
Kit de desarrollo

PID_00247315

Francisco Vázquez Gallego

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 2 horas



Universitat
Oberta
de Catalunya

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

1. Hardware	5
1.1. MSP432P401R LaunchPad™	5
1.2. BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™	6
1.3. SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™	8
1.4. Montaje	8
1.5. Alimentación	9
2. Componentes software	10
2.1. Code Composer Studio™	10
2.2. EnergyTrace™	10
2.3. MSP432 Peripheral Driver Library (DriverLib)	11
2.4. <i>Drivers</i> de dispositivos	11
3. Instalación y puesta en marcha	12
Bibliografía	13

1. Hardware

El hardware necesario para la realización de los ejercicios prácticos de la asignatura consiste en un kit de desarrollo de Texas Instruments (TI) que incluye los siguientes elementos:

- Un módulo MSP432P401R LaunchPad™.
- Un módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™.
- Un módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™.

En los siguientes apartados, se describen las principales características de cada uno de los módulos del kit de desarrollo.

1.1. MSP432P401R LaunchPad™

El módulo MSP432P401R LaunchPad™ [Texas Instruments (2017b)] se muestra en la figura 1. Dicho módulo incluye un microcontrolador MSP432P401R [Texas Instruments (2016b)] y la electrónica necesaria para programar el microcontrolador, depurar el código y realizar medidas de consumo energético. Además, el módulo MSP432P401R LaunchPad™ incorpora dos LEDs, un pulsador de *reset*, dos pulsadores para la interacción del usuario y dos conectores de tipo *header* de veinte contactos que permiten la conexión del MSP432P401R LaunchPad™ con varios módulos BoosterPack™ apilables. La definición de la interfaz eléctrica entre el módulo MSP432P401R LaunchPad™ y los módulos BoosterPack™ puede encontrarse en [Texas Instruments (2017b)].

El microcontrolador MSP432P401R, cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura 2, está formado por un procesador Cortex®-M4F de 32 bits y una amplia gama de periféricos, entre los que destacan diversos puertos digitales de entrada/salida (GPIO); un convertidor analógico-digital (ADC) de 14 bits y 24 canales de entrada analógica diferenciales y unipolares; varios puertos de comunicación serie de tipo UART, I2C, SPI e IrDA; varios temporizadores hardware de 16 y 32 bits; un reloj de tiempo real o *real time clock* (RTC); un *watchdog timer*; una unidad de coma flotante o *floating point unit* (FPU), que soporta instrucciones de suma, resta, multiplicación, división, acumulación y raíz cuadrada, y un módulo hardware para el cálculo de códigos de redundancia cíclica (CRC). El microcontrolador MSP432P401R funciona a una frecuencia de reloj o *clock rate* de hasta 48 MHz e incluye 64 kB de RAM y 256 kB de memoria flash.

