSD)

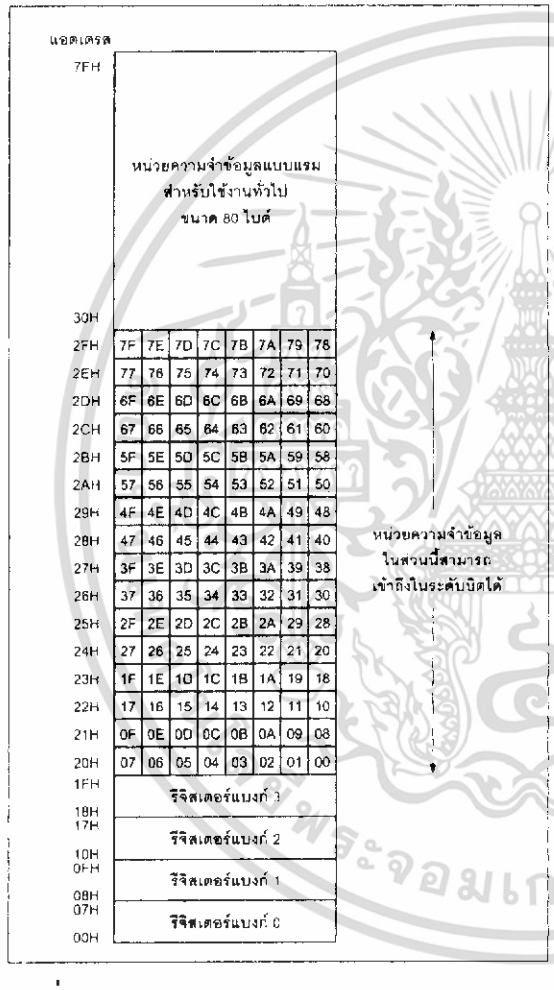
เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าได้ในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระมีแอดเดรสอยู่ที่ DOH ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกในสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรมว่าแฟลก (flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเกิดที่บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ PSW รายละเอียดของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ PSW แสดงในรูปที่ 4.8

จะเห็นได้ว่า นอกจากรีจิสเตอร์ PSW ถูกใช้ในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้วที่บิต RS0 และRS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ ด้วยดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1 โดยปกติแล้วในการใช้งานรีจิสเตอร์R0-R7 มักนิยมใช้แบงก์ 0 เป็นลำดับแรก หากไม่เพียงพอจึงเลือกในแบงก์อื่นๆ มาใช้ แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่า

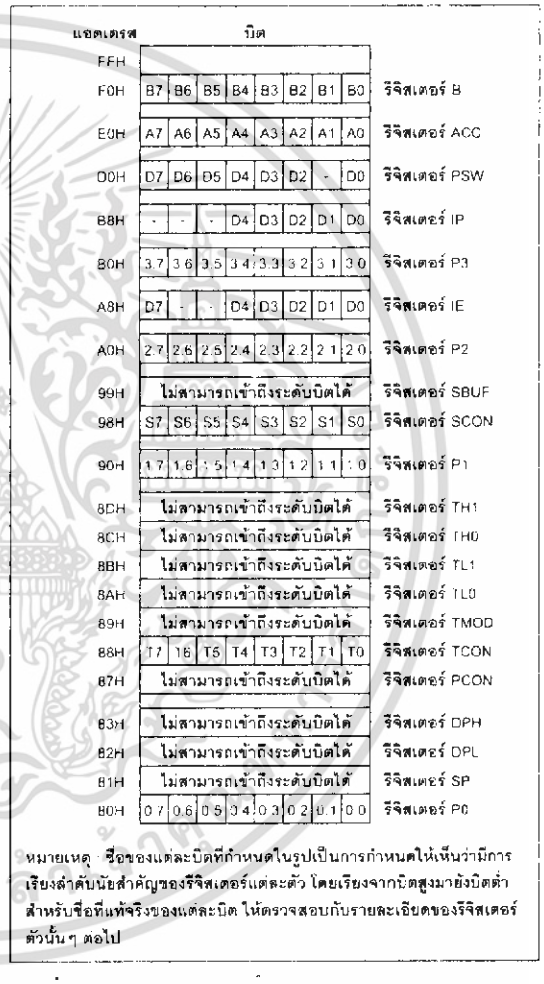
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และลำดับการติดต่อให้ดี มิเช่นนั้นอาจทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดความสับสน ดังนั้นสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงควรเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ 0 เพียงแบงก์เดียวให้ชำนาญเสียก่อน

การกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 ควรกำหนดไว้ที่ตอนต้นของโปรแกรมเสมอ เพื่อจะได้เขียนโปรแกรมติดต่อกับรีจิสเตอร์ R0-R7 ได้อย่างสะดวกและไม่เกิดความผิดพลาด



รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7

รูปที่ 4.6 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51
รูปที่ 4.7 การจัดสรรพื้นที่ของรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 แอกคิวมูเลเตอร์(Accumulator : ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อการประมวลผลต่อไป อาจเรียกสั้น ๆ ว่ารีจิสเตอร์ A หรือ ACC รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

4.3.3 รีจิสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ต้องการนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณและการหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีการคูณหรือหารข้อมูลสามารถใช้รีจิสเตอร์ B ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้ากับบิตได้เหมือนกับรีจิสเตอร์ A

4.3.4 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter :PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปไปที่ซีพียูต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

รีจิสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 7	บิต 6	บิต5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P

CY : แฟลกทด (Carry flag) เป็น 1 เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ และลอจิก แล้วค่าของแอกคิวมูลเลเตอร์เกิน 255 (ฐานสิบ) หรือ FFH

AC : แฟลกทดเสริม (Auxiliary Carry flag) เป็น 1 เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้ เกิดการทดข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4 มักใช้ในการ แปลงค่าเป็นเลขฐานสิบ

(BCD operation)

FO : แฟลกใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้ว ไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใด ๆ ที่บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

RS 1 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ (Register Select1) ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

RS0 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ (Register Select0) ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

OV : บิตเกิน (Overflow) เป็น "1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 6มายังบิต 7 ของแอกคิวมูเลเตอร์ หรือแอกคิวมูลิเตอร์ที่ค่าเกิน 127 (ฐานสิบ) นอกจากนั้นยังใช้เป็นการแสดงค่าลบด้วย

- : บิตนี้สามารถกำหนดใช้งานได้อย่างอิสระ

P: บิตพาริตี้ ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า 1 ภายในแอกคิวมูเลเตอร์ ถ้าหากแอกคิวมูเลเตอร์มีจำนวนบิตที่เป็น 1 รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น 0 ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่ บิตนี้จะเป็น 1

รูปที่ 4.8 รายละเอียดของรีจีสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS1	RS0	แบงก์ของรีจีสเตอร์	ช่วงแอดเดรส
0	1	แบงก์0	00H-07H
0	1	แบงก์1	08H-0FH
1	0	แบงก์2	10H-17H
1	1	แบงก์3	18H-1FH

ตารางที่ 4.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจีสเตอร์แบงก์ R0-R7

4.3.5 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer :SP)

หรือรีจีสเตอร์ตัวชี้สแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยหรือกระโดดไปโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น (รีเซตคือการกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น) ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสแรกของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

4.3.6 รีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer : DPTR)

มีขนาด16บิต โดยแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจีสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

4.3.7 รีจีสเตอร์พอร์ต (Port register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มี 4 ตัว คือ รีจีสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H รีจีสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H รีจีสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจีสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจีสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจีสเตอร์นี้ทุกตัว

4.3.8 รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยภายในรีจีสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลและจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือ ขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51

4.3.9 รีจีสเตอร์ไทเมอร์ (Timer register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจีสเตอร์ DPTR รีจีสเตอร์ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกรีจีสเตอร์ตัวนี้ว่ารีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 มีรีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 และ T1 หรือ Timer 1 ในรีจีสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ (TL) และรีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์สูง (TH) เหมือนกัน โดยรีจีสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจีสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่8BH ในขณะที่ TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH สำหรับในเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx จะมีรีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาร์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจีสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH เพิ่มเติมเข้ามา

4.3.10 รีจีสเตอร์แคปเจอร์ (Capture register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้นเนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 (Timer2) โดยรีจีสเตอร์แคปเจอร์ นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่ารีจีสเตอร์ RCAP2 ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และ ไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

รีจีสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อใช้ ประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ และการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

4.3.11 จีสเตอร์ควบคุม (Control register)

รีจีสเตอร์ PCON เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ SCON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

รีจีสเตอร์ TMOD และ T2MOD ปีนรีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

รีจีสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (อินเตอร์รัปต์ คือ การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู)โดย IE เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะใช้ซีพียู ตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
หลักการออกแบบและการทำงานของวงจร

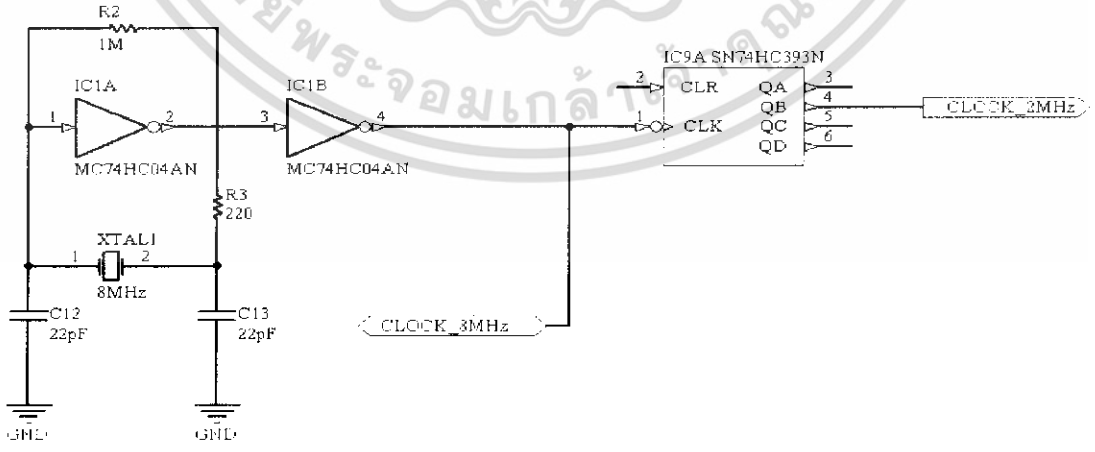
5.1 หลักการออกแบบวงจร

หลักการออกแบบวงจรจะต้องแปลงสัญญาณภาพ ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วนำสัญญาณดิจิตอลที่ได้เก็บลงในหน่วยความจำ โดยสัญญาณดิจิตอลนั้นจะมีขนาด 8 บิต ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความสว่างของสัญญาณภาพ แล้วนำข้อมูลดิจิตอลที่อยู่ในหน่วยความจำไปประมวลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่โปรแกรมไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2 หลักการทำงานของวงจร

5.2.1 การทำงานวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่

วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์นี้มีหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาไว้ใช้ควบคุมจังหวะการทำงานของวงจรภาคต่อไป การทำงานของวงจร จะใช้ออสซิลเลเตอร์ 8 เมกกะเฮิรตซ์และนำสัญญาณนาฬิกาที่ได้ผ่านวงจรหารความถี่ให้เหลือความถี่ 2 เมกกะเฮิรตซ์ โดยใช้ไอซีไบนารีเคาน์เตอร์เบอร์ 74HC393 โดยสัญญาณเอาท์พุทถูกหารลง 4 เท่า ซึ่งก็จะเหลือ 2 เมกกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณนาฬิกาที่จะส่งไปควบคุมจังหวะการทำงานในส่วนของวงจรอื่นๆต่อไป

