

Laboratorio #4: STM32: GPIO, ADC, comunicaciones, Iot

Adrián Avilés Flores, B80835 y Steven Mora Barboza, B95109

I. INTRODUCCIÓN

El presente laboratorio de microcontroladores se desarrolló con el objetivo de construir un sismógrafo digital que pueda registrar y estudiar las oscilaciones en el edificio de la escuela de ingeniería eléctrica. Para ello, se utilizó una placa STM32F429 Discovery kit y la biblioteca libopenmc3. El sismógrafo cumple con los requisitos especificados en el enunciado, como la alimentación por baterías (cargadas por paneles solares), la lectura de los ejes del giroscopio (X, Y, Z), la inclusión de un switch para habilitar/deshabilitar las comunicaciones por USART/USB, el monitoreo del nivel de la batería y la visualización de esta información en una pantalla LCD. Además, se creó un script de Python que permite la lectura/escritura al puerto serial/USB y que envía la información del giroscopio y el nivel de batería a un dashboard en la plataforma IoT Thingsboard.

En conclusión, el desarrollo de este sismógrafo digital permitió explorar las capacidades de las placas STM32F429 y libopenmc3, así como la implementación de diferentes periféricos y la integración con una plataforma IoT. Además, se obtuvo un sistema capaz de registrar y monitorear las oscilaciones en el edificio de la escuela de ingeniería eléctrica de forma eficiente y autónoma.

II. NOTA TEÓRICA

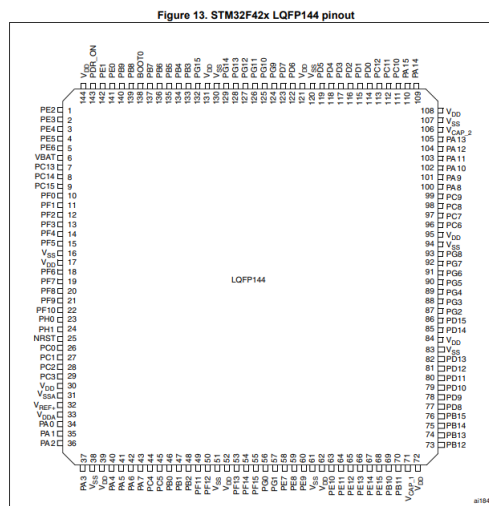
II-A. STM32F429 Discovery kit

En el presente laboratorio se utilizó una placa STM32F429 Discovery kit, la cual es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador STM32F429 de la compañía STMicroelectronics. Este microcontrolador es un dispositivo de altas prestaciones que cuenta con un procesador ARM Cortex-M4 de 32 bits con una frecuencia de hasta 180 MHz, una memoria flash integrada de hasta 2 MB y memoria RAM de hasta 256 KB, amplia variedad de periféricos, incluyendo convertidores analógico-digitales (ADC), interfaces de comunicación (USB, UART, I2C, SPI), temporizadores y controladores de interrupción, unidad de procesamiento digital de señales (DSP) para el procesamiento de señales en tiempo real, interfaz gráfica de usuario (GUI) con acelerador de gráficos y controlador de pantalla táctil para el manejo de pantallas LCD TFT de alta resolución, múltiples modos de bajo consumo para optimizar la duración de la batería en aplicaciones portátiles o de bajo consumo de energía.

Para el desarrollo del sismógrafo se utilizó la biblioteca libopenmc3, la cual es una biblioteca de código abierto que proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) para el desarrollo de firmware en el microcontrolador

STM32F429. Esta biblioteca permite controlar diferentes periféricos del microcontrolador, como el giroscopio, el LED, el botón y la pantalla LCD, y proporciona una interfaz de programación fácil de usar para el desarrollo de aplicaciones en el microcontrolador.

Además, el sismógrafo incluye una pantalla LCD para la visualización de los datos leídos por el giroscopio y el monitoreo del nivel de batería. También se utilizó un switch para habilitar/deshabilitar las comunicaciones por USART/USB y un script de Python para la lectura/escritura al puerto serial/USB y el envío de los datos a un dashboard en la plataforma IoT Thingsboard.



1. The above figure shows the package top view.

Figura 1. Diagrama de pines STM32F429 [1].

A continuación el diagrama de bloques del MCU:

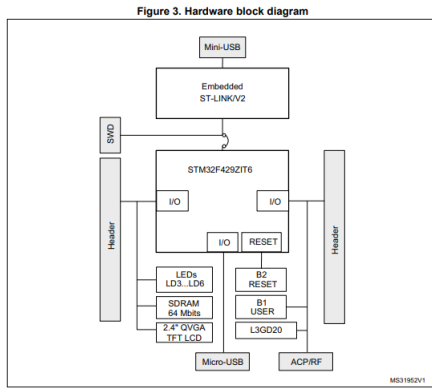


Figura 2. Diagrama de bloques del STM32F429 [1].

Además, su forma más detallada:

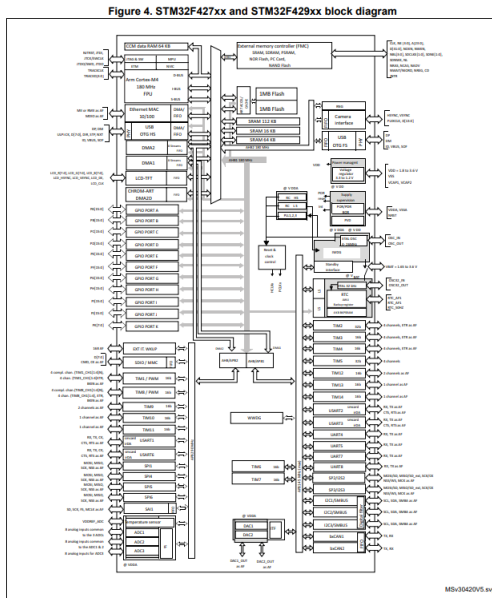


Figura 3. Diagrama de bloques detallado del STM32F429 [1].

Entre los componentes a usar, según el diagrama de bloques, se utilizará el conector USB para programar y alimentar el MCU. El microcontrolador STM32F429 puede ser alimentado con una tensión de entre 3 o 5 V, según lo especificado en su hoja de datos.

