

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและการสร้างกล้องรักษาความปลอดภัย

Security Camera



268.
ณ 312ก
2550

เลขหมู่.....**82207**
 เลขทะเบียน.....
 วัน,เดือน,ปี.....**-9 ก.ค. 2551**

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีการศึกษา 2550

11945874
 b.....
 i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุก

การออกแบบและการสร้างกล้องรักษาความปลอดภัย

Security Camera



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง กล้องรักษาความปลอดภัย
(Security Camera)

จัดทำโดย นาย ธีรพล นิลพัฒนานกร รหัส 47010229
นาย ธีรพล ศุภภากร รหัส 47010233

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ศิริเดช บุญแสง



รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ศิริเดช บุญแสง) วันที่ .../.../....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อีเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง กส็องรักษาความปลอดภัย

ผู้จัดทำ นาย ฌรัฐพล นิลพัฒนาร 47010229

นาย ฌรัฐพล สุภภากร 47010233



(Handwritten Signature)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ศิริเดช บุญแสง)

วันที่/...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องรักษาความปลอดภัย

นาย อนุรักษ์ นิลพัฒนกร รหัส 47010229

นาย อนุรักษ์ ศุภภากร รหัส 47010233

อ. ศิริเดช บุญแดง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้ อธิบายถึงการออกแบบและการสร้างกล้องดิจิทัล ซึ่งอาศัยหลักการการทำงานของเซ็นเซอร์ PIR มาประยุกต์ใช้เข้ากับกล้องดิจิทัลในการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยโครงการนี้ประกอบไปด้วยวงจรส่วนหลักๆ คือ ส่วนของวงจรเซ็นเซอร์ PIR โดยมีตัว PIR (Pyro Infrared Sensor) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเซ็นเซอร์ ซึ่งใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยเมื่อเซ็นเซอร์ PIR สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ จะมีสัญญาณ Trigger เข้าไปยังวงจรส่วนถัดไปสั่งงานให้กล้องดิจิทัลทำการถ่ายภาพออกมา เปรียบเสมือนเป็นการกด Shutter กล้อง โดยในส่วนต่อมาจะเป็นส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ในการควบคุมการทำงานของกล้องดิจิทัล โดยใช้การอินเตอร์เฟซแบบอนุกรมเข้ากับ RS232 โดยกล้องที่ใช้ในโครงการนี้ ใช้ไมโครกล้องดิจิทัลรุ่น C328 โดยเป็นกล้องชนิด CMOS โดยภาพที่ถ่ายออกมาได้นั้น จะถูกส่งเข้าไปเก็บบันทึกไว้ใน SD Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Security camera

Mr. Nuttapon Nilphanakorn ID. 47010229

Mr. Nattaphon Suphakorn ID. 47010233

Teacher Siridej Boonsang Advisor

Education Year 2007

Abstract

This project demonstrates designing and fabrication of security camera by using application of PIR sensor cooperated with digital camera. This project mainly includes of PIR sensor and microcontroller (PIC). PIR sensor or Pyro Infrared sensor works as motion detector. After PIR sensor had found motion, trigger signal sent to command digital camera to take a picture. In the next part, microcontroller is used to control digital camera to provide serial interface with RS232. C328 camera module is CMOS camera type, used to take picture and send to memory to the SD card.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโปรเจกครั้งนี้มัน ถึงแม้ว่าชิ้นงานที่ทำนั้นจะยังไม่สมบูรณ์แบบตามที่ต้องการนั้น แต่ในการทำงานครั้งนี้มันก็ได้ได้รับความเอื้อเฟื้อจากอาจารย์ ดร. ศิริเดช บุญแสง เป็นอย่างมาก ซึ่งอาจารย์ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับกลุ่มผมมากมาย ช่วยชี้แนะแนวทางในการทำโปรเจก พร้อมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำงานครั้งนี้ คือ ตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ่ายภาพ และตัวเซนเซอร์ PIR ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักๆ สำหรับโปรเจกนี้ ทำให้การทำโปรเจกครั้งนี้มีความสะดวกมากขึ้น จึงต้องขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ถ้าพวกผมทำสิ่งใดไม่ดีหรืออาจจะล่วงเกินอาจารย์ไป ก็ต้องขออภัยอาจารย์มา ณ ที่นี้ด้วย นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในบางเรื่องแก่พวกผม จึงทำให้โปรเจกในปีนี้ก็จบหน้าไปได้ดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อ	
Abstract	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานของกล้องรักษาความปลอดภัย	2
2.1 หลักการทำงานของวงจรถึงเซ็นเซอร์ PIR	2
2.2 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และกล้องดิจิทัล	2
บทที่ 3 องค์ประกอบและหลักการทำงานของกล้องรักษาความปลอดภัย	3
3.1 Pyro-electric Infrared sensor (PIR)	3
3.2 Fresnel Lens	6
3.3 MP Motion sensor ที่ใช้ในโครงการ	8
3.4 ประสิทธิภาพของ MP Motion sensor	9
3.4.1 ประสิทธิภาพในการตรวจจับ	9
3.4.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า	10
3.5 ไมครูดิจิตอล C328	11
3.5.1 ข้อมูลจำเพาะของไมครูดิจิตอล	11
3.5.2 ส่วนประกอบที่สำคัญบนไมครูด	12
3.5.3 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานไมครูดิจิตอล	13
3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	18
3.6.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ ATMEGA64	18
3.6.2 หน้าที่การทำงานแต่ละขาของ ATMEGA64	19
3.7 วงจรขยายสัญญาณ Amplifier	21
3.7.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting amplifier)	21
3.7.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non inverting amplifier)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน Voltage comparator	23
3.8.1 Non-inverting Comparator	23
3.8.2 Inverting Comparator	24
3.8.3 Window Comparator	25
3.9 Monostable	27
3.10 การติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)	28
3.10.1 การทำงานของบัส SPI	28
3.10.2 จังหวะเวลาในการถ่ายโอนข้อมูลของโหมดSPI	29
3.11 ตารางการจัดเรียงไฟล์ (File Allocation Table: FAT)	30
3.11.1 FAT12	31
3.11.2 FAT16	31
3.11.3 FAT32	32
3.11.4 โครงสร้างของดิสก์หลัก (Main disk structures)	33
3.11.4.1 บล็อกเช็คเตอร์และ โครงสร้าง BPB (Bios Parameter Block)	34
3.11.4.2 ตารางไครคทอรี	36
3.11.4.3 ตาราง FAT	38
3.12 SD Card และ MMC Card	39
3.12.1 หน้าสัมผัสสำหรับการเชื่อมต่อของการ์ด	39
3.12.2 คำสั่งและการตอบกลับ	40
3.12.3 ชุดคำสั่งที่ใช้ใน โหมด SPI	41
3.12.4 Command Response ในโหมด SPI	42
3.13 การถ่ายโอนข้อมูล	43
3.13.1 Data Packet และ Data response	43
3.13.2 คำสั่ง Single Block Read	43
3.13.3 คำสั่ง Multiple Block Read	44
3.13.4 คำสั่ง Single Block Write	44
3.13.5 คำสั่ง Multiple Block Write	45
บทที่ 4 การออกแบบกล้อรักษาความปลอดภัย	46
4.1) วงจรภายในกล้อรักษาความปลอดภัยที่ต้องการออกแบบมีดังนี้	46
4.2) วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 Schematic ของวงจร ตรวจจับการเคลื่อน ไหว	46
4.2.2) หลักการออกแบบวงจรตรวจจับการเคลื่อน ไหว	47
4.3) วงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA64	48
4.3.1) Schematic ของวงจรควบคุมการทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	48
4.3.2) หลักการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	49
บทที่ 5 ผลการทดลอง	51
บทที่ 6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	55
บรรณานุกรม	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ PIR และการประยุกต์ใช้งาน	3
รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในและตัวถังของ PIR	4
รูปที่ 3.3 การใช้งาน PIR ที่มี Fresnel lens ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว	5
รูปที่ 3.4 ลักษณะของ Fresnel lens	6
รูปที่ 3.5 การทำงานของ Fresnel lens	7
รูปที่ 3.6 การติดตั้ง Fresnel lens กับ PIR	7
รูปที่ 3.7 MP Motion sensor ที่ใช้ในโครงการ	8
รูปที่ 3.8 บล็อกโคอะแกรมเอ๊าท์พุทของเซ็นเซอร์	8
รูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์ในแนวตั้งและแนวนอน	9
รูปที่ 3.10 ขอบเขตองศาในการตรวจจับ	10
รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างของโมดูลกล้อง C328	11
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโมดูลกล้อง C328	12
รูปที่ 3.13 แสดงขนาดของข้อมูลไฟล์ภาพ	15
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าที่การทำงานของขาแต่ละขาบนตัว ATMEGA64	19
รูปที่ 3.15 วงจร Inverting amplifier	21
รูปที่ 3.16 วงจร Non inverting amplifier และสัญญาณอินพุทและเอ๊าท์พุท	22
รูปที่ 3.17 Comparator โดยการใช้อปแอมป์	23
รูปที่ 3.18 วงจร Non inverting comparator	24
รูปที่ 3.19 สัญญาณอินพุทและเอ๊าท์พุทของวงจร Non inverting comparator	24
รูปที่ 3.20 วงจร Inverting comparator	25
รูปที่ 3.21 สัญญาณอินพุทและเอ๊าท์พุทของวงจร Inverting comparator	25
รูปที่ 3.22 วงจร Window comparator	26
รูปที่ 3.23 สัญญาณอินพุทและเอ๊าท์พุทของวงจร Window comparator	26
รูปที่ 3.24 ตาราง Truth table ของ IC Monostable เบอร์ CD4538	27
รูปที่ 3.25 รูปวงจรส่วน Monostable	27
รูปที่ 3.26 แสดงการต่ออุปกรณ์ของระบบบัส SPI	28

รูปที่ 3.27 Timing diagram ของการติดต่อแบบSPIทั้ง4โหมด	29
รูปที่ 3.28 โครงสร้างของคิสก์	33
รูปที่ 3.29 หน้าสัมผัสสำหรับการเชื่อมต่อของการ์ด	39
รูปที่ 3.30 Command Frame ที่ส่งจาก Host ไปหาการ์ด	40
รูปที่ 3.31 การตอบกลับแบบต่างๆ	42
รูปที่ 3.32 โครงสร้างของData Packet	43
รูปที่ 3.33 คำสั่งของ Single Block Read	44
รูปที่ 3.34 คำสั่งของ Single Block Write	44
รูปที่ 3.35 คำสั่งของ Multiple Block Write	45
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจับการเคลื่อนไหว	46
รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA64	48
รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของก้อง C328	49
รูปที่ 5.1 รูปสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรถ่วงเซ็นเซอร์ PIR ตรวจับการเคลื่อนไหว	51
รูปที่ 5.2 รูปแสดงประสิทธิภาพมุมมองของเซ็นเซอร์ที่ได้จากการทดลอง	52
รูปที่ 5.3 แสดงรูปที่ถ่ายได้จากก้อง C328	53
รูปที่ 5.4 ผลข้อมูลการถ่ายภาพทาง Hyper Terminal	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัว MP Motion Sensor	11
ตารางที่ 3.2 แสดงตารางชุดคำสั่งที่ใช้งานกับ โมดูลกล้อง C328	13
ตารางที่ 3.3 แสดงตารางการกำหนดค่า Baudrate ของกล้อง C328	15
ตารางที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CPHA และข้อมูล	30
ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบระหว่าง FAT12, FAT16 และ FAT32	33
ตารางที่ 3.6 โครงสร้างพื้นฐานของบูทเช็คเตอร์และ BPB ซึ่งใช้ในทุกระดับชั้นของFAT	35
ตารางที่ 3.7 โครงสร้างของบูทเช็คเตอร์และ BPB ที่เพิ่มขึ้นมาใน FAT32	36
ตารางที่ 3.8 โครงสร้างของตาราง ไคเรคทอรี	37
ตารางที่ 3.9 ค่าต่างๆในตารางการจัดเรียงข้อมูล	38
ตารางที่ 3.10 OCR Register Definitions	40
ตารางที่ 3.11 แสดงชุดคำสั่งของโหมด SPI	42

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องการบุกรุกเพื่อโครงการทรัพย์สินเป็นปัญหาสังคมที่พบมากเป็นอันดับต้นๆ ซึ่งปัญหานี้มักพบในขณะที่เจ้าของบ้านออกไปทำธุระ เลยเปิดโอกาสให้พวกมิจฉาชีพเข้ามาขโมยทรัพย์สินภายในบ้าน หนึ่งทางออกสำหรับเหตุการณ์นี้คือ การสร้างระบบรักษาความปลอดภัย โดยการติดตั้งวิดีโอเพื่อบันทึกภาพการเคลื่อนไหว แต่การติดตั้งกล้องวิดีโอนั้นใช้ต้นทุนงบประมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นหากทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบจากกล้องวิดีโอเป็นกล้องถ่ายรูปก็อาจจะสามารถช่วยป้องกันได้เช่นกัน จึงทำให้เป็นที่มาของโครงการนี้ โดยที่กล้องถ่ายรูปจะทำงานร่วมกับตัวตรวจจับสิ่งผิดปกติและสั่งงานให้กล้องถ่ายภาพ ซึ่งวิธีนี้เป็นอีกวิธีที่ช่วยรักษาความปลอดภัยแก่ทรัพย์สินได้พอสมควร ถึงแม้ว่าคุณภาพอาจจะสู้สินค้าที่มีขายในท้องตลาดไม่ได้ แต่วิธีนี้ก็สามารถช่วยลดต้นทุนไปได้มากและวิธีนี้ยังมีจุดเด่นคือกล้องมีขนาดเล็กจึงสามารถซ่อนไว้ในจุดต่างๆ ได้ นอกจากการรักษาความปลอดภัยภายในบ้านแล้ว กล้องถ่ายรูปนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ ได้ เช่น การติดตั้งนี้ซ่อนไว้ในจุดต่างๆ ของเขตหวงห้าม เพื่อทำการถ่ายภาพผู้บุกรุกไว้เป็นหลักฐาน

สำหรับในรายงานฉบับนี้ จะกล่าวถึงขั้นตอน และวิธีการออกแบบกล้องรักษาความปลอดภัย ซึ่งผู้เขียนได้เขียนหลักการตามขั้นตอนในแต่ละบทไว้ดังนี้

- บทที่ 2, 3 จะกล่าวถึงหลักการพื้นฐานของวงจรที่ใช้ในการออกแบบกล้องรักษาความปลอดภัย ว่ามีส่วนประกอบอะไรบ้าง และในแต่ละส่วนในวงจรมีหน้าที่การทำงานอย่างไร
- บทที่ 4 จะกล่าวถึงการออกแบบกล้องรักษาความปลอดภัย ว่ามีการออกแบบและมีขั้นตอนการทำงานอย่างไร
- บทที่ 5 จะกล่าวถึงการสรุปผลของการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองขึ้นมา

บทที่ 2

หลักการพื้นฐานของกล้องรักษาความปลอดภัย

2.1 หลักการทำงานของวงจรเซ็นเซอร์ PIR

เซ็นเซอร์ PIR เป็นตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความร้อนในรูปแบบของแสงอินฟราเรด หากมีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นอินฟราเรดก็จะทำให้เอาต์พุตของ PIR มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเอาต์พุตนี้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นเอาต์พุตที่ได้จึงต้องนำไปผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้สัญญาณที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันหากมีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความร้อนที่ PIR ก็จะทำให้เกิดสัญญาณทรiggerที่เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งสัญญาณทรiggerนี้ก็จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งงานให้กล้องเริ่มทำการถ่ายภาพ

2.2 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และกล้องดิจิทัล

สำหรับโครงงานนี้ จะใช้อุปกรณ์จับภาพหรือกล้องถ่ายภาพชนิด CMOS เป็นหน้าที่หลัก โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA64 เป็นตัวควบคุมการทำงานของกล้องถ่ายภาพ โดยวงจรจะรับอินพุตมาจากวงจรเซ็นเซอร์ ถ้าหากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคลื่นอินฟราเรดได้ วงจรเซ็นเซอร์ก็จะส่งสัญญาณมาทรiggerให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการสั่งงานกล้องเพื่อทำการถ่ายภาพ ซึ่งค่ารายละเอียดต่างๆ เช่น ขนาดภาพ, ชนิดของภาพ, ความเร็วของการส่งถ่ายข้อมูล (Baud Rate) และขนาดของข้อมูลภาพ

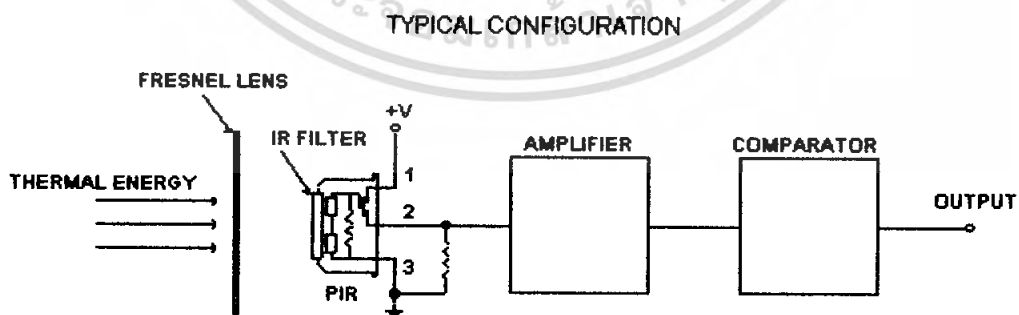
บทที่ 3

องค์ประกอบและหลักการทำงานของกล้องรักษาความปลอดภัย

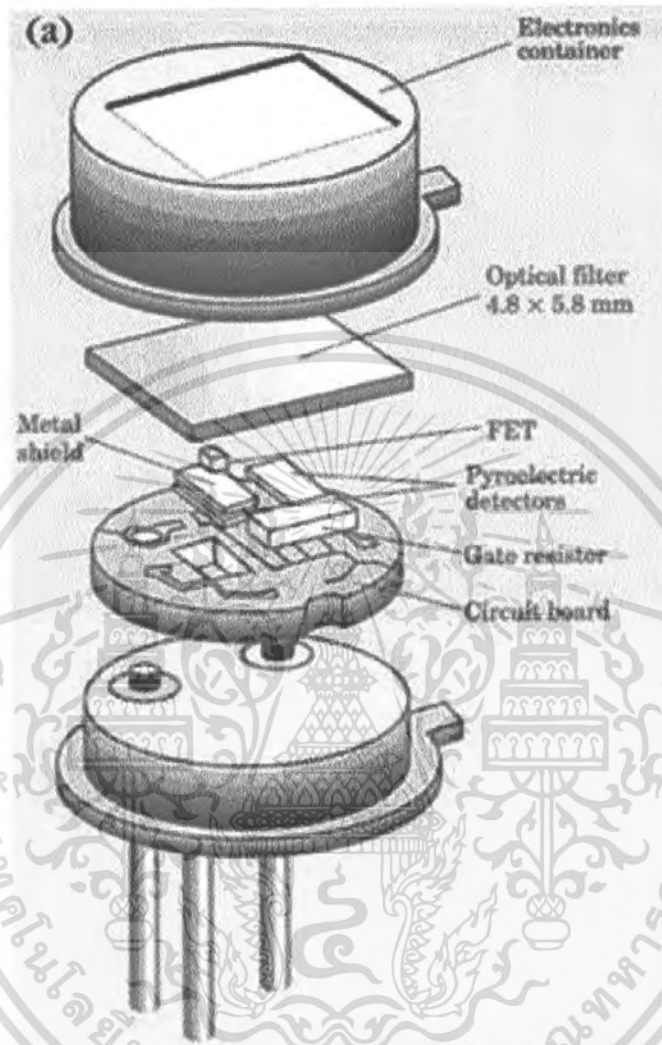
3.1 Pyro-electric Infrared sensor (PIR)

แสงอินฟราเรดเป็นพลังงานที่มีความยาวคลื่นสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าเหนือย่านที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ ถึงแม้ว่าไม่สามารถมองเห็นได้แต่สามารถตรวจจับได้ วัตถุที่มีความร้อนจะมีการแผ่พลังงาน ในรูปของแสงอินฟราเรด ซึ่งรวมไปถึงสัตว์และร่างกายของมนุษย์ที่มีการแผ่พลังงานเป็นแสงอินฟราเรดด้วยเช่นกัน ซึ่งร่างกายของมนุษย์จะมีการแผ่พลังงานนี้มากสุดในช่วงความยาวคลื่น $9.4 \mu\text{m}$ ซึ่งอินฟราเรดในย่านนี้จะไม่สามารถทะลุผ่านวัสดุโปร่งแสงบางชนิดได้ เช่น แก้วหรือพลาสติก แต่อินฟราเรดอาจทะลุผ่านและมีการลดทอนได้ในวัสดุทึบแสงบางชนิดเช่น เจอร์มาเนียม และ ซิลิกอน แผ่นซิลิกอนเวเฟอร์นิยมนำมาใช้เป็นตัวกรองแสงในย่านมองเห็นได้ของ PIR

Pyro-electric Infrared sensor ทำจากวัสดุที่เป็นผลึก ซึ่งจะเกิดประจุไฟฟ้าที่ผิว substrate เมื่อได้รับความร้อนในรูปแบบแสงอินฟราเรดมาตกกระทบที่ substrate จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุที่ผิว substrate การเปลี่ยนแปลงของประจุนี้จะถูกขยายเป็นสัญญาณโดย FET ที่อยู่ในตัวของเซ็นเซอร์ ซึ่งเซ็นเซอร์นี้มีความไวต่อคลื่นความร้อนในย่านความยาวคลื่นที่กว้าง ดังนั้นจึงมีการใส่แผ่นกรองแสง (optical filter) ที่ตัวถัง TO5 ของ PIR เพื่อจำกัดคลื่นในช่วงความยาวคลื่น $8-14 \mu\text{m}$ ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของร่างกายมนุษย์



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ PIR และการประยุกต์ใช้งาน

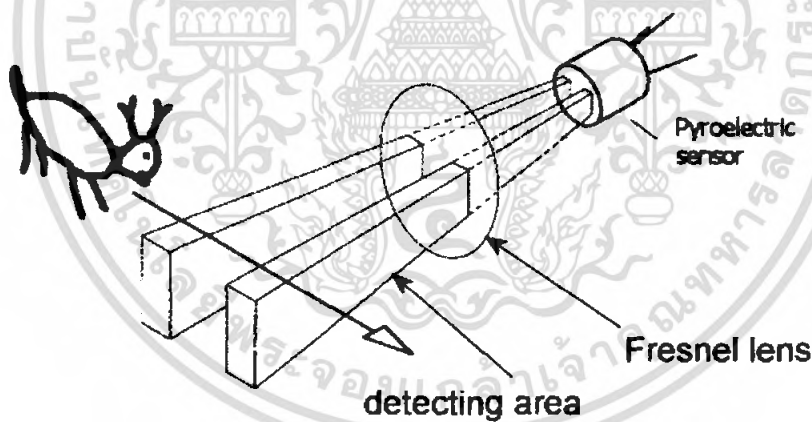


รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในและตัวถังของ PIR

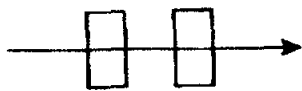
โดยทั่วไป Source ของ FET ที่ขั้ว 2 จะต่อกับตัวต้านทาน Pull down ค่าประมาณ $100\text{ K}\Omega$ ลงกราวด์ และจากขั้ว 2 นี้จะนำไปต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งวงจรวางแบบนี้มักจะกำกวมแบนด์วิธให้มีค่าต่ำกว่า 10 Hz เพื่อเป็นการรบกวนความถี่สูง และหลังจากผ่านวงจรวางแล้ว สัญญาณก็จะถูกส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบ (comparator) ซึ่งตอบสนองทั้งสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ทั้งสัญญาณซีกบวกและซีกลบ ส่วนไฟเลี้ยงของ PIR ต่อเข้าที่ drain ของ FET หรือที่ขาที่ 1 ของ PIR ซึ่งแรงดันที่จ่ายให้มันใช้ได้ตั้งแต่ 3-15 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

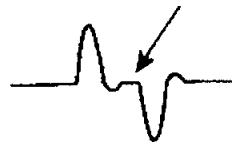
เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์ประเภทแอ็กทิฟ ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้อุลตราโซนิก เซ็นเซอร์เลเซอร์ เป็นต้น ซึ่งส่วนมากมักเป็นตัวแหล่งพลังงานในรูปแบบพลังงานแสง คลื่นไมโครเวฟ และ คลื่นเสียง เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลง แต่ Pyro-electric Infrared sensor หรือ PIR เป็นเซ็นเซอร์ ประเภทพาสซีฟซึ่งตรวจจับการเคลื่อนไหวในรูปแบบพลังงานแสง อินฟราเรด เมื่อเปรียบเทียบ PIR กับเซ็นเซอร์ชนิดอื่น PIR จะมีความแม่นยำกว่า และใช้พลังงานน้อยกว่า ในการที่จะทำให้ PIR ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์นั้น จะต้องออกแบบให้เซ็นเซอร์มีความไวต่ออุณหภูมิร่างกายของมนุษย์ ซึ่งโดยทั่วไปร่างกายของมนุษย์มีอุณหภูมิประมาณ 98 °F หรือ ประมาณ 37 °C และมีความยาวคลื่นของพลังงานประมาณ 9-10 μm ดังนั้นเซ็นเซอร์ควรมีความไวต่อการตรวจจับในช่วงความยาวคลื่นในช่วง 8-12 μm เนื่องจากเซ็นเซอร์นี้เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความร้อน ดังนั้นหากมีวัตถุที่มีความร้อนอยู่ในรัศมีของการตรวจจับของ PIR แต่ไม่มีการเคลื่อนไหวของวัตถุ PIR ก็จะไม่ทำงาน



infrared source movement



OUTPUT

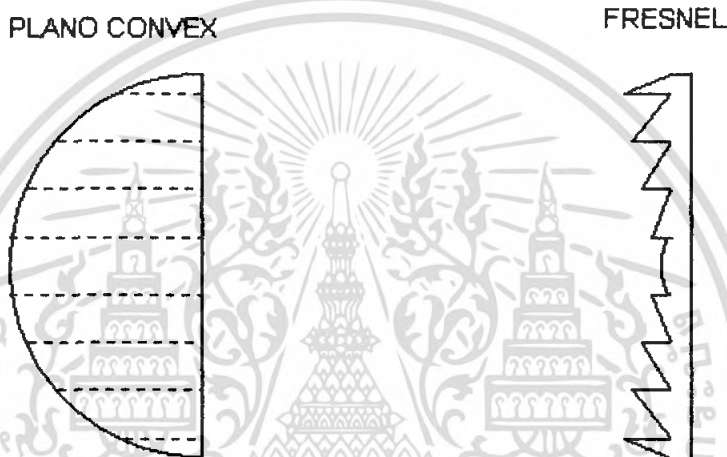


รูปที่3.3 การใช้งาน PIR ที่มี Fresnel lens ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

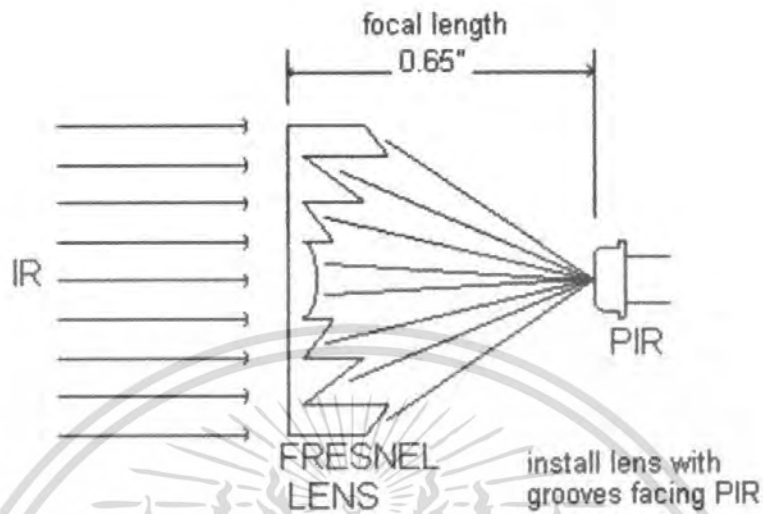
3.2 Fresnel Lens

Fresnel lens (ออกเสียงว่า Frennel) เป็นเลนส์โค้งเรียบ เลนส์มีลักษณะบางและมีการสูญเสียเนื่องจากการดูดกลืนของเนื้อสารต่ำ Fresnel lens ทำมาจากวัสดุที่สามารถส่งผ่านคลื่นอินฟราเรดได้และมีช่วงความยาวคลื่นของการส่งผ่านคลื่นในช่วง 8-14 μm ซึ่งเป็นช่วงที่ไวต่อคลื่นอินฟราเรดจากร่างกายมนุษย์



รูปที่ 3.4 ลักษณะของ Fresnel lens

เลนส์มีลักษณะโค้งกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และมีส่วนปีกที่ยื่นออกมาเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส บาวด้านละ 1.5 นิ้ว ซึ่งส่วนปีกนี้จะใช้ในการยึดเกาะกับวงจร โดยทั่วไปมักใช้สกอตเทปเป็นตัวยึดเกาะ หรืออาจใช้ซิลิโคนก็ได้ ทั้งนี้รูปแบบการยึดเกาะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน



รูปที่ 3.5 การทำงานของ Fresnel lens

เนื่องจากพลังงานของอินฟราเรดเป็นรูปแบบของแสง ดังนั้นจึงสามารถทำการโฟกัสหรือรวมแสงได้โดยการใช้เลนส์พลาสติก



รูปที่ 3.6 การติดตั้ง Fresnel lens กับPIR

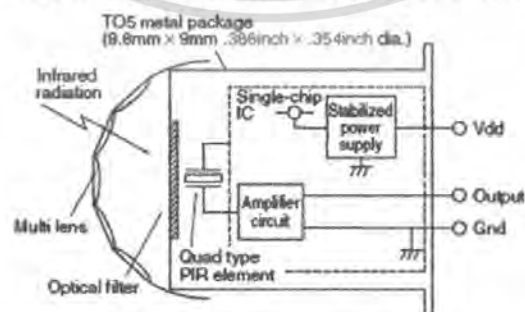
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 MP Motion sensor ที่ใช้ในโครงการ

ในโครงการนี้ ใช้ MP Motion sensor ซึ่งสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในระยะ 10 เมตร ลักษณะเด่นของเซ็นเซอร์ตัวนี้คือ มีขนาดเล็กเหมาะแก่การใช้งาน, มีพิสัยการตรวจจับการเคลื่อนไหวระยะไกล, มี Fresnel lens ทั้งสี่ข้างและสีดำทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ให้เหมาะกับอุปกรณ์ที่ออกแบบมา, ตัวเซ็นเซอร์นี้ยังมีวงจรขยายสัญญาณอยู่ด้านใน ซึ่งสามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง, วัตถุประสงค์การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์, ตัวถังแพ็คเกจของวงจร ทำด้วยโลหะแบบ TOS ซึ่งช่วยลดปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน นอกจากนั้นเซ็นเซอร์ชนิดนี้ยังกินกระแสเพียงแค่ 46 μ A



• Block diagram of the analog output circuit



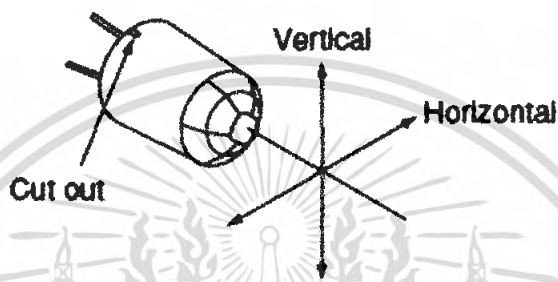
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมเอาต์พุตของเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ประสิทธิภาพของ MP Motion sensor

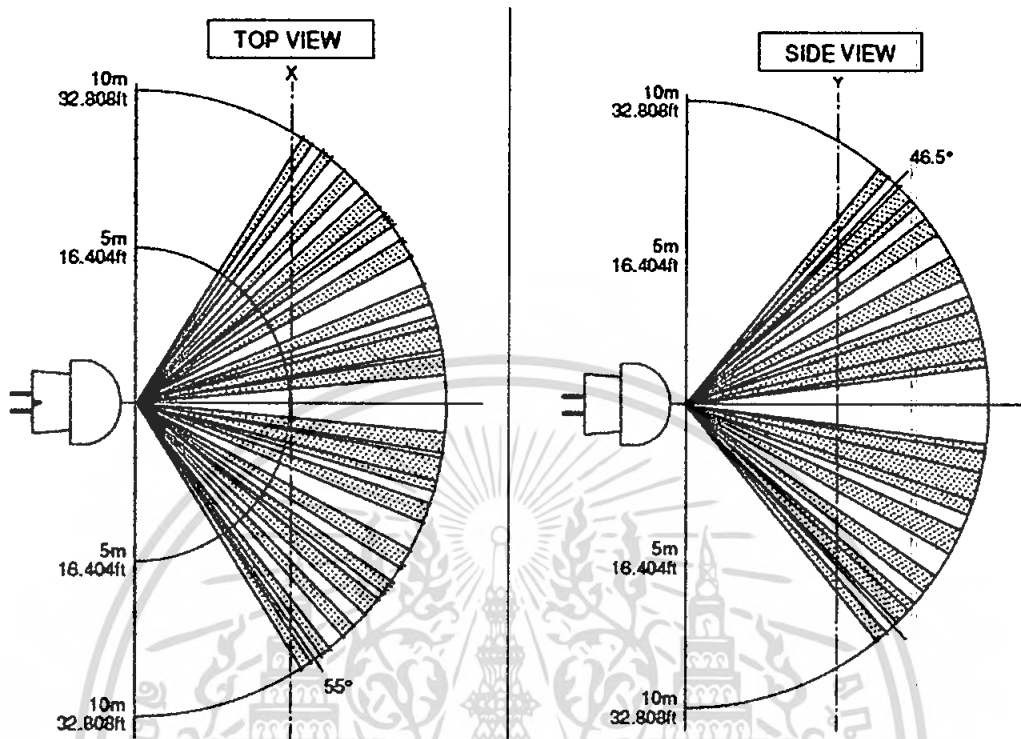
3.4.1 ประสิทธิภาพในการตรวจจับ

- พิสัยในการตรวจจับการเคลื่อนไหว 10 เมตร หรือ 32.808 ฟุต
- ความสามารถในการตรวจจับวัตถุที่มีการเคลื่อนที่(ความเร็ว) 0.5-1.5 m/s
- องศาในการตรวจจับการเคลื่อนไหว แนวนอน 110° แนวตั้ง 93°



รูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์ในแนวตั้งและแนวนอน

*หมายเหตุ พิสัยในการตรวจจับการเคลื่อนไหวอาจตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในระยะไกลกว่า 10 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมและวัตถุเป้าหมาย อย่างไรก็ตามควรควบคุมระยะใช้งานให้อยู่ในระยะพิสัย



รูปที่ 3.10 ขอบเขตองศาในการตรวจจับ

3.4.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ค่าที่วัด		สัญลักษณ์	ค่าที่ได้	สถานะที่ทำการวัด
ค่าแรงดันที่ใช้งาน	ต่ำสุด	Vdd	4.5 V DC	
	มากที่สุด		5.5 V DC	
อัตราการใช้กระแส	ทั่วไป	Lw	0.17 mA	Iout = 0
	มากที่สุด		0.3 mA	
กระแสเอาต์พุต	มากที่สุด	Iout	50 μ A	
	ต่ำสุด		0 V	

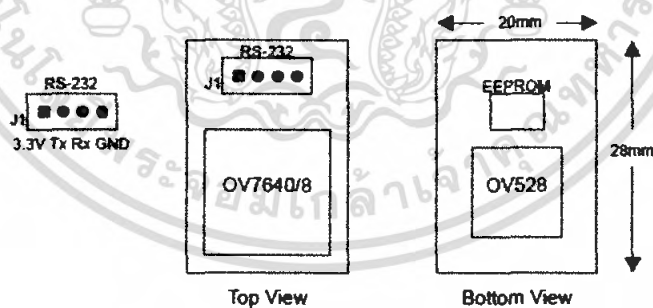
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันเอาต์พุต	ทั่วไป มากที่สุด	Vout	2.5 V Vdd	
แรงดันออฟเซตเอาต์พุตเฉลี่ย	ต่ำสุด ทั่วไป มากที่สุด	Voff	2.3 V 2.5 V 2.7 V	Steady-state output voltage when not detecting
สัญญาณรบกวนในสถานะ Steady-state	ทั่วไป มากที่สุด	Vn	130 m Vp-p 300 m Vp-p	
Current stability time	มากที่สุด	Twu	45 s	

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัว MP Motion Sensor

3.5 โมดูลกล้องดิจิทัล C328

ตัวกล้องที่ใช้ในโครงการนี้เป็นกล้องชนิด CMOS รุ่น C328 โดยตัวกล้องจะมีการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมกับ RS232 และจะมีตัวที่คอยบีบอัดไฟล์ภาพเป็นไฟล์ชนิด JPEG โดยเป็นกล้องที่ใช้พลังงานต่ำ โดยตัวกล้องจะมีขาสัญญาณทั้งหมด 4 เส้น คือ ขาไฟเลี้ยง (+3.3 โวลต์), ขากราวด์, ขาส่งสัญญาณ (Tx) และขารับสัญญาณ (Rx)



รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างของโมดูลกล้อง C328

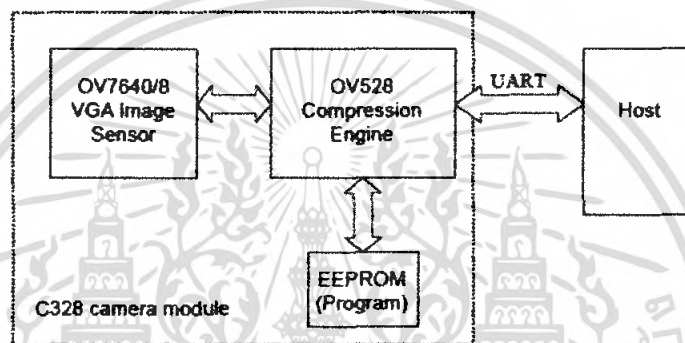
3.5.1 ข้อมูลจำเพาะของโมดูลกล้อง

- มีขนาดเล็ก ราคาถูก และใช้พลังงานต่ำ แต่ได้ภาพคุณภาพที่ดีออกมา
- ใช้ตัว OV7640/8 เป็นตัวเซนเซอร์จับภาพ แบบ VGA
- สามารถแปลงภาพออกมาได้หลายขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถปรับภาพสีได้หลายแบบ ทั้ง 4 gray/16 gray/256 gray/12-bit RGB/16-bit RGB
- ส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 115.2 Kbps ผ่าน RS232 หรือที่ภาพขนาดทดลอง 160x128 ที่ความเร็ว 8 bps ต่อ 0.75 fps.

