

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE0624: Laboratorio de Microcontroladores

2 ciclo 2022

Laboratorio 4

STM32: GPIO, ADC, comunicaciones, Iot

Martin Sander Hangen

B97333

Esteban Rodriguez Quintana

B66076

Profesor: Marco Villalta Fallas

30 de octubre del 2022

Resumen

El presente proyecto se trata del desarrollo de una estación meteorológica usando el microcontrolador STM32F29. Dicha placa cuenta con un giroscopio que actuará como sensor de aceleración en los 3 ejes ejes en 3 dimensiones X, Y y Z.

Además, el giroscopio cuenta con una batería de alimentación que decidirá si el giroscopio le va a seguir enviando datos a la plataforma IoT. Mediante una batería de 9V y un divisor de tensión se le transmite cierto voltaje a la placa STM.

Link del repositorio: https://github.com/estebanrq/lab4_microcontroladores

1. Nota teórica

1.2. Microcontrolador STM32F429

En el laboratorio se utilizó la placa STM32F429 de la familia STM. Sus principales características, tomadas de la hoja de datos son las siguientes:

- 2 Megabytes de memoria flash
- 256 Kilobytes de RAM
- Conección USB OTG a Micro-AB
- El giroscopio I3G4250D ST MEMS con 3 ejes
- 6 LEDs
- Dos botones de usuario y reset
- 64-Mbit de SDRAM
- La energía se le transfiere por el puerto USB o por una batería externa de 3V a 5V
- Pantalla QVGA TFT LCD de 2.4 pulgadas

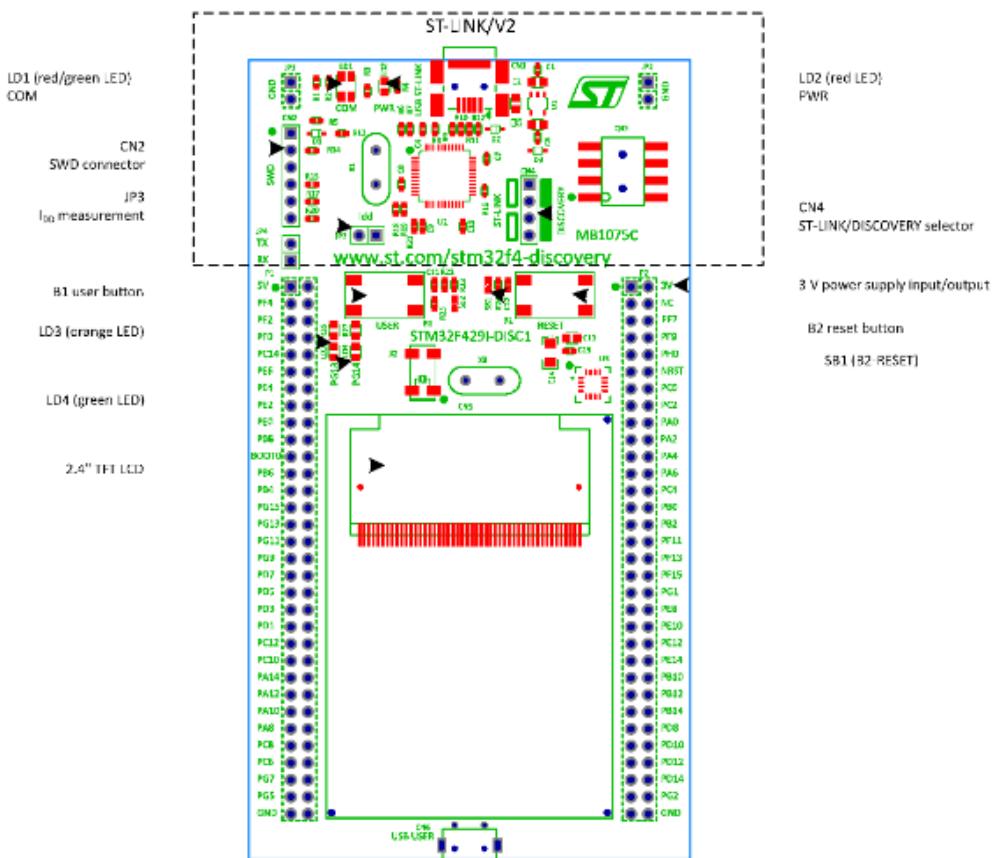


Figura 1. Diagrama de pines del microcontrolador STM32F429 por arriba. [1]

