สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ

Position Control for CCD Camera

จัดทำโดย

นายนคร สุทธิพงศ์พันธ์

นางสาวพัชรี พรพิทักษ์นันท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42682
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITION CONTROL FOR CCD CAMERA

MR.NAKHORN SUTTIPONGPUN

MS.PATCHAREE PORNPITAKNUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MACHELOR OF TECHNOLOGY ELECTRONICS

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ Position Control for CCD Camera
นักศึกษา	นายนคร สุทธิพงศ์พันธ์ รหัสประจำตัว 41013292 นางสาวพัชรี พรพิทักษ์นันท์ รหัสประจำตัว 41013305
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.นิกร สุขุตมตันติ อาจารย์บุญชนะ ภู่ระหงส์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.นิกร สุขุตมตันติ)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์บุญชนะ พู่ระหงส์)

_____กรรมการ
( )

_____กรรมการ
( )

_____กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ
Position Control for CCD Camera

นักศึกษา นายนคร สุทธิพงศ์พันธ์ รหัสประจำตัว 41013292
นางสาวพัชรี พรพิทักษ์นันท์ รหัสประจำตัว 41013305

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.นิกร สุขุตมตันติ
อาจารย์บุญชนะ ภู่ระหงส์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอวิธีการควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการจับภาพ ซึ่งเป็นการปรับทิศทางในการหาตำแหน่งของภาพที่ต้องการ โดยการใช้เซอร์โวมอเตอร์ช่วยในการปรับทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกา และในส่วนของการปรับมุมก้มและการปรับมุมเงย ซึ่งจะเป็นการควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งตามที่ต้องการสามารถนำไปติดตั้งในที่ ๆ ต้องการจับภาพทำให้ภาพที่ได้คมชัดมากยิ่งขึ้น หรือจะนำมาติดตั้งเข้ากับรางเพื่อที่จะให้การจับภาพมีบริเวณการหาตำแหน่งที่เหมาะสมมีบริเวณกว้างมากยิ่งขึ้น

วงจรที่ได้นำเสนอนี้ มีส่วนที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนของวงจรควบคุมและในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุม ซึ่งในส่วนของวงจรควบคุมนั้นจะประกอบด้วยวงจรที่ใช้ในการควบคุมเซอร์โวทั้งสองตัว และดีซีมอเตอร์อีกหนึ่งตัว ซึ่งวงจรจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เพื่อที่จะใช้ควบคุมมอเตอร์แต่ละตัว โดยแต่ละส่วนจะมีตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดและยังเป็นตัวกำหนดความเร็ว โดยผ่านวงจร ADC แยกการทำงานกันออกไปโดยตัวควบคุมที่ใช้ในการแยกการทำงานของวงจร ADC แต่ละตัวเราใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูลนี้มีหลายชนิดเราจึงเลือกใช้ ไมโครคอนโทรเลอร์ AT89C52 เป็นตัวแยกการทำงาน และในส่วนของโปรแกรมเราใช้โปรแกรม ASSEMBLY เป็นภาษาที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Position Control for CCD camera
Student	Mr. Nakhorn Suttipongpun ID 41013292
	Ms. Patcharee Pornpitaknun ID 41013305
Advisor	Assoc. Prof. Nikorn Sukutamatanti
	Mr. Boonchana Phurahong
Academic Year	2000

ABSTRACT

This thesis brings to submit the procedure which is tune direction in seek location at wanted by use servomotor helps tune go to left or right and help tune's the corner stoop and the corner look up which will Control Camera CCD. In seek location at wanted. It can bring install with rail for help to take picture has area seek location at appropriate that has area largest.

This circuit brings to submit. It has component that important two pieces. They are the piece of circuit and the piece of program the use control. Which the piece of circuit ,that will consisting of circuit that use control two servomotor and another DC motor which will divide in piece for will use control each piece. By each piece will has to resist adapt. It is select motion to go direction and the prescribe is fast by pass circuit ADC each piece. We use microcontroller in stock MCS-51 which microcontroller in this stock has kind. We choose to use microtroller AT89C52. It is divide work and in piece of program. We use the program ASSEMBLY. It is language that use in control work of microcontroller AT89C52.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์ จากภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม วิศวกรรมสารสนเทศ ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยให้ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานในครั้งนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ได้ไปติดต่อขอใช้สถานที่ ซึ่งมีส่วนในการที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากคู่มือฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายนคร สุทธิพงศ์พันธ์

นางสาวพัชรี พรพิทักษ์นันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทนำ ความเป็นมาและความสำคัญ	ซ
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	ซ
บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับ CCD กล้องวิดีโอตัวจิ๋ว	1
1.1 ความหมายของ CCD	2
1.2 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ	4
1.3 ลักษณะของกล้อง CCD ทั่วไป	5
1.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD	7
1.5 หลักการทำงานของ CCD	7
TRANSFERRING METHOD	11
FILED TRANSFER	17
การอ่านข้อมูลทางแนวนอน	18
PULSE SEQUENCES	19
วงจรขับ	20
แนวทางการใช้งาน	21
บทที่ 2 เซอร์โวมอเตอร์	22
2.1 เซอร์โวมอเตอร์	22
2.2 การปรับแต่งเซอร์โวมอเตอร์	25
2.3 การต่อตัวต้านทานเพื่อการปรับแต่ง	27
2.4 การคำนวณหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเซอร์โวมอเตอร์	27
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 แบบแฟลช	30
3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	30
3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	31
บทที่ 4 การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ	35
4.1 วงจรควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 37
4.3 วงจร ADC 38
4.4 วงจร L298 39
4.5 คำอธิบายโปรแกรมการทำงาน 40
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก ก 43
ภาคผนวก ข 52
ภาคผนวก ค 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงโครงสร้างทั่วไป และการทำงานของ CCD	2
1.2	แสดงรูปคลื่นของการหมุนเฟสที่มีความสัมพันธ์กันและลักษณะการถ่ายเทประจุ	3
1.3	รูปร่างลักษณะของอุปกรณ์ CCD ที่มีขนาด 1500x1500 พิกเซล	4
1.4	แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ CCD	5
1.5	รูปร่างลักษณะของกล้อง CCD	6
1.6	แสดงการถ่ายเทอิเล็คตรอนออกจากแหล่งเก็บเมื่อมีแสงมากเกินไป	8
1.7	แสดงการถ่ายเทอิเล็คตรอนไปสู่รีจิสเตอร์	9
1.8	ถ่ายเทเสร็จแล้ว	9
1.9	เตรียมพร้อมส่งต่อไป	10
1.10	แสดงผิวของ CCD	10
1.11	แสดงถึงการถ่ายเทอิเล็คตรอน	11
1.12	การส่งพัลส์เข้าสู่อิเล็คโทรด	12
1.13	การส่องแสงของ Silicon photo diode	13
1.14	การประจุด้วย Store packet (CCD)	13
1.15	เส้นการสแกนเป็นสัญญาณวิดีโอ	14
1.16	โครงสร้างของ NXA1010	15
1.17	โครงสร้างของ Frame transfer	16
1.18	ฟิลด์ของประจุ	17
1.19	ขอบข่ายของ Imaging และ storage	18
1.20	ลำดับของ drive pulse	19
1.21	วงจรขับ	20
1.22	แสดงการต่อใช้งานอย่างง่าย	21
2.1	แสดงการป้อนพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์	23
2.2	ลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น HS-300	24
2.3	การปรับแต่งเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนอย่างอิสระ	26
2.4	แสดงการต่อตัวต้านทานภายในเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในการปรับแต่ง	27
3.1	โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	31
3.2	การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	33
4.1	วงจรควบคุมการแพนกล้อง CCD โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2	แสดงการต่อใช้งานของพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52	37
4.3	แสดงการทำงานของวงจร ADC	39
4.4	แสดงการทำงานของวงจร L298	40
4.5	แสดงโฟลชาร์ตการทำงานของโปรแกรม	41
ก.	ลายทองแดงด้านบน	44
ข.	ลายทองแดงด้านล่าง	45
ค.	ลายทองแดงทั้งด้านบนและด้านล่าง	46
ง.	ตำแหน่งของการลงอุปกรณ์	47
จ.	การลงอุปกรณ์พร้อมลายทองแดง	48
ฉ.	ด้านหน้าของเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD	49
ช.	ด้านหลังของเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD	49
ซ.	การวางอุปกรณ์ภายในเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD	50
ฌ.	รูปการติดตั้งกล้อง CCD เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์	51
ญ.	การต่อเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD เข้ากับรางขับเคลื่อน	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันประโยชน์ใช้สอยของกล้อง CCD ขนาดจิ๋วต่างๆ ได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ กันไปอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการนำมาในงานในระบบรักษาความปลอดภัย หรือไม่ว่าจะเป็นงานบันเทิงทางภาพด้านอื่นๆ ก็นำกล้อง CCD ขนาดจิ๋วนี้มาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง สาเหตุที่เป็นเช่นนั้น เพราะกล้อง CCD ขนาดจิ๋วรุ่นมาตรฐาน (ไม่สามารถซูมเลนส์ได้ แต่สามารถปรับโฟกัสได้) ได้มีราคาตกลงมาก แต่สำหรับรุ่นที่สามารถซูมได้นั้น ราคายังค่อนข้างที่จะสูงอยู่ ซึ่งกล้อง CCD ในรุ่นที่ไม่มีฐานสำหรับการแพนกล้อง (ปรับทิศทาง) นั้นค่อนข้างจะนำมาใช้งานได้อย่างไม่กว้างขวางมากนัก เพราะติดตั้งคงที่ตำแหน่งเดิมตลอดไม่สามารถส่ายเพื่อหาตำแหน่งการจับภาพได้ ดังนั้นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงเป็นทางออกที่ดี และราคาไม่แพงสำหรับการสร้างการหาตำแหน่งการจับภาพด้วยการปรับทิศทาง

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์หลักของการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เพราะเป็นทางออกที่ดี และราคาไม่แพงสำหรับการสร้างการหาตำแหน่งการจับภาพโดยใช้กล้อง CCD ขนาดจิ๋ว ที่ปรับทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา และทิศทางมุมต่ำและมุมสูง เพื่อที่จะมีประโยชน์การใช้งานที่กว้างขึ้น และเหมาะสำหรับให้ผู้ควบคุมเฝ้าคอยสแกนหาภาพในแต่ละลักษณะการใช้งาน และยังสามารถที่จะใช้งานที่มีการบันทึกภาพเก็บไว้โดยการต่อเข้ากับวิดีโอบันทึกภาพ ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เราจะเน้นถึงการหาตำแหน่งการจุบภาพในห้องประชุม ห้องเรียน หรือห้องสัมมนาต่างๆ เพื่อที่จะไม่รบกวนการฟังคำบรรยายของผู้ที่เข้าร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ความรู้เกี่ยวกับ CCD กล้องวิดีโอตัวจิ๋ว

อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่เป็นตัวทำการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงไปสู่พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปเข้าสู่ระบบอิมเมจโปรเซสซิ่ง ซึ่งถ้าพิจารณาดูแล้วอุปกรณ์จำนวนนี้มีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน แต่ CCD มีคุณสมบัติไม่ธรรมดา ไม่มีการใช้ปืนอิเล็กตรอนมาเป็นส่วนประกอบ แต่กลับใช้การเปลี่ยนเฟสมาควบคุมการทำงานแทน

จุดเริ่มต้นของการนำมาใช้งานของอุปกรณ์ CCD คืองานทางด้านดาราศาสตร์ เมื่อประมาณศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการนำอุปกรณ์ CCD มาใช้งานแต่ทั้งนั้นก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าใดนัก เพราะว่านักดาราศาสตร์ในขณะนั้นยังมีความรู้ความเข้าใจที่จะนำอุปกรณ์ CCD มาใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ก็มีการคิดค้นจนประสบความสำเร็จ นั่นคือกล้องโทรศาสตร์ (Telescope) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการนำเอาอุปกรณ์ CCD มาทำงานร่วม และประดิษฐ์กรรมใหม่ที่พลิกประวัติศาสตร์ของวงการได้ คือกล้องดังกล่าว สามารถที่จะถ่ายภาพของดวงดาวที่มีแสงสลัว ๆ ได้อย่างชัดเจน ซึ่งปกติสายตาของมนุษย์เราไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ ถึงแม้ว่าจะใช้กล้องดูดาวขนาดใหญ่ก็ตาม

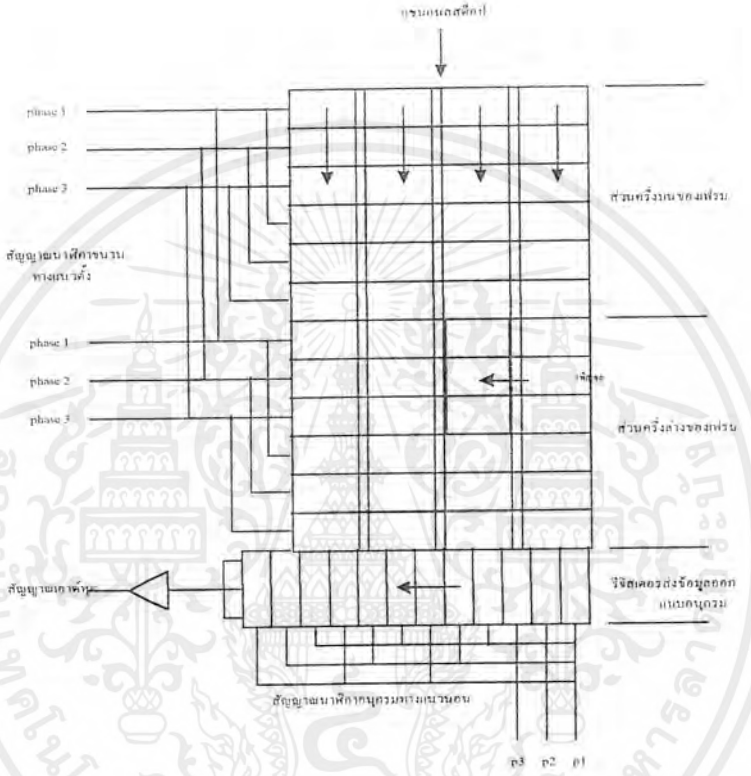
อุปกรณ์ CCD ได้รับความนิยมมาโดยตลอดจนถึงปัจจุบันนี้ และราคานั้นก็ถูกลง ในปัจจุบันจึงมีการนำเอาอุปกรณ์ CCD มาใช้งานด้านถ่ายภาพอย่างแพร่หลาย เช่น ในกล้องถ่ายรูป กล้องโทรทัศน์ จนกระทั่งกล้องวิดีโอขนาดเล็ก เป็นต้น อุปกรณ์ CCD มีความพิเศษจากอุปกรณ์อื่นในตระกูลเดียวกันหลายประการ อาทิเช่น มีย่านการตอบสนองต่อความยาวคลื่นได้กว้าง มีช่วงไดนามิกเรนจ์กว้าง และเก็บรายละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อครั้งก่อนการถ่ายภาพต้องใช้เวลานานมาก และภาพที่ได้ออกมาก็ไม่ชัดเจน โดยเฉพาะในส่วนที่มีแสงสว่างน้อย แต่เมื่อนำเอาอุปกรณ์ CCD มาใช้งานกลับทำให้ภาพที่ได้มีความไวต่อแสงสว่างน้อย ๆ ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความหมายของ CCD

CCD หรือ Charge – Coupled Device อุปกรณ์ CCD ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว ซึ่งในขณะนั้นยังอยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์หน่วยความจำรอม (Random access memory: ROM) แต่อุปกรณ์ CCD มีประโยชน์การนำไปใช้งานมากกว่านั้น ซึ่งเป็นได้ทั้งดีเลย์ไลน์, ส่วนประมวลผลสัญญาณ และที่สำคัญที่สุดคือ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่มีประสิทธิภาพสูง



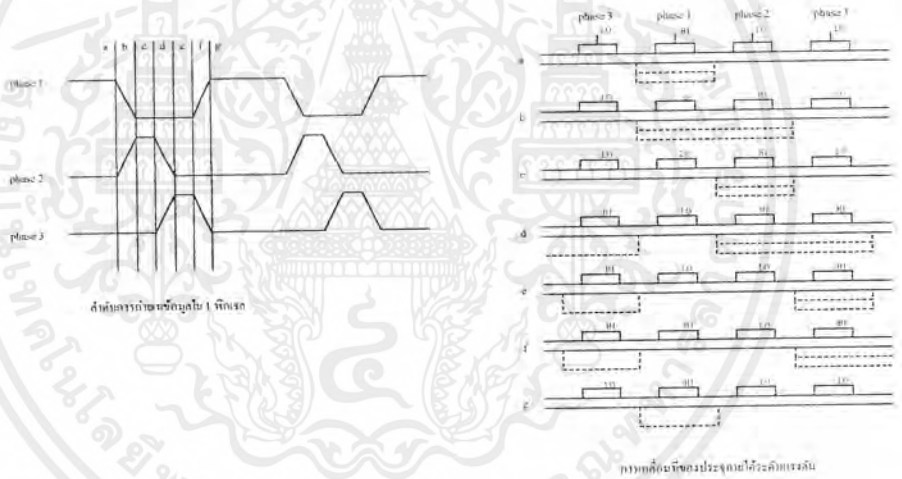
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างทั่วไปและการทำงานของ CCD

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทั่วไป และการคัปปลิ้งสัญญาณของอุปกรณ์ตัวนี้ จะเห็นได้ในทันทีว่ามีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนเล็ก ๆ มาก ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนนั้นเรียกว่า พิกเซล (Pixel) ถ้าสังเกตจากโครงสร้างแล้ว จะเห็นได้ว่า CCD ไม่มีการแบ่งแต่ละพิเซลออกเป็นตำแหน่งแอดเดรสเหมือนในหน่วยความจำชนิดอื่น ๆ แต่มีการแบ่งออกเป็นแถว (Row) และหลัก (Column) โดยมีส่วนคั่นกลางที่เรียกว่า แชนแนลสต๊อป (Channel Stop) กั้นระหว่างแต่ละหลักอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในแต่ละพิกเซลจะมีประจุอยู่ตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดภาพ และจะมีการถ่ายเทเมื่อมีแสงมาตกกระทบการถ่ายเทก็ย่อมมีตัวพา หรือยึดเหนี่ยว ซึ่ง CCD ใช้หลักการหมุนเฟส (Phase clock voltages) มาใช้

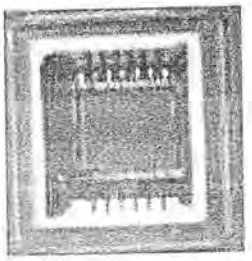
แต่ละแถวจะมีการกำหนดสถานะทางไฟฟ้าด้วยการหมุนเฟส 3 เฟส ที่มีความสัมพันธ์กันของช่วงเวลา และแรงดันและด้วยการทำงานเช่นนี้ ประจุจากแต่ละพิกเซลจึงมีการถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อประจุเคลื่อนที่มาจนถึงสุดขอบของแถวแล้วนั้น ก็จะมีการส่งผ่านข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ เมื่อรีจิสเตอร์รับข้อมูลที่ถูกส่งมานั้น ก็จะนำสัญญาณที่ถูกส่งมาส่งผ่านมาสู่ภายนอก โดยการทยอยข้อมูลแบบอนุกรมของรีจิสเตอร์ และถูกควบคุมด้วยการหมุนเฟสเดียวกัน ดังนั้นผลของการหมุนเฟสทั้งทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง จึงสามารถให้เห็นในรูปที่ 1.2 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของรูปคลื่นของแต่ละเฟสที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุเมื่อมีการถ่ายเท



รูปที่ 1.2 แสดงรูปคลื่นของการหมุนเฟส ที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการถ่ายเทประจุ

ในส่วนของความละเอียดของภาพ และความไวต่อแสงสว่างน้อย ๆ นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนของพิกเซลบนตัว CCD ซึ่งมีให้เลือกหลายขนาดความต้องการ ตั้งแต่ 385x578, 1500x1500, 2048x2048 พิกเซล เป็นต้น และราคาของแต่ละขนาดก็แตกต่างกันออกไป ยิ่งมีจำนวนของพิกเซลมากเท่าใดราคาก็จะยิ่งสูงขึ้น และประสิทธิภาพในการทำงานก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น แสดงให้เห็นในรูปที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 รูปร่างลักษณะของอุปกรณ์ CCD ที่มีขนาด 1500x1500 พิกเซล

1.2 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ

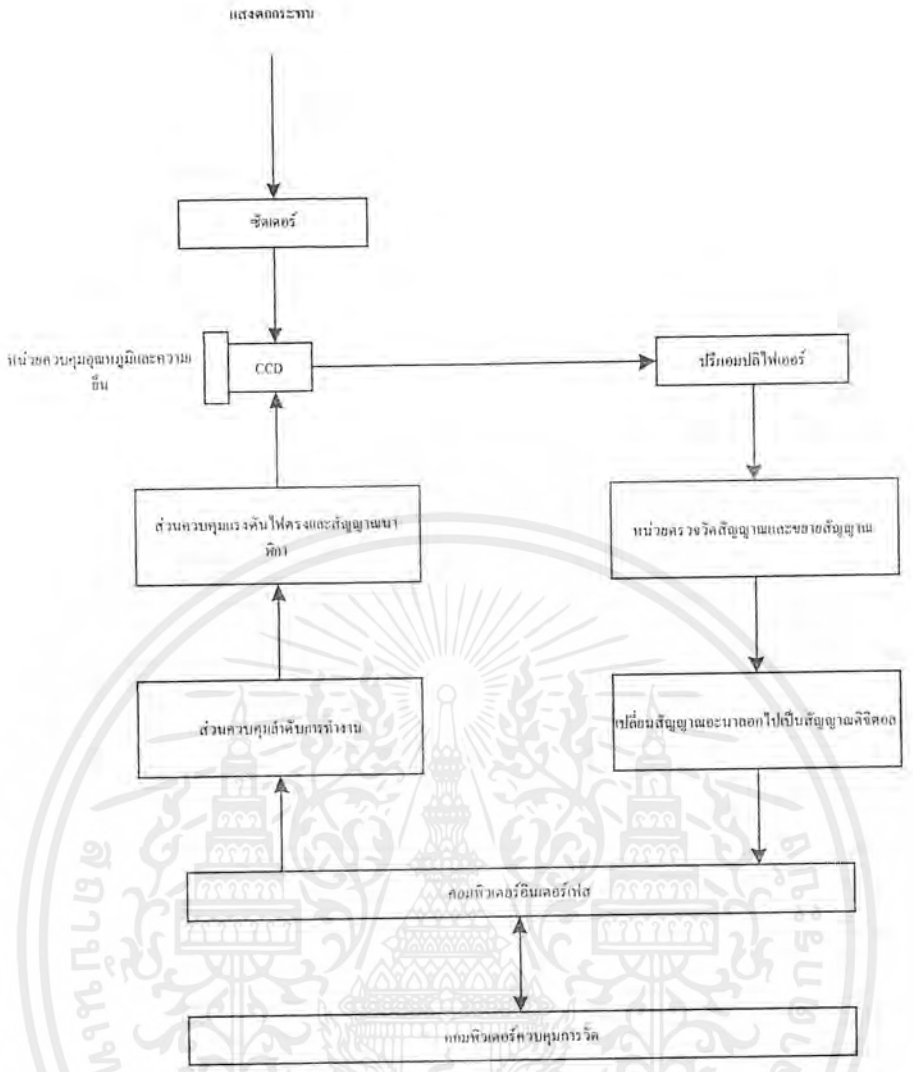
โดยปกติอุปกรณ์ CCD สามารถทำงานได้ด้วยอุณหภูมิห้องปกติ (Room temperature) สำหรับใช้ในงานถ่ายภาพที่มีแสงพอประมาณ เช่น การถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทัศน์ กล้องถ่ายรูป และกล้องวิดีโอ ซึ่งก็ทำงานได้เป็นอย่างดี แต่โดยทั่วไปอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิดโดยเฉพาะจำพวกสารกึ่งตัวนำ มักมีการรั่วไหลของกระแสส่วนน้อย ๆ เกิดขึ้น CCD ก็เช่นกัน

