



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟจากสนามแม่เหล็กภายนอก
และเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ ผ่านระบบ Internet of Things
Experiment damaged of hard disk drive from external
Magnet and Real-time gauss meter show data via Internet of thing

นางสาวพิมพ์ชนก ชมตะคุ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากสนามแม่เหล็กบริเวณภายนอก
และเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ ผ่านระบบ Internet of Things
Experiment damaged of hard disk drive from external
Magnet and Real-time gauss meter show data via Internet of things

นางสาวพิมพ์ชนก ชมตะคุ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสนามแม่เหล็กภายนอก ภายนอก และเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ ผ่านระบบ Internet of Things

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวพิมพ์ชนก ชมตะคุ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด , อ.ชินภัทร นันทจิวารชัย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน ผศ.เกรียงไกร สุขสุด , อ.ชินภัทร นันทจิวารชัย

สถานประกอบการ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงการ การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสนามแม่เหล็กภายนอก ภายนอก และออกแบบเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับทางบริษัท และวัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ณ ขณะใช้งาน ก่อนมีการรบกวนของสนามแม่เหล็กภายนอก ขณะที่มีการรบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก จากนั้นทำการทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ หลังได้รับการรบกวนโดยใช้โปรแกรมเฉพาะทาง แนวคิดริเริ่มของโครงการชิ้นนี้เกิดจากการตั้งข้อสันนิษฐาน เมื่อผู้ใช้งานนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปใช้ในบริเวณใกล้เคียงกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีสนามแม่เหล็กแรงสูงเป็นระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวนมากได้รับความเสียหาย ดังนั้นจึงเกิดเป็นโครงการชิ้นนี้ขึ้นมา เพื่อทดสอบข้อสันนิษฐาน โดยใช้เครื่องวัดสนามแม่เหล็กนี้ วัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลองและแสดงผลลัพธ์ค่าตัวเลข กราฟแบบเรียลไทม์ ผ่านระบบ Internet of Thing

คำสำคัญ : สนามแม่เหล็ก , ความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ , ระบบ Internet of Things

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Experiment damaged of hard disk drive from external

Magnet and Real-time gauss meter show data via Internet of things

Student intern name: Miss.Pimchanok Chomtaku

Faculty: Engineering **Department:** Electronics Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Kriangkrai Sooksood, Prof.Chinnapat Nantajiwakornchai

Mentor name: Asst.Prof.Kriangkrai Sooksood, Prof.Chinnapat Nantajiwakornchai

Company: Seagate Technology (Thailand) Ltd. - Korat Plant



ABSTRACT

Experiment damaged of hard disk drive from external magnet and Real-time gauss meter show data via IOT was intended to measure magnetic field values each position on hard disk drive to provide useful information to the company. And measure magnetic field values of drive at the time of operation before any external magnetic field interference and while there are external magnetic disturbances. By the way the initiative was noted when hard drive was deployed in close proximity with high external magnetic device and many drives are damaged. Accordingly, this project has come up to support assumption by using a real-time Gauss meter measure magnetic field of hard disk before and while Disturbances and compare the results experiment. Then display real-time data and graphs via Internet of Things.

Keywords : magnetic field , Hard disk drives are often damaged , Internet of Things system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากสนามแม่เหล็กบริเวณภายนอก และเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ผ่านระบบ Internet of Things นี้ ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด และ ขอขอบคุณ นายวาริน ชุมสำโรง หัวหน้าแผนก , นางสาวชนากาญจน์ แต่งภูมิ พนักงานที่ปรึกษา รวมถึงพนักงานทุกท่าน ในแผนก Electrical Failure Analysis ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ในการทำโครงการ และข้อเสนอแนะอีกมากมายแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ อาจารย์เกรียงไกร สุขสุด อาจารย์ชินภัทร นันทจิวงกรชัย และอาจารย์จิรวัดน์ ปานกลาง ที่ได้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้โครงการชิ้นนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่เป็นผู้ให้กำลังใจ ผู้คอยสนับสนุน และให้โอกาสทางการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

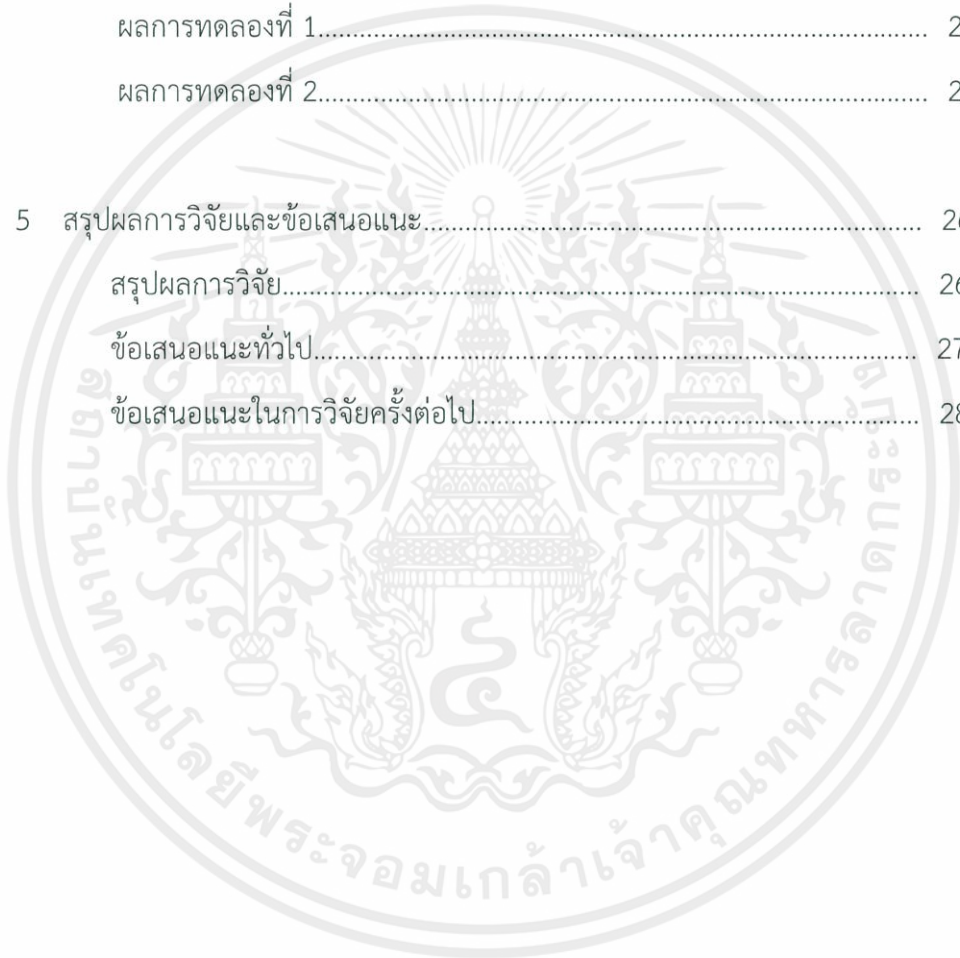
นางสาวพิมพ์ชนก ชมตะคุ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	3
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	4
2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทฤษฎีสนามแม่เหล็ก(Magnetic Field)	5
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น(Electronics Circuit).....	7
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller).....	8
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมประมวลผล.....	9
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบ Internet of Things.....	11

3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	13
	เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย.....	13
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	14
	วิธีการดำเนินการวิจัยและทดลอง.....	18
4	ผลการวิจัย.....	21
	ผลการทดลองที่ 1.....	21
	ผลการทดลองที่ 2.....	22
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	26
	สรุปผลการวิจัย.....	26
	ข้อเสนอแนะทั่วไป.....	27
	ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	28



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินการ ปี พ.ศ. 2561.....	4
3.1 ตารางเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง และเครื่องวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน.....	17



สารบัญรูปร่าง

ภาพที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กและระยะทาง.....	7
2.2 Raspberry Pi Microcontroller.....	9
2.3 สัญลักษณ์ภาษาไพธอน.....	10
2.4 สัญลักษณ์ Internet of Things.....	12
3.1 ชุดคำสั่งโปรแกรมเพื่อการประมวลผล.....	14
3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....	14
3.3 การออกแบบ Dashboard on server internet of things.....	14
3.4 การออกแบบแผงเกจอุปกรณ์ด้วยโปรแกรม Solid work.....	15
3.5 ภาพรวมเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์.....	15
3.6 ผลลัพธ์ทั่วไปบนหน้าจคอมพิวเตอร์.....	16
3.7 ผลลัพธ์ทั่วไปบนหน้าจโทรศัพท์มือถือ (Cayenne App).....	16
3.8 กราฟเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลองและ เครื่องวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน.....	17
3.9 การวัดสนามแม่เหล็ก ณ จุดที่มีการเคลื่อนผ่านของหัวอ่าน ขณะไม่มีสนามแม่เหล็กภายนอก.....	18
3.10 แม่เหล็กนีโอไดเมียมและแท่นยึดแม่เหล็ก.....	18

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 24 มิลลิเมตร.....	19
3.12 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 24 มิลลิเมตร ขณะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	19
3.13 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 23 มิลลิเมตร.....	20
3.14 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 23 มิลลิเมตร ขณะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	20
4.1 สนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว.....	21
4.2 แถบสัญญาณปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนการทดลอง ที่ 1.....	22
4.3 แถบสัญญาณของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังการทดลอง แสดงการหายไปของข้อมูล.....	22
4.4 Gain ของแผ่นดิสก์ก่อนการทดลองที่ 1 มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 70.....	23
4.5 Gain ของแผ่นดิสก์หลังการทดลองมีขนาดเปลี่ยนไปเท่ากับ 80.....	23
4.6 แถบสัญญาณปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนการทดลอง ที่ 2.....	24
4.7 แถบสัญญาณของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังการทดลอง แสดงการหายไปของข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง.....	24
4.8 Gain ของแผ่นดิสก์ก่อนการทดลองที่ 2 มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 65.....	25
4.9 Gain ของแผ่นดิสก์หลังการทดลองมีขนาดเปลี่ยนไปเท่ากับ 180.....	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ความเป็นมาของโครงการชิ้นนี้ เกิดขึ้นจากการที่แผนก Electrical Failure Analysis ของบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี ไทยแลนด์ จำกัด ได้รับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เสียหายจำนวนมากจากอาการที่เรียกว่า “Erasure” หรือการถูกลบของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทางแผนกจึงตั้งข้อสังเกตและสันนิษฐานว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เกิดความเสียหายจากอาการ “Erasure” นี้ อาจเกิดจากการที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกรบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก ในขณะที่ใช้งาน เป็นเหตุให้ขณะการเขียน อ่าน ข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการผิดพลาด รวมไปถึงการถูกลบของข้อมูลบนแผ่นดิสก์ ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้รับความเสียหายในเวลาต่อมา ดังนั้นทางแผนกจึงต้องการเครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเรียลไทม์ เพื่อสนับสนุนโครงการชิ้นนี้ คือ การวัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หรือค่าสนามแม่เหล็กภายนอก ณ ขณะนั้นๆ และสามารถนำเครื่องมือวัดนี้ไปใช้ประโยชน์กับทางแผนกในอนาคต

ความสำคัญของโครงการชิ้นนี้ คือ การประดิษฐ์เครื่องวัดสนามแม่เหล็กขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานและสนับสนุนโครงการชิ้นนี้ โดยการนำเครื่องวัดสนามแม่เหล็กนี้ วัดสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สนามแม่เหล็กจากภายนอก หรือ อุปกรณ์ที่มีสนามแม่เหล็กต่างๆ อีกทั้งโครงการชิ้นนี้ จัดทำขึ้นมาเพื่อพิสูจน์ข้อสันนิษฐานว่า ณ สนามแม่เหล็กภายนอกค่าหนึ่งๆ สามารถสร้างความเสียหายให้แก่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ และระยะทางของสนามแม่เหล็กภายนอก มีผลต่อระดับความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พร้อมแสดงข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กที่รบกวนในขณะนั้น ๆ ผ่านทางหน้าจอดีสก์เพลย์ และทางหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ผ่านทางระบบ Internet of things ทั้งทางแผนกยังสามารถนำผลลัพธ์ของการทดลองนี้เป็นกรณีศึกษาเรื่องสนามแม่เหล็กและข้อระมัดระวังแก่ผู้ใช้งานในการใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กับสนามแม่เหล็กในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สามารถพิสูจน์ได้ว่าแม่เหล็กแรงสูงจากภายนอกสามารถทำให้ฮาร์ดดิสก์ได้รฟ์เกิดความเสียหายได้จริง และระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะของแม่เหล็กกับวัตถุ
2. สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ได้รฟ์ได้ จากการตรวจจับของเซ็นเซอร์ได้
3. สามารถออกแบบให้ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกสบายจากการดูข้อมูลแบบตัวเลข และกราฟแบบเรียลไทม์ผ่านทางโทรศัพท์มือถือ ด้วยระบบ Internet of things
4. จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเรื่องสนามแม่เหล็กภายในฮาร์ดดิสก์ได้รฟ์ของแผนกต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หลังจากทำตามวัตถุประสงค์ของโครงการประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังต่อไปนี้

1. สามารถนำความรู้จากภายในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้งานได้จริง ในการคิดค้นและออกแบบโครงการเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์
2. ความรู้ใหม่จากการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของโครงการ เช่น การเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณค่าสนามแม่เหล็ก การส่งออกข้อมูลโดยระบบ Internet of Things และการออกแบบรูปร่างของชิ้นงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. เรียนรู้งานในแผนก เช่น การใช้เครื่องมือเฉพาะต่างๆ และโปรแกรมเฉพาะทางของทางแผนกจากการทำการทดสอบโครงการนี้
4. บริษัทได้แนวทางและการพัฒนาโครงการเพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการทำโครงการชิ้นนี้ คือ ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเรียลไทม์ขึ้นมา เพื่อวัดค่าของอุปกรณ์ที่มีสนามแม่เหล็กต่างๆ พร้อมแสดงข้อมูลชนิดตัวเลข และกราฟผ่านระบบ Internet of things พร้อมทำการประยุกต์ โดยนำเครื่องวัดสนามแม่เหล็กนี้ วัดค่าสนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในแต่ละผลิตภัณฑ์ของบริษัท ว่ามีค่าสนามแม่เหล็กเท่ากัน หรือ ต่างกันอย่างไร อีกทั้งนำเครื่องวัดสนามแม่เหล็กนี้มาวัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็ก ทั้งก่อนมีสนามแม่เหล็กภายนอกมารบกวน และขณะมีสนามแม่เหล็กจากภายนอกมารบกวน (จากการนำแม่เหล็กนีโอไดเมียมวางใกล้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์) และสังเกตค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ณ จุดเดิมที่เซ็นเซอร์ทำการวัดก่อนการทดลอง ว่ามีการค่าเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ ขั้นตอนสุดท้าย คือนำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปทดสอบผลลัพธ์โดยโปรแกรมเฉพาะทางของบริษัท เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานก่อนการทดลองและหลังจากการทดลอง



1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ ปี พ.ศ. 2561

วิธีการดำเนินการ	บท ที่	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
1) กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา	1	■				
2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2	■	■			
3) ศึกษาการสังเคราะห์และประมวล ผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	3	■	■	■		
4) ดำเนินการออกแบบ โครงการ	4			■	■	
5) ทดลองและเปรียบเทียบ ผลการดำเนินการ	5			■	■	
6) สรุปผลการวิจัยและ ข้อเสนอแนะ	6					■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการเล่มนี้ผู้ดำเนินงานได้กล่าวถึงองค์ความรู้ ทฤษฎี วิธีการดำเนินงานต่างๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทฤษฎีสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)
- 2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (Electronics Circuit)
- 2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมประมวลผล
- 2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบ Internet of Things

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทฤษฎีสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) [1]

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field) หมายถึง อำนาจแม่เหล็กที่เกิดจากการทำกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัตถุตัวนำ หมายความว่าถ้าปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลในวัตถุตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำ แต่อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีเพียงจำนวนเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กทำได้โดยการนำเส้นลวดตัวนำมาพันเป็นขดลวด และ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในแต่ละส่วนของเส้นลวดตัวนำจะเสริมอำนาจกัน ทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น หรือ ความเข้มของสนามแม่เหล็กยังสามารถเพิ่มได้ด้วยวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.1.1 จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีค่าน้อย

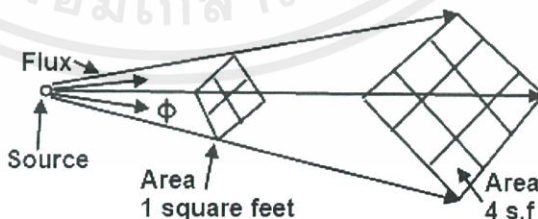
2.1.2 ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ หากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก สนามแม่เหล็กจะมีค่ามาก และในทางกลับกัน หากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำมีค่าน้อย สนามแม่เหล็กก็มีค่าน้อยตาม

2.1.3 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีค่าต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก เพอร์ไรท์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวดทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น

สนามแม่เหล็ก (Magnetic field) เป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่ง ณ ตำแหน่งใดๆ มีทิศตามทิศของขั้วเหนือของเข็มทิศ เส้นสนามแม่เหล็กจะเป็นเครื่องบอกทิศของสนามแม่เหล็ก ซึ่งภายนอกแท่งแม่เหล็กจะชี้จากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ โดยเส้นสนามแม่เหล็กจะวนเป็นวงไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ซึ่งต่างจากเส้นสนามไฟฟ้า

ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (B) : จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งตั้งฉากกับพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย ตามสมการ $B = \frac{\Phi}{A}$; (เกาส์ หรือ เทสลา) โดยที่สนามแม่เหล็ก 10000 เกาส์ เท่ากับ 1 เทสลา

ทฤษฎี Magnetic Inverse square law : ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง สามารถแสดงได้จากภาพ 2.1 โดยกำหนดให้แหล่งกำเนิดของสนามแม่เหล็กคือจุด Source และสมการของทฤษฎี Magnetic Inverse square law เท่ากับ $B = \frac{1}{R^2}$



ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กและระยะทาง

(ที่มา : <https://www.daenotes.com/electronics/microwave-radar/inverse-square-law>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (Electronics Circuit) [2]

อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็น Active Component คืออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ตลอดเวลาจึงจะสามารถทำงานได้ เช่น หลอดสุญญากาศ , ทรานซิสเตอร์ , ไดโอด , Integrated Circuit และ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็น Passive Component คืออุปกรณ์ที่ทำงานได้โดยไม่ต้องมีกระแสไฟฟ้าป้อนตลอดเวลา เพียงใช้คุณสมบัติส่วนตัวของอุปกรณ์ในการทำงาน เช่น ตัวนำไฟฟ้า , ตัวต้านทานไฟฟ้า , ตัวเก็บประจุ และคอยล์ พฤติกรรมความไม่เชิงเส้นของอุปกรณ์ชนิด Active Component และ ความสามารถในการควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนทำให้สามารถขยายสัญญาณอ่อนให้แรงขึ้นเพื่อการสื่อสารทางภาพและเสียง ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ จะเชื่อมต่อกันด้วยการบัดกรีบนแผงวงจรพิมพ์ (PCB) เพื่อสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีฟังก์ชันโดยเฉพาะชิ้นส่วนประกอบอาจประกอบโดยลำพังหรือเป็นกลุ่มที่ซับซ้อนมากขึ้น เรียกว่า วงจรรวม

ประเภทของวงจรสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ วงจรแอนะล็อก และ วงจรดิจิทัล อุปกรณ์เฉพาะอย่างอาจประกอบด้วยทั้งสองประเภท

วงจรแอนะล็อก

วงจรแอนะล็อกบางครั้งเรียกว่าวงจรเชิงเส้น แม้ว่าผลกระทบที่ไม่ใช่เชิงเส้นจำนวนมากถูกใช้ในวงจรแอนะล็อก เช่น วงจรผสมสัญญาณ , วงจร modulators ตัวอย่างของวงจรแอนะล็อก เช่น เครื่องขยายเสียงแบบหลอดสุญญากาศและแบบทรานซิสเตอร์ เครื่อง Operation Amplifier และ วงจร oscillators แบบที่สร้าง sine wave

วงจรดิจิทัล

วงจรดิจิทัลเป็นวงจรไฟฟ้าที่ทำงานกับสัญญาณที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ต่อเนื่องเป็นตัวแทนทางกายภาพที่พบบ่อยที่สุดของพีชคณิตบูลีน และ เป็นพื้นฐานของดิจิทัลคอมพิวเตอร์ทั้งหมด วงจรดิจิทัลส่วนใหญ่ใช้ระบบเลขฐานสองที่มีสองระดับแรงดันไฟฟ้าที่มีความหมายเป็น "0" และ "1" โดยที่ "0" มักจะเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า ในขณะที่ "1" จะเป็นแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าในบางระบบอาจจะใช้สลับกัน เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป, นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ และ การควบคุมโปรแกรมลอจิก (Programmable Logic Control, PLC) ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม ก็ถูกสร้างขึ้นมาจากวงจรดิจิทัล

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [3],[4],[5]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน อีกหนึ่งความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะสมกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input / Output เพื่อสั่งงานไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน Digital และ Analog อีกทั้งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไป หรือที่เรียกว่า Internet of Things ทำให้การสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่เป็นการสั่งงานอย่างรวดเร็วผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน เช่น Arduino , Raspberry Pi

Raspberry Pi เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีการใช้ Controller ตระกูล ARM และสามารถทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกประการ โดยสามารถสั่งการระบบ Linux ได้ในตัว ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อ Raspberry Pi เข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่รองรับ HDMI เม้าส์ และ คีย์บอร์ดผ่าน USB port จากนั้นเสียบสาย Mini USB เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้ Raspberry Pi และต่ออุปกรณ์อื่นๆ เข้ากับคอมพิวเตอร์ก็ทำการใช้งาน Raspberry Pi ได้ทันที



ภาพที่ 2.2 Raspberry Pi Microcontroller

(ที่มา : <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>)

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมประมวลผล [6]

ไพธอน (Python = งูเหลือม ตามความหมายในพจนานุกรม) คือ ภาษาระดับสูงที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมอีกภาษาหนึ่งที่มีความสามารถสูงไม่แพ้ภาษาอื่น ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ภาษาไพธอนถูกสร้างขึ้นโดยนักพัฒนาโปรแกรมชื่อ Guido van Rossum เป็นชาวดัตช์ (Dutch) ประเทศเนเธอร์แลนด์ เกิดเมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2499 ภาษาไพธอนได้รับอิทธิพลมาจากภาษา ABC ซึ่งมีความสามารถในการจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Exception handling) ได้ดี และดึงเอาความสามารถเด่นๆ ของภาษาระดับสูงอื่นๆ มาประยุกต์ดัดแปลงใช้กับไพธอนด้วย ส่งผลให้ภาษาไพธอนเป็นที่นิยม และ ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นภาษาที่สามารถเรียนรู้ได้ง่าย รวดเร็ว รูปแบบการเขียนโปรแกรมมีความกระชับ และ มีประสิทธิภาพสูงจากการนำเอาคุณลักษณะเด่นๆ ของภาษาอื่นๆ มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดนี้เอง ไพธอนจึงถูก เรียกว่าเป็นภาษาที่มีหลายกระบวนทัศน์ หรือ หลายมุมมอง (Multi-paradigm languages) ซึ่งเป็นการผสมผสานรวมเอาแนวความคิดในการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบต่างๆ เข้าไว้ด้วยกันให้อยู่ในตัวของไพธอน

คุณสมบัติเด่นของภาษาไพธอน

2.4.1 โปรแกรมต้นฉบับที่ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาไพธอนสามารถนำไปประมวลผลได้กับหลายระบบปฏิบัติการ (Portable/Cross platform/Platform independent) เช่น Unix, Linux, Microsoft-windows (NT, 2000, 2003, 2008, 2012, 95, 98, ME, XP, 7, 8, 8.1), Amiga , Macintosh, AIX , AROS, AS/400,VMS, QNX, MS-DOS, OS/390 และ Palm OS เป็นต้น

