

เครื่องตรวจจับคนตก  
FALLING HUMAN DETECTOR

บุญ คำโสภา  
Narumon Kamsojka  
ปรีวัชร ไชยภาพ  
Porawat Jaisuphaph

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2556

เครื่องตรวจจับคนล้ม

FALLING HUMAN DETECTOR

นฤมล คำโสภา

ปรวัตร ใจสุภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

ปริญญาโทปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เครื่องตรวจจับคนล้ม

FALLING HUMAN DETECTOR

ผู้จัดทำ นางสาวนฤมล คำโสภา รหัสประจำตัว 53010820

นายปรวิตร ใจสุภาพ รหัสประจำตัว 53010922

โครงการฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว



(ดร. เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	เครื่องตรวจจับคนล้ม
นักศึกษา	นางสาวนฤมล คำโสภา รหัสประจำตัว 53010820 นายปรวัตร ใจสุภาพ รหัสประจำตัว 53010922
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ดร.เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบระบบตรวจจับคนล้ม โดยมี ส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ส่วนเซนเซอร์วัดสัญญาณการเคลื่อนไหว มี 2 ชนิดคือ เซ็นเซอร์ ตรวจจับความเร่ง 3 แกนและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม 2 แกน มีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจจับการล้มโดยแปลงสัญญาณอนาล็อกของเซนเซอร์ให้เป็น สัญญาณดิจิทัลแล้วส่งค่าสัญญาณผ่านบลูทูธโมดูลไปยังคอมพิวเตอร์และเก็บข้อมูลสัญญาณไว้ใน การ์ดความจำเพื่อนำไปศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของลักษณะสัญญาณกับ อิริยาบถต่างๆ รวมถึงการล้มในลักษณะต่างๆ หากวิเคราะห์สัญญาณแล้วพบว่ามี การล้ม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งให้จีเอสเอ็มโมดูลส่งข้อความสั้นและโทรศัพท์ไปยังญาติของผู้ล้ม เพื่อที่จะได้ทำการช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว

Thesis Title	Falling Human Detector
Student	Miss Naruemol Kamsopa Student ID.53010820 Mr.Porawat Jaisuphap Student ID.53010922
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronic Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Dr.Thurdsak Leauhathong

### Abstract

The purposes of this project are studying and designing human falling detector's system. This system consists of 3 components which are sensors consisting of three-axis accelerometer and two-axis gyroscope for detecting human movement, A microcontroller for controlling of function of human falling detector. By converting signal from analog to digital in signal transfer signals to computer via bluetooth module and collect data in storage card for analyzing relationship between signal and human movement. If a falling is detected, microcontroller send SMS and call to relatives of who that falling to help them.

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เทอดศักดิ์ ลีมหาทอง ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆในการนำมาใช้งาน และให้ความรู้ต่างๆที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับโครงงานเล่มนี้ และข้าพเจ้าขอขอบคุณรุ่นพี่ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษาต่างๆจนทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีข้าพเจ้าและเพื่อน ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

นฤมล คำโสภา  
ปรวีตร ใจสุภาพ

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญ(ต่อ).....	V
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญรูป(ต่อ).....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานของเครื่องตรวจจับคนล้ม.....	2
2.1 เครื่องตรวจจับคนล้ม.....	3
2.1.1 เซ็นเซอร์.....	4
2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.1.3 เทคโนโลยีบลูทูธ.....	10
2.1.4 เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม.....	12
2.1.5 ซิมการ์ด (SIM CARD).....	14
2.1.6 การ์ดความจำ.....	20
2.2 หลักการของ.....	21
2.3 หลักการของจีเอสเอ็มโมดูล.....	22
บทที่ 3 วิธีการเลือกอุปกรณ์และการออกแบบ.....	23
3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +3.3V.....	23
3.2 เซ็นเซอร์.....	23
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	25
3.4 โมดูลบลูทูธ.....	26
3.5 เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม.....	27
3.6 ซิมการ์ด.....	29
3.7 วงจรชาร์จ.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	31
4.1 การทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์บลูทูธเพื่อสังเกตข้อมูล.....	31
4.2 การทดลองเก็บข้อมูลในการหน่วยความจำ.....	31
4.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์.....	32
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	34
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	34
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	34

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.3 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข.....	35
เอกสารอ้างอิง.....	36

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลอง.....	32

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของระบบตรวจจับคนลี้ม.....	2
2.2 โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนลี้ม.....	3
2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร่ง.....	4
2.4 โครงสร้างของจีเซลล์.....	4
2.5 หลักการทำงานของจีเซลล์.....	5
2.6 หลักการทำงานภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม.....	6
2.7 โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม.....	6
2.8 การเคลื่อนที่ของมวลภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม.....	7
2.9 การทำงานของ โคโรอริสเซนฟิงเกอร์.....	7
2.10 กระบวนการทำงานของ A to D Converter.....	9
2.11 พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล.....	10
2.12 การทำงานของบลูทูธ.....	11
2.13 ข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม.....	12
2.14 ระบบจีเอสเอ็ม ที่ใช้กันทั่วไป.....	12
2.15 Structure of a mobile station in the GSM Network.....	14
2.16 (ก) รูปบัตรสมาร์ตการ์ดทั่วไป (ข) รูปซิมการ์ดที่ตัดมาจากบัตรสมาร์ตการ์ด.....	15
2.17 ส่วนประกอบของสมาร์ตการ์ด.....	16
2.18 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งานและขนาด.....	16
2.19 ตัวอย่างการส่งข้อมูล C9 (HEX) = 1100 1001 (binary).....	19
2.20 ตัวอย่างการส่งข้อมูล C9 (HEX) = 1100 1001 (binary).....	19
2.21 ตัวอย่างการใช้รับ-ส่งสมาร์ตการ์ด.....	19
2.22 รูปแบบของการ์ดความจำ.....	21
2.23 หลักการทำงานของคอมพิวเตอร์.....	21
2.24 หลักการทำงานของจีเอสเอ็มโมดูล.....	22
3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +3.3 V.....	23
3.2 ลักษณะและขาต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L.....	24
3.3 การต่อวงจรของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L.....	24
3.4 ลักษณะและขาต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม.....	25
3.5 การต่อวงจรของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม.....	25
3.6 Arduino Due.....	26
3.7 Module Bluetooth.....	26

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 การต่อวงจร โมดูลบลูทูธ.....	27
3.9 โมดูลจีเอสเอ็ม ซิม900B.....	28
3.10 การต่อวงจรโมดูลจีเอสเอ็ม ซิม900B.....	28
3.11 ซิมการ์ด.....	29
3.12 วงจร ซิมการ์ด.....	29
3.13 แผงวงจรชาร์จแบตเตอรี่.....	30

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การหกล้มก็เป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้คนสูงอายุเกิดอันตรายได้รับบาดเจ็บ การหกล้มส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้าน ร่างกาย จิตใจ ต่อตัวผู้สูงอายุ และครอบครัว มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ผลกระทบของการหกล้มต่อร่างกาย อาจนำไปสู่การเสียชีวิต การบาดเจ็บอาจถึงหมดสติ การหกล้มเป็นอุบัติเหตุที่สามารถป้องกัน หรือหลีกเลี่ยงได้หากผู้สูงอายุหรือครอบครัว ญาติพี่น้อง ผู้ดูแลให้ความสนใจ เอาใจใส่แต่สำหรับคนที่ไม่มีเวลาพอที่จะดูแล เครื่องตรวจจับคนล้มจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการช่วยเหลือคนสูงอายุในขณะที่เราไม่ได้อยู่กับท่านด้วย

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทำเครื่องตรวจจับคนล้มที่สามารถช่วยเหลือคนสูงอายุในขณะที่เราไม่ได้อยู่กับท่าน

### 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เครื่องตรวจจับคนล้มจะแจ้งความผิดปกติจากการล้มของผู้สูงอายุเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า หากเกิดการล้มกับญาติหรือผู้ใกล้ชิดจะสามารถให้การช่วยเหลือได้ทันเวลา โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการแจ้งเตือนดังกล่าวจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง(Accelerometer)และเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม(Gyroscope) ที่จะตรวจจับความเร่งที่กระทำในแนวแกนต่างๆและตรวจจับความเร่งเชิงมุมจากการล้ม วิเคราะห์และควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)และส่งข้อมูลผ่านจีเอสเอ็มโมดูล(GSM Module) ซึ่งถ้าหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับผู้ใช้งาน เครื่องมือดังกล่าวนี้จะทำการส่งข้อความสั้น(SMS)แจ้งเตือนการล้มเพื่อให้ญาติทำการช่วยเหลือและทำการเชื่อมต่อผ่านเทคโนโลยีบลูทูธ(Bluetooth)และการ์ดความจำ(SD Card) กับคอมพิวเตอร์(Computer)เพื่อทำการสังเกตความเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแต่ละอิริยาบถต่างๆแบบเวลาจริง(real time) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป

### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในปริญญานิพนธ์นี้จะทำการติดตั้งเครื่องตรวจจับคนล้มไว้ที่เอว จากนั้นให้ทำการทดลองล้มล้มโดยสมมติจากการล้มจริงแบบทันทีทันใด และจัดเก็บสถิติข้อมูลการล้มว่าในการล้มแต่ละครั้งมีการส่งข้อความขอความช่วยเหลือเข้าโทรศัพท์มือถือหรือไม่

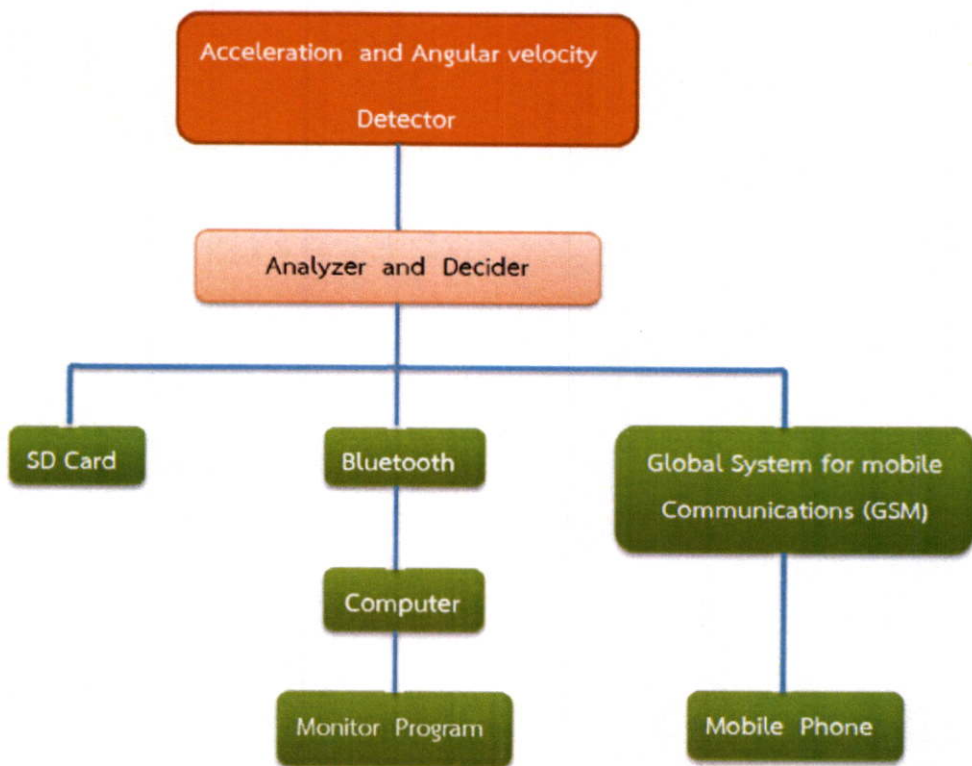
### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องตรวจจับคนล้มสามารถส่งข้อความขอความช่วยเหลือเมื่อผู้สูงอายุประสบอุบัติเหตุล้มล้มได้ และสามารถช่วยเหลือผู้สูงอายุได้ทันทั่วทั้งที่ ช่วยลดความกังวลเวลาที่ผู้สูงอายุต้องอยู่บ้านเพียงลำพัง

## บทที่ 2

### หลักการพื้นฐานของระบบตรวจจับคนล้ม

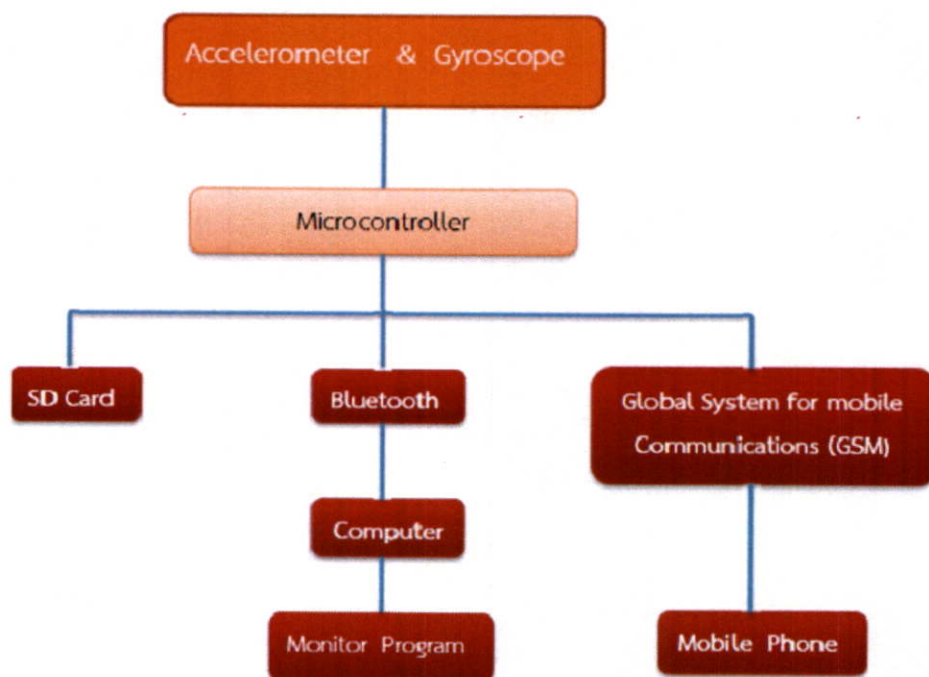
ระบบตรวจจับคนล้มโดยแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณและวิเคราะห์การล้ม แล้วส่งข้อมูลการล้มผ่านบลูทูธไปยังโทรศัพท์มือถือ ส่วนโทรศัพท์มือถือจะส่งข้อความแจ้งเตือนการล้มไปยังญาติ และส่วนของคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่แสดงสัญญาณเป็นค่าความเร่งและค่าความเร็วเชิงมุม



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบตรวจจับคนล้ม

## 2.1 เครื่องตรวจจับคนล้ม

โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้มโดยแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งภายในประกอบไปด้วยส่วน เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งที่ใช้ในการตรวจจับความเร่งแนวแกนต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกจากเซ็นเซอร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล บลูทูธทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์นำไปแสดงผลและจีเอสเอ็มโมดูลทำหน้าที่ส่งข้อความขอความช่วยเหลือไปยังโทรศัพท์มือถือ

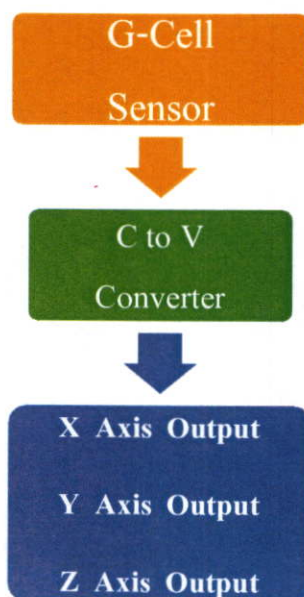


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเครื่องตรวจจับคนล้ม

จากรูปที่ 2.2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจจับคนล้มคือเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุมจะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการแปลงสัญญาณ ข้อมูลจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นส่งข้อมูลดิจิทัลไปวิเคราะห์ หากวิเคราะห์พบสัญญาณซึ่งแสดงถึงการล้มไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อความสั้นเพื่อขอความช่วยเหลือ โดยส่งผ่านจีเอสเอ็มโมดูลไปยังโทรศัพท์มือถือและยังสามารถส่งข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุมไปยังคอมพิวเตอร์และการวัดความจำแบบเวลาจริง (Real Time) เพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงจากอิริยาบถที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป

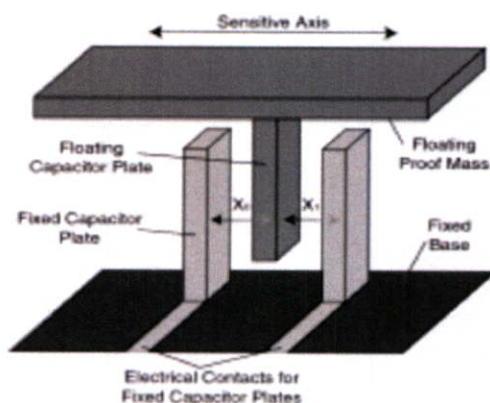
### 2.1.1 เซ็นเซอร์

1) เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง คือ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความเร่งหรือการสั่นสะเทือนสำหรับการตรวจวัดข้อมูลการเคลื่อนที่ ในระบบควบคุมตัวทำงานแบบเชิงเส้นหรือใช้วัดการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรต่างๆ โดยมีการตอบสนองต่อความเร่งด้วยการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมา ซึ่งแปรผันตามค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง

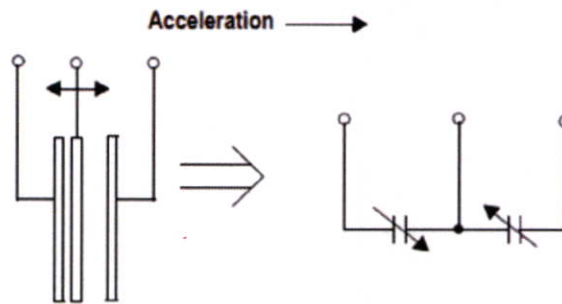
-จีเซลล์(G-Cell)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของจีเซลล์

จากรูปที่ 2.4 เป็นโครงสร้างเชิงกลที่สร้างขึ้นจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ(Polysilicon)ตามกระบวนการทางเคมีคอนดักเตอร์ โดยสามารถจำลองได้เป็นชุดคานาดัดมวลงกลางและสามารถ

เคลื่อนที่ไปมาระหว่างคานถาวรได้ ในกรณีที่คานติดมวลกลางเคลื่อนที่ของเข้าหาคานถาวรด้านใดด้านหนึ่ง จะทำให้ระยะห่างระหว่างคานถาวรด้านนั้นกับคานติดมวลกลางลดลง ในขณะที่เดียวกันก็ จะทำให้คานถาวรด้านอื่นมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของจีเซลล์

จากรูปที่ 2.5 คานถาวรของจีเซลล์ จะอยู่ในรูปแบบของ ตัวเก็บประจุกลับไปกลับมา (Capacitors back-to-back) ซึ่งระยะห่างของคานถาวรกับคานติดมวลกลางที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้ค่าการเก็บประจุเปลี่ยนแปลงตามสมการที่ (2.1)

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

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็น ( $m^2$ )
- $\epsilon$  คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มีหน่วยเป็น (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็น ( $\mu m$ )

- การแปลงค่าการเก็บประจุเป็นแรงดัน (C to V Converter )

จะทำการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจากจีเซลล์ เป็นค่าแรงดัน ตามสมการที่ (2.2)

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

โดยที่

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

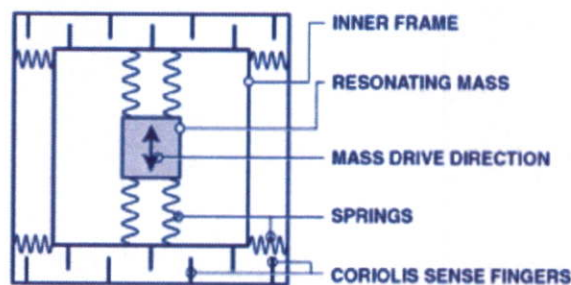
2.) เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเดินเรือหรือการนำทางบนเครื่องบินและการวัดความเร็วเชิงมุมเป็นส่วนใหญ่ เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม สามารถวัดความเร็วในการหมุนได้ตั้งแต่ 1, 2 หรือ 3 ทิศทาง เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม ที่ใช้

แรงสั่นสะเทือนเป็นอุปกรณ์จำพวก MEMS (Micro-Machined Electro-Mechanical Systems) พื้นฐานการทำงานของ เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม ชนิดนี้อยู่ที่แรง แรงโคริออริส (Coriolis) ของระบบการหมุน ซึ่งทุกจุดจะหมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากันโดยที่รอบความเร็วยังคงเท่าเดิมแต่ความเร็วในทิศทางที่ตั้งฉากกับแกนหมุนลดลง ดังนั้นเพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ออกไปจากแกนหมุนในขณะที่หมุนอยู่นั้นความเร็วด้านข้างจะต้องเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อรักษาตำแหน่งเดิมในแนวตั้งของการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ช้าลงหรือเร็วขึ้นทำให้มีความเร่งเกิดขึ้นและแรงโคริออริส ในความเร่ง ณ ช่วงเวลานั้นของวัตถุจะมีการเก็บรักษาไว้ ซึ่งแรงโคริออริส นี้เป็นส่วนสำคัญของความเร็วเชิงมุมในการหมุนของวัตถุกับความเร็วด้านข้างที่เคลื่อนที่ออกจากแกนหมุนหรืออยู่รอบๆแกนหมุน



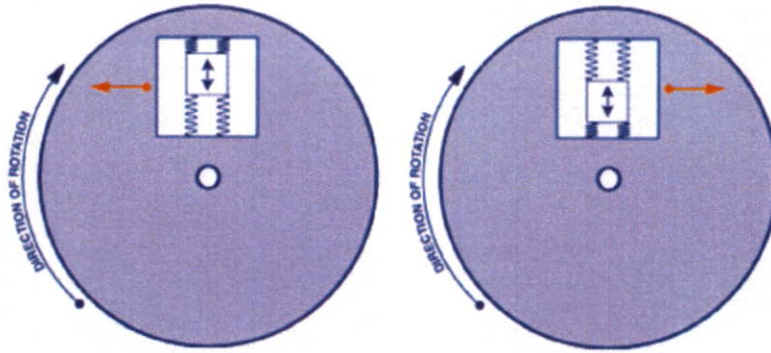
รูปที่ 2.6 หลักการทำงานภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

ภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม มีโครงสร้าง 2 ชั้นโดยชั้นในมีมวลขนาดเล็กต่ออยู่กับชุดสปริง ส่วนชั้นนอกจะต่อกับแผงวงจรโดยมีชุดสปริงชุดที่สองเชื่อมต่อระหว่างชั้น



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

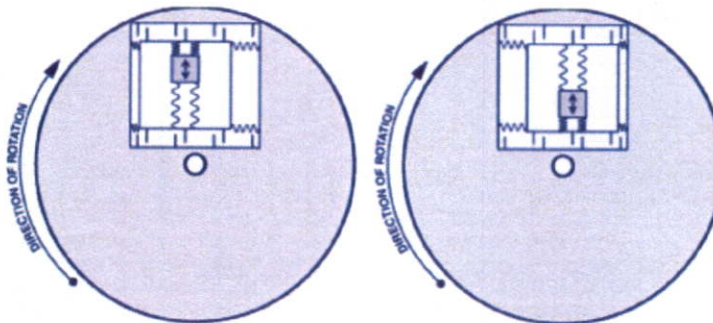
มวลภายในจะมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องแบบของไซน์ (Sinusoidally) ไปกับชุดสปริงที่ติดอยู่กับมวล การเคลื่อนที่หมุนของระบบจะทำให้เกิดแรงโคริออริส ขึ้นภายในมวลผลึกให้มวลเคลื่อนที่ไปทางชุดสปริงชุดที่สอง โดยมวลจะเคลื่อนที่ออกจากแกนหมุนซึ่งถูกผลึกในทิศทางตั้งฉากและจะเคลื่อนที่กลับไปยังแกนหมุนดั้งเดิมโดยถูกผลึกในทิศทางตรงกันข้ามเนื่องจากแรงโคริออริส ที่กระทำต่อมวล



รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของมวลภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

- ไครออริสเซนฟิงเกอร์(Coriolis Sense Fingers)

แรงไครออริส ถูกตรวจจับด้วยไครออริสเซนฟิงเกอร์ซึ่งอยู่ตรงด้านที่ไม่มีชุดสปริงชั้นนอกติดอยู่ โดยมวลที่ถูกผลักด้วยแรงไครออริส ส่งผลให้ค่าความจุที่แตกต่างกันจะถูกตรวจจับด้วย ไครออริสเซนฟิงเกอร์ที่มาอยู่ใกล้กันระหว่างภายในกับภายนอก เมื่อมวลถูกผลักในทิศทางตรงกันข้าม ไครออริสเซนฟิงเกอร์ของด้านภายในกับด้านภายนอกจะมาอยู่ใกล้กันจึงทำให้เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับขนาดและทิศทางของความเร็วเชิงมุมของระบบได้



รูปที่ 2.9 การทำงานของ ไครออริสเซนฟิงเกอร์

การเคลื่อนที่ไปมาระหว่าง ไครออริสเซนฟิงเกอร์นั้น ในกรณีที่ ไครออริสเซนฟิงเกอร์เคลื่อนที่เข้าหา ไครออริสเซนฟิงเกอร์ชั้นนอกจะทำให้ระยะห่างระหว่าง ไครออริสเซนฟิงเกอร์ชั้นในกับ ไครออริสเซนฟิงเกอร์ชั้นนอกลดลง ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้ ไครออริสเซนฟิงเกอร์อีกอันของชั้นเดียวกันมี

ระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความแรงที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามสมการที่ (2.3)

$$C = \frac{\epsilon A}{D} \quad (2.3)$$

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็น ( $m^2$ )
- $\epsilon$  คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มีหน่วยเป็น (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็น ( $\mu m$ )

- การแปลงค่าการเก็บประจุเป็นแรงดัน (C to V Converter)

จะทำการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจาก โคโรอริสเซนฟิงเกอร์ เป็นค่าแรงดัน ตามสมการที่ (2.4)

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.4)$$

โดยที่

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

### 2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, พอร์ต(Port) อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็นเช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาต์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่าง

เข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

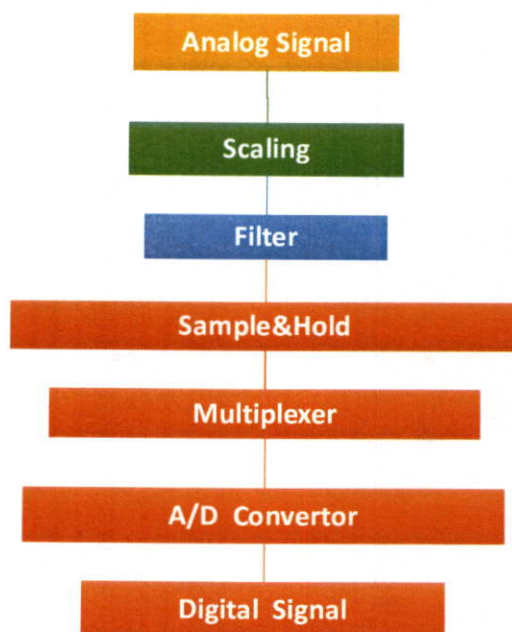
ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เต้าอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ

ในโครงการนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเอาต์พุตจากเซ็นเซอร์วัดความแรงและเซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC Voltage Resolution :  $R_{ADV}$ ) ตามสมการที่ (2.5)

$$R_{ADV} = \frac{V_{DD} - V_{SS}}{2^N - 1} \quad (2.5)$$

โดยที่

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



รูปที่ 2.10 กระบวนการทำงานของ A to D Converter

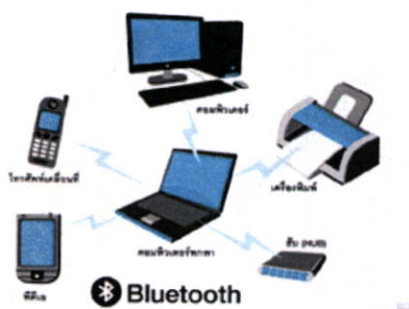
### 2.1.3 เทคโนโลยีบลูทูธ

**เทคโนโลยีบลูทูธ** คือ เทคโนโลยีไร้สายเป็นระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิลหรือสายสัญญาณเชื่อมต่อและไม่จำเป็นจะต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนและในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ ชุดหูฟัง (Headset) บนโทรศัพท์มือถือด้วย

**เทคโนโลยีบลูทูธ** เป็นระบบสำหรับการเชื่อมโยงสื่อสารไร้สายระหว่างอุปกรณ์แบบพกพา (Portable) ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระยะบริเวณใกล้เคียงกัน ไม่ห่างไกลกันมากนัก ซึ่งความสามารถในการส่งข้อมูลของบลูทูธ นั้นขึ้นกับแต่ละ ประเภท (class) ที่ใช้ ซึ่งมี 3 ประเภท ดังนี้

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

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



รูปที่ 2.11 พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล

บลูทูธ จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่ในช่วง 2.4 ถึง 2.4835 GHz. โดยแบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ระยะทำการของ บลูทูธ จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสารโดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้

การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของบลูทูธ จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่ต้องอยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือเคลื่อนย้ายได้สามารถติดต่อเชื่อมโยงสื่อสารแบบไร้สายระหว่างกัน ในช่วงระยะทางสั้น ๆ ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุดถึง 7 เครื่องพร้อมกัน

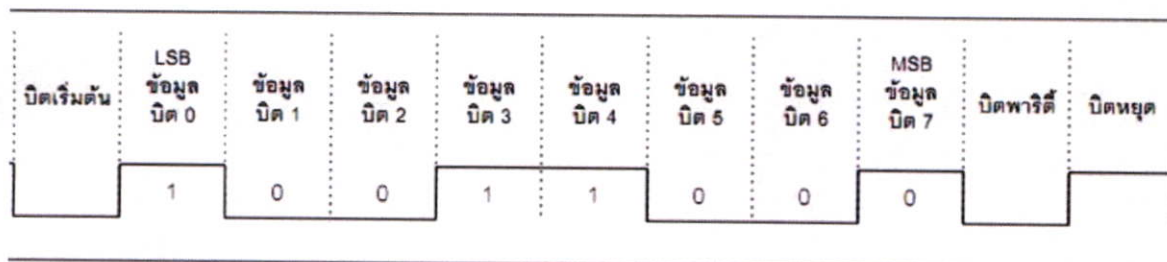


รูปที่ 2.12 การทำงานของบลูทูธ

#### - การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบพอร์ตอนุกรมมีอยู่ 2 ประเภทคือ พอร์ตสื่อสารอนุกรม MSSP และพอร์ตสื่อสารอนุกรมยูอาร์ที(UART) โดยพอร์ตยูอาร์ที จะมีการสื่อสารข้อมูลตามแบบมาตรฐาน RS-232 ด้วยความเร็ว 9600 bits/second ซึ่งรูปแบบของข้อมูลอนุกรมประกอบไปด้วยบิตเริ่ม(start) ตามด้วยข้อมูล 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี(Parity) และสุดท้ายคือบิตหยุด (stop) โดยการสื่อสารข้อมูลบิตที่มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (LSB) จะถูกส่งออกไปเป็นบิตแรก และข้อมูลบิตที่สำคัญสูงสุด (MSB) จะถูกส่งออกเป็นบิตสุดท้าย

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยหน้าที่หลักของยูอาร์ที คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง ยูอาร์ทีให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก ยูอาร์ทีจะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

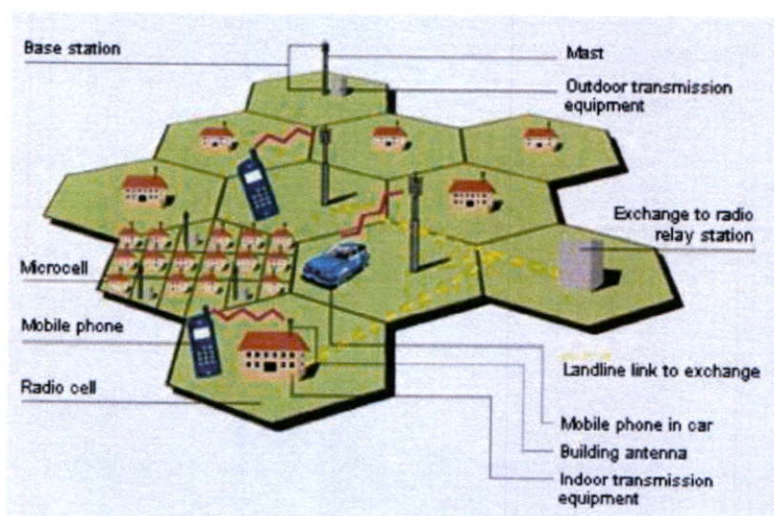


รูปที่ 2.13 ข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม

#### 2.1.4 เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม

จีเอสเอ็ม เป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก ปัจจุบันมีผู้ใช้มากกว่า 1.5 พันล้านคนใน 210 ประเทศ จีเอสเอ็ม เป็นมาตรฐานเปิดภายใต้การดูแลของ 3GPP คือ มาตรฐานโทรศัพท์ เคลื่อนที่จัดทำโดยกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก เป็นระบบที่ได้รับความเชื่อถือจากประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

จีเอสเอ็ม ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับช่องสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสียงแบบ TDMA ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือก่อนหน้านี้ จึงถือว่าเป็นโทรศัพท์มือถือในยุคที่สอง หรือ 2G มีพัฒนาการมาจากโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์



รูปที่ 2.14 ระบบจีเอสเอ็ม ที่ใช้กันทั่วไป

ในยุคแรกเมื่อประมาณสิบปีที่แล้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ระบบอะบอลง (About log) เช่น ระบบ เอเอ็มพีเอส (AMPS (Advanced Mobile Phone Service)) ที่เน้นการใช้งานคลื่นเสียง แต่ด้วยการขยายตัวขณะเดียวกันแถบความถี่หรือแบนวิธของการใช้งานก็มีจำกัดดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนางานทางด้าน เทคนิคให้รองรับการใช้งานที่มีความต้องการใช้สูงได้ ระบบต่อมาในยุคที่สองจึงต้อง หันมาใช้ระบบดิจิตอล และที่เรารู้จักกันก็คือ จีเอสเอ็ม (Global System for Mobile Communications) ลักษณะการรับค่าเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ระบบ การแบ่งเวลาที่เรียกว่า ทีดีเอ็มเอ (TDMA (Time Division Multiple Access) )

ระบบจีเอสเอ็ม ที่อยู่ในยุคที่สองเป็นช่องสัญญาณเสียงเป็นหลัก โดยใช้แถบขาเข้าเพียงประมาณ 9 กิโลบิตต่อหนึ่งช่องเสียง ความเร็วขนาด 9 กิโลบิตต่อวินาทีคงไม่พอเพียงกับการเชื่อมต่อเครือข่ายของอุปกรณ์มือถือ ซึ่งกำลังเน้นการประยุกต์ที่ต้องการความเข้าใจในการรับค่ามากขึ้น

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงต้องพัฒนาต่อโดยพัฒนาระบบดับเบิลซีดีเอ็มเอ (WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทำให้ขยายช่องสัญญาณได้ มากขึ้นและได้แถบกว้างขึ้น การพัฒนาจากจีเอสเอ็ม ที่ใช้เทคนิค ทีดีเอ็มเอ มาเป็นดับเบิลซีดีเอ็มเอเป็นมาตรฐานที่สำคัญของการพัฒนาระบบ จีเอสเอ็ม ขณะเดียวกัน ในสหรัฐอเมริกา ก็พยายามพัฒนาระบบ 2G ซึ่งเป็น ทีดีเอ็มเอ ขยายต่อโดยใช้ชื่อเทคโนโลยีที่ อีดีจีอี (EDGE (Enhance Data Rate for GSM)) ซึ่งก็เป็นการพัฒนา เข้าสู่ 3G เช่นกัน

#### - โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบจีเอสเอ็ม

1.1 เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station หรือ MS) คือ เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้ใช้บริการใช้ในการโทรออกหรือรับสายเรียกเข้านั่นเอง

1.2 ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem หรือ BSS) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Base Transceiver Station (BTS) และ Base Station Controller (BSC) ส่วนของ BTS ทำหน้าที่ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ เคลื่อนที่ (MS) ทั้งหมด

1.3 ส่วนของระบบเน็ตเวิร์กและสวิตซ์ซิง (Network and Switching Subsystem หรือ NSS) ที่ประกอบขึ้นจาก MSC, HLR, AUC, และ VLR มีหน้าที่ในการควบคุมการเรียก (Call control) จัดการกับตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของเครื่องโทรศัพท์ (Mobily Management) และการดูแลในเรื่องของการให้บริการเสริม (Supplementary services)

1.4 ระบบปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem หรือ OSS) มีหน้าที่ดูแลจัดการเรื่องการปฏิบัติการของระบบโดยรวม

#### - การรับส่งคลื่นวิทยุในระบบจีเอสเอ็ม

ส่วนของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และวงจรเข้ารหัสสัญญาณ เมื่อสัญญาณนี้เดินทางถึงภาครับซึ่งคือสถานีฐาน ก็จะถูกนำไปผ่านกระบวนการที่กลับกับภาคส่งเพื่อดึงสัญญาณที่ต้องการออกมา สัญญาณที่ได้ซึ่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลก็จะถูกสวิตซ์เพื่อเชื่อมต่อโทรศัพท์เครื่องนี้กับอีกเครื่องหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเป็นโทรศัพท์พื้นฐานธรรมดา

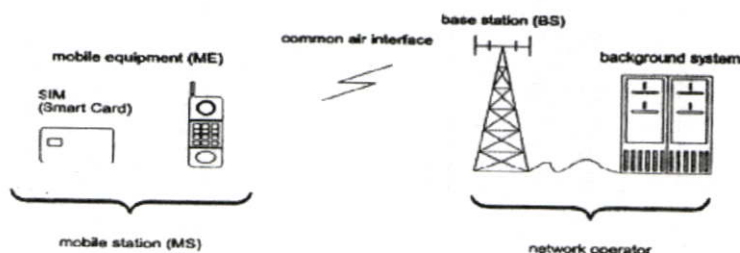
### - การเข้ารหัสช่องสัญญาณในระบบจีเอสเอ็ม

ในระบบจีเอสเอ็ม เราสามารถแบ่งการเข้ารหัสช่องสัญญาณออกเป็น 3 แบบหลัก ตามประเภทของสัญญาณข้อมูลที่จะส่ง คือ

1. การเข้ารหัสช่องสัญญาณของสัญญาณเสียง TCH/FS ข้อมูลเสียงซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลก่อน จากนั้นจะนำไปเข้ารหัสด้วยวิธี RPE ซึ่งจะได้ข้อมูล ข้อมูลเหล่านี้จะต้องนำไปหาเข้ารหัสช่องสัญญาณก่อน ในการเข้ารหัสช่องสัญญาณนั้น
2. การเข้ารหัสช่องสัญญาณของข้อมูลประเภทดาตา ข้อมูลที่จะส่งออกที่อัตราบิต 9.6 kbps และ ข้อมูลดาตาที่มีอัตราบิต 2.4 kbps สำหรับอัตราการส่งข้อมูลที่ต่างกันก็จะมีรายละเอียดในการเข้ารหัส ช่องสัญญาณที่แตกต่างกันด้วย
3. การเข้ารหัสช่องสัญญาณของสัญญาณซิงแนลลิง ชนิดของสัญญาณซิงแนลลิงที่มีการเข้ารหัสช่องสัญญาณประกอบด้วย SACCH, FACCH, BCCH, SDCCH, PCH และ AGCH ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปเข้ารหัสที่เรียกว่า ไฟร์โค้ด(FIRE code) ที่มีซึ่งมีความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขการผิดพลาดของข้อมูลจากนั้นก็นำข้อมูลเหล่านี้ไปหาการอินเทอร์ลิฟเพื่อลดผลกระทบของสัญญาณรบกวนแบบเบิร์สต์

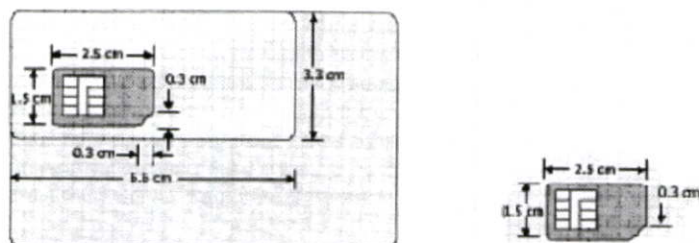
#### 2.1.5 ซิมการ์ด (SIM CARD)

ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ จีเอสเอ็ม เน็ตเวิร์ค (GSM Network “ Group Special Mobile Network) ” ดังรูป 2.19 ได้มีการนำเอาสมาร์ตการ์ดมาเป็นส่วนประกอบสำคัญซึ่ง ซิม (SIM (Subscriber Identity Module)) ก็เป็นชื่อของสมาร์ตการ์ด ที่นำมาใช้กับระบบ จีเอสเอ็มโดยที่ ซิมจะมีรหัสเลขฐานสิบหกที่จะใช้ติดต่อกับระบบฐานเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือ หรือเรียกว่าไอเอ็มเอสไอ (IMSI (International Mobile Subscriber)) คือ ค่าเบอร์โทรที่เป็นเบอร์มาตรฐาน ทั่วโลกก็จะไม่ซ้ำกันค่านี้ ขนาด 9 byte หรือ 64 bit และค่าเคไอ (KI (Individual Subscriber Authentication Key))คือ คาร์รหัสประจำซิมการ์ด ที่ใช้ติดต่อกับเครือข่าย ค่านี้จะมีการเข้ารหัส แล้วถึงจะส่งออกไปในเครือข่าย จะมีขนาด 128 bit ดังนั้นค่า คีร์ (Key) นี้จะมีความปลอดภัยสูง นอกจากนั้น ซิม ยังใช้เก็บโปรแกรม เก็บข้อมูลอื่นๆได้อีกด้วยเช่นสมุดโทรศัพท์, ข้อมูลการโทรเข้าและโทรออก, ข้อความ (massage) เป็นต้น



รูปที่ 2.15 Structure of a mobile station in the GSM Network

จากสมาร์ทการ์ดที่มีขนาดบัตรเท่ากับบัตรเครดิต นำบัตรมาตัดให้มีขนาด ดังรูปบนแสดงให้ เห็นถึง ซิม ซึ่งก็คือการนำบัตรสมาร์ทการ์ด มาตัดออกให้ได้ขนาดตามมาตรฐานของ ซิม จะเห็นได้ดังรูป โดยวงจรจะกล่าวถึงอ่าน-เขียนข้อมูลใน ซิมการ์ด เช่นสมุดโทรศัพท์



(ก)

(ข)

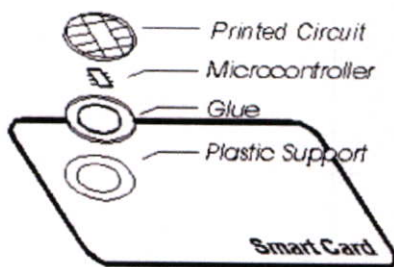
รูปที่ 2.16 (ก) รูปบัตรสมาร์ทการ์ดทั่วไป (ข) รูปซิมการ์ดที่ตัดมาจากบัตรสมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ดคือบัตรพลาสติกที่มีชิป IC(Integrated circuit) ติดหรือฝังอยู่ในตัวบัตร พลาสติกมีขนาดเท่ากับบัตรเครดิตเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผลภายในตัวเองโดย วิธีการเข้ารหัสตามมาตรฐานเพื่อให้ระบบมีความปลอดภัยสูงขึ้นด้วยคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สมาร์ทการ์ดมีความแตกต่างจากบัตรพลาสติกทั่วไปก็คือ ขณะทำรายการ (Transaction) สมาร์ทการ์ดสามารถทำงานได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องอาศัยการติดต่อสื่อสารกับระบบหลัก (Font End) นั่นก็คือสมาร์ทการ์ดไม่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสาร กับศูนย์กลางข้อมูลเหมือนกับบัตรแถบ แม่เหล็ก (Off-line) ทำให้ประหยัดในเรื่องระบบสื่อสารไปได้มาก

ในการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล สมาร์ทการ์ดสามารถทำได้อย่างรวดเร็วกว่าสื่อสำหรับ เก็บข้อมูลชนิดอื่น ๆ ด้วยขนาดที่เท่ากับบัตรแถบแม่เหล็กทำให้สะดวกในการจัดเก็บและพกพา นอกจากนี้สมาร์ทการ์ดยังมีคุณสมบัติด้านความทนทานที่น่าทึ่งไม่ว่าจะเป็น รั้งสีชนิดต่างๆ (ในปริมาณ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์) สนามแม่เหล็ก ไฟฟ้าสถิต ความชื้น ความร้อน การบิดงอ ฯลฯ ก็ไม่ สามารถทำให้สมาร์ทการ์ดเสียหายได้โดยง่าย จึงทำให้สมาร์ทการ์ดเทียบเท่ากับบัตรในทางอุดมคติ ใน ต่างประเทศก็ได้มีการใช้งานสมาร์ทการ์ดกันอย่างแพร่หลาย จนเป็นไปได้ว่าสมาร์ทกำลังเป็นบัตรชนิด ใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่บัตรแบบแถบแม่เหล็กที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน

#### • ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ดประกอบด้วยบัตรพลาสติก กาวหรือวัสดุที่ใช้เชื่อมต่อ และหน้าสัมผัสที่บรรจุชิป สมาร์ทการ์ดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงให้เห็นดังรูป

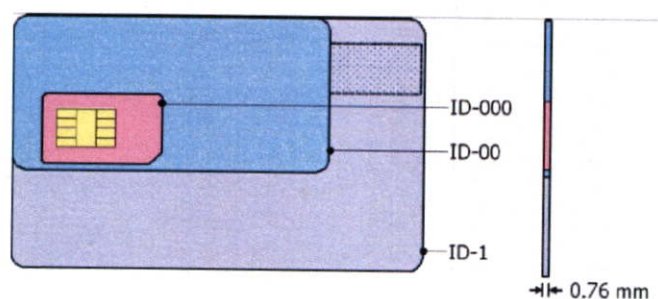


รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของสมาร์ทการ์ด

#### - ตัวบัตรพลาสติก

สมาร์ทการ์ดเป็นชิป IC ขนาดเล็กที่ถูกสร้างขึ้นเช่นเดียวกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ นำมาติดตั้งบนหน้าสัมผัส และทำการฝังลงบนในเนื้อบัตรพลาสติก ซึ่งพลาสติกที่นิยมนำมาทำเป็นบัตรจะใช้พลาสติก 4 ชนิดได้แก่ PVC (Poly vinyl Chlorides), ABS (Acrylonitrile Butadiene styrene), PC (Polycarbonate) และ PET (Polyethylene Terephthalate) ในประเทศไทยจะใช้บัตรพลาสติกชนิด PVC มากเป็นอันดับหนึ่ง ส่วนอันดับสองเป็นบัตรพลาสติกชนิด ABS ซึ่งบัตรพลาสติกชนิด PVC นำมาใช้เป็นบัตรพลาสติกชนิด ATM, บัตรเครดิต-เดบิต, บัตรประชาชน ฯลฯ ส่วนบัตรพลาสติกชนิด ABS ไม่ค่อยพบว่าใช้งานกันมากนัก เนื่องจากราคาสูงกว่า และลายที่พิมพ์ลงบนบัตรไม่สวยงามคงทนเท่าบัตรพลาสติกชนิด PVC จะพบก็เพียงบัตรพลาสติกชนิดเนื้อผสมโดยใช้บัตรพลาสติกชนิด ABS เป็นแกนและฉาบผิวพลาสติกชนิด PVC แต่ความทนทานของตัวบัตรจะสู้บัตรพลาสติกเนื้อ PVC ล้วนไม่ได้

