

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE-0624 Laboratorio de Microcontroladores

Laboratorio 4

STM32: GPIO, ADC, comunicaciones, Iot

Carlos Alberto Caravaca Mora - B61512.

Erick Sancho Alvarado - B87388.

Profesor: MSc. Marco Villalta Fallas.

31 de octubre, 2023

Índice

1. Introducción.	1
2. Nota teórica.	2
2.1. STM32	2
2.2. Librería libopencm3.	3
2.3. Giroscopio.	3
2.4. a-Si TFT LCD Single Chip Driver	5
2.5. Diseño del circuito	7
3. Análisis de resultados.	8
4. Conclusiones y recomendaciones.	12
5. Anexos.	14

Índice de figuras

1.	Pines STM32.	3
2.	Giroscopio.	4
3.	Diagrama de bloques.	5
4.	Pantalla 1	9
5.	Pantalla 2	10
6.	Pantalla 1	11

1. Introducción.

En el presente informe se tiene como objetivo diseñar y desarrollar un sismógrafo digital para registrar y analizar las oscilaciones presentes en el edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Este sismógrafo digital estará equipado con una placa STM32F429 Discovery Kit y hará uso de la biblioteca libopencm3 para llevar a cabo sus funciones. Este dispositivo debe cumplir con una serie de requisitos y funcionalidades clave que son fundamentales para su correcto funcionamiento y su capacidad para brindar información valiosa en el ámbito de la sismología y el monitoreo de estructuras. El sismógrafo debe ser capaz de registrar y medir las oscilaciones presentes en el edificio en tres dimensiones, es decir, a lo largo de los ejes X, Y y Z lo cual permitirá una comprensión completa de la actividad sísmica y estructural. Se incorporará un interruptor o botón que permitirá habilitar o deshabilitar las comunicaciones a través del periférico USART/USB. Esta funcionalidad es esencial para el control y la eficiencia del dispositivo y además el sismógrafo es capaz de medir y supervisar el nivel de la batería que alimenta el dispositivo. En caso de que el nivel de la batería se acerque al límite mínimo de operación del microcontrolador (7 V), el sismógrafo activará un LED de alarma parpadeante y enviará una notificación de batería baja al dashboard de Thingsboard.

Nota: el proceso de este proyecto se puede ver evidenciado en el siguiente repositorio de git: https://github.com/Carlos-Caravaca/IE0624_B61512.

2. Nota teórica.

2.1. STM32

El STM32F429 Discovery Kit es una plataforma de desarrollo basada en el microcontrolador STM32F429 de STMicroelectronics. Este kit proporciona una excelente herramienta para desarrolladores que requieran crear aplicaciones basadas en microcontroladores de alto rendimiento. El microcontrolador STM32F429 Discovery Kit está basado en el microcontrolador STM32F429, que es parte de la familia STM32F4 de microcontroladores de alto rendimiento. Este microcontrolador utiliza un núcleo ARM Cortex-M4 y ofrece una amplia variedad de periféricos y características, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones.

Presenta las siguientes características:

- Pantalla LCD: El kit incluye una pantalla LCD a color de 2,4 pulgadas que permite la visualización de datos y gráficos.
- Conectividad: Ofrece múltiples opciones de conectividad, incluyendo puertos USB, UART, I2C, SPI y más.
- Batería Recargable: El kit puede funcionar con una batería recargable a través de paneles solares, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de energía eficiente.
- Botones y LEDs: Cuenta con botones de usuario y LEDs para interactuar con la placa.
- Periféricos Avanzados: Incluye periféricos avanzados como un giroscopio, acelerómetro, temporizadores y más.
- Entorno de Desarrollo: Para programar y desarrollar aplicaciones para el STM32F429 Discovery Kit, generalmente se utiliza el entorno de desarrollo integrado STM32CubeIDE de STMicroelectronics. Este entorno proporciona herramientas y bibliotecas para facilitar el desarrollo y la depuración de aplicaciones.
- Lenguaje de Programación: se programa generalmente en lenguaje C o C++ utilizando el entorno de desarrollo mencionado anteriormente con la librería libopencm3.
- Aplicaciones: Este kit se utiliza para desarrollar una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen sistemas embebidos, dispositivos IoT (Internet de las cosas), sistemas de control, dispositivos médicos, automatización industrial y más.

