
CINCO CASOS DE ÉXITO DE PRODUCTOS COMERCIALES BASADOS EN SISTEMAS EMBEBIDOS DE BAJO COSTO

Los sistemas embebidos son dispositivos o equipos electrónicos diseñados para cumplir una función específica, en los cuales todos los componentes que requieren para su funcionamiento se encuentran sobre la misma placa base, y por lo general cuentan con recursos limitados de procesamiento. Este tipo de sistemas está presente en casi todas las actividades diarias de las personas. Si usamos el router de internet de la casa, un reloj inteligente, una impresora, un sistema de alarma, una cámara digital, el sistema de pago por contacto del transporte público, entre muchas otras cosas, estamos interactuando con un sistema embebido.

Hoy en día, salir rápidamente a mercado para validar una idea de producto es crucial para capturar lo más pronto posible la retroalimentación de los usuarios y adelantarse a la competencia. En el campo de los dispositivos electrónicos basados en sistemas embebidos, existen plataformas de prototipado que convencionalmente han sido vistas como herramientas académicas que “no son aptas” para ser incorporadas en dispositivos electrónicos finales.

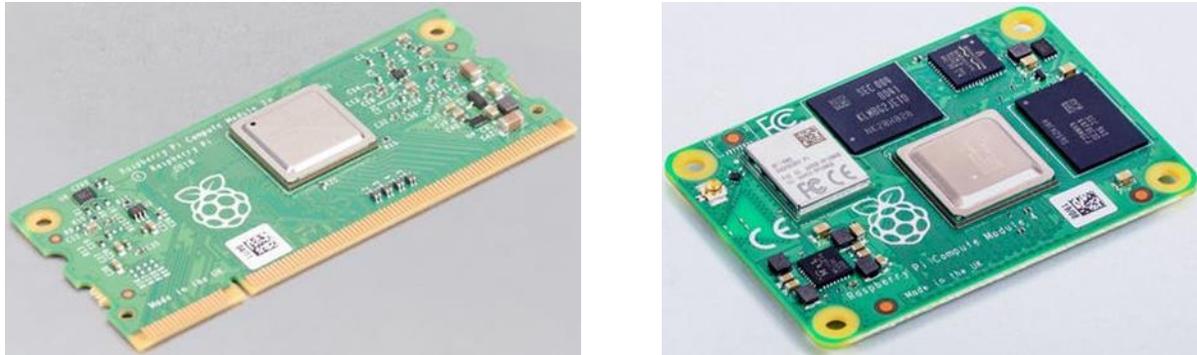
En este documento, presentamos cinco casos de éxito que desmienten esta creencia y muestran cómo a partir de herramientas de prototipado de sistemas embebidos basados en microcontrolador y en microprocesador, pueden conseguirse dispositivos electrónicos que terminan por convertirse en la versión comercial de la idea planteada por quienes concibieron el producto.

Cabe aclarar que el uso de este tipo de herramientas no necesariamente aplica para cualquier clase de producto, ya que muchos dispositivos electrónicos por restricciones de tamaño, exigencias normativas, consumo de energía, ambiente de operación, escalabilidad de la producción, entre otros factores, requieren el desarrollo de tarjetas electrónicas a la medida para la construcción de la versión comercial final. Sin embargo, en muchos otros casos sí que podemos construir un producto con base en una herramienta de prototipado que no solo permita validar la idea, sino que haga parte integral de la versión comercial que irá finalmente al mercado.

1. PRODUCTOS CONSTRUIDOS SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS BASADOS EN MICROPROCESADOR

Una de las herramientas de prototipado basadas en microprocesador más usadas por la comunidad global de desarrolladores de hardware, es la Raspberry Pi. Esta cuenta con las ventajas de manejar un sistema operativo de propósito general como Linux, y brinda al mismo tiempo el acceso a periféricos afines al desarrollo basado en microcontroladores como puertos de tipo GPIO, comunicaciones seriales, entre otros. En Internet se encuentran varios casos de éxito de instrumentos y equipos para el control de procesos, que hacen uso de la Raspberry Pi en su factor de forma tradicional para desarrollo y en su factor de forma tipo “*Compute Module*” (Figura 1). Este último diseñado por la compañía como un módulo que puede ser integrado sobre una tarjeta electrónica a la medida, que contenga los periféricos de la aplicación específica que se desea construir.