สำหรับบัตรพลาสติกอีกสองชนิดที่เหลือ ยังไม่พบว่ามีการใช้งานในประเทศไทย อาจเนื่องมาจากราคาที่สูงเกินไปของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวบัตร และคุณสมบัติที่ด้อยกว่าตัวบัตรพลาสติกชนิด PVC แต่ข้อเสียที่สำคัญของพลาสติกชนิด PVC ก็ไม่ด้อยไปกว่าข้อดีของมัน นั่นก็คือมันไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติซึ่งเท่ากับเป็นขยะสำหรับสิ่งแวดล้อมเลยทีเดียว



- ID-1 54 x 85.6 mm (ISO 7810 credit card format)
- ID-00 33 x 66 mm
- ID-000 15 x 25 mm (small GSM SIM card)

รูปที่ 2.18 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งานและขนาด

## - หน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ด (Smart card Module)

สมาร์ทการ์ดโมดูลหรือหน้าสัมผัสของชิปสมาร์ทการ์ดคือ ส่วนที่แสดงความเป็นตัวตนของชิปสมาร์ทการ์ดที่ชัดเจนที่สุด สมาร์ทการ์ดบางชนิดเมื่อหยิบขึ้นมาเราอาจไม่ทราบได้เลยว่ามันคือสมาร์ทการ์ดที่มีการฝังชิปไว้ในเนื้อบัตร ดังนั้นการที่จะระบุลงไปว่าบัตรใดเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดนั้น ต้องที่หลักการทำงานและลูกเล่นของบัตรเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้ประสบการณ์เกี่ยวกับสมาร์ทการ์ดพอสมควร

### • โครงสร้างและองค์ประกอบต่าง ๆ ในการใช้งานสมาร์ทการ์ด (Smart card)

สมาร์ทการ์ด ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด ซึ่งผู้ผลิตได้แข่งทั้งเทคโนโลยี และราคาทำให้ Smart card ถูกลงอย่างมาก รวมทั้งอุปกรณ์เสริมก็มีราคาถูกลงเช่นกัน ประโยชน์ที่ได้จาก สมาร์ทการ์ด มีหลายอย่าง เช่นบัตรเครดิต,บัตรเดบิต, บัตรแทนเงินสด,บัตรแทนสมุดเงินฝาก,บัตรประชาชน, บัตรสุขภาพ, บัตรบันทึกการตรวจโรค, บัตรอนุญาตเข้าออกสถานที่ เป็นต้น ทั้งนี้แล้วแต่ว่าจะคิดและนำไปใช้กับงานอะไร จุดเด่นของสมาร์ทการ์ด คือความสามารถในการประมวลผลในตัวเอง และการรักษาความปลอดภัยในข้อมูล

#### - พื้นฐานของสมาร์ทการ์ด

มีพื้นฐานมาจากไมโครโปรเซสเซอร์ การนำชิปหน่วยความจำ (EEPROM) มาลงในบัตรพลาสติก โดยมีหน้าสัมผัสเป็นขาเชื่อมต่อบนภายนอก การนำเอาชิปหน่วยความจำมาใส่ในบัตรพลาสติก ทำให้เกิดข้อดีมากกว่าใช้แถบแม่เหล็กนอกจากนี้ยังได้มีการเพิ่มวงจรป้องกันลงไปอีก เพื่อให้ผู้ออกบัตร (card issue) สามารถกำหนดสิทธิในการเข้าถึงบัตรด้วยวงจรมะทริกกรรมตา ต่อมา มีการออกแบบวงจร ให้สามารถกำหนดPIN สำหรับเข้าถึงบัตร ต้องทำการเข้ารหัสทุกครั้งเมื่อบัตรทำงานซึ่ง ต่อมา มีการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใส่ลงในสมาร์ทการ์ด ทำให้การเข้าถึงข้อมูลไม่เหมือนแบบหน่วยความจำ การใส่ไมโครโปรเซสเซอร์ลงในสมาร์ทการ์ด ทำให้ต้องมีส่วนของ OS-Operating System สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถทำงานได้

#### - องค์ประกอบต่างๆในการใช้งานสมาร์ทการ์ด

- ตัวบัตรและตัวชิป ตัวบัตรและตัวชิปโดยหลักการแล้วสมาร์ทการ์ด เป็นเพียงบัตรที่มีชิป ฝังตัวอยู่ สามารถเก็บข้อมูลและประมวลผลได้เท่านั้น ผู้ออกแบบมีหน้าที่นำบัตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และทำให้ปลอดภัยกับข้อมูลภายในบัตร

- สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ (Smart card reader) เป็นอุปกรณ์สำหรับติดต่อกับ สมาร์ทการ์ด โดยภายใน สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ จะประกอบไปด้วย

- ซอฟต์แวร์ใช้เพื่อติดต่อกับสมาร์ทการ์ด

- การ์ดหน่วยความจำ (Memory card (synchronous card))

ในการรับส่งข้อมูลใช้หน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด ส่วนการรับส่งข้อมูลจะป้อน CLK ให้กับชิป ในการรับ-ส่งข้อมูลจำเป็นต้องให้สัมพันธ์กับ CLK ที่ป้อนให้ชิปสมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีส่วนประกอบ

- การ์ดประมวลผล (Processor card (Asynchronous card))

สมาร์ทการ์ดในปัจจุบันได้มีการใส่ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ชิปสามารถประมวลผลข้อมูล และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูล การนำไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาใส่ในสมาร์ทการ์ด ทำให้ต้องเพิ่ม หน่วยความจำเพื่อเก็บระบบปฏิบัติการ และหน่วยความจำสำหรับประมวลผลข้อมูล และมีการเพิ่ม ขอบในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลทางอัลกอริทึมสำหรับการ เข้า-ถอดรหัส ทำให้สมาร์ทการ์ดชนิด ประมวลผล (Processor) มีการทำงานสูงกว่าชนิด หน่วยความจำ (memory) หลายเท่า

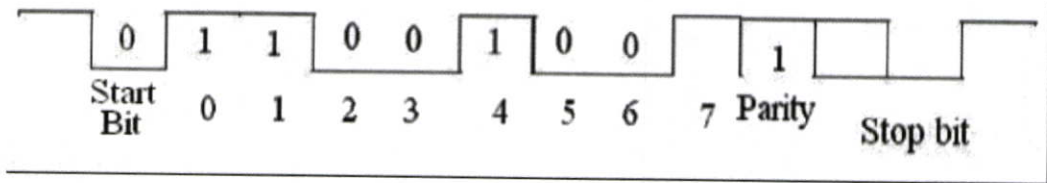
- การเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ด

- การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า

การสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณมีมาตรฐาน ISO 7816-3 เป็นตัวกำหนดการ สื่อสาร ในปัจจุบันระดับแรงดันไฟฟ้าใช้ 3 volt ระดับแรงดันไฟฟ้าจึงอยู่ในระดับ 0 –3 volt ทำให้ ความสิ้นเปลืองพลังงานลดน้อยลงในการสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดจะใช้แบบ Single bus เป็นหลัก จะคล้ายกับแบบอนุกรมแบบธรรมดาแต่ ซิงเกิ้ลบัส (Single bus) ไม่สามารถสื่อสารแบบฟูลดูเพลค (Full Duplex) และในสมาร์ทการ์ดชนิด หน่วยความจำ จะรับส่งสัญญาณตามสัญญาณนาฬิกา ส่วน ประมวลผล สมาร์ทการ์ด จะสามารถ รับ – ส่ง ได้โดยไม่จำเป็นต้องให้สัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาใน การสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดจะ รับ-ส่ง ข้อมูลคนละเวลากัน และมีรูปแบบบิตข้อมูลในการส่ง 2 แบบ

### 1. Direct Convention

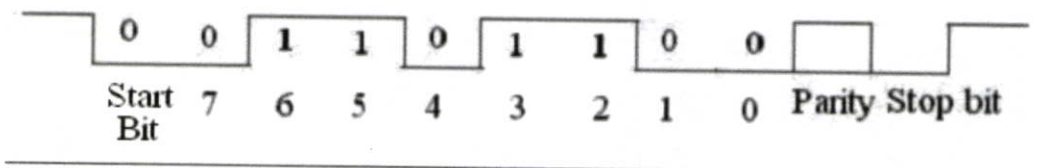
แทน logic "1" ด้วย Bit = "1" แทน logic "0" ด้วย Bit = "0" และ Bit แรกเป็น LSB



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการส่งข้อมูล C9 (HEX) = 1100 1001 (binary)

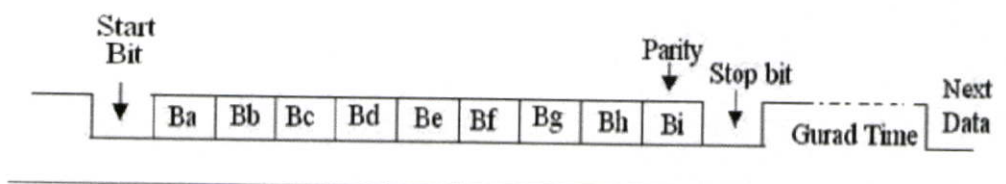
### 2. Converse Convention

แทน logic "0" ด้วย Bit = "1" แทน logic "1" ด้วย Bit = "0" และ Bit แรกเป็น MSB



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการส่งข้อมูล C9 (HEX) = 1100 1001 (binary)

แต่ทางที่ดีควรสร้าง Card Driver ให้สามารถตอบสนองการสื่อสารได้ทั้ง 2 แบบ



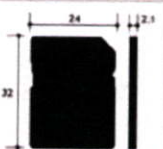
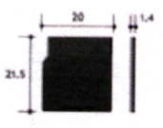
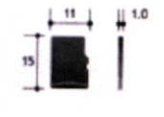
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้รับ-ส่งสมาร์ตการ์ด

### 2.1.6 การ์ดความจำ

Secure Digital Card (SD Card) เป็นรูปแบบการ์ดที่เป็นหน่วยความจำแบบ Nand flash memory ซึ่ง NAND Flash ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นหน่วยเก็บข้อมูลขนาดกลาง สำหรับกล้องถ่ายรูป ดิจิตอล, โทรศัพท์มือถือ และ PDA คุณลักษณะของ NAND Flash ROM คือ มีราคาถูก เก็บข้อมูลได้มาก และมีอายุการใช้งานได้นานกว่า NOR Flash ROM แบบเดิมถึง 10 เท่า ในส่วนของข้อดีของ NAND Flash ROM คือ มีความเร็วในการจัดการข้อมูลช้ากว่า เพราะเป็นโครงสร้างการจัดการแบบ execute in place (XIP) กล่าวคือ กระบวนการทำงานของเครื่องที่ใช้ NAND Flash ROM จำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลจาก NAND Flash ROM ก่อน แล้วค่อยเรียกขึ้นไปทำงาน คล้าย ๆ กับการทำงานของฮาร์ดดิสในเครื่องพีซีเดสก์ท็อป และหน่วยความจำหลัก (main memory) ดังนั้นส่วนของหน่วยความจำหลัก ที่ใช้ NAND Flash ROM จำเป็นจะต้องมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เพื่อใช้สำรองระบบการจัดการข้อมูลแบบนี้ จึงทำให้พื้นที่ของส่วนความจำเพื่อใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลอื่นๆจะเหลือน้อยลง

#### - การทำงานของการ์ดความจำ

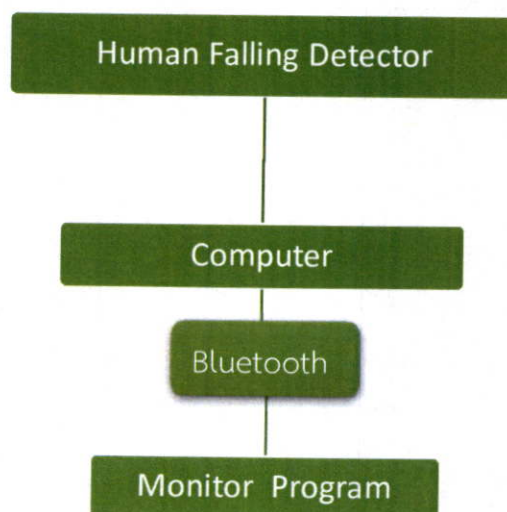
ภายในการ์ดความจำจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กคล้ายกับการทำงานของ CPU ทำหน้าที่คอยดูแลและติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ SD Card ในขณะนั้น เช่น PDA Phone หรือ โทรศัพท์มือถือ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่จัดการเรื่องข้อมูลต่างๆที่ถูกอ่านและถูกเขียนของใน Flash โดย CPU หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานเฉพาะในช่วงที่มีการใช้งานข้อมูลใน card เท่านั้น การทำงานของการ์ดความจำจะเร็วหรือช้านั้นก็ขึ้นอยู่กับความเร็วของ CPU ในเครื่อง PDA Phone หรือ อุปกรณ์ต่างๆด้วย เช่น เมื่อมีการใช้งาน การ์ดความจำบน โทรศัพท์ ตัวโทรศัพท์ จะส่งข้อมูลแจ้งไปยังการ์ดความจำว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถรองรับความเร็วสูงสุดที่เท่าไร ? ก็ให้ใช้ความเร็วที่นั้น เพราะฉะนั้นหาก clock ของโทรศัพท์ยิ่งเร็ว การทำงานของ การ์ด ก็จะเร็วตามไปด้วย โดยข้อมูลจะถูกส่งในแต่ละวินาทีได้รวดเร็วขึ้น สำหรับข้อดีของการ์ดความจำก็คือ ไม่มีส่วนของการเคลื่อนไหวของกลไกต่างๆใน การ์ด จึงสามารถทนทานได้โดยไม่เสียหายและไม่ต้องอาศัยพลังงานใดๆไปหล่อเลี้ยงเอาไว้ ไม่ว่าจะเป็น การ์ดความจำ, ความจำขนาดเล็ก (Mini SD) หรือ Micro SD มันก็คือหลักการเดียวกันการทำงานเหมือนกันแต่จะต่างกันที่ขนาดรูปร่าง เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ของอุปกรณ์ที่จะใช้งานร่วม

		Full size SD	miniSD	microSD
Size				
Card Type		SD, SDHC, SDXC	SD, SDHC	SD, SDHC, SDXC
Physical	Area	768 mm <sup>2</sup> (100)	430 mm <sup>2</sup>	165 mm <sup>2</sup>
	Card Volume	1,613 mm <sup>3</sup> (100)	602 mm <sup>3</sup>	165 mm <sup>3</sup>
	Thickness	2.1 mm	1.4 mm	1.0 mm
	Weight	Approx. 2g	Approx. 1g	Approx. 0.5g
	Number of pins	9 pins	11 pins	8 pins
	File System	FAT16/32	FAT16/32	FAT16/32
	Operating Voltage	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V
	Write-protect Switch	YES	NO	NO
Copyright protection		CPRM (mandatory)	CPRM (mandatory)	CPRM (mandatory)

รูปที่ 2.22 รูปแบบของการ์ดความจำ

## 2.2 หลักการของคอมพิวเตอร์

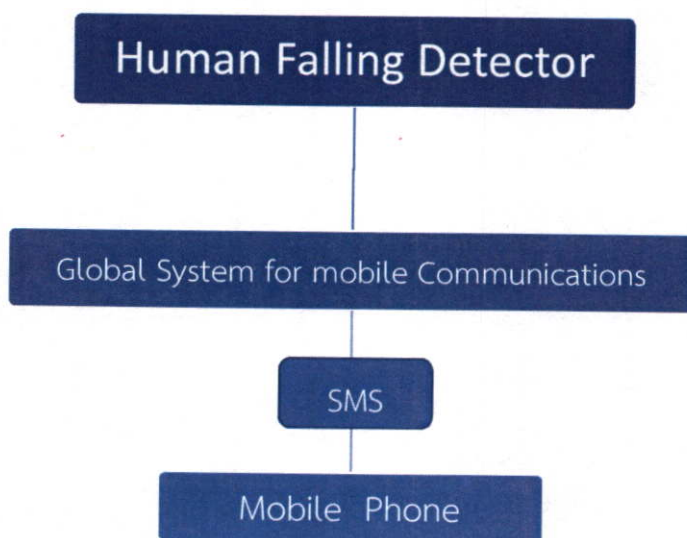
คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องตรวจจับคนล้ม โดยผ่านระบบบลูทูธเพื่อทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของรูปสัญญาณในแต่ละอริยาบถต่างๆแบบเวลาจริงด้วยโปรแกรมเฉพาะที่ใช้ในการสังเกตค่า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยลักษณะพฤติกรรมต่างๆต่อไป



รูปที่ 2.23 หลักการทำงานของคอมพิวเตอร์

### 2.3 หลักการของจีเอสเอ็มโมดูล

จีเอสเอ็มโมดูลทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องตรวจจับคนล้มถ้ามีการส่งสัญญาณการล้มมา จีเอสเอ็มโมดูล จะส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนการล้มไปยังโทรศัพท์มือถือของญาติ

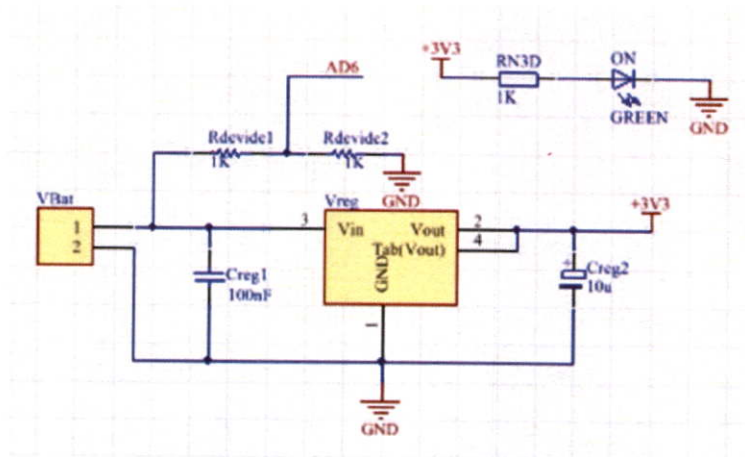


รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของจีเอสเอ็มโมดูล

## บทที่ 3

### วิธีการเลือกอุปกรณ์และการออกแบบ

#### 3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +3.3V



รูปที่ 3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +3.3 V

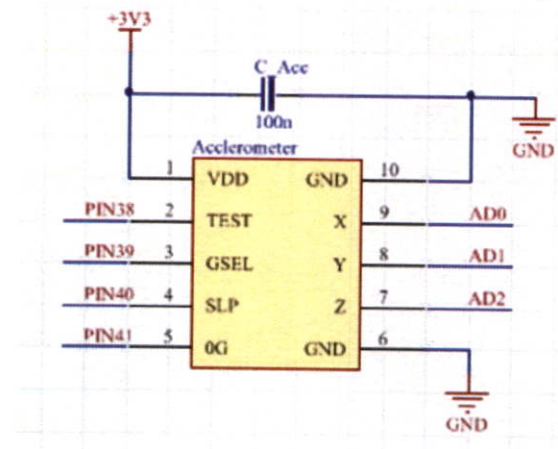
#### 3.2 เซ็นเซอร์

3.2.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง คือ เซ็นเซอร์วัดความเร่งที่ใช้วัดค่าในรายงานฉบับนี้ คือ เบอร์ MMA7361L โดยมีรายละเอียดของเซ็นเซอร์ ดังต่อไปนี้

1. Dimensions : 0.4" x 0.5" x 0.09" (without header pins)
2. Low Current Consumption : 0.5mA
3. Sleep Mode : <math>< 3 \mu\text{A}</math>
4. Low Voltage Operation : 2.2 V – 3.6 V
5. High Sensitivity : 800 mV/g @ 1.5g
6. Selectable Sensitivity :  $\pm 1.5g, \pm 6g$
7. Fast Turn On Time : 0.5 ms Enable Response Time



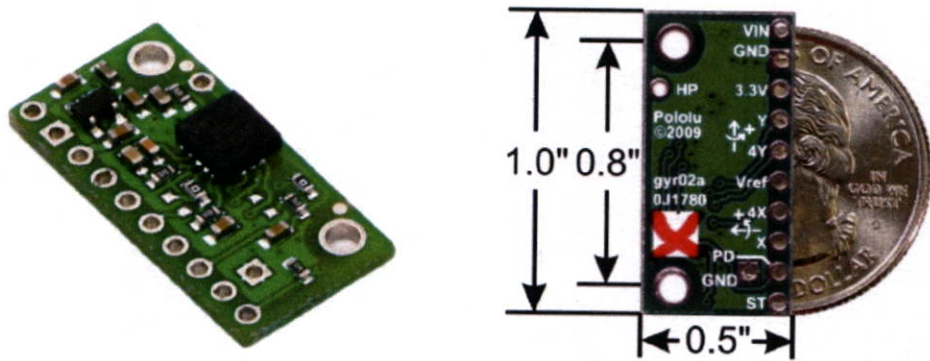
รูปที่ 3.2 ลักษณะและขนาดต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L



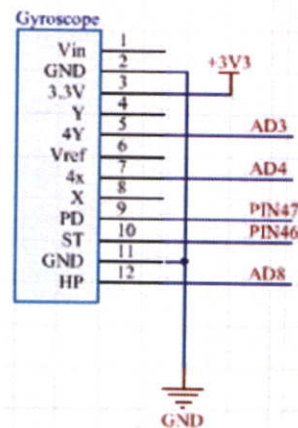
รูปที่ 3.3 การต่อวงจรของเซนเซอร์วัดความเร่ง MMA7361L

3.2.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม เซนเซอร์วัดความเร่งที่ใช้วัดค่าในรายงานฉบับนี้ คือ เบอร์ LPY550AL โดยมีรายละเอียดของเซนเซอร์ ดังต่อไปนี้

1. 2.7 V to 3.6 V single supply operation
2. Very extended operating temperature range (-40°C to +85°C)
3. High stability overtemperature
4. Absolute analog rate output
5. Two separate outputs for each axis (1x and 4x amplified)
6. Integrated low-pass filters
7. Low power consumption
8. Embedded power-down
9. Embedded self-test
10. High shock and vibration survivability



รูปที่ 3.4 ลักษณะและขนาดต่างๆของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม



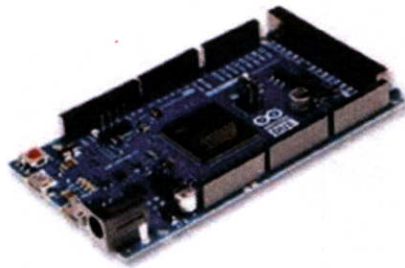
รูปที่ 3.5 การต่อวงจรของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม

### 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลภายในรายงานฉบับนี้ คือ Arduino Due โดยมีรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังต่อไปนี้

1. Microcontroller: AT91SAM3X8E
2. Operating Voltage: 3.3V
3. Recommended Input Voltage: 7-12V
4. Min-Max Input Voltage: 6-20V
5. Digital I/O Pins: 54 (of which 12 provide PWM output)
6. Analog Input Pins: 12
7. Analog Outputs Pins: 2

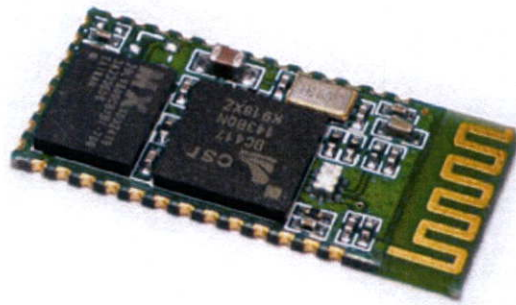
8. Total DC Output Current on all I/O lines: 130 mA
9. DC Current for 3.3V Pin: 800 mA
10. DC Current for 5V Pin: 800 mA
11. Flash Memory: 512 KB all available for the user applications
12. SRAM: 96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
13. Clock Speed: 84 MHz



รูปที่ 3.6 : Arduino Due

### 3.4 โมดูลบลูทูธ

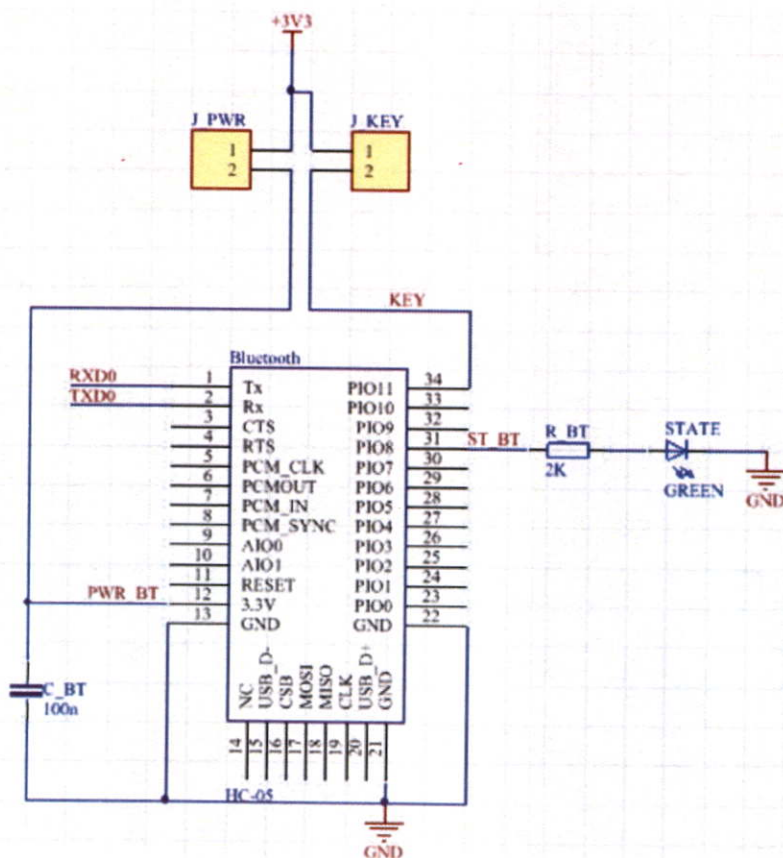
โมดูลบลูทูธ ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายในโครงงานนี้ คือ HC-05 โดยมีรายละเอียดของ โมดูลบลูทูธ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 Module Bluetooth

1. Typical -80dBm sensitivity
2. Up to +4dBm RF transmit power
3. Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
4. PIO control

5. UART interface with programmable baud rate
6. With integrated antenna
7. With edge connector
8. Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.



