

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจจับคนล้ม

HUMAN FALLING DETECTOR



T117460

วายุ วรเลิศ

สุทิน พายอย

อิทธิพงษ์ วสุจรัสโรจน์

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 117460

วัน,เดือน,ปี - 5 ค.ศ. 2554



ปฏิญญาพันธนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

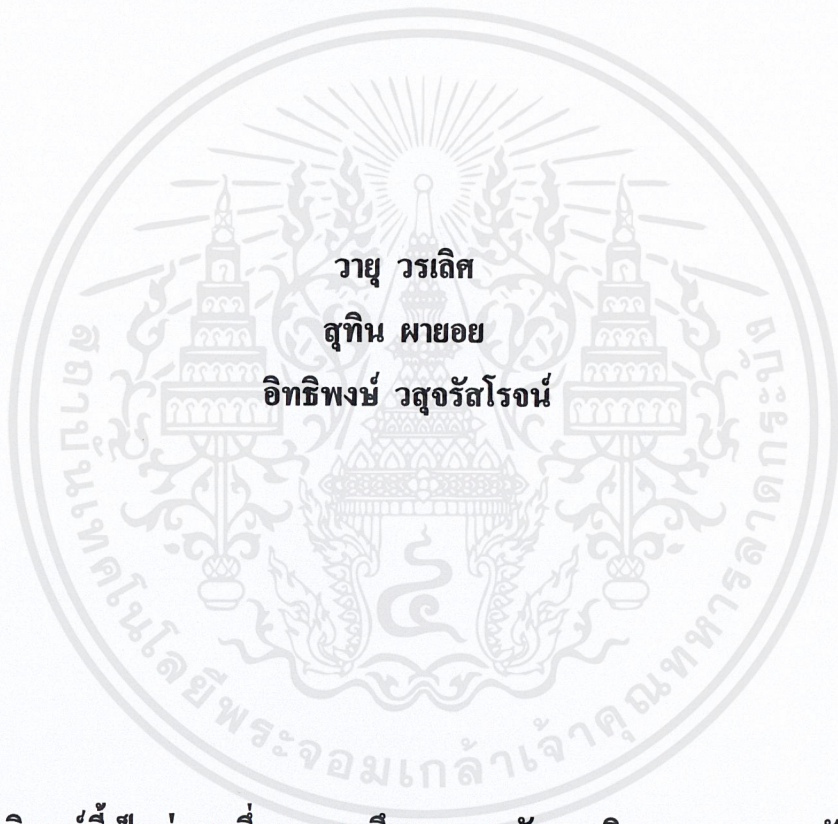
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจจับคนล้ม
HUMAN FALLING DETECTOR



วายุ วรเลิศ
สุทิน ผายอย
อิทธิพงษ์ วสุจรัสโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาบัตร เครื่องตรวจจับคนล้ม
HUMAN FALLING DETECTOR

จัดทำโดย

นาย วายุ	วรเลิศ	เลขประจำตัว	50011449
นาย สุทิน	ผายอย	เลขประจำตัว	50011717
นาย อธิพงษ์	วสุจรัสโรจน์	เลขประจำตัว	50011952

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาททอง



ปริญญาบัตรฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....*Mr. S.*.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาททอง)
วันที่...*๒*.../*3*.../*๕๕*...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจจับคนล้ม

นาย วายุ วรเลิศ	50011449
นาย สุทิน ผายอ	50011717
นาย อธิพงษ์ วสุรัสโรจน์	50011952

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เทอดศักดิ์ ลีมหาทอง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องตรวจจับคนล้ม โดยอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ประกอบด้วย ส่วนการวัดค่าความเร่ง ส่วนวิเคราะห์และตัดสินใจ และส่วนการส่งข้อมูลเพื่อสังเกตค่าและการส่งสัญญาณความช่วยเหลือ ซึ่งมีระบบการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ คือ ส่วนการวัดค่าความเร่งจะทำการส่งค่าที่วัดได้ให้กับส่วนวิเคราะห์และตัดสินใจ ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุการล้มล้มขึ้น อุปกรณ์ดังกล่าวจะส่งสัญญาณความช่วยเหลือขึ้น เพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้อุปกรณ์ดังกล่าวยังสามารถทำการเชื่อมต่อผ่านทางบลูทูธกับคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแต่ละอริยาบทต่างๆแบบ Real time ด้วยโปรแกรมเฉพาะที่ใช้ในการสังเกตค่า ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อแพทย์ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป

HUMAN FALLING DETECTOR

Wayoo Woralert 50011449

Sutin Phayoy 50011717

Itthipong Wasujarathroj 50011952

Advisor Dr. Thursak Leauhatong

ABSTRACT

The purposes of this thesis is studying and designing human falling detector. This equipment consists of acceleration detector, analyzer and decider and sending data for monitor and SOS signal. When the falling accident is occurred, this equipment will send SOS signals for rescue. Moreover it can connect to computer via Bluetooth for monitoring real time acceleration value in each different behavior, which is useful for doctor to diagnose the patient's behavior.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ถิ่นหาทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำ
ปริญญาโทครั้งนี้ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ซึ่งผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน
และขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ
ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในปริญญาโทครั้งนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มี
พระคุณทุกท่าน

วายุ วรเลิศ

สุทิน ผายอย

อิทธิพงษ์ วสุจรัสโรจน์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม.....	2
2.1 เซนเซอร์วัดความเร็ว.....	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	6
2.3 เทคโนโลยีบลูทูธ.....	8
บทที่ 3 วิธีการเลือกอุปกรณ์และการคำนวณ.....	10
3.1 การเลือกอุปกรณ์.....	10
3.2 การคำนวณ.....	12
บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ.....	14
4.1 วิธีการทดสอบ.....	14
4.2 ผลการทดสอบ.....	16
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ.....	24
ภาคผนวก.....	26
เอกสารอ้างอิง.....	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงค่าความเร่งที่บันทึกได้ในการสั่นล้มในแต่ละครั้ง.....	22
4.2 แสดงการตอบสนองต่อเหตุการณ์การสั่นล้ม.....	23



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม	2
2.2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจจับคนล้ม	3
2.3 แสดงหลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร่ง	4
2.4 แสดงโครงสร้างของ G-Cell	4
2.5 แสดงหลักการทำงานของ G-Cell	5
2.6 แสดงหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.7 แสดงกระบวนการทำงานของ A to D Converter	7
2.8 แสดงการทำงานของบลูทูธ	9
3.1 แสดงวงจรภายในของเครื่องตรวจจับคนล้ม	10
3.2 แสดงลักษณะและขาต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L	11
3.3 แสดงลักษณะและขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA8L-8PU	11
3.4 แสดงลักษณะของโมดูลบลูทูธ MB-C04	12
4.1 แสดงรูปโปรแกรมสังเกตผล	15
4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการเดินแบบปรกติ	16
4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการเดินขึ้นบันได	17
4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการนั่ง	18
4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการนอน	19
4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการลื่นล้มแบบหงายหลัง	20
4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการลื่นล้มแบบหงายหน้า	21

บทที่ 1

บทนำ

การลื่นล้มเป็นอุบัติเหตุที่มักเกิดขึ้นเสมอในผู้สูงอายุ ด้วยเหตุนี้การลื่นล้มจึงส่งผลทำให้ผู้สูงอายุหวาดกลัวและขาดความมั่นใจ อีกทั้งยังทำให้รู้สึกว่ามีอิสระในการเคลื่อนไหวและอาจจะต้องพึ่งพาจากญาติผู้ใกล้ชิดหรือว่าจ้างผู้ดูแลคอยให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา จึงทำให้ไม่สามารถอยู่ตามลำพังได้

ปริญญานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยใช้อุปกรณ์ที่จะแจ้งความผิดปกติจากการลื่นล้มของผู้สูงอายุ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าหากเกิดการลื่นล้ม ญาติหรือผู้ใกล้ชิดจะสามารถให้การช่วยเหลือได้ตลอดเวลา โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการแจ้งเตือนดังกล่าว จะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ขนาดจิ๋วเรียกว่า Accelerometer ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดความเร่ง เพื่อที่จะตรวจจับความเร่งที่เกิดขึ้นเมื่อมีการลื่นล้ม แล้วจึงนำมาประมวลผล วิเคราะห์และควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถ้าหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับผู้ใช้งาน เครื่องมือดังกล่าวนี้จะทำการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือออกมาให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ยิน เพื่อให้ทำการช่วยเหลือ นอกจากนี้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำการเชื่อมต่อผ่านทางบลูทูธกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแต่ละอิริยาบถต่างๆแบบ Real time ด้วยโปรแกรมเฉพาะที่ใช้ในการสังเกตค่า ซึ่งจะป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป

ในปริญญานิพนธ์นี้มีเนื้อหาดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 2 เสนอโครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม และอธิบายหลักการทำงานต่างๆของอุปกรณ์ที่อยู่ภายใน หัวข้อที่ 3 อธิบายวิธีการเลือกอุปกรณ์และการคำนวณ หัวข้อที่ 4 แสดงผลการทดลอง และหัวข้อที่ 5 กล่าวถึงข้อสรุป

บทที่ 2

โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม

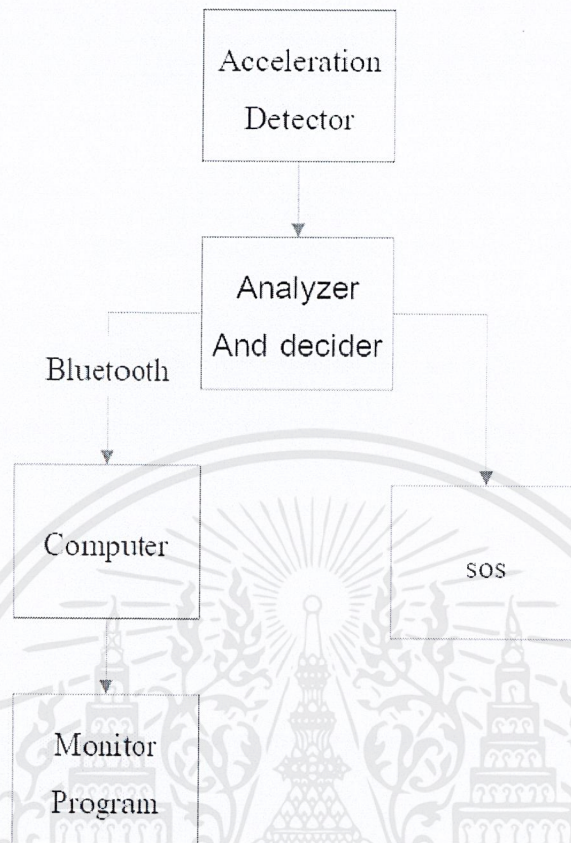
โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ภายในประกอบไปด้วยเซนเซอร์ความเร่ง ที่ใช้ในการตรวจจับความเร่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณและตัดสินใจ โมดูลบลูทูธ ทำหน้าที่เชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูล ไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.1: แสดงโครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม

ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องตรวจจับคนล้ม คือ การนำเอาค่าความเร่งที่ตรวจจับได้จากเซนเซอร์วัดความเร่ง ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวิเคราะห์และตัดสินใจว่าให้เกิดการล้มล้มขึ้นหรือไม่ ซึ่งในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุการล้มล้มขึ้น ก็จะทำการส่งสัญญาณเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังทำการแปลงจากสัญญาณค่าความเร่งที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วจึงส่งข้อมูลผ่านทางบลูทูธ ไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการสังเกตผล เพื่อสังเกตค่าความเร่งที่เปลี่ยนแปลงไปจากอิริยาบถที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป โดยรูปแบบการทำงานของปรินูญานินพณ์นี้ทั้งหมด แสดงได้ดังภาพที่ 2.2

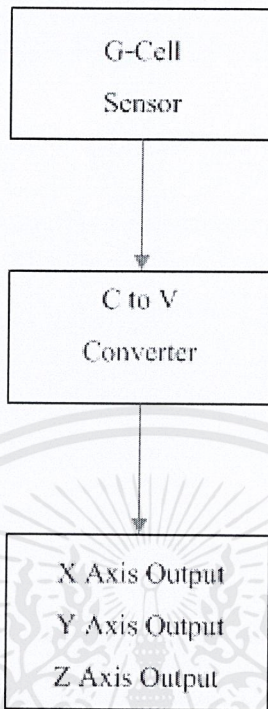
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2: แสดงผังการทำงานของเครื่องตรวจจับคนล้ม

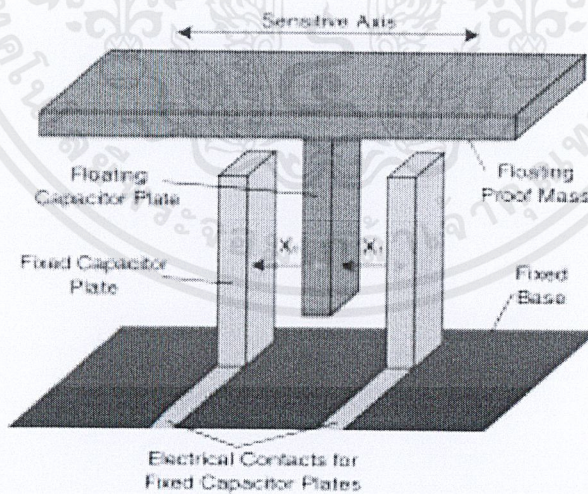
2.1 เซนเซอร์วัดความเร่ง

Accelerometer Sensor คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดความเร่งหรือการสั่นสะเทือนสำหรับการตรวจวัดข้อมูลการเคลื่อนที่ ในระบบควบคุมตัวทำงานแบบเชิงเส้นหรือใช้วัดการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรต่างๆ โดยมีการตอบสนองต่อความเร่งด้วยการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมา ซึ่งแปรผันตามค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้ ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3: แสดงหลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร่ง