2.4.2 ภาษาไพธอนเป็นภาษาที่สวยงาม ง่ายต่อการเรียนรู้ (Readability) เขียนโปรแกรมได้กระชับ (Writability) เนื่องจากมีโครงสร้างของภาษาไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย เป็นภาษาที่มีความยืดหยุ่นสูง (Flexibility) และมีความเสถียรภาพ (Reliability)

2.4.3 ไพธอนมีความสามารถในการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติ (Garbage collection) สามารถบริหารจัดการพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานแบบไม่ต่อเนื่องให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการคืนหน่วยความจำคืนให้กับระบบเหมือนภาษาซี



ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์ภาษาไพธอน

(ที่มา : <https://www.python.org/community/logos/>)

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบ Internet of Things [7]

Internet of Things หรือ IOT มีคำสำคัญสอง คือคำว่า “Internet” คือ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อและสื่อสารจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ หรือจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังอีกเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งได้ ส่วนคำว่า “Thing” นั้นหมายถึง สรรพสิ่งทุกอย่าง วัตถุหรือสิ่งของ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ โต๊ะ เก้าอี้ ปากกา ดินสอ เสื้อผ้า รองเท้า ฯลฯ

Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi (2016) อธิบายเกี่ยวกับ Internet of Things สรุปได้ว่า เป็นกระบวนทัศน์ (วิธีคิด วิธีปฏิบัติตัวแบบ รูปแบบ กรอบแนวความคิด และ แนวทางการศึกษา) ที่ว่าด้วยการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ประโยชน์ให้สามารถเชื่อมต่อกับมนุษย์ได้ โดยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางการสื่อสารโทรคมนาคมหรืออินเทอร์เน็ต เพื่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด รวมทั้งการบริการและเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของมนุษย์ เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ ตู้เย็น กล้องถ่ายภาพ และ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่เชื่อมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่ง กระบวนทัศน์นี้จะนำไปสู่การสร้างสรรคนวัตกรรม และ จะสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ กับมนุษย์ให้สามารถทำได้ง่ายขึ้น และ สะดวกขึ้น

Padraig Scully, Knud Lasse Luet (2016) อธิบายว่า โดยพื้นฐานแล้ว Internet of Things คือ แนวความคิดที่อธิบาย การเชื่อมต่อ (Connecting) กับวัตถุทางกายภาพใด ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการเชื่อมต่อกับวัตถุต่าง ๆ เช่นนี้ ส่งผลกระทบสำคัญในการจัดการข้อมูล หรืออุปกรณ์จำนวนมากมายที่ต้องปรับเปลี่ยนให้สามารถเชื่อมต่อหรือสื่อสารกันได้ ดังนั้น Internet of Things จึงเป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาฝังไว้ในสิ่งต่าง ๆ

วิธีการที่เห็นได้ทั่วสำหรับการปฏิสัมพันธ์กับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ นั้นคือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ เช่น เมาส์ หรือ แป้นพิมพ์ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ จะถูกแทนที่ด้วยรูปแบบการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบใหม่ โดยใช้ร่างกายของมนุษย์ในการปฏิสัมพันธ์โดยตรง เช่น การสัมผัสหน้าจอ การปฏิสัมพันธ์ด้วยอวัยวะของร่างกาย หรือ การปฏิสัมพันธ์ด้วยการแสดงท่าทาง เป็นต้น (Andrew Manches, Pauline Duncan, Lydia Plowman, and Shari Sabeti, 2015)

Tom Bradicich (2015) ได้อธิบายหลักการสำคัญของ Internet of Things คือ “ข้อมูล” ซึ่งข้อมูลในที่นี้ หมายถึงสิ่งที่มีอยู่ทั่วไปรอบๆ ตัวเรา มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า สัญญาณวิทยุ ความชื้น การสั่นสะเทือนความเร็วลม การเคลื่อนไหว อัตราเร่ง อนุภาค คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความดัน เวลาและสถานที่ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีอยู่จำนวนมาก ถึงแม้ว่าข้อมูลเหล่านี้จะถูกมองว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานทั่วไปที่มีมานานแล้ว แต่มันเป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาให้อยู่ในรูปของดิจิทัลที่มีอยู่เพียงสองค่า 0 และ 1 โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มานั้นจะมีการเชื่อมต่อหรือประสานกันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาผ่านระบบการสื่อสารในระบบอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 2.4 สัญลักษณ์ Internet of Things

(ที่มา : <https://europe.hughes.com/solutions/connectivity/internet-things>)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi model B	1 ชิ้น
2) หน้าจอสัมผัส Raspberry Pi Touch ขนาด 7 นิ้ว	1 ชิ้น
3) Hall Effect sensor รุ่น 1301	1 ตัว
4) ADC Converter รุ่น MCP3008	1 ตัว
5) ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก 220 μ F	2 ตัว
6) ชุดสายไฟขนาด 18 AWG	1 ชุด
7) แม่เหล็กแรงสูงนีโอไดเมียมขนาด 20 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร	1 ก้อน
8) แม่เหล็กแรงสูงนีโอไดเมียมขนาด 10 มิลลิเมตร x 10 มิลลิเมตร	1 ก้อน
9) แม่เหล็กแรงสูงนีโอไดเมียมขนาด 10 มิลลิเมตร x 1 มิลลิเมตร	1 ก้อน
10) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของบริษัท Seagate technology	2 ชิ้น
11) พาวเวอร์ซัพพลายขนาด 5 โวลต์	2 เครื่อง
12) พาวเวอร์ซัพพลายขนาด 12 โวลต์	1 เครื่อง
13) เครื่องยึดแม่เหล็กของทางบริษัท	1 เครื่อง
14) ไม้บรรทัดแบบละเอียด	1 อัน

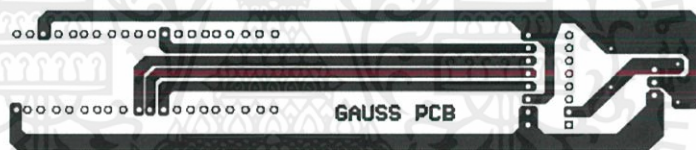
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการ Microcontroller โดยใช้ภาษาไพธอนในการสั่งการ



ภาพที่ 3.1 ชุดคำสั่งโปรแกรมเพื่อการประมวลผล

3.2.2 ออกแบบวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้โปรแกรม Altium Designer



ภาพที่ 3.2 วงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์

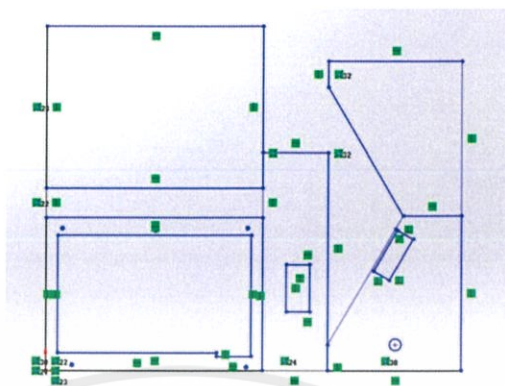
3.2.3 ออกแบบรูปแบบการแสดงผลข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ (Cayenne App)



ภาพที่ 3.3 การออกแบบ Dashboard on server internet of things

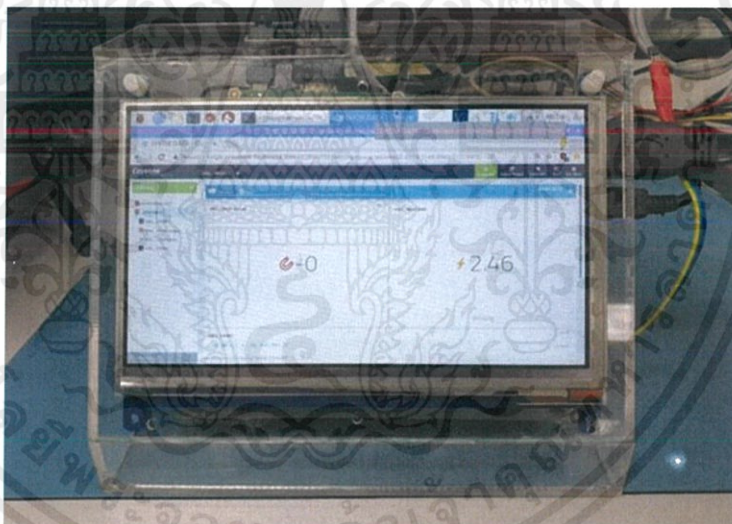
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ออกแบบแพ็คเกจของอุปกรณ์ โดยใช้โปรแกรม Solid Work



ภาพที่ 3.4 การออกแบบแพ็คเกจอุปกรณ์ด้วยโปรแกรม Solid work

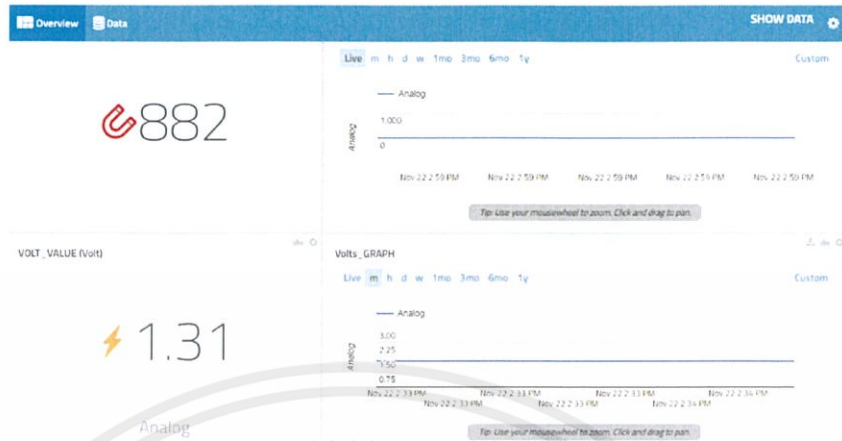
3.2.5 ภาพโดยรวมของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์



ภาพที่ 3.5 ภาพรวมเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเรียลไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ผลลัพธ์ทั่วไปบนหน้าจอ และระบบ Internet of Things ในโทรศัพท์มือถือ



ภาพที่ 3.6 ผลลัพธ์ทั่วไปบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



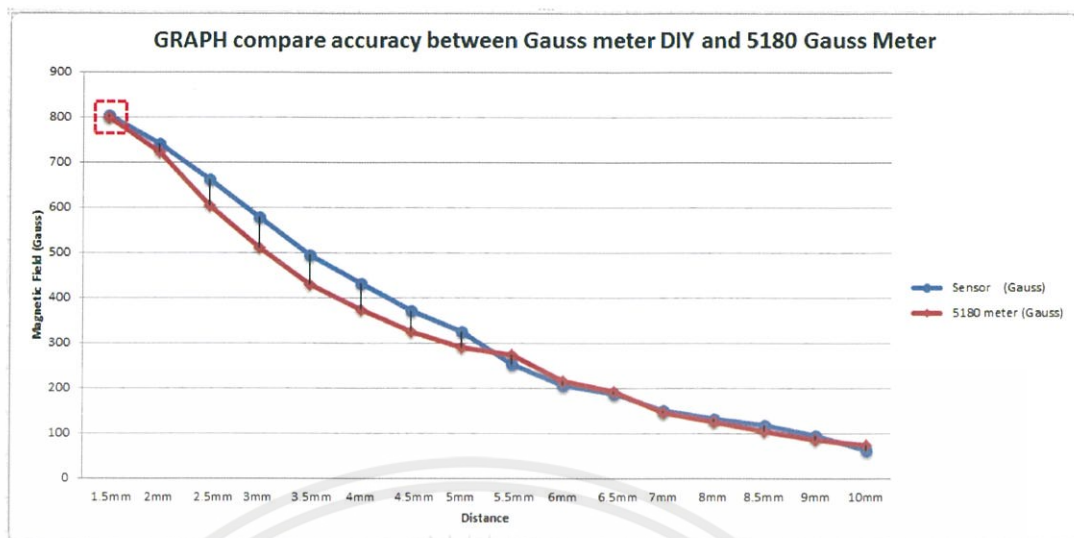
ภาพที่ 3.7 ผลลัพธ์ทั่วไปบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ (Cayenne App)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวัดเทียบเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง และเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน

Distance	Sensor (Gauss)	5180 meter (Gauss)	%ERROR
1.5mm	803	800	0.375%
2mm	741	723	2.43%
2.5mm	662	604	8.76%
3mm	578	510	11.76%
3.5mm	494	430	14.88%
4mm	432	374	12.95%
4.5mm	372	324	12.90%
5mm	324	290	10.49%
5.5mm	252	273	7.69%
6mm	206	215	8.33%
6.5mm	188	193	2.66%
7mm	150	146	2.66%
8mm	132	124	6.06%
8.5mm	117	105	10.25%
9mm	96	85	11.46%
10mm	63	74	17.46%

ตารางที่ 3.1 ตารางเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง และเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน



ภาพที่ 3.8 กราฟเทียบผลการวัดของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง และเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน (แม่เหล็กที่ใช้ในการเทียบมีขนาดเท่ากับ 5 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร x 1 มิลลิเมตร)

จากการทดสอบเทียบวัดระหว่างเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง และเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน พบว่าระยะทางที่มีค่าผิดพลาดน้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพดีที่สุดของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กของผู้ทดลอง คือระยะ 1.5 มิลลิเมตร เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐานวัดได้มากที่สุด

3.4 วิธีการดำเนินการวิจัยและทดลอง

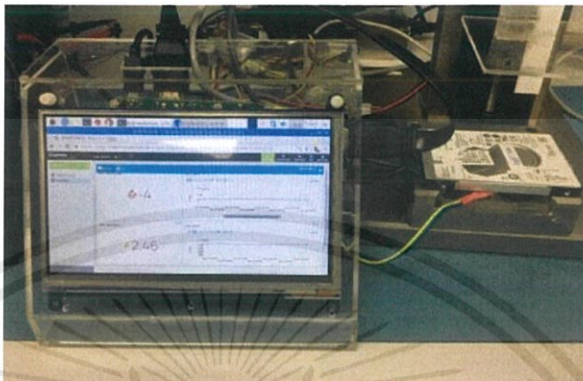
3.4.1 การทดลองที่ 1 การวัดค่าสนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.4.1.1 ทำการวาดช่องตารางขนาด 7 แถว 5 สดมภ์ ลงบนแผ่นพลาสติกใส

3.4.1.2 วางแผ่นพลาสติกใสลงบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งฝั่ง Top cover surface และ Base bottom surface จากนั้นทำการวางเซ็นเซอร์ในแต่ละช่อง เพื่อวัดสนามแม่เหล็ก ณ จุดนั้นๆ

3.4.2 การทดลองที่ 2 การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากแม่เหล็กภายนอก

3.4.2.1 วัดค่าสนามแม่เหล็ก ณ จุดที่มีการเคลื่อนผ่านของหัวอ่าน ขณะไม่มีสนามแม่เหล็กภายนอกกรบกวน พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กได้เท่ากับ 4 เกาส์ ดังภาพ 3.9



ภาพที่ 3.9 การวัดสนามแม่เหล็ก ณ จุดที่มีการเคลื่อนผ่านของหัวอ่านขณะไม่มีสนามแม่เหล็กภายนอก

3.4.2.2 นำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออก และวางแม่เหล็กนีโอไดเมียมทั้ง 3 ขนาดซ้อนติดกัน บนแท่นยึดแม่เหล็กแบบหมุน ดังภาพ 3.10



ภาพที่ 3.10 แม่เหล็กนีโอไดเมียมและแท่นยึดแม่เหล็ก

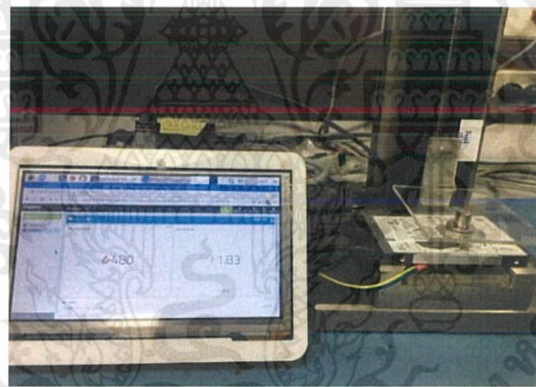
3.4.2.2 หมุนสกรูลง เพื่อให้แม่เหล็กนีโอไดเมียม มีระยะห่างกับเซ็นเซอร์เป็นระยะ 24 มิลลิเมตร พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กได้เท่ากับ 651 เกาส์ ดังภาพ 3.11



ภาพที่ 3.11 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 24 มิลลิเมตร

3.4.2.3 วางฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ภายใต้แม่เหล็กนีโอไดเมียม โดยให้ระยะทาง เซ็นเซอร์และแม่เหล็กนีโอไดเมียมมีระยะทางคงที่

3.4.2.4 ทำการเปิดการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และวัดค่าสนามแม่เหล็ก ขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อยู่ภายใต้แม่เหล็ก พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กได้เท่ากับ 480 เกาส์ ดังภาพ 3.12



ภาพที่ 3.12 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 24 มิลลิเมตร ขณะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

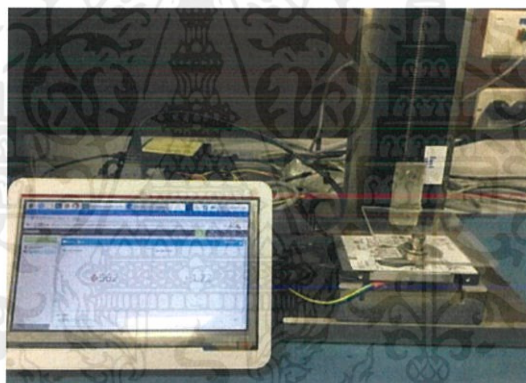
3.4.2.5 ใช้โปรแกรมเฉพาะทางของบริษัท สั่งการให้หัวอ่านมีการเคลื่อนที่เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปทดสอบความสามารถในการใช้งานหลังการทดลอง โดยใช้โปรแกรมของทาง แผนก

3.4.2.6 ทำการทดลองอีกครั้ง โดยใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวใหม่ และทำการหมุนสกรู ให้มี ระยะทางใกล้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มากขึ้นเป็นระยะ 23 มิลลิเมตร พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่า สนามแม่เหล็ก ก่อนวางฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้เท่ากับ 718 เกาส์ ดังภาพ 3.13



ภาพที่ 3.13 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 23 มิลลิเมตร

3.4.2.7 ทำการเปิดการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และ วัดค่าสนามแม่เหล็ก ขณะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กได้เท่ากับ 562 เกาส์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการทดลองในระยะ 24 มิลลิเมตร ดังภาพ 3.14



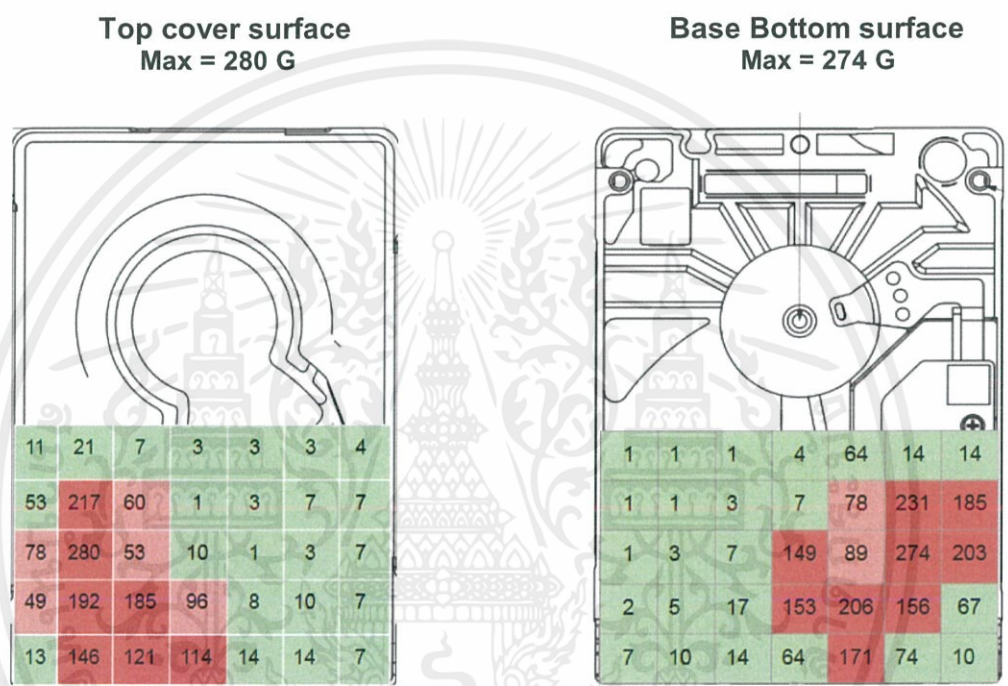
ภาพที่ 3.14 การวัดสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง 23 มิลลิเมตร ขณะมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.4.2.8 ใช้โปรแกรมเฉพาะทางของบริษัท สั่งการให้หัวอ่านมีการเคลื่อนที่เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปทดสอบความสามารถในการใช้งานหลังการทดลอง โดยใช้โปรแกรมของทางแผนก

บทที่ 4

ผลการวิจัย

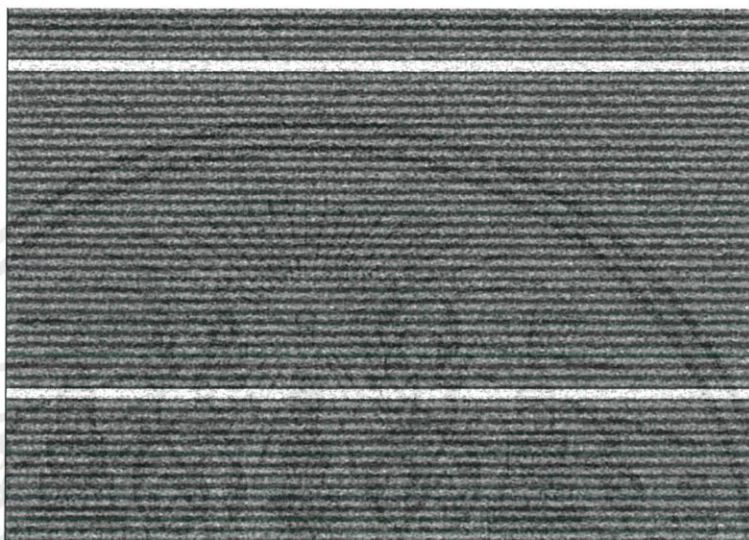
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การวัดค่าสนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



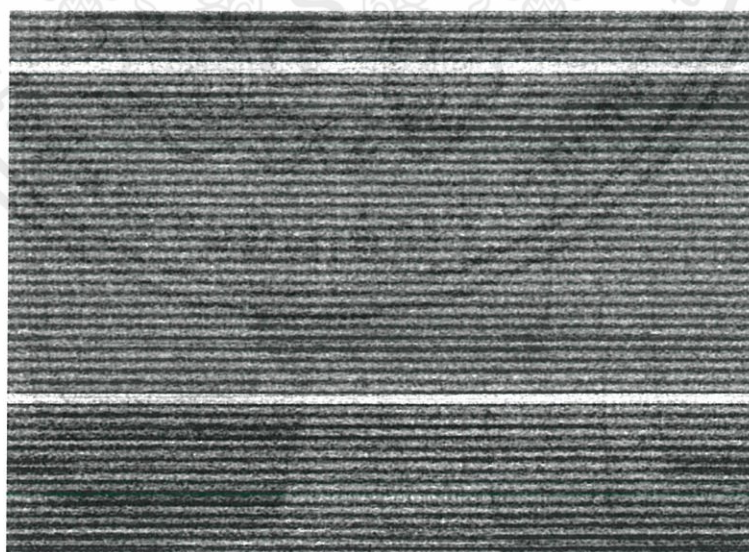
ภาพที่ 4.1 สนามแม่เหล็กแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ได้รฟจากสนามแม่เหล็กภายนอก

4.2.1 ณ ค่าสนามแม่เหล็กเท่ากับ 650 เกาส์ (ระยะทาง 24 มิลลิเมตรจากเซ็นเซอร์ถึงแม่เหล็กภายนอก)

