Sistemas Embebidos utilizando FPGAs

PEDRO IGNACIO MARTOS

PMARTOS@FI.UBA.AR

Contenido

- **Componentes de un Sistema Embebido**
- Herramienta Vivado
- Ciclo de Desarrollo de un Sistema Embebido
- Creación de la Plataforma de Hardware
- Creación de la Plataforma de Software

Componentes del Sistema Embebido

- Plataforma de Hardware
  - Procesador ARM.
  - Bus AXI.
  - Periféricos AXI.
  - Reset, temporización (clocks) y puerto de depuración.
- Plataforma de Software
  - Aplicaciones Bare Metal o utilizando Sistema Operativos (FreeRTOS, Linux) según procesador.
  - Soporte de lenguaje C (librerías standard).
  - Controladores de Hardware
- Aplicación del Usuario
  - Codigo Principal
  - Rutinas de Interrupción

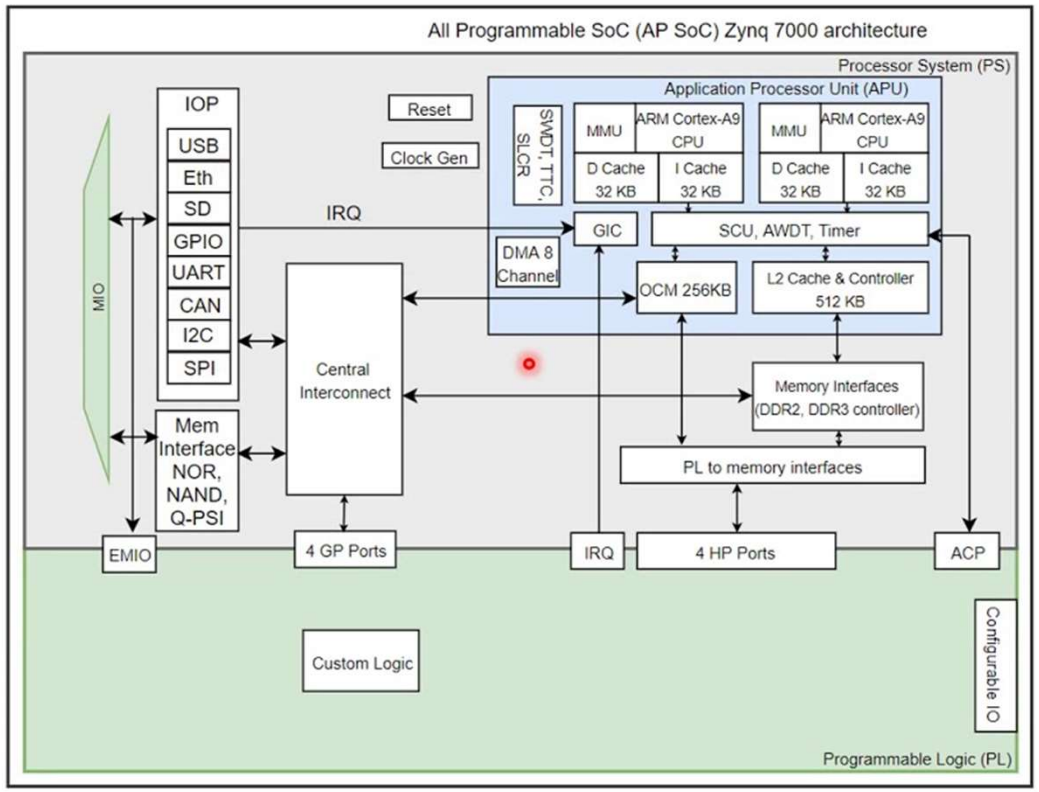
Processor System & Programmable Logic

- Una FPGA utilizada para sistemas embebidos se compone de dos grandes bloques, el sistema de procesamiento (PS) y el bloque de lógica programable (PL)
- PS – Processing System:
  - Un procesador ARM de 32bits (Cortex A9) o 64bits (Cortex A53) en configuración single, dual o quad core dependiendo de la FPGA.
  - Periféricos Asociados (SPI, I2C, USB, Serie, etc)
  - El PS esta implementado en silicio (hard core)
- PL – Programmable Logic:
  - Bloques CLB
  - Block RAM
  - Multiplicadores por hardware
  - Bloques IOB de interconexión
  - Interface JTAG

Processor System

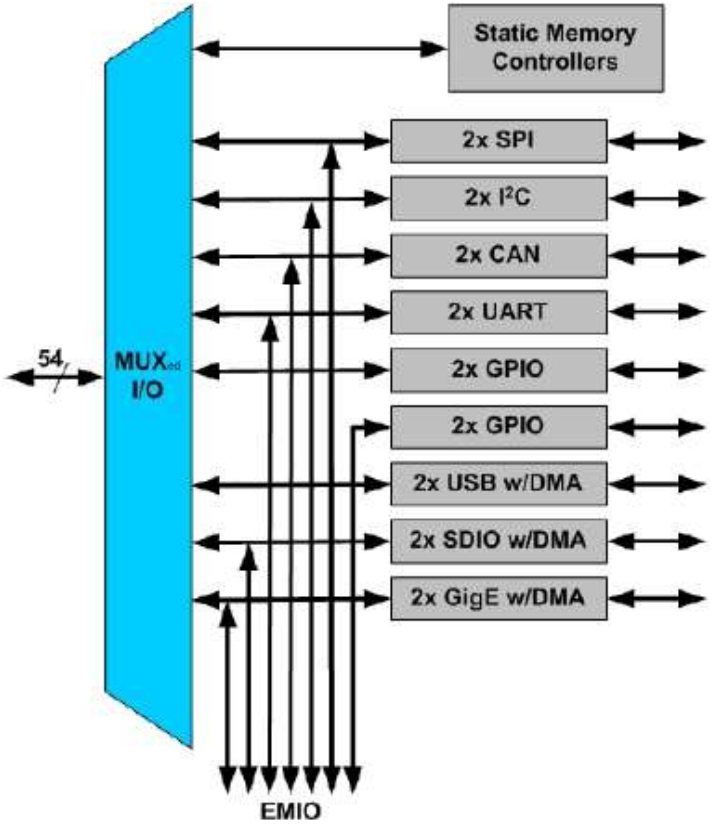
El bloque PS tiene los siguientes elementos:

- Application Processor Unit (APU) con procesadores ARM
- I/O Peripherals (IOP)
  - Multiplexed I/O (MIO): Usb, Ethernet, GPIO, etc
  - Extended Multiplexed I/O /EMIO): Conecta el bloque de lógica programable a las interfaces MIO
- Controlador de memoria DDR
- Controlador DMA
- Temporizadores
- Controlador de Interrupciones
- Memoria (OnChip Memory – OCM)
- Inteface de Depuración SWO/JTAG



Periféricos del PS

- Hay 52 pines de I/O (MIO) que pueden mapearse a:
  - Dos USB 2.0 OTG/Device/Host
  - Dos GigE (10/100/1000)
  - Dos SDIO
  - Dos CAN
  - Dos UART
  - Dos SPI
  - Dos I2C
  - Cuatro bloques de 32 bits GPIO
- Los periféricos pueden accederse desde PL a través de la interface EMIO



Contenido

- Componentes de un Sistema Embebido
- **Herramienta Vivado**
- Ciclo de Desarrollo de un Sistema Embebido
- Creación de la Plataforma de Hardware
- Creación de la Plataforma de Software

Vivado

- El entorno Vivado es la herramienta para centralizar el proyecto
  - Permite desarrollar hardware específico para el sistema en el PL
  - Permite instanciar los bloques hardcore disponibles en el PS
- La herramienta IP Integrator (IPI) se utiliza para el diseño a nivel de sistema del hardware
- La herramienta SDK es un entorno basado en eclipse para desarrollar el software del sistema

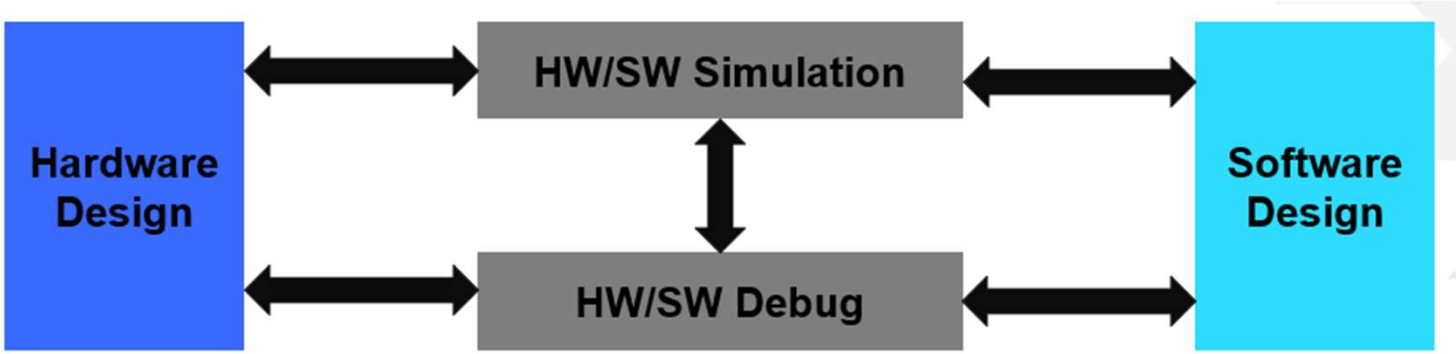
Vivado

Vivado / IP Integrator

- Entorno para configurar el PS y diseñar hardware en el PL
- Gestiona la descripción del hardware
- Se realizan las simulaciones de hardware

