Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0624 – Laboratorio 4
III ciclo 2023

Título: STM32: GPIO, ADC, comunicaciones, Iot.

Estudiantes:
Kevin Campos Castro
Josué Salmerón Córdoba
Grupo 1
Profesor: Marco Villalta

6 de febrero de 2024

Índice

1. Resumen **1**

2. Nota teórica **2**

3. Desarrollo/Análisis **10**

4. Conclusiones y recomendaciones **11**

5. Anexos **13**

Índice de figuras

1. Diagrama de bloques del STM32F429 . Tomado de [1]. 3
2. Diagrama de pines del STM32F429. Tomado de [1]. 3
3. Detalles del voltaje del mcu. Tomado de [1]. 4
4. Detalles de la corriente en el mcu. Tomado de [1]. 4
5. Descripción del registro CTRL_REG1. Tomado de [**?**]. 4
6. Descripción del registro CTRL_REG4. Tomado de [**?**]. 5
7. Descripción del registro STATUS_REG. Tomado de [**?**]. 5
8. Diagrama de flujo del circuito. 7
9. Funcionamiento del giroscopio. 8
10. Tensión de salida 8
11. Magnitud de la batería menor a 7 V. 9
12. Magnitud de la batería mayor a 7 V. 9

Índice de tablas

1. Lista de equipos 6

1. Resumen

2. Nota teórica

En esta sección se describen los componentes principales que se utilizaron para el desarrollo de un sismógrafo.

STM32F429 Discovery kit

Este microcontrolador permite a los usuarios desarrollar fácilmente aplicaciones de alto desempeño. Incluye un ST-LINK/V2 embebido como una herramienta de depuración, una SRAM externa de 64-Mbit, un ST MEMS giroscopio, un USB OTG conector AB, LEDs y botones. Algunas de las características generales se resumen a continuación.

Características generales

Las características más importantes de este mcu se mencionan a continuación:

- 2.4 QVGA TFT LCD.
- 64-Mbit SDRAM.
- USB OTG con conector Micro-AB.
- Header para LQFP144 I/Os.
- Sensor de movimiento I3G4250D, Giroscopio ST MEMS de 3-ejes-
- On-board ST-LINK/V2-B.
- Alimentación por USB o fuente externa de 3 V o 5 V.
- 2 push-button (Usuario y reset).
- Core: ARM 32 bits Cortex-M4 con FPU (RISC).
- Debug: SWD, JTAG.
- Trabaja en frecuencia de 180 MHz
- 168 I/O con capacidad de interrupción.
- 2MB flash, 256 KB SRAM.
- Controlador LCD-TFT.
- 21 interfaces de comunicaciones(I2C,USART,SPI,SAI,CAN).
- Low Power.
- Conectividad avanzada USB 2.0.
- Intefaz de camara.
- 2x12bit convertidor D/A.
- True RNG.
- CRC.
- 6 LEDS: LD1 (USB Comms), LD2(3.3V PowerOn, 2 LEDS de ususario (LD3 y LD4), 2 LEDS USB OTG (LD5 y LD6).
- Controladores DMA.
- 17 timers: 12 timers de 16bit, 2 de 32bit de hasta 180MHz, c/u con 4IC/OC/PWM.

Diagrama de bloques

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del STM32F429.