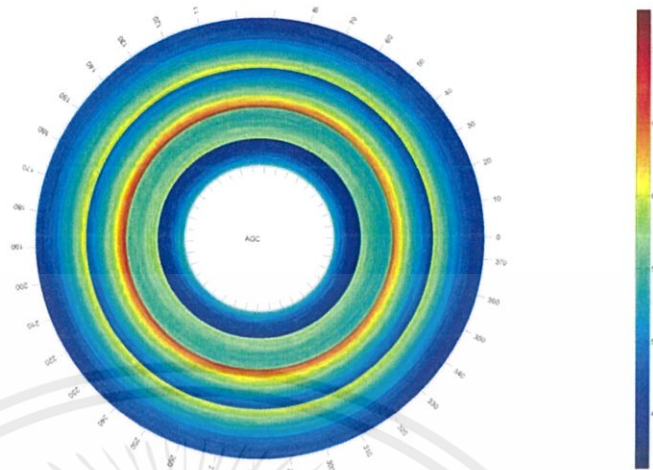


ภาพที่ 4.2 แถบสัญญาณปกติของฮาร์ดดิสก์ได้รฟก่อนการทดลอง

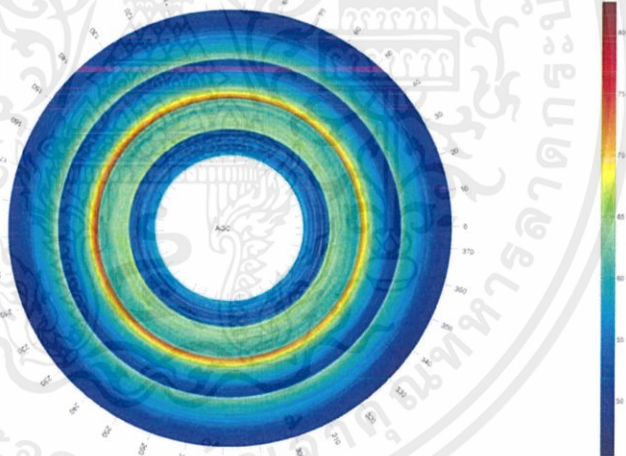


ภาพที่ 4.3 แถบสัญญาณของฮาร์ดดิสก์ได้รฟหลังการทดลอง แสดงการหายไปของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



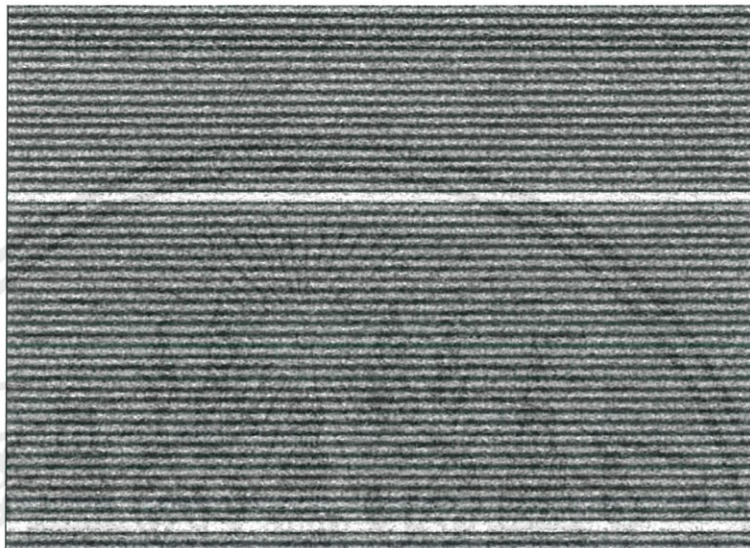
ภาพที่ 4.4 Gain ของแผ่นดิสก์ก่อนการทดลองมีขนาดสูงสุดเท่ากับ 70



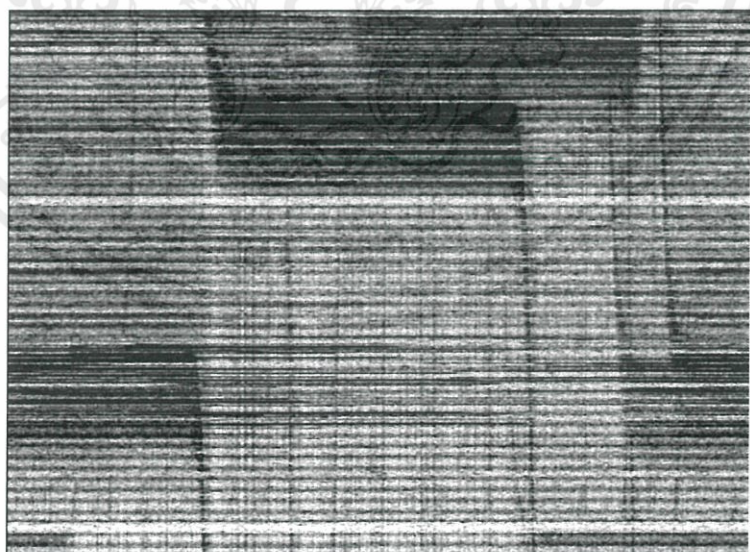
ภาพที่ 4.5 Gain ของแผ่นดิสก์หลังการทดลองมีขนาดเปลี่ยนไปเท่ากับ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ณ ค่าสนามแม่เหล็กเท่ากับ 720 เกาส์ (ระยะทาง 23 มิลลิเมตรจากเซ็นเซอร์ถึงแม่เหล็กภายนอก)

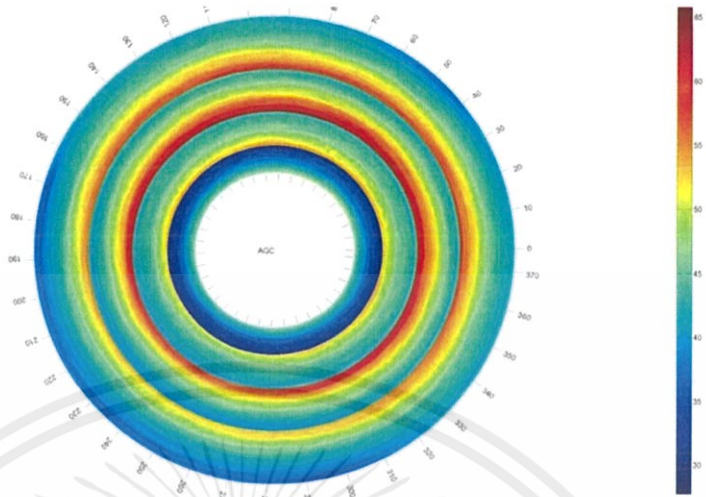


ภาพที่ 4.6 แถบสัญญาณปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนการทดลอง

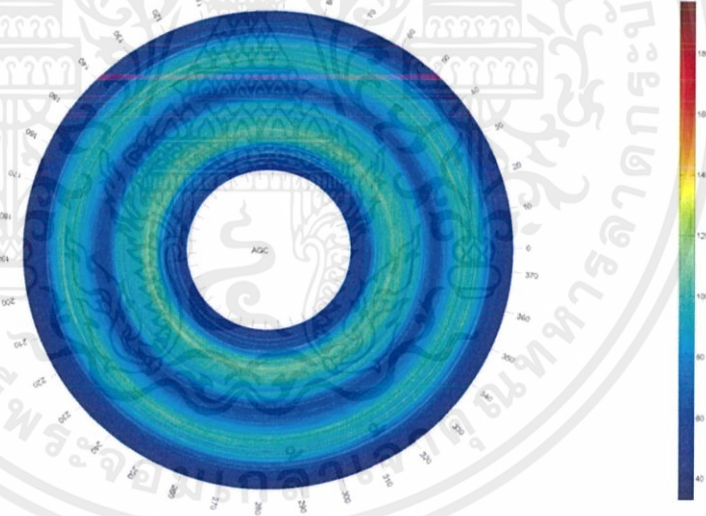


ภาพที่ 4.7 แถบสัญญาณของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังการทดลอง แสดงการหายไปของข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 Gain ของแผ่นดิสก์ก่อนการทดลองมีขนาดสูงสุดเท่ากับ 65



ภาพที่ 4.9 Gain ของแผ่นดิสก์หลังการทดลองมีขนาดเปลี่ยนไปเท่ากับ 180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการทดลอง 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การนำเครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเรียลไทม์นี้ วัดค่าสนามแม่เหล็กในแต่ละตำแหน่งบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในงานของแผนก และการทดลองที่ 2 การทดสอบความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากการรบกวนของสนามแม่เหล็กภายนอก โดยนำเครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเรียลไทม์นี้ มาทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามารบกวน และขณะมีสนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามารบกวน

ผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าสนามแม่เหล็กแต่ละจุดบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่แตกต่างกัน โดยความเข้มของสนามแม่เหล็กที่มีค่ามากที่สุดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว ที่ใช้งานบนคอมพิวเตอร์พกพา ด้าน Top cover surface เท่ากับ 280 เกาส์ และความเข้มของสนามแม่เหล็กที่มีค่ามากที่สุด ด้าน Base bottom surface เท่ากับ 274 เกาส์

ผลการทดลองที่ 2

จากการทดลองที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสามารถได้รับความเสียหายจากสนามแม่เหล็กรบกวนภายนอกจริง และความรุนแรงของความเสียหายจะขึ้นอยู่กับระยะทาง ตามทฤษฎีของ Magnetic Inverse Square law การทดลองครั้งนี้ทราบเพียงว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ขนาด 2.5 นิ้ว สามารถทนสนามแม่เหล็กสูงสุดได้เท่ากับ 400 เกาส์ จากนั้นเมื่อทำการนำแม่เหล็กถาวรความแรงสูงนีโอไดเมียมมาวาง

เหนือเซ็นเซอร์ เป็นระยะ 24 มิลลิเมตร (ก่อนนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาวาง) เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับค่าสนามแม่เหล็ก ณ ขณะนั้นได้เท่ากับ 651 เกาส์ จากนั้นทำการวางฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว ภายใต้แม่เหล็กนีโอไดเมียม โดยกำหนดให้จุดที่มีการเคลื่อนที่ของหัวอ่านตรงกับแม่เหล็กนีโอไดเมียม และทำเปิดใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พบว่าเซ็นเซอร์สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กสุทธิได้เท่ากับ 480 เกาส์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว สามารถทนได้ จากนั้นสั่งการให้หัวอ่านมีการเคลื่อนที่เป็นเวลา 10 นาที และนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปทดสอบผลอย่างละเอียดโดยโปรแกรมเฉพาะทางของบริษัท จากผลการทดสอบสามารถเห็นได้ว่า ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้รับความเสียหายจากสนามแม่เหล็กภายนอก โดยการหายไปของแถบสัญญาณในบางส่วน เพียงแต่ไม่ชัดเจน

ดังนั้นผู้ทดลองจึงนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอีกหนึ่งตัว มาทำการทดลอง โดยทำการหมุนสกรูแท่นยึดแม่เหล็กให้มีระยะใกล้ขึ้นเป็น 23 มิลลิเมตร และทดลองตามขั้นตอนเดิม จากผลการทดลองสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระยะทางของแม่เหล็กภายนอกเข้าใกล้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมากขึ้น ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้รับความเสียหายที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. จากผลการศึกษา พบว่าสนามแม่เหล็กแรงสูงจากภายนอก และระยะทางมีความสำคัญอย่างมากต่อความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นหลัก หากพื้นที่ในการใช้งานมีความเสี่ยงต่อสนามแม่เหล็กภายนอกมากพอจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตามมาในภายหลัง ดังนั้นผู้ใช้งานควรใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในที่ที่ปลอดภัยและห่างไกลจากอุปกรณ์ภายนอกที่อาศัยสนามแม่เหล็กในการทำงาน เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่เต็มที่ และไม่เกิดความเสียหายตามมาในภายหลัง

2. พบว่าการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับสิ่งรบกวนภายนอกมีความสำคัญอย่างมากในประสิทธิภาพการใช้งาน ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องนำผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจในคุณสมบัติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอย่างดี มาช่วยในการอธิบายข้อมูลอย่างถูกต้องและละเอียด ให้กับผู้ใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานได้มีความรู้ในการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้อย่างถูกต้องต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการใช้เครื่องมือและสถานที่ที่ดีที่สุดในการทดลองเช่น ควรทำการทดลองในห้องที่ไม่มีการรบกวนของสนามแม่เหล็กอย่างแท้จริง ควรใช้เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดควรศึกษาข้อมูลเฉพาะของสนามแม่เหล็กที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในแต่ละผลิตภัณฑ์ของทางบริษัทโดยละเอียด
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการทดลองกับแม่เหล็กภายนอกชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้รูปแบบของการทดลองที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด



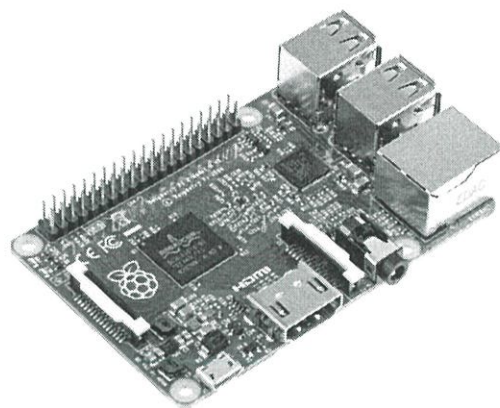
เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2560). สนามแม่เหล็ก. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันศุกร์ที่ 29 มิถุนายน 2561, จาก <http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7320-2017-06-14-16-05-39>.
- [2] อาสาสมัครวิกิพีเดีย. (2561). อิเล็กทรอนิกส์. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันศุกร์ที่ 20 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/อิเล็กทรอนิกส์>.
- [3] HOME OF MAKER. (2558). ทำความรู้จักกับบอร์ด Raspberry Pi. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2561, จาก <http://www.homeofmaker.com/?p=891>.
- [4] ArduinosPro. (2561). Raspberry Pi คืออะไร. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2561, จาก <https://www.arduinopro.com/article/51/raspberry-pi-tutorial-ep1-raspberry-pi-คืออะไร>.
- [5] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2559). การเริ่มต้นใช้งานบอร์ด Raspberry Pi 3 เบื้องต้น. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2561, จาก http://cpce.kmutnb.ac.th/es/learning/index.php?article=rpi3_quickstart.
- [6] ผศ.ดร. สุชาติ คุ้มมะณี. (2558). เชี่ยวชาญการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน (Programming expert with Python): โปรแกรมภาษาไพธอน, 18-23.
- [7] วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2559). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา Internet of Things on Education. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, 4(2), 83-91. <https://www.tci-thaijo.org/index.php/jcosci/article/view/93106/72931>.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Raspberry Pi 2, Model B

Product Name	Raspberry Pi 2, Model B
Product Description	The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.
Specifications	
Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core architecture	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU	900 MHz
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A
Connectors:	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO

Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensor ICs

FEATURES AND BENEFITS

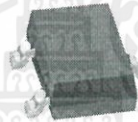
- Low-noise output
- Fast power-on time
- Ratiometric rail-to-rail output
- 4.5 to 6.0 V operation
- Solid-state reliability
- Factory-programmed at end-of-line for optimum performance
- Robust ESD performance

Packages:

3-Pin SOT23W (suffix LH)



3-Pin SIP (suffix UA)



Not to scale

DESCRIPTION

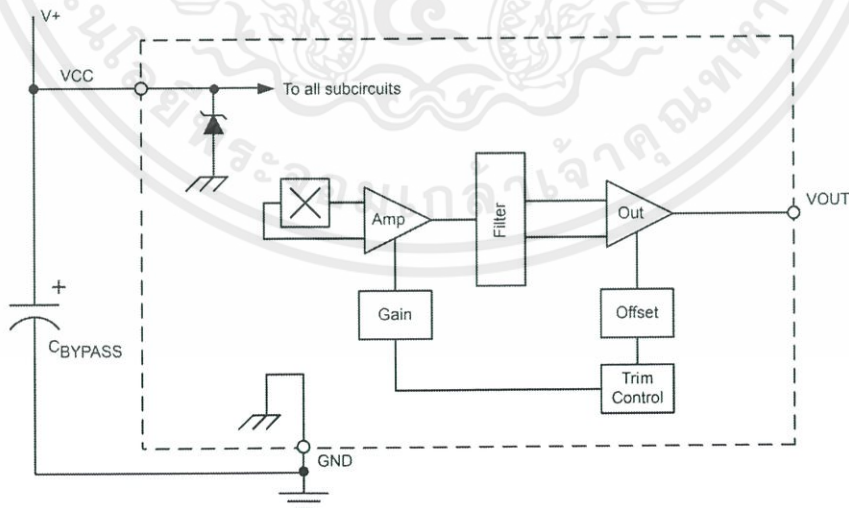
The A1301 and A1302 are continuous-time, ratiometric, linear Hall-effect sensor ICs. They are optimized to accurately provide a voltage output that is proportional to an applied magnetic field. These devices have a quiescent output voltage that is 50% of the supply voltage. Two output sensitivity options are provided: 2.5 mV/G typical for the A1301, and 1.3 mV/G typical for the A1302.

The Hall-effect integrated circuit included in each device includes a Hall circuit, a linear amplifier, and a CMOS Class A output structure. Integrating the Hall circuit and the amplifier on a single chip minimizes many of the problems normally associated with low voltage level analog signals.

High precision in output levels is obtained by internal gain and offset trim adjustments made at end-of-line during the manufacturing process.

These features make the A1301 and A1302 ideal for use in position sensing systems, for both linear target motion and rotational target motion. They are well-suited for industrial applications over extended temperature ranges, from -40°C to 125°C .

Two device package types are available: LH, a 3-pin SOT23W type for surface mount, and UA, a 3-pin ultramini SIP for through-hole mount. They are lead (Pb) free (suffix, $-T$) with 100% matte tin plated leadframes.



Functional Block Diagram

SPECIFICATIONS

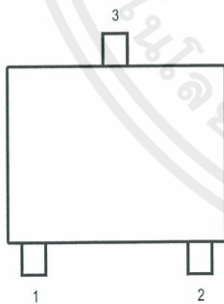
Selection Guide				
Part Number	Packing*	Package	Ambient, T_A	Sensitivity (Typical)
A1301EUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP	-40°C to 85°C	2.5 mV/G
A1301KLHLT-T	7-in. reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1301KLHLX-T	13-in. reel, 10000 pieces/reel	Surface Mount		
A1301KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP	-40°C to 85°C	1.3 mV/G
A1302ELHLT-T	7-in. reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1302ELHLX-T	13-in. reel, 10000 pieces/reel	Surface Mount		
A1302KLHLT-T	7-in. reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1302KLHLX-T	13-in. reel, 10000 pieces/reel	Surface Mount		
A1302KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		



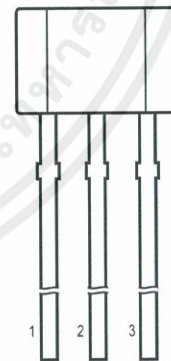
*Contact Allegro™ for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Output Voltage	V_{OUT}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		-0.1	V
Reverse Output Voltage	V_{ROUT}		-0.1	V
Output Sink Current	I_{OUT}		10	mA
Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	°C
		Range K	-40 to 125	°C
Maximum Junction Temperature	$T_J(max)$		165	°C
Storage Temperature	T_{stg}		-65 to 170	°C



Package LH SOT23W Pin-out Diagram



Package UA, 3-Pin SIP Pin-out Diagram

Terminal List

Symbol	Number		Description
	Package LH	Package UA	
VCC	1	1	Connects power supply to chip
VOUT	2	3	Output from circuit
GND	3	2	Ground



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE CHARACTERISTICS over operating temperature range, T_A , and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise noted

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Electrical Characteristics						
Supply Voltage	V_{CC}	Running, $T_J < 165^\circ\text{C}$	4.5	–	6	V
Supply Current	I_{CC}	Output open	–	–	11	mA
Output Voltage	$V_{OUT(High)}$	$I_{SOURCE} = -1\text{ mA}$, Sens = nominal	4.65	4.7	–	V
	$V_{OUT(Low)}$	$I_{SINK} = 1\text{ mA}$, Sens = nominal	–	0.2	0.25	V
Output Bandwidth	BW		–	20	–	kHz
Power-On Time	t_{PO}	$V_{CC(min)}$ to $0.95 V_{OUT}$; $B = \pm 1400\text{ G}$; Slew rate = $4.5\text{ V}/\mu\text{s}$ to $4.5\text{ V}/100\text{ ns}$	–	3	5	μs
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{SINK} \leq 1\text{ mA}$, $I_{SOURCE} \geq -1\text{ mA}$	–	2	5	Ω
Wide Band Output Noise, rms	V_{OUTN}	External output low pass filter $\leq 10\text{ kHz}$; Sens = nominal	–	150	–	μV
Ratiometry						
Quiescent Output Voltage Error with respect to ΔV_{CC}^1	$\Delta V_{OUTQ(V)}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	–	± 3.0	%
Magnetic Sensitivity Error with respect to ΔV_{CC}^2	$\Delta Sens(V)$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	–	± 3.0	%
Output						
Linearity	Lin	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	–	± 2.5	%
Symmetry	Sym	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	–	± 3.0	%
Magnetic Characteristics						
Quiescent Output Voltage	V_{OUTQ}	$B = 0\text{ G}$; $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.4	2.5	2.6	V
Quiescent Output Voltage over Operating Temperature Range	$V_{OUTQ(\Delta T_A)}$	$B = 0\text{ G}$	2.2	–	2.8	V
Magnetic Sensitivity	Sens	A1301; $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.0	2.5	3.0	mV/G
		A1302; $T_A = 25^\circ\text{C}$	1.0	1.3	1.6	mV/G
Magnetic Sensitivity over Operating Temperature Range	Sens $_{(\Delta T_A)}$	A1301	1.8	–	3.2	mV/G
		A1302	0.85	–	1.75	mV/G

¹Refer to equation (4) in Ratiometric section on page 4.

²Refer to equation (5) in Ratiometric section on page 4.

CHARACTERISTIC DEFINITIONS

Quiescent Output Voltage

In the quiescent state (no significant magnetic field: $B = 0$), the output, V_{OUTQ} , equals one half of the supply voltage, V_{CC} , throughout the entire operating ranges of V_{CC} and ambient temperature, T_A . Due to internal component tolerances and thermal considerations, there is a tolerance on the quiescent output voltage, ΔV_{OUTQ} , which is a function of both ΔV_{CC} and ΔT_A . For purposes of specification, the quiescent output voltage as a function of temperature, $\Delta V_{OUTQ}(\Delta T_A)$, is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ}(\Delta T_A) = \frac{V_{OUTQ}(T_A) - V_{OUTQ}(25^\circ\text{C})}{Sens(25^\circ\text{C})} \quad (1)$$

where Sens is in mV/G, and the result is the device equivalent accuracy, in gauss (G), applicable over the entire operating temperature range.

Sensitivity

The presence of a south-polarity (+B) magnetic field, perpendicular to the branded face of the device package, increases the output voltage, V_{OUT} , in proportion to the magnetic field applied, from V_{OUTQ} toward the V_{CC} rail. Conversely, the application of a north polarity (-B) magnetic field, in the same orientation, proportionally decreases the output voltage from its quiescent value. This proportionality is specified as the magnetic sensitivity of the device and is defined as:

$$Sens = \frac{V_{OUT(-B)} - V_{OUT(+B)}}{2B} \quad (2)$$

The stability of the device magnetic sensitivity as a function of ambient temperature, $\Delta Sens(\Delta T_A)$ (%) is defined as:

$$\Delta Sens(\Delta T_A) = \frac{Sens(T_A) - Sens(25^\circ\text{C})}{Sens(25^\circ\text{C})} \times 100\% \quad (3)$$

Ratiometric

The A1301 and A1302 feature a ratiometric output. This means that the quiescent voltage output, V_{OUTQ} , and the magnetic sensitivity, Sens, are proportional to the supply voltage, V_{CC} .