Table 14. Voltage characteristics				
Symbol	Ratings	Min	Max	Unit
$V_{DD}-V_{SS}$	External main supply voltage (including V_{DDA} , V_{DD} and V_{BAT}) ⁽¹⁾	- 0.3	4.0	V
V_{IN}	Input voltage on FT pins ⁽²⁾	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DD} + 4.0$	
	Input voltage on T1a pins	$V_{SS} - 0.3$	4.0	
	Input voltage on any other pin	$V_{SS} - 0.3$	4.0	
	Input voltage on BOOT0 pin	V_{SS}	9.0	
$ \Delta V_{DD} $	Variations between different V_{DD} power pins	-	50	mV
$ V_{SSx}-V_{SS} $	Variations between all the different ground pins including V_{REF-}	-	50	
$V_{ESD(HBM)}$	Electrostatic discharge voltage (human body model)	see Section 6.3.15 Absolute maximum ratings (electrical sensitivity)		

1. All main power (V_{DD} , V_{DDA}) and ground (V_{SS} , V_{SSA}) pins must always be connected to the external power supply, in the permitted range.

2. V_{IN} maximum value must always be respected. Refer to Table 15 for the values of the maximum allowed injected current.

Figura 4. Especificaciones eléctricas del STM32F429 [1].

Table 15. Current characteristics			
Symbol	Ratings	Max.	Unit
ΣI_{VDD}	Total current into sum of all V_{DD} power lines (source) ⁽¹⁾	270	mA
ΣI_{VSS}	Total current out of sum of all V_{SS} ground lines (sink) ⁽¹⁾	- 270	
I_{VDD}	Maximum current into each V_{DD} power line (source) ⁽¹⁾	100	
I_{VSS}	Maximum current out of each V_{SS} ground line (sink) ⁽¹⁾	- 100	
I_O	Output current sunk by any I/O and control pin	25	
	Output current sourced by any I/Os and control pin	- 25	
ΣI_O	Total output current sunk by sum of all I/O and control pins ⁽¹⁾	120	
	Total output current sourced by sum of all I/Os and control pins ⁽¹⁾	- 120	
I_{NUPIN} ⁽¹⁾	Injected current on FT pins ⁽²⁾	- 5 to +3	
	Injected current on NRST and BOOT0 pins ⁽²⁾	- 5 to +3	
	Injected current on TTA pins ⁽²⁾	- 5 to +3	
ΣI_{NUPIN} ⁽¹⁾	Total injected current (sum of all I/O and control pins) ⁽¹⁾	± 25	

1. All main power (V_{DD} , V_{DDA}) and ground (V_{SS} , V_{SSA}) pins must always be connected to the external power supply, in the permitted range.

2. This current consumption must be correctly distributed over all I/Os and control pins. The total output current must not be backdriven between two consecutive power supply pins referring to high pin count LQFP packages.

3. Negative injection disturbs the analog performance of the device. See note in Section 6.3.21: 12-bit ADC characteristics.

4. Positive injection is not possible on these I/Os and does not occur for input voltages lower than the specified maximum value.

5. A positive injection is induced by $V_{IN} > V_{DD}$ while a negative injection is induced by $V_{IN} < V_{SS}$. I_{NUPIN} must never be exceeded. Refer to Table 14 for the values of the maximum allowed input voltage.

6. When several inputs are submitted to a current injection, the maximum ΣI_{NUPIN} is the absolute sum of the positive and negative injected currents (absolute values).

Figura 5. Especificaciones eléctricas del STM32F429 [1].

Además, es importante tener en cuenta las especificaciones eléctricas mostradas en la Figura 7, donde se puede observar que la tensión máxima de operación es de 4 V y la corriente máxima por pin input/output es de 25 mA, esto se tomará en cuenta con la elaboración del circuito.

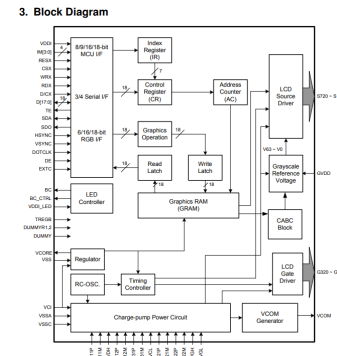


Figura 6. Diagrama de bloques de la pantalla del STM32F429 [1].

Ahora bien, este MCU posee un chip controlador en su pantalla, la cual es de tecnología LCD TFT a color de 4,3 pulgadas que puede mostrar imágenes de una resolución de 240 x 320 puntos de resolución. Además, esta pantalla cuenta con un controlador de pantalla táctil integrado para la detección de toques en la pantalla, una interfaz de pantalla paralela RGB de 16 bits para la comunicación con el microcontrolador y una pantalla retroiluminada con LED para una buena visibilidad incluso en condiciones de poca luz.

18.1 Absolute Maximum Ratings

The absolute maximum rating is listed on following table. When ILI9341 is used out of the absolute maximum ratings, ILI9341 may be permanently damaged. To use ILI9341 within the following electrical characteristics limitation is strongly recommended for normal operation. If these electrical characteristics conditions are exceeded during normal operation, ILI9341 will malfunction and cause poor reliability.

Item	Symbol	Unit	Value
Supply voltage	V_{CC}	V	-0.3 ~ +4.6
Supply voltage (Logic)	V_{DD}	V	-0.3 ~ +4.6
Supply voltage (Digital)	V_{DDIO}	V	-0.3 ~ +2.0
Driver supply voltage	V_{DD-VBL}	V	-0.3 ~ +20.0
Logic input voltage range	V_{IN}	V	-0.3 ~ $V_{DD} + 0.3$
Logic output voltage range	V_O	V	-0.3 ~ $V_{DD} + 0.3$
Operating temperature	T_{OP}	°C	-40 ~ +85
Storage temperature	T_{STG}	°C	-55 ~ +119

Note: If the absolute maximum rating of even is one of the above parameters is exceeded even momentarily, the quality of the product may be degraded. Absolute maximum ratings, therefore, specify the values exceeding which the product may be physically damaged. Be sure to use the product within the range of the absolute maximum ratings.

Figura 7. Especificaciones eléctricas de al pantalla del STM32F429 [1].

En la hoja de información, dice que el ILI9341 funciona con 1.65 3.3 V I/O y según la imagen anterior, puede funcionar a una tensión máxima de 4.6 V.

El microcontrolador STM32F429 Discovery kit cuenta con un giroscopio MEMS (Micro-Electro-Mechanical System)

integrado, específicamente el modelo L3GD20, que es un sensor de tres ejes diseñado para medir la velocidad angular o la tasa de cambio de la orientación en un espacio tridimensional, también posee un rango de medición de hasta +/- 2000 grados por segundo (dps), y un bajo consumo de energía, lo que lo hace adecuado para aplicaciones portátiles o de bajo consumo de energía.

II-B. Periféricos utilizados

ADC conversor analógico-digital que convierte la señal analógica en una señal digital para su procesamiento por el microcontrolador.// USART: bloque de comunicación serial que permite la transmisión de datos entre el MCU y una PC.

