

ยานตรวจการณ์ไร้สาย

PATROL ROBOT



T119227

โดย

นาย ไกรสิทธิ์ สุวรรณศิริ

นาย ชัยวัฒน์ ชัยชนะสงคราม

นาย ชาญวิทย์ เอกจินดา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....119227
วัน,เดือน,ปี.....- 6 S.F. 2554

b.....119227
i.....

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

ยานตรวจการณ์ไร้สาย
PATROL ROBOT

โดย

นาย ไกรสิทธิ์ สุวรรณคีรี
นาย ชัยวัฒน์ ชัยชนะสงคราม
นาย ชาญวิทย์ เอกจินดา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พลศาสตร์ เดิศจรัสเสริฐ

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

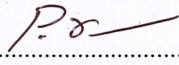
เรื่อง ยานตรวจการณ์ไร้สาย

(PATROL ROBOT)

ผู้จัดทำ

1. นาย ไกรสิทธิ์ สุวรรณศิริ รหัส 50010152
2. นาย ชัยวัฒน์ ชัยชนะสงคราม รหัส 50010349
3. นาย ชาญวิทย์ เอกจินดา รหัส 50010363

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผศ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ยานตรวจการณ์ไร้สาย

นาย ไกรสิทธิ์ สุวรรณคีรี รหัส 50010152
นาย ชัยวัฒน์ ชัยชนะสงคราม รหัส 50010349
นาย ชาญวิทย์ เอกจินดา รหัส 50010363
ผศ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างยานตรวจการณ์ไร้สายเพื่อใช้ลดการสูญเสียชีวิตของกำลังพลในการลาดตระเวนในพื้นที่เสี่ยงภัยอันตรายจากการก่อการร้าย โดยใช้การประยุกต์การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมตัวยาน และส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายย่านความถี่ 2.4 GHz โดยมีจอยสติคในการควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ และความเร็วของตัวยานด้วย สัญญาณ PWM โดยที่ตัวยานนั้นได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ โมดูลเข็มทิศดิจิทัล เช่น เซอร์วัคคูลัม ทงมิ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) และกล้องไอพี (IP Cameras) โดยที่ฝั่งควบคุมตัวยานนั้นจะมีการแสดงภาพจากกล้องที่ติดตั้ง และพิกัดดาวเทียม ออกทางจอคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุม

PATROL ROBOT

Mr. Kaisit Suwankeeree ID. 50010152

Mr. Chaiwat Chaichanasongkram ID. 50010349

Mr. Charnwit Aekchinda ID. 50010363

Assist. Prof. Polsart Lertprasert Advisor

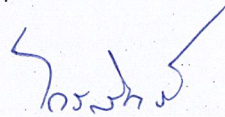
Educational Year 2009

Abstract

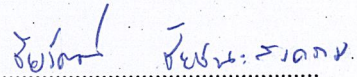
This project presents the design and build wireless patrol vehicle to reduce the loss of lives of troops on patrol in the area of risk the dangers of terrorism. Using application of microcontrollers for use in motor control. And send data over wireless frequency 2.4 GHz with a joystick to control the direction of motion. And speed of the vehicle with the PWM signal. The vehicle had been equipped with digital compass module, GPS, temperature sensor and IP Cameras. The land control vehicle that includes from the cameras and satellite coordinates for the monitor's control.

กิตติกรรมประกาศ

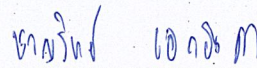
โครงการและรายงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลศาสตราจารย์ เสรีรัฐ และคุณ วุฒิกร จิตรวุฒิชัยติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำรายงานและโครงการ ขอขอบพระคุณบิดา-มารดาของผู้จัดทำ ซึ่งได้ให้กำลังใจและสนับสนุนการทำโครงการอย่างดีมาก ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



(นาย ไกรสิทธิ์ สุวรรณคีรี)



(นาย ชัยวัฒน์ ชัยชนะสงคราม)



(นาย ชาญวิทย์ เอกจินดา)

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
ABSTRACT	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูปภาพและตาราง	vi
บทที่ 1 ยานตรวจการณ์ไร้สาย	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 โครงสร้างพื้นฐาน	1
1.3 การทำงานของยานตรวจการณ์ไร้สาย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1.1 หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	5
2.2.1 วงจร H-Bridge	5
2.2.2 วงจรป้องกันแรงดันเกิน	6
2.2.3 การคำนวณค่าภายในวงจรป้องกันแรงดันเกิน	7
2.3 ฮอลล์เซนเซอร์ (Hall Sensor)	8
2.3.1 หลักการทำงานของฮอลล์เซนเซอร์	8
2.3.2 ชนิดของฮอลล์	10
2.4 ออปโตคัปเปิลอร์	11
บทที่ 3 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลอนุกรม	12
3.1 การสื่อสารแบบ IC (Inter Integrated Circuit)	12
3.2 การสื่อสารแบบบัสเส้นเดียว (1-Wire)	14
3.3 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	16
3.3.1 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	17
3.3.2 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ RS-232	17
3.3.3 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)	19
3.4 การสื่อสารระบบไร้สาย (Wireless LAN)	19
3.4.1 รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย	20
3.4.2 มาตรฐานของเครือข่ายไร้สาย	21

3.4.3	Wireless LAN Technology	21
บทที่ 4	การออกแบบยานตรวจการณ์ไร้สาย	24
4.1	การออกแบบฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่	24
4.1.1	การออกแบบระบบเครือข่าย	25
4.1.2	การออกแบบในส่วนของโปรแกรมแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์	26
4.2	การออกแบบฟังก์ชันตัวยานตรวจการณ์	29
4.2.1	ส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่	30
4.2.2	ส่วนของเซนเซอร์และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก	32
4.2.3	การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	38
4.2.4	การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานบนตัวยานตรวจการณ์	39
บทที่ 5	ผลการทดลอง	41
5.1	ทดสอบการโยกจอยสติ๊กเพื่อบังคับทิศทาง	41
5.2	จับสัญญาณ PWM ในขณะที่รถ	42
5.3	ทดสอบบังคับรถให้เคลื่อนที่ตามการโยกจอยสติ๊ก	43
บทที่ 6	สรุปผลการทดลอง	44
6.1	สรุปผลการทดลอง	44
6.2	วิจารณ์ผลการทดลอง	44
บรรณานุกรม		a
ภาคผนวก		b

สารบัญรูปภาพและตาราง

บทที่ 2

รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	4
รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	4
รูปที่ 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Short Shunt)	4
รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Long Shunt)	5
รูปที่ 2.5 การประยุกต์ใช้งาน HIP4080A กับมอเตอร์เฟสกำลังแบบ H-Bridge	6
รูปที่ 2.6 วงจร RCD Snubber	8
รูปที่ 2.7 ฮอลล์เซนเซอร์ (Hall Sensor)	9
รูปที่ 2.8 แสดงปรากฏการณ์ฮอลล์	9
รูปที่ 2.9 การนำฮอลล์ 4 ตัวมาต่อขนานกันเพื่อลดผลกระทบจากความเค้นในเนื้อสาร	9
รูปที่ 2.10 Block Diagram และกราฟแสดงผลตอบสนองของฮอลล์ชนิดสวิตช์	10
รูปที่ 2.11 การตอบสนองแรงดันเอาต์พุตกับสนามแม่เหล็กของฮอลล์ชนิดแลตซ์	10
รูปที่ 2.12 วงจรออปโตคัปเปิลอร์พื้นฐาน	11
กราฟที่ 2.1 กราฟแสดงแรงดันและกระแสขณะหยุดนำกระแส	7

บทที่ 3

รูปที่ 3.1 วงจรการสื่อสารแบบ I ² C	12
รูปที่ 3.2 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I ² C	13
รูปที่ 3.3 การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I ² C	13
รูปที่ 3.4 การอ่านข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I ² C	14
รูปที่ 3.5 วงจรการสื่อสารแบบ 1-Wire	14
รูปที่ 3.6 การเริ่มติดต่อสื่อสารแบบ 1-Wire ด้วย Reset pulse และ Presence pulse	15
รูปที่ 3.7 การเขียนข้อมูลลง DS18B20	15
รูปที่ 3.8 การอ่านข้อมูลจาก DS18B20	15
รูปที่ 3.9 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	16
รูปที่ 3.10 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ	18
ตารางที่ 3.1 มาตรฐานการสื่อสารกำหนดโดย IEEE	21

บทที่ 4

รูปที่ 4.1 Block Diagram ฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่	24
รูปที่ 4.2 การโยกจอยสติ๊กเพื่อบังคับรถไปตามทิศทางต่างๆ	24
รูปที่ 4.3 Flow Chart การทำงานของฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่	25
รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเครือข่ายและหมายเลข IP ของอุปกรณ์ 26	

รูปที่ 4.5 แสดงส่วนของหน้าจอแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์	27
รูปที่ 4.6 ตารางแสดงแผนที่การเคลื่อนที่	29
รูปที่ 4.7 Block Diagram ฟังก์ชันตรวจการณ	29
รูปที่ 4.8 Flow Chart การทำงานของฟังก์ชันตรวจการณ	30
รูปที่ 4.9 Flow Chart การคำนวณ PWM ในการควบคุมความเร็วรถ	30
รูปที่ 4.10 Flow Chart การควบคุมทิศทางของตัวรถ	31
รูปที่ 4.11 Timing Diagram ของการติดต่อสื่อสารกับ CMPS03 แบบ I ² C	32
รูปที่ 4.12 โครงสร้างและการจัดขาของ DS18B20 ตัวถัง TO-92	33
รูปที่ 4.13 โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20	33
รูปที่ 4.14 โครงสร้างภายในรีจิสเตอร์ Temperature LSB และ MSB	34
รูปที่ 4.15 วงจรเซนเซอร์วัดแรงดันแบตเตอรี่	34
รูปที่ 4.16 Flow Chart การทำงานของส่วนของระบบเซนเซอร์	34
รูปที่ 4.17 Flow Chart การเขียนโปรแกรมติดต่อโมดูลจีพีเอส	38
รูปที่ 4.18 Block Diagram ของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	39
รูปที่ 4.19 การใช้ HIP4080A ในการควบคุม H-Bridge	39
ตารางที่ 4.1 แสดงหมายเลข IP ของอุปกรณ์	25
ตารางที่ 4.2 แสดง Toolbox ที่ใช้ใน Windows Forms	26
ตารางที่ 4.3 URL ของ IP CAMERA แต่ละตัว	27
ตารางที่ 4.4 แสดงการควบคุมการ Pan & Tilt ของกล้อง โดยใช้ URL	28
ตารางที่ 4.5 การควบคุมให้กล้องหมุนไปยังตำแหน่งที่บันทึกไว้	28
ตารางที่ 4.6 ข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลในส่วนของ Sensors และ GPS	28
ตารางที่ 4.7 ข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลในส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่	29
ตารางที่ 4.8 แสดงการกินพลังงานของอุปกรณ์ในด้วยานตรวจการณ	40
บทที่ 5	
รูปที่ 5.1 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งตรง	42
รูปที่ 5.2 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งโค้งซ้าย	42
รูปที่ 5.3 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งโค้งขวา	42
ตารางที่ 5.1 Output จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมวงจรควบคุมมอเตอร์ฝั่งซ้าย	41
ตารางที่ 5.2 Output จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมวงจรควบคุมมอเตอร์ฝั่งขวา	41
ตารางที่ 5.3 การเคลื่อนที่ของตัวรถ	43

บทที่ 1

ยานตรวจการณ์ไร้สาย

(PATROL ROBOT)

ยานตรวจการณ์ไร้สาย (PATROL ROBOT) เป็นรถที่ใช้ในการลาดตระเวนโดยไม่ต้องออกปฏิบัติการในพื้นที่จริง ซึ่งในการปฏิบัติการจะส่งตัวรถโดยการบังคับออกไปสำรวจพื้นที่ โดยผู้บังคับสามารถบังคับอยู่ที่ฐานปฏิบัติการคอยสอดส่องเก็บข้อมูลพื้นที่โดยการมองภาพจากกล้อง

ในการจัดทำครั้งนี้ยังได้นำความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้นมาทำการออกแบบวงจรในการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และยังมีเซนเซอร์ต่างๆ รวมถึงระบบการสื่อสารอีกด้วย

1.1) วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือที่สามารถใช้แทนกำลังของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงภัยจากการก่อการร้าย และคอยช่วยในการลาดตระเวน เพื่อลดการสูญเสียชีวิตของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน โดยในการออกแบบนั้น ได้ออกแบบตัวรถให้สามารถปฏิบัติงานตามภารกิจต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับหน่วยงานที่มีความต้องการใช้งานตัวรถนี้และนำตัวรถนี้ไปพัฒนาเพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ ตามที่หน่วยงานต้องการ

1.2) โครงสร้างพื้นฐาน

1.2.1) โครงสร้างรถและตัวถัง (Body and Structure)

โดยตัวรถจะสร้างจากตัวโครงที่เป็นเหล็กเพื่อความทนทานแข็งแรงพร้อมลุยในทุกพื้นที่ และในส่วนของตัวถังออกแบบมาให้ใช้อะคริลิกเพื่อจะได้มีน้ำหนักเบา ในส่วนของล้อ ใช้ล้อยางลมเพื่อการยึดเกาะพื้นถนนและทำความเร็วได้ดี

1.2.2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontrollers)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งใช้ในการประมวลผล ควบคุมการบังคับรถ โดยฝั่งส่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าจากจอยสติค (Joystick) และทำการส่งค่าของจอยสติคเพื่อไปบังคับการเคลื่อนที่ของรถที่ฝั่งรับ โดยฝั่งรับภายในตัวรถจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ โดยรับค่ามาจากฝั่งส่งเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและส่งออกไปยังบังคับการเคลื่อนที่ของตัวรถ และส่วนที่สองจะใช้ในการประมวลผลค่าเซนเซอร์ต่างๆ เช่น เซ็นท์สติจิตอล เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) อ่านค่าแรงดันจากแบตเตอรี่ เป็นต้น และนำค่าเหล่านี้ส่งข้อมูลกลับไปยังฐานปฏิบัติการ เพื่อจะได้ทราบข้อมูลดังกล่าวและใช้ข้อมูลเหล่านี้เป็นตัวตัดสินใจในการปฏิบัติการต่อไป

1.2.3) มอเตอร์ไฟฟ้า (Motors)

มอเตอร์ที่ได้ทำการเลือกใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motors) ซึ่งใช้เป็นตัวขับเคลื่อนรถ โดยมอเตอร์ในโครงการนี้จะใช้ทั้งหมด 6 ตัว แยกอิสระระหว่างล้อ จึงมีล้อทั้งหมด 6 ล้อ และตัวรถจึงมีกำลังสูงในการขับเคลื่อน

1.2.4) เซนเซอร์และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Sensors and GPS)

ในโครงการนี้ จะมีส่วนเซนเซอร์และGPS โดยในส่วนของเซนเซอร์จะประกอบไปด้วย โมดูลเข็มทิศดิจิทัล (Digital Compass Module) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เซนเซอร์อ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่ และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS)

เพื่อการปฏิบัติการที่ปลอดภัยและแม่นยำจึงควรมีอุปกรณ์เหล่านี้ติดตั้งลงไปและทำการส่งค่ากลับมายังฐาน เพื่อเก็บข้อมูลและใช้ในการตัดสินใจในการลาดตระเวน โดยยานตรวจการณ์ไร้สาย เช่น สามารถทราบได้ว่าปริมาณแบตเตอรี่เพียงพอหรือไม่ในการออกลาดตระเวนครั้งนี้ ตัวรถกำลังเดินทางไปยังทิศที่ต้องการหรือไม่ อุณหภูมิภายในรถเหมาะสมที่จะลาดตระเวนต่อไปหรือไม่ เป็นต้น

1.2.5) โมดูลไร้สาย ความถี่ 2.4 GHz (Wireless LAN Module)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างฝั่งส่ง (ฐานปฏิบัติการ) และฝั่งรับ (ตัวรถ) โดยการสื่อสารจะสื่อสารอยู่ในย่านความถี่ 2.4 GHz

1.2.6) กล้องไอพี (IP Camera)

กล้องไอพีเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้เลยในโครงการนี้ ในโครงการนี้จะใช้กล้องไอพีสองตัว โดยตัวแรกจะใช้บังคับให้ส่องตรงหน้าอย่างเดียวเพื่อใช้ในการบังคับทิศทางรถ และตัวที่สองจะใช้สำหรับการสังเกตการณ์เหตุการณ์ต่างๆ รอบข้าง

1.3) การทำงานของยานตรวจการณ์ไร้สาย

ในการควบคุมตัวรถนั้น จะใช้จอยสติ๊กในการควบคุมทิศทางรถเคลื่อนที่ โดยจะมีการแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ฝั่งฐานปฏิบัติการ โดยที่คอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงภาพจากกล้องทั้งสองตัว โดยที่หน้าจอเล็กนั้นจะเป็นจอสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ และจอใหญ่จะเป็นจอสำหรับสังเกตการณ์ โดยในการแสดงผลนี้จะแสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับมาจากตัวรถ ได้แก่ เข็มทิศดิจิทัล อุณหภูมิ ปริมาณแบตเตอรี่ ความเร็วตัวรถ และตำแหน่งบนพื้นโลก

บทที่ 2

ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(Theory of DC Motor Control)

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motors) เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆ ในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานมอเตอร์นั้นๆ

2.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motors)

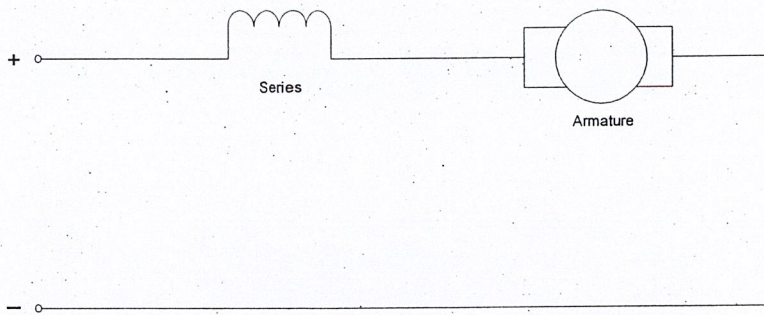
2.1.1) หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motors Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปร่งผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้ สวมอยู่กับคัลลบลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's left Hand Rule)

2.1.2) ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.2.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motors)

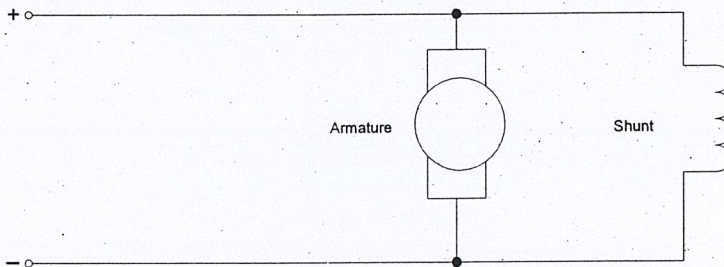
มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยนต์ของ เคนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็ว ก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวด ของมอเตอร์ ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่างเช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรง แบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบ จะลดลง เมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

2.1.2.2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motors)

มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ (Low Starting Torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ชั้้นท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

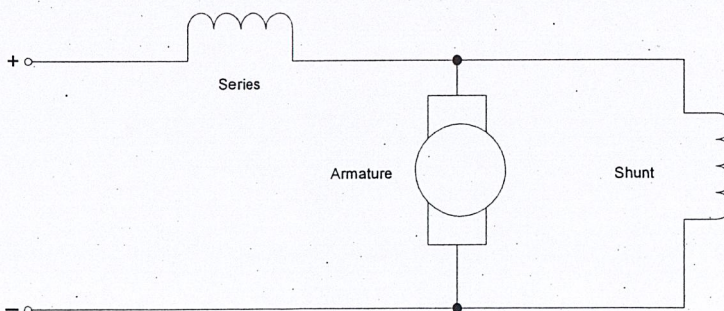


รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

2.1.2.3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motors)

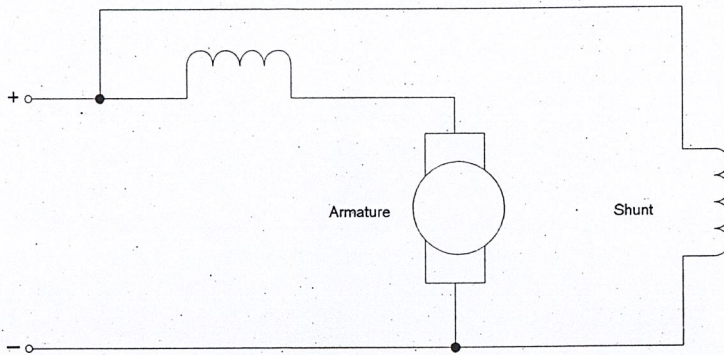
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High Starting Torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นที่อยู่ 2 วิธี วิธีแรกใช้ต่อขดลวดแบบ ชั้้นท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า “ชอทชั้้นท์” (Short Shunt Compound Motors) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Short Shunt)

อีกวิธีสองคือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า “ลองชันท” (Long Shunt Compound Motors) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Long Shunt)

2.2) การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motors Control)

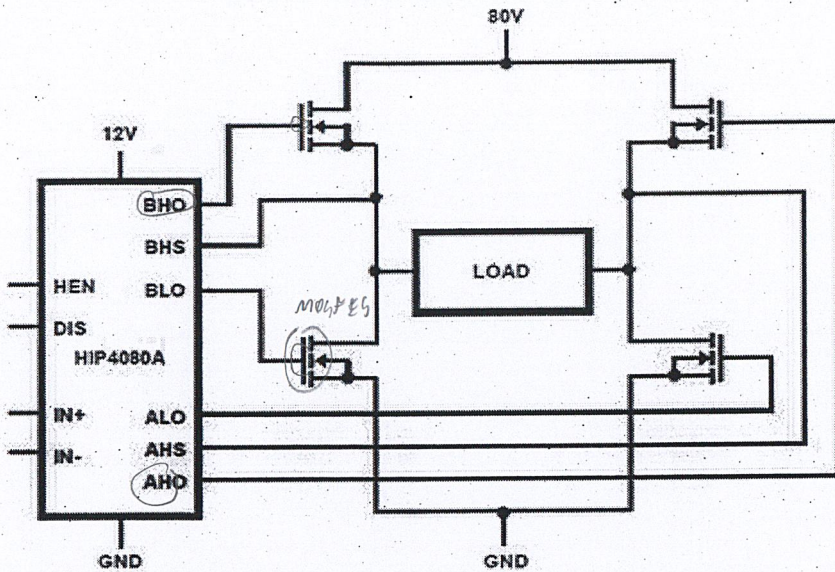
2.2.1) วงจร H-Bridge

ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงด้วย โครงสร้างการต่อวงจรของมอสเฟตกำลัง (Power MOSFET) แบบ H-Bridge จะทำให้ควบคุมมอเตอร์ได้อย่างสมบูรณ์ คือสามารถควบคุมได้ทั้งความเร็วและทิศทางการหมุน ด้วยการควบคุมแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (PWM) แต่ส่วนใหญ่ในการควบคุมการทำงานของมอสเฟตที่ต่อแบบ H-Bridge ก็คือ การป้องกันการทำงานของมอสเฟตที่อยู่ฝั่งเดียวกันที่อาจจะเกิดการทำงานพร้อมกัน ถ้าเป็นไปตามกรณี เช่นนี้จะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น วิธีแก้ปัญหาก็คือการสร้างวงจรหน่วงเวลาให้กับมอสเฟตและอีกในแง่หนึ่งของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กับโครงสร้างแบบ H-Bridge ถ้าหากไม่มีวงจรขั้วเบรกคูล์บ์น ที่ใช้เราแหล่งจ่ายภายนอกมาจ่ายนั้น จะทำให้การควบคุมความเร็วในช่วงค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ต่ำไม่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเราจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้ไอซี HIP4080A มาช่วยลดปัญหาในการต่อวงจรที่ต้องการได้ เพราะไม่มีปัญหาในการติดตั้งค่าการหน่วงเวลาการทำงานของมอสเฟตกำลังแบบ H-Bridge โดยกำหนดเพียงค่าความต้านทานแล้วยังมีคุณสมบัติในการใช้แหล่งจ่ายไฟเดียวในการควบคุมการทำงานของขาเกตของมอสเฟตโดยการทำ Bootstrap Supply ในตัวไอซีเองแถมยังมีขาที่ใช้สั่งหยุดการทำงานของไอซี และไม่มีปัญหาในการใช้งานที่ความถี่สูงเพราะรับความถี่ได้ถึง 1 MHz จากข้อมูลข้างต้นจึงได้มีการเลือกไอซี HIP4080A มาใช้ในการสร้างวงจรควบคุมมอเตอร์

ซึ่งได้มีการนำมาใช้ร่วมกับมอสเฟตกำลังแบบโครงสร้างแบบ H-Bridge โดยไอซีจะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนการทำงานได้แก่ด้าน A และ ด้าน B โดยแต่ละด้านจะมีการทำงานที่เหมือนกัน โดยขาสำคัญที่นำไปใช้งานแสดงดังรูปที่สองคือ BHO เป็นขาที่ให้เอาต์พุตด้านบวกนำไปควบคุมขาเกตของมอสเฟตกำลังตัวบน โดยจะมีขา BHS เป็นขาที่นำไปต่อกับขาซอร์สของมอสเฟตกำลัง ต่อมาคือขา BLO ที่จะนำไปกระตุ้นขาเกตของมอสเฟตกำลังตัวล่างในส่วนของเขา AHO,AHS และ ALO จะมีลักษณะการ

ทำงานของด้าน B ที่กล่าวมาเพียงแต่อยู่คนละด้านของโครงสร้าง H-Bridge เท่านั้นต่อมาขาที่มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานของไอซีตัวนี้คือ HEN, DIS, IN+ และ IN-



รูปที่ 2.5 การประยุกต์ใช้งาน HIP4080A กับมอเตอร์กำลังแบบ H-Bridge

- ขา HEN เป็นขาที่รับสัญญาณควบคุมการทำงานแบบ PWM หรือในรูปแบบสัญญาณที่เป็นลอจิกได้ โดยระดับแรงดันของสัญญาณที่จะนำมาใช้ควบคุมสามารถรับได้ตั้งแต่ระดับ 0 โวลต์ ถึง 15 โวลต์ ซึ่งสถานะของสัญญาณที่จะนำมาใช้ควบคุมที่จะนำไปใช้กับขา HEN จะมีผลต่อเอาต์พุตของขา BHO และ AHO โดยตรง *High / โวลต์ MOSFET 40V และ 12V*
- ขา DIS เป็นขาที่ใช้ควบคุมสถานะการทำงานของไอซี ถ้าขานี้ได้รับสัญญาณควบคุมเป็นลอจิกด้านสูงเมื่อไหร่เอาต์พุตที่ไปขับขาคูของมอเตอร์ทั้งสองตัวจะถูกกลับสถานะเป็นด้านต่ำทั้งหมดไม่ว่าจะอยู่ในกรณีใดๆ ก็ตาม
- ขา IN+ และขา IN- เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับสัญญาณลอจิกที่นำมาใช้ในการควบคุมถ้าเกิดสถานะ การทำงานของ IN+ เป็นลอจิกด้านสูงและขา IN- เป็นลอจิกด้านต่ำ ก็ทำให้ขา AHO และ BLO มีสถานะเอาต์พุตเป็นบวกทำให้มอเตอร์ทำงานส่งผลให้ มอเตอร์หมุนไปด้านหนึ่ง ในทางกลับกันถ้าสถานการณ์ทำงานของขา IN+ เป็นลอจิกด้านต่ำ และ IN- เป็นลอจิกด้านสูง ก็จะส่งผลให้ขา BHO และ ALO ทำงานมีสถานะเอาต์พุตเป็นบวกส่งผลทำให้มอเตอร์หมุนกลับด้าน

2.2.2) วงจรป้องกันแรงดันเกิน (Snubber Circuit)

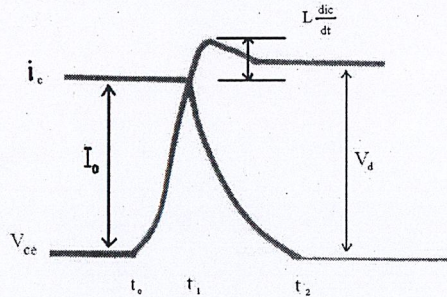
หลังจากที่ได้ออกแบบการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ที่เราต้องการแล้วก็มีแนวทางในการสร้างวงจรที่เราต้องการ ไปแล้ว 3 เรื่อง คือ การควบคุมความเร็วมอเตอร์, การกลับทิศทางการหมุน, และการจำกัดกระแส ยังคงเหลืออีกสองส่วนที่ต้องเพิ่มเข้าไปในวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงของเราคือ วงจรป้องกันแรงดันเกินและการทนกระแสอย่างต่อเนื่อง ในเนื้อหาส่วนนี้จะกล่าวถึงวงจรป้องกันแรงดันเกินก่อน

สาเหตุที่ต้องมีวงจรป้องกันแรงดันเกินหรือที่เรียกว่า “วงจรสแน็บเบอร์” นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้านำทรานซิสเตอร์มาต่อเป็นวงจร H-Bridge เมื่อวงจรนี้ไม่มีสแน็บเบอร์ต่อร่วม ข้อเสียจะมีมากขึ้นการทำงานจะเป็นเช่นนี้ก็คือ ให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสด้วยค่า $i_c = I_0$ ก่อนและถ้าต้องการให้หยุดนำกระแสที่เวลา $t = t_0$ จะเห็นว่าแรงดัน V_{CE} ได้เริ่มต้นเพิ่มขึ้นก่อนในขณะที่กระแส i_c ของวงจรรยังคงที่จนกระทั่งถึงเวลา t_1 ทรานซิสเตอร์กำลังจึงจะลดลงด้วยอัตราตามคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ โดยแรงดันทรานซิสเตอร์สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$V_{CE} = V_d - L_A \frac{di_c}{dt} \quad \dots(1)$$

เมื่อ $L_d = L_1 + L_2 + L_3, \dots$ ใช้แทนค่าการเหนี่ยวนำปฏิกิริยา (Stray Inductance) ที่มีผลทำให้เกิดแรงดันเกิน แต่เนื่องจาก $\frac{di_c}{dt}$ มีค่าเป็นลบดังนั้นแรงดันเกินจึงมีค่าเป็นบวก หลังจากเวลา t_2 ไปแล้วการทดลองของกระแสได้สิ้นสุดลง ดังนั้น แรงดันค่านี้จึงลดลงสู่ค่า V_d ผลของการเหนี่ยวนำทำให้แรงดัน V_{CE} มีค่าสูงกว่า V_d ดังนั้นกำลังสูญเสียเป็นความร้อนจึงมีค่าสูงตามไปด้วย เหตุผลนี้เองที่วงจรสแน็บเบอร์มีความจำเป็นต้องมีการนำมาใช้งานกับวงจรเพื่อลดค่าดังกล่าว สแน็บเบอร์จึงสามารถใช้ได้กับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในแบบของคอนเวอร์เตอร์ทุกแบบเพื่อลดการสูญเสียและป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งในขณะมีการทำงานปกติ



กราฟที่ 2.1 กราฟแสดงแรงดันและกระแสขณะหยุดนำกระแส

2.2.3) การคำนวณค่าภายในวงจรสแน็บเบอร์

จากรูปที่ 2.6 เป็นวงจรสมบูรณของ RCD สแน็บเบอร์ที่ประกอบไปด้วยตัวต้านทาน R_s ตัวเก็บประจุ C_s และไดโอด D_s การทำงานของวงจร RCD สแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแสเป็นดังนี้ มอสเฟสหยุดนำกระแสแล้วแรงดันที่ขาเดรนจะเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสบางส่วนไหลผ่าน C_s และ D_s ของสแน็บเบอร์ทำให้มีแรงดันตกคร่อม C_s ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมนี้จะทำให้แรงดันที่ขาเดรนของมอสเฟสเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ถ้า C_s มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาเดรนก็จะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านมอสเฟสลดลงจนมีค่าน้อยและจะลดกำลังงานสูญเสียที่มอสเฟสได้

การใช้สแน็บเบอร์นั้นทำให้ค่าการสูญเสียที่มอสเฟสลดลง แต่จะทำให้เกิดการสูญเสียที่สแน็บเบอร์แทน หลังจากที่อยู่ปรณกำลังหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จจนแรงดันคงที่และจะเกิดการสูญเสียที่ตัวต้านทานในรูปของความร้อน ค่าตัวเก็บประจุสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$C_s = \frac{I_o(t_{fi})}{V_d} \quad \dots (2)$$