การถ่ายภาพดวงดาวที่มีแสงสว่างน้อย ๆ นั้น จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงกระแสรั่วไหลในส่วนนี้ เพื่อให้ CCD สามารถเก็บแสงได้ดีที่สุด วิธีแก้ไขก็คือ พยายามลดอุณหภูมิให้ต่ำมาก ๆ ประมาณ 120 องศาเซลเซียล โดยใช้ไนโตรเจนเหลวให้ความเย็นอย่างรุนแรงกับ CCD กระแสรั่วไหลจะลดความสูญเสียเหลือเพียง 1 อิเล็กตรอนต่อชั่วโมงต่อพิกเซล ในขณะที่มีความจุอิเล็กตรอนสูงถึง 100,000 อิเล็กตรอนต่อพิกเซล

นอกจากนี้การแก้ปัญหาเนื่องจากกระแสรั่วไหลแล้ว ยังต้องมีส่วนอื่นอีกมากมายประกอบอยู่ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 1.4 ซึ่งประกอบด้วย

- ส่วนประกอบของระบบชัตเตอร์ ที่ใช้ทำงานด้วยเครื่องกลไฟฟ้าควบคุมคอมพิวเตอร์ ซึ่งควบคุมการตั้งเวลาเปิดหน้ากล้อง
- ส่วนของวงจรขยายและจัดสัญญาณ
- ส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อการอินเตอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- ส่วนของวงจรกำเนิดแรงดันไบแอสไฟตรงและสัญญาณนาฬิกา เพื่อควบคุมการทำงานของ CCD ซึ่งก็ถูกคอมพิวเตอร์ควบคุมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ CCD

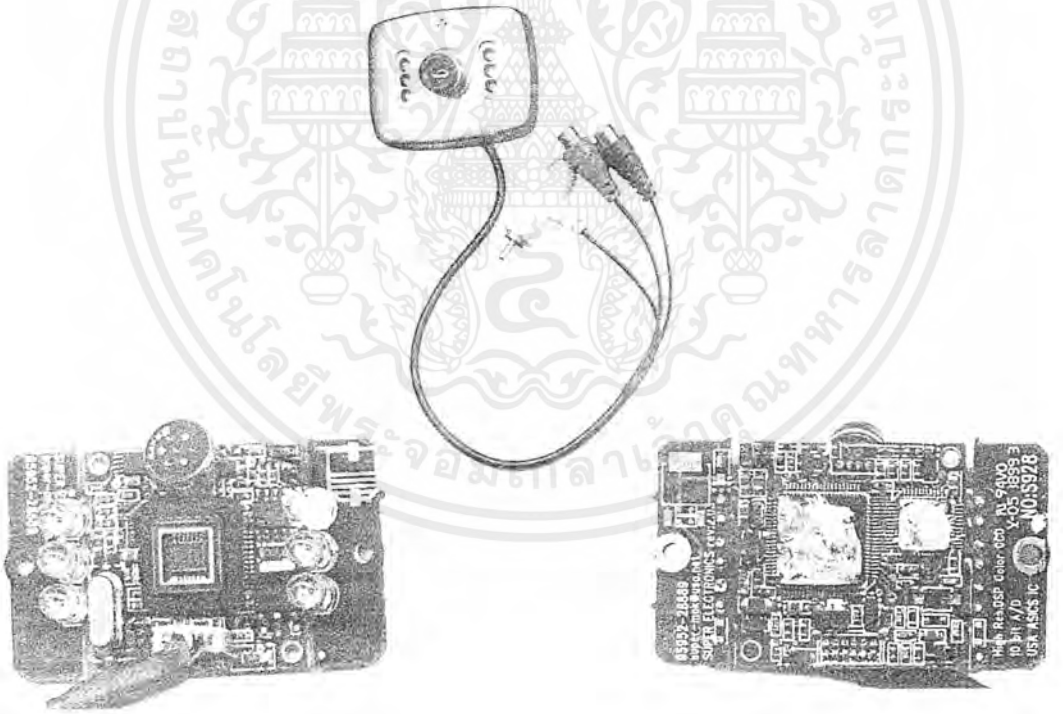
1.3 ลักษณะของกล้อง CCD โดยทั่วไป

สำหรับรูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของกล้อง CCD จิ๋วนั้น ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 1.5 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างลักษณะภายนอกทั่วไปของกล้อง CCD จิ๋ว ซึ่งมีความสะดวกมากในการนำไปติดตั้งใช้งาน เพราะมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 27 กรัมเท่านั้น ความสามารถของเลนซ์กล้อง CCD นี้ สามารถทำงานได้ภายใต้ความสว่างของแสงที่ต่ำเพียง 0.1 ลักซ์ได้และถ้าหากประกอบด้วยอุปกรณ์ส่องแสง Infrared ร่วมก็จะสามารถทำให้เลนซ์กล้อง CCD นี้มองเห็นได้ในที่มืด นั้นเป็นคุณสมบัติของเลนซ์ที่ตาของมนุษย์เรานั้นไม่สามารถมองเห็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของม่านรับภาพในกล้องเป็นแบบ อัตโนมัติ (Auto iris) โดยมีความเร็วในการ ปิด – เปิด หน้ากล้องแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่ 1/50 และ 1/120000 วินาที ทำให้การรับภาพออกมาแสดงทางจอมอนิเตอร์เป็นไปอย่างนุ่มนวล และละเอียดไม่มีการกระพริบของภาพ เมื่อออกจากตัวกล้อง แต่อาจจะเกิดจากตัวมอนิเตอร์เองได้ เอาท์พุทของสัญญาณภาพที่ได้จากกล้อง CCD นี้สามารถที่จะต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุตของจอมอนิเตอร์ได้โดยตรง หรือต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุต (Video Input) ของเครื่องเล่นวิดีโอเทปก็ได้ เช่นกัน แต่สำหรับการต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟอินพุต (RF Input) ของทั้งโทรทัศน์และเครื่องเล่นวิดีโอนั้นจะต้องนำเอาสัญญาณวิดีโอเอาท์พุตของกล้องไปผ่านวงจรวิดีโอมอดูเลเตอร์ (Video Modulator) เสียก่อนจึงจะต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟดังกล่าวได้

ส่วนคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ของกล้อง CCD จิ๋วนั้น ก็ยังมีอีกหลายส่วนคือ ความแรงของสัญญาณภาพเอาท์พุตของกล้องเท่ากับ 10 โวลท์พีกทูพีกที่ 75 โอห์ม เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ อัตราการสแกนแบบอินเตอร์เลซ 2:1 และอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (s/n ratio) เท่ากับ 50 เดซิเบล รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองกำลังงานขณะทำงานสูงสุดที่ 150 มิลลิแอมป์ นอกจากนั้นแล้วตัวเลนซ์ก็สามารถที่จะปรับตั้งระยะไปโฟกัสได้ด้วยมือนั้น คือมีสกรูสำหรับปรับตั้งระยะโฟกัสได้



รูปที่ 1.5 ก. รูปทางด้านหน้า

รูปที่ 1.5 ข. รูปทางด้านหลัง

รูปที่ 1.5 รูปร่างลักษณะของกล้อง CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD

- ทำงานได้ด้วยระดับแรงดันไฟเลี้ยง 10 ถึง 13 โวลท์
- เป็นกล้องโทรทัศน์แบบสี
- มีความละเอียดของสัญญาณภาพสูงโดยมีเส้นสแกนแบบเดียวกับโทรทัศน์
    - เส้นสแกนทางแนวนอน 537 เส้น
    - เส้นสแกนทางแนวตั้ง 597 เส้น
- ความถี่ในการสแกนก็อยู่ในมาตรฐานเดียวกับของโทรทัศน์และตามมาตรฐานของ CCIR
    - ความถี่สแกนแนวนอน 15.625 กิโลเฮิตรซ์
    - ความถี่สแกนแนวตั้ง 50 เฮิตรซ์
- เลนซ์ของกล้องเป็นแบบเลนซ์กว้างโดยมีมุมกว้างของเลนซ์
    - แนวตั้ง 55 องศา
    - แนวนอน 74 องศา
    - มุมตรง 92 องศา
- ย่านอุณหภูมิพอเหมาะในการทำงาน +50 ถึง –10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95%
- ความเร็วของชัตเตอร์ 1/50 – 1/120,000 วินาที
- น้ำหนัก 90 กรัม

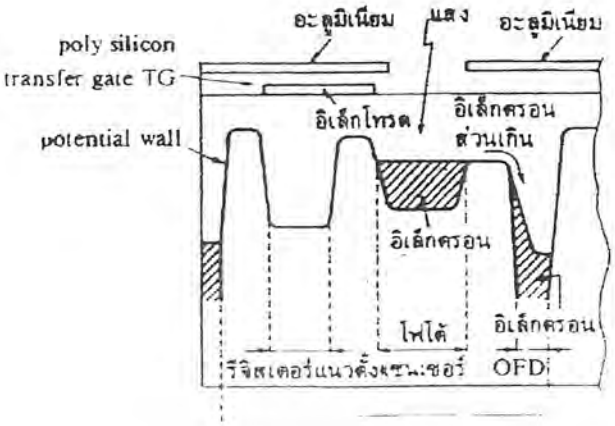
1.5 หลักการทำงานของ CCD

หลักการทำงานของกล้อง CCD แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1.5.1 การกำเนิดอิเล็กตรอนจากแสงที่ตกกระทบ

แสงที่รับเข้ามานั้นจะถูกอิลีเมนต์ภายในเปลี่ยนกลับเป็นอิเล็กตรอน และปริมาณของมันจะเป็นปฏิภาคต่อความเข้มของแสง แผ่นซิลค์อะลูมินั่ม (Al) ของอิลีเมนต์ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 1.6 ถึงรูปที่ 1.9 ซึ่งเป็นการแสดงถึงหน้าที่การทำงานที่กำบังแสงที่ส่งผ่านเข้ามาไม่ให้แผ่กระจายไปบริเวณอื่น นอกจากหน่วยโฟโต้เซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 แสดงการถ่ายเทอิเล็กตรอนออกจากแอ่งเก็บ เมื่อมีแสงมากเกินไป

1.5.2 การเก็บอิเล็กตรอน (Store)

ข้อแรงดันแต่ละหน่วย (Potential Wall) แสดงในรูปที่ 1.6 ที่ก่อให้เกิดขึ้นภายในนั้น จะเห็นว่าอิเล็กตรอนเหล่านี้ จะถูกเก็บอยู่ในข้อ และถึงแม้ว่าบางครั้งจะมีปริมาณเกินก็ตามแต่ตัวชิพ CCD สามารถจัดการได้ คิดว่าข้อแรงดันตื้น (Shallow potential wall) ของโฟโต้เซนเซอร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ (Flexible) คือ มีการกระทำเหมือนเขื่อนที่กักอิเล็กตรอน เมื่อมีอิเล็กตรอนมากเกินควร เนื่องจากแสงสว่างจ้ามาตกกระทบ อิเล็กตรอนก็จะล้นผ่านลงสู่ข้างที่ระบาย (Over drain) ใช้ตัวย่อ OFD เพื่อขจัดปัญหาภาพเป็นเงา ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอกับกล้องถ่ายภาพชนิดหลอด ด้วยวิธีดังกล่าวนี้ จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดจะถูกกำจัดให้เท่ากันตลอด

1.5.3 การถ่ายเทอิเล็กตรอน (Electron transfer)

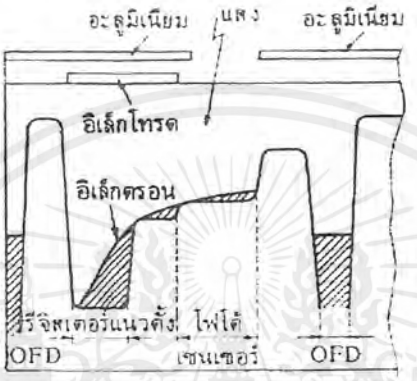
ขณะที่มีแรงดันไฟป้อนให้แก่อิเล็กโทรดของอิลีเมนต์ (Poly silicon gate) ส่วนลึกของข้อแรงดันภายใต้ของข้างอิเล็กโทรดจะเพิ่มขึ้น ฉะนั้นอิเล็กตรอนที่ถูกกักเก็บไว้นั้นเริ่มจะถ่ายลงมาให้กับรีจิสเตอร์ทางแนวตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.6 และรูปที่ 1.7 ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับประตูเขื่อนถูกเปิดออก ขณะที่จำนวนอิเล็กตรอนถูกถ่ายออกหมดแล้ว ไฟที่ป้อนให้กับอิเล็กโทรด (TG) จะหยุดด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.9

ความลึกของข้อรีจิสเตอร์แนวตั้ง ก็จะลดน้อยลงหรือตื้นกลับคืนมาเหมือนเดิม ด้วยเหตุนี้เอง การถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโฟโต้เซนเซอร์ไปสู่เวอร์ติเคิล รีจิสเตอร์ได้สิ้นสุดลงระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในอยู่ จะยังไม่มีการกำเนิดอิเล็กตรอนใหม่ ถึงแม้ว่าโฟโต้เซนเซอร์ขณะนี้ กำลัง

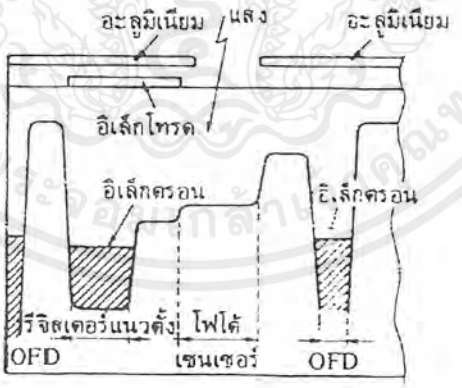
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับแสงอยู่ก็ตามนั้นเพราะว่าความเร็วในการถ่ายเทนั้นสูงกว่าการเกิดอิเล็กตรอน สรุปได้ว่า คุณสมบัติของ CCD ปราศจากปัญหาเกี่ยวกับการเผาไหม้และภาพที่เป็นดาวหาง เป็นต้น

ทั้งสามขั้นตอนนี้เป็นการแสดงพื้นฐานการทำงานของ CCD Image Sensor การรับแสงสว่างที่ตกมากระทบเข้ามาแล้วกำเนิดเป็นกระแสอิเล็กตรอนเสร็จแล้วเก็บไว้ สุดท้ายอิเล็กตรอนที่เก็บไว้นั้น ถ่ายเทผ่านรีจิสเตอร์แนวตั้ง และรีจิสเตอร์แนวนอนแล้วส่งกระแสไฟฟ้าเป็นเอาท์พุตออกไป

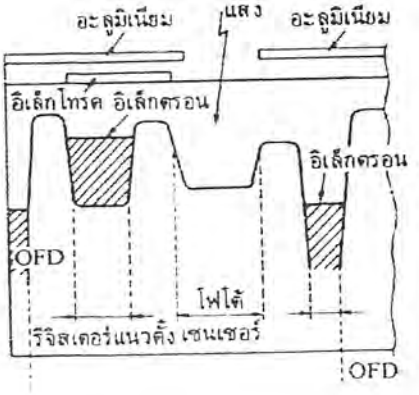


รูปที่ 1.7 แสดงการถ่ายเทอิเล็กตรอนไปสู่รีจิสเตอร์

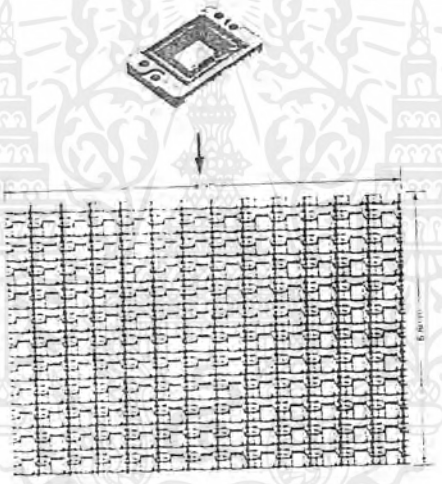


รูปที่ 1.8 ถ่ายเทเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.9 เตรียมพร้อมส่งต่อไป



รูปที่ 1.10 แสดงผิวของ CCD

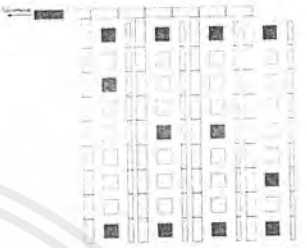
รูปที่ 1.10 เป็นโครงสร้างระบบอินเตอร์ไลน์ทรานเฟอร์ (Interline Transfer) ยี่ห้อ โซนี่ หรือ เอ็นจีซี เป็นแห่งแรกที่นำมาใช้เชิงพาณิชย์ เป็น VLSI ซึ่งมีเซลอิเล็กเมนต์ของภาพกว่า 250,000 หน่วย แต่ใช้พื้นที่โฟโต้เซนซิ่งเพียง 8.8 x 6.6 มิลลิเมตร เท่านั้น โดยเฉพาะรูปที่ 1.10 นั้นเป็นการเขียนเจาะจงกลับเพื่อส่งในสะดวกกับผู้อ่านสามารถมองเห็นการฉายแสงลงบนพื้นที่ CCD นั้นเหมือนกับการปรากฏบนจอมอนิเตอร์อย่างละเอียด กล่าวคือ โครงสร้างพื้นที่ของชิพรีจิสเตอร์แนวตั้ง แต่ละเส้นเชื่อมต่อประสานกับชิพรีจิสเตอร์แนวนอน นั่นเอง ข้อเสนอพิเศษทางเทคนิคก็คือ ลดอาการภาพ Smear ระบาดในตัว CCD ได้อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

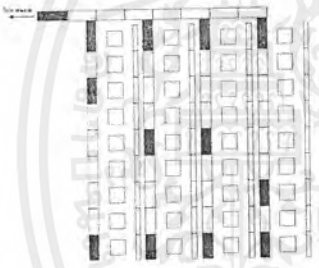
TRANSFERRING METHOD

สิ่งที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้ ว่าถึงอิเล็กตรอนที่กำเนิดการถ่ายเทให้กับ Vertical shift register นั้นเปรียบเทียบกับถนนและกลุ่มของอิเล็กตรอนที่กำลังถ่ายเทนั้น เคลื่อนที่ เหมือนกับรถบนถนน ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปอย่างมีลำดับต่อเนื่องกันตลอด ดังแสดงในรูปที่ 1.11 ตามลำดับ สัญญาณทั้งหมดจะส่งไปเข้าปรีแอมป์แบบชิพเดี่ยว

รูปที่ 1.11 ก.



รูปที่ 1.11 ข.



รูปที่ 1.11 ค.

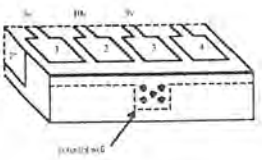
รูปที่ 1.11 ง.

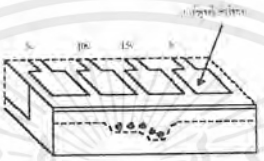
รูปที่ 1.11 จ.

รูปที่ 1.11 แสดงถึงการถ่ายเทอิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำแล้วการประจุนั้นไม่ใช่คอนเดนเซอร์ แต่ประจุอยู่ในเนื้อที่ของชั้น Wafer ที่รู้จักกันในชื่อของ Potential wall เกิดขึ้นโดยการส่งพัลส์เข้าสู่อิเล็กโทรด ซึ่งมันจะเคลื่อนที่ไปตามผิวหน้าของชิ้นส่วนดังแสดงในรูปที่ 1.12



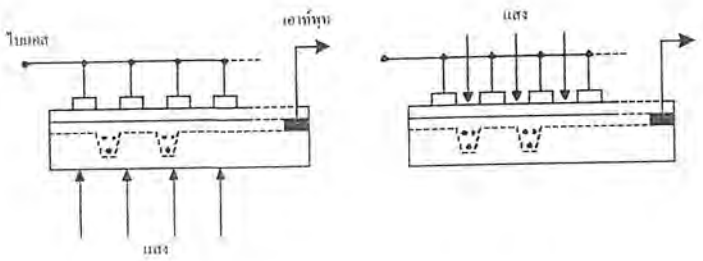


รูปที่ 1.12 การส่งพัลส์เข้าสู่อิเล็กโทรด

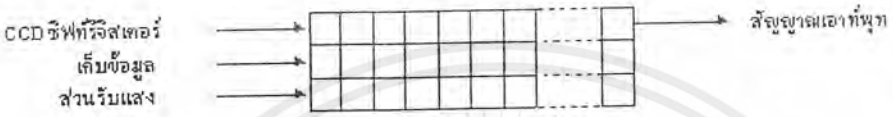
เมื่อชิ้นส่วนที่ทำการประจุได้รับแสง ก็จะประจุ ซึ่งเท่ากับครั้งละ 1 ฟิลด์นั่นเอง เสร็จแล้ว จะถูก Shift ผ่านไปตามชิ้นส่วนของ CCD ตามลำดับ ทำให้เกิดการประจุ และการคายประจุที่ Potential wall ที่ต่ออันดับกันอยู่ เช่น ที่อิเล็กโทรดตัวที่สองมีไบแอส 10 โวลต์ ตามรูปที่ 1.12 เนื่องมาจากมันมีศักย์บวกสูงกว่าอิเล็กโทรดข้างเคียง หน่วยชาร์จก็จะเกิดการประจุใน wall ถ้าอิเล็กโทรดตัวที่สามได้รับไบแอส 15 โวลต์ wall นี้ก็จะถูกประจุลึกลงไป และกระแสไฟฟ้าที่ถูกประจุก็จะเคลื่อนที่ไปตามนี้ แต่จะเดินหน้าไปทางเดียวจนถึงเอาท์พุท

การชาร์จประจุเข้าสู่พื้นที่ของชิ้นส่วนนั้นก็เหมือนกับการกวาด (Scan) นั่นเอง การเริ่มต้นการชาร์จนั้นเกิดขึ้นได้โดยการป้อนกระแสไฟฟ้า หรือแสงสว่างเข้าไป ประจุใน Packet รูปที่ 1.13 แสดงให้เห็นปรากฏการณ์ของ silicon photo diode ซึ่งไม่ว่าจะส่องแสงเข้าข้างหน้า หรือข้างหลังก็จะเกิดผลทั้งนั้น คือจะทำให้เกิดประจุด้วยศักย์นำพาน้อย ๆ ลักษณะของการประจุตามคาบนี้ เรียกว่า optical integration time ซึ่งลักษณะของภาพที่ปรากฏอาจจะเลือนได้ สาเหตุเพราะใช้เวลายาวนานกว่าแบบที่ประจุด้วย store packet (CCD) ดังแสดงในรูปที่ 1.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.13 การส่องแสงของ Silicon photo diode