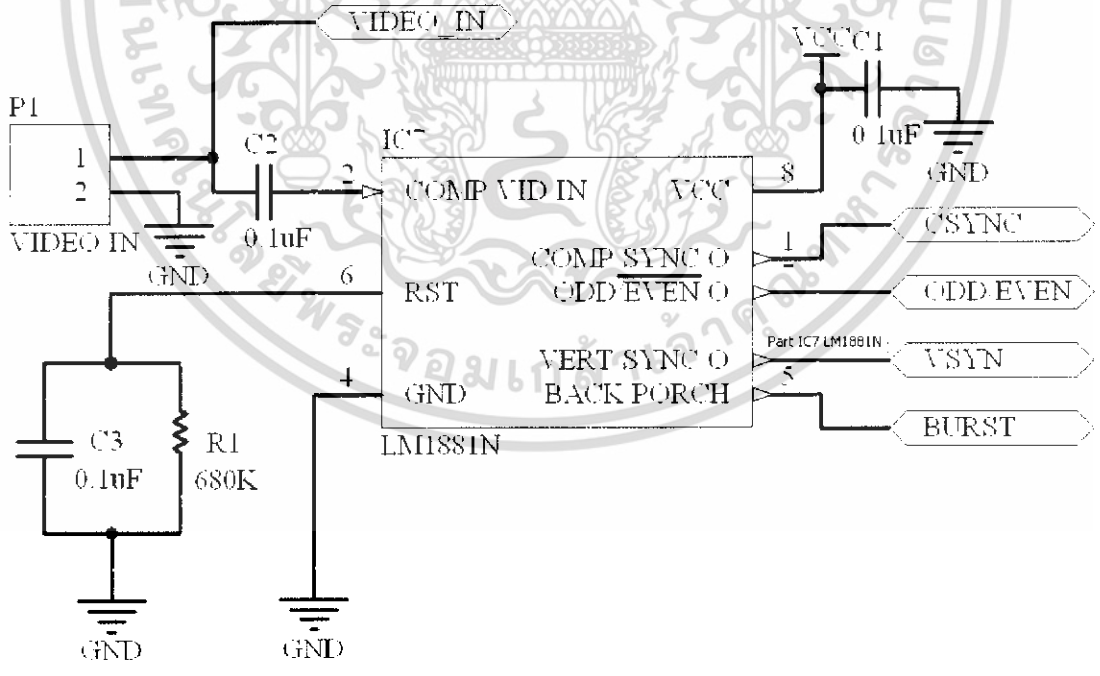


รูปที่ 5.1 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

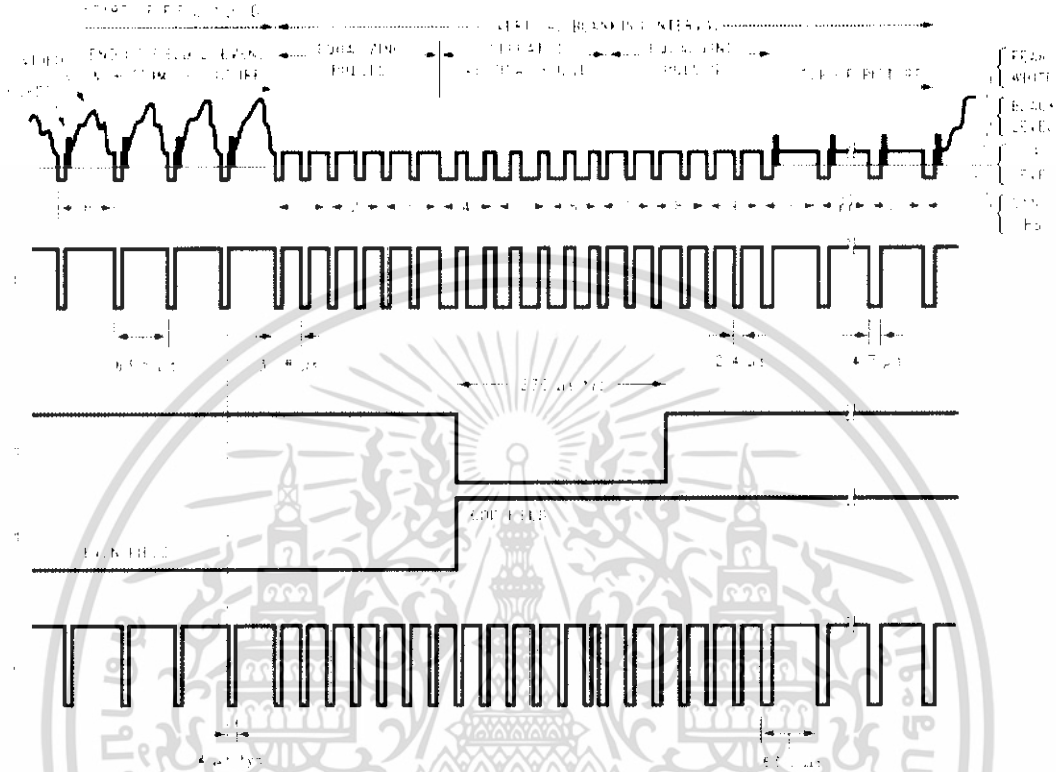
5.2.2 การทำงานของวงจรแยกสัญญาณซิงค์

วงจรแยกสัญญาณซิงค์นี้มีหน้าที่แยกสัญญาณซิงค์ออกจากออกจากสัญญาณภาพเพื่อใช้ส่งไปควบคุมการเลือกโหมดการทำงานของไอซีในวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลและควบคุมการทำงานของวงจรเลือกตำแหน่งภาพและนับเส้นภาพ การทำงานของวงจรแยกสัญญาณซิงค์ จะใช้ไอซี LM1881 เป็นตัวแยกสัญญาณซิงค์ออกจากออกจากสัญญาณภาพ โดยสัญญาณภาพจากกล้องซึ่งเป็นสัญญาณคอมโพสิตวีดีโอจะเข้าที่ขา 2 (composite video input) คัปปลิ้งสัญญาณผ่านตัวเก็บประจุขนาด 0.1 ไมโครฟารัดเพื่อป้องกันสัญญาณดีซีจากกล้อง และทำการต่อค่าความต้านทานขนาด 680 กิโลโอห์ม และคาปาซิเตอร์ 0.1 ไมโครฟารัด เพื่อเป็นการกำหนดเวลาของวงจรผลิตความถี่ภายใน โดยสัญญาณเอาท์พุท ที่ได้คือสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ความถี่ 15,625 เฮิรตซ์ สัญญาณ Burst/Back 15,625Hz สัญญาณเวอร์ติคอลซิงค์ความถี่ 50 เฮิรตซ์ สัญญาณฟิวส์คู่และฟิวส์คี่ความถี่ 25 เฮิรตซ์ที่จะใช้ไปควบคุมการทำงานของวงจรที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



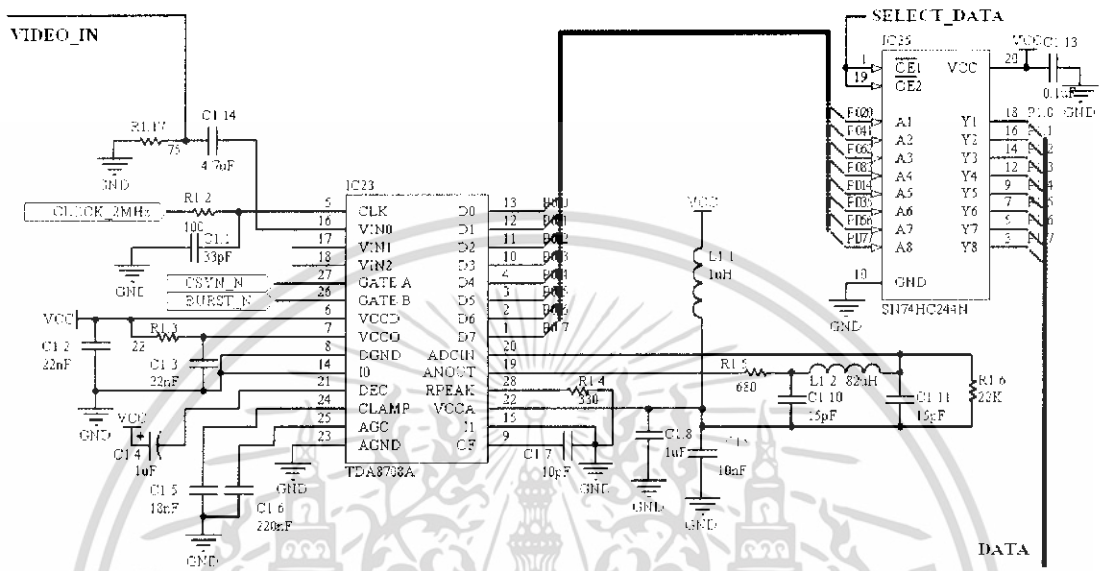
รูปที่ 5.3 (a) สัญญาณภาพรวม ,(b) สัญญาณคอมโพสิตซิงค์ ,(c) สัญญาณเวอร์ติคอลซิงค์, (d) สัญญาณฟิวส์คู่และฟิวส์คี่ ,(e) สัญญาณ Burst/Back

5.2.3 การทำงานวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เนื่องจากไม่สามารถนำสัญญาณภาพที่ถ่ายจากกล้อง CCTV ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกมาประมวลผลได้โดยตรงจึงต้องมีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล จะใช้ IC TDA8708 ซึ่งเป็นไอซี Video Analog Input Interface ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต โดยใช้สัญญาณนาฬิกาในการสุ่ม 2 เมกกะเฮิรตซ์ ด้วยที่โครงงานต้องการวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีความเร็ว ดังนั้น IC TDA8708 จึงเหมาะสมสำหรับโครงงานนี้เพราะ IC TDA8708 เป็นแบบแฟลช ADC ซึ่งเป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีความเร็วที่สุด โดยที่ IC TDA8708 สามารถให้อัตราการสุ่มได้ถึง 32 เมกกะเฮิรตซ์ และข้อมูลที่สุ่มได้จะมีค่าระดับความสว่างของแต่ละจุดภาพอยู่ที่ 256 ระดับ(0-255)โดยแสงสีขาวมีระดับสูงที่สุด และทำการเลือกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขา 9 (Output format/chip enable) ให้เป็นวงจรเปิด (open circuit) โดยการต่อคาปาซิเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า 10 พิโคฟารัดเพื่อให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นไบนารี (Binary)

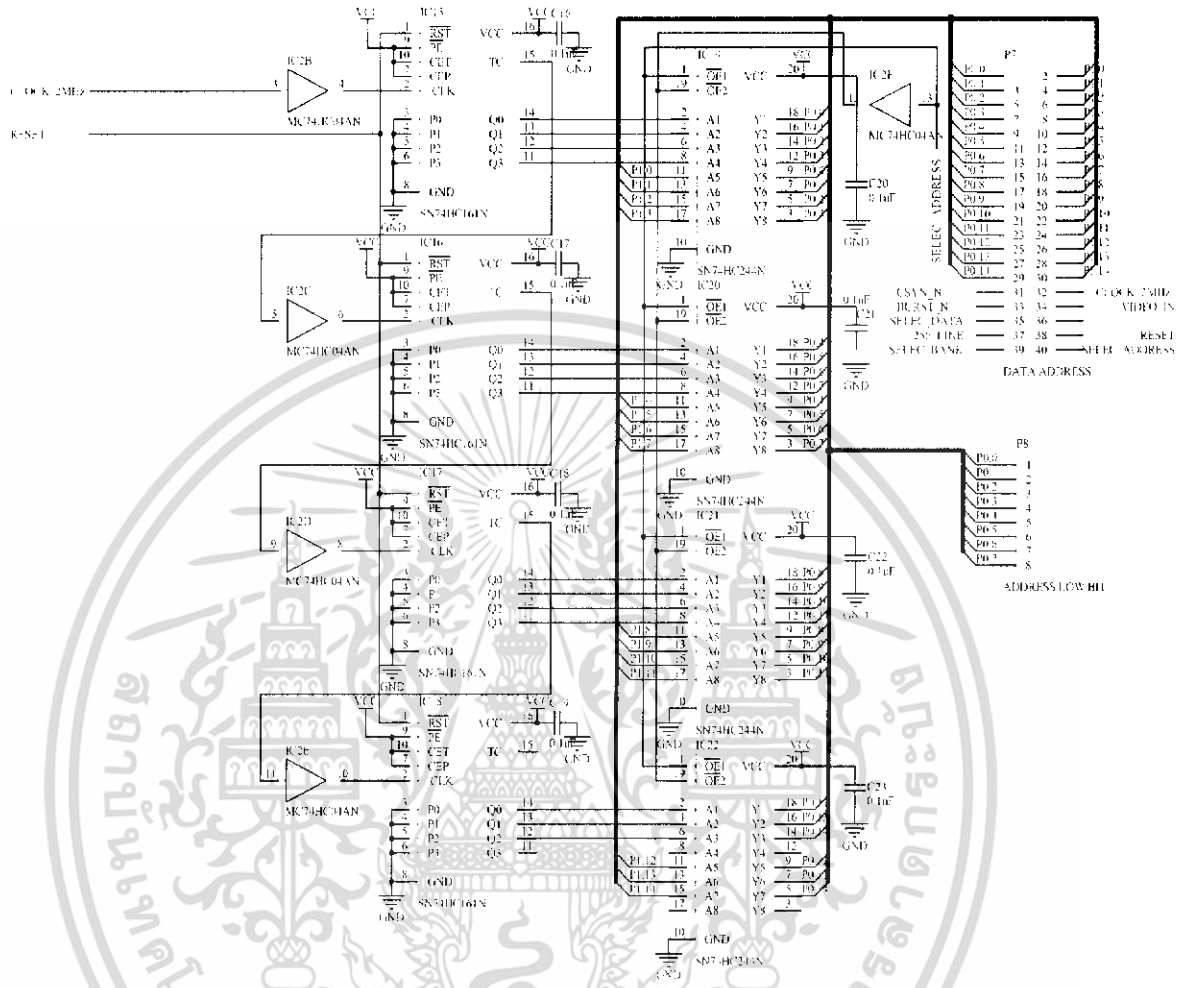


รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการทำงานวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

5.2.4 การทำงานวงจรนับ

จากการเก็บภาพจะใช้ หน่วยความจำขนาด 32 กิโลไบต์ ดังนั้นจึงใช้แอดเดรสในการอ้างตำแหน่งจำนวน 15 เส้น โดยใช้ IC74HC161 ซึ่งเป็นแบบซิงโครนัสเคาน์เตอร์จำนวน 4 ตัว ต่ออนุกรมกันโดยให้สัญญาณเอาท์พุทสุดท้ายของวงจรนับตัวแรกมาผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อความถูกต้องของการนับ แล้วไปเข้าที่ขาสัญญาณนาฬิกา (Clock) ของวงจรนับตัวถัดไป แล้วก็นำสัญญาณเอาท์พุทสุดท้ายของวงจรนับตัวที่ 2 มาผ่านอินเวอร์เตอร์อีกแล้วไปเข้าที่ขาสัญญาณนาฬิกา (Clock) ของวงจรนับตัวถัดไป และทำอย่างนี้ไปจนครบวงจรนับตัวสุดท้าย ก็จะได้วงจรนับแอดเดรสครบตามที่ต้องการ โดยวงจรนับจะเริ่มทำงานเมื่อมีสัญญาณนาฬิกา 2 เมกกะเฮิรตซ์ เข้าที่วงจรนับตัวแรก และมีการออกแบบให้วงจรนับมีการนับวนอยู่ที่ 32 กิโลไบต์ โดยควบคุมการเริ่มทำงานและหยุดทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีกส่วนคือวงจรเลือกตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำระหว่างวงจรนับซึ่งจะเลือกในตอนเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเลือกในตอนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเช่นกันวงจรนี้ควบคุมการทำงานด้วยขา SELEC_ADDRESS ของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