I_o คือ กระแสที่ไหล

t_{fi} คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของมอสเฟส

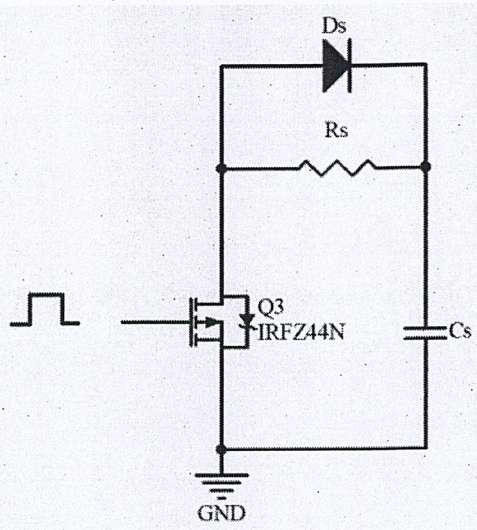
V_d คือ แรงดันคร่อมที่ไหล

การเลือกตัวต้านทาน R_s พิจารณาจากการคายประจุ $R_s C_s = T_s$ เวลาในการคายประจุคำนวณจากค่า 1 ใน 3 ของคาบเวลาในการสวิตช์มีการคำนวณหาค่าตามสมการที่ (3)

$$R_s = \frac{1}{3} f_s C_s \quad \dots (3)$$

f_s คือ คาบเวลาในการอนของอุปกรณ์สวิตช์ซิง (หาจากคาบเวลาในการนำกระแส)

การเลือกไดโอดที่จะนำมาใช้ในวงจรสับเบอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงแรงดันที่ไดโอดทนได้ ต้องมีค่ามากกว่าค่าที่แหล่งจ่ายสามารถจ่ายได้และเป็นไดโอดที่ทนกระแสสูงสุดที่ไหลได้ โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะมีการเลือกใช้ไดโอดฟื้นตัวเร็ว (Fast Recovery Diode) เพื่อสามารถคืนตัวได้ทันการทำงานของมอสเฟสกำลัง



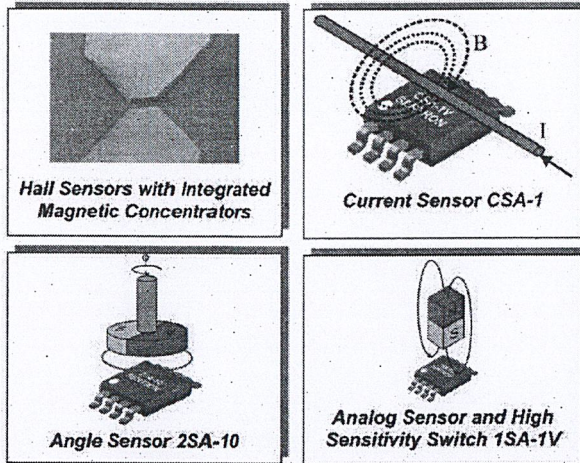
รูปที่ 2.6 วงจร RCD Snubber

2.3) ฮอลล์เซนเซอร์ (Hall Sensor)

อุปกรณ์ ประเภทฮอลล์เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นและใช้กันมายาวนานแล้ว โดยอาศัยหลักการของการเกิดความเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กที่เป็นไปตามทฤษฎีของปรากฏการณ์ของฮอลล์ (Hall Effect) มาใช้ ฮอลล์เซนเซอร์ มีอยู่หลายชนิด ฮอลล์เซนเซอร์เหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบเช่นการประยุกต์ใช้ทางด้านการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ หรือ เครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

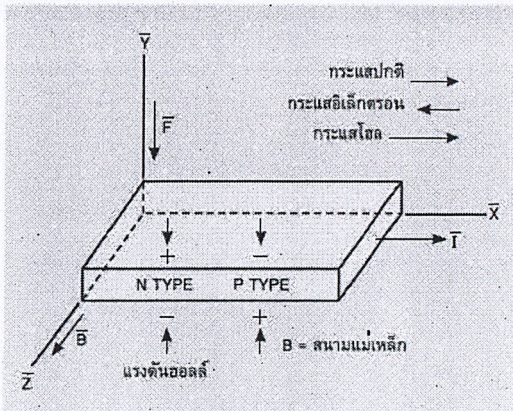
2.3.1) หลักการทำงานของฮอลล์เซนเซอร์

ถ้าหากว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารกึ่งตัวนำในทิศทางหนึ่ง และในขณะนั้นถ้ามีสนามแม่เหล็กตัดผ่านตั้งฉากกับทิศทางของกระแสแล้ว จะปรากฏมีการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าขึ้นโดยเกิดในทิศทางตั้งฉากกับกระแส และทิศทางสนามแม่เหล็กปรากฏการณ์ ดังกล่าวเรียกว่า “ปรากฏการณ์ของฮอลล์ (Hall Effect)”

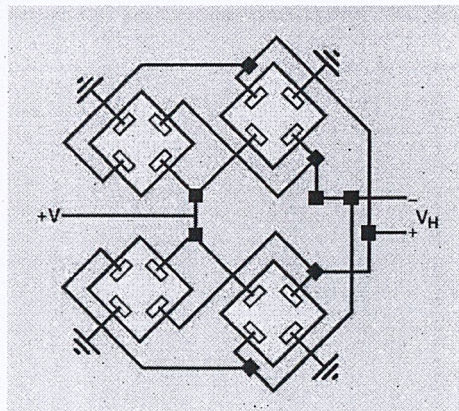


รูปที่ 2.7 ฮอลล์เซนเซอร์ (Hall Sensor)

ถ้ากระแสไฟไหลผ่านสารกึ่งตัวนำจากทางซ้ายไปขวา และสนามแม่เหล็ก (B) มีทิศทางดังรูปที่ 2.8 แล้ว จะทำให้พาหะส่วนมากซึ่งอาจเป็นโฮลหรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผลดังกล่าวจะก่อให้เกิดแรง (F) ขึ้นในแนวตั้ง แรงที่เกิดขึ้นนี้จะไปผลักให้โฮลและอิเล็กตรอนเคลื่อนไปอยู่ใกล้ผิวของสารกึ่งตัวนำ ถ้านำโวลต์ มิเตอร์ ไปวัดที่ผิวของสารกึ่งตัวนำจะได้แรงดันไฟฟ้าถ้าเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N แล้ว พาหะส่วนมากคืออิเล็กตรอน ขั้วของแรงดันที่เกิดขึ้นจะเป็นลบ ผิวด้านล่างจะเป็นขั้วลบแต่ถ้าเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P จะมีขั้วตรงกันข้าม เนื่องจากพาหะส่วนใหญ่เป็นโฮลการเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ทำให้เกิดแรงดันฮอลล์ (Hall Voltage) รวมทั้งอุณหภูมิด้วย ความเค้นของเนื้อสารและจำนวนกระแสเป็นตัวแปรที่มีผลต่อความนำไฟฟ้าของพาหะส่วนมาก การเพิ่มค่าของกระแสเพื่อหวังเพิ่มแรงดันของฮอลล์ จะทำให้แรงดันที่ได้ ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ ในรูปที่ 2.9 เป็นการนำฮอลล์เซนเซอร์ 4 ตัวมาต่อขนานกัน โดยวางให้ตั้งฉากกัน การนำฮอลล์มาต่อในลักษณะนี้จะลดผลกระทบอันเนื่องมาจากความเค้นในเนื้อสารและการวางฮอลล์ตรงข้ามกันจะลดความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่ได้ด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงปรากฏการณ์ฮอลล์

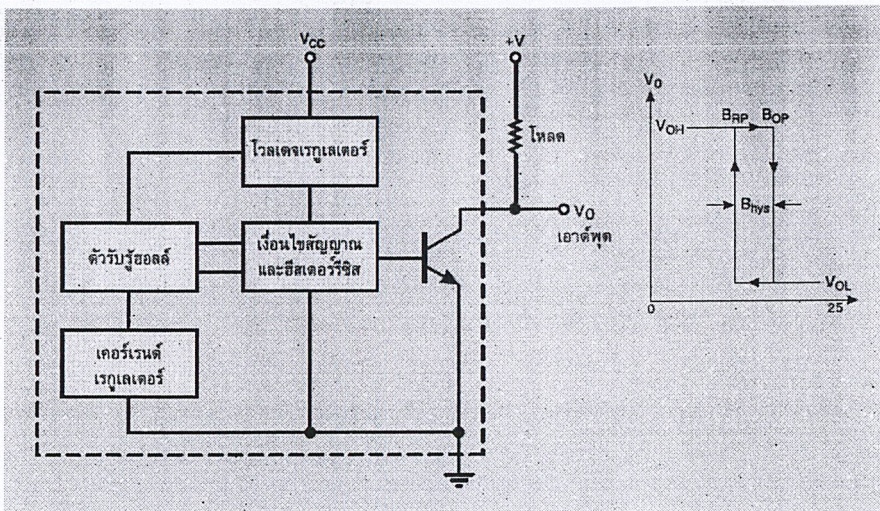


รูปที่ 2.9 การนำฮอลล์ 4 ตัวมาต่อขนานกัน เพื่อลดผลกระทบจากความเค้นในเนื้อสาร

2.3.2) ชนิดของฮอลล์

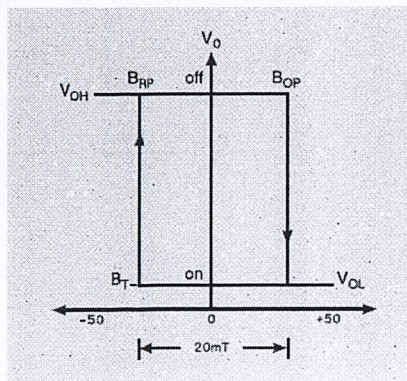
ฮอลล์เซนเซอร์แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ ชนิดเป็นสวิตช์, ชนิดเป็นแลตช์ (Latch) และชนิดเป็นอุปกรณ์เชิงเส้น ชนิดสวิตช์และชนิดแลตช์ เป็นอุปกรณ์ทางดิจิทัล คือจะมีเอาต์พุตเพียง 2 สถานะ ไม่เปิดก็ปิด ในขณะที่ฮอลล์แบบเชิงเส้นจะให้แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสนามแม่เหล็ก

- ฮอลล์ชนิดสวิตช์ (Switch Hall Device) เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในภาวะปกติจะมีสถานะเป็น “ปิด” และจะเปลี่ยนสถานะเป็น “เปิด” เมื่อได้รับสนามแม่เหล็ก และจะปิดเมื่อหยุดให้สนามแม่เหล็ก รูปที่ 2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฮอลล์ชนิดสวิตช์และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเมื่อค่าสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปเมื่อสนามแม่เหล็กเพิ่มจนถึงค่า BRP แล้วจะได แรงเคลื่อน V_{OH} สภาวะเช่นนี้คืออยู่ในสถานะเปิด แต่เมื่อสนามแม่เหล็กลดลงจนถึงค่า BOP จะได้แรงเคลื่อน V_{OL} สภาวะเช่นนี้คืออยู่ในสถานะปิด



รูปที่ 2.10 Block Diagram และกราฟแสดงผลตอบสนองของฮอลล์ชนิดสวิตช์

- ฮอลล์ชนิดแลตช์ (Latching Hall Device) เป็นฮอลล์ที่จะเปิดเมื่อได้รับสนามแม่เหล็กบวก และจะปิดเมื่อได้รับสนามแม่เหล็กลบ ซึ่งต่างจากฮอลล์ชนิดสวิตช์ รูปที่ 2.11 เป็นการตอบสนองของฮอลล์ ชนิดแลตช์ จะเห็นว่าฮอลล์ จะเปิดเมื่อได้รับสนามแม่เหล็กเพื่อแลตช์ เป็น 20mT และจะปิดเมื่อได้รับสนามแม่เหล็กเป็น 25mT



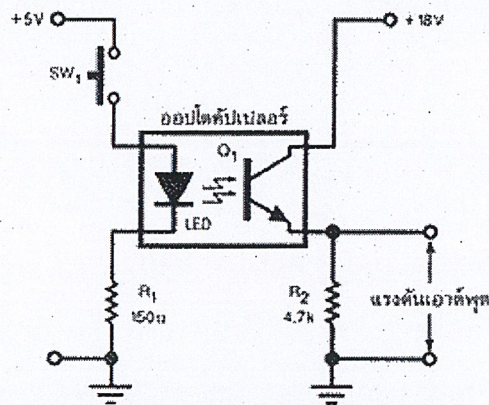
รูปที่ 2.11 การตอบสนองแรงดันเอาต์พุตกับสนามแม่เหล็กของฮอลล์ชนิดแลตช์

- ฮอลล์ชนิดเชิงเส้น ถ้าเราเพิ่มสนามแม่เหล็กให้แก่ฮอลล์ แล้วทำให้ แรงดันที่เกิดขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นด้วย เราเรียกฮอลล์ แบบนี้ว่าฮอลล์ ชนิดเชิงเส้น (Linear Hall Device) ซึ่งจะไม่เกิดการเปิด/ปิดแบบฮอลล์ชนิดสวิตช์ คือไม่เกิดช่วงฮิสเทอรีซิส ความไวของฮอลล์ชนิดเชิงเส้นมีประมาณ 16 mV/mT เราสามารถนำฮอลล์ชนิดเชิงเส้นมาหาขั้วของสนามแม่เหล็กได้ ถ้าเรารู้ค่าแรงดันในขณะที่สนามแม่เหล็กเป็นศูนย์ ซึ่งเรียกว่า จุดอินเตอร์เซปต์ (Intercept)

หากแรงดันของฮอลล์มีค่ามากกว่าจุดอินเตอร์เซปต์แล้วแสดงว่าขณะนั้นขั้วของสนามแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือ แต่ถ้าแรงดันของฮอลล์น้อยกว่าจุดอินเตอร์เซปต์ แสดงว่าสนามแม่เหล็กในขณะนั้นเป็นขั้วใต้เราสามารถนำคุณสมบัตินี้ไปใช้หาตำแหน่ง การหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4) ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto - Coupler)

ออปโตคัปเปิลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย LED ซึ่งปกติเป็นชนิดอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ หรือโฟโตไดโอด ที่ถูกผลิตมาเป็นคู่กัน รวมอยู่ในตัวเดียวกัน



รูปที่ 2.12 วงจรออปโตคัปเปิลเลอร์ พื้นฐาน

รูปที่ 2.12 เป็นวงจรใช้งานพื้นฐานของออปโตคัปเปิลเลอร์ โดยค่าน LED จะเป็นอินพุตของวงจร และด้านโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของวงจร จากรูปเมื่อสวิตช์ SW1 เปิดวงจร LED และทรานซิสเตอร์ Q2 จะยังไม่ทำงาน แต่เมื่อ SW1 ปิดวงจรจะมีกระแสไหลผ่าน LED และตัวต้านทาน R2 ซึ่งจะทำให้ Q1 ทำงานด้วย และจะได้แรงดันเอาต์พุตที่ตัวต้านทาน R2 จะเห็นว่าเอาต์พุตของวงจรถูกควบคุมโดยส่วนอินพุต แต่ทั้งสองส่วนแยกออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง (ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของออปโตคัปเปิลเลอร์) วงจรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งกับสัญญาณดิจิทัล และสัญญาณแอนะล็อก

บทที่ 3

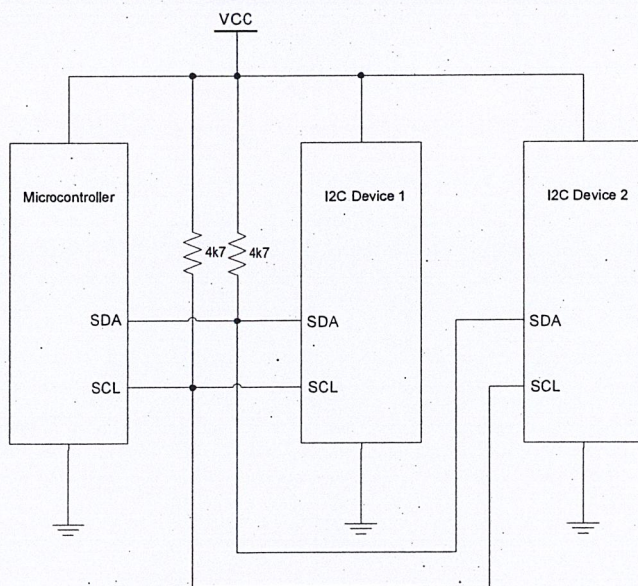
ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

(Theory of Serial Data Communication)

3.1) การสื่อสารแบบ I²C (Inter Integrated Circuit Communication)

ระบบบัสข้อมูลแบบ I²C (Inter-IC Communication) ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยบริษัทฟิลิปส์ (Phillips) การรับส่งข้อมูลใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น คือสายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock line) มีการทำงานเป็นแบบ Master, Slave โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master จะควบคุมการรับส่งข้อมูล และควบคุมสัญญาณนาฬิกาบน SCL ส่วนอุปกรณ์ Slave นั้นจะทำงานภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ Master

การต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส I²C นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทาน Pull up ดังรูปที่ 3.1 ในกรณีที่ต้องการต่อร่วมกับอุปกรณ์ Slave หลายตัว ก็สามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์ Slave ขนานกันไป การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Master กับ Slave แต่ละตัวนั้น จะถูกแยกโดย Address ของอุปกรณ์ Slave ซึ่งจะถูกส่งจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave ก่อนเริ่มการรับส่งข้อมูล



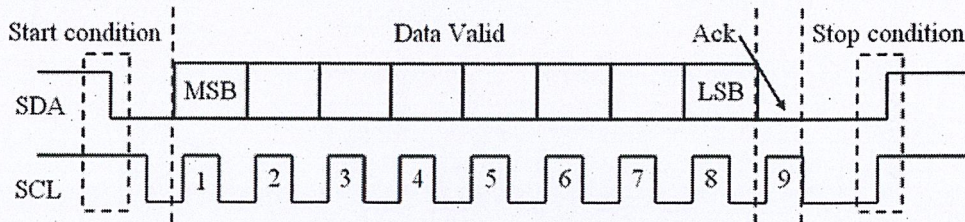
รูปที่ 3.1 วงจรการสื่อสารแบบ I²C

การรับส่งข้อมูลแบบ I²C นั้นมีข้อกำหนดอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ

1. การรับส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้นได้เมื่อบัสมีสถานะว่างเท่านั้น
2. ในช่วงที่ทำการรับส่งข้อมูลอยู่ สายสัญญาณ SDA ต้องไม่เปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็นลอจิก '1' ถ้า SDA มีการเปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL เป็นลอจิก '1' จะถือว่าเป็นสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูล

สถานะของการรับส่งข้อมูลแบบ I²C สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 สถานะด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานะว่าง (Bus not busy): สัญญาณ SDA และ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High
2. เริ่มส่งข้อมูล (Start data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก High เป็น Low ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
3. หยุดส่งข้อมูล (Stop data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก Low เป็น High ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
4. รับส่งข้อมูล (Data valid): มีการรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณ SDA โดยข้อมูลแต่ละบิตจะถูกส่งในช่วงที่ SCL มีระดับเป็น High โดยในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็น High อยู่ SDA จะต้องไม่เกิดการเปลี่ยนระดับสัญญาณ SDA จะเปลี่ยนระดับของสัญญาณ ในช่วงที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น Low เท่านั้น ตามมาตรฐานการส่งข้อมูล แบบ I²C นี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 100 kHz ที่โหมดการทำงานธรรมดา และ 400 kHz ที่โหมดการทำงานแบบเร็ว
5. ตอบรับ (Acknowledge): เกิดขึ้นหลังจากที่มีการรับส่งข้อมูลครบแล้ว โดยอุปกรณ์ Master ต้องสร้างสัญญาณ Clock บน SCL เพิ่มอีกลูก อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลจะดึงระดับสัญญาณบน SDA ให้เป็น Low เพื่อให้ตัวส่งรับรู้ว่าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้ว



รูปที่ 3.2 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I²C

ในการรับส่งข้อมูลผ่านบัส I²C อุปกรณ์ Master จะเป็นผู้สร้างสัญญาณ Clock บน SDA และเป็นตัวควบคุมสถานะ Start และ Stop เพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูลทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสถานะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของอุปกรณ์ ขนาด 7 บิต และตามด้วยบิตระบุทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นการเขียนข้อมูลลงอุปกรณ์จะต้องเป็น '0' จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งตำแหน่ง Address ภายในรีจิสเตอร์ของอุปกรณ์ที่ต้องการเขียนข้อมูลลงแล้ว จึงค่อยเขียนข้อมูลลง โดยในการส่งข้อมูลแต่ละไบต์จะต้องรอบิต Ack จากอุปกรณ์ ทุกไบต์ เมื่อส่งจนครบแล้ว ถึงจะสร้างสถานะ Stop เพื่อกลับสู่สถานะว่าง

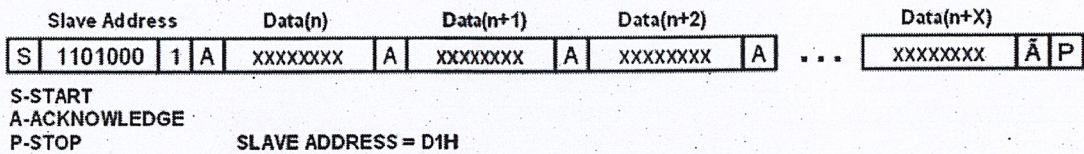
Slave Address	Register Address	Data(n)	Data(n+1)	Data(n+X)
S 1101000	0 A xxxxxxxx	A xxxxxxxx	A xxxxxxxx	A ... xxxxxxxx A P

S-START
A-ACKNOWLEDGE
P-STOP

SLAVE ADDRESS = D0H

รูปที่ 3.3 การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I²C

การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เริ่มแรกไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสถานะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของอุปกรณ์ขนาด 7 บิตและตามด้วยบิตทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นกรอ่านข้อมูลจะต้องเป็น '1' จากนั้นจึงค่อยรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ทีละไบต์ โดยตำแหน่งที่อ่านเข้ามาจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งรีจิสเตอร์พอยท์เตอร์ ซึ่งจะเป็นตำแหน่งท้ายสุดที่ได้ทำการเขียนข้อมูลไว้ เมื่ออ่านข้อมูลครบแต่ละไบต์อุปกรณ์ Master ต้องส่ง Acknowledge Bit กลับไปให้อุปกรณ์ Slave ด้วย ในกรณีที่เ็นไบต์สุดท้าย อุปกรณ์ Master ต้องส่ง Not Acknowledge Bit กลับไป

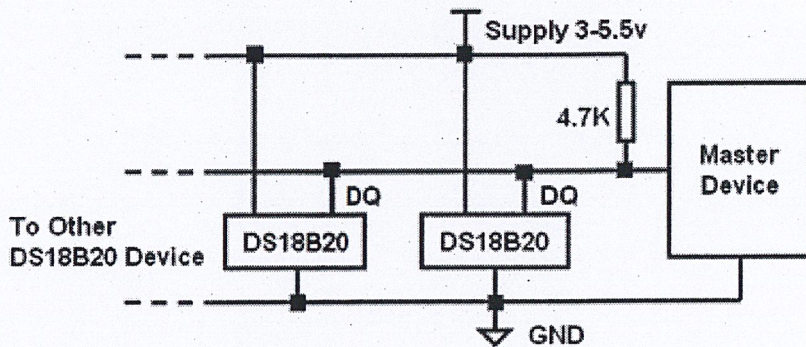


รูปที่ 3.4 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I²C

3.2) การสื่อสารแบบบัสเส้นเดียว (1-wire Communication)

การสื่อสารแบบ 1-Wire เป็นระบบบัสข้อมูลแบบ Half-duplex นั่นคือสามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง แต่ไม่สามารถรับ และส่งข้อมูลพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกันได้ ระบบบัสมีการทำงานเป็นแบบ Master/Slave โดยอุปกรณ์ Master จะเป็นตัวควบคุมสถานะ และจังหวะการรับส่งของบัสข้อมูล ในขณะที่อุปกรณ์ Slave จะทำงานตามการควบคุมของอุปกรณ์ Master เท่านั้น

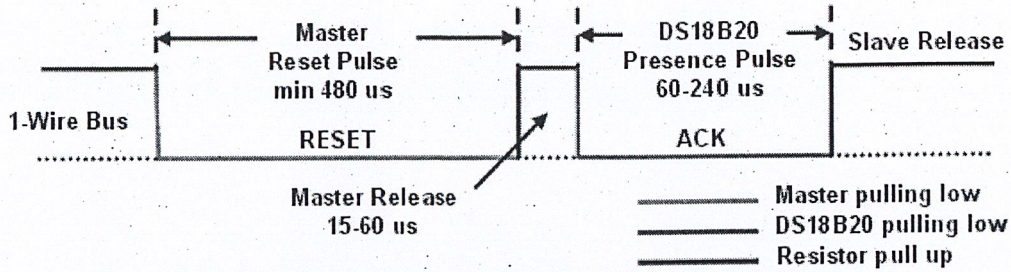
ในการใช้งานบัสแบบ 1-Wire นี้ สายสัญญาณข้อมูล DQ จะต้องมีสถานะปกติที่ระดับสัญญาณ High สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทานประมาณ 5 kΩ พูลอัพไว้กับไฟเลี้ยงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรการสื่อสารแบบ 1-Wire

รูปแบบของสัญญาณบนบัส 1-Wire สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 รูปแบบ คือ Reset pulse, Presence pulse, Write 0, Write 1, Read 0, Read 1

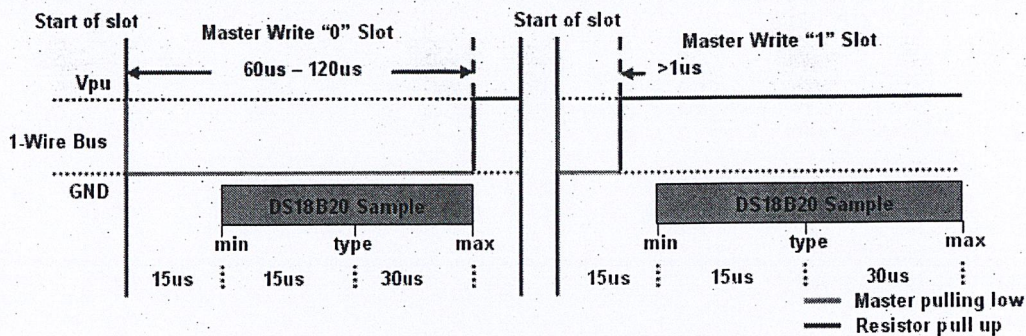
ในกระบวนการเริ่มต้นการสื่อสารแบบ 1-Wire ทั้งหมดนั้น อุปกรณ์ Master ต้องขอเริ่มการสื่อสารด้วยการสร้าง Reset pulse ก่อน เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้รับ Reset pulse ก็จะสร้าง Presence pulse เพื่อตอบรับการขอเริ่มการสื่อสารนั้น ซึ่งมีรายละเอียดของช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเริ่มติดต่อสื่อสารแบบ 1-Wire ด้วย Reset pulse และ Presence pulse

ในการเขียนข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือการเขียนข้อมูล '1' และการเขียนข้อมูล '0' ดังแสดงในรูปที่

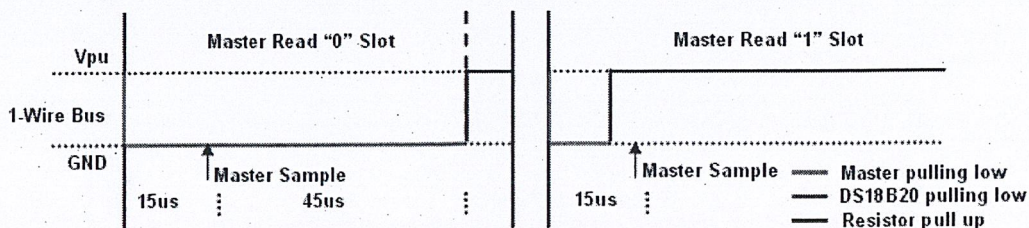
3.7 การเขียนข้อมูลลง DS18B20 ต้องใช้ช่วงเวลาของไทม์สล็อตอย่างต่ำ 60 μsec และต้องมีช่วงเวลาระหว่างไทม์สล็อตอย่างต่ำ 1 μsec



รูปที่ 3.7 การเขียนข้อมูลลง DS18B20

การเขียนข้อมูลทั้ง 2 ชนิด เริ่มแรกอุปกรณ์ Master ต้องดึงสัญญาณบนบัส 1-Wire ลงมาให้อยู่ในสถานะลอจิกต่ำก่อน ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล '0' ลงใน DS18B20 อุปกรณ์ Master ต้องดึงสัญญาณบนบัสให้เป็นลอจิกต่ำต่อ จนกว่าจะครบช่วงเวลาไทม์สล็อต (อย่างต่ำ 60 μsec) ส่วนในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล '1' ลง DS18B20 อุปกรณ์ Master ต้องปล่อยบัส เพื่อให้บัสกลับ ไปอยู่ในสถานะลอจิกสูงก่อนการ Sampling ของ DS18B20 ซึ่งจะอยู่ในช่วง 15 μsec - 60 μsec หลังจากที่อุปกรณ์ Master ดึงสัญญาณบัส 1-wire ลงมา

ในการอ่านค่าภายใน SRAM ของ DS18B20 สามารถทำได้ก็ต่อเมื่ออุปกรณ์ Master ได้เขียนข้อมูลเพื่อขอทำการอ่านค่าใน SRAM (Read Scratchpad) ซึ่งมีค่าเป็น 0xBE ลงไปที่ DS18B20 เสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มอ่านข้อมูลจากบัส 1-Wire โดยไทม์สล็อตของการอ่านต้องมีช่วงเวลาอย่างต่ำ 60 μsec และต้องมีช่วงเวลาระหว่างไทม์สล็อตอย่างต่ำ 1 μsec ดังแสดงในรูปที่ 3.8



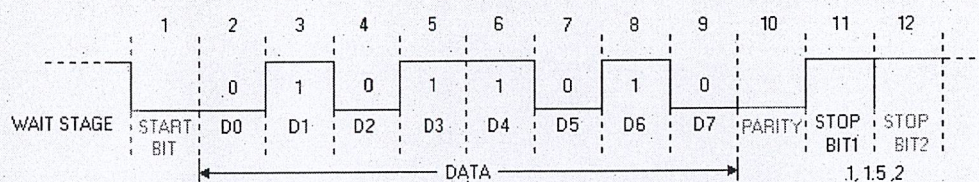
รูปที่ 3.8 การอ่านข้อมูลจาก DS18B20

การอ่านข้อมูลจากบัส 1-Wire เริ่มแรกอุปกรณ์ Master จะต้องดึงบัส 1-Wire ลงให้อยู่ในสถานะลอจิกต่ำเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 1 μsec จากนั้นจึงปล่อยบัส ในกรณีที่ DS18B20 ส่งข้อมูล '0' DS18B20 จะดึงบัสให้เป็นลอจิกต่ำจนจนกว่าจะสิ้นสุดไทม์สล็อตถึงจึงจะปล่อยบัสให้กลับไปอยู่ในสถานะลอจิกสูง ส่วนในกรณีที่ DS18B20 ส่งข้อมูล '1' DS18B20 จะปล่อยบัสให้อยู่ในสถานะลอจิกสูงตลอด ในการ Sample เพื่อรับข้อมูลจาก DS18B20 ควรทำภายใน 15 μsec หลังจากจุดเริ่มของไทม์สล็อตดังแสดงในรูปที่ 3.8

3.3) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous) แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายเทข้อมูล หรือบอดเรต (Baud Rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second: bps) รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. Bit เริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 Bit
2. Bit ข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 Bit
3. Bit ตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มีก็ได้
4. Bit ปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 3.9 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

จากรูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่งหา DATA จะมีสถานะลอจิก '1' จะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มให้จากการให้หา DATA มีลอจิก '0' ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า "บิตเริ่มต้น" (Start Bit) จากนั้นบิตข้อมูล (Data Bit) จะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5, 6, 7 หรือ 8 บิต ก็ได้ จากนั้นก็ตามด้วย บิตพาริตี (Parity Bit) ซึ่งใช้ตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นกับการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย (Stop Bit) ซึ่งจะให้สถานะหา DATA มีสถานะลอจิก '1' อีกครั้ง ด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือค่าบอดเรต (Baud Rate) ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ส่งข้อมูล บอกระยะมาตรฐานที่ใช้ส่งพอร์ตอนุกรม (RS-232) ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 bps และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็ม (MODEM) อาจจะสามารถกำหนดค่าบอกระยะได้สูงถึง 115,200 bps เนื่องจากบอกระยะคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่ได้รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้อัตราการถ่ายทอดข้อมูลในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 bps ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 byte/sec และถ้ามีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 byte/sec การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้

3.3.1) มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งที่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า “สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์” (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเนกเตอร์ (Connector) เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณสูงสุดไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3V ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3V ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอลโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบ DCE จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะทำผ่านมาตรฐาน RS-232