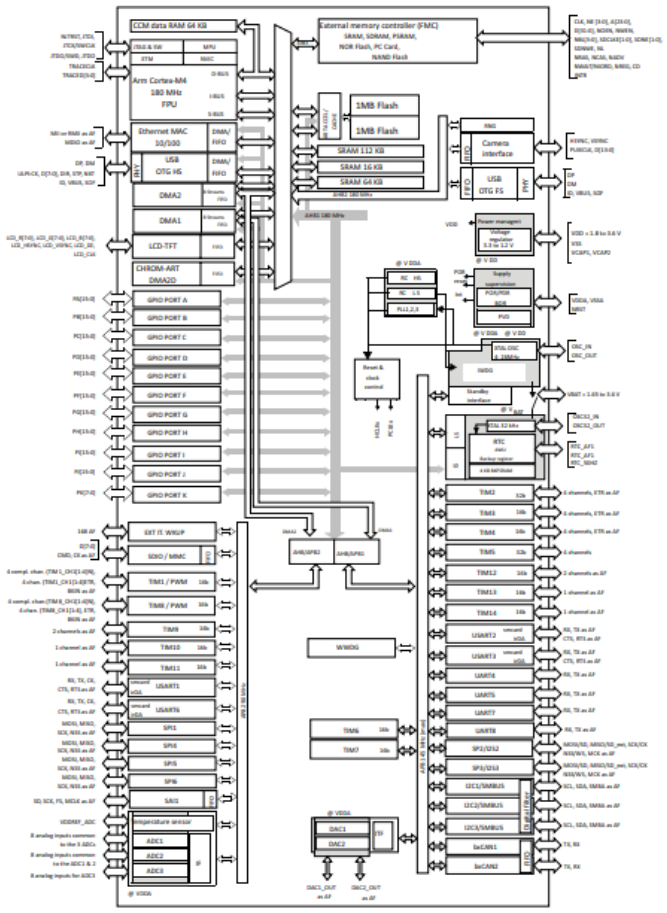

Figura 1: Diagrama de bloques del STM32F429 . Tomado de [1].

Diagrama de pines

Luego, el diagrama de pines de este mcu se presenta en la figura 2

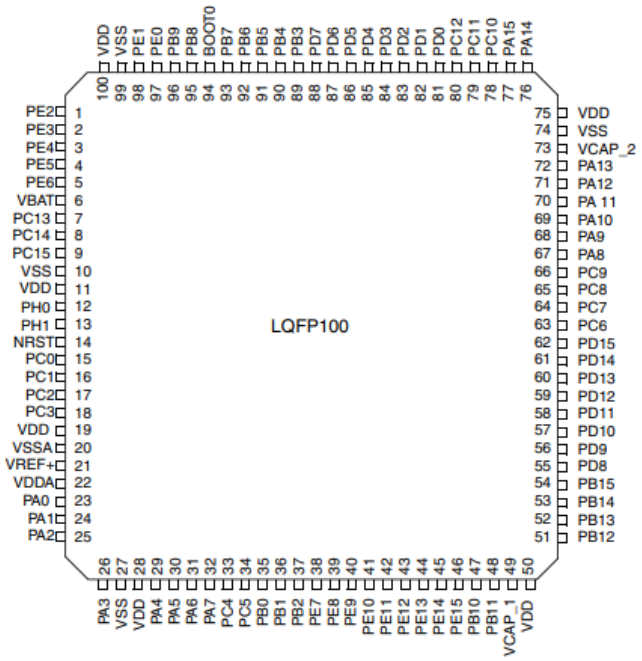

Figura 2: Diagrama de pines del STM32F429. Tomado de [1].

Características eléctricas

Las siguientes tablas resumen las características eléctricas de este microcontrolador.

Symbol	Ratings	Min	Max	Unit
$V_{DD}-V_{SS}$	External main supply voltage (including V_{DDA}, V_{DD} and VBAT)(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 TTa 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	
$\lvert\Delta V_{DDx}\rvert$	Variations between different V_{DD} power pins	-	50	mV
$\lvert V_{SSX}-V_{SS}\rvert$	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)*		

Figura 3: Detalles del voltaje del mcu. Tomado de [1].

