MÁSTER OFICIAL EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SISTEMAS INTEGRADOS

BLOQUE 2: Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Curso 2013-2014

José Torres

Raimundo García

Julio Martos

Jesús Soret

Adrián Suárez

Pedro A. Martínez

Abraham Menéndez

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

SISTEMAS INTEGRADOS

Tema 2.- Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Máster Oficial en Ingeniería Electrónica
Curso 2013-14

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Índice

- Herramienta Xilinx EDK.
- Descripción hardware con EDK.
- Síntesis e implementación en EDK.

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

- ¿Qué es EDK?
  - EDK (Embedded Development Kit) es la herramienta de diseño que Xilinx nos ofrece para realizar Sistemas Integrados en FPGAs, tanto para Procesadores Hardware (ARM, Power-PC) como para Procesadores Software (MicroBlaze)
  - Permite la integración de los componentes hardware del Sistema Integrado y del código software para que los mismos actúen. También permite la Simulación, Depuración y Programación de todo el diseño.

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

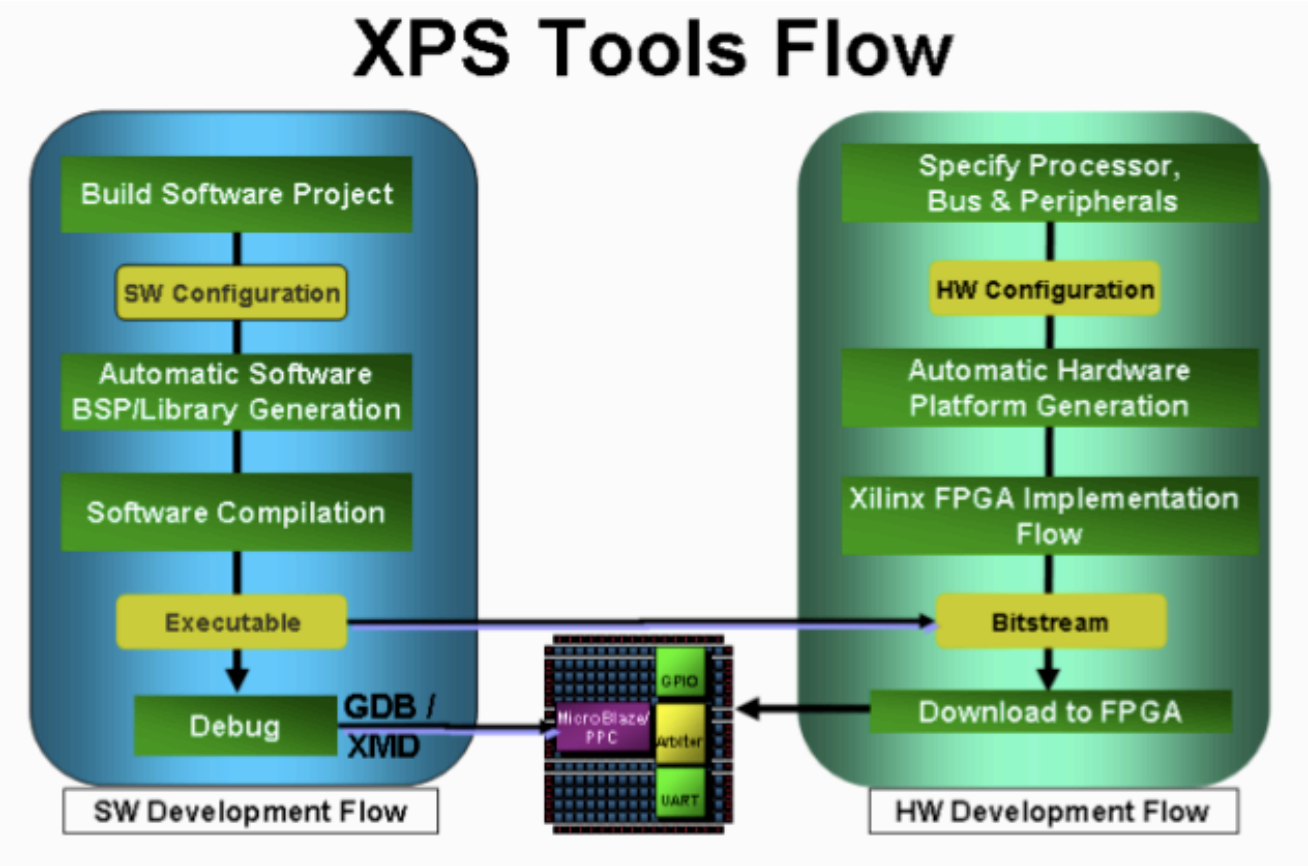
Herramienta Xilinx EDK

- Los programas que componen la herramienta EDK son:
  - Xilinx Platform Studio (XPS)
  - Software Development Kit (SDK)
  - Xilinx Microprocessor Debug (XMD)
  - ChipScope
  - ISE Foundation
  - ModelSim

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

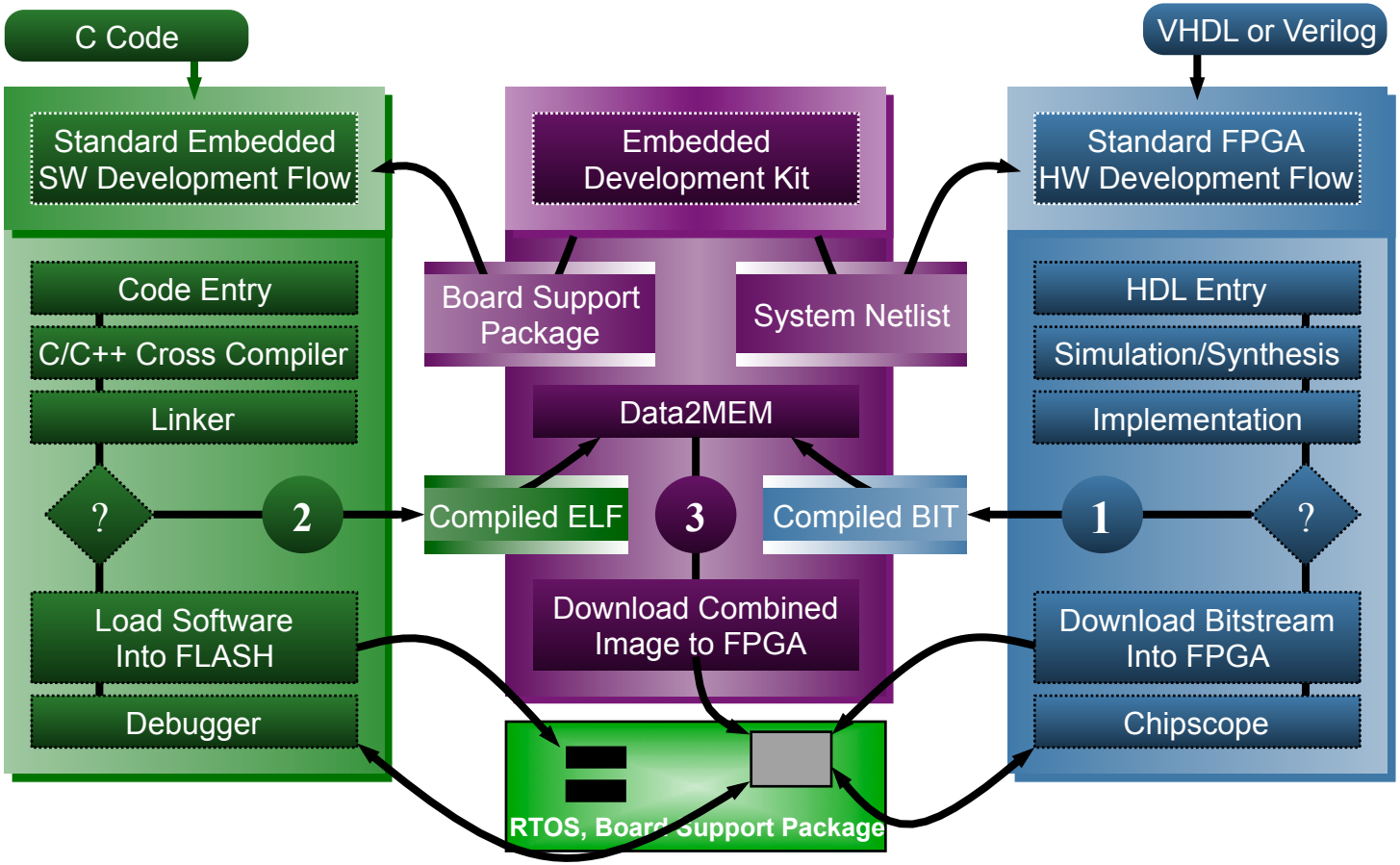
- Las fases básicas del proceso de diseño con EDK son:



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

- De forma más detallada:



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

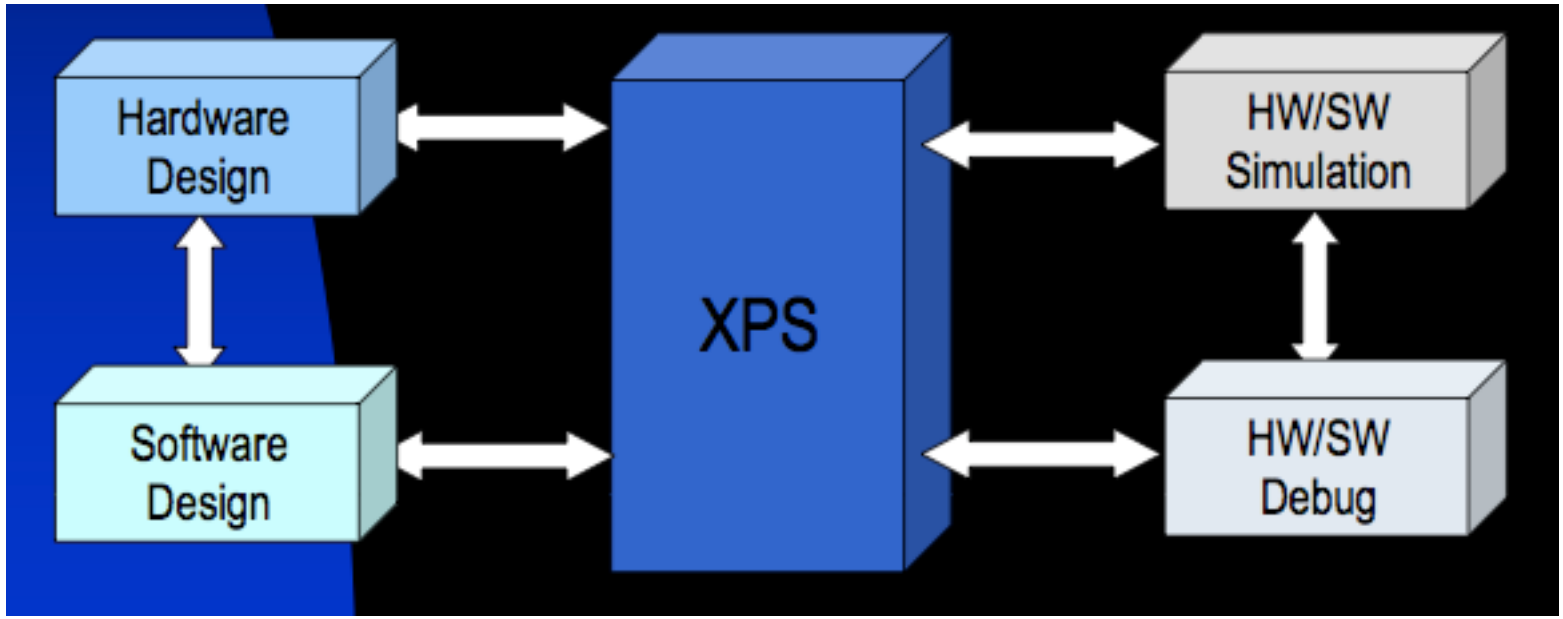
Herramienta Xilinx EDK

- Funciones del programa XPS:
  - Gestión de proyectos
    - Archivos Microprocessor Hardware Specification (MHS) y Microprocessor Software Specification (MSS)
    - Archivo principal Xilinx Microprocessor Project (XMP)
  - Gestión de aplicaciones software
  - Gestión de la plataforma
    - Ajustes del flujo de la herramienta.
    - Opciones de la plataforma hardware.
    - Llamada a distintas herramientas.
    - Depuración y simulación.

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

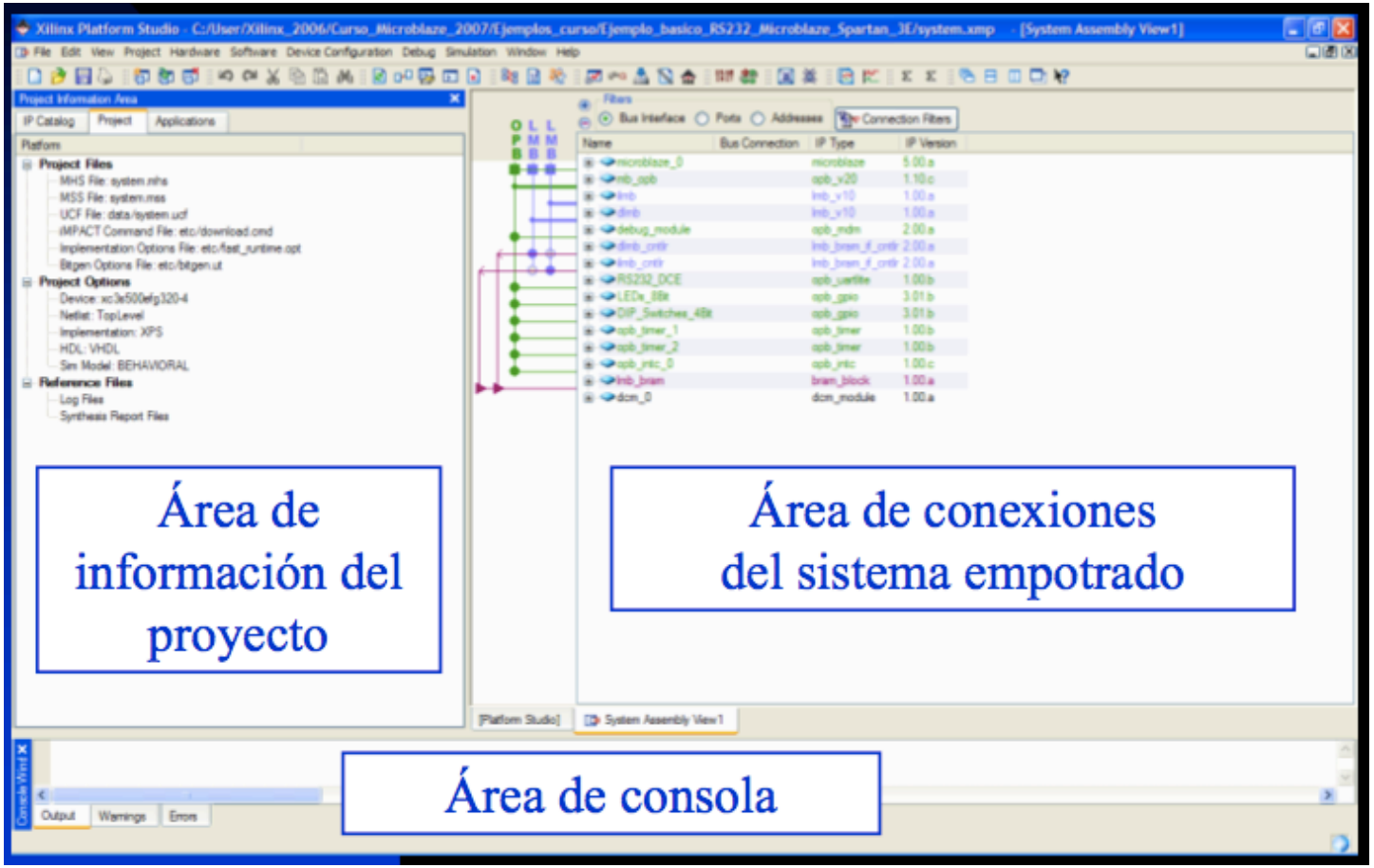
- Funciones del programa XPS:



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

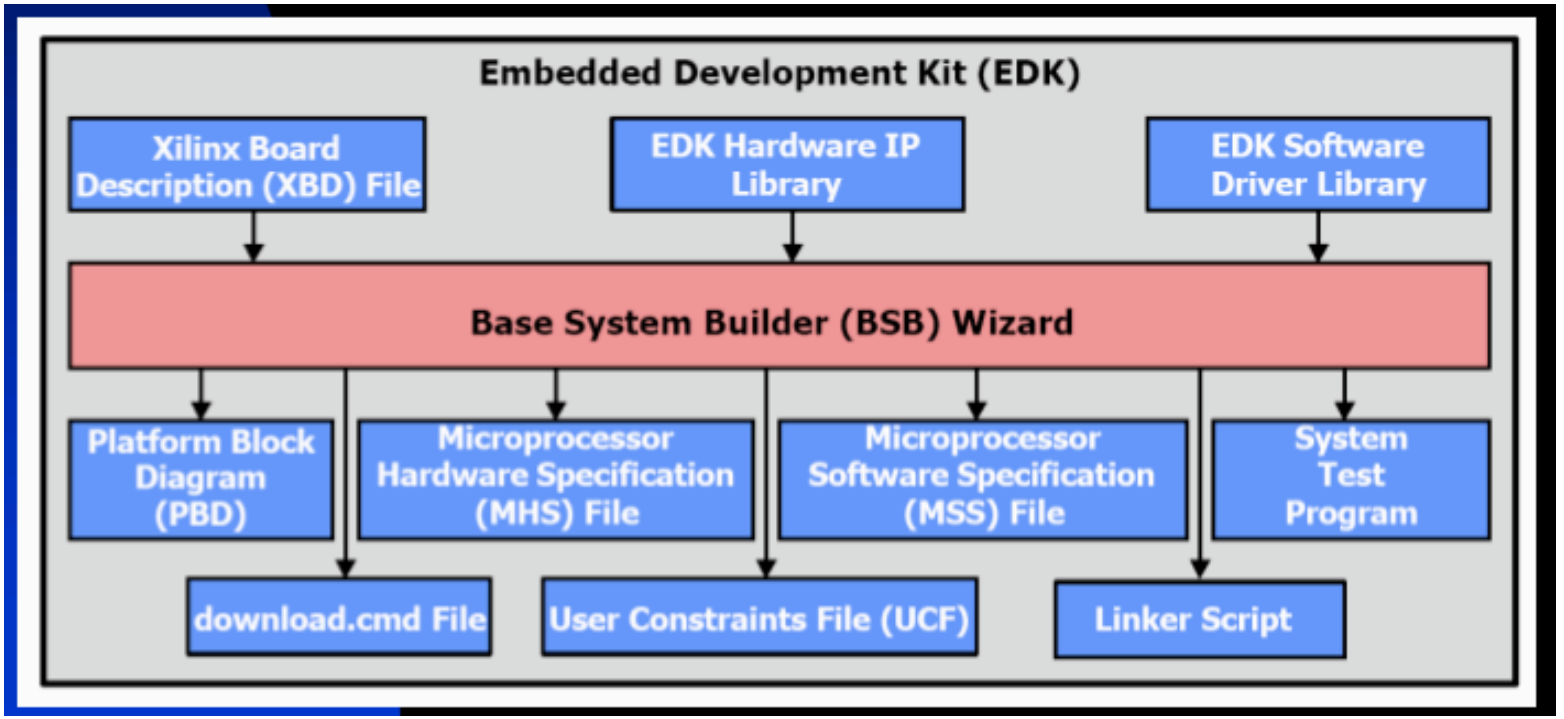
- Ventana principal de XPS:



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

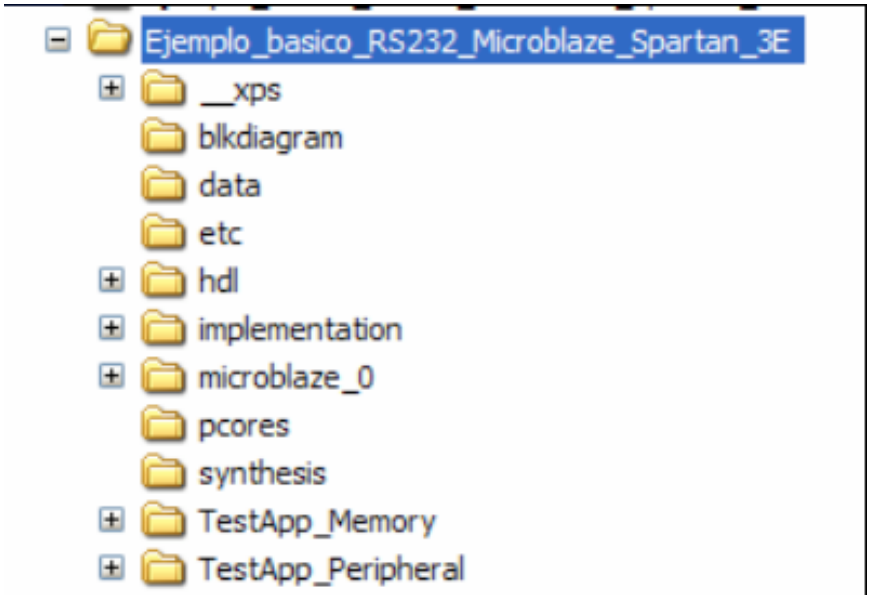
Herramienta Xilinx EDK

- La utilidad Base System Builder (BSS) incluida en XPS nos ayudará a crear una plataforma hardware y unas aplicaciones software de test para nuestro sistema empotrado.



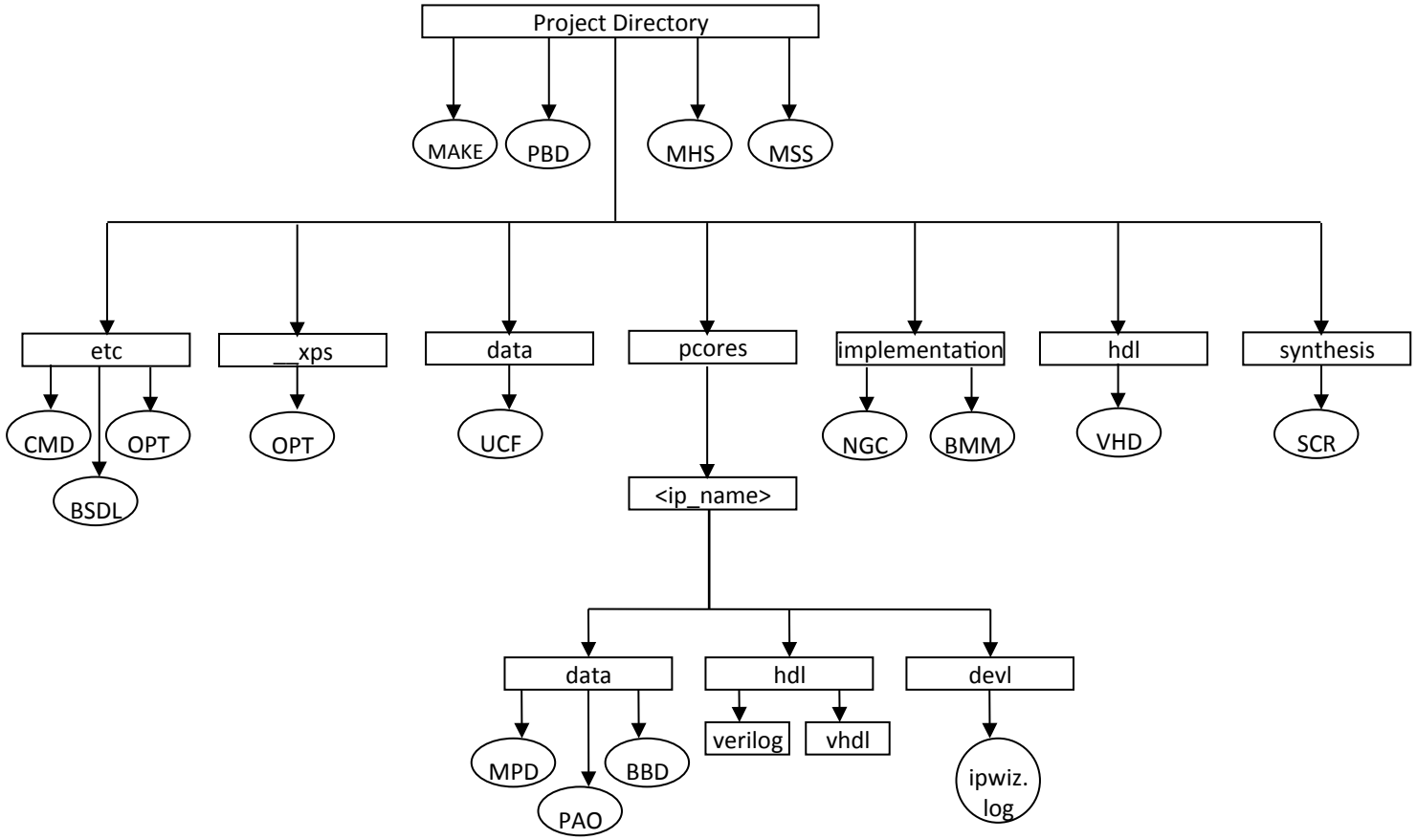
Herramienta Xilinx EDK

- Directorios generados por XPS:
  - Los directorios implementation, synthesis y pcores almacenan la información del hardware del sistema.
  - Los directorios TestAppMemory y TestAppPeripheral corresponden a dos aplicaciones software para testear el correcto funcionamiento del hardware.



Herramienta Xilinx EDK

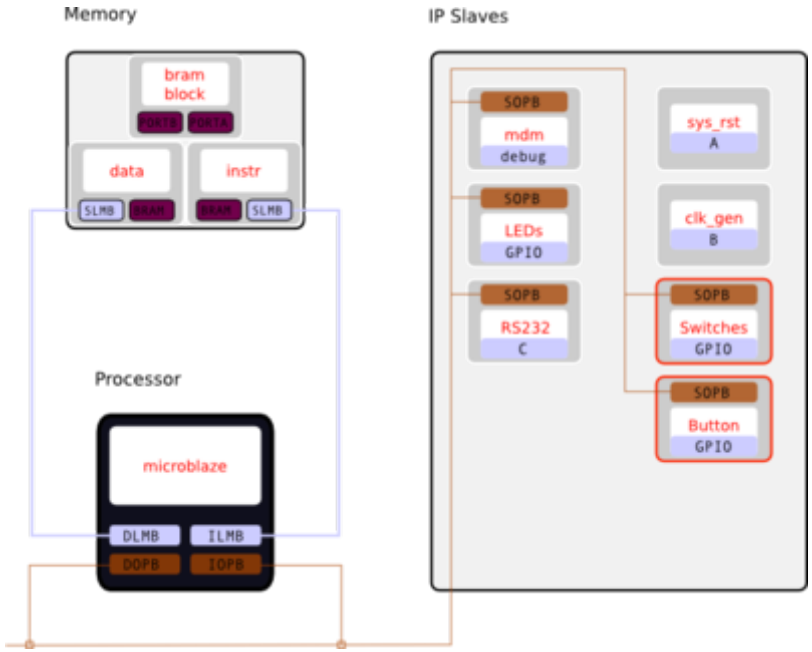
- Archivos generados por XPS:



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

- Ejemplo de archivo XMP (Xilinx Microprocessor Project)
  - Descripción de las diferentes opciones del proyecto, tanto hardware como software.
  - En general no debe modificarse aunque algunos errores de la herramienta pueden obligar a hacerlo.



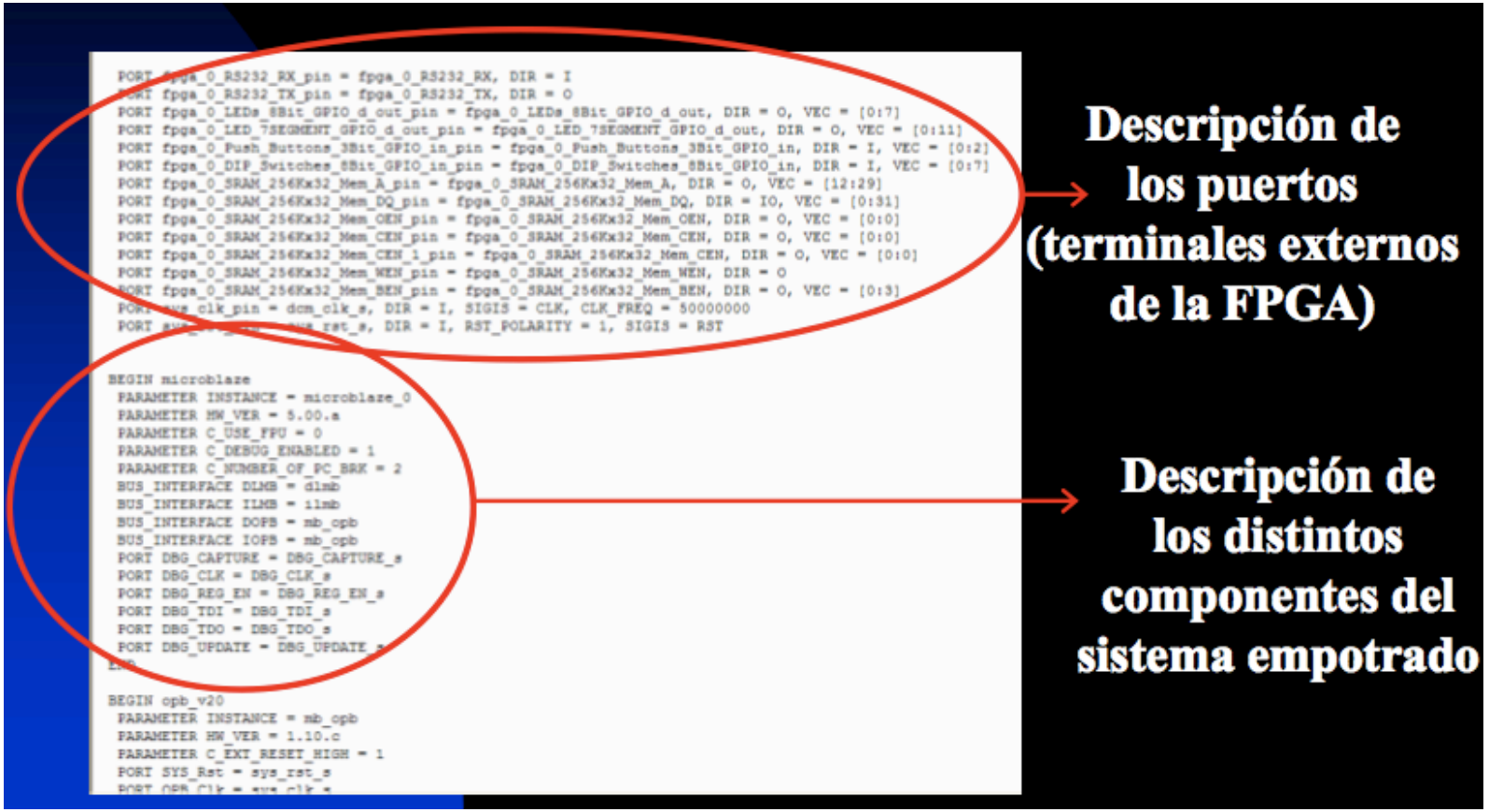
LX9_AXI_ACL_system.xmp

```
#Please do not modify this file by hand
XmpVersion: 13.2
VerMgmt: 13.2
IntStyle: default
Flow: ise
MHS File: LX9_AXI_ACL_system.mhs
Architecture: spartan6
Device: xc6slx9
Package: csg324
SpeedGrade: -2
UserCmd1:
UserCmd1Type: 0
UserCmd2:
UserCmd2Type: 0
GenSimTB: 1
SdkExportBmmBit: 1
SdkExportDir: SDK/SDK_Export
InsertNoPads: 0
WarnForEAArch: 1
HdlLang: Verilog
SimModel: BEHAVIORAL
ExternalMemSim: 0
UcfFile: data/LX9_AXI_ACL_system.ucf
EnableParTimingError: 1
ShowLicenseDialog: 1
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S0_AXI_BASEADDR
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S1_AXI_BASEADDR
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S2_AXI_BASEADDR
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S3_AXI_BASEADDR
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S4_AXI_BASEADDR
ICacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S5_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S0_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S1_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S2_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S3_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S4_AXI_BASEADDR
DCacheAddr: MCB3_LPDDR,C_S5_AXI_BASEADDR
Processor: microblaze_0
ElfImp:
ElfSim:
```

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

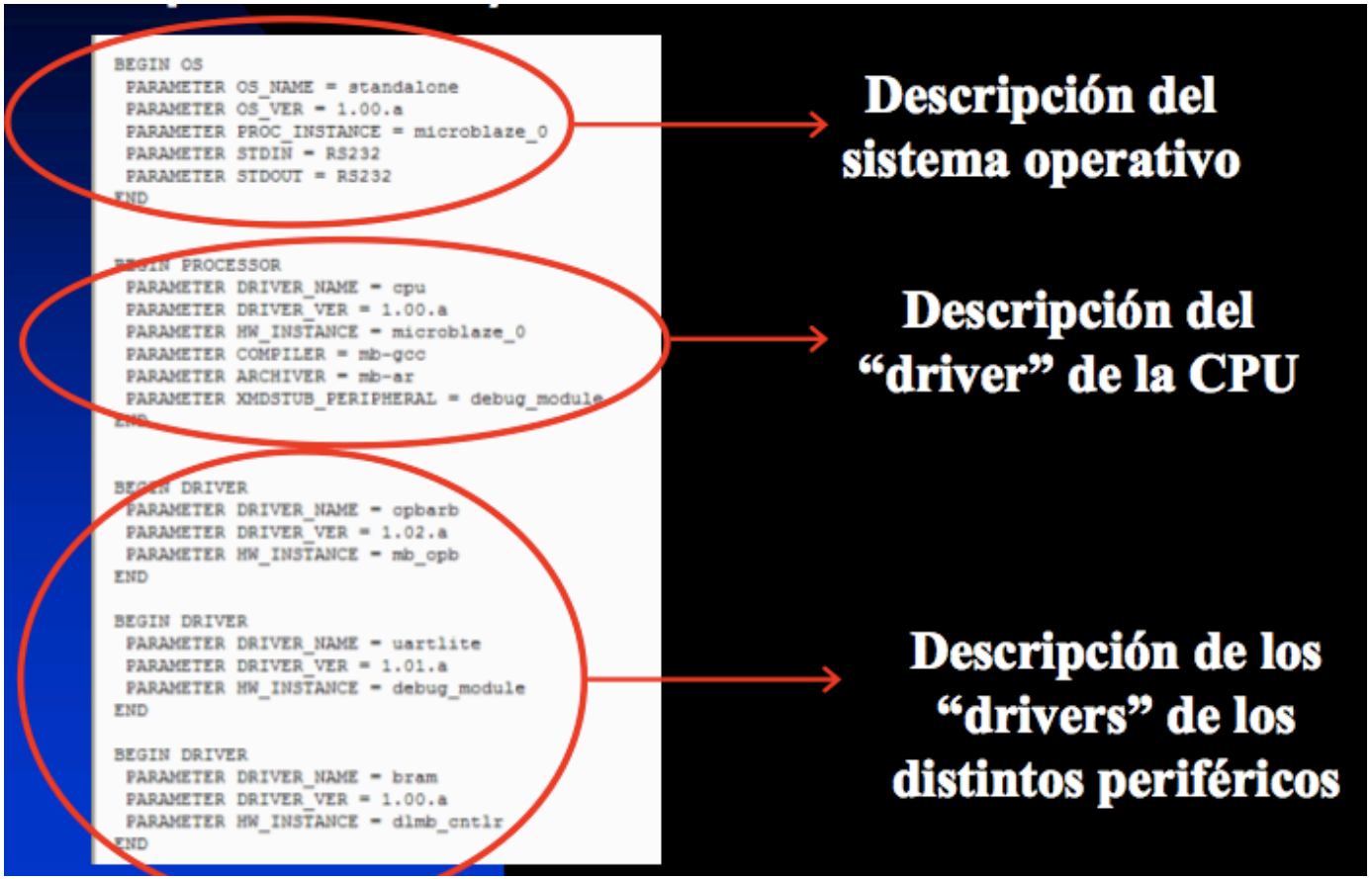
Herramienta Xilinx EDK

- Ejemplo de archivo MHS (Microprocessor Hardware Specification)