The ratiometric change (%) in the quiescent voltage output is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ}(\Delta V) = \frac{V_{OUTQ}(V_{CC}) / V_{OUTQ}(5V)}{V_{CC} / 5V} \times 100\% \quad (4)$$

and the ratiometric change (%) in sensitivity is defined as:

$$\Delta Sens(\Delta V) = \frac{Sens(V_{CC}) / Sens(5V)}{V_{CC} / 5V} \times 100\% \quad (5)$$

Linearity and Symmetry

The on-chip output stage is designed to provide linear output at a supply voltage of 5 V. Although the application of very high magnetic fields does not damage these devices, it does force their output into a nonlinear region. Linearity in percent is measured and defined as:

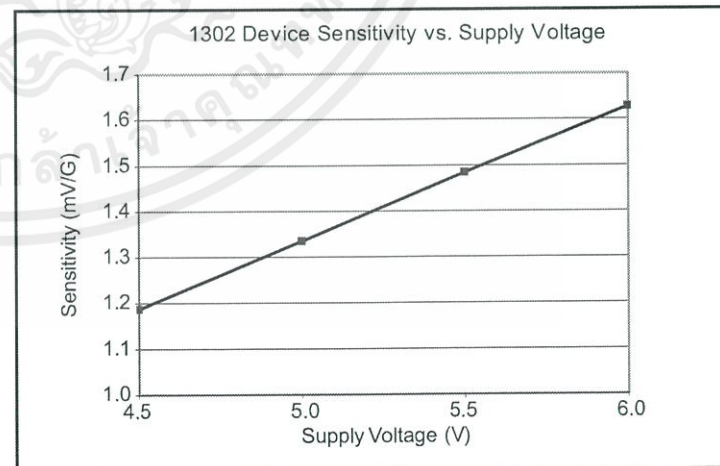
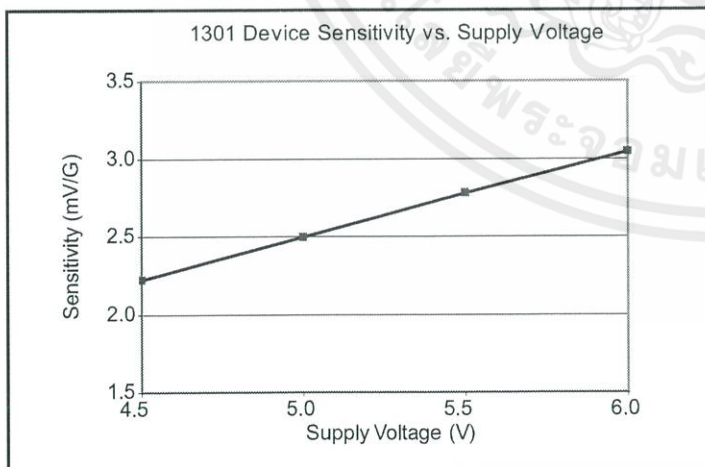
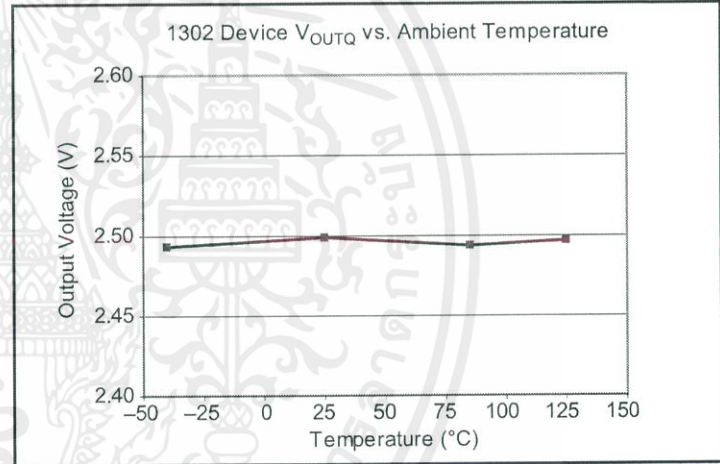
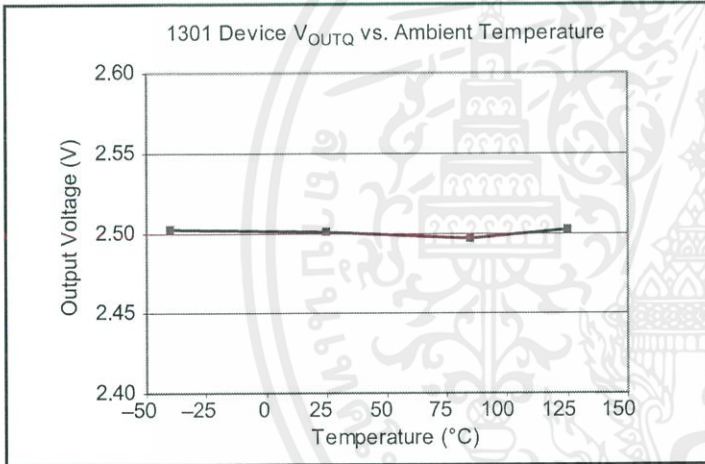
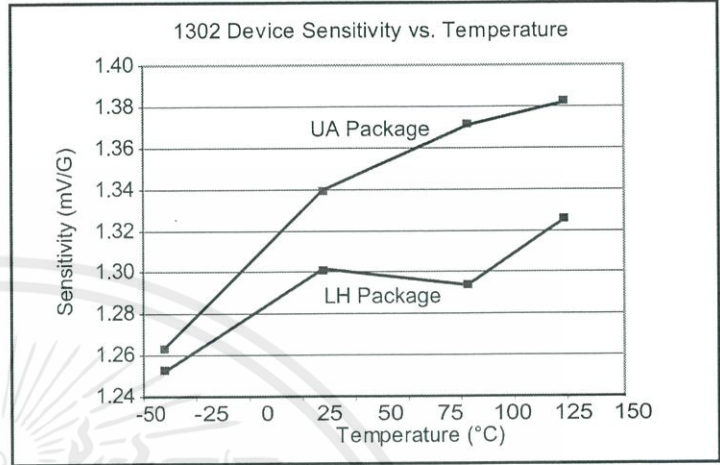
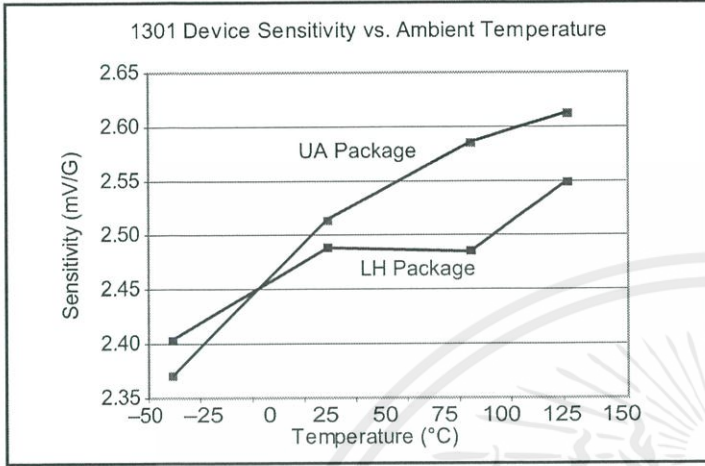
$$Lin+ = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{2(V_{OUT(+B/2)} - V_{OUTQ})} \times 100\% \quad (6)$$

$$Lin- = \frac{V_{OUT(-B)} - V_{OUTQ}}{2(V_{OUT(-B/2)} - V_{OUTQ})} \times 100\% \quad (7)$$

and output symmetry as:

$$Sym = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{V_{OUTQ} - V_{OUT(-B)}} \times 100\% \quad (8)$$

TYPICAL CHARACTERISTICS
(30 pieces, 3 fabrication lots)



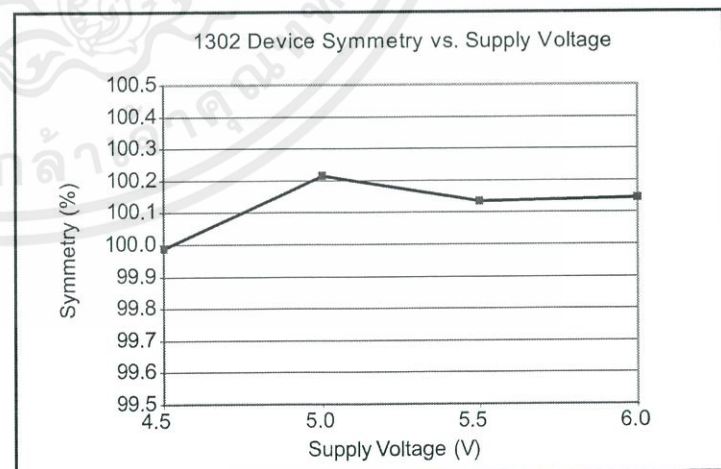
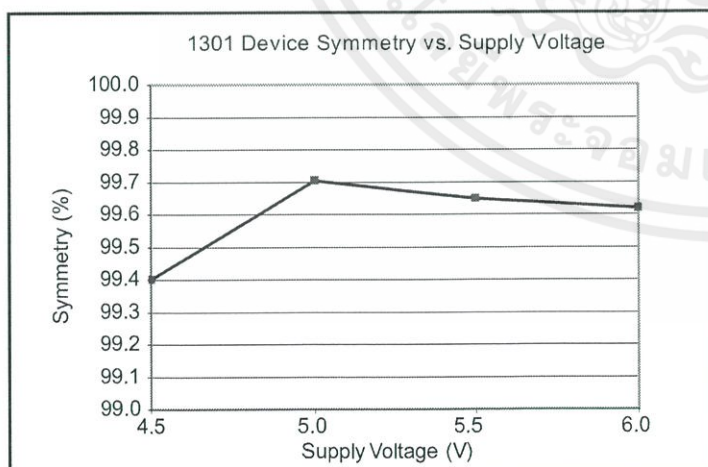
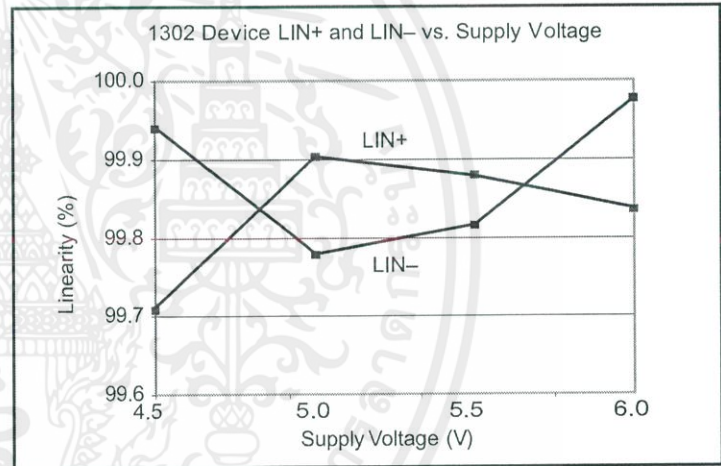
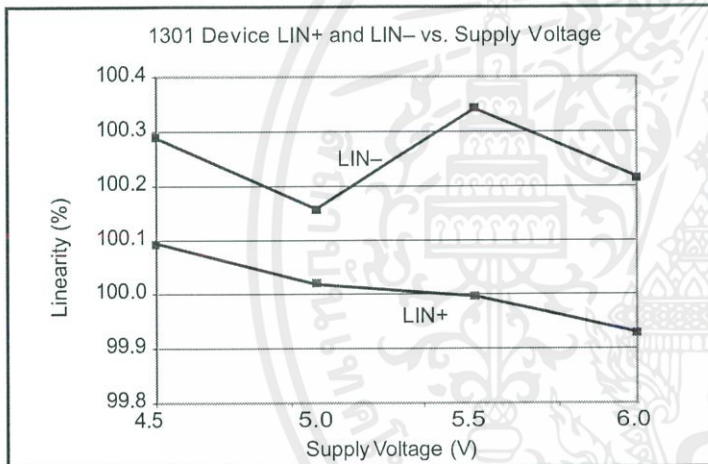
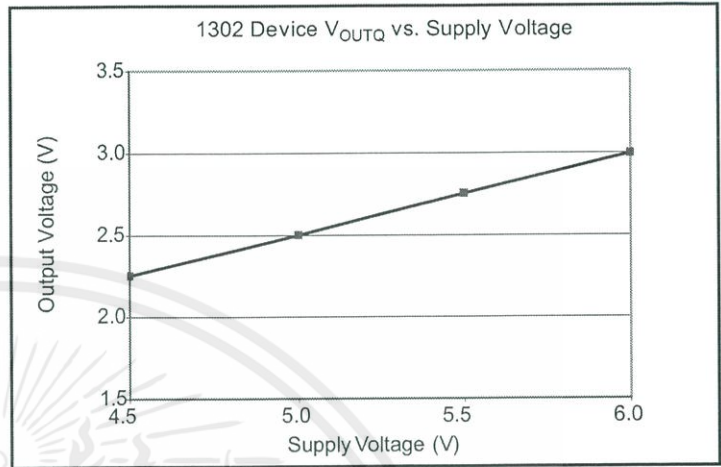
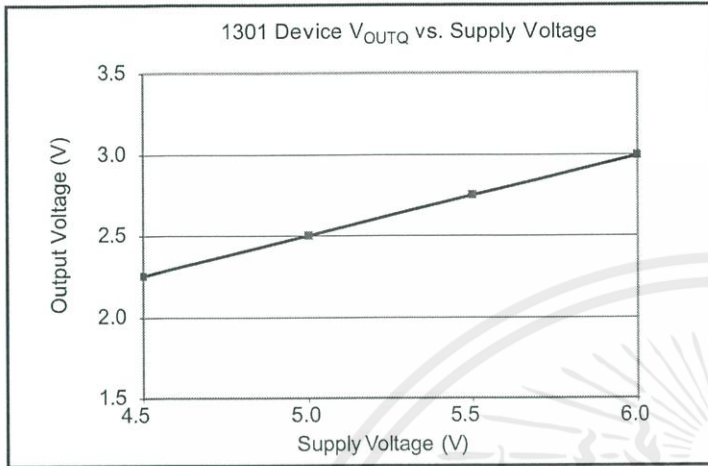
Continued on the next page...



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS CONTINUED
(30 pieces, 3 fabrication lots)



CUSTOMER OUTLINE DRAWINGS

For Reference Only – Not for Tooling Use

(Reference DWG-2840)

Dimensions in millimeters – NOT TO SCALE

Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and dambar protrusions
Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown

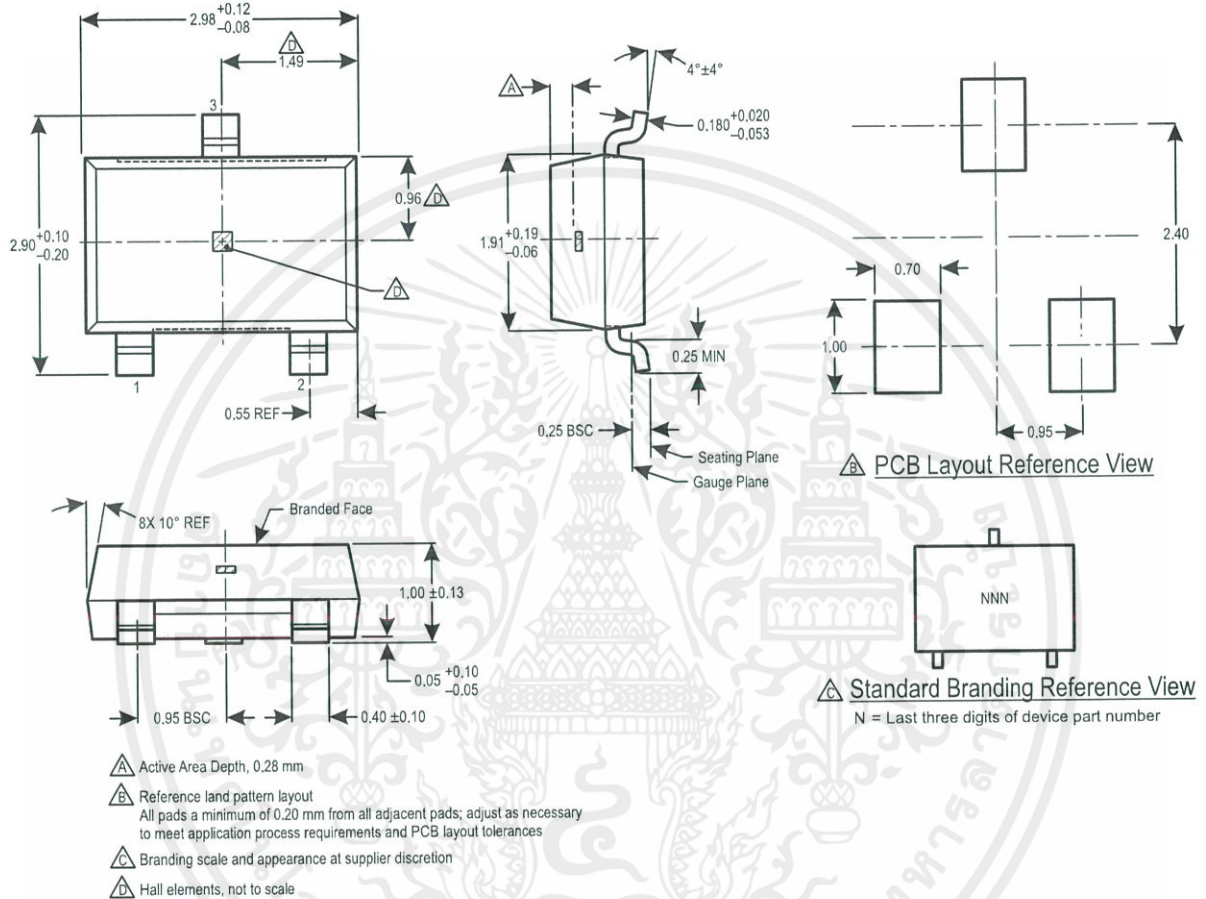


Figure 1: Package LH, 3-Pin; (SOT-23W)

For Reference Only – Not for Tooling Use

(Reference DWG-9065)

Dimensions in millimeters – NOT TO SCALE

Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and dambar protrusions
Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown

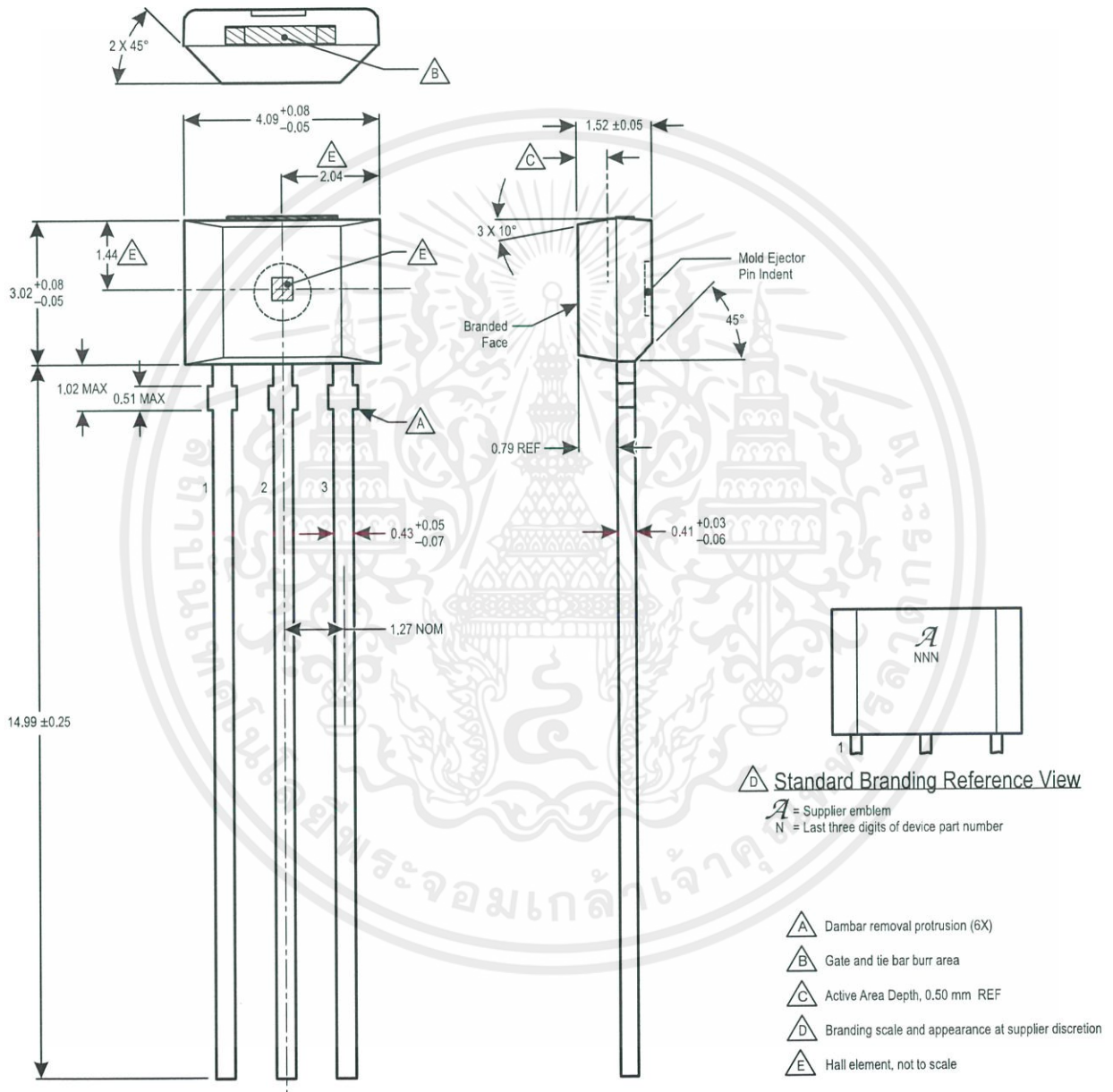


Figure 2: Package UA, 3-Pin SIP



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Revision History

Revision	Revision Date	Description of Revision
18	April 26, 2013	Update UA package drawing
19	January 1, 2015	Add LX option to Selection Guide
20	July 13, 2015	Corrected LH package Active Area Depth value
21	December 1, 2015	Updated product status to "Not for New Design"
22	December 5, 2016	Updated product status to "Last Time Buy"



Copyright ©2005-2016, Allegro MicroSystems, LLC

Allegro MicroSystems, LLC 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, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Allegro's products are not to be used in life support devices or systems, if a failure of an Allegro product can reasonably be expected to cause the failure of that life support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, LLC assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

For the latest version of this document, visit our website:

www.allegromicro.com



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

2.7V 4-Channel/8-Channel 10-Bit A/D Converters with SPI™ Serial Interface

Features

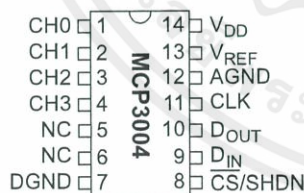
- 10-bit resolution
- ± 1 LSB max DNL
- ± 1 LSB max INL
- 4 (MCP3004) or 8 (MCP3008) input channels
- Analog inputs programmable as single-ended or pseudo-differential pairs
- On-chip sample and hold
- SPI serial interface (modes 0,0 and 1,1)
- Single supply operation: 2.7V - 5.5V
- 200 ksp/s max. sampling rate at $V_{DD} = 5V$
- 75 ksp/s max. sampling rate at $V_{DD} = 2.7V$
- Low power CMOS technology
- 5 nA typical standby current, 2 μA max.
- 500 μA max. active current at 5V
- Industrial temp range: $-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
- Available in PDIP, SOIC and TSSOP packages

Applications

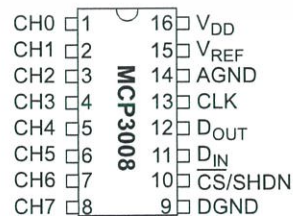
- Sensor Interface
- Process Control
- Data Acquisition
- Battery Operated Systems

Package Types

PDIP, SOIC, TSSOP



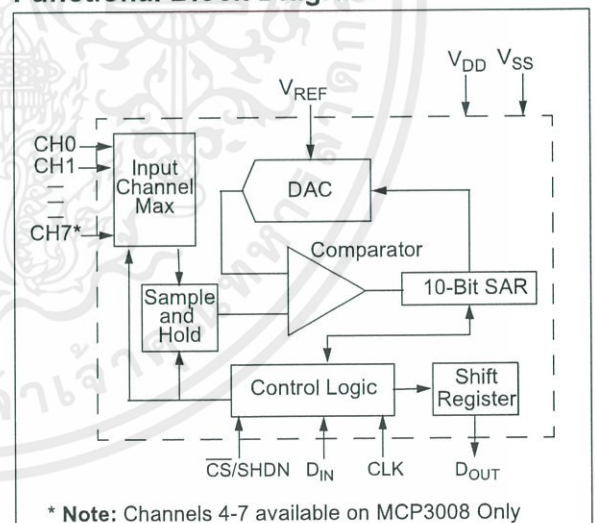
PDIP, SOIC



Description

The Microchip Technology Inc. MCP3004/3008 devices are successive approximation 10-bit Analog-to-Digital (A/D) converters with on-board sample and hold circuitry. The MCP3004 is programmable to provide two pseudo-differential input pairs or four single-ended inputs. The MCP3008 is programmable to provide four pseudo-differential input pairs or eight single-ended inputs. Differential Nonlinearity (DNL) and Integral Nonlinearity (INL) are specified at ± 1 LSB. Communication with the devices is accomplished using a simple serial interface compatible with the SPI protocol. The devices are capable of conversion rates of up to 200 ksp/s. The MCP3004/3008 devices operate over a broad voltage range (2.7V - 5.5V). Low current design permits operation with typical standby currents of only 5 nA and typical active currents of 320 μA . The MCP3004 is offered in 14-pin PDIP, 150 mil SOIC and TSSOP packages, while the MCP3008 is offered in 16-pin PDIP and SOIC packages.