3.5.2 ส่วนประกอบที่สำคัญบนโมดูล



รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโมดูลกล้อง C328

1. ตัวเซนเซอร์กล้อง

โมดูลกล้องตัวนี้ใช้ตัว OmniVision OV7640/8 VGA เป็นตัวเซนเซอร์ที่ใช้ในการจับภาพ โดยมีการเชื่อมต่อแบบ 8-bit YCbCr

2. OV528 Serial Bridge

เป็นตัวที่ทำหน้าที่ถอดรหัสไฟล์และแปลงเป็นไฟล์ภาพ JPEG และส่งรูปภาพที่ได้ออกไปยังอุปกรณ์ภายนอก โดยตัว OV528 จะทำการเชื่อมต่อแบบ 8-bit YCbCr 422 กับตัว OV7640/8

โดยไฟล์ภาพ JPEG สามารถที่จะกำหนดอัตราการบีบอัดไฟล์ภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีกมยิ่งขึ้น

3. Program EEPROM

มีพอร์ทภายในบอร์ดที่ใช้ในการรับชุดคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก

3.5.3 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานโมดูลกล้อง

โมดูลกล้อง C328-7640 มีคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานกล้องทั้งหมด 11 ชุดคำสั่ง

Command	ID Number	Parameter1	Parameter2	Parameter3	Parameter4
Initial	AA01h	00h	Color Type	RAW Resolution (Still image only)	JPEG Resolution
Get Picture	AA04h	Picture Type	00h	00h	00h
Snapshot	AA05h	Snapshot Type	Skip Frame Low Byte	Skip Frame High Byte	00h
Set Package Size	AA06h	08h	Package Size Low Byte	Package Size High Byte	00h
Set Baudrate	AA07h	1st Divider	2nd Divider	00h	00h
Reset	AA08h	Reset Type	00h	00h	xxh*
Power Off	AA09h	00h	00h	00h	00h
Data	AA0Ah	Data Type	Length Byte 0	Length Byte 1	Length Byte 2
SYNC	AA0Dh	00h	00h	00h	00h
ACK	AA0Eh	Command ID	ACK counter	00h / Package ID Byte 0	00h / Package ID Byte 1
NAK	AA0Fh	00h	NAK counter	Error Number	00h
Light Frequency	AA13h	Frequency Type	00h	00h	00h

* If the parameter is 0xFF, the command is a special Reset command and the firmware responds to it immediately.

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางชุดคำสั่งที่ใช้ร่วมกับ โมดูลกล้อง C328

1. Initial (AA01h)

เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานให้กล้องเริ่มการทำงาน โดยหลังจากที่กล้องได้รับคำสั่งนี้แล้ว ตัวโมดูลกล้องจะทำการส่งสัญญาณ ACK ตอบกลับมาให้กับผู้ใช้งานทราบว่าการส่งคำสั่งนั้นสำเร็จถูกต้อง หรืออีกนัยหนึ่ง คำสั่ง NACK จะถูกส่งออกไป

Color Type

โมดูลกล้องนี้สามารถรองรับชนิดของภาพสีได้ทั้งหมด 7 ชนิด ดังเช่น

2-bit Gray Scale	01h
4-bit Gray Scale	02h
8-bit Gray Scale	03h
12-bit Color	05h
16-bit Color	06h

JPEG	07h
------	-----

Preview Resolution

80 x 60	01h
---------	-----

160 x 120	03h
-----------	-----

JPEG Resolution

โมดูลกลองนี้สามารถถ่ายภาพ JPEG ไฟล์ ได้หลายขนาด โดยสามารถกำหนดขนาดภาพที่จะถ่ายได้

80 x 64	01h
---------	-----

160 x 128	03h
-----------	-----

320 x 240	05h
-----------	-----

640 x 480	07h
-----------	-----

2. Get Picture (AA04h)

ผู้ใช้งานสามารถที่จะสั่งงานให้กล้องทำการตรวจสอบขนาดรูปถ่าย โดยอาศัยคำสั่งนี้ในการสั่งงาน

2.1 Picture Type

Snapshot Picture	01h
------------------	-----

Preview Picture	02h
-----------------	-----

JPEG Preview Picture	05h
----------------------	-----

3. Snapshot (AA05h)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานให้กล้องทำการถ่ายภาพ

Snapshot Type

Compressed Picture	00h
--------------------	-----

Uncompressed Picture	01h
----------------------	-----

Skip Frame Counter

ตัวเลขที่กำหนดเฟรมภาพจะถูกกำหนดก่อนที่จะทำการบีบอัดไฟล์ภาพ

โดย “0” คือ ยังคงทำงานในเฟรมภาพนั้นอยู่

“1” คือ ทำการถ่ายภาพในเฟรมต่อไป

4. Set Package Size (AA06h)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดขนาดของข้อมูลไฟล์ภาพ โดยใช้ในการส่งข้อมูลภาพให้กับผู้ใช้ โดยคำสั่งนี้ควรจะใช้ก่อนที่จะส่งคำสั่ง Snapshot หรือ คำสั่ง Get Picture ไปยังกล้อง

Package Size

โดยปกติจะมีค่าเป็น 64 bytes และสามารถกำหนดได้สูงสุดเป็น 512 bytes



รูปที่ 3.13 แสดงขนาดของข้อมูลไฟล์ภาพ

- ID -> หมายเลขของแพคเกจ โดยจะมีค่าเริ่มต้นจาก 0
- Data Size -> ขนาดของข้อมูลรูปภาพในแพคเกจนั้นๆ
- Verify Code -> ความผิดพลาดที่ตรวจสอบได้ มีค่าเท่ากับไบนารีที่ต่ำที่สุดของผลรวมของข้อมูลภาพทั้งหมด ยกเว้นข้อมูลในส่วนที่ทำการตรวจสอบไว้ ไบนารีในตำแหน่งไบนารีสูงสุด จะมีค่าเป็น 0 ตลอด

5. Set Baudrate (AA07h)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตั้งค่า Baud Rate โดยตัวโมดูลสามารถที่จะหาค่า Baud Rate ของคำสั่งที่ถูกส่งเข้ามาได้เองโดยอัตโนมัติ

Baudrate Divider

$$\text{Baudrate} = 14.7456\text{MHz} / 2 \times (2^{\text{nd}} \text{ Divider} + 1) / 2 \times (1^{\text{st}} \text{ Divider} + 1)$$

Baudrate	1 st Divider	2 nd Divider	Baudrate	1 st Divider	2 nd Divider
7200 bps	ffh	01h	28800 bps	3fh	01h
9600 bps	bh	01h	38400 bps	2fh	01h
14400 bps	7fh	01h	57600 bps	1fh	01h
19200 bps	5fh	01h	115200 bps	0fh	01h

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางการกำหนดค่า Baud rate ของกล้อง C328

6. Reset (AA08h)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการรีเซ็ตโมดูลกล้องตัวนี้

Reset Type

“00h” เป็นการรีเซ็ตระบบทั้งหมด

“01h” เป็นการรีเซ็ตที่สถานะที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้น

7. Power Off (AA09h)

เมื่อ โมดูลกล้อง ได้รับคำสั่งนี้ จะทำให้โมดูลกล้องเข้าไปอยู่ในโหมดการสลีป จนกว่าจะได้รับสัญญาณ SYNC เข้าไปใหม่ และกล้องจะทำงานได้อีกก็ต่อเมื่อกำลังได้มีการส่งสัญญาณ ACK ตอบกลับมา

8. Data (AA0Ah)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อมูลไฟล์ภาพให้กับผู้ใช้งานได้ทราบข้อมูลต่างๆของไฟล์ภาพ เช่น ชนิดของภาพ หรือ ขนาดของภาพ

Data Type

Snapshot Picture 01h

Preview Picture 02h

JPEG Preview Picture 05h

Length

ไบนารีทั้ง 3 ชนิดนั้นใช้ในการบอกขนาดความยาวของข้อมูลของภาพทั้ง 3 ชนิด

9. SYNC (AA0Dh)

ใช้ในการเชื่อมต่อกันระหว่างกล้องและผู้ใช้งาน โดยจะมีสัญญาณ ACK ตอบกลับออกมาหลังจากได้รับคำสั่งนี้

10. ACK (AA0Eh)

ใช้ในการบ่งบอกว่าการทำงานล่าสุดนั้นได้สำเร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากที่ ได้รับคำสั่งใดๆ เสร็จสมบูรณ์ คำสั่ง ACK จะถูกส่งออกไปยกเว้นเมื่อทำการรับ Preview Data ผู้ใช้งานสามารถที่จะเรียกดูข้อมูลของภาพได้จากคำสั่งนี้ โดยส่งคำสั่งนี้ไปในรูปของแพคเกจ ID F0F0h ส่งไปยังโมดูลกล้อง

10.1 Command ID

เป็นการกำหนด ID ของชุดคำสั่งที่ใช้สั่งงานกล้อง

10.2 Package ID

ใช้ในการรับรู้คำสั่งของกล้องดิจิทัล โดยภายใน 2 ไบท์นั้นจะแสดงให้เห็นคำสั่งที่ส่งงานมา ในขณะที่รอการรับคำสั่งต่อไป ไบท์ทั้ง 2 ไบท์นั้นจะมีค่าเป็น 00h

11. NAK (AA0Fh)

ใช้ในการบ่งบอกว่ามีการส่งข้อมูลที่ผิดพลาด หรือ ไม่มีการรองรับคำสั่งนั้นๆ

11.1 Error Number

Picture Type Error	01h
Picture Up Scale	02h
Picture Scale Error	03h
Unexpected Reply	04h
Send Picture Timeout	05h
Unexpected Command	06h
SRAM JPEG Type Error	07h
SRAM JPEG Size Error	08h
Picture Format Error	09h
Picture Size Error	0ah
Parameter Error	0bh
Send Register Timeout	0ch
Command ID Error	0dh
Picture Not Ready	0fh
Transfer Package Number Error	10h
Set Transfer Package Size Wrong	11h
Command Header Error	F0h
Command Length Error	F1h
Send Picture Error	F5h
Send Command Error	ffh

82207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Light Frequency

ผู้ใช้งานสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ของแสงสว่างของตัวกล้อง โดยใช้คำสั่งนี้

12.1 Light Frequency Type

50 Hz	00h
60 Hz	01h

3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

ในโครงการนี้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR โดยจัดเป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advanced Reduce Instruction-Set Computer architecture) คือ หนึ่งคำสั่งทำงาน โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (Instructions in a single clock) โดยเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง และยังใช้พลังงานต่ำ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ที่ใช้ในโครงการนี้เป็นเบอร์ ATMEGA64

3.6.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ ATMEGA64

- มีคำสั่งควบคุมการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา (1 MIP/ 1 MHz) โดยทำงานได้สูงสุดถึง 16 MIP/ 16 MHz
- หน่วยความจำ ROM แบบ Flash (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 64 กิโลไบต์ โดยเขียน/ลบ ได้ถึง 10,000 ครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 2 กิโลไบต์ โดยเขียน/ลบ ได้ถึง 100,000 ครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM 4 กิโลไบต์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งแบบ 8 บิต และแบบ 16 บิต อย่างละ 2 ชุด พร้อมปริสเกลเลอร์
- มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอร์ฟแวร์ (Watchdog Timer with On-Chip Oscillator)
- โมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง
- มีโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง
- มีโมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก (Analog Comparator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมดั้งแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) หรือแบบ RS232, SPI (Serial Peripheral Interface)
- มีขาพอร์ทอินพุทเอาต์พุททั้งหมด 53 ขา
- ทำงานที่แรงดันไฟเลี้ยงประมาณ 4.5-5.5 V

3.6.2 หน้าที่การทำงานแต่ละขาของ ATMEGA64



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าที่การทำงานของขาแต่ละขาบนตัว ATMEGA64

- VCC
ขาแรงดันไฟตรง
- GND
ขากราวด์
- Port A (PA0...PA7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register) และสามารถใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทสัญญาณอะนาลอก (A/D Converter) ได้

- Port B (PB0...PB7)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register)

- Port C (PC0...PC7)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register)

- Port D (PD0...PD7)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register) และเป็นขาพอร์ททำหน้าที่พิเศษ เช่น ขาเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรม

- Port E (PE0...PE7)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register)

- Port F (PF0...PF7)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register) ทำหน้าที่เป็นขาที่สามารถเชื่อมต่อแบบ JTAG ได้ และสามารถใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทสัญญาณอะนาลอก (A/D Converter) ได้ด้วย

- Port G (PG0...PG4)

ขาพอร์ทเป็นอินพุทเฮียร์พุทคิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ทได้ (internal pull-up register)

- Reset

ขารีเซ็ตวงจร

- XTAL1

ขาต่อคริสตัลอสซิลเลเตอร์ ช่องที่ 1 ด้านเอาต์พุท

- XTAL2

ขาต่อคริสตัลลอซซิลเลเตอร์ ช่องที่ 2 ด้านเอาต์พุต

- AVCC

ขาแรงดันสำหรับพอร์ท F และ โมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล

- AREF

ขาแรงดันอะนาลอกอ้างอิงสำหรับ โมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล

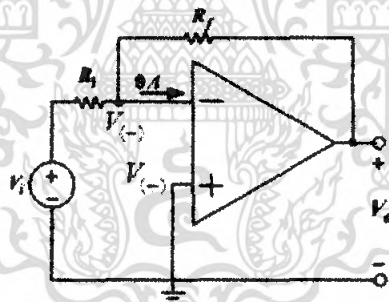
- PIN

ขาที่ใช้ในการต่อ โปรแกรมแบบ SPI Serial mode

3.7 วงจรขยายสัญญาณ Amplifier

3.7.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting amplifier)

วงจขยายสัญญาณแบบกลับเฟส คือวงจขยายที่มีสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดจากการขยายสัญญาณอินพุตและมีเฟสตรงข้ามกับสัญญาณอินพุต



รูปที่ 3.15 วงจร Inverting amplifier

หากทำการวิเคราะห์จากรูปวงจรถ้าจะหาความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุต คือ

$$V_{(+)} = 0 = V_{(-)}$$

พิจารณาที่โหนด $V_{(-)}$ จาก KCL จะได้ว่า

$$\frac{V_{(-)} - V_i}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = 0$ ลงในสมการข้างต้นจะได้ว่า

$$\frac{-V_i}{R_1} - \frac{V_o}{R_f} = 0$$

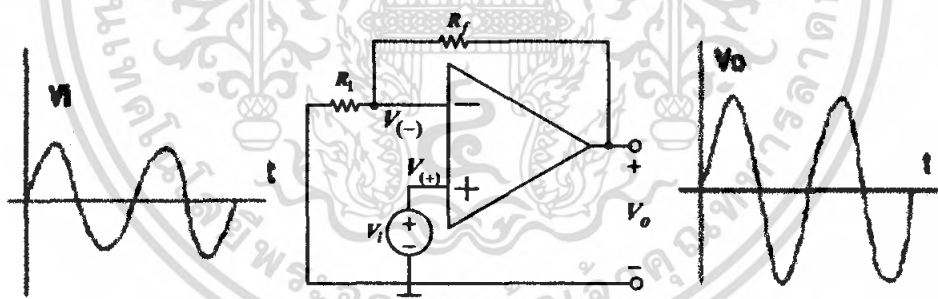
$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_i$$

ซึ่งค่า $\frac{R_f}{R_1}$ ก็คือค่าอัตราขยายของวงจร

ซึ่งค่าอัตราขยายมีค่าเป็นลบเนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตมีการกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต

3.7.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non inverting amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส คือวงจรขยายที่มีสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดจากการขยายสัญญาณอินพุตและมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต



รูปที่ 3.16 วงจร Non inverting amplifier และสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

พิจารณาจากรูปจะได้

$$V_{(-)} = V_i = V_{(+)}$$

พิจารณาที่โหนด $V_{(-)}$ จาก KCL จะได้ว่า

$$\frac{V_{(-)}}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

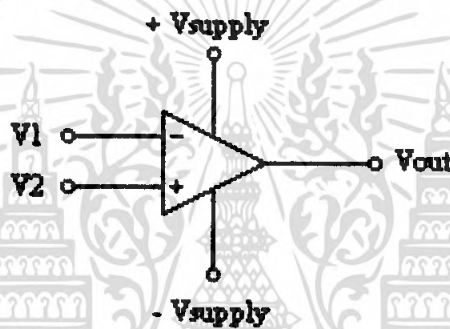
เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = V_i$ ในสมการข้างต้น จะได้

$$\frac{V_i}{R_1} + \frac{V_i - V_o}{R_f} = 0$$

$$V_o = (1 + R_f/R_1) V_i$$

3.8 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน Voltage comparator

Comparator คือวงจรที่เราใช้ในการตรวจสอบแรงดันของอินพุตหนึ่งว่ามีขนาดสูงหรือต่ำกว่าอีกอินพุตหนึ่ง ดังรูปที่ แสดงพื้นฐานของวงจร comparator โดยการใช้โอปแอมป์

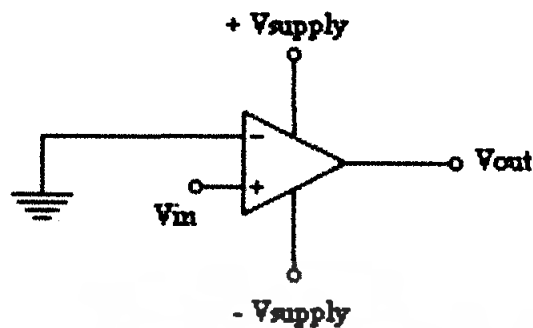


รูปที่ 3.17 Comparator โดยการใช้โอปแอมป์

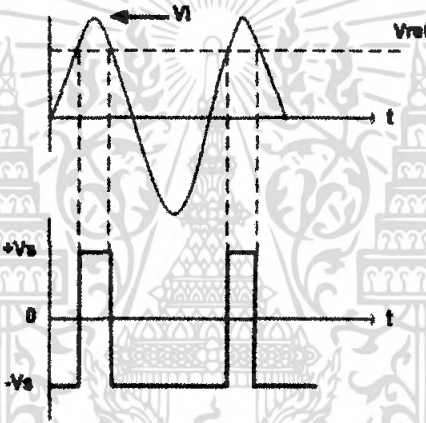
ถ้าหากว่ามีการแตกต่างของ voltage ของ V1 และ V2 ในขณะใดๆแล้ว จะทำให้ โอปแอมป์นั้นเกิดการทํางานในสถานะ saturation ซึ่ง Vout ของโอปแอมป์ ก็จะมีเฟสตาม ความแตกต่างของ V1 และ V2

3.8.1 Non-inverting Comparator

ถ้าหากเราต้องการที่จะ detect สัญญาณที่เข้ามาทางอินพุตอื่นก่อนเมื่อใดสัญญาณที่เข้ามา มีแรงดัน ที่สูงกว่า 0 V ดังนั้นเราต้องนำอินพุตด้านหนึ่งต่อกับ 0 V ไว้เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงคงรูป ซึ่งใช้ ขา inverting ของโอปแอมป์ต่อกับกราวด์ ส่วน non-inverting เป็นสัญญาณ V_{in} ที่เข้ามา



รูปที่ 3.18 วงจร Non inverting comparator

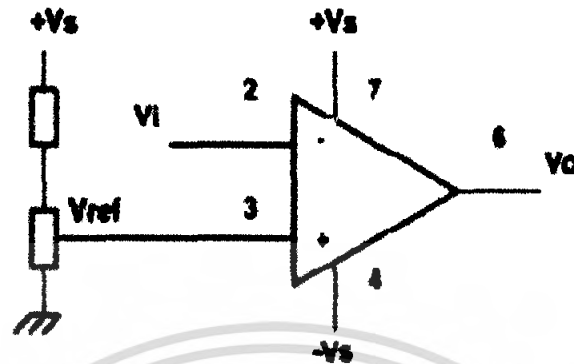


รูปที่ 3.19 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร Non inverting comparator

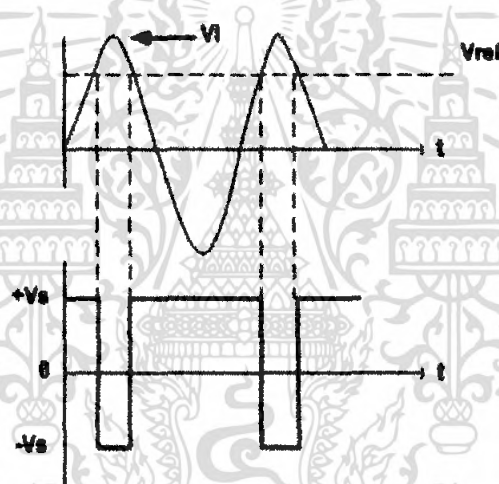
เมื่อใดก็ตามที่สัญญาณ v_{in} ที่ขา non-inverting เข้ามามีแรงดันเป็นบวกมากกว่า 0 V แรงดันเอาต์พุต ของออปแอมป์ก็จะมีแรงดัน $+V_{sat}$,ถ้าหากสัญญาณ v_{in} เข้ามาเป็นแรงดันด้านลบ เอาต์พุตของออปแอมป์ก็จะเป็น $-V_{sat}$ (ค่าของ V_{sat} จะมีค่าจำกัด โดยขึ้นกับค่า V_{supply} ที่จ่ายให้กับออปแอมป์) เป็นตัวอย่างการใช้งานง่ายๆของ comparator ในการใช้เปรียบเทียบสัญญาณ ซึ่งก็สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานทั่วไปในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.8.2 Inverting Comparator

ส่วนวงจร Inverting comparator นั้น มี V_{ref} ที่ขั้วอินเวอร์ตติ้ง (Non-Inverting) (+) และมีสัญญาณอินพุต (V_i) ที่ขั้วอินเวอร์ตติ้ง (Inverting) (-) แรงดันเอาต์พุต V_o จะเป็น $+V_s$ เมื่อ $V_i > V_{ref}$ และแรงดันเอาต์พุต V_o จะเป็น $-V_s$ เมื่อ $V_i < V_{ref}$



รูปที่ 3.20 วงจร Inverting comparator



รูปที่ 3.21 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร Inverting comparator

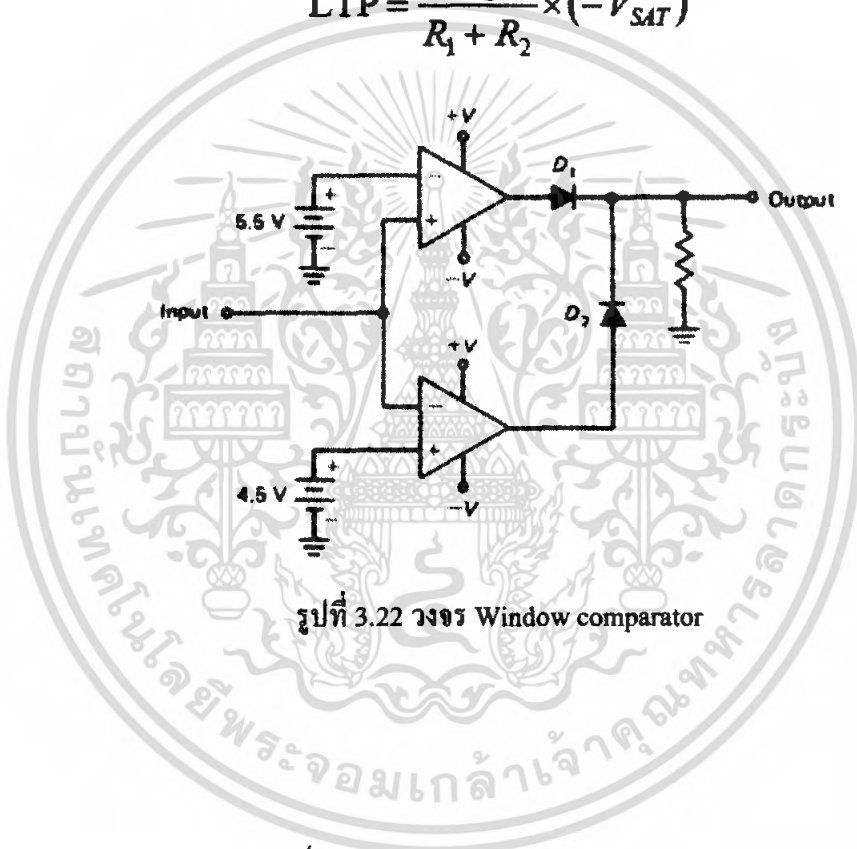
3.8.3 Window Comparator

นอกจากวงจรเปรียบเทียบทั้งสองแบบที่กล่าวไปแล้วยังมีวงจรเปรียบเทียบแบบ Windows Comparator ซึ่งจะมีแรงดันอ้างอิง 2 ระดับทำให้เกิดการเปรียบเทียบในลักษณะของกรอบอ้างอิง วงจรขยายแบบไม่เชิงเส้นที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับวงจรเปรียบเทียบอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Schmitt Trigger ซึ่งมีวงจรดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นวงเอาต์ที่ได้จกวงจรนี้จะมีลักษณะแบบเดียวกับ วงจร Inverter Comparator แต่มีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือมีการป้อนกลับของสัญญาณเป็นแบบบวก (Positive Feedback) ซึ่งจะมีจุดการอ้างอิงระดับแรงดันของสัญญาณ 2 จุดคือเรียกว่า Upper Threshold

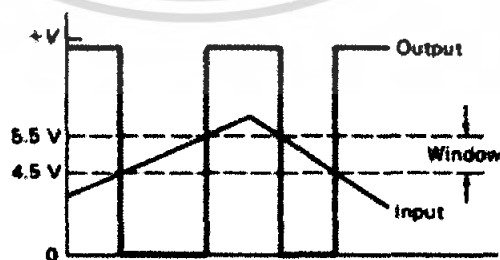
Point (UTP) และ Lower Threshold Point (LTP) สามารถคำนวณระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบได้จาก

$$UTP = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times (+V_{SAT})$$

$$LTP = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times (-V_{SAT})$$



รูปที่ 3.22 วงจร Window comparator



รูปที่ 3.23 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร Window comparator

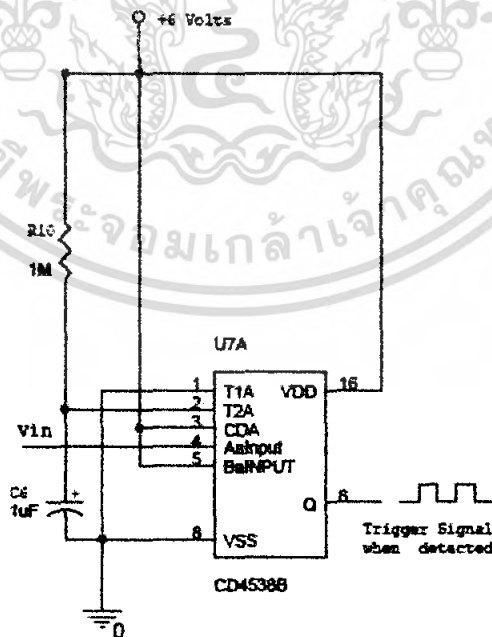
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 Monostable

จากสัญญาณเอาต์พุตของวงจร Window Comparator จะถูกนำไปเข้าวงจร Monostable ซึ่งในโครงการนี้ใช้ IC Monostable เบอร์ CD4538 โดยการใช้งานในวงจรนี้จะใช้ IC Monostable เซกของขาขึ้นของอินพุต A และทำการป้อน logic high ให้กับอินพุต B และขา Clear ตามตาราง Truthtable ถ้าหากมีสัญญาณขาขึ้นเข้ามาที่อินพุต A จะทำให้มีเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ สัญญาณพัลส์นี้สามารถตั้งค่า Pulse duration ได้โดยการต่อ R_x และ C_x ซึ่งเป็นตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอก และค่า Pulse duration หาได้จาก $R_x \cdot C_x$ หน่วยเป็น วินาที

Inputs			Outputs	
Clear	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↓	⌊	⌋
H	↑	H	⌊	⌋

รูปที่ 3.24 ตาราง Truth table ของ IC Monostable เบอร์ CD4538



รูปที่ 3.25 รูปวงจรส่วน Monostable

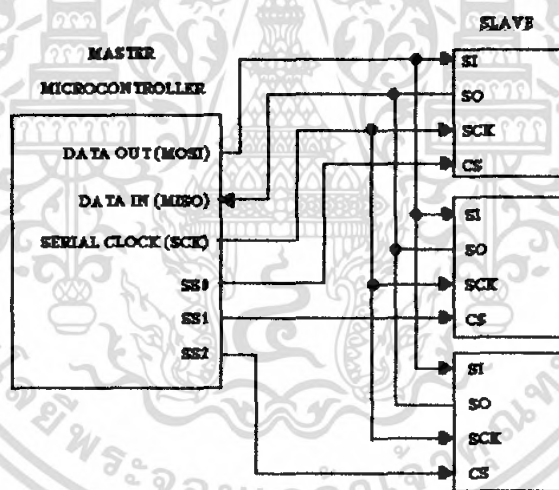
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