Herramienta Xilinx EDK

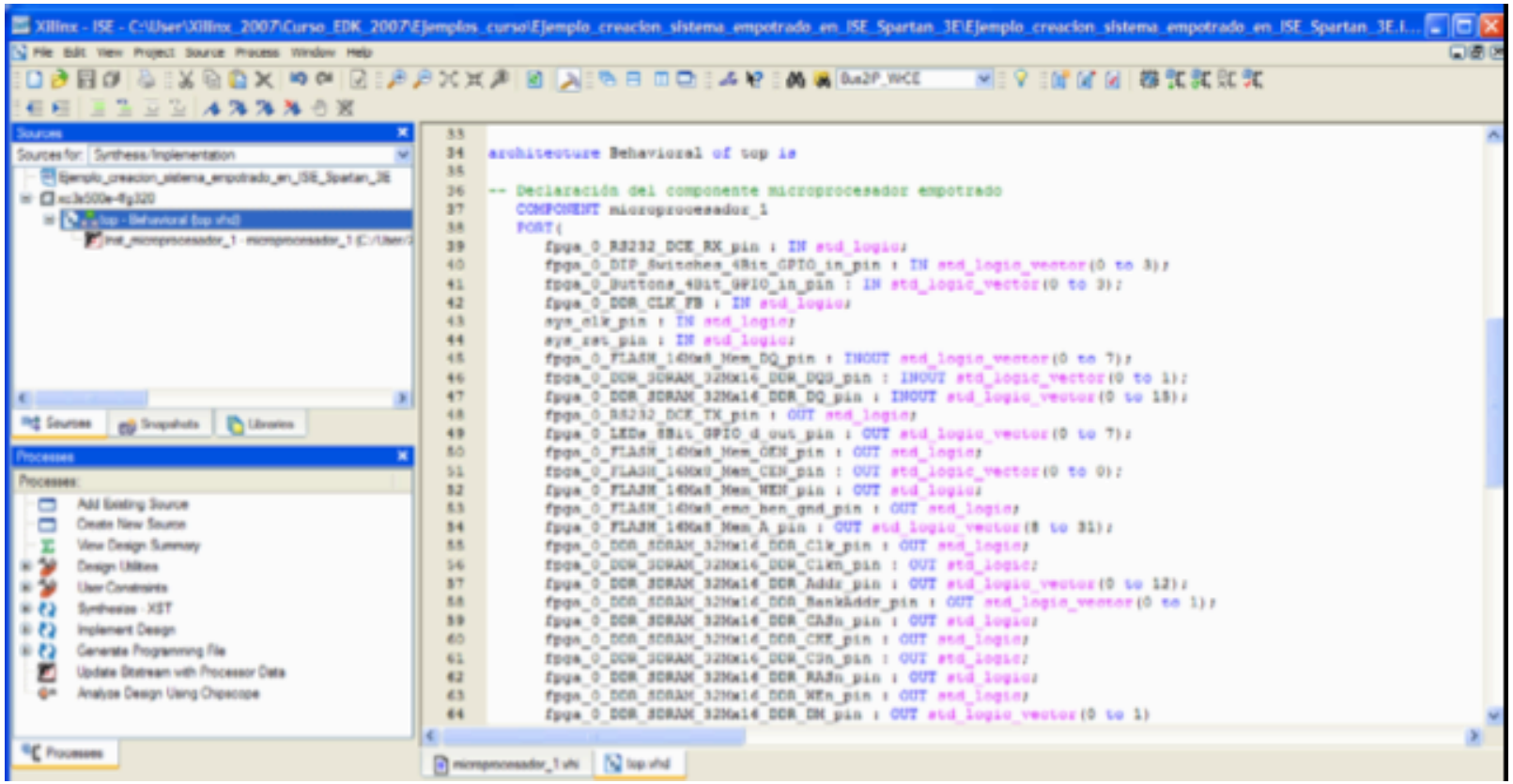
- Ejemplo de archivo MSS (Microprocessor Software Specification)



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Herramienta Xilinx EDK

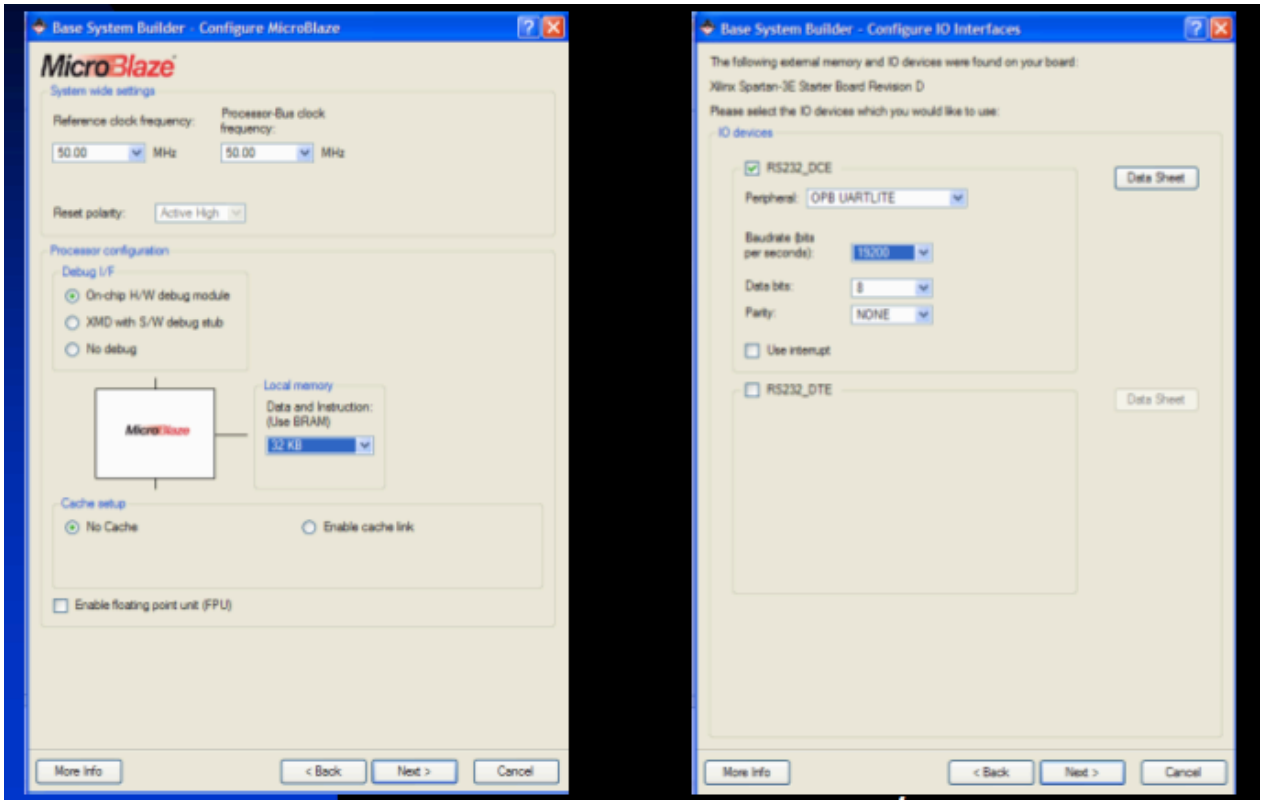
- Los sistemas empotrados diseñados mediante XPS pueden integrarse en un sistema más complejo mediante ISE Foundation.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Descripción hardware EDK

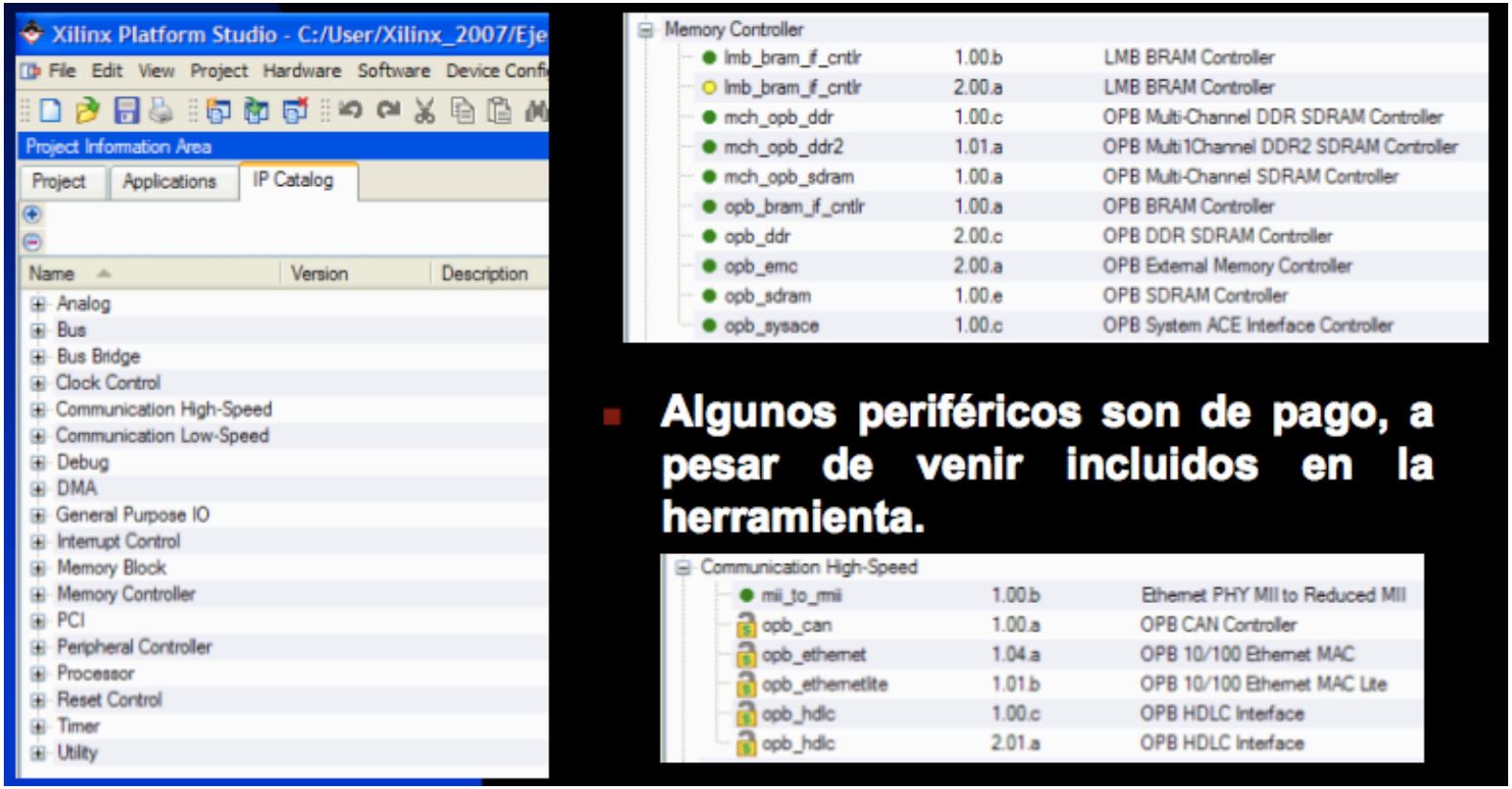
- Mediante la herramienta BSB definiremos las opciones del hardware (Microblaze) y añadiremos los periféricos de nuestro sistema empotrado.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Descripción hardware EDK

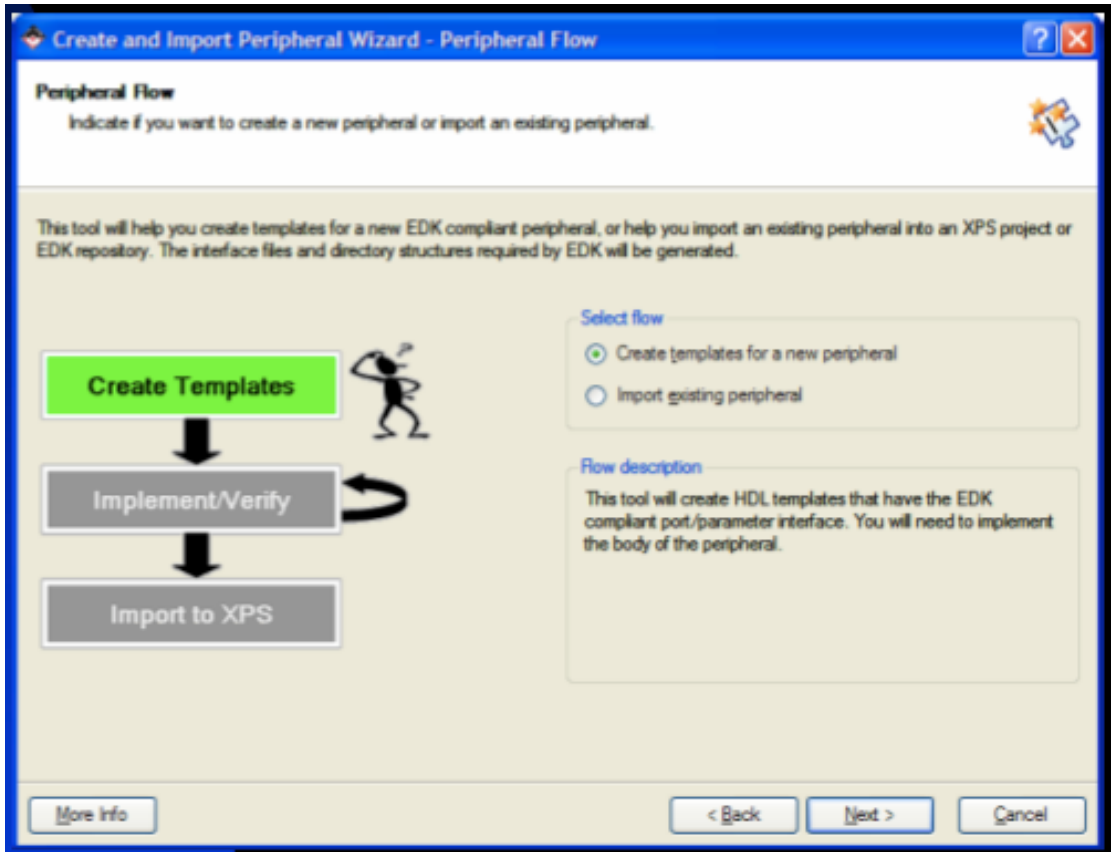
- Posteriormente podremos añadir alguno de los periféricos predefinidos en EDK.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Descripción hardware EDK

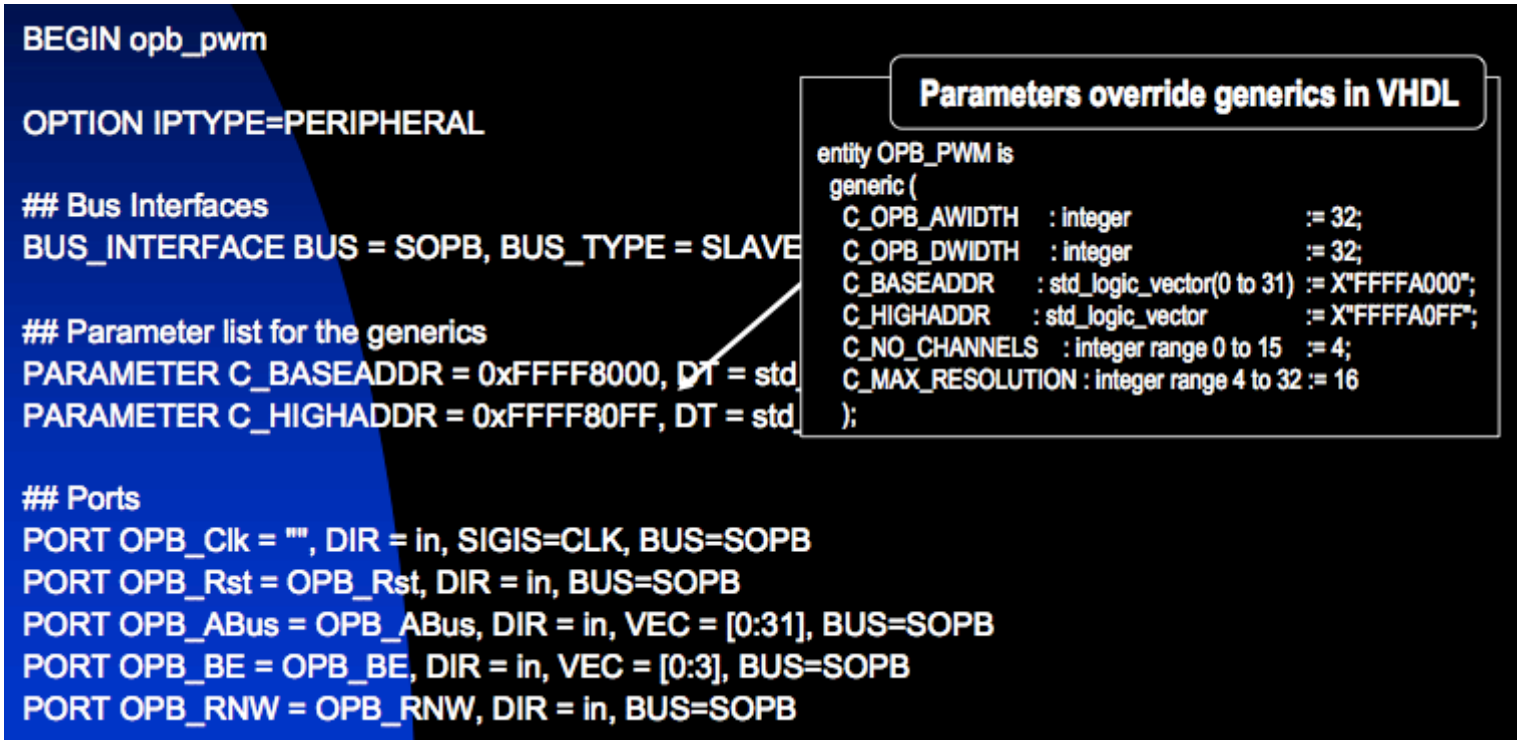
- También es posible definir nuevos periféricos de usuario ayudados por el Peripheral Wizard.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

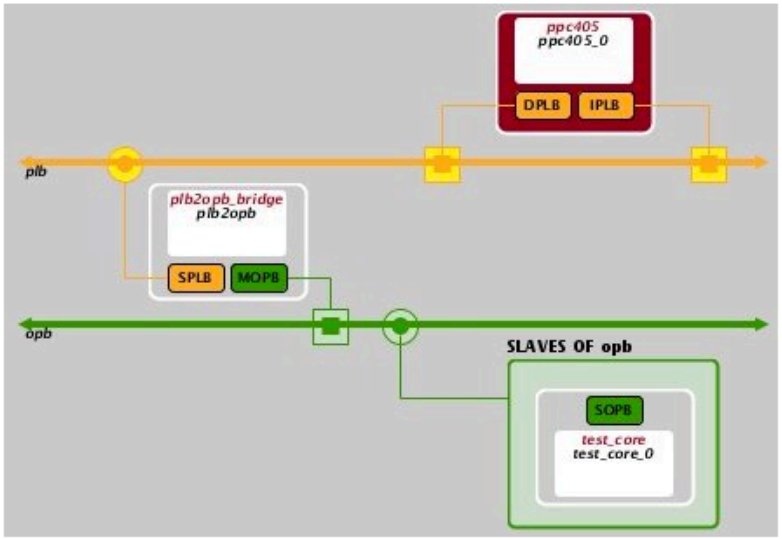
Descripción hardware EDK

- El archivo MPD (Microprocessor Peripheral Description) asigna valores a los diferentes parámetros de configuración del periférico y define sus terminales y conexiones.