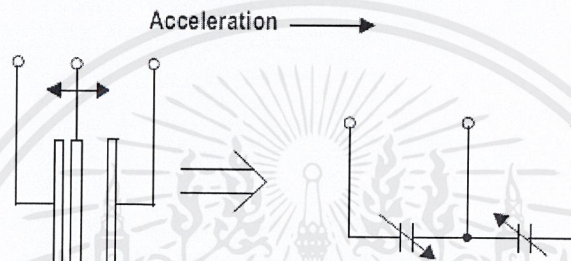
2.1.1 G-Cell



รูปที่ 2.4: แสดงโครงสร้างของ G-Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 เป็น โครงสร้างเชิงกลที่สร้างขึ้นจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Polysilicon) ตามกระบวนการทางเคมีคอนดักเตอร์ โดยสามารถจำลองได้เป็นชุดคานาคิดมวกลางและสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างคานถาวรได้ ในกรณีที่คานาคิดมวกลางเคลื่อนที่ของเข้าหาคานถาวรด้านใดด้านหนึ่ง จะทำให้ระยะห่างระหว่างคานถาวรด้านนั้นกับคานาคิดมวกลางลดลง ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้คานถาวรด้านอื่นๆมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.5: แสดงหลักการทำงานของ G-Cell

จากรูปที่ 2.5 คานถาวรของ G-Cell จะอยู่ในรูปแบบของ Capacitors back-to-back ซึ่งระยะห่างของคานถาวรกับคานาคิดมวกลางที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้ค่าการเก็บประจุเปลี่ยนแปลงตามสมการที่ (2.1)

$$C = \frac{\epsilon A}{D} \quad (2.1)$$

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็น (m^2)
- ϵ คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มีหน่วยเป็น (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็น (μm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 C to V Converter

จะทำการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจาก G-Cell เป็นค่าแรงดัน ตามสมการที่ (2.2)

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.2)$$

โดยที่

- C คือ ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น (F)
- Q คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีหน่วยเป็น (C)

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่วิเคราะห์และตัดสินใจว่าเกิดเหตุการณ์การล้นล้นขึ้นหรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6: แสดงหลักการวิเคราะห์และตัดสินใจของไมโครคอนโทรลเลอร์

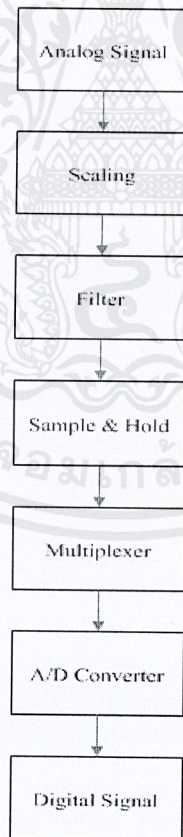
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเอาต์พุตจากเซ็นเซอร์วัดความเร่ง เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เมื่อสัญญาณได้ถูกแปลงจะเป็นเลขฐานสองจำนวน 10 บิต โดยมีช่วงของการแปลงสัญญาณตั้งแต่ 0 ถึง 1023 ซึ่งจะมีค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC Voltage Resolution : R_{ADV}) ตามสมการที่ (2.3)

$$R_{ADV} = \frac{V_{DD} - V_{SS}}{2^N - 1} \quad (2.3)$$

โดยที่

- V_{DD} คือ ไฟเลี้ยงสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์
 V_{SS} คือ ไฟเลี้ยงสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์
 N คือ จำนวนบิตที่ได้จากการแปลงสัญญาณ



รูปที่ 2.7: แสดงกระบวนการทำงานของ A to D Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทคโนโลยีบลูทูธ

คือ เทคโนโลยีไร้สายเป็นระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิลหรือสายสัญญาณเชื่อมต่อและไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนและในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ Headset บนโทรศัพท์มือถือด้วย

บลูทูธเป็นระบบสำหรับการเชื่อมโยงสื่อสารไร้สายระหว่างอุปกรณ์แบบ Portable ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระยะบริเวณใกล้เคียงกัน ไม่ห่างไกลกันมากนัก ซึ่งความสามารถในการส่งข้อมูลของบลูทูธนั้น ขึ้นกับแต่ละ class ที่ใช้ ซึ่งมี 3 class ดังนี้

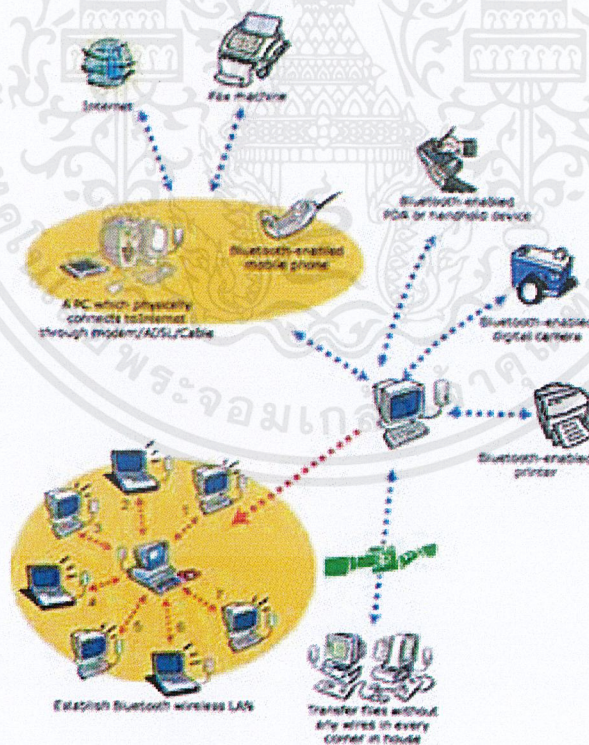
- Class 1 กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 100 เมตร
- Class 2 กำลังส่ง 2.5 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 10 เมตร
- Class 3 กำลังส่ง 1 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 1 เมตร

นอกจากนี้ในส่วนของ Air interface ถูกพัฒนาอย่างเหมาะสมเพื่อสามารถต้านทานต่อสัญญาณแทรกแซงรบกวนที่เกิดขึ้นในแถบความถี่ 2.45 GHz ได้ ระบบนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลายผู้ผลิตชั้นนำทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์ PC และ อุปกรณ์โทรคมนาคมต่าง ๆ

2.3.1 หลักการทำงานของบลูทูธ

บลูทูธจะใช้สัญญาณวิทยุความถี่ในช่วง 2.4 ถึง 2.4835 GHz. โดยแบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก

เนื่องจากการขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่ต้องอยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เคลื่อนย้ายได้สามารถติดต่อเชื่อมโยงสื่อสารแบบไร้สายระหว่างกันในช่วงระยะห่างสั้น ๆ ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุดถึง 7 เครื่องพร้อมกัน เทคโนโลยีการเชื่อมโยงหรือการสื่อสารแบบใหม่ที่ถูกคิดค้นขึ้น เป็นเทคโนโลยีของอินเทอร์เน็ตเฟสทางคลื่นวิทยุ โดยที่ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของ การใช้สายเคเบิลในการเชื่อมโยง โดยมี ความเร็วในการเชื่อมโยงสูงสุดที่ 1 Mbps ระยะเวลาครอบคลุม 10 เมตร ในระหว่างที่มีการเปลี่ยนช่องความถี่ที่ไม่แน่นอนทำให้สามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เข้ามาแทรกแซงได้ ซึ่งอุปกรณ์ที่จะได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีบลูทูธ ต้องผ่านการทดสอบจาก Bluetooth SIG (Special Interest Group) ก่อนเพื่อยืนยันว่า มันสามารถที่จะทำงานร่วมกับอุปกรณ์บลูทูธตัวอื่นๆ และอินเทอร์เน็ตได้

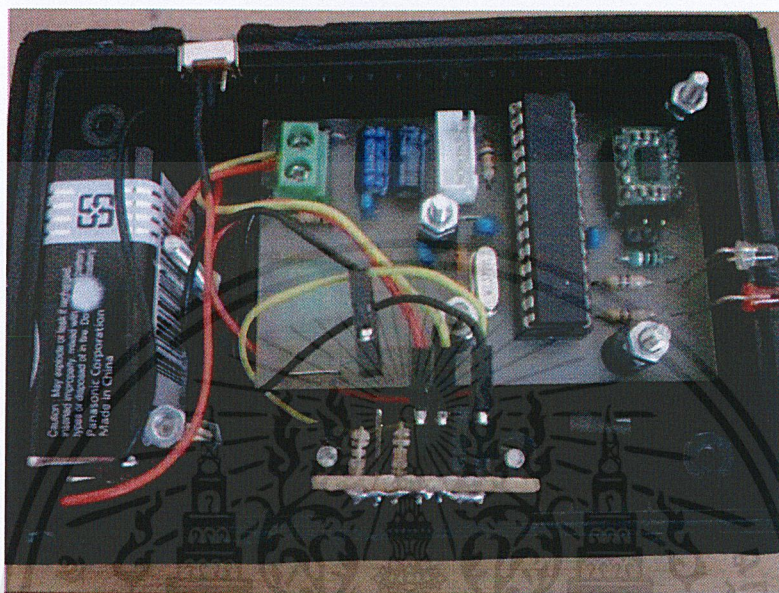


รูปที่ 2.8: แสดงการทำงานของบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการเลือกอุปกรณ์และการคำนวณ



รูปที่ 3.1: แสดงวงจรภายในของเครื่องตรวจจับคนล้ม

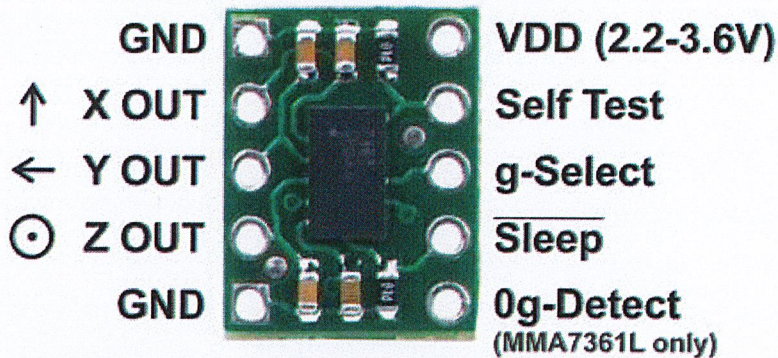
3.1 การเลือกอุปกรณ์

3.1.1 เซนเซอร์วัดความเร่ง

เซนเซอร์วัดความเร่งที่ใช้วัดค่าในปริภูมิ 3 มิติ คือเบอร์ MMA7361L โดยมีรายละเอียดของเซนเซอร์ ดังต่อไปนี้

1. Low Current Consumption: $400 \mu\text{A}$
2. Sleep Mode: $3 \mu\text{A}$
3. Low Voltage Operation: $2.2 \text{ V} - 3.6 \text{ V}$
4. High Sensitivity ($800 \text{ mV/g @ } 1.5\text{g}$,)
5. Selectable Sensitivity ($\pm 1.5\text{g}, \pm 6\text{g}$)
6. Fast Turn On Time ($0.5 \text{ ms Enable Response Time}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2: แสดงลักษณะและขาต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L

3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลภายในปริภูมิงานนี้คือ ATMEGA8L-8PU โดยมีรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังต่อไปนี้

1. Flash ขนาด 8 KB
2. RAM ขนาด 1KB
3. 10-Bit A/D Converter
4. Interface ชนิด USART (SPI or UART)

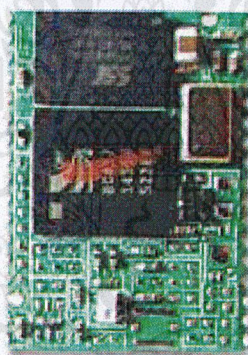
(RESET) PC6	□ 1	28	□ PC5 (ADC5/SCL)
(RXD) PD0	□ 2	27	□ PC4 (ADC4/SDA)
(TXD) PD1	□ 3	26	□ PC3 (ADC3)
(INT0) PD2	□ 4	25	□ PC2 (ADC2)
(INT1) PD3	□ 5	24	□ PC1 (ADC1)
(XCK/T0) PD4	□ 6	23	□ PC0 (ADC0)
VCC	□ 7	22	□ GND
GND	□ 8	21	□ AREF
(XTAL1/TOSC1) PB6	□ 9	20	□ AVCC
(XTAL2/TOSC2) PB7	□ 10	19	□ PB5 (SCK)
(T1) PD5	□ 11	18	□ PB4 (MISO)
(AIN0) PD6	□ 12	17	□ PB3 (MOS/OC2)
(AIN1) PD7	□ 13	16	□ PB2 (SS/OC1B)
(ICP1) PB0	□ 14	15	□ PB1 (OC1A)

รูปที่ 3.3: แสดงแสดงลักษณะและขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA8L-8PU

3.1.3 โมดูลบลูทูธ

โมดูลบลูทูธที่ใช้ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายในปริญญาานิพนธ์นี้ คือ BM-C04 โดยมีรายละเอียดของโมดูลบลูทูธ ดังต่อไปนี้

1. Standard Bluetooth 2.0
2. Supply Voltage: 3.0-3.6 V
3. Power Consumption
 - Transmit 40 mA
 - Receive 30 mA
 - Standby 1 mA
4. Frequency Band 2.4 GHz
5. Sensitivity: 80 dBm
6. RF Power: 0-4 dBm



รูปที่ 3.4: แสดงลักษณะของ โมดูลบลูทูธ BM-C04

3.2 การคำนวณ

เซนเซอร์วัดความเร่งได้เลือกใช้เบอร์ MMA7361L ซึ่งสามารถเลือกวัดค่าความเร่งได้ทั้งที่ $\pm 1.5g$ หรือ $\pm 6g$ โดยในปริญญาานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ค่าความเร่งที่ $\pm 6g$ ซึ่งมีค่าความไว (Sensitivity: S) เท่ากับ 206 mV/g และมีระดับแรงดันที่ 0 g (zero g Voltage level: V_{ZG}) ตามสมการที่ (3.1)

$$V_{ZG} = \frac{V_{DD}}{2} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในปริภูมิอนุพันธ์นี้ได้ทำการป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ให้กับวงจรตรวจจับ จึงสามารถ
คำนวณหาค่าระดับแรงดันที่ 0 g (V_{ZG}) ได้เท่ากับ

$$V_{ZG} = \frac{V_{DD}}{2} = \frac{3.6}{2} = 1.65V$$

ในการหาค่าความเร่ง (g) สามารถหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$g = \left[\frac{(B \times R_{ADV}) - V_{ZG}}{S} \right] \quad (3.2)$$

โดยที่

R_{ADV} คือ ค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

V_{ZG} คือ ค่าระดับแรงดันที่ 0 g

B คือ ค่าเอาต์พุตของเซนเซอร์ที่ผ่านการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