Functional Block Diagram



1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings*

V_{DD} 7.0V
 All inputs and outputs w.r.t. V_{SS} -0.6V to V_{DD} +0.6V
 Storage temperature -65°C to +150°C
 Ambient temp. with power applied -65°C to +125°C
 Soldering temperature of leads (10 seconds) .. +300°C
 ESD protection on all pins > 4 kV

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

PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
V_{DD}	+2.7V to 5.5V Power Supply
DGND	Digital Ground
AGND	Analog Ground
CH0-CH7	Analog Inputs
CLK	Serial Clock
D_{IN}	Serial Data In
D_{OUT}	Serial Data Out
$\overline{CS}/SHDN$	Chip Select/Shutdown Input
V_{REF}	Reference Voltage Input

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical Characteristics: Unless otherwise noted, all parameters apply at $V_{DD} = 5V$, $V_{REF} = 5V$, $T_{AMB} = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, $f_{SAMPLE} = 200$ ksp/s and $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$. Unless otherwise noted, typical values apply for $V_{DD} = 5V$, $T_{AMB} = 25^{\circ}C$.						
Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Conversion Rate						
Conversion Time	t_{CONV}	—	—	10	clock cycles	
Analog Input Sample Time	t_{SAMPLE}	—	1.5	—	clock cycles	
Throughput Rate	f_{SAMPLE}	—	—	200 75	ksp/s ksp/s	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$ $V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$
DC Accuracy						
Resolution			10		bits	
Integral Nonlinearity	INL	—	± 0.5	± 1	LSB	
Differential Nonlinearity	DNL	—	± 0.25	± 1	LSB	No missing codes over temperature
Offset Error		—	—	± 1.5	LSB	
Gain Error		—	—	± 1.0	LSB	
Dynamic Performance						
Total Harmonic Distortion		—	-76		dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V @ 1$ kHz
Signal to Noise and Distortion (SINAD)		—	61		dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V @ 1$ kHz
Spurious Free Dynamic Range		—	78		dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V @ 1$ kHz
Reference Input						
Voltage Range		0.25	—	V_{DD}	V	Note 2
Current Drain		—	100 0.001	150 3	μA μA	$\overline{CS} = V_{DD} = 5V$

Note 1: This parameter is established by characterization and not 100% tested.

Note 2: See graphs that relate linearity performance to V_{REF} levels.

Note 3: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See Section 6.2, "Maintaining Minimum Clock Speed", for more information.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS (CONTINUED)

Electrical Characteristics: Unless otherwise noted, all parameters apply at $V_{DD} = 5V$, $V_{REF} = 5V$, $T_{AMB} = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, $f_{SAMPLE} = 200$ ksp/s and $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$. Unless otherwise noted, typical values apply for $V_{DD} = 5V$, $T_{AMB} = 25^{\circ}C$.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Analog Inputs						
Input Voltage Range for CH0 or CH1 in Single-Ended Mode		V_{SS}	—	V_{REF}	V	
Input Voltage Range for IN+ in pseudo-differential mode		IN-	—	$V_{REF} + IN-$		
Input Voltage Range for IN- in pseudo-differential mode		$V_{SS} - 100$	—	$V_{SS} + 100$	mV	
Leakage Current		—	0.001	± 1	μA	
Switch Resistance		—	1000	—	Ω	See Figure 4-1
Sample Capacitor		—	20	—	pF	See Figure 4-1
Digital Input/Output						
Data Coding Format		Straight Binary				
High Level Input Voltage	V_{IH}	$0.7 V_{DD}$	—	—	V	
Low Level Input Voltage	V_{IL}	—	—	$0.3 V_{DD}$	V	
High Level Output Voltage	V_{OH}	4.1	—	—	V	$I_{OH} = -1$ mA, $V_{DD} = 4.5V$
Low Level Output Voltage	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 1$ mA, $V_{DD} = 4.5V$
Input Leakage Current	I_{LI}	-10	—	10	μA	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}
Output Leakage Current	I_{LO}	-10	—	10	μA	$V_{OUT} = V_{SS}$ or V_{DD}
Pin Capacitance (All Inputs/Outputs)	C_{IN} , C_{OUT}	—	—	10	pF	$V_{DD} = 5.0V$ (Note 1) $T_{AMB} = 25^{\circ}C$, $f = 1$ MHz
Timing Parameters						
Clock Frequency	f_{CLK}	—	—	3.6 1.35	MHz MHz	$V_{DD} = 5V$ (Note 3) $V_{DD} = 2.7V$ (Note 3)
Clock High Time	t_{HI}	125	—	—	ns	
Clock Low Time	t_{LO}	125	—	—	ns	
\overline{CS} Fall To First Rising CLK Edge	t_{SUCS}	100	—	—	ns	
\overline{CS} Fall To Falling CLK Edge	t_{CSD}	—	—	0	ns	
Data Input Setup Time	t_{SU}	—	—	50	ns	
Data Input Hold Time	t_{HD}	—	—	50	ns	
CLK Fall To Output Data Valid	t_{DO}	—	—	125 200	ns ns	$V_{DD} = 5V$, See Figure 1-2 $V_{DD} = 2.7V$, See Figure 1-2
CLK Fall To Output Enable	t_{EN}	—	—	125 200	ns ns	$V_{DD} = 5V$, See Figure 1-2 $V_{DD} = 2.7V$, See Figure 1-2
\overline{CS} Rise To Output Disable	t_{DIS}	—	—	100	ns	See Test Circuits, Figure 1-2
\overline{CS} Disable Time	t_{CSH}	270	—	—	ns	
D_{OUT} Rise Time	t_R	—	—	100	ns	See Test Circuits, Figure 1-2 (Note 1)
D_{OUT} Fall Time	t_F	—	—	100	ns	See Test Circuits, Figure 1-2 (Note 1)

Note 1: This parameter is established by characterization and not 100% tested.

Note 2: See graphs that relate linearity performance to V_{REF} levels.

Note 3: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See Section 6.2, "Maintaining Minimum Clock Speed", for more information.

MCP3004/3008

ELECTRICAL SPECIFICATIONS (CONTINUED)

Electrical Characteristics: Unless otherwise noted, all parameters apply at $V_{DD} = 5V$, $V_{REF} = 5V$, $T_{AMB} = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, $f_{SAMPLE} = 200$ ksp/s and $f_{CLK} = 18 \cdot f_{SAMPLE}$. Unless otherwise noted, typical values apply for $V_{DD} = 5V$, $T_{AMB} = 25^{\circ}C$.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Power Requirements						
Operating Voltage	V_{DD}	2.7	—	5.5	V	
Operating Current	I_{DD}	—	425 225	550	μA	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$, D_{OUT} unloaded $V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$, D_{OUT} unloaded
Standby Current	I_{DDS}	—	0.005	2	μA	$\overline{CS} = V_{DD} = 5.0V$
Temperature Ranges						
Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
Thermal Package Resistance						
Thermal Resistance, 14L-PDIP	θ_{JA}	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 14L-SOIC	θ_{JA}	—	108	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 14L-TSSOP	θ_{JA}	—	100	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 16L-PDIP	θ_{JA}	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 16L-SOIC	θ_{JA}	—	90	—	$^{\circ}C/W$	

Note 1: This parameter is established by characterization and not 100% tested.

Note 2: See graphs that relate linearity performance to V_{REF} levels.

Note 3: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See Section 6.2, "Maintaining Minimum Clock Speed", for more information.

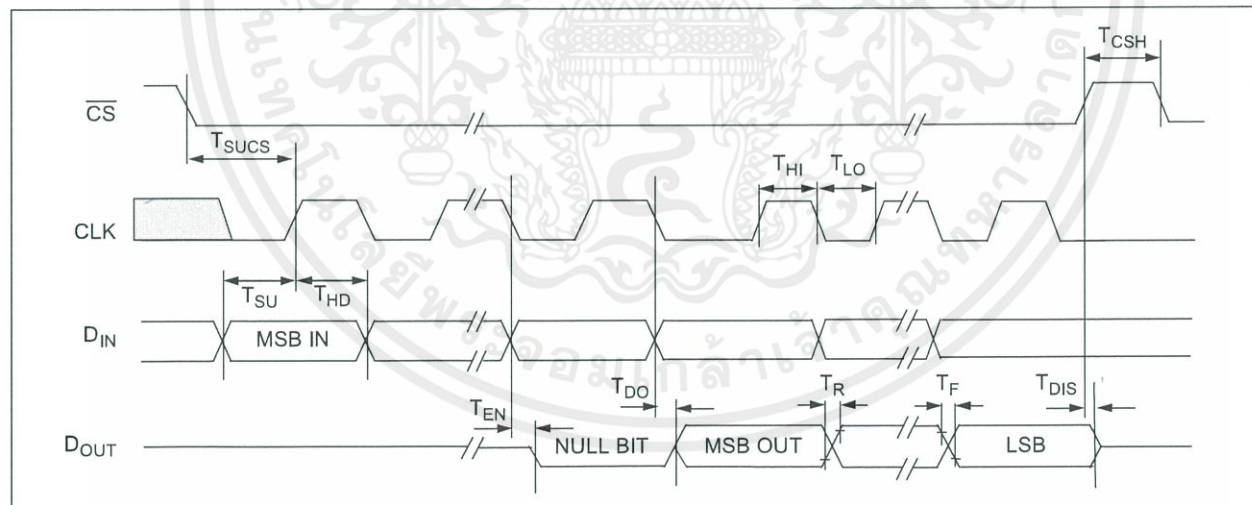


FIGURE 1-1: Serial Interface Timing.

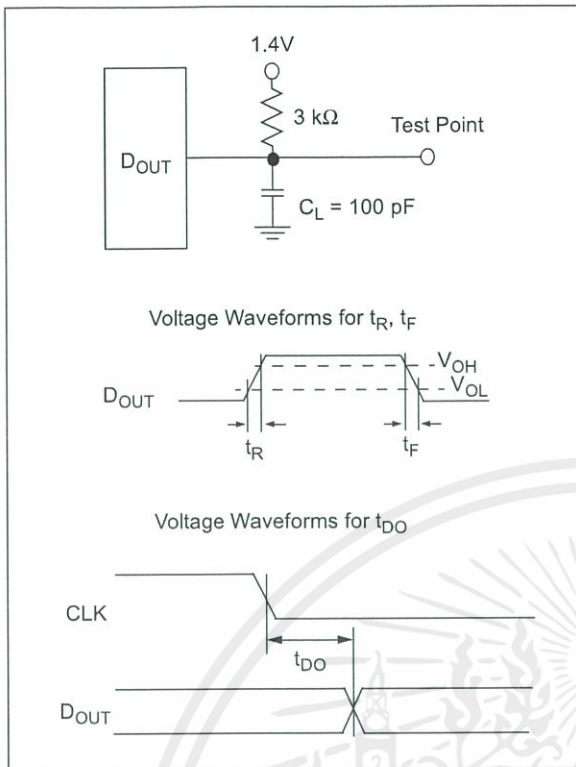


FIGURE 1-2: Load Circuit for t_R , t_F , t_{DO} .

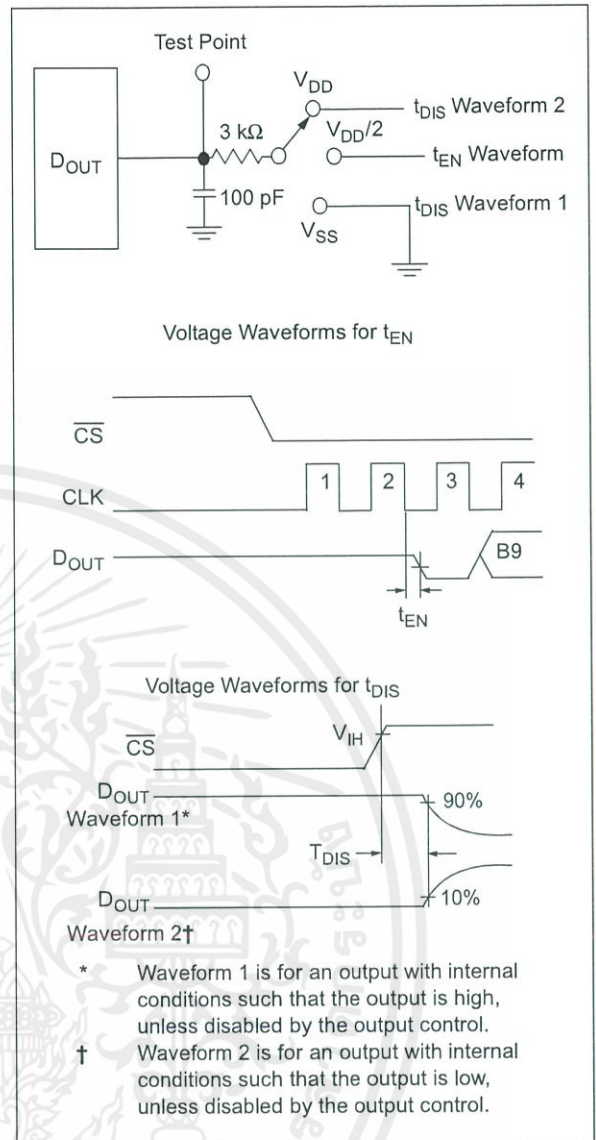


FIGURE 1-3: Load circuit for t_{DIS} and t_{EN} .

2.0 TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

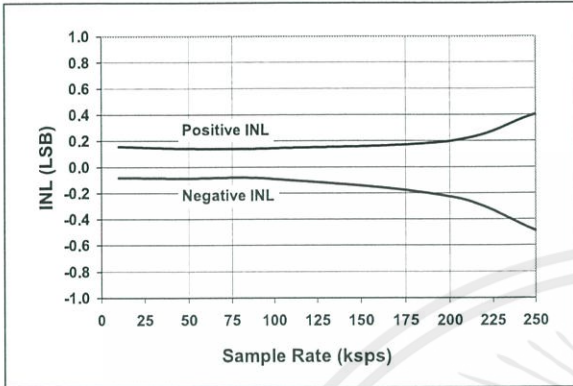


FIGURE 2-1: Integral Nonlinearity (INL) vs. Sample Rate.

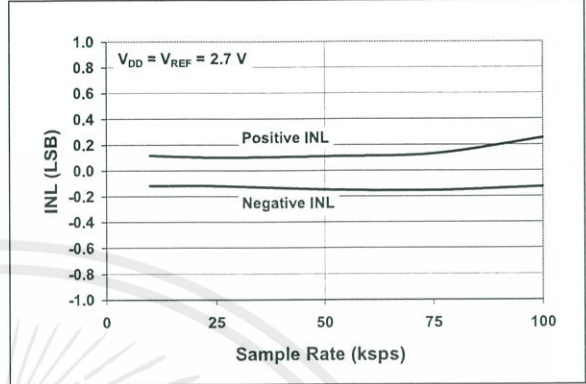


FIGURE 2-4: Integral Nonlinearity (INL) vs. Sample Rate ($V_{DD} = 2.7V$).

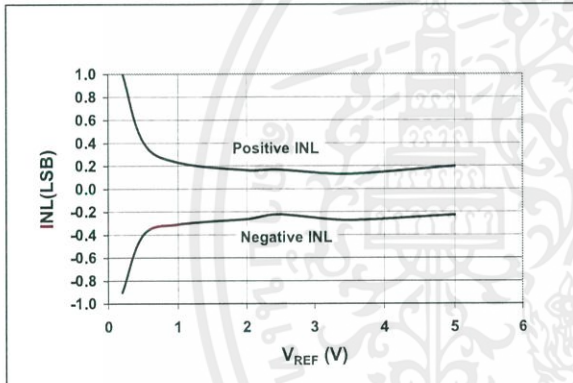


FIGURE 2-2: Integral Nonlinearity (INL) vs. V_{REF}

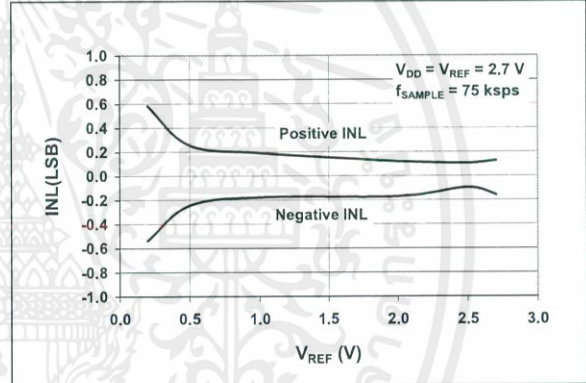


FIGURE 2-5: Integral Nonlinearity (INL) vs. V_{REF} ($V_{DD} = 2.7V$).

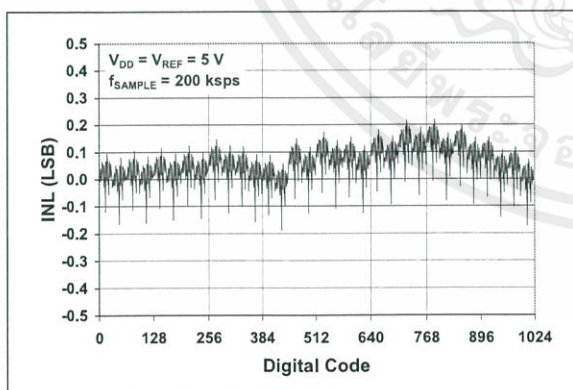


FIGURE 2-3: Integral Nonlinearity (INL) vs. Code (Representative Part).

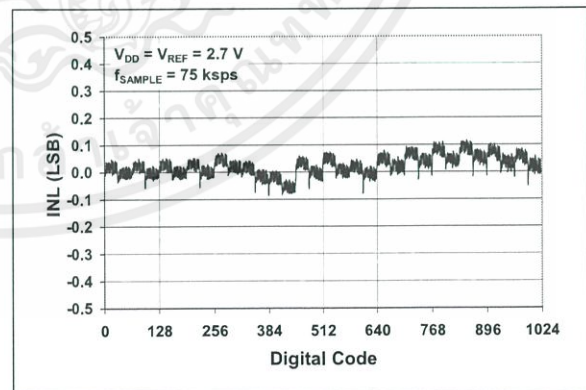


FIGURE 2-6: Integral Nonlinearity (INL) vs. Code (Representative Part, $V_{DD} = 2.7V$).

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

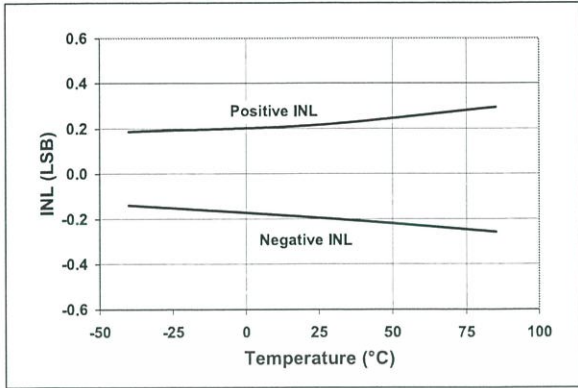


FIGURE 2-7: Integral Nonlinearity (INL) vs. Temperature.

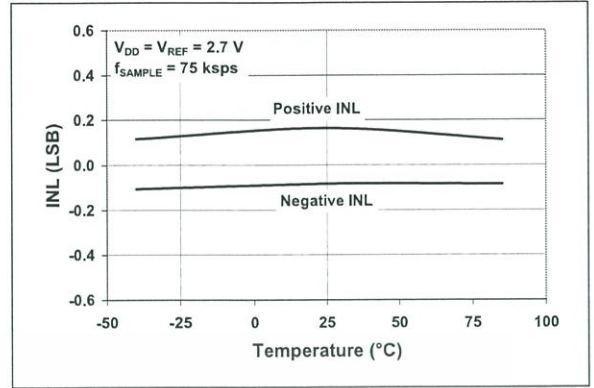


FIGURE 2-10: Integral Nonlinearity (INL) vs. Temperature ($V_{DD} = 2.7V$).

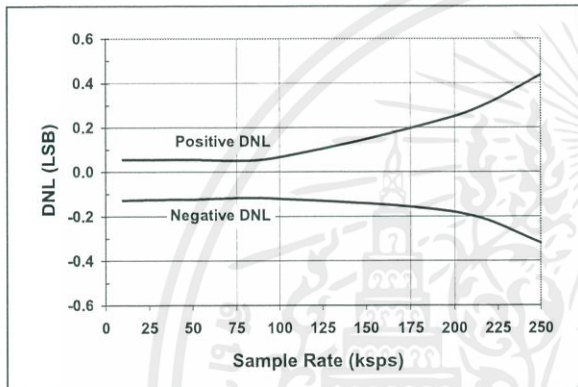


FIGURE 2-8: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Sample Rate.

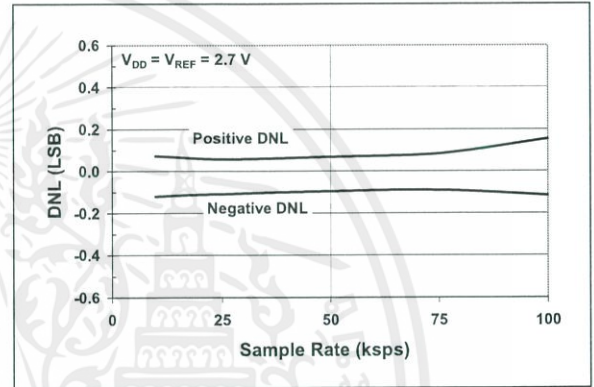


FIGURE 2-11: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Sample Rate ($V_{DD} = 2.7V$).

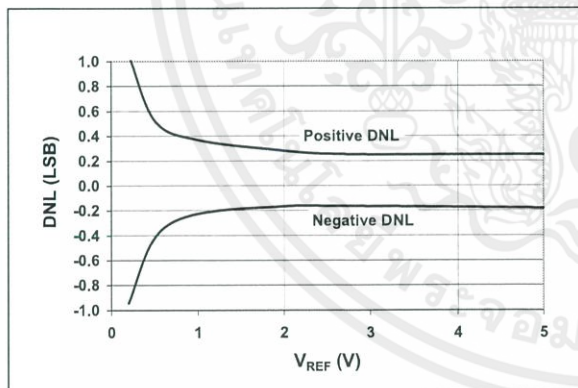


FIGURE 2-9: Differential Nonlinearity (DNL) vs. V_{REF}

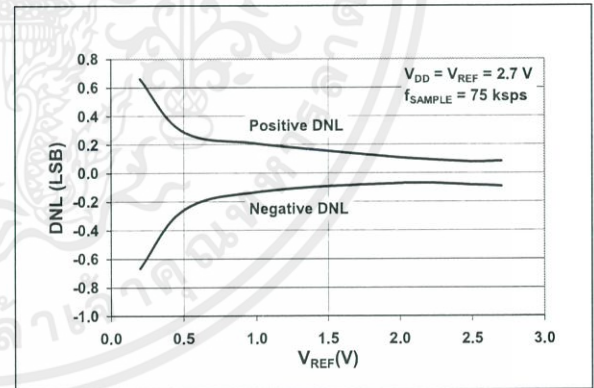


FIGURE 2-12: Differential Nonlinearity (DNL) vs. V_{REF} ($V_{DD} = 2.7V$).