รูปที่ 3.8 การต่อวงจร โมดูลบลูทูธ

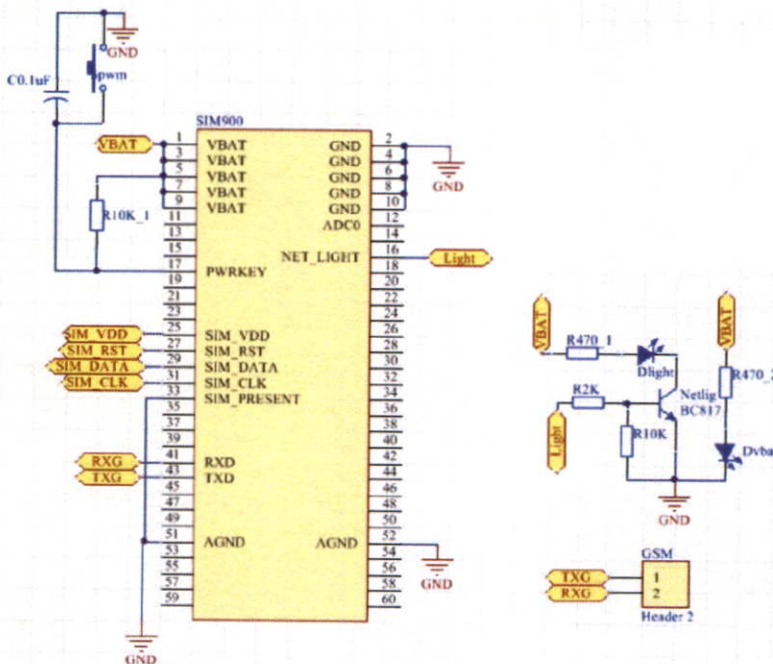
### 3.5 เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม

เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายในโครงงานนี้ คือ SIM900B โดยมีรายละเอียดของ Module GSM ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.9 โมดูลจีเอสเอ็ม ซิม900B

- รองรับความถี่ GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz
- รองรับ GPRS Multi-Slot Class10 และ GPRS Mobile Station Class B
- รองรับมาตรฐานคำสั่ง AT Command (GSM 07.07 / 07.05 และคำสั่งเพิ่มเติมจาก SIMCOM)
- รองรับ SIM Applications Toolkit
- ทำงานที่ย่านแรงดัน 3.2V ถึง 4.8V
- รองรับการเชื่อมต่อภายนอก
- ใช้ได้กับ SIM 3V และ 1.8V
- มีวงจร Analog Audio (MIC & Speaker) จำนวน 2 ชุด
- รองรับ 5x4 Keypad Interface & SPI LCD Interface
- มีระบบ RTC พร้อมวงจร Backup มีขั้วต่อเสาอากาศภายนอกแบบ Connector และจุดเชื่อมต่อแบบ PAD



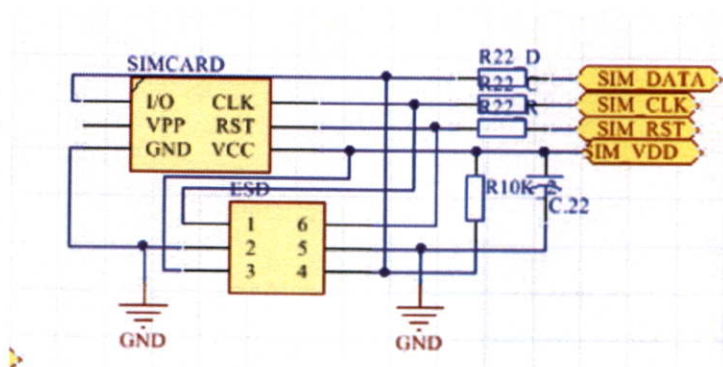
รูปที่ 3.10 การต่อวงจรโมดูลจีเอสเอ็ม ซิม900B

### 3.6 ซิมการ์ด

เป็นวงจรที่นำมาใช้กับระบบ จีเอสเอ็ม ซึ่งจะใช้ติดต่อกับระบบฐานเครือข่ายของ โทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 3.11 ซิมการ์ด



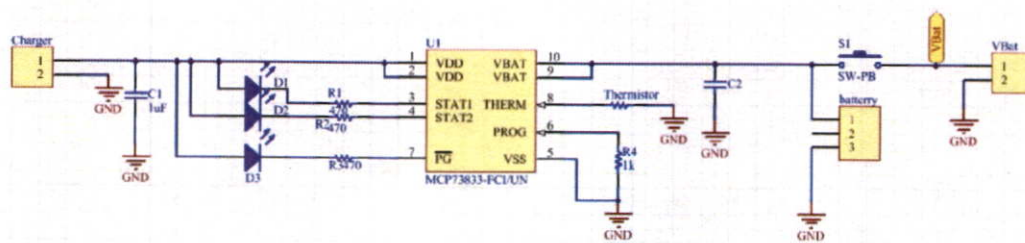
รูปที่ 3.12 วงจร ซิมการ์ด

### 3.7 แบตเตอรี่ชาร์จ (Battery Charger)

ในเครื่องตรวจจับคนล้มเราต้องใช้แบตเตอรี่ ดังนั้นจึงได้ทำวงจรชาร์จแบตเตอรี่ขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- Complete Linear Charge Management Controller
  - Integrated Pass Transistor
  - Integrated Current Sense
  - Integrated Reverse Discharge Protection
- Constant Current / Constant Voltage Operation with Thermal Regulation
- High Accuracy Preset Voltage Regulation: - 4.2V, 4.35V, 4.4V, or 4.5V, + 0.75%
- Programmable Charge Current: 1A Maximum
- Preconditioning of Deeply Depleted Cells

- Selectable Current Ratio
- Selectable Voltage Threshold
- Automatic End-of-Charge Control
  - Selectable Current Threshold
  - Selectable Safety Time Period
- Automatic Recharge
  - Selectable Voltage Threshold
- Two Charge Status Outputs
- Cell Temperature Monitor
- Low-Dropout Linear Regulator Mode
- Automatic Power-Down when Input Power Removed
- Under Voltage Lockout



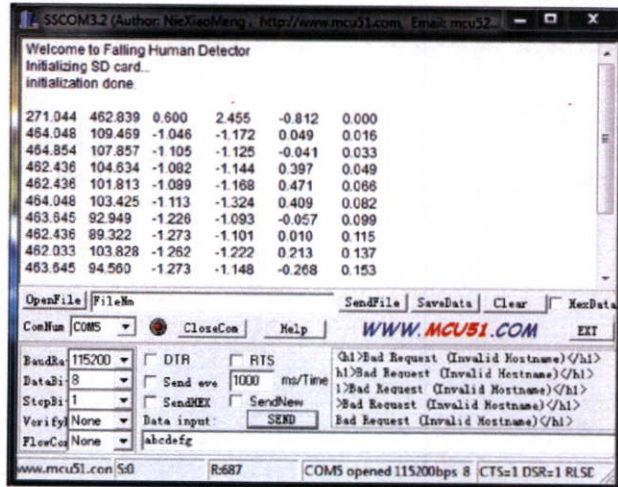
รูปที่ 3.13 แผงวงจรชาร์จแบตเตอรี่

## บทที่ 4

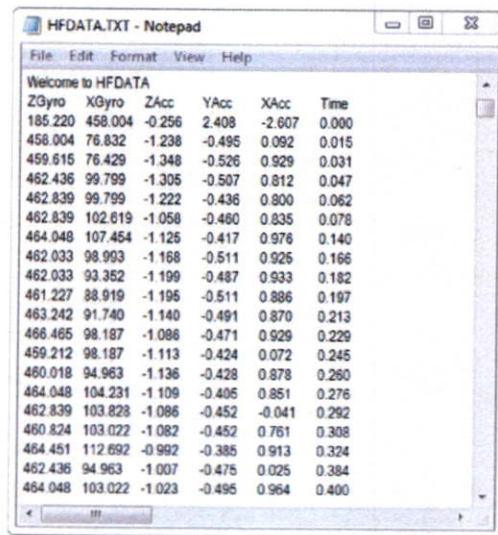
### ผลการทดสอบ

#### 4.1 การทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์บลูทูธเพื่อส่งแกตซ์ข้อมูล

โดยจะเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธโดยใช้โปรแกรมเอสเอสคอม32(sscom32)



#### 4.2 การทดลองเก็บข้อมูลในการหน่วยความจำ



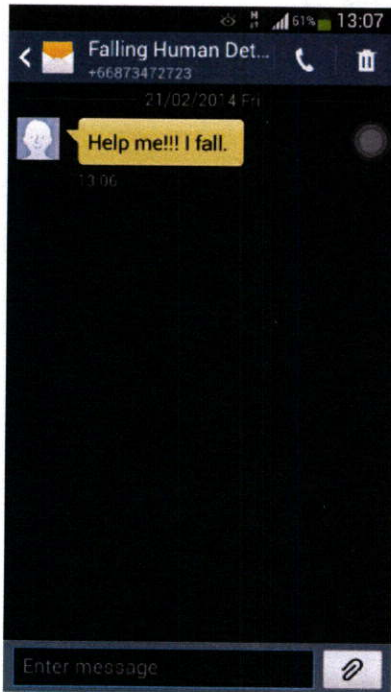
### 4.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์

จากการทดลองลื่นล้มหลายๆครั้ง เพื่อหาความเร่งที่จะใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการลื่นล้มในการกำหนดเงื่อนไขการลื่นล้มในส่วนการวิเคราะห์และตัดสินใจซึ่งค่าความเร่งต่ำสุดและค่าความเร็วเชิงมุมที่ได้จากการทดลองนั้นคือ  $3.0 \text{ m/s}^2$  และ  $290 \text{ }^\circ/\text{s}$  ด้วยเหตุนี้การกำหนดเงื่อนไขในการลื่นล้มจึงควรอยู่ที่ค่าความเร่งดังกล่าวแต่เพื่อความปลอดภัยจึงทำการเผื่อค่าความเร่งไว้ โดยจะกำหนดค่าความเร่งที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจว่าเกิดเหตุการณ์ลื่นล้มหรือไม่ ไว้ที่ค่าความเร่งเท่ากับ  $2.9 \text{ m/s}^2$  ทั้ง3แกนของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและค่าความเร็วเชิงมุม  $260 \text{ }^\circ/\text{s}$  ทั้งสองแกนของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ลื่นล้ม ซึ่งในกรณีที่เกิดการลื่นล้มจะส่งข้อความสั้นและโทรศัพท์ข้อความช่วยเหลือ โดยได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ครั้งที่	การทดลอง	การตอบสนองต่อเหตุการณ์
1	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
2	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
3	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
4	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
5	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
6	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
7	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
8	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
9	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า
10	เกิดการลื่นล้ม	มีการส่งข้อความสั้นและโทรเข้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ลื่นล้มเทียบกับจำนวนครั้งในการลื่นล้มจะได้ค่าเท่ากับ100เปอร์เซ็นต์



## บทที่ 5

# วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 5.1.1 การทดลองที่ 4.1

การทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธโดยใช้โปรแกรมเอสเอสคอม 32 อุปกรณ์สามารถแสดงข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ได้

#### 5.1.2 การทดลองที่ 4.2

การทดลองเก็บข้อมูลในหน่วยความจำอุปกรณ์สามารถเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำได้ถูกต้อง

#### 5.1.3 การทดลองที่ 4.3

การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์พบว่าอุปกรณ์มีความแม่นยำในการตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้มสูง คิดเป็น100เปอร์เซ็นต์

### 5.2 สรุปผลการทดลอง

#### 5.2.1 การทดลองที่ 4.1

การทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่สามารถสรุปได้ว่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธโดยใช้โปรแกรมเอสเอสคอม32สามารถแสดงข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ได้ตามจุดประสงค์

#### 5.2.2 การทดลองที่4.2

การทดลองเก็บข้อมูลในหน่วยความจำอุปกรณ์สามารถเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำได้ถูกต้องหรือไม่ สรุปจากการทดลองสรุปได้ว่าเก็บข้อมูลในหน่วยความจำอุปกรณ์สามารถเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำได้ถูกต้อง

#### 5.2.3 การทดลองที่ 4.3

การทดลองสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์หรือไม่ สรุปผลการทดลองสรุปพบว่าอุปกรณ์มีความแม่นยำในการตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้มสูง คิดเป็น100เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์นั้นสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์การลื่นล้มได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และใช้งานได้อย่างจริงตามทฤษฎีที่คาดการณ์ไว้

### 5.3 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข

การทำงานมีความล่าช้าเนื่องจากผู้จัดทำขาดความชำนาญในการทำ และใช้เวลาในส่วนของ การหาความรู้และการทดสอบวงจรไปเป็นเวลานาน รวมทั้งขาดความชำนาญในการเลือกอุปกรณ์ที่ให้ ค่าที่เหมาะสมกับวงจรที่ต้องการ ทำให้การดำเนินงานในขั้นตอนต่อไปนั้นช้ากว่ากำหนดที่คาดไว้มาก แต่เนื่องจากการได้รับการช่วยเหลือและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาและรุ่นพี่ที่มีประสบการณ์จึง ทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น และสามารถทำโครงการนี้จนเสร็จสมบูรณ์

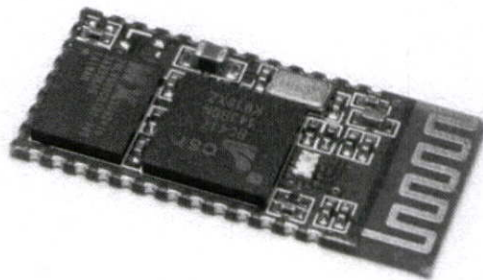
## เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.youtube.com/channel/UC4KXPjmKwPutGjwFZsEXB5g>
- [2] <http://www.bot-thoughts.com/2010/02/logging-data-to-sd-cards.html>
- [3] <http://www.123microcontroller.com/Hardware-Interfacing/SPI-Serial-Peripheral-Interface-communication>
- [4] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardDue#.UwcAGoVYAWo>
- [5] <http://arduino.cc/>
- [6] <http://tronixstuff.com/2014/01/08/tutorial-arduino-and-sim900-gsm-modules/>
- [7] <http://arduino.cc/en/Reference/SDCardNotes#.UwcADIVYAWo>
- [8] <http://arduino.cc/en/Reference/SPI#.UwcAAoVYAWo>

# HC-05

## -Bluetooth to Serial Port Module

### Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.

Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

### Specifications

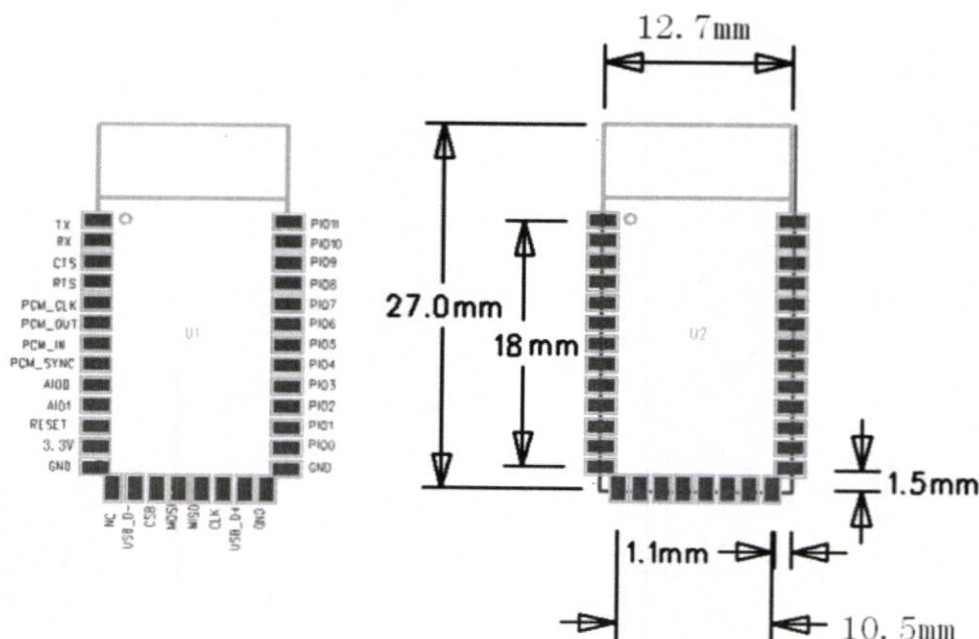
#### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

## Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
- Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
- PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
- Auto-connect to the last device on power as default.
- Permit pairing device to connect as default.
- Auto-pairing PINCODE:"0000" as default
- Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.

## Hardware





USB_+	20	Bi-Directional		
NC	14			
PCM_CLK	5	Bi-Directional	Synchronous PCM data clock	
PCM_OUT	6	CMOS output	Synchronous PCM data output	
PCM_IN	7	CMOS Input	Synchronous PCM data input	
PCM_SYNC	8	Bi-Directional	Synchronous PCM data strobe	

## AT command Default:

How to set the mode to server (master):

1. Connect PIO11 to high level.
2. Power on, module into command state.
3. Using baud rate 38400, sent the "AT+ROLE=1\r\n" to module, with "OK\r\n" means setting successes.
4. Connect the PIO11 to low level, repower the module, the module work as server (master).

AT commands: (all end with \r\n)

1. Test command:

Command	Respond	Parameter
AT	OK	-

2. Reset

Command	Respond	Parameter
AT+RESET	OK	-

3. Get firmware version

Command	Respond	Parameter
AT+VERSION?	+VERSION:<Param> OK	Param : firmware version

Example:

```
AT+VERSION?\r\n
+VERSION:2.0-20100601
OK
```

## 4. Restore default

Command	Respond	Parameter
AT+ORGL	OK	-

Default state:

Slave mode, pin code :1234, device name: H-C-2010-06-01 ,Baud 38400bits/s.

## 5. Get module address

Command	Respond	Parameter
AT+ADDR?	+ADDR:<Param> OK	Param: address of Bluetooth module

Bluetooth address: NAP: UAP : LAP

Example:

```
AT+ADDR?\r\n
+ADDR:1234:56:abcdef
OK
```

## 6. Set/Check module name:

Command	Respond	Parameter
AT+NAME=<Param>	OK	Param: Bluetooth module name (Default :HC-05)
AT+NAME?	+NAME:<Param> OK (/FAIL)	

Example:

```
AT+NAME=HC-05\r\n    set the module name to "HC-05"
OK
AT+NAME=ITeadStudio\r\n
OK
AT+NAME?\r\n
+NAME: ITeadStudio
OK
```

## 7. Get the Bluetooth device name:

Command	Respond	Parameter
AT+RNAME?<Param1>	1. +NAME:<Param2> OK 2. FAIL	Param1,Param 2 : the address of Bluetooth device

Example: (Device address 00:02:72:od:22:24, name: ITead)

```
AT+RNAME? 0002, 72, od2224\r\n
+RNAME:ITead
OK
```

## 8. Set/Check module mode:

Command	Respond	Parameter
AT+ROLE=<Param>	OK	Param: 0- Slave
AT+ROLE?	+ROLE:<Param>	

	OK	1-Master 2-Slave-Loop
--	----	--------------------------

## 9. Set/Check device class

Command	Respond	Parameter
AT+CLASS=<Param>	OK	Param: Device Class
AT+ CLASS?	1. +CLASS:<Param> OK 2. FAIL	

## 10. Set/Check GIAC (General Inquire Access Code)

Command	Respond	Parameter
AT+IAC=<Param>	1.OK 2. FAIL	Param: GIAC (Default : 9e8b33)
AT+IAC	+IAC:<Param> OK	

Example:

AT+IAC=9e8b3f\r\n

OK

AT+IAC?\r\n

+IAC: 9e8b3f

OK

## 11. Set/Check -- Query access patterns

Command	Respond	Parameter
AT+INQM=<Param>,<Param2>,<Param3>	1.OK 2. FAIL	Param: 0— inquiry_mode_standard 1— inquiry_mode_rssi Param2: Maximum number of Bluetooth devices to respond to Param3: Timeout (1-48 : 1.28s to 61.44s)
AT+ INQM?	+INQM : <Param>,<Param2>,<Param3> OK	

Example:

AT+INQM=1,9,48\r\n

OK

AT+INQM\r\n

+INQM:1, 9, 48

OK

## 12. Set/Check PIN code:

Command	Respond	Parameter
AT+PSWD=<Param>	OK	Param: PIN code (Default 1234)
AT+ PSWD?	+ PSWD : <Param> OK	

## 13. Set/Check serial parameter:

Command	Respond	Parameter
AT+UART=<Param>,<Param2>,<Param3>	OK	Param1: Baud Param2: Stop bit Param3: Parity
AT+ UART?	+UART=<Param>,<Param2>,<Param3> OK	

Example:

AT+UART=115200, 1,2,\r\n

OK

AT+UART?

+UART:115200,1,2

OK

## 14. Set/Check connect mode:

Command	Respond	Parameter
AT+CMODE=<Param>	OK	Param: 0 - connect fixed address 1 - connect any address 2 - slave-Loop
AT+ CMODE?	+ CMODE:<Param> OK	

## 15. Set/Check fixed address:

Command	Respond	Parameter
AT+BIND=<Param>	OK	Param: Fixed address (Default 00:00:00:00:00:00)
AT+ BIND?	+ BIND:<Param> OK	

Example:

AT+BIND=1234, 56, abcdef\r\n

OK

AT+BIND?\r\n

+BIND:1234:56:abcdef

OK

## 16. Set/Check LED I/O

Command	Respond	Parameter
AT+POLAR=<Param1,<Param2>	OK	Param1: 0- PIO8 low drive LED 1- PIO8 high drive LED
AT+ POLAR?	+ POLAR=<Param1>,<Param2> OK	

		Param2: 0- PIO9 low drive LED 1- PIO9 high drive LED
--	--	--

## 17. Set PIO output

Command	Respond	Parameter
AT+PIO=<Param1>,<Param2>	OK	Param1: PIO number Param2: PIO level 0- low 1- high

Example:

1. PIO10 output high level

AT+PIO=10, 1\r\n

OK

## 18. Set/Check – scan parameter

Command	Respond	Parameter
AT+IPSCAN=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Query time interval
AT+IPSCAN?	+IPSCAN:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4> OK	Param2: Query duration Param3: Paging interval Param4: Call duration

Example:

AT+IPSCAN =1234,500,1200,250\r\n

OK

AT+IPSCAN?