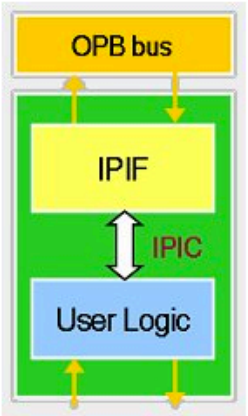


Descripción hardware EDK

- Otros archivos importantes en la descripción de los periféricos son:
  - PAO (Peripheral Analysis Order): Indica a la herramienta de síntesis el orden correcto para procesar las librerías y archivos HDL.
  - BBD (Black Box Definition): Identifica los archivos que utiliza un periférico de usuario. Las listas de conexiones en formato .NGC se copian en el subdirectorio implementation del proyecto.



System Schematic



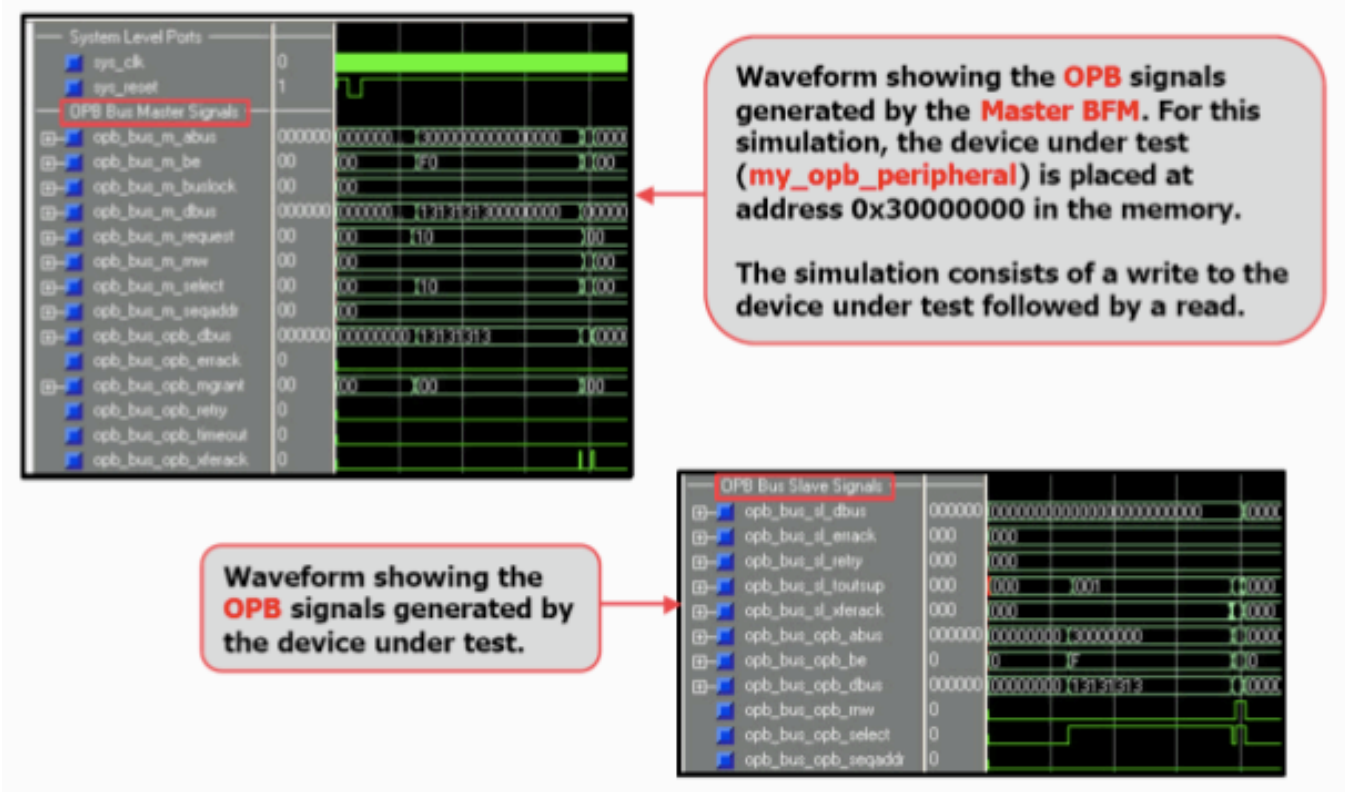
IPIF Connectivity

Síntesis e implementación EDK

- Mediante la opción Generate Bitstream realizamos la síntesis y la implementación del hardware.
- Al final del proceso en el subdirectorio implementation tenemos los archivos:
  - system_map.mrp: Resumen de la asignación de recursos de la FPGA.
  - system.bit: Archivo de programación de la FPGA.
  - system.ucf: Archivo con la definición de los terminales.

Síntesis e implementación EDK

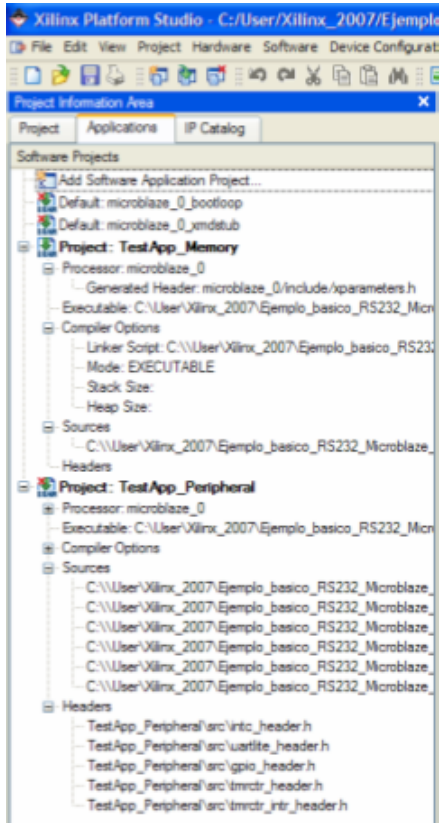
- Con ModelSim (PE o SE) podemos simular el hardware del sistema empotrado. Con ModelSim XE sólo podremos simular partes del mismo.

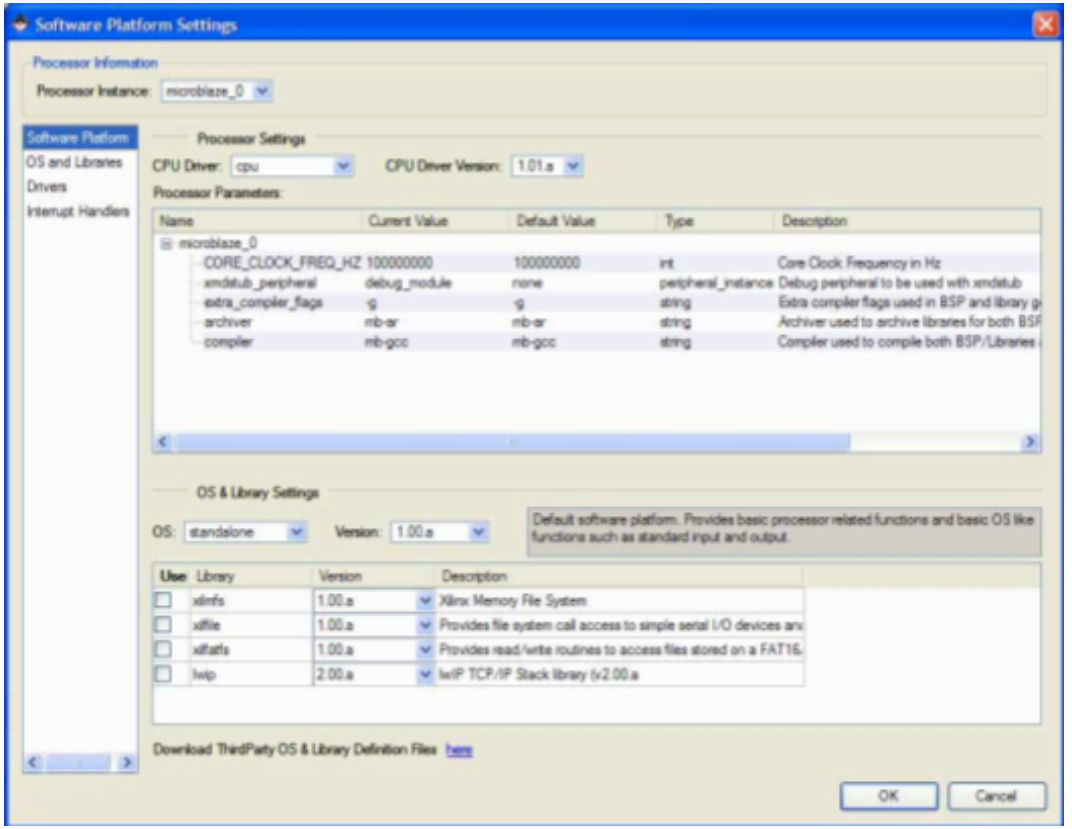


Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

- Mediante XPS podemos definir las opciones del software y podremos añadir aplicaciones software en nuestro sistema empotrado.



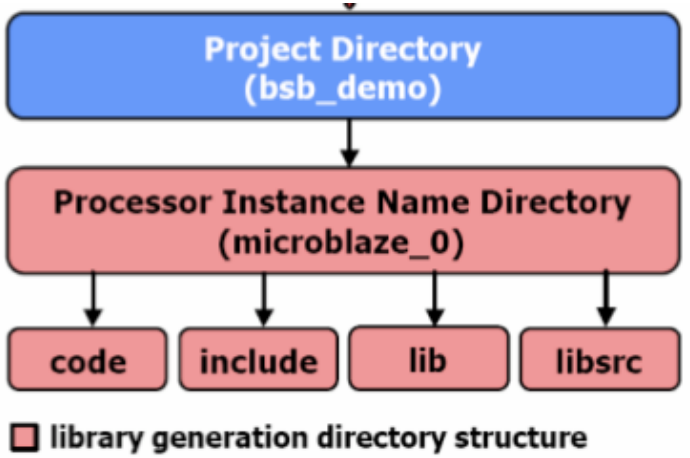


Síntesis e implementación EDK

- Necesitamos definir las bibliotecas y el sistema operativo para nuestra aplicación.
- Xilinx proporciona tres bibliotecas:
  - Matemática (libm)
  - Estándar del lenguaje C (libc)
    - Las funciones de esta biblioteca están disponibles automáticamente.
  - Específica de Xilinx para C (libxil)
    - Funciones para manejo de archivos: LibXil File.
    - Funciones para manejo de memoria: LibXil Mfs.
    - Funciones para manejo de redes: LibXil Net.
- Xilinx proporciona el sistema operativo Xilinx Micro Kernel.

Síntesis e implementación EDK

- Mediante la opción Generate Libraries and BSPs de la herramienta XPS generamos los archivos necesarios para trabajar con las bibliotecas seleccionadas.
- Estructura de directorios creada por XPS.
  - code: Archivos de salida del compilador.
  - include: Archivos de cabecera (*.h)
  - lib: Bibliotecas C estándar.
  - libsrc: Driver software de cada periférico.
- El archivo xparameters.h contiene las direcciones base de cada periférico y sus identificadores.

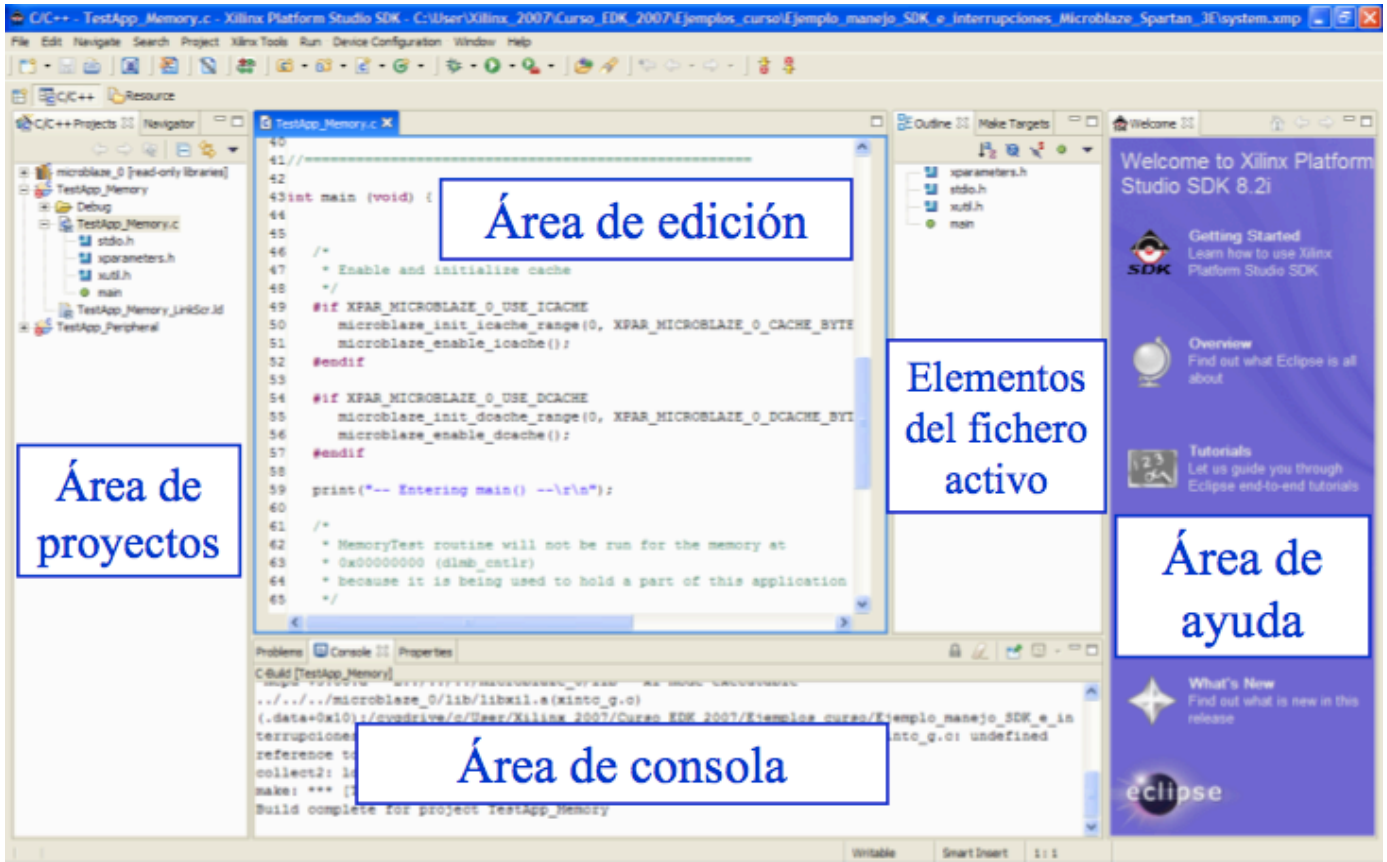


library generation directory structure

Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

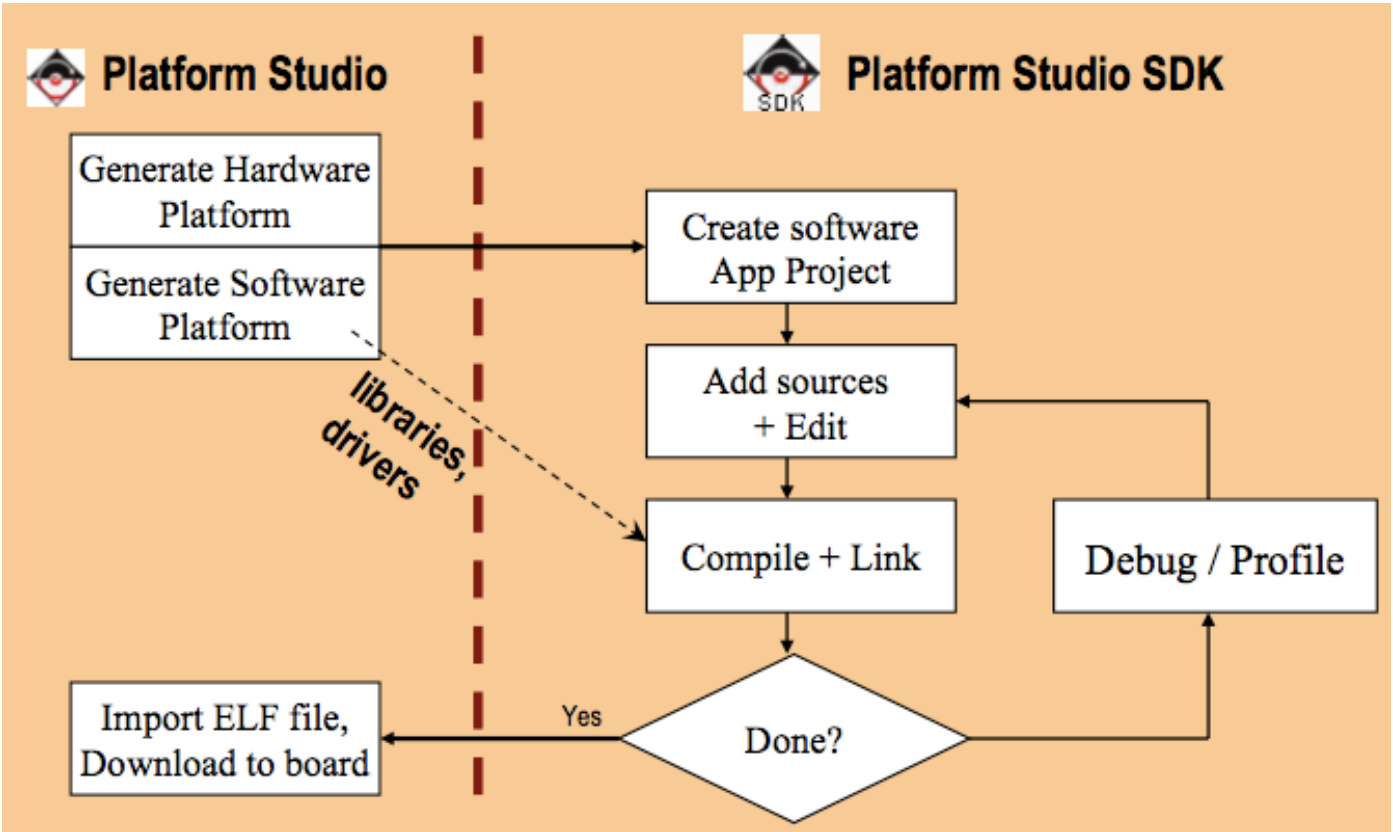
Síntesis e implementación EDK

- El entorno EDK dispone de la herramienta SDK (Software Development Kit)