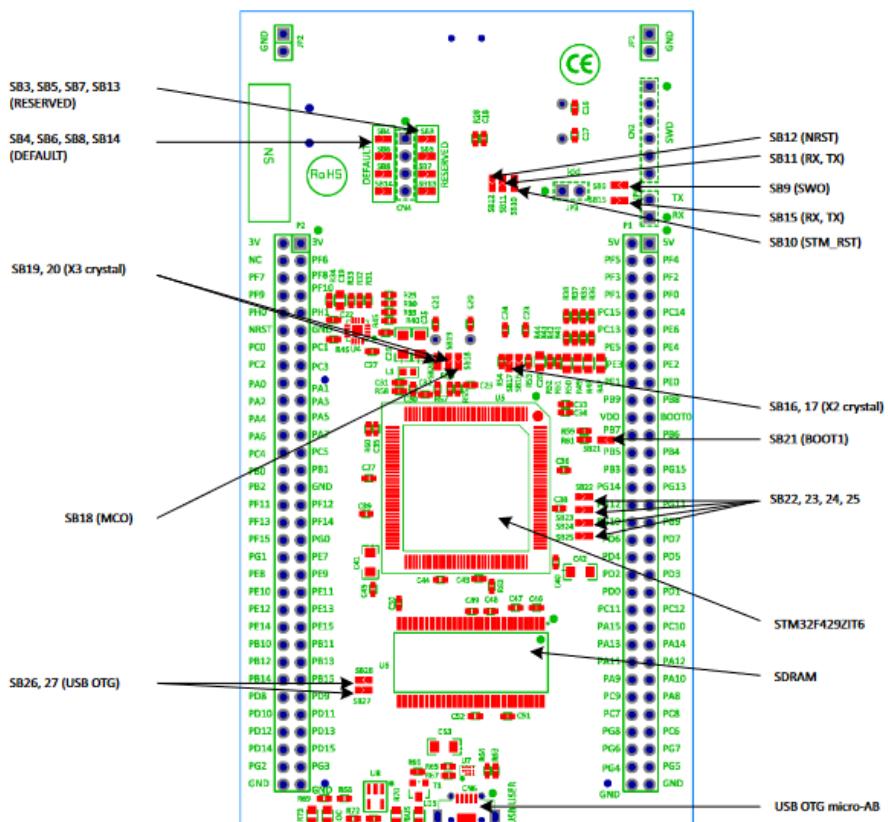


Figura 2. Diagrama de pines del microcontrolador STM32F429 por abajo. [1]

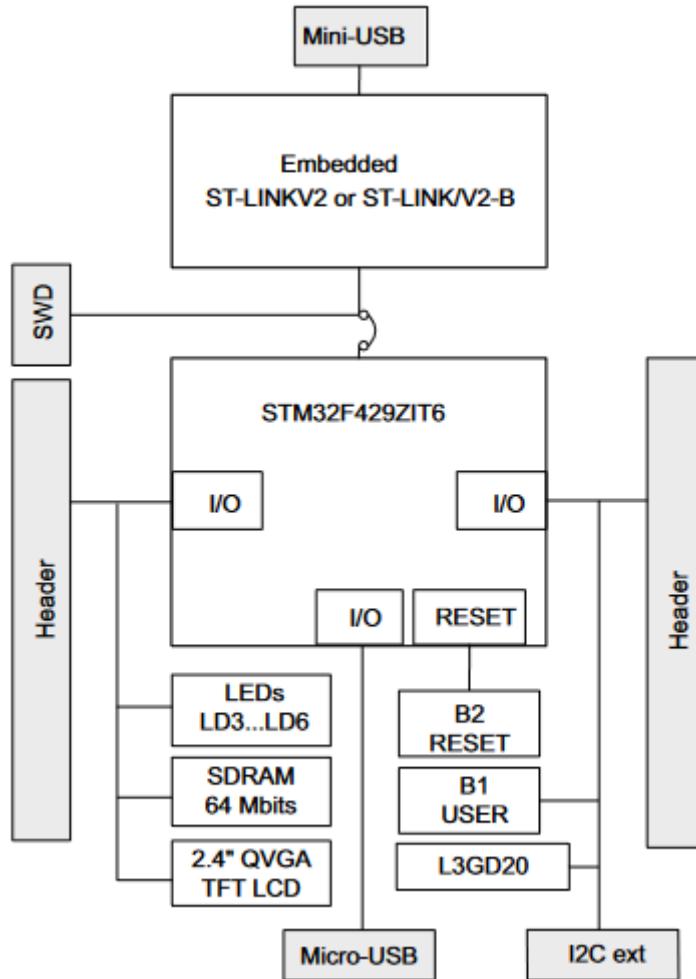


Figura 3. Diagrama de bloques del microcontrolador STM32F429. [1]

1.2. Periféricos utilizados

1.2.1. Giroscopio I3G4250D ST MEMS

El giroscopio I3G4250D es un dispositivo de poca potencia que tiene sensor de 3 ejes capaz de medir la velocidad angular y desplegarla con un estándar SPI en una interfaz digital. Las mediciones son hechas con sensores de inercia. []

1.3. Componentes electrónicos adicionales

Además del microcontrolador, se utilizó una batería externa de 9V junto con una protoboard para hacerle llegar a la placa 5V exactamente. Se usaron resistores de 330 Ohm para diseñar el divisor de tensión.