S คือ ค่าความไวของเซนเซอร์วัดความเร่ง

โดยที่ค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (R_{ADV}) สามารถ
คำนวณหาได้จากสมการที่ (2.3) ดังนี้

$$R_{ADV} = \frac{V_{DD} - V_{SS}}{2^N - 1} = \frac{3.3 - 0}{2^{10} - 1} = \frac{3.3}{1023}$$

$$\therefore R_{ADV} = 0.0032$$

บทที่ 4

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วิธีการทดสอบ

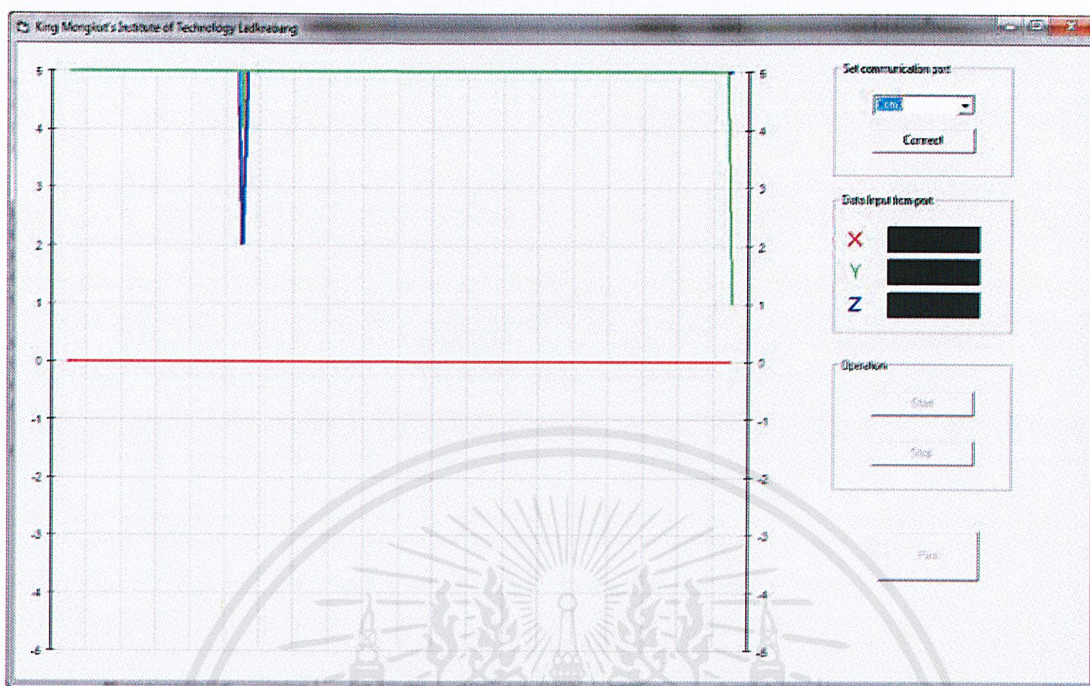
การทดลองของปริญญานิพนธ์เครื่องตรวจจับคนล้มนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ตอน ดังนี้

4.1.1 การทดลองเพื่อสังเกตค่าความเร่งที่อิริยาบถต่างๆ

ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่ได้จากการแสดงอิริยาบถ ท่าทางที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำการทดลอง 6 อิริยาบถ ดังนี้

- 1) การเดินแบบปรกติ
- 2) การเดินขึ้นบันได
- 3) การนั่ง
- 4) การนอน
- 5) การถื่นล้มแบบหงายหลัง
- 6) การถื่นล้มแบบหงายหน้า

โดยจะทำการติดตั้งวงจรวัดความเร่งไว้ที่บริเวณเอว ซึ่งแกน Y จะอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดิน ส่วนแกน X และแกน Z จะอยู่ในตำแหน่งขนานกับพื้นดิน จากนั้นจึงทำการบันทึกค่าความเร่งของเซนเซอร์ที่ได้จากทั้ง 3 แกน หลังจากนั้นจะนำค่าความเร่งที่วัดได้จากแต่ละแกนในอิริยาบถต่างๆ ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลา เพื่อทำการวิเคราะห์และสังเกตลักษณะของกราฟที่ได้จากการแสดงอิริยาบถที่แตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรมสังเกตผล ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1: แสดงรูปโปรแกรมสังเกตผล

4.1.2 การทดลองเพื่อหาค่าความเร่งที่จะใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการลื่นล้ม

โดยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ที่บริเวณเอวแล้วจึงทำการลื่นล้มหลายๆครั้ง หลายๆแบบ แล้วจึงบันทึกค่าความเร่งสูงสุดที่ได้ในแต่ละครั้ง จากนั้นจึงพิจารณาหาค่าความเร่งในการลื่นล้มต่ำสุด เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการกำหนดว่า ได้เกิดเหตุการณ์การลื่นล้มขึ้นต่อไป

4.1.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์

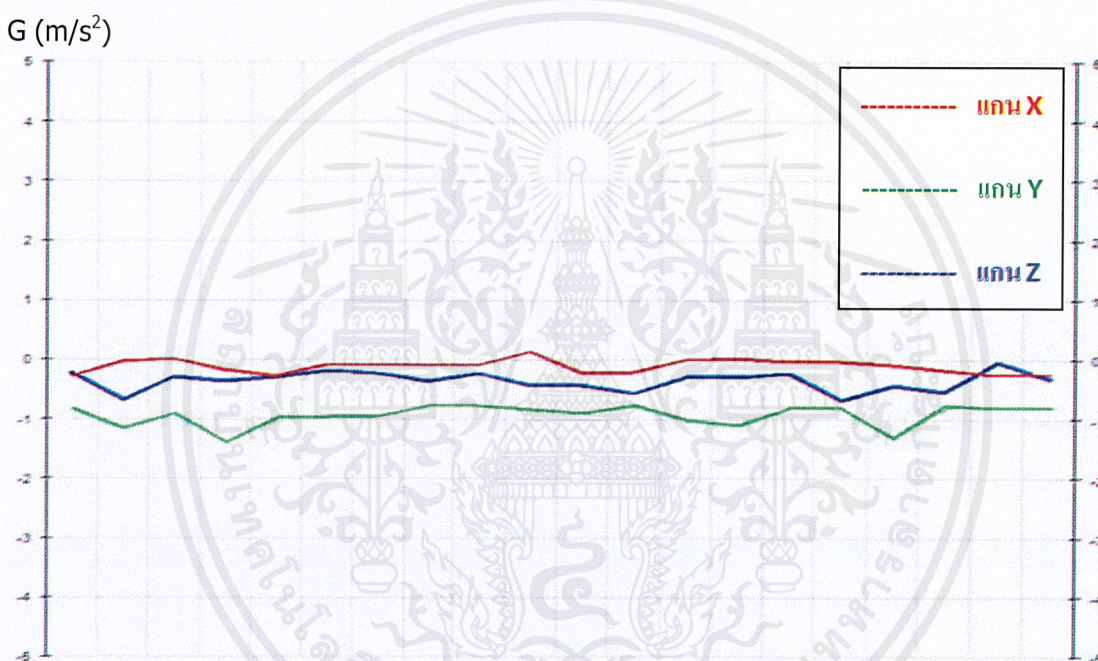
โดยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ที่บริเวณเอวแล้วจึงทำการลื่นล้มหลายๆครั้ง เพื่อสังเกตว่า เมื่อเกิดเหตุการณ์การลื่นล้มขึ้น อุปกรณ์มีการตอบสนองต่อเหตุการณ์ ด้วยการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือได้ถูกต้อง ตามจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 การทดลองเพื่อสังเกตค่าความเร่งที่อิริยาบถต่างๆ

จากการบันทึกค่าความเร่งของเซนเซอร์ทั้งแกน X, แกน Y และแกน Z ที่เกิดจากการแสดงอิริยาบถต่างๆ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

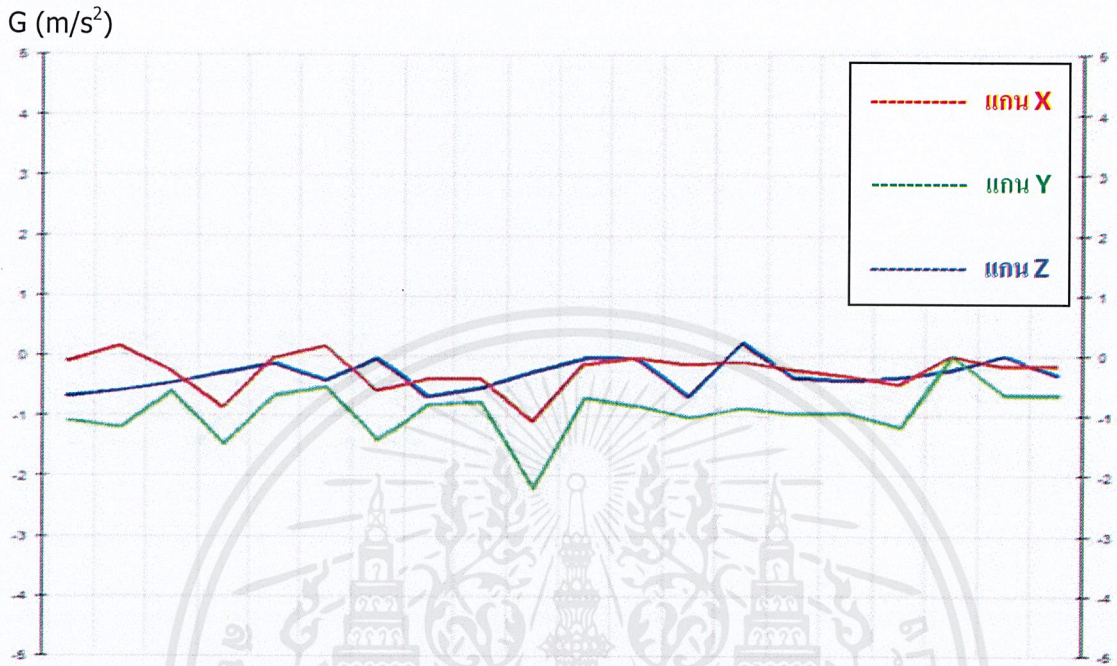
4.2.1.1 การเดินแบบปรกติ



รูปที่ 4.2: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการเดินแบบปรกติ

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า แกน Y ซึ่งอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดิน จะมีความเร่งประมาณ 1 g เนื่องจากการเดินแบบปรกตินั้นเป็นการเดินบนพื้นราบ จึงทำให้ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน เปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นไม่มากนัก โดยสามารถสังเกตได้จากแกน Y

4.2.1.2 การเดินแบบขึ้นบันได

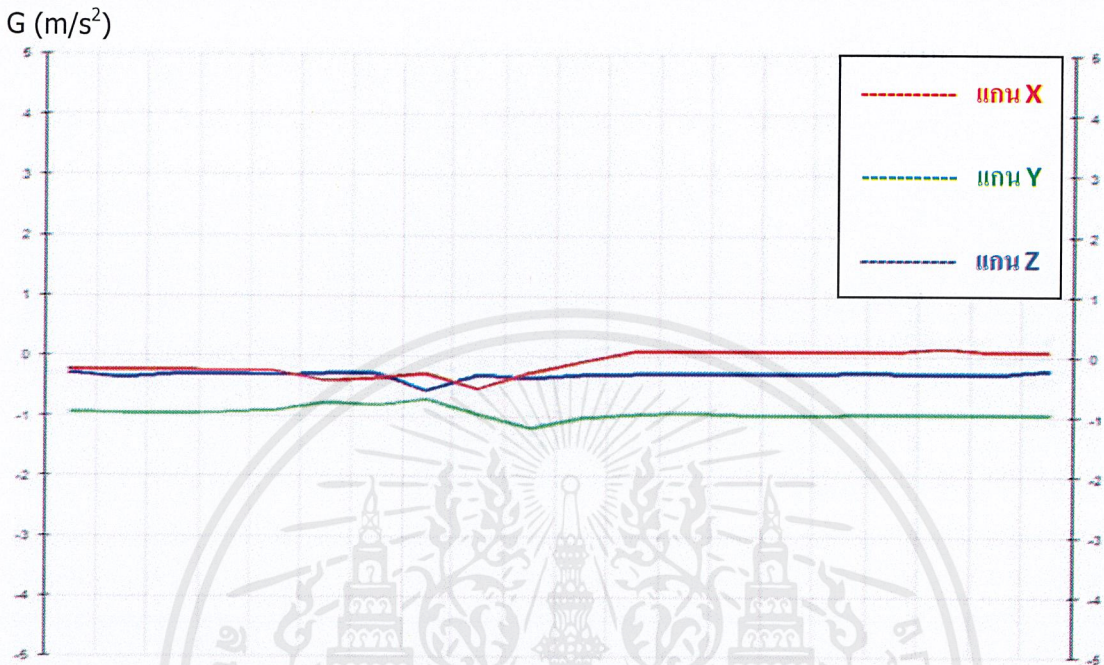


รูปที่ 4.3: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการเดินขึ้นบันได

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า แขน Y ซึ่งอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดิน จะมีความเร่งประมาณ 1 g แต่สังเกตได้ว่าค่าความเร่งทั้ง 3 แกน มีการสั่นไหวมากกว่าการเดินแบบปกติ เนื่องจากการเดินขึ้นบันไดจึงทำให้แกน Y มีการสั่นไหวค่อนข้างมาก