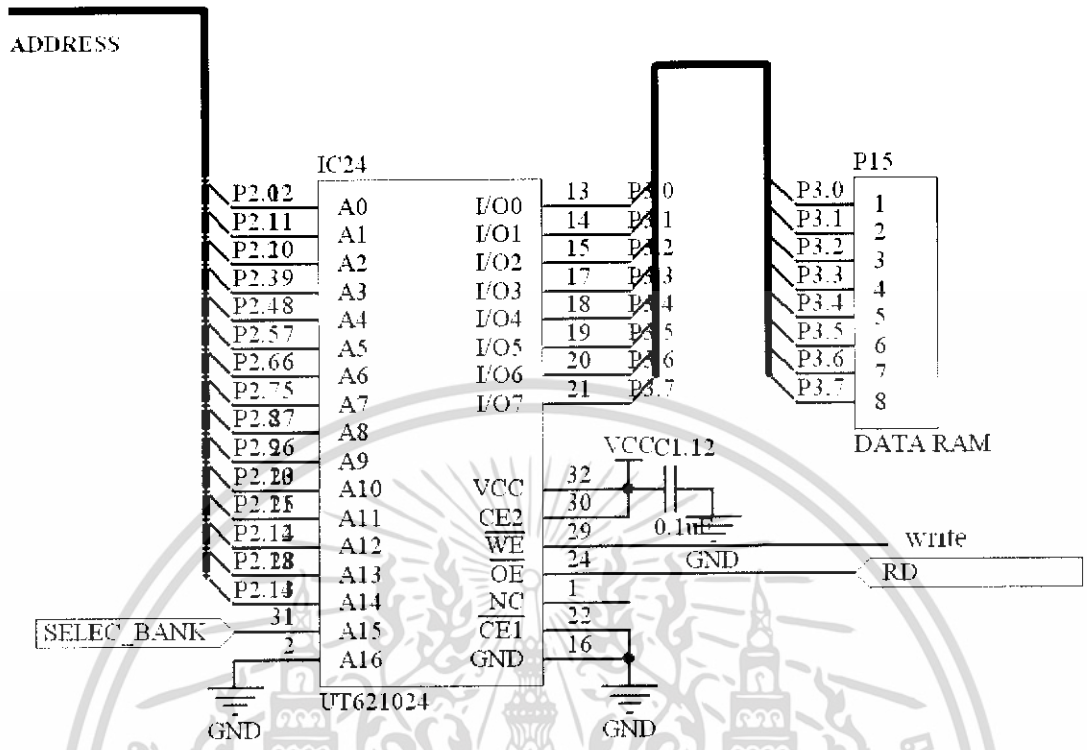


รูปที่ 5.5 แสดงวงจรนับ

5.2.5 การทำงานวงจรหน่วยความจำ

เนื่องจากการเก็บรายละเอียดของภาพในหนึ่งเส้นสแกนจะเก็บ 128 จุดภาพ และจะเก็บทั้งหมด 256 เส้นสแกน ทำให้ได้ความละเอียดของภาพ 32,768 จุดภาพ จึงใช้หน่วยความจำที่จะต้องใช้เก็บภาพต้นแบบและภาพที่ต้องการตรวจสอบทั้งหมด 64 กิโลไบต์ โดยการทำงานในช่วงแรกเมื่อวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งสัญญาณดิจิตอลมารอที่ขาข้อมูลแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำการสั่งให้วงจรนับเริ่มนับแอดเดรสให้กับหน่วยความจำ กำหนดให้ขาเลือกชิป (CS) แอดทีฟ แล้วทำการควบคุมการเขียนโดยใช้ขา WE เป็นขาที่ทำการควบคุมการเขียน ซึ่งถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

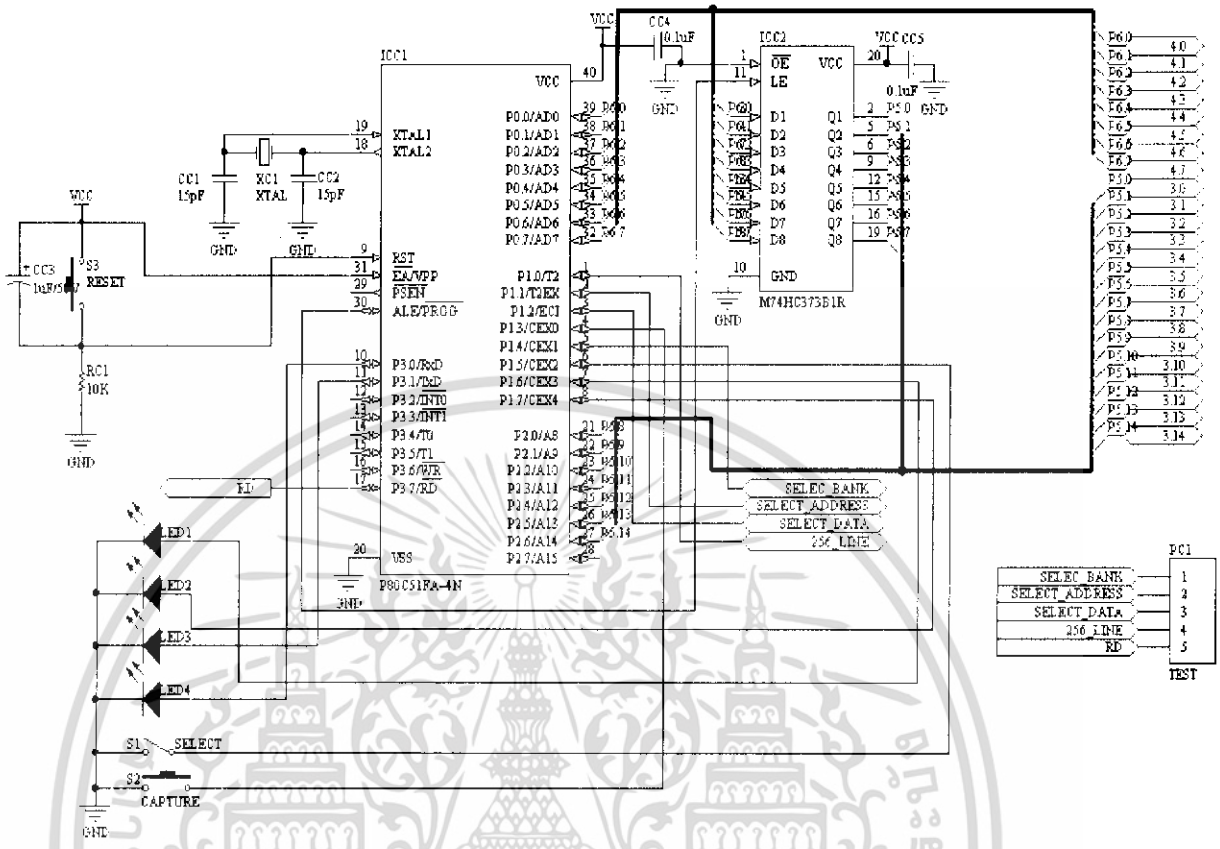


รูปที่ 5.6 แสดงวงจรวงจรหน่วยความจำ

5.2.6 การทำงานของวงจรส่วนควบคุมการทำงาน

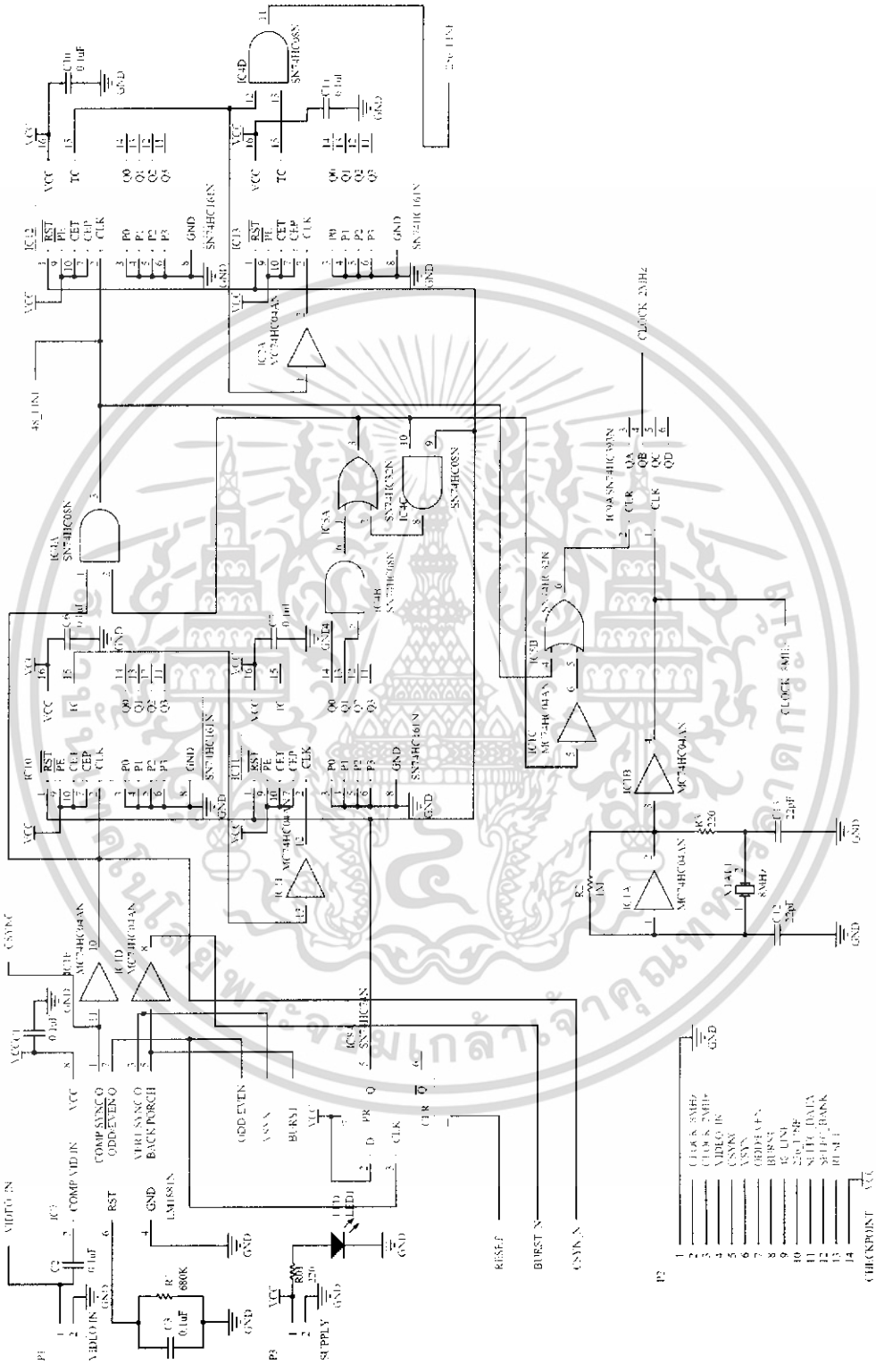
การทำงานทั้งหมดของวงจรจะถูกควบคุมด้วยวงจรนี้ตั้งแต่เริ่มต้นการทำงาน โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการกดสวิตช์ เมื่อมีการกดสวิตช์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรนับเริ่มนับแอดเดรสให้วงจรหน่วยความจำเก็บข้อมูลภาพโดยภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบจะถูกเลือกให้เก็บที่แบงค์ 0 และภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบจะถูกเลือกให้เก็บที่แบงค์ 1 และไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรนับหยุดทำงานเมื่อมีสัญญาณจากเอาท์พุทของ AND GATE ที่ขา 11 ของ IC4 เป็นตัวบอกว่าสิ้นสุดการเก็บภาพแล้ว (นับครบ 256 เส้น) ส่วนในช่วงของการเปรียบเทียบภาพทั้งคู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านข้อมูลภาพจากวงจรหน่วยความจำโดยส่งแอดเดรสผ่านพอร์ต 0 กับพอร์ต 1 แล้วรับข้อมูลภาพเข้ามาที่พอร์ต 0 อีกที ในช่วงนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุม ให้วงจรเลือกตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรส เลือกแอดเดรสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่อทำการเปรียบเทียบเสร็จสิ้นแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงผลการเปรียบเทียบผ่าน LED-2 กับ LED-3 ส่วน LED-1 จะเป็นตัวที่แสดงให้ทราบว่ายังไม่ได้เก็บข้อมูลของภาพต้นแบบเมื่อจะทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