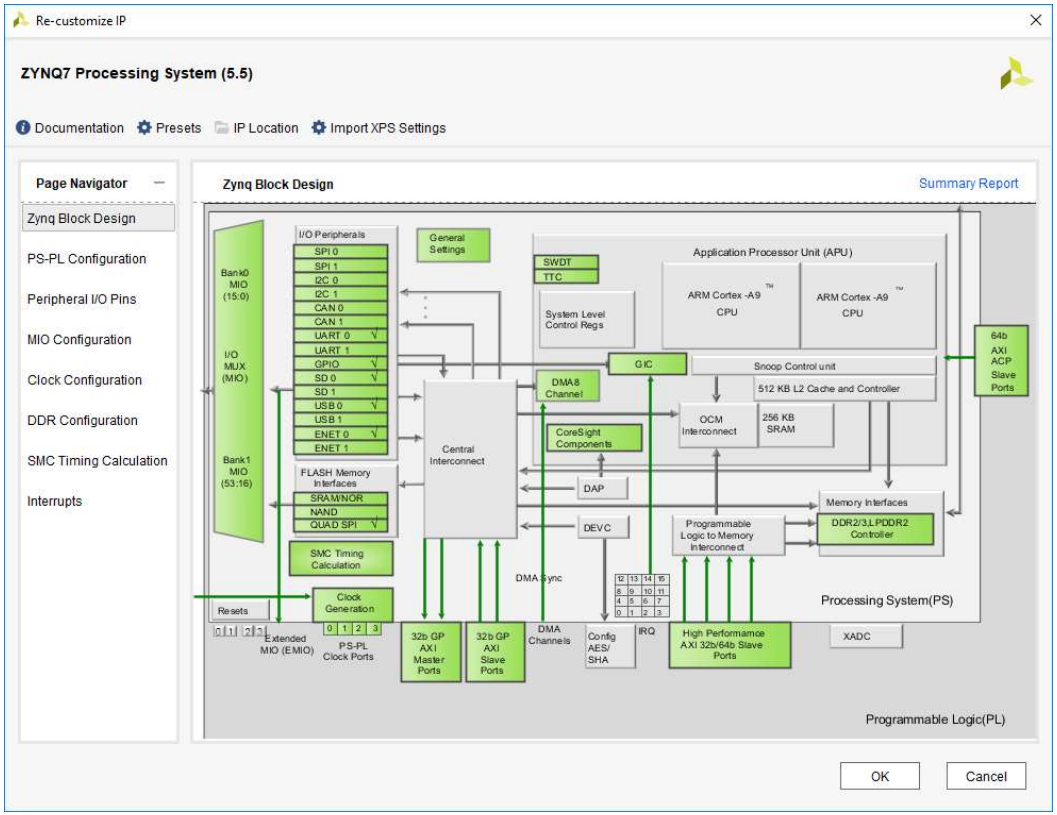
SDK

- Entorno para gestionar el software
- Gestiona la descripción del sistema (BSP) a partir de la plataforma de hardware
- Genera la aplicación de software
- Realiza la depuración del software

