

# Utilice paneles adicionales para construir un sistema de iluminación LED y sensor orientado a IoT para un invernadero



www.digikey.es

Autor: Rich Miron -  
Applications Engineer,  
Digi-Key Electronics



En el horticultivo, el Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) puede cumplir un rol principal tanto en el control como en el aseguramiento de la sanidad vegetal mediante una combinación de sensores y LED especializadas en horticultivos. Sin embargo, la adaptación e implementación de la plataforma de cómputos de IoT con los periféricos, sensores, LED y opciones de conectividad requeridas puede llevar mucho tiempo y poner en riesgo no solo los presupuestos, sino también los plazos.

Para reducir este riesgo, una combinación de soluciones para paneles y aparatos de Cypress Semiconductor, SparkFun Electronics y Würth Electronics, entre otros componentes, puede ser utilizada para simplificar enormemente el proceso de diseño y al mismo tiempo permitir un rápido desarrollo de sofisticados sistemas de control de invernadero.

Este artículo explorará la relación entre los LED y la sanidad vegetal, introducirá y describirá estas soluciones, y cómo utilizarlas juntas.

## LED y la sanidad vegetal

La sanidad vegetal depende de una gran cantidad de factores externos, incluidos la luz, la temperatura, la humedad del suelo y niveles de pH. Las plantas responden a varias combinaciones de estos factores en conjunto, así como también a características específicas de cada factor. Por ejemplo, una planta depende de la luz recibida dentro de una región de entre 400 nanómetros (nm) y 700 nm de radiación activa fotosintética (PAR, por sus siglas en inglés). De todas maneras, la iluminación que requieren a lo largo de esa región no es uniforme. Las plantas requieren luz de longitudes de onda específicas correspondientes al espectro de absorción de los fotopigmentos múltiples involucrados en la fotosíntesis.

Por ejemplo, la clorofila A tiene picos de absorción aproximadamente en 435 nm y 675 nm (figura 1).

Otros fotopigmentos, incluidos la clorofila B, beta caroteno y otros fotocromos, también cumplen papeles vitales en la fotosíntesis. Como resultado, la iluminación óptima para las plantas requiere la habilidad de proporcionar iluminación en la región PAR en múltiples longitudes de onda.

Como con cualquier organismo vivo, los factores que influyen en la sanidad vegetal no se limitan a un simple conjunto de longitudes de onda o niveles estáticos de iluminación. Las plantas requieren niveles diferentes de intensidad de la luz, ciclos de luz/oscuridad cambiantes, y hasta incluso diferentes combinaciones de longitudes de onda, todo en cada etapa del ciclo de crecimiento. De igual manera, la temperatura y la humedad del suelo pueden causar cambios en la longitud de la raíz.

Esta combinación óptima de características para cada factor puede variar según la especie, o incluso según la etapa de crecimiento dentro de una especie. Por ejemplo, muchas plantas con flores requieren que la longitud del día sea menor a 12 horas. En contraste a estas plantas de "días cortos", las plantas de "días largos", como las remolachas y las papas, solamente florecen tras haber recibido una exposición de más de 12 horas a la luz.

Los ambientes de invernadero permiten a los agricultores y jardineros controlar la mayor parte de los factores. Sin embargo, la falta de plataformas, periféricos e incluso fuentes de luz rentables de sistemas continúa siendo un obstáculo para el desarrollo de los sistemas de control de invernadero. La construcción de un sistema capaz de controlar y gestionar estos varios factores ha requerido sistemas complejos afines a controladores lógicos programables industriales complejos.

La disponibilidad de los paneles existentes y LED de horticultivo especializadas ofrece una alternativa mucho más simple. Los desarrolladores pueden crear fácilmente sofisticados sistemas de automatización de invernadero al combinar paneles basados en el microcontrolador de PSoC de Cypress Semiconductor, LED de horticultivo especializados de Würth Electronics y un tablero adicional de SparkFun Electronics. Este último conecta el amplio conjunto de sensores y actuadores necesarios en estos sistemas.