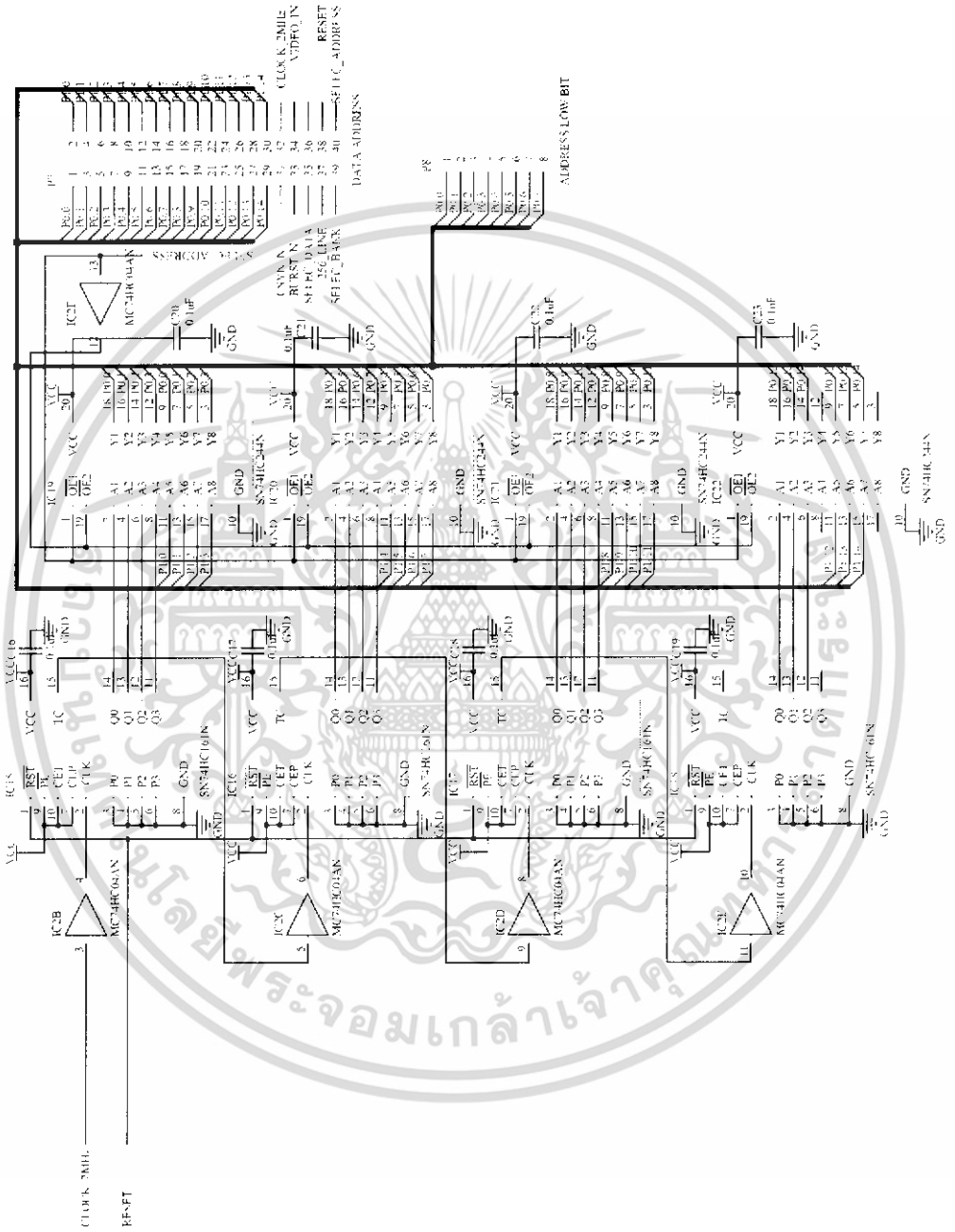
รูปที่ 5.7 แสดงวงจรส่วนควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



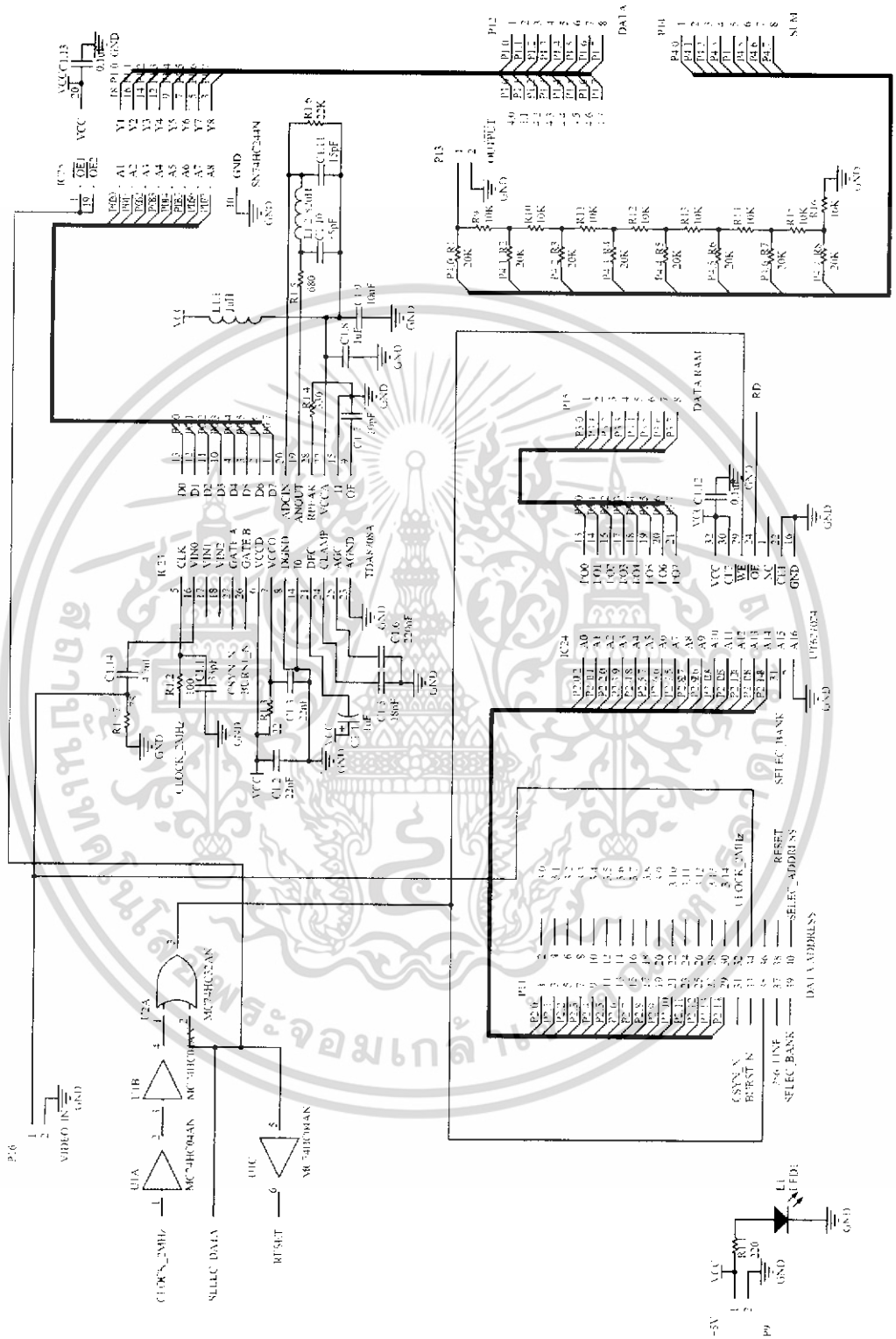
รูปที่ 5.8 แสดงวงจรแยกสัญญาณซิงค์และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



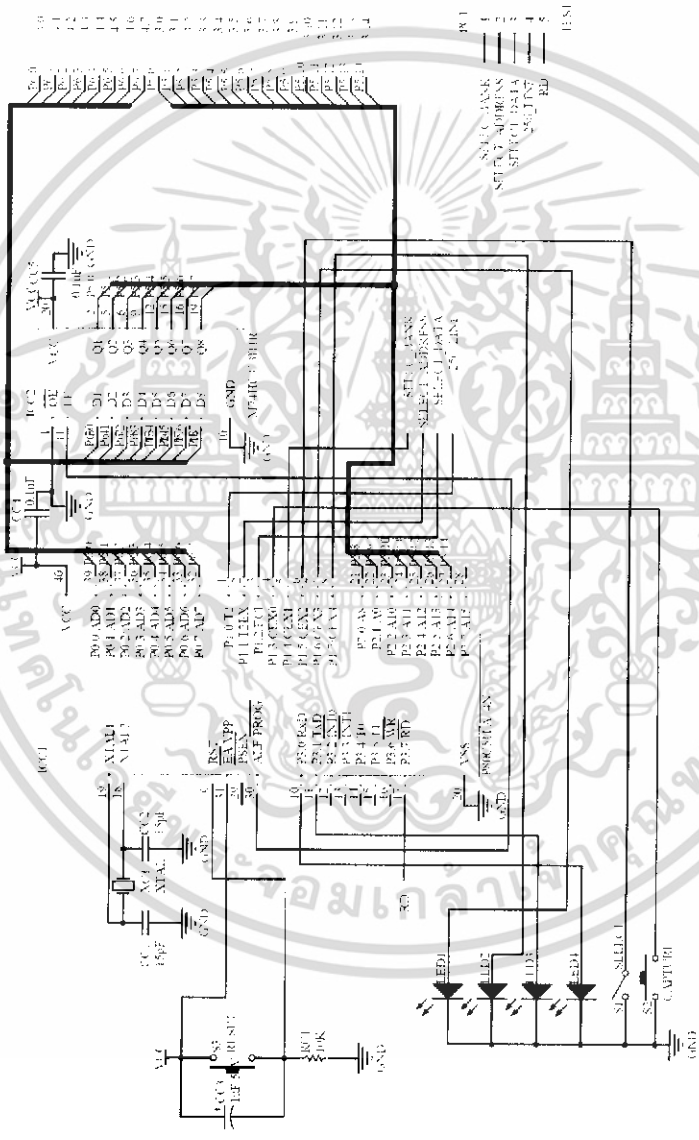
รูปที่ 5.9 แสดงวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และวงจรหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 แสดงวงจรส่วนควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดลอง

เริ่มต้นจากนำสัญญาณวีดีโอจากเครื่องเล่นวีดีโอซีดีซึ่งใช้แทนสัญญาณจากกล้องวีดีโอที่จะใช้ในโครงงานนี้จริงๆ มาเข้าวงจรแยกสัญญาณซิงค์ และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วทำการวัดผลสัญญาณต่างๆ ที่ออกมาจากวงจรแยกสัญญาณซิงค์ และวัดผลการทดลองของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยการนำวงจร R-2R ladder ซึ่งเป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกมาแปลงสัญญาณกลับแล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ จากนั้นนำสัญญาณดิจิตอลที่ได้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าที่ขาข้อมูลขาเข้า (Data input) ของแรมแล้วทำการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยกำหนดให้วงจรนับ ทำการนับวนอยู่ที่ 32 กิโลไบต์

6.2 ผลการทดลอง

6.2.1 ผลการทดลองของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

(1) (2)

รูปที่ 6.1 สัญญาณการแปลงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

(1) เป็นสัญญาณภาพสีดำ มีแรงดัน 3 โวลต์

(2) เป็นสัญญาณภาพสีขาว มีแรงดัน 3.5 โวลต์

จากการทดลองพบว่าสัญญาณภาพสีดำจะมีค่าแรงดันที่ต่ำกว่าสีขาว

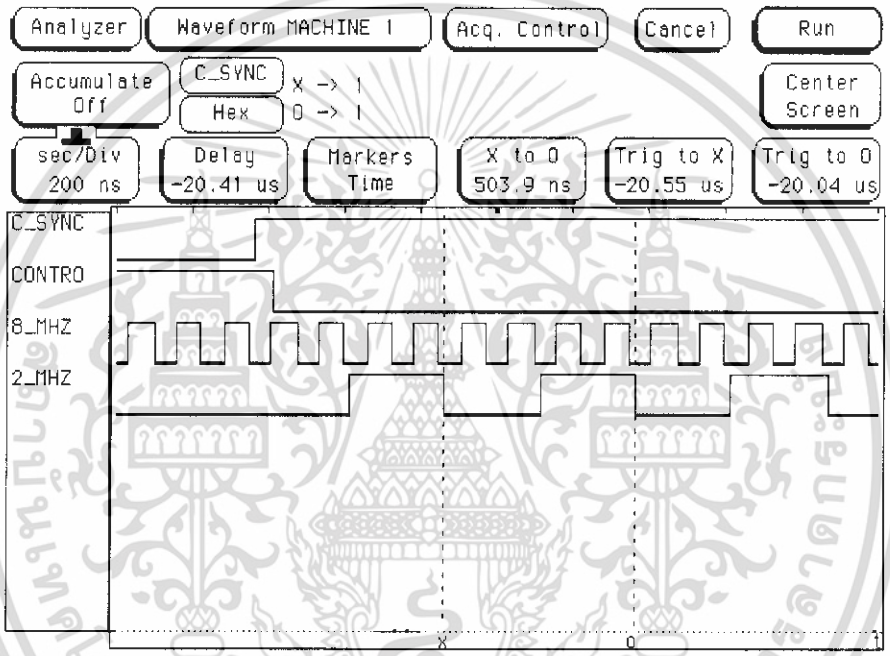
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CH 1 :เป็นสัญญาณวีดีโออินพุต จากกล้องวีดีโอ (สัญญาณรูปบน)

CH 2 :เป็นสัญญาณจากขา 19 ของไอซี TDA 8708 ซึ่งเป็น เอาท์พุตของวงจร AUTO GAIN CONTROL (สัญญาณรูปล่าง)