MCP3004/3008

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

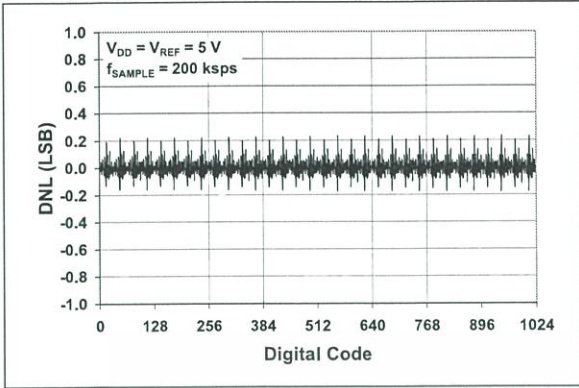


FIGURE 2-13: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Code (Representative Part).

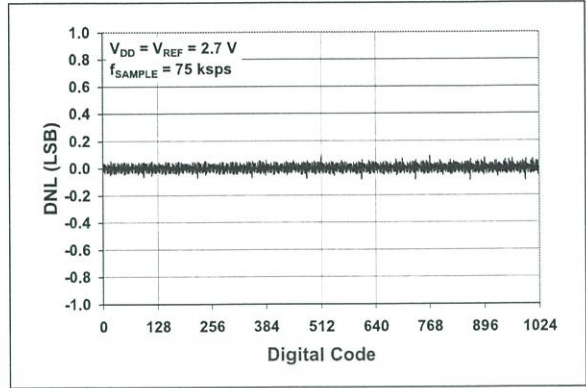


FIGURE 2-16: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Code (Representative Part, $V_{DD} = 2.7V$).

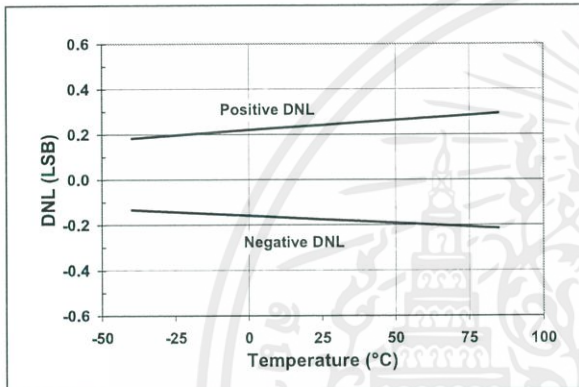


FIGURE 2-14: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Temperature.

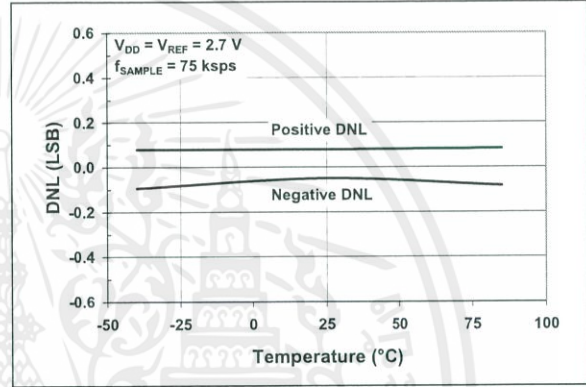


FIGURE 2-17: Differential Nonlinearity (DNL) vs. Temperature ($V_{DD} = 2.7V$).

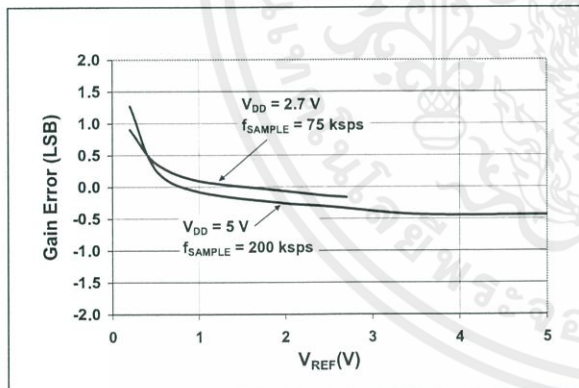


FIGURE 2-15: Gain Error vs. V_{REF}

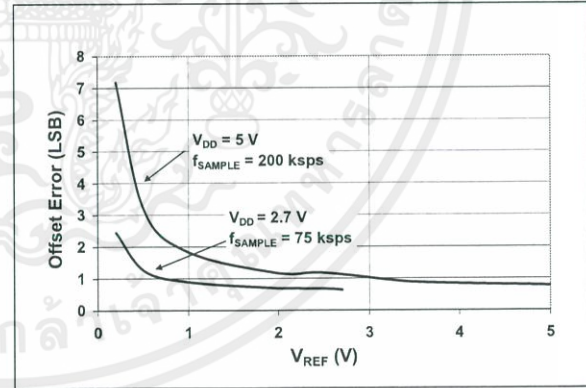


FIGURE 2-18: Offset Error vs. V_{REF}

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

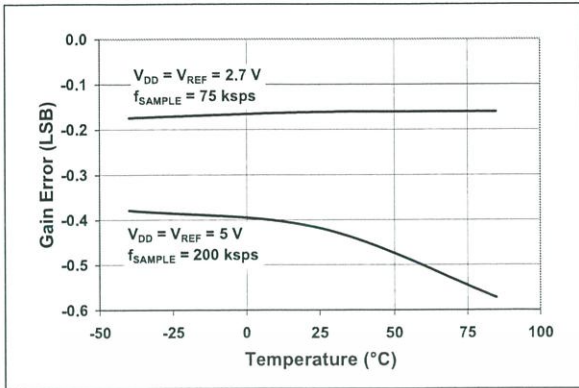


FIGURE 2-19: Gain Error vs. Temperature.

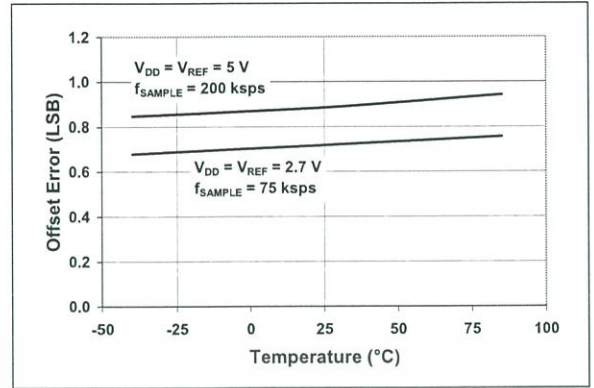


FIGURE 2-22: Offset Error vs. Temperature.

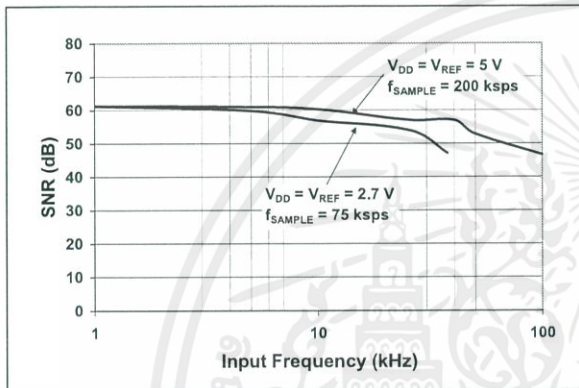


FIGURE 2-20: Signal to Noise (SNR) vs. Input Frequency.

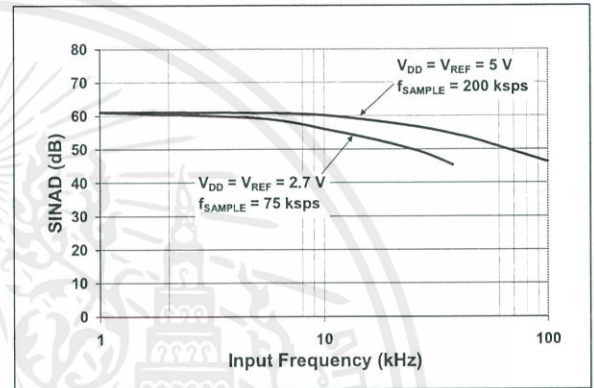


FIGURE 2-23: Signal to Noise and Distortion (SINAD) vs. Input Frequency.

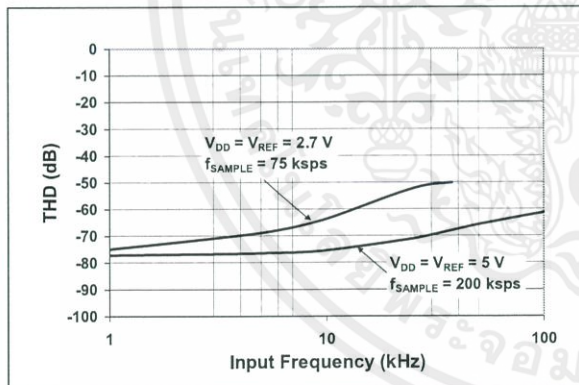


FIGURE 2-21: Total Harmonic Distortion (THD) vs. Input Frequency.

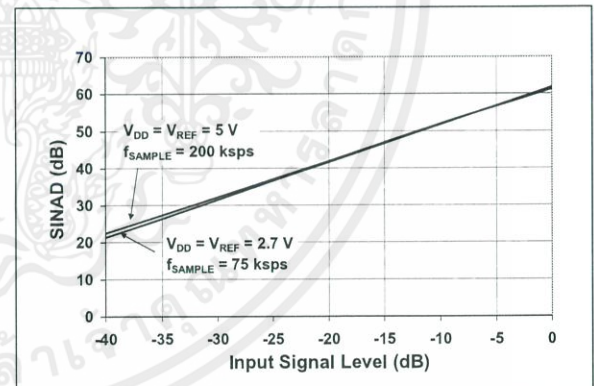


FIGURE 2-24: Signal to Noise and Distortion (SINAD) vs. Input Signal Level.

MCP3004/3008

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^\circ C$.

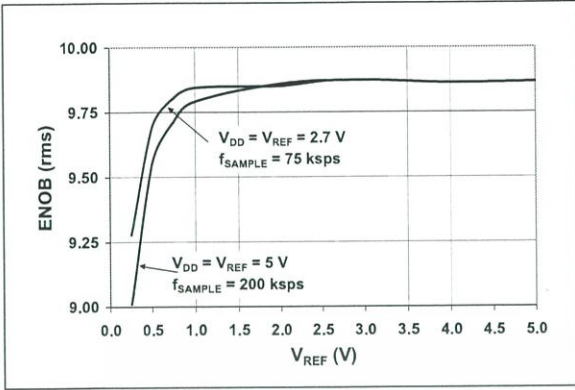


FIGURE 2-25: Effective Number of Bits (ENOB) vs. V_{REF}

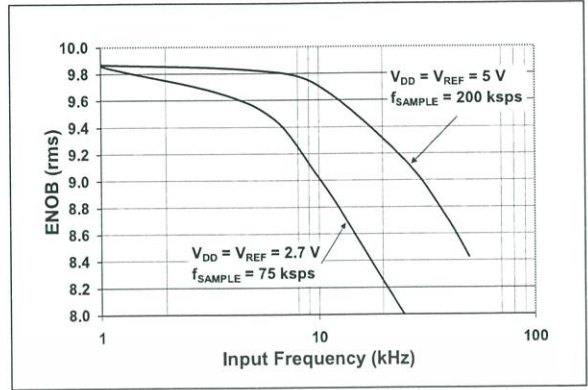


FIGURE 2-28: Effective Number of Bits (ENOB) vs. Input Frequency.

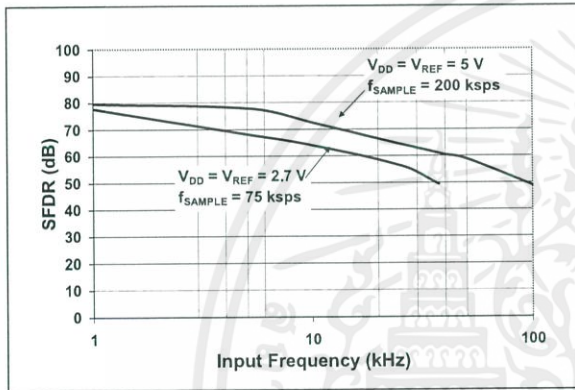


FIGURE 2-26: Spurious Free Dynamic Range (SFDR) vs. Input Frequency.

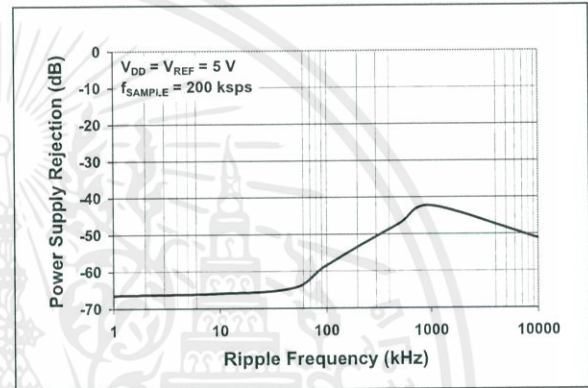


FIGURE 2-29: Power Supply Rejection (PSR) vs. Ripple Frequency.

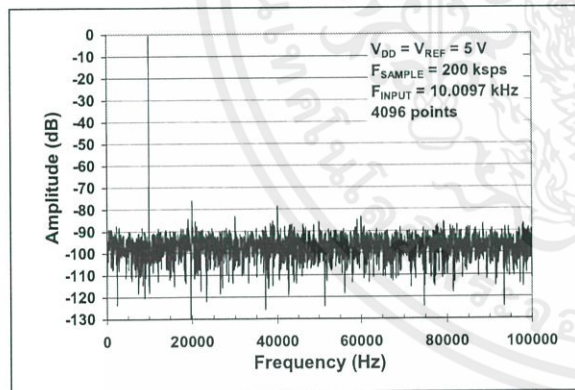


FIGURE 2-27: Frequency Spectrum of 10 kHz Input (Representative Part).

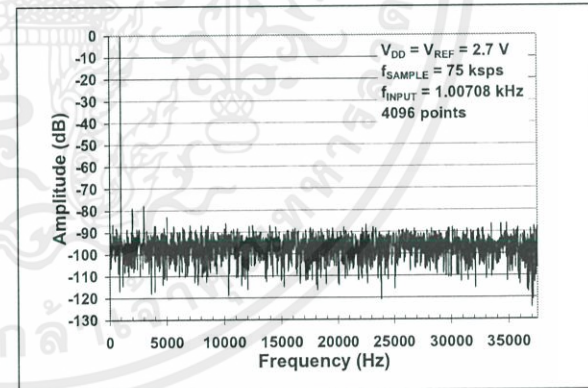


FIGURE 2-30: Frequency Spectrum of 1 kHz Input (Representative Part, $V_{DD} = 2.7V$).

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

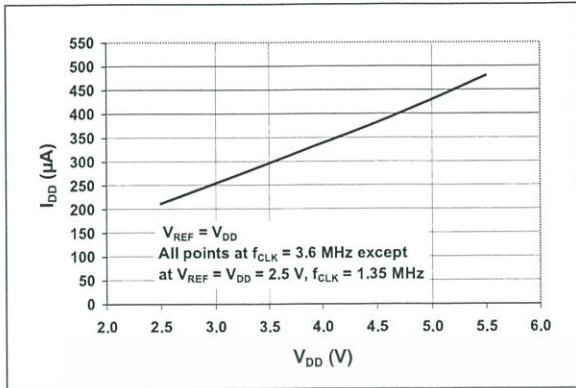


FIGURE 2-31: I_{DD} vs. V_{DD} .

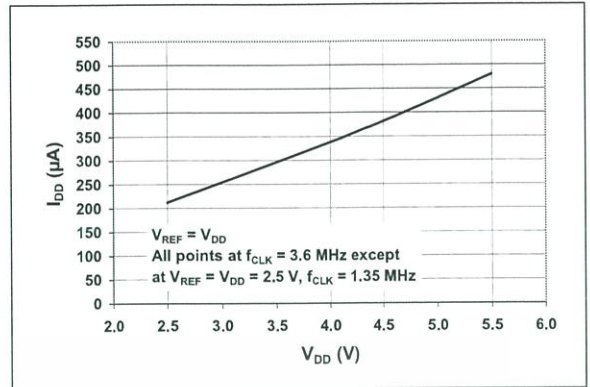


FIGURE 2-34: I_{REF} vs. V_{DD} .

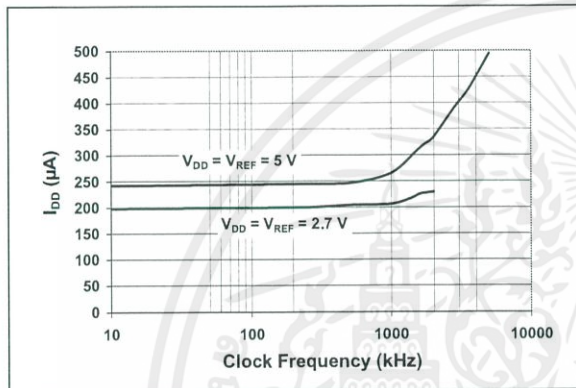


FIGURE 2-32: I_{DD} vs. Clock Frequency.

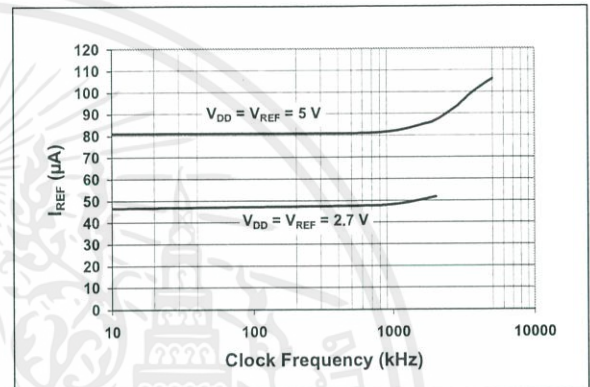


FIGURE 2-35: I_{REF} vs. Clock Frequency.

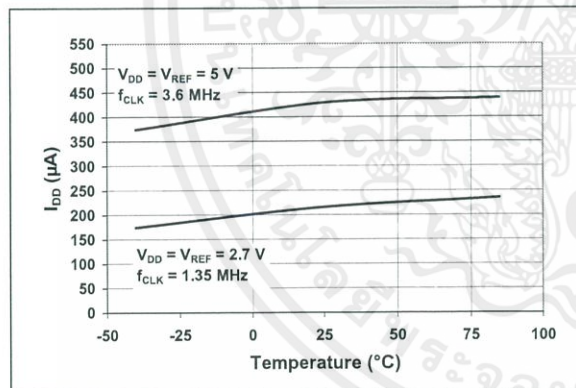


FIGURE 2-33: I_{DD} vs. Temperature.

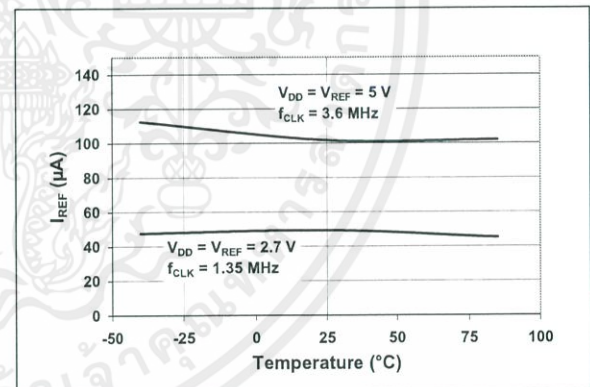


FIGURE 2-36: I_{REF} vs. Temperature.

MCP3004/3008

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = V_{REF} = 5V$, $f_{CLK} = 18 * f_{SAMPLE}$, $T_A = 25^{\circ}C$.

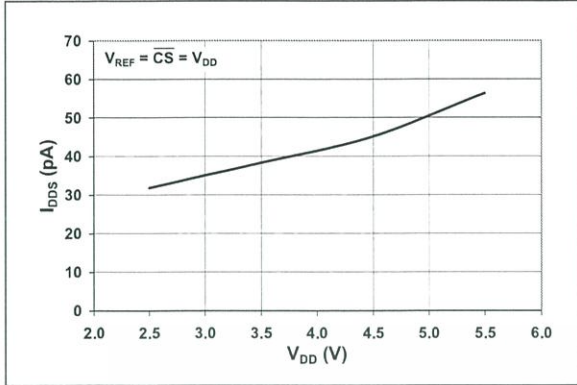


FIGURE 2-37: I_{DDs} vs. V_{DD} .

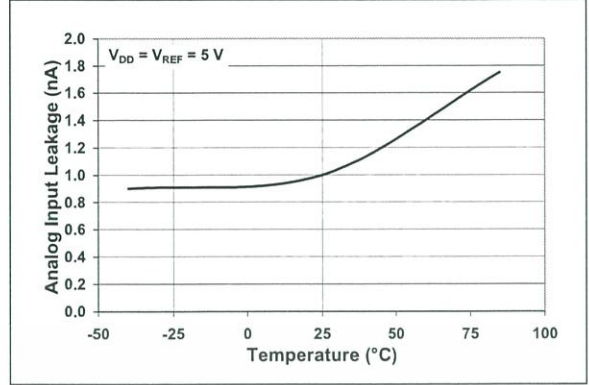


FIGURE 2-39: Analog Input Leakage Current vs. Temperature.

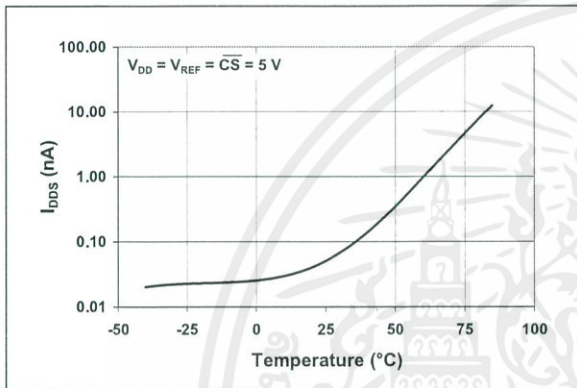


FIGURE 2-38: I_{DDs} vs. Temperature.

3.0 PIN DESCRIPTIONS

TABLE 3-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
V _{DD}	+2.7V to 5.5V Power Supply
DGND	Digital Ground
AGND	Analog Ground
CH0-CH7	Analog Inputs
CLK	Serial Clock
D _{IN}	Serial Data In
D _{OUT}	Serial Data Out
CS/SHDN	Chip Select/Shutdown Input
V _{REF}	Reference Voltage Input

3.1 DGND

Digital ground connection to internal digital circuitry.

3.2 AGND

Analog ground connection to internal analog circuitry.

3.3 CH0 - CH7

Analog inputs for channels 0 - 7, respectively, for the multiplexed inputs. Each pair of channels can be programmed to be used as two independent channels in single-ended mode or as a single pseudo-differential input where one channel is IN+ and one channel is IN-. See Section 4.1, "Analog Inputs", and Section 5.0, "Serial Communication", for information on programming the channel configuration.

3.4 Serial Clock (CLK)

The SPI clock pin is used to initiate a conversion and clock out each bit of the conversion as it takes place. See Section 6.2, "Maintaining Minimum Clock Speed", for constraints on clock speed.

3.5 Serial Data Input (D_{IN})

The SPI port serial data input pin is used to load channel configuration data into the device.

3.6 Serial Data Output (D_{OUT})

The SPI serial data output pin is used to shift out the results of the A/D conversion. Data will always change on the falling edge of each clock as the conversion takes place.

3.7 Chip Select/Shutdown (CS/SHDN)

The CS/SHDN pin is used to initiate communication with the device when pulled low. When pulled high, it will end a conversion and put the device in low power standby. The CS/SHDN pin must be pulled high between conversions.

4.0 DEVICE OPERATION

The MCP3004/3008 A/D converters employ a conventional SAR architecture. With this architecture, a sample is acquired on an internal sample/hold capacitor for 1.5 clock cycles starting on the first rising edge of the serial clock once CS has been pulled low. Following this sample time, the device uses the collected charge on the internal sample and hold capacitor to produce a serial 10-bit digital output code. Conversion rates of 100 ksps are possible on the MCP3004/3008. See Section 6.2, "Maintaining Minimum Clock Speed", for information on minimum clock rates. Communication with the device is accomplished using a 4-wire SPI-compatible interface.