Figura 1. Raspberry Pi Compute Module, versión 3+ (izquierda) y versión 4 (derecha)

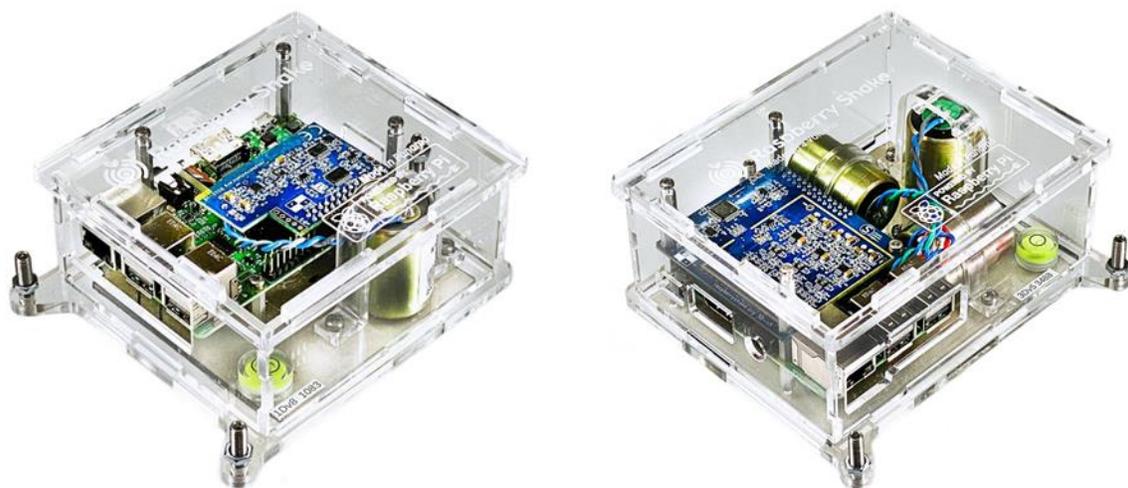


Fuente: tomado de (Raspberry Pi, 2022)

1.1. Raspberry Shake

El Raspberry Shake es un producto de una empresa panameña que lleva el mismo nombre, Raspberry Shake S.A. El proyecto inició con una campaña en la plataforma de financiación colectiva Kickstarter en julio de 2016, la cual fue exitosa y permitió recolectar recursos suficientes para su producción y distribución (Raspberry Shake, 2022a). Básicamente se trata de un monitor de sismos o sismógrafo electrónico, que mediante una tarjeta de adquisición de datos diseñada para conectarse con una tarjeta Raspberry Pi en su versión de desarrollo estándar (Figura 2), y uno o varios geófonos (versión 1D o versión 3D), permite la adquisición de datos de vibraciones sísmicas para ser registradas de forma local en el equipo o transmitirlos a través de Internet hacia una plataforma que permite ver en un navegador web la actividad de todas las Raspberry Shake que se encuentren registrado datos en el mundo.

Figura 2. Raspberry Pi Shake 1D (izquierda) y 3D (derecha)



Fuente: tomado de (Raspberry Shake, 2022c)

Los sismógrafos Raspberry Shake cuentan con un encerramiento para aplicaciones en lugares cerrados, como el que se muestra en los productos de la Figura 2, pero también se puede seleccionar un encerramiento con protección IP67 para exteriores. Adicionalmente, la empresa ofrece una versión del sismógrafo que incorpora acelerómetros para medir no solo la velocidad (mediante los geófonos) sino también la aceleración de los movimientos en los tres ejes mediante acelerómetros tipo MEMS (*Microelectromechanical Systems*), además de un producto llamado RBOOM que monitorea infrasonidos atmosféricos de forma omnidireccional; estos sonidos normalmente no son detectados por el oído humano y son generados por actividad volcánica, deslizamientos de tierra, eventos atmosféricos, meteoritos que impactan la atmósfera, entre otros (Raspberry Shake, 2022b).