6.2.2 ผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 เมกกะเฮิรตซ์และวงจรหารความถี่

สัญญาณที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงเวลาการทำงานของวงจรทั้งหมด ก็คือสัญญาณนาฬิกาซึ่งในโครงงานนี้ใช้สัญญาณนาฬิกาวามถี่ 2 เมกกะเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 6.1

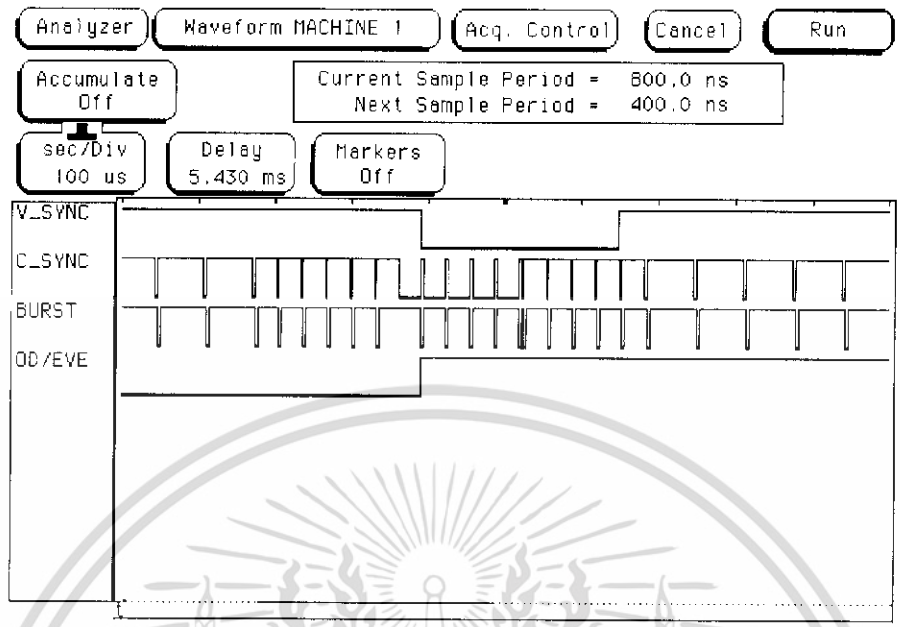


รูปที่ 6.2 สัญญาณนาฬิกา 2 เมกกะเฮิรตซ์

6.2.3 ผลการทดลองของวงจรแยกสัญญาณซิงค์

สัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของภาคต่าง ๆ ของวงจรต้องนำมาจากสัญญาณต่าง ๆ ที่แยกจากสัญญาณภาพรวมหรือก็คือสัญญาณอินพุท โดยสัญญาณเหล่านั้นประกอบด้วย สัญญาณคอมโพสิตซิงค์ สัญญาณเวอร์ติคอลซิงค์ใช้ควบคุมจังหวะการสุ่ม สัญญาณคู่/คี่ใช้บอกตำแหน่งเริ่มต้นของภาพในฟิลล์

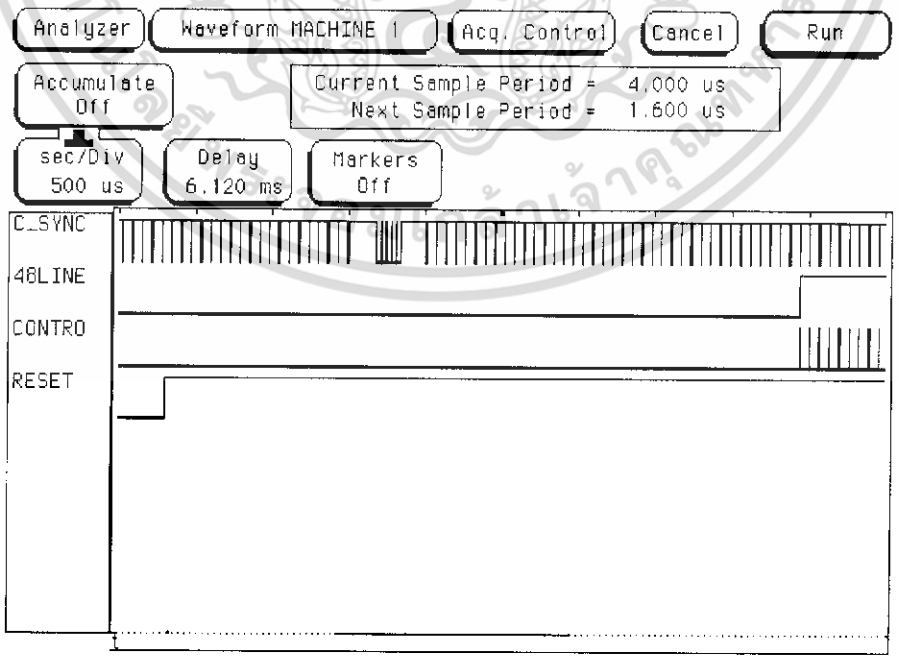
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 สัญญาณจากวงจรแยกสัญญาณซิงค์

6.2.4 ผลการทดลองของสัญญาณแสดงการหน่วงการเก็บภาพ

ในการทำงานของวงจรจะไม่มีการเก็บภาพในเส้นแรกๆ (ช่วงหัวภาพ) แต่จะมีการหน่วงการเก็บภาพออกไปก่อนแล้วจึงค่อยเก็บดังแสดงในรูปที่ 6.3



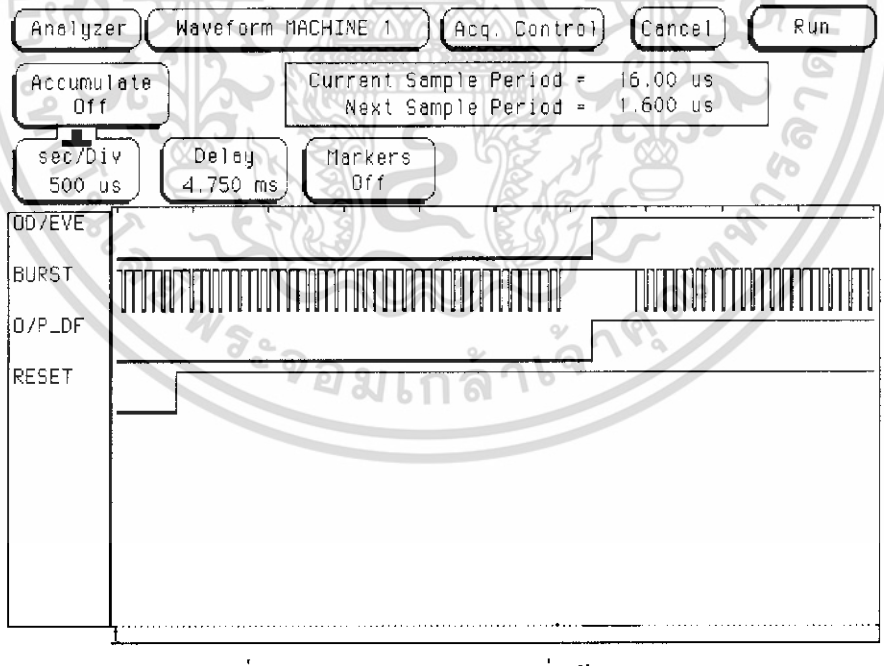
รูปที่ 6.4 สัญญาณแสดงการหน่วงการเก็บภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรูปที่ 6.3 จะประกอบด้วยสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ สัญญาณหน่วงเส้นภาพ โดยเส้นภาพแรกจะถูกเก็บหลังจากการหน่วง และสัญญาณเริ่มต้นการทำงานของวงจร ตามลำดับจากภาพจะเห็นได้ว่าการเริ่มต้นการทำงานของการเก็บภาพนั้นเริ่มต้นตั้งแต่สัญญาณฟิลล์คู่เริ่มขึ้น วงจรก็จะเริ่มทำการนับคอมโพสิตซิงค์ทันทีโดยจะนับไปทั้งหมด 48 เส้นก่อนแล้วจึงจะอนุญาตให้วงจรสุ่มสัญญาณทำงานได้

6.2.5 ผลการทดลองของสัญญาณควบคุมการเริ่มต้นทำงาน

ในการทำงานของวงจรทั้งหมดนั้นถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 6.4 เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณบอกให้วงจรส่วนควบคุมการเก็บภาพเริ่มทำงาน หลังจากนั้นสัญญาณที่จะกำหนดให้เริ่มต้นนับเส้นภาพจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณเริ่มต้นภาพมาถึง (สัญญาณฟิลล์คู่-คี่) จากนั้นจึงเริ่มต้นการนับเส้นภาพโดยในรูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณเส้นภาพ สัญญาณฟิลล์คู่-คี่ สัญญาณเปิดการทำงาน และสัญญาณควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์

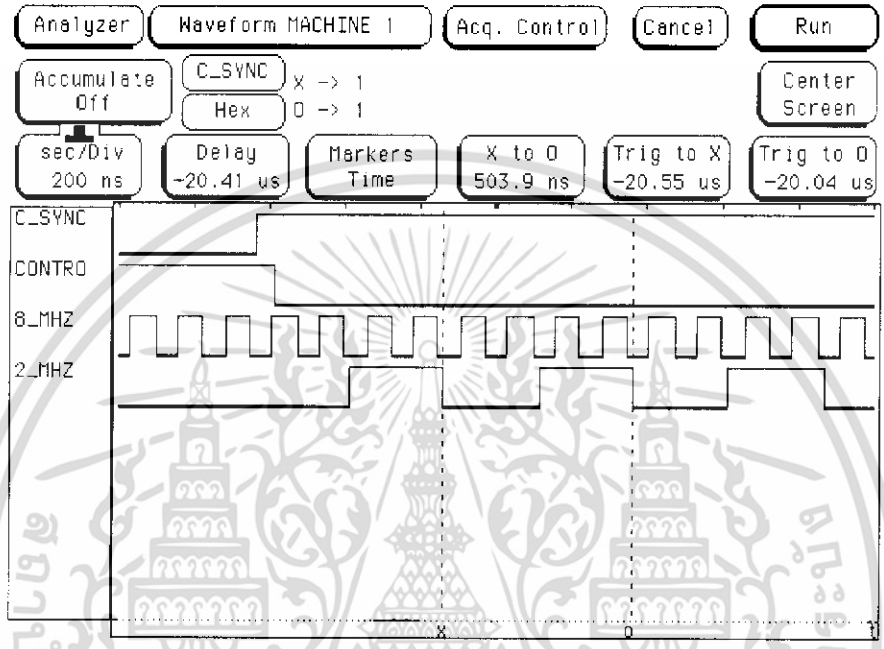


รูปที่ 6.5 สัญญาณควบคุมการเริ่มต้นทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.6 ผลการทดลองของการสร้างสัญญาณที่ใช้ในการสุ่ม

ความถี่ที่ใช้ในการสุ่มในโปรเจ็คนี้จะใช้ที่ 2 เม็กกะเฮิร์ท ซึ่งจะสร้างจากความถี่ 8 เมกกะเฮิร์ท โดยใช้วงจรหารความถี่ซึ่งจะได้สัญญาณต่าง ๆ เทียบกับสัญญาณภาพดังแสดงในรูปที่ 6.5

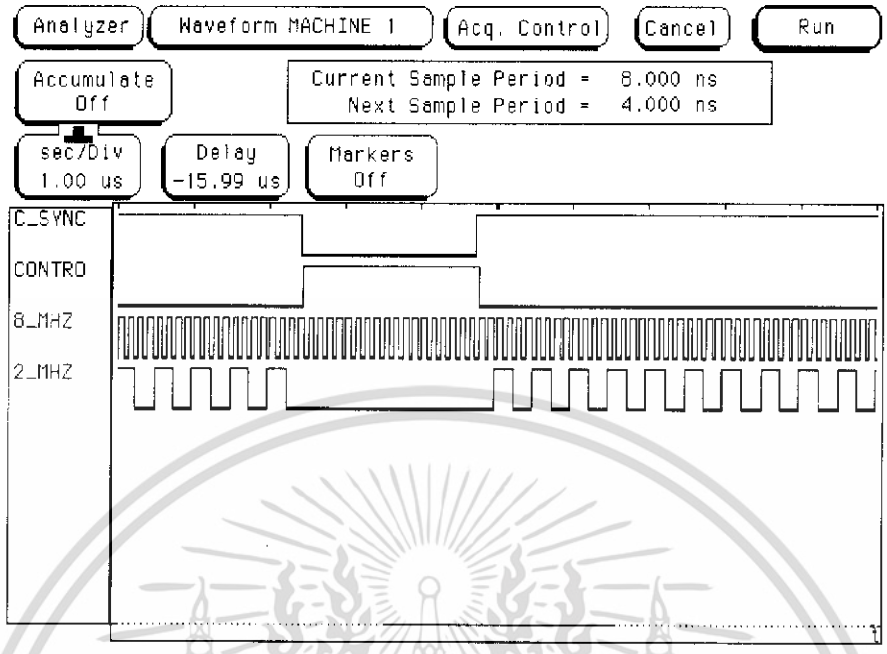


รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรหารความถี่เทียบกับสัญญาณภาพ