## Plataforma de alto rendimiento

Diseñada para las aplicaciones integradas, la familia de Cypress PSoC

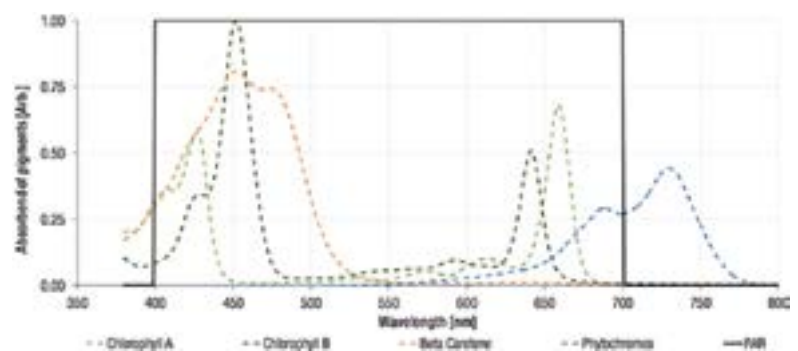


Figura 1. El crecimiento de la planta depende de la iluminación suficiente en longitudes de onda correspondiente al espectro de absorción de varios fotopigmentos activos de la región PAR en general. (Fuente de la imagen: Würth Electronics).

de microcontroladores integra un Arm® Cortex®-M0 o Cortex-M3 y un complemento entero de bloques programables análogos y digitales llamados bloques universales digitales (UDB, por sus siglas en inglés). Al utilizar la biblioteca de controladores de periféricos (PDL, por sus siglas en inglés), los diseñadores pueden implementar un amplio rango de funciones, incluidos interfaces seriales estándar y generadores de formas de onda. De igual manera los bloques I/O denominados Smart I/O soportan operaciones lógicas sobre señales pasando por y desde las patillas GPIO, incluso mientras los núcleos se encuentran en un modo de espera reforzada de ahorro energético.

El último aparato PSoC, el PSoC 6, agranda la familia con aparatos de doble núcleo que combinan el rendimiento de procesamiento de un núcleo Cortex-M4 con las capacidades de baja potencia de un núcleo Cortex-M0+. Junto al 1 megabyte (Mbyte) de la memoria flash, los 288 kilobytes (Kbytes) de SRAM y los 128 Kbytes de ROM que se encuentran en los aparatos PSoC 62, los aparatos PSoC 63 añaden capacidades adicionales, como el Bluetooth 5.0.

Los aparatos PSoC 63 integran un subsistema de Bluetooth 5.0 completo, incluidos hardware físico y capas de enlace, así como también una pila de protocolos con acceso de la interfaz de programación de aplicación (API, por sus siglas en inglés) a los servicios del perfil de atributo genérico (GATT, por sus siglas en inglés) y del perfil de acceso genérico (GAP, por sus siglas en inglés) en el núcleo de los protocolos de Bluetooth. Dentro de cada serie, los aparatos como el CY8C6347FMI-BLD53 incluyen criptoaceleradores de hardware dedicados.

Con sus extensas capacidades, los microcontroladores PSoC6 pueden soportar los requerimientos de rendimiento de una clase emergente de aplicaciones integradas complejas. Al mismo tiempo, su eficiencia energética les permite soportar los presupuestos energéticos ajustados usuales de tales aplicaciones. Con su voltaje operativo de 0.9 o 1.1 V que el usuario puede seleccionar, el microcontrolador PSoC 6 requiere una energía mínima: consume 22 microamps ( $\mu\text{A}$ ) por megahertz (MHz)

para el núcleo Cortex-M4 y 15  $\mu\text{A}$ /MHz para el núcleo Cortex M0+.

Para simplificar el desarrollo de las aplicaciones basándose en estos aparatos, Cypress proporciona versiones de su línea de kit Pioneer para ambos aparatos, PSoC 63 y PSoC 62. Para el PSoC 63, el kit PSoC 6 BLE Pioneer incluye una memoria flash 512 Mbit NOR, un programador/depurador basado en KitProg™2 de Cypress integrado, un controlador USB Type-C™ con suministro de alimentación y características de interfaz de múltiples usuarios. El kit PSoC 6 Wi-Fi-BT Pioneer combina un microcontrolador PSoC 62 con un módulo Murata Electronics LBEE5KL1DX basado en el combo chip de Wi-Fi/Bluetooth CYW4343W de Cypress.

### Extensiones de hardware

El uso de los tableros de Cypress Pioneer para desarrollar aplicaciones de control se vuelve sencillo gracias al tablero adicional desarrollado tras una colaboración de SparkFun Electronics y Digi-Key Electronics. El shield adicional de PSoC Pioneer IoT es un shield Arduino compatible con R3 con conectores compatibles con Qwiic y XBee (Figura 2). Enchufado en un tablero PSoC Pioneer, el shield adicional permite a los desarrolladores que extiendan fácilmente el set del tablero con aparatos como sensores para controlar la calidad del aire y suelo en un invernadero.