3.10.1 การทำงานของบัส SPI

ระบบบัสของ SPI จะใช้สายสัญญาณจำนวน 4 เส้น (ไม่นับสาย GND) คือ SCK (Serial Clock), SSEL (Slave Select), MISO (Master In Slave Out) และ MOSI (Master Out Slave In) โดยสัญญาณ SCK เป็นสัญญาณนาฬิกาที่สร้างให้กับบัสเมื่อทำงานในโหมดมาสเตอร์หรือเป็นขารับสัญญาณนาฬิกาเมื่อทำงานเป็นสเลฟ ขา MISO เป็นขารับข้อมูลสำหรับมาสเตอร์ ส่วน MOSI เป็นขาส่งข้อมูลจากมาสเตอร์

ในระบบบัส SPI จะไม่มีการกำหนดแอดเดรส การเลือกอุปกรณ์ตัวที่ต้องการติดต่อ ทำได้ด้วยการส่งสัญญาณไปที่ขา Slave Select ซึ่งเป็นขาแยกต่างหาก ดังนั้นถ้ามีอุปกรณ์ SPI หลายตัวที่ต่อพร้อมกันจะต้องต่อขา SCK, MISO, MOSI ขนานกันได้ แต่ขาที่ต่อไปยัง Slave Select จะต้องแยกกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.26 แสดงการต่ออุปกรณ์ SPI กับไมโครคอนโทรลเลอร์



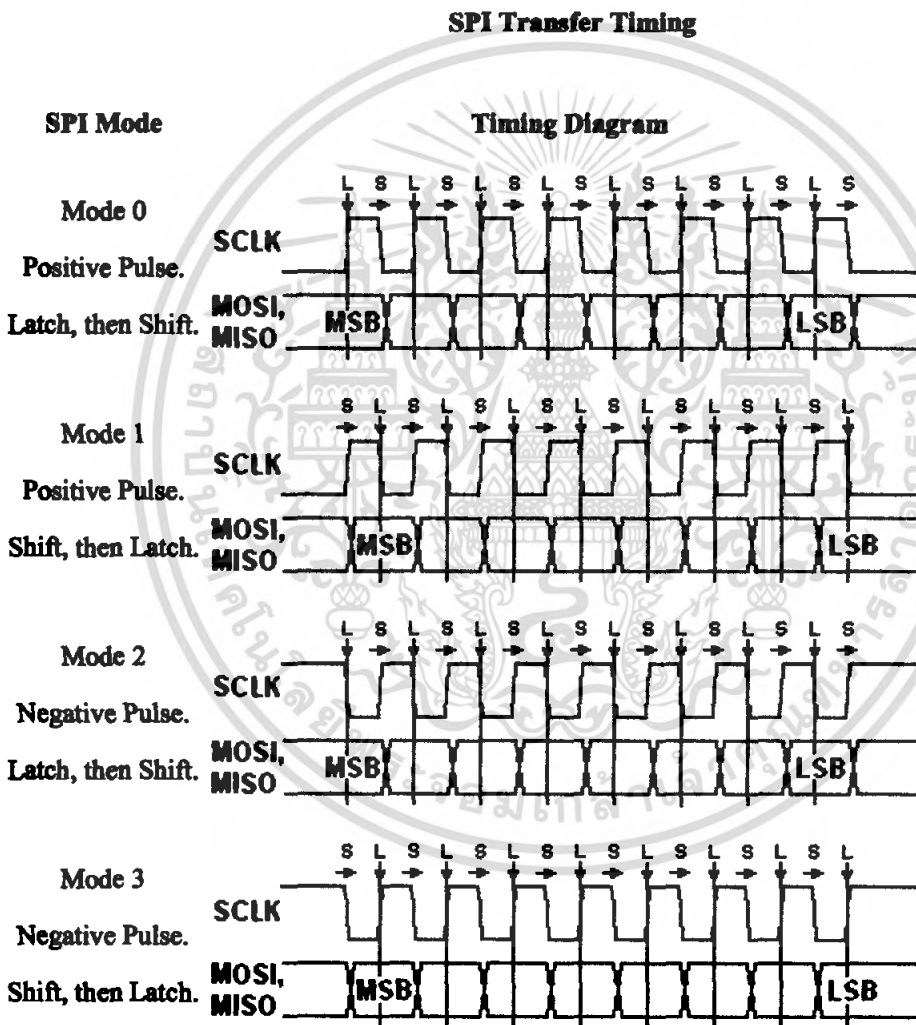
รูปที่ 3.26 แสดงการต่ออุปกรณ์ของระบบบัส SPI

ในบัส SPI จะแบ่งอุปกรณ์ได้เป็น 2 ประเภทคือมาสเตอร์ (Master) และสเลฟ (Slave) ถ้าให้ทำงานเป็นมาสเตอร์ทำได้โดยการต่อขา SSEL ให้มีค่าลอจิกเป็น 1 ถ้าทำงานเป็นสเลฟทำได้โดยต่อขา SSEL เข้ากับอุปกรณ์ที่เป็นมาสเตอร์

อุปกรณ์เป็นมาสเตอร์จะเป็นผู้ควบคุมบัส SPI โดยส่งสัญญาณ SCK ไปให้อุปกรณ์ทุกตัว เมื่อต้องการเลือกอุปกรณ์ตัวใด ให้ส่งลอจิก 0 ไปยังขา SSEL หรือขา CS (Chip Select) ของอุปกรณ์ แล้วจึงส่งข้อมูลให้อุปกรณ์ทางขา MOSI ถ้าจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์รับทางขา MISO

3.10.2 ช่วงเวลาในการถ่ายโอนข้อมูลของโหมด SPI

ในโหมด SPI การ shift และ latch ของข้อมูลจะกระทำในช่วงที่ตรงกันข้ามของขอบสัญญาณ clock ซึ่งจะมีการกำหนดขั้วของสัญญาณนาฬิกา (Clock Polarity: CPOL) ว่าให้ทำงานที่ระดับแรงดัน 1 หรือ 0 และกำหนดเฟสของสัญญาณนาฬิกา (Clock Phase: CPHA) ซึ่งกำหนดได้เป็นโหมดต่างๆได้ทั้งหมด 4 โหมด ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 Timing diagram ของการติดต่อแบบSPIทั้ง4โหมด

โดย Mode 0 เป็นการกำหนดให้ CPOL=0 และ CPHA=0

Mode 1 เป็นการกำหนดให้ CPOL=0 และ CPHA=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 2 เป็นการกำหนดให้ CPOL=1 และ CPHA=0

Mode 3 เป็นการกำหนดให้ CPOL=1 และ CPHA=1

การกำหนดค่าตัวแปร CPOL และ CPHA จะต้องกำหนดตามคู่มือของอุปกรณ์ SPI ที่ต้องการติดต่อ ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ SCK และข้อมูลได้ดังตารางที่ 3.4

CPOL และ CPHA	ข้อมูลบิตแรกมาเมื่อ	ข้อมูลบิตอื่นๆ	ตุ้มข้อมูลที่
CPOL=0, CPHA=0	ก่อนขอบขาขึ้นของ SCK	ขอบขาของ SCK	ขอบขาขึ้นของ SCK
CPOL=0, CPHA=1	ขอบขาขึ้นของ SCK	ขอบขาขึ้นของ SCK	ขอบขาของ SCK
CPOL=1, CPHA=0	ก่อนขอบขาของ SCK	ขอบขาขึ้นของ SCK	ขอบขาของ SCK
CPOL=1, CPHA=1	ขอบขาของ SCK	ขอบขาของ SCK	ขอบขาขึ้นของ SCK

ตารางที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CPHA และข้อมูล

3.11 ตารางการจัดเรียงไฟล์ (File Allocation Table: FAT)

ระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์แต่ละแพลตฟอร์ม (Platform) จะมีการจัดการระบบไฟล์ในฮาร์ดดิสก์ที่แตกต่างกัน บางระบบสามารถใช้ระบบไฟล์ได้หลายรูปแบบ โดยระบบไฟล์นั้นเป็นตารางที่ใช้บอกตำแหน่งของข้อมูลต่างๆที่อยู่บนฮาร์ดดิสก์ว่าจะไรอยู่ตรงไหน ปกติเมื่อซื้อฮาร์ดดิสก์มาใหม่ต้องทำการจัดข้อมูล (Format) ให้ฮาร์ดดิสก์ก่อนที่จะนำไปบรรจุข้อมูลการจัดข้อมูลในฮาร์ดดิสก์เป็นการแบ่งฮาร์ดดิสก์ออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าตำแหน่งของข้อมูลอยู่ตรงไหน

FATเป็นระบบไฟล์ที่ใช้ในระบบปฏิบัติการในตระกูล Microsoft และเป็นระบบไฟล์ที่มีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ระบบไฟล์ในตระกูลนี้มีลักษณะคือ เป็นการกำหนดหมายเลขให้กับทุกๆคลัสเตอร์ (Cluster) ในแต่ละส่วนแบ่งของฮาร์ดดิสก์ (Partition) แล้วทำการสร้างตารางที่มีจำนวนช่องตามจำนวนคลัสเตอร์ เพื่อเป็นการระบุสถานที่หรือคลัสเตอร์ที่ทำการเก็บข้อมูลของไฟล์แต่ละไฟล์ และมีตารางอีกตารางหนึ่งที่เรียกว่าไดเรกทอรี (Directory) สำหรับเก็บข้อมูลรายละเอียดของไฟล์ เช่น คุณลักษณะ (Attribute) ต่าง ๆ และ หมายเลข Cluster เริ่มต้นที่เก็บตัวข้อมูลจริง ๆ

ระบบจัดการไฟล์แบบ FAT เป็นระบบที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้นจึงถูกรองรับจากทุกระบบปฏิบัติการที่มีอยู่สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และยังสะดวกในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันซึ่งถูกติดตั้งบนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกันข้อด้อยของระบบจัดการไฟล์แบบ FAT คือ เมื่อไฟล์ถูกลบและไฟล์ใหม่ถูกเขียนลงไป แฟร็กเมนต์ (fragment) ของแต่ละไฟล์จะมี

โอกาสกระจัดกระจายออกไปอยู่ทั่วทั้งหน่วยความจำ ส่งผลให้การอ่านและการเขียนไฟล์ทำได้ช้า การจัดเรียงข้อมูลเป็นหนึ่งในวิธีการทำให้การจัดเรียงไฟล์แบบ FAT เป็นระเบียบ แต่จะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลอยู่บ่อยๆ และเป็นกระบวนการที่ใช้เวลามาก

ระบบไฟล์ FAT มีหลายรุ่นดังต่อไปนี้

3.11.1 FAT12

ระบบ FAT12 เป็นรุ่นที่เก่าแก่ที่สุดของตระกูล FAT ใช้กับระบบปฏิบัติการ DOS ซึ่งใช้ 12 บิต ในการอ้างอิงถึงหมายเลขคลัสเตอร์ เพราะฉะนั้นสามารถอ้างอิงถึงคลัสเตอร์ได้มากที่สุด 4086 คลัสเตอร์ (ประมาณ 2 ยกกำลัง 12 = 4096 และมีเนื้อที่บางส่วนใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัว FAT เอง) ระบบ FAT12 จึงเหมาะกับหน่วยความจำที่มีเนื้อที่ไม่มาก เช่น Floppy Disk หรือดิสก์ขนาดเล็กที่มีเนื้อที่ไม่เกิน 16 เมกะไบต์ และระบบ FAT12 นี้สามารถใช้งานกับไฟล์ที่มีชื่อยาวเพียง 8.3 ตัวอักษรเท่านั้น

3.11.2 FAT16

สามารถใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการที่หลากหลายได้ เช่น DOS, Windows 95, Windows 98, Windows ME, OS/2, Linux ซึ่งใช้ 16 บิต เพื่ออ้างอิงถึงหมายเลขคลัสเตอร์ เพราะฉะนั้นสามารถอ้างอิงได้ทั้งหมด 65526 คลัสเตอร์ (ประมาณ 2 ยกกำลัง 16 = 65536 และมีเนื้อที่บางส่วนใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัว FAT เอง) FAT16 นั้นถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานกับไฟล์ต่างๆบนดิสก์ขนาดเล็กหรือขนาดกลาง ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 2048 เมกะไบต์

ปัญหาของ FAT16 คือ

1. ระบบ FAT16 ใช้งานพื้นที่ของหน่วยความจำสิ้นเปลืองมาก เพราะจำนวนสูงสุดของคลัสเตอร์ต่อพาร์ติชัน (Maximum number of cluster per partition) นั้นถูกกำหนดเอาไว้ตายตัว (65526 คลัสเตอร์) ดังนั้นเมื่อหน่วยความจำมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น แต่จำนวนคลัสเตอร์ยังเท่าเดิม ก็หมายความว่าขนาดของคลัสเตอร์ก็จะใหญ่ขึ้นตามไปด้วย อย่างในกรณีของหน่วยความจำขนาด 2 กิกะไบต์ นั้นจะมีคลัสเตอร์ที่ใหญ่ถึง 32 กิโลไบต์ นั่นก็หมายความว่า ต่อให้เราพิมพ์เอกสารที่มีตัวอักษรเพียง 10 ตัว แต่ขนาดของไฟล์ก็จะมีถึง 32 กิโลไบต์ ซึ่งเป็นขนาดเล็กสุดของคลัสเตอร์เลขที่เดียว

2. ชิดจำกัดเรื่องขนาดสูงสุดของหน่วยความจำที่รองรับได้ เพราะเริ่มต้น FAT16 ถูกออกแบบมาเพื่อจะใช้งานกับดิสก์ที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นในยุคแรกๆจึงมีปัญหาดรามมาเมื่อระบบ FAT16 ใน MSDOS ยุคแรก สามารถรองรับหน่วยความจำได้เพียง 32 เมกะไบต์ เท่านั้น แต่ต่อมาถูกแก้ไขให้รองรับได้เป็น 128 เมกะไบต์ ใน MS-DOS 4.0 และเรื่อยมาเป็น 2 กิกะไบต์ในปัจจุบัน

3. ระบบ FAT16 สามารถใช้งานกับไฟล์ที่มีชื่อยาวเพียง 8.3 ตัวอักษรเท่านั้นเช่นเดียวกับ

FAT12 แต่ได้รับการปรับปรุงให้มีความสามารถมากขึ้นใน Windows 95 เพื่อให้สามารถใช้งานกับไฟล์ที่มีชื่อยาวได้ไม่เกิน 256 ตัวอักษร เรียก FAT16 รุ่นนี้ว่า Virtual FAT หรือ VFAT

3.11.3 FAT32

ระบบ FAT32 ใช้กับระบบปฏิบัติการ Windows 95/98, Windows ME, Windows 2000 โดยทำการแก้ไขเพิ่มเติมจาก FAT16 เพื่อที่จะได้มีจำนวนคลัสเตอร์ต่อพาร์ติชันมากขึ้น ดังนั้นเลยมีความสามารถที่จะรองรับหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สูงสุดได้ถึง 2 เทระไบต์ (2000 กิกะไบต์) ซึ่งจะใช้ 28 บิต (อีก 4 บิต สำรองเอาไว้) ฉะนั้นสามารถอ้างถึงคลัสเตอร์ได้ทั้งหมด 286 ล้านคลัสเตอร์ (ประมาณ 2 ยกกำลัง 28 และมีเนื้อที่บางส่วนใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัว FAT เอง) และระบบ FAT32 ยังสามารถรองรับชื่อไฟล์แบบยาว (Long File Name : LFN) คือ 255 ตัวอักษรได้อีกด้วย

	FAT12	FAT16	FAT32
Developer	Microsoft		
Full Name	File Allocation Table		
	(12-bit version)	(16-bit version)	(32-bit version)
Introduce	1977 (Microsoft Disk BASIC)	July 1988 (MS-DOS 4.0)	August 1996 (Window 95 OSR2)
Structures			
Directory contents	Table		
File allocation	Linked List		
Bad blocks	Linked List		
Limits			
Max file size	32 MB	2 GB	4 GB
Max number of files	4,077	65,517	268,435,437
Max file name size	8.3 or 255 when using LFNs		
Max volume size	32 MB	2 GB 4 GB with some implementation	2 TB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features		
Dates recorded	Creation, modified, access	
Date range	January 1, 1980 – December 31, 2107	
Forks	Not natively	
Attributes	Read-only, hidden, system, volume label, subdirectory, archive	
Permissions	No	
Transparent compression	Per-volume, stacker, DoubleSpace, DriveSpace	No
Transparent encryption	Per-volume only with DR-DOS	No

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบระหว่าง FAT12, FAT16 และ FAT32

3.11.4 โครงสร้างของดิสก์หลัก (Main disk structures)

ระบบไฟล์แบบ FAT ประกอบไปด้วย 4 ส่วนที่แตกต่างกัน ดังนี้ คือ 1) Reserved sectors, 2) FAT Region, 3) Root Directory Region, 4) Data Region ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของดิสก์ได้ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 โครงสร้างของดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **เซกเตอร์สำรอง (Reserved sectors)** อยู่ในส่วนต้นๆ โดยเซกเตอร์สำรองแรกสุดเป็นบูทเซกเตอร์ (Boot Sector) ซึ่งรวมพื้นที่ที่เรียกว่า BIOS Parameter Block โดยปกติจะประกอบด้วยโค้ดเริ่มต้นของระบบปฏิบัติการ ซึ่งจำนวนของเซกเตอร์สำรองทั้งหมดจะถูกระบุอยู่ในส่วนนี้ ข้อมูลสำคัญต่างๆจากบูทเซกเตอร์สามารถเข้าถึงผ่านโครงสร้างระบบปฏิบัติการ ที่เรียกว่า Drive Parameter Block ใน DOS และ OS/2

2. **บริเวณตารางจัดเรียงไฟล์ (FAT Region)** ส่วนนี้ประกอบไปด้วยตารางการจัดเรียงไฟล์ 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับใช้งานจริงและอีกชุดเป็นการสำรองไว้ใช้ในเวลาดำเนิน โดยบริเวณตารางจัดเรียงไฟล์นี้จะสอดคล้องกับบริเวณข้อมูล (Data Region) ทำหน้าที่ระบุตำแหน่งคลัสเตอร์ของไฟล์และไดเรกทอรีต่างๆ

3. **บริเวณไดเรกทอรี (Root Directory Region)** นี้อีกตารางไดเรกทอรีซึ่งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับไฟล์และไดเรกทอรีต่างๆ ในระบบจัดการไฟล์แบบ FAT12 และ FAT16 ตารางไดเรกทอรีนี้จะอยู่ในบริเวณไดเรกทอรีเท่านั้น และมีขนาดสูงสุดที่แน่นอน แต่ในระบบจัดการไฟล์แบบ FAT32 ตารางไดเรกทอรีจะอยู่ร่วมกับไฟล์ต่างๆในบริเวณข้อมูล ซึ่งสามารถขยายขนาดออกไปได้ไม่จำกัด

4. **บริเวณข้อมูล (Data Region)** เป็นส่วนที่มีไฟล์ข้อมูลอยู่จริง ขนาดของไฟล์และไดเรกทอรีย่อยสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าที่มีคลัสเตอร์เหลืออยู่

3.11.4.1 บูทเซกเตอร์และโครงสร้าง BPB (Bios Parameter Block)

ชื่อ	ไบต์ออฟเซต	ขนาด (ไบต์)	รายละเอียด
BS_jumpBoot	0x00	3	คำสั่งกระโดด(เพื่อที่จะข้ามส่วนหัวของการบูท)
BS_OEMName	0x03	8	ชื่อ OEM คำพื้นฐานคือ IBM 3.3 และ MS-DOS 5.0
BPB_BytsPerSec	0x0B	2	จำนวนไบต์ต่อหนึ่งเซกเตอร์
BPB_SecPerClus	0x0D	1	จำนวนเซกเตอร์ต่อหนึ่งคลัสเตอร์
BPB_RsvdSecCnt	0x0E	2	จำนวนของเซกเตอร์สำรองในบริเวณ Reserved
BPB_NumFATs	0x10	1	จำนวนของตารางการจัดเรียงข้อมูล
BPB_RootEntCnt	0x11	2	จำนวนของไดเรกทอรีในบริเวณ Root directory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			สำหรับ FAT32 ค่านี้จะเป็นศูนย์เนื่องจากบริเวณ Root directory ของ FAT32 จะอยู่รวมกับไฟล์ต่างๆ ในบริเวณข้อมูล
BPB_TotSec16	0x13	2	จำนวนเซกเตอร์รวมทั้งหมดของบริเวณทั้งสี่ สำหรับ FAT32 ค่านี้จะเป็นศูนย์
BPB_Media	0x15	1	ตัวบรรยายมีเดีย 0xF8 ด้านเดียว, 80 แทรกต่อด้าน, 9 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xF9 สองด้าน, 80 แทรกต่อด้าน, 9 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFA ด้านเดียว, 80 แทรกต่อด้าน, 8 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFB สองด้าน, 80 แทรกต่อด้าน, 8 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFC ด้านเดียว, 40 แทรกต่อด้าน, 9 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFD สองด้าน, 40 แทรกต่อด้าน, 9 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFE ด้านเดียว, 40 แทรกต่อด้าน, 8 เซกเตอร์ต่อแทรก 0xFF สองด้าน, 40 แทรกต่อด้าน, 8 เซกเตอร์ต่อแทรก
BPB_FATSz16	0x16	2	จำนวนเซกเตอร์ต่อหนึ่งตารางการจัดเรียงข้อมูล
BPB_SecPerTrk	0x18	2	จำนวนเซกเตอร์ต่อหนึ่งTrack
BPB_NumHeads	0x1A	2	จำนวนของเฮดสำหรับการอินเทอร์พ 0x13
BPB_HiddSec	0x1C	4	จำนวนเซกเตอร์ที่ถูกซ่อน
BPB_TotSec32	0x20	4	จำนวนเซกเตอร์รวมทั้งหมดของบริเวณทั้งสี่ สำหรับ FAT16 ค่านี้จะเป็นศูนย์

ตารางที่ 3.6 โครงสร้างพื้นฐานของบูตเซกเตอร์และ BPB ซึ่งใช้ในทุกระดับของ FAT

ชื่อ	ไบต์ ออฟเซต	ขนาด (ไบต์)	รายละเอียด
BPB_FATSz32	0x24	4	จำนวนเซกเตอร์ต่อหนึ่งตารางการจัดเรียงข้อมูล
BPB_ExtFlags	0x28	2	เครื่องหมายตารางการจัดเรียงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BPB_FSVer	0x2A	2	เวอร์ชัน
BPB_RootClus	0x2C	4	หมายเลขของคลัสเตอร์แรกใน Root directory
BPB_FSInfo	0x30	2	หมายเลขเซ็กเตอร์ของเซ็กเตอร์ข้อมูล FS
BPB_BkBootSec	0x32	2	หมายเลขเซ็กเตอร์ของสำเนาบูทเซ็กเตอร์
BPB_Reserved	0x34	12	ส่วนสำรอง
BS_DrvNum	0x40	1	หมายเลขฟิสิกอลไดรฟ์
BS_Reserved1	0x41	1	ส่วนสำรอง
BS_BootSig	0x42	1	ซิกเนเจอร์ (Signature)
BS_VolID	0x43	4	หมายเลขซีเรียล
BS_VolLab	0x47	11	โวลูมลาเบล (Volume Label)
BS_FilSysType	0x52	8	ชนิดของระบบไฟล์ ต้องเป็น FAT32 เสมอ
	0x5A	420	ไค้คบูทระบบปฏิบัติการ
	0x1FE	2	เซ็กเตอร์สุดท้าย (0x55, 0xAA)

ตารางที่ 3.7 โครงสร้างของบูทเซ็กเตอร์และ BPB ที่เพิ่มขึ้นมาใน FAT32

3.11.4.2 ตารางไค้คบูท

ตารางไค้คบูทนี้เป็นไฟล์ชนิดพิเศษที่แสดงไค้คบูท (ปัจจุบันรู้จักกันในนามของโพลเดอร์) แต่ละไฟล์หรือไค้คบูทประกอบไปด้วย 32 ไบต์ แต่ละไบต์จะบันทึกชื่อไฟล์, นามสกุลไฟล์, คุณลักษณะของไฟล์ (ชนิดเอกสารสำคัญ, ไค้คบูท, ถูกซ่อน, อ่านได้อย่างเดียว, ระบบ, และความจุ), วัน เวลาที่ไฟล์ถูกสร้าง, แอดเดรสของคลัสเตอร์แรกของไฟล์หรือไค้คบูทนั้น และสุดท้ายคือขนาดของไฟล์หรือไค้คบูท

จำนวนไค้คบูททั้งหมดทั้งในบริเวณไค้คบูทและในไค้คบูทย่อย มีรูปแบบ ดังนี้

ไบต์ออฟเซต	ขนาด(ไบต์)	รายละเอียด		
0x00	8	0x00		
0x08	3	เครื่องหมายของตารางจัดเรียงข้อมูล		
0x0B	1	บิต	Mask	รายละเอียด

		0	0x01	อ่านได้อย่างเดียว
		1	0x02	ถูกซ่อน
		2	0x04	ระบบ
		3	0x08	ไวลุมลาเบล
		4	0x10	โคเรกทอรีย่อย
		5	0x20	เอกสารสำคัญ
		6	0x40	อุปกรณ์
		7	0x80	ไม่ใช่
0x0C	1	สำรอง ถูกใช้โดยNT		
0x0D	1	เวลาสร้างไฟล์, ความละเอียด 10 มิลลิวินาที ค่าอยู่ที่ระหว่าง 0-199		
0x0E	2	บิต	รายละเอียด	
		15-11	ชั่วโมง (0-23)	
		10-5	นาที (0-59)	
		4-0	วินาที/2 (0-29)	
0x10	2	บิต	รายละเอียด	
		15-9	ปี (0=1980, 127=2107)	
		8-5	เดือน (1=มกราคม, 12=ธันวาคม)	
		4-0	วันที่ (1-31)	
0x12	2	วันที่ใช้งานไฟล์ล่าสุด คูไบต์ออฟเซต 0x01 ประกอบ		
0x14	2	ดัชนี EA (ถูกใช้โดย OS/2 และ NT) ใน FAT12 และ FAT16 หรือ 2 ไบต์สูงของคลัสเตอร์แรกใน FAT32		
0x16	2	เวลาที่แก้ไขไฟล์ล่าสุด คูไบต์ออฟเซต 0x0E ประกอบ		
0x18	2	วันที่แก้ไขไฟล์ล่าสุด คูไบต์ออฟเซต 0x10 ประกอบ		
0x1A	2	คลัสเตอร์แรกใน FAT12 และ FAT16, หรือ 2 ไบต์ค่าของคลัสเตอร์แรกใน FAT32		
0x1C	4	ขนาดไฟล์		

ตารางที่ 3.8 โครงสร้างของตารางโคเรกทอรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11.4.3 ตาราง FAT

ขนาดของแต่ละคลัสเตอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบไฟล์แบบ FAT ที่ใช้และขนาดของพาร์ติชัน โดยปกติขนาดของคลัสเตอร์จะอยู่ระหว่าง 2 กิโลไบต์ถึง 32 กิโลไบต์ แต่ละไฟล์อาจจะกินเนื้อที่มากกว่า 1 คลัสเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของไฟล์นั้น แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นคลัสเตอร์ที่ติดกัน

ตารางการจัดเรียงข้อมูลเป็นสมุครายชื่อของไฟล์ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งคลัสเตอร์ของไฟล์ แต่ละคลัสเตอร์ใน FAT จะบันทึกข้อมูล 1 ใน 5 ดังนี้

- แอดเรสของคลัสเตอร์ถัดไปของไฟล์
- สถานะแสดงจุดสิ้นสุดของไฟล์
- สถานะแสดงว่าเป็นคลัสเตอร์เสีย (bad cluster)
- สถานะแสดงว่าเป็นคลัสเตอร์ที่ถูกสำรองไว้
- ศูนย์เพื่อแสดงว่าเป็นคลัสเตอร์ที่ไม่ถูกใช้

แต่ละเวอร์ชันของระบบไฟล์แบบตารางการจัดเรียงข้อมูล จะมีขนาดของคลัสเตอร์ในตารางการจัดเรียงข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งขนาดจะถูกระบุโดยชื่อของแต่ละเวอร์ชัน เช่น ระบบไฟล์ FAT16 คลัสเตอร์จะมีขนาด 16 บิต ในขณะที่ FAT32 จะใช้ 32 บิต ตามขนาดของพาร์ติชันที่ใหญ่ขึ้น ซึ่ง FAT32 จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในกรณี FAT16 เนื่องจาก FAT32 สามารถแบ่งคลัสเตอร์ให้มีขนาดเล็กกว่าซึ่งหมายความว่าจะมีพื้นที่สูญเสียไปน้อยกว่าในกรณี FAT16

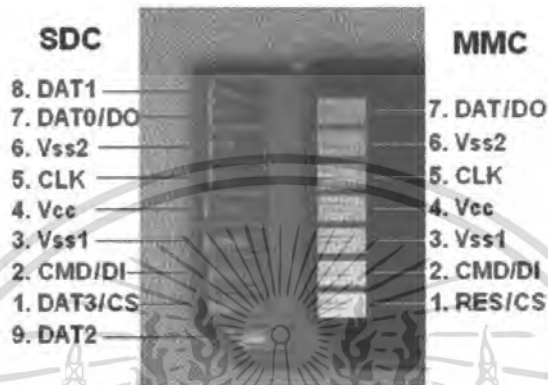
FAT12	FAT16	FAT32	รายละเอียด
0x000	0x0000	0x?0000000	คลัสเตอร์ว่าง
0x001	0x0001	0x?0000001	คลัสเตอร์สำรอง
0x002-0xFFE	0x0002-0xFFE	0x?0000002-0xFFFFFE	คลัสเตอร์ที่ถูกใช้งาน, ค่าของคลัสเตอร์ถัดไป
0xFF0-0xFF6	0xFFFF0-0xFFFF6	0xFFFFF0-0xFFFFF6	ค่าสำรอง
0xFF7	0xFFFF7	0xFFFFF7	คลัสเตอร์เสีย
0xFF8-0xFFF	0xFFFF8-0xFFFFF	0xFFFFF8-0xFFFFF	คลัสเตอร์สุดท้ายของไฟล์

ตารางที่ 3.9 ค่าต่างๆในตารางการจัดเรียงข้อมูล

สังเกตว่า FAT32 จะใช้เพียง 28 บิต จาก 32 บิตที่สามารถใช้ได้ โดยปกติ 4 บิตบนจะมีค่าเป็นศูนย์

3.12 SD Card และ MMC Card

3.12.1 หน้าสัมผัสสำหรับการเชื่อมต่อของการ์ด



รูปที่ 3.29 หน้าสัมผัสสำหรับการเชื่อมต่อของการ์ด

รูปที่ 3.29 แสดงหน้าสัมผัสสำหรับการเชื่อมต่อของ SDC (Secure Digital Memory Card) และ MMC (Multi Media Card) โดย MMC จะมี 7 ขา ส่วน SDC จะมี 9 ขา สามขาเป็นขาของ power supply คือ ขา 3,4 และขา 6 ขอบเขตของแรงดันที่ใช้ในการทำงานของการ์ดจะถูกกำหนด โดยรีจิสเตอร์ OCR ดังตารางที่ 3.10 แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติโดยทั่วไปของ SDC และ MMC จะสามารถทำงานได้ที่แรงดัน 2.7 – 3.6 V

OCR Bit	VDD Voltage Window
0-7	Reserved
8	2.0-2.1
9	2.1-2.2
10	2.2-2.3
11	2.3-2.4
12	2.4-2.5
13	2.5-2.6
14	2.6-2.7
15	2.7-2.8

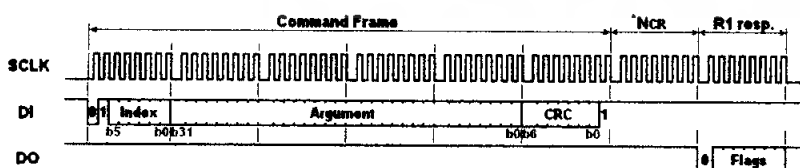
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16	2.8-2.9
17	2.9-3.0
18	3.0-3.1
19	3.1-3.2
20	3.2-3.3
21	3.3-3.4
22	3.4-3.5
23	3.5-3.6
24-30	Reserved
31	Card power up status bit (Busy)

ตารางที่ 3.10 OCR Register Definitions

3.12.2 คำสั่งและการตอบกลับ

ในโหมด SPI นั้น โครงสร้างของคำสั่งจะถูกกำหนดไว้ให้มีความยาว 6 Byte ดังแสดงในรูปที่ 3.30 เมื่อชุดคำสั่งถูกส่งไปที่การ์ด จะมีการตอบกลับจากการ์ดไปที่ Host ในรูปแบบ R1, R2 หรือ R3 เนื่องจากการถ่ายโอนข้อมูลนั้นจะถูกขับโดย Clock แบบอนุกรมที่ Host สร้างขึ้น ดังนั้น Host จะต้องสร้าง Clock ต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รับการตอบกลับจากการ์ด ช่วงระยะเวลาก่อนที่การ์ดจะตอบกลับ หลังจากได้รับคำสั่งจาก Host (NCR) คือ 0 ถึง 8 Byte สำหรับ SDC และ 1 ถึง 8 Byte สำหรับ MMC ในช่วงที่มีการโอนถ่ายข้อมูลนี้ ขา SS จะต้องถูกกำหนดให้มีสถานะลอจิกเป็น 0 เสมอ



รูปที่ 3.30 Command Frame ที่ส่งจาก Host ไปหาการ์ด

3.12.3 ชุดคำสั่งที่ใช้ในโหมด SPI

คำสั่งนี้เป็นเพียงคำสั่งโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับการอ่าน เขียนและ Initial Card เท่านั้น

Command Index	Argument	Response	Data	Abbreviation	Description
CMD0	None(0)	R1	No	GO_IDLE_STATE	Software reset.
CMD1	None(0)	R1	No	SEND_OP_COND	Initiate initialization process.
CMD9	None(0)	R1	Yes	SEND_CSD	Read CSD register.
CMD10	None(0)	R1	Yes	SEND_CID	Read CID register.
CMD12	None(0)	R1b	No	STOP_TRANSMISSION	Stop to read data.
CMD17	Address[31:0]	R1	Yes	READ_SINGLE_BLOCK	Read a block.
CMD18	Address[31:0]	R1	Yes	READ_MULTIPLE_BLOCK	Read multiple blocks.
CMD23	Number of blocks[15:0]	R1	No	SET_BLOCK_COUNT	For only MMC. Define number of blocks to transfer with next multi-block read/write command.
ACMD23(*1)	Number of blocks[22:0]	R1	No	SET_WR_BLOCK_ERASE_COUNT	For only SDC. Define number of blocks to pre-

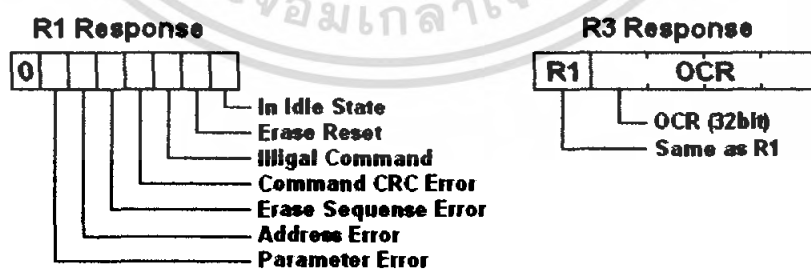
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

					erase with next multi-block write command.
CMD24	Address[31:0]	R1	Yes	WRITE_BLOCK	Write a block.
CMD25	Address[31:0]	R1	Yes	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	Write multiple blocks.
CMD55	None(0)	R1	No	APP_CMD	Application specific command.
CMD58	None(0)	R3	No	READ_OCR	Read OCR.
*1: ACMD <n> means a command sequence of CMD55-CMD <n>.					