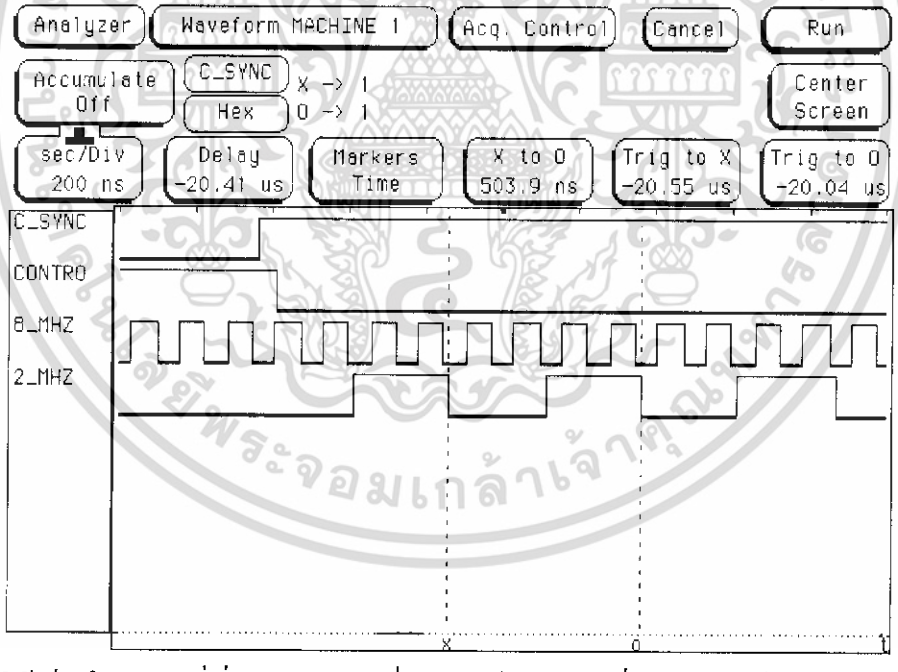
6.2.7 ผลการทดลองการสุ่มภาพ

เมื่อวงจรเริ่มเก็บภาพเริ่มทำงาน สัญญาณสุ่มก็จะถูกปล่อยมาที่วงจรการสุ่ม โดยสัญญาณจะถูกควบคุมให้สุ่มเฉพาะช่วงที่มีสัญญาณภาพเท่านั้นดังที่แสดงในรูปที่ 6.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าในช่วงที่ไม่มีสัญญาณภาพนั้นก็จะไม่มีการสุ่มเกิดขึ้น



(ข) แสดงให้เห็นถึงจุดแรกที่เริ่มสุ่มสัญญาณซึ่งจะดีเลย์มาจากจุดเริ่มสัญญาณเป็นระยะเวลาหนึ่ง

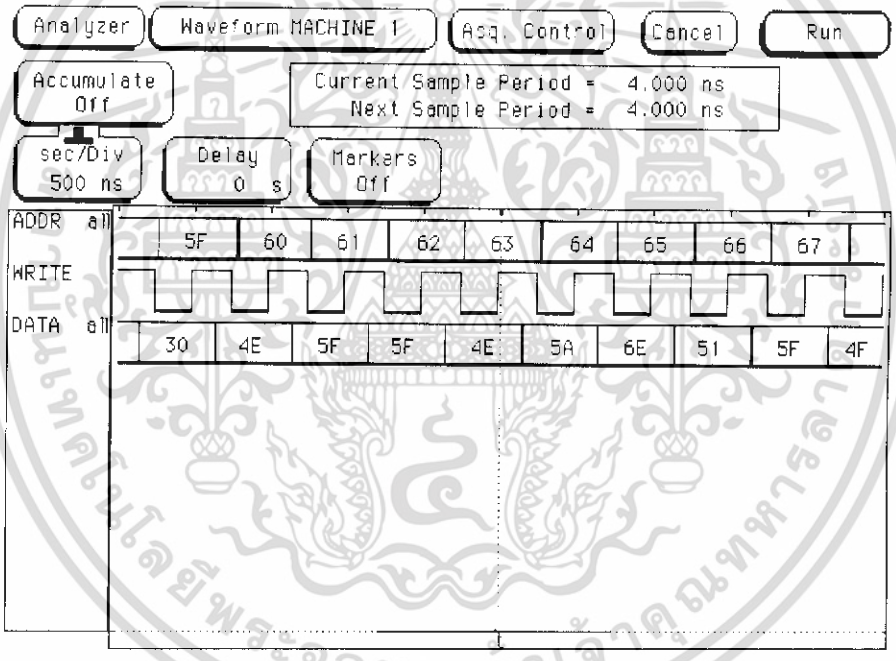
รูปที่ 6.7 แสดงช่วงเวลาที่เกิดการสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.8 ช่วงเวลาการเก็บภาพลงในหน่วยความจำ

การทำงานของวงจรในช่วงนี้จะเป็นการสุ่มสัญญาณภาพ (อนาล็อก) แปลงเป็นดิจิตอลและเก็บลงในหน่วยความจำ โดยมีสัญญาณในช่วงเวลานี้มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 6.7 และสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ในรูปที่ 6.7 แสดงให้เห็นสัญญาณข้อมูลที่ได้จากการสุ่มสัญญาณการอ่าน สุ่มสัญญาณเขียนและสัญญาณแอดเดรสซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลนั้นสัญญาณการอ่านจะมีค่าเป็น ลอจิก 1 (NON-ACTIVE) และสัญญาณการเขียนได้ถูกจัดให้เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงในช่วงที่สัญญาณดาต้า กับสัญญาณแอดเดรส ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดในดาต้าชีต

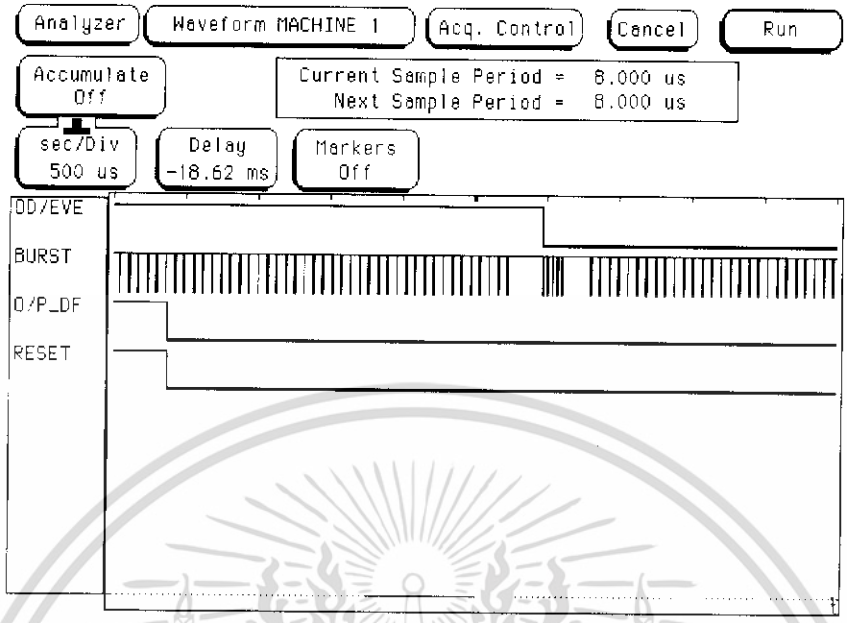


รูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ

6.2.9 ช่วงเวลาหยุดการเก็บภาพ

หลังจากที่เก็บครบตามจำนวนแล้ววงจรนับเส้นภาพก็จะส่งสัญญาณไปบอกวงจรควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรเก็บภาพให้หยุดการเก็บภาพซึ่งจะมีรูปแบบของสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 6.8

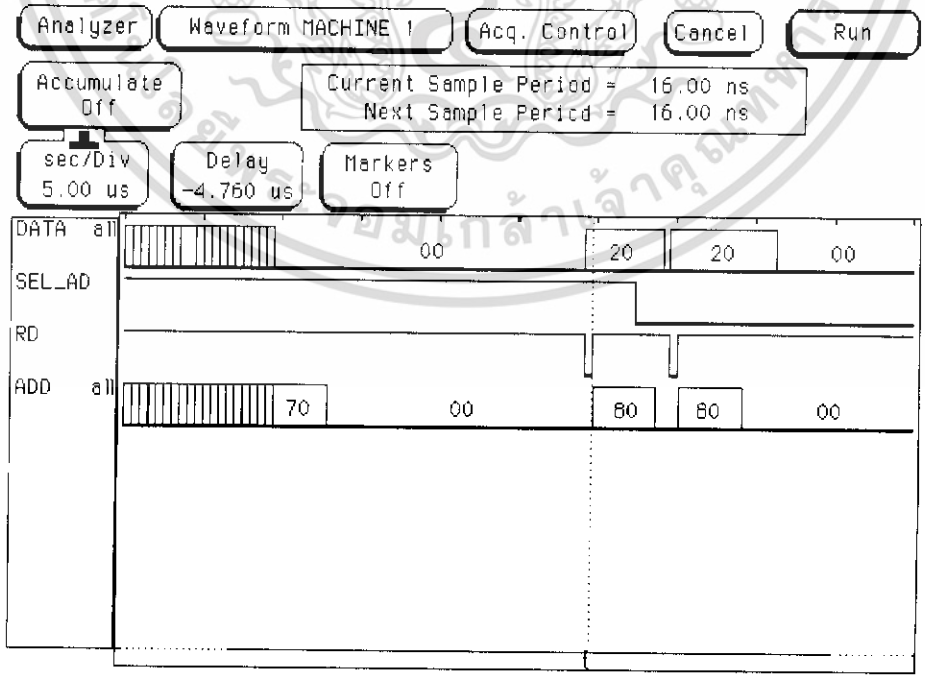
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงสัญญาณในช่วงควบคุมการหยุดเก็บภาพ

6.2.10 ช่วงเวลาการอ่านข้อมูลออกจากแรม

หลังจากที่ทำการเก็บข้อมูลครบแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านข้อมูลออกจากแรม และเนื่องจากต้องมีลบภาพ 2 ภาพที่เก็บไว้ใน 2 แบงค์ของแรมแบบ จุดต่อจุด ดังนั้นจึงต้องมีการอ่าน 2 ครั้งในการทำงานหนึ่งช่วงซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.10 แสดงรูปสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลออกจากแรม

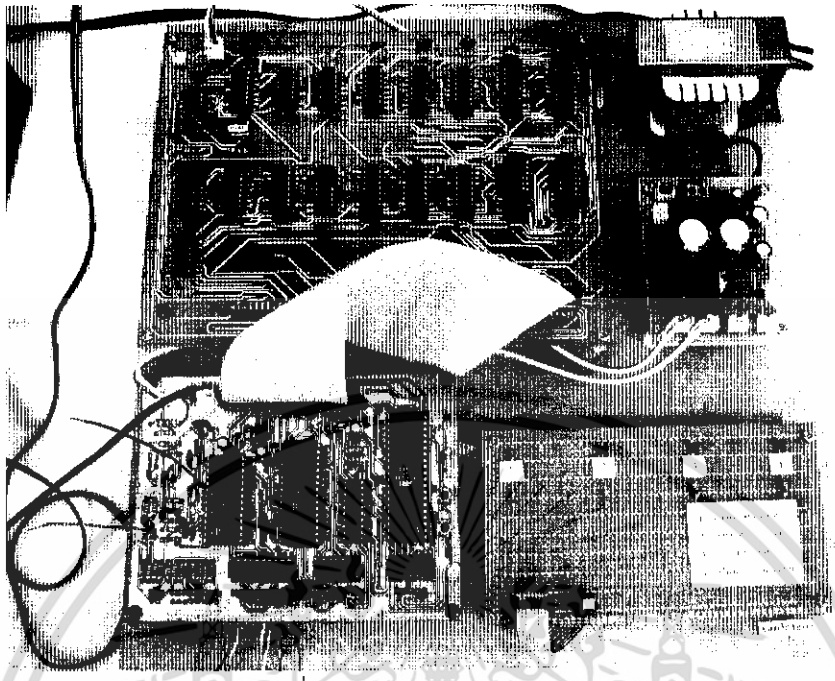
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 รูปผลงานและรูปแสดงการทำงาน

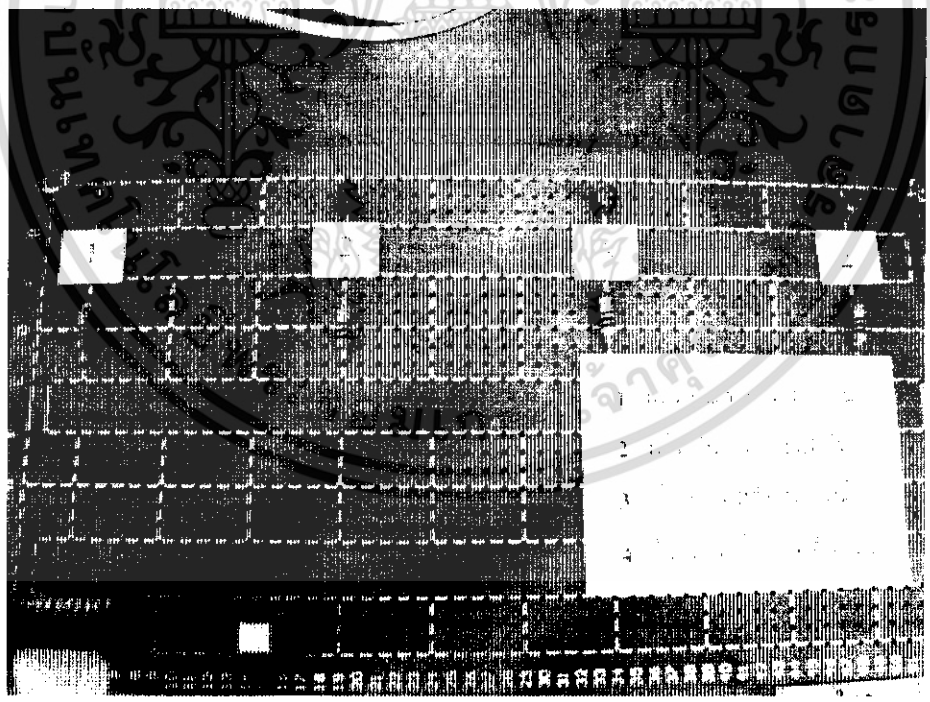
การทดลองการทำงานของวงจรจะใช้ฉากขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 6.10 โดยใช้วัสดุทดสอบขนาด 2×2.5 เซนติเมตรและ ขนาด 3×4 เซนติเมตร และขนาด 4×5.5 เซนติเมตร ผลที่ได้คือ ถ้าใช้วัสดุขนาดเดียวกันวงจรจะตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์วัสดุถูกต้อง แต่ถ้าวัสดุต่างชิ้นกันวงจรจะตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ต่างชิ้นกัน