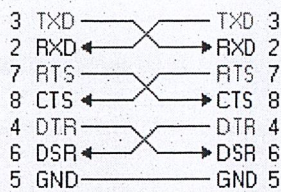
ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE อย่างหนึ่งที่ได้เห็นได้ชัดคือ คอนเนกเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนของ DCE จะเป็นตัวเมียซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนกเตอร์ที่อยู่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

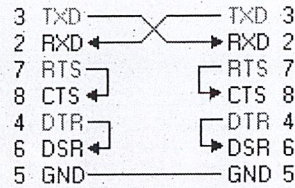
3.3.2) คอนเนกเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ RS-232

จะใช้คอนเนกเตอร์แบบ DB 25 ตัวผู้ หรือ DB 9 ตัวผู้ซึ่งคอนเนกเตอร์แบบ DB 25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเนกเตอร์แบบ DB 9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่ใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 3.10

119227



(ก) แบบ Null MODEM



(ข) แบบ 3 เส้น

รูปที่ 3.10 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 3.10 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางข้อมูล ในรูปที่ 3.10 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null MODEM หรือการเชื่อมต่อโดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 3.10 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null MODEM ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มี ดังนี้

1. Data Carrier Detect: DCD หรืออาจจะเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก
2. Receive Data: RD หรือ RXD ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ใน รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
3. Transmitted Data: TD หรือ TXD ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ใน บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป
4. Data Terminal Ready: DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อดำเนินการโดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null MODEM ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจสอบจับสัญญาณพาห์
5. Signal Ground: GND กราวด์ระบบ
6. Data Set Ready: DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
7. Request To Send: RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมาทางคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สายจะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกันเพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
8. Clear To Send: CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

9. Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและ โปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

3.3.3) UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารแบบอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขานานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขานานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างอัตราการถ่ายทอดข้อมูลแบบโปรแกรมได้ (Programmable Baudrate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงกำหนดตัวหารให้อยู่ในช่วง 10 – 65, 535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (Full-duplex) โดยการส่งแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและ ส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน ชนิดของ UART ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้กันอยู่ 2 เบอร์ คือ

1. 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมียุคเฟิร์สสำหรับรับและ ส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและ ส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 kbps เท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆ รุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

2. 16450 ความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115, 200 bps และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 kbps ได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่าเช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 Mbps เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

3.4) การสื่อสารระบบไร้สาย (Wireless LAN)

ในปัจจุบันนี้โลกของเราเป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสาร เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจและการใช้ชีวิตประจำวัน ความต้องการข้อมูลและการบริการต่าง ๆ นั้นมีความจำเป็น

สำหรับนักธุรกิจ ซึ่งเทคโนโลยีที่สนองต่อความต้องการเหล่านั้นมีมากมาย อย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องปาล์ม ได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมาก และผู้ที่น่าจะได้รับประโยชน์จากการใช้ระบบเครือข่ายไร้สายมีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นในวงการธุรกิจ การศึกษา และการแพทย์

ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) คือระบบการสื่อสารข้อมูลที่นำมาใช้ทดแทน หรือเพิ่มต่อกับระบบเครือข่ายแลนไร้สายแบบดั้งเดิมโดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรดในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องผ่านทางอากาศ ทะลุกำแพง เพดาน หรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย และนอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบแลนไร้สาย และที่สำคัญก็คือการที่มันไม่ต้องใช้สาย ทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบแลนแบบใช้สายที่ต้องใช้เวลา และการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

3.4.1) รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย

1. Peer-to-Peer (ad hoc mode)

รูปแบบการเชื่อมต่อแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้ และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ด้านความรวดเร็ว หรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุมหรือการประชุมที่จัดนอกสถานที่

2. Client/Server (Infrastructure mode)

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client/Server (Infrastructure mode) มีลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า "Hot Spot" ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่าย หรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมใน Office ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

3. Multiple access points and roaming

เป็นการเพิ่มจุดการติดตั้ง AP ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง

4. Use of an Extension Point

มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย

5. The Use of Directional Antennas

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน

3.4.2) มาตรฐานของเครือข่ายไร้สาย

การสื่อสารกับเครือข่ายไร้สายก็คือ มาตรฐาน IEEE 802.11 เริ่มประกาศใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1997 ซึ่งมาตรฐานที่เกิดขึ้นยังมีข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยี ซึ่งกำหนดระบบการส่งสัญญาณด้วยความเร็วที่ 2 Mbps และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาโดยมีส่วนย่อยอยู่ด้วยกันถึง 9 ส่วน คือ a, b, c, d, e, f, g, h และ I โดยแต่ละชนิดนั้นก็จะมีลักษณะหรือมาตรฐานของรายละเอียดต่างกันไป ซึ่งหลังจาก 9 กลุ่มย่อยดังนี้ กลุ่มตัวอักษรจะไม่มีเรียงว่า a จะต่ำกว่า b และ c แต่จะขึ้นอยู่กับว่ามาตรฐานของกลุ่มใดทำเสร็จก่อนก็จะนำออกเปิดตัวก่อน โดยดูได้จากตารางข้างล่างซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบมาตรฐานต่างๆ เอาไว้ ดังตารางที่ 3.1

มาตรฐาน	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
เริ่มประกาศใช้	July 1997 กรกฎาคม 2540	September 1999 กันยายน 2542	September 1999 กันยายน 2542	Expected in 2002 2545
แถบความถี่ที่สามารถใช้ได้	83.5 MHz	300 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz
ช่วงความถี่ที่สามารถใช้ได้	2.4-2.4835 GHz	5.15-5.35 GHz 5.725-5.825 GHz	2.4-2.4835 GHz	2.4-2.4835 GHz
อัตราการส่งข้อมูลต่อช่อง	1,2 Mbps	6,9,12,18,24,36,48 ,54 Mbps	1,2,5.5,11 Mbps	6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps
ความเข้ากันได้	802.11	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi at 11 Mbps and below

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานการสื่อสารกำหนดโดย IEEE

3.4.3) Wireless LANs Technology

เทคโนโลยีในการส่งสัญญาณมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุที่ และประเภทที่ใช้สัญญาณอินฟราเรดในการติดต่อรับส่งข้อมูล

3.4.3.1) ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ

- **Narrow Band Technology** เป็นระบบวิทยุแบบความถี่แคบ เป็นการรับส่งความถี่ 902 MHz ถึง 928 MHz, 2.14 MHz ถึง 2.484 และ 5.725 MHz ถึง 5.850 MHz สัญญาณจะมีกำลังต่ำ (โดยทั่วไปประมาณ 1 มิลลิวัตต์) และใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่เท่านั้น

- **Spread Spectrum Technology** ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิค Spread Spectrum Technology ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า Narrow Band Technology ซึ่ง Spread Spectrum คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 MHz และ 2.4-2.484 GHz โดยการส่งสัญญาณเทคนิค Spread Spectrum สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ Direct Sequence และ Frequency-Hopping

- **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)** Direct Sequence Spread Spectrum เป็นเทคนิคที่ยังใช้คลื่นพาหะที่ต้องระบุนความถี่ที่ใช้ โดยมันสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบ Narrow Band วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีการแทรกสอดรบกวนจากคลื่นวิทยุอื่น ๆ อย่างรุนแรง

- **Frequency - Hopping Spread Spectrum (FHSS)** การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (Narrow Band) โดยเน้นการนำไปใช้งาน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่า ถ้าคำนึงถึงปัญหาทางด้านประสิทธิภาพและคลื่นรบกวนก็ควรใช้วิธี DSSS ถ้าต้องการใช้ Adapter ไร้สายขนาดเล็กและราคาไม่แพงสำหรับเครื่อง Notebook หรือเครื่อง PDA ก็ควรเลือกแบบ FHSS

- **Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)** เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลตามมาตรฐานใหม่ ๆ ของระบบเครือข่ายไร้สาย คือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการ Multiplex สัญญาณโดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (subcarrier) หลาย ๆ ความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

3.4.3.2) Infrared Technology

ลำแสงอินฟราเรด (Infrared : IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่ตาของคนเราจะไม่สามารถมองเห็น ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารที่ใช้ในระยะใกล้ ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Remote Control) ที่ควบคุมเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook คุณสมบัติเด่นของคลื่นอินฟราเรดและคลื่นสั้น คือ เดินทางเป็นแนวตรง ราคาถูก และง่ายต่อการผลิตใช้งาน แต่คลื่นประเภทนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อเครือข่ายไร้สายมีดังนี้

- WLAN Adapters

เป็น Adapter แบบไร้สายซึ่งทำหน้าที่พื้นฐานคล้าย ๆ แบบใช้สายซึ่งมี Interface แบบ PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association), PCI (Peripheral Component Interconnect Cards), ISA (Industry Standard Architecture Cards), Cardbus และ USB มีหน้าที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงโครงข่ายได้ ในเครือข่าย LAN แบบใช้สาย, Adapter เป็นตัว Interface ระหว่าง OS ของระบบเครือข่ายและสายสัญญาณ ส่วนในเครือข่าย WLAN จะทำหน้าที่เป็น Interface ระหว่าง OS ของระบบเครือข่ายกับเสาอากาศ เพื่อจะสร้างการเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอื่นต่อไป

- Wireless Access Point

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้าย Hub ของระบบ LAN แบบใช้สาย โดยที่มันจะรับเป็น Buffers และส่งข้อมูลระหว่าง WLAN และ โครงสร้างแบบใช้สาย สนับสนุนการใช้งานของอุปกรณ์ไร้สายแบบเป็นกลุ่ม ซึ่งตัว Access Point มันจะเชื่อมต่อกับ Backbone ของโครงข่ายใช้สายผ่านมาตรฐานเคเบิลแบบ Ethernet และสื่อสารกับอุปกรณ์ไร้สายผ่านเสาอากาศ รัศมีของการเชื่อมต่อกับ Access Point เรียกเป็น Microcell มีระยะอยู่ที่ 20 เมตรถึง 500 เมตร และ Access Point หนึ่งตัวสนับสนุนผู้ใช้งานได้ 15 ถึง 250 คน

- **Outdoor Wireless Bridge**

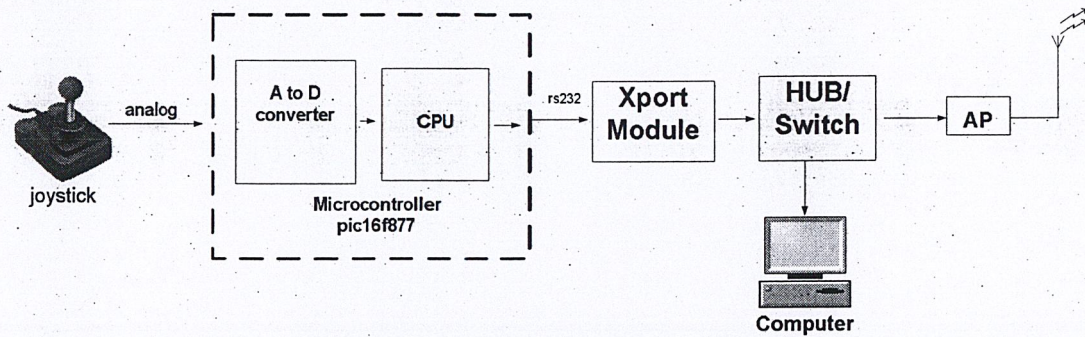
ใช้สำหรับเชื่อมต่อระบบเครือข่ายกับอาคารอื่น ๆ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลากสาย Fiber Optic ระหว่างอาคารมีราคาสูง โดยเฉพาะถ้ามีสิ่งก่อสร้างขวางกั้นอยู่ด้วย เช่น ทางด่วน หรือแม่น้ำลำคลอง WLAN Bridge จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ มันให้อัตรารับ-ส่งข้อมูลสูง และมีรัศมีการรับส่งหลายไมล์ แต่ต้องอยู่ในลักษณะระดับสายตา line-of-sight

บทที่ 4

การออกแบบยานตรวจการณ์ไร้สาย

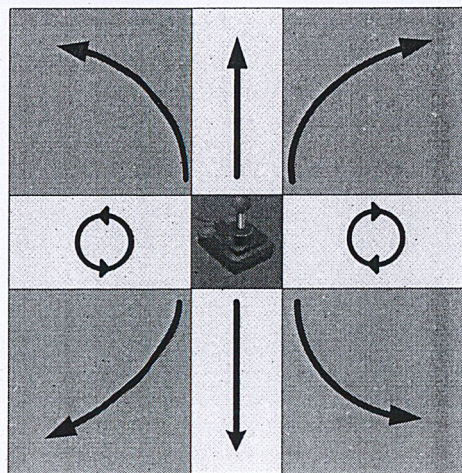
การออกแบบยานตรวจการณ์ไร้สายนั้น ได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่ และฝั่งตัวยานตรวจการณ์

4.1) การออกแบบฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่



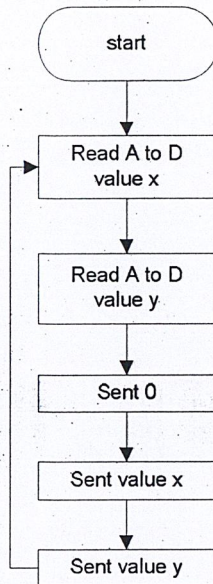
รูปที่ 4.1 Block Diagram ฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่

การออกแบบส่วนควบคุมนี้ได้ใช้จอยสติ๊กเป็นตัวควบคุมทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ โดยอาศัยคุณสมบัติของจอยสติ๊กที่เป็นอนาล็อกแบบที่ให้ค่าเป็นเชิงเส้น (Linear) โดยจะแบ่งตำแหน่งของการโยกจอยสติ๊กไปตามทิศทางต่างๆ ตามรูปที่ 4.2 โดยจะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโมดูลในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลและเก็บค่าที่ได้จากการอ่านค่าจากแกนของจอยสติ๊กทั้งสองแกนนั้น ส่งไปที่ตัวรถเพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิงในการเคลื่อนที่ โดยในการส่งค่าไปที่ตัวรถนั้นจะส่งข้อมูลในรูปแบบอนุกรมผ่านทาง RS-232 โดยจะใช้การสื่อสารไร้สายผ่านทาง Wireless LAN โดยอาศัย XPORT Module ทำหน้าที่เป็น LAN Converter ส่งข้อมูล RS-232 ให้ผ่านทาง LAN ได้



รูปที่ 4.2 การโยกจอยสติ๊กเพื่อบังคับรถไปตามทิศทางต่างๆ

เนื่องจากในการส่งค่าผ่านพอร์ตอนุกรมนั้น จำเป็นต้องมีการส่งค่าอยู่หลายค่า จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดข้อตกลงในการส่ง และรับค่า โดยในส่วนนี้ได้ออกแบบเป็น 3 Byte ดังนี้ ค่า 0x00, ค่าแกน X และค่าแกน Y โดยค่า 0x00 นั้นจะเป็นค่าที่บอกถึงตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูล



รูปที่ 4.3 Flow Chart การทำงานของฟังก์ชันการเคลื่อนที่

4.1.1) การออกแบบระบบเครือข่าย

การจัด IP Address ของอุปกรณ์แต่ละตัวโดยจะต้องทำการออกแบบให้ IP Address นั้นจัดอยู่ในช่วงของ Private IP สำหรับ Private IP นั้นทาง Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ได้กำหนดช่วงที่อนุญาตให้ใช้ได้ดังนี้

10.0.0.0 to 10.255.255.255

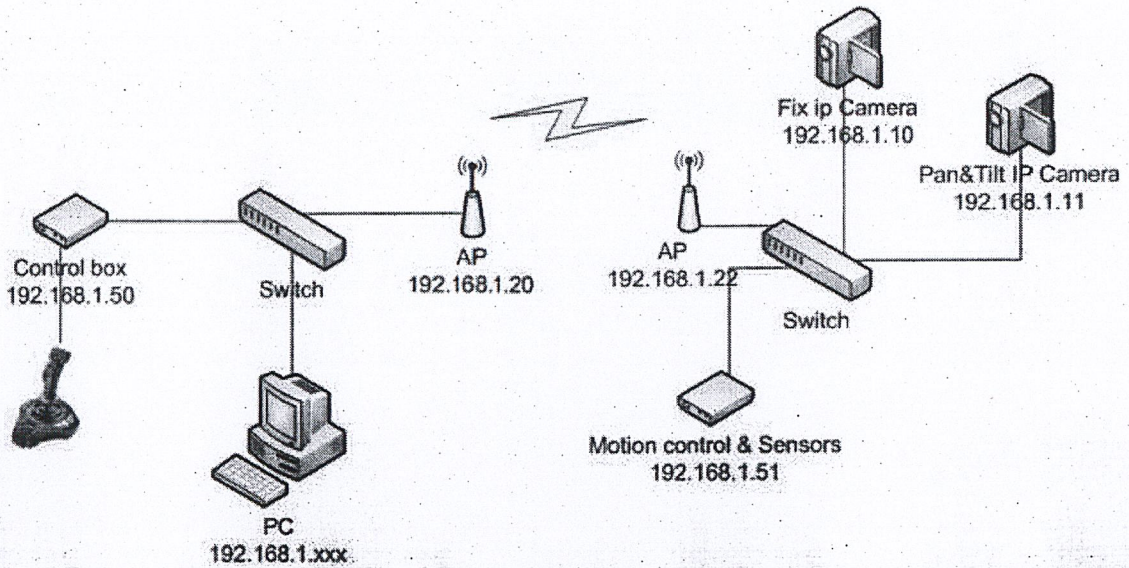
172.16.0.0 to 172.32.255.255

192.168.0.0 to 192.168.255.255

ซึ่งใช้เฉพาะ LAN ภายในที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับ Internet เท่านั้น

	อุปกรณ์	IP Address	Subnet
1	IP CAMERA (FIX)	192.168.1.10	255.255.255.0
2	IP CAMERA (PAN&TILT)	192.168.1.11	255.255.255.0
3	EXPORT Module(Base)	192.168.1.50	255.255.255.0
4	EXPORT Module(Vehicle)	192.168.1.51	255.255.255.0
5	PC	192.168.1.xxx	255.255.255.0
6	Access Point (Base)	192.168.1.20	255.255.255.0
7	Access Point (Vehicle)	192.168.1.22	255.255.255.0

ตารางที่ 4.1 แสดงหมายเลข IP ของอุปกรณ์



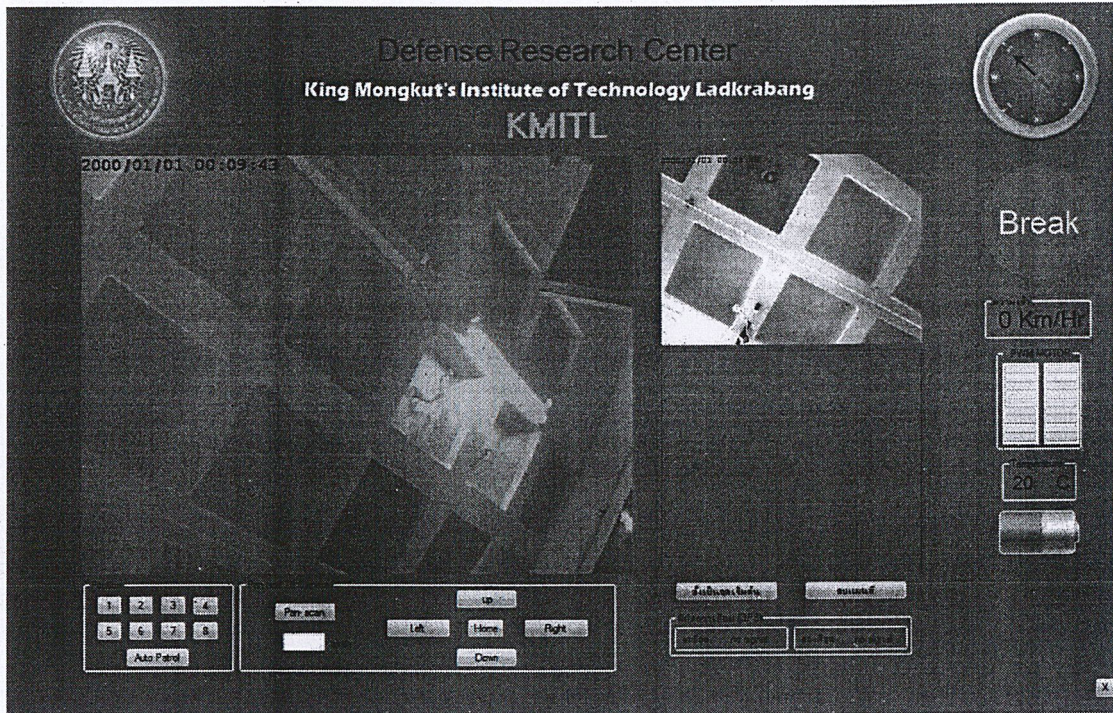
รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเครือข่ายและหมายเลข IP ของอุปกรณ์

4.1.2) การออกแบบในส่วนของโปรแกรมแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์

การออกแบบในส่วนของโปรแกรมแสดงผลถูกออกแบบโดยเลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 2008 ในการออกแบบโดยได้มีการใช้ Toolbox ที่นำมาติดตั้งในส่วน Visual ของหน้า Windows Forms ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2

ชื่อ Toolbox	จำนวน
Button	18
GroupBox	10
Label	9
Panel	1
PictureBox	5
SerialPort	2
Textbox	1
Timer	2
WebBrowser	3

ตารางที่ 4.2 แสดง Toolbox ที่ใช้ใน Windows Forms



รูปที่ 4.5 แสดงส่วนของหน้าจอแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์

4.1.2.1) การแสดงภาพและการควบคุมกล้อง IP

ในส่วนของกล้อง IP จะแสดงผลโดยใช้ Web Browser ในการแสดงผลโดยเปิดผ่าน URL ซึ่งกล้อง IP ทุกรุ่นจะมีการแสดงผลผ่าน Web Browser อยู่แล้ว จึงสามารถนำคุณสมบัติส่วนนี้มาใช้ได้

กล้อง IP	URL
FIX	http://192.168.1.11/view2.cgi?profile=4
Pan & Tilt	http://192.168.1.10/view2.cgi?profile=4

ตารางที่ 4.3 URL ของ IP CAMERA แต่ละตัว

ในส่วนของการควบคุม Pan & Tilt ของ IP CAMERA จะควบคุมโดยใช้โปรโตคอล CGI ในการควบคุมโดยใช้ปุ่ม Button ในการสั่งงาน โดยจะมีคำสั่งตามตารางที่ 4.4

การหมุน	URL
UP	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=movedegree&Cmd=up&Degree= องศาที่ต้องการหมุน”
DOWN	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=movedegree&Cmd=down&Degree= องศาที่ต้องการหมุน”
LEFT	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=movedegree&Cmd=left&Degree= องศาที่ต้องการหมุน”

RIGHT	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=movedegree&Cmd=right&Degree=" องศาที่ต้องการหมุน"
HOME	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=home
PAN SCAN	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=panscan

ตารางที่ 4.4 แสดงการควบคุมการ Pan & Tilt ของกล้อง โดยใช้ URL

ตำแหน่ง	URL
1	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position1
2	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position2
3	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position3
4	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position4
5	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position5
6	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position6
7	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position7
8	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=Position8
Auto Patrol	http://192.168.1.11/cgi/admin/ptctrl.cgi?action=move&Cmd=autopatrol

ตารางที่ 4.5 การควบคุมให้กล้องหมุนไปยังตำแหน่งที่บันทึกไว้

4.1.2.2) การแสดงผลในส่วนของ Sensors และ GPS

ในการแสดงผลข้อมูลของเซนเซอร์แต่ละตัวจะใช้รูปภาพแสดงผลโดยการอ่านข้อมูลตามข้อตกลงในการสื่อสารต่างๆ ตามตารางที่ 4.6

ตำแหน่งของข้อมูลแต่ละ Byte	ชนิดของข้อมูล
1	Header(00)
2	Compass
3	Battery Voltage
4	Temperature
5	Longitude
6	Latitude
7	Velocity

ตารางที่ 4.6 ข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลในส่วนของ Sensors และ GPS

ตำแหน่งของข้อมูลแต่ละ Byte	ชนิดของข้อมูล
1	Header(00)
2	ตำแหน่งแกน X ของจอยสติค
3	ตำแหน่งแกน Y ของจอยสติค

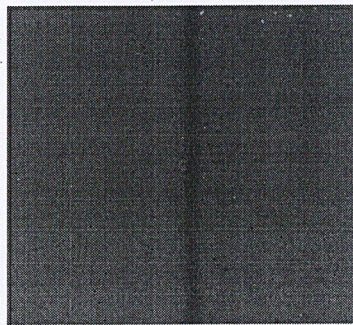
ตารางที่ 4.7 ข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลในส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่

4.1.2.3) การแสดงพิกัด GPS และการวาดเส้นทางการเคลื่อนที่

ในการแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่จะเริ่มทำงานเมื่อกดปุ่มตั้งค่าจุดเริ่มต้นเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวาดเส้นโดยจุดของ GPS แต่ละจุดนั้นจะเทียบเท่ากับ 3 Pixel ของแผนที่ในหน้าจอ โดย GPS ตัวที่เลือกใช้นั้นให้ความละเอียดสุดอยู่ที่ทศนิยม 4 ตำแหน่ง หรือประมาณ 10 เมตร

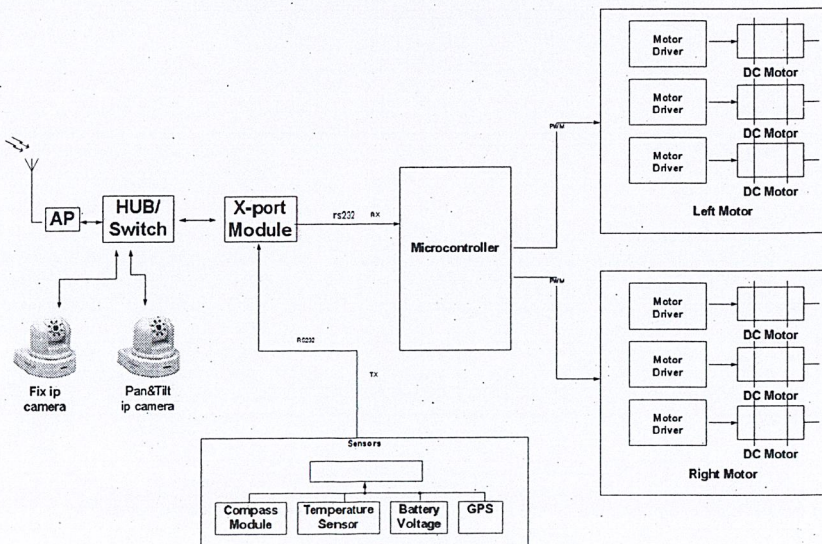
เนื่องจากข้อมูลที่ GPS ส่งมานั้นความเร็วจะมีหน่วยเป็น knot/hr แต่ในความเป็นจริงเรานิยมใช้ km/hr

$$V_{km/hr} = V_{knot/hr} \times 1.8 \quad \dots (4)$$



รูปที่ 4.6 ตารางแสดงแผนที่การเคลื่อนที่

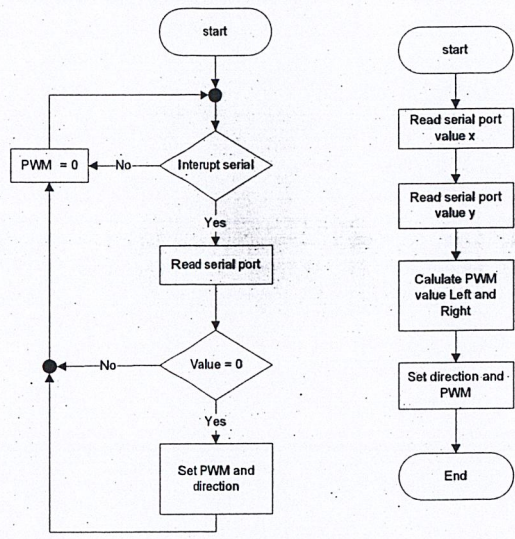
4.2) การออกแบบผังตัวยานตรวจการณ์



รูปที่ 4.7 Block Diagram ผังยานตรวจการณ์

4.2.1) ส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่

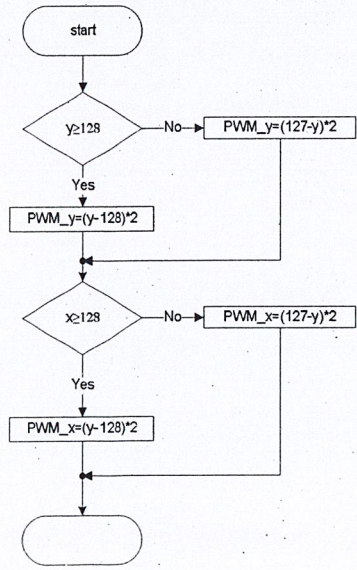
การควบคุมการเคลื่อนที่นี้จะใช้การควบคุมจากค่าที่ได้รับมาจากฝั่งควบคุม โดยรับข้อมูลมาจาก XPORT ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่และความเร็วของการเคลื่อนที่ให้เป็นไปตามค่าที่ได้จากจอยสติ๊กและใช้ข้อมูลในการจัดลำดับข้อมูลต่างๆ ที่ส่งมาผ่านทาง RS-232 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะสร้างสัญญาณ PWM ออกมาเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทั้ง 6 ตัว ของตัวรถ ดังรูปภาพที่ 4.8



รูปที่ 4.8 Flow Chart การทำงานของฝั่งยานตรวจการณ์

4.2.1.1) การควบคุมความเร็วของตัวรถ

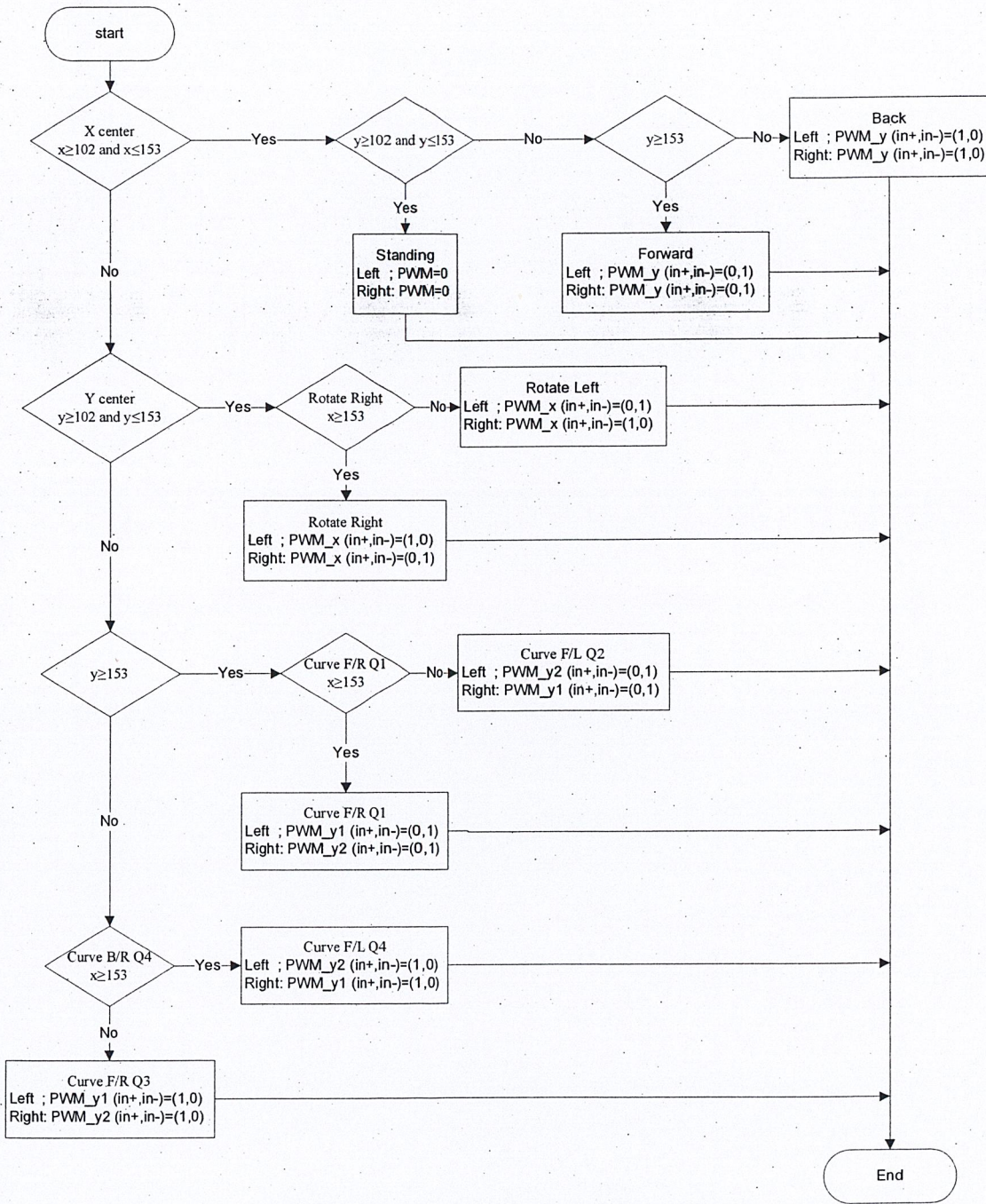
เมื่อได้รับค่ามาจากจอยสติ๊ก ไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับก็จะได้รับข้อมูลทั้งในส่วนของทิศทางและความเร็ว ในส่วนนี้จะอธิบายถึงการคำนวณสัญญาณ PWM เพื่อนำไปควบคุมความเร็วของตัวรถ