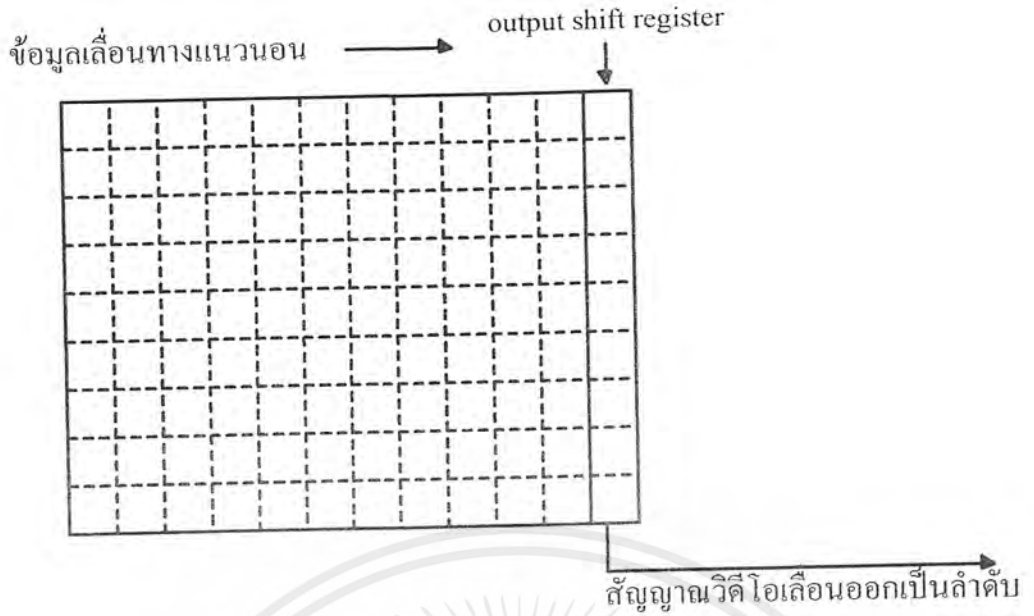


รูปที่ 1.14 การประจุด้วย store packet (CCD)

เพื่อป้องกันมิให้เกิดลักษณะดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องมีแถวของลำดับ Array silicon photo diode เท่ากับจำนวน CCD ซึ่งแทรกอยู่ชั้นล่างดังแสดงในรูปที่ 1.14 ฉะนั้นค่าเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะถ่ายเทหรือย้ายให้กับ Charge packet เรียกว่า opaque temporary storage เสร็จแล้วถูก shift ลงไปให้กับภาค shift register และ จะเลื่อนออกมาทางเอาท์พุทตามลำดับ เส้นการสแกนเป็นสัญญาณวิดีโอแสดงในรูปที่ 1.15

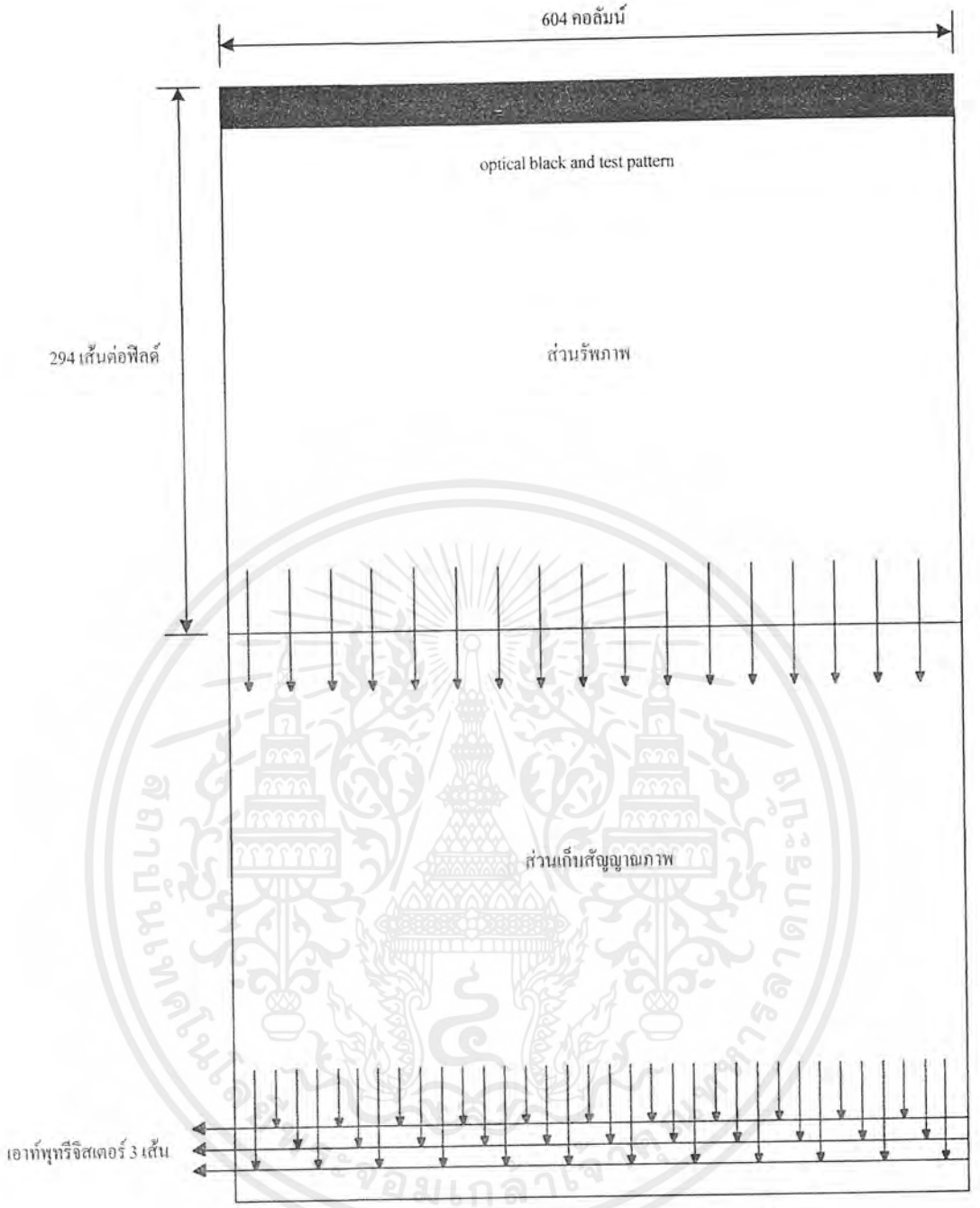
Solid state image sensor ที่จะกล่าวถึงคือ NXA1010 และ NXA1020 รูปที่ 1.16 แสดงถึงโครงสร้างของ NXA1010 ซึ่งถูกสร้างโดยขอบเขตของ photosensitive imaging ที่อยู่ติดกับขอบเขตของส่วนที่เก็บข้อมูล และเชื่อมโดย pixel จำนวน 604 ชิ้น ขนานกับ shift register ของ CCD register เหล่านี้จะถูกกำหนดขอบเขตโดย stop diffusion ที่แผ่ออกไป และส่วนที่กว้างของ stop diffusion จะเป็นตัวกำหนดความกว้างของ pixel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.15 เส้นการสแกนเป็นสัญญาณวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



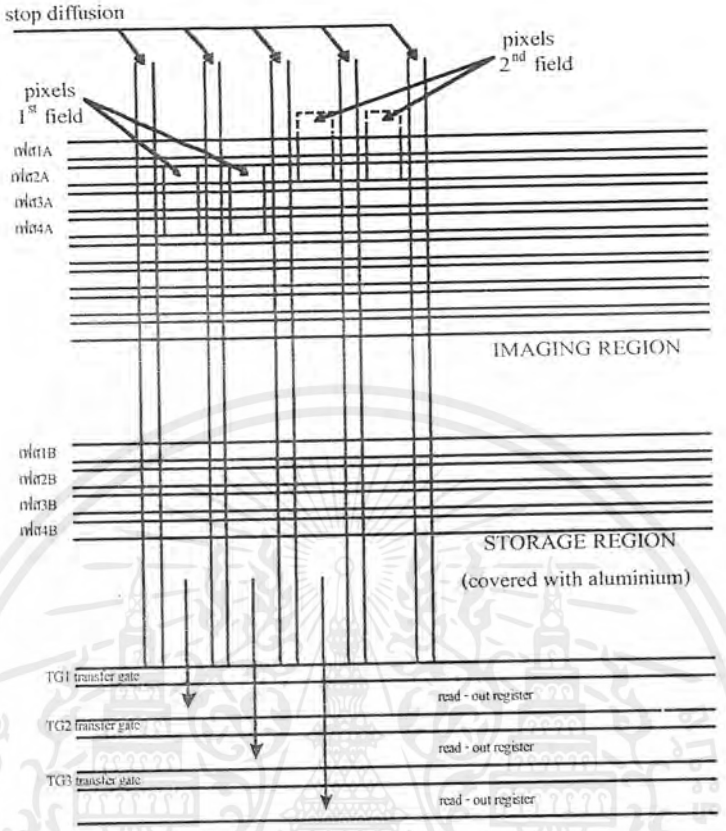
รูปที่ 1.16 โครงสร้างของ NXA1010

Two dimensional จะชาร์จรูปแบบของภาพที่ถูกส่งออกมา ในบริเวณของภาพบนฟิลด์ และจะถูกส่งไปเก็บข้อมูลในช่วง vertical blanking

รูปที่ 1.17 แสดงโครงสร้างของ Frame transfer ขอบข่ายของ imaging และการเก็บข้อมูลนั้นมีลักษณะคล้าย ๆ กัน ทั้งสองขอบข่ายนี้ติดตั้งอยู่บน four phase CCD shift registers (phase $\phi 1$,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\phi 2$, $\phi 3$ และ $\phi 4$ ตัวอักษรลงท้าย A แสดงขอบเขตของ image และ B แสดงในเขตด้านการเก็บข้อมูล)



รูปที่ 1.17 โครงสร้างของ Frame transfer

รูปที่ 1.16 ยังแสดงโครงสร้างที่อ่านออกมาในแนวนอนอีกด้วย ซึ่งประกอบด้วย 3-phase ของ CCD shift registers ในแนวนอน 3 ตัว ซึ่งจะถูกควบคุมโดยเกทอิเล็กโทรด $\phi 1c$, $\phi 2c$, $\phi 3c$ โดย pixel ของแต่ละเส้นจะถูกอ่านออกมาเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 ดังแสดงในภาพ และการเลือกก็จะเลือกโดย three transfer TG1 , TG2 , TG3

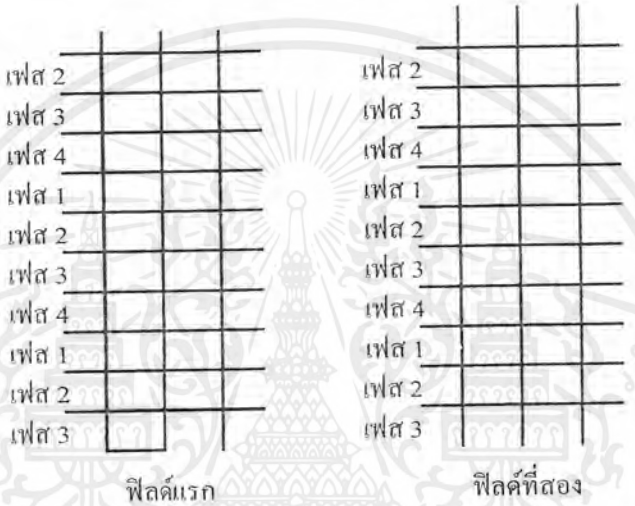
ซึ่งจะให้ประโยชน์ 2 อย่าง คือ อย่างแรกจะให้ความถี่ในแนวนอนของ Pixel ที่สูงกว่า single read-out register ซึ่งความกว้างของเกทอิเล็กโทรดนี้จะเป็นตัวกำหนดที่ว่างตามแนวระหว่าง charge packet ด้วย three shift registers นี้ ที่ว่างจะลดลงสามเท่า อย่างที่ 2 จะช่วยในการแยก charge packet ในแต่ละวัน ดังนั้นด้วยแถบของฟิลเตอร์บนบริเวณของ imaging จะทำให้ถูกใช้เหมือนกับเป็น color image sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักวิทยบริการ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใช้ฟิลด์แรกนี้ NXA1020 จะทำงานเมื่อเฟส $\phi 2$, $\phi 3$, $\phi 4$ สูงและ $\phi 1$ ต่ำ ดังรูปที่ 1.18 $\phi 1$ จะเป็นตัวจัดขอบเขตที่แยก pixel ในฟิลด์แรกประจุจะเกิดขึ้น โดยแสงที่เกิดขึ้นกะทันหัน และรวมกันอยู่ภายใต้ $\phi 2$ กับ $\phi 4$ โดยมีจุดศูนย์กลางที่ $\phi 3$ ดังนั้นแต่ละ pixel จะขยายออกไปตามแนวตั้งได้มากกว่า three gate electrodes

จากการกระจายศักย์ของฟิลด์ที่ 2 ด้วยเหตุนี้ ตำแหน่งของมันจึงสัมพันธ์กับฟิลด์ที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 1.18 ฟิลด์ที่ 2 จะแทนที่โดย two gate electrode สัมพันธ์กับฟิลด์ที่ 1 โดยที่ pattern charge ของมันจะมีศูนย์กลางที่ $\phi 1$ และขอบเขตระหว่าง pixels ทำให้ได้โครงสร้างที่สลับฟันปลาโดยสมบูรณ์



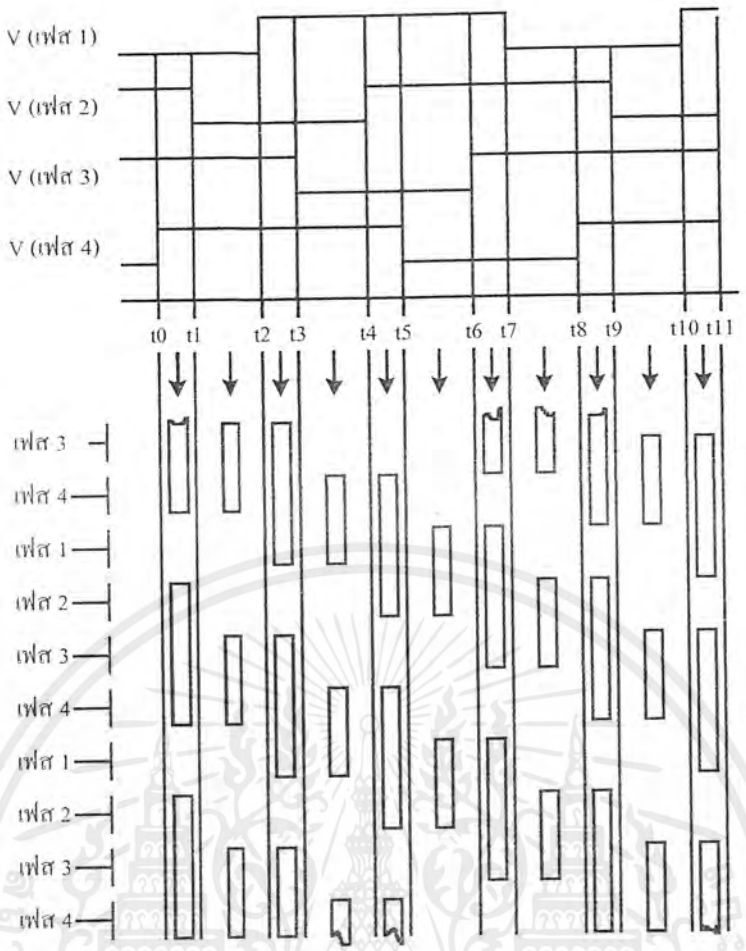
รูปที่ 1.18 ฟิลด์ของประจุ

FIELD TRANSFER

รูปที่ 1.19 แสดงให้เห็นวิธีที่สื่อสารในขอบข่ายของ image และ storage ในเวลา t_0 ฟิลด์ที่ 1 จะเริ่มอ่านออกมาจากขอบขวาของ image $\phi 1$ จะต่ำและประจุจะเลื่อนไปรวมที่ใต้ $\phi 2$ และ $\phi 4$ ในเวลา t_1 , $\phi 2$ จะลงต่ำและประจุในแต่ละ pixel จะเลื่อนที่ $\phi 3$ และ $\phi 4$ และตามอิเล็ก - โทรด $\phi 1$ ในขั้นต่อไปคือ ในเวลา t_3 , $\phi 3$ จะลงต่ำและ charge packets ภายใต้ $\phi 4$ และ $\phi 1$ ที่ t_4 , $\phi 2$ จะขึ้นสูงซึ่งจะทำให้ charge packets กลับไปเริ่มที่ one gate electrode ใหม่

วิธีนี้จะต่อเนื่องทั้งขอบข่ายของ image และ storage จนกระทั่ง charge packet ทั้งหมดถูกส่งไปที่ขอบข่ายของส่วนที่เก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
42682



รูปที่ 1.19 ขอบข่ายของ Imaging และ storage

การอ่านข้อมูลทางแนวนอน

ขอบข่ายของการเก็บข้อมูลจะอ่านทีละบรรทัด ในขณะที่จะมารวมกันใน imaging storage ในระหว่างช่วง horizontal blanking นี้ shift register ในแนวตั้งในบริเวณของการเก็บข้อมูลจะข้ามไปเก็บ image 1 เส้น เพื่อว่าในขั้นตอนท้ายของช่วง blanking เส้นถัดไป จะได้พร้อมที่จะถูกส่งไปยังรีจิสเตอร์ที่อ่านข้อมูลในแนวนอน ทาง three transfer gate

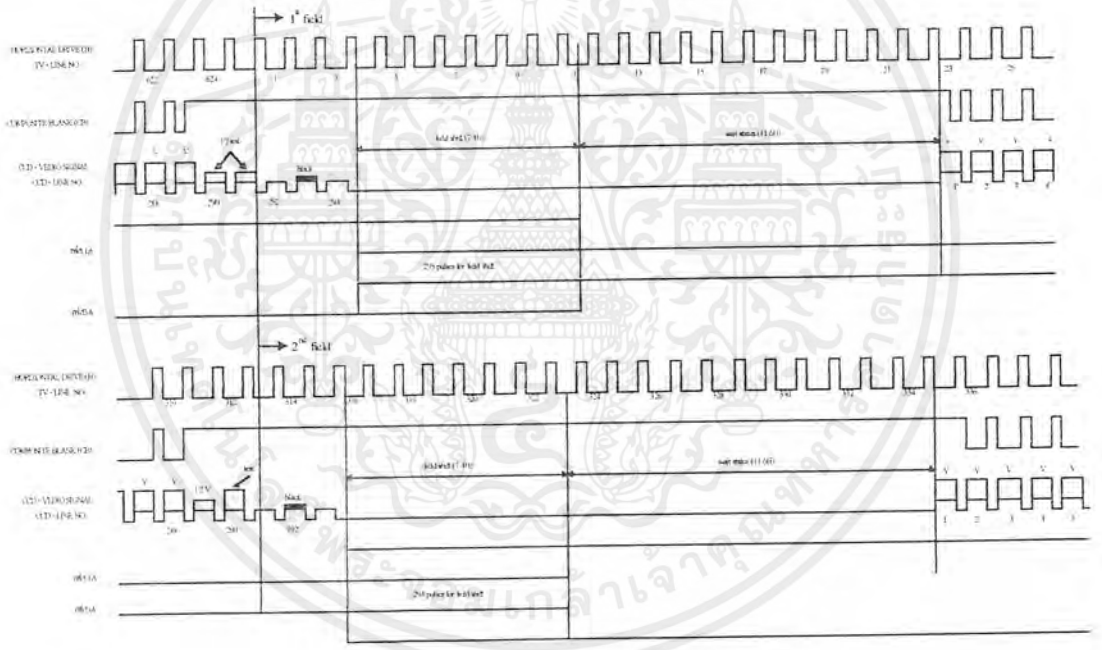
รีจิสเตอร์ที่ใช้อ่านประกอบด้วยภาค output (source follower) โดยมี sensitivity 3.5 โวลท์ต่ออิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE SEQUENCES

รูปที่ 1.20 แสดงลำดับของ drive pulse และหมายเลขบรรทัดสำหรับการส่งฟิลด์ใน NXA101/1020 (สำหรับระบบ PAL/CCIR) ในการแสดงฟิลด์ทั้ง 2 ในรูปเดียวกันนั้น ฟิลด์ที่ 2 จะแสดงอยู่ข้างล่างฟิลด์ที่ 1 โดยมีเลขของการสแกนของโทรทัศน์ ในแต่ละเส้นอยู่ด้านบน ในรูปที่ 1.20 ฟิลด์จะถูกส่งโดยใช้ประมาณ 30% ของมาตรฐานโทรทัศน์ ในช่วง vertical blanking

เส้นของ CCD ที่ใช้บันทึกภาพในรูปที่ 30 จะเป็นบริเวณที่แรเงาเอาไว้และมีอักษร "v" อยู่เหนือลูกคลื่นนั้น เวลาที่ใช้อ่านของฟิลด์แรกได้มาจากเส้นที่ 23 ถึง 310 และฟิลด์ที่ 2 จากเส้นที่ 335 ถึง 623 เส้นที่ 624 ถึงเส้นที่ 311 ถึง 315 ทั้งหมดนี้จะถูกเลื่อนออกมาทั้งหมด แต่จะไม่ส่งผ่านเส้นที่ 314 และเส้นที่ 2 จะเป็นเหมือน black – level reference line และเส้นที่ 312 , 624 ถึง 625 จะเป็นสำหรับทดสอบ sensor ระหว่างกรรมวิธี



รูปที่ 1.20 ลำดับของ drive pulse

Field transfer pulses ที่มีรายละเอียดมากขึ้นอีก และ transfer gate pulse และ read – out pulse ตามแนวนอน ϕ1c , ϕ2c , ϕ3c transfer gate TG_2 และ TG_3 จะรวมกันทางไฟฟ้า ดังนั้นจึงแสดงไว้แต่พัลส์อันแรก

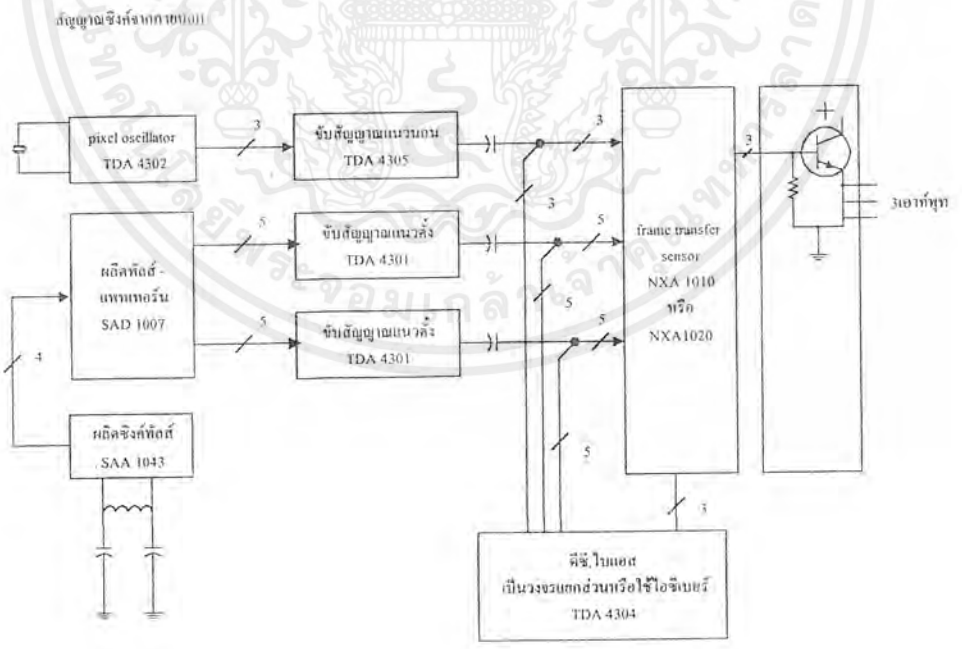
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุที่ฟิลด์แรกจะถูกยกไปสัมพันธ์กับฟิลด์ที่ 2 โดยครึ่งหนึ่งของเส้น ฉะนั้นการที่จะนำฟิลด์แรกไปตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อที่จะนำไปส่งยังขั้นตอนการเก็บข้อมูล จะต้องรวมช่วงเวลาครั้งหนึ่งที่จุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของ Pulse ϕA ด้านบนช่วงระหว่างการส่งฟิลด์ไปยังขั้นตอนการเก็บข้อมูลและการเริ่มอ่านของฟิลด์นั้น TG_1 จะถูกปิด