1.2. WebDAQ – Measurement Computing Corporation

Measurement Computing Corporation es una empresa estadounidense que provee dispositivos de adquisición de datos para distintas variables. Entre ellos se encuentra la serie WebDAQ (Measurement Computing, 2022a), que consta de productos para la adquisición de datos de vibración o acústicos (WebDAQ 504), de temperatura (WebDAQ 316) y de propósito general (WebDAQ 904). Esta serie de productos se basa en el Raspberry Pi Compute Module 3, que para el caso del WebDAQ 504 (Figura 3) se integra con una tarjeta desarrollada por la empresa para la adquisición de señales acústicas y de vibración mediante sensores de tipo IEPE (*Integrated Electronics Piezo-Electric*), con cuatro canales de 24 bit de resolución y tasa de muestreo de 51.000 muestras por segundo (Measurement Computing, 2022b). El dispositivo cuenta con un servidor web incorporado, a través del cual se pueden realizar las configuraciones y mediciones mediante el uso de un navegador web, sin necesidad de instalar software en el computador.

Figura 3. WebDAQ 504



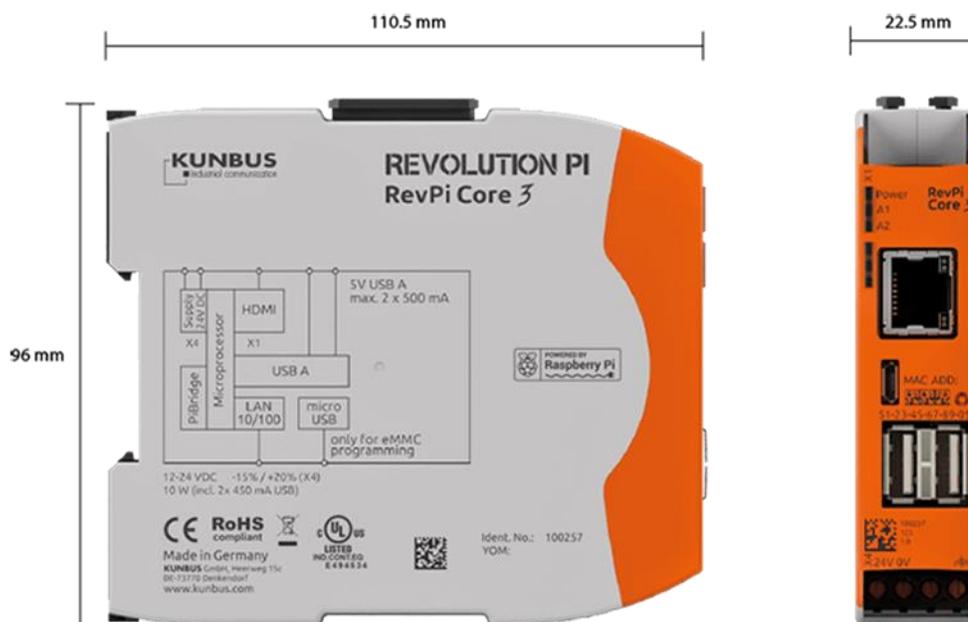
Fuente: tomado de (Measurement Computing, 2022a)

Además de estos productos, la empresa ha desarrollado tarjetas que pueden conectarse como accesorio a una Raspberry Pi, orientadas a la adquisición de señales de voltaje, temperatura y vibración en entornos profesionales y comerciales, con distintas configuraciones que permiten incluso combinar distintas variables al conectar varias tarjetas una encima de la otra, sobre la misma Raspberry Pi de base (Measurement Computing, 2022b).

1.3. Revolution Pi

Revolution Pi es un dispositivo creado por la empresa alemana KUNBUS, definido en el sitio web oficial del producto como un computador industrial abierto, modular y de bajo costo, basado en Raspberry Pi (KUNBUS, 2022a). El RevPi, como se le nombra al producto en sus distintas referencias, cuenta con un encerramiento tipo DIN para su conexión y uso en racks industriales con montaje sobre riel, como se puede ver en la Figura 4. Su módulo principal es el RevPi Core, que actualmente se encuentra disponible en versión 3 y 3+, según si es el dispositivo basado en el Raspberry Pi Compute Module 3 o el 3+, y la empresa declara en su sitio web estar trabajando en la versión 4, que integra el Raspberry Pi Compute Module 4. El RevPi Core puede ser alimentado de 12V a 24 V, tiene interfaz LAN, USB y una interfaz propietaria llamada PiBridge que permite conectarlo con otros módulos RevPi. Además, cuenta con marcado CE y certificado UL de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética, y su sistema operativo está basado en Raspbian (sistema operativo oficial de la Raspberry Pi), pero con modificaciones para orientarlo a tareas de tiempo real.

