

## PILAS NO INCLUIDAS

**es.rs-online.com**





# Pilas no incluidas

## Soluciones de sensores inalámbricos

Hoy en día nos encontramos la siguiente situación: Según las previsiones de Bosch, Texas Instruments y Hewlett-Packard, el número de sensores instalados anualmente entre 2017 y 2025 ascenderá a entre 1 y 10 billones. Con este rápido crecimiento —combinado con los requisitos de almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos— la sostenibilidad es un factor inevitable. Y por eso, a la hora de operar sensores, cualquier tipo de solución de recolección de energía es muy deseable, cuando no absolutamente necesaria.

Los modernos sensores de bajo consumo permiten un control de precisión en una gran variedad de aplicaciones, ya sea de forma local, remota o autónoma. Son componentes clave, que se venden en todo el mundo para una enorme gama de aplicaciones. La característica más destacada de estos sensores es que la tecnología de captación de energía permite que funcionen sin conexión a la red eléctrica ni tener que cambiar las pilas. El diagrama de flujo de la Fig. 1. muestra el elemento de recolección de energía como fuente de energía para un sensor típico de muy bajo consumo.

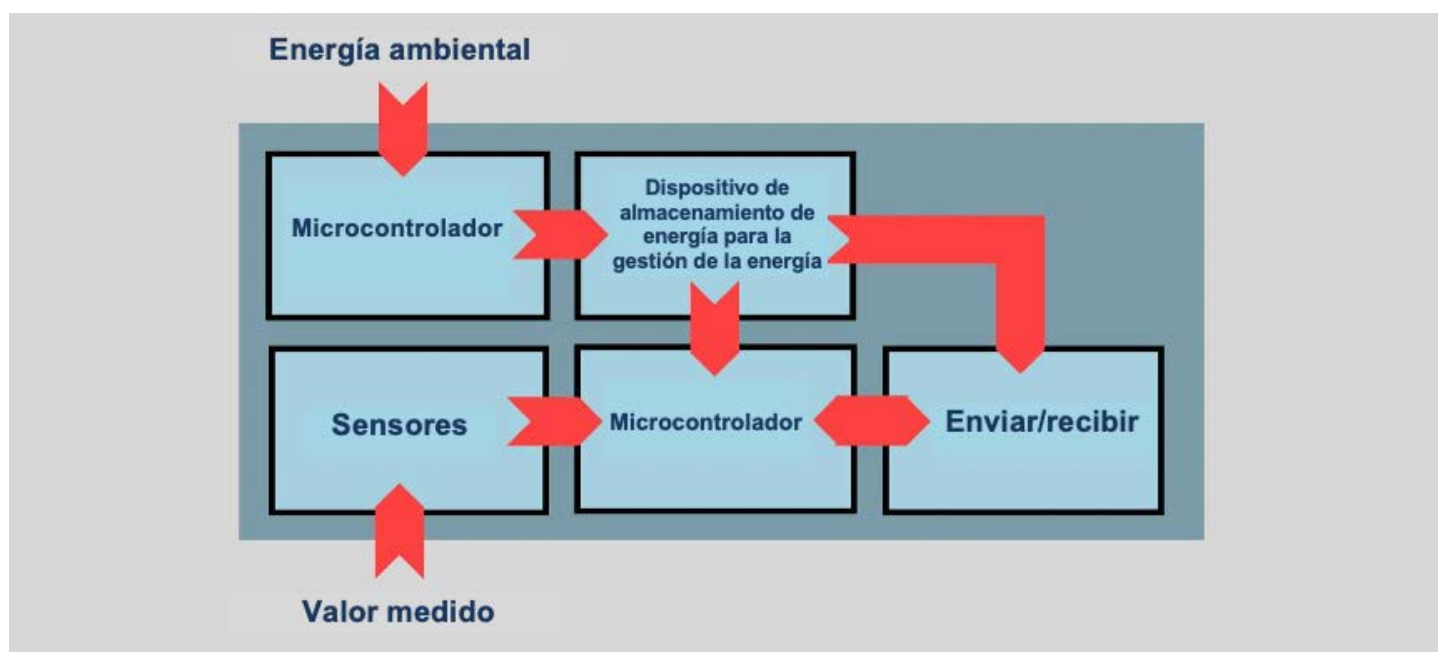


Fig. 1. Diagrama de flujo de un sensor típico de muy bajo consumo y alimentado por recolección de energía.