4.1 Analog Inputs

The MCP3004/3008 devices offer the choice of using the analog input channels configured as single-ended inputs or pseudo-differential pairs. The MCP3004 can be configured to provide two pseudo-differential input pairs or four single-ended inputs. The MCP3008 can be configured to provide four pseudo-differential input pairs or eight single-ended inputs. Configuration is done as part of the serial command before each conversion begins. When used in the pseudo-differential mode, each channel pair (i.e., CH0 and CH1, CH2 and CH3 etc.) are programmed as the IN+ and IN- inputs as part of the command string transmitted to the device. The IN+ input can range from IN- to (V_{REF} + IN-). The IN- input is limited to ±100 mV from the V_{SS} rail. The IN- input can be used to cancel small signal common-mode noise, which is present on both the IN+ and IN- inputs.

When operating in the pseudo-differential mode, if the voltage level of IN+ is equal to or less than IN-, the resultant code will be 000h. If the voltage at IN+ is equal to or greater than [(V_{REF} + (IN-)) - 1 LSB], then the output code will be 3FFh. If the voltage level at IN- is more than 1 LSB below V_{SS}, the voltage level at the IN+ input will have to go below V_{SS} to see the 000h output code. Conversely, if IN- is more than 1 LSB above V_{SS}, the 3FFh code will not be seen unless the IN+ input level goes above V_{REF} level.

For the A/D converter to meet specification, the charge holding capacitor (C_{SAMPLE}) must be given enough time to acquire a 10-bit accurate voltage level during the 1.5 clock cycle sampling period. The analog input model is shown in Figure 4-1.

This diagram illustrates that the source impedance (R_S) adds to the internal sampling switch (R_{SS}) impedance, directly affecting the time that is required to charge the capacitor (C_{SAMPLE}). Consequently, larger source impedances increase the offset, gain and integral linearity errors of the conversion (see Figure 4-2).

4.2 Reference Input

For each device in the family, the reference input (V_{REF}) determines the analog input voltage range. As the reference input is reduced, the LSB size is reduced accordingly.

EQUATION

$$LSB\ Size = \frac{V_{REF}}{1024}$$

The theoretical digital output code produced by the A/D converter is a function of the analog input signal and the reference input, as shown below.

EQUATION

$$Digital\ Output\ Code = \frac{1024 \times V_{IN}}{V_{REF}}$$

V_{IN} = analog input voltage

V_{REF} = reference voltage

When using an external voltage reference device, the system designer should always refer to the manufacturer's recommendations for circuit layout. Any instability in the operation of the reference device will have a direct effect on the operation of the A/D converter.

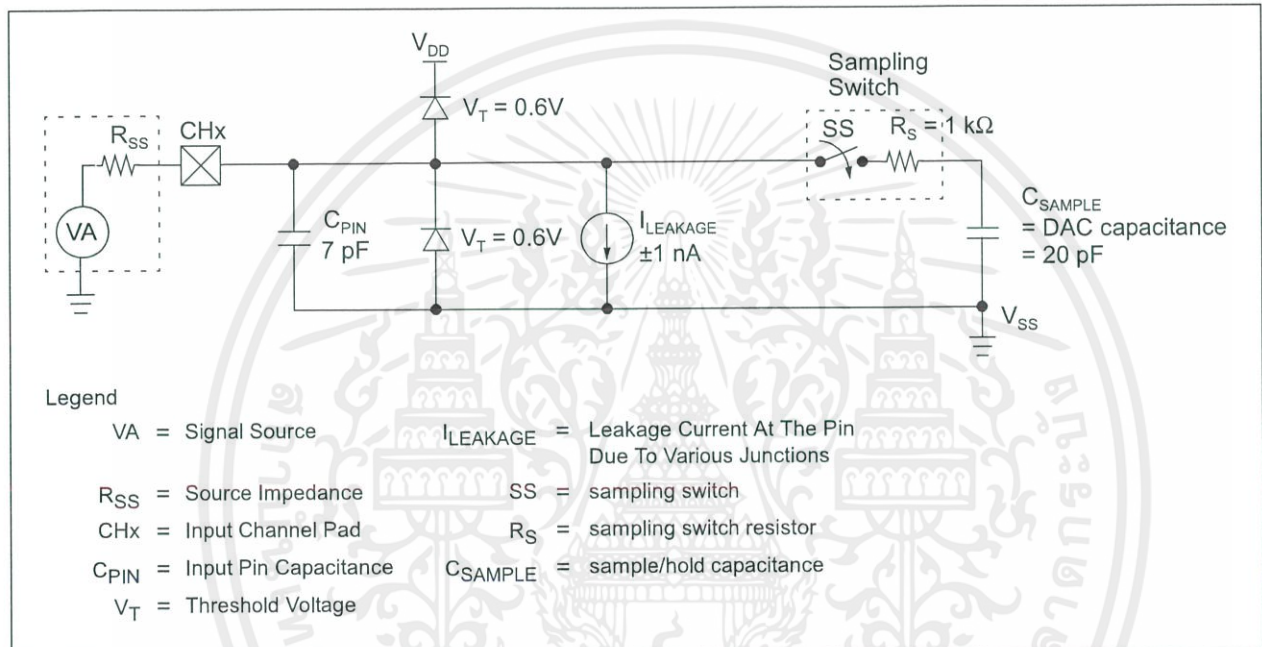


FIGURE 4-1: Analog Input Model.

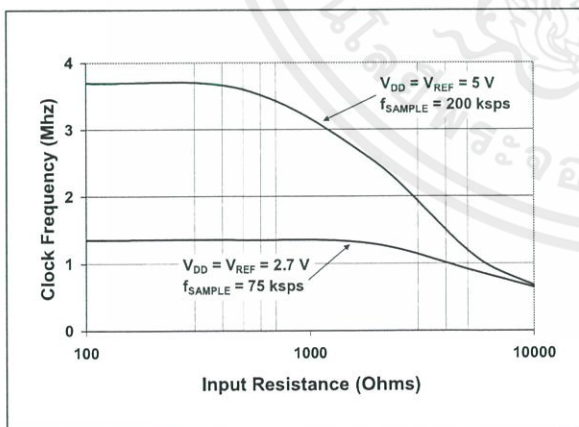


FIGURE 4-2: Maximum Clock Frequency vs. Input resistance (R_S) to maintain less than a 0.1 LSB deviation in INL from nominal conditions.

5.0 SERIAL COMMUNICATION

Communication with the MCP3004/3008 devices is accomplished using a standard SPI-compatible serial interface. Initiating communication with either device is done by bringing the \overline{CS} line low (see Figure 5-1). If the device was powered up with the \overline{CS} pin low, it must be brought high and back low to initiate communication. The first clock received with \overline{CS} low and D_{IN} high will constitute a start bit. The SGL/ \overline{DIFF} bit follows the start bit and will determine if the conversion will be done using single-ended or differential input mode. The next three bits (D0, D1 and D2) are used to select the input channel configuration. Table 5-1 and Table 5-2 show the configuration bits for the MCP3004 and MCP3008, respectively. The device will begin to sample the analog input on the fourth rising edge of the clock after the start bit has been received. The sample period will end on the falling edge of the fifth clock following the start bit.

Once the D0 bit is input, one more clock is required to complete the sample and hold period (D_{IN} is a "don't care" for this clock). On the falling edge of the next clock, the device will output a low null bit. The next 10 clocks will output the result of the conversion with MSB first, as shown in Figure 5-1. Data is always output from the device on the falling edge of the clock. If all 10 data bits have been transmitted and the device continues to receive clocks while the \overline{CS} is held low, the device will output the conversion result LSB first, as is shown in Figure 5-2. If more clocks are provided to the device while \overline{CS} is still low (after the LSB first data has been transmitted), the device will clock out zeros indefinitely.

If necessary, it is possible to bring \overline{CS} low and clock in leading zeros on the D_{IN} line before the start bit. This is often done when dealing with microcontroller-based SPI ports that must send 8 bits at a time. Refer to Section 6.1, "Using the MCP3004/3008 with Microcontroller (MCU) SPI Ports", for more details on using the MCP3004/3008 devices with hardware SPI ports.

TABLE 5-1: CONFIGURE BITS FOR THE MCP3004

Control Bit Selections				Input Configuration	Channel Selection
Single/Diff	D2*	D1	D0		
1	X	0	0	single-ended	CH0
1	X	0	1	single-ended	CH1
1	X	1	0	single-ended	CH2
1	X	1	1	single-ended	CH3
0	X	0	0	differential	CH0 = IN+ CH1 = IN-
0	X	0	1	differential	CH0 = IN- CH1 = IN+
0	X	1	0	differential	CH2 = IN+ CH3 = IN-
0	X	1	1	differential	CH2 = IN- CH3 = IN+

* D2 is "don't care" for MCP3004

TABLE 5-2: CONFIGURE BITS FOR THE MCP3008

Control Bit Selections				Input Configuration	Channel Selection
Single/Diff	D2	D1	D0		
1	0	0	0	single-ended	CH0
1	0	0	1	single-ended	CH1
1	0	1	0	single-ended	CH2
1	0	1	1	single-ended	CH3
1	1	0	0	single-ended	CH4
1	1	0	1	single-ended	CH5
1	1	1	0	single-ended	CH6
1	1	1	1	single-ended	CH7
0	0	0	0	differential	CH0 = IN+ CH1 = IN-
0	0	0	1	differential	CH0 = IN- CH1 = IN+
0	0	1	0	differential	CH2 = IN+ CH3 = IN-
0	0	1	1	differential	CH2 = IN- CH3 = IN+
0	1	0	0	differential	CH4 = IN+ CH5 = IN-
0	1	0	1	differential	CH4 = IN- CH5 = IN+
0	1	1	0	differential	CH6 = IN+ CH7 = IN-
0	1	1	1	differential	CH6 = IN- CH7 = IN+

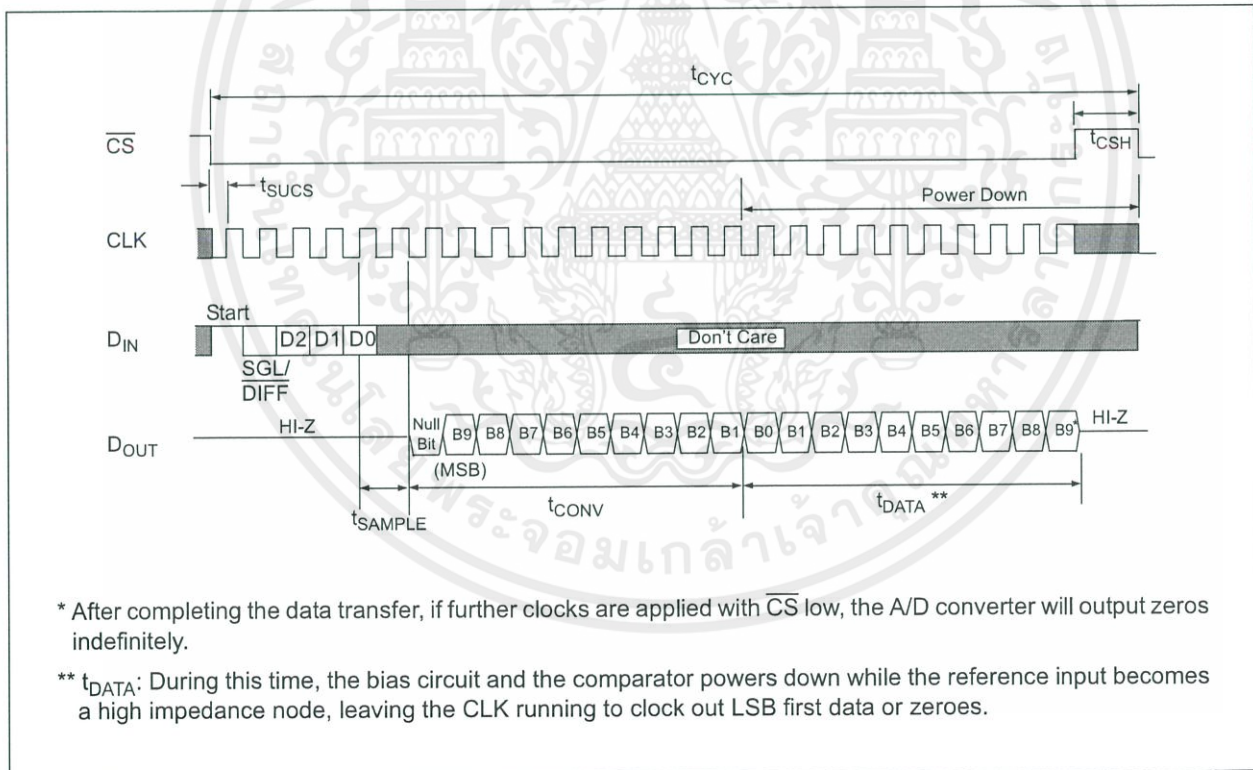
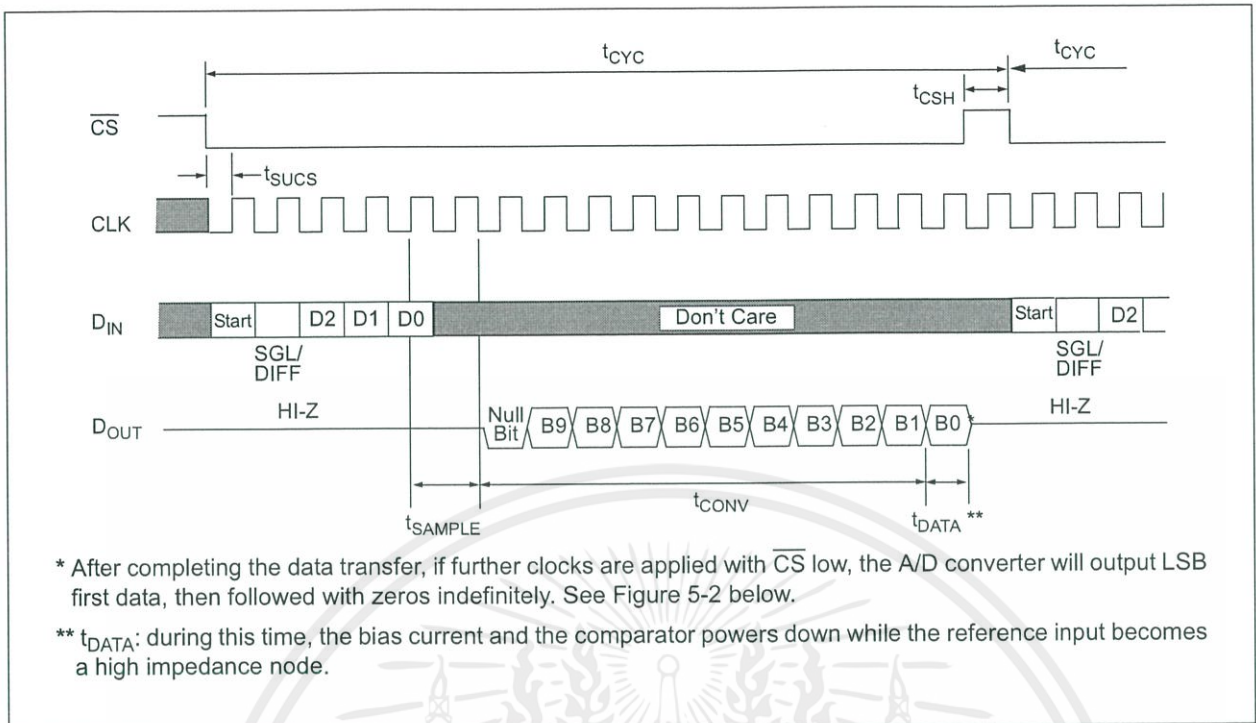


FIGURE 5-2: Communication with MCP3004 or MCP3008 in LSB First Format.

6.0 APPLICATIONS INFORMATION

6.1 Using the MCP3004/3008 with Microcontroller (MCU) SPI Ports

With most microcontroller SPI ports, it is required to send groups of eight bits. It is also required that the microcontroller SPI port be configured to clock out data on the falling edge of clock and latch data in on the rising edge. Because communication with the MCP3004/3008 devices may not need multiples of eight clocks, it will be necessary to provide more clocks than are required. This is usually done by sending 'leading zeros' before the start bit. As an example, Figure 6-1 and Figure 6-2 shows how the MCP3004/3008 can be interfaced to a MCU with a hardware SPI port. Figure 6-1 depicts the operation shown in SPI Mode 0,0, which requires that the SCLK from the MCU idles in the 'low' state, while Figure 6-2 shows the similar case of SPI Mode 1,1, where the clock idles in the 'high' state.

As is shown in Figure 6-1, the first byte transmitted to the A/D converter contains seven leading zeros before the start bit. Arranging the leading zeros this way induces the 10 data bits to fall in positions easily manipulated by the MCU. The MSB is clocked out of the A/D converter on the falling edge of clock number 14. Once the second eight clocks have been sent to the device, the MCU receive buffer will contain five unknown bits (the output is at high impedance for the first two clocks), the null bit and the highest order 2 bits of the conversion. Once the third byte has been sent to the device, the receive register will contain the lowest order eight bits of the conversion results. Employing this method ensures simpler manipulation of the converted data.

Figure 6-2 shows the same thing in SPI Mode 1,1, which requires that the clock idles in the high state. As with mode 0,0, the A/D converter outputs data on the falling edge of the clock and the MCU latches data from the A/D converter in on the rising edge of the clock.

MCP3004/3008

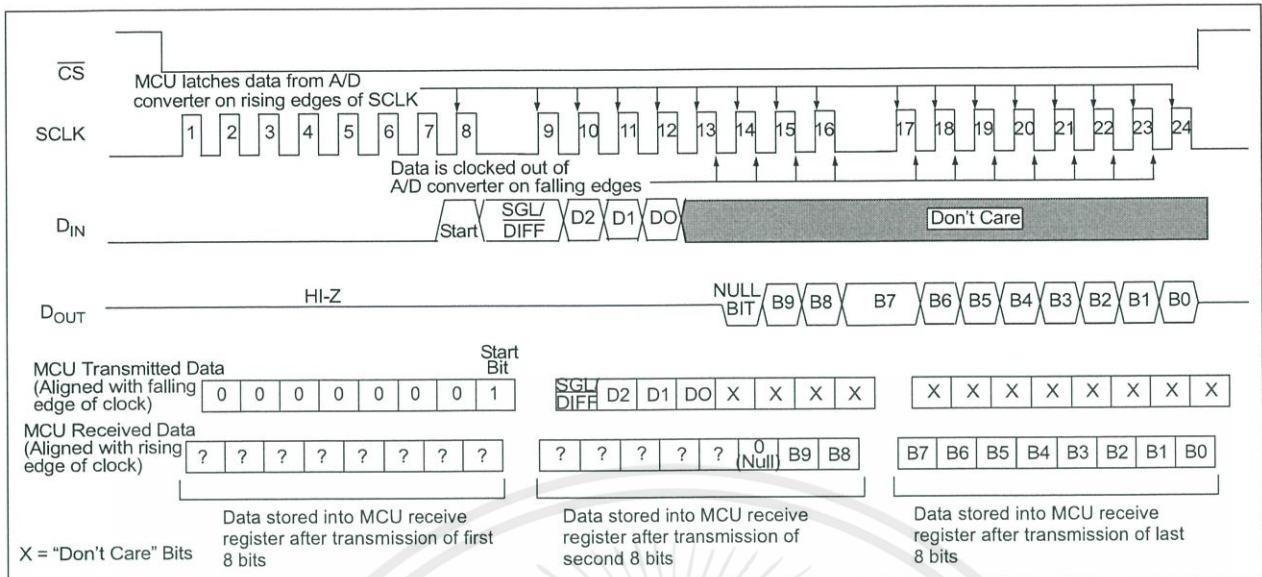


FIGURE 6-1: SPI Communication with the MCP3004/3008 using 8-bit segments (Mode 0,0: SCLK idles low).

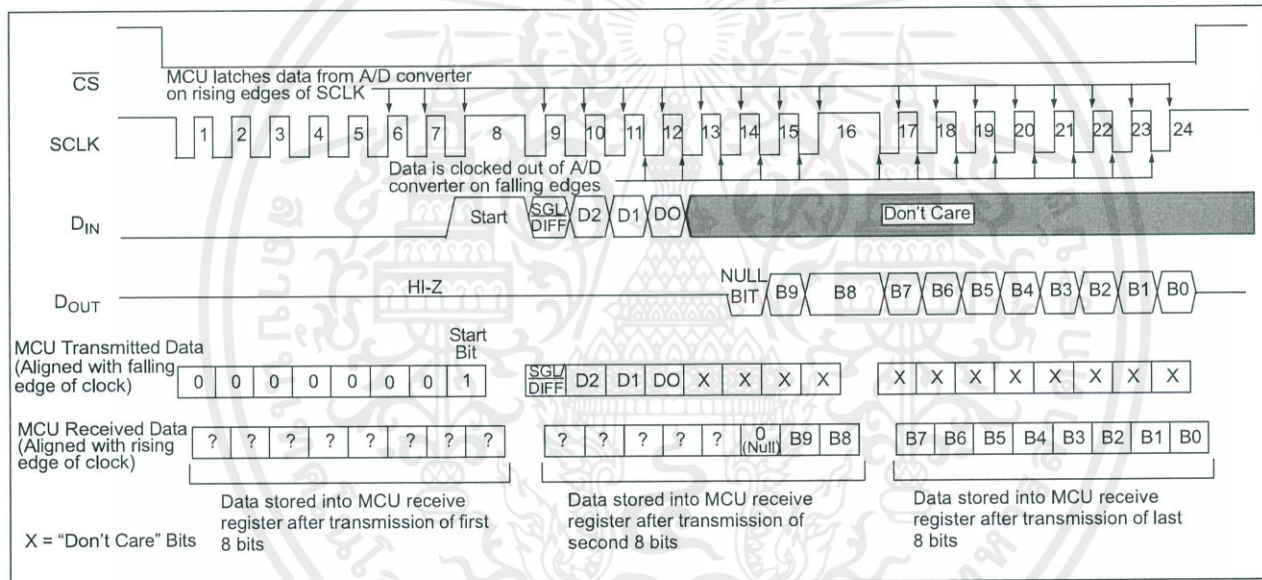


FIGURE 6-2: SPI Communication with the MCP3004/3008 using 8-bit segments (Mode 1,1: SCLK idles high).

6.2 Maintaining Minimum Clock Speed

When the MCP3004/3008 initiates the sample period, charge is stored on the sample capacitor. When the sample period is complete, the device converts one bit for each clock that is received. It is important for the user to note that a slow clock rate will allow charge to bleed off the sample capacitor while the conversion is taking place. At 85°C (worst case condition), the part will maintain proper charge on the sample capacitor for at least 1.2 ms after the sample period has ended. This means that the time between the end of the sample period and the time that all 10 data bits have been clocked out must not exceed 1.2 ms (effective clock frequency of 10 kHz). Failure to meet this criterion may introduce linearity errors into the conversion outside the rated specifications. It should be noted that during the entire conversion cycle, the A/D converter does not require a constant clock speed or duty cycle, as long as all timing specifications are met.

6.3 Buffering/Filtering the Analog Inputs

If the signal source for the A/D converter is not a low impedance source, it will have to be buffered or inaccurate conversion results may occur (see Figure 4-2). It is also recommended that a filter be used to eliminate any signals that may be aliased back in to the conversion results, as is illustrated in Figure 6-3, where an op amp is used to drive, filter and gain the analog input of the MCP3004/3008. This amplifier provides a low impedance source for the converter input, plus a low pass filter, which eliminates unwanted high frequency noise.

Low pass (anti-aliasing) filters can be designed using Microchip's free interactive FilterLab™ software. FilterLab will calculate capacitor and resistors values, as well as determine the number of poles that are required for the application. For more information on filtering signals, see AN699, "Anti-Aliasing Analog Filters for Data Acquisition Systems".

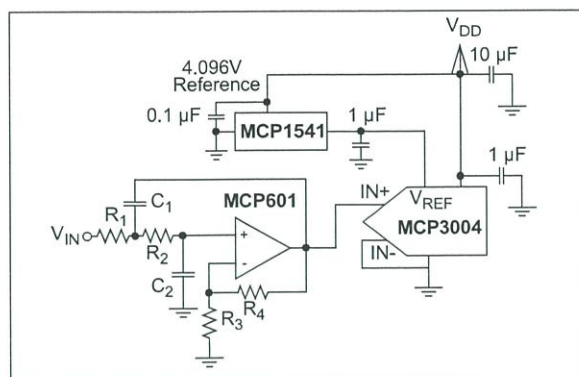


FIGURE 6-3: The MCP601 Operational Amplifier is used to implement a second order anti-aliasing filter for the signal being converted by the MCP3004.