เกทอิเล็กโทรดอันสุดท้ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น ϕ3B และจะตามด้วย TG_1 ซึ่งจะควบคุมการส่งของสัญญาณชาร์จ จากขอบข่ายของการเก็บข้อมูลไปยังส่วนบนของ read – out register ในแนวนอนระหว่าง horizontal blanking, pulse ϕ4B, TG_1, TG_2 จากการนับรวมกับ ϕ1C ไปยัง ϕ3C จะส่งสัญญาณประจุไปยัง three horizontal read – out register

วงจรขับ

รูปที่ 1.21 แสดงวงจรสำหรับกำหนดลำดับของพัลส์ที่จำเป็นในการขับ ไอซีเบอร์ SAA1043 เป็นตัวกำเนิดซิงค์พัลส์สำหรับระบบทีวี 3 ระบบ (PAL, SECAM, NTSC) รวมถึงการ blanking ทางแนวนอนและ black – level clamping นอกจากนี้มันยังกำเนิดสัญญาณอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับกล้องถ่ายภาพด้วย



รูปที่ 1.21 วงจรขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

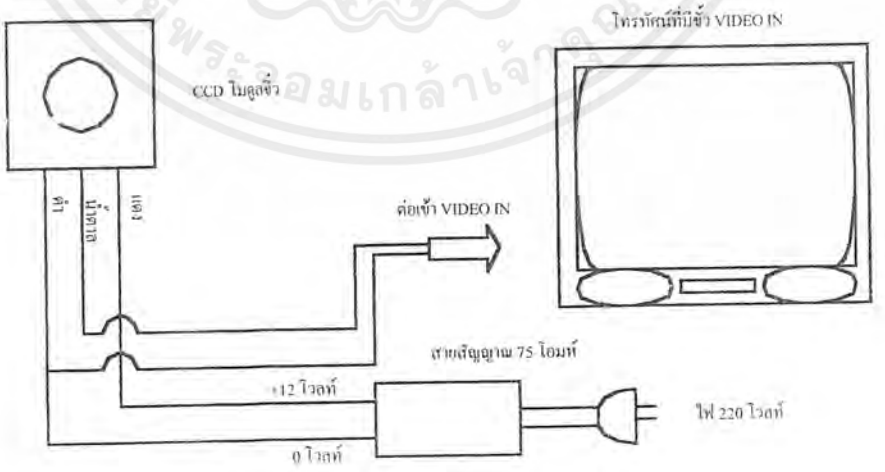
SAA1043 นี้ใช้ขับไอซีเบอร์ SAD1007 ซึ่งเป็นตัวกำเนิดพัลส์ pattern ซึ่งทำมาให้สัญญาณทั้งหมดยกเว้นพัลส์สำหรับรีจิสเตอร์ที่ใช้อ่านในแนวนอน เพราะจะทำให้ลดความซับซ้อนของตัวขับลงได้

Fast clock pulse สำหรับรีจิสเตอร์ที่อ่านข้อมูลในแนวนอนทั้ง 3 นั้น ถูกผลิตโดย pixel oscillator เป็นเบอร์ไอซี TDA 4302 ความถี่ที่ได้เป็น 3.9 MHz 3 ชุด แต่ละชุดจะมีเฟสต่างกัน 120 องศา ระดับของเอาท์พุตจากตัวกำเนิดพัลส์ของ pattern และจาก pixel oscillator ได้โดยตรง จึงต้องใช้ไอซีขับแรงให้แรงขึ้น สำหรับ pixel oscillator ใช้ไอซีเบอร์ TDA4301 จำนวน 2 ตัว และสำหรับ transfer gate นั้นใช้ไอซีเบอร์ TDA4301 ขับ

ท้ายสุดแรงดันไฟตรงที่ใช้ชดเชยสำหรับภาคขับ อาจได้มาจากวงจรแยกส่วน ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ หรืออาจใช้ TDA4303 ซึ่งเป็นไอซีควบคุมไฟตรง

แนวทางการใช้งาน

โครงงานชุดนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ โทรทัศน์ , กล้อง CCD และ วงจรจ่ายไฟ โดยในการใช้งานเราจะนำเอาตัวกล้องไปติดตั้งในตำแหน่งที่เราต้องการ และเดินสายไฟมายังตัวเครื่องโทรทัศน์ ระยะที่ต่อสายได้มากกว่า 15 เมตร และวงจรจ่ายไฟ สามารถใช้ในกิจการต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น ติดตั้งในบ้าน, ในร้านค้าต่าง ๆ , โกดังเก็บของ , ห้องประชุมสัมมนา หรือ ประยุกต์ใช้ทำเป็นอินเตอร์คอมเครื่องติดต่อภายในที่มองเห็นภาพได้



รูปที่ 1.22 แสดงการต่อใช้งานอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เซอร์โวมอเตอร์

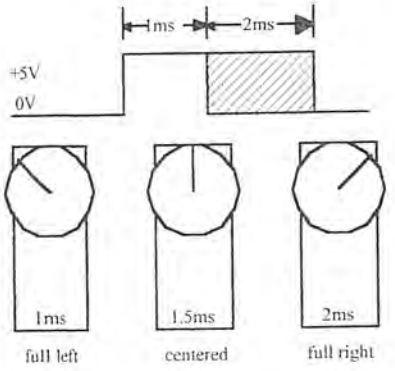
เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันนั้นมีด้วยกันหลายแบบหลายชนิดซึ่งในแต่ละชนิดนั้นได้มีหลักการทำงานที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่รุ่นของเซอร์โวมอเตอร์ และการต่อใช้งานก็แตกต่างกันออกไปเช่นกัน แรงดันไฟที่ใช้กับเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์สามารถใช้แรงดังไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 5 โวลท์ขึ้นไปจนถึง 100 โวลท์ขึ้นไปแล้วแต่คุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์ การต่อใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์มีการต่อใช้งานเหมือนกับดีซีมอเตอร์ แต่มีบางรุ่นที่ไม่สามารถต่อใช้งานเหมือนกับดีซีมอเตอร์เพราะบางรุ่นอาจใช้สัญญาณพัลส์เข้ามาช่วยในการเคลื่อนที่ของแกนภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์มีความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของแกนภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ทั้งในเวลาเคลื่อนที่และเวลาที่เซอร์โวมอเตอร์หยุดหมุน แล้วแต่สัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์

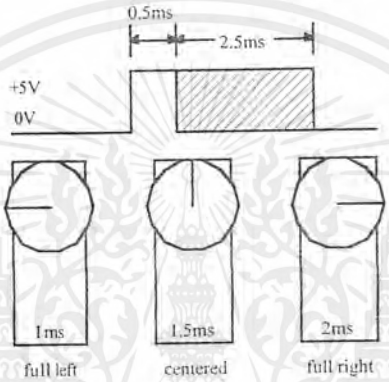
ส่วนมากการใช้งานที่มีความละเอียดสูงนั้นมักจะใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่มากกว่าที่จะใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ เพราะเซอร์โวมอเตอร์ไม่จำเป็นต้องจ่ายกระแสให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์อยู่ตลอดเวลาซึ่งแตกต่างกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะต้องมีการจ่ายกระแสให้กับตัวมันเองอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเราจึงเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งการจับภาพซึ่งต้องใช้ความละเอียดสูงมากในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งเพื่อให้ได้ภาพที่นิ่งที่สุด

2.1 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้เป็นรุ่น HS-300 ยี่ห้อ Hitec ซึ่งมีสายที่ต่อใช้งานอยู่ 3 สาย คือ สายสีทองต่อเข้ากับไฟบวก สายสีดำต่อเข้ากับกราวด์ แรงดันไฟที่ใช้เป็นแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงที่แรงดันประมาณ 4.8 VDC – 6 VDC และยังมีสายสัญญาณ ในรุ่น HS-300 นั้นเป็นสายสีเหลือง ในบางรุ่นอาจเป็นสีอื่น ไม่จำกัดสีแล้วแต่รุ่น สัญญาณที่ใช้ในการขับเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นสัญญาณพัลส์แล้วแต่ว่าสัญญาณพัลส์ที่เข้ามามีมากน้อยเพียงไร เพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือหมุนตามเข็มนาฬิกา หมุนไปได้ประมาณกี่องศา ซึ่งสัญญาณพัลส์จะเป็นตัวกำหนด ซึ่งเราได้แสดงการป้อนพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจมาพอประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

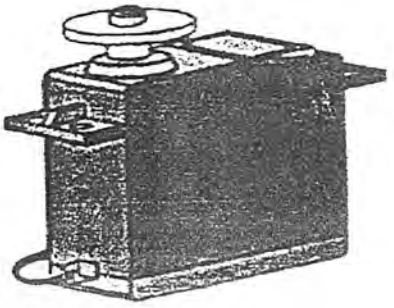




รูปที่ 2.1 แสดงการป้อนพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์

จากรูปจะเห็นได้ว่าการป้อนสัญญาณพัลส์ให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 นั้นจะมีคาบเวลาในการป้อนได้ไม่เกิน 2 mS เพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ได้สูงสุด กล่าวคือเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาได้สูงสุดที่คาบเวลา 2 mS การเคลื่อนที่ของเซอร์โซมอเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาได้สูงสุดที่คาบเวลา 1mS และที่คาบเวลา 1.5 mS เป็นการสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หยุดการเคลื่อนที่ ๆ จุดศูนย์กลาง รูปร่างลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 มีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์รุ่น HS-300

: Specification ของเซอร์โวรุ่น HS-300

Signal Pulse : positive pulse 1520 µs neutral

Power Supply : 4.8 Volts

Speed 0.15 sec @ 60 degrees

Output Torque : 42 oz. – in (3.0 kg – cm)

Dimensions : 1.6" x 0.8" x 1.4" (41 mm x 20 mm x 36 mm)

Weight : 1.75 oz. (49 g)

Current Draw (Idle) : 9.7 mA

Current Draw (moving) : 130 mA

เซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 นี้เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่มีการหมุนของแกนภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ได้ครั้งละ 45 องศา เท่านั้นเพราะทางบริษัทผู้ผลิตเซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 ได้กำหนดการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อที่จะนำไปใช้งานกับงานที่มีการเคลื่อนที่น้อย เช่น เพื่อใช้ในการบังคับการเลี้ยวของรถบังคับวิทยุ แต่เซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 สามารถที่จะปรับแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้สามารถหมุนได้ 360 องศา เพราะการหาตำแหน่งของภาพที่ต้องการนั้นเราจำเป็นต้องให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนได้ 360 องศา ซึ่งการปรับแต่งเพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนได้ 360 องศา นั้นเราแสดงเป็นขั้นตอนในหัวข้อถัดไป

2.2 การปรับแต่งเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์รุ่น HS-300 ที่ใช้นี้เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่กำหนดให้หมุนได้ครั้งละ 45° แต่เราต้องการให้หมุนได้ 360° จึงต้องมีการปรับแต่งเพื่อที่จะทำให้ เซอร์โวมอเตอร์ในรุ่น HS-300 ที่ใช้นี้หมุนได้ 360° วิธีการปรับแต่ง ดังแสดงไว้เป็นขั้นตอนดังนี้ ในรูปที่ 2.3

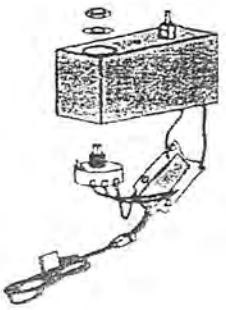
ขั้นที่ 1

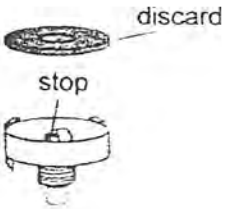
ทำการถอดตัวเซอร์โวมอเตอร์ จะพบว่ามีชิ้นส่วนเล็ก ๆ อยู่มาก ควรรักษาตำแหน่งการวางให้ดี และระวังสูญหาย

ขั้นที่ 2

เอา Bushing ออก รวมทั้งเกียร์เอาท์พุท และเกียร์ทั้งหมดที่มีอยู่ภายในตัวเซอร์โว และตัดส่วนที่ทำให้การหยุดเกียร์ไม่ให้หมุนได้ 360 องศาออกเพื่อที่จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์ของเราหมุนได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



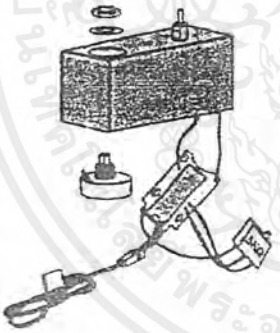


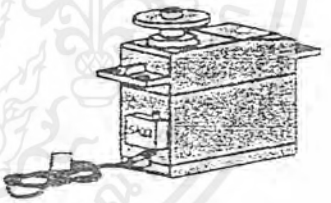
ขั้นที่ 3

นำเอาตัวแยกแรงดันเพลาส่งกำลังออก จากตัวเซอร์โว และนำเอาสายออกจากตัวเซอร์โว และทำการบัดกรีสายออกจากตัวเพลาส่งกำลัง

ขั้นที่ 4

ใช้อุปกรณ์ไม่แข็งมากนักงัดเอาแผ่นdiscard ออก เพื่อให้สามารถหมุนได้อย่างอิสระ





ขั้นที่ 5

ทำการบัดกรีเข้ากับตัวต้านทาน ปรับค่าได้ 5 กิโลโอห์ม หรือ 2.7 กิโลโอห์ม สายที่ต่อกับตัวต้านทานนั้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.4

ขั้นที่ 6

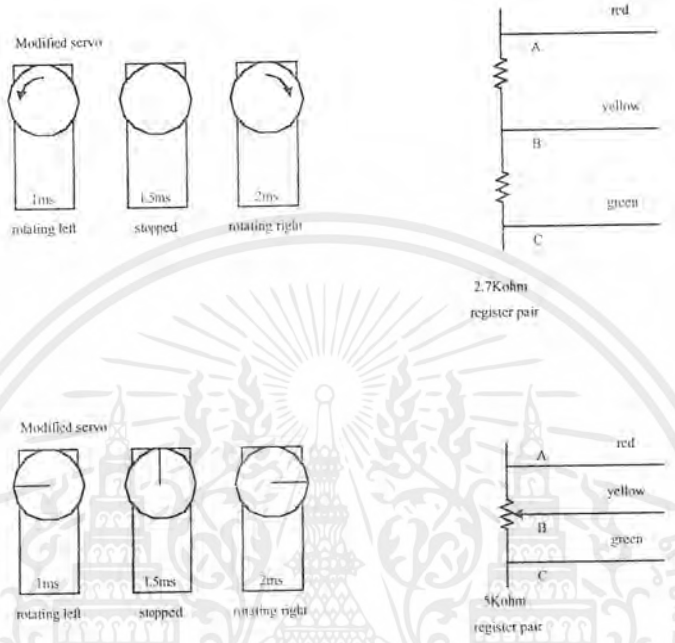
ทำการประกอบเกียร์และชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้ากับที่แล้ว ทำการทดลองว่า เซอร์โวมอเตอร์หมุนได้อิสระหรือไม่

รูปที่ 2.3 การปรับแต่งเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนอย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การต่อตัวต้านทานเพื่อการปรับแต่ง

การต่อตัวต้านทานภายในเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งในการปรับแต่งนี้สามารถใช้ค่าความต้านทานค่าใดใน 2 ค่า คือ 2.7 กิโลโอมห์ และ 5 กิโลโอมห์ (ปรับค่าได้) เราเลือกที่จะใช้ค่าความต้านทานที่ 2.7 กิโลโอมห์ เพราะว่าสามารถเก็บไว้ในตัวเซอร์โวมอเตอร์ได้ แสดงการต่อไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อตัวต้านทานภายในเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในการปรับแต่ง

2.4 การคำนวณหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเซอร์โวมอเตอร์

ในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นเราจำเป็นต้องรู้ค่าต่ำสุด ค่าหยุด และค่าสูงสุดที่คาบเวลา 1 ms 1.5 ms และ 2 ms ตามลำดับ เพื่อที่จะนำค่าที่คำนวณได้ไปโปรแกรมเป็นการสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และหยุดเคลื่อนที่ในตำแหน่งใด เราได้อธิบายการป้อนสัญญาณพัลส์ไว้ข้างต้นแล้ว ซึ่งในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะมีการเคลื่อนที่เป็นสเต็ปและในการเคลื่อนที่แต่ละหนึ่งสเต็ปนั้นใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 1.085 μs เราจึงสามารถคำนวณหาค่าต่ำสุด ค่าหยุด และค่าสูงสุด ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาค่าต่ำสุดที่คาบเวลา 1 ms

1 step = 1.085 μs

ดังนั้นที่คาบเวลา 1 ms

$= 1000\ \mu s / 1.085\ \mu s$

$= 922_D$

ทำการ เปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบหก

$922_D = 39A_H$

ทำการ 2 ' complement $39A_H = FC66_H$

ค่า $FC66_H$ เป็นค่าต่ำสุดเพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาที่คาบเวลา 1 ms

- การหาค่าหยุดที่คาบเวลา 1.5 ms

1 step = 1.085 μs

ดังนั้นที่คาบเวลา 1.5 ms

$= 1500\ \mu s / 1.085\ \mu s$

$= 1383_D$

ทำการ เปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบหก

$1383_D = 567_H$

ทำการ 2 ' complement $567_H = FA99_H$

ค่า $FA99_H$ เป็นค่ากลางเพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์หยุดการเคลื่อนที่ ๆ คาบเวลา 1.5 ms

- การหาค่าสูงสุดที่คาบเวลา 2 ms

1 step = 1.085 μs

ดังนั้นที่คาบเวลา 2 ms

$= 2000\ \mu s / 1.085\ \mu s$

$= 1843_D$

ทำการ เปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบหก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$1843_D = B33_H$

ทำการ 2 ' compelment $B33_H = F4CD_H$

ค่า$F4CD_H$เป็นค่าสูงสุดเพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาที่คาบเวลา 2 ms

การคำนวณดังที่แสดงมาข้างต้นเป็นการคำนวณหาค่าต่ำสุด ค่ากลาง และค่าสูงสุด เพื่อที่จะนำค่าที่คำนวณได้ไปโปรแกรมเพื่อที่จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทางและตำแหน่งที่เราต้องการ แต่ค่าที่เราคำนวณได้นั้นอาจมีการคลาดเคลื่อนเพราะว่าในการปรับแต่งนั้นค่าความต้านทานอาจมีค่าความผิดพลาดมาก จึงทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่โปรแกรมนั้นอาจไม่เท่ากัน แต่ก็จะไม่แตกต่างกันมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลช

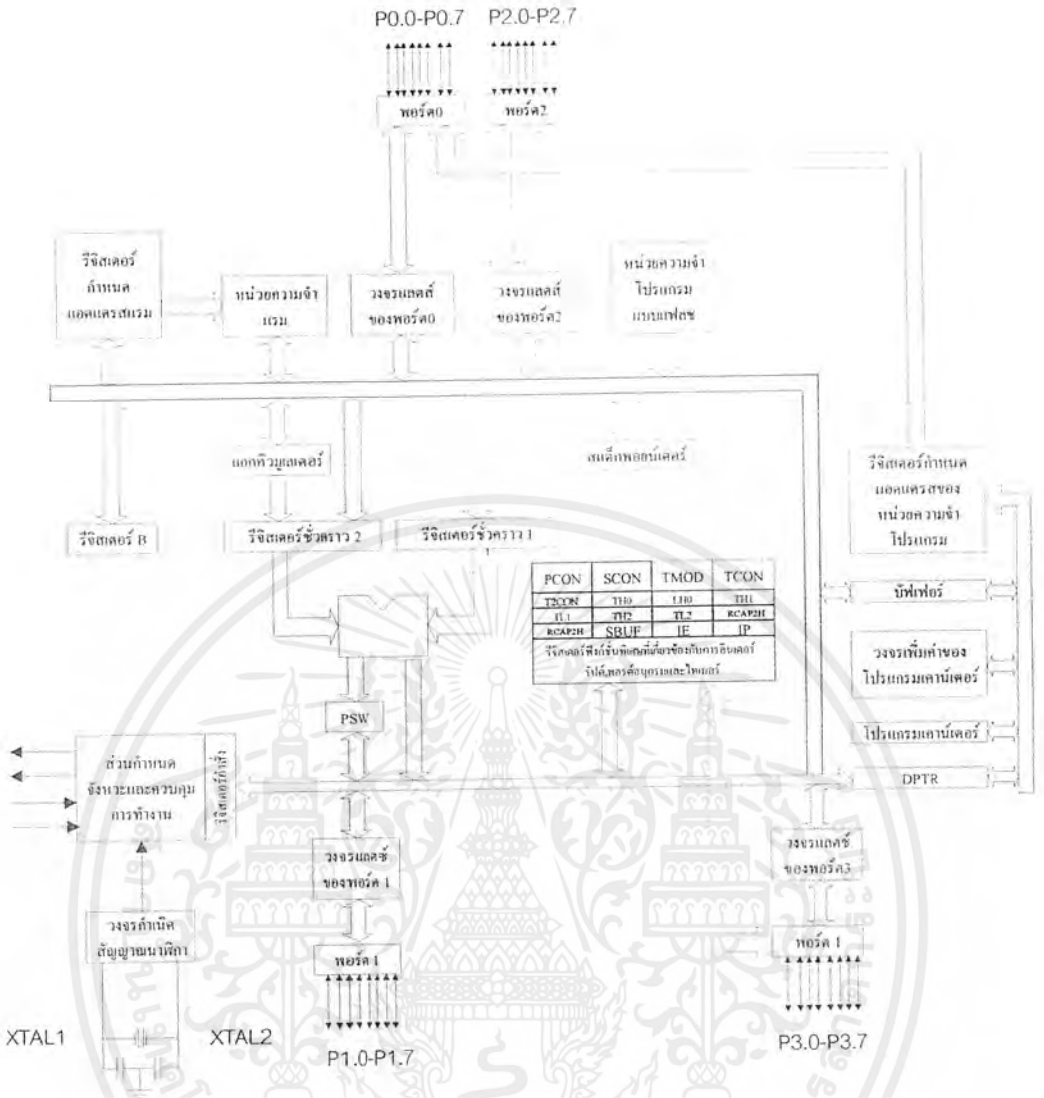
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช ของ Atmel Corporation มีเบอร์ที่ขึ้นต้นด้วย AT89 ซึ่งการควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ นี้เราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 เพื่อใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ และที่สำคัญไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 แบบแฟลชนี้ยังมีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้งจึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
- สามารถป้องกันการคัดลอกของข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี
- สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร

3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C52 จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

3.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีขาการใช้งานเหมือนกันดังแสดงไว้ที่รูปที่ 3.2

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นกราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P1.0-P1.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดแดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1(P1.0-P1.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 - P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2(P2.0-P2.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก(A8-A15)