En este laboratorio, el giroscopio se utiliza para registrar y estudiar las oscilaciones en el edificio de la escuela de ingeniería eléctrica. El giroscopio MEMS (Micro Electro-Mechanical System) utilizado en la placa STM32F429 Discovery kit es capaz de medir las tasas de cambio angulares en los tres ejes espaciales: X, Y y Z. La información proporcionada por el giroscopio es esencial para la detección y el registro de las vibraciones y movimientos sísmicos en el edificio de la escuela de ingeniería eléctrica. La información obtenida a partir del giroscopio puede ser utilizada para analizar y entender los patrones de vibración, la amplitud y la frecuencia de los movimientos sísmicos en el edificio, lo que puede ser útil para la prevención de futuros daños y la toma de decisiones sobre la necesidad de reforzar o reparar la estructura del edificio.

La pantalla LCD se utiliza para desplegar información importante sobre el funcionamiento del sismógrafo digital y la medición de las vibraciones sísmicas en el edificio de la escuela de ingeniería eléctrica, en este caso, la pantalla LCD muestra el nivel de la batería, los valores de los ejes X, Y y Z medidos por el giroscopio, y si la comunicación serial/USB está habilitada. La visualización de esta información en tiempo real es importante para que los usuarios puedan monitorear el estado del sismógrafo y asegurarse de que está funcionando correctamente, además, la pantalla LCD también puede ser utilizada para mostrar información importante de manera clara y legible, lo que puede ser útil para la configuración y el diagnóstico del sismógrafo.

II-C. Registros usados

Es importante mencionar que tanto el microcontrolador, la pantalla y el giroscopio, poseen registros independientes. En este caso, algunos de los del microcontrolador serían los siguientes:

- CTRL REG1
- CTRL REG4
- GYR OUT X L
- GYR OUT X H
- GYR OUT Y L
- GYR OUT Y H
- GYR OUT Z L

■ GYR OUT Z H

Los cuales son usados para leer los valores del giroscopio, a continuación una lista más completa:

Table 17. Register address map

Name	Type	Register address		Default
		Hex	Binary	
Reserved	-	00-0E	-	-
WHO_AM_I	r	0F	000 1111	11010100
Reserved	-	10-1F	-	-
CTRL_REG1	rw	20	010 0000	00000111
CTRL_REG2	rw	21	010 0001	00000000
CTRL_REG3	rw	22	010 0010	00000000
CTRL_REG4	rw	23	010 0011	00000000
CTRL_REG5	rw	24	010 0100	00000000
REFERENCE	rw	25	010 0101	00000000
OUT_TEMP	r	26	010 0110	output
STATUS_REG	r	27	010 0111	output
OUT_X_L	r	28	010 1000	output
OUT_X_H	r	29	010 1001	output
OUT_Y_L	r	2A	010 1010	output
OUT_Y_H	r	2B	010 1011	output
OUT_Z_L	r	2C	010 1100	output
OUT_Z_H	r	2D	010 1101	output
FIFO_CTRL_REG	rw	2E	010 1110	00000000
FIFO_SRC_REG	r	2F	010 1111	output
INT1_CFG	rw	30	011 0000	00000000
INT1_SRC	r	31	011 0001	output
INT1_TSH_XH	rw	32	011 0010	00000000
INT1_TSH_XL	rw	33	011 0011	00000000
INT1_TSH_YH	rw	34	011 0100	00000000
INT1_TSH_YL	rw	35	011 0101	00000000
INT1_TSH_ZH	rw	36	011 0110	00000000
INT1_TSH_ZL	rw	37	011 0111	00000000
INT1_DURATION	rw	38	011 1000	00000000

Figura 8. Mapeo de registros de salida del giroscopio.

Los registros del MCU:

Bus	Boundary address	Peripheral
AHB1	0x4008 0000 - 0x4FFF FFFF	Reserved
	0x4004 0000 - 0x4007 FFFF	USB OTG HS
	0x4002 BC00 - 0x4003 FFFF	Reserved
	0x4002 8000 - 0x4002 BBFF	DMA2D
	0x4002 9400 - 0x4002 AFFF	Reserved
	0x4002 9000 - 0x4002 93FF	ETHERNET MAC
	0x4002 8C00 - 0x4002 8FFF	
	0x4002 8800 - 0x4002 8BFF	
	0x4002 8400 - 0x4002 87FF	
	0x4002 8000 - 0x4002 83FF	
	0x4002 6800 - 0x4002 7FFF	Reserved
	0x4002 6400 - 0x4002 67FF	DMA2
	0x4002 6000 - 0x4002 63FF	DMA1
	0x4002 5000 - 0x4002 5FFF	Reserved
	0x4002 4000 - 0x4002 4FFF	BKPSRAM
	0x4002 3C00 - 0x4002 3FFF	Flash interface register
	0x4002 3800 - 0x4002 3BFF	RCC
	0x4002 3400 - 0x4002 37FF	Reserved
	0x4002 3000 - 0x4002 33FF	CRC
	0x4002 2C00 - 0x4002 2FFF	Reserved
	0x4002 2800 - 0x4002 2BFF	GPIOK
	0x4002 2400 - 0x4002 27FF	GPIOJ
	0x4002 2000 - 0x4002 23FF	GPIOI
	0x4002 1C00 - 0x4002 1FFF	GPIOH
	0x4002 1800 - 0x4002 1BFF	GPIOG
	0x4002 1400 - 0x4002 17FF	GPIOF
	0x4002 1000 - 0x4002 13FF	GPIOE
	0x4002 0C00 - 0x4002 0FFF	GPIOD
	0x4002 0800 - 0x4002 0BFF	GPIOC
	0x4002 0400 - 0x4002 07FF	GPIOB
	0x4002 0000 - 0x4002 03FF	GPIOA

Figura 9. Mapeo de registros de salida del STM32F429.

Y finalmente, los registros de la pantalla LCD:

				Interface Logic Signals					
Pin Name	I/O	Type	Descriptions						
IM[3:0]	I	(VDDI/VSS)	Select the MCU interface mode						
			IM3	IM2	IM1	IM0	MCU-Interface Mode	DB Pin in use	
								Register	Content
			80 MCU 8-bit bus interface I		D[7:0]	D[7:0]			
			80 MCU 16-bit bus interface I		D[7:0]	D[15:0]			
			80 MCU 9-bit bus interface I		D[7:0]	D[8:0]			
			80 MCU 18-bit bus interface I		D[7:0]	D[17:0]			
			3-wire 9-bit data serial interface I		SDA: In/OUT				
			4-wire 8-bit data serial interface I		SDA: In/OUT				
			80 MCU 16-bit bus interface II		D[8:1]	D[17:10], D[8:1]			
			80 MCU 8-bit bus interface II		D[17:10]	D[17:10]			
			80 MCU 18-bit bus interface II		D[8:1]	D[17:0]			
			80 MCU 9-bit bus interface II		D[17:10]	D[17:9]			
			3-wire 9-bit data serial interface II		SDI: In SDO: In				
			4-wire 8-bit data serial interface II		SDI: In SDO: Out				
MPU Parallel interface bus and serial interface select									
If use RGB Interface must select serial interface.									
* : Fix this pin at VDDI or VSS.									