Figura 1. Módulo MSP432P401R LaunchPad™

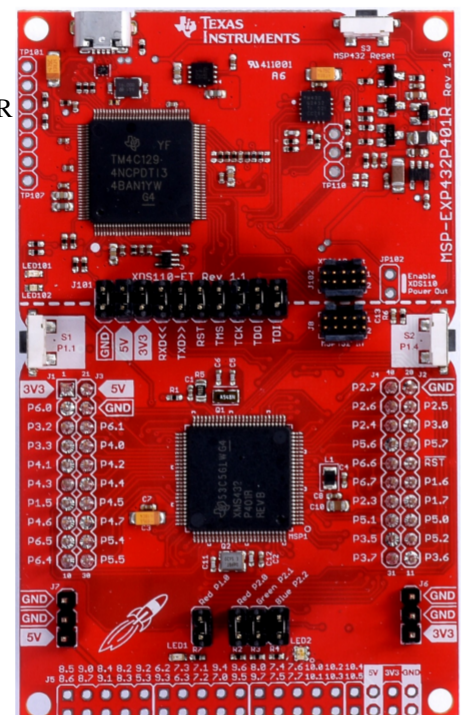
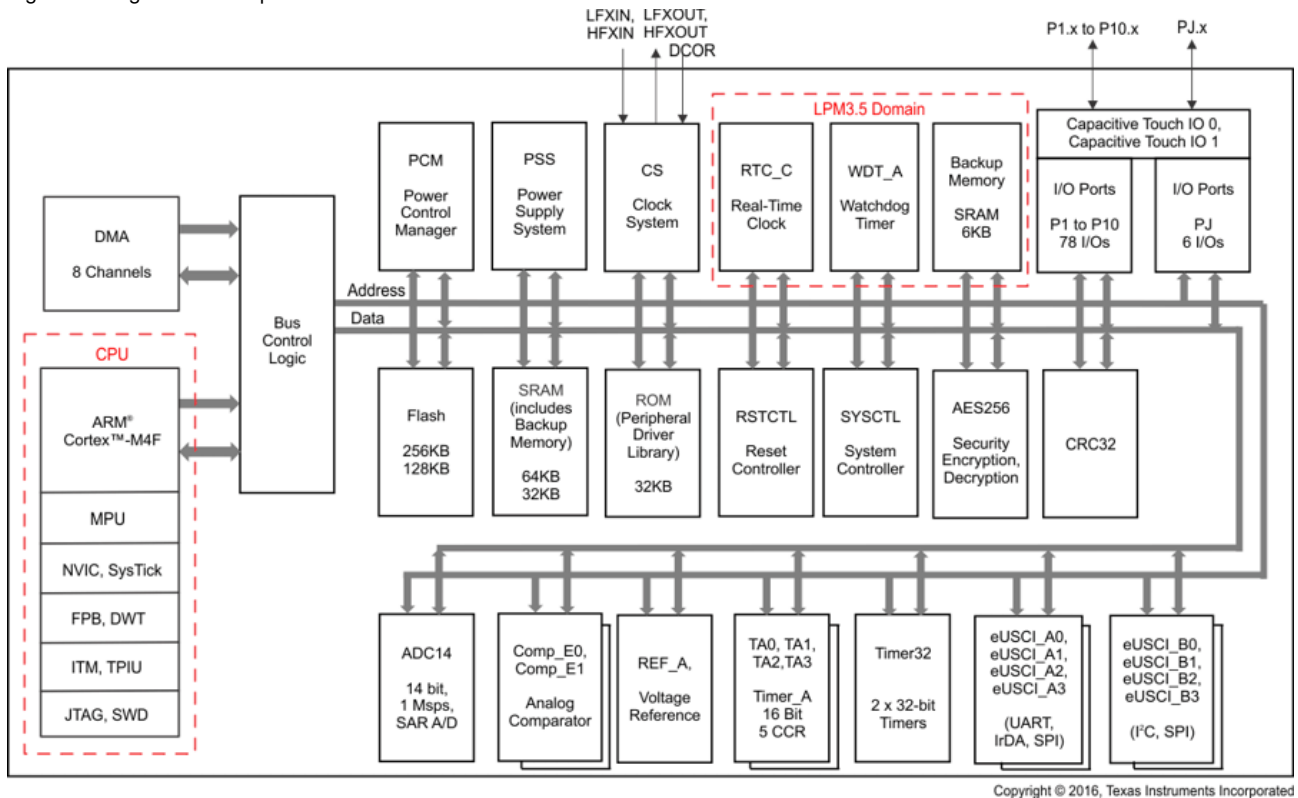


Figura 2. Diagrama de bloques del microcontrolador MSP432P401R



1.2. BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™

El módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™ [Texas Instruments (2017c)] se muestra en la figura 3. Dicho módulo incluye un conjunto de sensores y actuadores que se conectan al microcontrolador del módulo MSP432P401R LaunchPad™ a través de diversas entradas y salidas analógicas y digitales.

Los sensores incluidos en el módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational Booster-Pack™ son los siguientes:

- Un sensor de luz ambiental OPT3001 de TI con salida digital a través de bus I2C.
- Un sensor de temperatura por infrarrojos TMP006 de TI con salida digital a través de bus I2C.
- Un acelerómetro de tres ejes KXTC9-2050 de Kionix con salidas analógicas (una salida por cada eje: X, Y y Z).
- Un micrófono CMA-4544PF-W de CUI, que opera en la banda de 20 Hz a 20 kHz, y con salida analógica acondicionada con un amplificador operacional en configuración de amplificador inversor.