Para controlar las condiciones ambientales del invernadero, un tablero compatible con Qwiic como el tablero Environmental Combo Breakout SEN-14348 de SparksFun utiliza los

sensores integrados Bosch Sensortec BME280 y ams CCS811 para proporcionar datos para variables de ambientes múltiples (consultar “Añadir sensores de calidad del aire compendado al Internet de las cosas”).

Bosch BME 280 combina los sensores digitales para poder realizar lecturas exactas de temperatura, presión y humedad al consumir la pequeña cantidad de 3.6  $\mu\text{A}$  a una tasa de actualización de 1 Hz. Ams CCS811 proporciona medidas equivalentes de CO2 y de compuesto orgánico volátil (VOC, por sus siglas en inglés).

Los sensores de gas como el CCS811 necesitan calentar un hornillo para realizar las mediciones de gas, lo que causa que aumente el consumo de energía, el cual alcanza los 26 miliwatts (mW) desde un suplemento de 1.8 V en su modo operativo 1. Este modo proporciona la tasa de actualización más rápida disponible de 1 Hz. Los desarrolladores pueden elegir otras tasas de actualización como el modo 3, el cual hace mediciones una vez por minuto y reduce el consumo de energía a 1.2 mW.

Los desarrolladores simplemente usan un cable a Qwiic para conectar el tablero del Combo al shield adicional para programar el Bosch BME280 del tablero del Combo y los sensores del ams CCS811B basados en el software de muestra disponible en el github repo de SparkFun.

### Calidad del suelo

Además de las condiciones ambientales en el invernadero, un pH del suelo y contenido de agua apropiados son esenciales para la sanidad



Figura 2. El shield adicional de PSoC Pioneer IoT (tablero rojo) extiende las capacidades de los tableros Cypress Pioneer como el Kit PSoC 6 BLE Pioneer (azul) con sus opciones de múltiples conectores para añadir los tableros compatibles con Qwiic y XBee disponibles. (Fuente de la imagen: SparkFun Electronics).

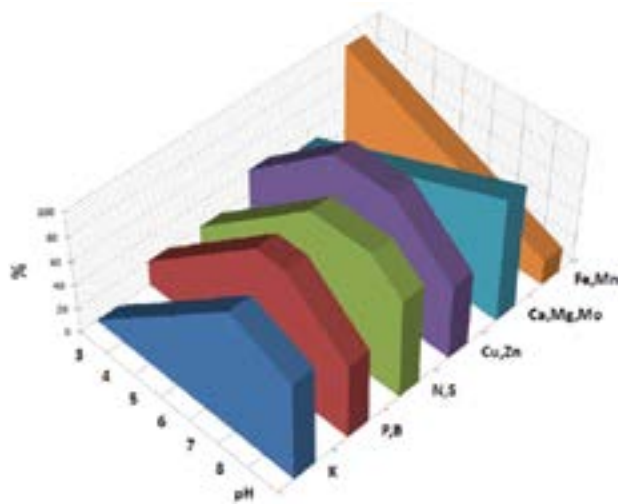


Figura 3. Pequeños cambios en el nivel de pH afectan a la fisiología de las plantas directamente, así como indirectamente a través de su impacto en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. (Fuente de la imagen: Wikimedia Commons).

vegetal. La mayoría de las plantas requieren niveles de pH que sean neutrales o ligeramente ácidos, pero el rango de pH óptimo puede variar considerablemente. Por ejemplo, las papas crecen mejor en suelos ácidos con un pH de 5.5, mientras este nivel puede dañar a ciertas plantas como la espinaca, la cual prefiere suelos ligeramente alcalinos.

Al mismo tiempo, pequeños cambios en el nivel de pH, incluso dentro del rango óptimo, pueden afectar directamente la disponibilidad de nutrientes necesarios para mantener el crecimiento (figura 3).

Los desarrolladores pueden añadir los sensores de pH fácilmente a sus sistemas de invernadero usando el kit de sensores de pH de SparkFun Electronics SEN-10972. El kit viene con una sonda de pH, un tablero de interfaz y soluciones de búfer para la calibración. Para comunicarse con el microcontrolador PSoC, los desarrolladores pueden usar la salida UART por defecto del tablero de pH.