Figura 10. Mapeo de registros de la pantalla LCD.

II-D. Diseño del circuito

En la siguiente figura, se puede observar el diseño del circuito implementado para el sismógrafo:

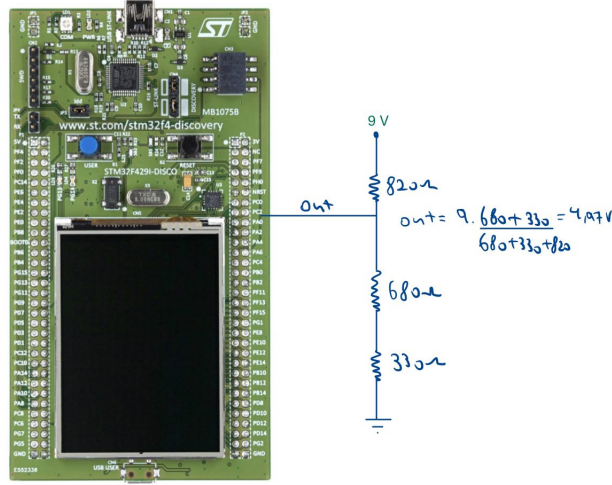


Figura 11. Esquemático del circuito para el sismógrafo.

Primeramente, se puede apreciar el Discovery Kit y este posee el MCU STM32F429 en el circuito, este es el cerebro del circuito, y se encarga de ejecutar las secuencias lógicas programadas, luego, se utilizó un divisor de tensiones para que el circuito pueda ser alimentado de los 5 V (máximo valor de tensión admitido), en este caso, con los resistores que se tenía, se logró obtener una tensión de 4.97 V, lo cual es bastante cercano al valor deseado.

A continuación la lista de componentes utilizados con sus respectivos precios en dólares:

Componente	Cantidad	Precio \$
STM32F429	1	100
Bateria 9 V	1	7
Resistor	3	2

TABLA I
PRECIO DE LOS COMPONENTES

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El software implementado en el Discovery Kit más el hardware, permite medir los movimientos mediante el giroscopio integrado del MCU, pudiendo así trabajar como sismógrafo; además, gracias a su pantalla integrada se pueden observar los valores del eje x, y y z en tiempo real.

En la siguiente imagen se puede apreciar el circuito en funcionamiento:



Figura 12. Obteniendo datos del giroscopio en LCD

Una vez comprobado el funcionamiento, se procede a probar la comunicación serial usando USART y la obtención de los datos, y además el funcionamiento en la plataforma Thingsboard:

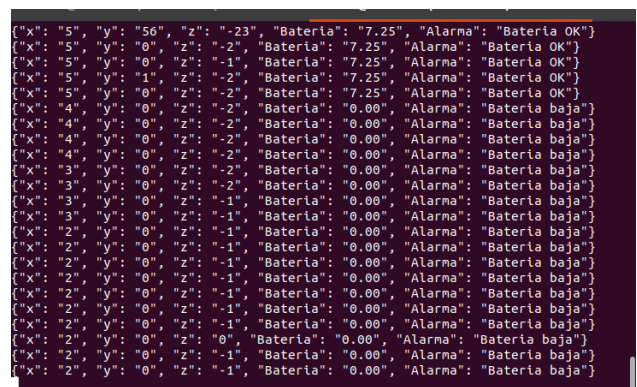


Figura 13. Envío de datos por UART

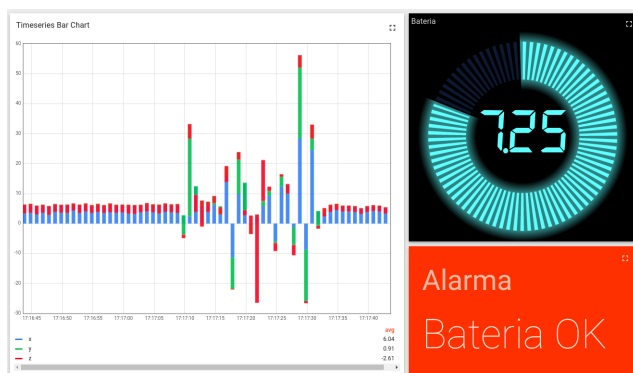


Figura 14. Comprobando conexión con Thingsboard

Para observar la funcionalidad del programa, de forma clara y breve, se presenta el siguiente diagrama de flujo:

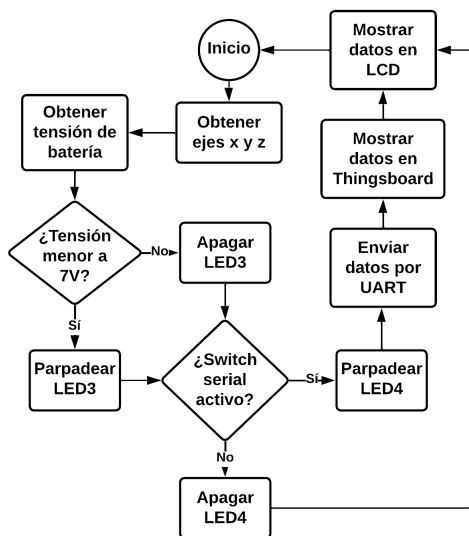


Figura 15. Diagrama de flujo del funcionamiento del programa

De esta forma se implementa un código que trabaja de forma cíclica en donde siempre se recupera el valor de los 3 ejes del giroscopio y tensión de la batería al utilizar el ADC1 que está ligado al puerto GPIOA1. El switch serial fue posible implementarlo al utilizar el puerto GPIOA0, siempre que este se encuentre habilitado va a parpadear el LED4 que indica la transferencia de datos por UART. También, el estado de batería baja se reporta físicamente al parpadear el LED3.

Externo al Discovery, en la computadora del usuario, se encuentra un script de python que recibe los datos por el puerto /dev/ttyACM0, los procesa y envía hacia ThingsBoard en formato JSON. Todas estas funciones fueron demostradas en el siguiente video: <https://youtu.be/27ZPbq0YtqU>.