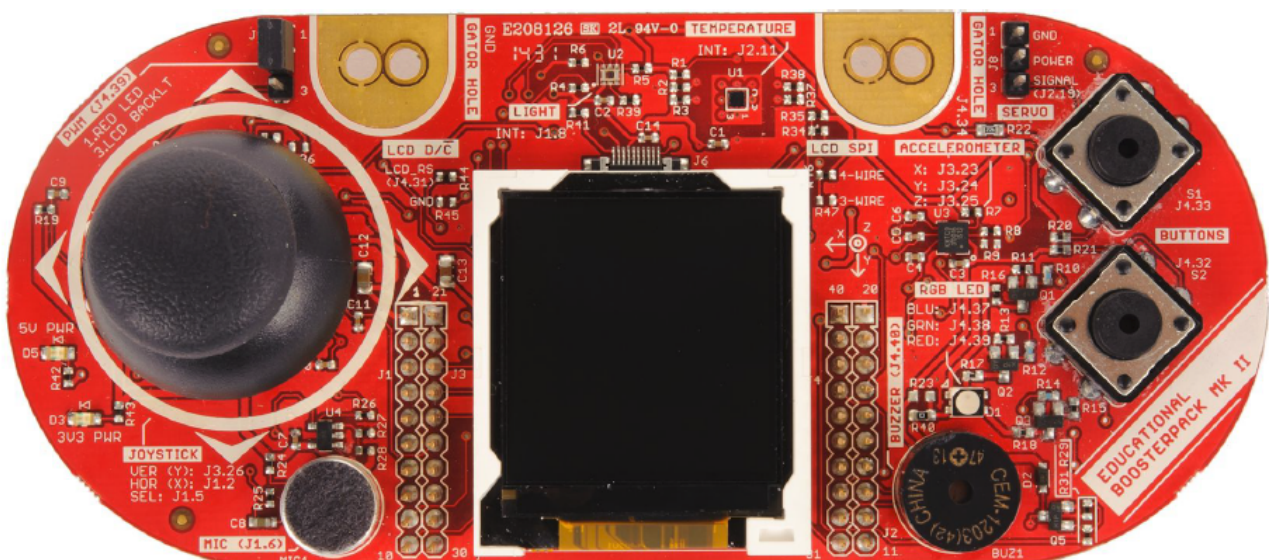
- Un *joystick* de dos ejes con pulsador IM130330001 de ITEAD Studio. El *joystick* está formado por dos potenciómetros (uno por eje), cada uno de los cuales proporciona una salida analógica cuyo nivel es proporcional a la posición del *joystick* en cada eje.
- Dos pulsadores de usuario (S1, S2) con resistencias de *pull-up*.

Los actuadores incluidos en el módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational Booster-Pack™ son los siguientes:

- Un *header* de tres contactos para conectar un servomotor externo controlado mediante una señal digital de tipo PWM (*pulse-width modulation*).
- Un led multicolor (RGB) CLV1A-FKB de Cree que permite generar cualquier color mezclando rojo (R), verde (G) y azul (B). El nivel de cada uno de los tres colores se puede modificar mediante una señal digital de tipo PWM.
- Un zumbador piezoeléctrico CEM-1203(42) de CUI que permite generar varias frecuencias o tonos mediante una señal digital de tipo PWM.
- Una pantalla TFT en color CFAF128128B-0145T de Crystalfontz. La pantalla se puede controlar a través de un bus SPI, tiene una resolución de 128 x 128 píxeles, una frecuencia máxima de 20 *frames* por segundo y 262.000 colores.

El módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™ incorpora dos *headers* de veinte contactos que permiten conectarlo simultáneamente con otros módulos BoosterPack™ y con un módulo MSP432P401R LaunchPad™. Las características técnicas de los sensores, el esquema con los detalles de la circuitería y la definición de la interfaz eléctrica entre el módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™ y el módulo MSP432P401R LaunchPad™ pueden encontrarse en [Texas Instruments (2017c)].