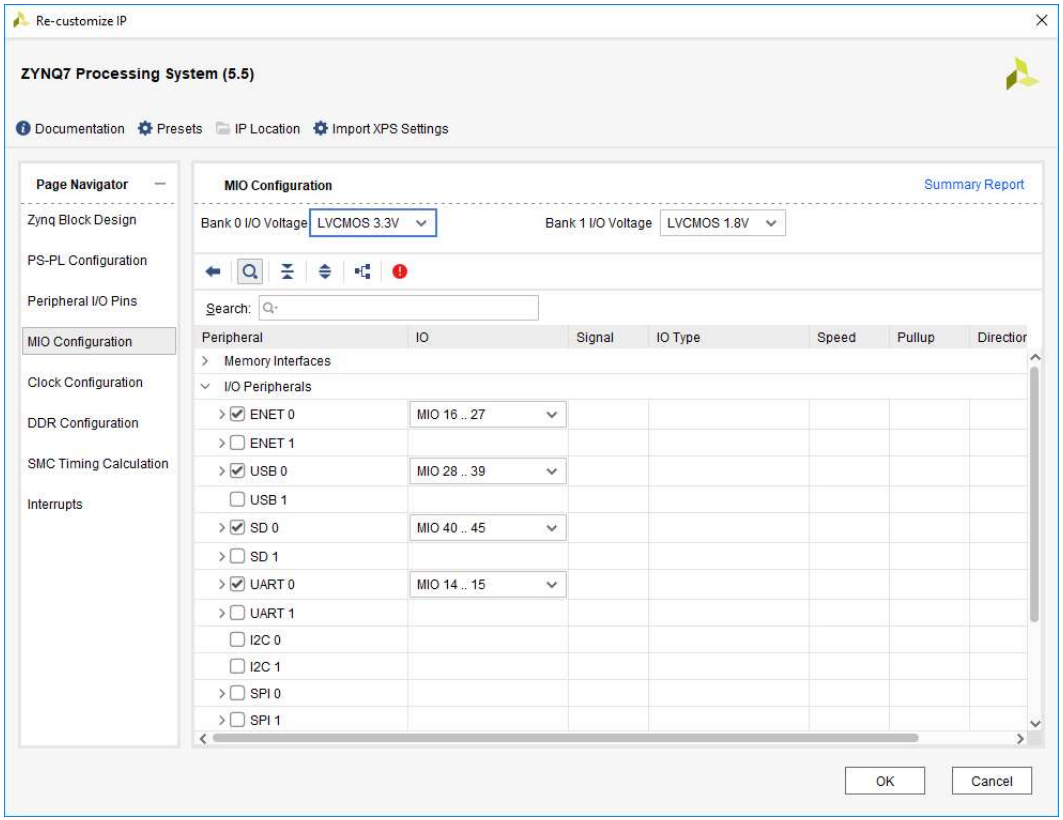


Configuración del PS – Procesador

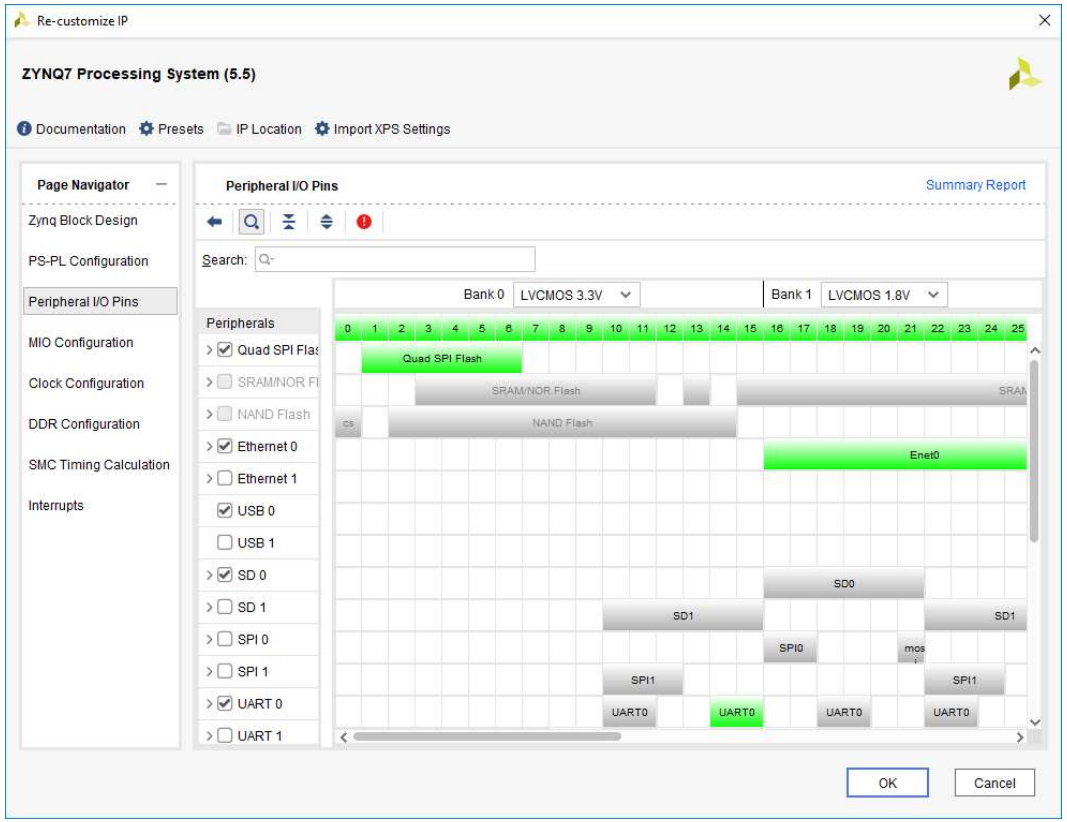
- Conexiones del Procesador
- Interface PS-PL
- Pines de I/O de los periféricos
- Configuración del ruteo de periféricos
- Configuración del reloj
- Configuración del controlador DDR
- Interrupciones



Configuración del PS – Pines de I/O

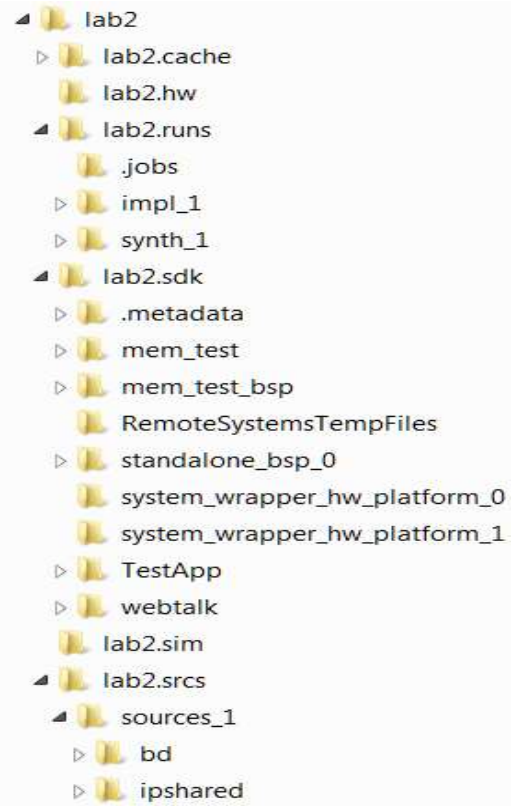


Configuración del PS – Periféricos



Archivos del proyecto

- Raiz: Proyecto (xpr), archivos de log
- .SRCS: código fuente en HDL, archivos generados por IPI
- .SIM: archivos de simulación de hardware
- .RUNS: archivos de implementación
- **.SDK: Archivos del software**
- .CACHE: archivos temporales