IV. CONCLUSIONES

- La implementación de un sismógrafo digital es una solución práctica y eficiente para monitorear y registrar las vibraciones sísmicas en edificios y estructuras.

- La placa STM32F429 Discovery kit con la biblioteca libopencm3 es una excelente opción para la implementación de proyectos de microcontroladores.
- El giroscopio MEMS es una tecnología muy útil para medir las tasas de cambio angulares en los tres ejes espaciales, lo que lo hace ideal para la detección y medición de las vibraciones y los movimientos sísmicos.
- El uso de paneles solares para la alimentación de baterías puede ser una excelente alternativa para proyectos que requieren energía sostenible y portátil.
- La implementación de una alarma de batería baja puede ser crucial para asegurarse de que el sismógrafo digital esté siempre funcionando correctamente y listo para monitorear cualquier actividad sísmica.
- La integración de una pantalla LCD para la visualización de datos es muy útil para monitorear el estado del sismógrafo y para facilitar la configuración y el diagnóstico.
- La comunicación serial/USB es importante para la transmisión y recepción de datos y es una herramienta útil para la integración con plataformas de IoT como Thingsboard.

El repositorio con el desarrollo de este laboratorio se encuentra en: <https://github.com/Steven1mb/Lab-Microcontroladores/tree/Lab4>

REFERENCIAS

- [1] St. (2020) Discovery kit for stm32f429/439 lines. [Online]. Available: https://www.st.com/resource/en/user_manual/um1670-discovery-kit-with-stm32f429zi-mcu-stmicroelectronics.pdf

1 Hardware configuration and layout

1.1 Features

The STM32F429 Discovery offers the following features:

- STM32F429ZIT6 microcontroller featuring 2 MB of Flash memory, 256 KB of RAM in an LQFP144 package
- On-board ST-LINK/V2 with selection mode switch to use the kit as a standalone ST-LINK/V2 (with SWD connector for programming and debugging)
- Board power supply: through the USB bus or from an external 3 V or 5 V supply voltage
- L3GD20, ST MEMS motion sensor, 3-axis digital output gyroscope
- TFT LCD (Thin-film-transistor liquid-crystal display) 2.4", 262K colors RGB, 240 x 320 dots
- SDRAM 64 Mbits (1 Mbit x 16-bit x 4-bank) including an AUTO REFRESH MODE, and a power-saving
- 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) VBUS and LD6 (red) OC (over-current)
- Two pushbuttons (user and reset)
- USB OTG with micro-AB connector
- Extension header for LQFP144 I/Os for a quick connection to the prototyping board and an easy probing

1.2 Microcontroller

The STM32F429ZIT6U device is based on the high-performance ARM® Cortex™-M4 32-bit RISC core operating at a frequency of up to 180 MHz. The Cortex-M4 core features a Floating point unit (FPU) single precision which supports all ARM single-precision data-processing instructions and data types. It also implements a full set of DSP instructions and a memory protection unit (MPU) which enhances application security.

The STM32F429ZIT6U device incorporates high-speed embedded memories (2 Mbytes of Flash memory, 256 Kbytes of SRAM), up to 4 Kbytes of backup SRAM, and an extensive range of enhanced I/Os and peripherals connected to two APB buses, two AHB buses and a 32-bit multi-AHB bus matrix.

1.3 System requirement

- Windows PC (XP, Vista, 7)
- USB type A to Mini-B USB cable
- ST-LINK/V2
- Supported IDE are EWARM (IAR Embedded Workbench®), MDK-ARM™ and Atollic TrueSTUDIO®

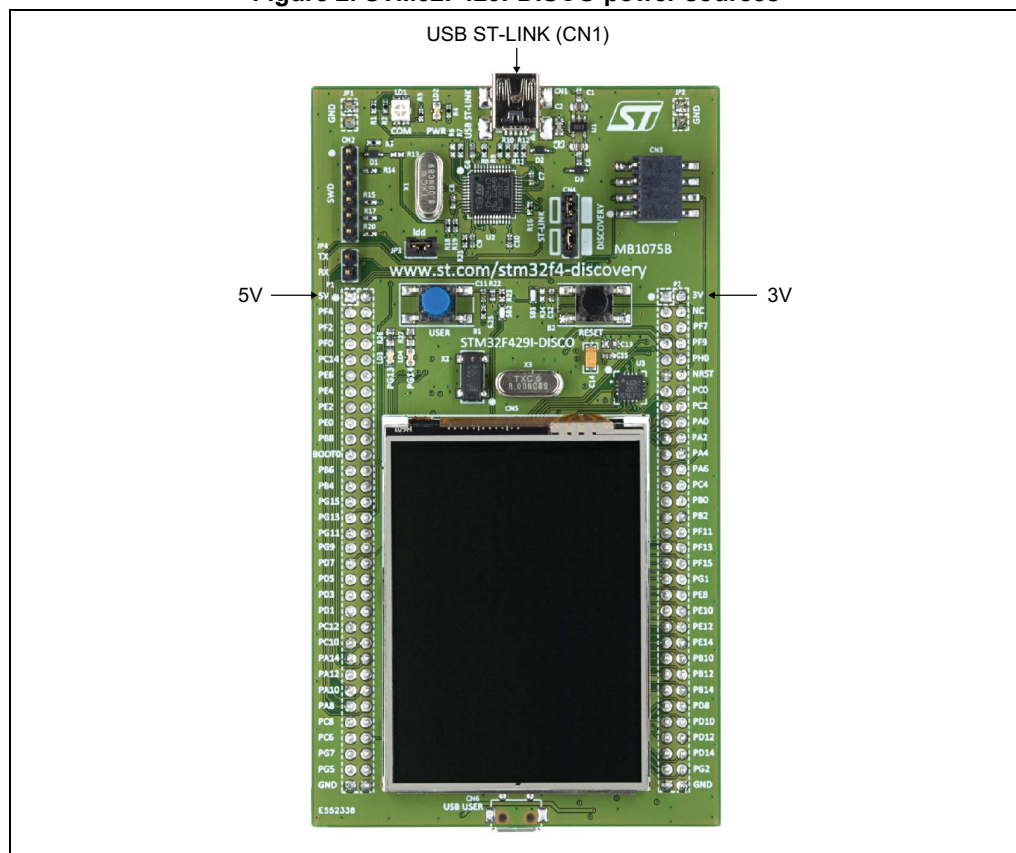
Note: Required information to download and install desired IDE and ST-LINK/V2 are detailed in *Getting started with STM32F429 Discovery software development tools* document.

1.4 Powering up the board

The STM32F429I-DISCO board can be powered up from three sources.