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

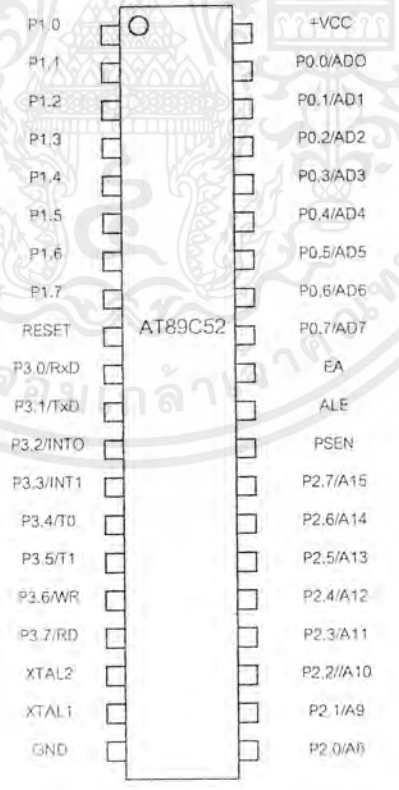
ขา ALE / $\overline{\text{PROG}}$ (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีอีพรอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 โวลท์

ขา XTAL 1 และ XTAL 2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.2 มาตรฐานการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลช เบอร์ AT89C52 นี้เรา ได้อธิบายมาพอเข้าใจ รายละเอียดที่จะทำให้เข้าใจเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลชนั้นเราได้มีเอกสารที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 อยู่ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ

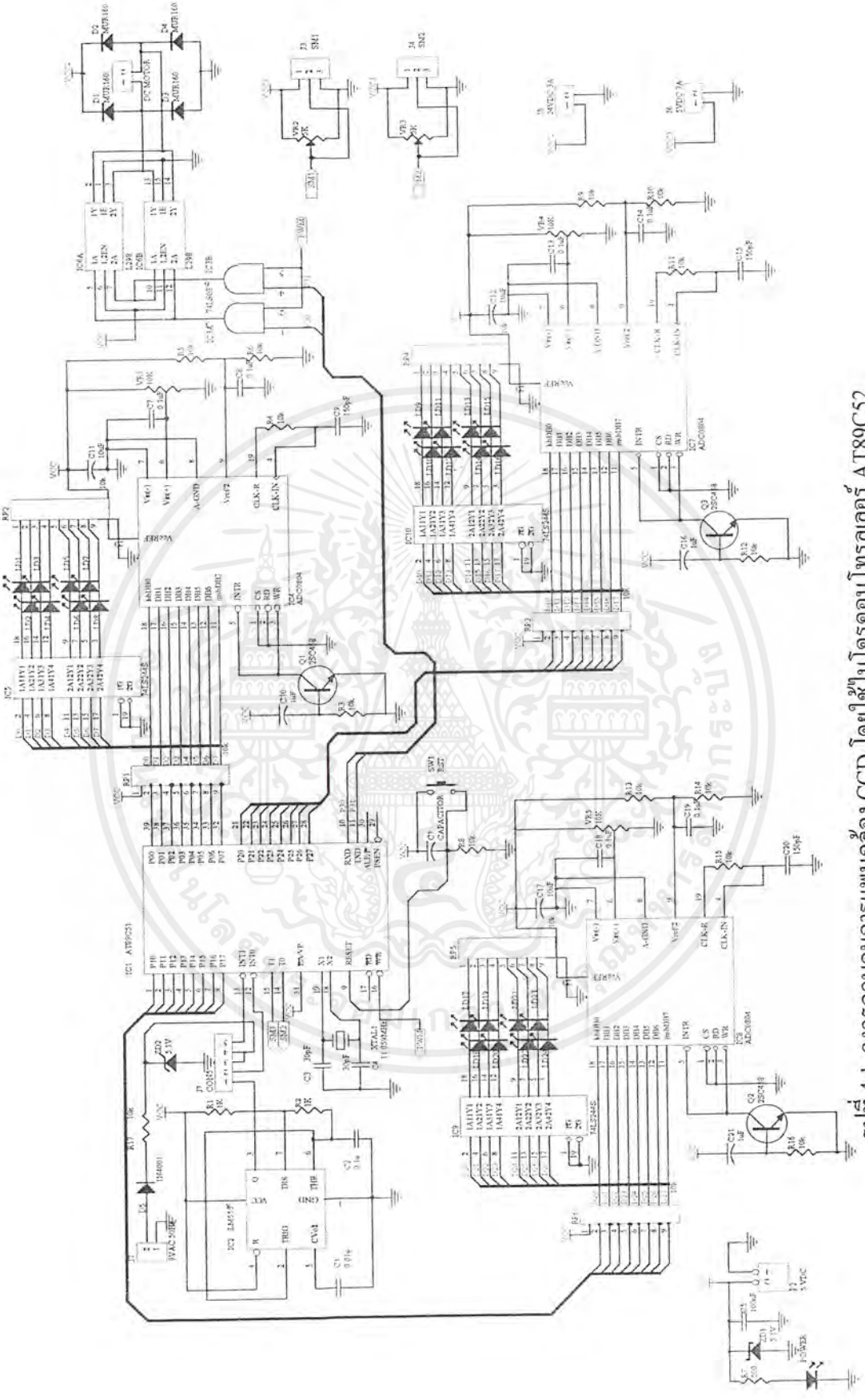
การควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพนั้นเราใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดในการเคลื่อนที่สูง เพื่อที่จะให้ภาพที่ได้ในเวลาที่มีการเคลื่อนที่ออกมาไม่เกิดการสั่นของภาพ เราจึงเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวกำหนดในการทำให้กล้องเกิดการเคลื่อนที่ เพราะมีความละเอียดมากในการเคลื่อนที่ และยังสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะสามารถให้เคลื่อนที่ช้าหรือว่าเร็วได้ ซึ่งแตกต่างกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งยุ่งยากในการจำกัดความเร็วในการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ก็ไม่ละเอียดมากนัก สเต็ปเปอร์ยังต้องมีการจ่ายกระแสไฟให้กับสเต็ปเปอร์อยู่ตลอดเวลาเพื่อคงสถานะตำแหน่งของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์นั้นไม่จำเป็นต้องจ่ายกระแสให้กับเซอร์โวมอเตอร์ตลอดเวลา

วงจรที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นั้นเราใช้วงจร ADC เป็นตัวควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อกำหนดว่าให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ได้เร็วหรือว่าเคลื่อนที่ช้า โดยวงจร ADC นั้นจะเป็นตัวควบคุมดีซีมอเตอร์ด้วยเช่นกัน ดีซีมอเตอร์จะเป็นตัวขับเคลื่อนให้ให้กล้องเกิดการเคลื่อนที่ไปตามรางที่เราวางไว้ซึ่งวงจร ADC นี้จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช AT89C52 ซึ่งจะอธิบายการทำงานของวงจรอย่างละเอียดอีกครั้ง

4.1 วงจรควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ

วงจรควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพนั้น เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจร ADC ซึ่งวงจร ADC เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ว่าจะให้มีความเร็วหรือว่าช้ามากน้อยเพียงไร วงจร ADC นี้จะควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว และ ดีซีมอเตอร์อีก 1 ตัว กล่าวคือไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 จะเป็นตัวประมวลผลเมื่อได้รับสัญญาณเอาท์พุตจากวงจร ADC และยังเป็นตัวควบคุมการทำงานของภาคขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์ โดยใช้สัญญาณ PWM ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ การขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์นั้นจำเป็นต้องภาคขับเคลื่อน ในที่นี้เราใช้ไอซี L 298 เป็นภาคขับเคลื่อนเพื่อให้ดีซีมอเตอร์เคลื่อนที่ รูปที่ 4.1 วงจรการควบคุมการแพนกล้อง CCD ในการหาตำแหน่งการจับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



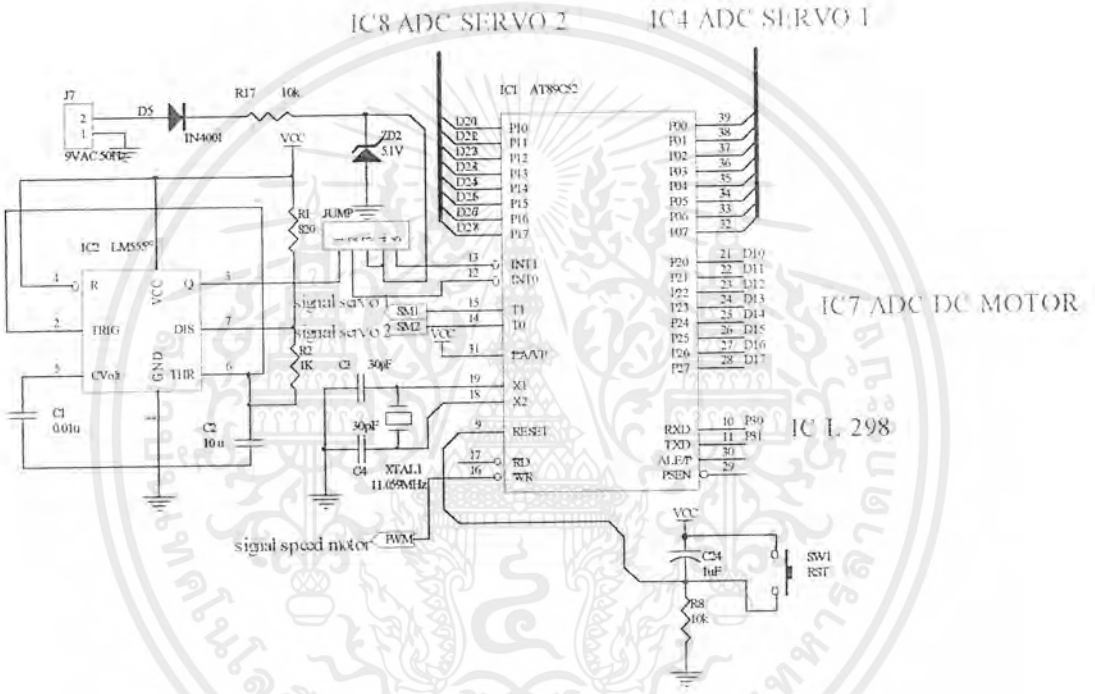
รูปที่ 4.1 วงจรควบคุมการแพนกล้อง CCD โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะอธิบายการทำงานของวงจรการทำงานออกเป็นส่วนๆ ซึ่งแต่ละส่วนที่อธิบายจะต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด

4.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

เราสามารถอธิบายการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ที่ใช้ควบคุมวงจร ADC ทั้ง 3 วงจรและวงจรภาคขับเคลื่อน รูปที่4.2แสดงการต่อพอร์ตออกมาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52



รูปที่ 4.2 แสดงการต่อใช้งานของพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52

การทำงานของวงจรนั้นเราสามารถอธิบายได้ว่า IC1 AT89C52 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้พอร์ตการต่อใช้งานทุกพอร์ต ซึ่งวงจรจะได้รับการสร้างสัญญาณฐานที่ความถี่ 50Hz หรือให้ค่าคาบเวลาที่ 20 ms จาก IC2 LM 555 เพื่อนำสัญญาณนี้ไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นสัญญาณเพื่อใช้ในการอินเตอร์รัปต์ หรือเราอาจจะใช้ความถี่ที่เกิดจากหม้อแปลงที่ J7 ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลท์ที่ความถี่ 50 Hz การต่อพอร์ตใช้งานนั้นเราใช้งานทั้งพอร์ต 0,1,2 และพอร์ต 3 ซึ่งในแต่ละพอร์ตนั้นเราใช้ควบคุมการทำงานดังนี้ พอร์ต 0 เราใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 พอร์ต 1 เราใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 และในพอร์ต 2 เราใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ในแต่ละพอร์ตนั้นเราได้ต่อเข้ากับวงจร ADC เพื่อที่ใช้ในการควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

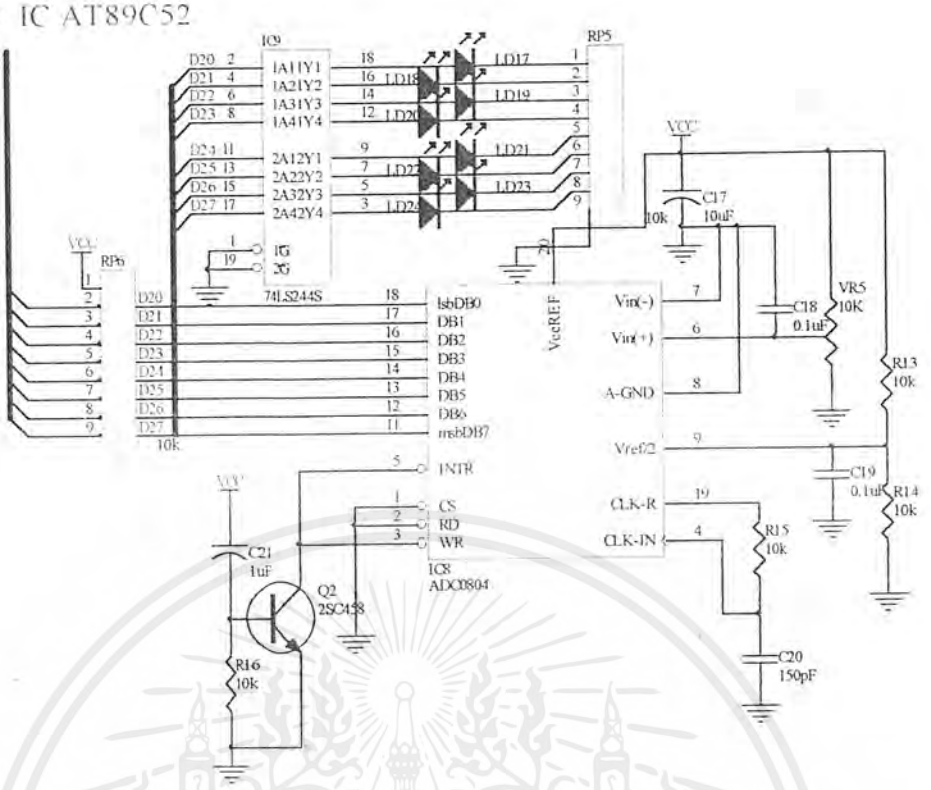
คุมความเร็ว ส่วนสัญญาณที่ใช้ควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานเพื่อที่จะให้หมุนไปในทิศทางใดนั้นเราใช้ขาที่ 14,15 ซึ่งใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 และ 1 ตามลำดับ สัญญาณที่ใช้ควบคุมให้มอเตอร์กระแสตรงทำงานนั้นเราใช้สัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมโดยขาที่ 16 และในการที่จะให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนไปในทิศทางใดนั้นเราใช้สัญญาณที่ออกมาจากขาที่ 10,11 เป็นตัวกำหนด และยังมีวงจรที่ผลิตสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 11.059 MHz นั้นอยู่ที่ขา 18 และ 19 ทางด้านขาที่ 9 นั้นเราเป็นการต่อวงจรเข้ากับสวิตช์เพื่อที่จะใช้ยกเลิกการทำงานของโปรแกรมชั่วคราว และที่สำคัญที่สุดคือกระแสไฟที่ใช้เลี้ยงภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นเราใช้กระแสไฟ 5 โวลท์ ที่จ่ายเข้าทางขาที่ 40 ซึ่งการทำงานของวงจร ADC และวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงนั้นเราจะอธิบายอย่างละเอียดต่อไป

4.3 วงจร ADC

วงจร ADC ที่ใช้ต่อเข้ากับพอร์ต 0,1 และ 2 ของ IC1 AT89C52 ใช้เป็นวงจรควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 และ 2 ยังเป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงอีกด้วย เป็นวงจรเพื่อกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ว่าให้เคลื่อนที่จากช้าไปเร็วของมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว และยังเป็นการควบคุมทิศทางการหมุนอีกด้วย โดยในการควบคุมนั้นเราจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ค่า 10 กิโลโอห์ม โดยการปรับตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์มแต่ละครั้งนั้นจะเป็นการส่งค่าแรงดันอินพุตเข้า IC ADC 0804 เพื่อที่จะนำสัญญาณเอาท์พุต ออกไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นสัญญาณที่ใช้ประมวลผลเพื่อจะควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว ซึ่ง IC ADC 0804 นั้นเราได้แยกออกเป็น 3 ตัวเพื่อที่ใช้ควบคุมมอเตอร์แต่ละตัวอย่างอิสระ ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 นั้นเราใช้ IC4 เป็นวงจรควบคุมการทำงาน เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เราใช้ IC8 เป็นวงจรควบคุมการทำงาน และทางด้าน IC7 นั้นเราใช้เป็นวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง แสดงรูปวงจรการทำงานไว้ในรูปที่ 4.3 ส่วนทาง IC5 เป็นบัฟเฟอร์เพื่อที่จะทำให้ LED แสดงผลการประมวลผลของ CPU เพื่อไม่ให้กระแสที่ไหลผ่าน LED เกินตาม IC5 74LS244 คือไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านเกิน 20 mA และเราจึงจำเป็นต้องต่อ LED เข้ากับ RP2 ซึ่งเป็นตัวจำกัดกระแส และภายในวงจรยังมีตัวเก็บประจุเพื่อที่จะตัดความถี่สูงทิ้งโดยเราให้ C7 และ C8 เป็นตัวทำหน้าที่ และยังมี C11 ซึ่งเป็นตัวกรองความถี่แรงดันไฟเลี้ยงอินพุต ที่เข้ามาได้ไม่เกิน 5 โวลท์ ทางด้านแรงดันอ้างอิงนั้นเราใช้ตัวต้านทาน R5,R6 เป็นตัวกำหนด R4 และ C9 เป็นตัวกำหนดสัญญาณที่เลี้ยง ADC และนอกจากนั้นเรายังให้ C10 ,R3 ,Q1 เป็นตัว Start เพื่อให้วงจร ADC เริ่มต้นการทำงานที่พัลส์ 0 หลังจากนั้นก็จะคงสถานะที่พัลส์ 1 ตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT I/O IC AT89C52

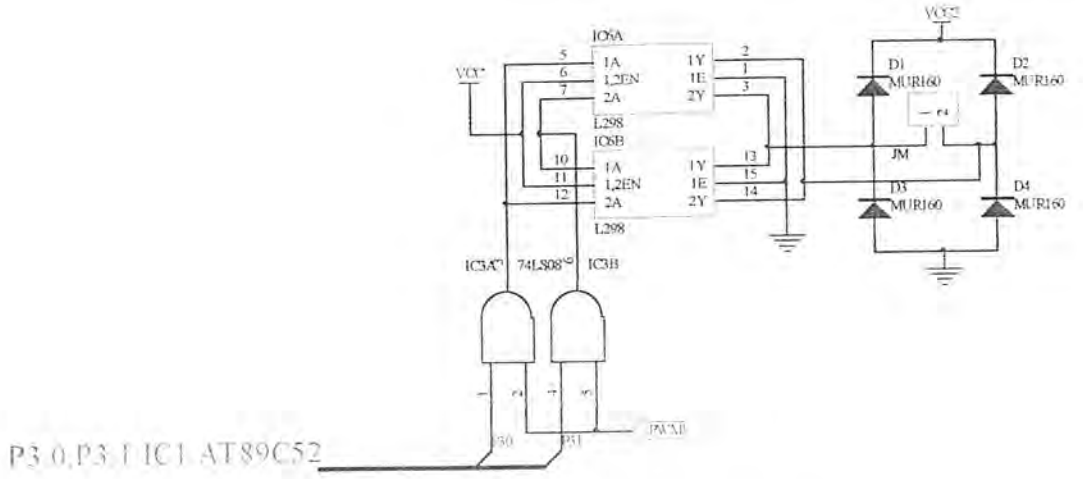


รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานของวงจร ADC

4.4 วงจร L 298

วงจร L 298 นี้เราใช้เป็นวงจรที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์กระแสตรงไปในทิศทางใดที่เราต้องการ ซึ่งเราใช้สัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมรวมทั้งความเร็วด้วย โดยพอร์ต 3.0 และ 3.1 นั้นเราใช้เป็นพอร์ตเอาท์พุตที่ควบคุม NAND GATE ว่าสั่งให้หมุนในทิศทางใด เอาท์พุตที่ออกมาจาก NAND GATE ทั้ง 2 ตัวนั้นถ้าค่าที่ออกมาเป็นลอจิก 00 หรือ 11 จะเป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง และเมื่อเอาท์พุตของ NAND GATE ออกมาเป็นลอจิก 01 และ 10 ก็จะเป็นการสั่งให้มอเตอร์กระแสตรงเคลื่อนที่แล้วแต่ว่าเราโปรแกรมให้ว่า 01 เคลื่อนที่ไปทิศทางใด และ 10 เคลื่อนที่ไปทิศทางใด ส่วนไดโอดทั้ง 4 ตัวนั้นเราใช้เป็นตัวป้องกันกระแสย้อนกลับที่เกิดจาก BACK EMS ของมอเตอร์กระแสตรง และเราใช้เป็นแบบที่เร็วมาก เราแสดงวงจรที่ใช้ IC L 298 ไว้ให้เห็นในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



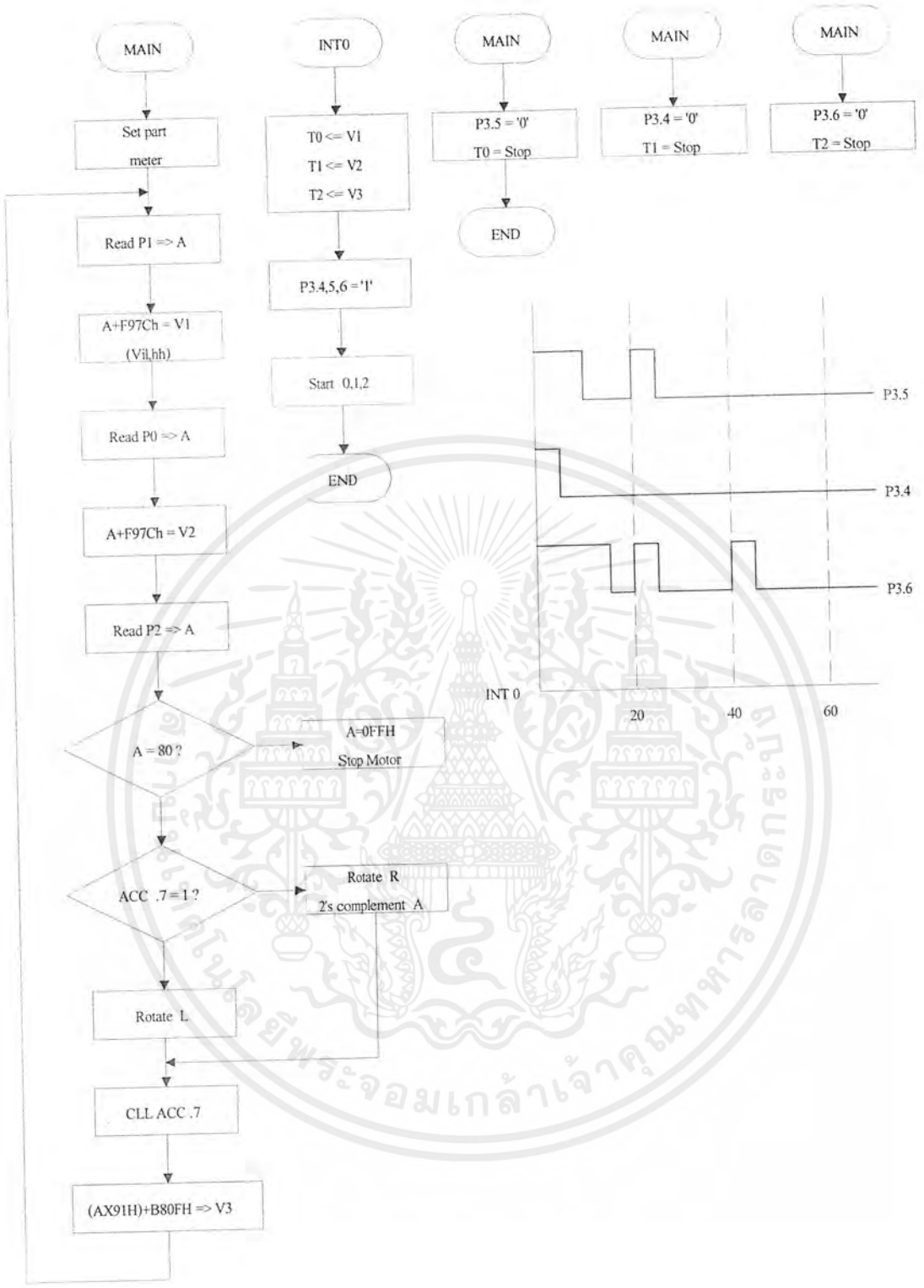
รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานของวงจร L 298