Un sensor autónomo incluye los siguientes elementos del sistema:

- Recolector de energía
- Sensor(es)
- Dispositivo de almacenamiento de energía
- Dispositivo de gestión de la energía
- Microcontrolador
- Elemento de conectividad inalámbrica

Uno de los retos cruciales en el diseño de este tipo de sistemas de sensores es cumplir con el presupuesto de energía [tensión de funcionamiento; corrientes de funcionamiento de pico, de reposo y media].

## Recolección de energía: todo gratis y no solo al aire libre

Los principales tipos de energía que normalmente proporciona la naturaleza o el medio ambiente son relativamente fáciles de aprovechar:

- **Energía procedente de la luz:** la luz solar y la iluminación interior y exterior pueden convertirse en electricidad mediante células solares. Para funcionar eficazmente, estas células deben estar optimizadas para la distribución típica de la luz incidente.
- **Energía mecánica:** los objetos que vibran o se mueven pueden generar electricidad. Proporcionan un voltaje significativo cuando se generan con materiales piezoeléctricos y pueden proporcionar fácilmente cientos de voltios. Sin embargo, este tipo de fuente de energía tiene una impedancia interna muy alta. De hecho, es tan alta que un captador piezoeléctrico no puede generar mucha energía. Es más, la polaridad de la tensión y la corriente —según la dirección del cambio de vibración— se invierte.

Asimismo, la energía mecánica de presionar o mover un objeto —como un interruptor— puede generar una corriente cuando la acción cambia el flujo de un núcleo magnético situado en una bobina. Un ejemplo es la captadora de [energía](#) (Fig. 2) de ZF.



Fig. 2. Captador de [Energía](#) ZF [imagen: RS Components]

- **Energía termoeléctrica:** si la temperatura en un punto de la superficie de un objeto difiere de la de un punto cercano, esta diferencia de temperatura puede convertirse directamente en una corriente eléctrica por medio del efecto Seebeck.
- **Ondas electromagnéticas:** las emisiones de radio se utilizan en las soluciones habituales de RFID, por ejemplo, en las tarjetas bancarias, tanto para la transferencia de datos como para la alimentación.

La tabla 1. muestra el rendimiento de las fuentes de energía.

Fuente de energía	Característica	Salida
Luz	Exteriores Interiores	100mW/cm <sup>2</sup> 100μW/cm <sup>2</sup>
Temperatura	Calor del cuerpo Fuentes de calor industrial	80μW/cm <sup>2</sup> 1-10mW/cm <sup>2</sup>
Vibraciones	Cuerpo humano (~Hz) Máquina (~kHz)	~4μW/cm <sup>2</sup> 800μW/cm <sup>2</sup>
HF	GSM 900MHz Wifi	0,1μW/cm <sup>2</sup> 0,001μW/cm <sup>2</sup>
Inducción	Ejemplo Cosechadora de energía ZF	> 0,2 mWs (carga resistiva)

Tabla 1. Parámetros de cada fuente de energía.

## Sensores: lo que cuenta es la cantidad

Existen muchos tipos y fabricantes de minisensores para medir magnitudes físicas, demasiados para mencionarlos aquí. Entre los proveedores de chips MEMS se encuentran: STMicroelectronics, Bosch Sensortec, Texas Instruments, NXP, Analog Devices, Seiko Epson, Infineon Technologies, Murata, Sensata y Melexis.

## Almacenamiento de energía: cuando todo se detiene

El sistema de almacenamiento de energía sirve de amortiguador entre la carga y el captador de energía. Suministra energía a la electrónica cuando la cosechadora no puede proporcionarla o no es suficiente. Las baterías recargables, los supercondensadores y las baterías de estado sólido pueden utilizarse para almacenar energía eléctrica en los sistemas de sensores con un consumo de energía muy bajo.