- USB ST-LINK: To power the board from the USB connector CN1, use the 'USB type A to Mini-B' cable and connect it between the host and the board USB connector CN1.
- External sources: DC power supply can be inserted in the GND and 3 V (or 5 V) pin.

Figure 2. STM32F429I-DISCO power sources



1.5 Reset the board

There are three ways to reset the board:

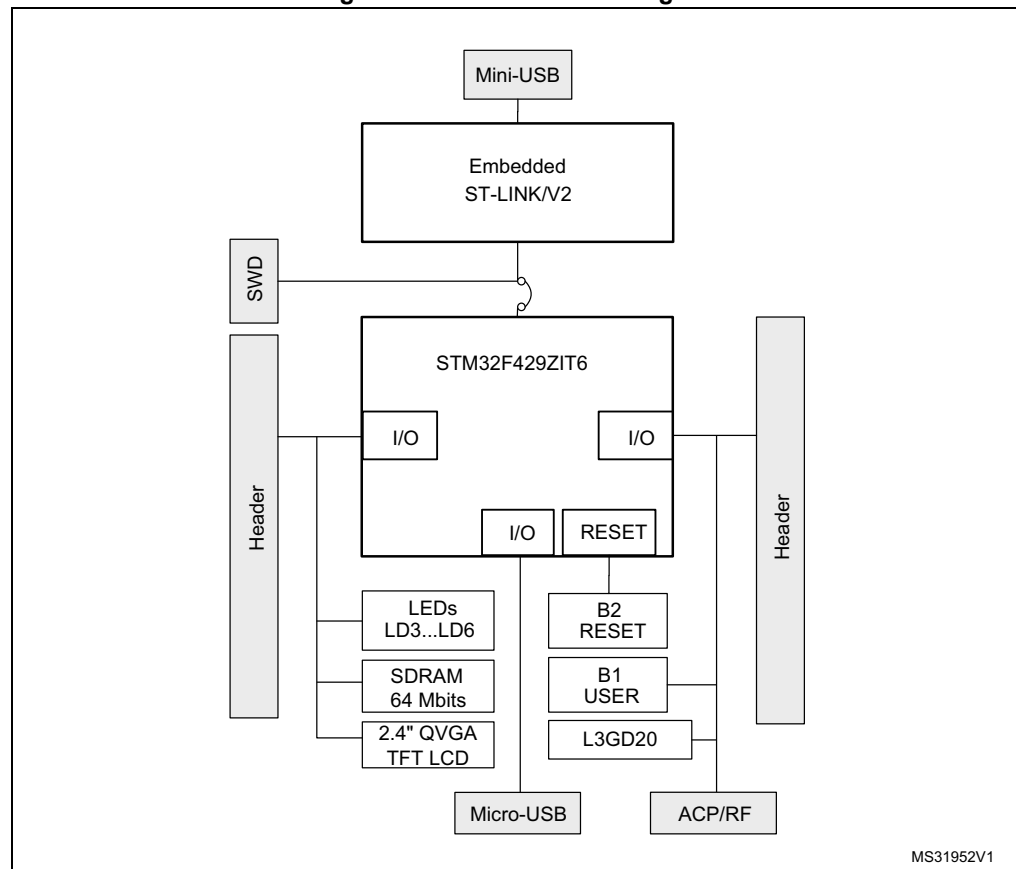
- Push the reset button mounted on the STM32F429I-DISCO.
- Remove and reinsert the USB cable.
- The MCU can also be reset by debuggers.

1.6 Hardware block diagram

The STM32F429I-DISCO is designed around the STM32F429ZIT6U microcontroller in a 144-pin LQFP package. [Figure 3](#) illustrates the connections between the STM32F429ZIT6U and its peripherals (STLINK/V2, pushbutton, LED, USB and connectors).

Please refer to schematic under www.st.com/stm32f4-discovery for more details.

Figure 3. Hardware block diagram



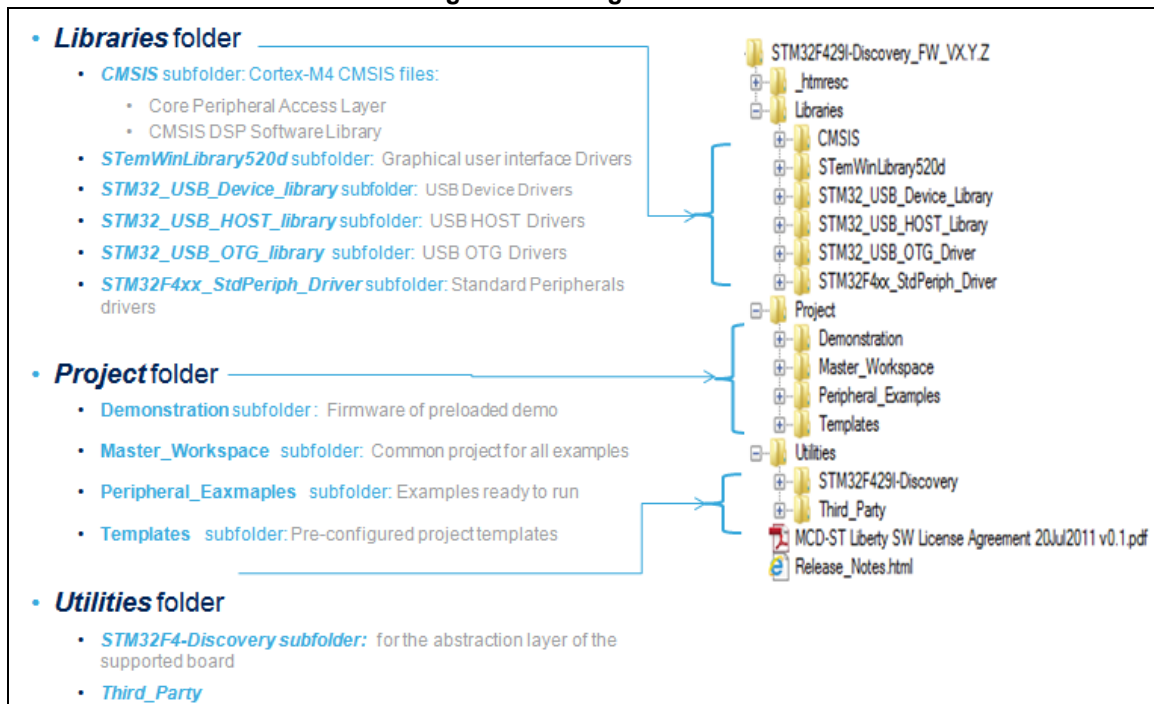
2 Firmware package

To get started with the STM32F429 Discovery kit, a firmware package that contains a set of IP examples and demonstrations of some features exists under www.st.com/stm32f4-discovery.