การทำงานของวงจรทั้งหมดเราได้อธิบายการทำงานแล้วแต่การทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมนั้นเรายังไม่ได้อธิบายเราจะอธิบายไว้ดังนี้

4.5 คำอธิบายโปรแกรมการทำงาน

เริ่มต้นโปรแกรมการทำงานเราต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ก่อนเพื่อที่จะได้รู้ว่าโปรแกรมควรทำงานอย่างไร แล้วก็ทำการอ่านค่าที่พอร์ต 1 ที่รีจิสเตอร์ A ถ้าค่าของรีจิสเตอร์ A ที่ย่านได้มีค่าเท่าไรแล้วเราก็นำมาบวกกับ $F97C_H$ แล้วเก็บไว้ที่ V1 ที่ต้องบวกกับค่า $F97C_H$ เพราะว่าเราจะได้รู้ว่าเซอร์โวมอเตอร์ที่เราต้องการเคลื่อนที่นั้นเราต้องการให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางใดมีความเร็วมากหรือไม่เพราะค่าที่เรานำมาบวกกับรีจิสเตอร์ A นั้นเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณหาค่าของเซอร์โวมอเตอร์ในบทที่ 2 เพื่อที่จะใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว โดยเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 นั้นเราใช้การอ่านค่าจากพอร์ต 0 จากรีจิสเตอร์ A แล้วก็นำมาบวกกับค่า $F97C_H$ แล้วเก็บไว้ที่ V2 แล้วหลังจากการทำโปรแกรมที่ผ่านมาแล้วก็ทำการอ่านค่าที่พอร์ต 2 ที่รีจิสเตอร์ A ถ้าค่าที่อ่านได้จากรีจิสเตอร์ A มีค่าเท่ากับ 80_H หรือไม่ถ้าใช่ก็เป็นการสั่งให้มอเตอร์กระแสตรงหยุดการทำงาน แต่ถ้าไม่ใช่ทำการบวกบิตที่ 7 ถ้าเท่ากับ 1 ก็สั่งให้มอเตอร์กระแสตรงนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าไม่เท่ากับ 1 ก็ให้มอเตอร์กระแสตรงนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา แล้วหลังจากนั้นทำการเคลียร์บิตที่ 7 หลังจากนั้นเราก็ทำการคูณรีจิสเตอร์ A กับ 91_H แล้วนำมาบวกกับ $B80F_H$ นำไปเก็บไว้ใน V3 หลังจากนั้นก็ทำการเริ่มต้นใหม่อีกครั้งเป็นการวนลูป รูปที่ 4.5 แสดง Flowchart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงโฟชาตร์การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2537. คู่มือการพิมพ์ปริญญานิพนธ์. ปทุมธานี : คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

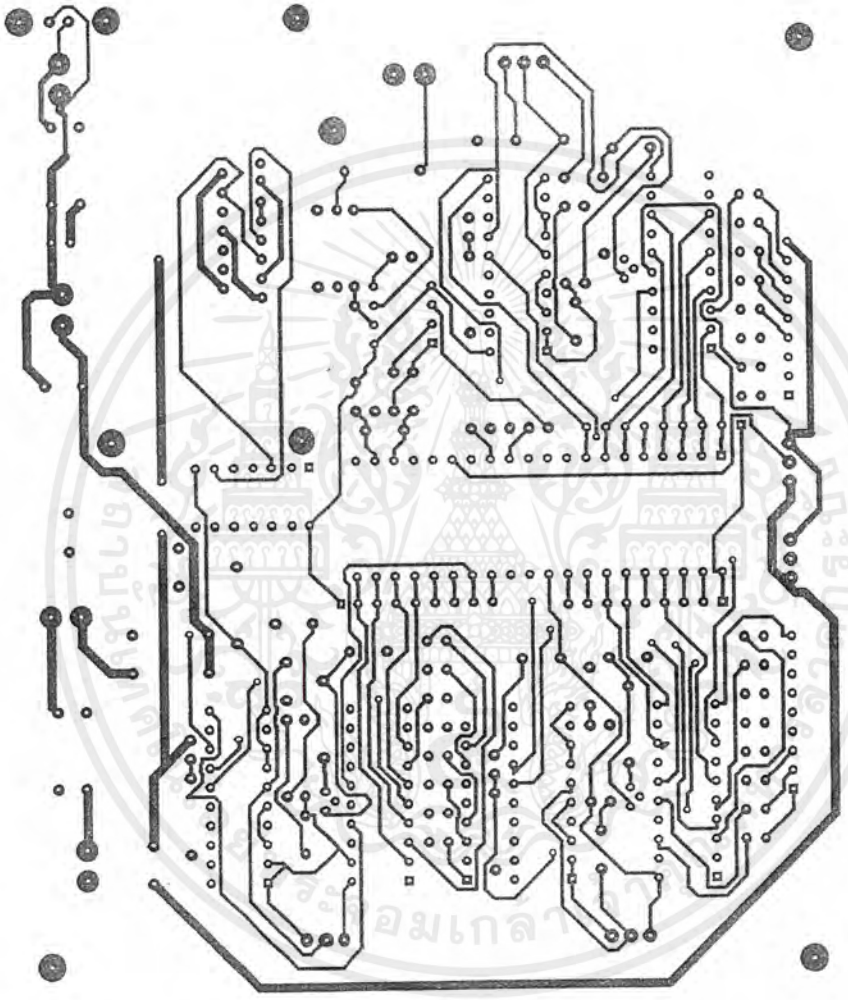
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542. คู่มือการเรียบเรียงปริญญานิพนธ์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุดม จีนประดับ. 2541. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

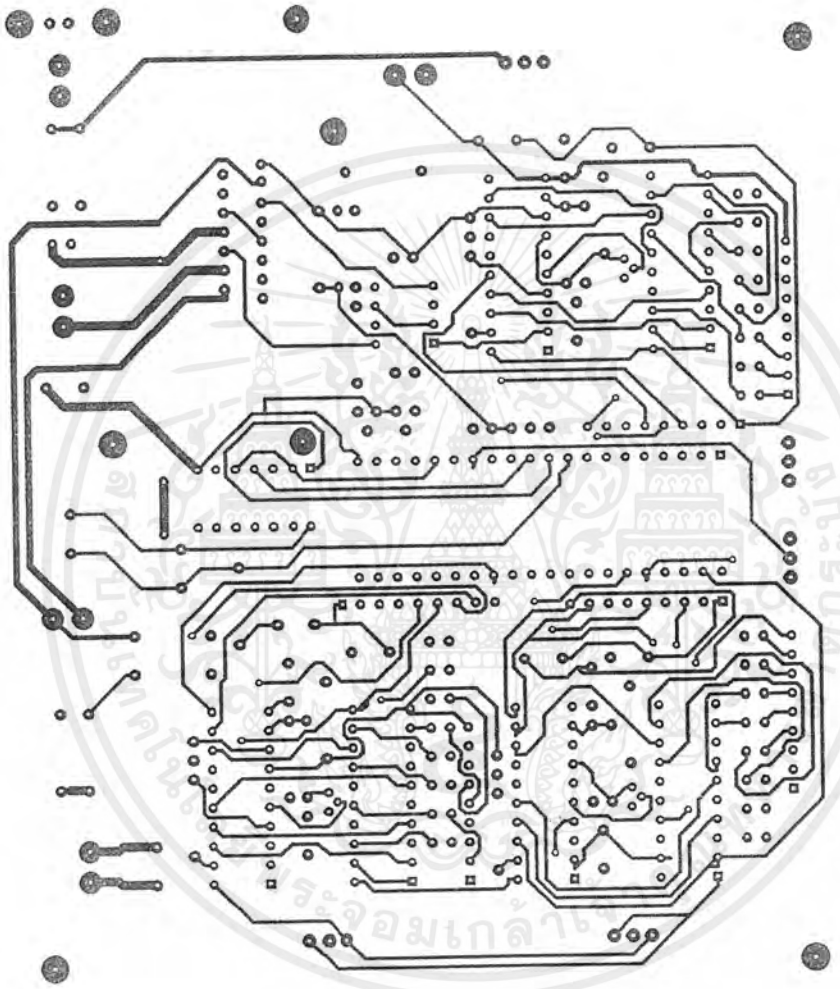
ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



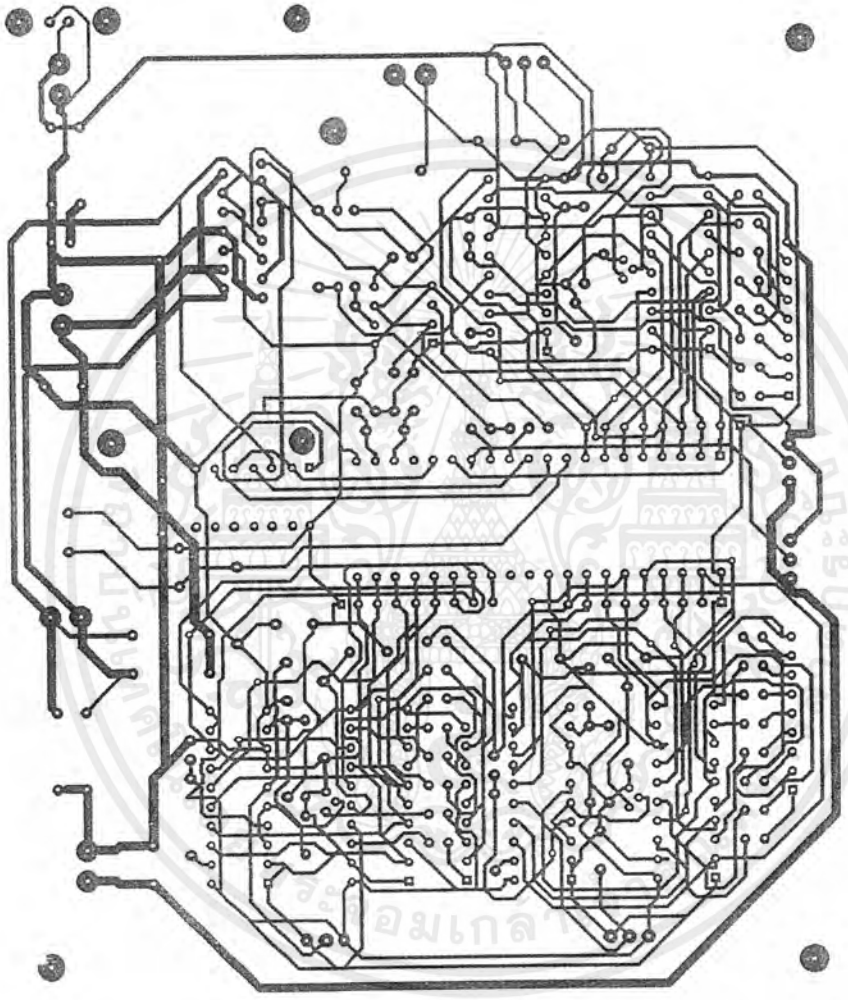
รูปที่ ก ลายทองแดงด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



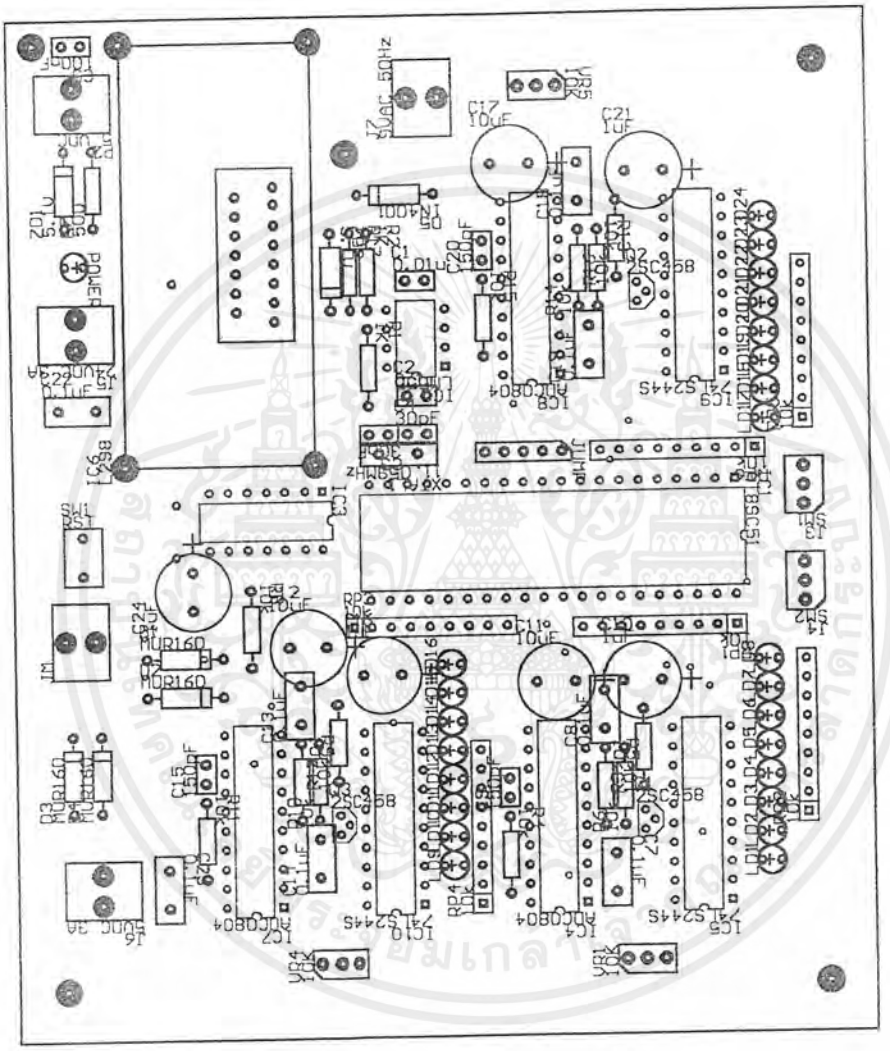
รูปที่ ข ลายทองแดงด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



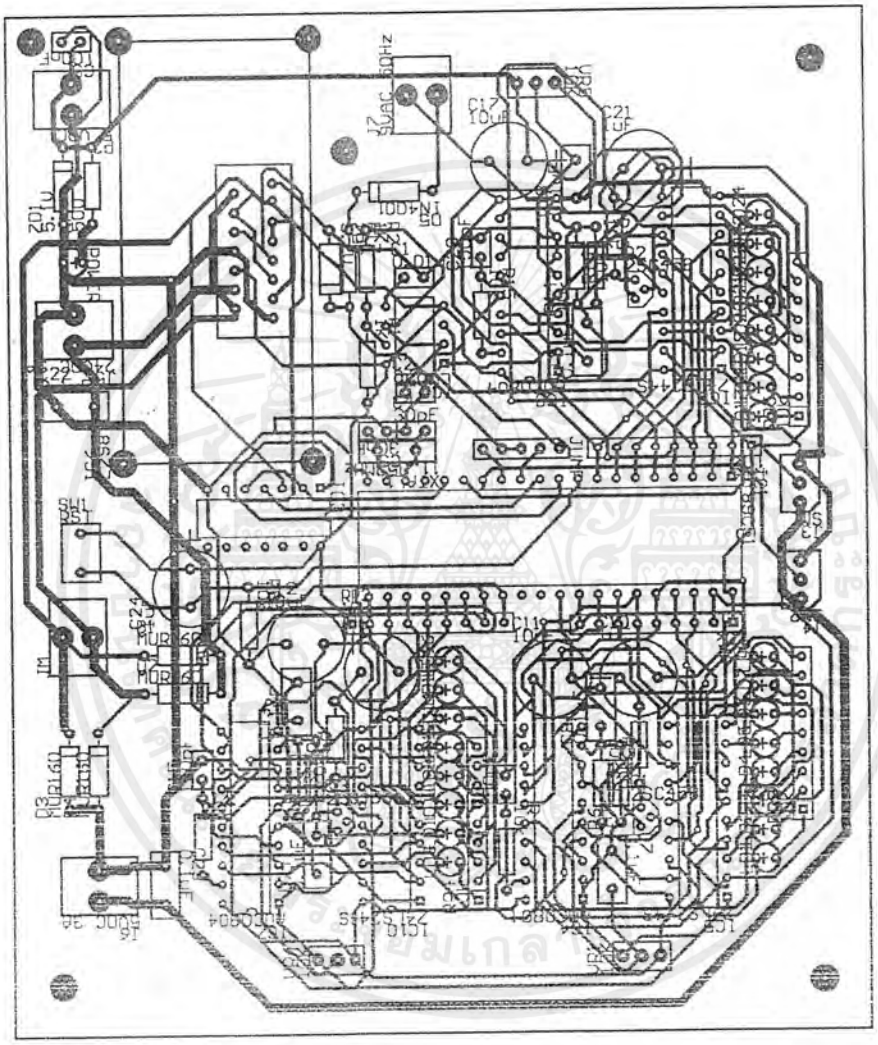
รูปที่ ค ลายทองแดงทั้งด้านบนและด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



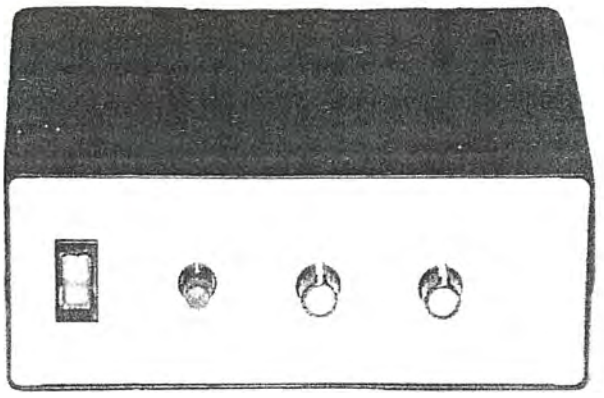
รูปที่ ง ตำแหน่งการลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

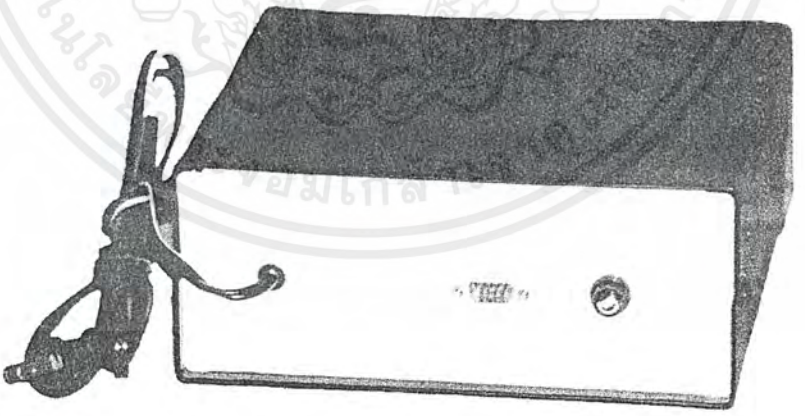


รูปที่ จ การลงอุปกรณ์พร้อมลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

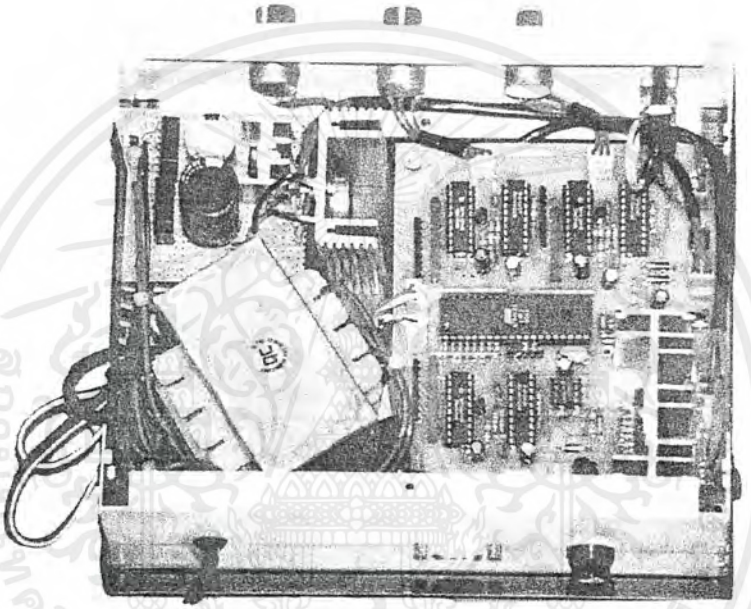


รูปที่ ฉ. รูปด้านหน้าของเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD



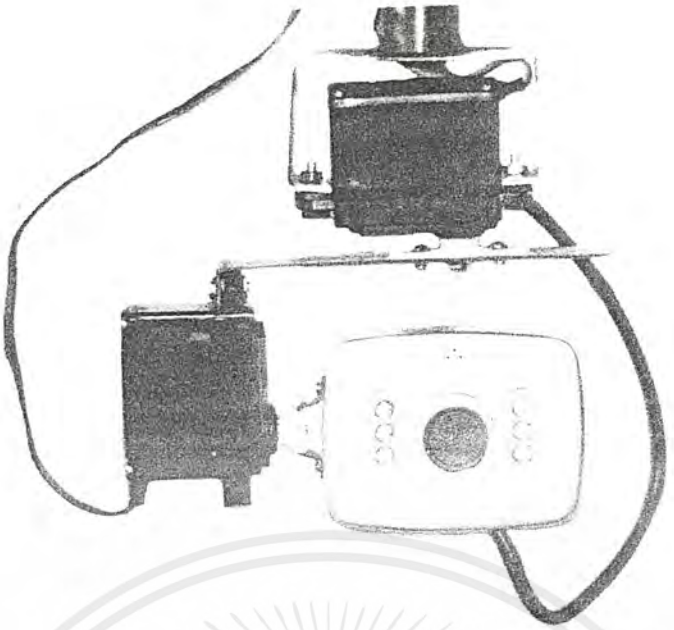
รูปที่ ช. รูปด้านหลังของเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