El diagrama de pines de la protoboard se muestra a continuación:

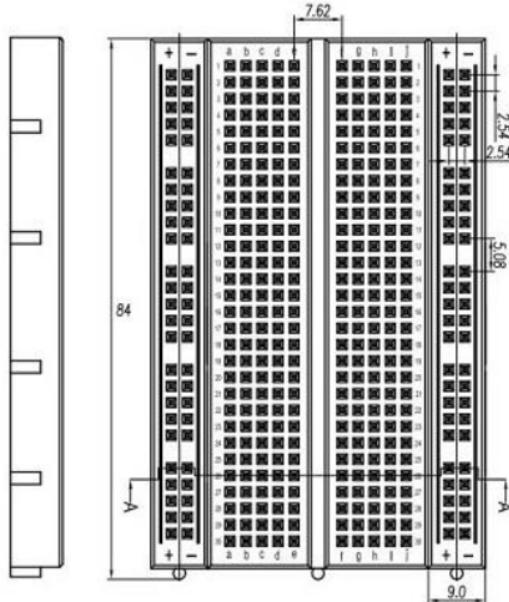


Figura 4. Diagrama de pines de la Protoboard 400. [3]

1.3. Diseño del circuito

Para pasar de 9V a 5V se diseñó un divisor de tensión con resistores de 330 Ohm. Como base se usó la protoboard mostrada en la figura 4. Este divisor de tensión permite que la máxima tensión medida a la entrada del microcontrolador sea 4.5 V cuando la tensión de la batería es de 9V, por lo cual no se superan los límites de operación del pin de entrada. Además, la corriente que pasa por las resistencias es de:

$$I = V/R = 9 \text{ V} / 660 \text{ Ohm} = 13.6 \text{ mV}$$

Y la potencia máxima disipada por cada resistencia es:

$$P = IV = 13.6 \text{ mV} * 4.5\text{V} = 0.0612 \text{ W}$$

Por tanto, tampoco se supera la potencia máxima de operación de las resistencias, dado que estas son de $\frac{1}{4}$ de Watt.

En la figura 5 se muestra el diagrama de conexión eléctrica para la medición del voltaje. La tensión de salida se mide en V_{out} . Dicha terminal se conecta al pin PA0.

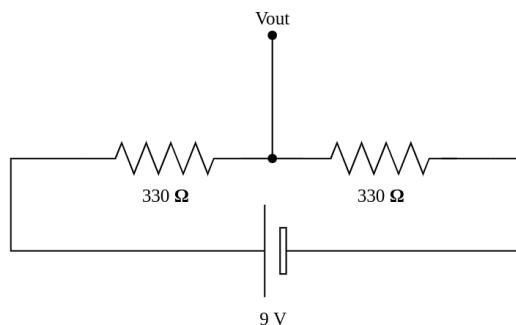


Figura 5. Circuito para medición de tensión en batería.

2. Librerías utilizadas

2.1. libopencm3

La librería libopencm3 es un proyecto de “open source” creado para facilitar el uso de varios microcontroladores ARM. Durante el laboratorio fue de gran ayuda ya que se usaron distintas funciones de repositorios disponibles en la librería. Funciones para controlar e inicializar el giroscopio por ejemplo, funciones para escribir en la pantalla del STM32 y funciones para leer el voltaje de un pin en específico y desplegarlo en la pantalla.

3. Desarrollo/Análisis de resultados

3.1. IoT

Usando el puerto serial y un script de python se desplegaron los datos de los tres ejes del giroscopio en la terminal y también en la plataforma Thingsboard usando un dashboard de tres columnas. El eje X está marcado en azul, el Y en verde y el Z en rojo.

Se observa como en el momento de tomar la captura de pantalla la tarjeta se estaba moviendo en el eje X y en los otros dos ejes no había mucho movimiento.

```
while (1):
    data = datos.readline().decode('utf-8').replace('\r', "").replace('\n', "")
    data = data.split('\t')
    dict["Eje X"] = data[0]
    dict["Eje Y"] = data[1]
    dict["Eje Z"] = data[2]
    dict["Voltaje de Bateria"] = data[3]

    if(float( data[3]) < 4):
        dict["Bateria Baja"] = "Si"
    else:
        dict["Bateria Baja"] = "No"

    output = json.dumps(dict)
    print(output)
    client.publish(topic, output)
    time.sleep(5)
```

Figura 6. Código del archivo Python que escribe en la plataforma IoT.



Figura 7. Resultados en dashboard de la plataforma Thingsboard con datos provenientes de acelerómetro.

3.2. Funcionalidad electrónica

En las siguientes dos imágenes se muestra en microcontrolador sin movimiento (figura 8) y seguidamente el microcontrolador en movimiento (figura 9). Los ejes son representados con las letras X, Y y Z. Se le puso a la pantalla un fondo negro con dígitos amarillos para mayor visibilidad.



Figura 8. Datos del giroscopio en la placa STM32F429 sin aceleración.