117460

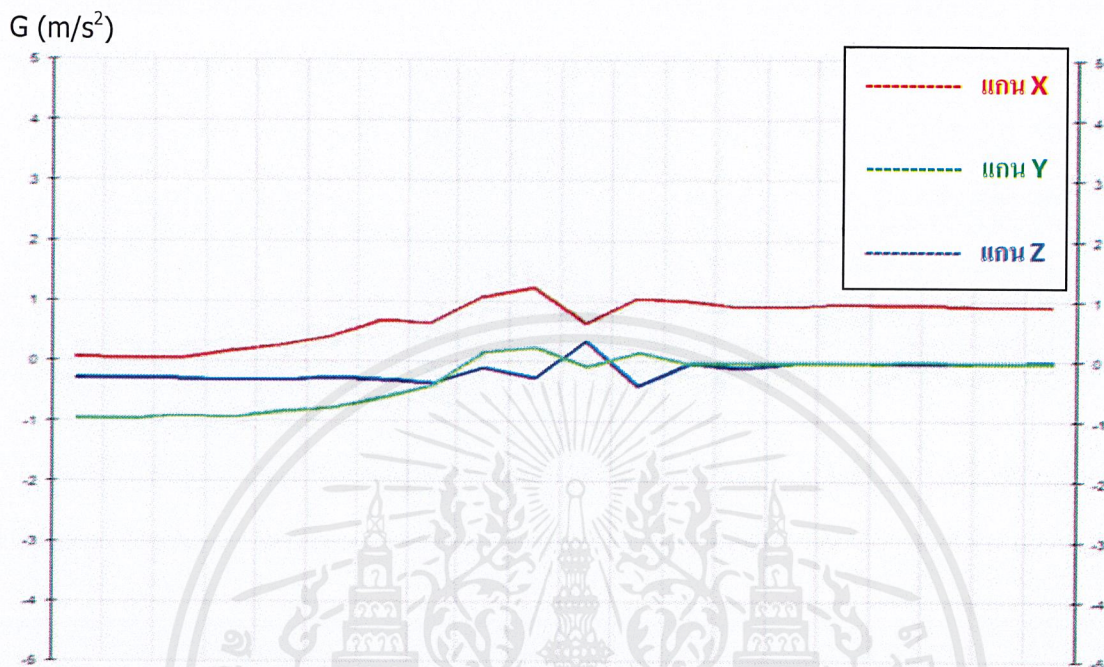
4.2.1.3 การนั่ง



รูปที่ 4.4: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการนั่ง

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า แกน Y ซึ่งอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดิน ยังคงมีค่าความเร่งประมาณ 1 g เช่นเดิม เนื่องจากการนั่ง ลักษณะของกราฟจึงมีการสั่นไหวไม่มากนัก แต่จะสังเกตเห็นว่าระดับค่าความเร่งของแกน X และแกน Z จะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ตามรูปร่างของบุคคลและลักษณะพนักพิงของเก้าอี้

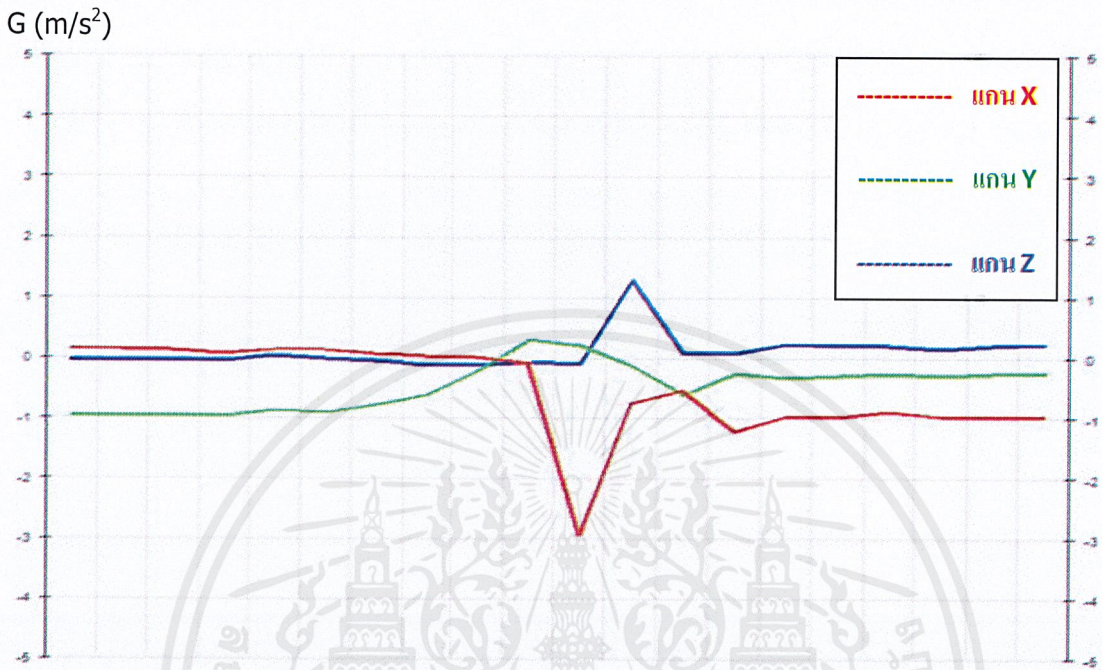
4.2.1.4 การนอน



รูปที่ 4.5: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการนอน

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า กราฟของการนอนจะมีส่วนคล้ายกับการนั่ง ในช่วงเริ่มแรกเนื่องจากได้มีการนั่งก่อน แต่เมื่อสังเกตที่แกน Y ซึ่งเคยอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดิน จะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปขนานกับพื้นแทน จึงส่งผลให้ค่าความเร่งของแกนส่วนแกน Y มีค่าลดลงเข้าใกล้ 0 g ในขณะเดียวกันแกน X ซึ่งอยู่ในตำแหน่งขนานกับพื้น เมื่อมีการเอนตัวลงนอน จะทำให้ตำแหน่งเปลี่ยนไปเป็นอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดินแทน จึงทำให้ค่าความเร่งมีค่าเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ประมาณ 1 g และเนื่องจากการนอนจึงทำให้ลักษณะของกราฟมีการสั้นไหวไม่มากและค่อนข้างนิ่ง

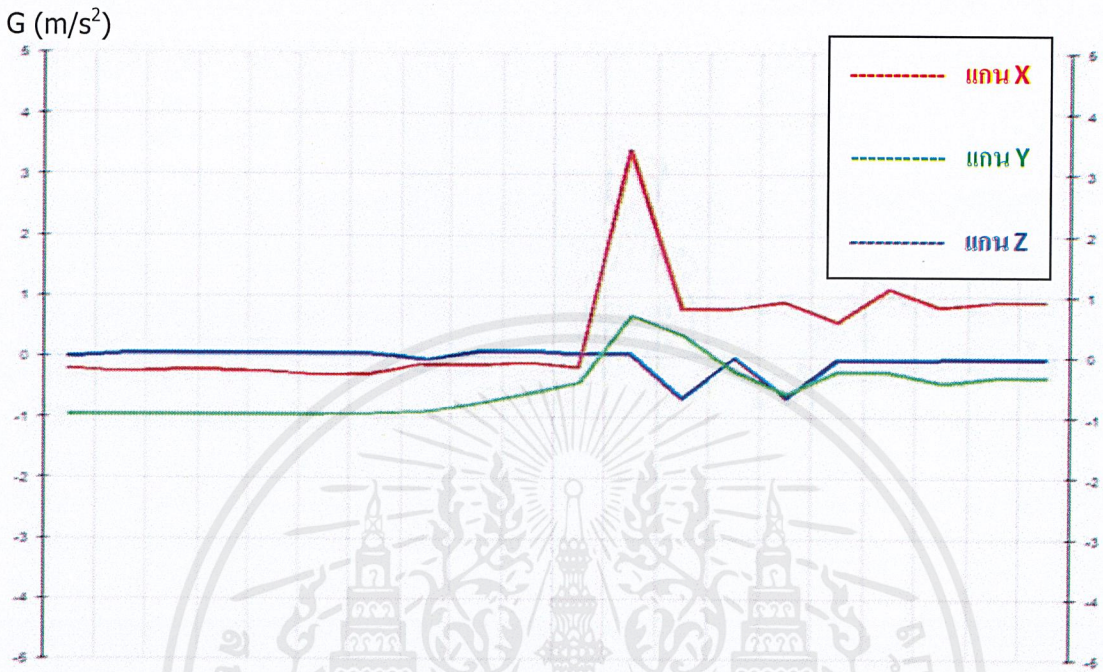
4.2.1.5 การเคลื่อนที่แบบหอยหลัง



รูปที่ 4.6: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบหอยหลัง

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อเกิดการเคลื่อนที่แบบหอยหลังขึ้น ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน จะเกิดการแกว่งจากจุดสูงสุดไปต่ำสุดอย่างรวดเร็ว โดยค่าความเร่งในแกน Y ซึ่งอยู่ในตำแหน่งพุ่งลงพื้นดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ค่าความเร่งของแกน X จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน เนื่องจากแกน X ได้เปลี่ยนตำแหน่งจากขนานกับพื้นมาเป็นตำแหน่งพุ่งลงพื้นดินแทน ซึ่งจะอยู่ที่ค่าประมาณ $1 g$ เมื่อได้เกิดการล้มลงไปแล้ว ในส่วน of ค่าความเร่งของแกน Z จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปไม่มากนัก

4.2.1.6 การลั่นล้มแบบหงายหน้า



รูปที่ 4.7: แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่เกิดจากการลั่นล้มแบบหงายหน้า

จากรูปกราฟดังที่แสดงในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ลักษณะของกราฟจะมีความคล้ายคลึงกันกับการลั่นล้มแบบหงายหลัง ซึ่งเมื่อเกิดการลั่นล้มแบบหงายหน้าขึ้น ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน จะเกิดการแกว่งจากจุดสูงสุดไปต่ำสุดอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน เพียงแต่จะมีทิศทางที่ตรงข้ามกันเท่า โดยค่าความเร่งของแกน Y จะมีค่าลดลงจนเข้าใกล้ 0 g แต่ค่าความเร่งของแกน X จะมีค่าความเร่งเพิ่มขึ้นจนกลับเข้าสู่ระดับปกติที่ประมาณ 1 g ส่วนค่าความเร่งของแกน Z ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก

4.1.2 การทดลองเพื่อหาค่าความเร่งที่จะใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการลื่นล้ม

จากการทดลองลื่นล้มหลายๆครั้ง เพื่อหาค่าความเร่งที่จะใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการลื่นล้ม ในส่วนการวิเคราะห์และตัดสินใจ สามารถบันทึกค่าความเร่งได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: แสดงค่าความเร่งที่บันทึกได้ในการลื่นล้มในแต่ละครั้ง

ครั้งที่	ค่าความเร่ง เมื่อเกิดการลื่นล้ม(m/s ²)	ครั้งที่	ค่าความเร่ง เมื่อเกิดการลื่นล้ม(m/s ²)
1	3.0	11	3.2
2	3.2	12	3.0
3	3.4	13	2.9
4	2.9	14	3.1
5	3.5	15	3.2
6	3.1	16	3.4
7	3.3	17	3.1
8	3.0	18	3.5
9	3.2	19	3.1
10	3.6	20	3.2

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าช่วงความเร่งในการลื่นอยู่ในช่วง 2.9 – 3.6 m/s² ซึ่งค่าความเร่งต่ำสุดที่ได้จากการทดลอง คือ 2.9 m/s² ด้วยเหตุนี้การกำหนดเงื่อนไขในการลื่นล้มจึงควรอยู่ที่ค่าความเร่งดังกล่าว แต่เพื่อความปลอดภัยจึงได้ทำการเผื่อค่าความเร่งไว้ โดยจะกำหนดค่าความเร่งที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ว่าเกิดเหตุการณ์ลื่นล้มหรือไม่ ไว้ที่ค่าความเร่ง เท่ากับ 2.8 m/s²

4.1.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์

จากการทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้ม ซึ่งในกรณีที่เกิดการลื่นล้มจะมีสัญญาณไฟติดและส่งเสียงเพื่อขอความช่วยเหลือ โดยได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2: แสดงการตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้ม

ครั้งที่	การตอบสนองต่อเหตุการณ์	ครั้งที่	การตอบสนองต่อเหตุการณ์
1	มีการตอบสนอง	6	มีการตอบสนอง
2	ไม่มีการตอบสนอง	7	มีการตอบสนอง
3	มีการตอบสนอง	8	มีการตอบสนอง
4	มีการตอบสนอง	9	มีการตอบสนอง
5	มีการตอบสนอง	10	มีการตอบสนอง

จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้ม เทียบกับจำนวนครั้งในการลื่นล้ม จะได้ค่าเท่ากับ 90% จาก 100%

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

5.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1.1 การทดลองเพื่อสังเกตค่าความเร่งที่อริยาบถต่างๆ

จากการทดลองพบว่า ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาที่ได้จากการทดลอง ในอริยาบถที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะเฉพาะที่สามารถบ่งชี้ได้ว่า บุคคลดังกล่าวได้กำลังอยู่ในอริยาบถแบบใด โดยการเดินแบบปกติ ลักษณะกราฟที่ได้จะมีการสั่นไหวค่อนข้างน้อย ในขณะที่การเดินแบบขึ้นบันได ลักษณะกราฟที่ได้จะมีการสั่นไหวมากกว่าการเดินแบบปกติ ในส่วนของการนั่ง ลักษณะของกราฟที่ได้จะมีการสั่นไหวเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างรักษาระดับ แต่ทั้งนี้ก็อยู่กับรูปร่างของบุคคล กิจกรรมที่กำลังกระทำอยู่และลักษณะหนักฟิงของเก้าอี้ ในขณะที่การนอน ลักษณะกราฟที่ได้จะค่อนข้างนิ่งมากและรักษาระดับได้ดี เนื่องจากการนอนมักจะไม่ว่างกาย ส่วนกรณีของการตื่นล้ม ลักษณะของกราฟที่ได้จะมีความแปรปรวนสูงเมื่อเกิดการตื่นล้มขึ้น โดยค่าความเร่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถบ่งบอกได้ว่าบุคคลดังกล่าวได้ตื่นล้มในลักษณะใด โดยสังเกตได้จากทิศทางของค่าความเร่งที่เปลี่ยนแปลงไป

5.1.2 การทดลองเพื่อค่าความเร่งที่บ่งบอกถึงการตื่นล้ม

จากการทดลอง พบว่าเมื่อนำค่าความเร่งที่บันทึกได้ในช่วงระหว่าง 2.9 - 3.6 m/s^2 ซึ่งค่าความเร่งต่ำสุดที่ได้จากการทดลอง คือ 2.9 m/s^2 ด้วยเหตุนี้การกำหนดเงื่อนไขในการตื่นล้มจึงควรอยู่ที่ค่าความเร่งดังกล่าว แต่เพื่อความปลอดภัยจึงได้ทำการเผื่อค่าความเร่งไว้ โดยจะกำหนดค่าความเร่งที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ว่าเกิดเหตุการณ์ตื่นล้มหรือไม่ ไว้ที่ค่าความเร่ง เท่ากับ 2.8 m/s^2

5.1.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์

จากการทดลอง พบว่าอุปกรณ์มีความแม่นยำในการตอบสนองต่อเหตุการณ์การตื่นล้มค่อนข้างสูง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คือ 90% จาก 100% ซึ่งได้จากการสังเกตจำนวนครั้งในการตอบสนองต่อเหตุการณ์เทียบกับจำนวนครั้งในการตื่นล้ม