ตารางที่ 3.11 แสดงชุดคำสั่งของโหมด SPI

3.12.4 Command Response ในโหมด SPI

การตอบกลับในโหมด SPI จะมีอยู่สามรูปแบบ คือ R1, R2 และ R3 ดังรูปที่ 3.31 ขึ้นอยู่กับคำสั่งที่ Host ส่งมา แต่คำสั่งส่วนมากจะมีการตอบกลับในรูปแบบ R1 ถ้าหาก R1 มีค่าเป็น 0x00 แสดงว่าไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ส่วนการตอบสนองแบบ R3 นั้นจะตอบกลับเฉพาะ CMD58 เท่านั้น



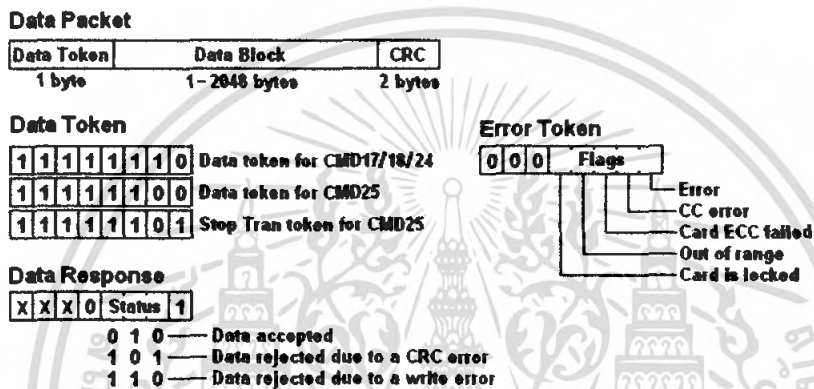
รูปที่ 3.31 การตอบกลับแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 การถ่ายโอนข้อมูล

3.13.1 Data Packet และ Data response

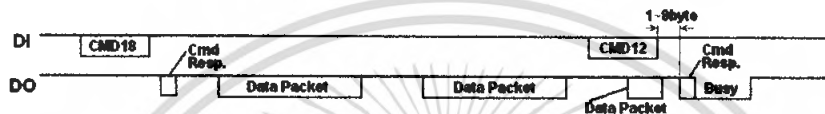
ในการถ่ายโอนข้อมูล จะมีการถ่ายโอนหลังจากมีการส่ง Command Response แล้ว บล็อกข้อมูลจะถูกถ่ายโอนในรูปแบบ Data Packet ซึ่งประกอบไปด้วย Data Token, Data Block และ CRC ดังแสดงในรูปที่ 3.32 จะเห็นได้ว่า Data Token จะมีอยู่สามแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละคำสั่งที่ส่ง



รูปที่ 3.32 โครงสร้างของ Data Packet

3.13.2 คำสั่ง Single Block Read

Argument ที่ต่อท้ายคำสั่งนี้จะเป็นตัวกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นของข้อมูลที่จะอ่าน เมื่อคำสั่งนี้ได้รับการตอบกลับ กระบวนการอ่านข้อมูลก็จะเริ่มขึ้น โดยชุดข้อมูลที่ต้องการอ่านนั้นก็จะถูกส่งไปยัง Host เมื่อ Host ตรวจสอบ Data Token ที่ส่งมา Host ก็จะทำการอ่านบล็อกข้อมูลที่ตามหลัง Token นั้น เมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการทำงาน Token ที่แสดงความผิดพลาดจะถูกส่งมาแทนที่บล็อกข้อมูล

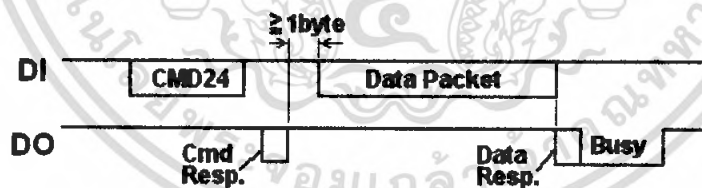


รูปที่ 3.33 คำสั่งของ Single Block Read

3.13.3 คำสั่ง Multiple Block Read

คำสั่งนี้เป็นการอ่านข้อมูลครั้งละหลายๆ บล็อกจากตำแหน่งแอดเดรสที่กำหนด ถ้าหากไม่มีการกำหนดจำนวนบล็อกในการอ่านต่อหนึ่งครั้งไว้ กระบวนการอ่านนี้จะดำเนินต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการส่งคำสั่ง CMD 12 ไปที่การ์ด การอ่านข้อมูลนี้จึงจะหยุดลง

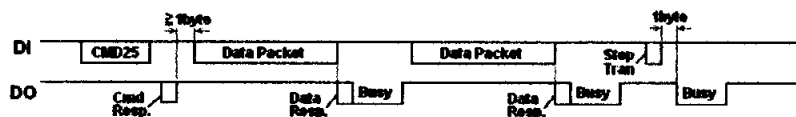
3.13.4 คำสั่ง Single Block Write



รูปที่ 3.34 คำสั่งของ Single Block Write

เมื่อคำสั่งนี้ได้รับการตอบรับ Host ก็จะมีการส่งแพ็คเกจข้อมูลไปที่การ์ดหลังจากนั้นเป็นช่วงประมาณ 1 Byte แพ็คเกจของข้อมูลนี้จะมีลักษณะเหมือนกับแพ็คเกจของข้อมูลในคำสั่ง Read เมื่อข้อมูลถูกส่งไปที่การ์ดแล้ว การ์ดก็จะตอบกลับมาด้วย Data Response ในทันที การ์ดโดยส่วนใหญ่จะสามารถเขียนข้อมูลได้บล็อกละ 512 Byte

3.13.5 คำสั่ง Multiple Block Write



รูปที่ 3.35 คำสั่งของ Multiple Block Write

คำสั่งนี้จะเขียนข้อมูลครั้งละหลายๆ บล็อกลงไปในแอดเดรสที่เรากำหนด ถ้าหากไม่มีการกำหนดจำนวนบล็อกในการถ่ายโอน การถ่ายโอนนี้ก็จะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถูกหยุดโดย Stop Tran Token ซึ่งก็จะทำให้เกิด Busy Flag ขึ้นเป็นช่วงระยะ 1 Byte ต่อจาก Stop Tran Token



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2) หลักการออกแบบวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว

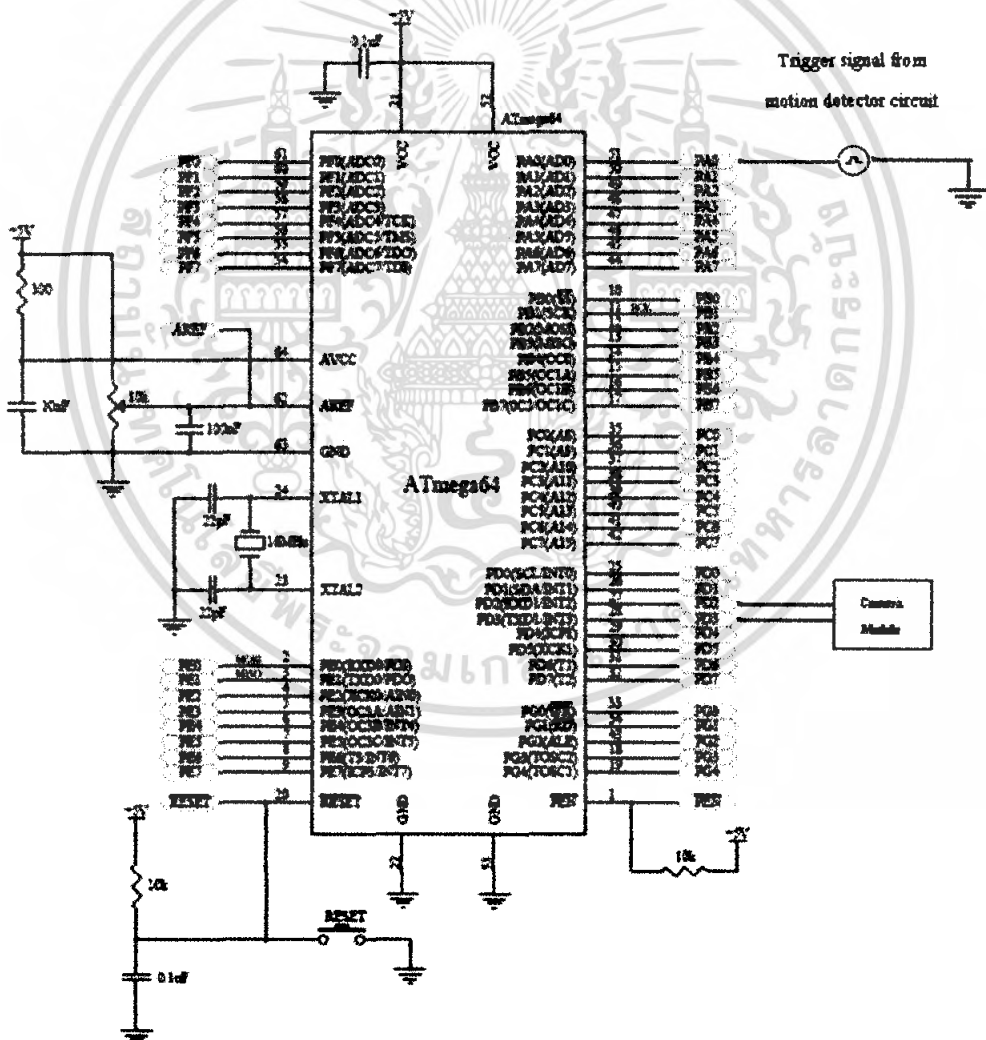
วงจรถวจจับการเคลื่อนไหวดังรูปที่ 4.1 มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อตัว PIR ตรวจจับการเคลื่อนไหวในรูปการเปลี่ยนแปลงคลื่นความร้อนอินฟราเรด จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุที่ Substrate ของ PIR และการเปลี่ยนแปลงของประจุนี้อาจจะไปจับให้ FET ภายใน PIR มีสัญญาณเอาต์พุต ขนาด 20 mVp-p จากนั้นสัญญาณเอาต์พุตนี้จะถูกนำไปเข้าวงจรขยายสัญญาณแบบ Non inverting amplifier ที่มีอัตราขยายประมาณ 101 เท่า ทำให้ได้สัญญาณที่ถูกขยายมีขนาด ประมาณ 2 Vp-p สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะถูกนำไปเข้าวงจร Inverting amplifier ที่มีอัตราขยายประมาณ 1 เท่า สัญญาณที่ได้จะมีการกลับเฟส จากนั้นจะนำสัญญาณนี้ไปเข้าวงจร window comparator เพื่อทำการเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งวงจร window comparator คือวงจร Inverting comparator และ Non inverting comparator ซึ่งวงจรนี้จะทำการเปรียบเทียบแรงดันนั้นทำงานได้ทั้งสัญญาณซีกบวกและซีกลบ โดยหลักการทำงานของแต่ละวงจรมีดังนี้ สำหรับวงจร Inverting comparator ถ้า $V_{in} > V_{ref}$ จะได้ $V_{out} =$ ไฟเลี้ยงลบของออปแอมป์ และถ้า $V_{in} < V_{ref}$ จะได้ $V_{out} =$ ไฟเลี้ยงบวกของออปแอมป์ ส่วนวงจร Non inverting comparator จะมีหลักการในทางกลับกันคือ ถ้า $V_{in} > V_{ref}$ จะได้ $V_{out} =$ ไฟเลี้ยงบวกของออปแอมป์ และถ้า $V_{in} < V_{ref}$ จะได้ $V_{out} =$ ไฟเลี้ยงลบของออปแอมป์ จากวงจรนี้ถ้าหาก PIR ไม่มีสัญญาณเอาต์พุต สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากวงจร window comparator จะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ถ้าหากมีสัญญาณเอาต์พุตจาก PIR สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากวงจร window comparator จะมีค่าเท่ากับไฟเลี้ยงของวงจร สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากวงจร window comparator จะนำไปต่อเข้ากับ IC Monostable CD4538 ซึ่งการใช้งานจะให้อินพุต B ที่ขา 5 มีสถานะเป็นลอจิก High ตลอดเวลา ส่วนอินพุต A นี้จะใช้เช็คสัญญาณขอบขาขึ้นของเอาต์พุตของวงจร window comparator ถ้าหากมีสัญญาณขอบขาขึ้น ก็จะทำให้มีสัญญาณทริกเกอร์ที่เอาต์พุตของ CD4538 (ขา 6) ซึ่งสามารถตั้งค่า Time constant ได้โดยการปรับค่า R_{10} และ C_6 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก IC Monostable จะนำไปควบคุมรีเลย์หรือสวิตช์ จากรูปหากไม่มีสัญญาณเอาต์พุตจาก IC Monostable ทรานซิสเตอร์ Q_1 ก็จะไม่ออน ทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน แต่ถ้าหากมีสัญญาณเอาต์พุตมาจาก IC Monostable ก็จะทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q_1 ออน และทำให้มีกระแสไหลผ่านรีเลย์ ทำให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งการทำงานของรีเลย์นั้นก็เหมือนสวิตช์สั่งงานที่ส่งไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานต่อไป

4.3) วงจรควบคุมการทำงานโมดูลกล้องโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA64

อุปกรณ์ภายในวงจร

1. บอร์ดคิท AVR เบอร์ ATMEGA64
2. โมดูลกล้อง C328
3. MAX232
4. ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ ค่าต่างๆ

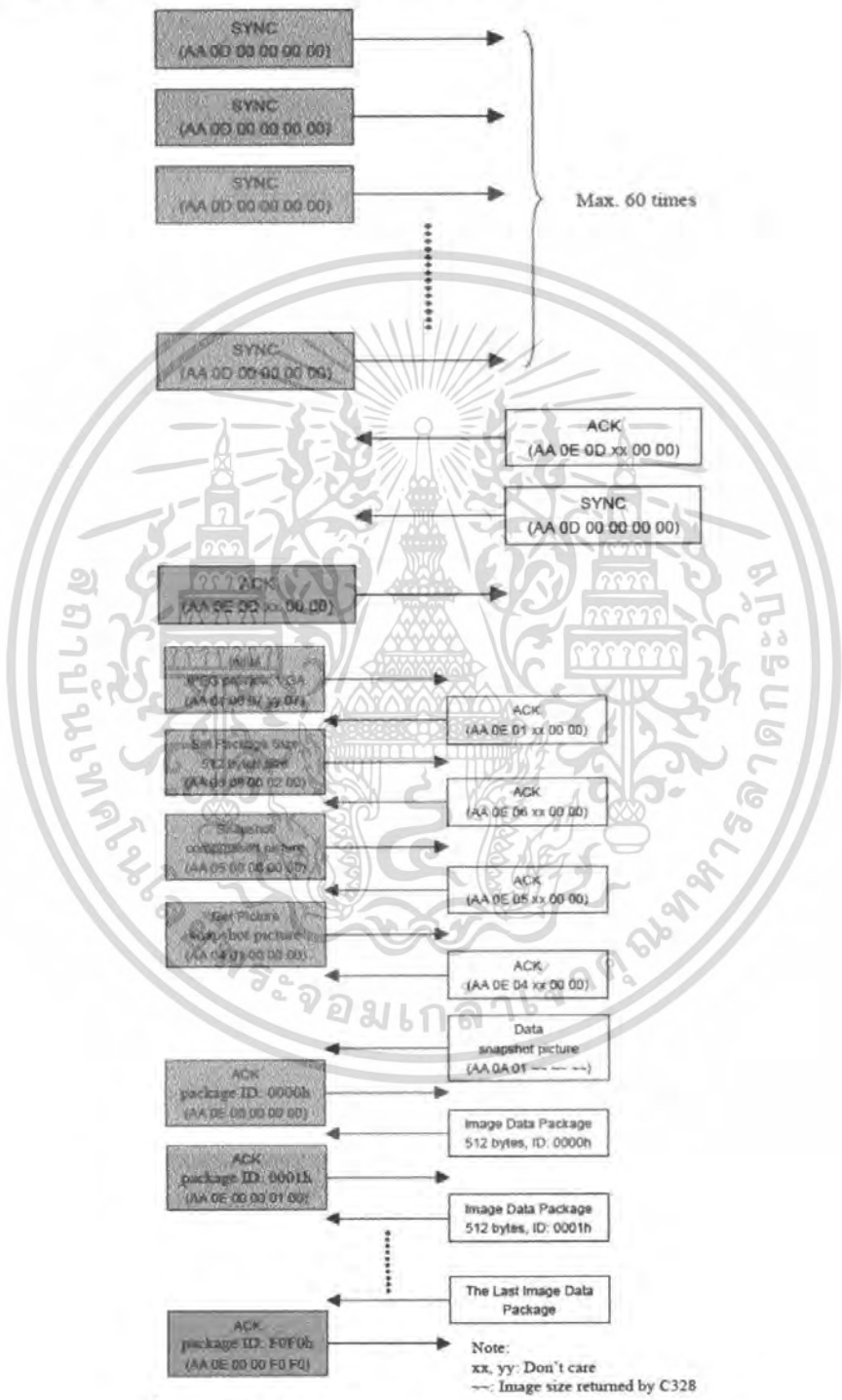
4.3.1) Schematic ของวงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2) หลักการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของกล้อง C328

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของวงจรมี โดยส่วนใหญ่จะเป็นในส่วนของการเขียนโปรแกรม ซึ่งในโครงการนี้ภาษาที่ใช้เขียน คือ ภาษาซี

โดยเริ่มแรก หลังจากค็อกต้องเข้ากับวงจรมแล้ว ต้องทำการเขียนโปรแกรมโดยส่งคำสั่ง SYNC (0xAA, 0x0D, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00) โดยเราจะเขียนโปรแกรมให้ทำการวนลูปคำสั่ง SYNC จนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบกลับจากค็อกโดยจะวนลูปได้สูงสุดประมาณ 60 รอบ เมื่อค็อกได้รับคำสั่ง SYNC แล้วนั้น ค็อกจะทำการส่งสัญญาณตอบกลับมาเป็น (0xAA, 0x0E, 0x0D, 0x00, 0x00, 0x00) และเมื่อค็อกพร้อมในการใช้งานแล้ว จะทำการส่งสัญญาณ SYNC กลับมา ซึ่งผู้ใช้ต้องส่งคำสั่ง ACK ตอบกลับไป ดังเช่นรูปทางด้านบน

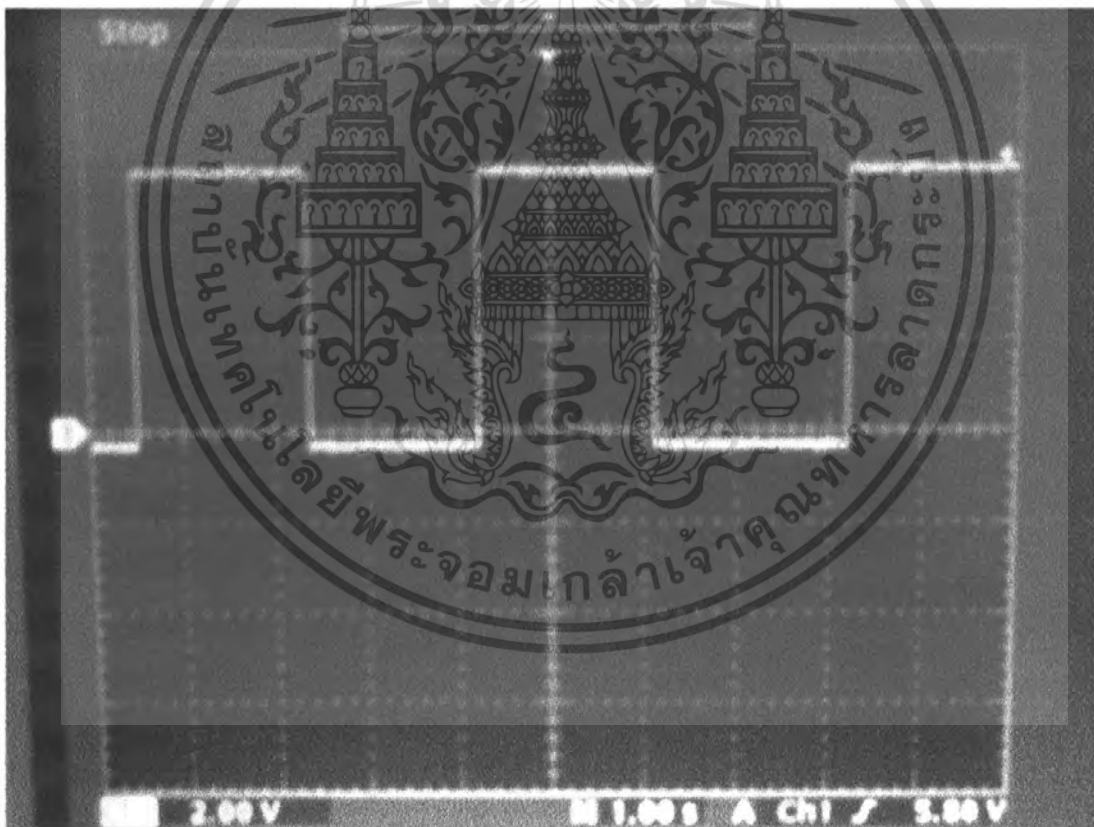
หลังจากนั้น เมื่อค็อกพร้อมในการใช้งานแล้ว เราต้องทำการส่งคำสั่ง Initial เข้าไปเพื่อเป็นการกำหนดชนิดภาพ และขนาดภาพเท่าใด ดังเช่นในรูปเป็นการกำหนดค่าเป็นไฟล์ JPEG ขนาด 640x480 และค็อกจะทำการส่งสัญญาณ ACK ตอบกลับมา โดยในทุกๆคำสั่งที่เราทำการส่งเข้าไปให้กับค็อก ค็อกจะต้องทำการส่งสัญญาณ ACK ตอบกลับมาเสมอเพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าได้รับคำสั่งแล้ว โดยสัญญาณที่ได้รับมาจากค็อกนั้น ในไบต์แรกนั้นจะต้องมีค่าเป็น 0xAA และไบต์ที่สองจะเป็น 0x0E เสมอ ส่วนในไบต์ที่สามนั้นจะเหมือนกับไบต์ที่สองของคำสั่งที่เราได้ส่งเข้าไป คำสั่งต่อไป คือ การส่งคำสั่งเพื่อบอกขนาดของไฟล์รูปภาพว่าต้องการขนาดกี่ไบต์ และ จึงทำการส่งคำสั่งถ่ายภาพนิ่งเข้าไป (Snapshot) (0xAA, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00) หลังจากนั้นก็ทำการส่งคำสั่งเพื่อตรวจสอบขนาดไฟล์รูปภาพ (Get Picture Size) (0xAA, 0x04, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00) โดยค็อกจะทำการส่งข้อมูลกลับมาเป็นขนาดข้อมูลของรูปภาพ โดยในการรับข้อมูลนั้นจะรับข้อมูลได้ทีละเฟรม โดยในแต่ละเฟรมจะมีขนาดเป็น 512 ไบต์ อย่างเช่น สมมติว่าในหนึ่งภาพนั้นมีขนาดของข้อมูลเป็น 2050 ไบต์ เมื่อเราหารด้วย 512 ไบต์ จะได้ทั้งหมด 4 เฟรมของรูปภาพ และจะมีรูปภาพเหลืออยู่ 2 ไบต์ ดังนั้นเราต้องทำการรับรูปภาพทั้งหมด 5 เฟรม จึงจะได้ไฟล์รูปภาพครบทั้งรูป หลังจากที่เราได้รับเฟรมรูปภาพสมบูรณ์ครบหนึ่งภาพแล้วต้องทำการส่งคำสั่ง ACK (0x00, 0x0E, 0x00, 0x00, 0xF0, 0xF0) เพื่อบอกว่าจบการทำงานในการถ่ายภาพหนึ่งภาพ

บทที่ 5

ผลการทดลอง

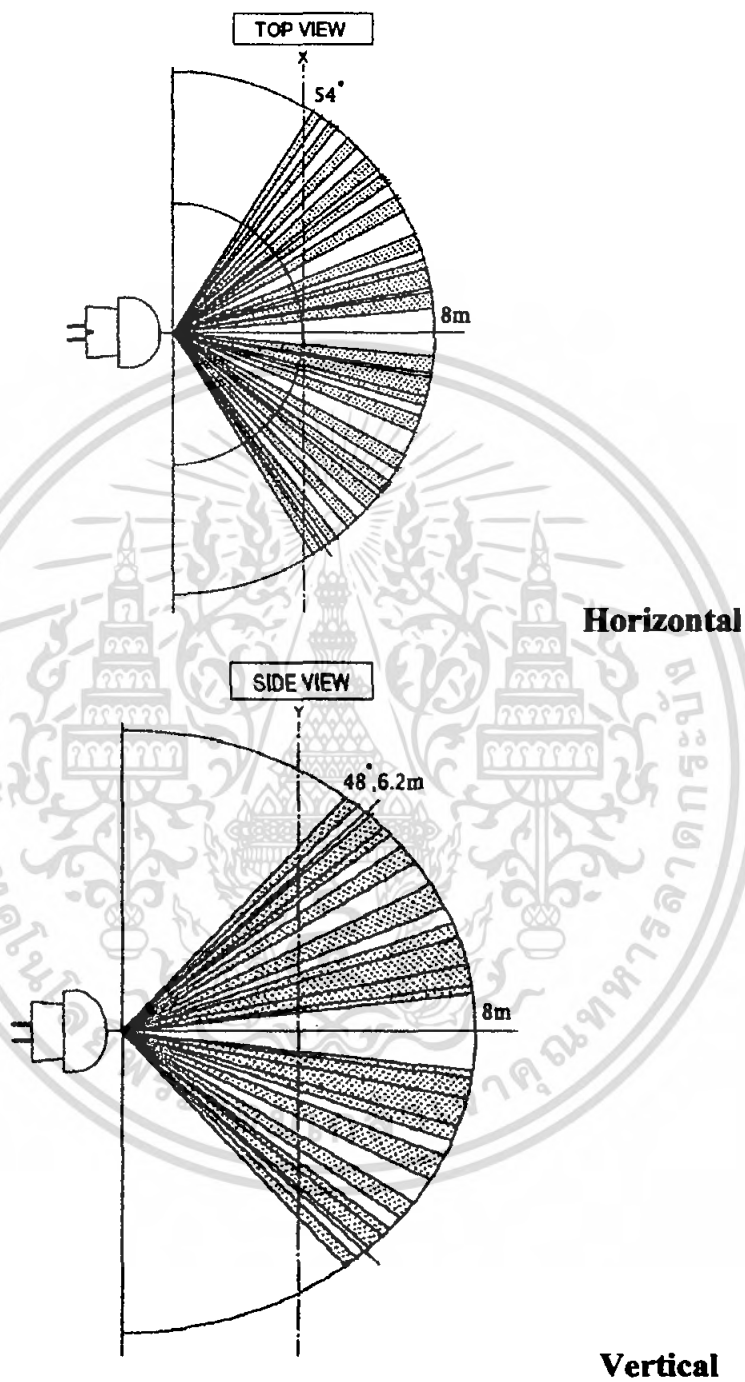
รูปสัญญาณจากการทดลองของวงจร PIR ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ถ้าหากเซ็นเซอร์มีการตรวจจับการเคลื่อนไหว(ในระยะ0-8เมตร) สัญญาณเอาต์พุตของวงจร Window Comparator ก็จะถูกส่งไปยังไอซีโมโนสเตเบิล โดยไอซีโมโนสเตเบิลจะเชคการทำงานที่ขอบขาขึ้นของอินพุตถ้าหากมีสัญญาณเข้ามา ก็จะทำให้มีเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ (ดังรูป5.1) สัญญาณพัลส์นี้สามารถตั้งค่า Pulse duration ได้ โดยการต่อตัวต้านทานทานภายนอก(Rx) และตัวเก็บประจุภายนอก (Cx)



รูปที่ 5.1 รูปสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเซ็นเซอร์ PIR ตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

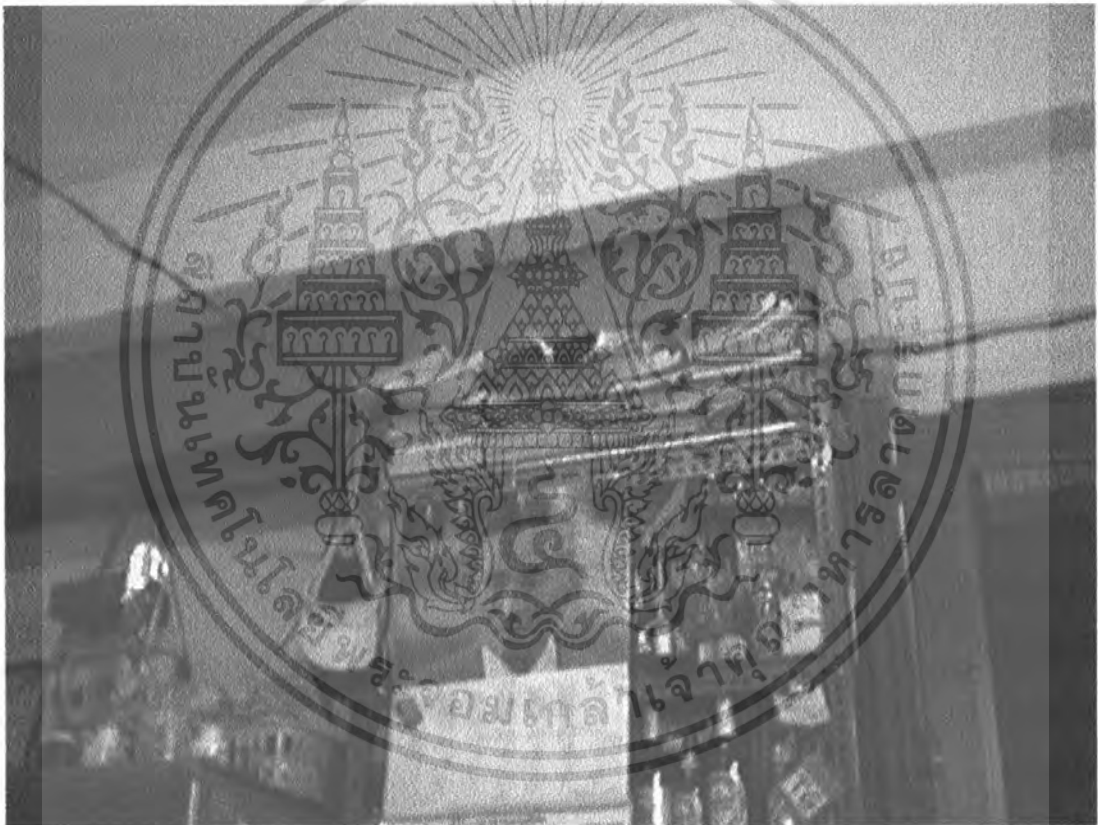


รูปที่ 5.2 รูปแสดงประสิทธิภาพมุมมองของเซ็นเซอร์ที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระยะทางที่เซ็นเซอร์ PIR สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ดี อยู่ในระยะ 0-8 เมตร โดยในทางฝั่ง Horizontal จะมีมุมการวัดได้สูงสุด 54° โดยวัดได้ระยะ 0-8 เมตร ตลอดครึ่งมีการวัด ส่วนในด้าน Vertical จะวัดได้ที่มีมุมการวัดสูงสุด 48° โดยมีระยะทางด้านข้าง 6.2 เมตร ส่วนด้านหน้าวัดได้ 0-8 เมตร
- ส่วน Stability Time ที่เซ็นเซอร์ใช้เป็น 10 วินาที

รูปตัวอย่างที่ได้จากโมดูลกล้อง C328



รูปที่ 5.3 แสดงรูปที่ถ่ายได้จากกล้อง C328

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงผลทาง Hyper Terminal

```

Digital Camera - Hyper Terminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]

Digital Camera
Wait for Take Camera Press bottom Key

File name IMG005.JPG
Card Ready....
Get Card information
CSD = 00 2D 00 32 1B 59 83 D0 F6 DB 7F 00 16 40 00 00
Capacity of Card = 512229376 byte
The Size of card = 488 Mbyte
Sector multiply = 6
Sector Count = 3907

Fat Type = FAT32
FATFirstSector 267
FirstRootSector 2217
RootDirSectors 0
FirstDataSector 2217
maxsect 1000448
FirstDirCluster 2
maxcluster 124780
secPerCluster 8
Card OK
Sync Camera 22

AA 0E 0D 11 00 00
Camera connect now
Send Command ACK
Send Command init JPEG
AA 0E 01 12 00 00
Send Command package
AA 0E 06 13 00 00
Send Command snap
AA 0E 05 14 00 00
Send Command Get Picture
AA 0E 04 15 00 00
AA 0A 01 80 6C 00
jpeg Size = 27776

.....

File IMG005.JPG Size = 27.127 Kbyte
Successfull.....

Connected 0:06:16 Auto detect 115200 8-N-1 SERIAL CAPS NUM Copy Paste Print

```

รูปที่ 5.4 ผลข้อมูลการถ่ายภาพทาง Hyper Terminal

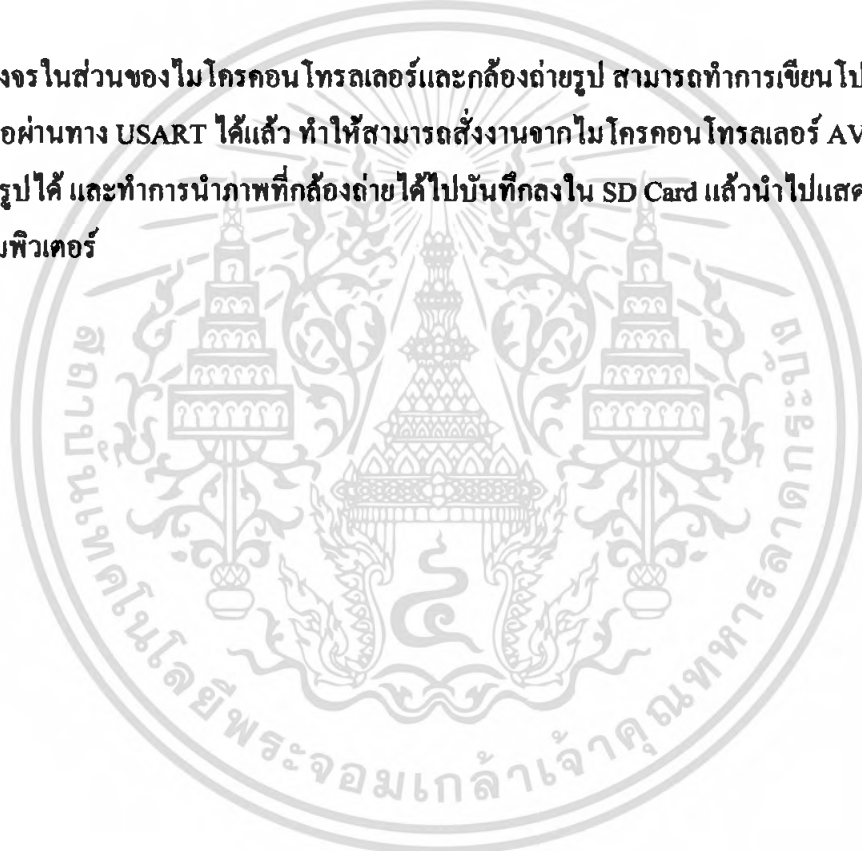
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

สรุปการทำงานของวงจรในทอมนี้ ถือว่าในส่วนของเซ็นเซอร์ PIR นั้น สามารถทำงานได้ดีมากขึ้น วงจรมีความเสถียรมากขึ้นกว่าเดิม เพราะเนื่องจากการใช้ Fresnel Lens มาช่วยในการจับโฟกัสให้กับตัวเซ็นเซอร์ ทำให้ได้ระยะทางที่ตรวจจับได้ มีระยะทางไกลขึ้น และมีเสถียรภาพมากขึ้น

ส่วนวงจรในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และกล้องถ่ายรูป สามารถทำการเขียนโปรแกรมเพื่อการเชื่อมต่อผ่านทาง USART ได้แล้ว ทำให้สามารถส่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ให้กล้องทำการถ่ายรูปได้ และทำการนำภาพที่กล้องถ่ายได้ไปบันทึกลงใน SD Card แล้วนำไปแสดงผลรูปที่ถ่ายได้ทางคอมพิวเตอร์



บรรณานุกรม

1. ประจัน พลังสันติกุล, การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler), บริษัท แอปซอพท์เทค จำกัด
2. www.google.com
3. www.datasheetcatalog.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Datasheet โมดูลกล้อง C328

General Description

The C328 module is a highly integrated serial camera board that can be attached to a wireless or PDA host performing as a video camera or a JPEG compressed still camera. It provides a serial interface (RS-232) and JPEG compression engine to act as a low cost and low powered camera module for high-resolution serial bus security system or PDA accessory applications.