- **Baterías recargables:** vienen en muchas composiciones químicas diferentes y en formas, tamaños y capacidades muy variadas. Las características y especificaciones específicas —que no están estandarizadas— pueden tener un impacto significativo en su rendimiento.
- **Supercondensadores:** los supercondensadores son similares a los condensadores normales, salvo que ofrecen mayores capacidades. Vienen en forma cilíndrica y de prisma (rectangular). Un supercondensador del tamaño de un pulgar tiene una capacidad de 1 faradio a 2,5V. Los supercondensadores tienen corrientes de fuga relativamente altas. Si se utilizan con un captador de energía, este último debe proporcionar un rendimiento suficientemente alto. La capacitancia de los supercondensadores disminuye a temperaturas más altas. Los supercondensadores de la serie [235 EDLC-HVR ENYCAP](#) de Vishay (Fig. 3) son los primeros del mundo de su clase con una vida útil de 2.000 horas a +85°C, según el fabricante. Se utilizan a 85°C y 85% de F.R. La prueba es bajo tensión durante 1.500 horas. Los condensadores están disponibles en 15 tamaños de envase, desde 10 mm x 20 mm hasta 18 mm x 40 mm, con un rango de capacitancia: 5F a 60F.



Fig. 3. Supercondensador de la serie Vishay [235 EDLC-HVR ENYCAP](#) (imagen: RS Components)

- **Baterías de estado sólido:** el desarrollo de las baterías de estado sólido ofrece a los desarrolladores otra opción de almacenamiento de energía para diseños de muy bajo consumo. Las baterías de estado sólido se caracterizan por su baja autodescarga (4% al año) y pueden cargarse 1.000 veces, incluso más si no se descargan profundamente. El uso de un sólido cerámico elimina el riesgo de incendio, explosión o fuga de líquido electrolítico.

[CeraCharge](#) (Fig. 4) de [TDK](#) es una de esas baterías de estado sólido que se utilizan en la tecnología SMD. Disponible en tamaño EIA 1812 (4,5mm x 3,2mm x 1,1mm), esta batería ofrece una capacidad de 100μAh a una tensión nominal de 1,4V. A corto plazo, pueden cosecharse las corrientes en el rango de unos pocos mA. El rango de temperatura de funcionamiento está entre -20°C y +80°C. Para aumentar la capacidad y la tensión, los chips CeraCharge individuales pueden conectarse en serie o en paralelo según se desee.



Fig. 4: [CeraCharge](#) de TDK (imagen: RS Components)

## Gestión de la energía: servir y proteger

Como ya se ha mencionado, las soluciones de sensores inalámbricos de muy bajo consumo requieren un dispositivo de gestión de la energía debido a sus estados variables de tensión y corriente. Este componente convierte las tensiones y corrientes no reguladas suministradas en energía eléctrica regulada que puede ser almacenada. También puede pasar la energía a la carga del sistema con la tensión adecuada. Normalmente, un chip de gestión de la energía contendrá circuitos para proteger tanto la carga como el almacenamiento de energía:

- **Protección contra subtensiones:** este circuito de protección interrumpe la alimentación de la carga y pasa a la carga de reserva del acumulador de energía cuando la tensión de salida del acumulador de energía es demasiado baja. Esta capacidad es importante para proteger la batería de una descarga excesiva, ya que puede dañarse permanentemente o perder parte o toda su capacidad de almacenamiento.
- **Protección contra sobretensiones:** esta función controla la tensión de carga. Si la tensión es demasiado alta, el chip de gestión de la energía dirige el exceso de carga a tierra o inserta electrónicamente una alta impedancia entre el recolector y el almacenamiento de energía. Sea cual sea el método utilizado, el objetivo es proteger el almacenamiento de energía.
- **Protección contra sobrecorrientes:** este circuito de protección tiene una función similar a la de un fusible doméstico. Si la carga consume demasiada energía, el circuito de desbordamiento la aísla de la batería y se asegura de que no se vacíe. Cuando esta función está activada, suele haber un estado de error en el sistema.