+IPSCAN:1234,500,1200,250

## 19. Set/Check – SHIFF parameter

Command	Respond	Parameter
AT+SNIFF=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Max time Param2: Min time
AT+ SNIFF?	+SNIFF:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4> OK	Param3: Retry time Param4: Time out

## 20. Set/Check security mode

Command	Respond	Parameter
AT+SENM=<Param1>,<Param2>	1. OK 2. FAIL	Param1:
AT+ SENM?	+ SENM:<Param1>,<Param2>	0—sec_mode0+off 1—sec_mode1+non_se

	OK	cure 2---sec_mode2_service 3---sec_mode3_link 4---sec_mode_unknow n Param2: 0---hci_enc_mode_off 1---hci_enc_mode_pt_t o_pt 2---hci_enc_mode_pt_t o_pt_and_bcast
--	----	--

## 21. Delete Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+PMSAD=<Param>	OK	Param: Authenticated Device Address

Example:

AT+PMSAD =1234,56,abcdef\r\n

OK

## 22. Delete All Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+ RMAAD	OK	-

## 23. Search Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+FSAD=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device address

## 24. Get Authenticated Device Count

Command	Respond	Parameter
AT+ADCN?	+ADCN: <Param> OK	Param: Device Count

## 25. Most Recently Used Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+MRAD?	+ MRAD: <Param> OK	Param: Recently Authenticated Device Address

## 26. Get the module working state

Command	Respond	Parameter
---------	---------	-----------

AT+ STATE?	+ STATE: <Param> OK	Param: "INITIALIZED" "READY" "PAIRABLE" "PAIRED" "INQUIRING" "CONNECTING" "CONNECTED" "DISCONNECTED" "NUKNOV"
------------	------------------------	--

## 27. Initialize the SPP profile lib

Command	Respond	Parameter
AT+INIT	1. OK 2. FAIL	-

## 28. Inquiry Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+INQ	+INQ: <Param1> , <Param2> , <Param3> .... OK	Param1: Address Param2: Device Class Param3 : RSSI Signal strength

Example:

```

AT+INIT\r\n
OK
AT+IAC=9e8b33\r\n
OK
AT+CLASS=0\r\n
AT+INQM=1,9,48\r\n
At+INQ\r\n
+INQ:2:72:D2224,3E0104,FFBC
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC0
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFAD
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC2
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFBC
OK
  
```

## 28. Cancel Inquiring Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+ INQC	OK	-

## 29. Equipment Matching

Command	Respond	Parameter
AT+PAIR=<Param1>,<Param2>	1. OK 2. FAIL	Param1: Device Address Param2: Time out

## 30. Connect Device

Command	Respond	Parameter
AT+LINK=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device Address

Example:

AT+FSAD=1234,56,abcdef\r\n

OK

AT+LINK=1234,56,abcdef\r\n

OK

## 31. Disconnect

Command	Respond	Parameter
AT+DISC	1. +DISC:SUCCESS OK 2. +DISC:LINK_LOSS OK 3. +DISC:NO_SLC OK 4. +DISC:TIMEOUT OK 5. +DISC:ERROR OK	Param: Device Address

## 32. Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ENSNIFF=<Param>	OK	Param: Device Address

## 33. Exerts Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ EXSNIFF =<Param>	OK	Param: Device Address



# MCP73833/4

## Stand-Alone Linear Li-Ion / Li-Polymer Charge Management Controller

### Features

- Complete Linear Charge Management Controller
  - Integrated Pass Transistor
  - Integrated Current Sense
  - Integrated Reverse Discharge Protection
- Constant Current / Constant Voltage Operation with Thermal Regulation
- High Accuracy Preset Voltage Regulation:
  - 4.2V, 4.35V, 4.4V, or 4.5V,  $\pm 0.75\%$
- Programmable Charge Current: 1A Maximum
- Preconditioning of Deeply Depleted Cells
  - Selectable Current Ratio
  - Selectable Voltage Threshold
- Automatic End-of-Charge Control
  - Selectable Current Threshold
  - Selectable Safety Time Period
- Automatic Recharge
  - Selectable Voltage Threshold
- Two Charge Status Outputs
- Cell Temperature Monitor
- Low-Dropout Linear Regulator Mode
- Automatic Power-Down when Input Power Removed
- Under Voltage Lockout
- Numerous Selectable Options Available for a Variety of Applications:
  - Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for Selectable Options
  - Refer to the Product Identification System for Standard Options
- Available Packages:
  - DFN-10 (3 mm x 3 mm)
  - MSOP-10

### Applications

- Lithium-Ion / Lithium-Polymer Battery Chargers
- Personal Data Assistants
- Cellular Telephones
- Digital Cameras
- MP3 Players
- Bluetooth Headsets
- USB Chargers

### Description

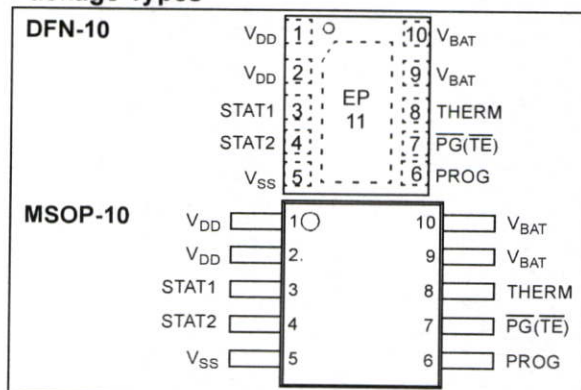
The MCP73833/4 is a highly advanced linear charge management controller for use in space-limited, cost sensitive applications. The MCP73833/4 is available in a 10-Lead, 3 mm x 3 mm DFN package or a 10-Lead, MSOP package. Along with its small physical size, the low number of external components required makes the MCP73833/4 ideally suited for portable applications. For applications charging from a USB port, the MCP73833/4 can adhere to all the specifications governing the USB power bus.

The MCP73833/4 employs a constant current/constant voltage charge algorithm with selectable preconditioning and charge termination. The constant voltage regulation is fixed with four available options: 4.20V, 4.35V, 4.40V, or 4.50V, to accommodate new, emerging battery charging requirements. The constant current value is set with one external resistor. The MCP73833/4 limits the charge current based on die temperature during high power or high ambient conditions. This thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability.

Several options are available for the preconditioning threshold, preconditioning current value, charge termination value, and automatic recharge threshold. The preconditioning value and charge termination value are set as a ratio, or percentage, of the programmed constant current value. Preconditioning can be set to 100%. Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for available options and the **"Product Identification System"** for standard options.

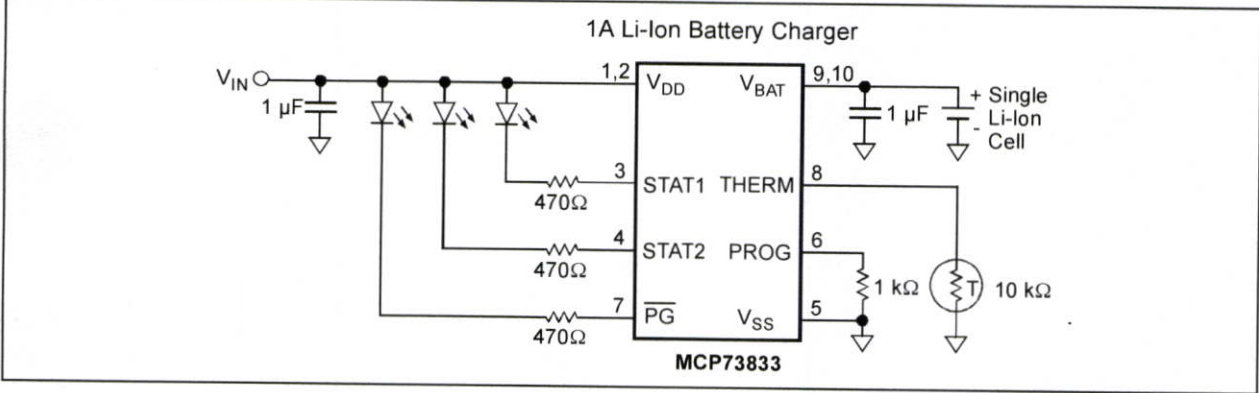
The MCP73833/4 is fully specified over the ambient temperature range of  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ .

### Package Types

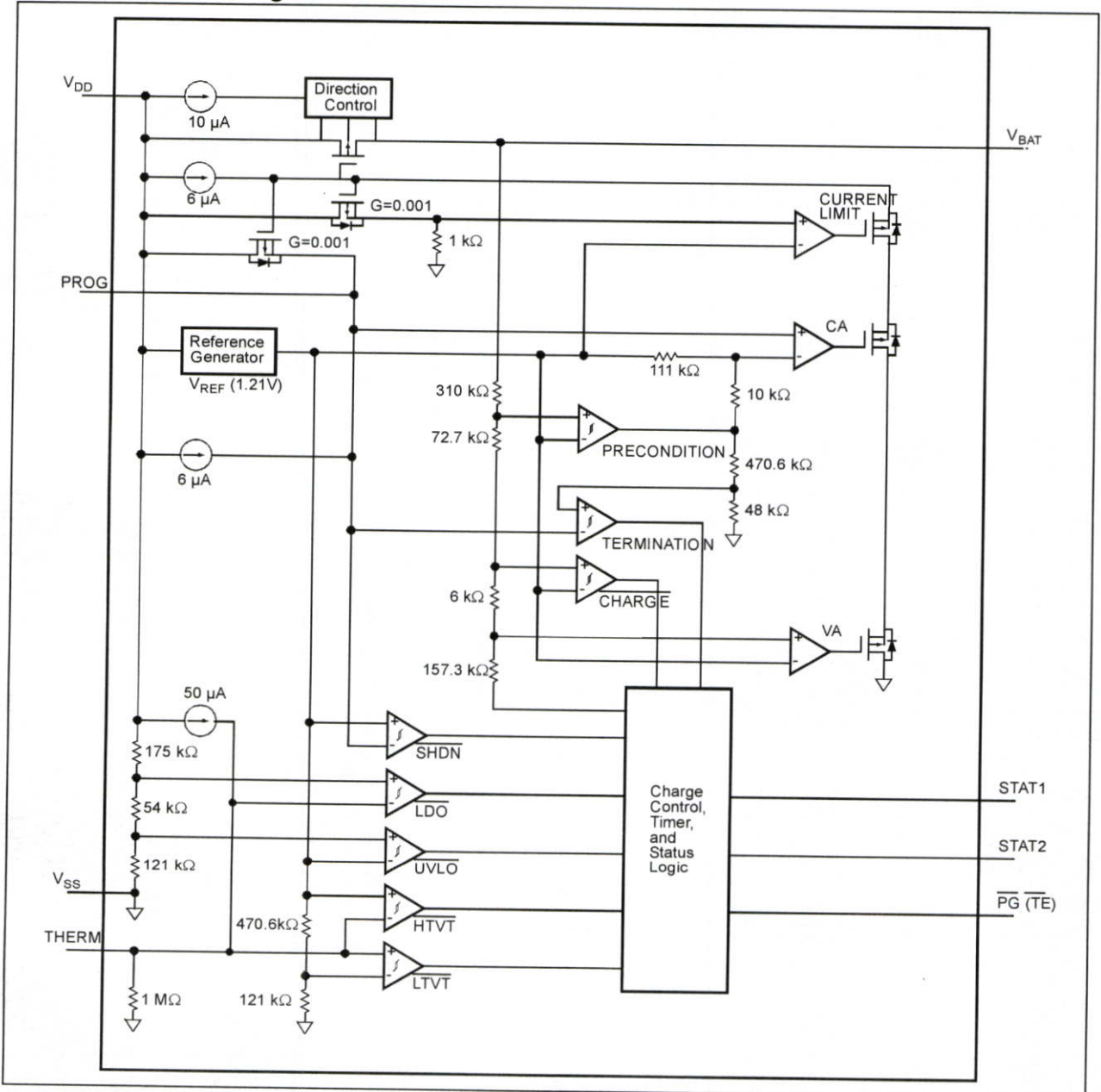


# MCP73833/4

## Typical Application



## Functional Block Diagram



## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings

$V_{DD}$  ..... 7.0V  
 All Inputs and Outputs w.r.t.  $V_{SS}$  ..... -0.3 to ( $V_{DD}+0.3$ )V  
 Maximum Junction Temperature,  $T_J$ . Internally Limited  
 Storage temperature ..... -65°C to +150°C  
 ESD protection on all pins:  
 Human Body Model (HBM)  
 (1.5 k $\Omega$  in Series with 100 pF) .....  $\geq 4$  kV  
 Machine Model (MM)  
 (200 pF, No Series Resistance) ..... 300V

**\*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 operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### DC CHARACTERISTICS

**Electrical Specifications:** Unless otherwise specified, all limits apply for  $V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical})+0.3V]$  to 6V,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ . Typical values are at  $+25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical})+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Supply Input</b>						
Supply Voltage	$V_{DD}$	3.75	—	6	V	Charging
		$V_{REG}(\text{Typical})+0.3V$	—	6	V	Charge Complete, Standby
Supply Current	$I_{SS}$	—	2000	3000	$\mu\text{A}$	Charging
		—	150	300	$\mu\text{A}$	Charge Complete
		—	100	300	$\mu\text{A}$	Standby (No Battery or PROG Floating)
		—	50	100	$\mu\text{A}$	Shutdown ( $V_{DD} \leq V_{BAT}$ , or $V_{DD} < V_{STOP}$ )
UVLO Start Threshold	$V_{START}$	3.4	3.55	3.7	V	$V_{DD}$ Low-to-High
UVLO Stop Threshold	$V_{STOP}$	3.3	3.45	3.6	V	$V_{DD}$ High-to-Low
UVLO Hysteresis	$V_{HYS}$	—	100	—	mV	
<b>Voltage Regulation (Constant Voltage Mode, System Test Mode)</b>						
Regulated Output Voltage	$V_{REG}$	4.168	4.20	4.232	V	$V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical})+1V]$ $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ $T_A = -5^\circ\text{C}$ to $+55^\circ\text{C}$
		4.318	4.35	4.382	V	
		4.367	4.40	4.433	V	
		4.467	4.50	4.533	V	
Line Regulation	$ \frac{\Delta V_{BAT}}{V_{BAT}}  / \frac{\Delta V_{DD}}{V_{DD}}$	—	0.10	0.30	%/V	$V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical})+1V]$ to 6V, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$
Load Regulation	$ \frac{\Delta V_{BAT}}{V_{BAT}} $	—	0.10	0.30	%	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ to 100 mA $V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical})+1V]$
Supply Ripple Attenuation	PSRR	—	58	—	dB	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ , 10Hz to 1 kHz
		—	47	—	dB	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ , 10Hz to 10 kHz
		—	25	—	dB	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ , 10Hz to 1 MHz
<b>Current Regulation (Fast Charge Constant Current Mode)</b>						
Fast Charge Current Regulation	$I_{REG}$	90	100	110	mA	PROG = 10 k $\Omega$
		900	1000	1100	mA	PROG = 1.0 k $\Omega$ $T_A = -5^\circ\text{C}$ to $+55^\circ\text{C}$
Maximum Output Current Limit	$I_{MAX}$	—	1200	—	mA	PROG < 833 $\Omega$

# MCP73833/4

## DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical}) + 0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ . Typical values are at $+25^\circ\text{C}$ , $V_{DD} = [V_{REG}(\text{Typical}) + 1.0V]$						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Preconditioning Current Regulation (Trickle Charge Constant Current Mode)</b>						
Precondition Current Ratio	$I_{PREG} / I_{REG}$	7.5	10	12.5	%	PROG = 1.0 k $\Omega$ to 10 k $\Omega$ $T_A = -5^\circ\text{C}$ to $+55^\circ\text{C}$
		15	20	25	%	
		30	40	50	%	
		—	100	—	%	
Precondition Voltage Threshold Ratio	$V_{PTH} / V_{REG}$	64	66.5	70	%	$V_{BAT}$ Low-to-High
		69	71.5	75	%	
Precondition Hysteresis	$V_{PHYS}$	—	100	—	mV	$V_{BAT}$ High-to-Low
<b>Charge Termination</b>						
Charge Termination Current Ratio	$I_{TERM} / I_{REG}$	3.75	5	6.25	%	PROG = 1.0 k $\Omega$ to 10 k $\Omega$ $T_A = -5^\circ\text{C}$ to $+55^\circ\text{C}$
		5.6	7.5	9.4	%	
		7.5	10	12.5	%	
		15	20	25	%	
<b>Automatic Recharge</b>						
Recharge Voltage Threshold Ratio	$V_{RTH} / V_{REG}$	—	94.0	—	%	$V_{BAT}$ High-to-Low
		—	96.5	—	%	
<b>Pass Transistor ON-Resistance</b>						
ON-Resistance	$R_{DSON}$	—	300	—	m $\Omega$	$V_{DD} = 3.75V$ $T_J = 105^\circ\text{C}$
<b>Battery Discharge Current</b>						
Output Reverse Leakage Current	$I_{DISCHARGE}$	—	0.15	2	$\mu\text{A}$	PROG Floating $V_{DD} \leq V_{BAT}$ $V_{DD} < V_{STOP}$ Charge Complete
		—	0.25	2	$\mu\text{A}$	
		—	0.15	2	$\mu\text{A}$	
		—	-5.5	-15	$\mu\text{A}$	
<b>Status Indicators - STAT1, STAT2, PG</b>						
Sink Current	$I_{SINK}$	—	15	25	mA	
Low Output Voltage	$V_{OL}$	—	0.4	1	V	$I_{SINK} = 4 \text{ mA}$
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu\text{A}$	High Impedance, 6V on pin
<b>PROG Input</b>						
Charge Impedance Range	$R_{PROG}$	1	—	20	k $\Omega$	
Standby Impedance	$R_{PROG}$	70	—	200	k $\Omega$	Minimum Impedance for Standby
<b>Thermistor Bias</b>						
Thermistor Current Source	$I_{THERM}$	47	50	53	$\mu\text{A}$	$2 \text{ k}\Omega < R_{THERM} < 50 \text{ k}\Omega$
<b>Thermistor Comparator</b>						
Upper Trip Threshold	$V_{T1}$	1.20	1.23	1.26	V	$V_{THERM}$ Low-to-High
Upper Trip Point Hysteresis	$V_{T1HYS}$	—	-50	—	mV	
Lower Trip Threshold	$V_{T2}$	0.235	0.25	0.265	V	$V_{THERM}$ High-to-Low
Lower Trip Point Hysteresis	$V_{T2HYS}$	—	50	—	mV	
<b>System Test (LDO) Mode</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	$(V_{DD} - 0.1)$	—	—	V	
THERM Input Sink Current	$I_{SINK}$	3	6	20	$\mu\text{A}$	Stand-by or system test mode
Bypass Capacitance	$C_{BAT}$	1	—	—	$\mu\text{F}$	$I_{OUT} < 250 \text{ mA}$
		4.7	—	—	$\mu\text{F}$	$I_{OUT} > 250 \text{ mA}$

## DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

**Electrical Specifications:** Unless otherwise specified, all limits apply for  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+0.3V]$  to 6V,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ . Typical values are at  $+25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Automatic Power Down</b>						
Automatic Power Down Entry Threshold	$V_{PD}$	—	$V_{BAT} + 50\text{ mV}$	—	V	$2.3V \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ $V_{DD}$ Falling
Automatic Power Down Exit Threshold	$V_{PDEXIT}$	—	$V_{BAT} + 150\text{ mV}$	—	V	$2.3V \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ $V_{DD}$ Rising
<b>Timer Enable Input (TE)</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	2.0	—	—	V	
Input Low Voltage Level	$V_{IL}$	—	—	0.6	V	
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu\text{A}$	$V_{TE} = 6V$
<b>Thermal Shutdown</b>						
Die Temperature	$T_{SD}$	—	150	—	$^\circ\text{C}$	
Die Temperature Hysteresis	$T_{SDHYS}$	—	10	—	$^\circ\text{C}$	

## AC CHARACTERISTICS

**Electrical Specifications:** Unless otherwise specified, all limits apply for  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+0.3V]$  to 6V,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ . Typical values are at  $+25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
UVLO Start Delay	$t_{START}$	—	—	5	ms	$V_{DD}$ Low-to-High
<b>Current Regulation</b>						
Transition Time Out of Preconditioning	$t_{DELAY}$	—	—	1	ms	$V_{BAT} < V_{PTH}$ to $V_{BAT} > V_{PTH}$
Current Rise Time Out of Preconditioning	$t_{RISE}$	—	—	1	ms	$I_{OUT}$ Rising to 90% of $I_{REG}$
Preconditioning Comparator Filter Time	$t_{PRECON}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $V_{BAT}$ Rise/Fall
Termination Comparator Filter Time	$t_{TERM}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $I_{OUT}$ Falling
Charge Comparator Filter Time	$t_{CHARGE}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $V_{BAT}$ Falling
Thermistor Comparator Filter Time	$t_{THERM}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average THERM Rise/Fall
<b>Elapsed Timer</b>						
Elapsed Timer Period	$t_{ELAPSED}$	0	0	0	Hours	Timer Disabled
		3.6	4.0	4.4	Hours	
		5.4	6.0	6.6	Hours	
		7.2	8.0	8.8	Hours	
<b>Status Indicators</b>						
Status Output turn-off	$t_{OFF}$	—	—	200	$\mu\text{s}$	$I_{SINK} = 1\text{ mA}$ to 0 mA
Status Output turn-on	$t_{ON}$	—	—	200	$\mu\text{s}$	$I_{SINK} = 0\text{ mA}$ to 1 mA

## TEMPERATURE SPECIFICATIONS

**Electrical Specifications:** Unless otherwise specified, all limits apply for  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+0.3V]$  to 6V. Typical values are at  $+25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = [V_{REG}(Typical)+1.0V]$

Parameters	Symbol	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Temperature Ranges</b>						
Specified Temperature Range	$T_A$	-40	—	+85	$^\circ\text{C}$	
Operating Temperature Range	$T_A$	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	$T_A$	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	
<b>Thermal Package Resistances</b>						
Thermal Resistance, MSOP-10	$\theta_{JA}$	—	113	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection
Thermal Resistance, DFN-10, 3 mm x 3 mm	$\theta_{JA}$	—	41	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection



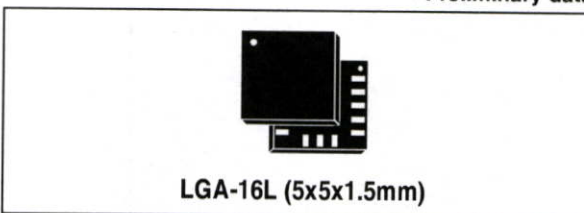
# LPY550AL

## MEMS motion sensor: dual axis pitch and yaw $\pm 500^\circ/\text{s}$ analog output gyroscope

Preliminary data

### Features

- 2.7 V to 3.6 V single supply operation
- Very extended operating temperature range (-40°C to +85°C)
- High stability overtemperature
- Absolute analog rate output
- Two separate outputs for each axis (1x and 4x amplified)
- Integrated low-pass filters
- Low power consumption
- Embedded power-down
- Embedded self-test
- High shock and vibration survivability
- ECOPACK<sup>®</sup> RoHS and "Green" compliant (see Section 5)



The LPY550AL has a full scale of  $\pm 500^\circ/\text{s}$  and is capable of detecting rates with a -3 dB bandwidth up to 140 Hz.

The gyroscope is the combination of one actuator and one accelerometer integrated in a single micromachined structure.

It includes a sensing element composed by single driving mass, kept in continuous oscillating movement and able to react when an angular rate is applied based on the Coriolis principle.

A CMOS IC provides the measured angular rate to the external world through an analog output voltage, allowing high level of integration and production trimming to better match sensing element characteristics.

ST gyroscope family leverages on robust and mature manufacturing process already used for the production of micromachined accelerometers.

ST is already in the field with several hundreds million sensors with excellent acceptance from the market in terms of quality, reliability and performance.