Figura 4. RevPi Core 3



Fuente: tomado de (KUNBUS, 2022b)

Entre los distintos módulos para aplicaciones industriales que ofrece la compañía, además del RevPi Core, se encuentra también el RevPi Connect diseñado para aplicaciones de Internet de las cosas industrial (IIoT), el RevPi Compact diseñado para manejo de señales analógicas y digitales en sistemas SCADA o PLC tradicionales, el RevPi MIO diseñado para el manejo de hasta ocho canales analógicos de entrada y ocho de salida con rango de 10 V, y cuatro canales digitales de entrada / salida que pueden ser configurados para lectura de pulsos, generación de señales PWM o salidas de propósito general de 24V. Todos se pueden interconectar para construir todo tipo de aplicaciones de automatización y control (KUNBUS, 2022a).

2. PRODUCTOS CONSTRUIDOS SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS BASADOS EN MICROCONTROLADOR

Sin duda el sistema de desarrollo basado en microcontrolador que más tracción ha ganado en los últimos años ha sido Arduino. El hardware de Arduino está construido sobre microcontroladores de 8 y 32 bits del fabricante Microchip (actual dueño de Atmel) y forma parte de todo un ecosistema que incluye un entorno de desarrollo con librerías que permiten el prototipado rápido de hardware y software embebido, además de una plataforma en la nube para aplicaciones de Internet de las cosas. Estas características convierten a Arduino en una herramienta bastante versátil para la construcción de dispositivos electrónicos, de los cuales se presentan a continuación dos ejemplos de productos comerciales que integran sus tarjetas de desarrollo.

2.1. CONTROLLINO

Este es un producto de la empresa austriaca CONELCOM, basado en las tarjetas de desarrollo de Arduino, pero construido como un PLC de grado industrial que la empresa define como una “tarjeta industrializada compatible con Arduino”. Este viene en tres versiones principales: MINI, MAXI y MEGA, todas con encerramiento para montaje en rieles tipo DIN y diseño orientado al cumplimiento de estándares de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética, pues cuentan con marcado CE y certificación UL (CONTROLLINO, 2022a).

El CONTROLLINO MINI (Figura 5) es un PLC industrial basado en el microcontrolador ATMEGA328, el mismo que utilizan las tarjetas Arduino Uno, Nano, Mini, entre otras. Cuenta con ocho canales de entrada y ocho de salida, conexión USB para programación, conectividad serial SPI e I2C y un reloj de tiempo real (CONTROLLINO, 2022b). El CONTROLLINO MAXI y el CONTROLLINO MEGA, por su parte, cuentan con más canales de entrada y salida analógicos y digitales, además de conectividad Ethernet y RS-485. Estos se basan en el microcontrolador ATMEGA 2560, utilizado en la tarjeta de desarrollo Arduino Mega.

Los tres productos mencionados y sus derivados (presentados en el sitio web del fabricante), se pueden programar desde el entorno de Arduino, mediante un conjunto de librerías que pueden ser descargadas a través de las propias herramientas de administración de tarjetas y de administración de librerías que dicho entorno ofrece. De tal manera que puedan utilizarse los comandos y funciones que el fabricante ha diseñado para la programación rápida y segura de estos PLC industriales basados en Arduino.

Figura 5. CONTROLLINO MINI



Fuente: tomado de (CONTROLLINO, 2022a)

2.2. Industrial Shields

Industrial Shields es una empresa española, que tomó tres plataformas de prototipado de hardware, para utilizarlas como base de productos industriales tipo PLC, estas son: la Raspberry Pi, el Arduino Mega y el módulo ESP32 (Microcontrolador + WiFi + Bluetooth). Sus productos, similar a los casos presentados anteriormente, cuentan con características orientadas al trabajo en ambientes industriales como: encerramiento resistente para montaje tipo DIN, operación de -20 °C a 60 °C de temperatura, aislamientos eléctricos y protecciones para el cumplimiento de estándares de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética con certificaciones FCC, UL y marcado CE, y conectores industriales del tipo de los que se encuentran en los PLC tradicionales para su fácil integración (Industrial Shields, 2022b).