Figura 9. Datos del giroscopio en la placa STM32F429 con aceleración.

La conexión con el puerto serial se logró satisfactoriamente y se muestra a continuación cómo se despliegan los datos de la aceleración de los ejes en la terminal. Se tiene un delay de menos de 5 segundos entre cada medición.

```
martin@martin-VirtualBox:~/libopencm3-examples/examples/stm32/f4/stm32f429i-discovery/spi$ python3 script.py
Conectado al puerto serial /dev/ttyACM1
Conexión exitosa
{"Eje X": "311", "Eje Y": "-61", "Eje Z": "-130"}
Mensaje: 1 ha abandonado el cliente
{"Eje X": "68", "Eje Y": "187", "Eje Z": "-53"}
Mensaje: 2 ha abandonado el cliente
{"Eje X": "-29", "Eje Y": "238", "Eje Z": "-35"}
Mensaje: 3 ha abandonado el cliente
{"Eje X": "-343", "Eje Y": "-35", "Eje Z": "-71"}
Mensaje: 4 ha abandonado el cliente
{"Eje X": "-88", "Eje Y": "-198", "Eje Z": "-16"}
Mensaje: 5 ha abandonado el cliente
{"Eje X": "270", "Eje Y": "-49", "Eje Z": "41"}
Mensaje: 6 ha abandonado el cliente
^CTraceback (most recent call last):
  File "/home/martin/libopencm3-examples/examples/stm32/f4/stm32f429i-discovery/spi/script.py", line
  55, in <module>
    time.sleep(5)
KeyboardInterrupt
martin@martin-VirtualBox:~/libopencm3-examples/examples/stm32/f4/stm32f429i-discovery/spi$
```

Figura 10. Resultados en consola de datos provenientes de acelerómetro.

4. Instrucciones para ejecución

Por favor, siga los pasos descritos a continuación para cargar el programa en el microcontrolador e iniciar la ejecución de las tareas:

1. Prepare el área ejecutando el siguiente comando en terminal:

source setup.csh

2. Conecte la tarjeta STM

3. Entre a la carpeta spi/ y ejecute el comando:

make flash

4. Lance es script de python para IoT usando:

python3 script.py

5. Conclusiones y recomendaciones

- Se logra utilizar el STM32F4, el giroscopio y la pantalla de manera exitosa.
- Se encuentra una utilidad extra del microcontrolador y su potencial para trabajar en tareas más complejas que no necesariamente tienen que ver con variables digitales sino también con variables y mediciones físicas.
- Se experimentó la utilidad del Internet of Things haciendo uso de la plataforma Thingsboard, siendo capaz de habilitar pizarras para el análisis y monitoreo de diferentes tareas.

Como recomendación, se tiene que realizar una investigación previa y lograr el entendimiento completo del microcontrolador antes de empezar a redactar código. Se recomienda también el uso de librerías de “open source” que faciliten el uso del microcontrolador incluyendo funciones ya precodificadas.

Referencias

[1] Discovery kit with STM32F429ZI MCU User Manual. Recuperado de:
<https://docs.rs-online.com/b72f/0900766b815247be.pdf>

[2] Discovery kit with STM32F429ZI MCU Data brief. Recuperado de:
<https://docs.rs-online.com/87ec/0900766b815247bd.pdf>

[3] Protoboard 400 Datasheet. Recuperado de:
<http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/breadboard.pdf>

[4] Giroscopio I3G4250D Datasheet. Recuperado de:
<https://www.st.com/en/mems-and-sensors/i3g4250d.html>

Apéndices

Features

- STM32F429ZIT6 microcontroller featuring 2 Mbytes of Flash memory, 256 Kbytes of RAM in an LQFP144 package
- 2.4" QVGA TFT LCD
- USB OTG with Micro-AB connector
- I3G4250D, ST MEMS motion sensor 3-axis digital output gyroscope
- Six LEDs:
 - LD1 (red/green) for USB communication
 - LD2 (red) for 3.3 V power-on
 - Two user LEDs: LD3 (green), LD4 (red)
 - Two USB OTG LEDs: LD5 (green) V_{BUS} and LD6 (red) OC (over-current)
- Two push-buttons (user and reset)
- 64-Mbit SDRAM
- Extension header for LQFP144 I/Os for a quick connection to the prototyping board and an easy probing
- On-board ST-LINK/V2-B
- USB functions:
 - Debug port
 - Virtual COM port
 - Mass storage
- Mbed Enabled™ (see <http://mbed.org>)
- Board power supply: through the USB bus or from an external 3 V or 5 V supply voltage
- Comprehensive free software including a variety of examples, part of STM32CubeF4 MCU Package or STSW-STM32138, for using legacy standard libraries



Picture is not contractual.

Description

The 32F429IDISCOVERY Discovery kit leverages the capabilities of the STM32F429 high-performance microcontrollers, to allow users to develop rich applications easily with advanced graphic user interfaces.