Figura 3. Módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™



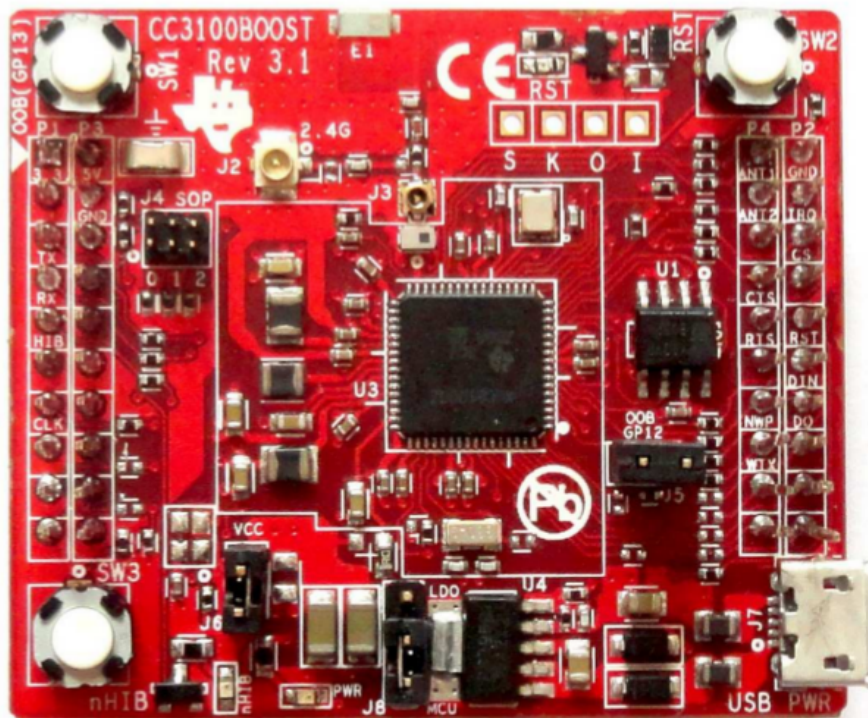
1.3. SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™

El módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ [Texas Instruments (2016d)] se muestra en la figura 4. Dicho módulo incluye un dispositivo WiFi CC3100 de TI que permite la conexión del sistema embebido a una red WiFi y la implementación de soluciones para la *Internet of things* (IoT).

El dispositivo WiFi CC3100 se conecta a través de un bus SPI y un UART al microcontrolador del módulo MSP432P401R LaunchPad™. El módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ incorpora dos *headers* de veinte contactos que permiten conectarlo simultáneamente con otros módulos BoosterPack™ y con un módulo MSP432P401R LaunchPad™. La definición de la interfaz eléctrica entre el módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ y el módulo MSP432P401R LaunchPad™ puede encontrarse en [Texas Instruments (2016e)].

El módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ incorpora una antena chip e incluye un conector coaxial de tipo U.FL que permite la conexión de una antena externa.

Figura 4. Módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™

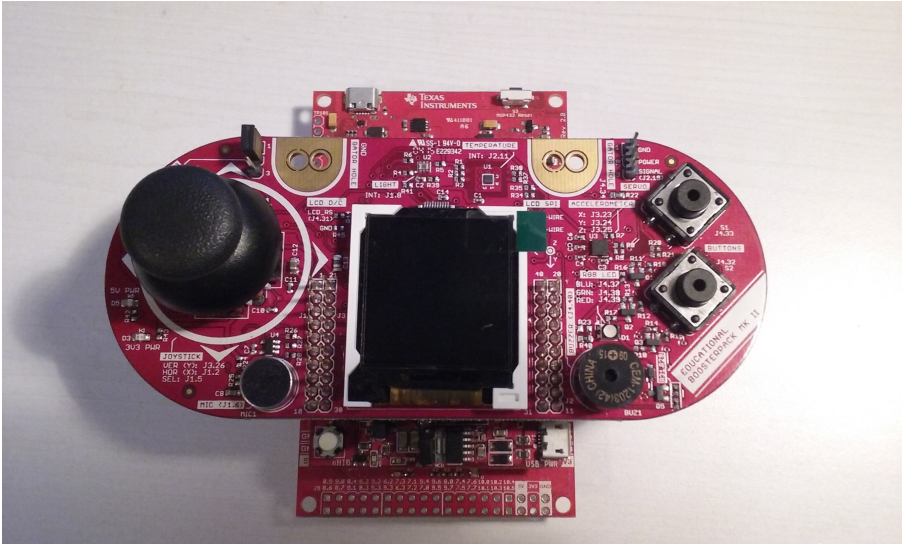


1.4. Montaje

En la figura 5 se muestra el montaje del kit de desarrollo con el módulo MSP432P401R LaunchPad™, el módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ y el módulo de BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™.