5.2 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองเพื่อใช้ในการทดสอบเครื่องตรวจจับคนล้มทั้ง 3 การทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การทดลองที่ 1

จะเป็นการสังเกตค่าความเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในอิริยาบถต่าง ๆ ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาจะพบว่ากราฟที่ได้มีความแตกต่างกันออกไป โดยสามารถใช้อิริยาบถต่างๆ ของบุคคลนั้นๆ ว่ากำลังกระทำอะไรอยู่

การทดลองที่ 2

จะเป็นการวัดค่าความเร่งเพื่อใช้ในการกำหนดค่าความเร่งเงื่อนไข ที่จะใช้ตรวจสอบว่าเกิดเหตุการณ์การล้มขึ้นหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความเร่งต่ำสุดที่บันทึกได้จากจำนวน 20 ครั้ง สามารถหาค่าความเร่งเฉลี่ยได้เท่ากับ 2.9 m/s^2 แต่เพื่อความปลอดภัยจึงเผื่อค่าความไวอยู่ที่ 2.8 m/s^2

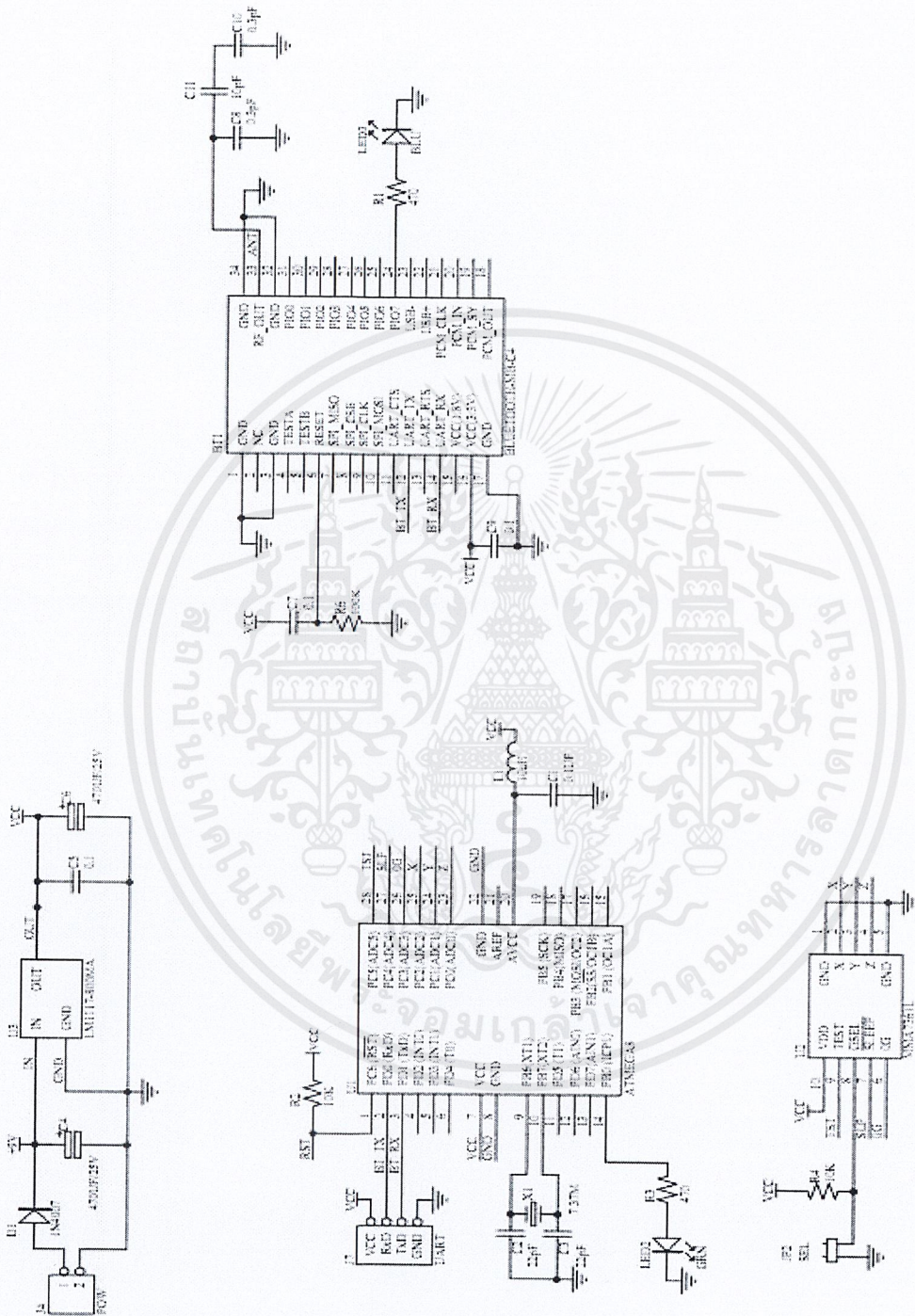
การทดลองที่ 3

เป็นการทดลองเพื่อดูการตอบสนองของอุปกรณ์ว่ามีการตอบสนองต่อเหตุการณ์การล้มที่เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองล้มเป็นจำนวน 10 ครั้ง พบว่าอุปกรณ์ไม่ตอบสนองต่อเหตุการณ์การล้มเป็นจำนวน 1 ครั้ง ในขณะที่อุปกรณ์มีการตอบสนองต่อเหตุการณ์การล้มเป็นจำนวน 9 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 90 %

ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์นั้นสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์การล้มได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และใช้งานได้จริงตามทฤษฎีที่คาดการณ์ไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรตรวจวัดคนดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±1.5g, ±6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer

The MMA7361L is a low power, low profile capacitive micromachined accelerometer featuring signal conditioning, a 1-pole low pass filter, temperature compensation, self test, 0g-Detect which detects linear freefall, and g-Select which allows for the selection between 2 sensitivities. Zero-g offset and sensitivity are factory set and require no external devices. The MMA7361L includes a Sleep Mode that makes it ideal for handheld battery powered electronics.

Features

- 3mm x 5mm x 1.0mm LGA-14 Package
- Low Current Consumption: 400 μ A
- Sleep Mode: 3 μ A
- Low Voltage Operation: 2.2 V – 3.6 V
- High Sensitivity (800 mV/g @ 1.5g)
- Selectable Sensitivity (\pm 1.5g, \pm 6g)
- Fast Turn On Time (0.5 ms Enable Response Time)
- Self Test for Freefall Detect Diagnosis
- 0g-Detect for Freefall Protection
- Signal Conditioning with Low Pass Filter
- Robust Design, High Shocks Survivability
- RoHS Compliant
- Environmentally Preferred Product
- Low Cost

Typical Applications

- 3D Gaming: Tilt and Motion Sensing, Event Recorder
- HDD MP3 Player: Freefall Detection
- Laptop PC: Freefall Detection, Anti-Theft
- Cell Phone: Image Stability, Text Scroll, Motion Dialing, E-Compass
- Pedometer: Motion Sensing
- PDA: Text Scroll
- Navigation and Dead Reckoning: E-Compass Tilt Compensation
- Robotics: Motion Sensing

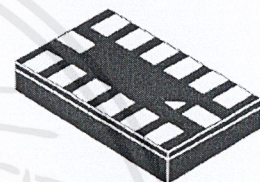
ORDERING INFORMATION

Part Number	Temperature Range	Package Drawing	Package	Shipping
MMA7361LT	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	Tray
MMA7361LR1	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	7" Tape & Reel
MMA7361LR2	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	13" Tape & Reel

MMA7361L

**MMA7361L: XYZ AXIS
 ACCELEROMETER**
 \pm 1.5g, \pm 6g

Bottom View



14 LEAD
 LGA
 CASE 1977-01

Top View

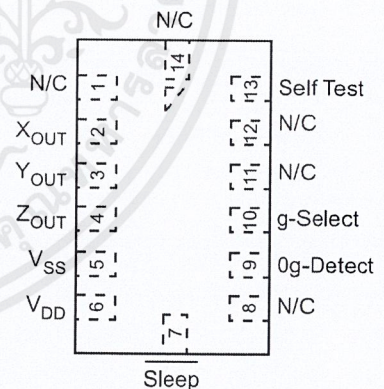


Figure 1. Pin Connections

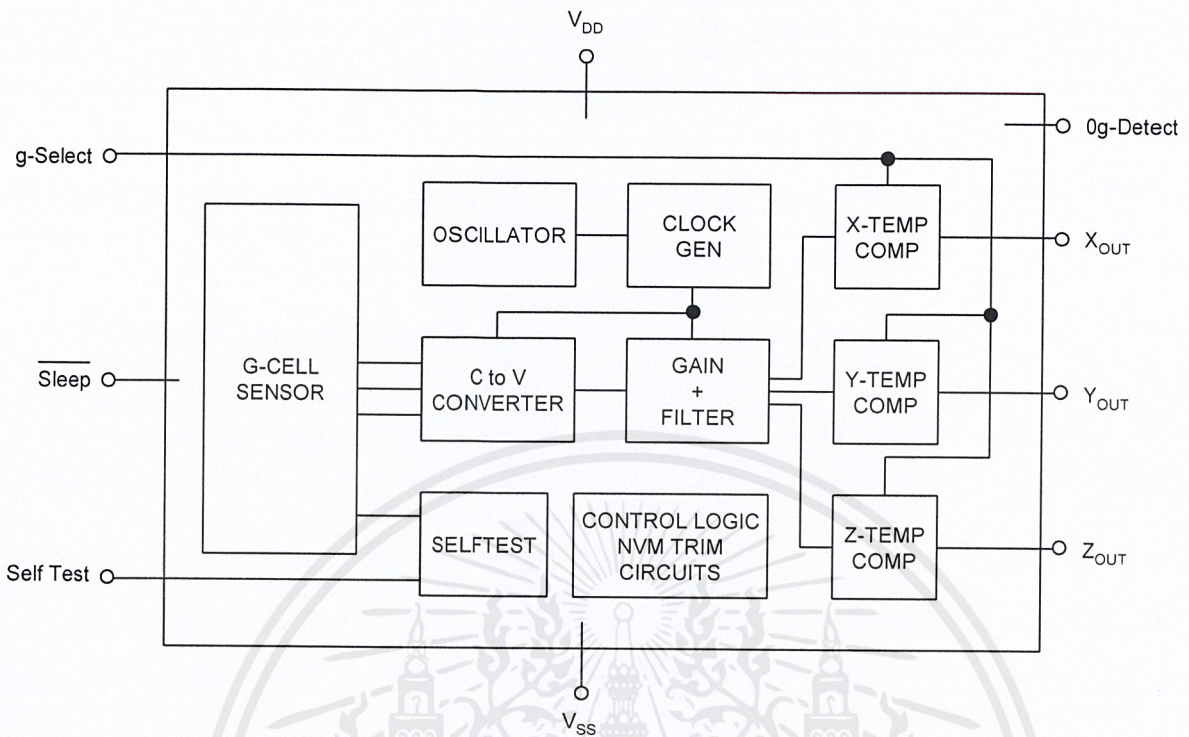


Figure 2. Simplified Accelerometer Functional Block Diagram

Table 1. Maximum Ratings

(Maximum ratings are the limits to which the device can be exposed without causing permanent damage.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Acceleration (all axis)	g_{max}	± 5000	g
Supply Voltage	V_{DD}	-0.3 to +3.6	V
Drop Test ⁽¹⁾	D_{drop}	1.8	m
Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +125	°C

1. Dropped onto concrete surface from any axis.

ELECTRO STATIC DISCHARGE (ESD)

WARNING: This device is sensitive to electrostatic discharge.

Although the Freescale accelerometer contains internal 2000 V ESD protection circuitry, extra precaution must be taken by the user to protect the chip from ESD. A charge of over 2000 volts can accumulate on the human body or associated test equipment. A charge of this magnitude can

alter the performance or cause failure of the chip. When handling the accelerometer, proper ESD precautions should be followed to avoid exposing the device to discharges which may be detrimental to its performance.

Table 2. Operating Characteristics

Unless otherwise noted: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$, $2.2\text{ V} \leq V_{\text{DD}} \leq 3.6\text{ V}$, Acceleration = 0g, Loaded output⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Range ⁽²⁾					
Supply Voltage ⁽³⁾	V_{DD}	2.2	3.3	3.6	V
Supply Current ⁽⁴⁾	I_{DD}	—	400	600	μA
Supply Current at Sleep Mode ⁽⁴⁾	I_{DD}	—	3	10	μA
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}\text{C}$
Acceleration Range, X-Axis, Y-Axis, Z-Axis					
g-Select: 0	g_{FS}	—	± 1.5	—	g
g-Select: 1	g_{FS}	—	± 6.0	—	g
Output Signal					
Zero-g ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$) ⁽⁵⁾ , ⁽⁶⁾	V_{OFF}	1.485	1.65	1.815	V
Zero-g ⁽⁴⁾	V_{OFF}, T_A	-2.0	± 0.5	+2.0	$\text{mg}/^{\circ}\text{C}$
Sensitivity ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$)					
1.5g	$S_{1.5g}$	740	800	860	mV/g
6g	S_{6g}	190.6	206	221.5	mV/g
Sensitivity ⁽⁴⁾	S, T_A	-0.0075	± 0.002	+0.0075	$\%/^{\circ}\text{C}$
Bandwidth Response					
XY	$f_{-3\text{dBXY}}$	—	400	—	Hz
Z	$f_{-3\text{dBZ}}$	—	300	—	Hz
Output Impedance	Z_O	—	32	—	$\text{k}\Omega$
0g-Detect	$0g_{\text{detect}}$	-0.4	0	+0.4	g
Self Test					
Output Response					
$X_{\text{OUT}}, Y_{\text{OUT}}$	Δg_{STXY}	+0.05	-0.1	—	g
Z_{OUT}	Δg_{STZ}	+0.8	+1.0	+1.2	g
Input Low	V_{IL}	V_{SS}	—	$0.3 V_{\text{DD}}$	V
Input High	V_{IH}	$0.7 V_{\text{DD}}$	—	V_{DD}	V
Noise					
Power Spectral Density RMS (0.1 Hz – 1 kHz) ⁽⁴⁾	n_{PSD}	—	350	—	$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
Control Timing					
Power-Up Response Time ⁽⁷⁾	t_{RESPONSE}	—	1.0	2.0	ms
Enable Response Time ⁽⁸⁾	t_{ENABLE}	—	0.5	2.0	ms
Self Test Response Time ⁽⁹⁾	t_{ST}	—	2.0	5.0	ms
Sensing Element Resonant Frequency					
XY	f_{GCELLXY}	—	6.0	—	kHz
Z	f_{GCELLZ}	—	3.4	—	kHz
Internal Sampling Frequency	f_{CLK}	—	11	—	kHz
Output Stage Performance					
Full-Scale Output Range ($I_{\text{OUT}} = 3\ \mu\text{A}$)	V_{FSO}	$V_{\text{SS}}+0.1$	—	$V_{\text{DD}}-0.1$	V
Nonlinearity, $X_{\text{OUT}}, Y_{\text{OUT}}, Z_{\text{OUT}}$	NL_{OUT}	-1.0	—	+1.0	%FSO
Cross-Axis Sensitivity ⁽¹⁰⁾	$V_{\text{XY}, \text{XZ}, \text{YZ}}$	-5.0	—	+5.0	%