LPY550AL is provided in plastic land grid array (LGA) package. Several years ago ST pioneered successfully the usage of this package for accelerometers. Today ST has the widest manufacturing capability and strongest expertise in the world for production of sensor in plastic LGA package.

### Applications

- Pointing devices, remote and game controllers
- Gaming applications
- Motion control with user interface
- Industrial and robotics

### Description

The LPY550AL is a low-power two-axis micromachined gyroscope able to measure angular rate along pitch and yaw axes.

It provides excellent temperature stability and high resolution over extended operating temperature range (-40°C to +85°C).

Table 1. Device summary

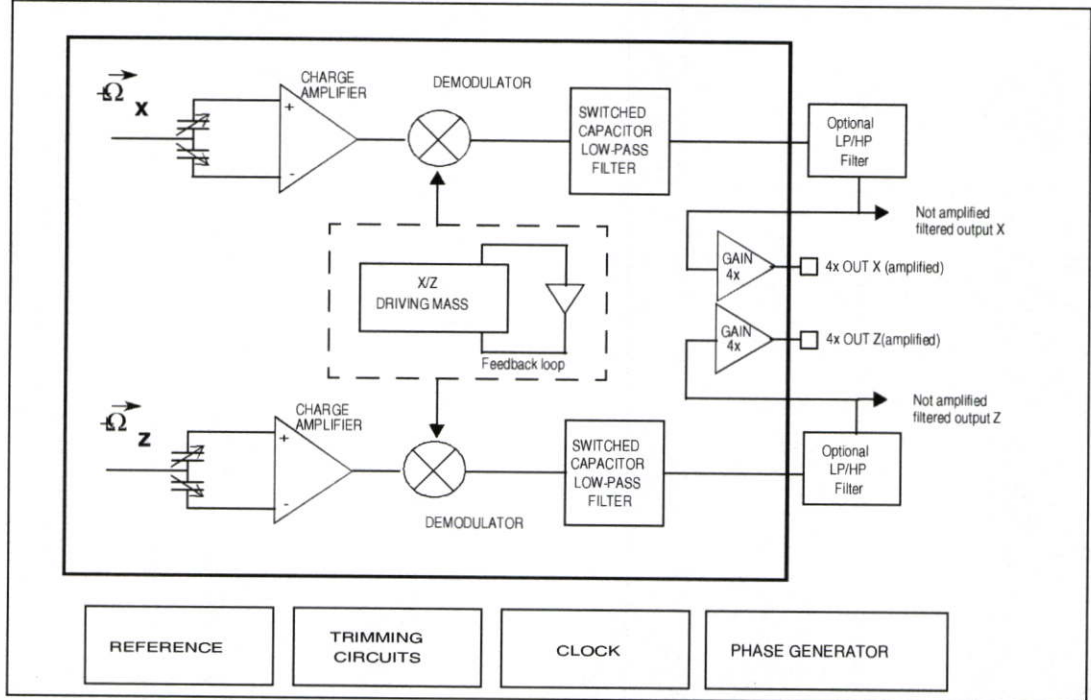
Order code	Temperature range (°C)	Package	Packing
LPY550AL	-40 to +85	LGA-16 (5x5x1.5)	Tray
LPY550ALTR	-40 to +85	LGA-16 (5x5x1.5)	Tape and reel

# Contents

<b>1</b>	<b>Block diagram and pin description</b> .....	<b>3</b>
1.1	Pin description .....	3
<b>2</b>	<b>Mechanical and electrical specifications</b> .....	<b>5</b>
2.1	Mechanical characteristics .....	5
2.2	Electrical characteristics .....	6
2.3	Absolute maximum ratings .....	6
<b>3</b>	<b>Terminology</b> .....	<b>7</b>
3.1	Sensitivity .....	7
3.2	Zero-rate level .....	7
3.3	Self-test .....	7
3.4	High pass filter reset (HP) .....	7
<b>4</b>	<b>Application hints</b> .....	<b>8</b>
4.1	Output response vs. rotation .....	9
4.2	Soldering information .....	9
<b>5</b>	<b>Package information</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Revision history</b> .....	<b>11</b>

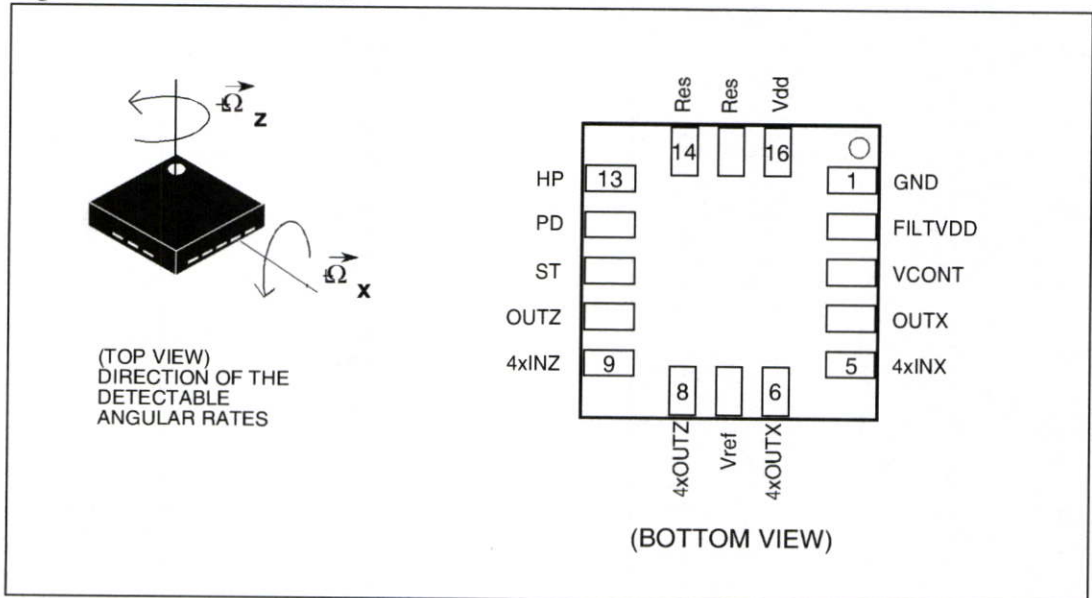
# 1 Block diagram and pin description

Figure 1. Block diagram



## 1.1 Pin description

Figure 2. Pin connection



**Table 2. Pin description**

Pin #	Pin name	Analog function
1	GND	0V supply voltage
2	FILTVDD	PLL filter connection pin #2
3	VCONT	PLL filter connection pin #1
4	OUTX	Not amplified output
5	4xINX	Input of 4x amplifier
6	4xOUTX	X rate signal output voltage (amplified)
7	Vref	Reference voltage
8	4xOUTZ	Z rate signal output voltage (amplified)
9	4xINZ	Input of 4x amplifier
10	OUTZ	Not amplified output
11	ST	Self-test (logic 0: normal mode; logic 1: self-test)
12	PD	Power-down (logic 0: normal mode; logic 1: power-down mode)
13	HP	High pass filter reset (logic 0: normal operation mode; logic1: external high pass filter is reset)
14,15	Res	Reserved. Connect to Vdd
16	Vdd	Power supply

## 2 Mechanical and electrical specifications

### 2.1 Mechanical characteristics

**Table 3. Mechanical characteristics @ Vdd = 3 V, T = 25 °C unless otherwise noted<sup>(1)</sup>**

Symbol	Parameter	Test condition	Min.	Typ. <sup>(2)</sup>	Max.	Unit
FSA	Measurement range	4x OUT (amplified)		±500		°/s
FS		OUT (not amplified)		±2000		°/s
SoA	Sensitivity <sup>(3)</sup>	4x OUT (amplified)		2		mV/°/s
So		OUT (not amplified)		0.5		mV/°/s
SoDr	Sensitivity change vs temperature	Delta from 25°C		0.037		%/°C
Voff	Zero-rate level <sup>(3)</sup>			1.23		V
Vref	Reference voltage			1.23		V
OffDr	Zero-rate level change Vs temperature	Delta from 25°C		0.08		°/s/°C
NL	Non linearity	Best fit straight line		±1		% FS
BW	Bandwidth <sup>(4)</sup>			140		Hz
Rn	Rate noise density			0.059		°/s / $\sqrt{\text{Hz}}$
Top	Operating temperature range		-40		+85	°C

1. The product is factory calibrated at 3 V. The operational power supply range is specified in *Table 4*.
2. Typical specifications are not guaranteed
3. Sensitivity and Zero-rate Offset are not ratiometric to supply voltage
4. The product is capable of measuring angular rates extending from DC to the selected BW.

## 2.2 Electrical characteristics

**Table 4. Electrical characteristics @ Vdd =3 V, T=25 °C unless otherwise noted<sup>(1)</sup>**

Symbol	Parameter	Test condition	Min.	Typ. <sup>(2)</sup>	Max.	Unit
Vdd	Supply voltage		2.7	3	3.6	V
Idd	Supply current	PD pin connected to GND		6.8		mA
IddPdn	Supply current in power-down mode	PD pin connected to Vdd		1	5	μA
VST	Self-test input	Logic 0 level	0		0.2*Vdd	V
		Logic 1 level	0.8*Vdd		Vdd	
VPD	Power-down input	Logic 0 level	0		0.2*Vdd	V
		Logic 1 level	0.8*Vdd		Vdd	
Top	Operating temperature range		-40		+85	°C

1. The product is factory calibrated at 3 V
2. Typical specifications are not guaranteed

## 2.3 Absolute maximum ratings

Stresses above those listed as “Absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device under these conditions is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Table 5. Absolute maximum ratings**

Symbol	Ratings	Maximum value	Unit
Vdd	Supply voltage	-0.3 to 6	V
Vin	Input voltage on any control pin (PD, ST)	-0.3 to Vdd +0.3	V
T <sub>STG</sub>	Storage temperature range	-40 to +125	°C
A	Acceleration)	3000 g for 0.5 ms	
		10000 g for 0.1 ms	
ESD	Electrostatic discharge protection	2 (HBM)	kV



This is a mechanical shock sensitive device, improper handling can cause permanent damage to the part



This is an ESD sensitive device, improper handling can cause permanent damage to the part



# ±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  $\mu$ A
- Sleep Mode: 3  $\mu$ 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

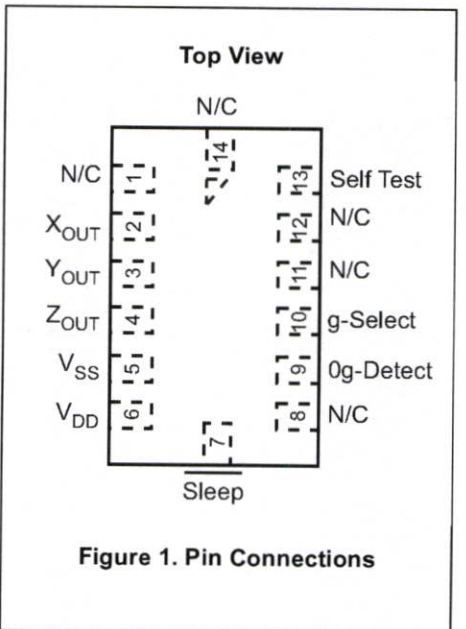
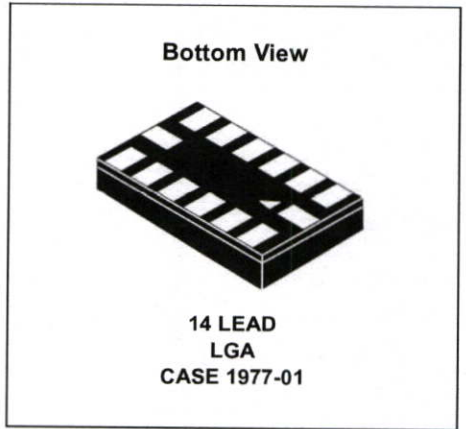
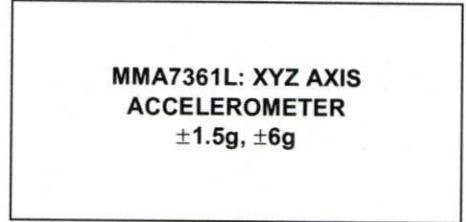


Figure 1. Pin Connections

### 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

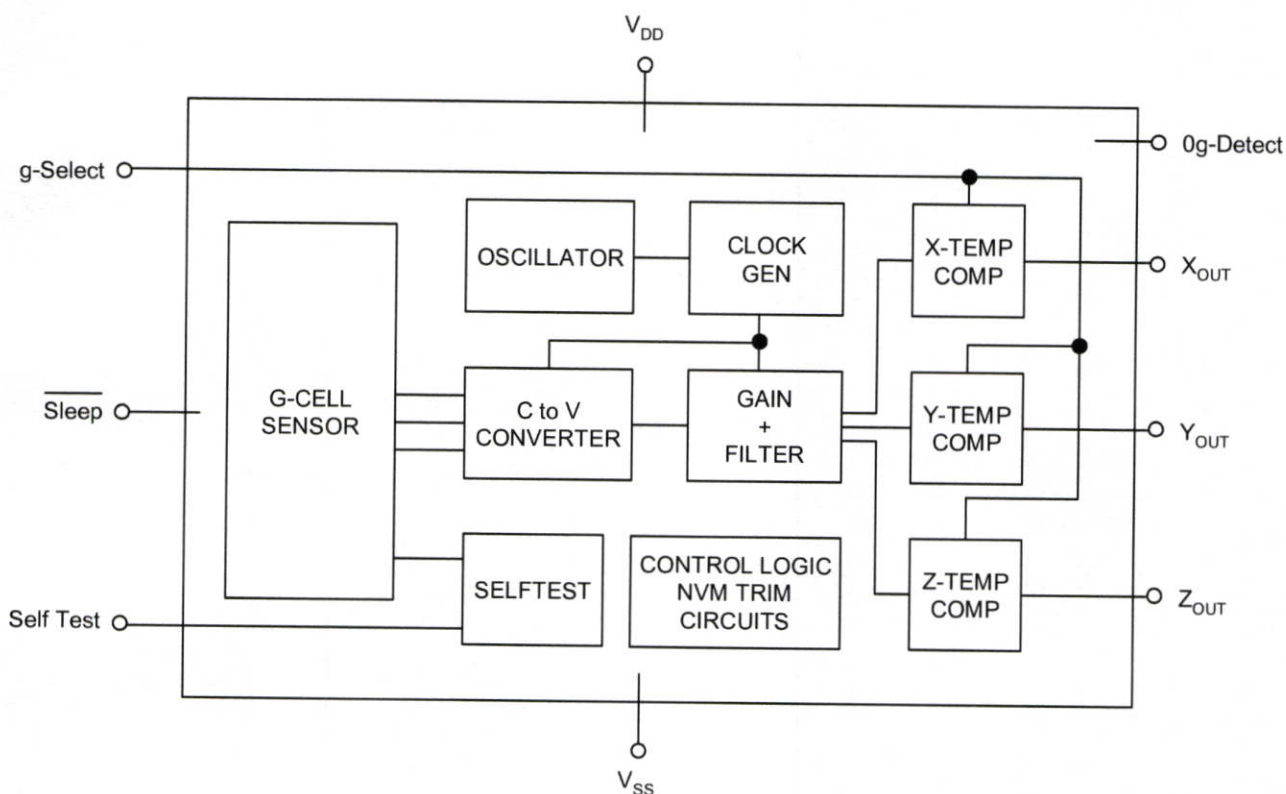


Figure 2. Simplified Accelerometer Functional Block Diagram

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)	$g_{max}$	$\pm 5000$	g
Supply Voltage	$V_{DD}$	-0.3 to +3.6	V
Drop Test <sup>(1)</sup>	$D_{drop}$	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<sup>(1)</sup>

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

- For a loaded output, the measurements are observed after an RC filter consisting of an internal 32k $\Omega$  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 $\mu\text{F}$  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  $V_{\text{DD}}$  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.

## 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,  $\epsilon$  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.

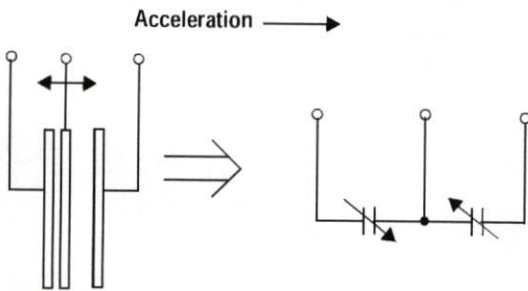


Figure 3. Simplified Transducer Physical Model

## 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  $\mu$ 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.

## BASIC CONNECTIONS

### Pin Descriptions

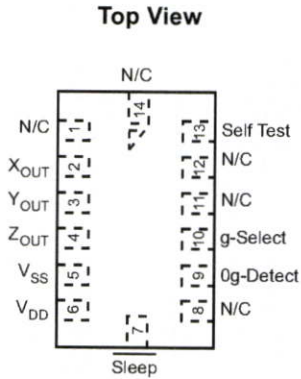


Figure 4. Pinout Description

Table 4. Pin Descriptions

Pin No.	Pin Name	Description
1	N/C	No internal connection Leave unconnected
2	X <sub>OUT</sub>	X direction output voltage
3	Y <sub>OUT</sub>	Y direction output voltage
4	Z <sub>OUT</sub>	Z direction output voltage
5	V <sub>SS</sub>	Power Supply Ground
6	V <sub>DD</sub>	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

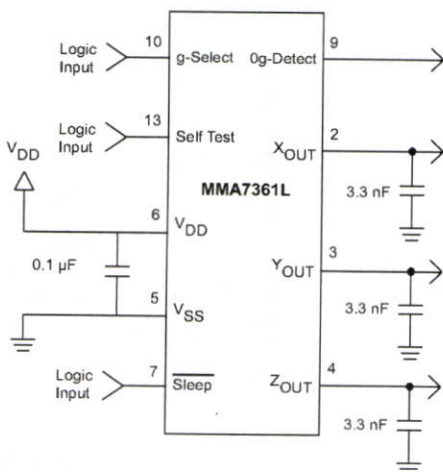


Figure 5. Accelerometer with Recommended Connection Diagram

### PCB Layout

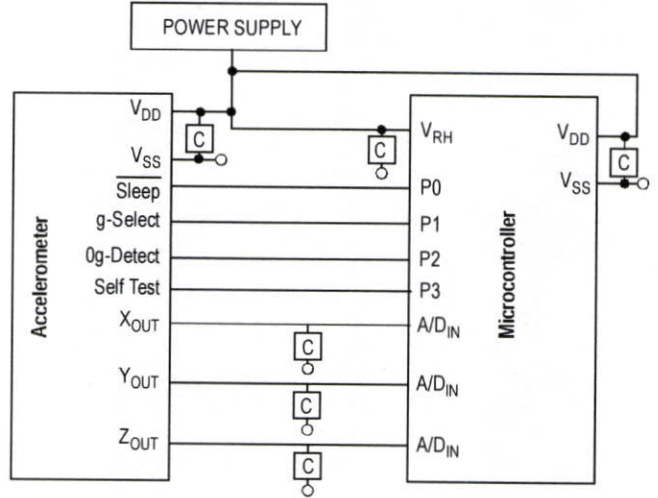
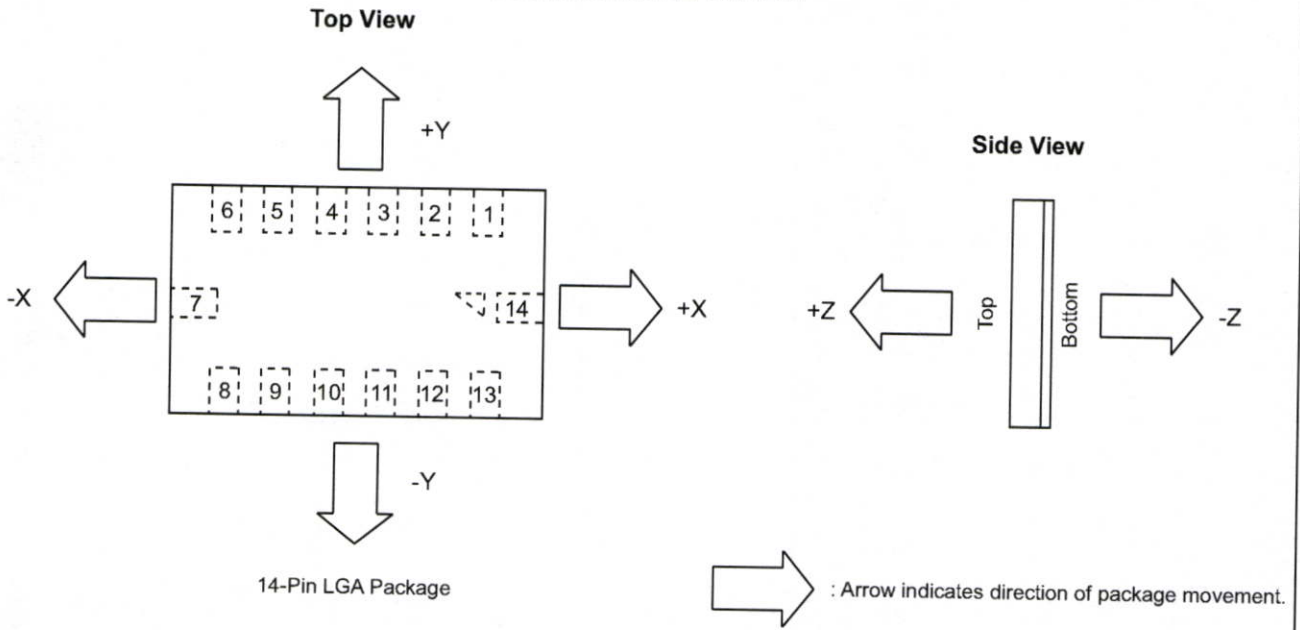


Figure 6. Recommended PCB Layout for Interfacing Accelerometer to Microcontroller

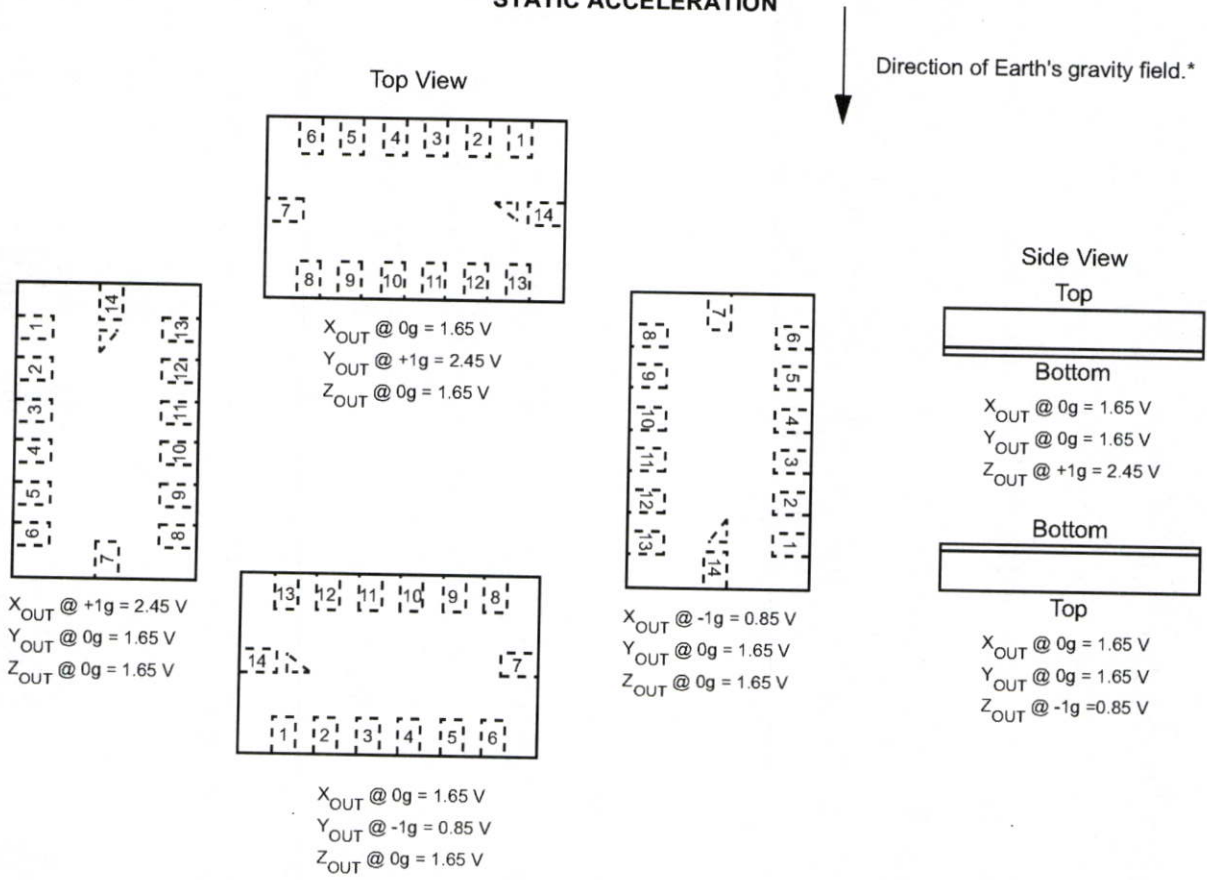
### NOTES:

1. Use 0.1  $\mu\text{F}$  capacitor on V<sub>DD</sub> 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 $\Omega$  or higher is recommended on X<sub>OUT</sub>, Y<sub>OUT</sub> and Z<sub>OUT</sub> to prevent loss due to the voltage divider relationship between the internal 32 k $\Omega$  resistor and the measurement input impedance.