Symbol	Ratings	Max.	Unit
ΣI_{VDD}	Total current into sum of all V_{DD_x} power lines (source)(1)	270	mA
ΣI_{VSS}	Total current out of sum of all V_{SS_x} ground lines (sink)(1)	– 270	
I_{VDD}	Maximum current into each V_{DD_x} power line (source)(1)	100	
I_{VSS}	Maximum current out of each V_{SS_x} ground line (sink)(1)	– 100	
I_{IO}	Output current sunk by any I/O and control pin	25	
	Output current sourced by any I/Os and control pin	– 25	
ΣI_{IO}	Total output current sunk by sum of all I/O and control pins (2)	120	
	Total output current sourced by sum of all I/Os and control pins(2)	– 120	
$I_{INJ(PIN)}$ (3)	Injected current on FT pins (4)	– 5/+0	
	Injected current on NRST and BOOT0 pins (4)		
	Injected current on TTa pins(5)	±5	
$\Sigma I_{INJ(PIN)}$(5)	Total injected current (sum of all I/O and control pins)(6)	±25	

Figura 4: Detalles de la corriente en el mcu. Tomado de [1].

Periféricos utilizados

Los registros utilizados en este laboratorio se describen a continuación:

- WHO_AM_I: Registro utilizado como identificador.
- CTRL_REG1: Registro utilizado para habilitar registros de lectura de ejes.

Table 20. CTRL_REG1 description

DR1-DR0	Output data rate selection. Refer to *Table 21*
BW1-BW0	Bandwidth selection. Refer to *Table 21*
PD	Power-down mode enable. Default value: 0 (0: power-down mode, 1: normal mode or sleep mode)
Zen	Z axis enable. Default value: 1 (0: Z axis disabled; 1: Z axis enabled)
Yen	Y axis enable. Default value: 1 (0: Y axis disabled; 1: Y axis enabled)
Xen	X axis enable. Default value: 1 (0: X axis disabled; 1: X axis enabled)

Figura 5: Descripción del registro CTRL_REG1. Tomado de [?].

- CTRL_REG4: Este registro es utilizado para la configuración del DPS y también para la configuración del modo de selección del SPI.

Table 30. CTRL_REG4 description

BDU	Block data update. Default value: 0 (0: continuos update; 1: output registers not updated until MSb and LSb reading)
BLE	Big/little endian data selection. Default value 0. (0: Data LSb @ lower address; 1: Data MSb @ lower address)
FS1-FS0	Full scale selection. Default value: 00 (00: 250 dps; 01: 500 dps; 10: 2000 dps; 11: 2000 dps)
SIM	SPI serial interface mode selection. Default value: 0 (0: 4-wire interface; 1: 3-wire interface).

Figura 6: Descripción del registro CTRL_REG4. Tomado de [**?**].

Para la lectura de los ejes, se utilizan los siguientes registros, ambos son registros de 8 bits. La **L** es para representar los primeros 8 bits menos significativos y la **H** para los 8 bits más significativos, ambos de la lectura del giroscopio en el eje indicado (X, Y o Z).

- OUT_X_L y OUT_X_H
- OUT_Y_L y OUT_Y_H
- OUT_Z_L y OUT_Z_H
- STATUS_REG

7.9 STATUS_REG (27h)

Table 37. STATUS_REG register

ZYXOR	ZOR	YOR	XOR	ZYXDA	ZDA	YDA	XDA

Table 38. STATUS_REG description

ZYXOR	X, Y, Z -axis data overrun. Default value: 0 (0: no overrun has occurred; 1: new data has overwritten the previous data before it was read)
ZOR	Z axis data overrun. Default value: 0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for the Z-axis has overwritten the previous data)
YOR	Y axis data overrun. Default value: 0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for the Y-axis has overwritten the previous data)
XOR	X axis data overrun. Default value: 0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for the X-axis has overwritten the previous data)
ZYXDA	X, Y, Z -axis new data available. Default value: 0 (0: a new set of data is not yet available; 1: a new set of data is available)
ZDA	Z axis new data available. Default value: 0 (0: new data for the Z-axis is not yet available; 1: new data for the Z-axis is available)
YDA	Y axis new data available. Default value: 0 (0: new data for the Y-axis is not yet available;1: new data for the Y-axis is available)
XDA	X axis new data available. Default value: 0 (0: new data for the X-axis is not yet available; 1: new data for the X-axis is available)

Figura 7: Descripción del registro STATUS_REG. Tomado de [**?**].