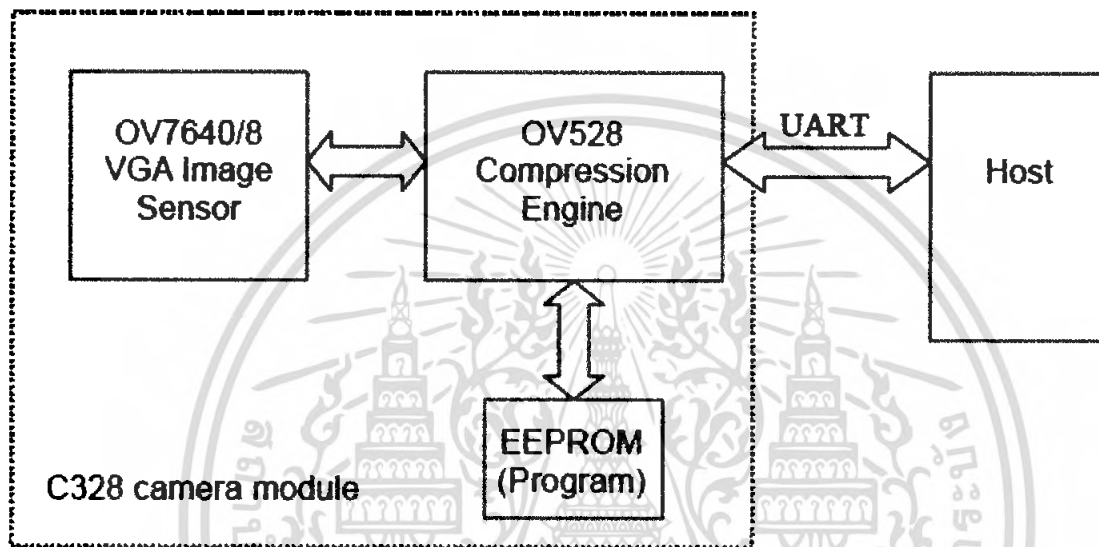


Figure 1 – System block diagram

Features

- Small in size, low cost and low powered (3.3V) camera module for high-resolution serial bus security system or PDA accessory applications.
- On-board EEPROM provides a command-based interface to external host via RS-232.
- UART: 115.2Kbps for transferring JPEG still pictures or 160x128 preview @8bpp with 0.75fps.
- On board OmniVision OV7640/8 VGA color sensor.
- Built-in JPEG CODEC for different resolutions.
- Built-in down sampling, clamping and windowing circuits for VGA, QVGA, 160x120 or 80x60 image resolutions.
- Built-in color conversion circuits for 2-bit gray, 4-bit gray, 8-bit gray, 12-bit RGB, 16-bit RGB or standard JPEG preview images.
- No external DRAM required.

System Configuration

1. Camera Sensor

The C328-7640 module uses OmniVision OV7640/8 VGA color digital CameraChips with an 8-bit YCbCr interface.

2. OV528 Serial Bridge

The OV528 Serial Bridge is a JPEG CODEC embedded controller chip that can compress and transfer image data from CameraChips to external device. The OV528 takes 8-bit YCbCr 422 progressive video data from an OV7640/8 CameraChip. The camera interface synchronizes with input video data and performs down sampling, clamping and windowing functions with desired resolution, as well as color conversion that is requested by the user through serial bus host commands.

The JPEG CODEC can achieve higher compression ratio and better image quality for various image resolutions.

3. Program EEPROM

A serial type program memory is built-in for C328-7640 to provide a set of user-friendly command interfacing to external host.

Board Layout

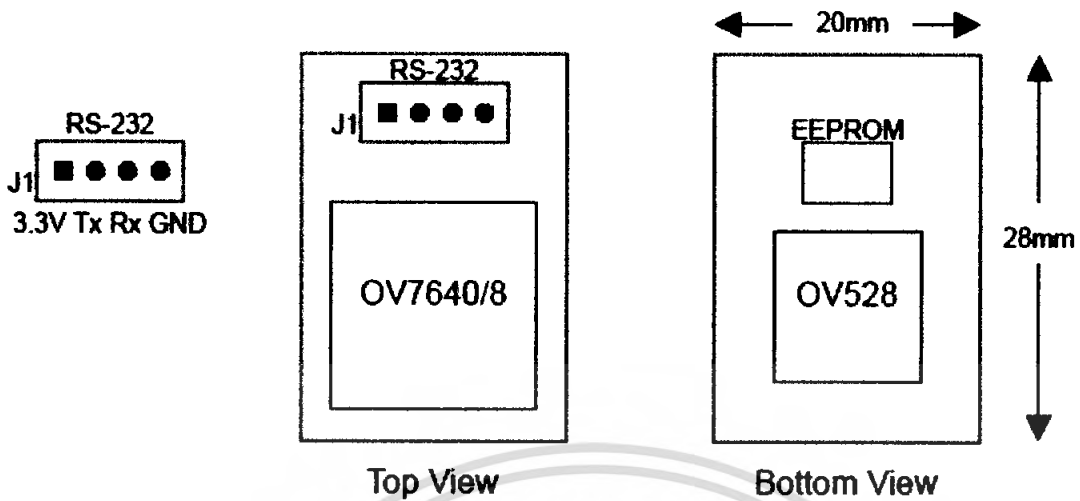


Figure 2 – C328-7640 board layout and serial interface pin

Serial Interface

1. Single Byte Timing Diagram

A single byte RS-232 transmission consists of the start bit, 8-bit contents and the stop bit. A start bit is always 0, while a stop bit is always 1. LSB is sent out first and is right after the start bit.

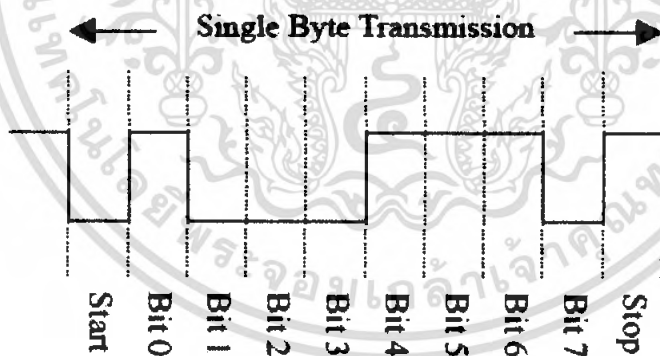


Figure 3 – RS-232 single byte timing diagram

2. Command Timing Diagram A single command consists of 6 continuous single byte RS-232 transmissions. The following is an example of SYNC (AA0D00000000h) command.

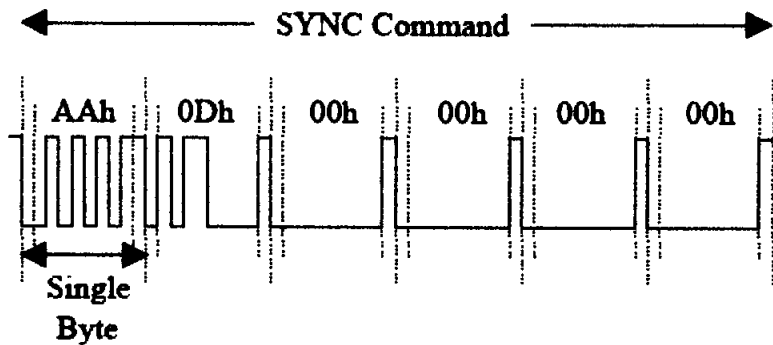


Figure 4 – RS-232 SYNC command timing diagram

Command Set

The C328-7640 module supports total 11 commands for interfacing to host as following:

Command	ID Number	Parameter1	Parameter2	Parameter3	Parameter4
Initial	AA01h	00h	Color Type	RAW Resolution (Still image only)	JPEG Resolution
Get Picture	AA04h	Picture Type	00h	00h	00h
Snapshot	AA05h	Snapshot Type	Skip Frame Low Byte	Skip Frame High Byte	00h
Set Package Size	AA06h	08h	Package Size Low Byte	Package Size High Byte	00h
Set Baudrate	AA07h	1st Divider	2nd Divider	00h	00h
Reset	AA08h	Reset Type	00h	00h	xxh*
Power Off	AA09h	00h	00h	00h	00h
Data	AA0Ah	Data Type	Length Byte 0	Length Byte 1	Length Byte 2
SYNC	AA0Dh	00h	00h	00h	00h
ACK	AA0Eh	Command ID	ACK counter	00h / Package ID Byte 0	00h / Package ID Byte 1
NAK	AA0Fh	00h	NAK counter	Error Number	00h
Light Frequency	AA13h	Frequency Type	00h	00h	00h

* If the parameter is 0xFF, the command is a special Reset command and the firmware responds to it immediately.

1. **Initial (AA01h)** The host issues this command to configure the preview image size and color type. After receiving this command, the module will send out an ACK command to the host if the configuration success. Otherwise, an NACK command will be sent out.

1.1 Color Type

C328-7640 can support 7 different color types as follow:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-bit Gray Scale	01h
4-bit Gray Scale	02h
8-bit Gray Scale	03h
12-bit Color	05h
16-bit Color	06h
JPEG	07h

1.2 Preview Resolution

80x60	01h
160x120	03h

1.3 JPEG Resolution

Since the Embedded JPEG Code can support only multiple of 16, the JPEG preview mode can support following image sizes. It is different from normal preview mode.

80x64	01h
160x128	03h
320x240	05h
640x480	07h

2. Get Picture (AA04h) The host gets a picture from C328-7640 by sending this command.

2.1 Picture Type

Snapshot Picture	01h
Preview Picture	02h
JPEG Preview Picture	05h

3. Snapshot (AA05h) C328-7640 keeps a single frame of JPEG still picture data in the buffer after receiving this command.

3.1 Snapshot Type

Compressed Picture	00h
Uncompressed Picture	01h

3.2 Skip Frame Counter The number of dropped frames can be defined before compression occurs.

“0” keeps the current frame, “1” captures the next frame, and so forth.

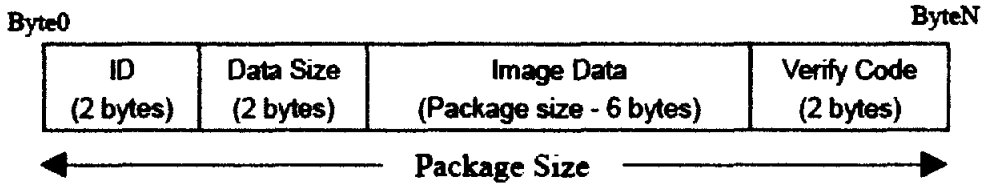
4. Set Package Size (AA06h)

The host issues this command to change the size of data package which is used to transmit JPEG image data from the C328-7640 to the host. This command should be issued before sending Snapshot

command or Get Picture command to C328-7640. It is noted that the size of the last package varies for different image.

4.1 Package Size

The default size is 64 bytes and the maximum size is 512 bytes.



- ID** -> Package ID, starts from zero for an image
- Data Size** -> Size of image data in the package
- Verify Code** -> Error detection code, equals to the lower byte of sum of the whole package data except the verify code field. The higher byte of this code is always zero. i.e. verify code = lowbyte(sum(byte[0] to byte[N-2]))

Note: As the transmission of uncompressed image is not in package mode, it is not necessary to set the package size for uncompressed image.

5. Set Baudrate (AA07h) Set the C328-7640 baud rate by issuing this command. As the module can auto-detect the baud rate of the incoming command, host can make connection with one of the following baud rate in the table. The module will keep using the detected baud rate until physically power off

5.1 Baudrate Divider

$$\text{Baudrate} = 14.7456\text{MHz} / 2 \times (\text{2nd Divider} + 1) / 2 \times (\text{1st Divider} + 1)$$

Baudrate	1 st Divider	2 nd Divider	Baudrate	1 st Divider	2 nd Divider
7200 bps	ffh	01h	28800 bps	3fh	01h
9600 bps	bff	01h	38400 bps	2fh	01h
14400 bps	7fh	01h	57600 bps	1fh	01h
19200 bps	5fh	01h	115200 bps	0fh	01h

6. Reset (AA08h) The host reset C328-7640 by issuing this command.

6.1 Reset Type

“00h” resets the whole system. C328-7640 will reboot and reset all registers and state machines.

“01h” resets state machines only.

7. Power Off (AA09h)

C328-7640 will go into sleep mode after receiving this command. SYNC command (AA0Dh) must be sent to wake up C328-7640 for certain period until receiving ACK command from C328-7640.

8. Data (AA0Ah)

C328-7640 issues this command for telling the host the type and the size of the image data which is ready for transmitting out to the host.

8.1 Data Type

Snapshot Picture	01h
Preview Picture	02h
JPEG Preview Picture	05h

8.2 Length These three bytes represent the length of data of the Snapshot Picture, Preview Picture or JPEG Preview Picture.

9. SYNC (AA0Dh)

Either the host or the C328-7640 can issue this command to make connection. An ACK command must be sent out after receiving this command.

10. ACK (AA0Eh)

This command indicates the success of last operation. After receiving any valid command, ACK command must be sent out except when getting preview data. The host can issue this command to request image data package with desired package ID after receiving Data command from C328-7640. The host should send this command with package ID F0F0h after receiving a package to end the package transfer. Note that the field “command ID” should be 00h when request image data package.

10.1 Command ID

The command with that ID is acknowledged by this command.

10.2 ACK Counter

No use.

10.3 Package ID

For acknowledging Data command, these two bytes represent the requested package ID. While for acknowledging other commands, these two bytes are set to 00h.

11. NAK (AA0Fh)

This command indicates corrupted transmission or unsupported features.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.1 NAK Counter

No use.

11.2 Error Number

Picture Type Error	01h	Parameter Error	0bh
Picture Up Scale	02h	Send Register Timeout	0ch
Picture Scale Error	03h	Command ID Error	0dh
Unexpected Reply	04h	Picture Not Ready	0fh
Send Picture Timeout	05h	Transfer Package Number Error	10h
Unexpected Command	06h	Set Transfer Package Size Wrong	11h
SRAM JPEG Type Error	07h	Command Header Error	F0h
SRAM JPEG Size Error	08h	Command Length Error	F1h
Picture Format Error	09h	Send Picture Error	F5h
Picture Size Error	0ah	Send Command Error	ffh

12. Light Frequency (AA13h) The host issues this command to change the light frequency of the C328-7640.

12.1 Light Frequency Type

50Hz

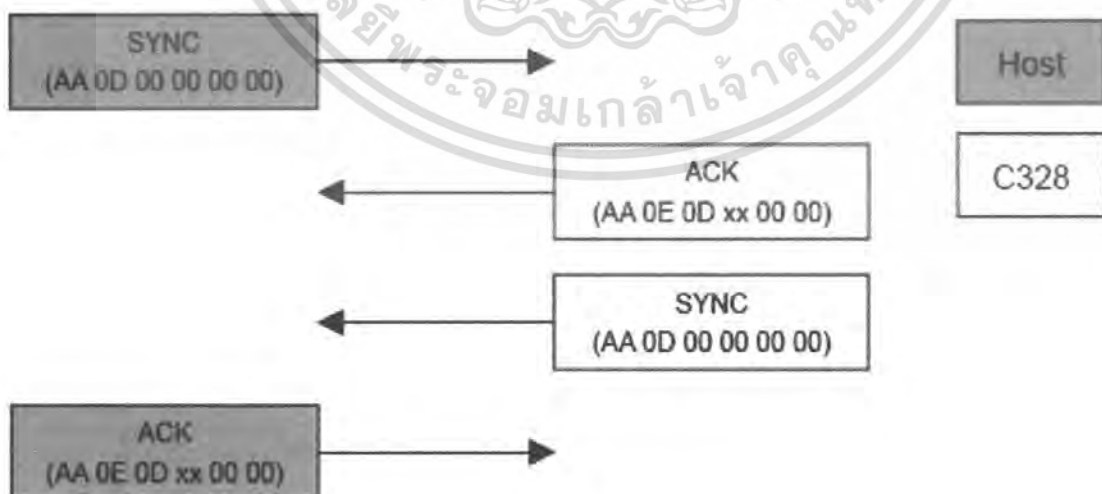
60Hz

00h

01h

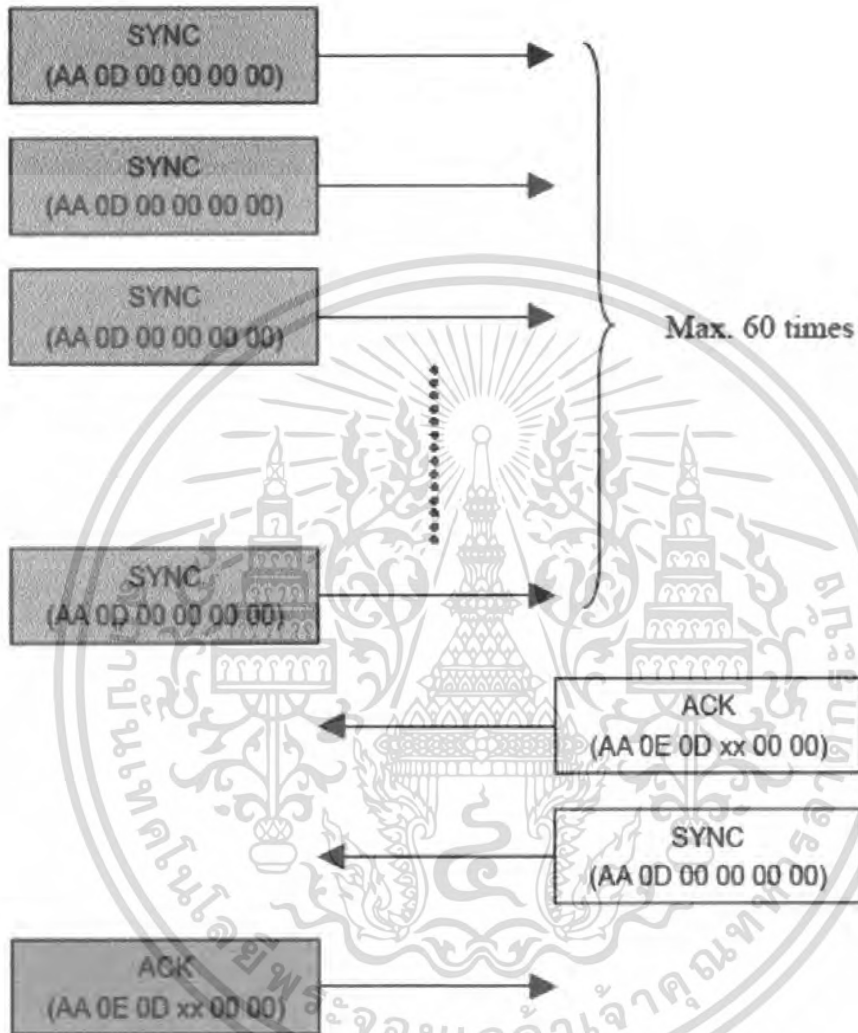
Command Protocol

1. SYNC Command



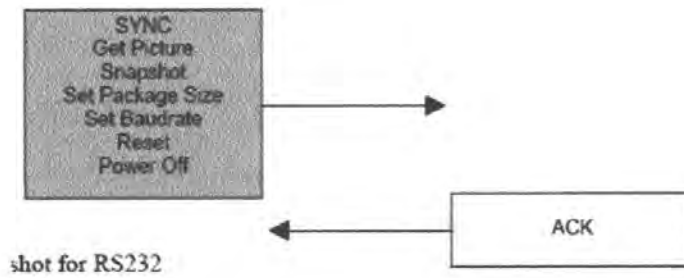
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Make Connection with C328-7640 Send the SYNC command (at 14400bps) until receiving ACK command from C328-7640 (usually an ACK command is receive after sending 25 times of SYNC command). This must be done after power up.



3. Initial, Get Picture, Snapshot, Set Package Size, Set Baudrate, Reset and Power Off Command

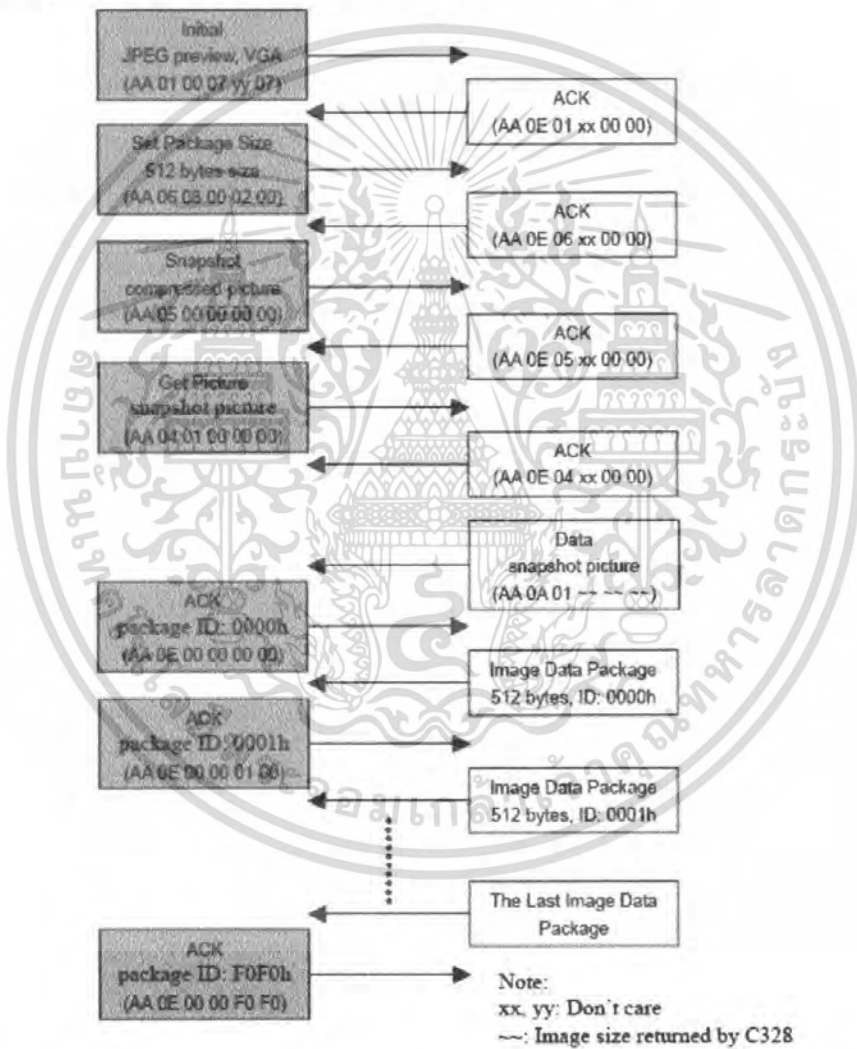
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. Getting a Snapshot for RS232

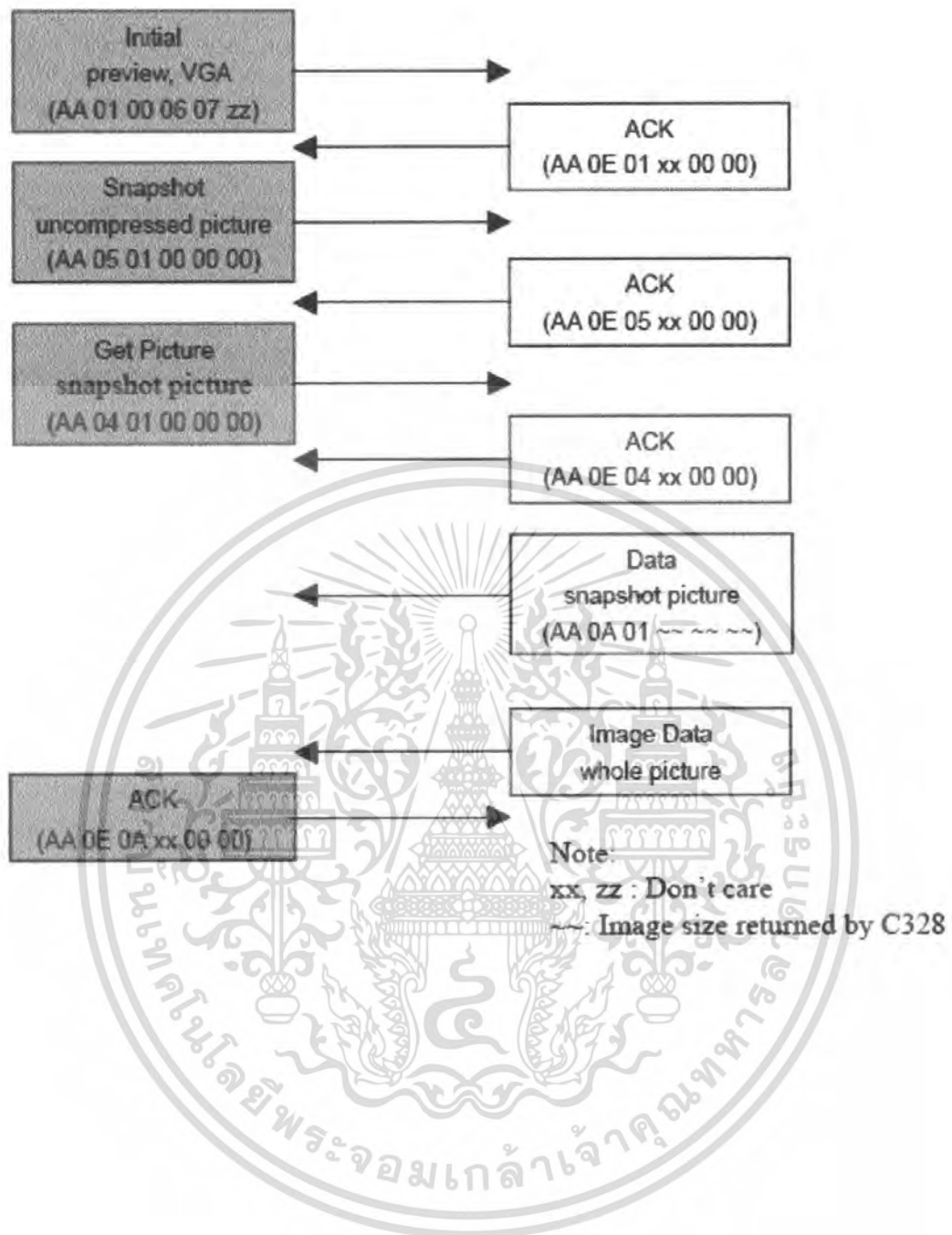
Make sure connection is made before the following communication.

4.1 JPEG Snapshot Picture (eg. 640x480 resolution)



4.2 Snapshot Picture (uncompressed snapshot picture)

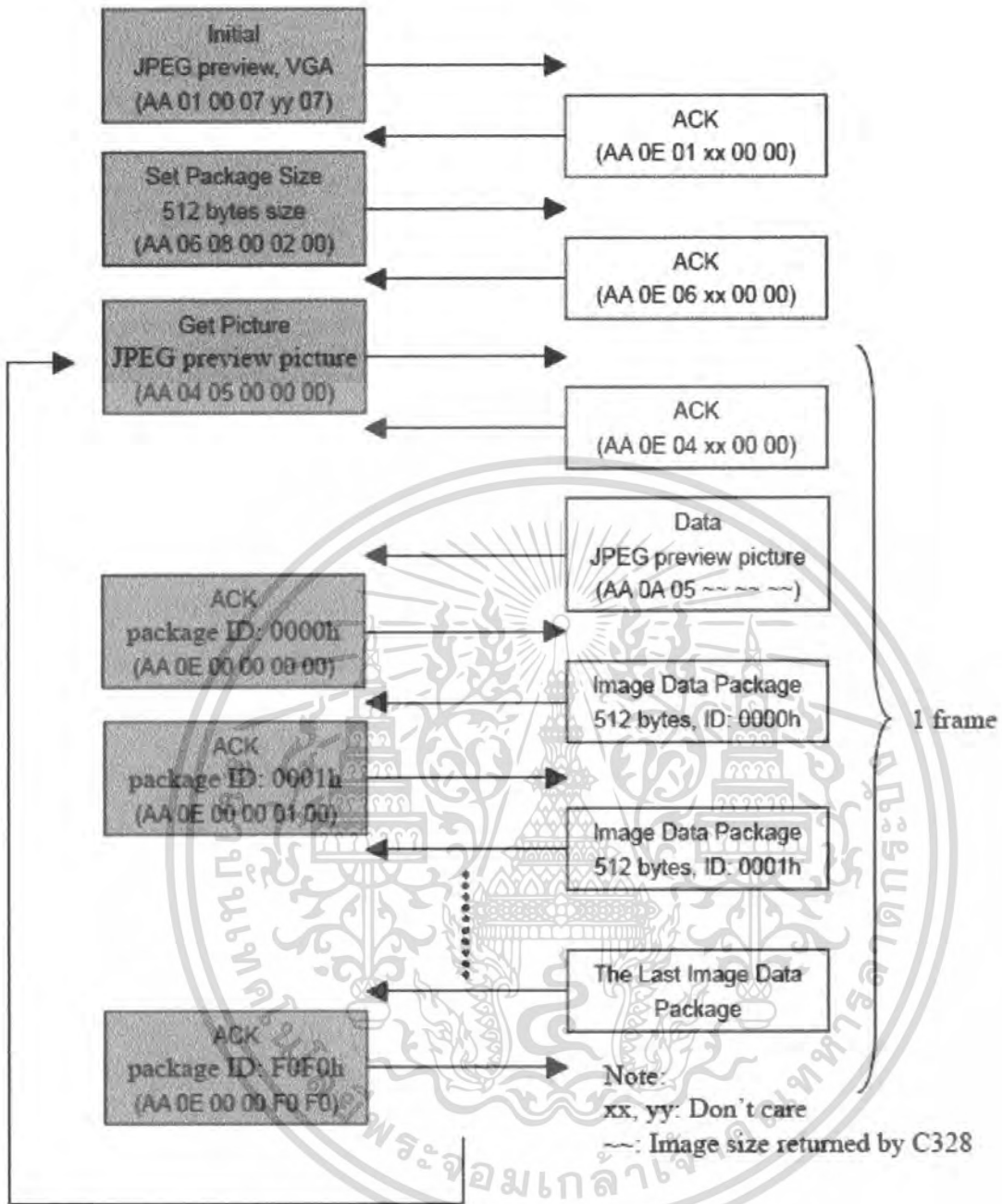
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. Getting JPEG preview pictures (video) for RS232 Make sure connection is made before the following communication.