- For a loaded output, the measurements are observed after an RC filter consisting of an internal 32k Ω resistor and an external 3.3nF capacitor (recommended as a minimum to filter clock noise) on the analog output for each axis and a 0.1 μF capacitor on $V_{\text{DD}} - \text{GND}$. The output sensor bandwidth is determined by the Capacitor added on the output. $f = 1/2\pi * (32 \times 10^3) * C$. $C = 3.3\text{ nF}$ corresponds to $\text{BW} = 1507\text{Hz}$, which is the minimum to filter out internal clock noise.
- These limits define the range of operation for which the part will meet specification.
- Within the supply range of 2.2 and 3.6 V, the device operates as a fully calibrated linear accelerometer. Beyond these supply limits the device may operate as a linear device but is not guaranteed to be in calibration.
- This value is measured with g-Select in 1.5g mode.
- The device can measure both + and - acceleration. With no input acceleration the output is at midsupply. For positive acceleration the output will increase above $V_{\text{DD}}/2$. For negative acceleration, the output will decrease below $V_{\text{DD}}/2$.
- For optimal 0g offset performance, adhere to AN3484 and AN3447
- The response time between 10% of full scale V_{DD} input voltage and 90% of the final operating output voltage.
- The response time between 10% of full scale Sleep Mode input voltage and 90% of the final operating output voltage.
- The response time between 10% of the full scale self test input voltage and 90% of the self test output voltage.
- A measure of the device's ability to reject an acceleration applied 90° from the true axis of sensitivity.

MMA7361L

PRINCIPLE OF OPERATION

The Freescale accelerometer is a surface-micromachined integrated-circuit accelerometer.

The device consists of a surface micromachined capacitive sensing cell (g-cell) and a signal conditioning ASIC contained in a single package. The sensing element is sealed hermetically at the wafer level using a bulk micromachined cap wafer.

The g-cell is a mechanical structure formed from semiconductor materials (polysilicon) using semiconductor processes (masking and etching). It can be modeled as a set of beams attached to a movable central mass that move between fixed beams. The movable beams can be deflected from their rest position by subjecting the system to an acceleration (Figure 3).

As the beams attached to the central mass move, the distance from them to the fixed beams on one side will increase by the same amount that the distance to the fixed beams on the other side decreases. The change in distance is a measure of acceleration.

The g-cell beams form two back-to-back capacitors (Figure 3). As the center beam moves with acceleration, the distance between the beams changes and each capacitor's value will change, ($C = A\epsilon/D$). Where A is the area of the beam, ϵ is the dielectric constant, and D is the distance between the beams.

The ASIC uses switched capacitor techniques to measure the g-cell capacitors and extract the acceleration data from the difference between the two capacitors. The ASIC also signal conditions and filters (switched capacitor) the signal, providing a high level output voltage that is ratiometric and proportional to acceleration.

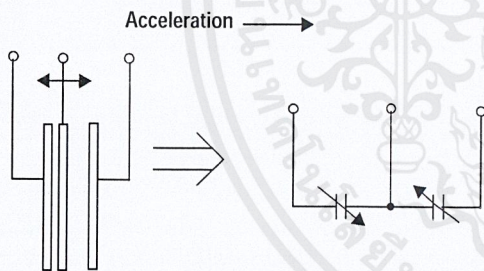


Figure 3. Simplified Transducer Physical Model

SPECIAL FEATURES

0g-Detect

The sensor offers a 0g-Detect feature that provides a logic high signal when all three axes are at 0g. This feature enables the application of Linear Freefall protection if the signal is connected to an interrupt pin or a poled I/O pin on a microcontroller.

Self Test

The sensor provides a self test feature that allows the verification of the mechanical and electrical integrity of the accelerometer at any time before or after installation. This feature is critical in applications such as hard disk drive

protection where system integrity must be ensured over the life of the product. Customers can use self test to verify the solderability to confirm that the part was mounted to the PCB correctly. To use this feature to verify the 0g-Detect function, the accelerometer should be held upside down so that the z-axis experiences -1g. When the self test function is initiated, an electrostatic force is applied to each axis to cause it to deflect. The x- and y-axis are deflected slightly while the z-axis is trimmed to deflect 1g. This procedure assures that both the mechanical (g-cell) and electronic sections of the accelerometer are functioning.

g-Select

The g-Select feature allows for the selection between two sensitivities. Depending on the logic input placed on pin 10, the device internal gain will be changed allowing it to function with a 1.5g or 6g sensitivity (Table 3). This feature is ideal when a product has applications requiring two different sensitivities for optimum performance. The sensitivity can be changed at anytime during the operation of the product. The g-Select pin can be left unconnected for applications requiring only a 1.5g sensitivity as the device has an internal pull-down to keep it at that sensitivity (800mV/g).

Table 3. g-Select Pin Description

g-Select	g-Range	Sensitivity
0	1.5g	800 mV/g
1	6g	206 mV/g

Sleep Mode

The 3 axis accelerometer provides a Sleep Mode that is ideal for battery operated products. When Sleep Mode is active, the device outputs are turned off, providing significant reduction of operating current. A low input signal on pin 7 (Sleep Mode) will place the device in this mode and reduce the current to 3 μ A typ. For lower power consumption, it is recommended to set g-Select to 1.5g mode. By placing a high input signal on pin 7, the device will resume to normal mode of operation.

Filtering

The 3 axis accelerometer contains an onboard single-pole switched capacitor filter. Because the filter is realized using switched capacitor techniques, there is no requirement for external passive components (resistors and capacitors) to set the cut-off frequency.

Ratiometricity

Ratiometricity simply means the output offset voltage and sensitivity will scale linearly with applied supply voltage. That is, as supply voltage is increased, the sensitivity and offset increase linearly; as supply voltage decreases, offset and sensitivity decrease linearly. This is a key feature when interfacing to a microcontroller or an A/D converter because it provides system level cancellation of supply induced errors in the analog to digital conversion process.

MMA7361L

BASIC CONNECTIONS

Pin Descriptions

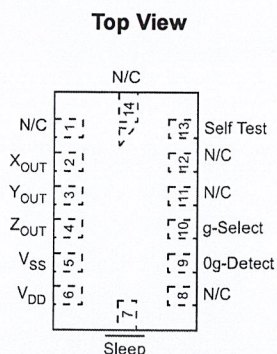


Figure 4. Pinout Description

Table 4. Pin Descriptions

Pin No.	Pin Name	Description
1	N/C	No internal connection Leave unconnected
2	X _{OUT}	X direction output voltage
3	Y _{OUT}	Y direction output voltage
4	Z _{OUT}	Z direction output voltage
5	V _{SS}	Power Supply Ground
6	V _{DD}	Power Supply Input
7	Sleep	Logic input pin to enable product or Sleep Mode
8	NC	No internal connection Leave unconnected
9	0g-Detect	Linear Freefall digital logic output signal
10	g-Select	Logic input pin to select g level
11	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected
12	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected
13	Self Test	Input pin to initiate Self Test
14	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected

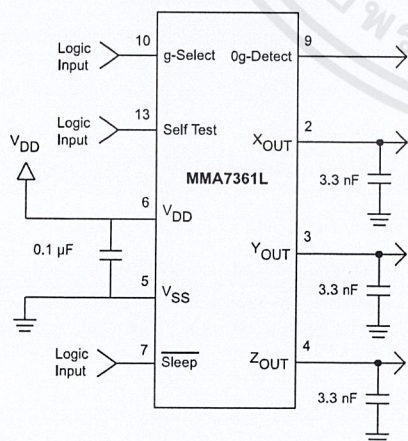


Figure 5. Accelerometer with Recommended Connection Diagram

PCB Layout

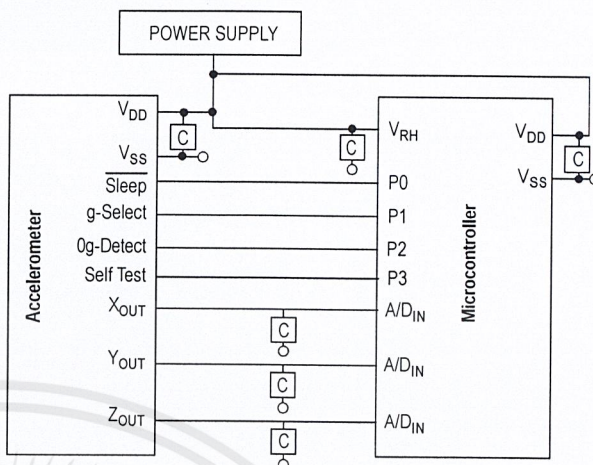
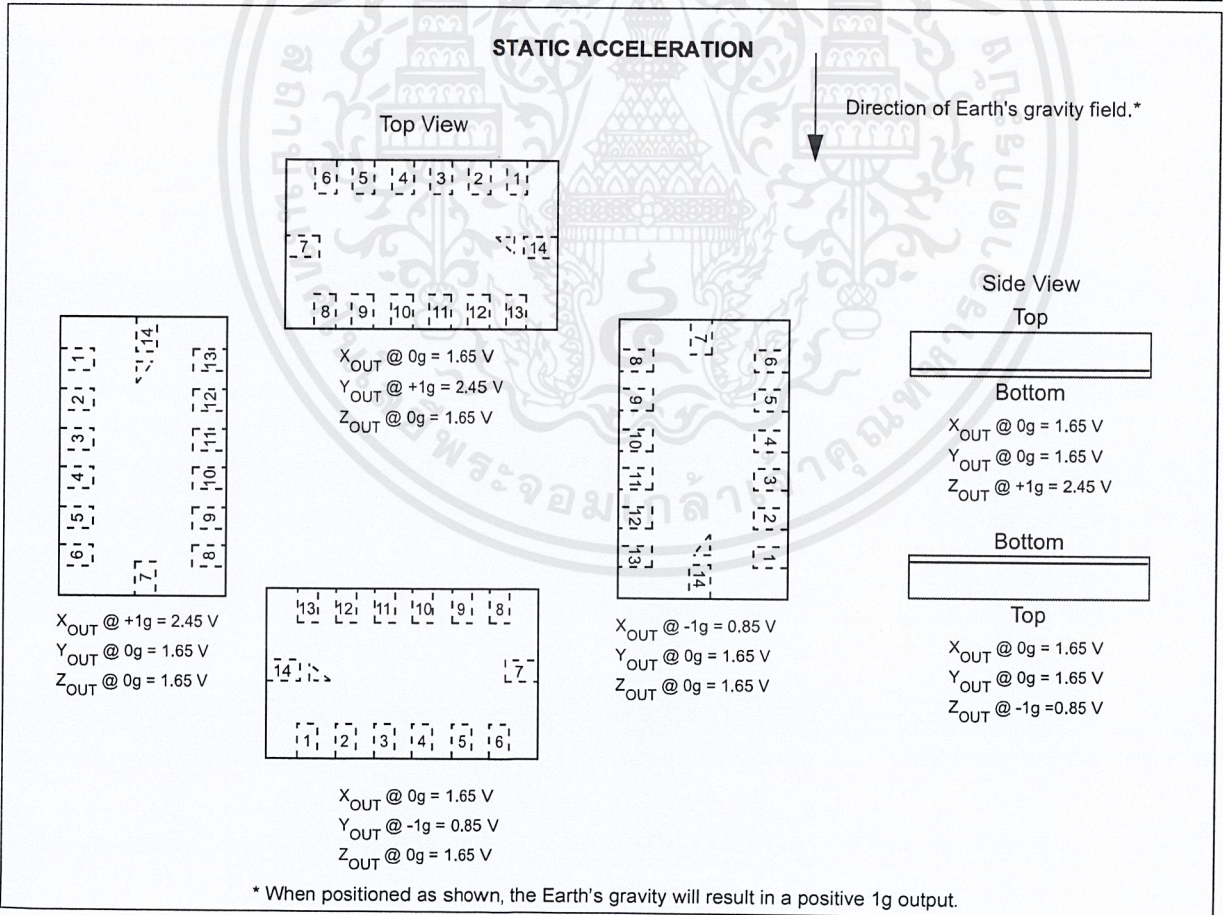
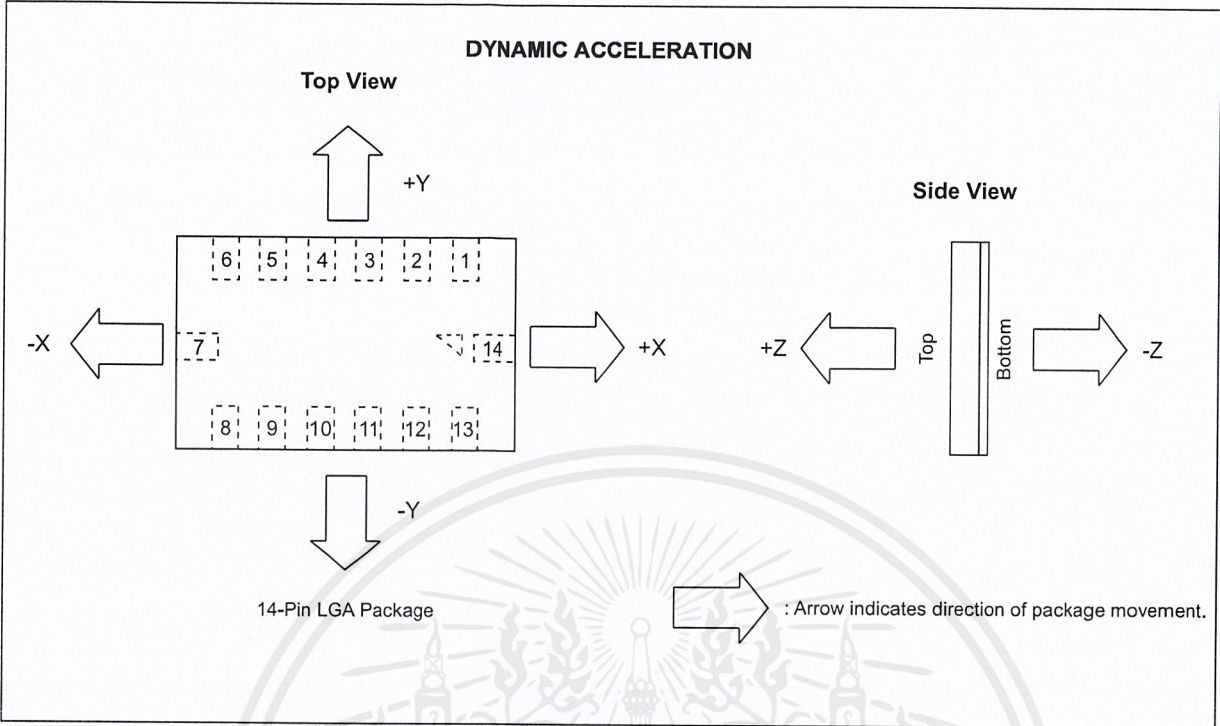