### DYNAMIC ACCELERATION



### STATIC ACCELERATION



\* When positioned as shown, the Earth's gravity will result in a positive 1g output.

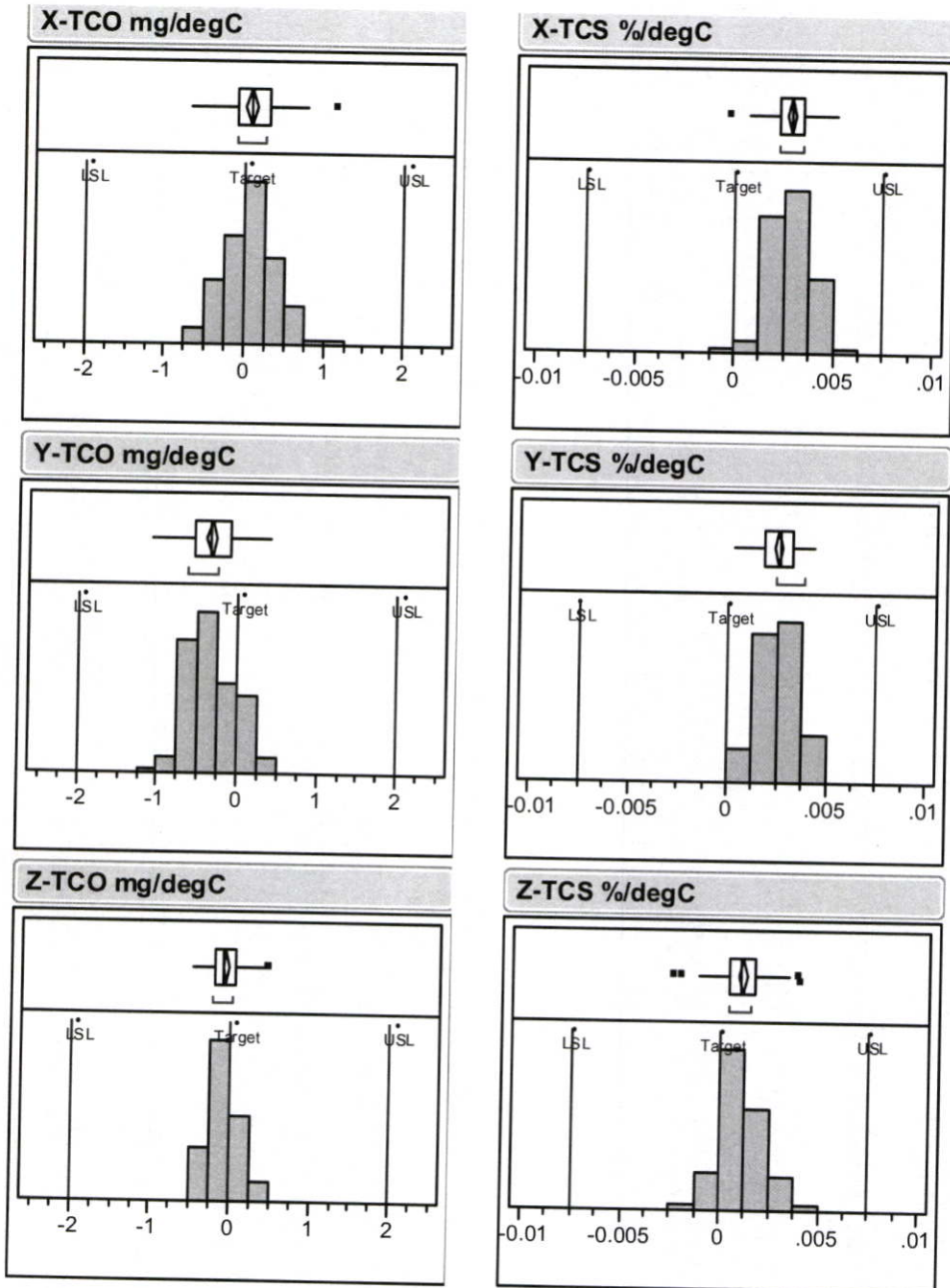


Figure 7. MMA7361L Temperature Coefficient of Offset (TCO) and Temperature Coefficient of Sensitivity (TCS) Distribution Charts

## Features

- Core
  - ARM® Cortex®-M3 revision 2.0 running at up to 84 MHz
  - Memory Protection Unit (MPU)
  - Thumb®-2 instruction set
  - 24-bit SysTick Counter
  - Nested Vector Interrupt Controller
- Memories
  - From 256 to 512 Kbytes embedded Flash, 128-bit wide access, memory accelerator, dual bank
  - From 32 to 100 Kbytes embedded SRAM with dual banks
  - 16 Kbytes ROM with embedded bootloader routines (UART, USB) and IAP routines
  - Static Memory Controller (SMC): SRAM, NOR, NAND support. NAND Flash controller with 4-kbyte RAM buffer and ECC
- System
  - Embedded voltage regulator for single supply operation
  - POR, BOD and Watchdog for safe reset
  - Quartz or ceramic resonator oscillators: 3 to 20 MHz main and optional low power 32.768 kHz for RTC or device clock.
  - High precision 8/12 MHz factory trimmed internal RC oscillator with 4 MHz Default Frequency for fast device startup
  - Slow Clock Internal RC oscillator as permanent clock for device clock in low power mode
  - One PLL for device clock and one dedicated PLL for USB 2.0 High Speed Mini Host/Device
  - Temperature Sensor
  - Up to 17 peripheral DMA (PDC) channels and 6-channel central DMA plus dedicated DMA for High-Speed USB Mini Host/Device and Ethernet MAC
- Low Power Modes
  - Sleep and Backup modes, down to 2.5 µA in Backup mode.
  - Backup domain: VDDBU pin, RTC, eight 32-bit backup registers
  - Ultra Low-power RTC
- Peripherals
  - USB 2.0 Device/Mini Host: 480 Mbps, 4-kbyte FIFO, up to 10 bidirectional Endpoints, dedicated DMA
  - Up to 4 USARTs (ISO7816, IrDA®, Flow Control, SPI, Manchester and LIN support) and one UART
  - 2 TWI (I2C compatible), up to 6 SPIs, 1 SSC (I2S), 1 HSMCI (SDIO/SD/MMC) with up to 2 slots
  - 9-Channel 32-bit Timer/Counter (TC) for capture, compare and PWM mode, Quadrature Decoder Logic and 2-bit Gray Up/Down Counter for Stepper Motor
  - Up to 8-channel 16-bit PWM (PWMC) with Complementary Output, Fault Input, 12-bit Dead Time Generator Counter for Motor Control
  - 32-bit Real Time Timer (RTT) and RTC with calendar and alarm features
  - 16-channel 12-bit 1MSPS ADC with differential input mode and programmable gain stage
  - One 2-channel 12-bit 1 MSPS DAC
  - One Ethernet MAC 10/100 (EMAC) with dedicated DMA
  - Two CAN Controller with eight Mailboxes
  - One True Random Number Generator (TRNG)
  - Write Protected Registers
- I/O
  - Up to 103 I/O lines with external interrupt capability (edge or level sensitivity), debouncing, glitch filtering and on-die Series Resistor Termination
  - Up to Six 32-bit Parallel Input/Outputs (PIO)
- Packages
  - 100-lead LQFP, 14 x 14 mm, pitch 0.5 mm
  - 100-ball LFBGA, 9 x 9 mm, pitch 0.8 mm
  - 144-lead LQFP, 20 x 20 mm, pitch 0.5 mm
  - 144-ball LFBGA, 10 x 10 mm, pitch 0.8 mm



## AT91SAM ARM-based Flash MCU

## SAM3X SAM3A Series

11057B-ATARM-28-May-12





## 1. SAM3X/A Description

Atmel's SAM3X/A series is a member of a family of Flash microcontrollers based on the high performance 32-bit ARM Cortex-M3 RISC processor. It operates at a maximum speed of 84 MHz and features up to 512 Kbytes of Flash and up to 100 Kbytes of SRAM. The peripheral set includes a High Speed USB Host and Device port with embedded transceiver, an Ethernet MAC, 2x CANs, a High Speed MCI for SDIO/SD/MMC, an External Bus Interface with NAND Flash controller, 5x UARTs, 2x TWIs, 4x SPIs, as well as 1 PWM timer, 9x general-purpose 32-bit timers, an RTC, a 12-bit ADC and a 12-bit DAC.

The SAM3X/A series is ready for capacitive touch thanks to the QTouch library, offering an easy way to implement buttons, wheels and sliders.

The SAM3X/A architecture is specifically designed to sustain high speed data transfers. It includes a multi-layer bus matrix as well as multiple SRAM banks, PDC and DMA channels that enable it to run tasks in parallel and maximize data throughput.

It operates from 1.62V to 3.6V and is available in 100- and 144-pin QFP and LFBGA packages.

The SAM3X/A devices are particularly well suited for networking applications: industrial and home/building automation, gateways.

### 1.1 Configuration Summary

The SAM3X/A series devices differ in memory sizes, package and features list. Table 1-1 below summarizes the configurations.

**Table 1-1.** Configuration Summary

Feature	SAM3X8E	SAM3X8C	SAM3X4E	SAM3X4C	SAM3A8C	SAM3A4C
Flash	2 x 256 Kbytes	2 x 256 Kbytes	2 x 128 Kbytes	2 x 128 Kbytes	2 x 256 Kbytes	2 x 128 Kbytes
SRAM	64 + 32 Kbytes	64 + 32 Kbytes	32 + 32 Kbytes	32 + 32 Kbytes	64 + 32 Kbytes	32 + 32 Kbytes
Nand Flash Controller (NFC)	Yes	-	Yes	-	-	-
NFC SRAM <sup>(1)</sup>	4K bytes	-	4K bytes	-	-	-
Package	LQFP144 LFBGA144	LQFP100 LFBGA100	LQFP144 LFBGA144	LQFP100 LFBGA100	LQFP100 LFBGA100	LQFP100 LFBGA100
Number of PIOs	103	63	103	63	63	63
SHDN Pin	Yes	No	Yes	No	No	No
EMAC	MII/RMII	RMII	MII/RMII	RMII	-	-
External Bus Interface	16-bit data, 8 chip selects, 23-bit address	-	16-bit data, 8 chip selects, 23-bit address	-	-	-
SDRAM Controller	-	-	-	-	-	-
Central DMA	6	4	6	4	4	4
12-bit ADC	16 ch. <sup>(2)</sup>	16 ch. <sup>(2)</sup>	16 ch. <sup>(2)</sup>	16 ch. <sup>(2)</sup>	16 ch. <sup>(2)</sup>	16 ch. <sup>(2)</sup>
12-bit DAC	2 ch.	2 ch.	2 ch.	2 ch.	2 ch.	2 ch.
32-bit Timer	g <sup>(4)</sup>	g <sup>(5)</sup>	g <sup>(4)</sup>	g <sup>(5)</sup>	g <sup>(4)</sup>	g <sup>(4)</sup>
PDC Channels	17	15	17	15	15	15

**Table 1-1. Configuration Summary (Continued)**

Feature	SAM3X8E	SAM3X8C	SAM3X4E	SAM3X4C	SAM3A8C	SAM3A4C
USART/ UART	3/2 <sup>(6)</sup>	3/1	3/2 <sup>(6)</sup>	3/1	3/1	3/1
SPI <sup>(3)</sup>	1/4 + 3	1/4 + 3	1/4 + 3	1/4 + 3	1/4 + 3	1/4 + 3
HSMCI	1 slot 8 bits	1 slot 4 bits	1 slot 8 bits	1 slot 4 bits	1 slot 4 bits	1 slot 4 bits

- Notes:
1. 4 Kbytes RAM buffer of the NAND Flash Controller (NFC) which can be used by the core if not used by the NFC
  2. One channel is reserved for internal temperature sensor
  3.  $2 / 8 + 4 =$  Number of SPI Controllers / Number of Chip Selects + Number of USART with SPI Mode
  4. 6 TC channels are accessible through PIO
  5. 3 TC channels are accessible through PIO
  6. USART3 in UART mode (RXD3 and TXD3 available)

Note: The SAM3X-EK evaluation kit for the SAM3X and SAM3A series is mounted with a SAM3X8H in an LFBGA217 package. This device is not commercially available.