รูปที่ 4.9 Flow Chart การคำนวณ PWM ในการควบคุมความเร็วรถ

4.2.1.2) การควบคุมทิศทางของตัวรถ

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงการนำค่าจากจอยสติ๊กมาคำนวณเพื่อบังคับทิศทางของตัวรถให้ได้ตามที่โยกจอยสติ๊กดังรูปที่ 4.2 โดยการทำงานจะสามารถบังคับรถให้ เดินหน้า, ถอยหลัง, เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา, หมุนซ้าย และ หมุนขวา ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 Flow Chart การควบคุมทิศทางของตัวรถ

4.2.2) ส่วนของเซนเซอร์และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก

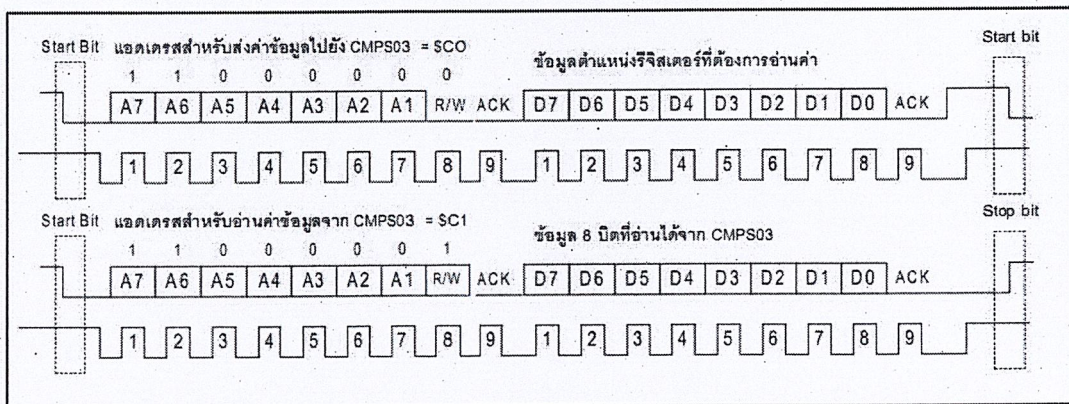
ภายในตัวรถจะประกอบไปด้วยโมดูลเข็มทิศดิจิทัล เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแรงดันแบตเตอรี่ และ GPS โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปยังฐานปฏิบัติการ โดยผ่าน XPORT เพื่อส่งข้อมูล RS-232 ให้ผ่าน LAN ได้ ข้อตกลงในการส่งและรับค่า โดยใน ส่วนนี้ได้ออกแบบเป็น 4 Byte ดังนี้ ค่า 0x00, ค่าองศาของเข็มทิศดิจิทัล, ค่าแรงดันแบตเตอรี่ และค่าอุณหภูมิ โดยค่า 0x00 นั้นจะเป็นค่าที่บอกถึงตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูลดังรูปที่ 4.16

เพื่อความสะดวกในการชาร์จแบตเตอรี่ ได้เพิ่มโมดูล LCD 4 บรรทัด 16 ตัวอักษร ไว้ทำยกรถใกล้ๆ กับจุดที่ชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อจะได้สามารถอ่านค่าแรงดันของแบตเตอรี่ และค่าของอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องดูจากหน้าจอของฝั่งควบคุมการเคลื่อนที่

4.2.2.1) โมดูลเข็มทิศดิจิทัล (Digital Compass Module)

โมดูลเข็มทิศดิจิทัล CMPS03 เป็นผลงานของ Devantech ออกแบบมาเพื่อช่วยในการกำหนดทิศทาง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติและนำมาใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดและตรวจสอบทิสระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยหัวใจสำคัญของโมดูล CMPS03 คือ ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กเบอร์ KMZ51 ของ Philips จำนวน 2 ตัว เพื่อให้มีความไวเพียงพอในการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลก และไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจากตัวตรวจจับมาประมวลผลเป็นข้อมูลดิจิทัลและสัญญาณพัลส์สำหรับแจ้งผลการวัดทิศทาง

ในการติดต่อสื่อสารกับโมดูลจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบ I²C ซึ่ง แอดเดรสของอุปกรณ์ (Device Address) เป็น 0xC0 สำหรับการส่งข้อมูล และ 0xC1 สำหรับการอ่านข้อมูล



รูปที่ 4.11 Timing Diagram ของการติดต่อสื่อสารกับ CMPS03 แบบ I²C

4.2.2.2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

DS18B20 เป็น IC วัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลของ Dallas Semiconductor สามารถวัดอุณหภูมิเป็นหน่วยองศาเซลเซียส ในช่วง -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส ที่ความละเอียด 9-12 บิต และมีความแม่นยำอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียส ในช่วง -10 ถึง 85 องศาเซลเซียส ในกรณีตัวถังแบบ TO-92 นั้นจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.9

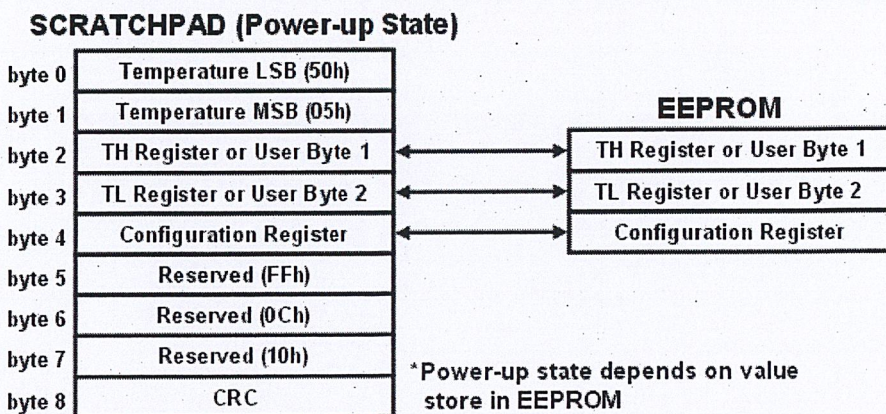


PIN	SYMBOL	Description
1	GND	Ground
2	DQ	Data Input/ Output pin
3	Vdd	Optional Vdd pin

รูปที่ 4.12 โครงสร้างและการจัดขาของ DS18B20 ตัวถัง TO-92

การสื่อสารและควบคุม DS18B20 นั้นสามารถทำได้โดยใช้บัสข้อมูลแบบ 1-Wire ของ Dallas Semiconductor ซึ่งใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวเท่านั้น ภายใน DS18B20 แต่ละตัวมีโค้ดประจำตัวขนาด 64 บิต ทำให้สามารถใช้งาน DS18B20 หลายตัวทำงานบนบัสแบบ 1-Wire พร้อมกันได้ นอกจากนี้ DS18B20 ยังสามารถทำงานในโหมดพาราสิติก (Parasite Power Mode) ซึ่งเป็นการทำงานโดยไม่ใช้ไฟเลี้ยง แต่ใช้พลังงานจากสายสัญญาณ 1-Wire ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับการวัดอุณหภูมิระยะไกล หรือในการใช้งานในที่ ๆ มีเนื้อที่จำกัด แต่ในบทความนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการใช้งานขั้นพื้นฐานในโหมดธรรมดาเท่านั้น สำหรับผู้ที่สนใจสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Datasheet ของ DS18B20

โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20 มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย SRAM Scratchpad ขนาด 9 ไบต์ และ EEPROM ขนาด 3 ไบต์ ซึ่งใช้เก็บค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) ต่ำสุด (TL) สำหรับเปรียบเทียบการเกิดสัญญาณเตือน และรีจิสเตอร์ควบคุม (Configuration Register)



รูปที่ 4.13 โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20

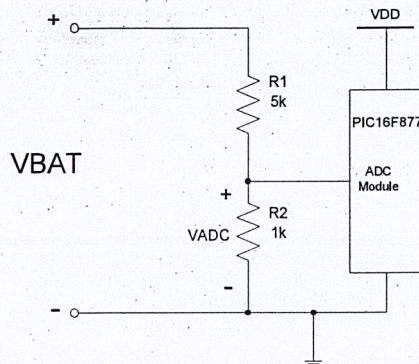
ข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จะถูกเก็บอยู่ในรีจิสเตอร์ Temperature ซึ่งมีขนาด 16 บิต ดังแสดงในรูปที่ 3 ถ้าข้อมูลอุณหภูมิเป็นบวก S จะเป็น “1” แต่ถ้าข้อมูลอุณหภูมิเป็นลบ S จะเป็น “0” ในกรณีที่ DS18B20 ทำงานในโหมดความละเอียด 12 บิต บิตทุกบิตในรีจิสเตอร์ Temperature จะถูกใช้หมด แต่ในกรณีที่ทำงานในโหมด 9-11 บิต บิตล่าง (บิต 0 – บิต 2) จะไม่ถูกใช้งาน ซึ่งในการกำหนดโหมดความละเอียดการทำงาน ของ DS18B20 นั้นสามารถกำหนดได้ที่รีจิสเตอร์ Configuration ซึ่งโดยปกติเริ่มต้น DS18B20 จะทำงานในโหมด 12 บิต

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
LS Byte	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
MS Byte	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

รูปที่ 4.14 โครงสร้างภายในรีจิสเตอร์ Temperature LSB และ MSB

4.2.2.3) เซนเซอร์วัดแรงดันแบตเตอรี่

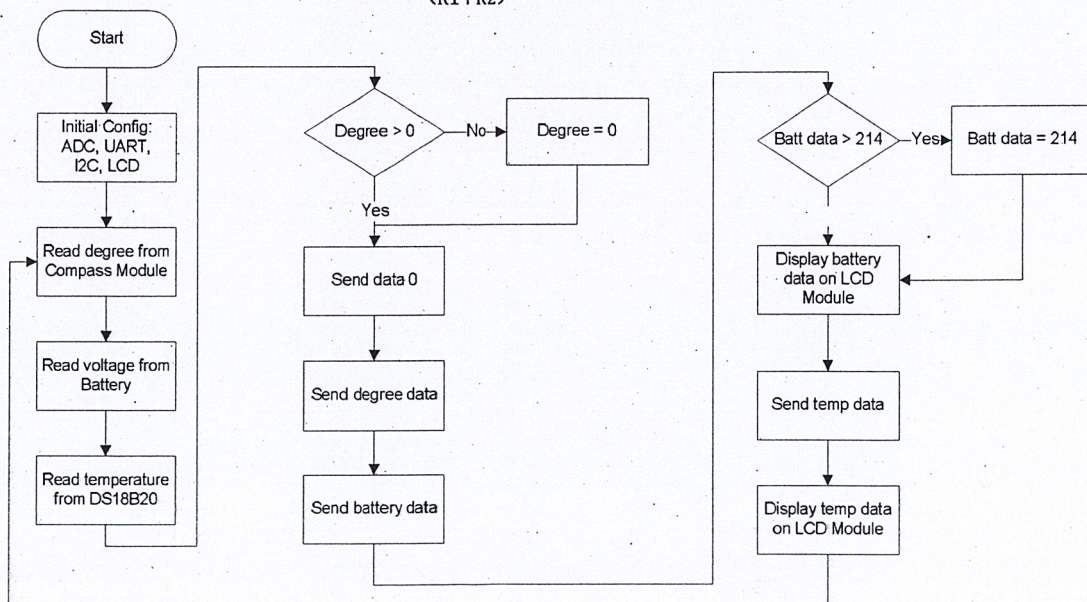
ในการวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่นั้นจะต้องอาศัยการใช้วงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้แรงดันจาก 24V เหลือเพียงแค่ 5V เพื่อนำไปประมวลผลโดยใช้ โมดูลแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Analog to Digital Converter Module) แปลงค่าแอนะล็อกเป็นค่าดิจิทัล แล้วคำนวณเป็นแรงดันออกมาแสดงผลทาง LCD Module และส่งต่อไปยังฐานปฏิบัติการ วงจรที่ได้ออกแบบเป็นดังนี้



รูปที่ 4.15 วงจรเซนเซอร์วัดแรงดันแบตเตอรี่

จากวงจร เนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่แต่ละครั้งเราจะไม่ทราบว่าเครื่องชาร์จนั้นๆ จะตั้งแรงดันไว้ที่เท่าไร ในการออกแบบจึงเพื่อให้เซนเซอร์สามารถวัดแรงดันได้สูงสุด 30V ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (4)

$$V_{ADC} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{BAT} \quad \dots(4)$$



รูปที่ 4.16 Flow Chart การทำงานของส่วนของระบบเซนเซอร์

4.2.2.4) ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก หรือ จีพีเอส (Global Positioning System: GPS) คือระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนำพาที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรรอบโลกซึ่งทราบตำแหน่ง ทำให้ระบบนี้สามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลก โดยเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส รุ่นใหม่ๆ จะสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมแผนที่ เพื่อใช้ในการนำทางได้

แนวคิดในการพัฒนาระบบจีพีเอส เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา นำโดย Dr. Richard B. Kershner ได้ติดตามการส่งดาวเทียมสปุตนิกของโซเวียต และพบปรากฏการณ์คอปเปิลอร์ของคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียม พวกเขาพบว่าหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นผิวโลก ก็สามารถระบุตำแหน่งของดาวเทียมได้จากการตรวจวัดคอปเปิลอร์ และหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียม ก็สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ ในทางกลับกัน

กองทัพเรือสหรัฐได้ทดลองระบบนำทางด้วยดาวเทียม ชื่อ TRANSIT เป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1960 ประกอบด้วยดาวเทียมจำนวน 5 ดวง ส่วนดาวเทียมที่ใช้ในระบบจีพีเอส (GPS Block-I) ส่งขึ้นทดลองเป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1978 เพื่อใช้ในทางการทหาร

เมื่อ ค.ศ. 1983 หลังจากเกิดเหตุการณ์โคเรียนแอร์ไลน์ เที่ยวบินที่ 007 ของเกาหลีใต้ บินพลัดหลงเข้าไปในน่านฟ้าของสหภาพโซเวียต และถูกยิงตก ผู้โดยสาร 269 คนเสียชีวิตทั้งหมด ประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกนได้ประกาศว่า เมื่อพัฒนาระบบจีพีเอสแล้วเสร็จ จะอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปใช้งานได้

ดาวเทียมจีพีเอส เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์ หรือ 10,900 ไมล์ทะเล) จากพื้นโลก ใช้การยืนยันตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ดาวเทียมจะโคจรรอบโลกเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ ที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/วินาที การโคจรแต่ละรอบนั้นสามารถได้เป็น 6 ระนาบๆ ละ 4 ดวง ทำมุม 55 องศา โดยทั้งระบบจะต้องมีดาวเทียม 24 ดวง หรือมากกว่า เพื่อให้สามารถยืนยันตำแหน่งได้ครอบคลุมทุกจุดบนผิวโลก ปัจจุบัน เป็นดาวเทียม GPS Block-II มีดาวเทียมสำรองประมาณ 4-6 ดวง

โมดูลจีพีเอสที่ใช้งาน ได้เลือกใช้ MTI-6 ของ บริษัท Stars Navigation Technologies จำกัด ซึ่งเป็นโมดูลจีพีเอสที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติดังนี้

Technique specifications

Receiver type: L1 frequency, C/A Code, 20-channel

Max up-date rate: 1Hz

Accuracy (SA off): Position < 10M 2DRMS

Tracking Sensitivity: -159dBm (at the receiver input)

Operational Limits: Altitude < 18,000m (60,000ft) velocity < 515m/s (1,000knots)

4.2.2.4.1) ความถูกต้องของตำแหน่งพิกัด

ความถูกต้องของตำแหน่งที่หาได้จากระบบพิกัดดาวเทียมนั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก เช่น

- จำนวนดาวเทียม จำนวนยิ่งมากยิ่งมีโอกาสที่จะได้ความถูกต้องที่สูงขึ้นจากการวิเคราะห์ตำแหน่ง
- ตำแหน่งและการเรียงตัวของดาวเทียม (satellite configuration) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่า DOP

(Dilution of Precision)

- ชนิดของสัญญาณที่นำมาใช้วิเคราะห์ (code หรือ phase หรือทั้งสองอย่าง)
- จำนวนสัญญาณคลื่นความถี่ (ความถี่เดียว หรือ ความถี่คู่ หรือ มากกว่า)
- วิธีการวิเคราะห์ (วิเคราะห์ตำแหน่งแบบเชิงเดี่ยว (single หรือ precise point positioning) หรือ ตำแหน่งสัมพัทธ์ (relative positioning)

- เทคนิคการขจัดผลกระทบเนื่องจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere เป็นชั้นอากาศเบาบาง ที่ประกอบด้วยแก๊สที่แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ)

- เทคนิคการประมาณผลกระทบจากโทรโปสเฟียร์ (troposphere เป็นชั้นอากาศที่เราอาศัยอยู่)

- คุณภาพของข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมว่าใช้จากแหล่งใด ข้อมูลนำทาง (navigation message)

หรือ ข้อมูลจาก IGS (final ephemeris product SP3)

- ผลกระทบเนื่องจากสหวิติ (multi-path) ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนของสัญญาณ
- การผสมผสานระบบดาวเทียมหลายๆ อย่าง ที่เรียก GNSS (Global Navigation Satellite System)
- ผลกระทบอื่นๆ (random noise error)
- ความสามารถในการกรองข้อมูล (data filtering technique)

4.2.2.4.2) รูปแบบข้อมูลการสื่อสาร

รูปแบบข้อมูลที่ได้รับจากโมดูลจีพีเอส จะมีหลากหลายโปรโตคอล ดังข้อมูลด้านล่าง ซึ่งแต่ละ

โปรโตคอลก็จะมีข้อมูลที่ส่งมาภายในแต่ละโปรโตคอลแตกต่างกันไป

```
$GPGSV,3,3,12,26,09,034,,05,08,075,25,25,06,190,,12,06,155,20*77
$GPVTG,354.0,T,,M,000.0,N,000.0,K,A*0F
$GPRMC,130053.971,A,1357.0199,N,10034.1504,E,000.0,354.0,161110,,,A*66
$GPGLL,130053.971,1357.0199,N,10034.1504,E,1.06,1.4,0.0,M,-26.8,M,,0000*72
$GPGSA,A,3,29,15,09,05,21,27,,,,,2.6,1.4,2.2*36
$GPGSV,3,1,12,09,54,121,24,21,50,338,32,27,47,080,31,29,44,214,21*78
$GPGSV,3,2,12,15,42,020,34,18,30,322,20,14,15,231,,22,10,294,*78
$GPGSV,3,3,12,26,09,034,,05,08,075,28,25,06,190,,12,06,155,22*78
$GPVTG,354.0,T,,M,000.0,N,000.0,K,A*0F
$GPRMC,130054.971,A,1357.0199,N,10034.1504,E,000.0,354.0,161110,,,A*61
$GPGLL,130054.971,1357.0199,N,10034.1504,E,1.06,1.4,0.0,M,-26.8,M,,0000*75
$GPGSA,A,3,29,15,09,05,21,27,,,,,2.6,1.4,2.2*36
$GPGSV,3,1,12,09,54,121,24,21,50,338,32,27,47,080,31,29,44,214,21*78
$GPGSV,3,2,12,15,42,020,34,18,30,322,20,14,15,231,,22,10,294,*78
$GPGSV,3,3,12,26,09,034,,05,08,075,27,25,06,190,,12,06,155,22*77
$GPVTG,354.0,T,,M,000.0,N,000.0,K,A*0F
$GPRMC,130055.971,A,1357.0199,N,10034.1504,E,000.0,354.0,161110,,,A*60
$GPGLL,130055.971,1357.0199,N,10034.1504,E,1.06,1.4,0.0,M,-26.8,M,,0000*74
$GPGSA,A,3,29,15,09,05,21,27,,,,,2.6,1.4,2.2*36
$GPGSV,3,1,12,09,54,121,24,21,50,338,30,27,47,080,29,29,44,214,20*72
$GPGSV,3,2,12,15,42,020,32,18,30,322,20,14,15,231,,22,10,294,*7E
$GPGSV,3,3,12,26,09,034,,05,08,075,25,25,06,190,,12,06,155,21*76
$GPVTG,354.0,T,,M,000.0,N,000.0,K,A*0F
```

ซึ่งโปรโตคอลนี้กำหนดโดย NMEA (The National Marine Electronics Association) โดยหน่วยงานนี้เป็นหน่วยงานที่เป็นผู้ตั้ง กำหนดมาตรฐานของการติดต่อสื่อสาร (Interfacing) ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเดินเรือ ซึ่งตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยข้อมูลโปรโตคอลต่างๆ ที่ได้รับจากโมดูลจีพีเอสมีดังนี้

RMC - Recommend Minimum Specific GPS/TRANSIT Data

GGA - Global Positioning System Fix Data

GSA - GPS DOP and Active Satellites

GSV - GPS Satellites in View

VTG - Track Made Good and Ground Speed

ในโครงการนี้จะเลือกโปรโตคอล RMC มาใช้งานซึ่งคุณสมบัติของโปรโตคอล RMC มีดังนี้

RMC Recommended Minimum Navigation Information

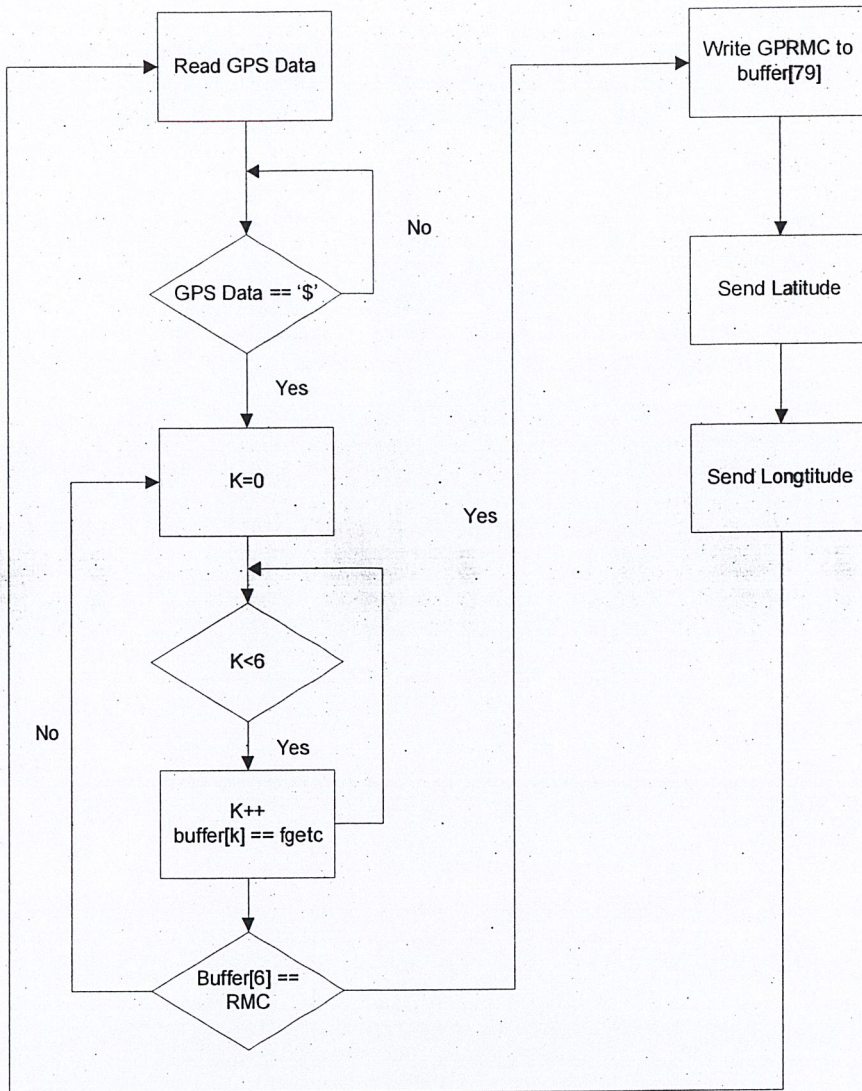
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

\$--RMC, hhmmss.ss,A, llll.ll, a, yyyyy.yy, a, x.x, x.x, xxxx, x.x, a*hh

- 1) Time (UTC)
- 2) Status, V = Navigation receiver warning
- 3) Latitude
- 4) N or S
- 5) Longitude
- 6) E or W
- 7) Speed over ground, knots
- 8) Track made good, degrees true
- 9) Date, ddmmyy
- 10) Magnetic Variation, degrees
- 11) E or W
- 12) Checksum

4.2.2.4.3) การเขียนโปรแกรมติดต่อโมดูลจีพีเอส

จากข้อมูลที่ได้รับจากโมดูลจีพีเอสสามารถออกแบบเพื่อเก็บค่าจากโมดูลและนำไปใช้ได้ โดยได้ออกแบบโปรแกรมการทำงานไว้ดังรูปที่ 4.17 โดยอ่านค่าจากโมดูลจีพีเอส โดยค้นหาตัวอักษร 'S' จากนั้นทำการวนเก็บค่ามาใส่ตัวแปร buffer[6] โดยเปรียบเทียบ ถ้าเป็น GPRMC ก็ให้ทำการเก็บค่าทั้งหมดของบรรทัด จนถึงตัวอักษร '*' ซึ่งจะแสดงถึงการจบบรรทัดและเก็บค่าทั้งหมดในบรรทัดลงตัวแปร buffer[80] จากนั้นก็ทำการส่งค่าละติจูด ลองจิจูดออกไปทางพอร์ตข้อมูลอนุกรมร่วมกับข้อมูลอื่นๆ เช่น เข็มทิศ แบตเตอรี่ อุณหภูมิ โดยใช้ข้อตกลงการสื่อสารตามตารางที่ 4.6 ก็วนการทำงานเรื่อยๆ ซ้ำไปซ้ำมา เพื่อทำการรับและส่งค่าตลอดเวลา

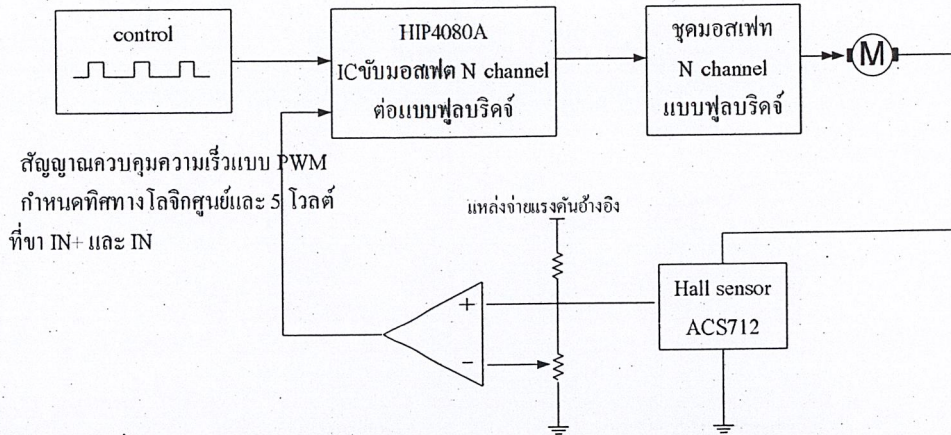


รูปที่ 4.17 Flow Chart การเขียนโปรแกรมติดต่อ โมดูลจีพีเอส

4.2.3) การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

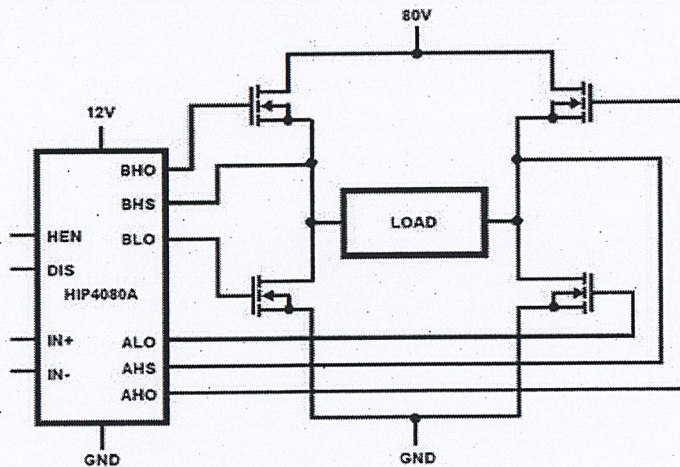
การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยได้กำหนดคุณสมบัติวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไว้ดังนี้

1. สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้
2. สามารถกลับทิศทางการหมุนได้
3. มีวงจรถูกัดกระแสของโหลด
4. มีวงจรถูกันแรงดันเกินที่อุปกรณ์สวิตซ์ซึ่ง
5. สามารถทนกระแสต่อเนื้ออย่างต่ำ 10 แอมป์



รูปที่ 4.18 Block Diagram ของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากคุณสมบัติข้างต้นนั้น ทำให้ต้องมีการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ที่สามารถกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้โดยอาศัยหลักการของ H-Bridge เป็นตัวช่วยกลับทิศ และมี IC HIP4080A เป็นตัวควบคุมดังรูปที่ 4.19 แล้วยังต้องมีส่วนของการป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ สนับเบอร์ในการแก้ปัญหา เพื่อลดความเสียหายของอุปกรณ์และได้ออกแบบให้มีการจำกัดกระแสโดยใช้ Hall Sensor เป็นตัวตรวจจับกระแส โดยเราสามารถปรับกระแสได้ตามต้องการ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.19 การใช้ HIP4080A ในการควบคุม H-Bridge

4.2.4) การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานบนตัวยานตรวจการณ์

การออกแบบแบตเตอรี่บนตัวยานตรวจการณ์นั้น ได้ออกแบบโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V จำนวน 2 ลูก ต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ 24 V เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 24 V 250 W

- ในขณะที่ยานตรวจการณ์ไม่เคลื่อนที่ (Standby)

$$P = P_{AP} + P_{cam1} + P_{cam2} + (P_{FAN} \times 6) + P_{ect} \quad \dots (5)$$

$$P_{Standby} = 40.06 \text{ Watts-Hour}$$

- ในขณะที่วิ่งจะกินพลังงานสูงสุด

$$P_{MAX} = P_{AP} + P_{cam1} + P_{cam2} + (P_{FAN} \times 6) + (P_{MOTOR} \times 6) + P_{cet} \quad \dots(6)$$

$$P_{MAX} = 1540.06 \text{ Watts-Hour}$$

อุปกรณ์	กินพลังงานสูงสุด (Watts)
กล้อง IP (FIX)	10
กล้อง IP (Pan & Tilt)	10
Access Point	8
Fan	1.7
Motor	250
วงจรรวม	1.86

ตารางที่ 4.8 แสดงการกินพลังงานของอุปกรณ์ในตู้ยานตรวจการณ์

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1) ทดสอบการโยกจอยสติกเพื่อบังคับทิศทาง

ตำแหน่งของการโยกจอยสติก	PWM	IN+	IN-
เดินหน้า	ตามระดับของจอย	0	1
ถอยหลัง	ตามระดับของจอย	1	0
หมุนวนซ้าย	ตามระดับของจอย	0	1
หมุนวนขวา	ตามระดับของจอย	1	0
วิ่งโค้งหน้าขวา	ตามระดับของจอย	0	1
วิ่งโค้งหน้าซ้าย	ตามระดับของจอย	0	1
ถอยหลังโค้งขวา	ตามระดับของจอย	1	0
ถอยหลังโค้งซ้าย	ตามระดับของจอย	1	0

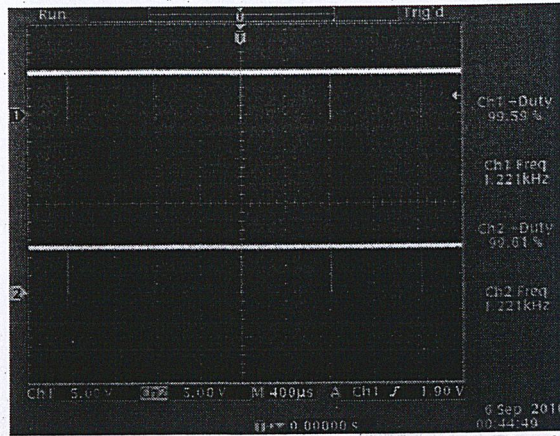
ตารางที่ 5.1 Output จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อความคุมวงจรถูกคุมมอเตอร์ฝั่งซ้าย