Como puede observarse en la figura 5, en la parte inferior se coloca el módulo MSP432P401R LaunchPad™; sobre este se conecta el módulo SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™, y en la parte superior, el módulo BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™.

Figura 5. Montaje de los módulos MSP432P401R LaunchPad™, SimpleLink™ WiFi CC3100 BoosterPack™ y BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™



1.5. Alimentación

Los módulos del kit de desarrollo pueden alimentarse a través de una de las siguientes entradas de alimentación:

- 1) Mediante el conector USB (5 V) del módulo MSP432P401R LaunchPad™, que genera una tensión de alimentación de 3,3 V y la distribuye a los módulos BoosterPack™ a través de los contactos de alimentación disponibles en los *headers*. Previamente, deberán conectarse los *jumpers* 5V, 3V3 y GND de la tira de *jumpers* J101 del módulo MSP432P401R LaunchPad™.
- 2) Conectando una fuente de alimentación externa de 3,3 V a los contactos de alimentación existentes en el módulo MSP432P401R LaunchPad™ o en los módulos BoosterPack™. Previamente, deberán desconectarse los *jumpers* 5V, 3V3 y GND de la tira de *jumpers* J101 del módulo MSP432P401R LaunchPad™.

Para la realización de la mayoría de los ejercicios prácticos, el kit de desarrollo se alimentará a través del conector USB del módulo MSP432P401R LaunchPad™.

2. Componentes software

Los componentes software necesarios para llevar a cabo los ejercicios prácticos de la asignatura se detallan a continuación:

- Entorno de desarrollo Code Composer Studio™ (CCS).
- EnergyTrace™.
- MSP432 Peripheral Driver Library.
- *Drivers* de los periféricos UART, I2C y SPI.
- *Drivers* de diversos sensores.
- *Driver* del dispositivo WiFi CC3100.

En los siguientes apartados, se describen las principales características de estos componentes software.

2.1. Code Composer Studio™

Code Composer Studio™ (CCS) es el entorno de desarrollo integrado (IDE) que será utilizado para editar, compilar, programar y depurar el código del microcontrolador MSP432P401R a lo largo de los ejercicios prácticos. CCS es una herramienta software gratuita desarrollada por TI y basada en el entorno Eclipse.

Para más información sobre el uso del entorno de desarrollo CCS, se recomienda consultar los manuales de usuario [Texas Instruments (2016a), Texas Instruments (2017a)].

2.2. EnergyTrace™

EnergyTrace™ es una herramienta software integrada en CCS que permite el análisis y la optimización del consumo energético de los microcontroladores de las familias MSP430 y MSP432 de TI.

El módulo MSP432P401R LaunchPad™ incluye la electrónica necesaria para la medida del consumo energético del microcontrolador. El valor de las medidas de consumo y el estado del microcontrolador son transferidos desde el módulo MSP432P401R LaunchPad™ al CCS durante los procesos de *debugging*. Al activar las funciones de EnergyTrace™ en CCS, aparecen las gráficas con la evolución temporal de la potencia y la energía consumidas por el microcontrolador.

Para más información sobre el uso de la herramienta EnergyTrace™ en el entorno de desarrollo CCS, se recomienda consultar la sección 7 del manual de usuario [Texas Instruments (2017a)].

2.3. MSP432 Peripheral Driver Library (DriverLib)

La MSP432 Peripheral Driver Library (también denominada DriverLib) es una biblioteca desarrollada por TI que incluye un conjunto de APIs para configurar, controlar y manipular los periféricos del microcontrolador MSP432P401R.

La biblioteca DriverLib proporciona un nivel de abstracción que facilita la programación, comparado con el acceso directo a registros, y el desarrollo de código más legible e intuitivo. Además, DriverLib permite gestionar, habilitar e inhabilitar interrupciones del microcontrolador. Sin embargo, las rutinas de servicio a interrupción no están incluidas en DriverLib y deben ser desarrolladas por el programador.

La biblioteca DriverLib está incluida (driverlib.h) en los proyectos CCS desarrollados para la realización de los ejercicios prácticos. Por tanto, no es necesario descargarla. Para más información y ejemplos de uso de las APIs de DriverLib, se recomienda consultar la guía de usuario [Texas Instruments (2016c)].