De otra manera, el tablero del sensor de pH puede ser usado en modo I<sup>2</sup>C y conectado a través del adaptador Qwiic DEV-14495 I<sup>2</sup>C de SparkFun. El adaptador Qwiic de SparkFun rompe las clavijas I<sup>2</sup>C de los conectores Qwiic y proporciona puntos de soldadura, lo que permite a los desarrolladores utilizar fácilmente los aparatos existentes de I<sup>2</sup>C con el sistema de conectores de Qwiic.

La medición del contenido de agua del suelo es igual de fácil. El sensor de humedad del suelo de SparkFun SEN-13322 proporciona dos paneles diseñados para reposar directamente sobre el suelo y servir como un resistor variable entre una fuente de voltaje y el suelo. Una mayor humedad incrementa la conductividad entre los paneles, lo que resulta en una menor resistencia y una mayor salida de voltaje.

Para este sensor, el convertor de digital a análogo (DAC, por sus siglas en inglés) del microcontrolador del PSoC puede ser usado como fuente de voltaje, y su convertor de análogo a digital (ADC, por sus siglas en in-

glés) del registro de aproximaciones sucesivas (SAR, por sus siglas en inglés) puede utilizarse para digitalizar el voltaje correspondiente según nivel de humedad del suelo. Además, los amplificadores operacionales internos del microcontrolador pueden utilizarse para almacenar tanto la entrada ADC como la salida DAC.

Los desarrolladores pueden además extender sus capacidades de manejo del suelo con este mismo enfoque. Por ejemplo, el microcontrolador PSoC 6 soporta múltiples canales tanto en la salida DAC y la entrada ADC, lo que hace posible añadir múltiples sensores de pH.

Además, ciertas aplicaciones pueden requerir mediciones de mayor resolución que requieren un rango de voltaje mayor al voltaje de suministro análogo  $V_{DDA}$  de 3.6 V (máx.) del microcontrolador. En estas instancias, la solución es añadir amplificadores operacionales de búfer y un regulador de voltaje.

Junto con la medición de agua en el suelo, los desarrolladores ambiciosos pueden utilizar el mismo enfoque para automatizar la irrigación de agua utilizando los GPIO del PSoC y la funcionalidad de la modulación por ancho de pulsos (PWM) para controlar una bomba de agua DFRobot FIT0563 con un tablero de controlador de DFRobot DRI0044-A.

Para componentes adicionales, como estos u otros, utilice el adaptador Qwiic DEV-14352 de SparkFun. Esto proporciona conectores Qwiic y una extensa área para hacer prototipos (figura 4). Ya que el adaptador

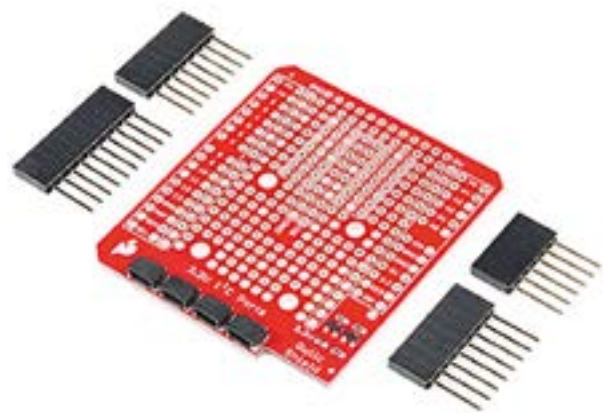


Figura 4. Con el adaptador Qwiic de SparkFun, los desarrolladores pueden añadir fácilmente circuitos personalizados a través de las conexiones Qwiic con el shield adicional de Pioneer, o mediante las cabeceras proporcionadas para apilar el adaptador con el shield adicional sobre los tableros Pioneer. (Fuente de la imagen: SparkFun).