ตำแหน่งของการโยกจอยสติก	PWM	IN+	IN-
เดินหน้า	ตามระดับของจอย	0	1
ถอยหลัง	ตามระดับของจอย	1	0
หมุนวนซ้าย	ตามระดับของจอย	1	0
หมุนวนขวา	ตามระดับของจอย	0	1
วิ่งโค้งหน้าขวา	ตามระดับของจอย	0	1
วิ่งโค้งหน้าซ้าย	ตามระดับของจอย	0	1
ถอยหลังโค้งขวา	ตามระดับของจอย	1	0
ถอยหลังโค้งซ้าย	ตามระดับของจอย	1	0

ตารางที่ 5.2 Output จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อความคุมวงจรถูกคุมมอเตอร์ฝั่งขวา

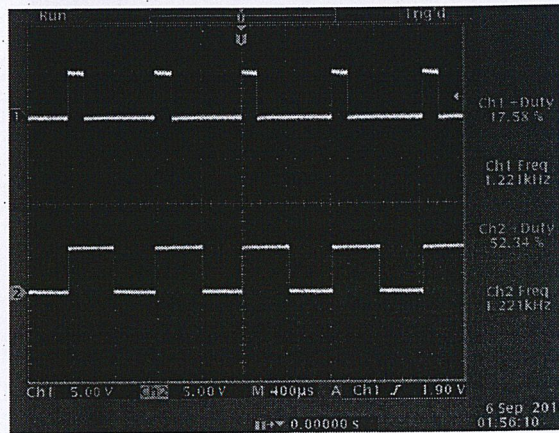
5.2) จับสัญญาณ PWM ในขณะที่รถ

- วิ่งตรง



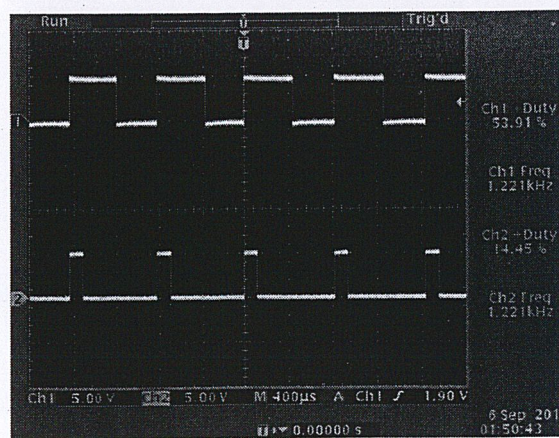
รูปที่ 5.1 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งตรง

- วิ่งโค้งซ้าย



รูปที่ 5.2 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งโค้งซ้าย

- วิ่งโค้งขวา



รูปที่ 5.3 สัญญาณ PWM ของฝั่งซ้ายและขวาในขณะที่รถวิ่งโค้งขวา

5.3) ทดสอบบังคับรถให้เคลื่อนที่ตามการโยกจอยสติ๊ก

ตำแหน่งการโยก จอยสติ๊ก	ควบคุมความเร็ว	ทิศทางการ เคลื่อนที่
เดินหน้า	ได้	ถูกต้อง
ถอยหลัง	ได้	ถูกต้อง
หมุนวนซ้าย	ได้	ถูกต้อง
หมุนวนขวา	ได้	ถูกต้อง
วิ่งโค้งหน้าขวา	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
วิ่งโค้งหน้าซ้าย	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
ถอยหลังโค้งขวา	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
ถอยหลังโค้งซ้าย	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้

ตารางที่ 5.3 การเคลื่อนที่ของตัวรถ

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1) สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตอนๆ 5.1 และ 5.2 นั้นจะเห็นได้ว่า การรับค่าที่ได้จากการสื่อสาร และการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมความเร็วของสัญญาณ PWM และทิศทางทั้ง 8 แบบได้อย่างถูกต้องตามการโยกจอยสติ๊ก

จากผลการทดลองตอนที่ 5.3 นั้นจะเห็นได้ว่า รถสามารถเคลื่อนที่ตามการโยกจอยสติ๊กได้เพียง 4 แบบเท่านั้น และยังไม่สามารถวิ่งโค้งได้ ซึ่งทำให้เห็นว่าที่ความเร็ว PWM ของล้อทั้งสองข้างต่างกัน แต่มอเตอร์นั้นกลับหมุนที่ความเร็วเท่ากัน

6.2) วิเคราะห์ผลการทดลอง

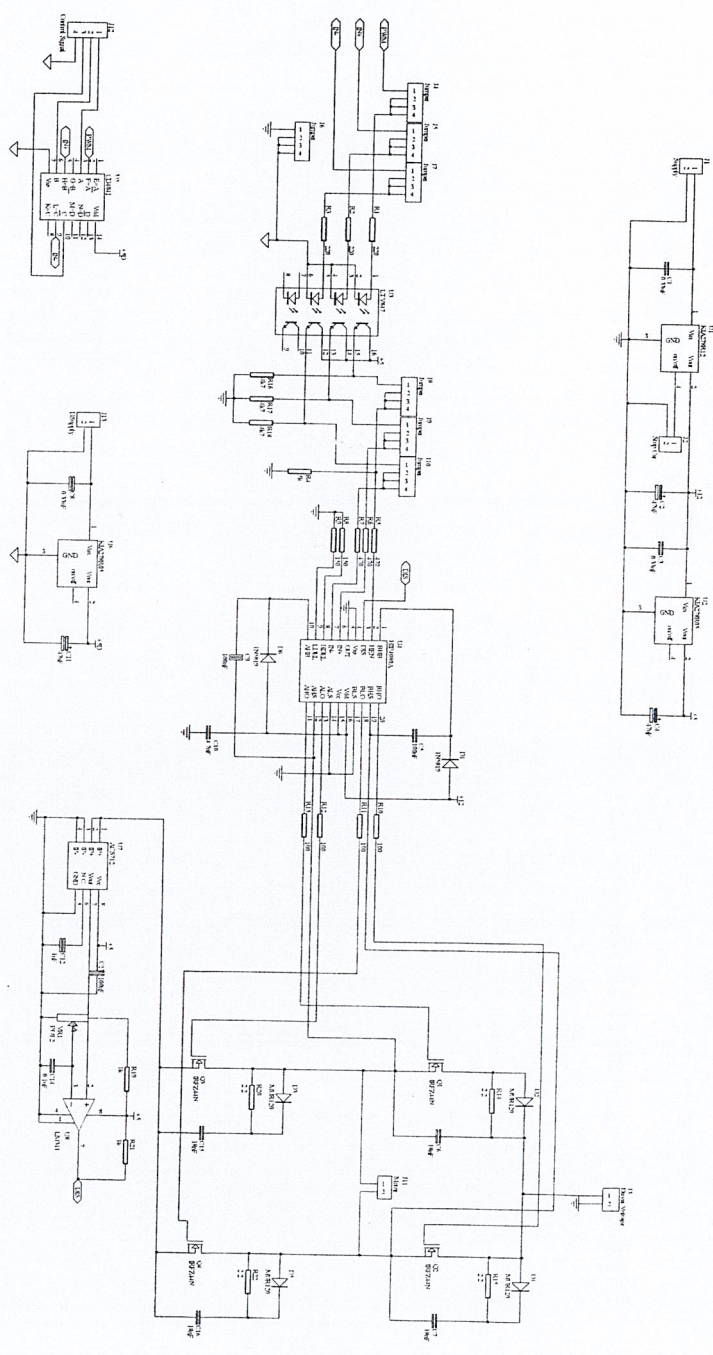
จากผลของการเคลื่อนที่ที่ได้นั้นจะทำให้เห็นได้ว่าตัวรถนั้นยังไม่สามารถวิ่งโค้งได้ ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมาก เนื่องจากการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นให้ค่าที่สามารถวิ่งโค้งได้ แต่ตัวรถไม่สามารถวิ่งได้ โดยปัญหานี้จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. ปัญหาของ PWM ของทั้งสองข้างนั้นไม่แตกต่างกันมาก
2. ปัญหาของการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์
3. ปัญหาของกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายให้กับมอเตอร์เพียงพอ
4. ปัญหาของโครงสร้างของตัวรถ

บรรณานุกรม

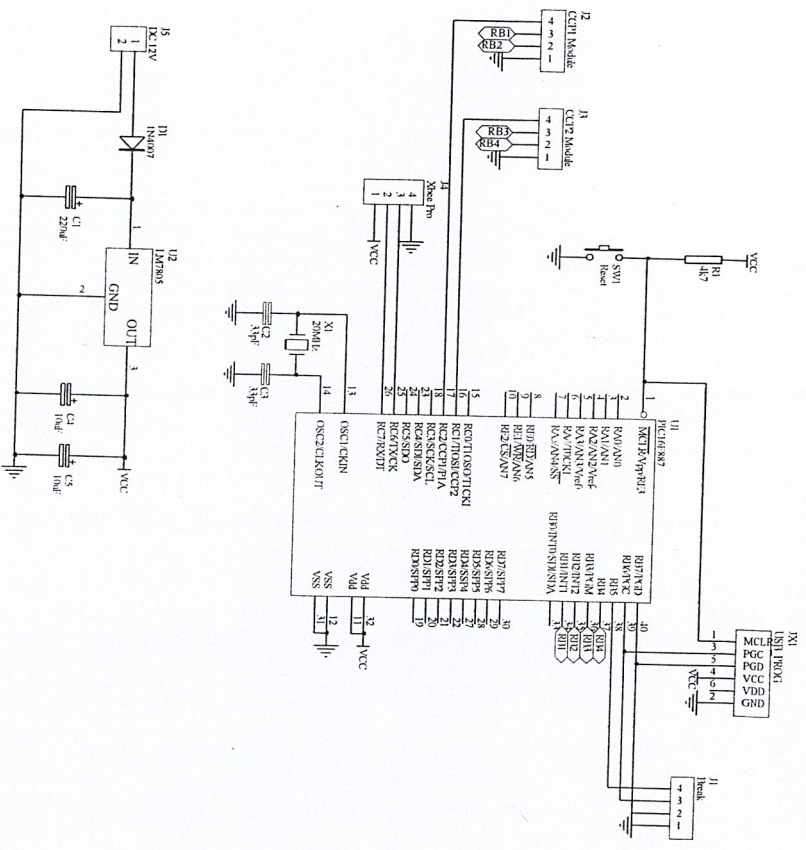
1. ประจันต์ พลังสันติกุล, *PIC Works*, APPSOFTECH CO.,LTD, 2009.
2. ประจันต์ พลังสันติกุล, *All About CCS C*, APPSOFTECH CO.,LTD, 2009
3. *HIP4080A Datasheet*, Intersil, 2007.
4. *DS18B20 Technical Datasheet*, DALLAS Semiconductor, 2008.
5. *ACS712 Datasheet*, Allegro Microsystems Inc, 2006.
6. ปริชญานิพนธ์ เรื่อง รถลาดตระเวน ปีการศึกษา 2543.

ภาคผนวก



Motor Driver Board

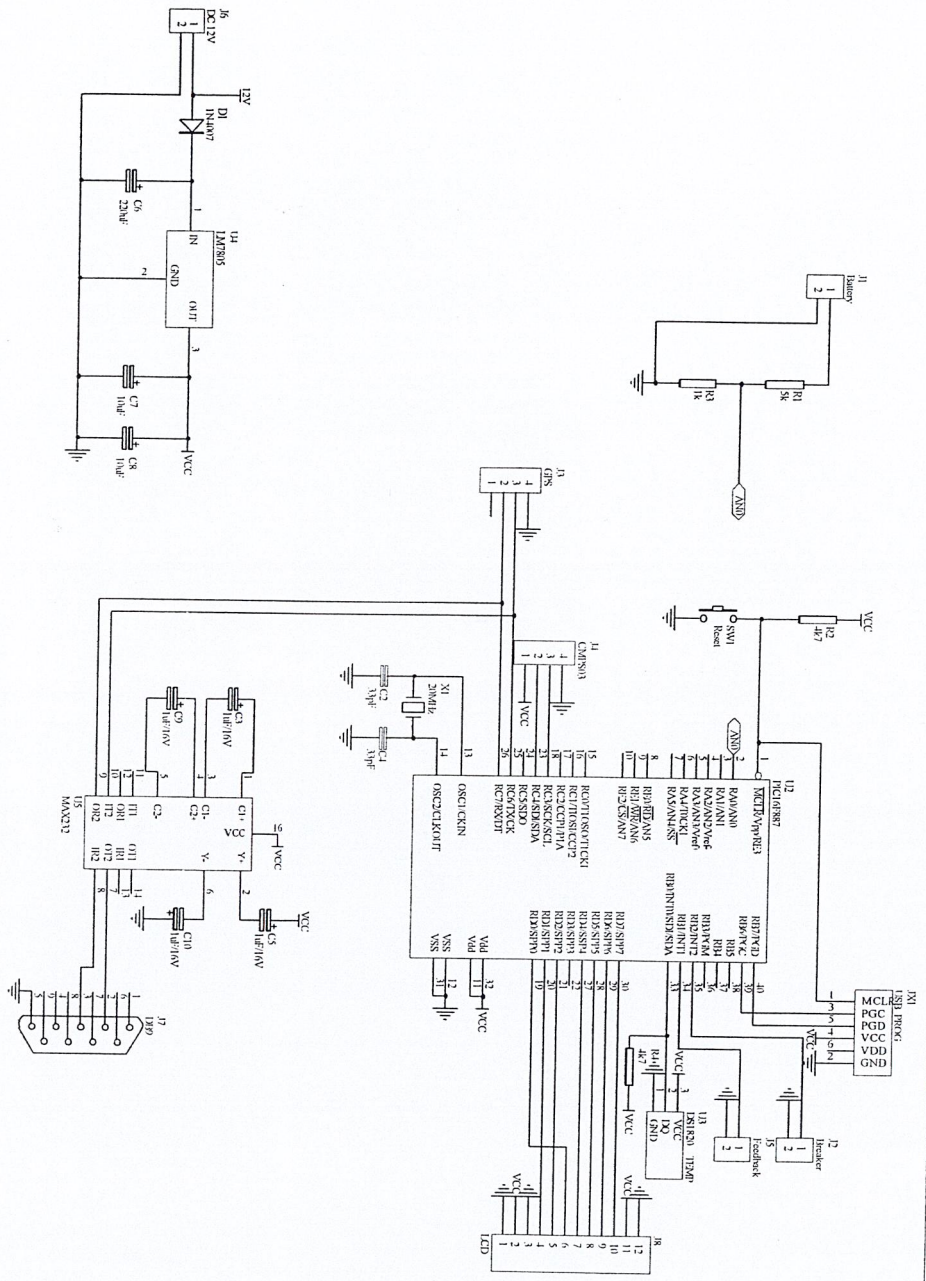
REV		DATE	
1	01	2024	01
2	02	2024	02
3	03	2024	03
4	04	2024	04
5	05	2024	05
6	06	2024	06
7	07	2024	07
8	08	2024	08
9	09	2024	09
10	10	2024	10
11	11	2024	11
12	12	2024	12
13	13	2024	13
14	14	2024	14
15	15	2024	15
16	16	2024	16
17	17	2024	17
18	18	2024	18
19	19	2024	19
20	20	2024	20
21	21	2024	21
22	22	2024	22
23	23	2024	23
24	24	2024	24
25	25	2024	25
26	26	2024	26
27	27	2024	27
28	28	2024	28
29	29	2024	29
30	30	2024	30
31	31	2024	31
32	32	2024	32
33	33	2024	33
34	34	2024	34
35	35	2024	35
36	36	2024	36
37	37	2024	37
38	38	2024	38
39	39	2024	39
40	40	2024	40
41	41	2024	41
42	42	2024	42
43	43	2024	43
44	44	2024	44
45	45	2024	45
46	46	2024	46
47	47	2024	47
48	48	2024	48
49	49	2024	49
50	50	2024	50
51	51	2024	51
52	52	2024	52
53	53	2024	53
54	54	2024	54
55	55	2024	55
56	56	2024	56
57	57	2024	57
58	58	2024	58
59	59	2024	59
60	60	2024	60
61	61	2024	61
62	62	2024	62
63	63	2024	63
64	64	2024	64
65	65	2024	65
66	66	2024	66
67	67	2024	67
68	68	2024	68
69	69	2024	69
70	70	2024	70
71	71	2024	71
72	72	2024	72
73	73	2024	73
74	74	2024	74
75	75	2024	75
76	76	2024	76
77	77	2024	77
78	78	2024	78
79	79	2024	79
80	80	2024	80
81	81	2024	81
82	82	2024	82
83	83	2024	83
84	84	2024	84
85	85	2024	85
86	86	2024	86
87	87	2024	87
88	88	2024	88
89	89	2024	89
90	90	2024	90
91	91	2024	91
92	92	2024	92
93	93	2024	93
94	94	2024	94
95	95	2024	95
96	96	2024	96
97	97	2024	97
98	98	2024	98
99	99	2024	99
100	100	2024	100



Motor Control Board

File			
Size	Number		
11	1		
Date	14-Mar-2011	Sheet	4
File	D:\12\asimov\Project 1\Motor Board\K1\12MotorBoard.dwg		
	6		

Sensors Board



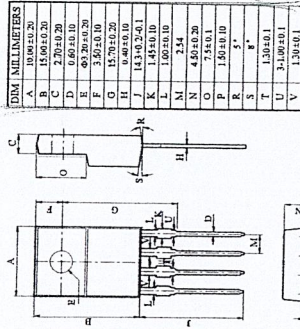
165	NAME	
B	REV	
1.1.16.5-111	DATE	
D:\circuit\project\Sensors Board\K1\mainboard.Brd	FILE	
6	SHEET	7
	REVISION	

**4 TERMINAL 2A OUTPUT LOW DROP
VOLTAGE REGULATOR**

The KIA278R × × Series are Low Drop Voltage Regulator suitable for various electronic equipments. It provides constant voltage power source with TO-220 4 terminal lead full molded PKG. The Regulator has multi function such as over current protection, overheat protection and ON/OFF control.

FEATURES

- 2.0A Output Low Drop Voltage Regulator.
- Built in ON/OFF Control Terminal.
- Built in Over Current Protection, Over Heat Protection Function.



TO-220IS-4

LINE UP	ITEM	OUTPUT VOLTAGE (Typ.)	UNIT
	KIA278R05PI	5	
	KIA278R06PI	6	
	KIA278R08PI	8	
	KIA278R09PI	9	
	KIA278R10PI	10	V
	KIA278R12PI	12	
	* KIA278R15PI	15	

* Note) * : Under Development.

MAXIMUM RATING (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT	Remark
Input Voltage	V _{IN}	35	V	-
ON/OFF Control Voltage	V _C	35	V	-
Output Current	I _O	2	A	-
Power Dissipation 1	P _{d1}	1.5	W	No heatsink
Power Dissipation 2	P _{d2}	15	W	with heatsink
Junction Temperature	T _J	125	°C	-
Operating Temperature	T _{opr}	-20 ~ 80	°C	-
Storage Temperature	T _{stg}	-30 ~ 125	°C	-
Soldering Temperature (10sec)	T _{sol}	260	°C	-

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)
(Unless otherwise specified, I_O=1.0A, Ta=25°C, Note 1.)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	KIA278R05	-	4.88	5.0	5.12	
	KIA278R06	-	5.85	6.0	6.15	
	KIA278R08	-	7.80	8.0	8.2	
	KIA278R09	-	8.78	9.0	9.22	V
	KIA278R10	-	9.75	10.0	10.25	
	KIA278R12	-	11.70	12.0	12.30	
KIA278R15	-	14.70	15.0	15.30		
Load Regulation	Reg Load	I _O =5mA ~ 2A	-	0.1	2.0	%
Line Regulation	Reg Line	(Note 2)	-	0.5	2.5	%
Temperature Coefficient of Output Voltage	Tc·Vo	T _J =0 ~ 125°C	-	±0.02	±0.05	%/°C
Ripple Rejection	R · R	-	45	55	-	dB
Drop Out Voltage	V _D	I _O =2A	-	-	0.5	V
Output ON state for control Voltage	V _{C(ON)}	-	2.0	-	-	V
Output OFF state for control Current	I _{C(OFF)}	V _C =2.7V	-	-	20	μA
Output OFF state for control Voltage	V _{C(OFF)}	-	-	-	0.8	V
Output OFF state for control Current	I _{C(OFF)}	V _C =0.4V0	-	-	-0.4	mA
Quiescent Current	I _Q	I _O =0	-	-	10	mA

Note 1) V_{IN} of KIA278R05=7V Note2) V_{IN} of KIA278R05=6 ~ 12V Note3) At V_{IN}=0.95V_O

- " KIA278R06=8V
- " KIA278R06=7 ~ 15V
- " KIA278R08=10V
- " KIA278R08=9 ~ 25V
- " KIA278R09=15V
- " KIA278R09=10 ~ 25V
- " KIA278R10=16V
- " KIA278R10=11 ~ 26V
- " KIA278R12=18V
- " KIA278R12=13 ~ 29V
- " KIA278R15=21V
- " KIA278R15=16 ~ 32V

BLOCK DIAGRAM

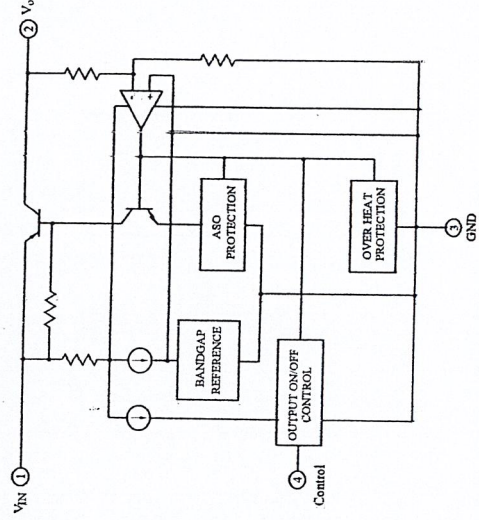


Fig. 1 Standard Test Circuit

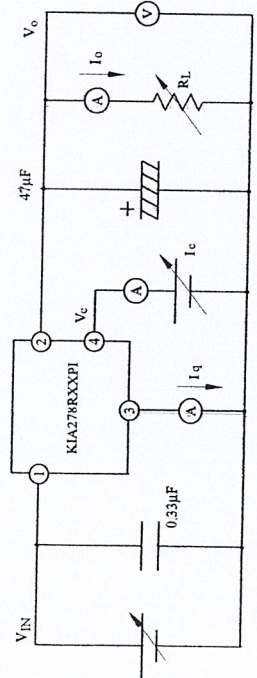


Fig. 1-2 Ripple Rejection Test Circuit

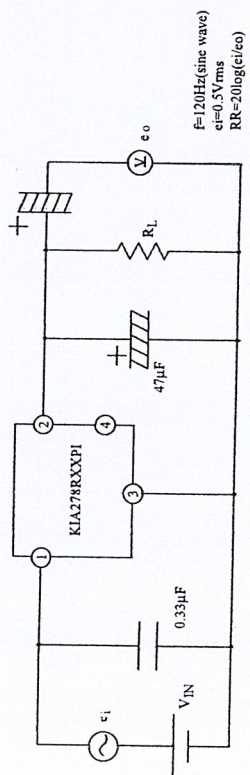


Fig. 2 Application Circuit for Standard

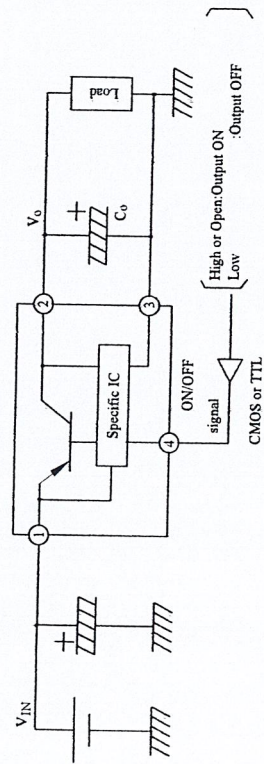


Fig. 3 $T_a - P_D$

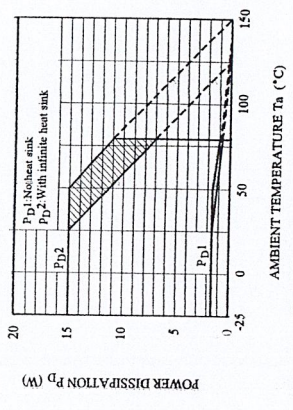


Fig. 4 $I_o - V_o$

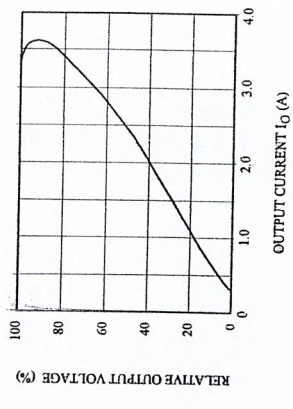


Fig. 5-1 $T_j - \Delta V_o$ (KIA278R05)

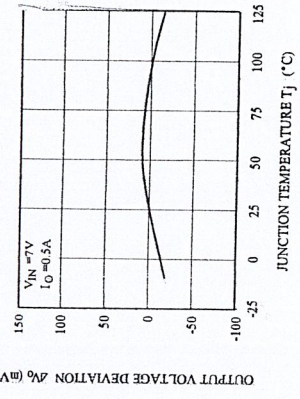


Fig. 5-2 $T_j - \Delta V_o$ (KIA278R08)

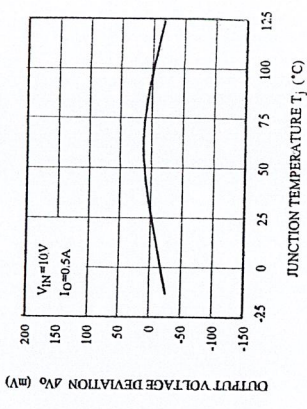


Fig. 5-3 $T_j - \Delta V_o$ (KIA278R09)

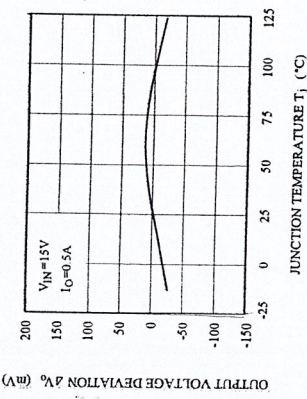


Fig. 5-4 $T_j - \Delta V_o$ (KIA278R12)

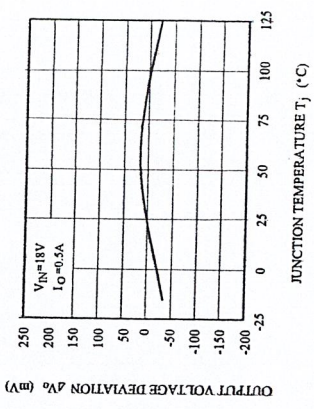


Fig.5-5 $T_j - \Delta V_o$ (KIA278R15)

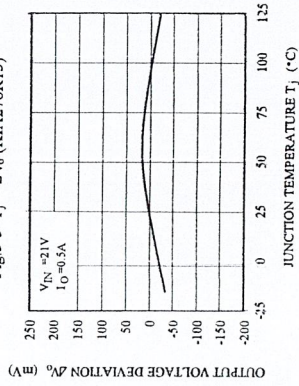


Fig.6-1 $V_{IN} - V_o$ (KIA278R05)

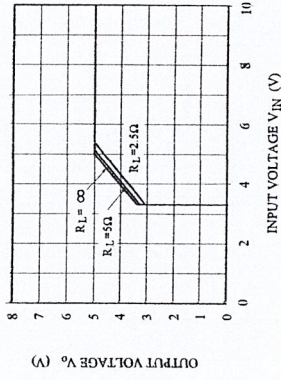


Fig.6-2 $V_{IN} - V_o$ (KIA278R08)

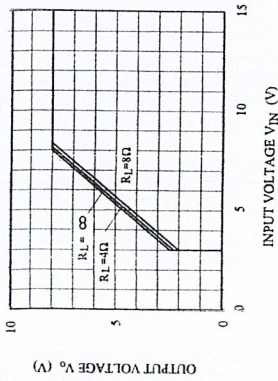


Fig.6-3 $V_{IN} - V_o$ (KIA278R09)

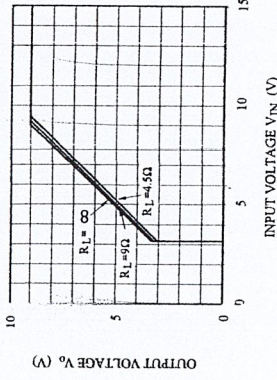


Fig.6-4 $V_{IN} - V_o$ (KIA278R12)

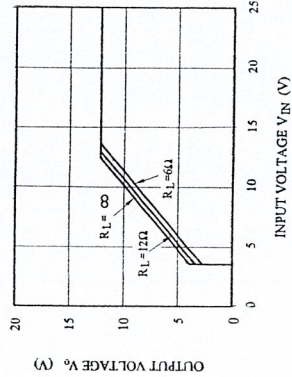


Fig.6-5 $V_{IN} - V_o$ (KIA278R15)

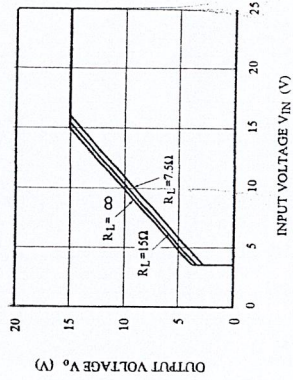


Fig.7-1 $V_{IN} - I_{BIAS}$ (KIA278R05)

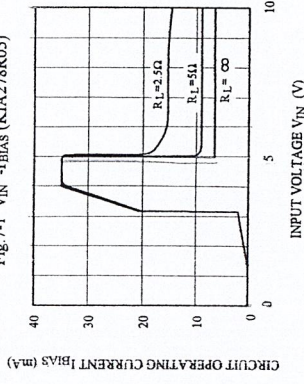


Fig.7-2 $V_{IN} - I_{BIAS}$ (KIA278R08)

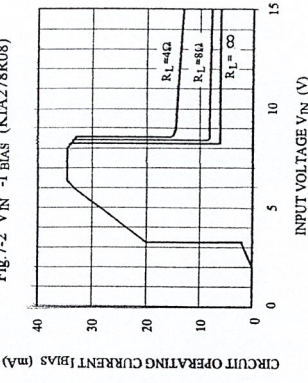


Fig.7-4 $V_{IN} - I_{BIAS}$ (KIA278R09)

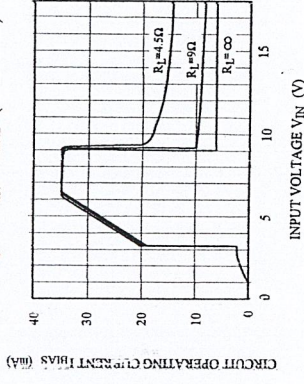


Fig.7-6 $V_{IN} - I_{BIAS}$ (KIA278R12)

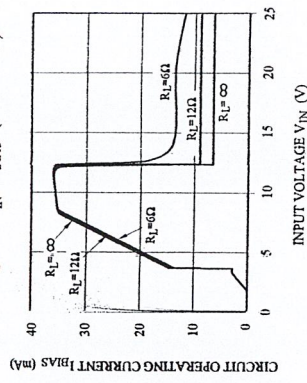


Fig.7-7 $V_{IN} - I_{BIAS}$ (KIA278R15)

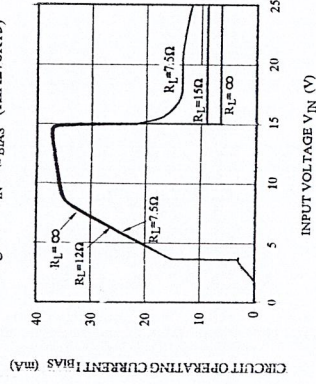


Fig.8 $T_j - V_D$

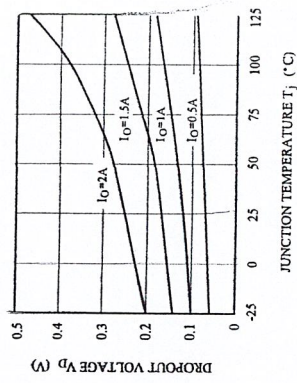


Fig.9 $T_j - I_q$

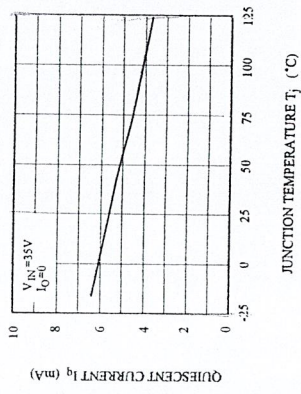


Fig. 10-1 $f - RR$

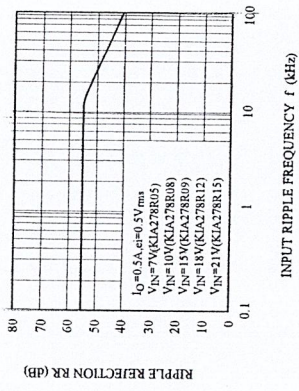
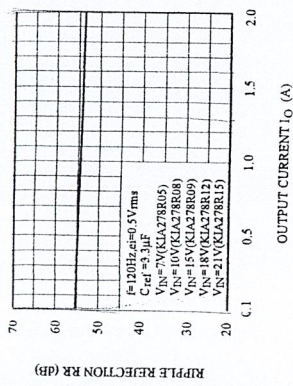


Fig.10-2 $I_O - RR$



CD4041UB Types

CMOS Quad True/Complement Buffer

High Voltage Types (20-Volt Rating)

Complement buffers consisting of n- and p-channel units having low channel resistance and high current (sourcing and sinking) capability. The CD4041UB is intended for use as a buffer driver for CMOS-to-TTL conversion, as a transmission-line driver, and in other applications where high noise immunity and low power dissipation are primary design requirements.