Figure 6. Recommended PCB Layout for Interfacing Accelerometer to Microcontroller

NOTES:

1. Use 0.1 μF capacitor on V_{DD} to decouple the power source.
2. Physical coupling distance of the accelerometer to the microcontroller should be minimal.
3. Place a ground plane beneath the accelerometer to reduce noise, the ground plane should be attached to all of the open ended terminals shown in Figure 6.
4. Use a 3.3nF capacitor on the outputs of the accelerometer to minimize clock noise (from the switched capacitor filter circuit).
5. PCB layout of power and ground should not couple power supply noise.
6. Accelerometer and microcontroller should not be a high current path.
7. A/D sampling rate and any external power supply switching frequency should be selected such that they do not interfere with the internal accelerometer sampling frequency (11 kHz for the sampling frequency). This will prevent aliasing errors.
8. 10M Ω or higher is recommended on X_{OUT}, Y_{OUT} and Z_{OUT} to prevent loss due to the voltage divider relationship between the internal 32 k Ω resistor and the measurement input impedance.

MMA7361L



Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 8K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512 Bytes EEPROM
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Three PWM Channels
 - 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Eight Channels 10-bit Accuracy
 - 6-channel ADC in PDIP package
 - Six Channels 10-bit Accuracy
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V (ATmega8L)
 - 4.5 - 5.5V (ATmega8)
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz (ATmega8L)
 - 0 - 16 MHz (ATmega8)
- Power Consumption at 4 Mhz, 3V, 25°C
 - Active: 3.6 mA
 - Idle Mode: 1.0 mA
 - Power-down Mode: 0.5 µA



8-bit AVR[®]
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8
ATmega8L
Summary

Rev. 2486XS-AVR-06/10

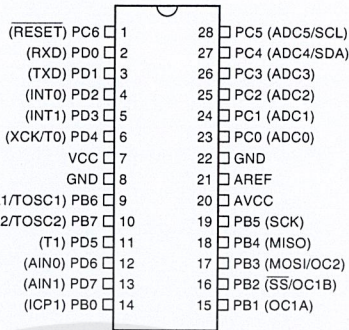


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

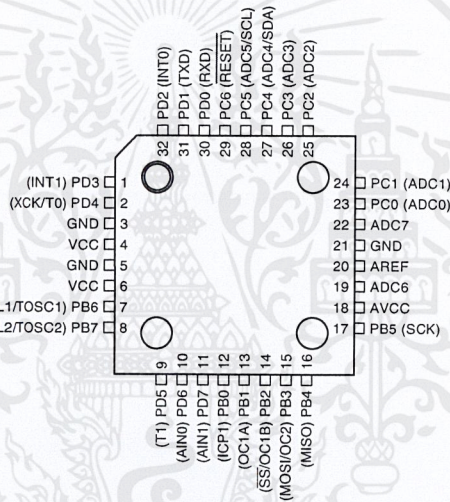


Pin Configurations

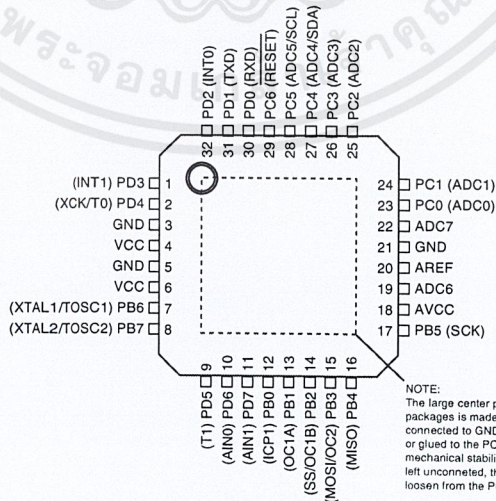
PDIP



TQFP Top View



MLF Top View



NOTE:
The large center pad underneath the MLF packages is made of metal and internally connected to GND. It should be soldered or glued to the PCB to ensure good mechanical stability. If the center pad is left unconnected, the package might loosen from the PCB.

2 ATmega8(L)

2486XS-AVR-06/10

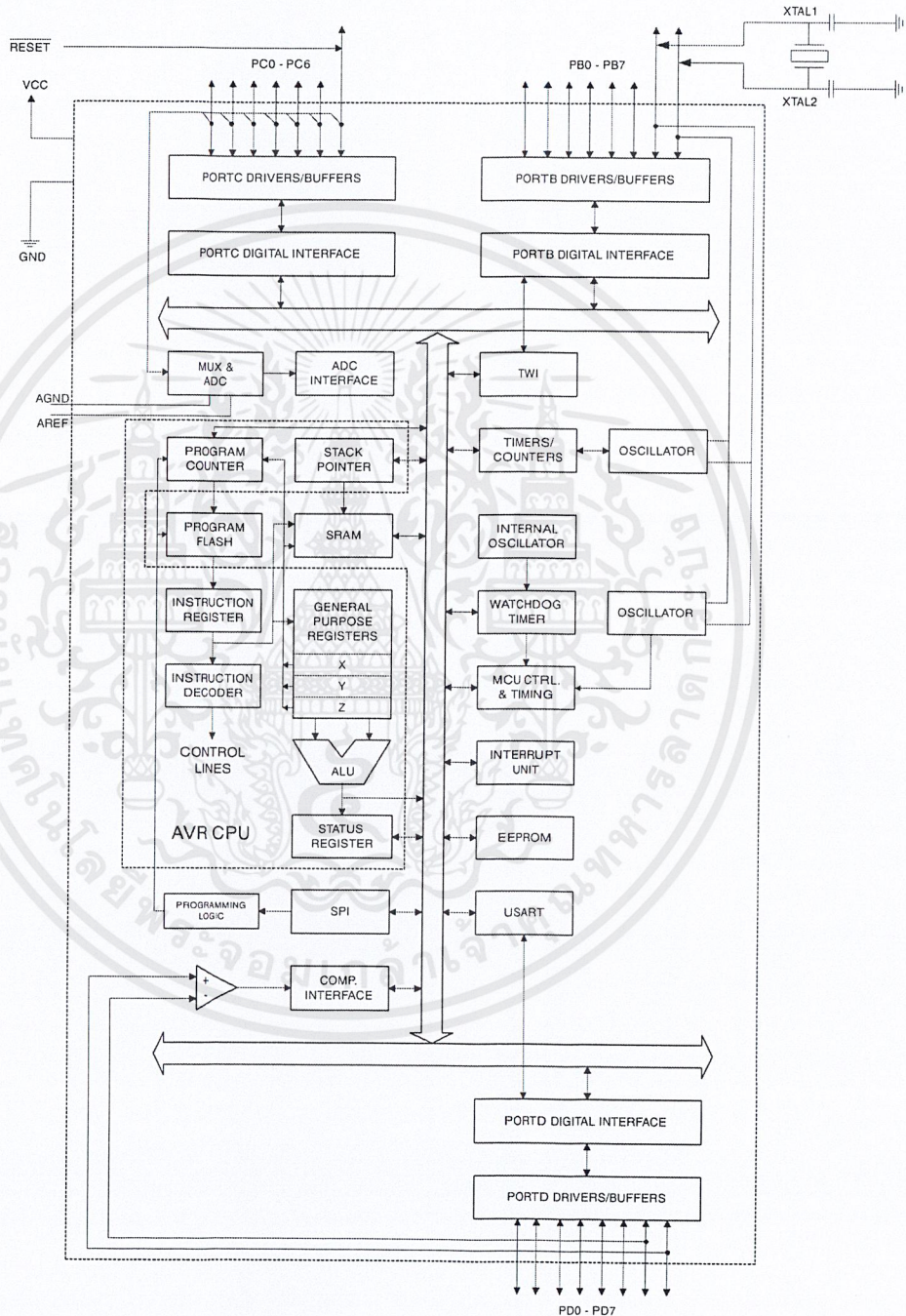
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview

The ATmega8 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega8 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 1. Block Diagram





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

The ATmega8 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes of EEPROM, 1K byte of SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, a 6-channel ADC (eight channels in TQFP and QFN/MLF packages) with 10-bit accuracy, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The Flash Program memory can be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash Section will continue to run while the Application Flash Section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8 AVR is supported with a full suite of program and system development tools, including C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

Disclaimer

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

4 ATmega8(L)

2486XS-AVR-06/10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port B (PB7..PB0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/ TOSC2	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p> <p>Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.</p> <p>If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.</p> <p>The various special features of Port B are elaborated in “Alternate Functions of Port B” on page 58 and “System Clock and Clock Options” on page 25.</p>
Port C (PC5..PC0)	<p>Port C is an 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
PC6/RESET	<p>If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.</p> <p>If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.</p> <p>The various special features of Port C are elaborated on page 61.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8 as listed on page 63.</p>
RESET	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>



**AV_{CC}**

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, Port C (3..0), and ADC (7..6). It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that Port C (5..4) use digital supply voltage, V_{CC}.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

ADC7..6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7..6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

**6 ATmega8(L)**

2486XS-AVR-06/10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	11
0x3E (0x5E)	SPH	-	-	-	-	-	SP10	SP9	SP8	13
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	13
0x3C (0x5C)	Reserved									
0x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	-	-	-	-	IVSEL	IVCE	49, 67
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	-	-	-	-	-	-	68
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	-	TOIE0	72, 102, 122
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	-	TOV0	73, 102, 122
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	-	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	213
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	171
0x35 (0x55)	MCUCR	SE	SM2	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	33, 66
0x34 (0x54)	MCUCSR	-	-	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	41
0x33 (0x53)	TCCR0	-	-	-	-	-	CS02	CS01	CS00	72
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								72
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								31
0x30 (0x50)	SFIOR	-	-	-	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10	58, 75, 123, 193
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	96
0x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	100
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High byte								101
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low byte								101
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High byte								101
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low byte								101
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High byte								101
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low byte								101
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High byte								102
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low byte								102
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	117
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								119
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								119
0x22 (0x42)	ASSR	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	119
0x21 (0x41)	WDTCSR	-	-	-	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	43
0x20 ⁽¹⁾ (0x40 ⁽¹⁾)	UBRRH	URSEL	-	-	-	-	UBRR[11:8]			158
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	156
0x1F (0x3F)	EEARH	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	20
0x1E (0x3E)	EEARL	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	20
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								20
0x1C (0x3C)	EECR	-	-	-	-	-	EEMWE	EEWE	EERE	20
0x1B (0x3B)	Reserved									
0x1A (0x3A)	Reserved									
0x19 (0x39)	Reserved									
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	65
0x17 (0x37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	65
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	65
0x15 (0x35)	PORTC	-	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
0x14 (0x34)	DDRC	-	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	65
0x13 (0x33)	PINC	-	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	65
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								131
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	SPI2X	131
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	129
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								153
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	154
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	155
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low byte								158
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	194
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	-	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	205
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	207
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High byte								208
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low byte								208
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								173
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	174

Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	173
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								171

- Notes:
1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
 2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 3. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.





Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl,K	Add Immediate to Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \cdot K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \cdot (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBRSC	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBISC	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks

Instruction Set Summary (Continued)

BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P, b	Set Bit in I/O Register	I/O(P, b) ← 1	None	2
CBI	P, b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P, b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction Set Summary (Continued)

CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1



Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operation Range
8	2.7 - 5.5	ATmega8L-8AU ATmega8L-8PU ATmega8L-8MU	32A 28P3 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)
16	4.5 - 5.5	ATmega8-16AU ATmega8-16PU ATmega8-16MU	32A 28P3 32M1-A	

- Notes:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.



Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)



Errata

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega8 device.

ATmega8 Rev. D to I, M

- **First Analog Comparator conversion may be delayed**
- **Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer**
- **Signature may be Erased in Serial Programming Mode**
- **CKOPT Does not Enable Internal Capacitors on XTALn/TOSCn Pins when 32 KHz Oscillator is Used to Clock the Asynchronous Timer/Counter2**
- **Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request**

1. **First Analog Comparator conversion may be delayed**

If the device is powered by a slow rising V_{CC} , the first Analog Comparator conversion will take longer than expected on some devices.

Problem Fix / Workaround

When the device has been powered or reset, disable then enable the Analog Comparator before the first conversion.

2. **Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer**

The interrupt will be lost if a timer register that is synchronized to the asynchronous timer clock is written when the asynchronous Timer/Counter register(TCNTx) is 0x00.

Problem Fix / Workaround

Always check that the asynchronous Timer/Counter register neither have the value 0xFF nor 0x00 before writing to the asynchronous Timer Control Register(TCCRx), asynchronous Timer Counter Register(TCNTx), or asynchronous Output Compare Register(OCRx).

3. **Signature may be Erased in Serial Programming Mode**

If the signature bytes are read before a chip erase command is completed, the signature may be erased causing the device ID and calibration bytes to disappear. This is critical, especially, if the part is running on internal RC oscillator.

Problem Fix / Workaround:

Ensure that the chip erase command has exceeded before applying the next command.