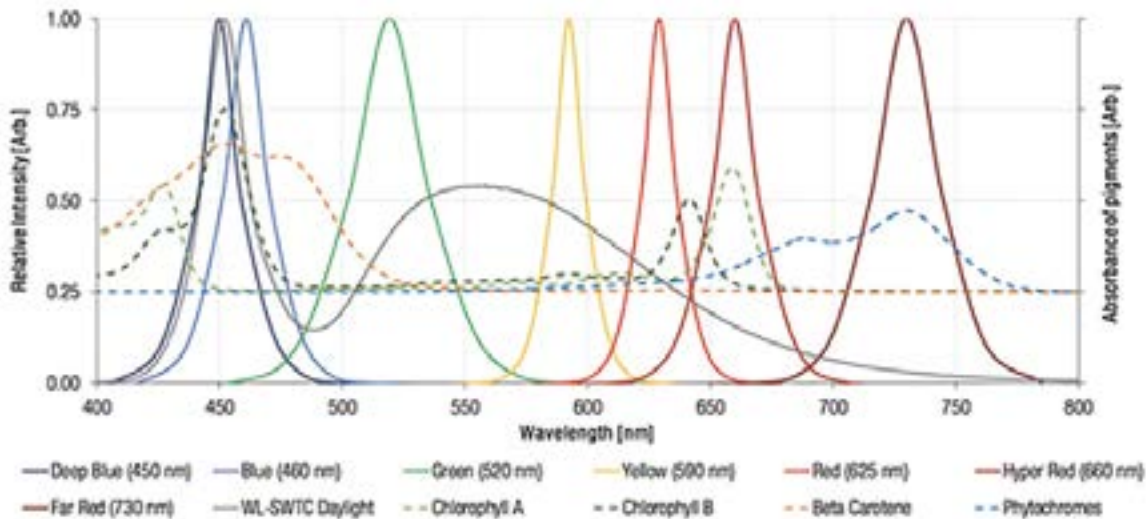


Figura 5. Los miembros individuales de la serie de Wurth Electronics WL-SMDC de LED monocromático proporcionan iluminación a longitudes de onda específicas para el crecimiento y desarrollo vegetal. (Fuente de la imagen: Wurth Electronics).

Qwiic conforma la disposición del shield Arduino R3, los desarrolladores pueden utilizar las cabeceras incluidas con el kit de adaptador Qwiic para apilar sus propios circuitos entre el tablero del kit Pioneer y el shield adicional SparkFun IoT Pioneer.

## Iluminación de horticultivo con LED

Como se mencionó antes, la salud vegetal depende de la iluminación transportada a longitudes de onda específicas. Aunque los avances en la iluminación por LED han solucionado problemas de iluminación industrial, luces altas en vehículos y más, los LED convencionales aún no cuentan con las características espectrales requeridas para la fotosíntesis. La serie de LED monocromáticas WL-SMDC de Wurth Electronics aborda las necesidades de iluminación de longitudes de onda desde azul profundo hasta hiperrojo (figura 5).

En un uso combinado, la serie SL-SMDC proporciona las longitudes de onda necesarias para promover varios aspectos del crecimiento vegetal:

- El LED 150353DS74500 azul profundo (pico de longitud de onda 450 nm) y el LED 150353BS74500 azul (dominante 460 nm) proporcionan iluminación en el rango de las longitudes de onda asociadas a la regulación de concentración de clorofila, crecimiento de brotes laterales y grosor de hoja.

- El LED 150353GS74500 verde (pico de 520 nm) y el LED 150353YS74500 amarillo (dominante 590 nm) proporcionan iluminación en el rango de las longitudes de onda que se consideraban con poca importancia, pero ahora se sabe que juegan un rol importante en la respuesta de evasión de sombra en las plantas.
- El LED 150353RS74500 rojo (dominante 625 nm) y el LED 150353HS74500 hiperrojo (pico de 660 nm) proporcionan iluminación en el rango de las longitudes de onda más relacionadas con la fotosíntesis, pero también involucradas con diferentes etapas vegetales incluidos la floración, el letargo y la germinación de semillas.
- El LED 150353FS74500 rojo lejano (pico 730 nm) proporciona iluminación en el rango de las longitudes de onda asociadas a germinación vegetal, momento de floración, longitud del tallo y evasión de sombra.
- Por último, el 158353040 de luz diurna blanca no solo aumenta la cobertura de la longitud de onda azul, sino que también contribuye a lograr los niveles necesarios de la luz diaria integral (DLI) para el crecimiento de la planta en general

Los desarrolladores pueden conseguir una cantidad de controladores LED como Wurth Magi<sup>3</sup>C 171032401 o Allegro MicroSystems ALT80800 para conducir los hilos de los LED. Muchos de estos aparatos soportan