The CD4041UB types are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (D and F suffix), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead ceramic flat packages (K suffix), and in chip form (H suffix).

Features:

- Balanced sink and source current; approximately 4 times standard "B" drive
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Medium input current of 1 μ A at 18 V over full package temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 20, "CMOS-TO-TTL Conversion for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- High current source/link driver
- CMOS-to-DTL/TTL Converter Buffer
- Display driver
- MOS clock driver
- Receiver network driver (Ladder or weighted R)
- Buffer
- Transmission line driver

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

- DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE (V_{DD}) -0.5V to +20V
- INPUT VOLTAGE RANGE (ALL INPUTS) -0.5V to V_{DD} +0.5V
- DC INPUT CURRENT PER PACKAGE (I_{IN}) \pm 10mA
- POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D) For T_A = -55°C to 100°C \pm 100mW
- For T_A = +100°C to 125°C \pm 60mW
- For T_A = +125°C to 150°C \pm 30mW
- DEVIATION FROM SUPPLY VOLTAGE RANGE (All Package Types) 100mV
- OPERATING TEMPERATURE RANGE (T_A) -55°C to +125°C
- STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{STG}) -65°C to +150°C
- LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
- At distance 1/16 \pm 1/32 inch (1.27 \pm 0.76mm) from case for 10s max +265°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following range:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	Min.	Max.	
Supply-Voltage Range (For TA=Full Package-Temperature Range)	3	18	V

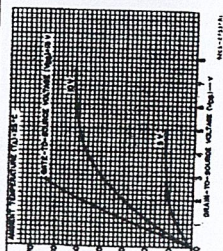


Fig. 2 - Typical output low (link) current characteristics.

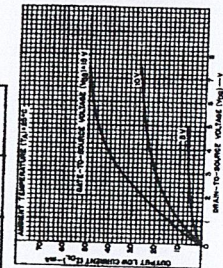


Fig. 3 - Minimum low (link) current characteristics.

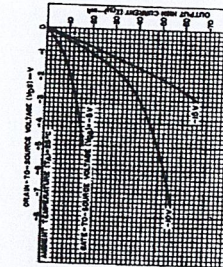


Fig. 4 - Typical output high (source) current characteristics.

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS		LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)				UNITS	
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-65	+65	+125		
Quiescent Current	-	0.5	5	2.1	1.8	1.3	1.2	mA
Device Current	-	0.10	10	6.25	5.6	4	3.5	mA
Current (Source)	-	0.15	15	24	23	15.5	13	mA
Current (Sink)	-	0.15	15	-2.1	-1.8	-1.3	-1.2	mA
I _{OH} Min.	-	0.15	15	-6.25	-5.6	-4	-3.5	mA
I _{OL} Min.	-	0.15	15	-2.4	-2.3	-1.5	-1.3	mA
Output Volt- age: Low-Level, V _{OL} Max.	-	0.5	5	0.05	0.05	-	0	V
Output Volt- age: High-Level, V _{OH} Min.	-	0.15	15	4.95	4.95	3.95	3.95	V
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	-	0.5	5	1	1	1	1	V
Input High Voltage, V _{IH} Min.	-	0.15	15	14.95	14.95	14	14	V
Input Current, I _{IN} Max.	-	0.18	18	\pm 0.1	\pm 0.1	\pm 1	\pm 1	μ A

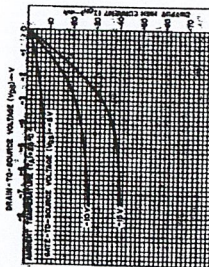


Fig. 5 - Minimum output high (source) current characteristics.

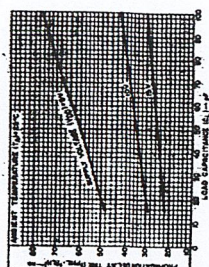


Fig. 6 - Typical propagation delay time vs. load capacitance.

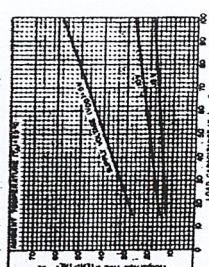


Fig. 7 - Typical transition time vs. load capacitance.

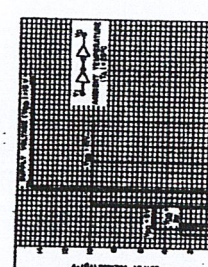


Fig. 8 - Minimum and maximum transfer characteristics - true output.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at T_A = 25°C, Input t_{PL} = 20 nF, C_L = 50 pF, R_L = 200 Ω

CHARACTERISTIC	CONDITIONS	LIMITS		UNITS
		Typ.	Max.	
Propagation Delay Time:	V _{DD} Volts	60	120	nS
	tPHL	10	35	
	tPLH	15	25	
Transition Time	tTTL	5	40	nS
	tTLH	10	20	
Input Capacitance	C _{IN} Any Input	15	22.5	pF

CD4041UB Types

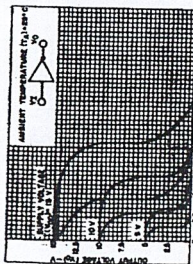


Fig. 9 - Minimum and maximum transfer characteristics - complement output.

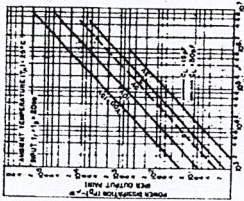


Fig. 11 - Typical power dissipation vs. frequency per output pair.

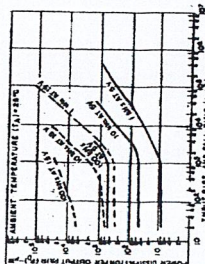


Fig. 10 - Typical power dissipation vs. input rise & fall time per output pair.

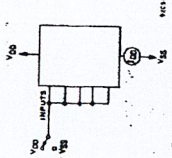


Fig. 12 - Quiescent device current test circuit.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, maskwork right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

3
HIGH VOLTAGE ICs
COMMERCIAL CMOS

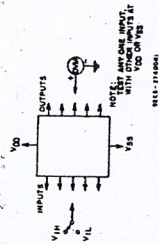


Fig. 13 - Input voltage test circuit.

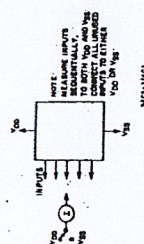
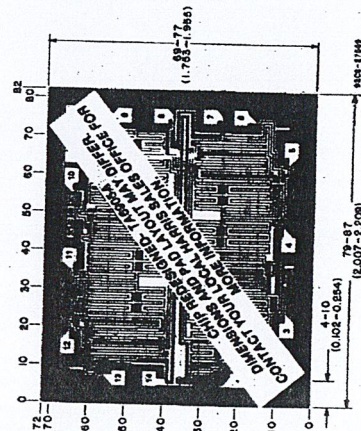


Fig. 14 - Input leakage current test circuit.



Dimensions and pad layout for the CD4041UBH

Dimensions in parentheses are in millimeters and are given for information only. Dimensions in brackets are in inches (10⁻³ inches). Grid projections are in mils (10⁻³ inches).

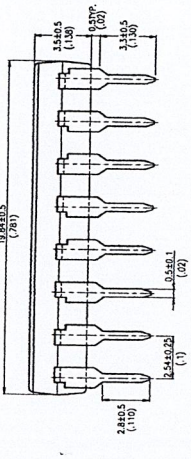
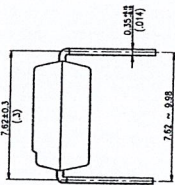
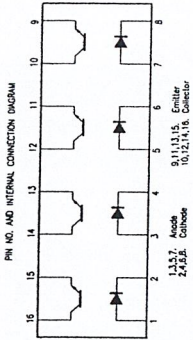
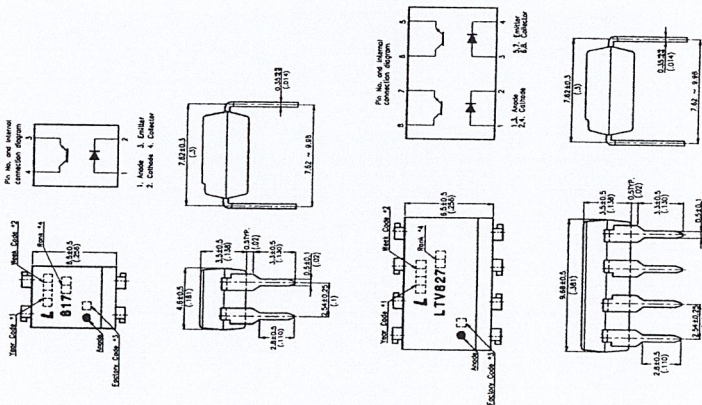
Features

- Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at $I_F=5mA, V_{CE}=5V$)
- High input-output isolation voltage: (Viso : 5,000V/rms)
- Compact dual-in-line package
- LTV-817 : 1-channel type
- LTV-827 : 2-channel type
- LTV-847 : 4-channel type
- UL approved (No. E113898)
- TUV approved (No. R9653630)
- CSA approved (No. CA91533-1)
- FIMKO approved (No. 202634)
- NEMKO approved (No. P98101945)
- DEMKO approved (No. 307857)
- SEMKO approved (No. 9832157101-03)
- VDE approved (No. 094722)
- Options available :
 - Leads with 0.4"(10.16mm)spacing (M Type)
 - Leads bends for surface mounting(S Type)
- Tape and Reel of Type I for SMD(Add"-TA" Suffix)
- Tape and Reel of Type II for SMD(Add"-TA1" Suffix)
- VDE 0884 approvals (Add"-V" Suffix)

Applications

1. Computer terminals.
2. System appliances, measuring instruments.
3. Registers, copiers, automatic vending machines.
4. Electric home appliances such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances.

Package Dimensions



Note:

1. Year date code.
2. 2-digit work week.
3. Factory code shall be marked (Z : Taiwan, Y : Thailand).
4. Rank shall be or shall not be marked.
5. All dimensions are in millimeters (inches).
6. Tolerance is $\pm 0.25mm$ (0.01") unless otherwise noted.
7. Specifications are subject to change without notice.

Ordering Information

Part Number	Package	Safety Standard Approval	Application part number
LTV-817	4-pin DIP	• UL approved	LTV-817
LTV-817M	4-pin (lead bends for surface mount)	• TUV approved	
LTV-817S	4-pin (tape and reel packaging of type I)	• CSA approved	
LTV-817S-TA	4-pin (tape and reel packaging of type I)	• FIMKO approved	LTV-827
LTV-827	8-pin DIP	• NEMKO approved	
LTV-827M	8-pin (lead bends for surface mount)	• SEMKO approved	
LTV-827S	8-pin (tape and reel packaging of type I)	• DEMKO approved	LTV-847
LTV-827S-TA	8-pin (tape and reel packaging of type I)		
LTV-847	16-pin DIP		
LTV-847M	16-pin (lead bends for surface mount)		LTV-817
LTV-847S	16-pin (lead bends for surface mount)		
LTV-847S-TA	16-pin (tape and reel packaging of type I)		
LTV-847S-TA1	16-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-827
LTV-817-V	4-pin DIP	• VDE approved	
LTV-817M-V	4-pin (lead bends for surface mount)		
LTV-817S-TA-V	4-pin (tape and reel packaging of type I)		LTV-817
LTV-827S-TA1-V	4-pin (tape and reel packaging of type II)		
LTV-827-V	8-pin DIP		
LTV-827M-V	8-pin (lead bends for surface mount)		LTV-827
LTV-827S-TA-V	8-pin (lead bends for surface mount)		
LTV-827S-TA1-V	8-pin (tape and reel packaging of type I)		
LTV-847-V	16-pin DIP		LTV-847
LTV-847M-V	16-pin (lead bends for surface mount)		
LTV-847S-TA1-V	16-pin (lead bends for surface mount)		
LTV-847S-TA1-V	16-pin (tape and reel packaging of type II)		

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Forward Current	I_F	50	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Power Dissipation	P	70	mW
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	35	V
Emitter-Collector Voltage	V_{EC0}	6	V
Collector Current	I_C	50	mA
Collector Power Dissipation	P_C	150	mW
Total Power Dissipation	P_{tot}	200	mW
Operating Temperature	T_{opr}	-30 to +100	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-55 to +125	°C
*1. Isolation Voltage	V_{iso}	5	KV _{rms}
*2. Soldering Temperature	T_{sol}	260	°C

*1. AC for 1 minute, R.H. = 40 ~ 60%

*2. Isolation voltage shall be measured using the following method.

(1) Short between anode and cathode on the primary side and between collector, emitter and base on the secondary side.

(2) The isolation voltage tester with zero-cross circuit shall be used.

(3) The waveform of applied voltage shall be a sine wave.

*2. For 10 seconds.

Electrical/Optical Characteristics

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Forward Voltage	V_F	-	1.2	1.4	V	$I_F=20\text{mA}$
Reverse Current	I_R	-	-	10	μA	$V_R=4\text{V}$
Terminal Capacitance	C_t	-	30	250	pF	$V=0, f=1\text{kHz}$
Collector Dark Current	I_{CDO}	-	-	100	nA	$V_{CE}=20\text{V}$
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	35	-	-	V	$I_C=0, I_E=0$
Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV_{ECO}	6	-	-	V	$I_E=10\ \mu\text{A}$
*Current Transfer Ratio	CTR	50	-	600	%	$I_F=5\text{mA}, V_{CE}=5\text{V}, R_{EF}=\infty$
Collector Current Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	2.5	-	30	mV	$I_F=20\text{mA}, I_C=1\text{mA}$
Isolation Resistance	R_{iso}	5×10^{10}	-	-	Ω	DC500V, 40~60% R.H.
Floating Capacitance	C_f	-	0.6	1.0	pF	$V=0, f=1\text{MHz}$
Cut-off Frequency	f_c	-	80	-	KHz	$V_{CE}=5\text{V}, I_{CS}=2\text{mA}$
Response Time (Rise)	t_r	-	4	18	μs	$R_L=100\ \Omega, -3\text{dB}$
Response Time (Fall)	t_f	-	3	18	μs	$V_{CE}=2\text{V}, I_C=2\text{mA}$

*CTR = $\frac{I_C}{I_F} \times 100\%$

Supplement

Rank Table of Current Transfer Ratio CTR

Model No.	Rank Mark	CTR(%)
LTV-817	L	50~100
LTV-817	A	80~160
LTV-817	B	130~260
LTV-817	C	200~400
LTV-817	D	300~600
Conditions	L or A or B or C or D	
	$I_F=5\text{mA}, V_{CE}=5\text{V}, T_a=25^\circ\text{C}$	

Typical Electrical/Optical Characteristic Curves (25°C Ambient Temperature Unless Otherwise Noted)

Fig.1 Forward Current vs. Ambient Temperature

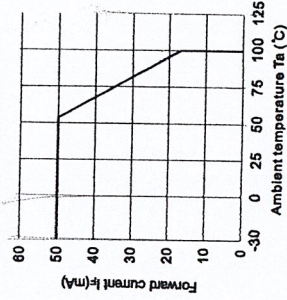


Fig.2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

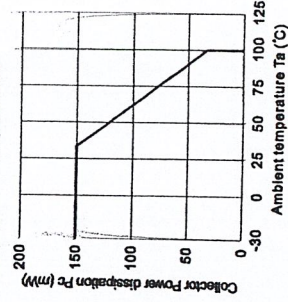


Fig.3 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current

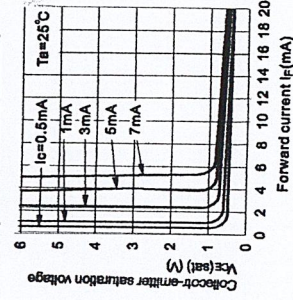


Fig.4 Forward Current vs. Forward Voltage

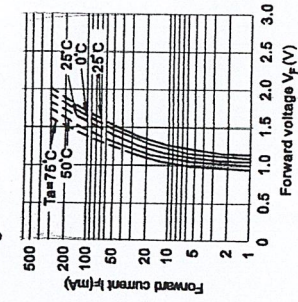


Fig.5 Forward Transfer Ratio vs. Forward Current

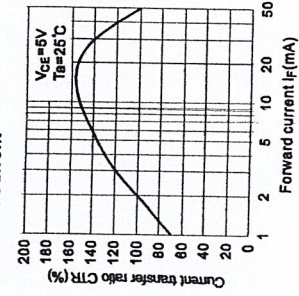


Fig.6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

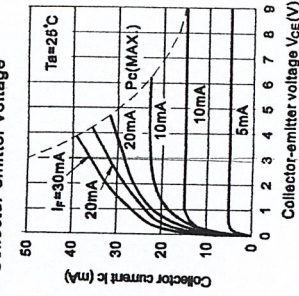


Fig.7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

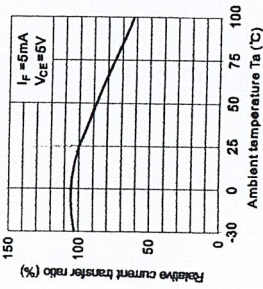


Fig.8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

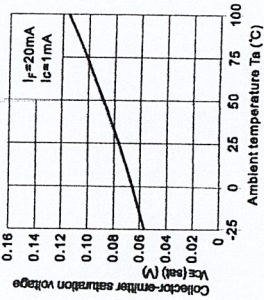


Fig.9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

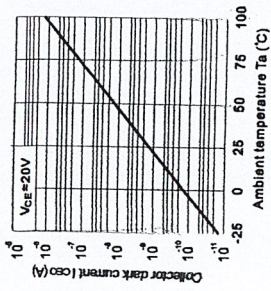


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

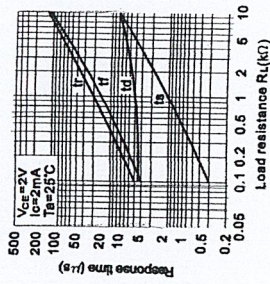
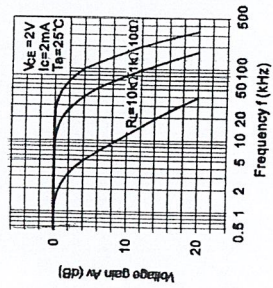
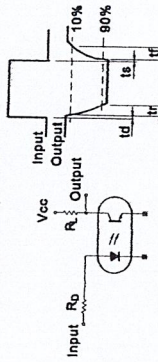


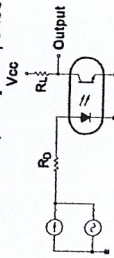
Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time

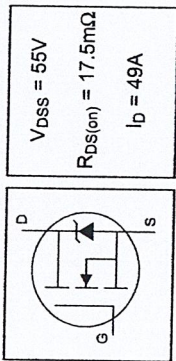


Test Circuit for Frequency Response



IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET



$V_{DS} = 55V$

$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$

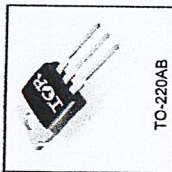
$I_D = 49A$

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET® power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



TO-220AB

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ C$	49	A
I_D @ $T_C = 100^\circ C$	35	A
I_{DM}	160	A
P_D @ $T_C = 25^\circ C$	94	W
Linear Derating Factor	0.63	W/°C
V_{GS}	±20	V
I_{AR}	25	A
Avalanche Current [Ⓓ]	9.4	mJ
Repetitive Avalanche Energy [Ⓓ]	5.0	Vms
dv/dt	-65 to +175	°C
T_J	300 (1.6mm from case)	
T_{STG}	10 (1.7mm)	
Storage Temperature Range		
Soldering Temperature, for 10 seconds		
Mounting torque, 6-32 or M3 screw		

Thermal Resistance

Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	0.50	—	°C/W
$R_{\theta JA}$	—	62	°C/W

www.irf.com

IRFZ44N

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V_{BRSS}	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{BRSS}/\Delta T$	—	—	—	V/°C	Reference to $25^\circ C, I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	—	0.058	—	m Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$ ⓐ
$V_{GS(th)}$	2.0	4.0	—	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	19	—	—	S	$V_{GS} = 25V, I_D = 25A$ ⓐ
I_{SS}	—	25	—	μA	$V_{GS} = 55V, V_{DS} = 0V$
I_{GSS}	—	250	—	μA	$V_{GS} = 44V, V_{DS} = 0V, T_J = 150^\circ C$
C_{gs}	—	100	—	nA	$V_{GS} = 20V$
C_{gd}	—	—	—	—	$V_{GS} = -20V$
C_{iss}	—	63	—	pF	$I_D = 25A$
Q_{gd}	—	14	—	nC	$V_{GS} = 44V$
Q_{gs}	—	23	—	nC	$V_{GS} = 10V, \text{See Fig. 6 and 13}$
t_r	—	12	—	ns	$V_{GS} = 10V, \text{See Fig. 10}$ ⓐ
$t_{turn-on}$	—	60	—	ns	$I_D = 25A$
$t_{turn-off}$	—	44	—	ns	$R_{\theta} = 12^\circ C/W$
t_f	—	45	—	ns	$V_{GS} = 10V, \text{See Fig. 10}$ ⓐ
L_D	—	4.5	—	nH	Between lead, from package and center of ds contact
L_S	—	7.5	—	nH	$\phi_{min} (0.25in.)$
C_{iss}	—	1470	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	—	360	—	pF	$V_{GS} = 25V$
C_{res}	—	88	—	pF	$f = 1.0MHz, \text{See Fig. 5}$
E_{AS}	—	530	1500	mJ	$I_{AS} = 25A, L = 0.47mH$

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	—	—	49	A	MOSFET symbol showing the integral reverse pn junction diode.
I_{SM}	—	—	160	A	$T_J = 25^\circ C, I_S = 25A, V_{GS} = 0V$ ⓐ
V_{SD}	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ C, I_S = 25A, V_{GS} = 0V$ ⓐ
t_r	—	83	95	ns	$T_J = 25^\circ C, I_F = 25A$
Q_{rr}	—	170	280	nC	$dI/dt = 100A/\mu s$ ⓐ
t_{on}	—	—	—	—	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$)

Notes:

- ⓐ $I_{SS} \leq 25A, dI/dt \leq 230A/\mu s, V_{DS} \leq V_{BRSS}, T_J \leq 175^\circ C$
- ⓑ Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- Ⓒ Starting $T_J = 25^\circ C, L = 0.46mH$
- Ⓓ $R_{\theta} = 25^\circ C/W, I_{AS} = 25A, \text{See Figure 12}$
- Ⓔ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ C$.

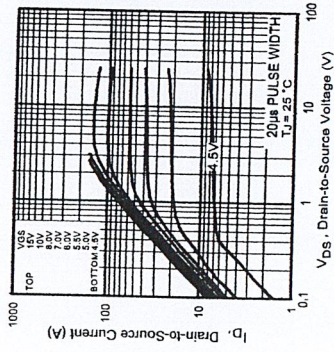


Fig 1. Typical Output Characteristics

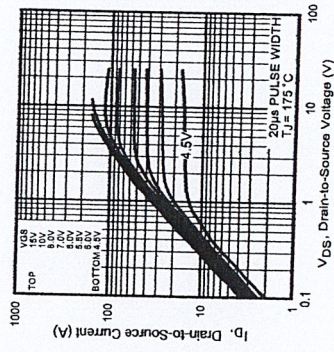


Fig 2. Typical Output Characteristics

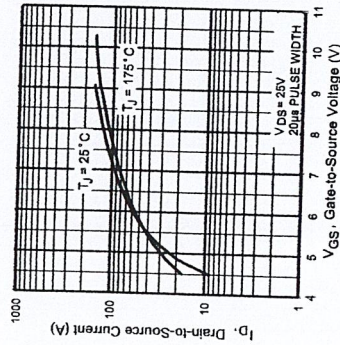


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

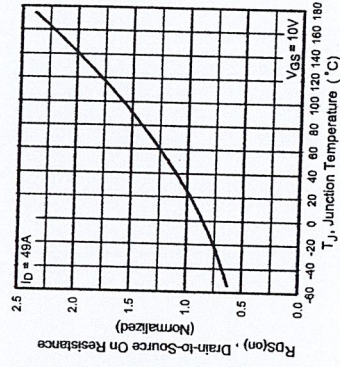


Fig 4. Normalized On-Resistance vs. Temperature

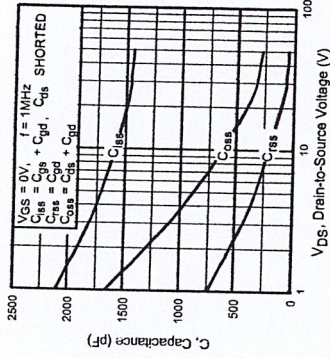


Fig 5. Typical Capacitance vs. Drain-to-Source Voltage

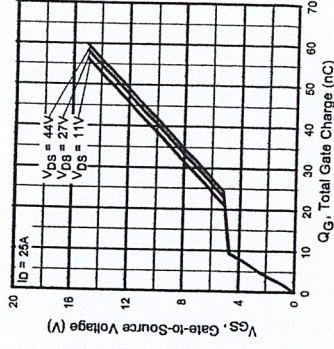


Fig 6. Typical Gate Charge vs. Gate-to-Source Voltage

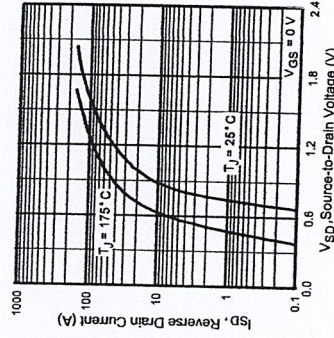


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

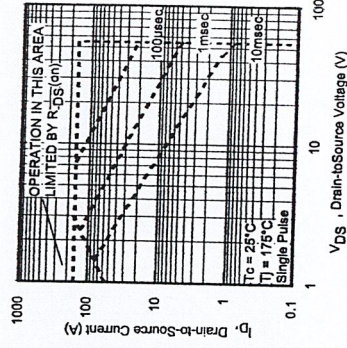


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

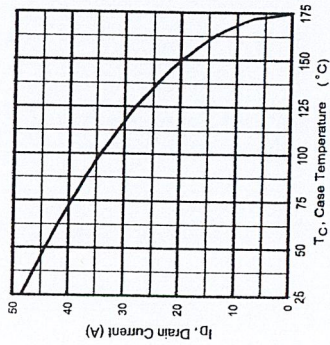


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

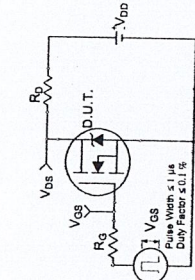


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

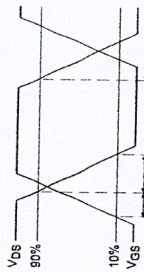


Fig 10b. Switching Time Waveforms

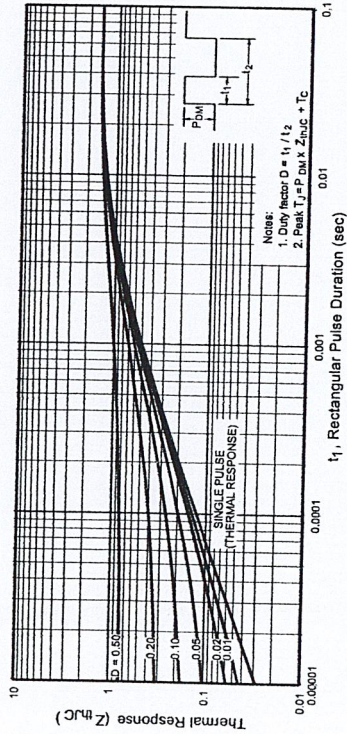


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

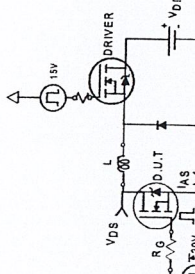


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

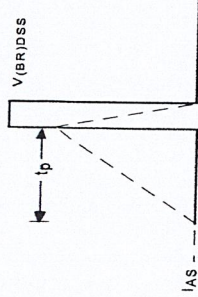


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

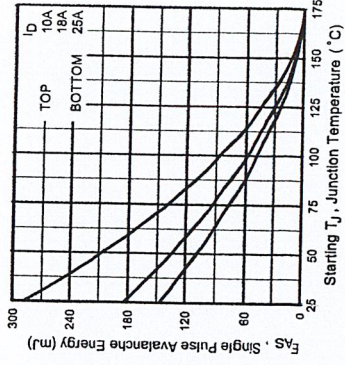


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

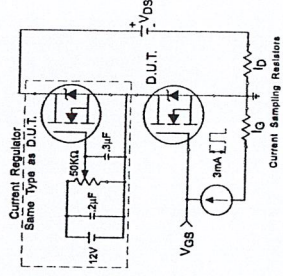


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

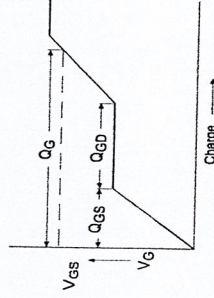


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

80V/2.5A Peak, High Frequency Full Bridge FET Driver

The HIP4080A is a high frequency, medium voltage Full Bridge N-Channel FET driver IC, available in 20 lead plastic SOIC and DIP packages. The HIP4080A includes an input comparator, used to facilitate the "hysteresis" and PWM modes of operation. Its HEN (high enable) lead can force current to freewheel in the bottom two external power MOSFETs, maintaining the upper power MOSFETs off. Since it can switch at frequencies up to 1MHz, the HIP4080A is well suited for driving Voice Coil Motors, switching power amplifiers and power supplies.

HIP4080A can also drive medium voltage brush motors, and two HIP4080As can be used to drive high performance stepper motors, since the short minimum "on-time" can provide fine micro-stepping capability.

Short propagation delays of approximately 55ns maximize control loop crossover frequencies and dead-times which can be adjusted to near zero to minimize distortion, resulting in precise control of the driven load.

The similar HIP4081A IC allows independent control of all 4 FETs in a Full Bridge configuration.

The Application Note for the HIP4080A is AN9404.

Ordering Information

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. DWG. #
HIP4080AIPZ (Note 1)	-40 to +85	20 Ld PDIP (Pb-Free)	E20.3
HIP4080AIP	-40 to +85	20 Ld PDIP	E20.3
HIP4080AIB	-40 to +85	20 Ld SOIC	M20.3
HIP4080AIBZ (Note 1)	-40 to +85	20 Ld SOIC (Pb-Free)	M20.3

NOTES:

1. Intersil Pb-Free products employ special Pb-free material sets; molding compounds/die attach materials and 100% matte tin plate termination finish, which is compatible with both SnPb and Pb-free soldering operations. Intersil Pb-Free products are MSL classified at Pb-free peak reflow temperatures that meet or exceed the Pb-free requirements of IPC/JEDEC J-STD-020B.
2. Add "T" suffix for Tape and Reel packing option. HIP4080AIP not available in Tape and Reel.

Features

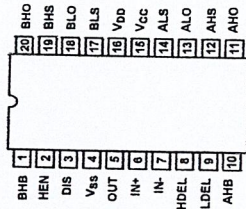
- Drives N-Channel FET Full Bridge including High Side Chop Capability
- Bootstrap Supply Max Voltage to 95VDC
- Drives 1000pF Load at 1MHz in Free Air at +50°C with Rise and Fall Times of Typically 10ns
- User-Programmable Dead Time
- Charge-Pump and Bootstrap Maintain Upper Bias Supplies
- DIS (Disable) Pin Pulls Gates Low
- Input Logic Thresholds Compatible with 5V to 15V Logic Levels
- Very Low Power Consumption
- Undervoltage Protection
- Pb-Free Available as an Option

Applications

- Medium/Large Voice Coil Motors
- Full Bridge Power Supplies
- Switching Power Amplifiers
- High Performance Motor Controls
- Noise Cancellation Systems
- Battery Powered Vehicles
- Peripherals
- U.P.S.