1 Ordering information

To order the Discovery kit with the STM32F429ZI microcontroller, refer to [Table 1](#).

Table 1. Ordering information

Order code	Board reference	User manual	Target STM32
STM32F429I-DISC1 ⁽¹⁾	MB1075	UM1670	STM32F429ZIT6

1. Mbed Enabled™ STM32F429I-DISC1 with ST-LINK/V2-B replaces obsolete STM32F429I-DISCO with ST-LINK/V2.

1.1 Product marking

Evaluation tools marked as 'ES' or 'E' are not yet qualified and therefore they are not ready to be used as reference design or in production. Any consequences deriving from such usage will not be at ST charge. In no event, ST will be liable for any customer usage of these engineering sample tools as reference design or in production.

'E' or 'ES' marking examples of location:

- On the targeted STM32 that is soldered on the board (for illustration of STM32 marking, refer to the section "Package information" of the STM32 datasheet available at www.st.com).
- Next to the evaluation tool ordering part number that is stuck or silk-screen printed on the board.

1.2 Codification

The meaning of the codification is explained in [Table 2](#).

Table 2. Codification explanation

32XXYYZDISCOVERY	Description	Example: 32F429IDISCOVERY
32XX	MCU series in STM32 32-bit Arm Cortex MCUs	STM32F4 Series
YY	MCU product line in the series	STM32F429
Z	STM32 Flash memory size: – I for 2 Mbytes	2 Mbytes
DISCOVERY	Discovery kit	Discovery kit

2 Development environment

2.1 System requirements

- Windows® OS (7, 8, or 10)
- USB Type-A to Mini-B cable

2.2 Development toolchains

- IAR™ - EWARM^(a)
- Keil® - MDK-ARM^(a)
- STMicroelectronics - STM32CubeIDE
- Arm® Mbed™^(b) online

2.3 Demonstration software

The demonstration software, included in the STM32Cube MCU Package, is preloaded in the STM32 Flash memory for easy demonstration of the device peripherals in standalone mode. The latest versions of the demonstration source code and associated documentation can be downloaded from the www.st.com/stm32f4-discovery web page.

a. On Windows® only.

b. Arm and Mbed are registered trademarks or trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and elsewhere.

Revision history

Table 3. Document revision history

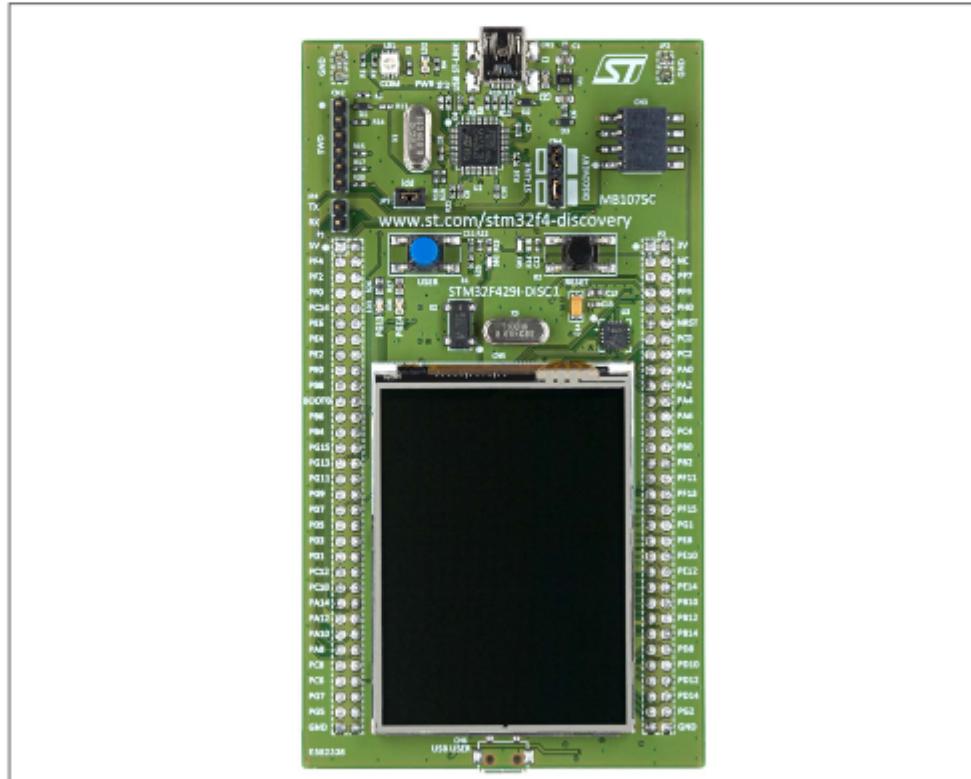
Date	Revision	Changes
06-Sep-2013	1	Initial version.
29-Sep-2014	2	Updated Features and Description to introduce STM32cubeF4 and STSW-STM32138. Updated ST MEMS feature. Updated System requirements and Development toolchains .
23-Oct-2015	3	Updated Features , Description , and Product marking .
28-Oct-2016	4	Updated Features and Description to inform that the new STM32F429I-DISC1 order code has replaced the old STM32F429I-DISCO order code.
22-Apr-2020	5	Removed all references to obsolete STM32F429I-DISCO. Updated ST MEMS details in Features . Reorganized the entire document: – Updated Features , Description , Ordering information , and Development toolchains – Added Codification