2.1 Package description

The STM32F429 Discovery firmware applications, demonstration and IPs examples are provided in one single package and supplied in one single zip file. The extraction of the zip file generates one folder, *STM32F429I-Discovery_FW_VX.Y.Z*, which contains the following subfolders:

Figure 4. Package contents



User can run examples provided within this package. A set of examples for each peripheral are ready to be run.

2.2 Programming firmware application

To start programming, user must:

- Install preferred Integrated Development Environment (IDE)
- Install the ST-LINK V2 driver from ST web site

2.2.1 Programming application

To program application (demonstration or example), follow the sequence below:

1. Go under application folder
2. Chose the desired IDE project
3. Double click on the project file (ex. *STM32F429I-Discovery_Demo.eww* for EWARM)
4. Rebuild all files: Project->Rebuild all
5. Load project image: Project->Debug
6. Run program: Debug->Go

Please refer to ***Getting started with STM32F429 Discovery software development tools*** for more details.

2.2.2 Run pre-loaded demo

To run and develop any firmware applications on your STM32F429 Discovery board, the minimum requirements are as follows:

- Windows PC (XP, Vista, 7)
- 'USB type A to Mini-B' cable, used to power the board (through USB connector CN1) from host PC and connect to the embedded ST-LINK/V2 for debugging and Programming.

Additional hardware accessories will be needed to run some applications:

- 'USB type A to Micro-B' cable, used to connect the board (through USB connector CN5) as USB Device to host PC.

Establish the connection with the STM32F429 Discovery board as follows:

Figure 5. Hardware environnement

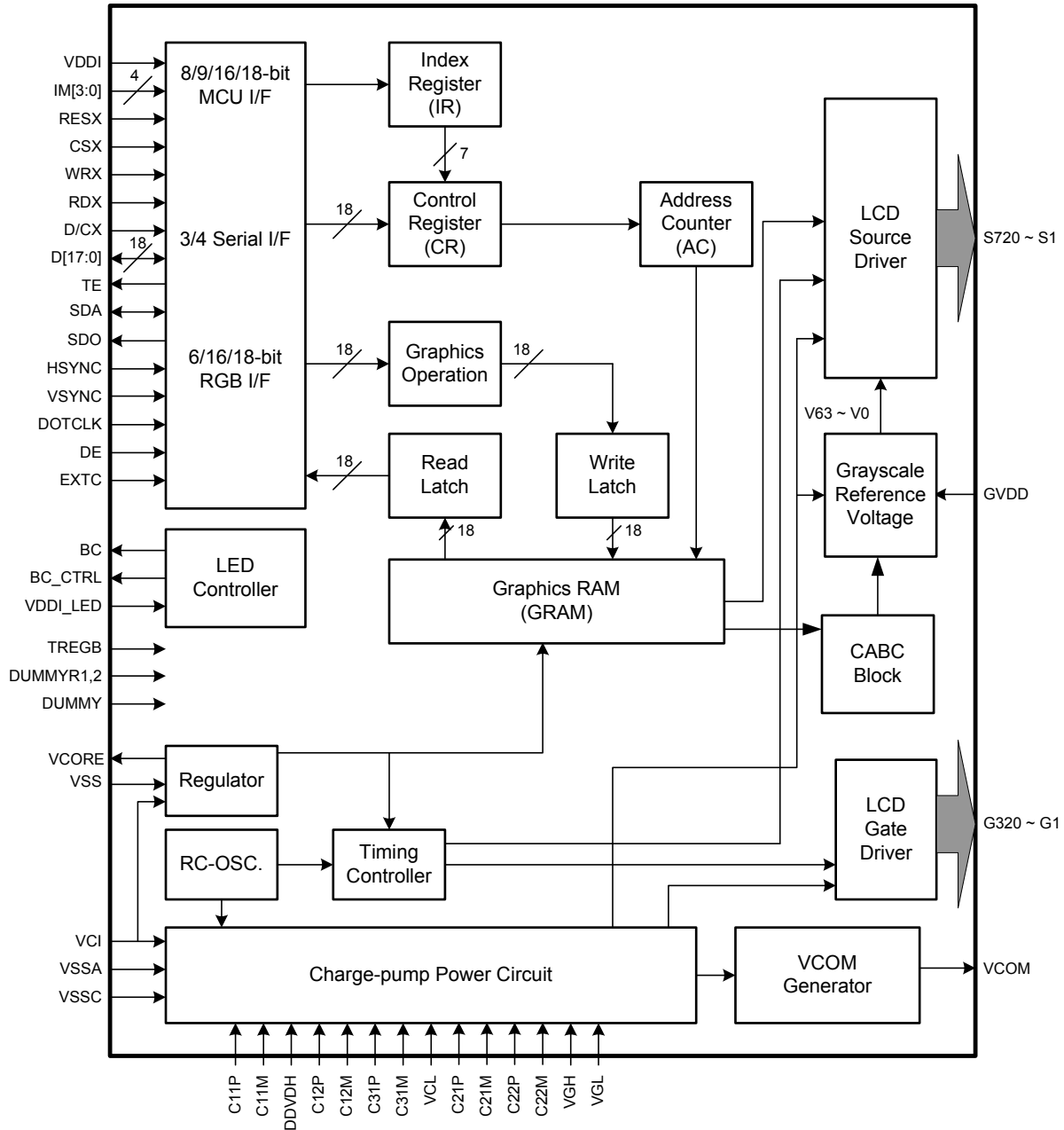


The demonstration software, based on the STemWin GUI library, is already preloaded in the board's Flash memory. It uses the LCD TFT mounted on the board to show the Menu based-on-icon view widget (Image Browser, Game, Performance, Clock/Calendar, Video and System Info module). The status bar indicate the CPU Usage, date, USB disk flash connection state, alarm and time.

Follow the sequence below to configure the STM32F429 Discovery board and launch the DISCOVER application:

1. Ensure that the jumpers JP3 and CN4 are set to "on" (Discovery mode).
2. Connect the STM32F429 Discovery board to a PC using a USB cable type A/mini-B through the USB ST-LINK connector CN1, to power the board. The LEDs LD2 (PWR) and LD1 (COM).
3. The following applications are available on the screen:
 - Clock/Calendar and Game
 - Video Player and Image Browser (play videos and view images from the USB mass storage connected to CN6)
 - Performance monitor (watch the CPU load and run a graphical benchmark)
 - System Info
4. The demo software, as well as other software examples that allow you to discover the STM32 F4 series features, are available on www.st.com/stm32f4-discovery.
5. Develop your own applications starting from the examples.