รูปที่ 6.11 รูปผลงานที่เป็นต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

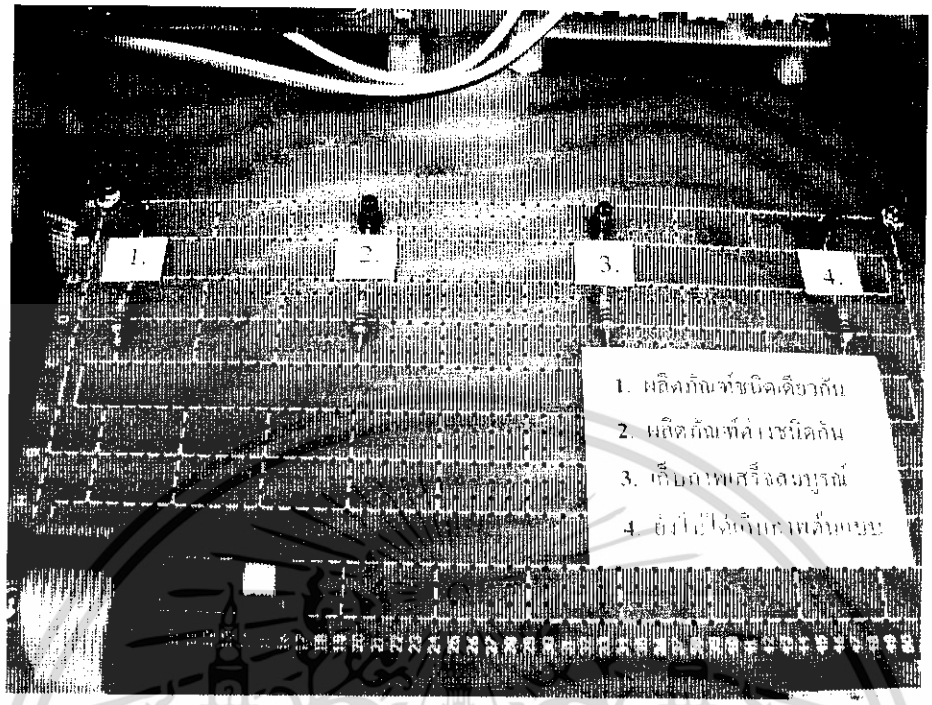


รูปที่ 6.12 รูปแสดงผลงานต้นแบบ

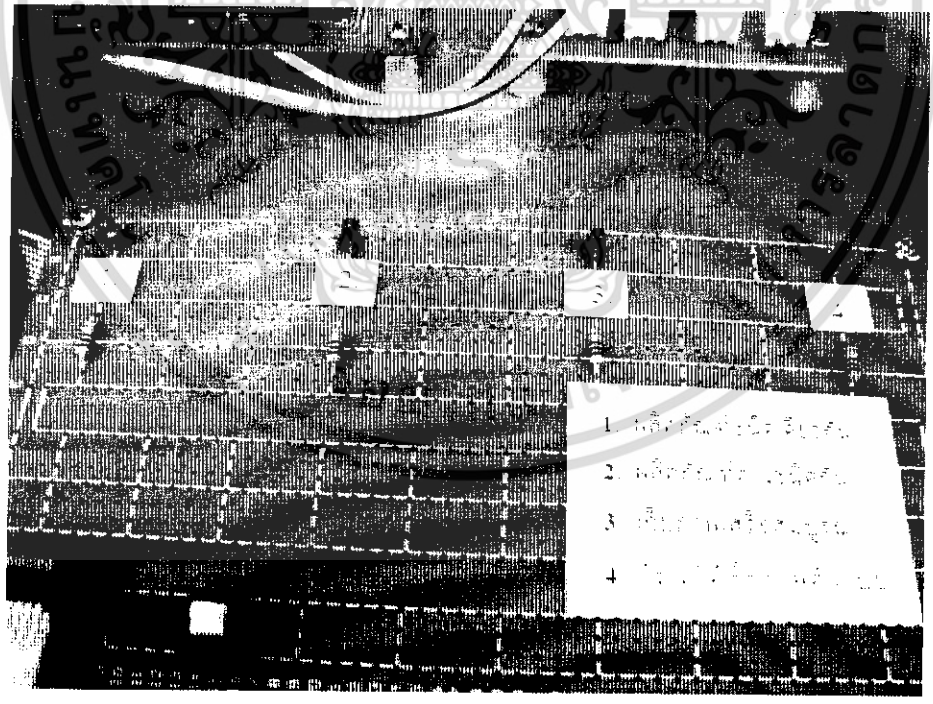


รูปที่ 6.13 แสดงการเตือนเมื่อยังไม่ได้เก็บภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

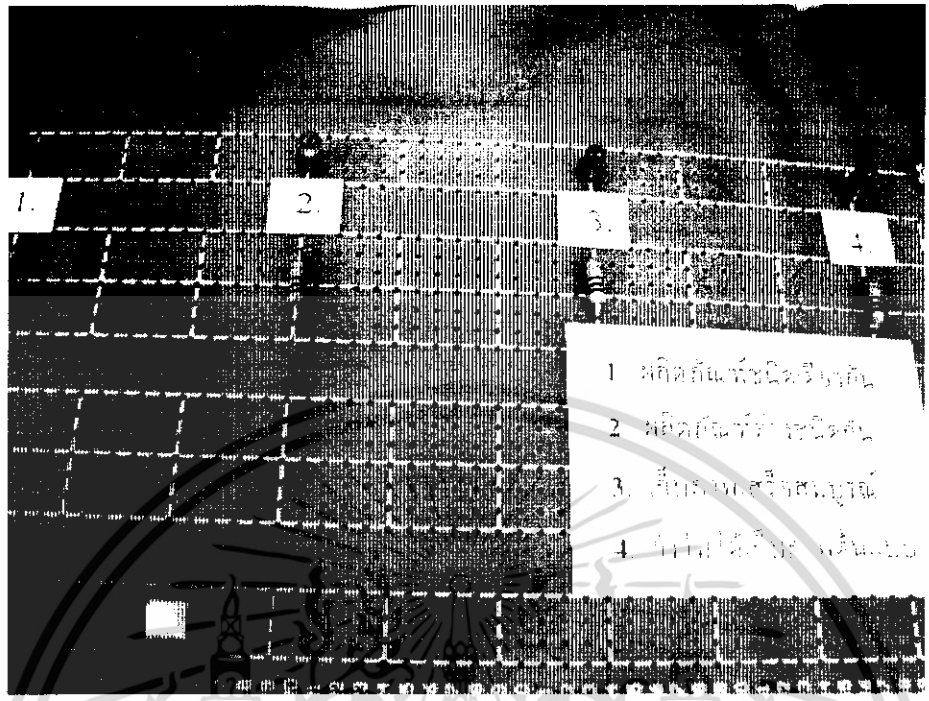


รูปที่ 6.14 แสดงการเตือนว่าเก็บข้อมูลภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 6.15 แสดงการเตือนว่าผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 แสดงการเตือนว่าผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบต่างไปจากต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทำการทดลองในโครงงานนี้ได้แสดงไว้ในบทที่ 6 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1 ส่วนของผลการวัดสัญญาณส่วนต่าง ๆ ของวงจรและ 2 ส่วนของการแสดงการทำงานจริง จึงแบ่งการสรุปผลการทดลองเป็น 2 ส่วนดังนี้

7.1 ผลการวัดสัญญาณส่วนต่าง ๆ ของวงจร

ผลการวัดสัญญาณส่วนต่าง ๆ ของวงจรที่ผ่านมาสามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน คือ ส่วนแรกคือผลการทดลองของวงจรแยกสัญญาณซิงค์ ส่วนที่สองคือผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลพบว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีความคล้ายกับสัญญาณอนาล็อกอินพุต ซึ่งเป็นสัญญาณวีดีโอ ส่วนที่สามคือผลการทดลองวงจรนับ ส่วนที่สี่คือผลการทดลองวงจรหน่วยความจำ และในส่วนสุดท้ายคือผลการทดลองวงจรส่วนควบคุมการทำงาน ซึ่งผลที่วัดได้มีรูปแบบตรงกับที่ออกแบบไว้ดังนั้นถือว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการแสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง

7.2 แสดงการทำงานของวงจร

การทดลองการทำงานของวงจรนี้ได้ใช้การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น โดยถ้ายังไม่มีการเก็บข้อมูลภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบจะมีการเตือนที่ LED หลอดที่ 4 เมื่อเก็บข้อมูลภาพเสร็จแล้วจะมีการเตือนที่ LED หลอดที่ 3 เมื่อภาพที่ตรวจสอบถูกต้องจะมีการเตือนที่ LED หลอดที่ 1 เมื่อภาพที่ตรวจสอบไม่ถูกต้องจะมีการเตือนที่ LED หลอดที่ 2

7.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

ปัญหาหลักในการทดลองก็คือ ปัญหาผลกระทบจากแสง ถ้าแสงจากสิ่งแวดล้อมรอบๆฉากเปลี่ยนไป จะต้องทำการกำหนดค่าเปรียบเทียบใหม่ เพราะแสงที่เปลี่ยนจะทำให้ค่าที่สุ่มแล้วนำไปเปรียบเทียบเปลี่ยนตามไปด้วย

วิธีการแก้ไขคือจะต้องทดลองในบริเวณที่มีแสงมีการเปลี่ยนน้อยที่สุดหรือ สร้างกล่องปิดที่ใช้ตรวจสอบโดยเฉพาะที่มีการติดหลอดไฟที่ให้แสงสว่างเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

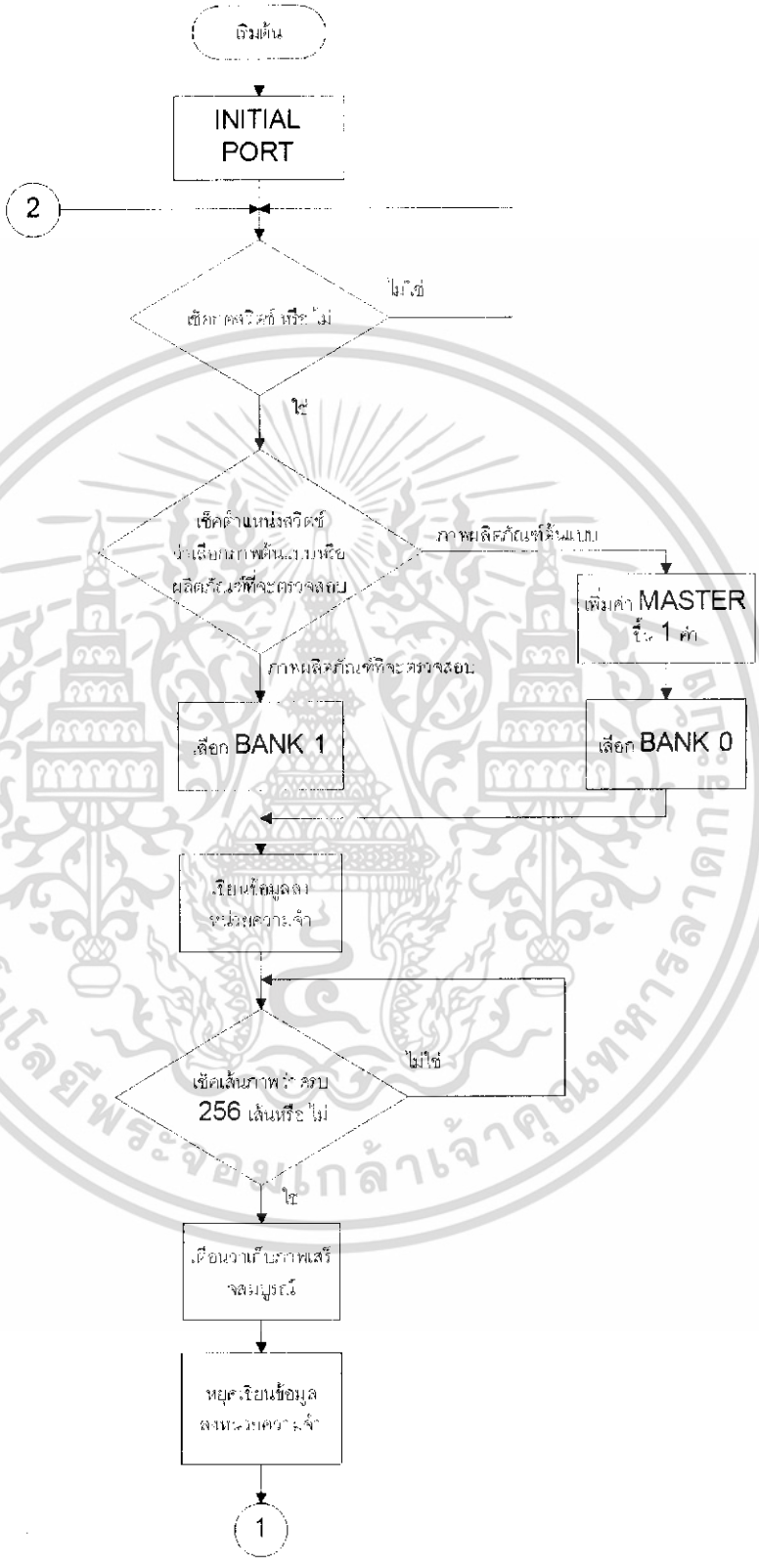
1. เจน สงสมพันธุ์ , นิคม อนันต์ทิพย์ , " เทคโนโลยีโทรทัศน์ " , สถาบันอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพฯ, หน้า 23-50 , 2535
2. ปรัชญนันท์ นิลสุข , " ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องรับโทรทัศน์เบื้องต้น " , บริษัท สำนักพิมพ์ ดวงกลม , 256 หน้า , 2541
3. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัท อินโนเวตีฟ เอกเพอริเมนต์ จำกัด, หน้า 23-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