4. **CKOPT Does not Enable Internal Capacitors on XTALn/TOSCn Pins when 32 KHz Oscillator is Used to Clock the Asynchronous Timer/Counter2**

When the internal RC Oscillator is used as the main clock source, it is possible to run the Timer/Counter2 asynchronously by connecting a 32 KHz Oscillator between XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. But when the internal RC Oscillator is selected as the main clock source, the CKOPT Fuse does not control the internal capacitors on XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. As long as there are no capacitors connected to XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2, safe operation of the Oscillator is not guaranteed.

Problem Fix / Workaround

Use external capacitors in the range of 20 - 36 pF on XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. This will be fixed in ATmega8 Rev. G where the CKOPT Fuse will control internal capacitors also when internal RC Oscillator is selected as main clock source. For ATmega8 Rev. G, CKOPT = 0 (programmed) will enable the internal capacitors on XTAL1 and XTAL2. Customers who want compatibility between Rev. G and older revisions, must ensure that CKOPT is unprogrammed (CKOPT = 1).



5. **Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request.**

Reading EEPROM by using the ST or STS command to set the EERE bit in the EECR register triggers an unexpected EEPROM interrupt request.

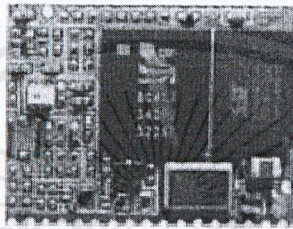
Problem Fix / Workaround

Always use OUT or SBI to set EERE in EECR.



CSR BLUETOOTH MODULES

MB-C04



Specification
Version 1.0
15-May-06

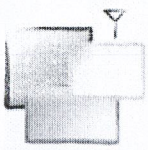
Product No.: MB-C04

Product Description: Class2 BT SPP Module

Issue Date: 2006/5/15

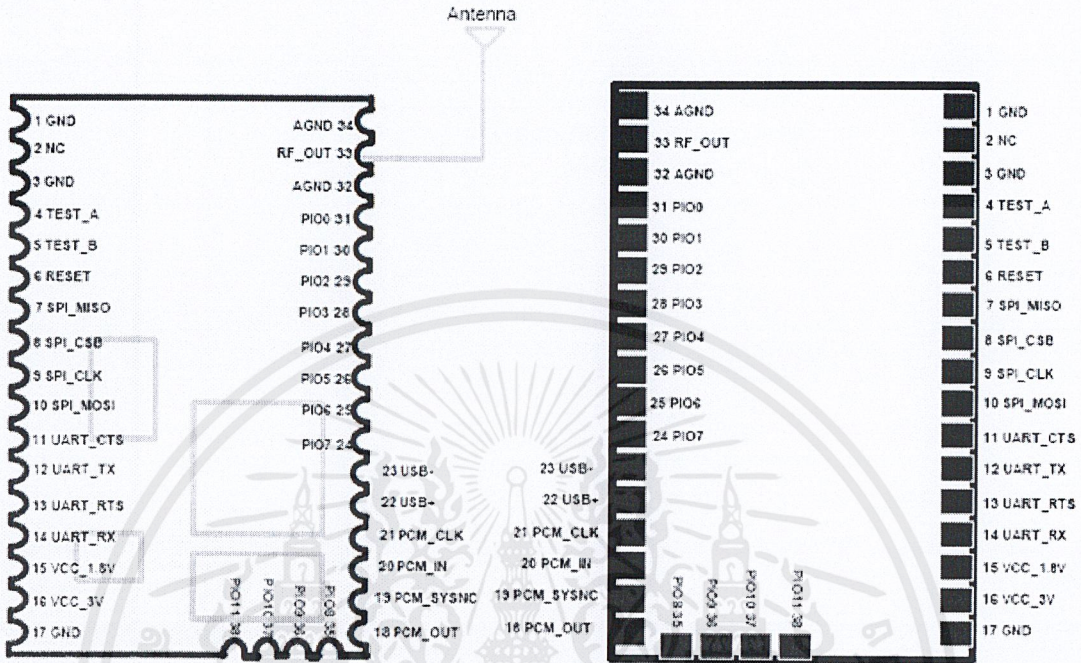
Release Version: 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



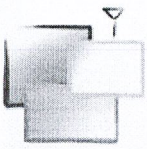
1. Hardware & Technical Information

1.1 Pin definition



Pin No.	Name	Type	Note	Pin No.	Name	Type	Note
1	Ground			34	Ground		
2	NC			33	RF_OUT	Out	
3	Ground			32	Ground		
4	TestA		Internal testing using	31	PIO0	In/Out	
5	TestB		Internal testing using	30	PIO1	In/Out	
6	Reset	Input		29	PIO2	In/Out	
7	SPI_MISO		Internal testing using	28	PIO3	In/Out	
8	SPI_CSB		Internal testing using	27	PIO4	In/Out	
9	SPI_CLK		Internal testing using	26	PIO5	In/Out	
10	SPI_MOSI		Internal testing using	25	PIO6	In/Out	
11	UART_CTS	Input		24	PIO7	Out	Driving LED
12	UART_TX	Out		23	USB-	In/Out	
13	UART_RTS	Out		22	USB+	In/Out	
14	UART_RX	Input		21	PCM_CLK	In/Out	
15	VCC_1.8V	Out		20	PCM_IN	In	
16	VCC_3.3V	Input		19	PCM_SYNC	In/Out	
17	Ground			18	PCM_OUT	Out	

Pin No.	Name	Type	Note	Pin No.	Name	Type	Note
35	PIO8	In/Out		37	PIO10	In/Out	
36	PIO9	In/Out		38	PIO11	In/Out	



1.3 Block Diagram

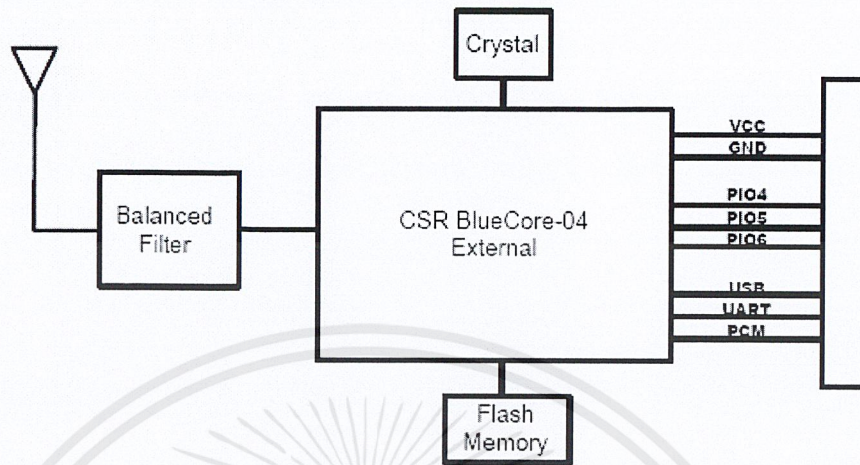
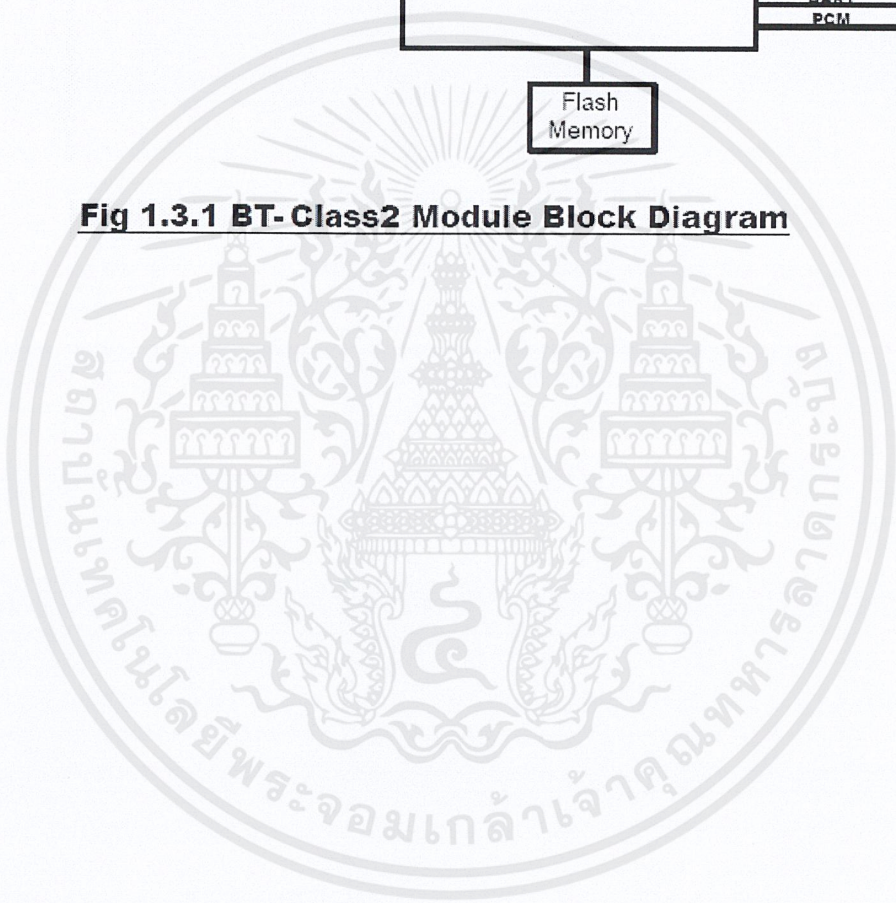
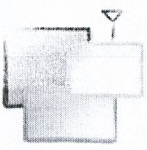


Fig 1.3.1 BT-Class2 Module Block Diagram





1.4 Electrical Characteristics

BT-Class 2

	Min	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	3.0	3.3	3.6	V
RX Supply Current	-	30	-	mA
TX Supply Current(Normal)	-	40	-	mA
TX Supply Current(Continuous)	-	65	-	mA
Sleep Supply Current	-	1	-	mA
Storage Temperature	-20	-	+85	°C

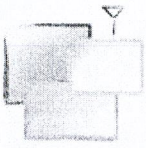
■ Power Consumption

BT-Class 2

Mode	Avg.
Standby	1mA
Transmit	40mA
Receive	30mA

■ Operating Conditions

Voltage Range	3.3V±0.3V
Operating Temperature Range	-20 °C ~ 60 °C
Storage Temperature Range	-20 °C ~ 80 °C
Relative Humidity (Operating)	≤90%
Relative Humidity (Storage)	≤90%



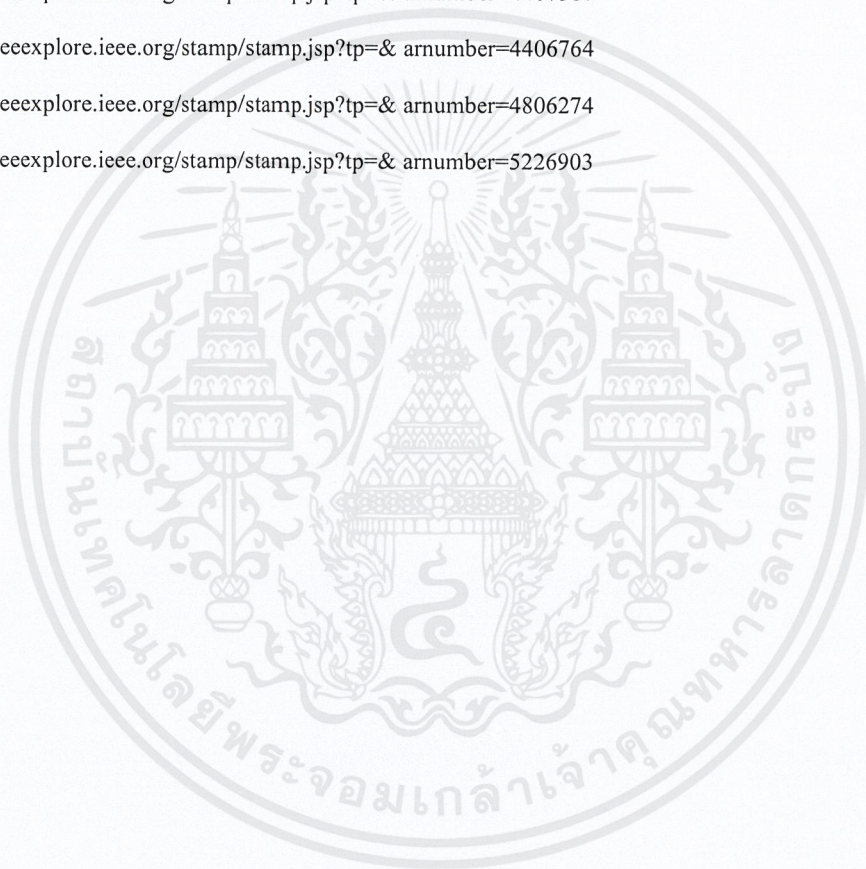
1.5 Radio Characteristics

■ BT- Class2 BT2.0 Module

	Frequency (GHz)	Min	Typ	Max	BT Spec.	Unit
Sensitivity at 0.1%BER	2.402	-	-80	-86	≤ -70	dBm
	2.441	-	-80	-86		dBm
	2.480	-	-80	-86		dBm
RF Transmit Power	2.402	-	0	-	≤ 0	dBm
	2.441	-	0	-		dBm
	2.480	-	0	-		dBm
Initial Carrier Frequency Tolerance	2.402	-	5	75	75	kHz
	2.441	-	5	75		kHz
	2.480	-	5	75		kHz
20dB bandwidth for modulated carrier		-	900	1000	≤ 1000	kHz
Drift (Five slots packet)		-	15	-	40	kHz
Drift Rate		-	13	-	20	kHz
Δf_{1avg} "Maximum Modulation"	2.402GHz	140	165	175	$140 < \Delta f_{1avg}$	kHz
	2.441GHz	140	165	175		kHz
	2.480GHz	140	165	175		kHz
Δf_{2max} "Minimum Modulation"	2.402GHz	115	190	-	115	kHz
	2.441GHz	115	190	-		kHz
	2.480GHz	115	190	-		kHz

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์, “การทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ 3”
- [2] www.datasheetcatalog.com
- [3] www.alldatasheet.com
- [4] Th.wikipedia.org
- [5] Stephen A. Dyer, Survey of instrumentation and Measurement
- [6] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=& arnumber=4407387>
- [7] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=& arnumber=4406764>
- [8] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=& arnumber=4806274>
- [9] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=& arnumber=5226903>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้