Introduction

The STM32F429 Discovery kit (32F429IDISCOVERY) allows users to easily develop applications with the STM32F429 high-performance STM32 with ARM® Cortex®-M4 core. It includes an ST-LINK/V2 or ST-LINK/V2-B embedded debug tool, a 2.4" QVGA TFT LCD, an external 64-Mbit SDRAM, an ST MEMS gyroscope, a USB OTG micro-AB connector, LEDs and push-buttons.

The board comes with a comprehensive STM32 software HAL library with various packaged software examples, as well as a direct access to ARM® mbed™ on-line resources at <http://mbed.org>.

Figure 1. STM32F429 Discovery board



1. Picture not contractual



6 Hardware layout

The STM32F429 Discovery board has been designed around the STM32F429ZIT6 microcontroller in a 144-pin LQFP package.

Figure 2 illustrates the connections between the STM32F429ZIT6 and its peripherals (ST-LINK/V2 or ST-LINK/V2-B, push-buttons, LED, USB OTG, ST MEMS Gyroscope, Accelerometer, Magnetometer and connectors).

Figure 3 and *Figure 4* help to locate these connections on the STM32F429 Discovery board.

Figure 2. Hardware block diagram

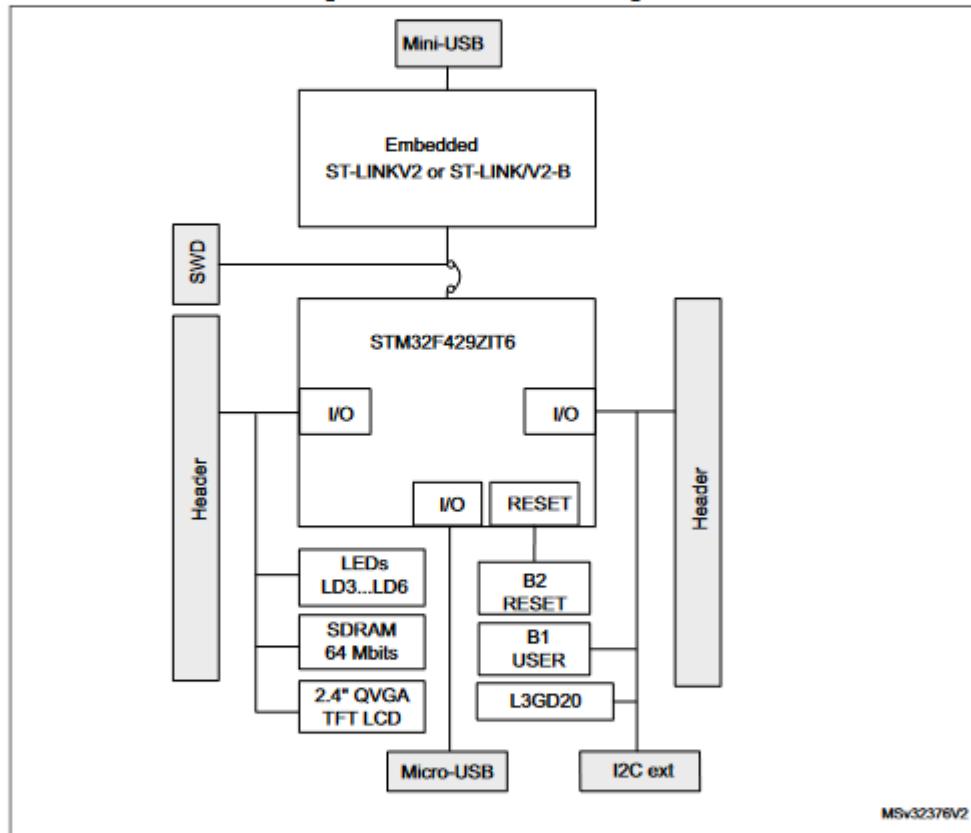


Figure 3. Top layout

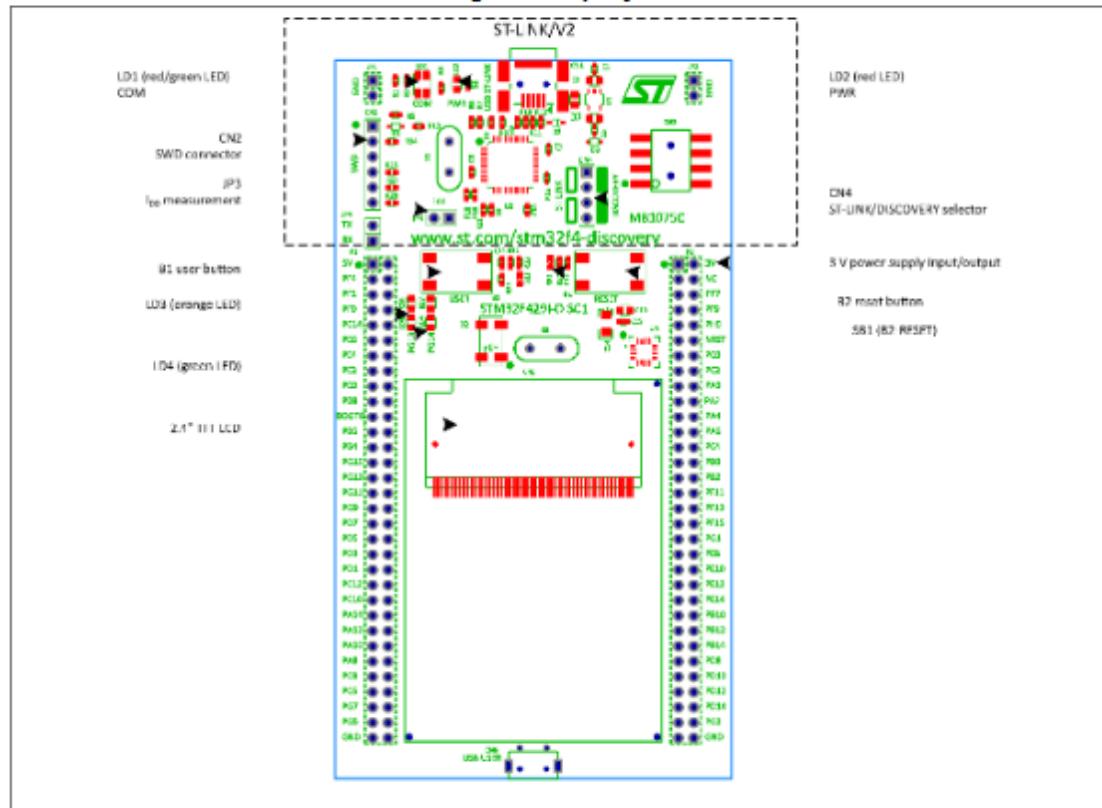
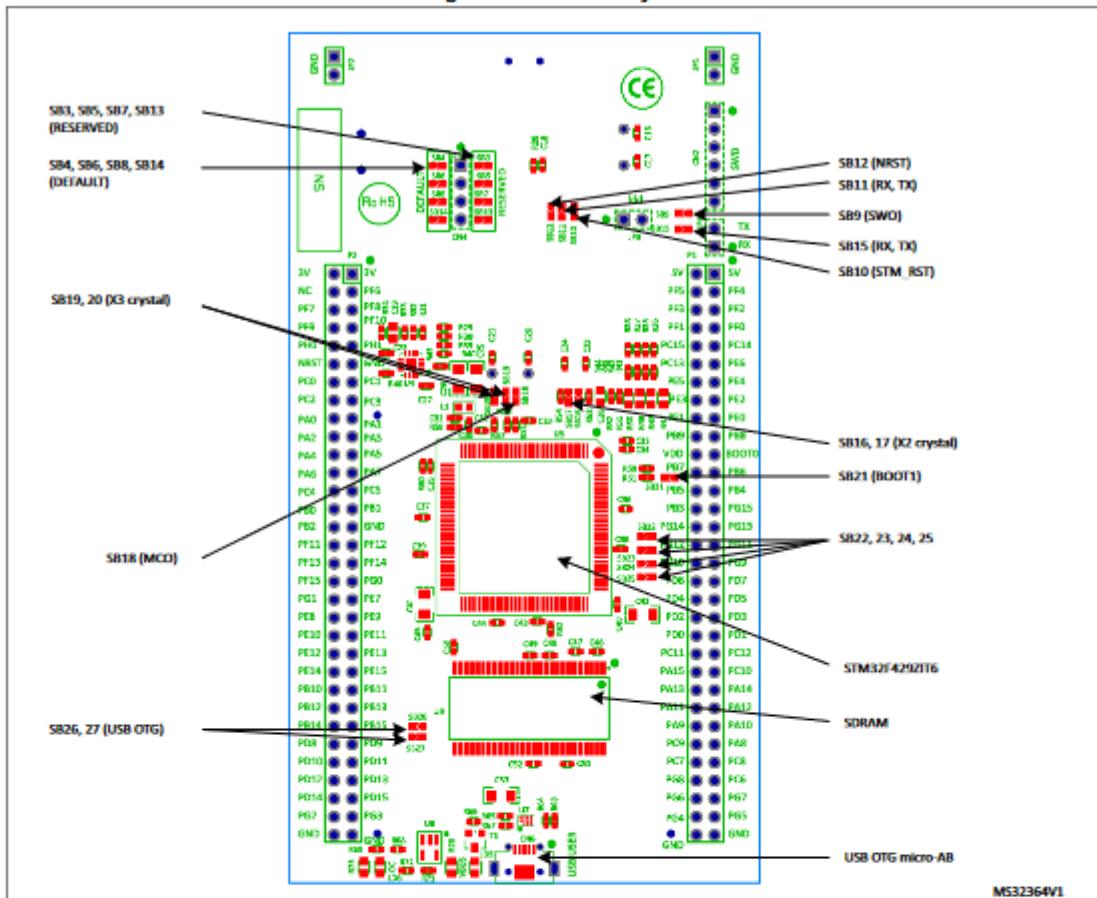