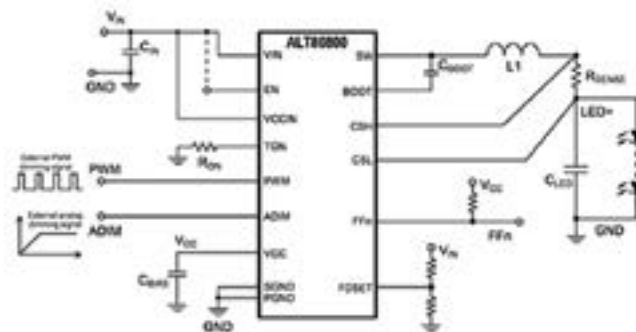


Figura 6. Los controladores LED avanzados como Allegro MicroSystems ALT80800 requieren solamente unos pocos controladores adicionales para conducir los hilos de LED con atenuación controlada por modulación por ancho de pulsos o entrada analógica. (Fuente de la imagen: Allegro MicroSystems).



```

1 int main(void) {
2
3     #if PDL_CONFIGURATION
4     /* Enable the whole LPComp */
5     Cy_LPComp_GlobalEnable(LPComp);
6     /* Configure LPComp output mode and hysteresis for channel B */
7     Cy_LPComp_Init(LPComp, CY_LPComp_CHANNEL_B, &cyLPCompConfig);
8     /* Enable the local reference voltage */
9     Cy_LPComp_LocalReferenceEnable(LPComp);
10    /* Set the local reference voltage to the negative terminal and set a SPIC limit on the
11    positive terminal for the sake of signal */
12    Cy_LPComp_SetInputs(LPComp, CY_LPComp_CHANNEL_B, CY_LPComp_BI_SPIC, CY_LPComp_BI_LOCAL_REF);
13    /* Set channel B power mode - Ultra Low Power mode */
14    Cy_LPComp_SetPower(LPComp, CY_LPComp_CHANNEL_B, CY_LPComp_MODE_ULP);
15    /* It needs time start-up time to settle in ULP mode after the block is enabled */
16    Cy_SysLib_Delay(CY_LPComp_ULP_SETTL);
17
18    while (1)
19    /* Start the LPComp Component */
20    LPComp_Start();
21
22    #endif
23
24    /* Check the ID status- si el estado actual es completo, desmonta el sistema */
25    if(Cy_SysLib_GetFreezeStatus()) {
26        /* Desmontar el sistema */
27        Cy_SysLib_DeFreeze();
28    } else {
29        /* no haga nada */
30    }
31
32    for(;;) {
33        /* Si el resultado de la comparación es alto, cambia LED cada 500ms */
34        if(Cy_LPComp_GetCompare(LPComp, CY_LPComp_CHANNEL_B) == CY_LPComp_OUTPUT_HIGH) {
35            /* Cambia LED cada 500ms */
36            Cy_SPIC_Inv(LED_B_PORT, LED_B_NUM);
37            Cy_SysLib_Delay(TOGGLE_LED_PERIOD);
38        }
39        /* Si el resultado de la comparación es baja, entra en modo hibernación */
40        else {
41            /* El sistema despierta cuando la salida del canal B de LPComp es alta */
42            Cy_LPComp_SetHibernationMode(CY_SYSLIB_LPComp_HIGH);
43        }
44    }
45
46 }

```

Listado 1. El código de muestra de Cypress demuestra patrones en diseño de claves, como el uso del comparador de baja potencia PSoC para despertar el microcontrolador de un modo operativo de baja potencia. (Fuente de código: Cypress Semiconductor).

la regulación de atenuación utilizando modulación por ancho de pulsos y/o voltaje analógico, lo que reduce la implementación del controlador LED a unos pocos componentes adicionales (figura 6).

Al diseñar una característica de atenuación, sin embargo, los desarrolladores deberían estar al tanto de los cambios muy rápidos a nivel de iluminación instantánea. En cantidades altas de modulación por ancho de pulsos, la pupila humana puede responder solo a la intensidad de luz promedio, lo que permite que pulsos de luz con intensidad perjudicial alcancen la retina. El uso de controladores LED actuales constantes, como Allegro ALT80800, ayuda a mitigar este efecto.

## Diseño del programa

Usados en combinación, el tablero de PSoC Pioneer, el shield adicional y los tableros adicionales mencionados anteriormente permiten a los desarrolladores construir físicamente un sistema de control de invernadero al enchufar los tableros de hardware juntos. El desarrollo de software para manejar los sensores o controlar los LED es muy simple con la disponibili-

dad de componentes de la biblioteca de controlador periférica (PDL) de Cypress.