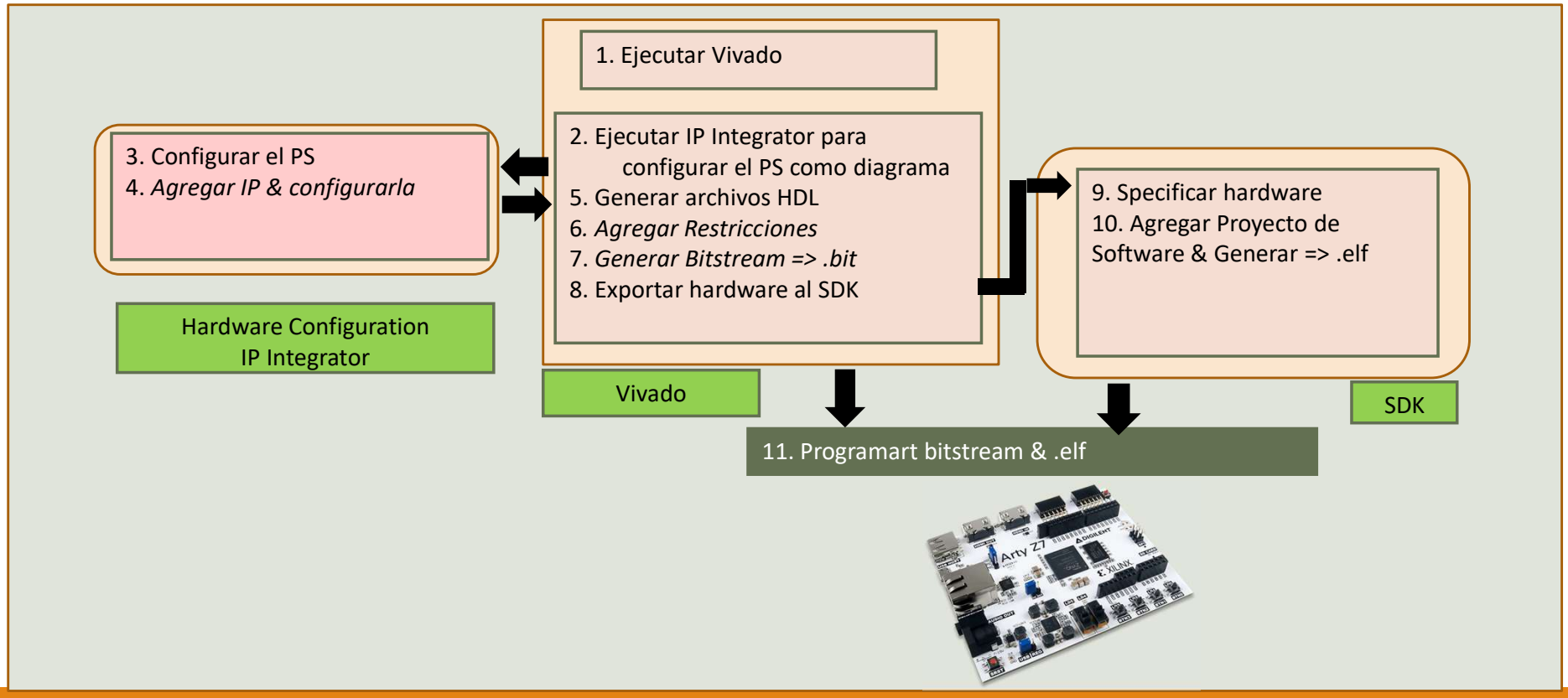
Contenido

- Componentes de un Sistema Embebido
- Herramienta Vivado
- **Ciclo de Desarrollo de un Sistema Embebido**
- Creación de la Plataforma de Hardware
- Creación de la Plataforma de Software

Ciclo de Desarrollo

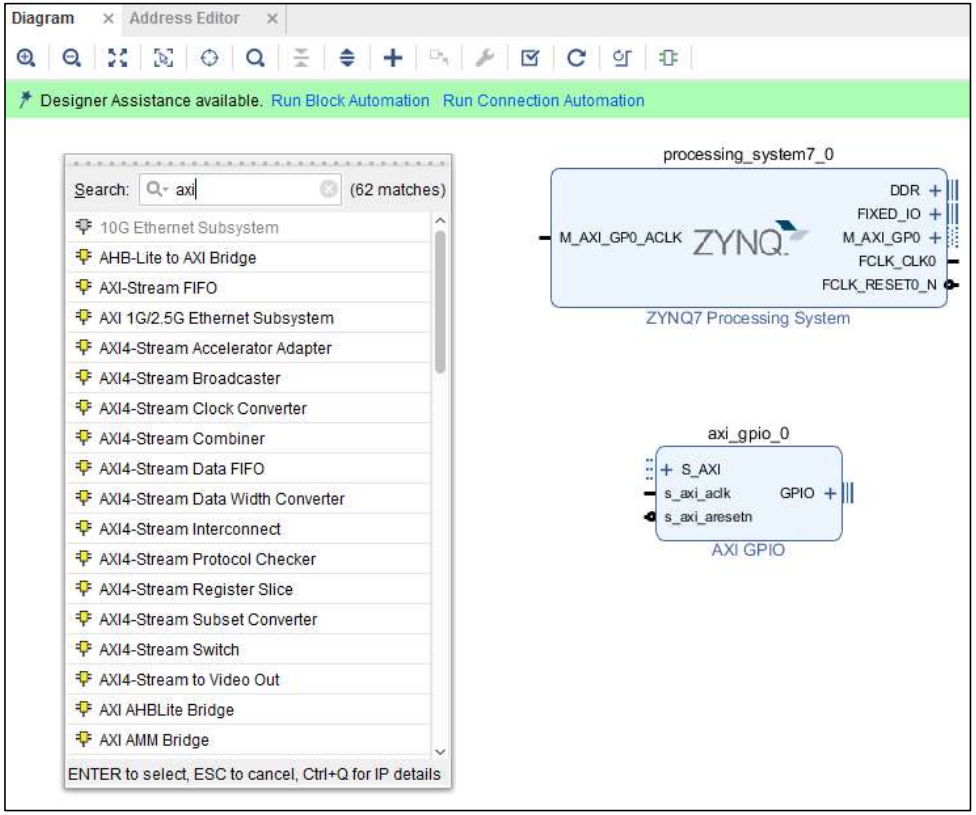
- Crear un proyecto en Vivado
- Lanzar la herramienta IP Integrator
- Diseñar la parte de hardware del PS
- Generar los archivos HDL de la descripción de hardware del PS
- Diseñar los bloques de hardware adicionales
- Exportar la descripción de hardware al SDK
- Crear el paquete BSP que corresponde a la descripción de hardware
- Compilar el software (aplicación + middleware)
- Configurar la FPGA con el archivo bitstream
- Ejecutar el software en el PS (archivo .ELF)