Un ejemplo de chip de gestión de energía es el MAX20361 de Maxim Integrated. Se trata de un chip de control totalmente integrado para generar energía a partir de fuentes solares de una o varias células. El dispositivo requiere una corriente de reposo de 360nA y tiene un convertidor de refuerzo que parte de 225mV (típicamente). Para aprovechar al máximo la potencia suministrada por la fuente, el MAX20361 cuenta con la tecnología de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), propiedad de Maxim Integrated, que procesa eficazmente desde 15μW hasta más de 300mW de potencia de entrada disponible. El MAX20361 también dispone de una función de carga integrada con circuito de protección, que está optimizada para las baterías de iones de litio. El chip también puede utilizarse para cargar supercondensadores, baterías de película fina y condensadores convencionales. El circuito de carga integra una función de desconexión de carga programable. Encontrará una descripción del kit de evaluación MAX20361 (Fig. 5) en la [página web de RS-DesignSpark](#).



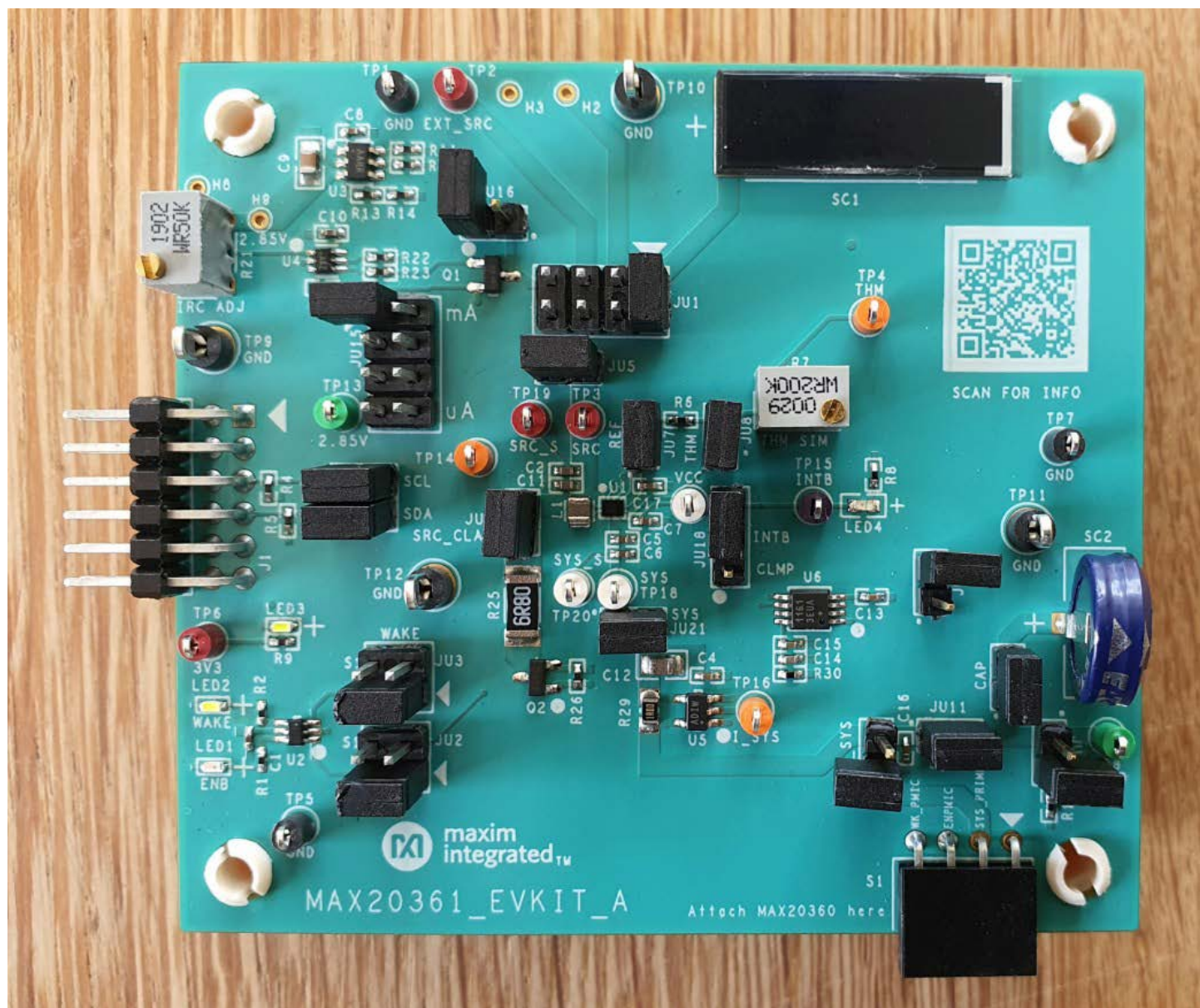


Fig. 5. Kit de evaluación MAX20361. Se trata de un chip de control totalmente integrado para generar energía a partir de fuentes solares de una o varias células. [Imagen: RS Components]