Componentes electrónicos complementarios

Es un circuito que lo compone una electrónica básica (así lo resume la tabla 1), solo se usó una protoboard y 3 resistencias en total, una batería de 9 V, esto para realizar un divisor de

tensión con el objetivo de alimentar a la placa STM32249 Discovery Kit con 5 V. Así, se sabe que $v_{out} \approx 5\,\mathrm{V}$

- $R_1 = 1\,\mathrm{k\Omega}$
- $R_2 = 1{,}8\,\mathrm{k\Omega}$
- $v_{in} = 9\,\mathrm{V}$

Aplicando el divisor de tensión se tiene que:

$$v_{out} = 9\,\mathrm{V} \cdot \frac{1\,\mathrm{k\Omega}}{1\,\mathrm{k\Omega} + 1{,}8\,\mathrm{k\Omega}} \approx 3{,}21\,\mathrm{V} \tag{1}$$

De la ecuación 1, se demuestra que con estas magnitudes es posible alimentar la placa sin sobrepasar el umbral.

Lista de componentes

La lista de componentes fueron consultados en [**?**] disponibles

Tabla 1: Lista de equipos

Componente	**Cantidad**	**Precio**
STM32F429 Discovery Kit	1	83$
Resistencias 20 kΩ	2	0.4$
Resistencias 18 kΩ	1	0.2$
Protoboard	1	10$
Broche porta pila	1	0.5$
Baterías 9 V	2	2$
Total		96.1$

Diseño del circuito

El diagrama mostrado en la figura 8, resume el funcionamiento del sismógrafo. Inicialmente se hizo la prueba del giroscopio para determinar que los 3 ejes funcionaran correctamente a la hora de mover la placa.

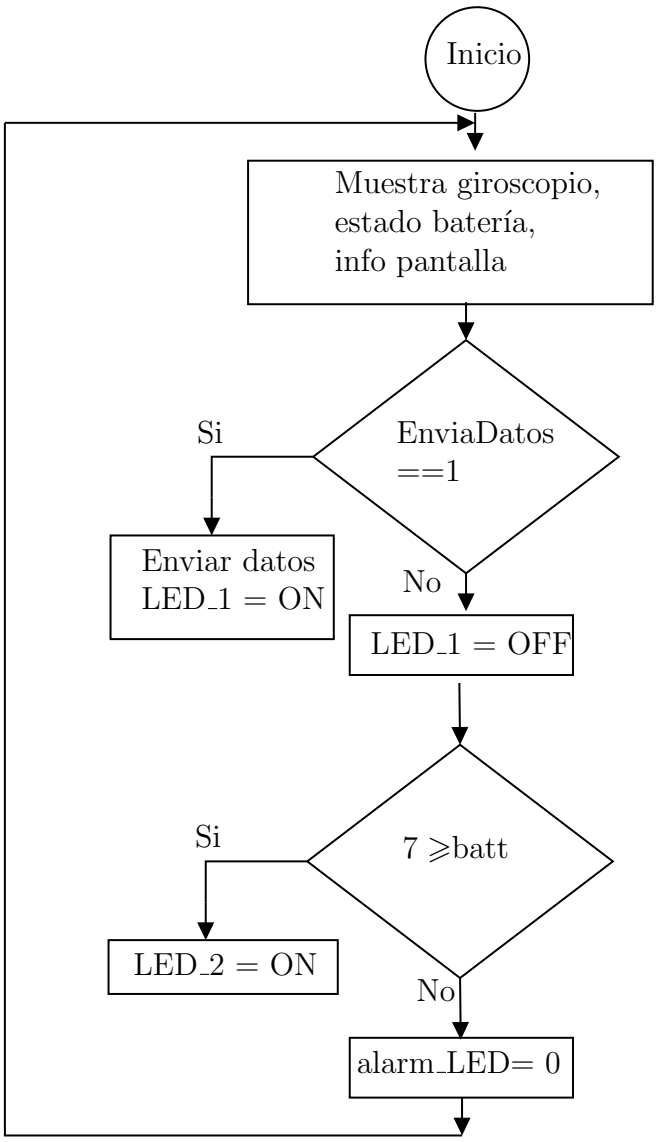

Figura 8: Diagrama de flujo del circuito.