Ciclo de Desarrollo



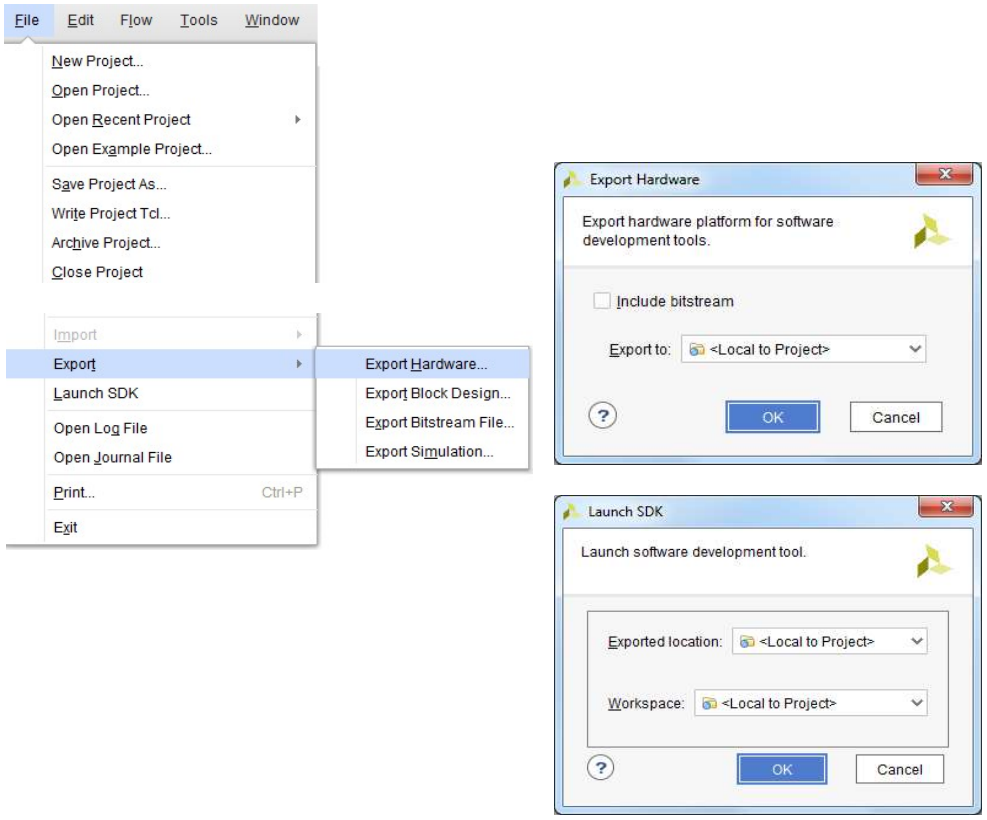
IP Integrator

- El PS se configura a partir de un diagrama en bloques
- Se agrega la IP desde el catalogo
- Se pueden crear jerarquías de bloques
- Se puede importar IP desarrollada en Vivado con la herramienta IP Packager
- Se conectan entre si los puertos de cada bloque



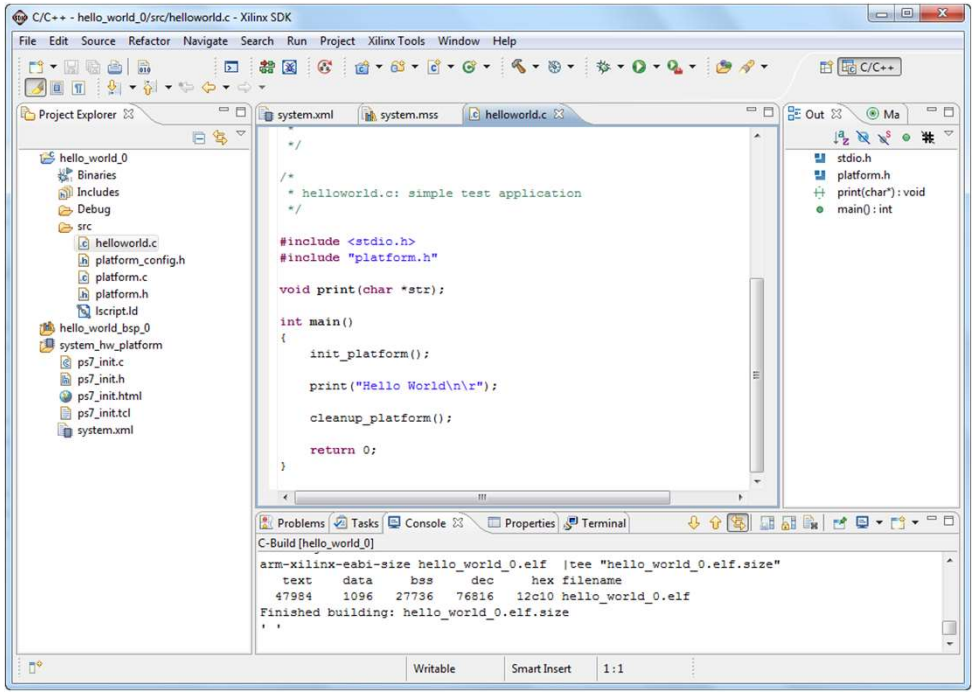
Exportar al SDK

- Cuando se exporta el hardware:
  - Se genera y se guarda toda la información relevante en el directorio .SDK
  - Se genera el bitstream
  - La herramienta SDK asocia el proyecto de software al hardware exportado



Herramienta SDK

- Crea el proyecto de software
- Crear el archivo BSP (con middleware y librerías)
- Crea la aplicación
- Crear el linker script
- Compila el proyecto
- Genera el archivo .ELF