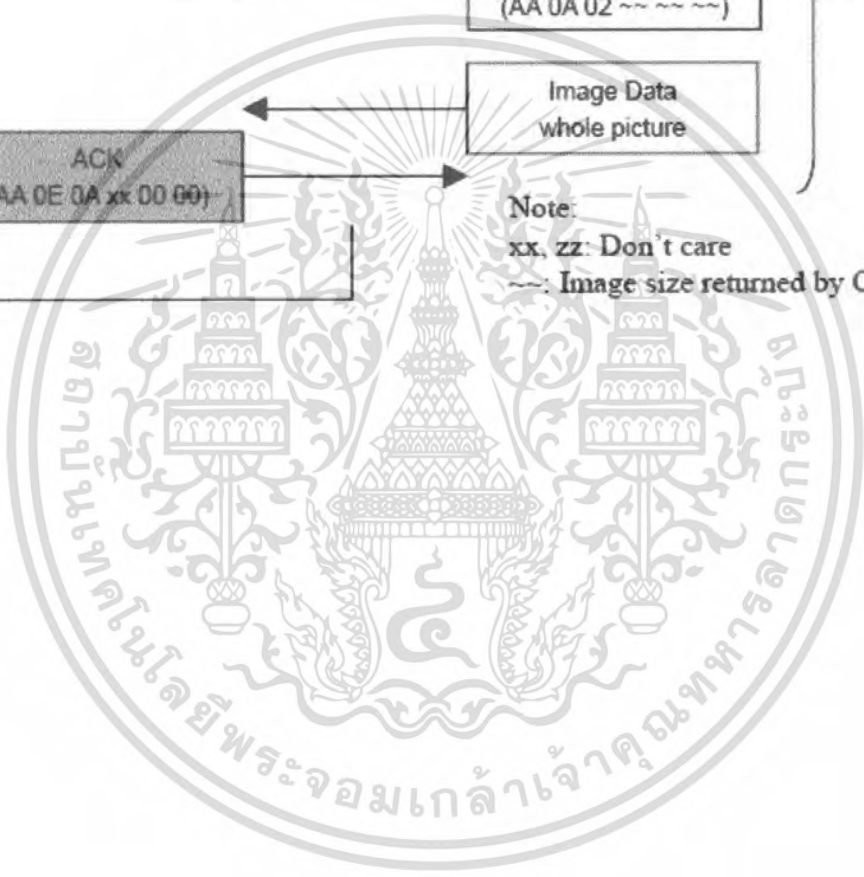
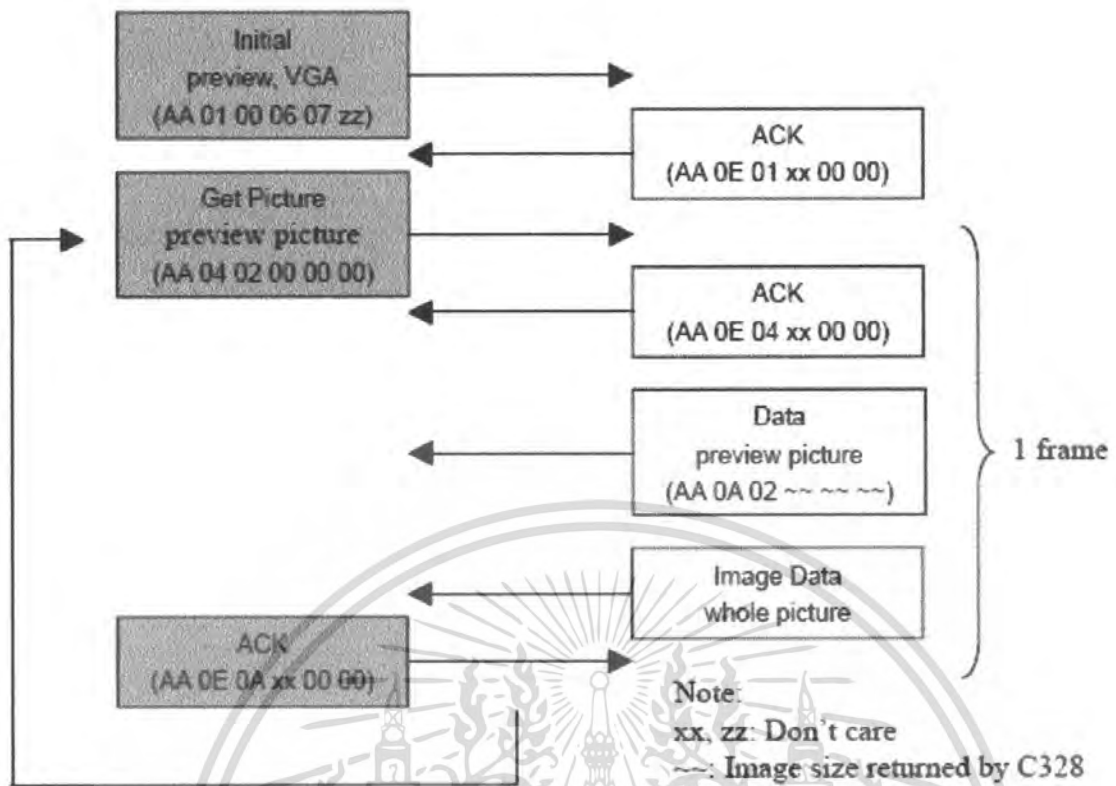
5.1 JPEG Preview Picture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.2 Preview Picture (uncompressed preview picture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

MP MOTION SENSOR 'NAPION'



10 m detection type

What is passive infrared type?

This sensor detects changes in infrared radiation which occur when there is movement by a person (or object) which is different in temperature from the surroundings.

- 1.) As this sensor detects temperature differences, it is well suited to detecting the motion of people by their body temperature.
- 2.) Wide sensing area.

FEATURES

1. The world's smallest with a built-in amplifier

Extremely compact. Ideal for use in miniaturized devices.

2. Dual lens colors (white and black) are provided

With an ultrasmall design and dual lens colors (white and black), it is inconspicuous, allowing the user to select either white or black to match the equipment color. This provides greater flexibility in equipment design.

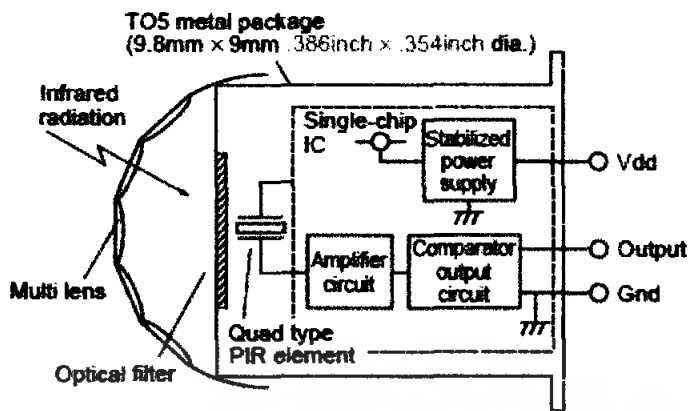
3. Both digital output and analog output (with adjustable sensitivity) are available.

4. Built-in amplifier for easy use

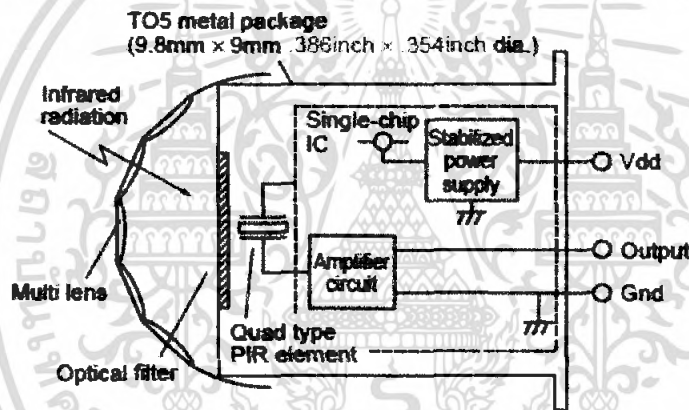
Has a built-in amplifier, and can be connected directly to a microcomputer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• Block diagram of the digital output circuit



• Block diagram of the analog output circuit



5. Detects even slight motion of a person

With our sensor, even slight motions made by people will be detected easily.

- Fine motion detection capability within approximately 2 meters of sensor.

Standard type: Detects movement of approximately 30cm 11.81inch.

Slight motion detection type: Detects movement of approximately 20cm 7.874inch.

6. Noise withstanding capability

Circuitry is contained in a TO5 metal package, providing at least twice the noise withstanding capability as conventional type.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Comparison example of noise withstanding capability

	Distance at which motion sensor is not affected by cellular phone noise
Conventional type	Min. 1 to 2m 3.281 to 6.562ft
MP Motion Sensor	Min. 1 to 2cm .394 to .787inch

APPLICATIONS

1. Home appliances

Useful for saving energy in air conditioner, television, personal computer, or ventilator and air purifier

2. Amusement machine market

Useful for saving energy and for automated guidance in theme parks and large video games

3. Equipment in service market

Useful for automated guidance, automated announcements and energy saving in vending machines, ATMs, etc.

4. Lighting market

Automated on/off controls, etc. for lamps, desk lamps, indoor lights, halls, stairway lights, etc.

1. Digital output

Rated operating voltage	Detection performance	Ambient temperature	Lens color
3 to 6 V DC	10m detection type	-20 to +60° C -4 to +140° F	Black
			White

2. Analog output

Rated operating voltage	Detection performance	Ambient temperature	Lens color
4.5 to 5.5 V DC	10m detection type	-20 to +60° C -4 to +140° F	Black
			White

PERFORMANCE

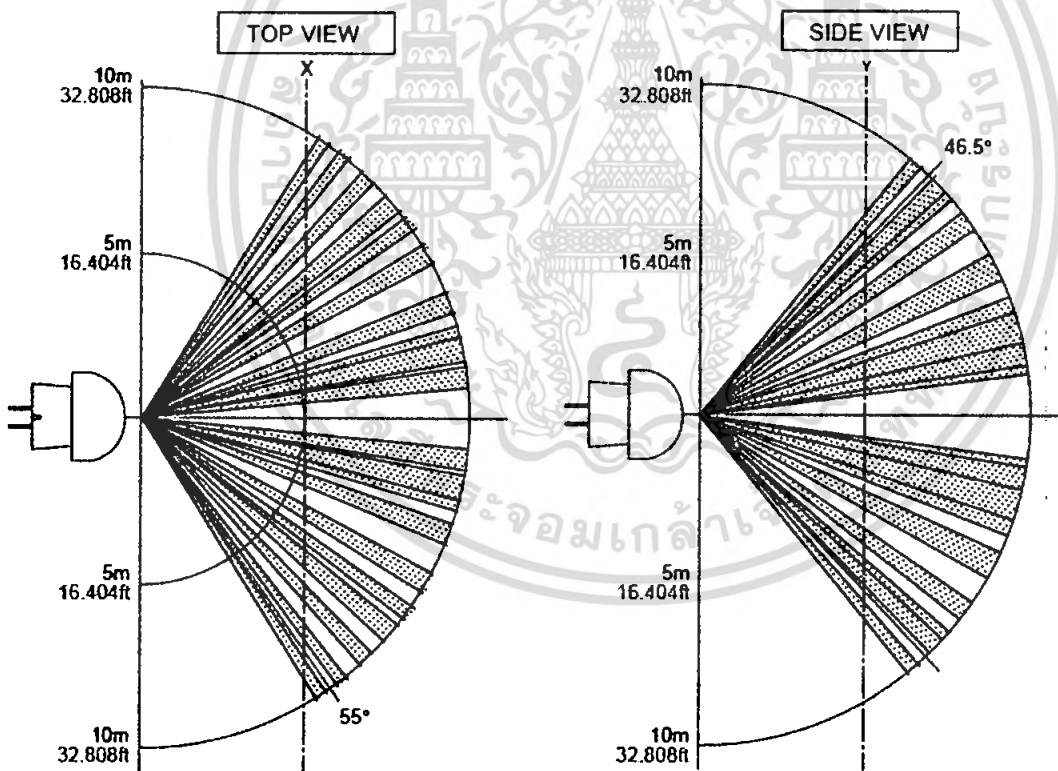
1. Detection performance

Items	10m detection type	Conditions of objects to be detected
Rated detection	10m 32.808ft	1. Movement speed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อได้รับไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

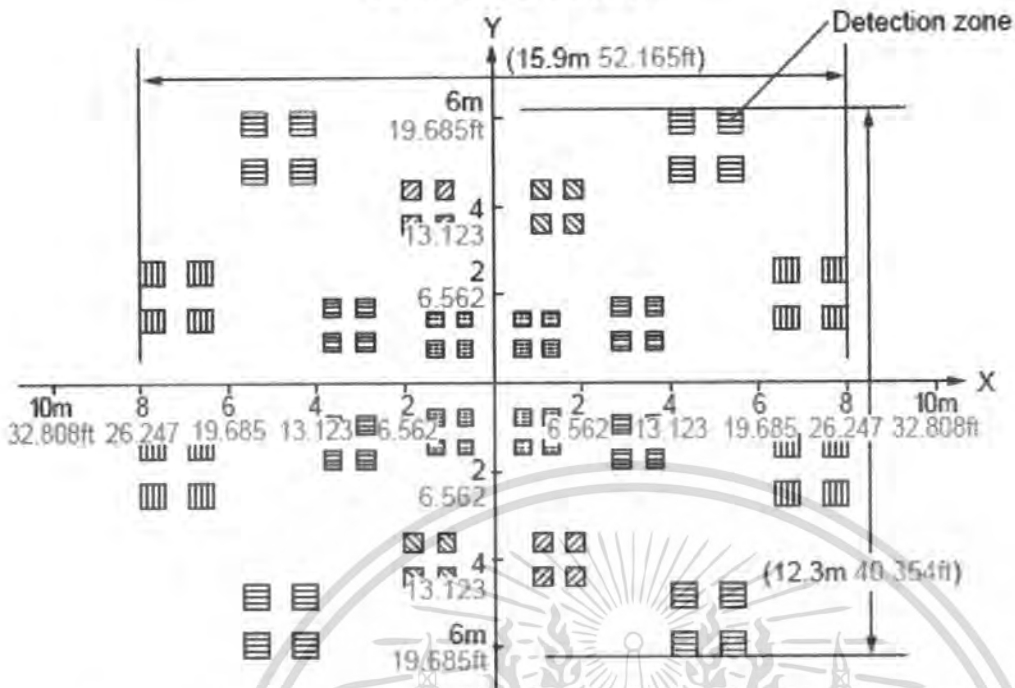
distance ^{*Remark 1}		(Max.)	•10m detection type: 1.0 m/s 2. Detection object = human body size is 700mm × 250mm 27.559inch × 9.843inch.
Detection range	Horizontal	110°	
	Vertical	93°	
Detection zone		80 zones	

***Remarks 1.** Depending on the difference in temperature between the background and detection target and the speed at which the target moves, these sensors may be capable of detection beyond the detection distances stated above. Nevertheless, they should be used within the prescribed detection distances. For further details, refer to the detection range diagram.



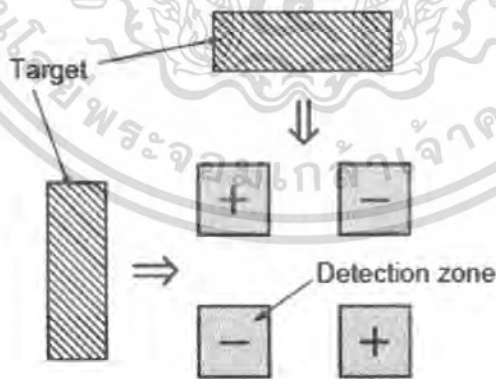
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X-Y cross section



Remarks:

1. The X-Y cross-sectional diagram shows the detection area.
2. The differences in the detection zone patterns are indicative of the projections of the 20 lenses with single focal point and with five optical axes. An object whose temperature differs from the background temperature and which crosses inside the detection zone will be detected.



Notes regarding the detection zone:

The detection zone has the polarity shown in the diagram on the right. When targets enter both the + and - zones with the same timing, the signals are cancelled each other, thus in this case there is a possibility that the object cannot be detected at the maximum specified detection distance.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rating

(Measuring condition: ambient temp. = 25 °C, 77 °F)

Items	Specified value	Remarks
Power supply voltage	-0.3 to 7 V DC	
Usable ambient temperature	-20 to 60 °C -4 to +140 °F	No freezing and condensing at low temperature.
Storage temperature	-20 to 70 °C -4 to +158 °F	

Electrical characteristics

(Measuring condition: ambient temp. = 25 °C 77 °F; operating voltage = 5V)

1) Digital output

Items			Symbol	Specified value	Measured conditions
Reted operating voltage	Minimum		V _{dd}	3.0 V DC	
	Typical			—	
	Maximum			6.0 V DC	
Reted consumption current (Standby) ^{*Remark}	Typical		I _w	170 μA	I _{out} = 0
	Maximum			300 μA	
Output (when detecting)	Current	Maximum	I _{out}	100 μA	V _{out} 7 V _{dd} -0.5
		Minimum		V _{dd} -5	Open when not detecting
	Voltage	Maximum	V _{out}	V _{dd} (Same as operating voltage)	
		Minimum			
Circuit stability time	Typical		T _{wu}	7 s	
	Maximum			30 s	

Remark: The current which is consumed during detection consists of the standby consumed current plus the output current.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Analog output

Items		Symbol	Specified value	Measured conditions
Reted operating voltage	Minimum	Vdd	4.5 V DC	
	Maximum		5.5 V DC	
Reted consumption current	Typical	Iw	0.17 mA	Iout = 0
	Maximum		0.3 mA	
Output current	Maximum	Iout	50 μ A	
Output voltage	Minimum	Vout	0 V	
	Typical		2.5 V	
	Maximum		Vdd	
Output offset average voltage	Minimum	Voff	2.3 V	Steady-state output voltage when not detecting
	Typical		2.5 V	
	Maximum		2.7 V	
Steady-state noise	Typical	Vn	130 m Vp-p	
	Maximum		300 m Vp-p	
Circuit stability time	Typical	Twu	7 s	
	Maximum		45 s	

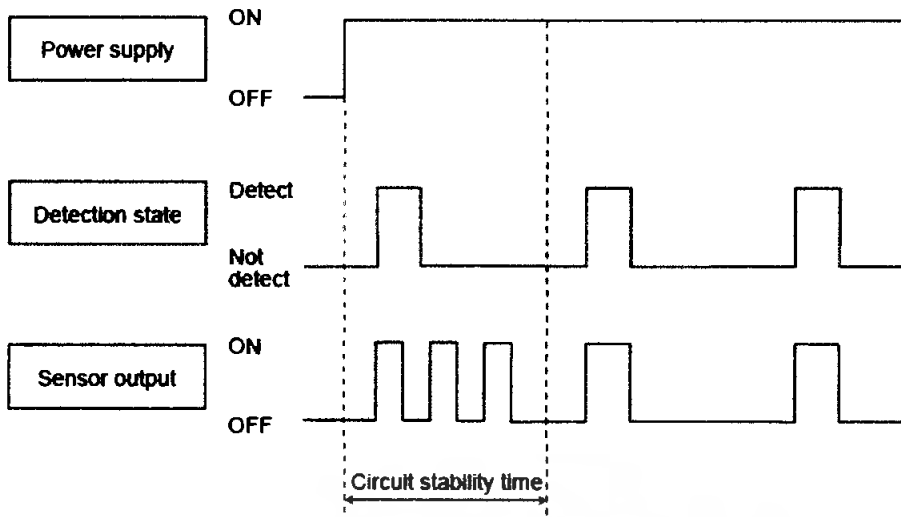
Note: To set to the same detection performance as the digital type, set the output voltage to the offset voltage $(2.5V) \pm 0.45V$ (i.e. 2.95V or more and 2.05V or less).

Timing chart

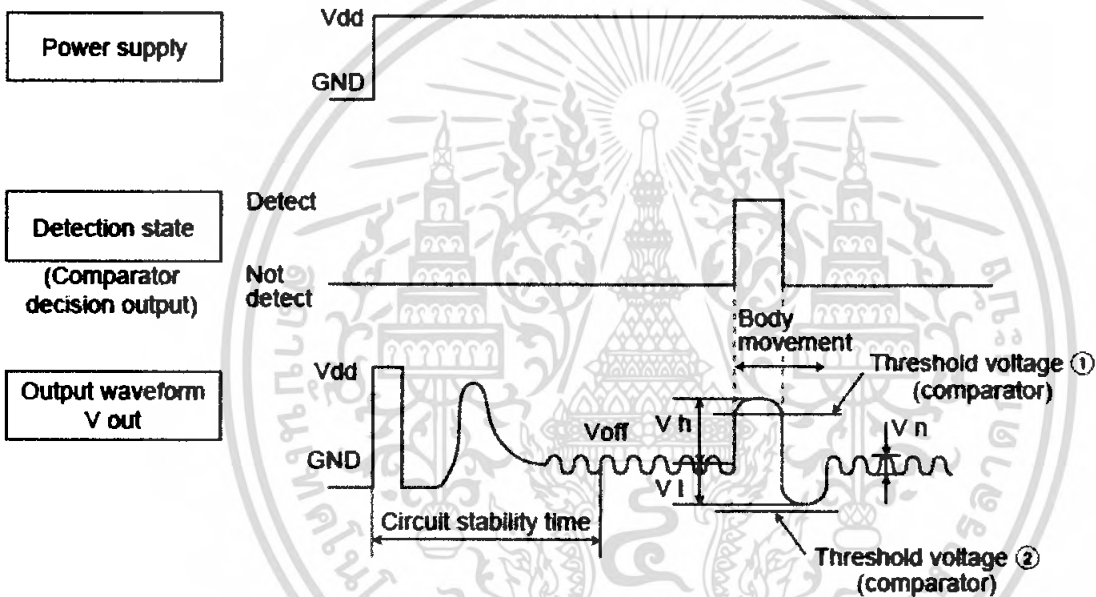
1) Digital output

Remark: Circuit stability time: 45s max. (45s max. for the 10m detection type)

While the circuitry is stabilizing after the power is turned on, the sensor output is not fixed in the “on” state or “off” state. This is true regardless of whether or not the sensor has detected anything.



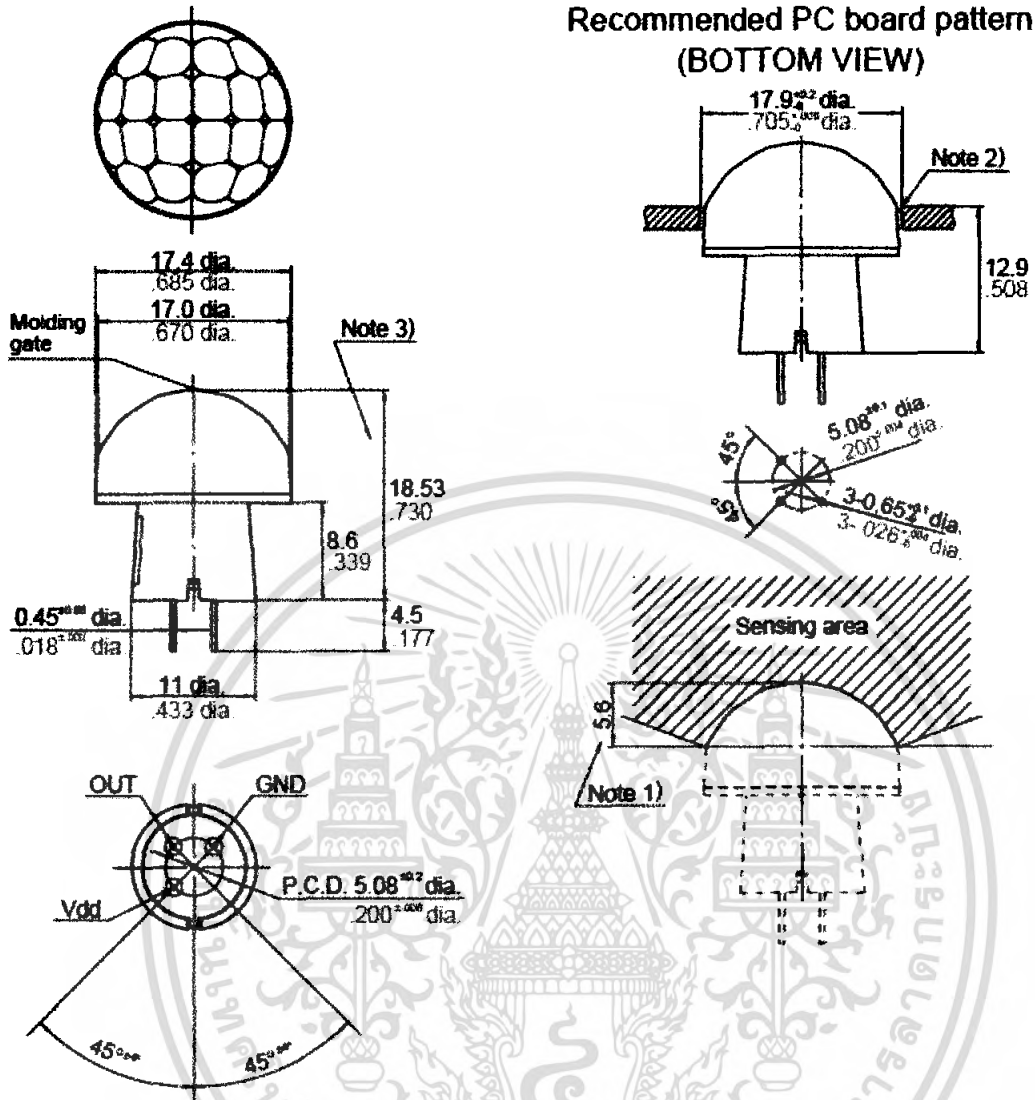
2) Analog output



Remark: Circuit stability time: 30s max.

While the circuitry is stabilizing after the power is turned on, the sensor output is not fixed in the “on” state or “off” state. This is true regardless of whether or not the sensor has detected anything.

DIMENSIONS



Notes:

1. In order to ensure proper detection, install it with the lens exposed at least 5.6mm .220inch.
2. As for panel mounting hole, tapering or making a large size hole should be done.
3. The height dimension does not include the remaining molding gate.

NOTES

1. Checkpoints relating to principle of operation

MP motion sensors are passive infrared sensors which detect changes in the infrared rays. They may fail to detect successfully if a heat source other than a human being is detected or if there are no temperature changes in or movement of a heat source. Care must generally be taken in the following cases. The performance and reliability of the sensors must be checked out under conditions of actual use.

<1> Cases where a heat source other than a human being is detected.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ หรือการเชิงพาณิชย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) When a small animal enters the detection range.
- 2) When the sensor is directly exposed to sunlight, a vehicle's headlights, an incandescent light or some other source of far infrared rays.
- 3) When the temperature inside the detection range has changed suddenly due to the entry of cold or warm air from an air-conditioning or heating unit, water vapor from a humidifier, etc.

<2> Cases where it is difficult to detect the heat source.

- 1) When an object made of glass, acrylic or other subject which far infrared rays have difficulty passing through is located between the sensor and what is to be detected.
- 2) When the heat source inside the detection range hardly moves or when it moves at high speed; for details on the movement speed, refer to the section on the performance ratings.

2. When the detection area becomes larger

When the difference between the ambient temperature and body temperature is large (more than 20°C 68°F), detection may occur in isolated areas outside the specified detection range.

3. Other handling cautions

- 1) Be careful not to allow dust or dirt to accumulate on the lens as this will adversely affect the detection sensitivity.
- 2) The lens is made of a soft material (polyethylene). Avoid applying a load or impact since this will deform or scratch the lens, making proper operation impossible and causing a deterioration in its performance.
- 3) The sensor may be damaged if it is exposed to static with a voltage exceeding +/-200V. Therefore, do not touch its terminals directly, and exercise adequate care in the handling of the sensor.
- 4) When the leads are to be soldered, solder them by hand for less than 3 seconds at a temperature of less than 350°C 662°F at the tip of the soldering iron. Avoid using a solder bath since this will cause a deterioration in the sensor's performance.
- 5) Do not attempt to clean the sensor. Cleaning fluid may enter inside the lens area causing a deterioration in performance.
- 6) When using the sensors with cables, it is recommended that cables which are shielded and as short as possible be used in order to safeguard against the effects of noise.

Datasheet ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (ATMEGA64)

Features

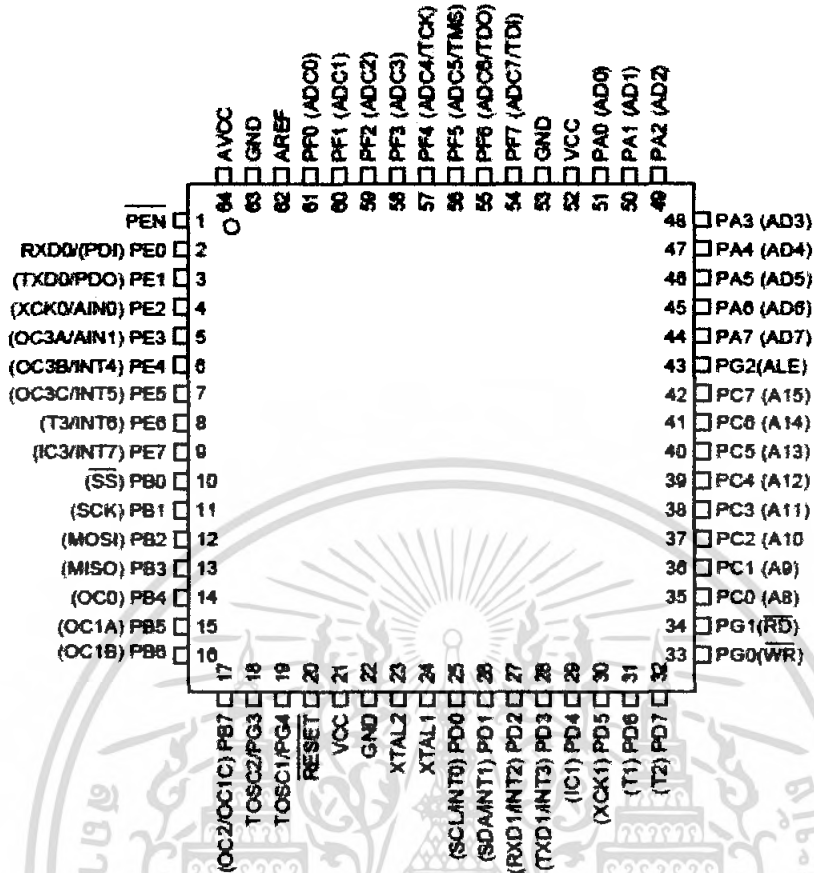
- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Non-volatile Program and Data Memories
 - 64K Bytes of In-System Reprogrammable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 2K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 4K Bytes Internal SRAM
 - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
 - Programming Lock for Software Security
 - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Two 8-bit PWM Channels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 1 to 16 Bits
- 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain (1x, 10x, 200x)
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface
- Dual Programmable Serial USARTs
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
 - Software Selectable Clock Frequency
 - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
 - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
 - 53 Programmable I/O Lines
 - 64-lead TQFP and 64-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega64L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega64
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega64L
 - 0 - 16 MHz for ATmega64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configuration



Disclaimer

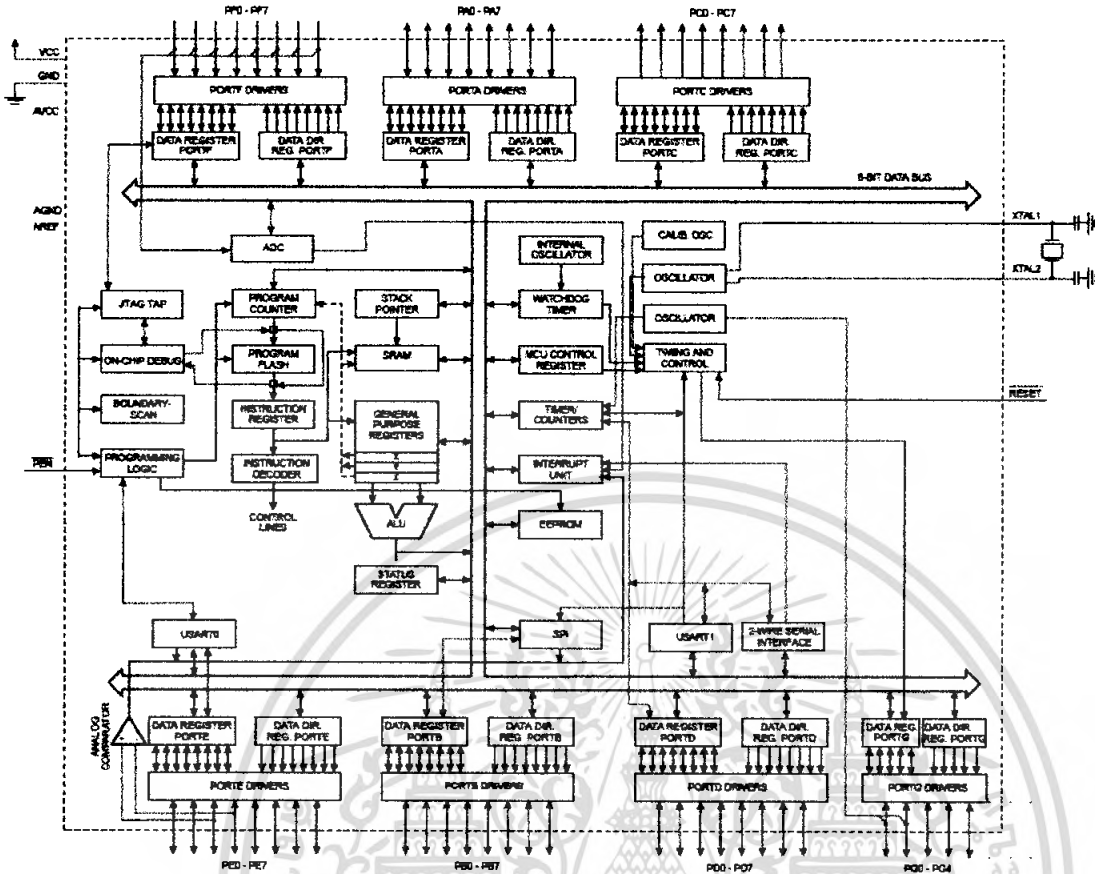
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega64 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega64 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega64 provides the following features: 64K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 2K bytes EEPROM, 4K bytes SRAM, 53 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, Real Time Counter (RTC), four flexible Timer/Counters with compare modes and PWM, two USARTs, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain, programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, an SPI serial port, IEEE std. 1149.1 compliant JTAG test interface, also used for accessing the On-chip Debug system and programming, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Powerdown mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นประโยชน์เชิงวิชาการแล้ว
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high-density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The Boot Program can use any interface to download the Application Program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega64 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega64 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

ATmega64 Compatibility

The ATmega64 is a highly complex microcontroller where the number of I/O locations supersedes the 64 I/O location reserved in the AVR instruction set. To ensure backward compatibility with the ATmega103, all I/O locations present in ATmega103 have the same location in ATmega64. Most additional I/O locations are added in an Extended I/O space starting from 0x60 to 0xFF (i.e., in the ATmega103 internal RAM space). These location can be reached by using LD/LDS/LDD and ST/STS/STD instructions only, not by using IN and OUT instructions. The relocation of the internal RAM space may still be a problem for ATmega103 users. Also, the increased number of Interrupt Vectors might be a problem if the code uses absolute addresses. To solve these problems, an ATmega103 compatibility mode can be selected by programming the fuse M103C. In this mode, none of the functions in the Extended I/O space are in use, so the internal RAM is located as in ATmega103. Also, the extended Interrupt Vectors are removed.