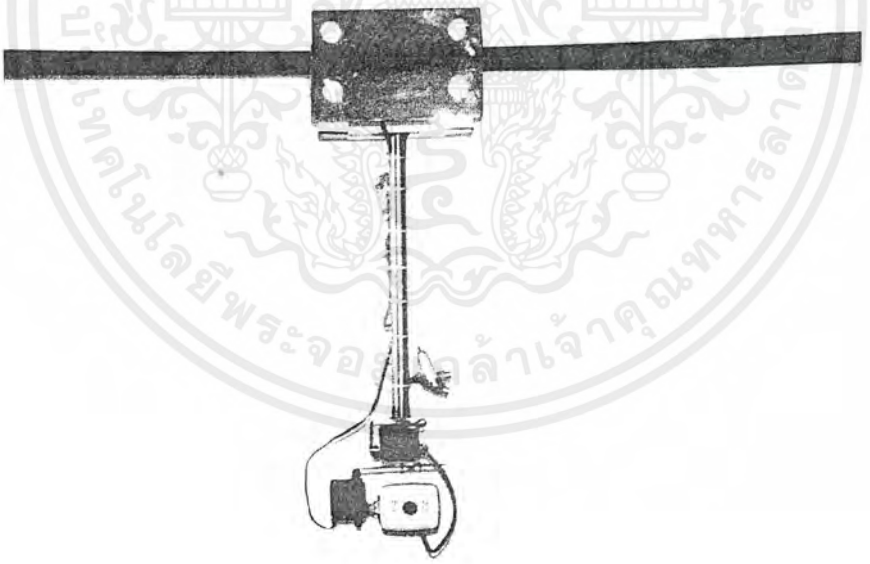


รูปที่ ซ. รูปการวางอุปกรณ์ภายในของเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฌ. รูปการติดตั้งกล้อง CCD เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ ญ. การต่อเครื่องควบคุมการแพนกล้อง CCD เข้ากับรางขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
V1L     EQU   30H             ;DECLAR T0 COUNTER VARIABLE
V1H     EQU   31H             ;       "
V2L     EQU   32H             ;DECLAR T1 COUNTER VARIABLE
V2H     EQU   33H             ;       "
V3L     EQU   34H             ;DECLAR T2 COUNTER VARIABLE
V3H     EQU   35H             ;       "
TR2     BIT   T2CON.2
TF2     BIT   T2CON.7
        ORG   0000H
        LJMP  MAIN            ;JUMP TO MAINPROGRAM
;-------------------------------
        ORG   0003H           ;EXTERNAL INTERRUPT0 SERVICE ROUTIEN
        LJMP  EX0ISR
;-------------------------------
        ORG   000BH           ;TIMER0 INTERRUPT SERVICE ROUTIEN
        CLR   P3.5
        CLR   TR0
        RETI
;-------------------------------
        ORG   001BH           ;TIMER1 INTERRUPT SERVICE ROUTIEN
        CLR   P3.4
        CLR   TR1
        RETI
;-------------------------------
        ORG   002BH           ;TIMER2 INTERRUPT SERVICE ROUTIEN
        CLR   P3.6
        CLR   TR2
        CLR   TF2
        RETI
;-------------------------------
EX0ISR: MOV   TL0,V1L         ;LOAD VALUE TO TIMER
        MOV   TH0,V1H         ;       "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   TL1,V2L           ;    "
        MOV   TH1,V2H           ;    "
        MOV   TL2,V3L           ;    "
        MOV   TH2,V3H           ;    "
        SETB  P3.4              ;SET OUTPUT PULSE
        SETB  P3.5              ;    "
        SETB  P3.6              ;    "
        SETB  TR0               ;START TIMER
        SETB  TR1               ;    "
        SETB  TR2               ;    "
        RETI
;--------------------------------
MAIN:  SETB  ET0                ;INITIAL INTERRUPT PROPERTIE BIT
        SETB  ET1
        SETB  ET2
        SETB  EX0
        SETB  IT0
        SETB  EA
        MOV   T2CON,#00H        ;TIMER2 = 16 BITS AUTORELOAD MODE
        MOV   TMOD,#11H         ;TIMER0,1 = MODE1 16 BITS TIMER
;--------------------------------
MAIN1: MOV  A,P1                ;READ A/D VALUE FROM PORT1
        MOV   B,#02H
        DIV   AB
        CLR   C                 ;SCALING AND STORE TO V1L,V1H
        ADD   A,#0DCH           ;TIMER RANGE = F97CH TO FA7BH
        MOV   V1L,A             ;POSITIVE PULSEWIDTH = 1mS TO 2mS
        MOV   A,#00H
        ADDC  A,#0F9H
        MOV   V1H,A
;--------------------------------
        MOV   A,P0              ;READ A/D VALUE FROM PORT0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   B,#02H
        DIV   AB
        CLR   C                    ;SCALING AND STORE T1 V2L,V2H
        ADD   A,#0BCH              ;TIMER RANGE = F97CH TO FA7BH
        MOV   V2L,A                ;POSITIVE PULSEWIDTH = 1mS TO 2mS
        MOV   A,#00H
        ADDC  A,#0F9H
        MOV   V2H,A
;---------------------------------
        MOV   A,P2                 ;READ A/D VALUE FROM PORT2
        CJNE  A,#80H,CN0           ;IF PORT2 = 80H THEN STOP MOTOR
        MOV   A,#0FFH              ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN0:    CJNE  A,#7DH,CN1
        MOV   A,#0FFH              ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN1:    CJNE  A,#7EH,CN2
        MOV   A,#0FFH              ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN2:    CJNE  A,#7FH,CN3
        MOV   A,#0FFH              ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN3:    CJNE  A,#81H,CN4
        MOV   A,#0FFH              ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN4:    CJNE  A,#82H,CN5
        MOV   A,#0FFH          ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CN5:    CJNE  A,#83H,CON0
        MOV   A,#0FFH          ;STOP DC MOTOR (IF PORT2=80H)
        CLR   P3.0
        CLR   P3.1
        SJMP  CON
CON0:   JB    ACC.7,DIRECT     ;IF ACC.7='1' THEN 2'S COMPLEMENT A/D VALUE
        CLR   P3.0             ;SET DIRECTION OF DC MOTOR
        SETB  P3.1
CON:    CLR   ACC.7
        MOV   B,#70H           ;B REGISTER STOR SCALING VALUE (91H)
        MUL   AB               ;SCALING AND STORE VALUE TO V3L,V3H
        CLR   C
        ADD   A,#0FH
        MOV   V3L,A
        MOV   A,B
        ADDC  A,#0B8H
        MOV   V3H,A
        LJMP  MAIN1            ;JUMP TO MAIN
DIRECT: SETB  P3.0             ;INVERSE DIRECTION OF DC MOTOR
        CLR   P3.1
        CPL   A
        ADD   A,#01H
        SJMP  CON
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

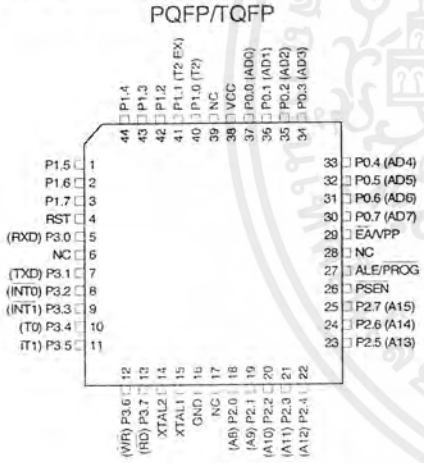
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt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

Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

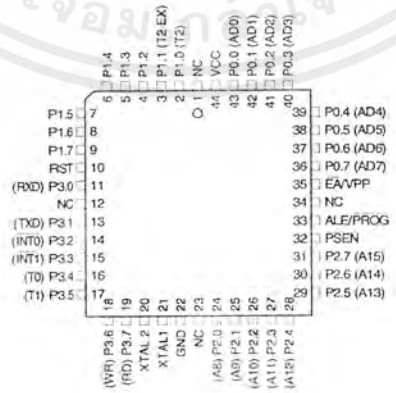
Pin Configurations

PQFP/TQFP



PDIP

PLCC



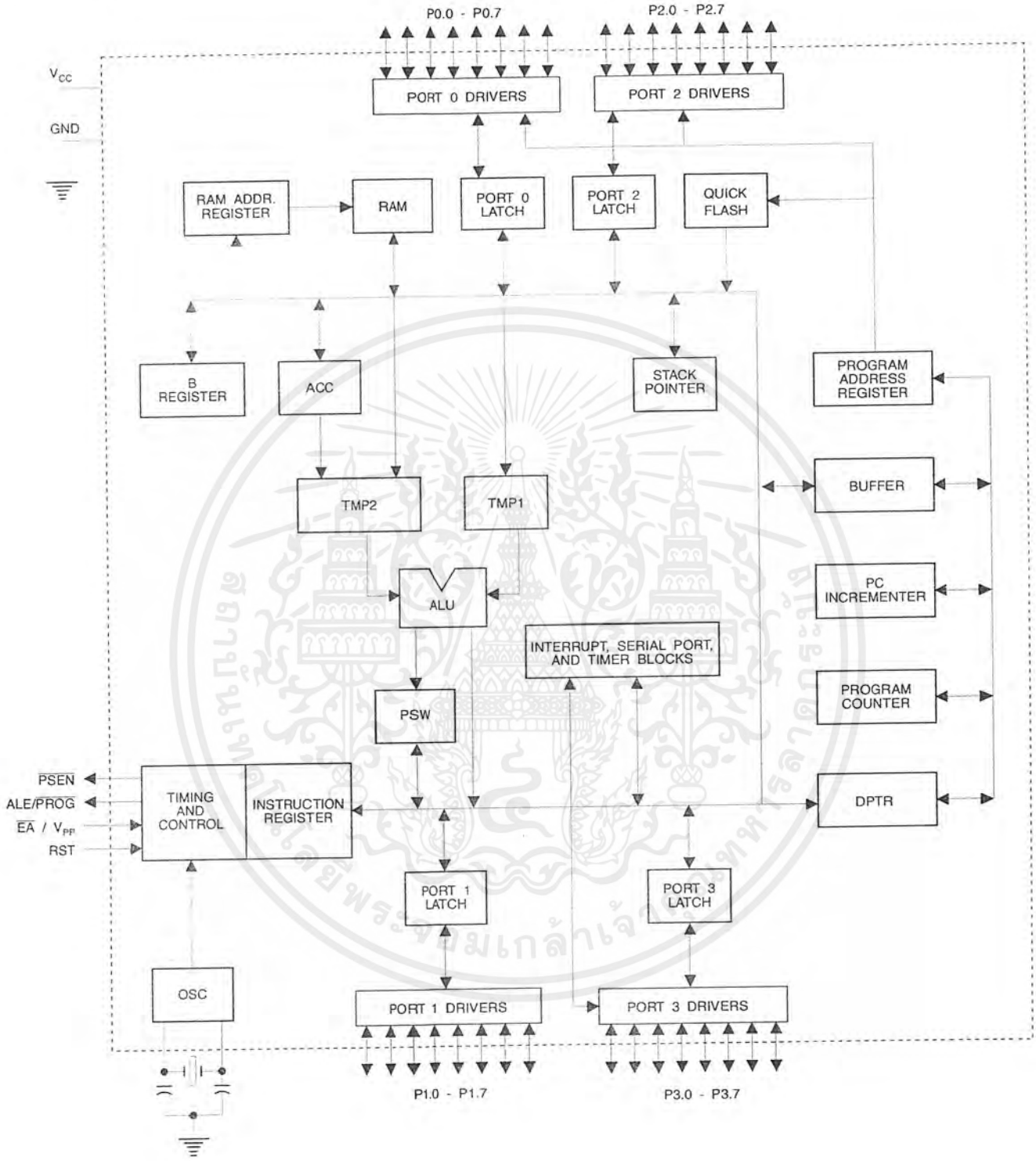
8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

Rev. 0313H–02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.
Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

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

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

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

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

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

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

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

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

$\overline{\text{PSEN}}$

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

When the AT89C52 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA}}$/VPP

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

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

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.r

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Registe

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/$\overline{RL2}$	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Timer in Capture Mode

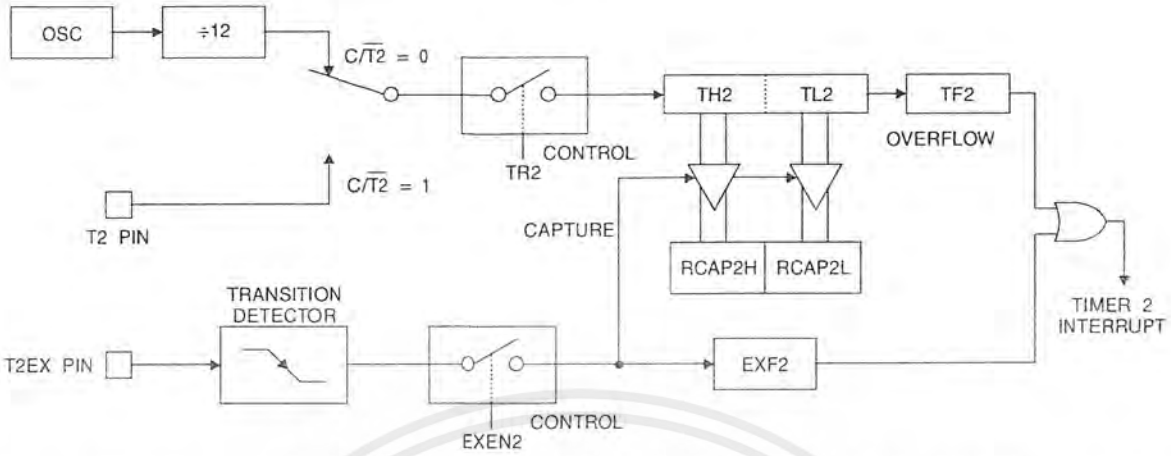


Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture ModeRCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

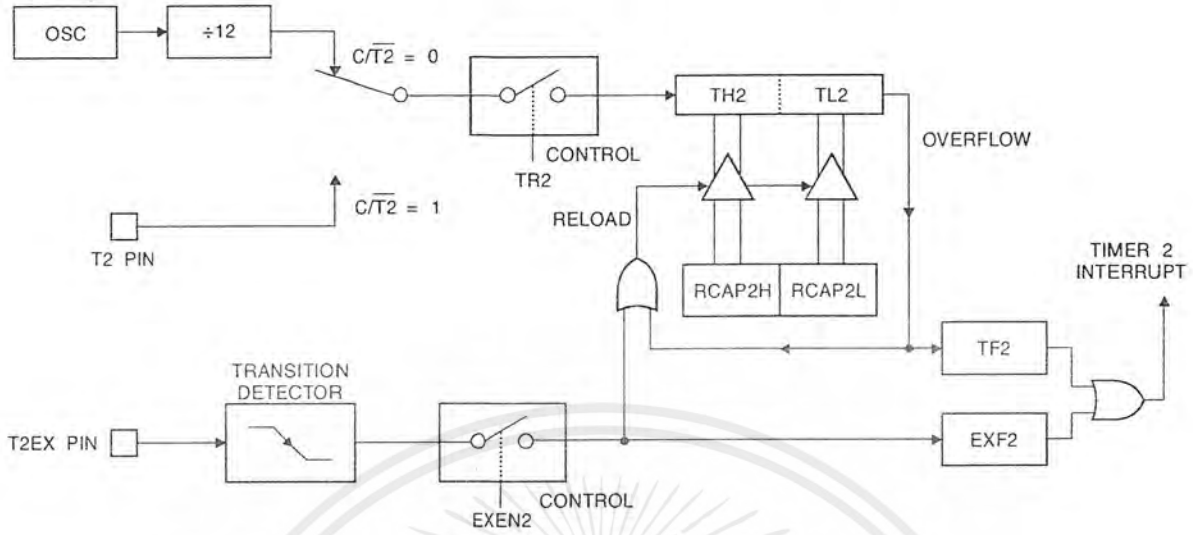


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

	–	–	–	–	–	–	T2OE	DCEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
–	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

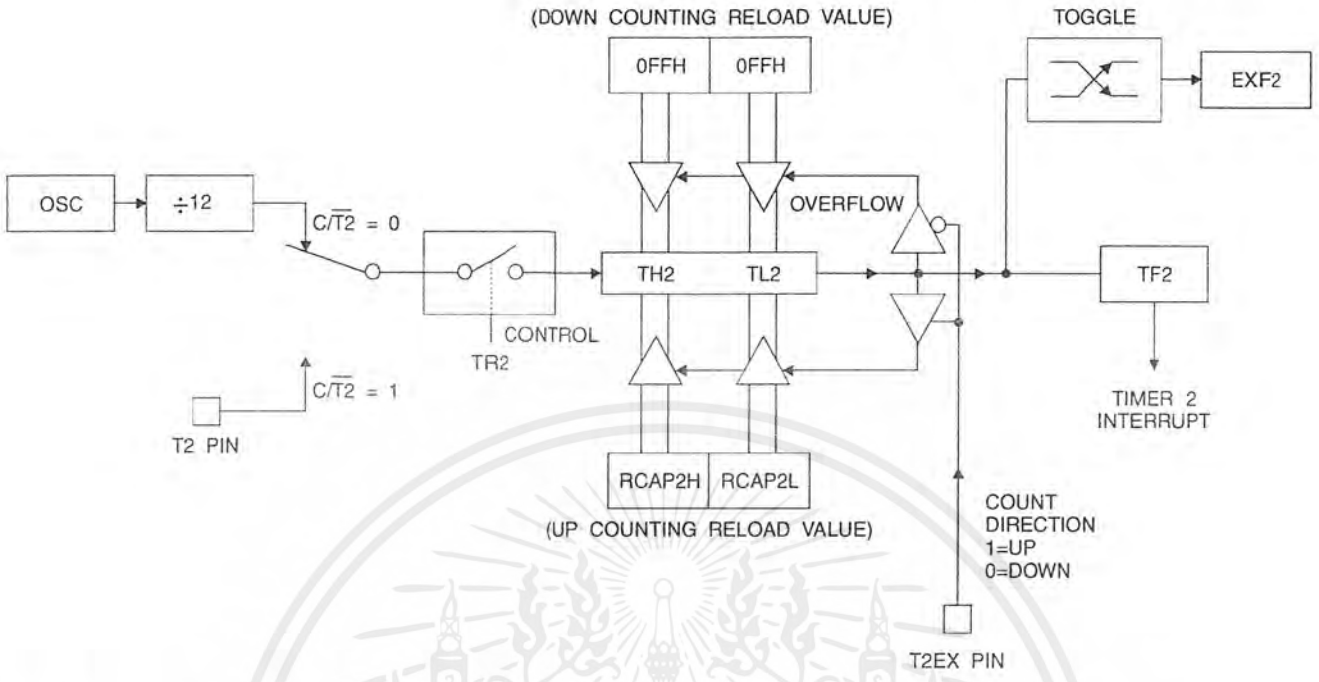
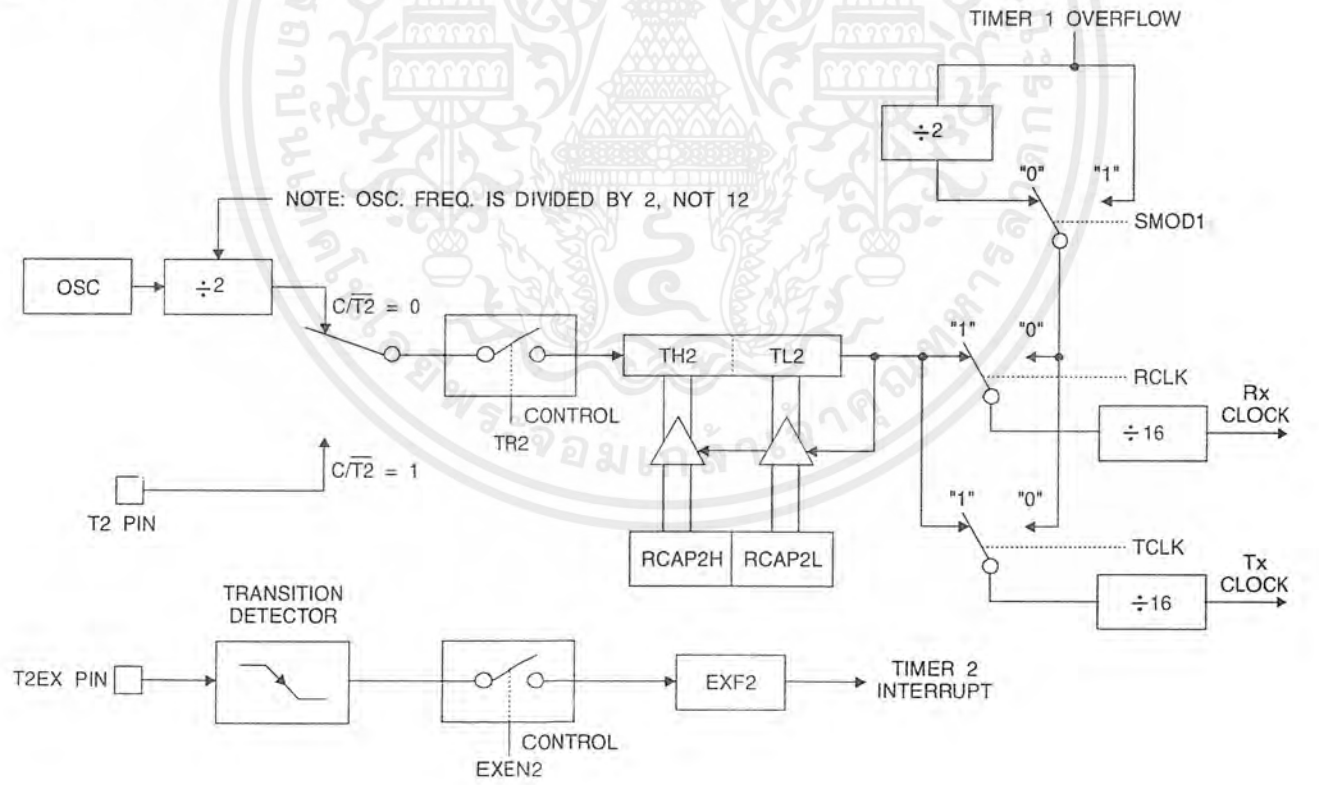


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($C/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

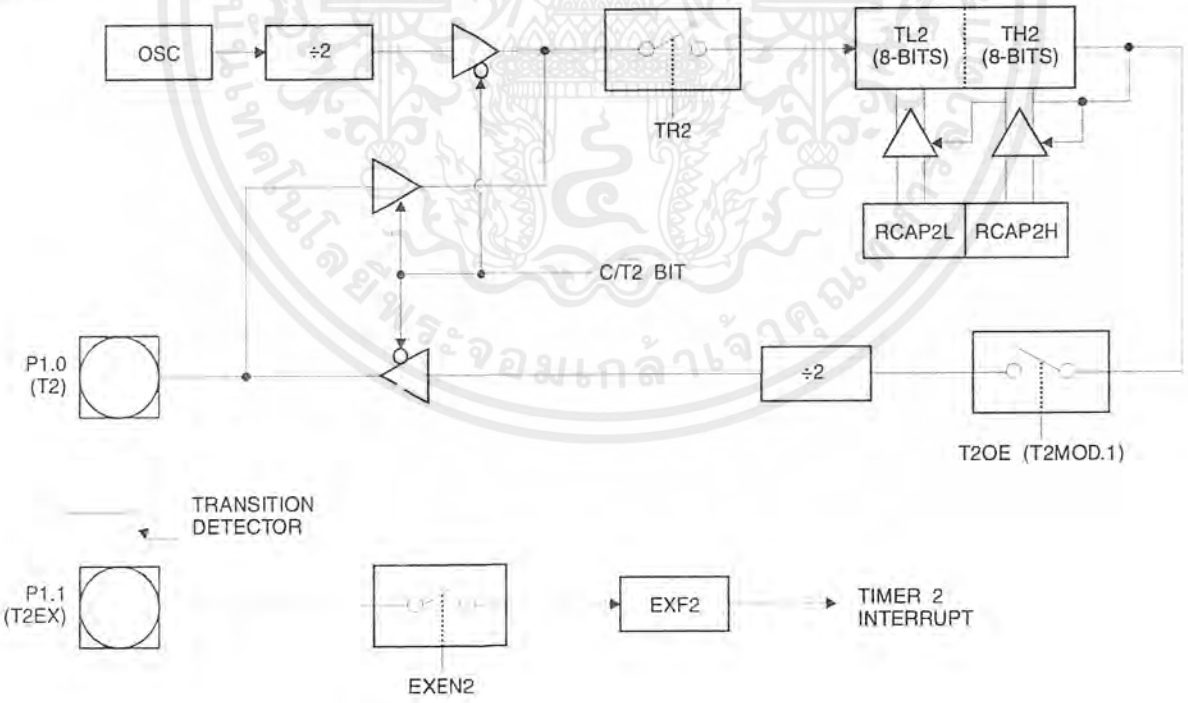
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/$\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Fequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

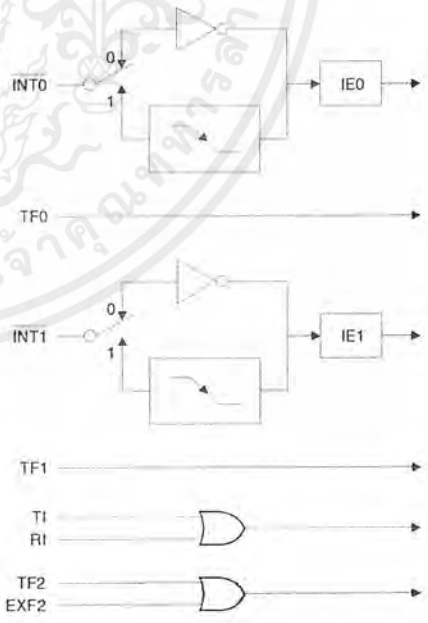
(MSB)							(LSB)
EA	–	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.
User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.		