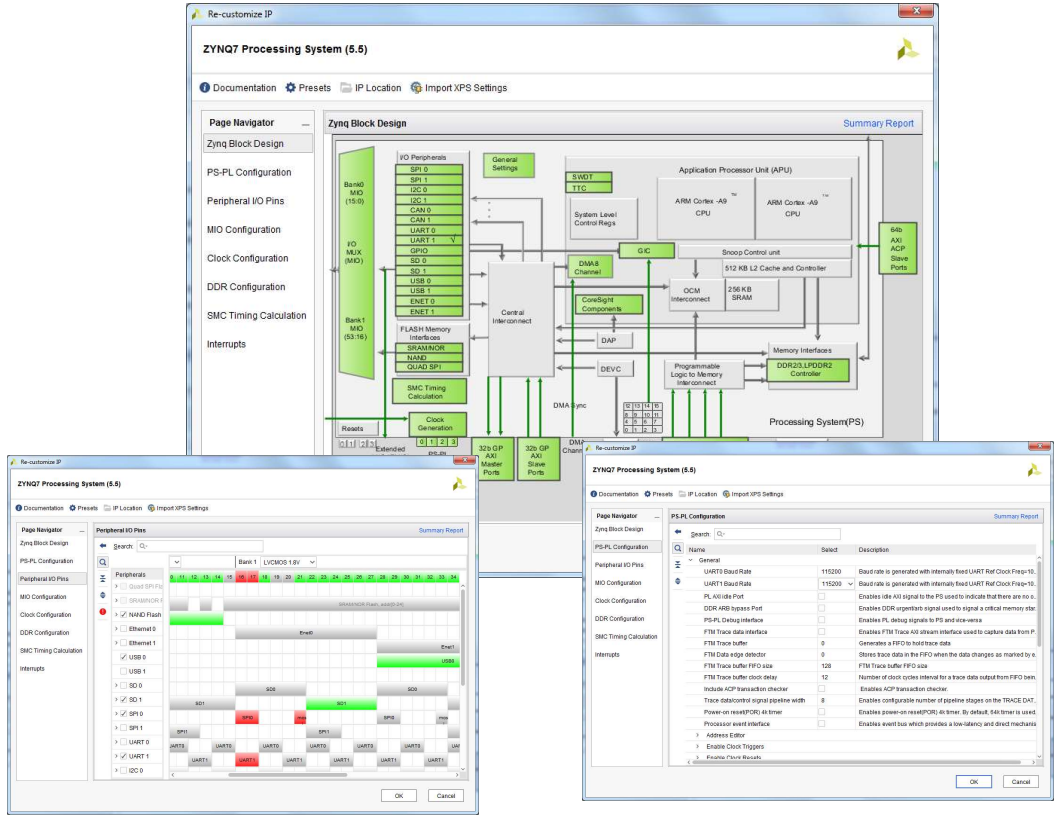


Contenido

- Componentes de un Sistema Embebido
- Herramienta Vivado
- Ciclo de Desarrollo de un Sistema Embebido
- **Creación de la Plataforma de Hardware**
- Creación de la Plataforma de Software

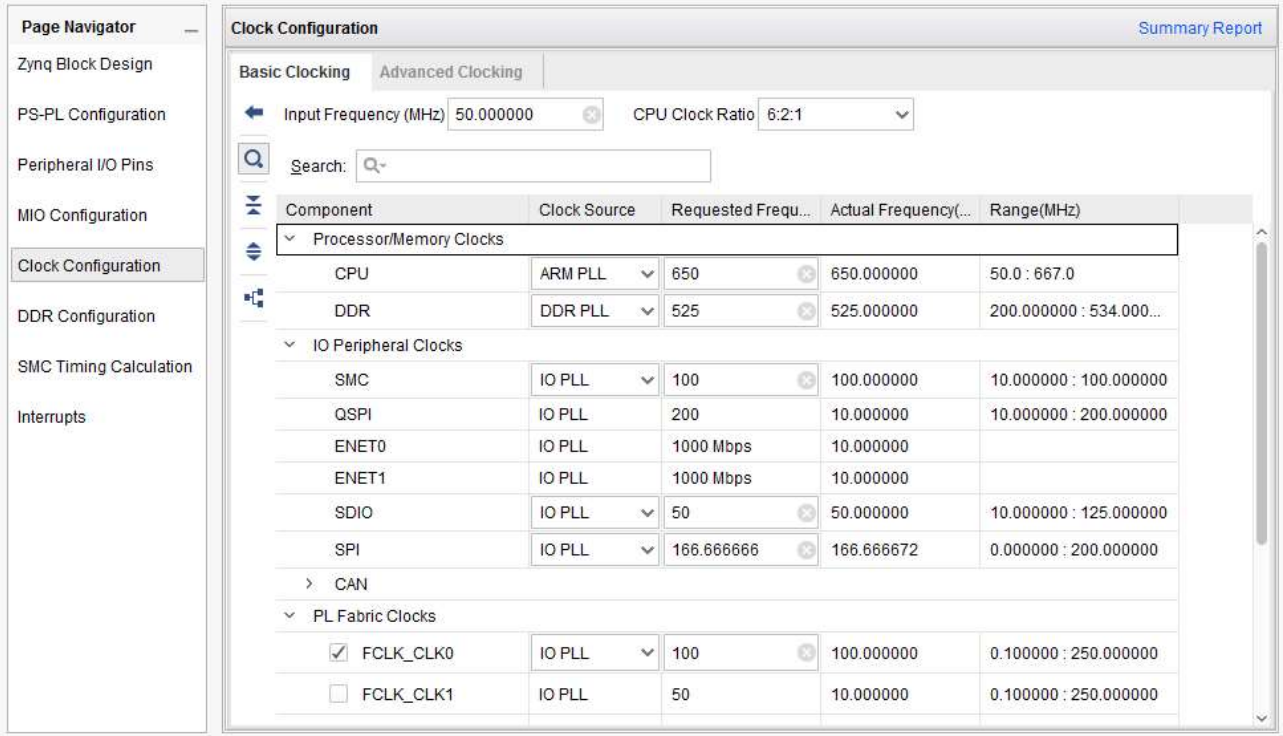
Configuración del PS

- La herramienta IP integrator se utiliza para la configuración de:
  - El procesador ARM
  - Los periféricos
  - El controlador de memoria DDR
  - La memoria interna (OnChip Memory)
  - La distribución de los pines de I/O entre periféricos del PS y lógica en el PL
  - Los componentes del PS se configuran mediante registros mapeados en memoria