2.4. Drivers de dispositivos

Para facilitar la realización de los ejercicios prácticos, los proyectos CCS de algunas de las actividades incluyen los siguientes *drivers*:

- *Driver* de UART (uart_driver.h).
- *Driver* de Master I2C (i2c_driver.h).
- *Driver* de Master SPI (spi_driver.h).
- *Driver* de sensor de luz ambiental OPT3001 (opt3001.h).
- *Driver* de sensor de presión, temperatura y humedad BME280 (bme280_support.h).
- *Driver* de dispositivo WiFi CC3100 (simplelink.h).

Los *drivers* de los periféricos UART, I2C y SPI están basados en la biblioteca DriverLib; los *drivers* de los sensores están basados en el *driver* del dispositivo Master I2C, y el *driver* del dispositivo WiFi CC3100 está basado en el *driver* del dispositivo Master SPI.

Cada *driver* incluye un conjunto de funciones que permiten configurar e inicializar los dispositivos y realizar transferencias de datos entre el microcontrolador y los dispositivos.

3. Instalación y puesta en marcha

Para empezar a trabajar con los ejercicios prácticos propuestos en este documento, deberán ejecutarse los pasos siguientes, que se detallarán en el enunciado de cada ejercicio:

- 1) Instalar la última versión del entorno de desarrollo CCS a través del enlace proporcionado por el profesor en el aula.
- 2) El código de los ejercicios está disponible en un repositorio que se proporcionará en el aula.
- 3) Clonar localmente el repositorio.
- 4) Abrir el CCS e importar los proyectos con el código de los ejercicios disponibles en el repositorio.
- 5) Para verificar el funcionamiento del código de cualquier ejercicio, en primer lugar, hacer Build para compilar el proyecto asociado.
- 6) Conectar el módulo MSP432P401R LaunchPad™ al PC a través de un puerto USB. El módulo incluye un dispositivo para convertir el puerto USB en la interfaz JTAG utilizada para programar el microcontrolador y para depurar el código.
- 7) Desde el CCS, cargar el código en el microcontrolador y depurar. Para más información sobre el proceso de compilación y depuración del código, se recomienda consultar el manual de usuario del CCS [Texas Instruments (2016a)].

Bibliografía

Github Inc. (2017a). «Contributing to Projects with GitHub Desktop». Available online at:
<https://help.github.com/desktop/guides/contributing/>.

Github Inc. (2017b). «Getting Started with GitHub Desktop». Available online at:
<https://help.github.com/desktop/guides/getting-started/>.

Texas Instruments (2016a). «Introducing TI's Integrated Development Environment – Code Composer Studio™ (CCS) to Expert Engineers». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/an/swra526/swra526.pdf>.

Texas Instruments (2016b). «MSP432 Datasheet: MSP432P401R, MSP432P401M Mixed-Signal Microcontrollers». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp432p401r.pdf>.

Texas Instruments (2016c). «MSP432 Library User's Guide: MSP432 R Peripheral Driver Library». Available online at:
https://e2e.ti.com/cfs-file/__key/communityserver-discussions-components-files/166/MSP432_5F00_DriverLib_5F00_Users_5F00_Guide_2D00_MSP432P4xx_2D00_2_5F00_20_5F00_00_5F00_08.pdf

Texas Instruments (2016d). «User's Guide: BOOSTXL-SENSORS Sensors BoosterPack Plug-in Module». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ug/slau666a/slau666a.pdf>.

Texas Instruments (2016e). «User's Guide: CC3100 SimpleLink™ Wi-Fi R and IoT Solution Getting Started Guide». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ug/swru375c/swru375c.pdf>.

Texas Instruments (2017a). «Code Composer Studio™ IDE 7.1+ for SimpleLink™ MSP432™ Microcontrollers». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ug/slau575g/slau575g.pdf>.

Texas Instruments (2017b). «MSP-EXP432P401R User's Guide: MSP432P401R LaunchPad™ Development Kit». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ug/slau597c/slau597c.pdf>.

Texas Instruments (2017c). «User's Guide: BOOSTXL-EDUMKII Educational BoosterPack™ Plug-in Module Mark II». Available online at:
<http://www.ti.com/lit/ug/slau599a/slau599a.pdf>.