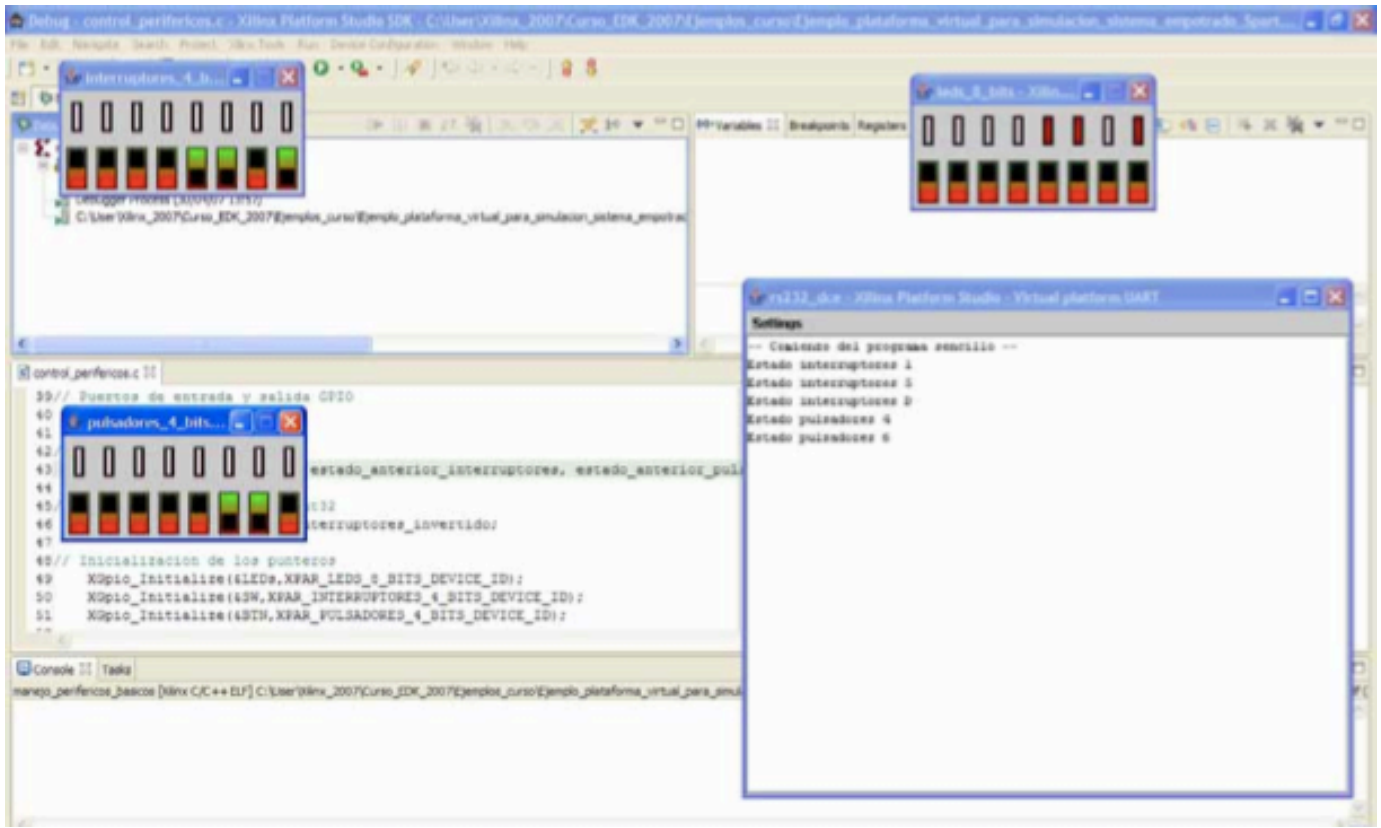
Síntesis e implementación EDK

- Etapas de diseño de software con SDK.



Síntesis e implementación EDK

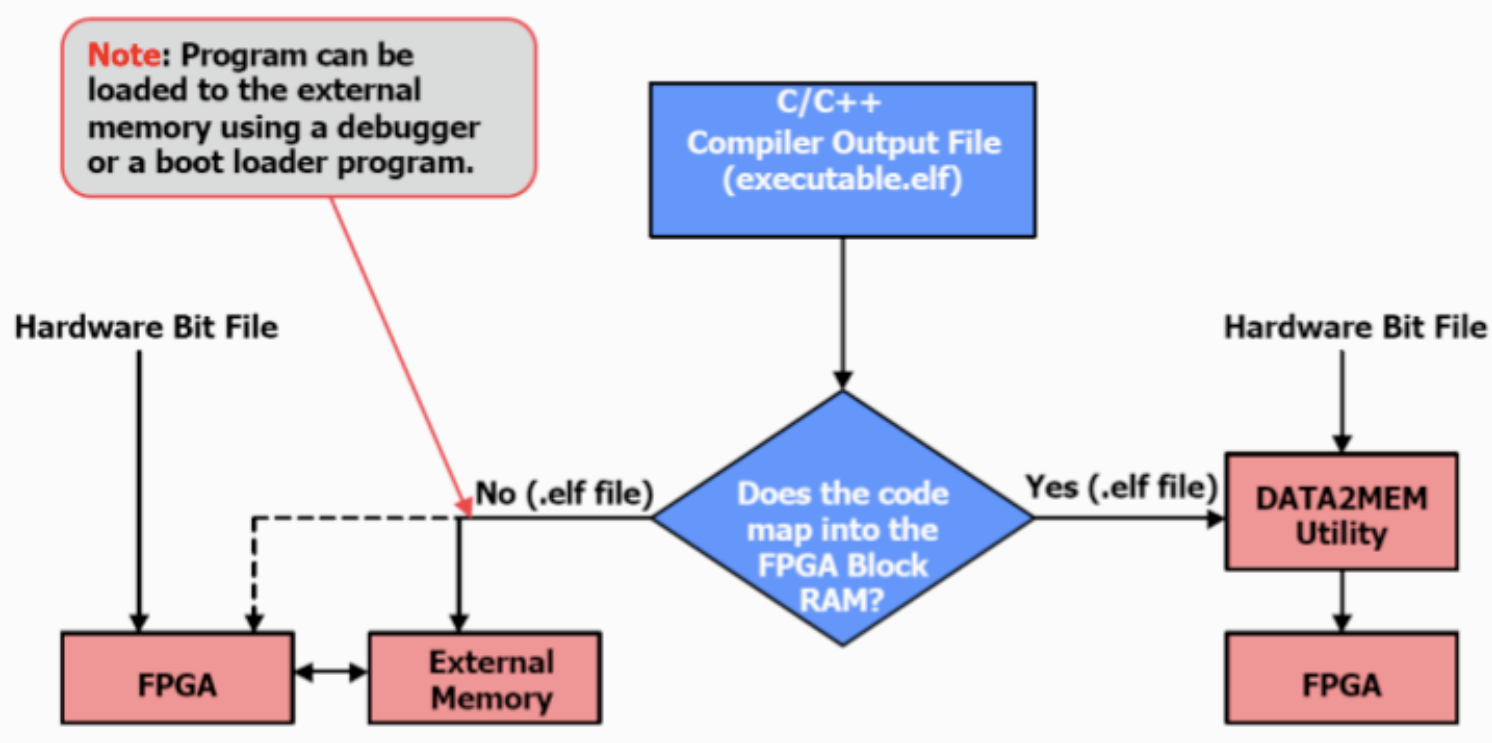
- Podemos simular el software con la herramienta de depuración que incluye EDK.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

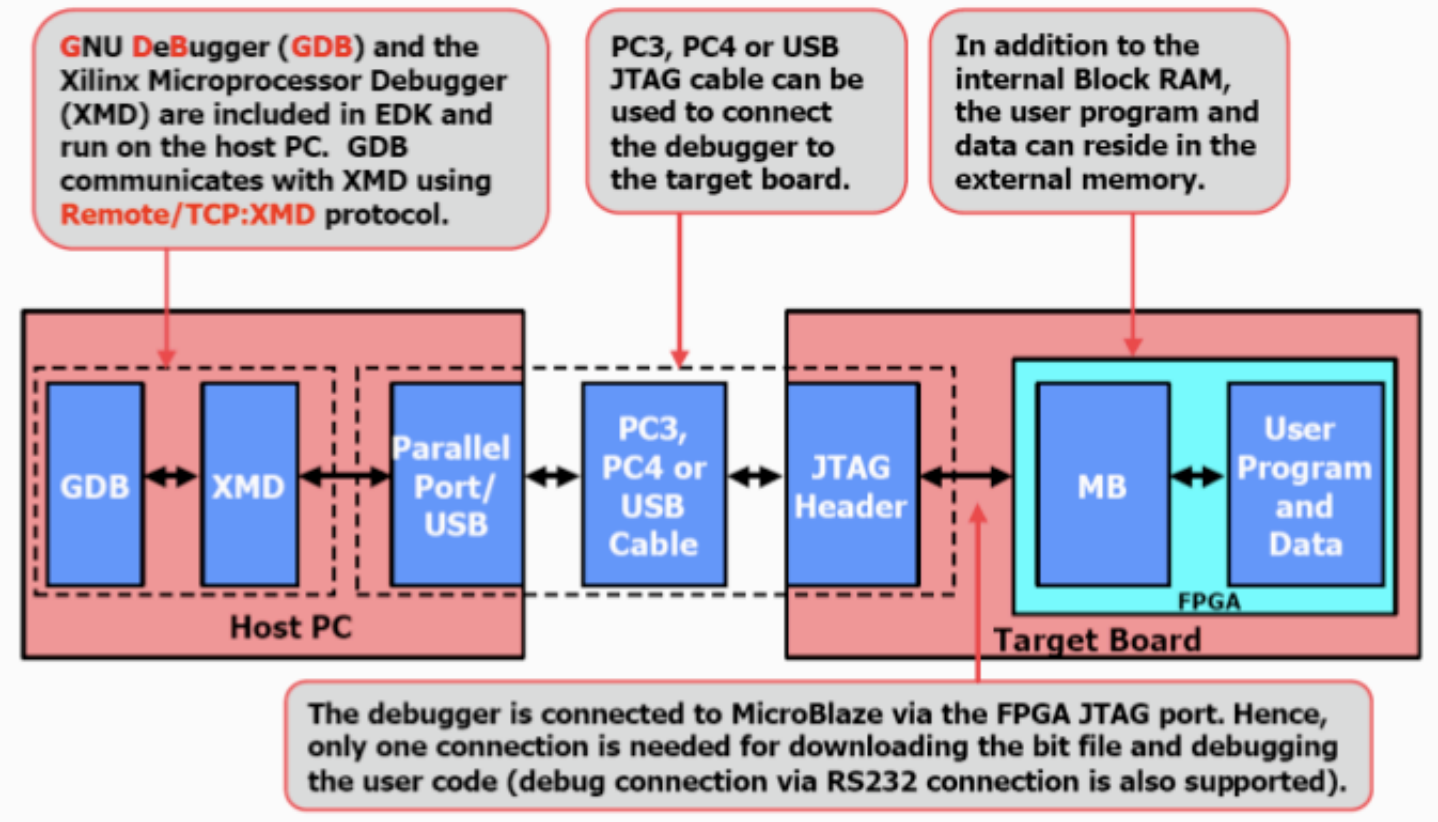
- Una vez desarrollados el hardware y el software del sistema empotrado debemos combinarlos para disponer de la aplicación completa y programar la FPGA.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

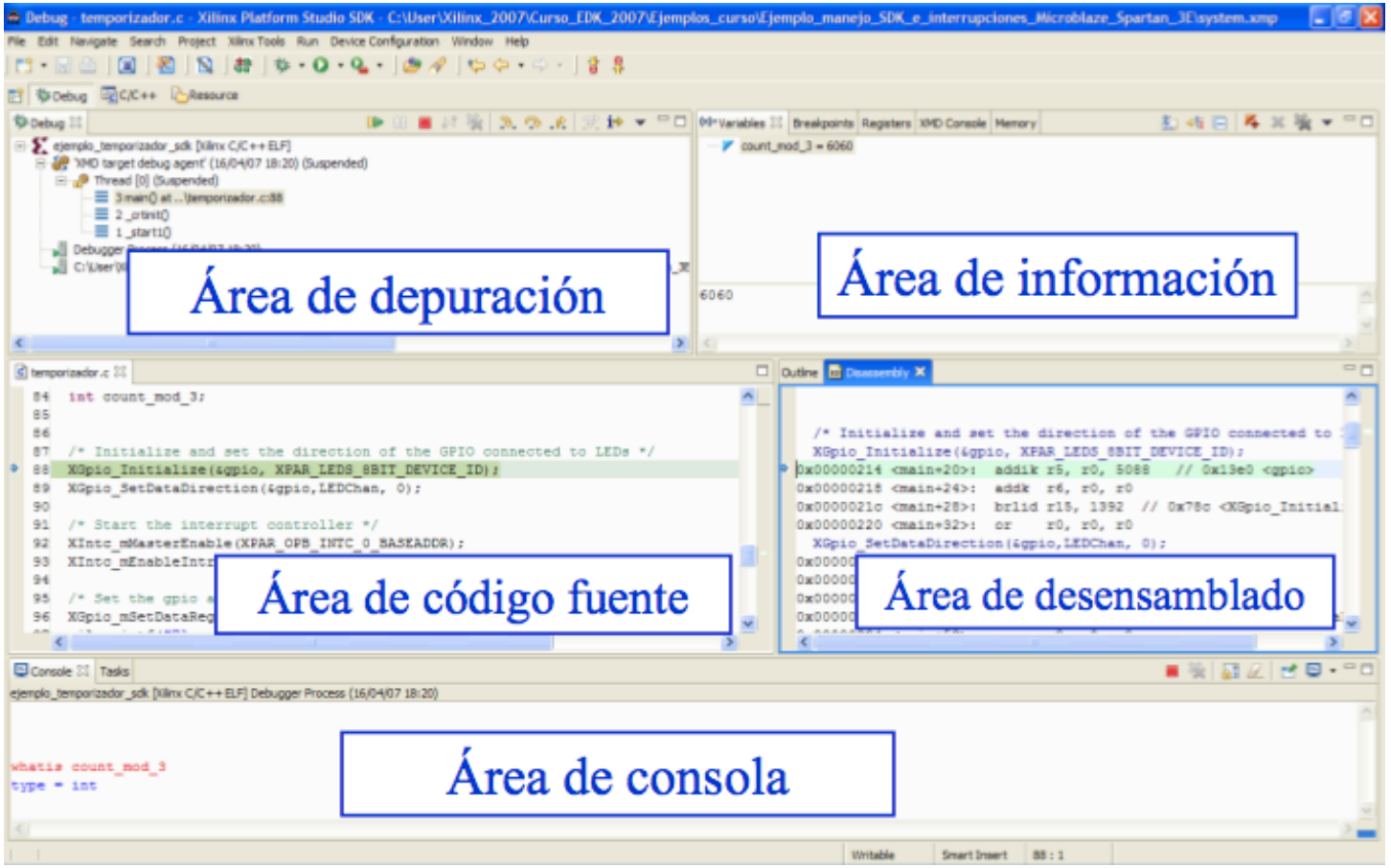
- Una vez empotrado el sistema en la FPGA podemos depurar el hardware y el software con GDB (GNU DeBugger).