El microcontrolador presenta los siguientes pines que vienen en un encapsulado LQFP-144 (Low-Profile Quad Flat Package) con 144 pines, estos pines se pueden utilizar para una variedad de funciones, incluyendo E/S digitales, E/S analógicas, periféricos de comunicación, interconexiones, alimentación, y más. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

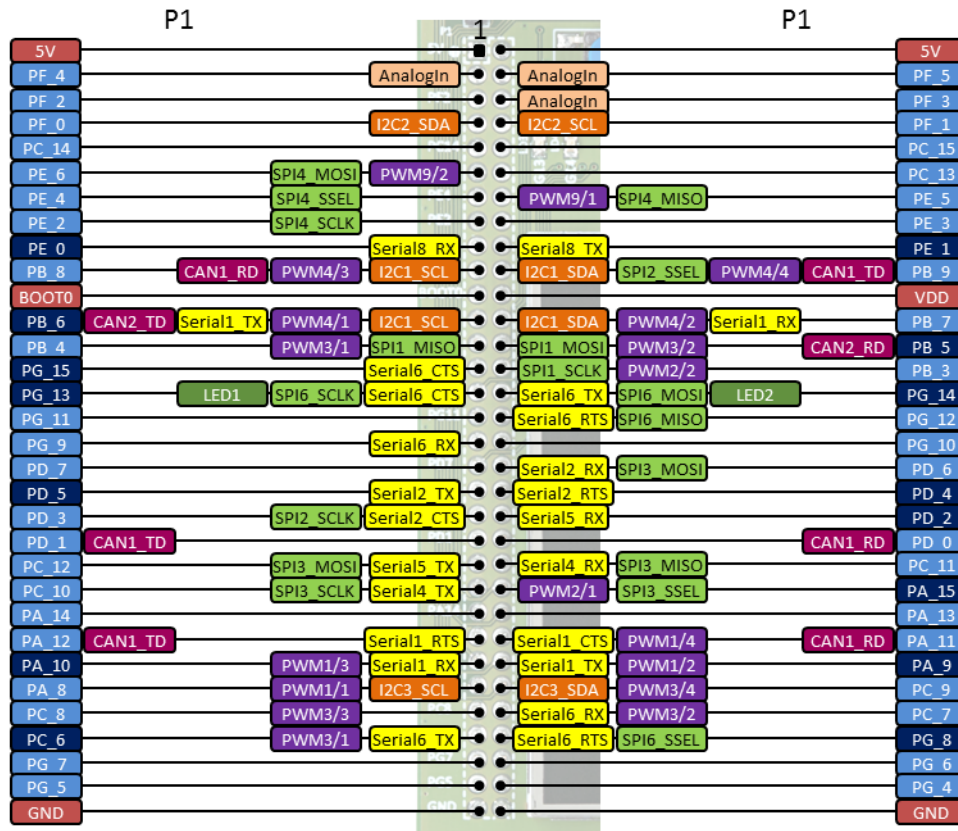


Figura 1: Pines STM32.

2.2. Librería libopencm3.

El proyecto libopencm3 tiene como objetivo crear una biblioteca de firmware gratuita/libre/de código abierto (LGPL v3 o posterior) facilitar el desarrollo de software para varios microcontroladores basados en la arquitectura ARM Cortex-M0(+)/M3/M4, incluidos ST STM32, Ti Tiva. y Stellaris, piezas NXP LPC 11xx, 13xx, 15xx, 17xx, Atmel SAM3, Energy Micro EFM32 y otros. Está dirigida a microcontroladores específicos de STMicroelectronics, incluyendo la serie STM32, que son ampliamente utilizados en aplicaciones embebidas. [1]

2.3. Giroscopio.

Es un giroscopio de salida digital de tres ejes, diseñado para medir tasas de giro (angular rates) en aplicaciones de sensores de movimiento también conocido como "MEMS motion sensor: three-axis digital output gyroscope", su estructura se puede observar en la siguiente imagen:

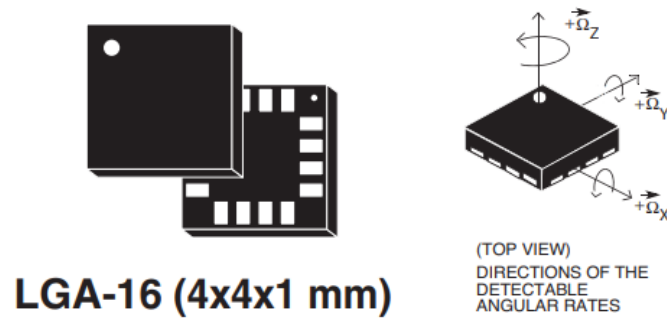


Figura 2: Giroscopio.