3. Block Diagram



4. Pin Descriptions

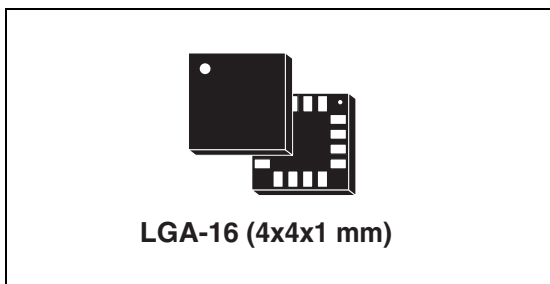
Power Supply Pins			
Pin Name	I/O	Type	Descriptions
VDDI	I	P	Low voltage power supply for interface logic circuits (1.65 ~ 3.3 V)
VDDI_LED	I		Power supply for LED driver interface. (1.65 ~ 3.3 V) If LED driver is not used, fix this pin at VDDI.
VCI	I	Analog Power	High voltage power supply for analog circuit blocks (2.5 ~ 3.3 V)
Vcore	O	Digital Power	Regulated Low voltage level for interface circuits Connect a capacitor for stabilization. Don't apply any external power to this pad
VSS3	I	I/O Ground	System ground level for I/O circuits.
VSS	I	Digital Ground	System ground level for logic blocks
VSSA	I	Analog Ground	System ground level for analog circuit blocks Connect to VSS on the FPC to prevent noise.
VSSC	I	Analog Ground	System ground level for analog circuit blocks Connect to VSS on the FPC to prevent noise

Interface Logic Signals									
Pin Name	I/O	Type	Descriptions						
IM[3:0]	I	(VDDI/VSS)	- Select the MCU interface mode						
			IM3	IM2	IM1	IM0	MCU-Interface Mode	DB Pin in use	
								Register/Content	GRAM
			0	0	0	0	80 MCU 8-bit bus interface I	D[7:0]	D[7:0]
			0	0	0	1	80 MCU 16-bit bus interface I	D[7:0]	D[15:0]
			0	0	1	0	80 MCU 9-bit bus interface I	D[7:0]	D[8:0]
			0	0	1	1	80 MCU 18-bit bus interface I	D[7:0]	D[17:0]
			0	1	0	1	3-wire 9-bit data serial interface I	SDA: In/OUT	
			0	1	1	0	4-wire 8-bit data serial interface I	SDA: In/OUT	
			1	0	0	0	80 MCU 16-bit bus interface II	D[8:1]	D[17:10], D[8:1]
			1	0	0	1	80 MCU 8-bit bus interface II	D[17:10]	D[17:10]
			1	0	1	0	80 MCU 18-bit bus interface II	D[8:1]	D[17:0]
			1	0	1	1	80 MCU 9-bit bus interface II	D[17:10]	D[17:9]
			1	1	0	1	3-wire 9-bit data serial interface II	SDI: In SDO: Out	
			1	1	1	0	4-wire 8-bit data serial interface II	SDI: In SDO: Out	
			MPU Parallel interface bus and serial interface select						
If use RGB Interface must select serial interface.									
* : Fix this pin at VDDI or VSS.									

RESX	I	MCU (VDDI/VSS)	This signal will reset the device and must be applied to properly initialize the chip. Signal is active low.
EXTC	I	MCU (VDDI/VSS)	Extended command set enable. Low: extended command set is discarded. High: extended command set is accepted. Please connect EXTC to VDDI to read/write extended registers (RB0h~RCFh, RE0h~RFFh)
CSX	I	MCU (VDDI/VSS)	Chip select input pin ("Low" enable). This pin can be permanently fixed "Low" in MPU interface mode only. * note1,2
D/CX (SCL)	I	MCU (VDDI/VSS)	This pin is used to select "Data or Command" in the parallel interface or 4-wire 8-bit serial data interface. When DCX = '1', data is selected. When DCX = '0', command is selected. This pin is used serial interface clock in 3-wire 9-bit / 4-wire 8-bit serial data interface. If not used, this pin should be connected to VDDI or VSS.
RDX	I	MCU (VDDI/VSS)	8080- I /8080- II system (RDX): Serves as a read signal and MCU read data at the rising edge. Fix to VDDI level when not in use.
WRX (D/CX)	I	MCU (VDDI/VSS)	- 8080- I /8080- II system (WRX): Serves as a write signal and writes data at the rising edge. - 4-line system (D/CX): Serves as command or parameter select. Fix to VDDI level when not in use.
D[17:0]	I/O	MCU (VDDI/VSS)	18-bit parallel bi-directional data bus for MCU system and RGB interface mode Fix to VSS level when not in use
SDI/SDA	I/O	MCU (VDDI/VSS)	When IM[3] : Low, Serial in/out signal. When IM[3] : High, Serial input signal. The data is applied on the rising edge of the SCL signal. If not used, fix this pin at VDDI or VSS.
SDO	O	MCU (VDDI/VSS)	Serial output signal. The data is outputted on the falling edge of the SCL signal. If not used, open this pin
TE	O	MCU (VDDI/VSS)	Tearing effect output pin to synchronize MPU to frame writing, activated by S/W command. When this pin is not activated, this pin is low. If not used, open this pin.
DOTCLK	I	MCU (VDDI/VSS)	Dot clock signal for RGB interface operation. Fix to VDDI or VSS level when not in use.
VSNC	I	MCU (VDDI/VSS)	Frame synchronizing signal for RGB interface operation. Fix to VDDI or VSS level when not in use.
HSNC	I	MCU (VDDI/VSS)	Line synchronizing signal for RGB interface operation. Fix to VDDI or VSS level when not in use.
DE	I	MCU (VDDI/VSS)	Data enable signal for RGB interface operation. Fix to VDDI or VSS level when not in use.

MEMS motion sensor: three-axis digital output gyroscope

Datasheet - production data



Features

- Three selectable full scales (250/500/2000 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
- Wide supply voltage: 2.4 V to 3.6 V
- 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

- Gaming and virtual reality input devices
- Motion control with MMI (man-machine interface)
- GPS navigation systems
- Appliances and robotics

Description

The L3GD20 is a low-power three-axis angular rate sensor.

It includes a sensing element and an IC interface capable of providing the measured angular rate to the external world through a digital interface (I²C/SPI).

The sensing element is manufactured using a dedicated micro-machining 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 sensing element characteristics. The L3GD20 has a full scale of $\pm 250/\pm 500/\pm 2000$ dps and is capable of measuring rates with a user-selectable bandwidth.

The L3GD20 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
L3GD20	-40 to +85	LGA-16 (4x4x1 mm)	Tray
L3GD20TR	-40 to +85	LGA-16 (4x4x1 mm)	Tape and reel