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

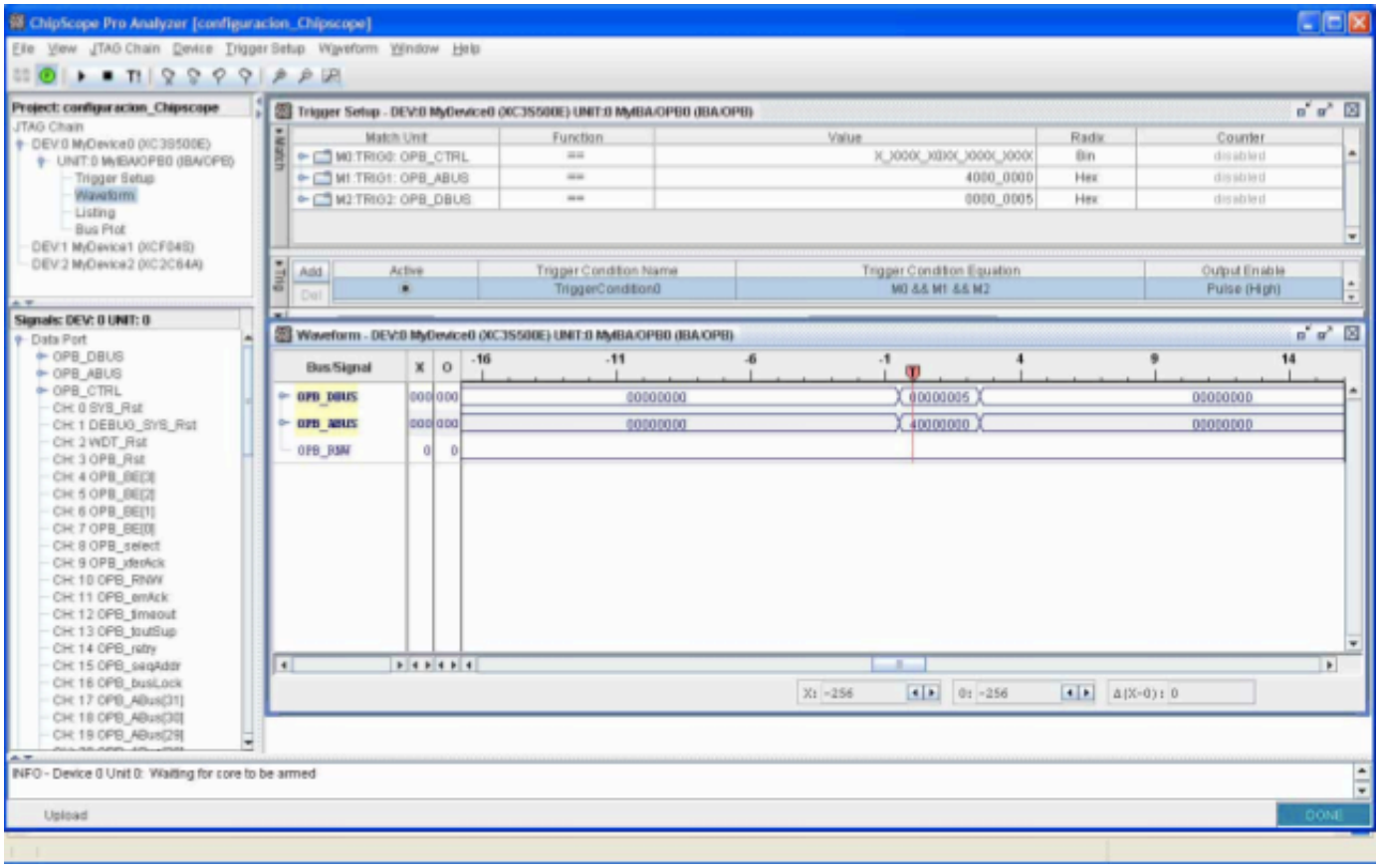
- Ventana de depuración del software en SDK.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

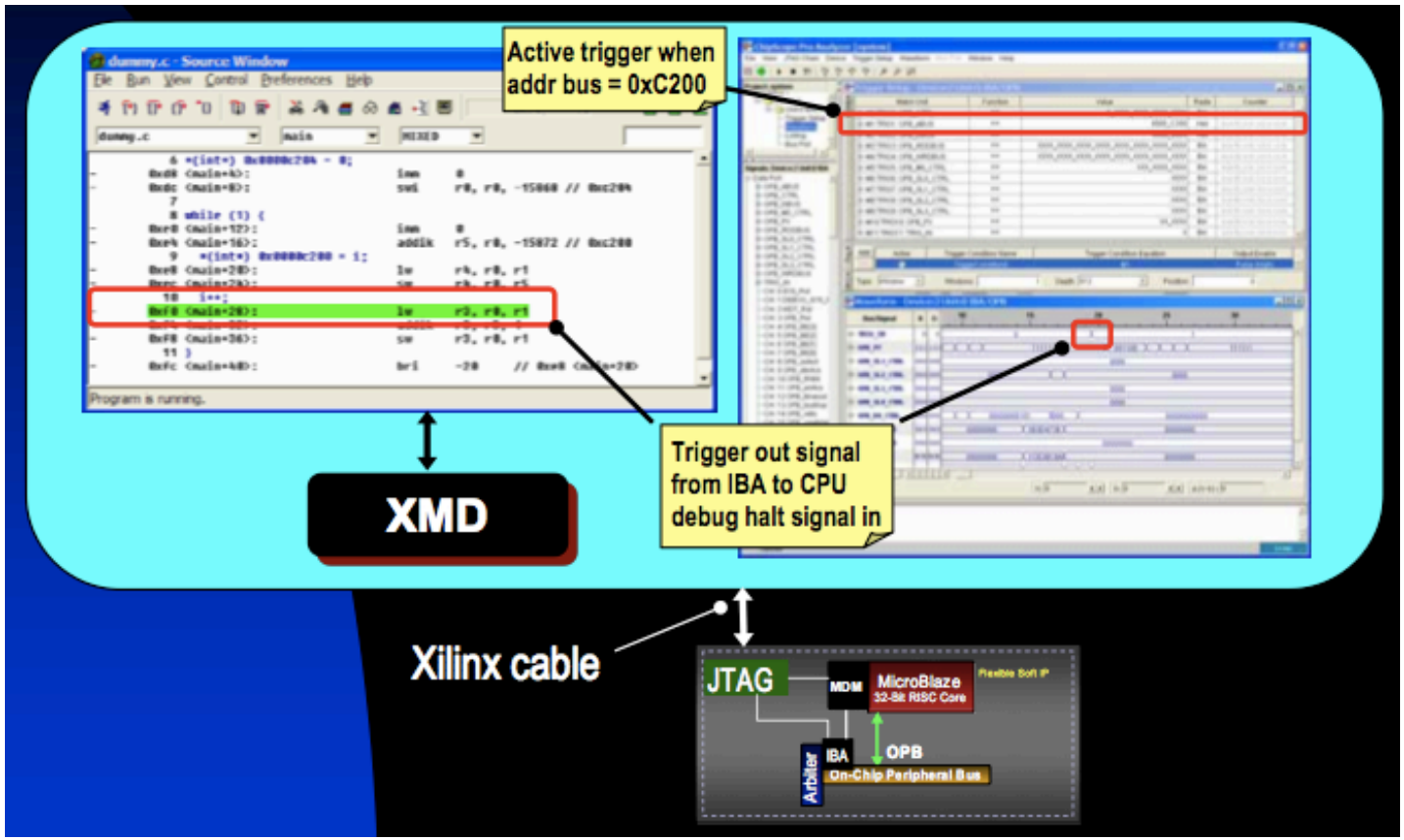
- Ventana de depuración del hardware mediante ChipScope.



Herramienta de diseño para MicroBlaze: EDK

Síntesis e implementación EDK

- Codepuración hardware-software mediante SDK y ChipScope.



Ejercicio

2

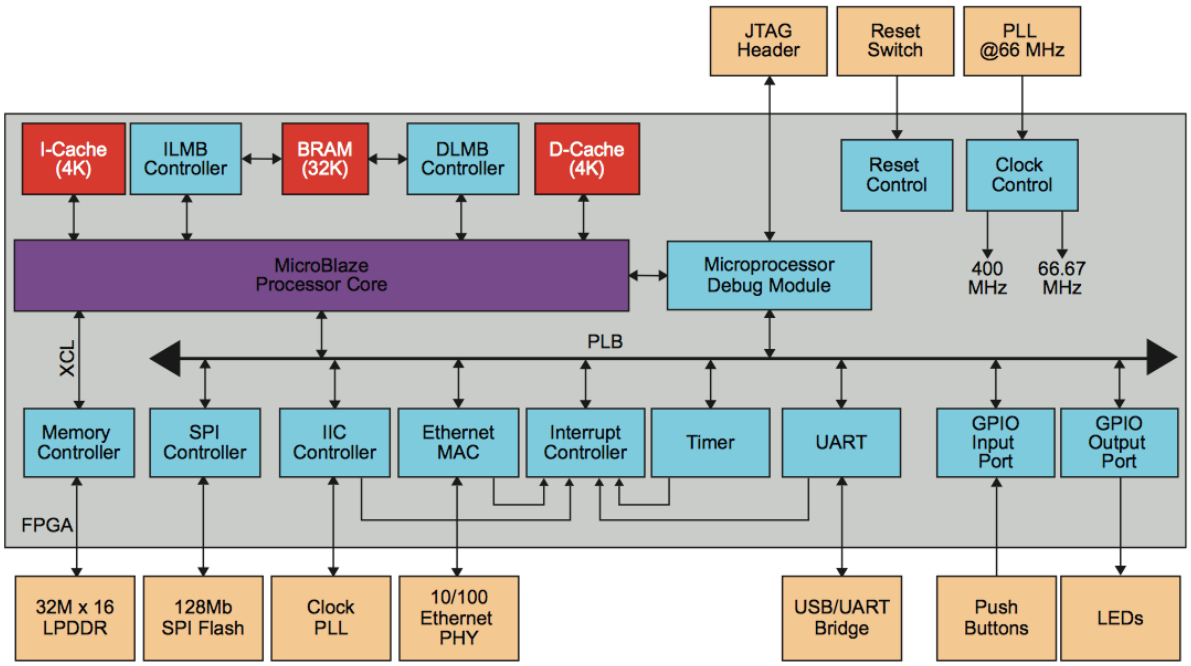
Creación de aplicaciones software

Una de las complejidades de empotrar MicroBlaze en una FPGA reside en conocer los periféricos que usamos para realizar la programación y acceso a los mismos.

Vamos en éste segundo ejercicio a crear una aplicación básica que nos permita acceder a cualquier periférico que queramos controlar con MicroBlaze. Usaremos XPS para generar la aplicación software, creando el archivo de programación que verificaremos de manera hardware. Así mismo, usaremos un linker script simple que nos permita automatizar todo el proceso.

El primer paso será crear un directorio, donde guardemos nuestros proyectos, con el nombre de éste ejercicio. Copiaremos todos los archivos del anterior ejercicio a éste directorio. Así no tendremos que generar de nuevo todo el hardware con el que vamos a trabajar, sólo crearemos el software.

Una vez realizado, abriremos XPS y el proyecto copiado. Bien desde EDK o desde el Explorador de Windows haciendo doble clic en system.xmp

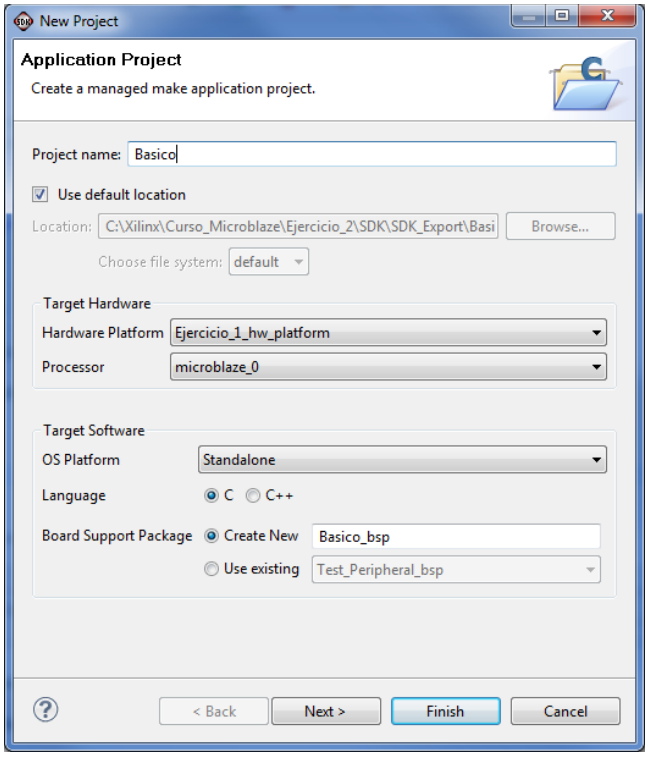


Creación aplicación software - SDK

Lanzamos desde EDK, al igual que hicimos en el Ejercicio 1, el hardware para trabajar en SDK. Un vez en SDK usamos la opción File->New->Application Project y le asignaremos un nombre a nuestro proyecto software (Basico).

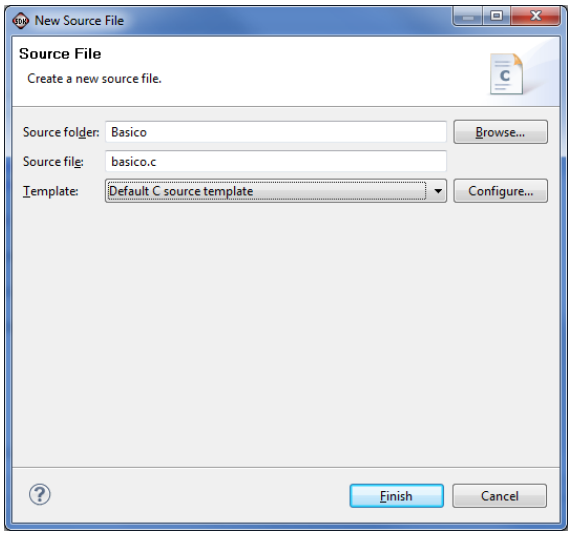
Teniendo cuidado con tener elegido el procesador correcto (microblaze_0) y seleccionando el hardware generado en el ejercicio anterior con EDK (Ejercicio_1_hw_platform).

En cuanto al soporte de la placa que estamos empleando (Board Support Package) podríamos emplear el generado anteriormente (Ejercicio_1_bsp_0) ya que no ha sido modificado, pero para conocer mejor la herramienta se va a generar uno nuevo con los archivos de soporte (Basico_bsp) de la tarjeta LX9 que se está empleando.



Una vez realizados estos pasos, le damos a Next y le decimos que nos cree una Aplicación Software Vacía puesto que vamos a ser nosotros quienes creemos el Programa Software (Empty Application).

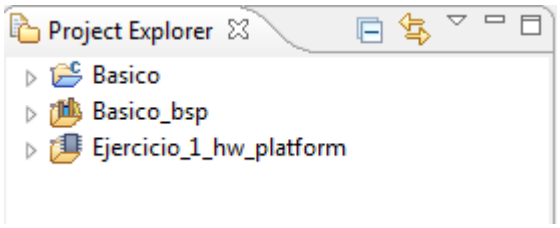
Con la opción File -> New->Source File, crearemos un archivo C donde podremos introducir nuestro código, para ello, debemos indicar el nombre del proyecto en el que deseamos incluir el archivo, el nombre del mismo (basico.c) y el lenguaje que se va a emplear para su programación (C).



El primer paso, es añadir los archivos de librerías con los cuales vamos a trabajar. Todos éstos archivos los encontramos en la carpeta del proyecto Board Package Support (Basico_bsp \microblaze_0\include).

Por tanto, se pueden eliminar de la ventana de Project Explorer los proyectos que no vamos a emplear en este ejercicio conservando el proyecto donde vamos a realizar la programación (Basico), el de soporte de la tarjeta (Basico_bsp) y el hardware que generamos en el Ejercicio 1 y que vamos a emplear en este caso (Ejercicio_1_hw_platform).

Pinchar sobre cada uno de ellos y con el botón derecho usar la opción Delete. Tiene que quedarnos algo como lo de esta imagen.

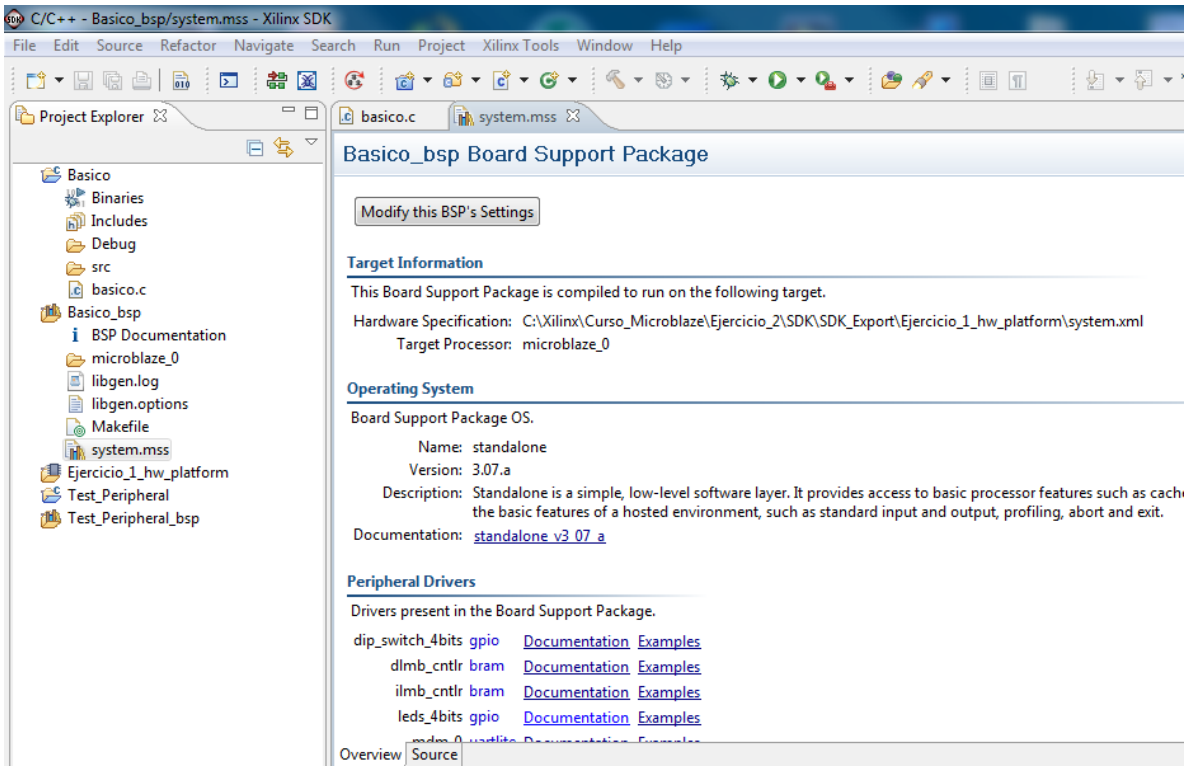


Para éste ejercicio, incluiremos las librerías xparameters y xgpio.

```
1  #include "xparameters.h"
2  #include "xgpio.h"
```

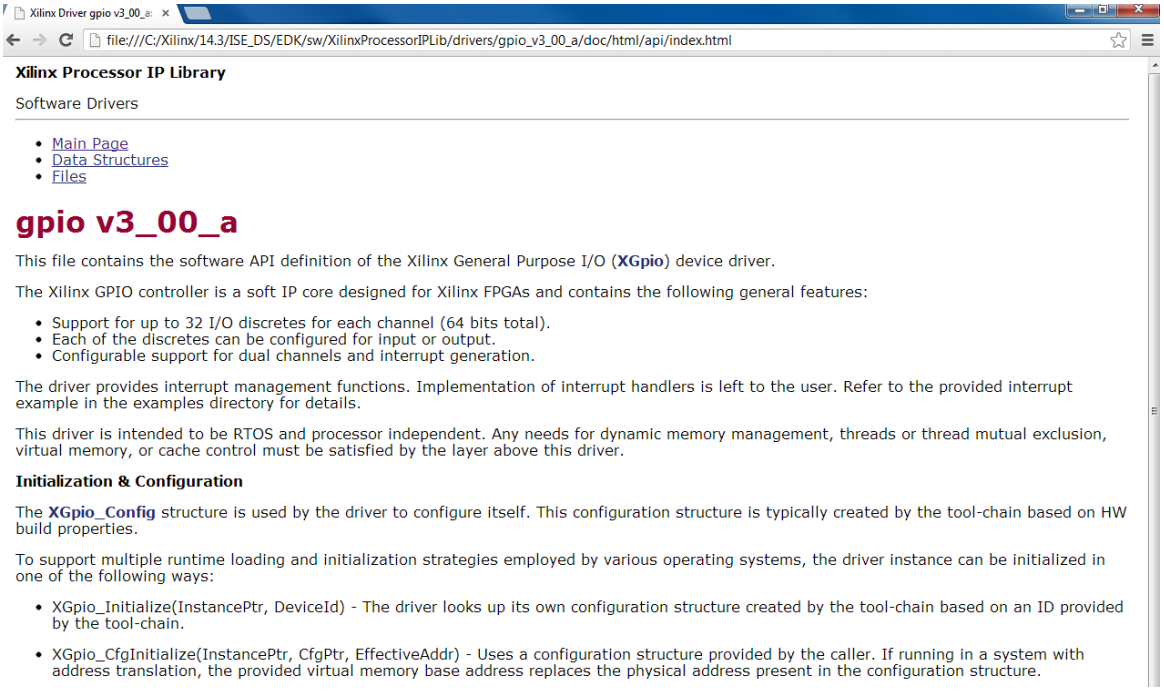
El siguiente paso es conocer como se puede inicializar un periférico, si no lo hacemos, el microprocesador no sabrá sobre que periférico se está actuando. Si queremos usar los LEDs, podemos navegar en la pestaña Project Explorer, dentro de Basico_bsp clicando sobre el archivo system.mss, en el apartado Peripheral Drivers seleccionar leds_4bits gpio Documentation.