The ATmega64 is 100% pin compatible with ATmega103, and can replace the ATmega103 on current printed circuit boards. The application note “Replacing ATmega103 by ATmega64” describes what the user should be aware of replacing the ATmega103 by an ATmega64.

ATmega103 Compatibility Mode

By programming the M103C Fuse, the ATmega64 will be compatible with the ATmega103 regards to RAM, I/O pins and Interrupt Vectors as described above. However, some new features in ATmega64 are not available in this compatibility mode, these features are listed below:

- One USART instead of two, asynchronous mode only. Only the eight least significant bits of the Baud Rate Register is available.
- One 16 bits Timer/Counter with two compare registers instead of two 16 bits Timer/Counters with three compare registers.
- Two-wire serial interface is not supported.
- Port G serves alternate functions only (not a general I/O port).
- Port F serves as digital input only in addition to analog input to the ADC.
- Boot Loader capabilities is not supported.
- It is not possible to adjust the frequency of the internal calibrated RC Oscillator.
- The External Memory Interface can not release any Address pins for general I/O, neither configure different wait states to different External Memory Address sections.
- Only EXTRF and PORF exist in the MCUCSR Register.
- No timed sequence is required for Watchdog Timeout change.
- Only low-level external interrupts can be used on four of the eight External Interrupt sources.
- Port C is output only.
- USART has no FIFO buffer, so Data OverRun comes earlier.
- The user must have set unused I/O bits to 0 in ATmega103 programs.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0) Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C (PC7..PC0) Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port C also serves the functions of special features of the ATmega64 as listed on page 75. In ATmega103 compatibility mode, Port C is output only, and the port C pins are not tri-stated when a reset condition becomes active.

Port D (PD7..PD0) Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port E (PE7..PE0) Port E is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port E output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port E pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port E pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port F (PF7..PF0) Port F serves as the analog inputs to the A/D Converter. Port F also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port F output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port F pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port F pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up

resistors on pins PF7(TDI), PF5(TMS) and PF4(TCK) will be activated even if a reset occurs. The TDO pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered. Port F also serves the functions of the JTAG interface. In ATmega103 compatibility mode, Port F is an input port only.

- Port G (PG4..PG0)** Port G is a 5-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port G output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port G pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port G pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port G also serves the functions of various special features. In ATmega103 compatibility mode, these pins only serves as strobes signals to the external memory as well as input to the 32 kHz Oscillator, and the pins are initialized to PG0 = 1, PG1 = 1, and PG2 = 0 asynchronously when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. PG3 and PG4 are Oscillator pins.
- RESET** Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 19 on page 50. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
- XTAL1** Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
- XTAL2** Output from the inverting Oscillator amplifier.
- AVCC** AVCC is the supply voltage pin for Port F and the A/D Converter. It should be externally connected to VCC, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to VCC through a low-pass filter.
- AREF** AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.
- PEN** This is a programming enable pin for the SPI Serial Programming mode. By holding this pin low during a Power-on Reset, the device will enter the SPI Serial Programming mode. PEN has no function during normal operation.

Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
(0xFF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
..	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9D)	UCSR1C	-	UMSEL 1	UPM1 1	UPM1 0	USBS 1	UCSZ 11	UCSZ 10	UCPO L1
(0x9C)	UDR1	USART1 I/O Data Register							
(0x9B)	UCSR1A	RXC1	TXC1	UDRE 1	FE1	DOR1	UPE1	U2X1	MPC M1
(0x9A)	UCSR1B	RXCIE 1	TXCIE 1	UDRI E1	RXEN 1	TXEN 1	UCSZ 12	RXB 81	TXB8 1
(0x98)	UBRR1H	-	-	-	-	USART1 Baud Rate Register High			
(0x97)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x96)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x95)	UCSR0C	-	UMSE L0	UPM0 1	UPM0 0	USBS 0	UCSZ 01	UCS Z00	UCPO L0
(0x94)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x93)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x92)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x91)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x90)	UBRR0H	-	-	-	-	USART0 Baud Rate Register High			
(0x8F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8E)	ADCSR_B	-	-	-	-	-	ADTS 2	ADT S1	ADPS 0
(0x8D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8C)	TCCR3C	FOC3A	FOC3 B	FOC3 C	-	-	-	-	-
(0x8B)	TCCR3A	COM3	COM3	COM3	COM3	COM	COM	WG	WGM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		A1	A0	B1	B0	3C1	3C0	M31	30
(0x8A)	TCCR3B	ICNC3	ICES3	-	WGM 33	WGM 32	CS32	CS31	CS30
(0x89)	TCNT3H	Timer/Counter3 – Counter Register High Byte							
(0x88)	TCNT3L	Timer/Counter3 – Counter Register Low Byte							
(0x87)	OCR3AH	Timer/Counter3 – Output Compare Register A High Byte							
(0x86)	OCR3AL	Timer/Counter3 – Output Compare Register A Low Byte							
(0x85)	OCR3BH	Timer/Counter3 – Output Compare Register B High Byte							
(0x84)	OCR3BL	Timer/Counter3 – Output Compare Register B Low Byte							
(0x83)	OCR3CH	Timer/Counter3 – Output Compare Register C High Byte							
(0x82)	OCR3CL	Timer/Counter3 – Output Compare Register C Low Byte							
(0x81)	ICR3H	Timer/Counter3 – Input Capture Register High Byte							
(0x80)	ICR3L	Timer/Counter3 – Input Capture Register Low Byte							
(0x7F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x7E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x7D)	ETIMSK	-	-	TICIE 3	OCIE3 A	OCIE 3B	TOIE 3	OCIE 3C	OCIE1 C
(0x7B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x7A)	TCCR1C	FOC1A	FOC1 B	FOC1 C	-	-	-	-	-
(0x79)	OCR1CH	Timer/Counter1 – Output Compare Register C High Byte							
(0x78)	OCR1CL	Timer/Counter1 – Output Compare Register C Low Byte							
(0x77)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x76)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x75)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x74)	TWCR	TWINT	TWEA	TWST A	TWST O	TWW C	TWE N	-	TWIE
(0x73)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register							
(0x72)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA 3	TWA 2	TWA 1	TWA 0	TWGC E
(0x71)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWP	TWPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

								S1	0
(0x70)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register							
(0x6F)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register							
(0x6E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x6D)	XMCRA	-	SRL2	SRL1	SRL0	SRW0	SRW	SRW	
						1	00	11	
(0x6C)	XMCRB	XMBK	-	-	-	-	XMM	XM	XMM
							2	M1	0
(0x6B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x6A)	EICRA	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC0	ISC00
								1	
(0x69)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x68)	SPMCSR	SPMIE	RWW	-	RWW	BLBS	PGW	PGE	SPME
			SB		SRE	ET	RT	RS	N
(0x67)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x66)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x65)	PORTG	-	-	-	PORT	PORT	PORT	POR	PORT
					G4	G3	G2	TG1	G0
(0x64)	DDRG	-	-	-	DDG4	DDG3	DDG	DDG	DDG0
							2	1	
(0x63)	PING	-	-	-	PING	PING	PING	PING	PING0
					4	3	2	1	
(0x62)	PORTF	PORTF	PORT	PORT	PORT	PORT	PORT	POR	PORT
		7	F6	F5	F4	F3	F2	TF1	F0
(0x61)	DDRF	DDF7	DDF6	DDF5	DDF4	DDF3	DDF2	DDF	DDF0
								1	
(0x60)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x3F (0x5F)	SREG	1	T	H	S	V	N	Z	C
0x3E (0x5E)	SPH	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0
0x3C (0x5C)	XDIV	XDIVE N	XDIV 6	XDIV 5	XDIV 4	XDIV 3	XDIV 2	XDI V1	XDIV 0
0x3B (0x5B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x3A (0x5A)	EICRB	ISC71	ISC70	ISC61 I	SC60	ISC51	ISC50	ISC4 1	ISC40
0x39 (0x59)	EIMSK	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0
0x38 (0x58)	EIFR	INTF7	INTF6	INTF5	INTF4	INTF3	INTF 1	INTF	INTF0
0x37 (0x57)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE 1	OCIE 1A	OCIE 1B	TOIE 1	OCIE 0	TOIE0
0x36 (0x56)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1 A	OCF1 B	TOV1	OCF0	TOV0
0x35 (0x55)	MCUCR	SRE	SRW1 0	SE	SM1	SM0	SM2	IVSE L	IVCE
0x34 (0x54)	MCUCS R	JTD	-	-	JTRF	WDR F	BORF	EXT RF	PORF
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM 00	COM0 1	COM 00	WGM 01	CS02	CS01	CS00
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bit)							
0x31 (0x51)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register							
0x30 (0x50)	ASSR	-	-	-	-	AS0	TCN0 UB	OCR 0UB	TCR0 UB
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1 A1	COM1 A0	COM1 B1	COM 1B0	COM 1C1	COM 1C0	WG M11	WGM 10
0x2E	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM	WGM	CS12	CS11	CS10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(0x4E)					13	12			
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte							
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte							
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte							
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte							
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte							
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte							
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte							
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte							
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM	COM2	COM	WGM	CS22	CS21	CS20
			20	1	20	21			
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bit)							
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register							
0x22 (0x42)	OCDR IDRD/	OCDR	OCDR	OCDR	OCD	OCD	OCD	OCD	OCDR
		7	6	5	R4	R3	R2	R1	0
0x21 (0x41)	WDTCR	-	-	-	WDC	WDE	WDP	WDP	WDP0
					E		2	1	
0x20 (0x40)	SFIOR	TSM	-	-	-	ACM	PUD	PSR0	PSR32
						E			1
0x1F (0x3F)	EEARH	-	-	-	-	-	EEPROM Address Register High Byte		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte							
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register							
0x1C (0x3C)	EECR	-	-	-	-	EERI E	EEM WE	zEE WE	EERE
0x1B (0x3B)	PORTA	PORT A7	PORT A6	PORT A5	PORT A4	PORT A3	PORT A2	POR TA1	PORT A0
0x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA 2	DDA 1	DDA0
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA 4	PINA 3	PINA 2	PINA 1	PINA0
0x18 (0x38)	PORTB	PORT B7	PORT B6	PORT B5	PORT B4	PORT B3	PORT B2	POR TB1	PORT B0
0x17 (0x37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB 2	DDB 1	DDB0
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB 4	PINB3	PINB 2	PINB 1	PINB0
0x15 (0x35)	PORTC	PORT C7	PORT C6	PORT C5	PORT C4	PORT C3	PORT C2	POR TC1	PORT C0
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC 2	DDC 1	DDC0
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC 4	PINC3	PINC 2	PINC 1	PINC0
0x12 (0x32)	PORTD	PORT D7	PORT D6	PORT D5	PORT D4	PORT D3	PORT D2	POR TD1	PORT D0
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD 2	DDD 1	DDD0
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND 4	PIND 3	PIND 2	PIND 1	PIND0
0x0F	SPDR	SPI Data Register							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(0x2F)									
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	SPI2X
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DOR D	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0
0x0C (0x2C)	UDR0	USART0 I/O Data Register							
0x0B (0x2B)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE 0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPC M0
0x0A (0x2A)	UCSR0B	RXCIE 0	TXCIE 0	UDRI E0	RXEN 0	TXEN 0	UCSZ 02	RXB 80	TXB8 0
0x09 (0x29)	UBRR0L	USART0 Baud Rate Register Low							
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS 1	ACIS0
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLA R	MUX 4	MUX 3	MUX 2	MUX 1	MUX0
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADAT E	ADIF	ADIE	ADPS 2	ADP S1	ADPS 0
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte							
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low byte							
0x03 (0x23)	PORTE	PORT E7	PORT E6	PORT E5	PORT E4	PORT E3	PORT E2	POR TE1	PORT E0
0x02 (0x22)	DDRE	DDE7	DDE6	DDE5	DDE4	DDE3	DDE2	DDE 1	DDE0
0x01 (0x21)	PINE	PINE7	PINE6	PINE5	PINE 4	PINE3	PINE 2	PINE 1	PINE0
0x00	PINF	PINF7	PINF6	PINF5	PINF4	PINF3	PINF	PINF	PINF0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(0x20)							2	1	
--------	--	--	--	--	--	--	---	---	--

Notes: S

1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
2. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
8	2.7 - 5.5	ATmega64L-8AC	64A	Commercial (0° C to 70° C)
		ATmega64L-8MC	64M1	
		ATmega64L-8AI	64A	Industrial (-40° C to 85° C)
		ATmega64L-8MI	64M1	
16	4.5 - 5.5	ATmega64-16AC	64A	Commercial (0° C to 70° C)
		ATmega64-16MC	64M1	
		ATmega64-16AI	64A	Industrial (-40° C to 85° C)
		ATmega64-16M	64M1	

Note:

1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

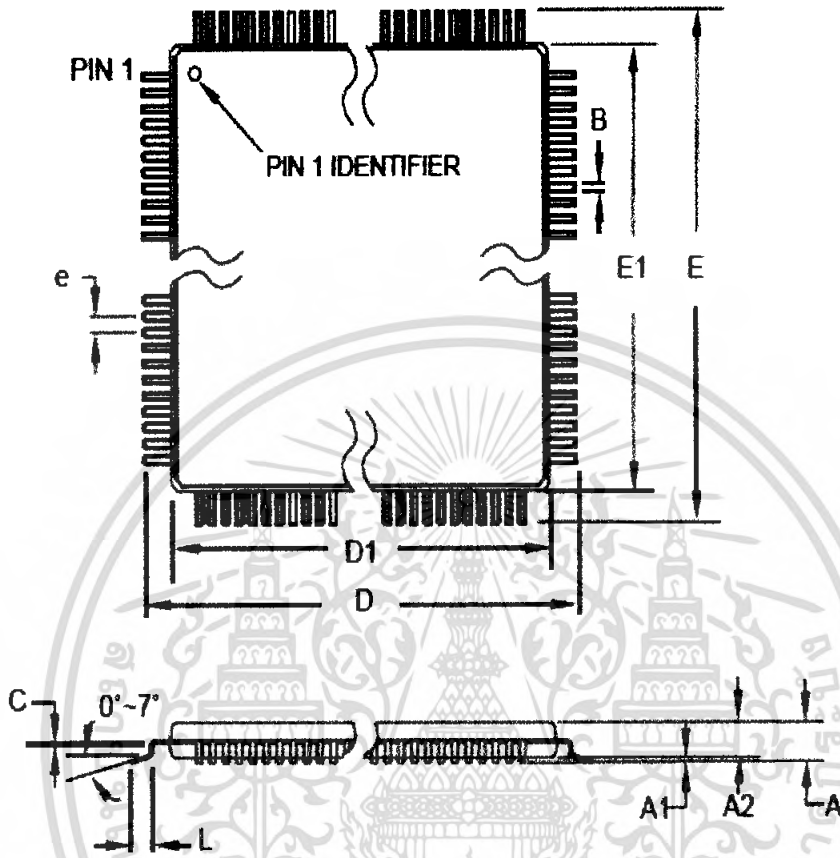
Package Type;

64A 64-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)

64M1 64-pad, 9 x 9 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

Packaging Information

64A



COMMON DIMENSIONS (Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	15.75	16.00	16.25	
D1	13.90	14.00	14.10	Note 2
E	15.75	16.00	16.25	
E1	13.90	14.00	14.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	

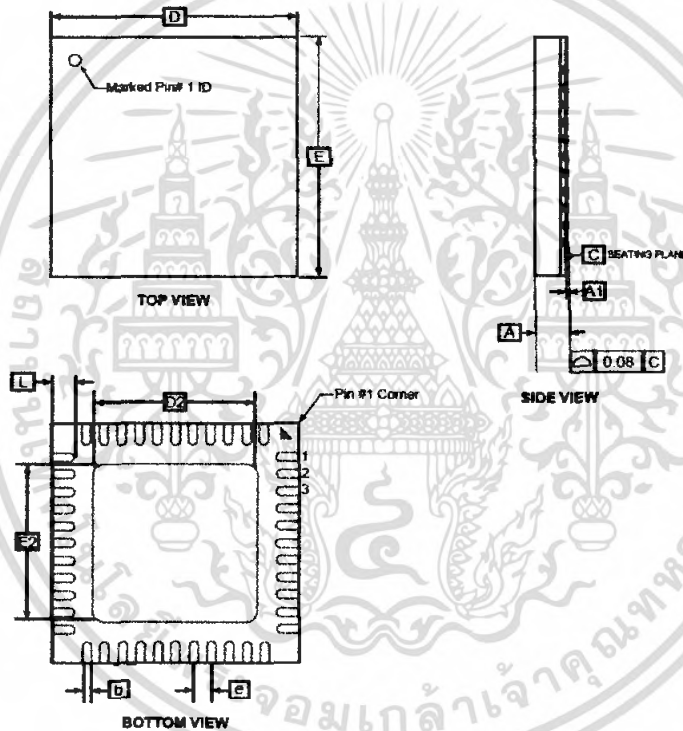
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ออกฤทธิ์โดยไม่อยู่ให้พ้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L	0.45	--	0.75	
e	0.80 TYP			

Notes:

1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation AEB.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead co planarity is 0.10 mm maximum.

64M1



COMMON DIMENSIONS (Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	--	0.02	0.05	
b	0.23	0.25	0.28	
D	9.00 BSC			
D2	5.20	5.40	5.60	
E	9.00 BSC			

E2	5.20	5.40	0.28	
e	0.50 BSC			
L	0.35	0.40	0.45	

Notes: 1. JEDEC Standard MO-220, Fig. 1, VMMD.

ATmega64, all Rev.

There are no errata for this revision of ATmega64. However, a proposal for solving problems regarding the JTAG instruction IDCODE is presented below.

- IDCODE masks data from TDI input

The public but optional JTAG instruction IDCODE is not implemented correctly according to IEEE1149.1; a logic one is scanned into the shift register instead of the TDI input while shifting the Device ID Register. Hence, captured data from the preceding devices in the boundary scan chain are lost and replaced by all-ones, and data to succeeding devices are replaced by all-ones during Update-DR. If ATmega64 is the only device in the scan chain, the problem is not visible.

- Problem Fix / Workaround

Select the Device ID Register of the ATmega64 (Either by issuing the IDCODE instruction or by entering the Test-Logic-Reset state of the TAP controller) to read out the contents of its Device ID Register and possibly data from succeeding devices of the scan chain. Note that data to succeeding devices cannot be entered during this scan, but data to preceding devices can. Issue the BYPASS instruction to the ATmega64 to select its Bypass Register while reading the Device ID Registers of preceding devices of the boundary scan chain. Never read data from succeeding devices in the boundary scan chain or upload data to the succeeding devices while the Device ID Register is selected for the ATmega64. Note that the IDCODE instruction is the default instruction selected by the Test-Logic-Reset state of the TAP-controller.

- Alternative Problem Fix / Workaround

If the Device IDs of all devices in the boundary scan chain must be captured simultaneously (for instance if blind interrogation is used), the boundary scan chain can be connected in such way that the ATmega64 is the first device in the chain. Update- DR will still not work for the succeeding devices in the boundary scan chain as long as IDCODE is present in the JTAG Instruction Register, but the Device ID registered can not be uploaded in any case.

Datasheet : CD4538BM/CD4538BC Dual Precision Monostable

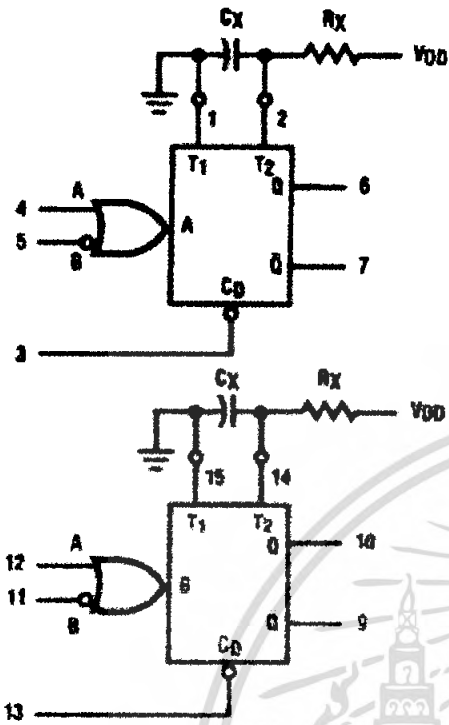
General Description

The CD4538B is a dual, precision monostable multivibrator with independent trigger and reset controls. The device is retriggerable and resettable, and the control inputs are internally latched. Two trigger inputs are provided to allow either rising or falling edge triggering. The reset inputs are active low and prevent triggering while active. Precise control of output pulse-width has been achieved using linear CMOS techniques. The pulse duration and accuracy are determined by external components RX and CX. The device does not allow the timing capacitor to discharge through the timing pin on power-down condition. For this reason, no external protection resistor is required in series with the timing pin. Input protection from static discharge is provided on all pins.

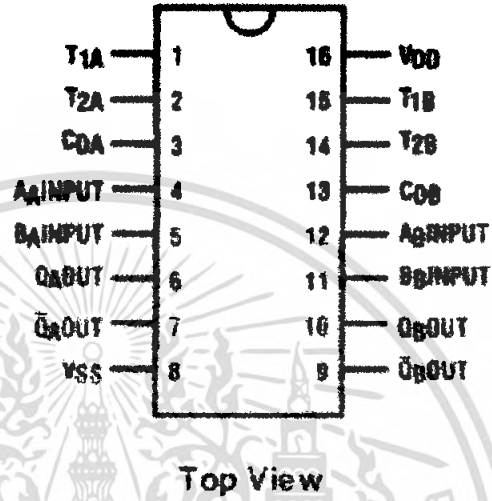
Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- High noise immunity $0.45 V_{CC}$ (typ.)
- Low power Fan out of 2 driving 74L
TTL compatibility or 1 driving 74LS
- New formula: $PW_{OUT} \approx RC$ (PW in seconds, R in Ohms, C in Farads)
- $\pm 1.0\%$ pulse-width variation from part to part (typ.)
- Wide pulse-width range
- Separate latched reset inputs
- Symmetrical output sink and source capability
- Low standby current 5 nA (typ.) @ 5 V_{DC}
- Pin compatible to CD4528B

Block and Connection Diagrams



**Dual-In-Line Package
CD4538BM
CD4538BC**



Truth Table

Clear	Inputs		Outputs	
	A	B	Q	
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↓	⎓	⎓
H	↑	H	⎓	⎓

H = High Level

L = Low Level

↑ = Transition from Low to High

↓ = Transition from High to Low

⎓ = One High Level Pulse

⎓ = One Low Level Pulse

X = Irrelevant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5 to a18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	-0.5V to V_{DD} a 0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	-65° C to a150° C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW

Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260° C

Recommended Operating Conditions

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD4538BM	-55° C to +125° C
CD4538BC	-40° C to +85° C

DC Electrical Characteristics CD4538

Sym	Parameter	Conditions	-55° C		+25° C			+125° C		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent	$V_{DD} = 5V$		5	0.005	5		150	μA	
	Device	$V_{DD} = 10V$		10	0.010	10		300	μA	
	Current	$V_{DD} = 15V$		20	0.015	20		600	μA	
V_{OL}	Low Level	$V_{DD} = 5V$		0.05	0	0.05		0.05	V	
	Output	$V_{DD} = 10V$		0.05	0	0.05		0.05	V	
	Voltage	$V_{DD} = 15V$		0.05	0	0.05		0.05	V	
V_{OH}	High Level	$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95	V	
	Output	$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95	V	
	Voltage	$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95	V	
V_{IL}	Low Level	$ I_{O1} < 1 \mu A$								
	Input	$V_{DD} = 5V$		1.5		2.25	1.5		1.5	V

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

	Voltage	$V_{DD} = 10V$		3.0		4.50	3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V$		4.0		6.75	4.0		4.0	V
V_{IH}	High Level	$ I_O < 1 \mu A$								
	Input	$V_{DD} = 5V$	3.5		3.5	2.75		3.5		V
	Voltage	$V_{DD} = 10V$	7.0		7.0	5.50		7.0		V
		$V_{DD} = 15V$	11.0		11.0	8.25		11		V
I_{OL}	Low Level	$V_{DD} = 5V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
	Output	$V_{DD} = 10V$	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
	Current	$V_{DD} = 15V$	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
	Note 3)									
I_{OH}	High Level	$V_{DD} = 5V$	-0.64		-0.51	-0.88		-		mA
	Output	$V_{DD} = 10V$	-1.6		-1.3	-2.25		0.36		mA
	Current	$V_{DD} = 15V$	-4.2		-3.4	-8.8		-0.9		mA
	(Note 3)							-2.4		
I_{IN}	Input	$V_{DD} =$		± 0.02		$\pm 10^{-5}$	± 0.05		± 0.5	μA
	Current,	15V, $V_{IN} =$								
	Pin 2 or 14	0V or 15V								
I_{IN}	Input	$V_{DD} = 15V,$		± 0.1		$\pm 10^{-5}$	± 0.1		± 1.0	μA
	Current	$V_{IN} = 0V$								
	Other	or 15V								
	Inputs									

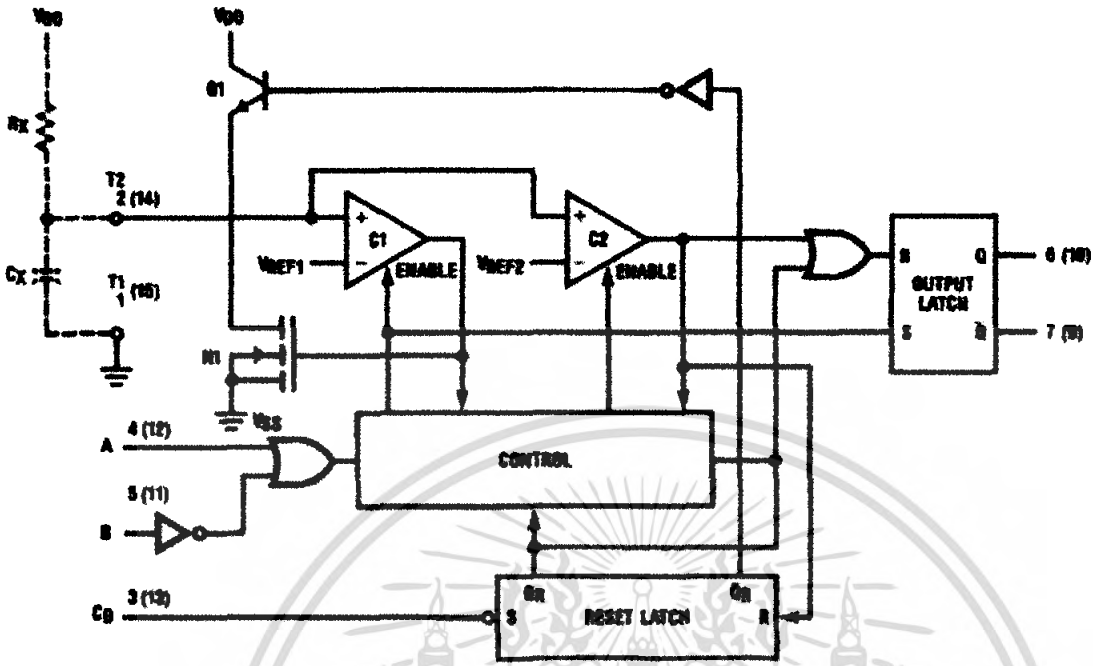
Note 1: Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device can not be guaranteed, they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of Recommended Operating Conditions and Electrical Characteristics provide conditions for actual device operation.

Note 2: $V_{SS} = 0 V$ unless otherwise specified.

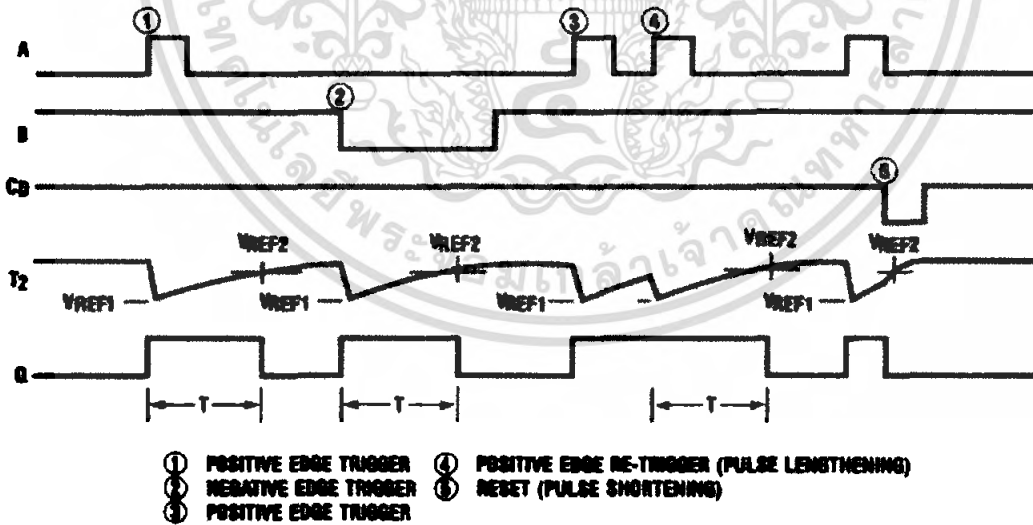
Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Diagram



Theory of Operation



Trigger Operation

The block diagram of the CD4538B is shown in Figure 1 , with circuit operation following. As shown in Figures 1 and2 , before an input trigger occurs, the monostable is in the quiescent state with the Q output low, and the timing capacitor CX completely charged to VDD. When the trigger input A goes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

from VSS to VDD (while inputs B and CD are held to VDD) a valid trigger is recognized, which turns on comparator C1 and N-Channel transistor N1. At the same time the output latch is set. With transistor N1 on, the capacitor CX rapidly discharges toward VSS until VREF1 is reached. At this point the output of comparator C1 changes state and transistor N1 turns off. Comparator C1 then turns off while at the same time comparator C2 turns on. With transistor N1 off, the capacitor CX begins to charge through the timing resistor, RX, toward VDD. When the voltage across CX equals VREF2, comparator C2 changes state causing the output latch to reset (Q goes low) while at the same time disabling comparator C2. This ends the timing cycle with the monostable in the quiescent state, waiting for the next trigger.

A valid trigger is also recognized when trigger input B goes from VDD to VSS (while input A is at VSS and input CD is at VDD).

It should be noted that in the quiescent state CX is fully charged to VDD, causing the current through resistor RX to be zero. Both comparators are "off" with the total device current due only to reverse junction leakages. An added feature of the CD4538B is that the output latch is set via the input trigger without regard to the capacitor voltage. Thus, propagation delay from trigger to Q is independent of the value of CX, RX, or the duty cycle of the input waveform.

Retrigger Operation

The CD4538B is retriggered if a valid trigger occurs followed by another valid trigger before the Q output has returned to the quiescent (zero) state. Any retrigger, after the timing node voltage at pin 2 or 14 has begun to rise from VREF1, but has not yet reached VREF2, will cause an increase in output pulse width T. When a valid retrigger is initiated, the voltage at T2 will again drop to VREF1 before progressing along the RC charging curve toward VDD. The Q output will remain high until time T, after the last valid retrigger.