## Microcontrolador — componente central

La elección de la MCU (unidad de microcontrolador) es crucial para los sistemas embebidos de muy bajo consumo. Lo ideal es que tenga como mínimo las siguientes características:

- Múltiples modos de apagado, reposo o desconexión para maximizar la duración de la batería
- Buen rendimiento para un procesamiento rápido y eficiente
- Tiempos de activación muy rápidos desde los modos de apagado

Esto último es importante porque los circuitos del sistema de sensores están diseñados para durar el mayor tiempo posible en un estado de bajo consumo antes de pasar a un modo de funcionamiento que consuma más energía. La [Renesas MCU RX111](#), por ejemplo, ofrece estas características.

Se pueden programar tres modos de funcionamiento del RX111 (alta velocidad, velocidad media y baja velocidad) y tres modos de bajo consumo (sueño, sueño profundo y espera por software) para operar varias combinaciones de funciones en el chip. En el caso de las aplicaciones de sensores, un requisito común puede ser despertar el sistema cuando se produce un evento, por ejemplo, o arrancarlo a intervalos regulares utilizando el reloj en tiempo real (RTC) incorporado.



Fig. 6. Tarjeta de análisis MCU, RX111 (imagen: RS Components)

Los requisitos de tensión de alimentación de la MCU no se ven afectados por los modos de funcionamiento con control de potencia. Siempre se permite el funcionamiento en todo el rango de 1,8V a 3,6V del componente. Sin embargo, las frecuencias de reloj que pueden utilizarse en los modos de alta, media y baja velocidad dependen de la tensión de alimentación.

En los modos de reposo de ahorro de energía, de reposo profundo y de espera por software de la MCU, varias funciones en el chip se detienen o se apagan:

- **Modo de reposo:** la CPU se detiene y los datos se guardan. Esto reduce el consumo dinámico de energía de la CPU, que contribuye de forma significativa a la corriente total de funcionamiento de la MCU. La CPU se despierta de nuevo en 0,21µs a una velocidad de reloj de 32MHz.
- **Modo de sueño profundo:** la CPU, la RAM y la memoria flash se detienen y los datos se guardan. Funcionando a 32MHz con múltiples periféricos activos, la corriente típica de funcionamiento es de 4,6mA. El chip necesita 2,24µs para que la CPU se despierte del modo de sueño profundo y pase al modo de ejecución.
- **Modo de espera por software:** el PLL y todos los osciladores, excepto el Sub-Reloj y el IWDG (Temporizador de vigilancia independiente) están parados. Casi todos los módulos de la CPU del RX111, la SRAM, la Flash, el DTC (controlador de transferencia de datos) y los módulos periféricos se detienen y los datos se guardan. El circuito de restablecimiento de la alimentación sigue funcionando. Los módulos IWDG, RTC y LVD (detección de baja tensión) también pueden funcionar si es necesario. El consumo de energía en este modo es de 350nA a 790nA, dependiendo de si se utilizan las funciones LVD y RTC. Cuando se despierta en el modo de ejecución de 4 MHz, el funcionamiento de la CPU comienza después de un retraso de 4,8µs. Cuando se despierta en modo superrápido de 32 MHz, el tiempo de espera se amplía a 40µs.

Aunque los modos de reposo, sueño profundo y espera por software de la MCU RX111 son muy útiles para reducir el consumo de energía, otras técnicas pueden lograr mayores reducciones de salida. Por ejemplo, se pueden ajustar individualmente diferentes relaciones de división de la frecuencia de la señal de reloj. Cada módulo periférico del RX111 tiene también un bit de control de parada independiente.