Tiene las siguientes características importantes:

- Cuenta con 3 rangos seleccionables que permite seleccionar entre tres rangos de medición de tasas de giro, que son ± 250 , ± 500 y ± 2000 grados por segundo (dps) lo cual brinda flexibilidad para adaptarse a diferentes aplicaciones.
- Tiene una interfaz de salida digital I2C/SPI donde se comunica con otros componentes o sistemas a través de una interfaz digital I2C/SPI, lo que facilita la integración con microcontroladores y otros dispositivos electrónicos.
- Tiene salida de datos de 16 Bits por lo que proporciona valores de datos de tasa de giro de 16 bits y que permite una alta precisión en las mediciones.
- Ofrece dos líneas de salida digital que se pueden utilizar para interrupciones y señales de datos listos (data ready). Esto es valioso para el control y la gestión de datos.
- Incluye filtros pasa bajos y pasa altos con ancho de banda seleccionable por el usuario, lo que permite ajustar la respuesta del sensor según las necesidades específicas de la aplicación.
- Funciona con un rango de voltaje de alimentación amplio, que va desde 2.4 V a 3.6 V. Además, es compatible con niveles de voltaje bajos de 1.8 V.
- Cuenta con una memoria FIFO (First In, First Out) incorporada que permite almacenar datos en búfer antes de la transmisión.

2.4. a-Si TFT LCD Single Chip Driver

El ILI9341 es un controlador System-on-Chip (SOC) de un solo chip diseñado para pantallas de cristal líquido TFT a-Si (Transistor de película fina) de matriz activa. Es capaz de producir 262,144 colores diferentes y cuenta con una resolución de pantalla de 240 píxeles en la dirección horizontal (RGB) y 320 píxeles en la dirección vertical. Este controlador está equipado con un controlador de fuente de 720 canales, un controlador de compuerta de 320 canales e incluye una RAM gráfica (GRAM) con una capacidad de 172,800 bytes para almacenar datos de visualización gráfica. Su diagrama de bloques se ve de la siguiente manera:

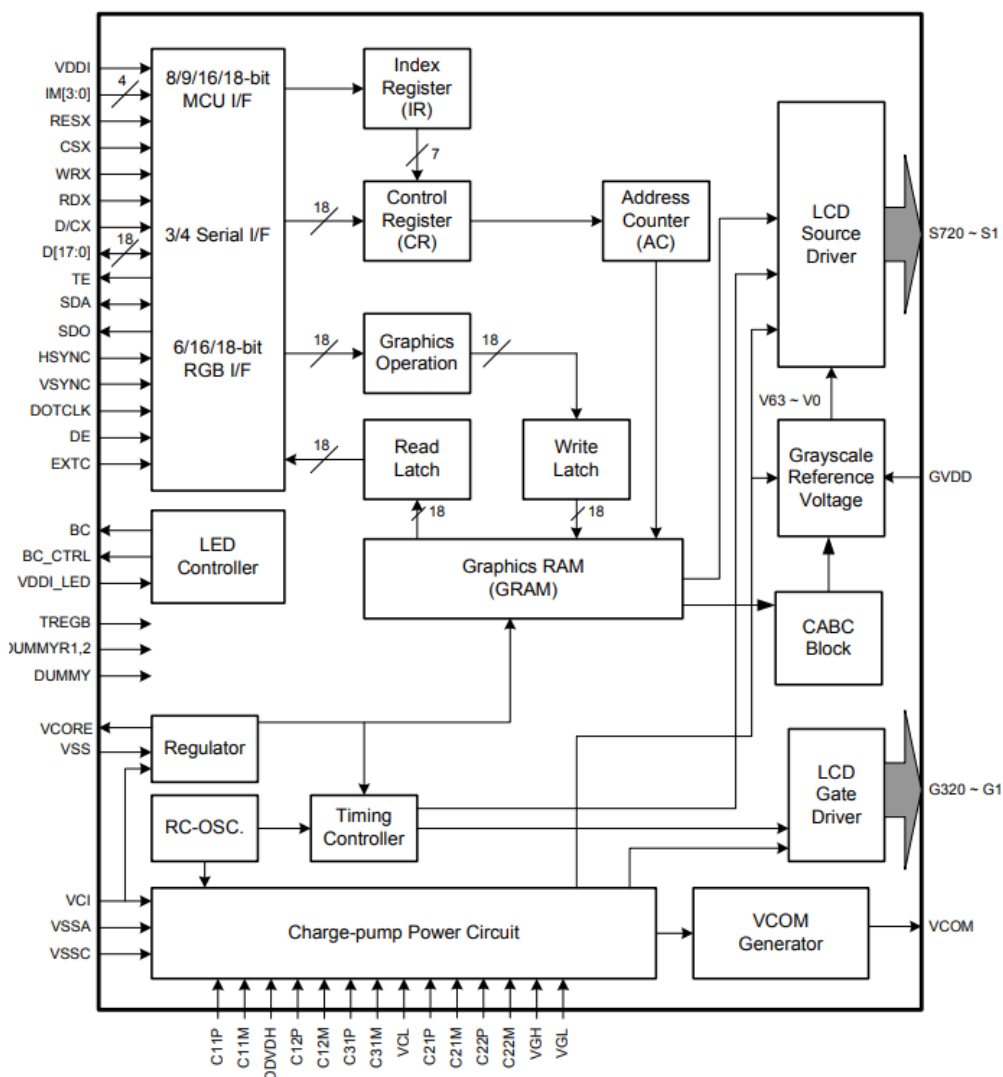


Figura 3: Diagrama de bloques.

El controlador admite una resolución de pantalla de 240xRGB píxeles en la dirección horizontal y 320 píxeles en la dirección vertical, proporcionando 720 salidas de fuente, 320 salidas de compuerta y una salida de electrodo común (VCOM). De paso, admite varias opciones de interfaz, que incluyen interfaces paralelas de 8, 9, 16 y 18 bits para la comunicación con MCU, interfaces RGB de 6, 16 y 18 bits con un controlador gráfico y interfaces seriales periféricas de 3 o 4 líneas y ofrece un modo a todo color con 262,000 colores seleccionables y un modo de reducción de colores con 8 colores. Además, el controlador integra varias funciones como un generador y ajuste de VCOM, generador de temporización, oscilador, convertidor DC/DC, inversión de línea/cuadro, y una curva Gamma preestablecida con corrección Gamma RGB separada. Tam-

bién incluye Control de Brillo Adaptativo al Contenido y una memoria programable múltiples veces (MTP) para configuraciones.

2.5. Diseño del circuito

Se utilizan los siguientes componentes para realizar el laboratorio:

Componente	Tipo	Cantidad	Precio ¢
STM32 [2]	F429 Discovery kit	1	15763.4 c/u
Protoboard [3]	ensamble a presión, 1 bloque y 2 tiras	1	5400 c/u
Batería [4]	Pila alcalina "9V" (cuadrada)	1	2 300 c/u
Broche [5]	Porta pila "9V"	1	260 c/u
Cables [6]	Juego de 80 cables de 15 cm tipo Dupont	1	2 990 c/u

Tabla 1: Lista de componentes utilizados.

3. Análisis de resultados.

En esta sección, presentamos una revisión detallada de los avances alcanzados a través de la ejecución de este laboratorio. Es fundamental destacar que, a pesar de los desafíos que enfrentamos, hemos logrado abordar una parte de los requisitos del enunciado, en términos de resultados teóricos.

En primer lugar, es importante subrayar que no logramos cumplir con la totalidad de los requerimientos del enunciado, y por esta razón, una parte de nuestro trabajo se centró en la exploración y análisis teórico de los conceptos involucrados. Esta estrategia nos permitió adquirir una comprensión más profunda de los aspectos clave del laboratorio que no pudimos abordar en su totalidad desde una perspectiva práctica.