6.4 Layout Considerations

When laying out a printed circuit board for use with analog components, care should be taken to reduce noise wherever possible. A bypass capacitor should always be used with this device and should be placed as close as possible to the device pin. A bypass capacitor value of 1 μF is recommended.

Digital and analog traces should be separated as much as possible on the board, with no traces running underneath the device or bypass capacitor. Extra precautions should be taken to keep traces with high frequency signals (such as clock lines) as far as possible from analog traces.

Use of an analog ground plane is recommended in order to keep the ground potential the same for all devices on the board. Providing V_{DD} connections to devices in a "star" configuration can also reduce noise by eliminating return current paths and associated errors (see Figure 6-4). For more information on layout tips when using A/D converters, refer to AN688, "Layout Tips for 12-Bit A/D Converter Applications".

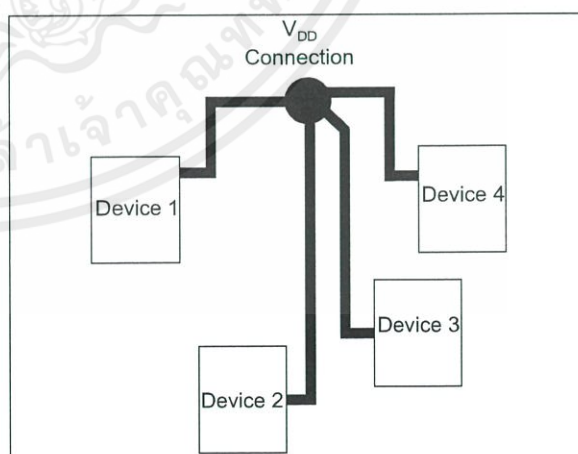


FIGURE 6-4: V_{DD} traces arranged in a 'Star' configuration in order to reduce errors caused by current return paths.

6.5 Utilizing the Digital and Analog Ground Pins

The MCP3004/3008 devices provide both digital and analog ground connections to provide additional means of noise reduction. As is shown in Figure 6-5, the analog and digital circuitry is separated internal to the device. This reduces noise from the digital portion of the device being coupled into the analog portion of the device. The two grounds are connected internally through the substrate which has a resistance of 5 -10 Ω .

If no ground plane is utilized, both grounds must be connected to V_{SS} on the board. If a ground plane is available, both digital and analog ground pins should be connected to the analog ground plane. If both an analog and a digital ground plane are available, both the digital and the analog ground pins should be connected to the analog ground plane. Following these steps will reduce the amount of digital noise from the rest of the board being coupled into the A/D converter.

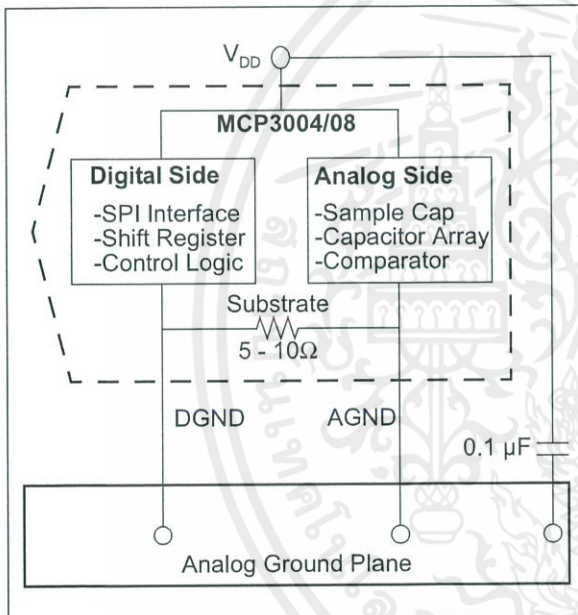
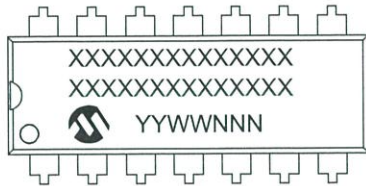


FIGURE 6-5: Separation of Analog and Digital Ground Pins.

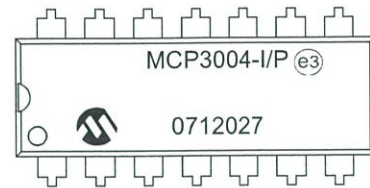
7.0 PACKAGING INFORMATION

7.1 Package Marking Information

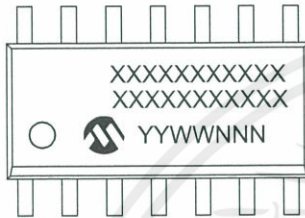
14-Lead PDIP (300 mil)



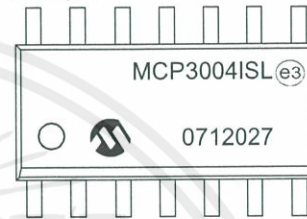
Example:



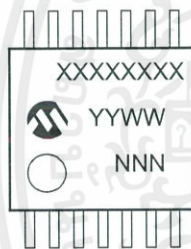
14-Lead SOIC (150 mil)



Example:



14-Lead TSSOP (4.4mm) *



Example:



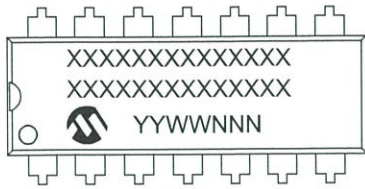
Legend:	XX...X	Customer-specific information
	Y	Year code (last digit of calendar year)
	YY	Year code (last 2 digits of calendar year)
	WW	Week code (week of January 1 is week '01')
	NNN	Alphanumeric traceability code
	e3	Pb-free JEDEC designator for Matte Tin (Sn)
	*	This package is Pb-free. The Pb-free JEDEC designator (e3) can be found on the outer packaging for this package.

Note: In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line, thus limiting the number of available characters for customer-specific information.

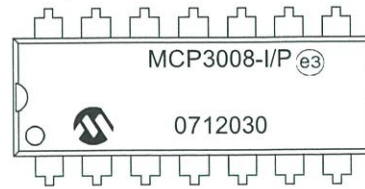
MCP3004/3008

Package Marking Information (Continued)

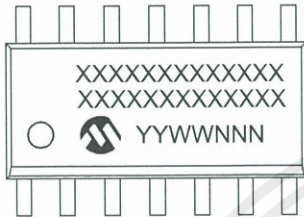
16-Lead PDIP (300 mil) (MCP3308)



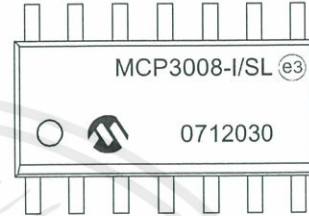
Example:



16-Lead SOIC (150 mil) (MCP3308)

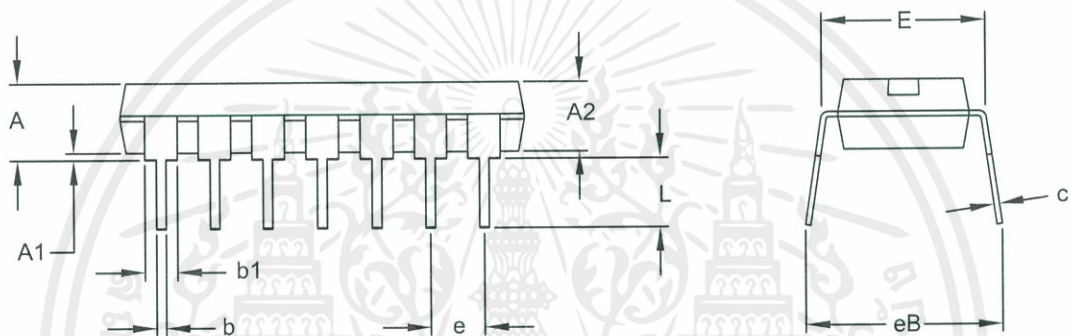
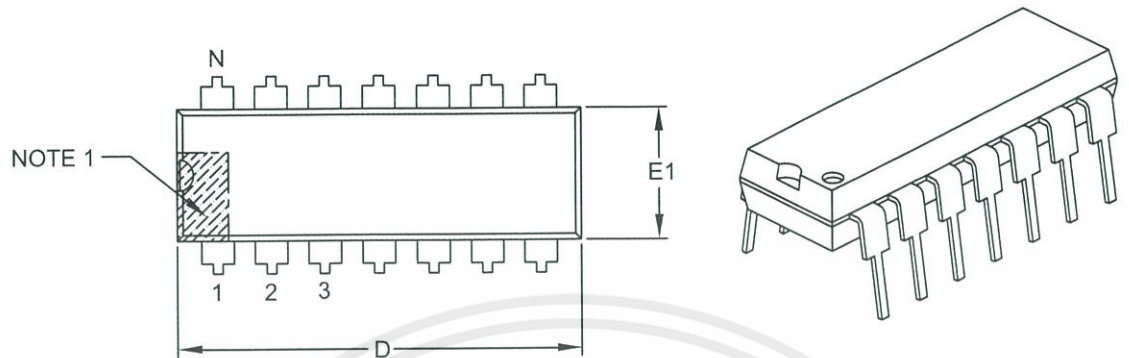


Example:



14-Lead Plastic Dual In-Line (P) – 300 mil Body [PDIP]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	INCHES		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	14		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	–	–	.210
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.195
Base to Seating Plane	A1	.015	–	–
Shoulder to Shoulder Width	E	.290	.310	.325
Molded Package Width	E1	.240	.250	.280
Overall Length	D	.735	.750	.775
Tip to Seating Plane	L	.115	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.045	.060	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing §	eB	–	–	.430

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located with the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

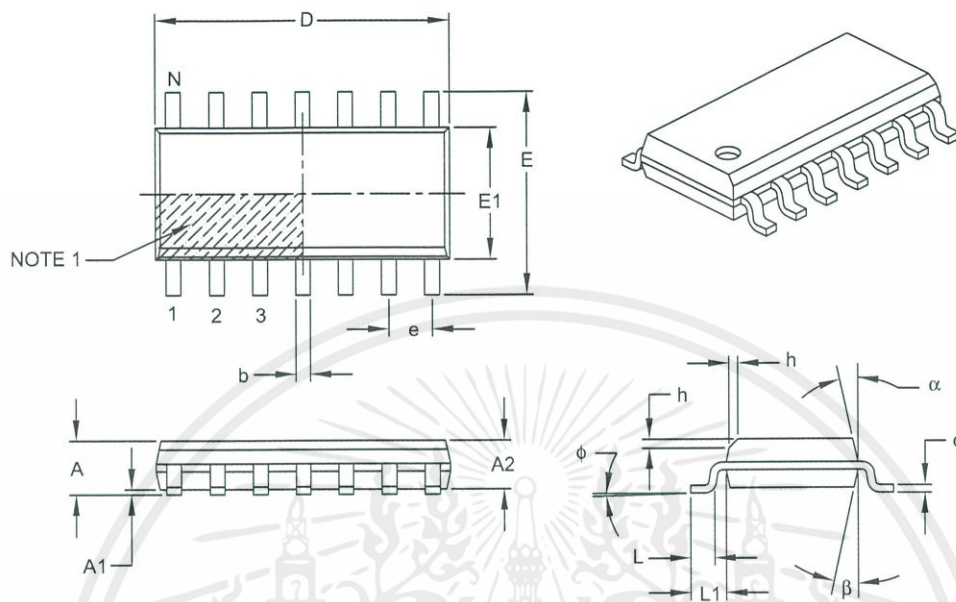
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-005B

MCP3004/3008

14-Lead Plastic Small Outline (SL) – Narrow, 3.90 mm Body [SOIC]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	14		
Pitch	e	1.27 BSC		
Overall Height	A	–	–	1.75
Molded Package Thickness	A2	1.25	–	–
Standoff §	A1	0.10	–	0.25
Overall Width	E	6.00 BSC		
Molded Package Width	E1	3.90 BSC		
Overall Length	D	8.65 BSC		
Chamfer (optional)	h	0.25	–	0.50
Foot Length	L	0.40	–	1.27
Footprint	L1	1.04 REF		
Foot Angle	ϕ	0°	–	8°
Lead Thickness	c	0.17	–	0.25
Lead Width	b	0.31	–	0.51
Mold Draft Angle Top	α	5°	–	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	–	15°

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

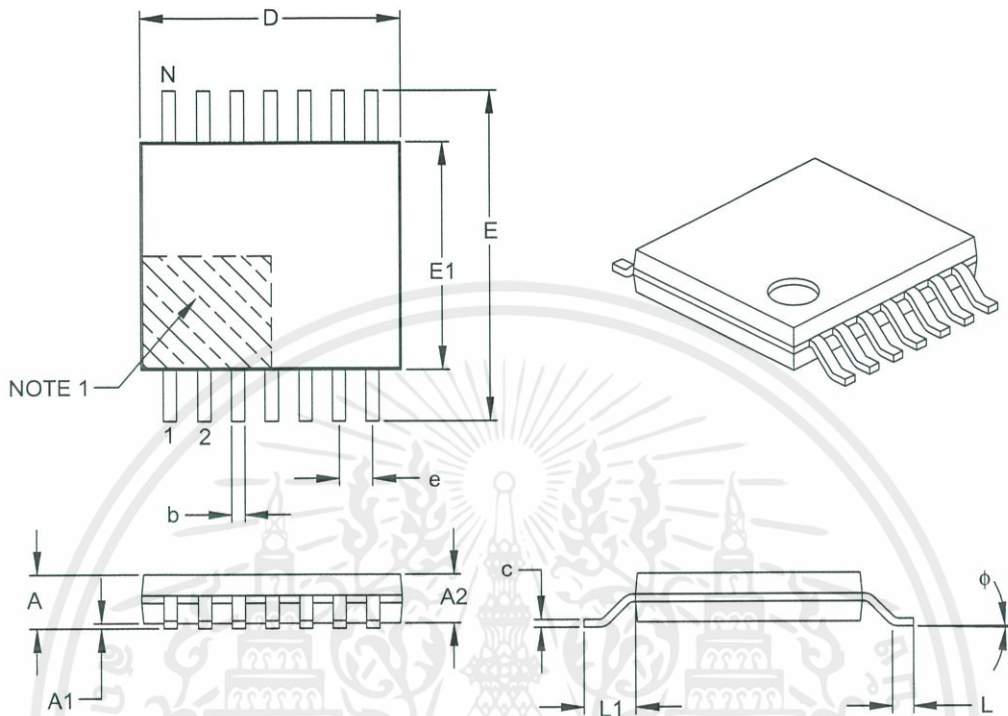
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-065B

14-Lead Plastic Thin Shrink Small Outline (ST) – 4.4 mm Body [TSSOP]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	14		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	–	–	1.20
Molded Package Thickness	A2	0.80	1.00	1.05
Standoff	A1	0.05	–	0.15
Overall Width	E	6.40 BSC		
Molded Package Width	E1	4.30	4.40	4.50
Molded Package Length	D	4.90	5.00	5.10
Foot Length	L	0.45	0.60	0.75
Footprint	L1	1.00 REF		
Foot Angle	ϕ	0°	–	8°
Lead Thickness	c	0.09	–	0.20
Lead Width	b	0.19	–	0.30

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

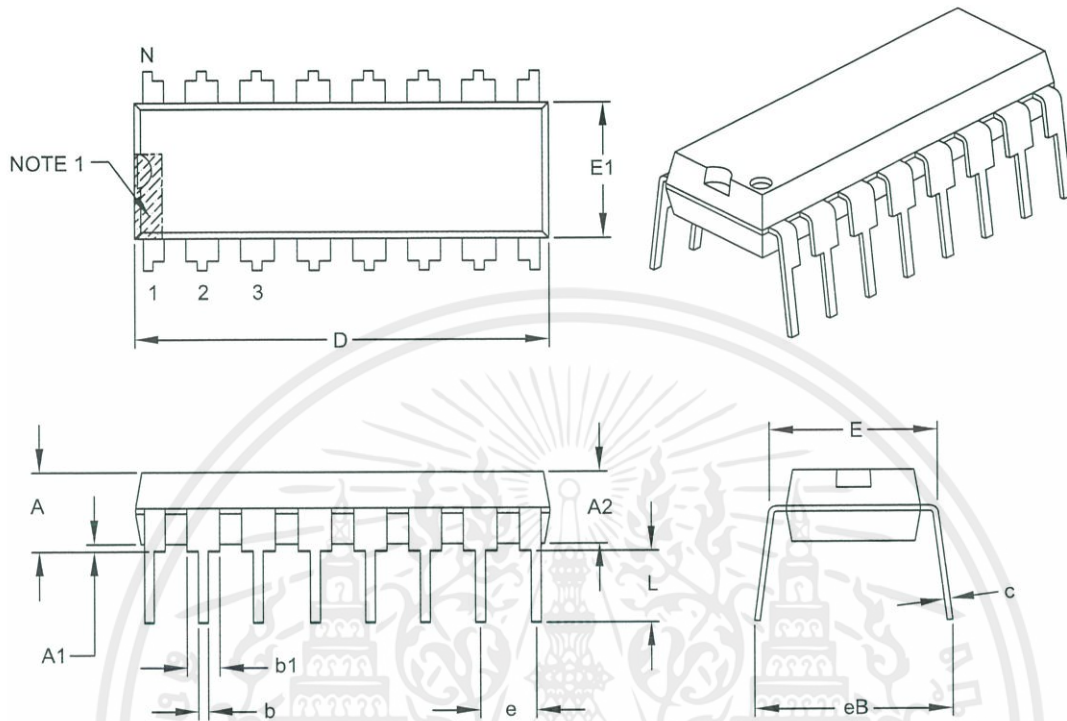
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-087B

MCP3004/3008

16-Lead Plastic Dual In-Line (P) – 300 mil Body [PDIP]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	INCHES		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	16		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	–	–	.210
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.195
Base to Seating Plane	A1	.015	–	–
Shoulder to Shoulder Width	E	.290	.310	.325
Molded Package Width	E1	.240	.250	.280
Overall Length	D	.735	.755	.775
Tip to Seating Plane	L	.115	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.045	.060	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing §	eB	–	–	.430

Notes:

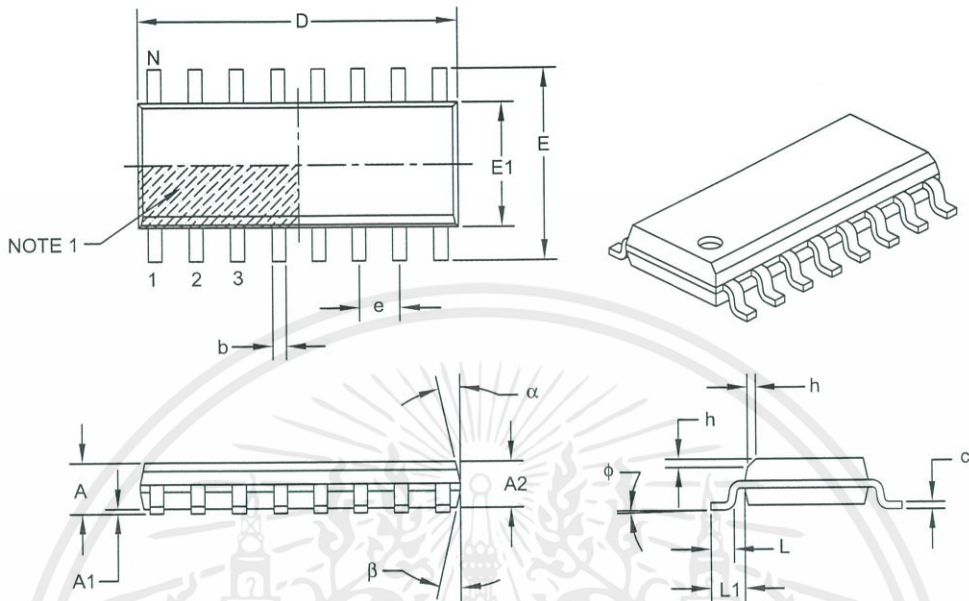
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-017B

16-Lead Plastic Small Outline (SL) – Narrow, 3.90 mm Body [SOIC]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		16	
Pitch	e		1.27 BSC	
Overall Height	A	–	–	1.75
Molded Package Thickness	A2	1.25	–	–
Standoff §	A1	0.10	–	0.25
Overall Width	E		6.00 BSC	
Molded Package Width	E1		3.90 BSC	
Overall Length	D		9.90 BSC	
Chamfer (optional)	h	0.25	–	0.50
Foot Length	L	0.40	–	1.27
Footprint	L1		1.04 REF	
Foot Angle	φ	0°	–	8°
Lead Thickness	c	0.17	–	0.25
Lead Width	b	0.31	–	0.51
Mold Draft Angle Top	α	5°	–	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	–	15°

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-108B

NOTES:



APPENDIX A: REVISION HISTORY

Revision C (January 2007)

This revision includes updates to the packaging diagrams.



NOTES:



PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

<u>PART NO.</u>	<u>X</u>	<u>/XX</u>
Device	Temperature Range	Package
Device:	MCP3004: 4-Channel 10-Bit Serial A/D Converter MCP3004T: 4-Channel 10-Bit Serial A/D Converter (Tape and Reel) MCP3008: 8-Channel 10-Bit Serial A/D Converter MCP3008T: 8-Channel 10-Bit Serial A/D Converter (Tape and Reel)	
Temperature Range:	I = -40°C to +85°C	
Package:	P = Plastic DIP (300 mil Body), 14-lead, 16-lead SL = Plastic SOIC (150 mil Body), 14-lead, 16-lead ST = Plastic TSSOP (4.4mm), 14-lead	

Examples:

- a) MCP3004-I/P: Industrial Temperature, PDIP package.
- b) MCP3004-I/SL: Industrial Temperature, SOIC package.
- c) MCP3004-I/ST: Industrial Temperature, TSSOP package.
- d) MCP3004T-I/ST: Industrial Temperature, TSSOP package, Tape and Reel.

- a) MCP3008-I/P: Industrial Temperature, PDIP package.
- b) MCP3008-I/SL: Industrial Temperature, SOIC package.



NOTES:



Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip devices in life support and/or safety applications is entirely at the buyer's risk, and the buyer agrees to defend, indemnify and hold harmless Microchip from any and all damages, claims, suits, or expenses resulting from such use. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELoq, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

AmpLab, FilterLab, Migratable Memory, MXDEV, MXLAB, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Linear Active Thermistor, Mindi, MiWi, MPASM, MPLIB, MPLINK, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, REAL ICE, rLAB, rfPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel, Total Endurance, UNI/O, WiperLock and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2007, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==**

Microchip received ISO/TS-16949:2002 certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona, Gresham, Oregon and Mountain View, California. The Company's quality system processes and procedures are for its PIC[®] MCUs and dsPIC DSCs, KEELoq[®] code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.



MICROCHIP

WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
Technical Support:
<http://support.microchip.com>
Web Address:

www.microchip.com

Atlanta

Duluth, GA
Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

Boston

Westborough, MA
Tel: 774-760-0087
Fax: 774-760-0088

Chicago

Itasca, IL
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

Dallas

Addison, TX
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

Detroit

Farmington Hills, MI
Tel: 248-538-2250
Fax: 248-538-2260

Kokomo

Kokomo, IN
Tel: 765-864-8360
Fax: 765-864-8387

Los Angeles

Mission Viejo, CA
Tel: 949-462-9523
Fax: 949-462-9608

Santa Clara

Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

Toronto

Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 905-673-0699
Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Asia Pacific Office

Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

Australia - Sydney

Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing

Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

China - Chengdu

Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

China - Fuzhou

Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

China - Hong Kong SAR

Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

China - Qingdao

Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

China - Shanghai

Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

China - Shenyang

Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

China - Shenzhen

Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

China - Shunde

Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

China - Wuhan

Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

China - Xian

Tel: 86-29-8833-7250
Fax: 86-29-8833-7256

ASIA/PACIFIC

India - Bangalore

Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

India - Pune

Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

Japan - Yokohama

Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

Korea - Gumi

Tel: 82-54-473-4301
Fax: 82-54-473-4302

Korea - Seoul

Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 or
82-2-558-5934

Malaysia - Penang

Tel: 60-4-646-8870
Fax: 60-4-646-5086

Philippines - Manila

Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

Singapore

Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

Taiwan - Hsin Chu

Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

Taiwan - Kaohsiung

Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

Taiwan - Taipei

Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

Thailand - Bangkok

Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

EUROPE

Austria - Wels

Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

Denmark - Copenhagen

Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

France - Paris

Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

Netherlands - Drunen

Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

12/08/06