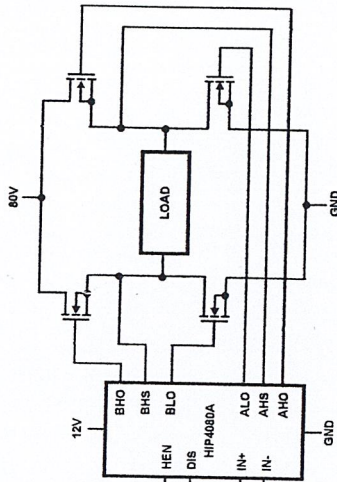
Pinout

HIP4080A (PDIP, SOIC) TOP VIEW

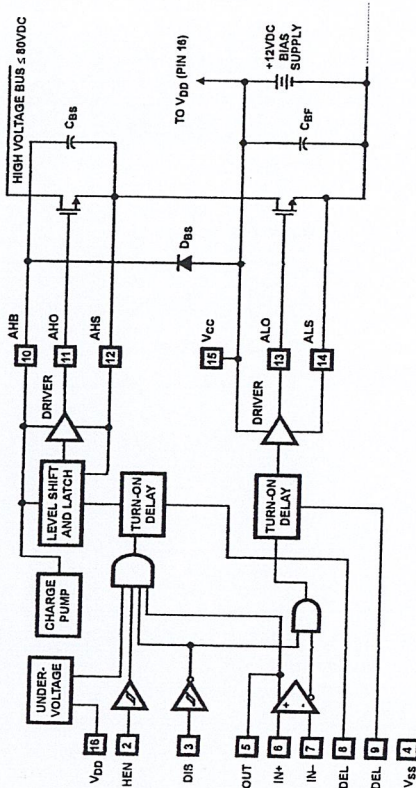


HIP4080A

Application Block Diagram

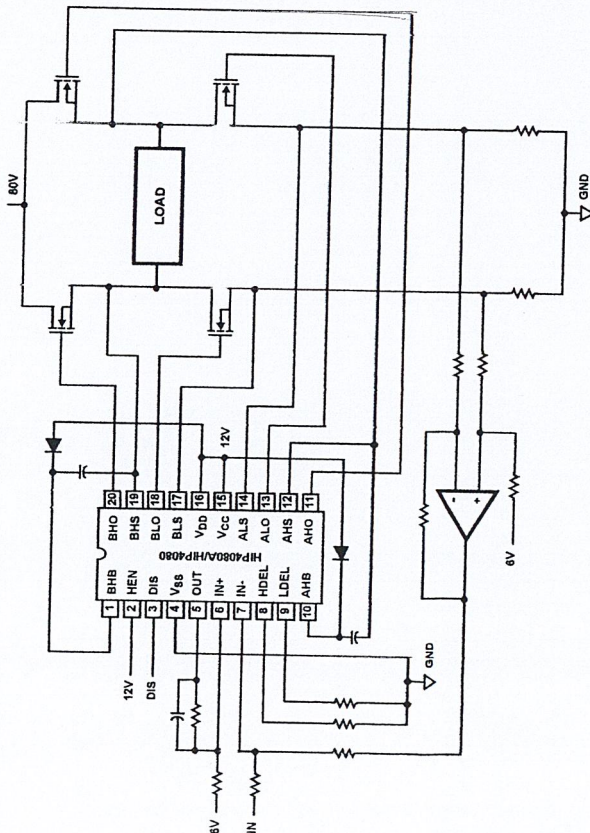


Functional Block Diagram (1/2 HIP4080A)



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures. 1-888-INTERSIL or 321-726-7143 | Intersil, the Intersil logo, and HIP4080A are trademarks of Intersil America, Inc. Copyright Intersil America, Inc. 2004. All rights reserved. All other trademarks mentioned are the property of their respective owners.

Typical Application (Hysteresis Mode Switching)



HIP4080A

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage, V_{DD} and V_{CC} -0.3V to 16V
 Logic I/O Voltages -0.3V to V_{DD} +0.3V
 Voltage on AHS, BHS -6.0V (Transient) to 8.0V (25°C to 125°C)
 Voltage on AHS, BHS -6.0V (Transient) to 7.0V (55°C to 125°C)
 Voltage on ALS, BLS -2.0V (Transient) to 2.0V (Transient)
 Voltage on AHB, BHB V_{AHS}, BHS -0.3V to V_{AHS}, BHS +V_{DD}
 Voltage on ALO, BLO V_{ALS}, BLS -0.3V to V_{CC} +0.3V
 Voltage on AHO, BHO V_{AHS}, BLS -0.3V to V_{AHB}, BHS +0.3V
 Input Current, HDEL and LDEL -5mA to 0mA
 Phase Slew Rate 20V/ns
 All Voltages relative to V_{SS}, unless otherwise specified.

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 3)
 SOIC Package θ_{JA} (TCM) 85
 PDIP Package 75
 Maximum Power Dissipation at +85°C
 SOIC Package 470mW
 PDIP Package 590mW
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Operating Max. Junction Temperature +125°C
 Lead Temperature (Soldering 10s) +300°C
 (For SOIC - Lead Tips Only)

Operating Conditions

Supply Voltage, V_{DD} and V_{CC} +6.5V to +15V
 Voltage on ALS, BLS -1.0V to +1.0V
 Voltage on AHB, BHB V_{AHS}, BHS +5V to V_{AHS}, BHS +15V
 Input Current, HDEL and LDEL -500µA to -50µA
 Operating Ambient Temperature Range -40°C to +85°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

3. θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications V_{DD} = V_{CC} = V_{AHB} = V_{BHB} = 12V, V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{AHS} = V_{BHS} = 0V, R_{THDEL} = R_{THDEL} = 100k, and T_A = +25°C, Unless Otherwise Specified

PARAMETERS	SYMBOL	TEST CONDITIONS	T _J = +25°C			T _J = -40°C TO +125°C			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	MAX		
SUPPLY CURRENTS AND CHARGE PUMPS									
V _{DD} Quiescent Current	I _{DD}	I _{N-} = 2.5V, Other Inputs = 0V	8	11	14	7	14	14	mA
V _{DD} Operating Current	I _{DDO}	Outputs switching f = 500kHz, No Load	9	12	15	8	15	15	mA
V _{CC} Quiescent Current	I _{CC}	I _{N-} = 2.5V, Other Inputs = 0V, I _{ALO} = I _{BLO} = 0	-	25	80	-	100	100	µA
V _{CC} Operating Current	I _{CCO}	f = 500kHz, No Load	1	1.25	2.0	0.8	3	3	mA
AHB, BHB Quiescent Current - Qpump Output Current	I _{AHB} , I _{BHB}	I _{N-} = 2.5V, Other Inputs = 0V, I _{AHO} = I _{BHO} = 0, V _{DD} = V _{CC} = V _{AHB} = V _{BHB} = 10V	-50	-25	-11	-60	-10	-10	µA
AHB, BHB Operating Current	I _{AHO} , I _{BHO}	f = 500kHz, No Load	0.62	1.2	1.5	0.5	1.9	1.9	mA
AHS, BHS, AHB, BHB Leakage Current	I _{HLK}	V _{AHS} = V _{AHS} = 80V, V _{AHB} = V _{BHB} = 89V	-	0.02	1.0	-	10	10	µA
AHB-AHS, BHB-BHS Qpump Output Voltage	V _{AHB} , V _{AHS}, V_{BHB}, V_{BHS}}}}	I _{AHB} = I _{AHB} = 0, No Load	11.5	12.8	14.0	10.5	14.5	14.5	V
INPUT COMPARATOR PINS: IN+, IN-, OUT									
Offset Voltage	V _{OS}	Over Common Mode Voltage Range	-10	0	+10	-15	+15	15	mV
Input Bias Current	I _{IB}		0	0.5	2	0	4	4	µA
Input Offset Current	I _{OS}		-1	0	+1	-2	+2	2	µA
Input Common Mode Voltage Range	CMVR		1	-	V _{DD} -1.5	1	V _{DD} -1.5	V	

HIP4080A

Electrical Specifications $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHS} = V_{BHS} = 12V$, $V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{AHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{DDEL} = R_{LDEL} = 100k$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified (Continued)

PARAMETERS	SYMBOL	TEST CONDITIONS	$T_J = +25^\circ C$			$T_J = -40^\circ C$ TO $+125^\circ C$			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MAX	
Voltage Gain	AVOL		10	25	-	10	-	V/mV	
OUT High Level Output Voltage	V _{OH}	IN+ > IN-, I _{OH} = -250µA	V _{DD}	-	-	V _{DD}	-	V	
			-0.4	-	-	-0.5	-		
OUT Low Level Output Voltage	V _{OL}	IN+ < IN-, I _{OL} = +250µA	-	-	0.4	-	0.5	V	
Low Level Output Current	I _{OL}	V _{OUT} = 8V	6.5	14	18	6	20	mA	
High Level Output Current	I _{OH}	V _{OUT} = 8V	-17	-10	-3	-20	-2.5	mA	
INPUT PINS: DIS									
Low Level Input Voltage	V _{IL}	Full Operating Conditions	-	-	1.0	-	0.8	V	
High Level Input Voltage	V _{IH}	Full Operating Conditions	2.5	-	-	2.7	-	V	
Input Voltage Hysteresis			-	35	-	-	-	mV	
Low Level Input Current	I _{IL}	V _{IN} = 0V, Full Operating Conditions	-130	-100	-75	-135	-65	µA	
High Level Input Current	I _{IH}	V _{IN} = 5V, Full Operating Conditions	-1	-	+1	-10	+10	µA	
INPUT PINS: HEN									
Low Level Input Voltage	V _{IL}	Full Operating Conditions	-	-	1.0	-	0.8	V	
High Level Input Voltage	V _{IH}	Full Operating Conditions	2.5	-	-	2.7	-	V	
Input Voltage Hysteresis			-	35	-	-	-	mV	
Low Level Input Current	I _{IL}	V _{IN} = 0V, Full Operating Conditions	-260	-200	-150	-270	-130	µA	
High Level Input Current	I _{IH}	V _{IN} = 5V, Full Operating Conditions	-1	-	+1	-10	+10	µA	
TURN-ON DELAY PINS: LDEL AND HDEL									
LDEL, HDEL Voltage	V _{HDEL} , V _{LDEL}	I _{HDEL} = I _{LDEL} = -100µA	4.9	5.1	5.3	4.8	5.4	V	
GATE DRIVER OUTPUT PINS: ALO, BLO, AHO, AND BHO									
Low Level Output Voltage	V _{OL}	I _{OUT} = 100mA	0.7	0.85	1.0	0.5	1.1	V	
High Level Output Voltage	V _{CC} - V _{OH}	I _{OUT} = -100mA	0.8	0.85	1.1	0.5	1.2	V	
Peak Pullup Current	I _{Q*}	V _{OUT} = 0V	1.7	2.6	3.8	1.4	4.1	A	
Peak Pulldown Current	I _{Q*}	V _{OUT} = 12V	1.7	2.4	3.3	1.3	3.6	A	
Under Voltage, Rising Threshold	UV+		8.1	8.8	9.4	8.0	9.5	V	
Under Voltage, Falling Threshold	UV-		7.6	8.3	8.9	7.5	8.0	V	
Under Voltage, Hysteresis	HYS		0.25	0.4	0.65	0.2	0.7	V	

HIP4080A

Switching Specifications $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHS} = V_{BHS} = 12V$, $V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{AHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{DDEL} = R_{LDEL} = 10k$, $C_L = 1000pF$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

PARAMETERS	SYMBOL	TEST CONDITIONS	$T_J = +25^\circ C$			$T_J = -40^\circ C$ TO $+125^\circ C$			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MAX	
Lower Turn-off Propagation Delay (IN+/IN- to ALO/BLO)	T _{LPHL}		-	40	70	-	90	ns	
Upper Turn-off Propagation Delay (IN+/IN- to AHO/BHO)	T _{HPHL}		-	50	80	-	110	ns	
Lower Turn-on Propagation Delay (IN+/IN- to ALO/BLO)	T _{LPLH}		-	40	70	-	90	ns	
Upper Turn-on Propagation Delay (IN+/IN- to AHO/BHO)	T _{HPHL}		-	70	110	-	140	ns	
Rise Time	T _R		-	10	25	-	35	ns	
Fall Time	T _F		-	10	25	-	35	ns	
Turn-on Input Pulse Width	T _{PWIN-ON}		50	-	-	50	-	ns	
Turn-off Input Pulse Width	T _{PWIN-OFF}		40	-	-	40	-	ns	
Disable Turn-off Propagation Delay (DIS - Lower Outputs)	T _{DISLOW}		-	45	75	-	95	ns	
Disable Turn-off Propagation Delay (DIS - Upper Outputs)	T _{DISHIGH}		-	55	85	-	105	ns	
Disable to Lower Turn-on Propagation Delay (DIS - ALO and BLO)	T _{DPLH}		-	45	70	-	90	ns	
Refresh Pulse Width (ALO and BLO)	T _{REF-PW}		240	380	500	200	600	ns	
Disable to Upper Enable (DIS - AHO and BHO)	T _{UEN}		-	480	630	-	750	ns	
HEN-AHO, BHO Turn-off, Propagation Delay	T _{HEN-PHL}	R _{HDEL} = R _{LDEL} = 10k	-	40	70	-	80	ns	
HEN-AHO, BHO Turn-on, Propagation Delay	T _{HEN-PLH}	R _{HDEL} = R _{LDEL} = 10k	-	60	90	-	110	ns	

TRUTH TABLE

INPUT				OUTPUT			
IN+ > IN-	HEN	UV	DIS	ALO	AHO	BLO	BHO
X	X	X	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0
X	X	1	X	0	0	0	0

Pin Descriptions

PIN NUMBER	SYMBOL	DESCRIPTION
1	BHB	B High-side Bootstrap supply. External bootstrap diode and capacitor are required. Connect cathode of bootstrap diode and positive side of bootstrap capacitor to this pin. Internal charge pump supplies 30µA out of this pin to maintain bootstrap supply. Internal circuitry clamps the bootstrap supply to approximately 12.8V.
2	HEN	High-side Enable Input. Logic level input that when low overrides IN+/IN- (Pins 8 and 7) to put AHO and BHO drivers (Pins 11 and 20) in low output state. When HEN is high AHO and BHO are controlled by IN+/IN- inputs. The pin can be driven by signal levels of 0V to 15V (no greater than V _{DD}).
3	DIS	Disable Input. Logic level input that when taken high sets all four outputs low. DIS high overrides all other inputs. When DIS is taken low the outputs are controlled by the other inputs. The pin can be driven by signal levels of 0V to 15V (no greater than V _{DD}).
4	V _{SS}	Chip negative supply, generally will be ground.
5	OUT	OUTput of the input control comparator. This output can be used for feedback and hysteresis.
6	IN+	Noninverting input of control comparator. If IN+ is greater than IN- (Pin 7), then ALO and BHO are low level outputs and BLO and AHO are high level outputs. If IN+ is less than IN-, then ALO and BHO are high level outputs and BLO and AHO are low level outputs. DIS (Pin 3) high level will override IN+/IN- control for all outputs. HEN (Pin 2) low level will override IN+/IN- control of AHO and BHO. When switching in four quadrant mode, dead time in a half bridge leg is controlled by HDEL and LDEL (Pins 8 and 9).
7	IN-	Inverting input of control comparator. See IN+ (Pin 6) description.
8	HDEL	High-side turn-on DELay. Connect resistor from this pin to V _{SS} to set timing current that defines the turn-on delay of both high-side drivers. The low-side drivers turn-off with no adjustable delay, so the HDEL resistor guarantees no shoot-through by delaying the turn-on of the high-side drivers. HDEL reference voltage is approximately 5.1V.
9	LDEL	Low-side turn-on DELay. Connect resistor from this pin to V _{SS} to set timing current that defines the turn-on delay of both low-side drivers. The high-side drivers turn-off with no adjustable delay, so the LDEL resistor guarantees no shoot-through by delaying the turn-on of the low-side drivers. LDEL reference voltage is approximately 5.1V.
10	AHB	A High-side Bootstrap supply. External bootstrap diode and capacitor are required. Connect cathode of bootstrap diode and positive side of bootstrap capacitor to this pin. Internal charge pump supplies 30µA out of this pin to maintain bootstrap supply. Internal circuitry clamps the bootstrap supply to approximately 12.8V.
11	AHO	A High-side Output. Connect to gate of A High-side power MOSFET.
12	AHS	A High-side Source connection. Connect to source of A High-side power MOSFET. Connect negative side of bootstrap capacitor to this pin.
13	ALO	A Low-side Output. Connect to gate of A Low-side power MOSFET.
14	ALS	A Low-side Source connection. Connect to source of A Low-side power MOSFET.
15	V _{CC}	Positive supply to gate drivers. Must be same potential as V _{DD} (Pin 16). Connect to anodes of two bootstrap diodes.
16	V _{DD}	Positive supply to lower gate drivers. Must be same potential as V _{CC} (Pin 15). De-couple this pin to V _{SS} (Pin 4).
17	BLS	B Low-side Source connection. Connect to source of B Low-side power MOSFET.
18	BLO	B Low-side Output. Connect to gate of B Low-side power MOSFET.
19	BHS	B High-side Source connection. Connect to source of B High-side power MOSFET. Connect negative side of bootstrap capacitor to this pin.
20	BHO	B High-side Output. Connect to gate of B High-side power MOSFET.

Timing Diagrams

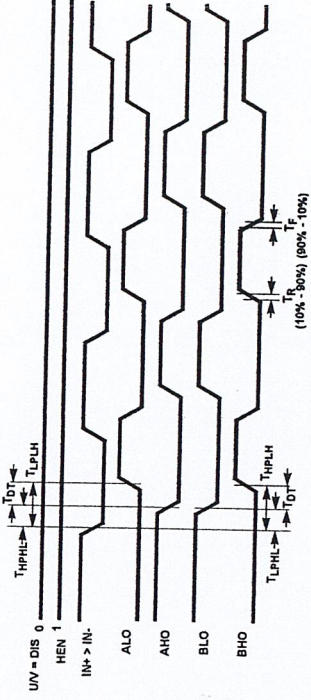


FIGURE 1. BISTATE MODE

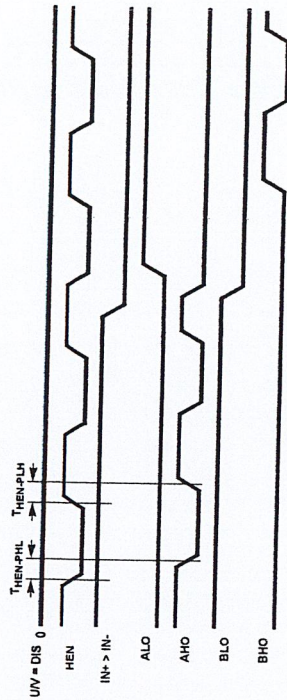


FIGURE 2. HIGH SIDE CHOP MODE

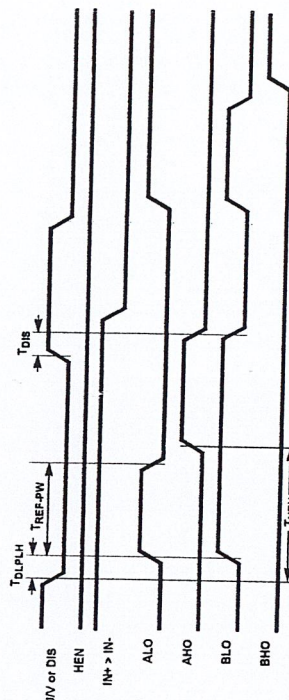


FIGURE 3. DISABLE FUNCTION

Typical Performance Curves $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHS} = V_{BHS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{AHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{DSEL} = R_{LDEL} = 100K$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

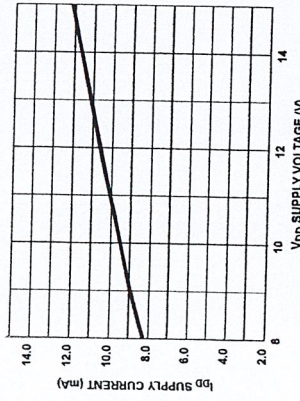


FIGURE 4. QUIESCENT I_{DD} SUPPLY CURRENT vs V_{DD} SUPPLY VOLTAGE

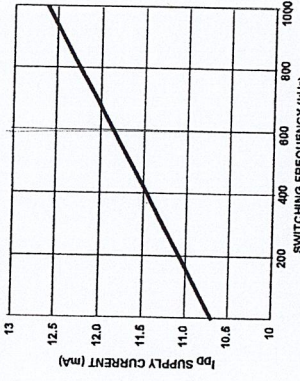


FIGURE 5. I_{DD0} NO-LOAD I_{DD} SUPPLY CURRENT vs SWITCHING FREQUENCY (kHz)

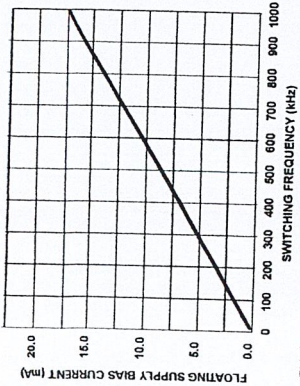


FIGURE 6. SIDE A, B FLOATING SUPPLY BIAS CURRENT vs SWITCHING FREQUENCY (kHz)

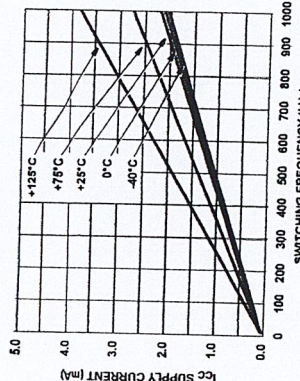


FIGURE 7. I_{CCS} NO-LOAD I_{CC} SUPPLY CURRENT vs SWITCHING FREQUENCY (kHz)

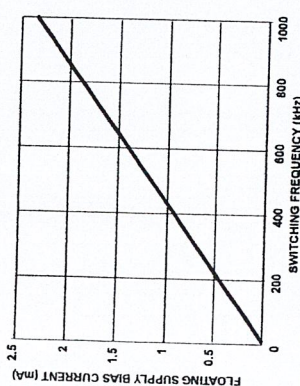


FIGURE 8. I_{AHB} , I_{BHB} NO-LOAD FLOATING SUPPLY BIAS CURRENT vs FREQUENCY

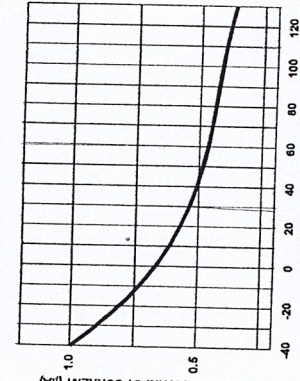


FIGURE 9. COMPARETOR INPUT CURRENT I_{CH} vs TEMPERATURE AT $V_{CH} = 5V$

Typical Performance Curves $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHS} = V_{BHS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{AHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{DSEL} = R_{LDEL} = 100K$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified (Continued)

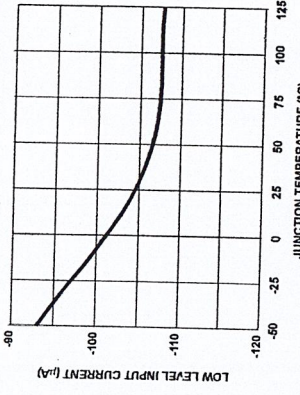


FIGURE 10. DIS LOW LEVEL INPUT CURRENT I_{IL} vs TEMPERATURE

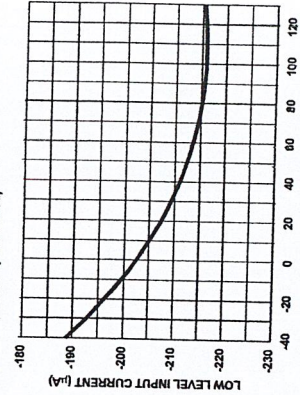


FIGURE 11. HEN LOW LEVEL INPUT CURRENT I_{HL} vs TEMPERATURE

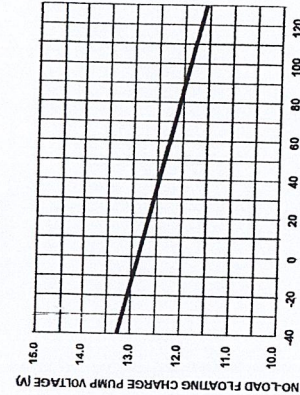


FIGURE 12. AHB, AHS, BHB, BHS NO-LOAD CHARGE PUMP VOLTAGE vs TEMPERATURE

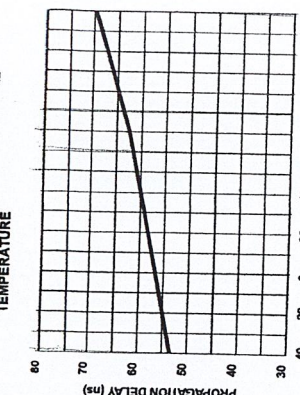


FIGURE 13. UPPER DISABLE TURN-OFF PROPAGATION DELAY $T_{DISHIGH}$ vs TEMPERATURE

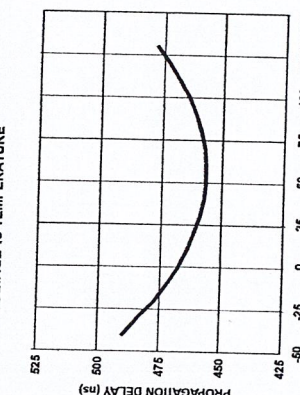


FIGURE 14. DISABLE TO UPPER ENABLE T_{UEN} PROPAGATION DELAY vs TEMPERATURE

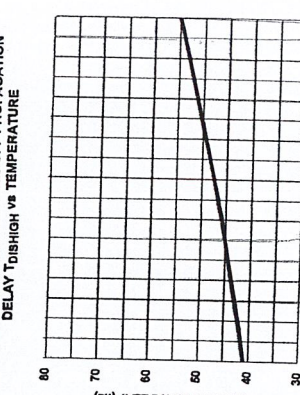


FIGURE 15. LOWER DISABLE TURN-OFF PROPAGATION DELAY T_{DISLOW} vs TEMPERATURE

Typical Performance Curves $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHB} = V_{BHB} = 12V$, $V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{BHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{\theta DEL} = R_{\theta DEL} = 10K$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

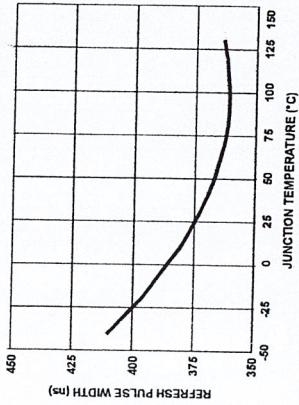


FIGURE 16. TREF-PW REFRESH PULSE WIDTH vs TEMPERATURE

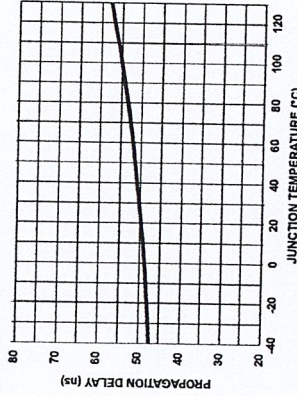


FIGURE 17. DISABLE TO LOWER ENABLE TD_LPLH PROPAGATION DELAY vs TEMPERATURE

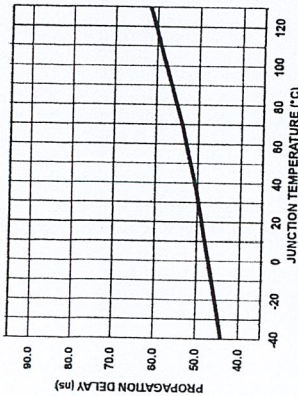


FIGURE 18. UPPER TURN-OFF PROPAGATION DELAY TH_PHL vs TEMPERATURE

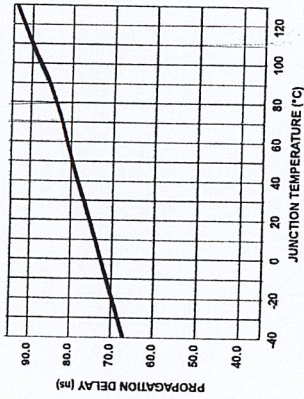


FIGURE 19. UPPER TURN-ON PROPAGATION DELAY TH_PLH vs TEMPERATURE

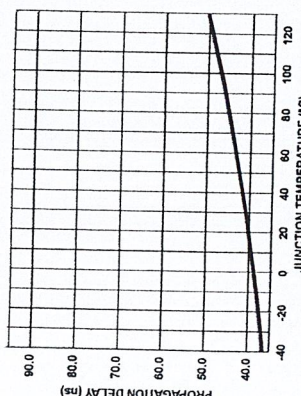


FIGURE 20. LOWER TURN-OFF PROPAGATION DELAY TL_PHL vs TEMPERATURE

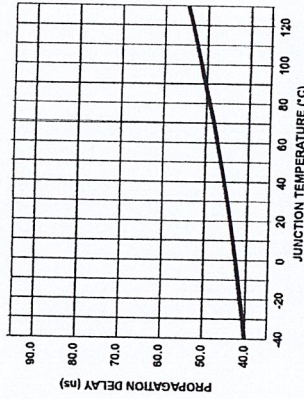


FIGURE 21. LOWER TURN-ON PROPAGATION DELAY TL_PLH vs TEMPERATURE

Typical Performance Curves $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHB} = V_{BHB} = 12V$, $V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{BHS} = V_{BHS} = 0V$, $R_{\theta DEL} = R_{\theta DEL} = 10K$, and $T_A = +25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

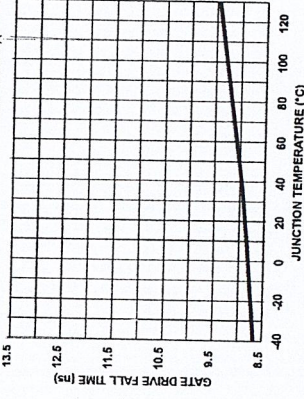


FIGURE 22. GATE DRIVE FALL TIME T_F vs TEMPERATURE

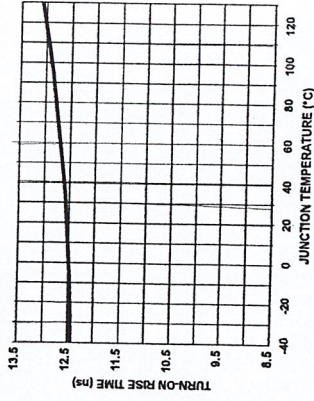


FIGURE 23. GATE DRIVE RISE TIME T_R vs TEMPERATURE

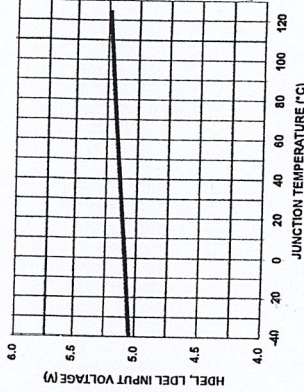


FIGURE 24. V_{IDEL} , V_{IDEL} INPUT VOLTAGE vs TEMPERATURE

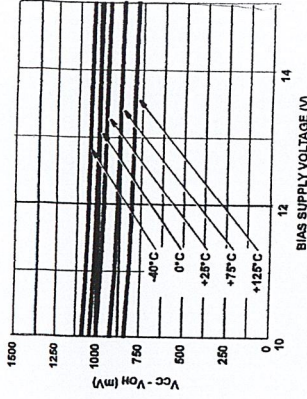


FIGURE 25. HIGH LEVEL OUTPUT VOLTAGE, V_{OH} , vs BIAS SUPPLY AND TEMPERATURE AT 100µA

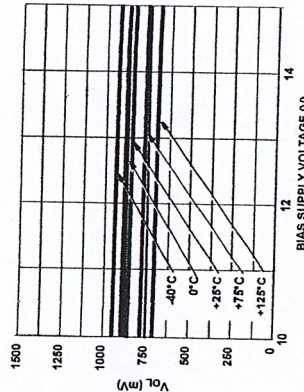


FIGURE 26. LOW LEVEL OUTPUT VOLTAGE, V_{OL} , vs BIAS SUPPLY AND TEMPERATURE AT 100µA

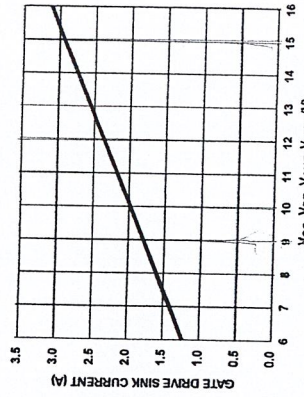


FIGURE 27. PEAK PULLDOWN CURRENT I_O , vs BIAS SUPPLY VOLTAGE

Typical Performance Curves $V_{DD} = V_{CC} = V_{AHB} = V_{BHB} = 12V$, $V_{SS} = V_{ALS} = V_{BLS} = V_{ALS} = V_{BLS} = 0V$, $R_{IDEL} = R_{DEL} = 100K$, and $T_A = +25^{\circ}C$, Unless Otherwise Specified (Continued)