Los componentes de la PDL extraen la funcionalidad de las características de PSoC, como analógico programable, UDB y periféricos Smart I/O. Los desarrolladores pueden implementar rápidamente una caracte-

rística de software que haga que el microcontrolador despierte cuando la salida del sensor alcance un nivel específico.

Por ejemplo, cuando el voltaje de salida del sensor de humedad indica suelo más seco, utilizando el Cypress PSoC Creator, los desarrolladores pueden configurar uno de los comparadores de baja potencia integrados al microcontrolador PSoC para que genere una interrupción cuando el nivel en la clavija analógica específica esté por debajo (o por encima) del nivel de voltaje de referencia.

Cypress ha demostrado la funcionalidad con código de muestra que ilustra el patrón de diseño básico para usar el bloque del comparador de baja potencia (LPComp) (lista 1). Aquí, cuando un interruptor despierta al procesador del modo hibernación, el código chequea el valor de LPComp. Este código de muestra utiliza un GPIO para cambiar un LED si el resultado de la comparación es alto cada 500 ms. Cuando el resultado finalmente baja, el código regresa el procesador al estado de modo hibernación.

Para un sistema de control de invernadero, el mismo patrón de diseño podría utilizarse para encender una bomba de agua como respuesta a baja humedad del suelo, encender los ventiladores como respuesta a una alta temperatura ambiente, alertar al dueño del invernadero si el nivel

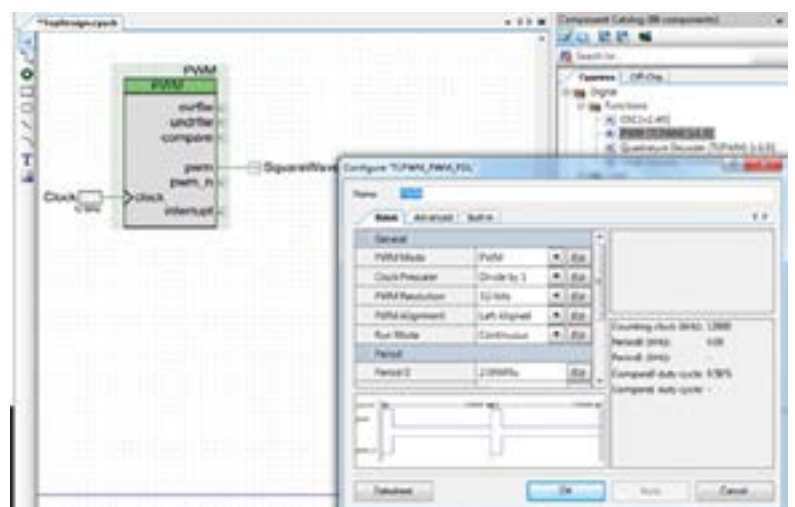


Figura 7. El PSoC Creator puede utilizarse para construir funcionalidades de manera esquemática con la biblioteca de controlador periférica (PDL) o la interfaz de programación de aplicación del PDL puede utilizarse para trabajar únicamente a nivel de código. (Fuente de la imagen: Cypress Semiconductor).