## Comunicación: a toda velocidad

La mayoría de las soluciones de comunicación inalámbrica utilizadas hoy en día funcionan en la banda ISM de 2,4 GHz bajo los protocolos ZigBee, Z-Wave o Bluetooth LE. ZigBee y Z-Wave se utilizan ampliamente en la tecnología de los edificios, mientras que Bluetooth se utiliza para aplicaciones de automatización del hogar, así como para dispositivos wearables como monitores de salud y fitness. Dado que todos los teléfonos inteligentes actuales son compatibles con Bluetooth, el número de productos de sensores que utilizan este protocolo es muy elevado.

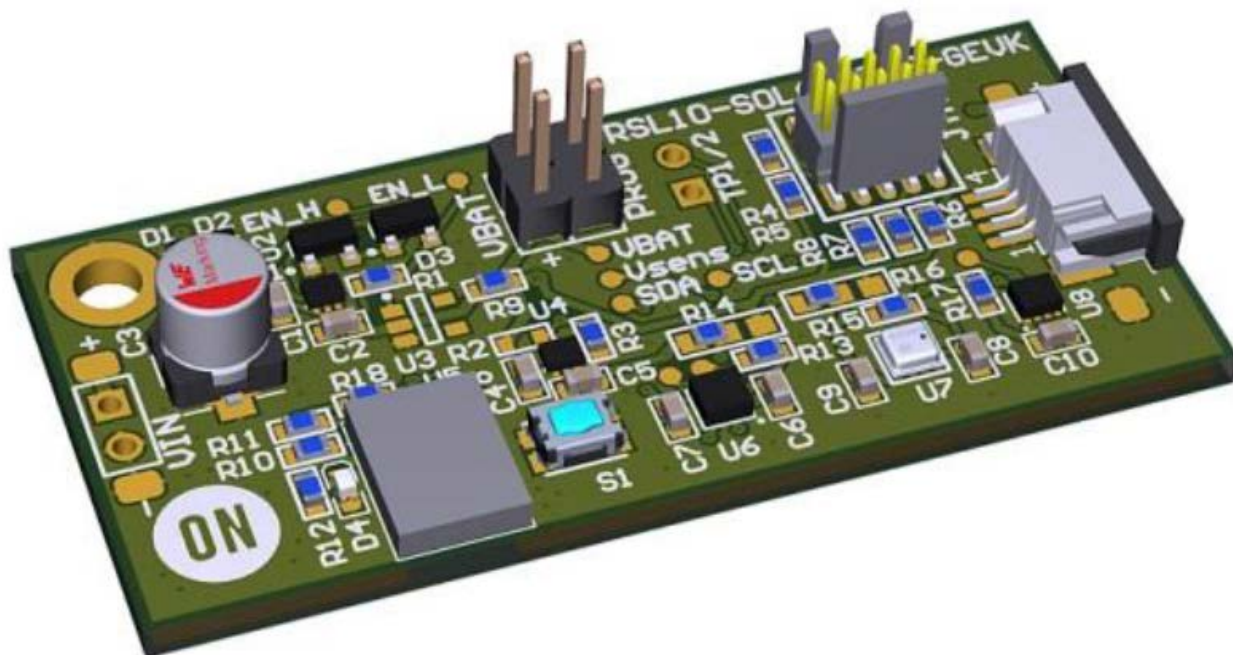


Fig. 7. La placa multisensor onsemi RSL10 con conectividad BLE (imagen: RS Components)

La [placa multi-sensor de célula solar RSL10](#) es una plataforma de desarrollo para aplicaciones de IoT autoalimentadas (sin batería) que incluyen edificios inteligentes, hogares inteligentes e Industria 4.0. Se basa en el módulo RF Bluetooth Low Energy RSL10 de onsemi. Esta placa cuenta con un acelerómetro de 3 ejes, un sensor ambiental inteligente y un sensor de temperatura. También incluye un condensador de memoria de 47F, una interfaz de programación y depuración y una célula solar.

### Basado en la documentación de:

Renesas: [Renesas: Recolección de energía para sistemas de sensores de baja potencia](#)

onsemi: [Los captadores continuos y la tecnología de RF de bajo consumo de onsemi cierran la brecha en los sensores ambientales y de aceleración para el IoT](#)

Texas Instruments