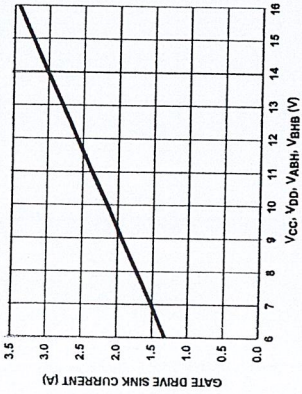


FIGURE 28. PEAK PULLUP CURRENT I_{O+} vs SUPPLY VOLTAGE

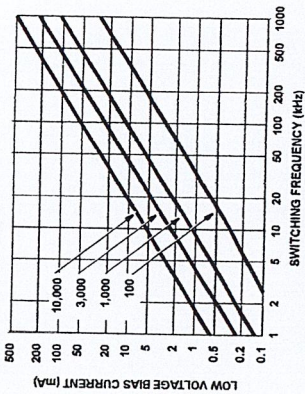


FIGURE 29. LOW VOLTAGE BIAS CURRENT I_{O-} AND I_{CC} (LESS QUIESCENT COMPONENT) vs FREQUENCY AND GATE LOAD CAPACITANCE

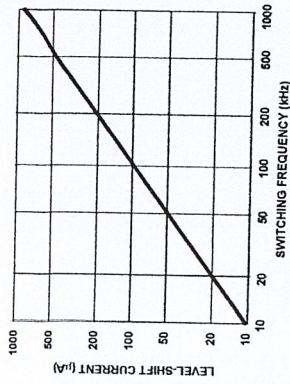


FIGURE 30. HIGH VOLTAGE LEVEL-SHIFT CURRENT vs FREQUENCY AND BUS VOLTAGE

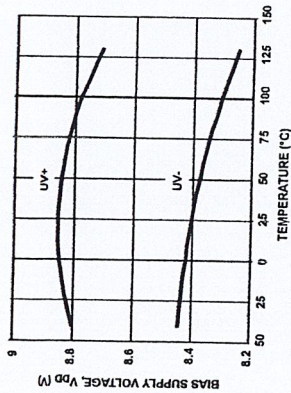


FIGURE 31. UNDERVOLTAGE LOCKOUT vs TEMPERATURE

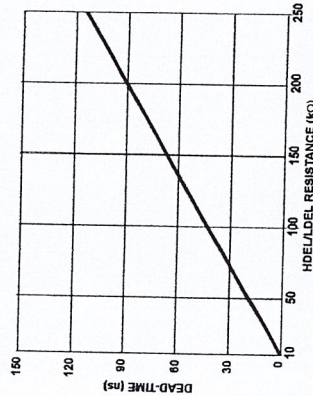
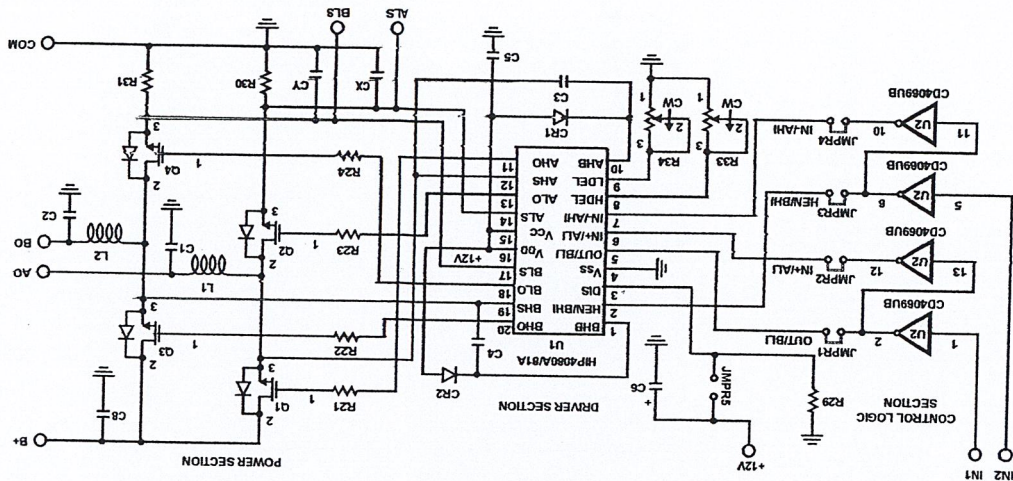


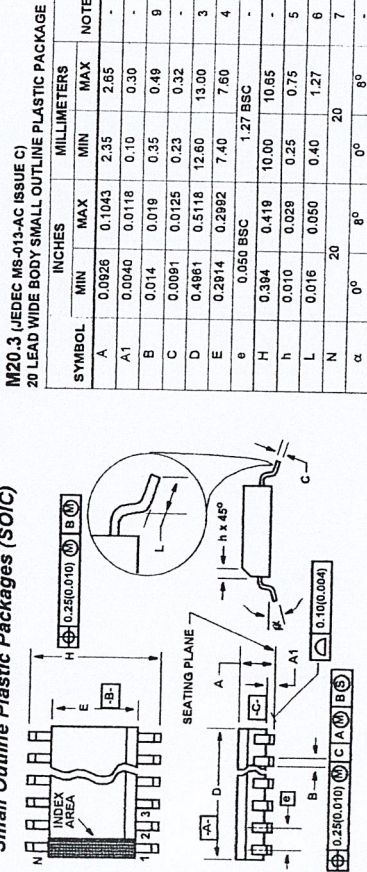
FIGURE 32. MINIMUM DEAD-TIME vs DEL RESISTANCE



NOTES:
 1. DEVICE CD4069UB PIN 7 = COM. PIN 14 = +12V.
 2. COMPONENTS L1, L2, C1, C2, C3, C4, C5, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100, R101, R102, R103, R104, R105, R106, R107, R108, R109, R110, R111, R112, R113, R114, R115, R116, R117, R118, R119, R120, R121, R122, R123, R124, R125, R126, R127, R128, R129, R130, R131, R132, R133, R134, R135, R136, R137, R138, R139, R140, R141, R142, R143, R144, R145, R146, R147, R148, R149, R150, R151, R152, R153, R154, R155, R156, R157, R158, R159, R160, R161, R162, R163, R164, R165, R166, R167, R168, R169, R170, R171, R172, R173, R174, R175, R176, R177, R178, R179, R180, R181, R182, R183, R184, R185, R186, R187, R188, R189, R190, R191, R192, R193, R194, R195, R196, R197, R198, R199, R200, R201, R202, R203, R204, R205, R206, R207, R208, R209, R210, R211, R212, R213, R214, R215, R216, R217, R218, R219, R220, R221, R222, R223, R224, R225, R226, R227, R228, R229, R230, R231, R232, R233, R234, R235, R236, R237, R238, R239, R240, R241, R242, R243, R244, R245, R246, R247, R248, R249, R250, R251, R252, R253, R254, R255, R256, R257, R258, R259, R260, R261, R262, R263, R264, R265, R266, R267, R268, R269, R270, R271, R272, R273, R274, R275, R276, R277, R278, R279, R280, R281, R282, R283, R284, R285, R286, R287, R288, R289, R290, R291, R292, R293, R294, R295, R296, R297, R298, R299, R300, R301, R302, R303, R304, R305, R306, R307, R308, R309, R310, R311, R312, R313, R314, R315, R316, R317, R318, R319, R320, R321, R322, R323, R324, R325, R326, R327, R328, R329, R330, R331, R332, R333, R334, R335, R336, R337, R338, R339, R340, R341, R342, R343, R344, R345, R346, R347, R348, R349, R350, R351, R352, R353, R354, R355, R356, R357, R358, R359, R360, R361, R362, R363, R364, R365, R366, R367, R368, R369, R370, R371, R372, R373, R374, R375, R376, R377, R378, R379, R380, R381, R382, R383, R384, R385, R386, R387, R388, R389, R390, R391, R392, R393, R394, R395, R396, R397, R398, R399, R400, R401, R402, R403, R404, R405, R406, R407, R408, R409, R410, R411, R412, R413, R414, R415, R416, R417, R418, R419, R420, R421, R422, R423, R424, R425, R426, R427, R428, R429, R430, R431, R432, R433, R434, R435, R436, R437, R438, R439, R440, R441, R442, R443, R444, R445, R446, R447, R448, R449, R450, R451, R452, R453, R454, R455, R456, R457, R458, R459, R460, R461, R462, R463, R464, R465, R466, R467, R468, R469, R470, R471, R472, R473, R474, R475, R476, R477, R478, R479, R480, R481, R482, R483, R484, R485, R486, R487, R488, R489, R490, R491, R492, R493, R494, R495, R496, R497, R498, R499, R500, R501, R502, R503, R504, R505, R506, R507, R508, R509, R510, R511, R512, R513, R514, R515, R516, R517, R518, R519, R520, R521, R522, R523, R524, R525, R526, R527, R528, R529, R530, R531, R532, R533, R534, R535, R536, R537, R538, R539, R540, R541, R542, R543, R544, R545, R546, R547, R548, R549, R550, R551, R552, R553, R554, R555, R556, R557, R558, R559, R560, R561, R562, R563, R564, R565, R566, R567, R568, R569, R570, R571, R572, R573, R574, R575, R576, R577, R578, R579, R580, R581, R582, R583, R584, R585, R586, R587, R588, R589, R590, R591, R592, R593, R594, R595, R596, R597, R598, R599, R600, R601, R602, R603, R604, R605, R606, R607, R608, R609, R610, R611, R612, R613, R614, R615, R616, R617, R618, R619, R620, R621, R622, R623, R624, R625, R626, R627, R628, R629, R630, R631, R632, R633, R634, R635, R636, R637, R638, R639, R640, R641, R642, R643, R644, R645, R646, R647, R648, R649, R650, R651, R652, R653, R654, R655, R656, R657, R658, R659, R660, R661, R662, R663, R664, R665, R666, R667, R668, R669, R670, R671, R672, R673, R674, R675, R676, R677, R678, R679, R680, R681, R682, R683, R684, R685, R686, R687, R688, R689, R690, R691, R692, R693, R694, R695, R696, R697, R698, R699, R700, R701, R702, R703, R704, R705, R706, R707, R708, R709, R710, R711, R712, R713, R714, R715, R716, R717, R718, R719, R720, R721, R722, R723, R724, R725, R726, R727, R728, R729, R730, R731, R732, R733, R734, R735, R736, R737, R738, R739, R740, R741, R742, R743, R744, R745, R746, R747, R748, R749, R750, R751, R752, R753, R754, R755, R756, R757, R758, R759, R760, R761, R762, R763, R764, R765, R766, R767, R768, R769, R770, R771, R772, R773, R774, R775, R776, R777, R778, R779, R780, R781, R782, R783, R784, R785, R786, R787, R788, R789, R790, R791, R792, R793, R794, R795, R796, R797, R798, R799, R800, R801, R802, R803, R804, R805, R806, R807, R808, R809, R810, R811, R812, R813, R814, R815, R816, R817, R818, R819, R820, R821, R822, R823, R824, R825, R826, R827, R828, R829, R830, R831, R832, R833, R834, R835, R836, R837, R838, R839, R840, R841, R842, R843, R844, R845, R846, R847, R848, R849, R850, R851, R852, R853, R854, R855, R856, R857, R858, R859, R860, R861, R862, R863, R864, R865, R866, R867, R868, R869, R870, R871, R872, R873, R874, R875, R876, R877, R878, R879, R880, R881, R882, R883, R884, R885, R886, R887, R888, R889, R890, R891, R892, R893, R894, R895, R896, R897, R898, R899, R900, R901, R902, R903, R904, R905, R906, R907, R908, R909, R910, R911, R912, R913, R914, R915, R916, R917, R918, R919, R920, R921, R922, R923, R924, R925, R926, R927, R928, R929, R930, R931, R932, R933, R934, R935, R936, R937, R938, R939, R940, R941, R942, R943, R944, R945, R946, R947, R948, R949, R950, R951, R952, R953, R954, R955, R956, R957, R958, R959, R960, R961, R962, R963, R964, R965, R966, R967, R968, R969, R970, R971, R972, R973, R974, R975, R976, R977, R978, R979, R980, R981, R982, R983, R984, R985, R986, R987, R988, R989, R990, R991, R992, R993, R994, R995, R996, R997, R998, R999, R1000.

FIGURE 33. HIP4080A EVALUATION PC BOARD SCHEMATIC

Small Outline Plastic Packages (SOIC)



Rev. 1 1/02

NOTES:

1. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication Number 95.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Dimension "D" does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
4. Dimension "E" does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
5. The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
6. "L" is the length of terminal for soldering to a substrate.
7. "N" is the number of terminal positions.
8. Terminal numbers are shown for reference only.
9. The lead width "B", as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.51mm (0.024 inch).
10. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

All Intersil U.S. products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at www.intersil.com/design/quality

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design, software and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use in any application for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see www.intersil.com

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

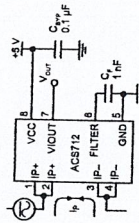
Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_p , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5 \times overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from the RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	Top (°C)	Optimized Range, I_p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-065-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	#5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	#20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	#30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RECC}		-0.1	V
Output Voltage	V_{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{REOUT}		-0.1	V
Output Current Source	$I_{OUT(SOURCE)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{OUT(SINK)}$		10	mA
Overcurrent Tolerance	I_p	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	$I_k(MAX)$	Junction Temperature, $T_J < T_{J(MAX)}$	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	$^\circ\text{C}$
Maximum Junction	$T_{J(MAX)}$		185	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{STG}		-65 to 170	$^\circ\text{C}$

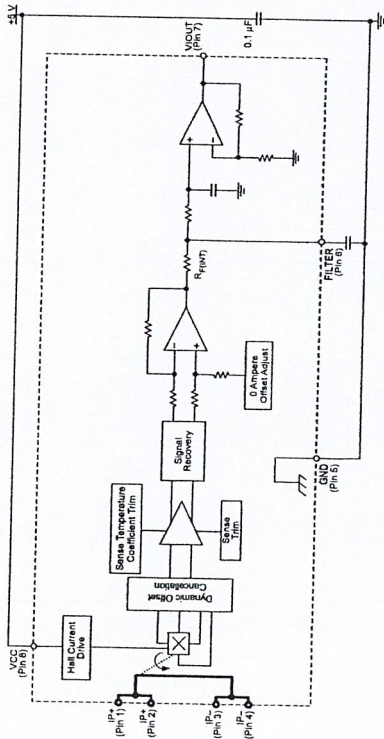


TUV America
Certificate Number:
UR8 08 05 54214 010

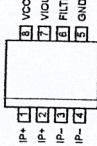
Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1-2003 EN 60950-1:2001



Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_{OP} , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$I_{CC} = 11$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{OUT} = 1.2$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	—	V
Output Resistance	R_{OUT}	V _{OUT} to GND	—	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{OUT} to GND	—	—	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{OUT} to GND	4.7	—	—	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.2	—	mΩ
RMS Isolation Voltage	V_{ISOL}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	—	—	V
DC Isolation Voltage	V_{ISDC}	Pins 1-4 and 5-8; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	5000	—	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	3	—	μs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	7	—	μs
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	5	—	μs
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$, I_P is 10 A peak-to-peak	—	50	—	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	—	±1	±1.5	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	—	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional, $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	$V_{CC} \times 0.5$	—	V
Magnetic Offset Error	$V_{ERR(O)}$	$I_P = 0$ A, after excursion of 5 A	—	0	—	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		—	—	—	mV
	V_{CL}		Typ. -110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. +110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	—	35	—	μs
Magnetic Coupling ²			—	—	—	μs
Internal Filter Resistance ³	$R_{FILT(D)}$		—	12	—	kΩ

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

² $R_{FILT(D)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

³Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board

Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board

summed by the board

Additional thermal information is available on the Allegro website.

The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequency Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

Operating Internal Leadframe Temperature	T_{OP}	E range	Min.	Typ.	Max.	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	R_{JL}	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board	—	—	85	°C
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	R_{JA}	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board	—	—	5	°C/W
Additional thermal information is available on the Allegro website.					23	°C/W

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequency Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Characteristic	Symbol	Test Conditions			
		Min.	Typ.	Max.	
Optimized Accuracy Range	I_p	-5	-	5	
Sensitivity ²	Sens _{FA}	-	185	-	
	Sens _{TOP}	178	-	193	
Noise	$V_{noise(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	45	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	20	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	75	-
		$I_p = 0\text{ A}$	-	40	-
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	-40	-	40	
Total Output Error ³	E_{TOT}	-	± 1.5	-	

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.
²At -40°C Sensitivity may shift as much as 9% outside of the datasheet limits.
³Percentage of I_p , with $I_p = 5\text{ A}$. Output filtered.

X20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Test Conditions			
		Min.	Typ.	Max.	
Optimized Accuracy Range	I_p	-20	-	20	
Sensitivity ²	Sens _{FA}	-	100	-	
	Sens _{TOP}	87	-	103	
Noise	$V_{noise(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	24	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	10	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	40	-
		$I_p = 0\text{ A}$	-	30	-
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	-30	-	30	
Total Output Error ³	E_{TOT}	-	± 1.5	-	

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.
²At -40°C Sensitivity may shift as much as 9% outside of the datasheet limits.
³Percentage of I_p , with $I_p = 20\text{ A}$. Output filtered.

X30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Test Conditions			
		Min.	Typ.	Max.	
Optimized Accuracy Range	I_p	-30	-	30	
Sensitivity ²	Sens _{FA}	-	66	-	
	Sens _{TOP}	64	-	68	
Noise	$V_{noise(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	20	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-
		Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	35	-
		$I_p = 0\text{ A}$	-	30	-
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	-30	-	30	
Total Output Error ³	E_{TOT}	-	± 1.5	-	

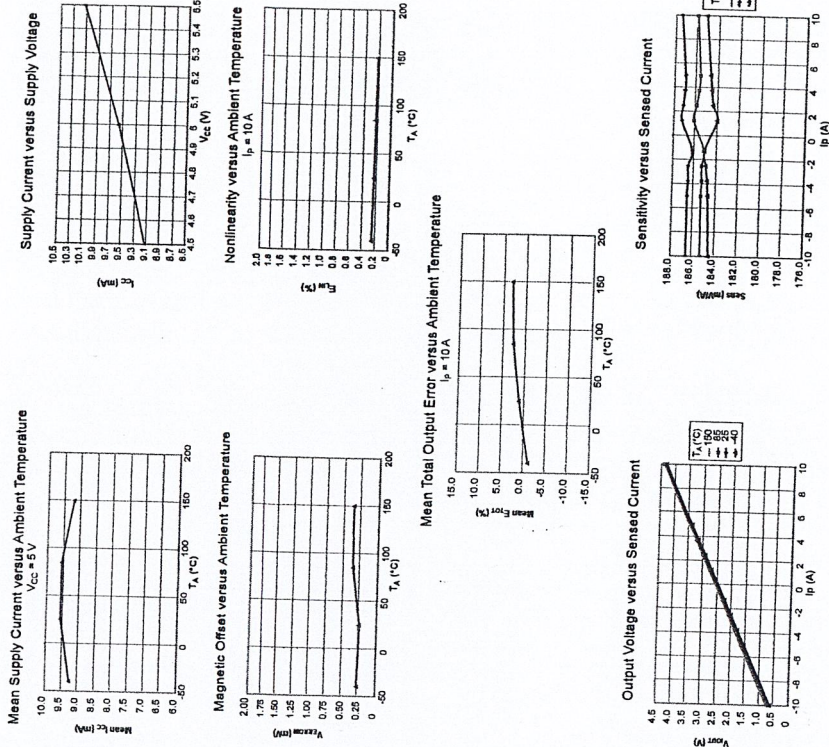
¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.
²At -40°C Sensitivity may shift as much as 9% outside of the datasheet limits.
³Percentage of I_p , with $I_p = 30\text{ A}$. Output filtered.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

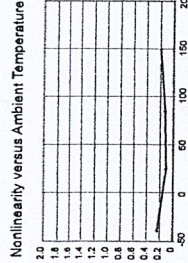
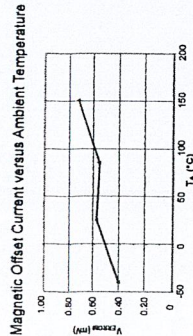
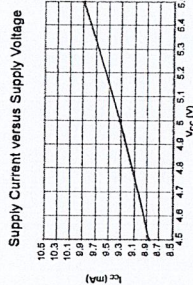
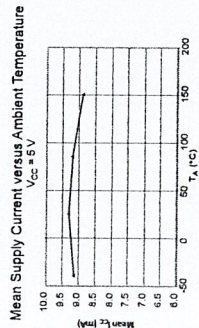
Characteristic Performance

$I_p = 5\text{ A}$, Sens = 185 mV/A unless otherwise specified

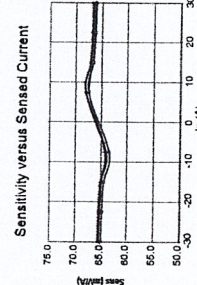
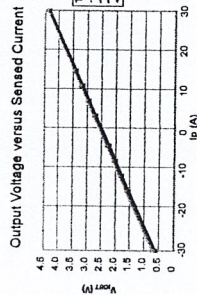
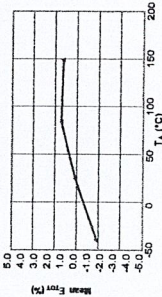


Characteristic Performance

$I_p = 30\text{ A}$, $Sens = 86\text{ mV/A}$, unless otherwise specified



Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in sensor output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (Vnoise). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC ($\approx 1\text{ G}$). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LN}). The degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left(1 - \frac{\left| \Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} \left(\frac{V_{\text{OUT_full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(Q)}}{2 \left(V_{\text{OUT_half-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(Q)} \right)} \right) \right|}{\left(V_{\text{OUT_full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(Q)} \right)} \right)$$

where $V_{\text{OUT_full-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sensed current approximates full-scale $\pm 1p$.

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT_+ full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(Q)}}{V_{\text{OUT}(Q)} - V_{\text{OUT_ - full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{OUT(Q)}). The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at $V_{CC}/2$. Thus, $V_{CC} = 5\text{ V}$ translates into $V_{\text{OUT}(Q)} = 2.5\text{ V}$. Variation in $V_{\text{OUT}(Q)}$ can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OP}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of $V_{CC}/2$ due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- 0 A at 25°C. Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- 0 A over Δ temperature. Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- Full-scale current at 25°C. Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- Full-scale current over Δ temperature. Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.

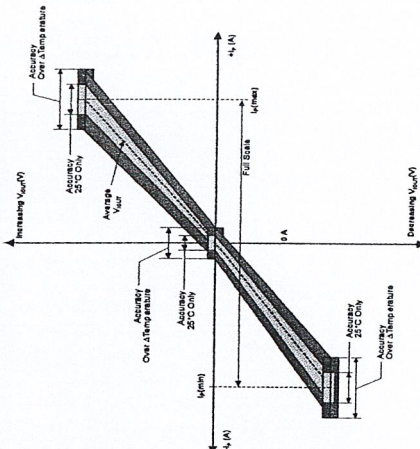
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, $V_{\text{OUT}(Q)}$, (nominally equal to $V_{CC}/2$) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC} . The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, $\Delta V_{\text{OUT}(Q)@25^\circ\text{C}}$ (%).

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT}(Q)@25^\circ\text{C}}}{V_{CC}/5\text{ V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, $\Delta \text{Sens}_{25^\circ\text{C}}$ (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{V_{CC}} / \text{Sens}_{5\text{V}}}{V_{CC}/5\text{ V}} \right)$$

Output Voltage versus Sensensed Current Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current

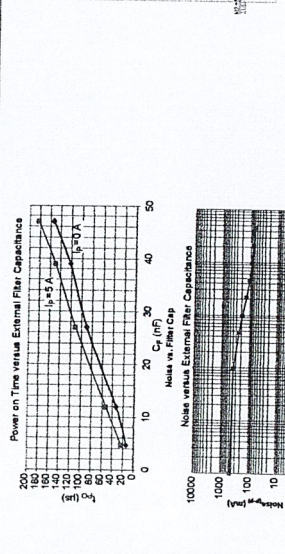
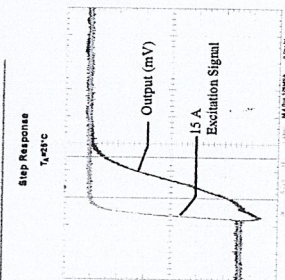
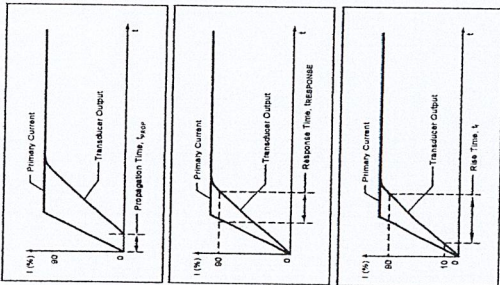


Definitions of Dynamic Response Characteristics

Propagation delay (t_{prop}). The time required for the sensor output to reflect a change in the primary current signal. Propagation delay is attributed to inductive loading within the linear IC package, as well as in the inductive loop formed by the primary conductor geometry. Propagation delay can be considered as a fixed time offset and may be compensated.

Response time ($t_{response}$). The time interval between a) when the primary current signal reaches 90% of its final value, and b) when the sensor reaches 90% of its output corresponding to the applied current.

Rise time (t_r). The time interval between a) when the sensor reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which $f(-3\text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{response}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.

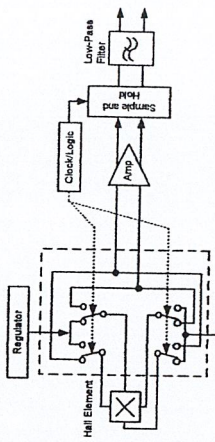


C_f (nF)	t_r (μs)
0	9.9
10	17.4
4.7	4.7
10	32.1
250	4.7
4.7	88.2
100	291.3
220	623.0
470	1120.0

C_f (nF)	Rise Time (t_r) (μs)
0	9.9
10	17.4
4.7	4.7
10	32.1
250	4.7
4.7	88.2
100	291.3
220	623.0
470	1120.0

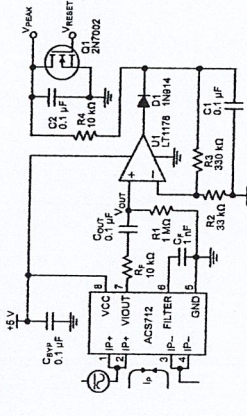
Chopper Stabilization Technique

Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired dc offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated dc offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through the filter. As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

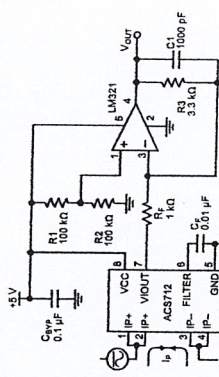


Concept of Chopper Stabilization Technique

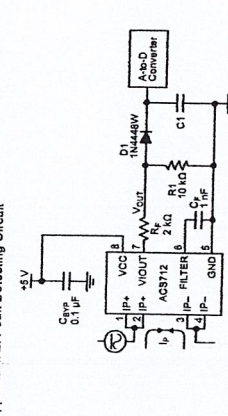
Typical Applications



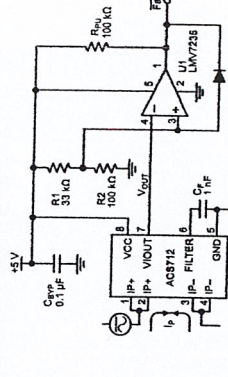
Application 2. Peak Detecting Circuit



Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Improving Sensing System Accuracy Using the FILTER Pin

In low-frequency sensing applications, it is often advantageous to add a simple RC filter to the output of the sensor. Such a low-pass filter improves the signal-to-noise ratio, and therefore the resolution, of the sensor output signal. However, the addition of an RC filter to the output of a sensor IC can result in undesirable sensor output attenuation — even for dc signals.

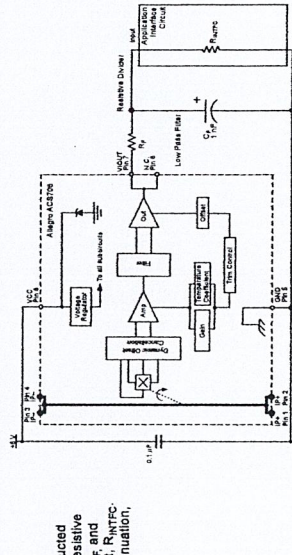
Signal attenuation, ΔV_{ATT} , is a result of the resistive divider effect between the resistance of the external filter, R_F (see Application 6), and the input impedance and resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . The transfer function of this resistive divider is given by:

$$\Delta V_{ATT} = V_{OUT} \left(\frac{R_{INTFC}}{R_F + R_{INTFC}} \right)$$

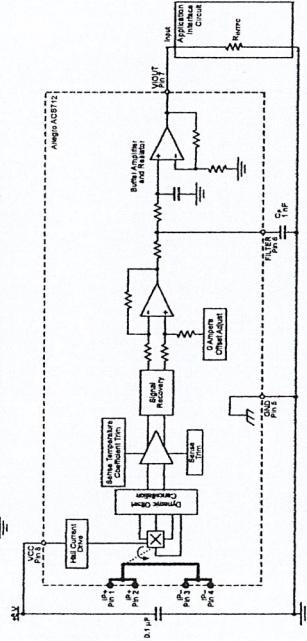
Even if R_F and R_{INTFC} are designed to match, the two individual resistance values will most likely drift by different amounts over

temperature. Therefore, signal attenuation will vary as a function of temperature. Note that, in many cases, the input impedance, R_{INTFC} , of a typical analog-to-digital converter (ADC) can be as low as 10 k Ω .

The ACS712 contains an internal resistor, a FILTER pin connection to the printed circuit board, and an internal buffer amplifier. With this circuit architecture, users can implement a simple RC filter via the addition of a capacitor, C_F (see Application 7) from the FILTER pin to ground. The buffer amplifier inside of the ACS712 (located after the internal resistor and FILTER pin connection) eliminates the attenuation caused by the resistive divider effect described in the equation for ΔV_{ATT} . Therefore, the ACS712 device is ideal for use in high-accuracy applications that cannot afford the signal attenuation associated with the use of an external RC low-pass filter.



Application 6. When a low pass filter is constructed externally to a standard Hall effect device, a resistive divider may exist between the filter resistor, R_F , and the resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . This resistive divider will cause excessive attenuation, as given by the transfer function for ΔV_{ATT} .

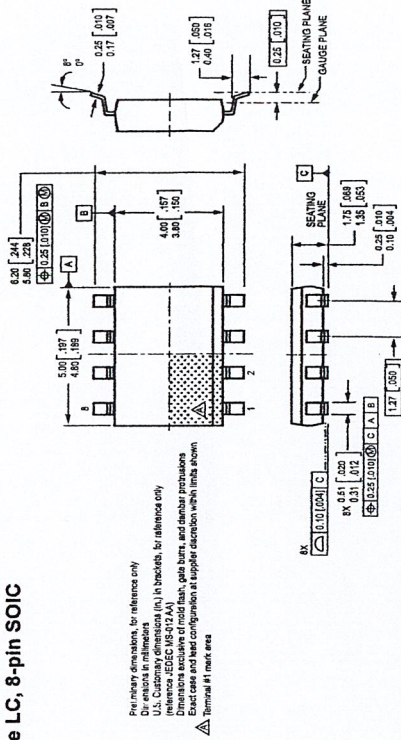


Application 7. Using the FILTER pin provided on the ACS712 eliminates the attenuation effects of the resistor divider between R_F and R_{INTFC} , shown in Application 6.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

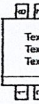
Package LC, 8-pin SOIC



For many dimensions, for reference only. Do not use in millimeters. U.S. customary dimensions (in.) in brackets, for reference only. Reference JEDEC MS-012AA. All dimensions are shown unless otherwise specified. Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown. Δ Terminal #1 mark area.

Package Branding

Two alternative patterns are used



ACS	Allegro Current Sensor
712	Device family number
T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
R	Operating ambient temperature range code
LC	Package type designator
PPP	Primary sensed current
YY	Date code: Calendar year (last two digits)
WW	Date code: Calendar week
A	Date code: Shift code

ACS	Allegro Current Sensor
712	Device family number
ACS712T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
RLCPPP	Operating ambient temperature range code
L.L.L	Package type designator
YYWW	Primary sensed current
L.L.L	Lot code
YY	Date code: Calendar year (last two digits)
WW	Date code: Calendar week

The products described herein are manufactured under one or more of the following U.S. patents: 5,045,920; 5,264,783; 5,442,283; 5,389,889; 5,381,179; 5,317,112; 5,619,137; 5,621,319; 5,650,719; 5,686,894; 5,694,038; 5,729,130; 5,917,320; and other patents pending.

Allegro Microsystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability,

Copyright ©2006, Allegro Microsystems, Inc.

For the latest version of this document, go to our website at:

www.allegromicro.com



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northwood Court, Box 16209
Worcester, Massachusetts 01615-0209 (401) 863-5000
www.allegromicro.com