Configuración de la temporización

- Configuración de la frecuencia del procesador y del controlador DDR
- Configuración de las interfaces de I/O (I/O ports)
- Configuración de las señales de reloj en PL
- Timers



Contenido

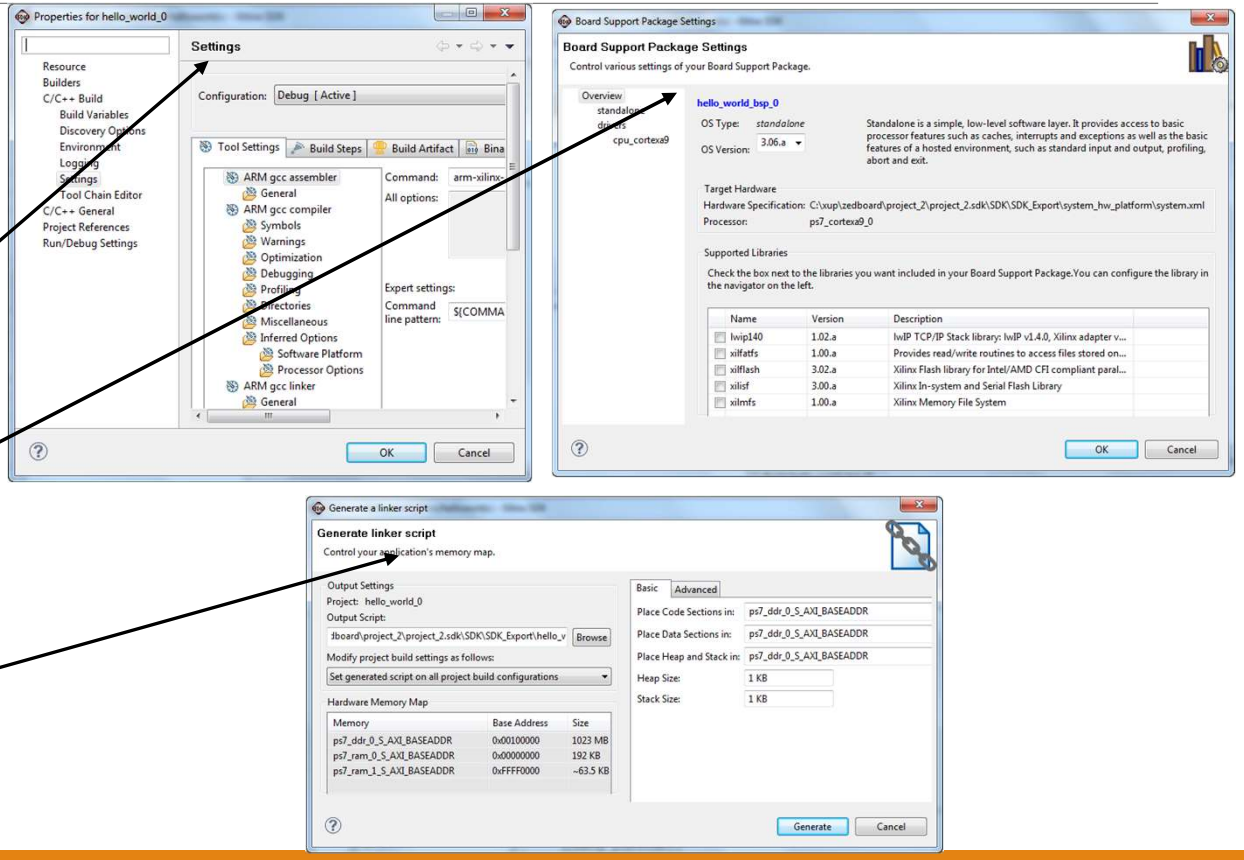
- Componentes de un Sistema Embebido
- Herramienta Vivado
- Ciclo de Desarrollo de un Sistema Embebido
- Creación de la Plataforma de Hardware
- **Creación de la Plataforma de Software**

Características del SDK

- Entorno de desarrollo de software basado en Eclipse.
- Esta separado de Vivado, puede ser instalado en forma independiente para equipos de software.
- Solo se utiliza para el software, cualquier modificación al hardware debe hacerse en Vivado y reexportar.
- Permite hacer depuración del software desde el entorno
- El mismo entorno puede trabajar con distintas aplicaciones de un mismo o de distinto tipo de procesador.
- Se utiliza C y C++ como lenguajes de programación.

Generación del software

- El software se gestiona desde tres aspectos:
- Compilado: contiene las opciones que afectan a la generación del código ejecutable de la aplicación
- BSP: contiene las opciones del middleware asociado al hardware importado.
- Linker script: contiene las opciones de gestión de la memoria y enlazado de bibliotecas de la aplicación.



Práctica 1

- En esta práctica se implementará el hardware de un sistema básico utilizando las herramientas Vivado y IP Integrator.
- Se utilizará la herramienta SDK para crear una aplicación de software a partir de una plantilla.
- La aplicación de software se ejecutar en el hardware para verificar su funcionalidad.