A continuación, se abrirá en el navegador una página con la descripción de la API del periférico GPIO.



En ésta documentación encontramos todos los recursos para poder actuar sobre el soft IP core diseñado por Xilinx que nos permite acceder al periférico.

En la ventana que se ha abierto en el navegador seleccionamos Files.



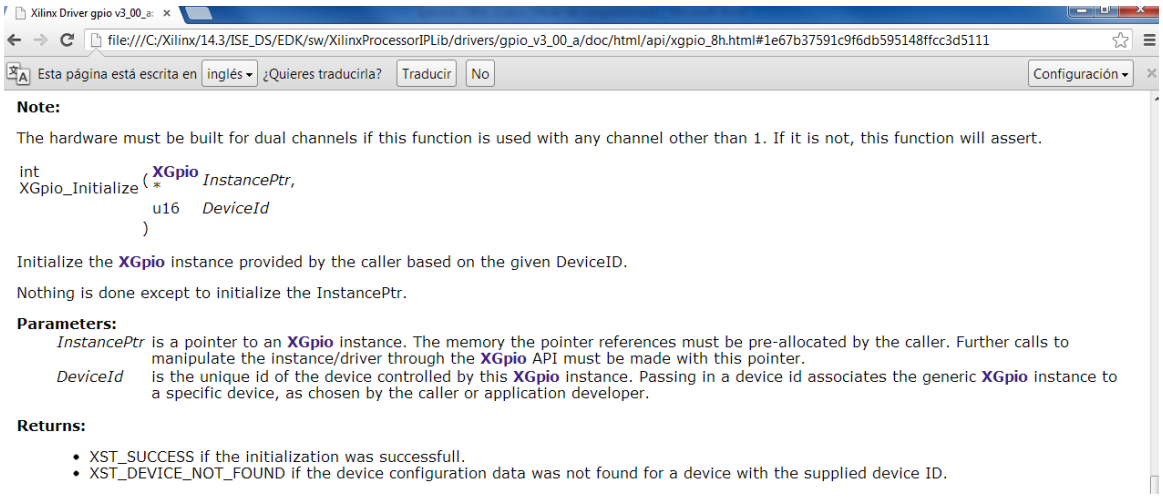
A continuación, seleccionamos el archivo xgpio.h

Si vamos al apartado Functions podremos ver la lista de funciones que podemos usar.

Functions

int	**XGpio_Initialize** (**XGpio** *InstancePtr, u16 DeviceId)
XGpio_Config *	**XGpio_LookupConfig** (u16 DeviceId)
int	**XGpio_CfgInitialize** (**XGpio** *InstancePtr, **XGpio_Config** *Config, u32 EffectiveAddr)
void	**XGpio_SetDataDirection** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel, u32 DirectionMask)
u32	**XGpio_GetDataDirection** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel)
u32	**XGpio_DiscreteRead** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel)
void	**XGpio_DiscreteWrite** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel, u32 Mask)
void	**XGpio_DiscreteSet** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel, u32 Mask)
void	**XGpio_DiscreteClear** (**XGpio** *InstancePtr, unsigned Channel, u32 Mask)
int	**XGpio_SelfTest** (**XGpio** *InstancePtr)
void	**XGpio_InterruptGlobalEnable** (**XGpio** *InstancePtr)
void	**XGpio_InterruptGlobalDisable** (**XGpio** *InstancePtr)
void	**XGpio_InterruptEnable** (**XGpio** *InstancePtr, u32 Mask)
void	**XGpio_InterruptDisable** (**XGpio** *InstancePtr, u32 Mask)
void	**XGpio_InterruptClear** (**XGpio** *InstancePtr, u32 Mask)
u32	**XGpio_InterruptGetEnabled** (**XGpio** *InstancePtr)
u32	**XGpio_InterruptGetStatus** (**XGpio** *InstancePtr)

Como lo primero que queremos es inicializar nuestra conexión con el periférico, debemos usar las funciones de XGpio_Initialize().



Note:

The hardware must be built for dual channels if this function is used with any channel other than 1. If it is not, this function will assert.

```
int
XGpio_Initialize ( XGpio * InstancePtr,
                   u16     DeviceId
                 )
```

Initialize the **XGpio** instance provided by the caller based on the given DeviceID.

Nothing is done except to initialize the InstancePtr.

Parameters:

InstancePtr is a pointer to an **XGpio** instance. The memory the pointer references must be pre-allocated by the caller. Further calls to manipulate the instance/driver through the **XGpio** API must be made with this pointer.

DeviceId is the unique id of the device controlled by this **XGpio** instance. Passing in a device id associates the generic **XGpio** instance to a specific device, as chosen by the caller or application developer.

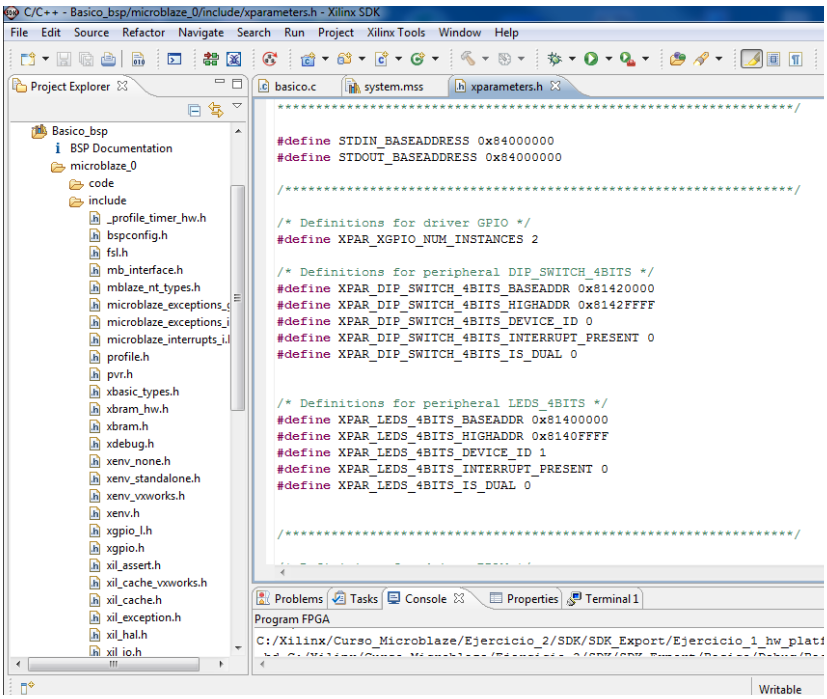
Returns:

- XST_SUCCESS if the initialization was successfull.
- XST_DEVICE_NOT_FOUND if the device configuration data was not found for a device with the supplied device ID.

Contiene una detallada descripción de la función XGpio_Initialize(). Hay 2 parámetros que debemos configurar:

- InstancePtr: pondremos (&gp_out) que define una variable de tipo puntero que nos permite acceder a éste periférico.
- DeviceId: pondremos (XPAR_LEDS_4BITS_DEVICE_ID) que es la identificación de nuestro dispositivo.

Para encontrar ésta identificación, es necesario acudir a xparameters.h. Podemos abrirla en la ruta Basico_bsp -> microblaze_0 -> include en la pestaña Project Explorer



Por tanto, nuestro código debería tener este aspecto en este punto:

```
#include "xparameters.h"
#include "xgpio.h"

int main(void)
{
    XGpio gp_out;

    XGpio_Initialize(&gp_out, XPAR_LEDS_4BITS_DEVICE_ID);
```

Para definir todos los bits del bus de conexión con los LEDs como salidas, deberemos añadir la siguiente línea:

XGpio_SetDataDirection (&gp_out, 1, 0x0)

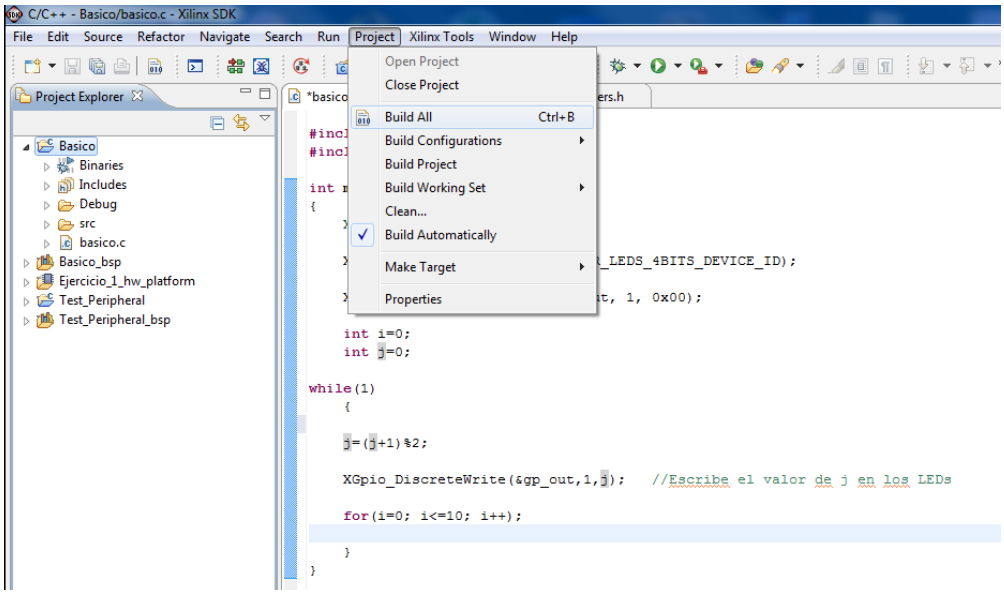
Buscar la documentación y entender la línea.

Una vez realizado lo anterior, ya podemos implementar cualquier función en C estándar. En éste caso, vamos a crear un simple contador que nos permita recorrer los LEDs encendiéndolos de uno en uno.

```
#include "xparameters.h"
#include "xgpio.h"

int main(void)
{
    XGpio gp_out;

    XGpio_Initialize(&gp_out, XPAR_LEDS_4BITS_DEVICE_ID);

    XGpio_SetDataDirection (&gp_out, 1, 0x00);

    int i=0;
    int j=0;

while(1)
    {

    j=(j+1)%2;

    XGpio_DiscreteWrite(&gp_out,1,j);   //Escribe el valor de j en los LEDs

    for(i=0; i<=10; i++);

    }
}
```

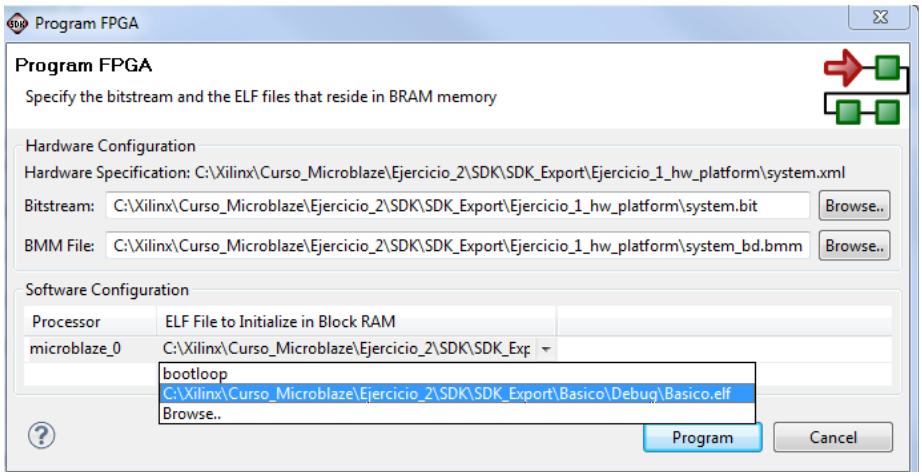
Fijaros en la nueva función usada XGpio_DiscreteWrite(), comprender lo que hace.

Ya estamos en disposición de compilar nuestro primer programa. Usaremos la opción Software -> Build All.



Podemos observar en la ventana de la consola el tamaño que ocupa nuestro ejecutable.

Ahora ya tenemos lo necesario para programar la FPGA y ver como funciona nuestro código. Para ello debemos seleccionar el Bitstream y el BMM File generados en el hardware del Ejercicio 1 que hemos copiado a nuestro proyecto Ejercicio_2 y el software generado para este segundo ejercicio (Basico.elf).



¿Es correcto el funcionamiento? ¿La temporización es la adecuada? Si no es así, modificar el código para que veamos como se recorren los LEDs.

Crear un nuevo Proyecto en C basado en la plataforma hardware y software ya creadas para mostrar en los LEDs el estado de los interruptores. ¿Qué tendréis que modificar del siguiente código para que funcione?

```
#include "xparameters.h"
#include "xgpio.h"
#include "xutil.h"


int main(void)
{
    XGpio interruptor;

    int i, estado_interruptor;

    //define los LEDs


    xil_printf("-- Inicio de programa --\r\n");

    XGpio_Initialize(&interruptor, XPAR_DIP_SWITCH_4BITS_DEVICE_ID);
    XGpio_SetDataDirection(&interruptor, 1, 0xff);

    // inicializa y dale la dirección a los LEDs


while(1)
    {
    // lee el estado de los interruptores


    // delay para controlar el tiempo de envío por terminal
    for (i=0; i<1000000; i++)
    // muestra el estado de los pulsadores en los LEDs
    XGpio_DiscreteWrite(&LEDs4_Bit, 1, estado_interruptor);
    }
}
```

Ejercicio

3

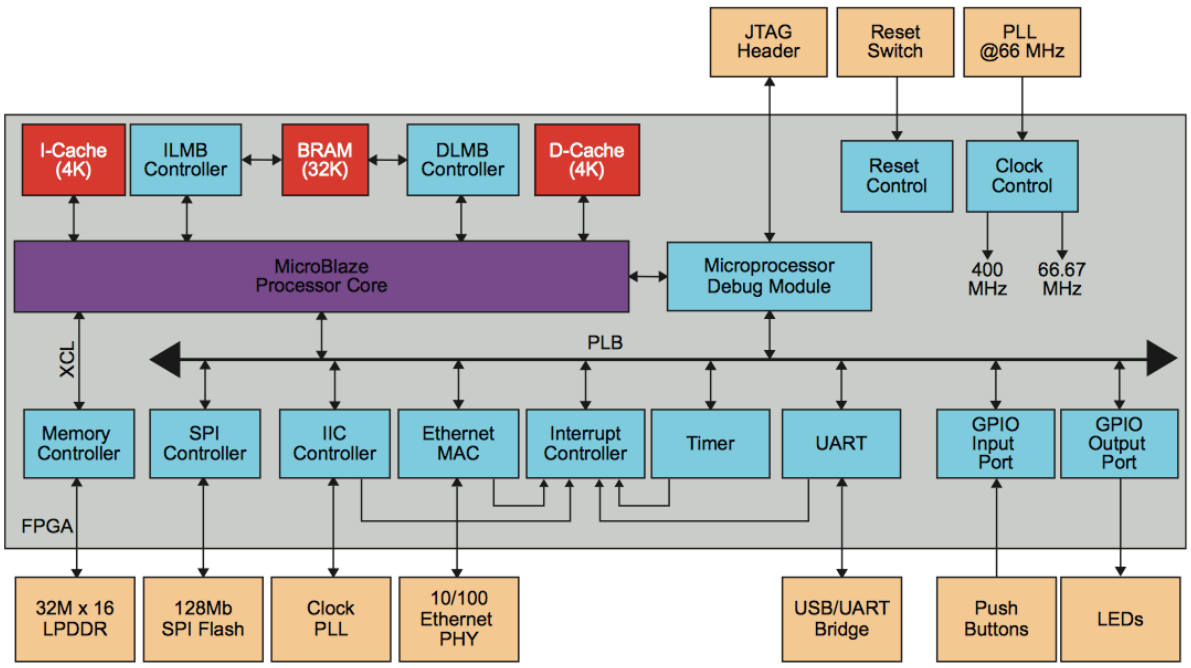
Configuración periféricos GPIO

En este cuarto diseño con MicroBlaze vamos a crear un sistema empotrado hardware configurando periféricos GPIO (General Purpose Input Output).

El desarrollo de este ejercicio nos llevará a crear un diseño hardware con MicroBlaze utilizando de nuevo BSB pero añadiendo y configurando los periféricos GPIO. Crearemos 2 GPIO para la lectura de los interruptores y un pulsador externo y 1 GPIO más para la escritura en los LEDs.

Todo ello lo mostraremos en Terminal por el Puerto Serie de la placa de desarrollo LX9. Así mismo, crearemos una aplicación software para gestionar estos periféricos.

El diagrama de bloques que tendrá esta aplicación es el siguiente.