Comenzando con los logros prácticos, inicialmente logramos con éxito la manipulación de la placa STM32f429i-Discovery. Esto se llevó a cabo gracias a los ejemplos disponibles en el repositorio, lo que nos permitió comprender cómo programar la pantalla utilizando funciones predefinidas, como `'gfx_puts'`, para imprimir caracteres. Como resultado de este esfuerzo inicial, diseñamos y presentamos la primera pantalla programada. En esta pantalla se incluyeron datos relacionados con los estudiantes, el número de laboratorio y el nombre de la aplicación, como se ilustra en la siguiente figura:

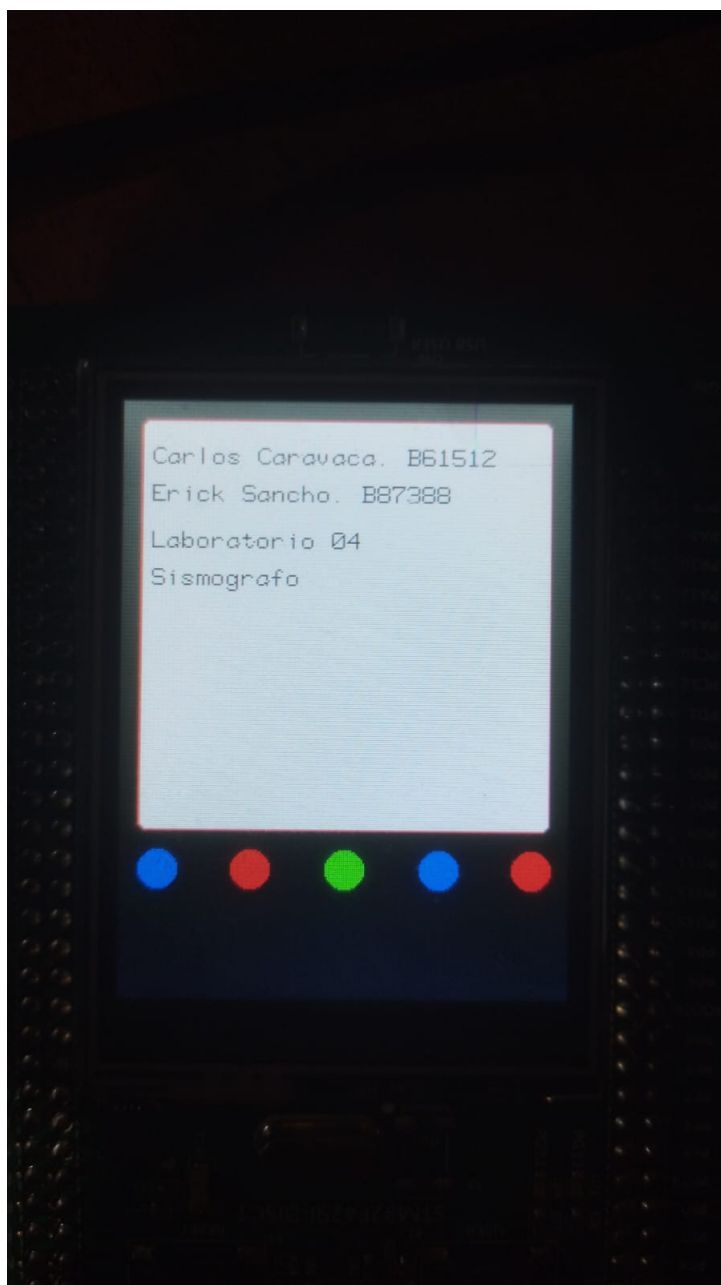


Figura 4: Pantalla 1

Sin embargo, a medida que avanzamos en el laboratorio, nos enfrentamos a desafíos en la implementación de la segunda parte del proyecto, que implicaba la programación de una pantalla con información del giroscopio y una simulación de los datos de la batería. Lamentablemente, no pudimos implementar la funcionalidad de la batería en su totalidad, ya que nuestros esfuerzos se centraron principalmente en resolver la lectura de los ejes del giroscopio. Después de intentar combinar ejemplos disponibles y consultar la documentación en HTML de la librería LibOpenCM3, obtuvimos valores inesperados, específicamente un valor de -1 para cada eje. No pudimos identificar con certeza las causas de este problema, aunque una de las posibles explicaciones podría estar relacionada con las diferencias en las frecuencias de reloj utilizadas entre la pantalla y uno de los ejemplos que utilizamos para configurar el giroscopio.