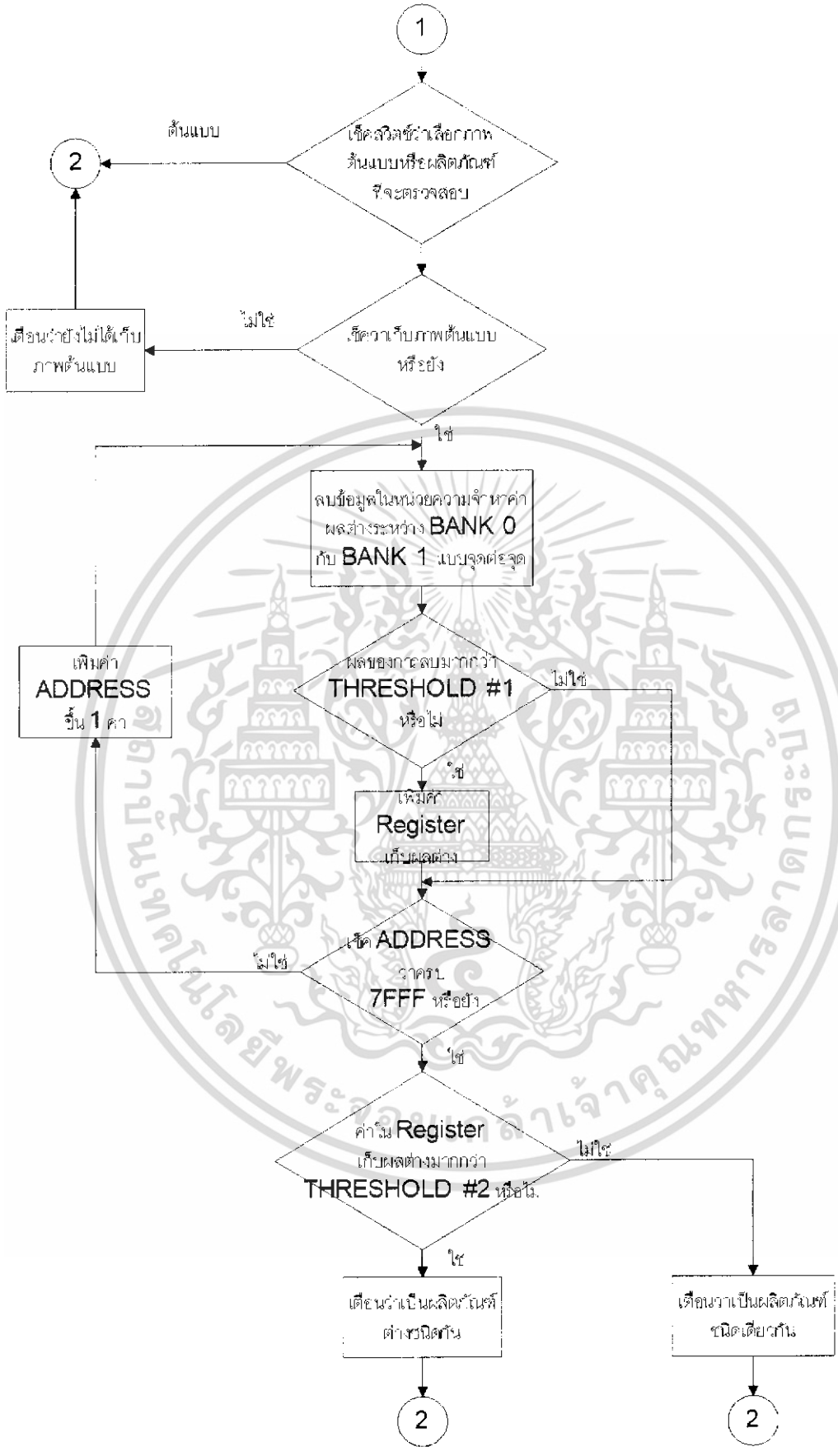
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยการประมวลผลภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยการประมวลผลภาพ

```
;*************************************************************
;PROGRAM        :PRPDUCT INSPECTION BY IMAGE PROCESSING
;DESCRIPTION    :CONTROL SWITCH & PROCESS IMAGE
;FOR            :MCS-51
;CREATE BY      :CHONLATHEE MAHAKKAPONG
; *************************************************************

; *************************************************************
;              DEFINE PORT,PIN AND USER REGISTOR
; *************************************************************

DATA_H          EQU   24H       ;DEFINE DATA_H  AT ADDRESS 24H
DATA_L          EQU   25H       ;DEFINE DATA_H  AT ADDRESS 25H
MASTER          EQU   26H       ;DEFINE MASTER AT ADDRESS 26H
LINE_256        BIT   P1.0      ;DEFINE LINE_256 EQUAL BIT PORT 1.0
SELEC_ADD       BIT   P1.1      ;DEFINE READ EQUAL BIT PORT 1.1
SELEC_DATA      BIT   P1.2      ;DEFINE WRITE EQUAL BIT PORT 1.2
SW_1            BIT   P1.3      ;DEFINE SW_1 EQUAL BIT PORT 1.3
SELEC_BANK      BIT   P1.4      ;DEFINE SELEC_BANK EQUAL BIT PORT 1.4
SW_2            BIT   P1.5      ;DEFINE SW_2 EQUAL BIT PORT 1.5
OUTPUT_1        BIT   P1.6      ;DEFINE OUTPUT_1 EQUAL BIT PORT 1.6
OUTPUT_2        BIT   P1.7      ;DEFINE OUTPUT_2 EQUAL BIT PORT 1.7
OUTPUT_3        BIT   P3.1      ;DEFINE OUTPUT_3 EQUAL BIT PORT 3.1
OUTPUT_4        BIT   P3.0      ;DEFINE OUTPUT_3 EQUAL BIT PORT 3.0
THRESHOLD_1     EQU   40H       ;DEFINE THRESHOLD_1 EQUAL 40H
THRESHOLD_2     EQU   10H       ;DEFINE THRESHOLD_2 EQUAL 10H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ***************************************************************
;                          MAIN PROGRAM
; ***************************************************************

                ORG   0000H             ;RESET VECTOR
                CLR   OUTPUT_1          ;CLEAR OUTPUT_1
                CLR   OUTPUT_2          ;CLEAR OUTPUT_2
                CLR   OUTPUT_3          ;CLEAR OUTPUT_3
                CLR   OUTPUT_4          ;CLEAR OUTPUT_4
                MOV   MASTER,#00H       ;CLEAR MASTER

CHECK_SW:       SETB  SW_1
                JB    SW_1,CHECK_SW     ;WAITING FOR READY
                CLR   OUTPUT_1          ;CLEAR OUTPUT_1
                CLR   OUTPUT_2          ;CLEAR OUTPUT_2
                CLR   OUTPUT_3          ;CLEAR OUTPUT_3
                CLR   OUTPUT_4          ;CLEAR OUTPUT_4

MAIN:           SETB  SW_2
                JB    SW_2,ADDRESS_1
                SJMP  ADDRESS_2         ;JMP TO ADDRESS_2

ADDRESS_1:      CLR   SELEC_BANK        ;SELECT ADDRESS BANK#0
                INC   MASTER            ;INCREMENT MASTER
                SJMP  WRITE             ;JMP TO WRITE

ADDRESS_2:      SETB  SELEC_BANK        ; SELECT ADDRESS BANK#1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ************************************************************
;              WRITE DATA INTO MEMMORY BY HARDWAER
; ************************************************************

WRITE:          CLR   SELEC_DATA      ;START FOR WRITING
                CLR   SELEC_ADD       ;SELECT ADDRESS FROM COUNTER

CHECK_LINE:     JNB   LINE_256,CHECK_LINE
                                      ;CHECK 256 LINE
                SETB  SELEC_DATA      ;STOP FOR WRITING
                SETB  SELEC_ADD       ;SELECT ADDRESS FROM
                                      ;MICROCONTROLLER
                MOV   DATA_H,#00H     ;CLEAR VALUE IN DATA_H
                MOV   DATA_L,#00H     ;CLEAR VALUE IN DATA_L
                SETB  OUTPUT_4        ;SHOW TO LED4
CHECK_MAS:      JB    SW_2,CHECK_SW
                CJNE  MASTER,#00H,LOOP1
                                      ;CHECK MASTER EQUAL 00H
                SETB  OUTPUT_1        ;SHOW TO LED1
                AJMP  CHECK_SW        ;JMP TO CHECK_SW

; ************************************************************
;              IMAGE BANK#0 SUB IMAGE BANK#1
; ************************************************************

LOOP1:          MOV   DPTR,#0000H     ;SET DATA POINTER = 0000H
LOOP2:          CLR   SELEC_BANK      ;LOAD IMAGE BANK#0
                MOVX A,@DPTR          ;LOAD DATA FROM EXTERNAL
                                      ;MEMORY INTO ACCUMULATOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   R0,A              ;LOAD ACC. TO R0

                SETB  SELEC_BANK        ;LOAD IMAGE BANK#1
                MOVX A,@DPTR            ;LOAD DATA FROM EXTERNAL
                                        ;MEMORY INTO ACCUMULATOR
                MOV   R1,A              ;LOAD ACC. TO R1

                INC    DPTR             ;INCLEMENT DPTR
                SUBB  A,R0              ;IMAGE BANK#0 SUB IMAGE BANK#1
                JC     SWAP_DATA        ;JMP TO SWAP_DATA
                SJMP   THRESHOLD        ;JMP TO THRESHOLD

SWAP_DATA:      MOV   A,R0              ;LOAD R0 TO ACC.
                SUBB  A,R1              ;IMAGE BANK#0 SUB IMAGE BANK#1


; ************************************************************
;               CHECK THRESHOLD#1
; ************************************************************

THRESHOLD:      SUBB  A,# THRESHOLD_1   ;DIFFERENCE IMAGE SUB
                                        ;THRESHOLD_1
                JC     INC_ADDRESS      ;JMP TO INC_ADDRESS
                LJMP   INC_PIX          ;JMP TO INC_PIX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ***************************************************************
;                    CHECK END OF IMAGE
; ***************************************************************

INC_ADDRESS:   MOV  R2,DPH            ;INCLEMENT ADDRESS
               CJNE R2,#04FH,LOOP2    ;CHECK FOR 32K ADDRESS
               MOV  R3,DPL            ;CHECK FOR 32K ADDRESS
               CJNE R3,#0FFH,LOOP2    ;CHECK FOR 32K ADDRESS
               LJMP COMPARE           ;JMP TO COMPARE

; ***************************************************************
;                    INCCREASE DIFFERENCE VALLUE
; ***************************************************************

INC_PIX:       CLR  A                 ;CLEAR ACCUMULATOR
               CLR  C                 ;CLEAR CARRY FLAG
               MOV  A,DATA_L          ;LOAD DATA_L TO ACC.
               ADD  A,#01H
               MOV  DATA_L,A          ;LOAD ACC. TO DATA_L
               MOV  A,DATA_H          ;LOAD DATA_H TO ACC.
               ADDC A,#00H
               MOV  DATA_H,A          ;LOAD ACC. TO DATA_H
               LJMP INC_ADDESS        ;JMP TO INC_ADDRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ***************************************************************
;                    CHECK THRESHOLD#2
; ***************************************************************

COMPARE:    CLR   A                    ;CLEAR  ACCUMULATOR
            CLR   C                    ;CLEAR CARRY FLAG
            MOV   A,DATA_H             ;LOAD DATA_H TO ACC.
            SUBB  A,# THRESHOLD_2      ;DIFFERENCE VALUE SUB
                                       ;THRESHLD_2
            JNC   SHOW                 ;JMP TO SHOW
            SETB  OUTPUT_2             ;SHOW TO LED2
            CLR   OUTPUT_4             ;CLEAR OUTPUT_4
            LJMP  CHECK_SW             ;JMP TO CHECK_SW

SHOW:       SETB  OUTPUT_3             ;SHOW TO LED3
            CLR   OUTPUT_4             ;CLEAR OUTPUT_4
            LJMP  CHECK_SW             ;JMP TO CHECK_SW
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้