Figure 4. Bottom layout



MEMS motion sensor:
3-axis digital output gyroscope

Datasheet - production data

LGA-16 (4x4x1.1 mm³)

Features

- Wide supply voltage: 2.4 V to 3.6 V
- Selectable full scale (245/500/2000 dps)
- I²C/SPI digital output interface
- 16-bit rate value data output
- 8-bit temperature data output
- Two digital output lines (interrupt and data ready)
- Integrated low- and high-pass filters with user-selectable bandwidth
- Ultra-stable over temperature and time
- Low-voltage-compatible IOs (1.8 V)
- Embedded power-down and sleep mode
- Embedded temperature sensor
- Embedded FIFO
- High shock survivability
- Extended operating temperature range (-40 °C to +85 °C)
- ECOPACK®, RoHS and "Green" compliant

Applications

- Industrial applications
- Navigation systems and telematics
- Motion control with MMI (man-machine interface)
- Appliances and robotics

Description

The I3G4250D is a low-power 3-axis angular rate sensor able to provide unprecedented stability at zero-rate level and sensitivity over temperature and time. It includes a sensing element and an IC interface capable of providing the measured angular rate to the application through a standard SPI digital interface. An I²C compatible interface is also available.

The sensing element is manufactured using a dedicated micromachining process developed by STMicroelectronics to produce inertial sensors and actuators on silicon wafers.

The IC interface is manufactured using a CMOS process that allows a high level of integration to design a dedicated circuit which is trimmed to better match the characteristics of the sensing element.

The I3G4250D has a selectable full scale ($\pm 245/\pm 500/\pm 2000$ dps) and is capable of measuring rates with a user-selectable bandwidth.

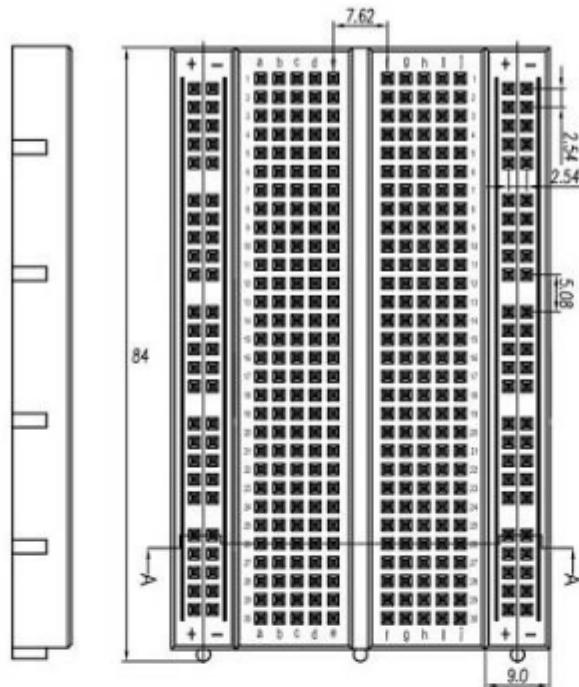
The I3G4250D is available in a plastic land grid array (LGA) package and can operate within a temperature range of -40 °C to +85 °C.

Table 1. Device summary

Order code	Temperature range (°C)	Package	Packing
I3G4250D	-40 to +85	LGA-16 (4x4x1.1 mm ³)	Tray
I3G4250DTR	-40 to +85	LGA-16 (4x4x1.1 mm ³)	Tape and reel

Data Sheet---Part #:BB-801 WHITE black lines

Dimensions:



400 tie points clear solderless breadboard(units in mm)

Specifications:

Pitch: 2.54mm
Rated: 36V/2A
Dimensions: 84x53.3x8.3mm
400 tie points with four independent common bus lines
Interlocked for larger projects
Square holes
ABS plastic material and phosphor bronze nickel plated spring clips
Accepts a variety of wire sizes (20-29 AWG)
Completely reusable and no harmful to person and environment

Applications:

Tie Point Interlocking Solderless Breadboard makes prototyping with electronics easy. Use Jumper Wires create electrical connections without soldering. Popularly used for kinds of related arduino projects, electronics learnings and education. It is necessary for basic electronics.