La siguiente figura muestra los valores obtenidos:

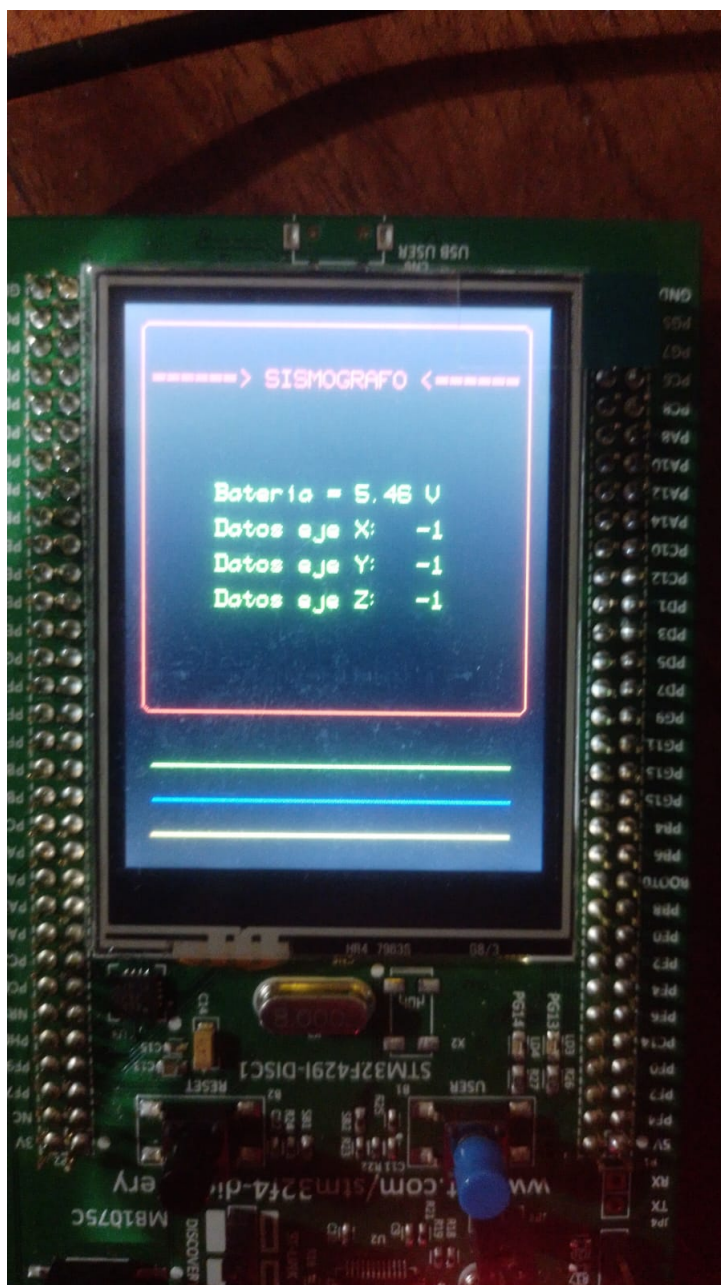


Figura 5: Pantalla 2

Desde un punto de vista teórico, también exploramos la posibilidad de conectar una batería y leer sus datos de tensión. Esto requeriría la manipulación del flujo de datos a través de una configuración adecuada de registros y pines, pero, como se mencionó anteriormente, esta parte no pudo implementarse en su totalidad debido a las limitaciones encontradas en la lectura de los ejes del giroscopio.