Figura 9: Funcionamiento del giroscopio.

Lo anterior se logró gracias los ejemplos dados de la biblioteca libopencm3. Y realizando otro tipo de depuraciones para darle un estilo a la presentación en la pantalla LCD.

Lo siguiente que se hizo fue la configuración de los GPIO's y establecer el pin `PA0` como entrada analógico y poder mostrar la tensión que posee la batería en el momento que es conectada. Inicialmente se hizo un divisor de tensión a partir de $v_{in} = 9\,\mathrm{V}$, junto con resistencias de $1{,}8\,\mathrm{k}\Omega$ y $1\,\mathrm{k}\Omega$, obtiendo una tensión de $3{,}2\,\mathrm{V}$ tal como se muestra a continuación.

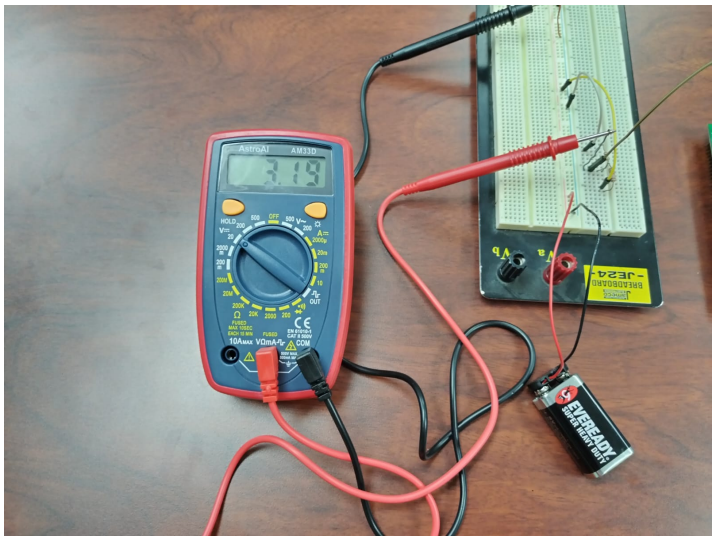

Figura 10: Tensión de salida

Esta tensión eléctrica es la que recibirá la placa por medio del pin `PA0`.

Figura 11: Magnitud de la batería menor a 7 V.

Además, note que de la figura anterior se muestra un LED encendido, lo cual indica una alarma ya que su valor es menor de 7 V, sino fuera así, entonces el LED no debe encenderse.

Figura 12: Magnitud de la batería mayor a 7 V.

Note que el LED `PG14` no se enciende, lo cual esta correctamente realizado.

3. Desarrollo/Análisis

4. Conclusiones y recomendaciones

Referencias

[1] STmicroelectronics. Stm32f427xx stm32f429xx datasheet. STmicroelectronics, https://www.st.com/content/st_com/en.html, Febrero 2018. Accedido en enero de 2024.

[2] STMicroelectronics. Mems motion sensor: three-axis digital output gyroscope. MicroJPM, https://www.st.com/resource/en/datasheet/a3g4250d.pdf, Febrero 2012. Accedido en febrero de 2024.

[3] MicroJPM. Componentes. MicroJPM, https://www.microjpm.com/search/?x=11&y=11&text=, Febrero 2024. Accedido en febrero de 2024.

5. Anexos

Aquí van las hojas del fabricante de los componentes usados para este laboratorio.