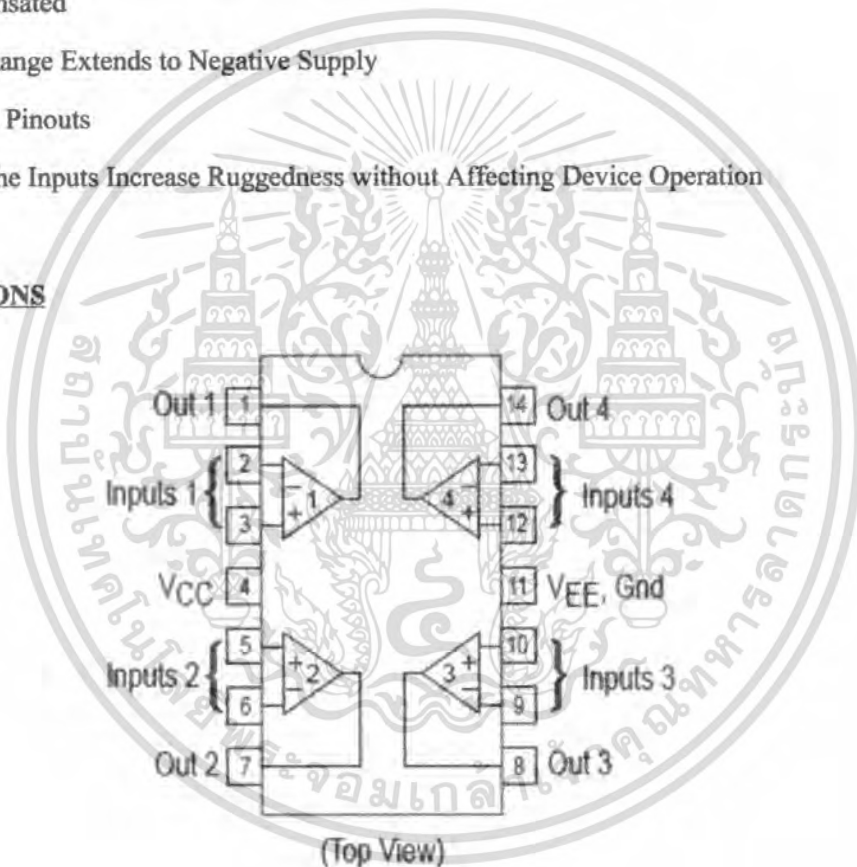
Reset Operation

The CD4538B may be reset during the generation of the output pulse. In the reset mode of operation, an input pulse on CD sets the reset latch and causes the capacitor to be fast charged to VDD by turning on transistor Q1n. When the voltage on the capacitor reaches VREF2, the reset latch will clear and then be ready to accept another pulse. If the CD input is held low, any trigger inputs that occur will be inhibited and the Q and Q outputs of the output latch will not change. Since the Q output is reset when an input low level is detected on the CD input, the output pulse T can be made significantly shorter than the minimum pulse width specification.

mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

PIN CONNECTIONS



N SUFFIX

PLASTIC PACKAGE

CASE 646(LM224, LM324, LM2902 Only)

D SUFFIX

PLASTIC PACKAGE

CASE 751A (SO-14)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM324AD	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ\text{C}$	SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D		SO-14
LM324N		Plastic DIP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 5.0 \text{ V}$, $V_{EE} = \text{GND}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Characteristics	Symb ol	LM324A			LM324			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0 \text{ V to } 30 \text{ V}$ (26 V for LM2902), $V_{ICR} = 0 \text{ V to } V_{CC} - 1.7 \text{ V}$, $V_O = 1.4 \text{ V}$, $R_S = 0 \square$ $T_A = 25^\circ \text{ C}$ $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$ (Note 1)	V_{IO}	–	2.0	3.0	–	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$ (Note 1)	V_{IO}/T	–	7.0	30	–	7.0	–	V/C
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$ (Note 1)	I_{IO}	–	5.0	30	–	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$ (Note 1)	I_{IO}/T	–	10	300	–	10	–	pA/C
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$ (Note 1)	I_{IB}	–	–45	100	–	–90	–250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{CC} = 30 \text{ V}$ (26 V for LM2902)	V_{ICR}	0	–	28.3	0	–	28.3	V
$V_{CC} = 30 \text{ V}$ (26 V for LM2902), $T_A = T_{high}$ to T_{low}		0	–	28	0	–	28	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15 \text{ V}$, for Large V_O Swing, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 1)	A_{VOL}	25	100	–	25	100	–	V/mV
		15	–	–	15	–	–	V
Channel Separation 10 kHz \square f \square 20 kHz, Input Referenced	CS	–	120	–	–	120	–	dB
Common Mode Rejection $R_S \square 10 \text{ k}\Omega$	CMR	65	70	–	65	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	dB
Output Voltage– High Limit ($T_A = T_{high}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$, $R_L = 2.0 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 30 \text{ V}$ (26 V for LM2902), $R_L = 2.0 \text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30 \text{ V}$ (26 V for LM2902), $R_L = 10 \text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	V
		26	–	–	6	–	–	
		27	28	–	27	28	–	
Output Voltage – Low Limit $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note1)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current ($V_{ID} = +1.0 \text{ V}$, $V_{CC} = 15 \text{ V}$) $T_A = 25^\circ \text{C}$ $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 1)	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	mA
		10	20	–	10	20	–	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES:

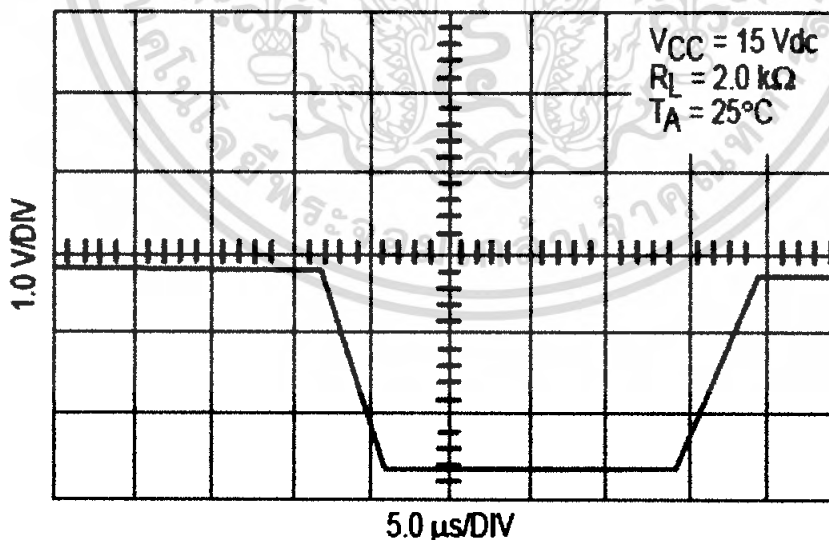
1. $T_{low} = -25^{\circ}\text{C}$ for LM224 $T_{high} = +85^{\circ}\text{C}$ for LM224 = 0°C for LM324, A = $+70^{\circ}\text{C}$ for LM324A = -40°C for LM2902 = $+105^{\circ}\text{C}$ for LM2902

2. Short circuits from the output to VCC can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

LM324, LM324A CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Large Signal Voltage Follower Response



Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Input Voltage Range

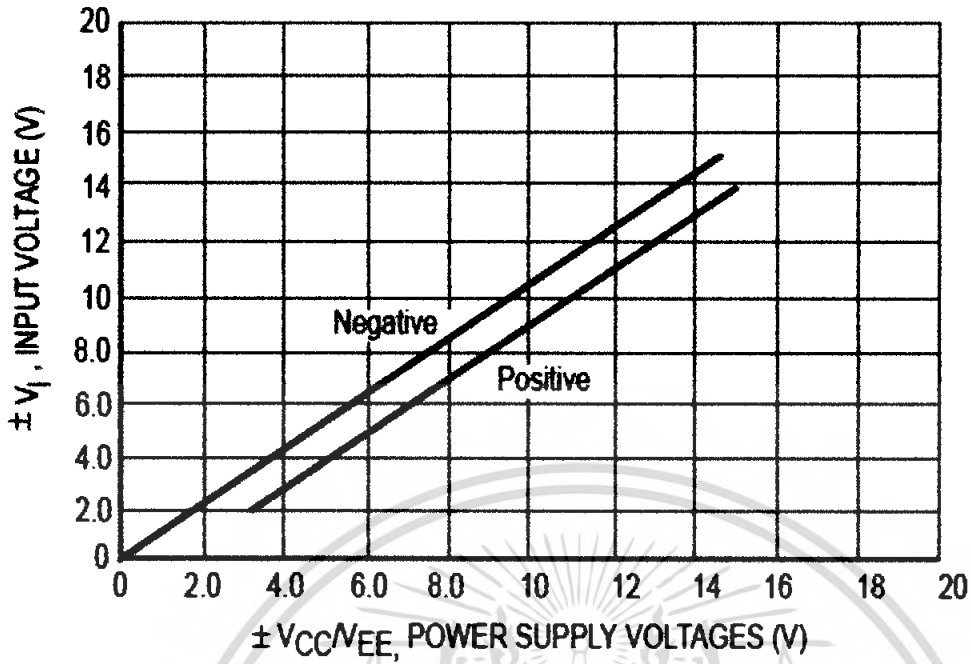
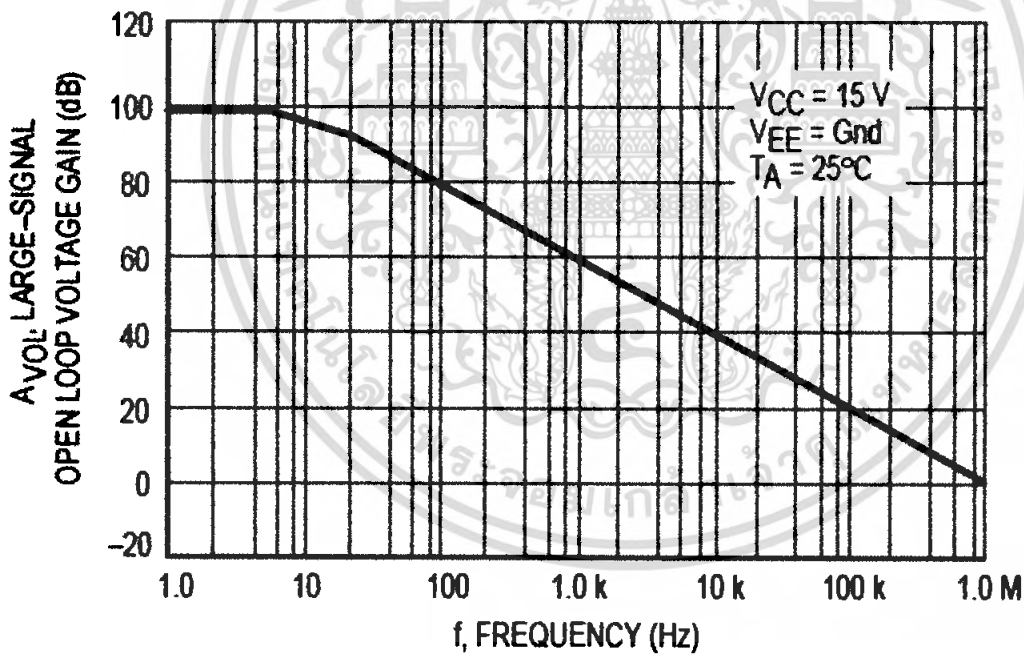


Figure 2. Open Loop Frequency



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Large-Signal Frequency Response

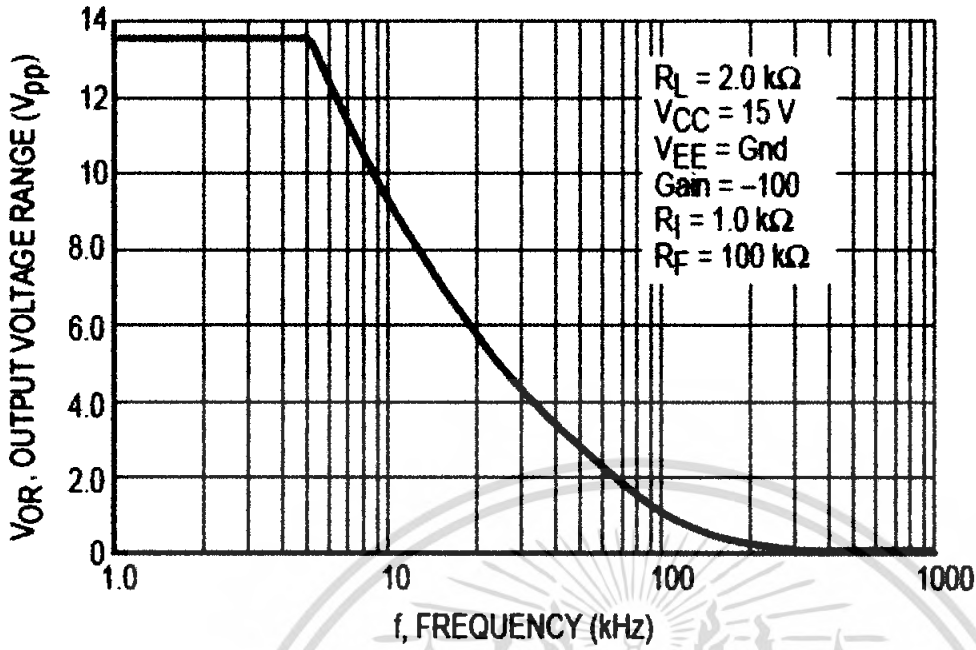
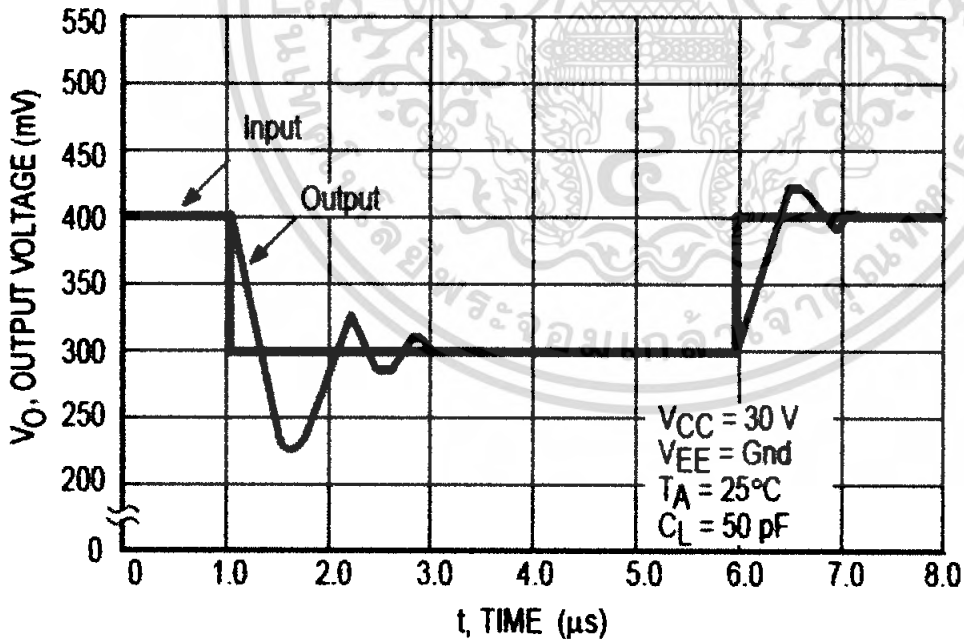


Figure 4. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Non-inverting)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

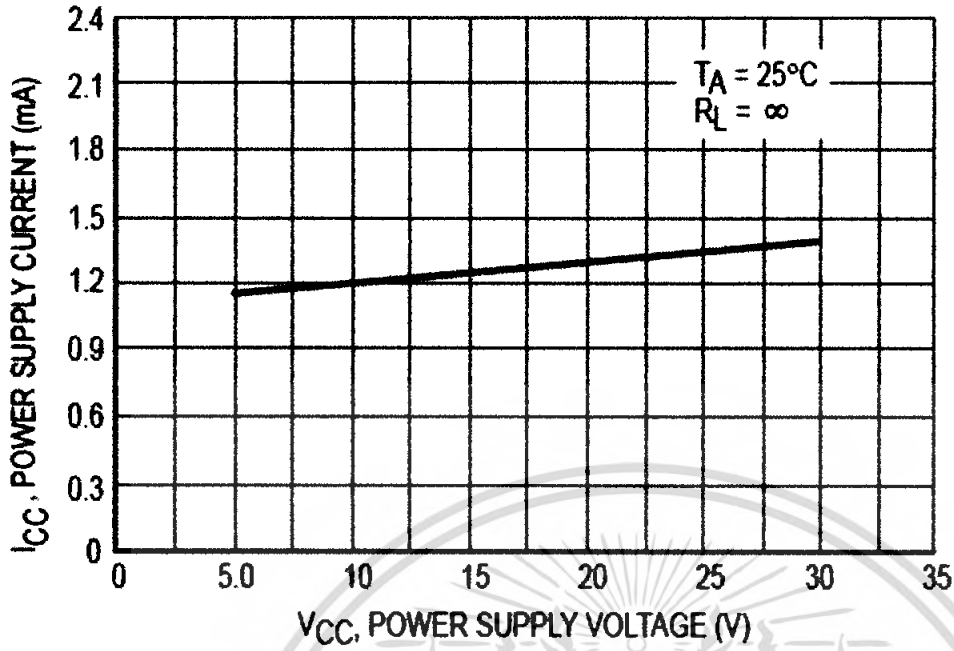
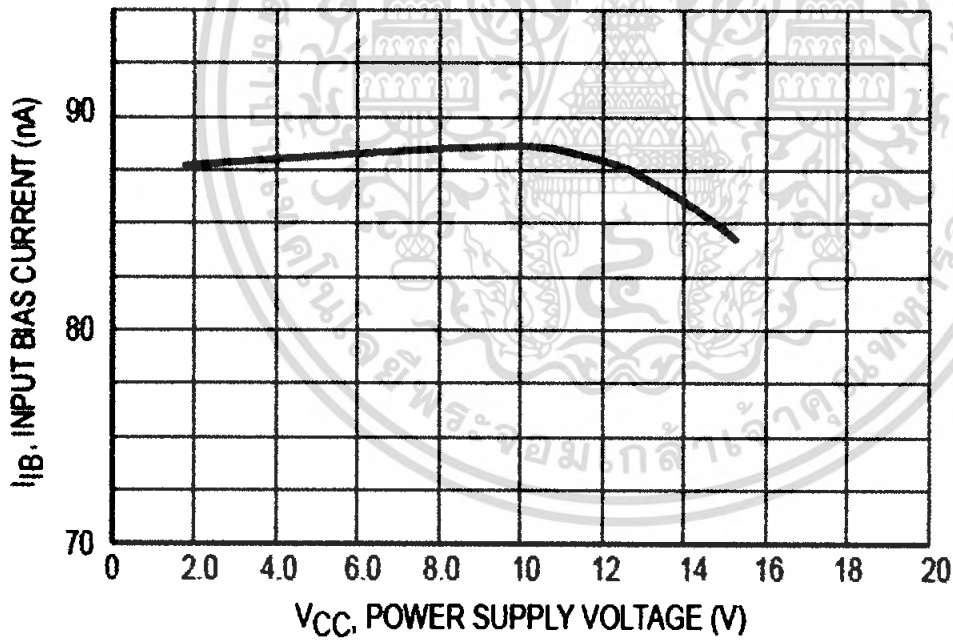


Figure 6. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

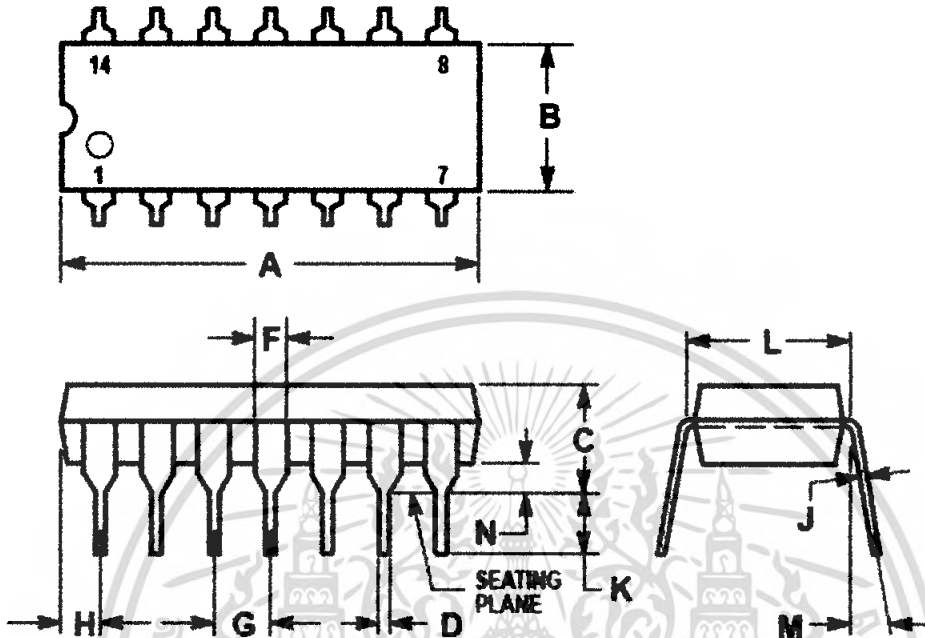


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX

PLASTIC PACKAGE CASE 646-06 (LM224, LM324, LM2902 Only) ISSUE L



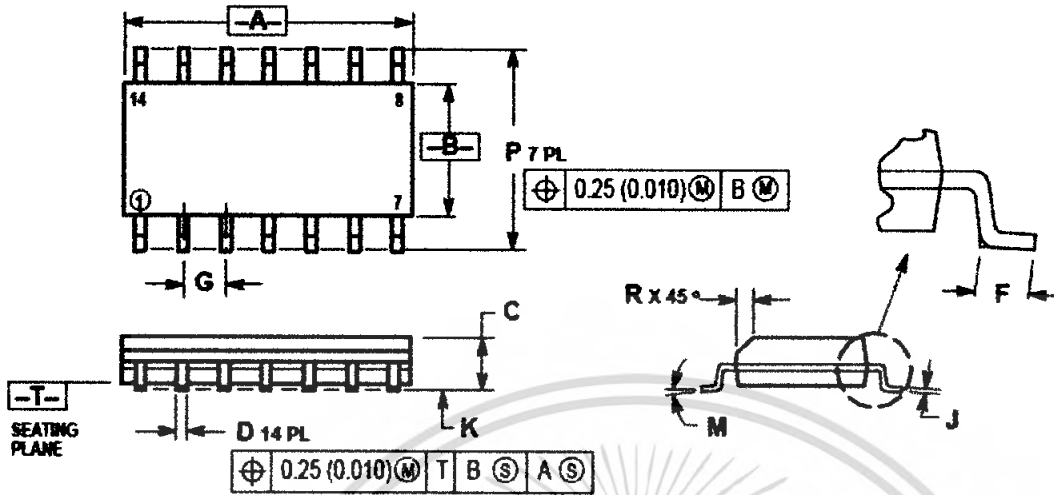
NOTES:

1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D SUFFIX

PLASTIC PACKAGE CASE 751A-03 (SO-14) ISSUE F



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code ของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>
#include <stdarg.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include "mydefs.h"
#include <util/delay.h>
#include "protos.h"
#include "fatfile/dos.h"
#include "fatfile/printf.h"
#include "fatfile/serial.h"

#define TIMECONST 5000
#define TIMEOUT 0xFE
#define eeprom_address 0x000f

unsigned long volatile countclock;
//-----//

unsigned char reset[] = { 0xAA, 0x08, 0x01, 0x00, 0x00, 0xFF };
unsigned char sync [] = { 0xAA, 0x0D, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
unsigned char ack [] = { 0xAA, 0x0E, 0x0D, 0x02, 0x00, 0x00 };
unsigned char init [] = { 0xAA, 0x01, 0x00, 0x07, 0x07, 0x07 };
unsigned char pack [] = { 0xAA, 0x06, 0x08, 0x00, 0x02, 0x00 };
unsigned char snap [] = { 0xAA, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
unsigned char getp [] = { 0xAA, 0x04, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00 };
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

unsigned char ack1 [] = { 0xAA, 0x0E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
unsigned char endp [] = { 0xAA, 0x0E, 0x00, 0x00, 0xF0, 0xF0 };
unsigned char nak [] = { 0xAA, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
//-----//

char take_caemra (void)
{
    CAMERA_PORT |= _BV (CAMERA_DET); // enable card detection, pull-up
    CAMERA_DDR &= ~_BV (CAMERA_DET);
    if (bit_is_clear(CAMERA_INP, CAMERA_DET))
        return 0;
    return 1;
}
//-----//

char mmc_card_present (void)
{
    MMC_CARD_PORT |= _BV (MMC_CARD_DET); // enable card detection, pull-up
    MMC_CARD_DDR &= ~_BV (MMC_CARD_DET);
    if (bit_is_clear(MMC_CARD_INP, MMC_CARD_DET))
        return 0;
    return 1;
}
//-----//

int uartGetChar (char *dat)
{
    unsigned long timeout;
    timeout = 0;
    do {
        timeout++;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if (timeout > TIMECONST)
            break;
    } while ((UCSR1A & (1 << RXC1)) == 0);
    if (timeout < TIMECONST)
    {
        *dat = UDR1;
        return 1;
    }
    return 0;
}
//-----//
SIGNAL(SIG_OVERFLOW1) // signal handler for timer1 overflow interrupt
{
    TCNT1 = 65535 - ((F_CPU / 64) / 10); //Counter Reload for 100ms
    countclock++;
}
//-----//
void SendCommand (unsigned char *dat)
{
    int i;
    for (i = 0; i < 6; i++)
    {
        uart1_SendByte (dat[i]);
        _delay_us (5);
    }
}
/*-----*/
int wait_for_ack(unsigned char *rbuf)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    unsigned int i = 0;
    unsigned long timeout = 0;
    unsigned char rChar;
    while (i < 6 && (timeout++) < 40)
    {
        if (uartGetChar(&rChar))
        {
            rbuf[i++] = rChar;
            timeout = 0;
        }
    };
    if (timeout < 40)
    {
        printf ("\n");
        for (i = 0; i < 6; i++)
            printf ("%02X ", rbuf[i]);
        return 1;
    }
    return 0;
};
//-----//

int get_frame (unsigned char *rbuf, unsigned long count)
{
    unsigned long i;
    unsigned long timeout = 0;
    unsigned char rChar;
    i = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while (i++ < count && (timeout++) < 10)
{
    if (uartGetChar(&rChar))
    {
        if ((i >= 5))
        {
            rbuf[i-5] = rChar;
            timeout = 0;
            if ((rbuf[i-6] == 0xFF) && (rbuf[i-5] == 0xD9))
                break;
            if (i > 513)
            {
                printf ("\nOver Flow");
                timeout = 50; // max for error
                break;
            }
        }
    }
};

if (timeout < 10)
    return 1;
return 0;
};

//-----//

unsigned char eeprom_read (unsigned int address)
{
    while (EECR & (1 << EEWE))
        ;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    EEAR =    address;
    EECR |=   (1 << EERE);

    return EEDR;
}
/*-----*/
void eeprom_write (unsigned int address, unsigned char dat)
{
    while (EECR & (1 << EEWE))
        ;
    EEAR = address;
    EEDR = dat;
    EECR |= (1 << EEMWE);
    EECR |= (1 << EEWE);
}
/*-----*/
/* Start Main */
int main(void)
{
    unsigned char Recived[512];
    unsigned long i;
    unsigned int loop, retry;
    unsigned long jpeg_size,jpeg_runt,jpeg_pkg,last_pkg;
    unsigned int complete = 0;

    char    card_flag=0, card_remove=0; //status card
    char    f_id;
    char    name[11];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

unsigned int len;
unsigned int result = F_ERROR;
unsigned int eep;

SFIOR&=!(1<<PUD);
ser_init(); //115200
init_uart1 (); //115200
sei(); //enable interrupts

printf("\nDigital Camera");
_delay_ms (15); // wait for stable of PIR sensor
MMC_IO_Init();
while (1)
{
printf("\nWait for Take Camera Press botton Key\n"); // Wait for MP detect
while (take_caemra ());
eep = eeprom_read (eeprom_address);

if (eep == 0xff)
{
eep = 0x01;
eeprom_write (eeprom_address, eep);
}

memset (name ,0, sizeof name);
sprintf (name,"IMG%03d.JPG",eep);
printf ("\nFile name %s",name);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (!mmc_card_present ())
{
    printf ("\r\nCard Ready...");
    if (GetDriveInformation() != F_OK) // get drive parameters
    {
        printf ("\r\nCard Fail");
    }
    else
    {
        printf ("\r\nCard OK\n");
        card_flag = 1; card_remove = 1;
    }
    else
    {
        printf ("\r\nNo Card in Slot\n");
        card_flag = 0;
        card_remove = 0;
    }
}

```

```
//SendCommand (reset)
```

```
//1 Sync Camera
```

```

for (retry = 0; retry < 3; retry++)
{
    SendCommand (reset);
    _delay_ms (10);
    for (loop = 0; loop < 60; loop++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    printf("\rSync Camera %d",loop);
    SendCommand (sync);

    memset (Recvied, 0, sizeof Recvied);
    if (wait_for_ack (Recvied))
    {
        if ((Recvied[0] == 0xAA) && (Recvied[1] == 0x0E))
            break;
    }
}
// if loop > 60 then camera not connect;
if (loop > 35)
    printf("\r\nCamera not Connect");
else
{
    printf("\r\nCamera connect now");
    while (1)
    {
        //send ACK
        complete = 0;
        printf("\r\nSend Command ACK");
        SendCommand (ack);
        //get dummy byte
        if (wait_for_ack (Recvied))
        {
            if ((Recvied[0] != 0xAA) && (Recvied[1] != 0x0E))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        break;
    }
    printf("\r\nSend Command init JPEG");
    SendCommand (init);
    if (wait_for_ack (Recived))
    {
        if ((Recived[0] != 0xAA) && (Recived[2] != 0x01))
            break;
    }
    printf("\r\nSend Command package");
    SendCommand (pack);
    if (wait_for_ack (Recived))
    {
        if ((Recived[0] != 0xAA) && (Recived[2] != 0x06))
            break;
    }
    printf("\r\nSend Command snap");
    SendCommand (snap);
    if (wait_for_ack (Recived))
    {
        if ((Recived[0] != 0xAA) && (Recived[2] != 0x05))
            break;
    }
    printf("\r\nSend Command Get Picture");
    SendCommand (getp);
    if (wait_for_ack (Recived))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    if((Recived[0] != 0xAA) && (Recived[2] != 0x04))
        break;
}

if(wait_for_ack (Recived))
{
    if((Recived[0] != 0xAA) && (Recived[2] != 0x01))
        break;
}
jpeg_size = Recived[3] + 256*(unsigned long)Recived[4];
printf("\njpeg Size = %ld byte",jpeg_size);
//after init camrea success just to return complete = 1;
complete = 1;
break;
}
if (complete)
{
    //last_pkg = (unsigned long)(jpeg_size / 512);
    //jpeg_runt = (unsigned long)(jpeg_size % 512);
    //printf ("\nlast pkg = %ld, jpeg runt = %ld",last_pkg,jpeg_runt);
    printf ("\r\n");

    if((card_remove) && (card_flag))
        result = Remove(name);

    for (jpeg_pkg = 0; jpeg_pkg < (last_pkg); jpeg_pkg++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    ack1[4] = jpeg_pkg;
    SendCommand (ack1);
    memset (Recv, 0, sizeof Recv);
    if (get_frame (Recv,512)) // need to get all
    {
        printf (".");
        len = 512 - 6;
        if ((card_remove) && (card_flag))
        {
            f_id = Fopen (name, F_WRITE);
            if (f_id >= 0)
            {
                do {
                    if (Fwrite(Recv, len, f_id) != 1)
                        result = F_ERROR;
                } while (result == F_OK);
                Fclose (f_id);
            }
            else
                printf ("\r\nWrite Error 1");
        }
    }
}
else
{
    printf ("\r\nError");
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

_delay_ms (1);
ack1[4] = jpeg_pkg;
SendCommand (ack1);
memset (Recived, 0, sizeof Recived);
complete = 0;

if (get_frame (Recived,512))
{
    for (i = 0; i < 512; i++)
    {
        if ((Recived[i-1] == 0xff) && (Recived[i] == 0xD9))
        {
            complete = 1;
            len = i + 1;
            if ((card_remove) && (card_flag))
            {
                f_id = Fopen (name, F_WRITE);
                if (f_id >= 0)
                {
                    do {
                        if (Fwrite(Recived, len, f_id) != 1)
                            result = F_ERROR;
                    } while (result == F_OK);
                    Fclose (f_id);
                    printf("\r\n\nFile %s Size =
%ld.%03ld Kbyte",name, FileDescriptors[(unsigned long)f_id].FileSize/1024,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FileDescriptors[(unsigned long)f_id].FileSize%1024);

        }

        else

                printf("\r\nWrite Error 2");

        }

        else

                printf("\r\nPackage Complete\r\nNo

SD/MMC Can't write");

        }

        }

        if (!complete)

        {

                printf("\r\nData not complete...\r\nPlease try again");

                if ((card_remove) && (card_flag))

                        result = Remove(name);

        }

        else

        {

                printf("\r\n.....Successfull.....");

                if ((card_remove) && (card_flag))

                {

                        if (eep++ > 255)

                        {

                                eep = 0;

                        }

                }

        }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        eeprom_write (eeprom_address, eep);
        _delay_ms (10);
    }
}
else
{
    printf ("\nError");
}
printf ("\n\n");
SendCommand (endp);
printf ("\nSend Command End\n");
} // if (complete = 1)
else
    printf ("\nInit Camera Error!");
} // else
if (complete == 1)
    break;
else
    printf ("\nTry again");
} // retry;
}
while (1);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้