## 2. SAM3X/A Block Diagram

Figure 2-1. SAM3A4/8C (100 pins) Block Diagram

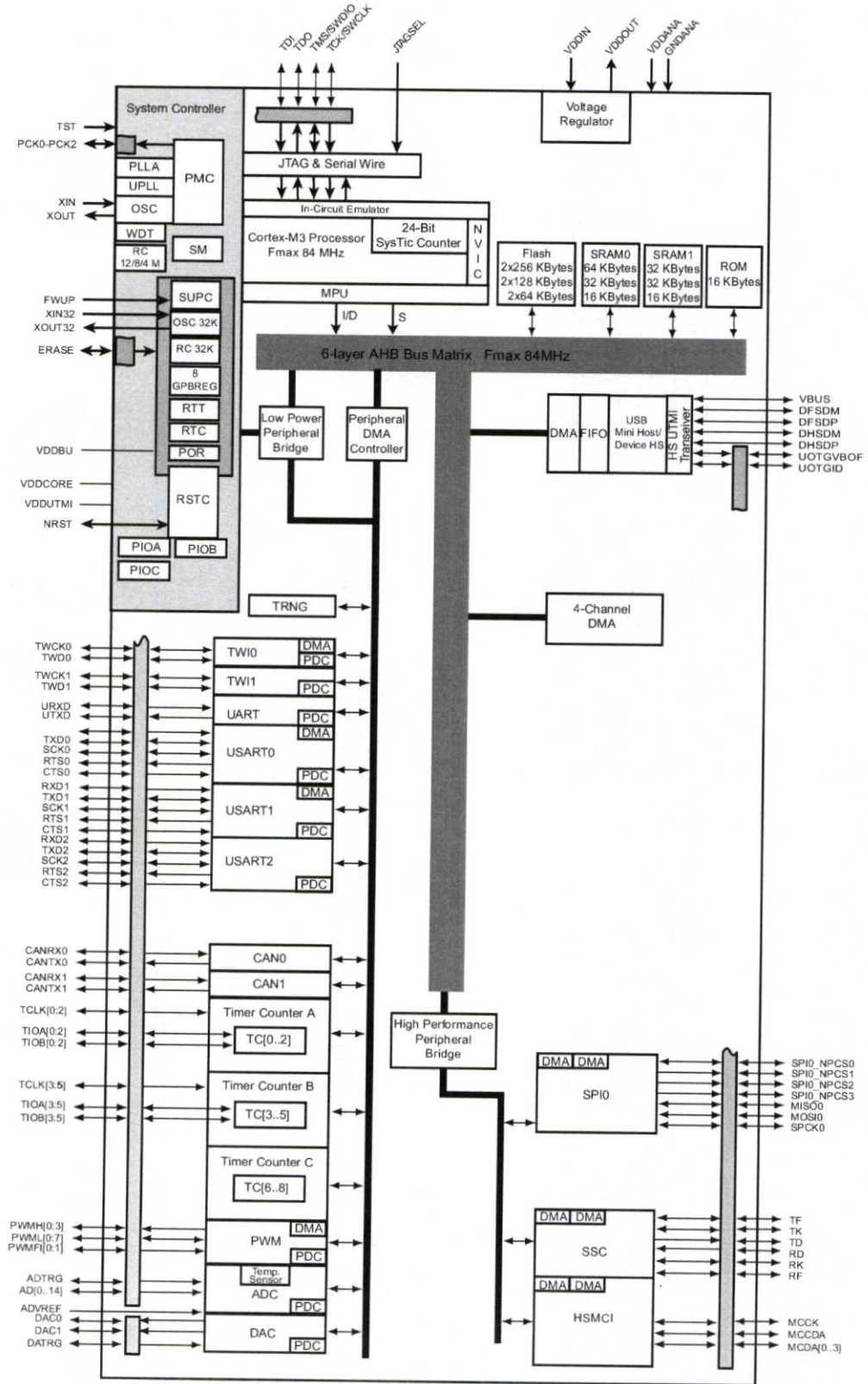


Figure 2-2. SAM3X4/8C (100 pins) Block Diagram

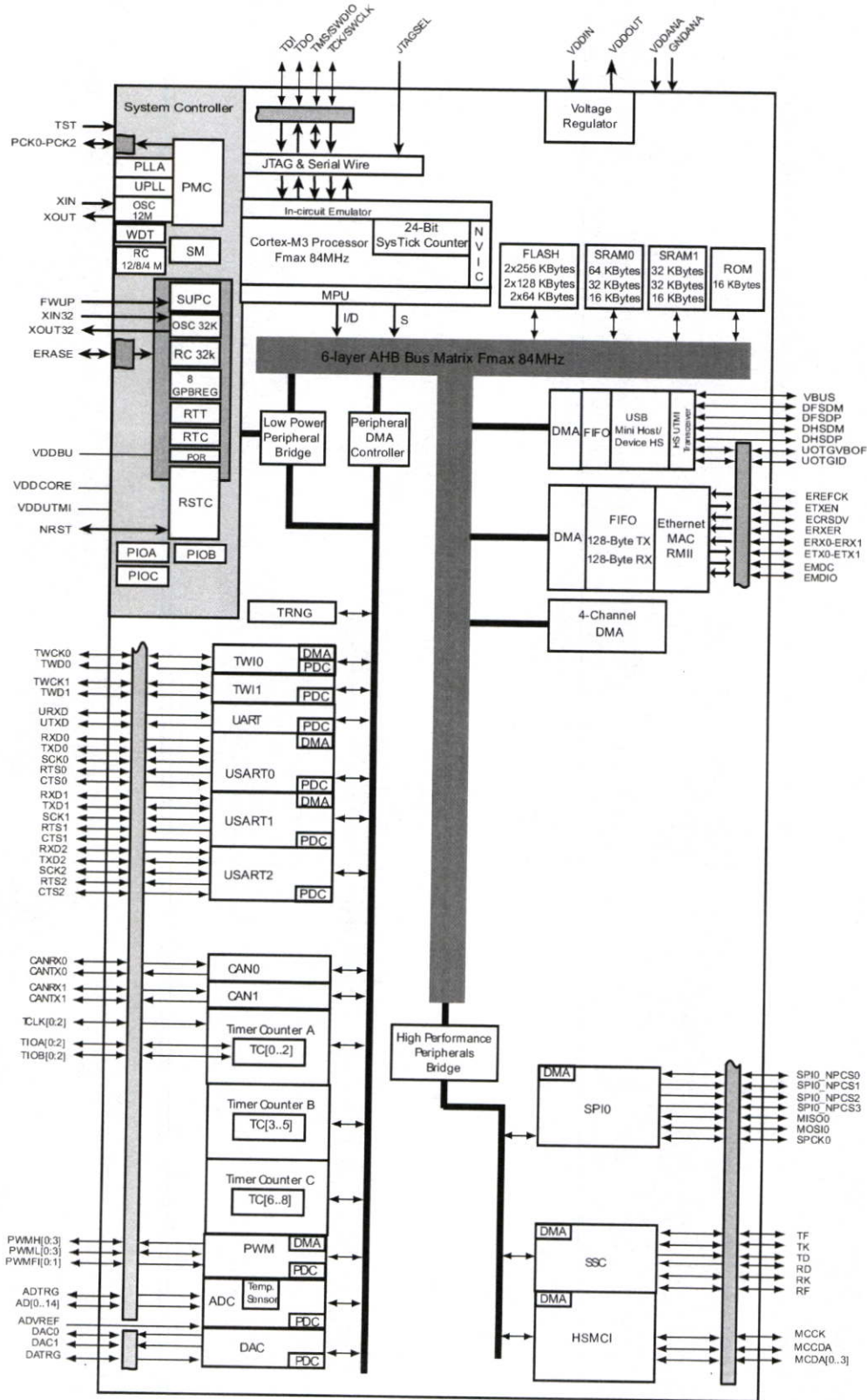


Figure 2-3. SAM3X4/8E (144 pins) Block Diagram

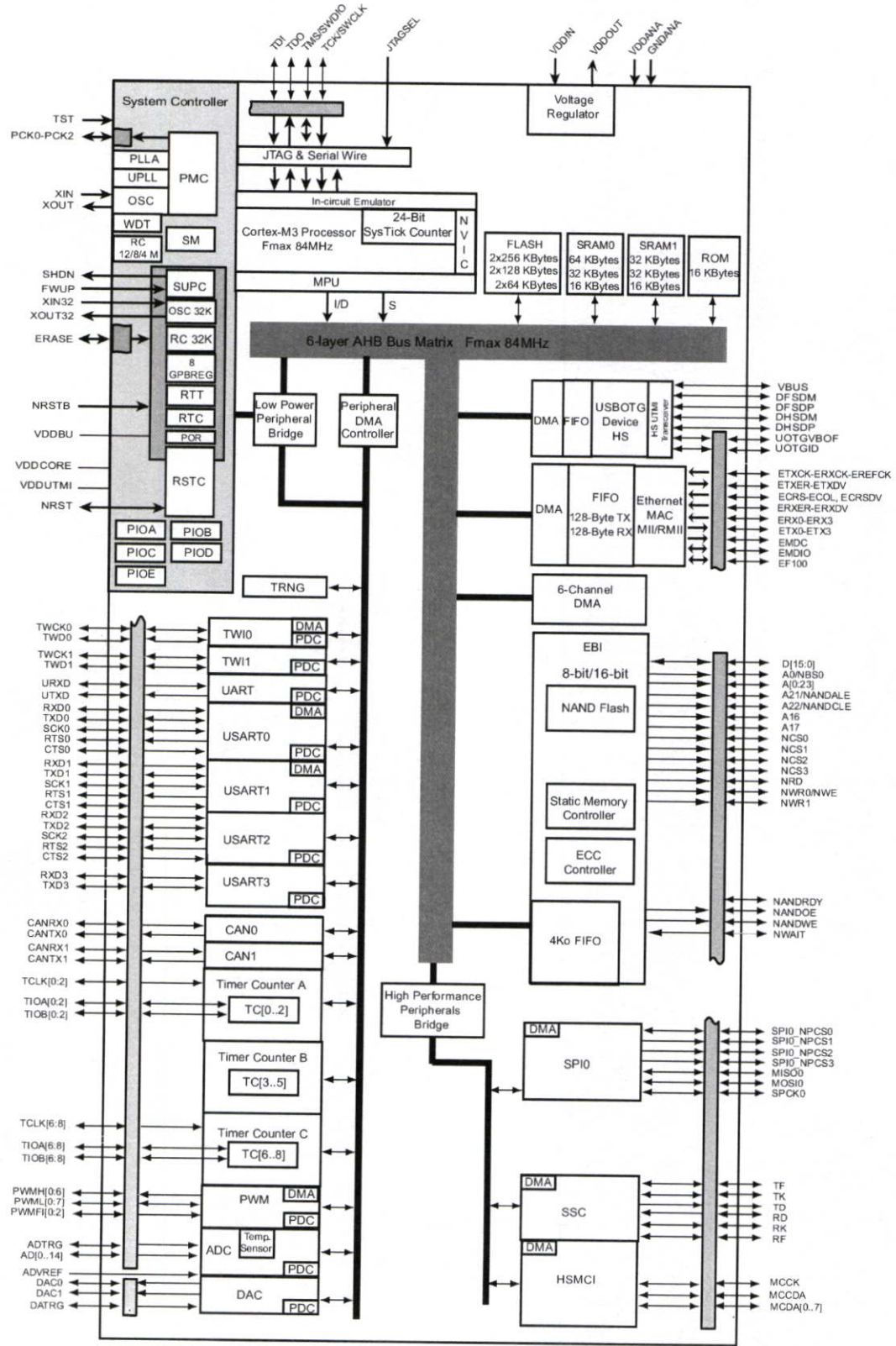
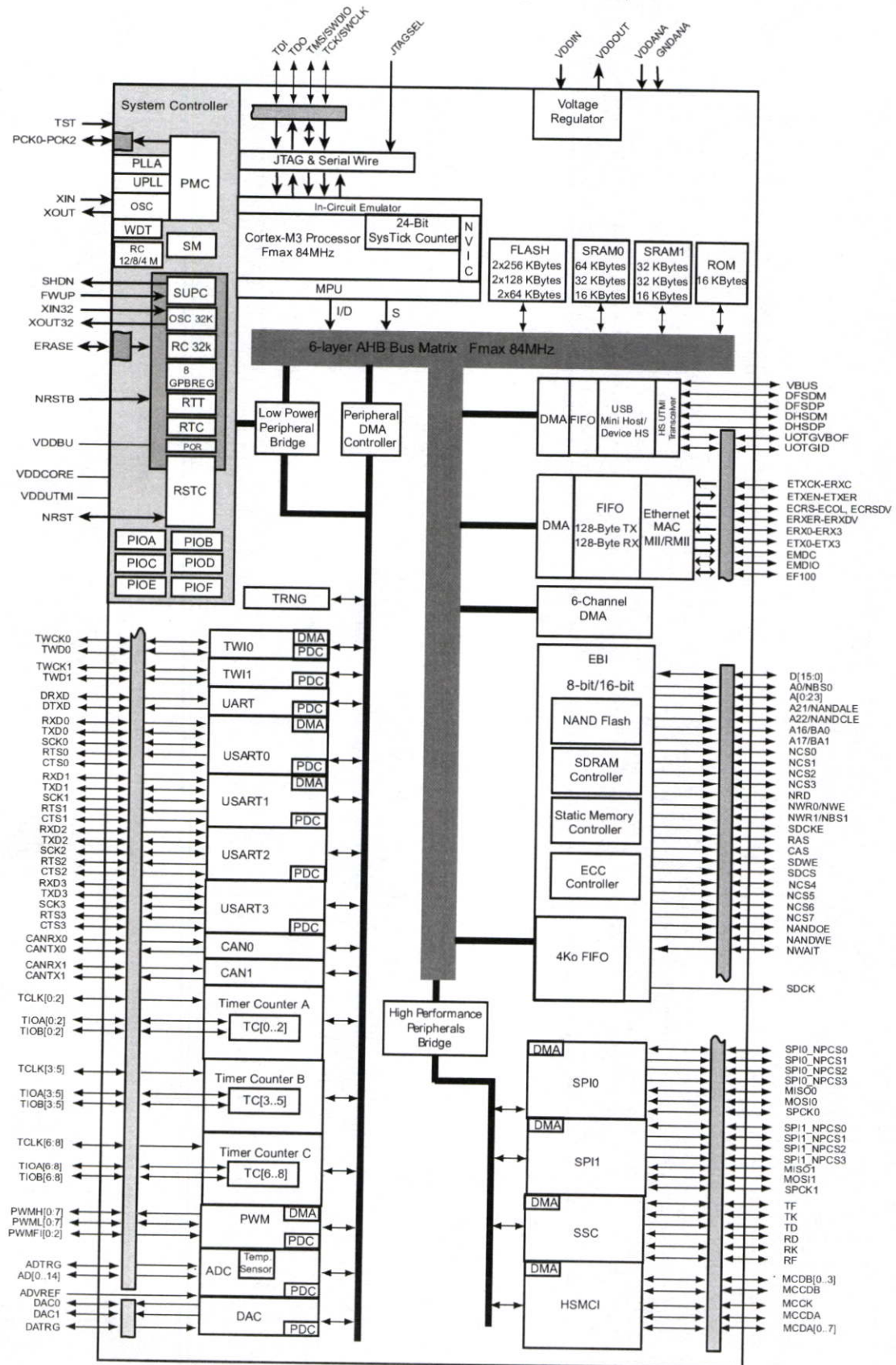


Figure 2-4. SAM3X8H (217 pins) Block Diagram (not commercially available).





### 3. Signal Description

Table 3-1 gives details on the signal names classified by peripheral.

**Table 3-1.** Signal Description List

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
<b>Power Supplies</b>					
VDDIO	Peripherals I/O Lines Power Supply	Power			1.62V to 3.6V
VDDUTMI	USB UTMI+ Interface Power Supply	Power			3.0V to 3.6V
VDDOUT	Voltage Regulator Output	Power			
VDDIN	Voltage Regulator, ADC and DAC Power Supply	Power			
GNDUTMI	USB UTMI+ Interface Ground	Ground			
VDDBU	Backup I/O Lines Power Supply	Power			1.62V to 3.6V
GNDBU	Backup Ground	Ground			
VDDPLL	PLL A, UPLL and Oscillator Power Supply	Power			1.62 V to 1.95V
GNDPLL	PLL A, UPLL and Oscillator Ground	Ground			
VDDANA	ADC and DAC Analog Power Supply	Power			2.0V to 3.6V
GNDANA	ADC and DAC Analog Ground	Ground			
VDDCORE	Core Chip Power Supply	Power			1.62V to 1.95V
GND	Ground	Ground			
<b>Clocks, Oscillators and PLLs</b>					
XIN	Main Oscillator Input	Input		VDDPLL	
XOUT	Main Oscillator Output	Output			
XIN32	Slow Clock Oscillator Input	Input		VDDBU	
XOUT32	Slow Clock Oscillator Output	Output			
VBG	Bias Voltage Reference	Analog			
PCK0 - PCK2	Programmable Clock Output	Output			
<b>Shutdown, Wakeup Logic</b>					
SHDN	Shut-Down Control	Output		VDDBU	0: The device is in backup mode 1: The device is running (not in backup mode)
FWUP	Force Wake-up Input	Input		VDDBU	Needs external Pull-up

Table 3-1. Signal Description List (Continued)

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
<b>ICE and JTAG</b>					
TCK/SWCLK	Test Clock/Serial Wire Clock	Input		VDDIO	Reset State: - SWJ-DP Mode - Internal pull-up disabled <sup>(1)</sup>
TDI	Test Data In	Input			
TDO/TRACESWO	Test Data Out / Trace Asynchronous Data Out	Output			
TMS/SWDIO	Test Mode Select /Serial Wire Input/Output	Input / I/O			
JTAGSEL	JTAG Selection	Input	High	VDDBU	Permanent Internal pull-down
<b>Flash Memory</b>					
ERASE	Flash and NVM Configuration Bits Erase Command	Input	High	VDDIO	Pull-down resistor
<b>Reset/Test</b>					
NRST	Microcontroller Reset	I/O	Low	VDDIO	Pull-up resistor
NRSTB	Asynchronous Microcontroller Reset	Input	Low	VDDBU	Pull-up resistor
TST	Test Mode Select	Input		VDDBU	Pull-down resistor
<b>Universal Asynchronous Receiver Transceiver - UART</b>					
URXD	UART Receive Data	Input			
UTXD	UART Transmit Data	Output			



**Table 3-1.** Signal Description List (Continued)

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
<b>PIO Controller - PIOA - PIOB - PIOC - PIOD - PIOE</b>					
PA0 - PA31	Parallel IO Controller A	I/O		VDDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(3)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
PB0 - PB31	Parallel IO Controller B	I/O			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(4)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
PC0 - PC30	Parallel IO Controller C	I/O			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(5)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
PD0 - PD30	Parallel IO Controller D	I/O			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(6)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
PE0 - PE31	Parallel IO Controller E	I/O			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(7)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
PF0 - PF6	Parallel IO Controller F	I/O			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Schmitt Trigger<sup>(7)</sup></li> <li>Reset State:</li> <li>•PIO Input</li> <li>•Internal pull-up enabled</li> </ul>
<b>External Memory Bus</b>					
D0 - D15	Data Bus	I/O			Pulled-up input at reset
A0 - A23	Address Bus	Output			0 at reset
<b>Static Memory Controller - SMC</b>					
NCS0 - NCS7	Chip Select Lines	Output	Low		
NWR0 - NWR1	Write Signal	Output	Low		
NRD	Read Signal	Output	Low		
NWE	Write Enable	Output	Low		
NBS0 - NBS1	Byte Mask Signal	Output	Low		
NWAIT	External Wait Signal	Input	Low		

Table 3-1. Signal Description List (Continued)

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
<b>NAND Flash Controller-NFC</b>					
NANDOE	NAND Flash Output Enable	Output	Low		
NANDWE	NAND Flash Write Enable	Output	Low		
NANDRDY	NAND Ready	Input			
NANDCLE	NAND Flash Command Line Enable	Output	Low		
NANDALE	NAND Flash Address Line Enable	Output	Low		
<b>SDRAM Controller - SDRAM</b>					
SDCK	SDRAM Clock	Output			Tied low after reset
SDCKE	SDRAM Clock Enable	Output	High		
SDCS	SDRAM Controller Chip Select Line	Output	Low		
BA[1:0]	Bank Select	Output			
SDWE	SDRAM Write Enable	Output	Low		
RAS - CAS	Row and Column Signal	Output	Low		
NBS[1:0]	Byte Mask Signals	Output	Low		
SDA10	SDRAM Address 10 Line	Output			
<b>High Speed Multimedia Card Interface HSMCI</b>					
MCKK	Multimedia Card Clock	I/O			
MCCDA	Multimedia Card Slot A Command	I/O			
MCDA0 - MCDA7	Multimedia Card Slot A Data	I/O			
MCCDB	Multimedia Card Slot B Command	I/O			
MCDB0 - MCDB3	Multimedia Card Slot A Data	I/O			
<b>Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter USARTx</b>					
SCKx	USARTx Serial Clock	I/O			
TXDx	USARTx Transmit Data	I/O			
RXDx	USARTx Receive Data	Input			
RTSx	USARTx Request To Send	Output			
CTSx	USARTx Clear To Send	Input			
<b>Ethernet MAC 10/100 - EMAC</b>					
EREFCK	Reference Clock	Input		RMII only	
ETXCK	Transmit Clock	Input		MII only	
ERXCK	Receive Clock	Input		MII only	
ETXEN	Transmit Enable	Output			
ETX0 - ETX3	Transmit Data	Output		ETX0 - ETX1 only in RMII	
ETXER	Transmit Coding Error	Output		MII only	
ERXDV	Receive Data Valid	Input		MII only	



**Table 3-1.** Signal Description List (Continued)

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
ECRSDV	Carrier Sense and Data Valid	Input		RMII only	
ERX0 - ERX3	Receive Data	Input		ERX0 - ERX1 only in RMII	
ERXER	Receive Error	Input			
ECRS	Carrier Sense	Input		MII only	
ECOL	Collision Detected	Input		MII only	
EMDC	Management Data Clock	Output			
EMDIO	Management Data Input/Output	I/O			
<b>CAN Controller - CANx</b>					
CANRXx	CAN Input	Input			
CANTXx	CAN Output	Output			
<b>Synchronous Serial Controller - SSC</b>					
TD	SSC Transmit Data	Output			
RD	SSC Receive Data	Input			
TK	SSC Transmit Clock	I/O			
RK	SSC Receive Clock	I/O			
TF	SSC Transmit Frame Sync	I/O			
RF	SSC Receive Frame Sync	I/O			
<b>Timer/Counter - TC</b>					
TCLKx	TC Channel x External Clock Input	Input			
TIOAx	TC Channel x I/O Line A	I/O			
TIOBx	TC Channel x I/O Line B	I/O			
<b>Pulse Width Modulation Controller- PWMC</b>					
PWMHx	PWM Waveform Output High for channel x	Output			
PWMLx	PWM Waveform Output Low for channel x,	Output			only output in complementary mode when dead time insertion is enabled
PWMFlx	PWM Fault Input for channel x	Input			
<b>Serial Peripheral Interface - SPIx</b>					
MISOx	Master In Slave Out	I/O			
MOSIx	Master Out Slave In	I/O			
SPCKx	SPI Serial Clock	I/O			
SPIx_NPCS0	SPI Peripheral Chip Select 0	I/O	Low		
SPIx_NPCS1 - SPIx_NPCS3	SPI Peripheral Chip Select	Output	Low		
<b>Two-Wire Interface- TWIx</b>					
TWDx	TWIx Two-wire Serial Data	I/O			

Table 3-1. Signal Description List (Continued)

Signal Name	Function	Type	Active Level	Voltage Reference	Comments
TWCKx	TWix Two-wire Serial Clock	I/O			
<b>Analog-to-Digital Converter - ADC</b>					
AD0 - AD14	Analog Inputs	Analog			
ADTRG	ADC Trigger	Input			
ADVREF	ADC and DAC Reference	Analog			
<b>Digital-to-Analog Converter - DAC</b>					
DAC0	DAC channel 0 analog output	Analog			
DAC1	DAC channel 1 analog output	Analog			
DATRG	DAC Trigger				
<b>Fast Flash Programming Interface</b>					
PGMEN0-PGMEN2	Programming Enabling	Input		VDDIO	
PGMM0-PGMM3	Programming Mode	Input		VDDIO	
PGMD0-PGMD15	Programming Data	I/O		VDDIO	
PGMRDY	Programming Ready	Output	High	VDDIO	
PGMNVALID	Data Direction	Output	Low	VDDIO	
PGMNOE	Programming Read	Input	Low	VDDIO	
PGMCK	Programming Clock	Input		VDDIO	
PGMNCMD	Programming Command	Input	Low	VDDIO	
<b>USB High Speed Device</b>					
VBUS	USB Bus Power Measurement Mini Host/Device	Analog			
DFSDM	USB Full Speed Data -	Analog		VDDUTMI	
DFSDP	USB Full Speed Data +	Analog		VDDUTMI	
DHSMD	USB High Speed Data -	Analog		VDDUTMI	
DHSDP	USB High Speed Data +	Analog		VDDUTMI	
UOTGVBOF	USB VBus On/Off: Bus Power Control Port			VDDIO	
UOTGID	USB Identification: Mini Connector Identification Port			VDDIO	

- Notes:
1. TDO pin is set in input mode when the Cortex-M3 Core is not in debug mode. Thus the internal pull-up corresponding to this PIO line must be enabled to avoid current consumption due to floating input.
  2. PIOA: Schmitt Trigger on all, except PA0, PA9, PA26, PA29, PA30, PA31
  3. PIOB: Schmitt Trigger on all, except PB14 and PB22
  4. PIOC: Schmitt Trigger on all, except PC2 to PC9, PC15 to PC24
  5. PIOD: Schmitt Trigger on all, except PD10 to PD30
  6. PIOE: Schmitt Trigger on all, except PE0 to PE4, PE15, PE17, PE19, PE21, PE23, PE25, PE29
  7. PIOF: Schmitt Trigger on all PIOs

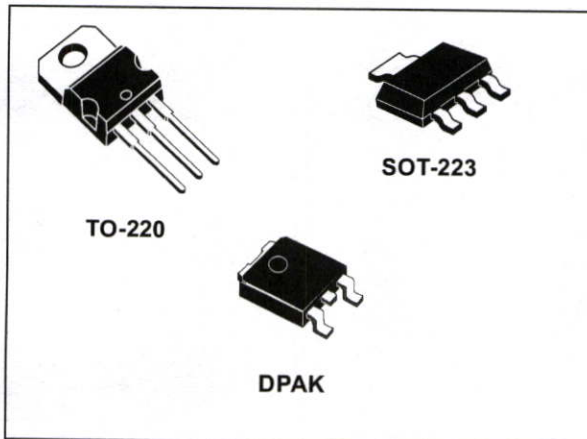


### 3.1 Design Considerations

In order to facilitate schematic capture when using a SAM3X/A design, Atmel provides a "Schematics Checklist" Application Note. See <http://www.atmel.com/products/AT91/>

## Low drop fixed and adjustable positive voltage regulators

Datasheet - production data



- Available in  $\pm 2\%$  (at 25 °C) and 4% in full temperature range
- High supply voltage rejection:
  - 80 dB typ. (at 25 °C)
- Temperature range: 0 °C to 125 °C

### Description

The LD1117A is a low drop voltage regulator able to provide up to 1 A of output current, available also in adjustable versions ( $V_{REF} = 1.25$  V). In fixed versions, the following output voltages are offered: 1.2 V, 1.8 V, and 3.3 V. The device is supplied in: SOT-223, DPAK and TO-220. Surface mounted packages optimize the thermal characteristics while offering a relevant space saving advantage. High efficiency is assured by an NPN pass transistor. Only a very common 10  $\mu$ F minimum capacitor is needed for stability. Chip trimming allows the regulator to reach a very tight output voltage tolerance, within  $\pm 2\%$  at 25 °C.

### Features

- Low dropout voltage:
  - 1.15 V typ. @  $I_{OUT} = 1$  A, 25 °C
- Very low quiescent current:
  - 5 mA typ. @ 25 °C
- Output current up to 1 A
- Fixed output voltage of:
  - 1.2 V, 1.8 V, 3.3 V
- Adjustable version availability ( $V_{REF} = 1.25$  V)
- Internal current and thermal limit
- Only 10  $\mu$ F for stability

**Table 1. Device summary**

Order codes			Output voltage
SOT-223	DPAK	TO-220	
LD1117AS12TR	LD1117ADT12TR		1.2 V
LD1117AS18TR	LD1117ADT18TR		1.8 V
LD1117AS33TR	LD1117ADT33TR	LD1117AV33	3.3 V
LD1117ASTR	LD1117ADT-TR		Adjustable from 1.25 V

# 1 Diagram

Figure 1. Block diagram

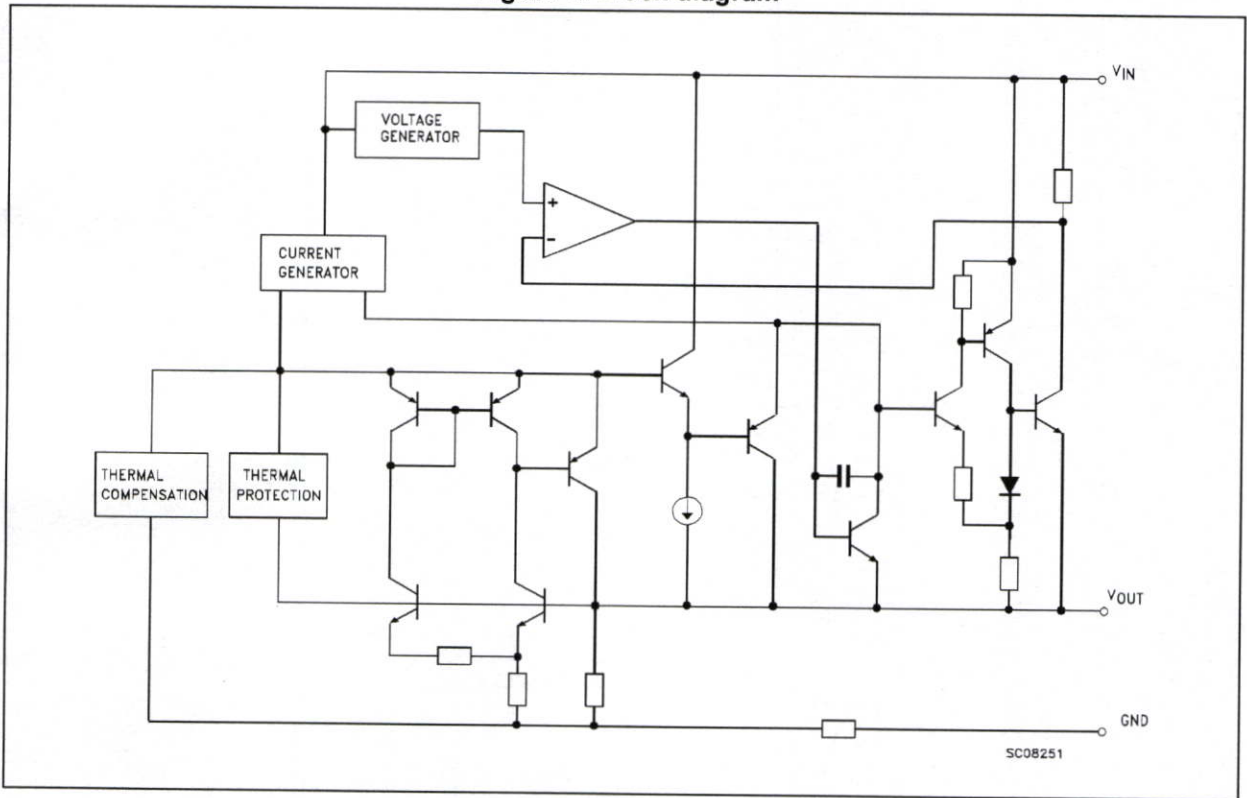


Table 5. Electrical characteristics of LD1117A#18 (continued)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
eN	Output noise voltage	B = 10 Hz to 10 kHz, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply voltage rejection	$I_O = 40\text{ mA}$ , $f = 120\text{ Hz}$ $V_I - V_O = 3\text{ V}$ , $V_{\text{ripple}} = 1\text{ V}_{\text{PP}}$	60	80		dB
$V_D$	Dropout voltage	$I_O = 100\text{ mA}$		1	1.10	V
		$I_O = 500\text{ mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 1\text{ A}$		1.15	1.30	
$\Delta V_{O(\text{pwr})}$	Thermal regulation	$T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , 30 ms pulse		0.08	0.2	%/W

Refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_I = 10\text{ }\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

Table 6. Electrical characteristics of LD1117A#33

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output voltage	$V_I = 5.3\text{ V}$ , $I_O = 10\text{ mA}$ , $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	3.234	3.3	3.366	V
$V_O$	Output voltage	$I_O = 0$ to $1\text{ A}$ , $V_I = 4.75$ to $10\text{ V}$	3.168		3.432	V
$\Delta V_O$	Line regulation	$V_I = 4.75$ to $8\text{ V}$ , $I_O = 0\text{ mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load regulation	$V_I = 4.75\text{ V}$ , $I_O = 0$ to $1\text{ A}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long term stability	1000 hrs, $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_I$	Operating input voltage	$I_O = 100\text{ mA}$			10	V
$I_d$	Quiescent current	$V_I \leq 10\text{ V}$ , $I_O = 0\text{ mA}$		5	10	mA
$I_O$	Output current	$V_I - V_O = 5\text{ V}$ , $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	1000	1200		mA
eN	Output noise voltage	B = 10 Hz to 10 kHz, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply voltage rejection	$I_O = 40\text{ mA}$ , $f = 120\text{ Hz}$ $V_I - V_O = 3\text{ V}$ , $V_{\text{ripple}} = 1\text{ V}_{\text{PP}}$	60	75		dB
$V_D$	Dropout voltage	$I_O = 100\text{ mA}$		1	1.10	V
		$I_O = 500\text{ mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 1\text{ A}$		1.15	1.30	
$\Delta V_{O(\text{pwr})}$	Thermal regulation	$T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , 30 ms pulse		0.08	0.2	%/W

Refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_I = 10\text{ }\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

Table 7. Electrical characteristics of LD1117A (adjustable)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{\text{REF}}$	Reference voltage	$V_I = 5.3\text{ V}$ , $I_O = 10\text{ mA}$ , $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	1.225	1.25	1.275	V
$V_{\text{REF}}$	Reference voltage	$I_O = 10\text{ mA}$ to $1\text{ A}$ , $V_I = 2.75$ to $10\text{ V}$	1.2		1.3	V
$\Delta V_O$	Line regulation	$V_I = 2.75$ to $8\text{ V}$ , $I_O = 0\text{ mA}$		1	6	mV