Entre sus productos basados en Arduino, uno de los más completos es el M-Duino ARA+ LoRa (Figura 6). Este es un PLC con cuatro módulos o zonas: una para comunicaciones, dos para entradas analógicas y digitales, y una para entradas y salidas por relevos o relés. La zona de comunicaciones cuenta con un puerto Ethernet, un USB (para programación solamente), conexiones seriales I2C, SPI, RS-232 y RS-485, además de un socket para tarjeta microSD y comunicación LoRa para transmisión de datos en redes LoRaWAN para aplicaciones IoT. Las zonas de entradas y salidas cuentan con 22 entradas en total, de las cuales 10 pueden ser analógicas, y 14 salidas en total, de las cuales cinco pueden ser analógicas. Finalmente, la zona de relevos cuenta con seis entradas, de las cuales cuatro pueden ser analógicas, y 11 salidas, de las cuales ocho son de relevos y las otras tres pueden actuar como salidas analógicas o digitales (Industrial Shields, 2020).

Entre los productos basados en ESP32, uno de los más completos de esta compañía es el ESP32 PLC 58, que cuenta con 37 entradas, de las cuales 16 pueden ser digitales; 24 salidas, de las cuales

nueve pueden ser analógicas, además de comunicación Ethernet, WiFi, Bluetooth de baja energía (BLE – *Bluetooth Low Energy*), USB (solo para programación), RS-232, RS-485, I2C, SPI y conector para tarjeta microSD (Industrial Shields, 2022a).

Figura 6. PLC M-Duino 54ARA+ LoRa de Industrial Shields



Fuente: tomado de (Industrial Shields, 2022b)

Al igual que los productos CONTROLLINO, los PLC de Industrial Shields pueden ser programados mediante el entorno de Arduino, a partir de la incorporación de los paquetes que se pueden instalar mediante el administrador de placas y el administrador de librerías del entorno de desarrollo Arduino.

CONCLUSIÓN

Si bien las plataformas de desarrollo como Arduino, Raspberry Pi, entre otras, son utilizadas mayormente en entornos académicos y en la construcción de prototipos de dispositivos electrónicos para validar ideas de producto, hay casos como los presentados en este documento, de equipos e instrumentos sobre los cuales es válido, útil y costo-eficiente el incorporar tarjetas de desarrollo de sistemas embebidos como componentes centrales del producto comercial.

En Cidei somos expertos en el desarrollo de prototipos de dispositivos electrónicos basados en sistemas embebidos, si desea aplicar estas u otras herramientas de prototipado para microcontroladores y microprocesadores, contáctenos para llevar a la realidad su idea de producto.

BIBLIOGRAFÍA

- CONTROLLINO. (2022a). *CONTROLLINO*. <https://www.controllino.com/>
- CONTROLLINO. (2022b). *CONTROLLINO MINI*.
<https://www.controllino.com/product/controllino-mini/>
- Industrial Shields. (2020). *M-Duino 54ARA+ LoRa User Guide*.
https://www.industrialshields.com/attachment/download?attachment_id=262669
- Industrial Shields. (2022a). *Datasheet ESP32 PLC Family*.
https://www.industrialshields.com/attachment/download?attachment_id=396626
- Industrial Shields. (2022b). *Productos para la automatización industrial*.
https://www.industrialshields.com/es_ES/
- KUNBUS. (2022a). *Meet the Revolution Pi Family*. <https://revolutionpi.com/revolution-pi-series/>
- KUNBUS. (2022b). *RevPi Core*. <https://revolutionpi.com/revpi-core/>
- Measurement Computing. (2022a). *Internet Enabled Loggers*. <https://www.mccdaq.com/internet-enabled-data-loggers.aspx>
- Measurement Computing. (2022b). *MCC DAQ HATs*.
<https://www.measurementsystems.co.uk/docs/mc/DAQ-HAT-White-Paper.pdf>
- Raspberry Pi. (2022). *Products*. <https://www.raspberrypi.com/products/>
- Raspberry Shake. (2022a). *Company*. <https://raspberrysshake.org/about/company/>
- Raspberry Shake. (2022b). *How it works*. <https://raspberrysshake.org/about/technology/>
- Raspberry Shake. (2022c). *Products*. <https://raspberrysshake.org/products/>