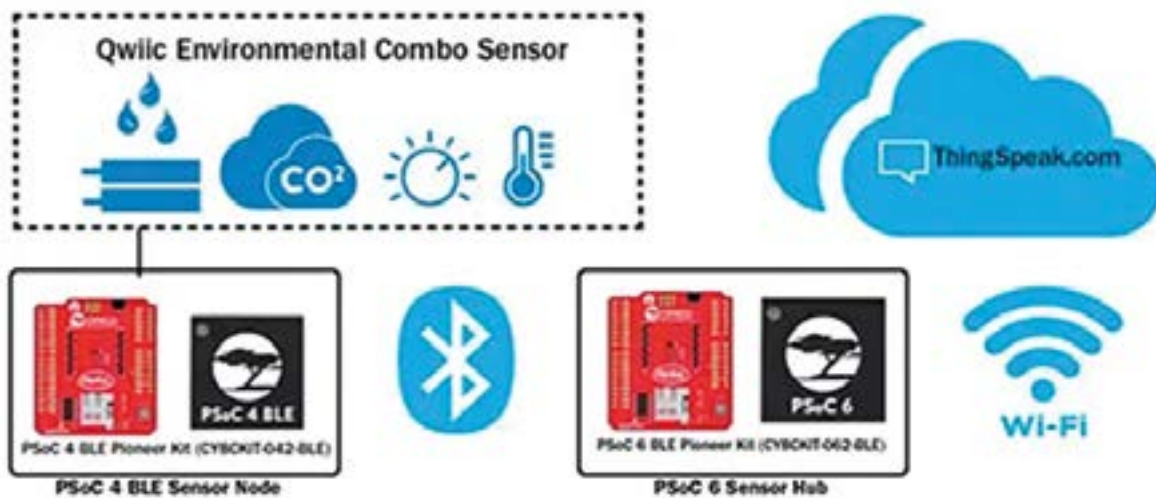


Figura 8. Los desarrolladores pueden combinar múltiples sistemas basados en PSoc incluyendo el kit PSoc 4 BLE Pioneer kit y el kit PSoc 6 Pioneer para soportar aplicaciones complejas unidas a servicios de la nube como ThingSpeak- (Fuente de la imagen: Cypress Semiconductor).

de pH sale del rango deseado, o responder con las muchas otras acciones que se requieren normalmente para restaurar el ambiente del invernadero a las condiciones óptimas para el crecimiento vegetal.

Los desarrolladores pueden también usar otros componentes de PDL para soportar otra interfaz y requisitos de control con el desarrollo del código mínimo. Por ejemplo, para usar el componente PWM para controlar la intensidad LED, simplemente arrastre el componente PWM al canvas de diseño del PSoc Creator y utilice la configuración emergente relacionada para ajustar los parámetros de PWM específicos como el modo de ejecución, el período y la resolución (figura 7).

Tras haber configurado el componente y completado el diseño, el PSoc Creator se usa para generar el marco de código básico, añadiendo los códigos personalizados según lo necesario. Por otro lado, los desarrolladores que prefieran saltar la fase de entrada esquemática, pueden utilizar el API del PLD de Cypress para un acceso directo a la funcionalidad subyacente. Los desarrolladores también pueden mezclar los enfoques, utilizando el código generado por PSoc Creator para obtener un mayor entendimiento del PDL antes de desarrollar su código de producción usando el API de PDL.

Usando este enfoque, es posible implementar rápidamente el código

necesario para soportar cada característica descrita en este artículo. Al implementar el diseño del sistema de control resultante en un pequeño invernadero, los desarrolladores podrían considerablemente usar un único tablero Pioneer y un shield adicional Pioneer IoT para soportar los sensores, actuadores y LED necesarios.

Para implementar en un ambiente de invernadero mayor, un enfoque rentable distribuiría las características como medida de pH del suelo y temperatura ambiente en conjuntos de tableros a nivel del suelo, utilizando tableros separados para controlar los hilos de LED del horticultivo. Los desarrolladores podrían reducir costos además usando el tablero PSoc 4 BLE Pioneer para soportar características de sensores y controles periféricos.

Debido a que el shield adicional PSoc Pioneer IoT también es compatible con este tablero, es fácil volver a configurar cada conjunto de tableros con el complemento de aparatos apropiado. En esta situación, el conjunto de tableros basado en PSoc 4 se uniría a través de Bluetooth a uno o más tableros de PSoc 6, o aprovecharía la conectividad Wi-Fi del kit PSoc 6 Wi-Fi-BT Pioneer para conectar a servicios basados en la nube como ThingSpeak para análisis de datos y muestras (figura 8). En este caso, los desarrolladores pueden aprovechar el soporte Bluetooth de Cypress para el complemento de las

capacidades de conectividad segura (consulte Construya una red segura de centro de Bluetooth y sensor de baja potencia).

## Conclusión

Los sistemas de control automático de control de invernadero utilizados para requerir controladores de grado industrial unidos a sistemas de iluminación complejos, sensores y actuadores. Como se ha demostrado, los desarrolladores pueden aprovechar los tableros de microcontrolador de bajo costo y los tableros adicionales para construir plataformas rentables que puedan potenciar una gama de sensores disponibles y actuadores.

En combinación con la IoT y la disponibilidad de los LED de horticultura especializada, los desarrolladores tienen un complemento entero de componentes requeridos para implementar aplicaciones sofisticadas para controlar de manera remota muchos de los factores asociados al crecimiento y desarrollo vegetal saludable. ■