Figure 6. Interrupt Sources



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

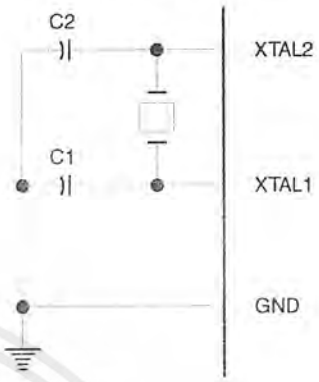
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

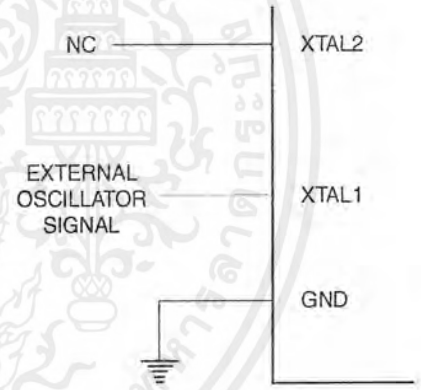
In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



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

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Powe-down Modes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Lock Bit Protection Modes

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

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

Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The Low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, take the following steps.

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

Data Polling The AT89C52 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

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

Program Verify If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 52H indicates 89C52
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}/V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9. Programming the Flash Memory

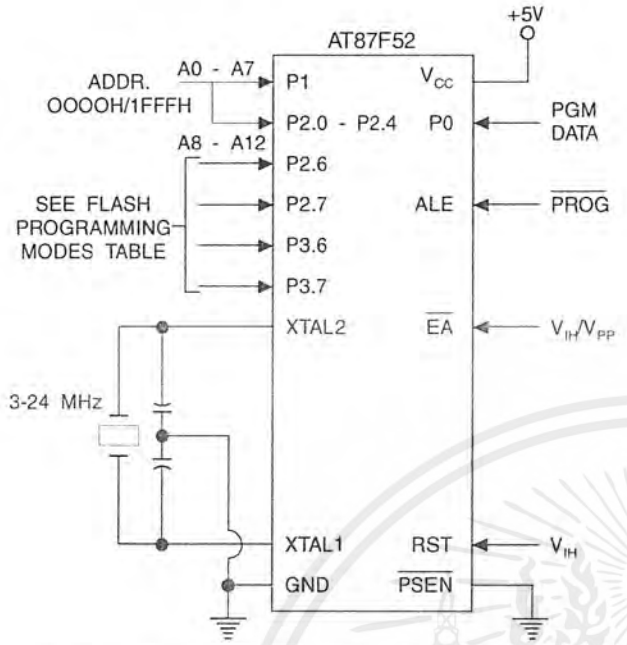
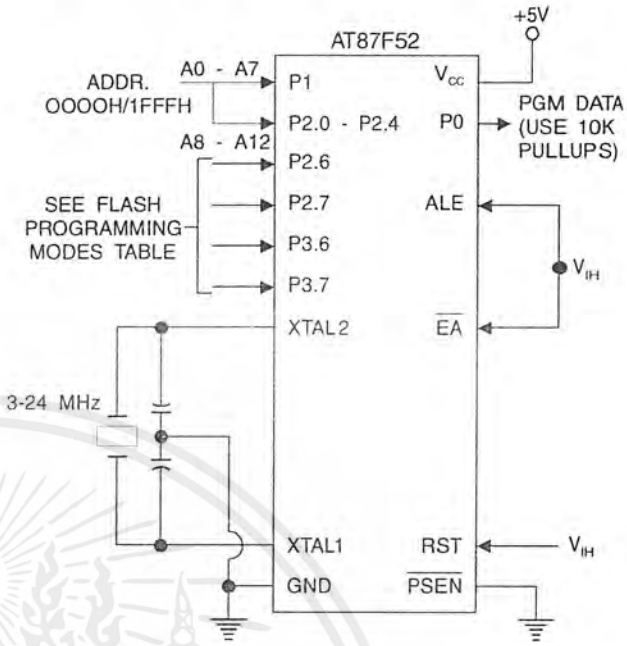


Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

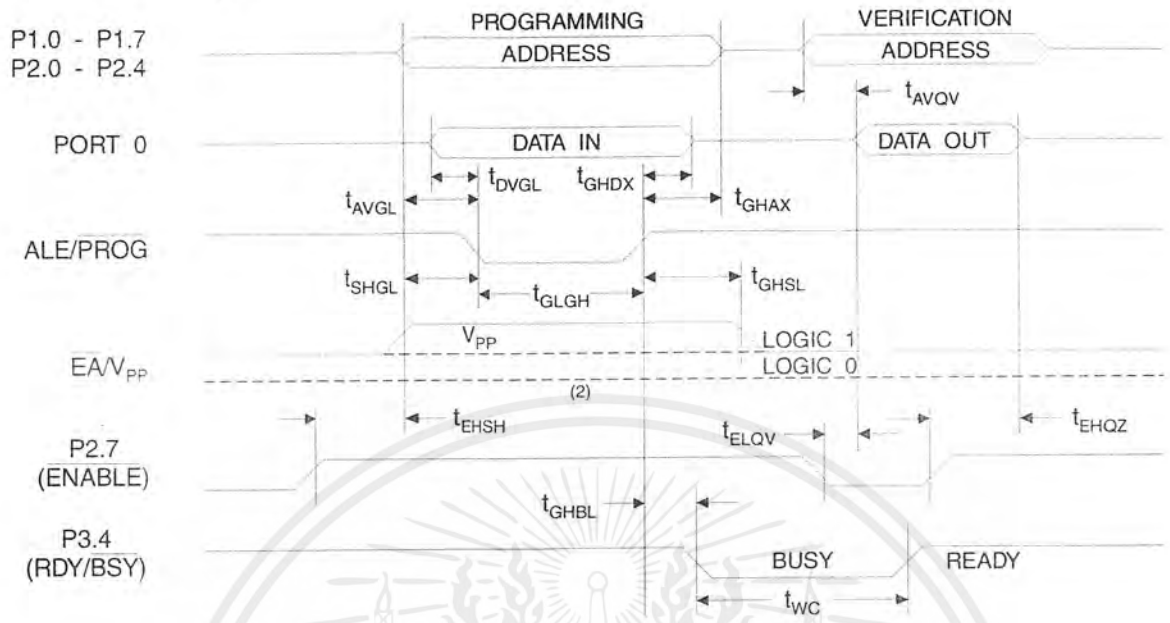
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

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

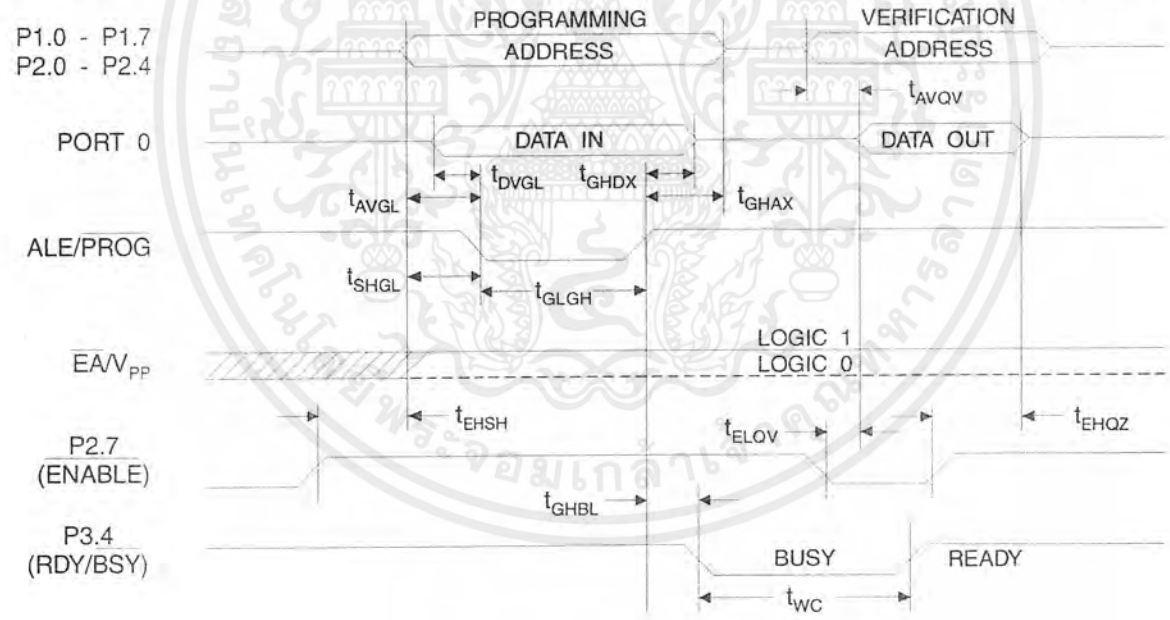
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low-voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low-voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode[1]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

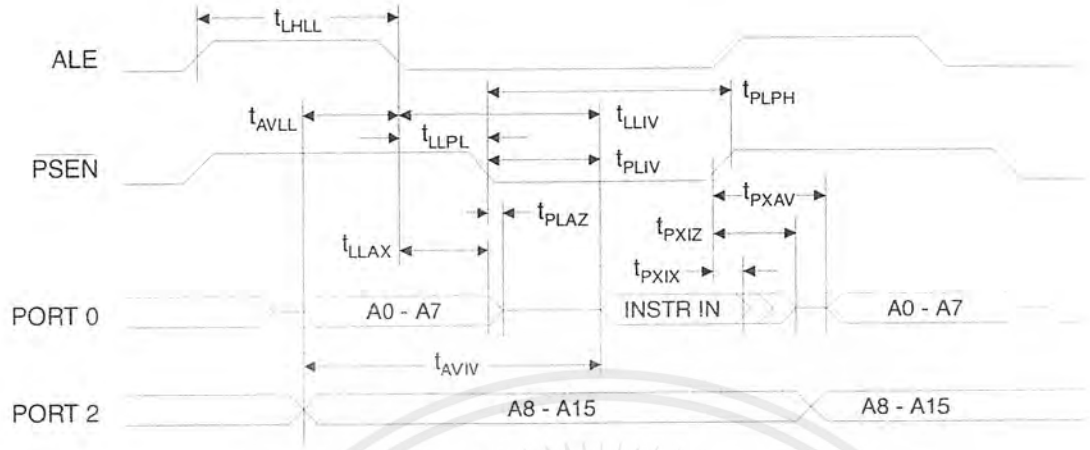
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

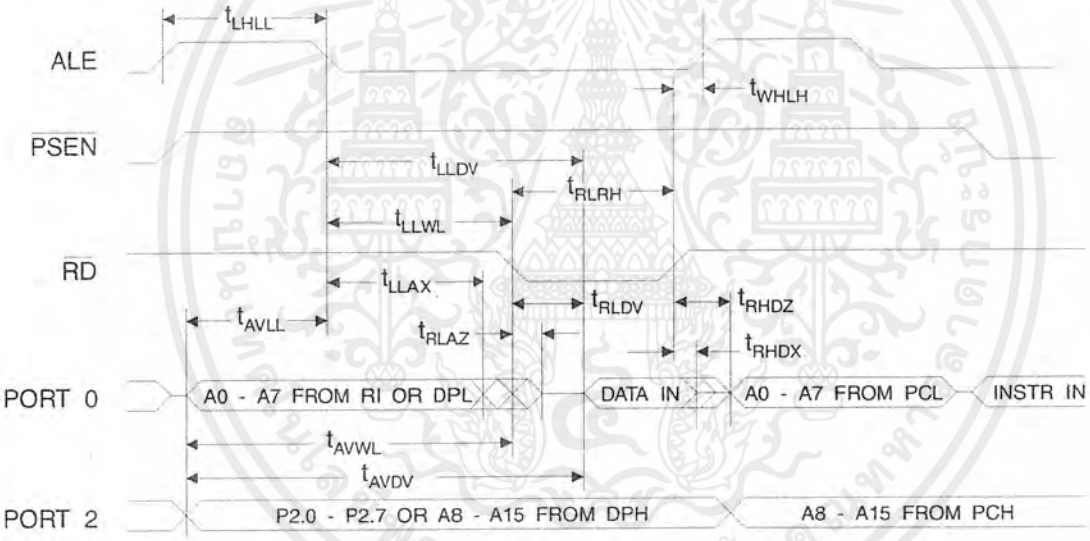
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

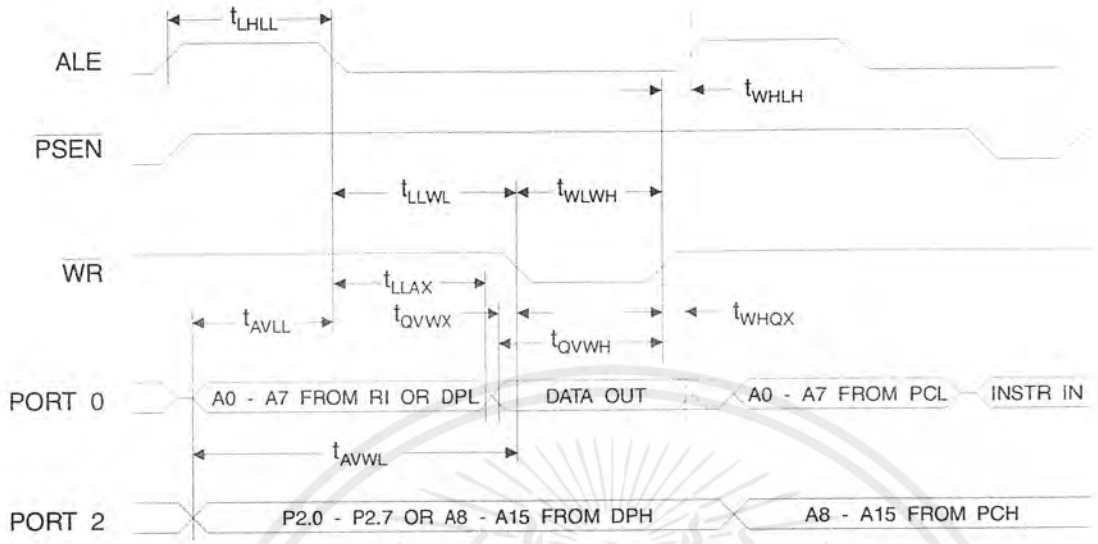


External Data Memory Read Cycle

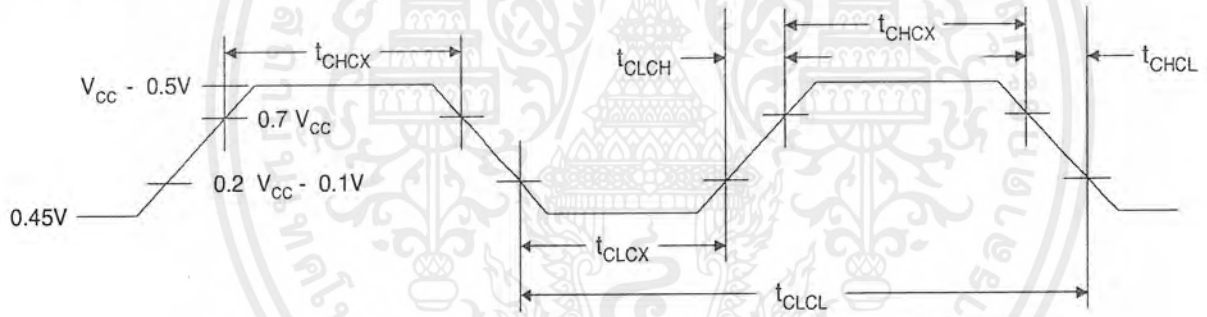


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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

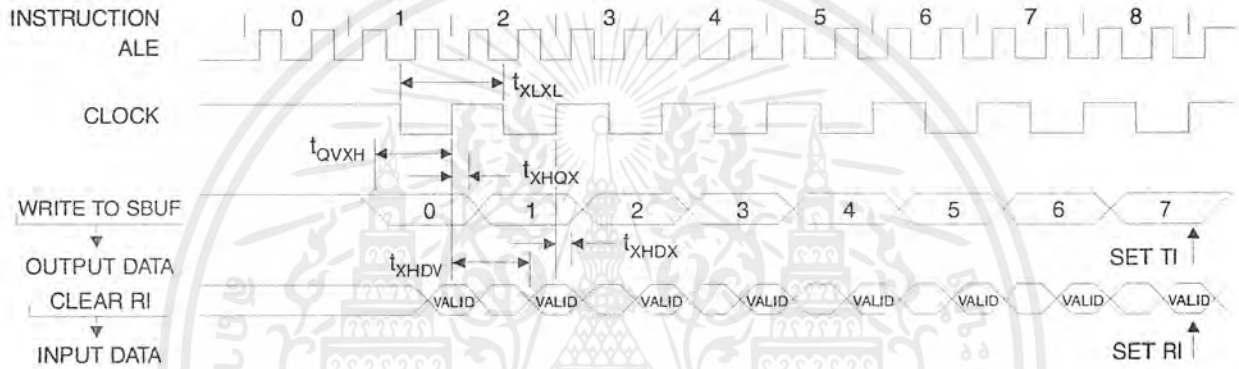
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

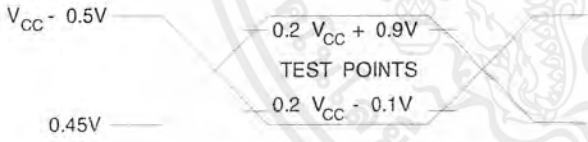
The values in this table are valid for V_{CC} = 5.0V ± 20% and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

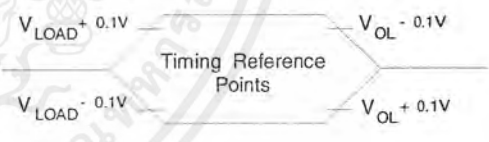


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

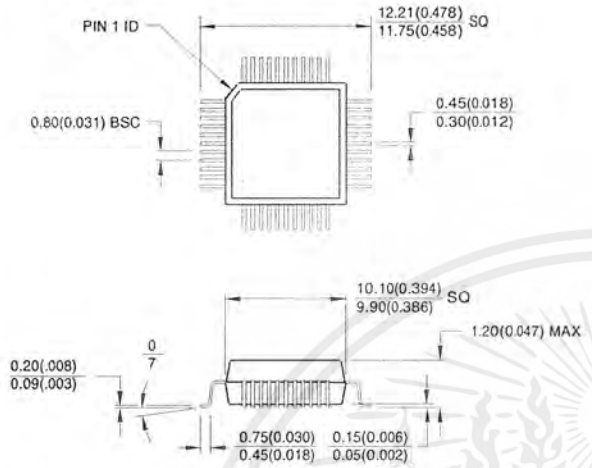
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC AT89C52-12JC AT89C52-12PC AT89C52-12QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-12AI AT89C52-12JI AT89C52-12PI AT89C52-12QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC AT89C52-16JC AT89C52-16PC AT89C52-16QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-16AI AT89C52-16JI AT89C52-16PI AT89C52-16QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC AT89C52-20JC AT89C52-20PC AT89C52-20QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-20AI AT89C52-20JI AT89C52-20PI AT89C52-20QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC AT89C52-24JC AT89C52-24PC AT89C52-24QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-24AI AT89C52-24JI AT89C52-24PI AT89C52-24QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)

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

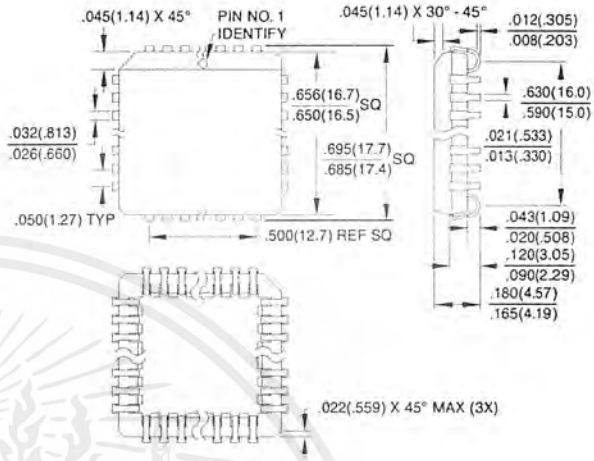
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

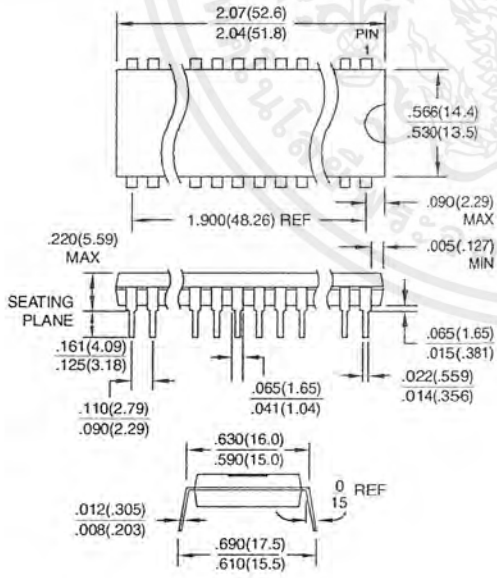


44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC

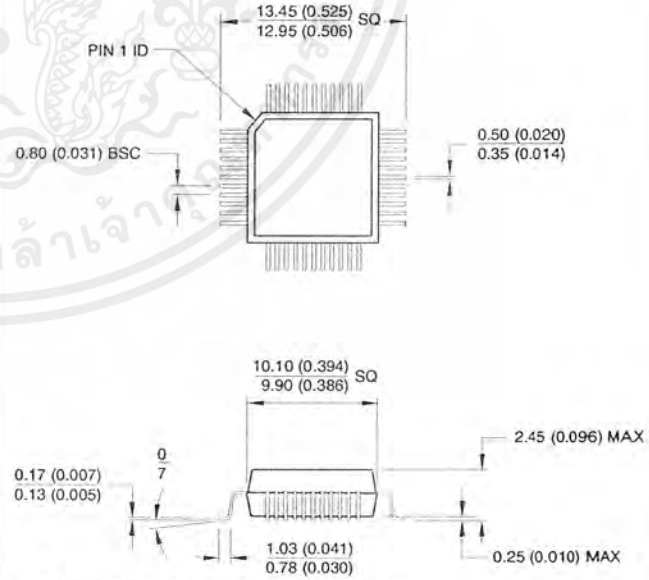


Controlling dimension: millimeters

40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmel Headquarters

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

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

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

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

Atmel Operations

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

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

Fax-on-Demand
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1999.
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

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

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

Printed on recycled paper.

0313H–02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้