Además, consideramos la posibilidad de implementar un código en Python que, de manera serial, mostraría los datos del giroscopio y la batería. Esta estrategia nos permitiría utilizar los widgets de Thinboards para visualizar los resultados en forma de gráficos. La siguiente imagen ilustra cómo suponemos que se verían los datos obtenidos, ya sea a través de gráficos o utilizando las diversas opciones de widgets que ofrece el programa:

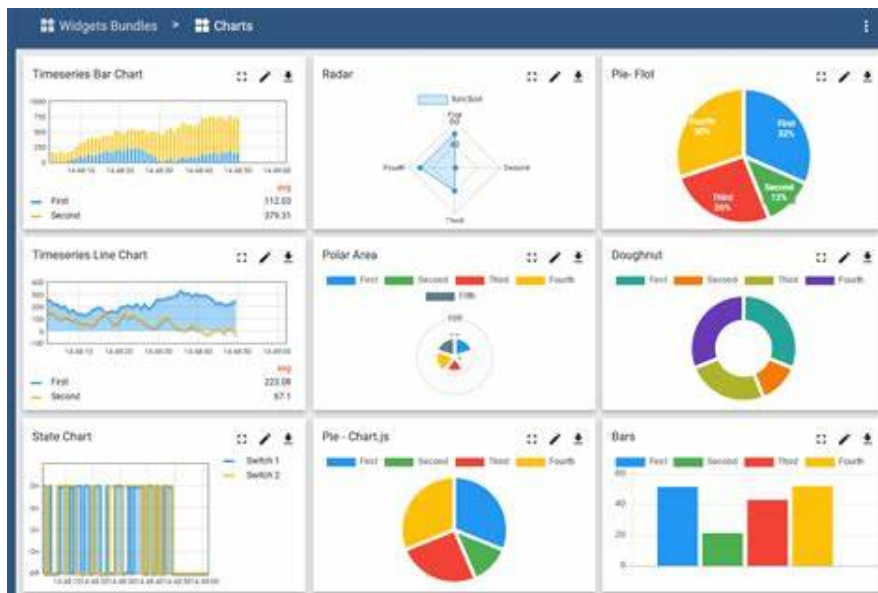


Figura 6: Pantalla 1

4. Conclusiones y recomendaciones.

- Con base en lo ya expuesto, lamentablemente concluimos que no fue posible realizar la mayoría de los requisitos del laboratorio, sin embargo, la experiencia de lograr programar con éxito ciertos requisitos como la pantalla, y el giroscopio de forma parcial, fue algo bastante y enriquecedor, ya que nos ayuda mucho a entender mejor el microcontrolador.
- Además, dado que el proceso de aprendizaje fue algo complicado por la poca información disponible en internet, fue satisfactorio lograr implementar código que funcionara y se viera reflejado en la vida real en un microcontrolador real.
- Se logra implementar un código en python que permite leer los datos del microcontrolador y enviarlos al Thingboard, incluyendo así la URL y el token de acceso al thingboard mediante una función de python llamada `send_data_to_thingsboard` que permite enviar los datos de la batería y giroscopio.

Algunas recomendaciones se pueden mencionar son las siguientes: es importante leer la documentación, ya que algunos ejemplos vienen desactualizados con ciertas variables o comandos, en el repositorio de github, están los datos de como ejecutar los htmls necesarios para poder revisar esta información. También es importante cerciorarse que la placa STM32 este funcionando bien, ya que si no es así, es posible que no se logren ver los resultados durante el proceso, y esto puede retrasar la realización del laboratorio. Como última recomendación para lograr concluir bien el laboratorio es importante correr los código de ejemplo que están habilitados en el github para confirmar que la placa corre bien y además ver cómo se implementan las diferentes funciones para tomarlas de ejemplo y hacer nuevas implementaciones.

Referencias

- [1] LIBOPENCM3. LIBOPENCM3. <https://github.com/libopencm3/libopencm3/wiki>.
- [2] Fairchild Semiconductor. Discovery kit with STM32F429ZI MCU. <https://www.st.com/en/evaluation-tools/32f429idiscovery.html>, 2023.
- [3] steren.cr. Protoboard de ensamble a presión, 1 bloque y 2 tiras. <https://www.steren.cr/protoboard-de-ensamble-a-presion-1-bloque-y-2-tiras.html>, 2023.
- [4] steren.cr. Pila alcalina "9V" (cuadrada). <https://www.steren.cr/pila-alcalina-9v-cuadrada.html>.
- [5] steren.cr. Broche porta pila "9V". <https://www.steren.cr/broche-porta-pila-9v.html>.
- [6] steren.cr. Juego de 80 cables de 15 cm tipo Dupont. <https://www.steren.cr/juego-de-80-cables-de-15-cm-tipo-dupont.html>.

5. Anexos.