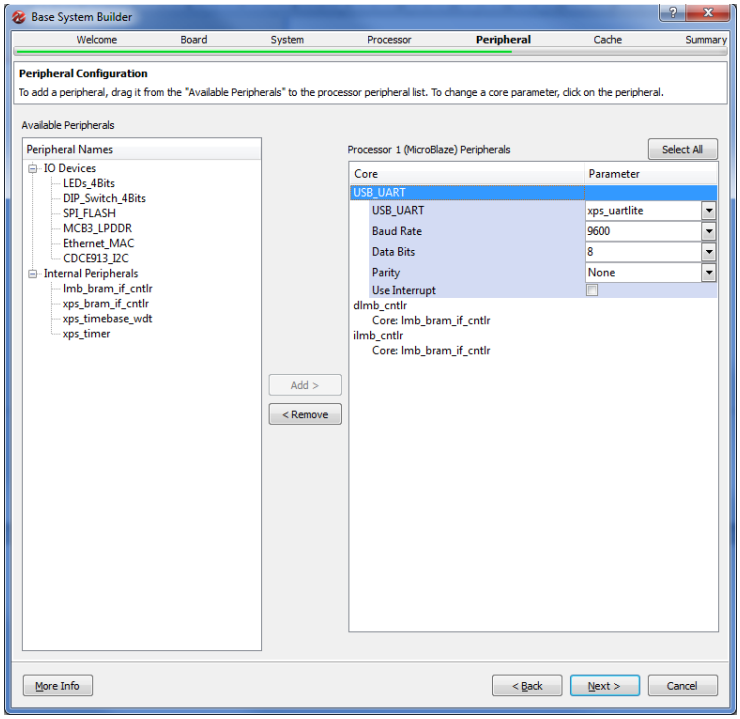


Creación sistema empotrado

Siguiendo los pasos del Ejercicio_1, creamos un nuevo proyecto con el nombre Ejercicio_4. Definiendo Microblaze como nuestro microprocesador empotrado, la misma placa de desarrollo usada anteriormente, la misma frecuencia y el mismo tamaño de memoria BRAM.

En este caso también usaremos el puerto USB_UART, mientras que desactivaremos la selección de los periféricos (LEDs y Switches). Igualmente, desactivaremos el uso de la SPI Flash, de la DDR SDRAM y de Ethernet.

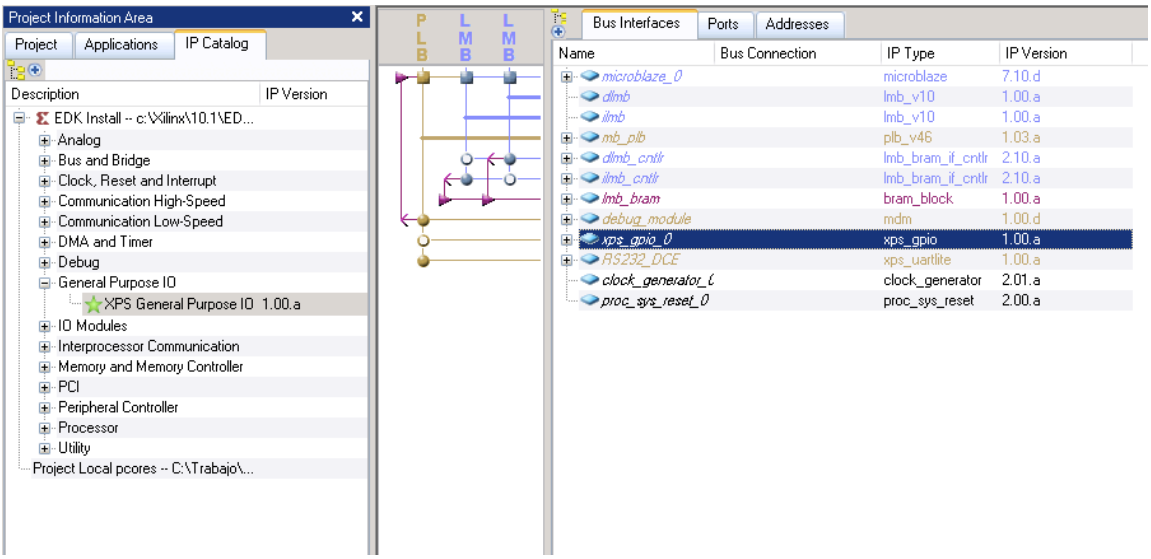
Debemos obtener lo siguiente y finalizamos la generación de nuestro sistema empotrado.

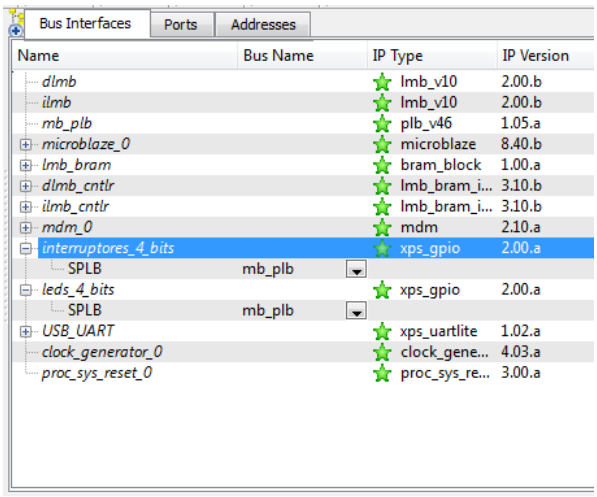


Una vez abierto el entorno XPS con el nuevo proyecto creado, implementar el hardware con la opción Hardware -> Generate Bitstream para comprobar que no tenemos ningún error.

Ahora es el momento de añadir un nuevo periférico a nuestro sistema empotrado. Vamos a conectar los interruptores de 4 bits de la placa LX9. Se tratan como GPIO (XPS General Purpose IO).

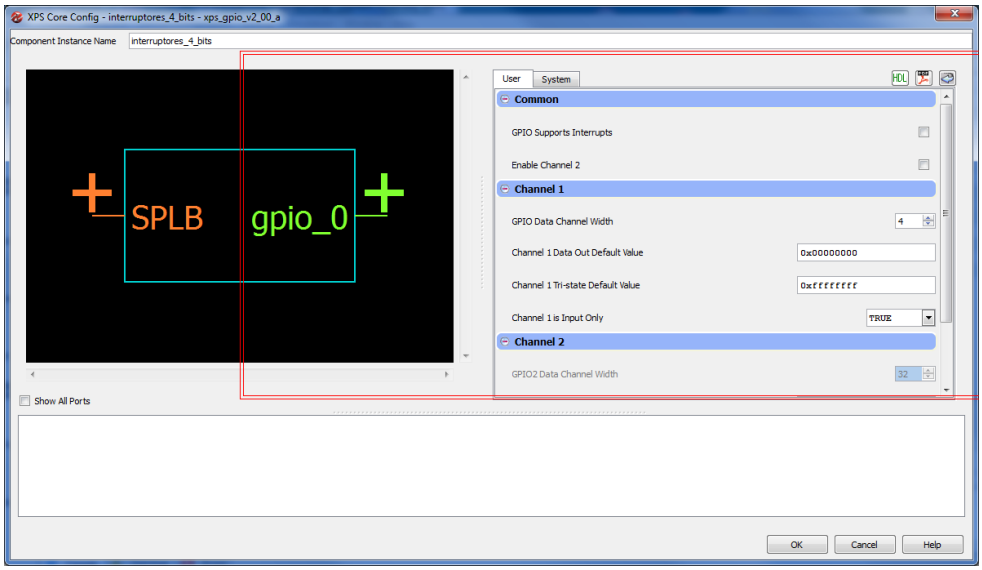
Para ello, hacemos doble click sobre su nombre en la pestaña IP Catalog y lo añadimos a nuestro sistema empotrado. Le llamaremos interruptores_4_bits.

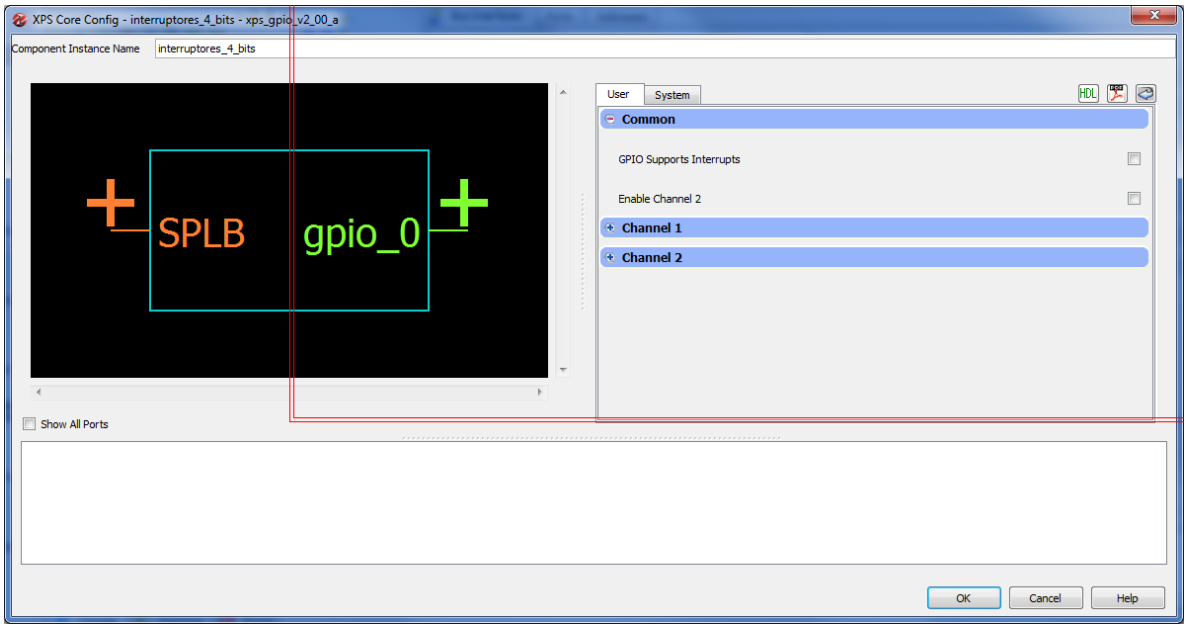




Ahora vamos a configurar los parámetros del periférico creado. Para ello, pinchamos dos veces sobre su nombre y abrimos el cuadro de diálogo correspondiente.

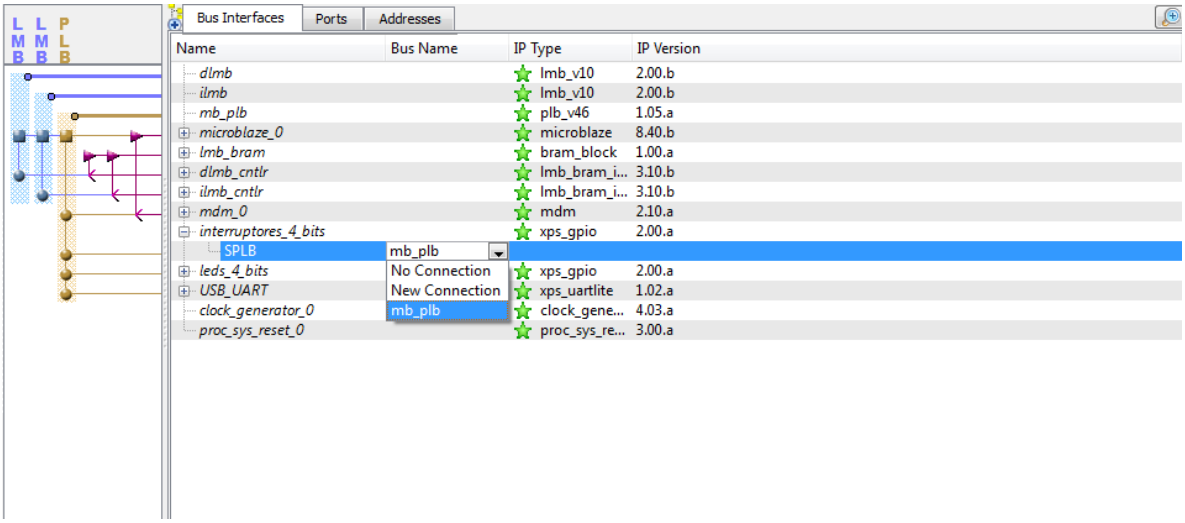
En la pestaña USER desplegamos las opciones del Channel 1 y seleccionamos un tamaño de bus de 4 bits y lo configuramos como solo entrada.



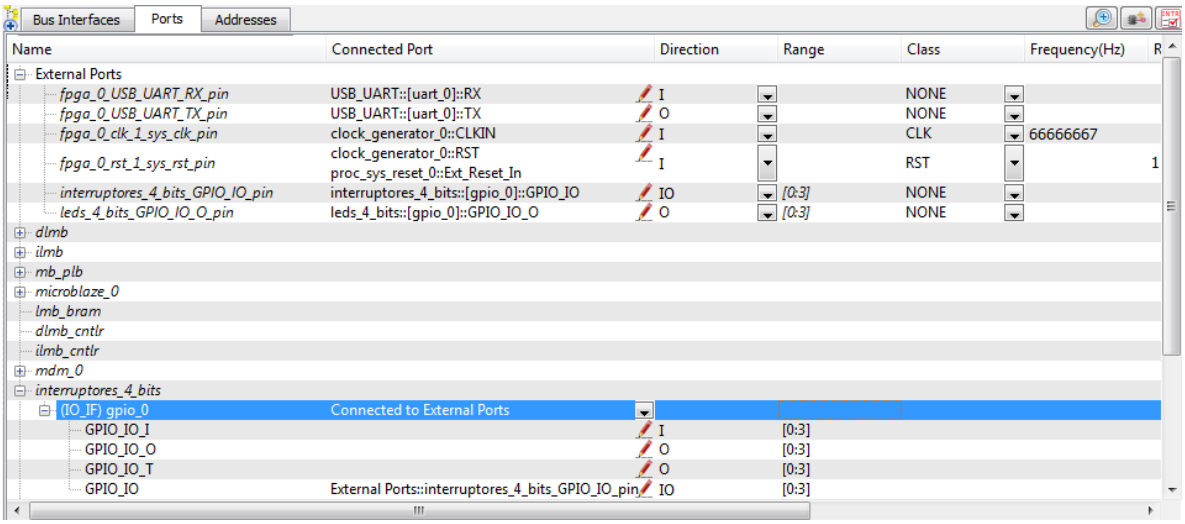


De la pestaña Channel 2 podemos dejar los valores por defecto puesto que dicho canal no se utiliza.

Ahora conectamos el periférico creado al bus PLB.



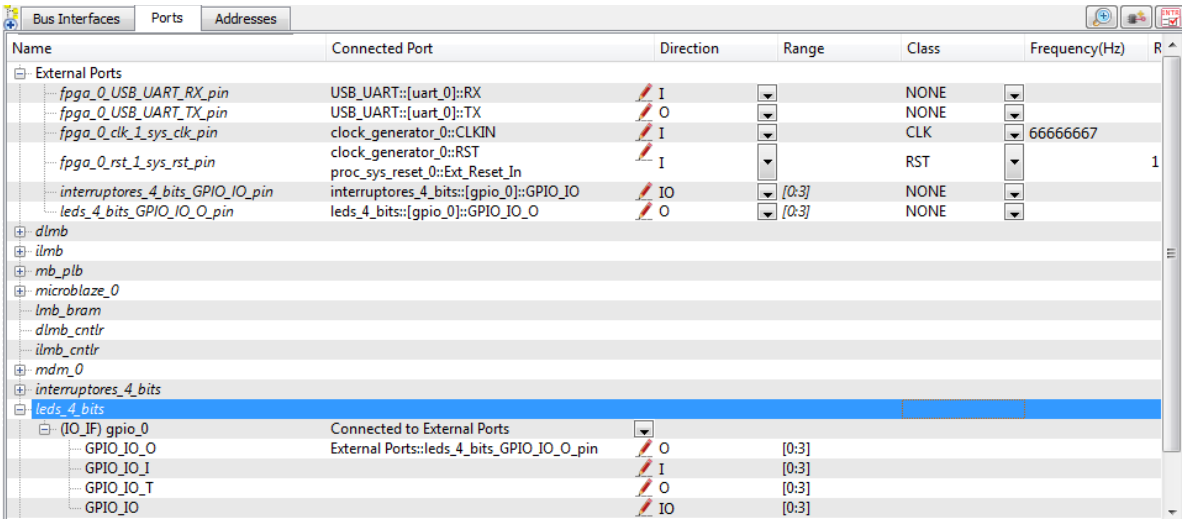
Conectamos las entradas del periférico a las señales interruptores_4_bits_GPIO_IO_pin y las definimos como externas en GPIO_IO.



El siguiente periférico a añadir y controlar, siguiendo los mismos pasos indicados anteriormente, serán los cuatro LEDs de la placa LX9. Le llamaremos leds_4_bits.

En este caso el tamaño del bus también será de 4 bits. Así mismo, definiremos el Channel 1 como FALSE al ser un periférico de salida.

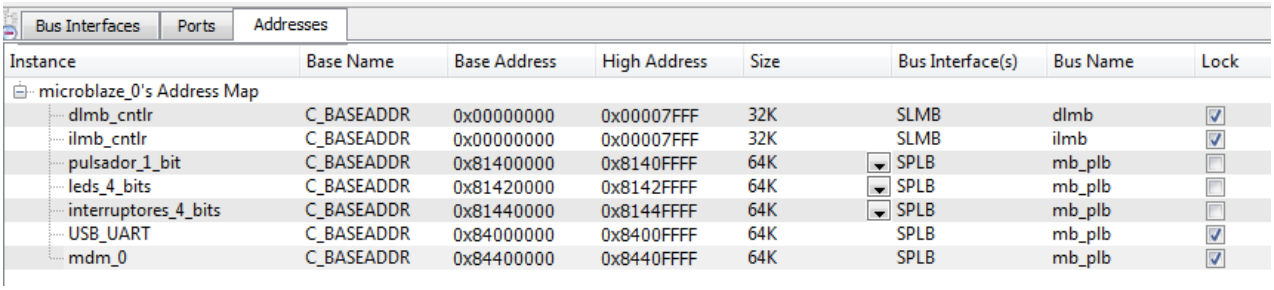
Por último, conectamos las salidas del periférico (GPIO_IO_O) a las señales leds_4_bits_GPIO_IO_O_pin y las definimos como externas.



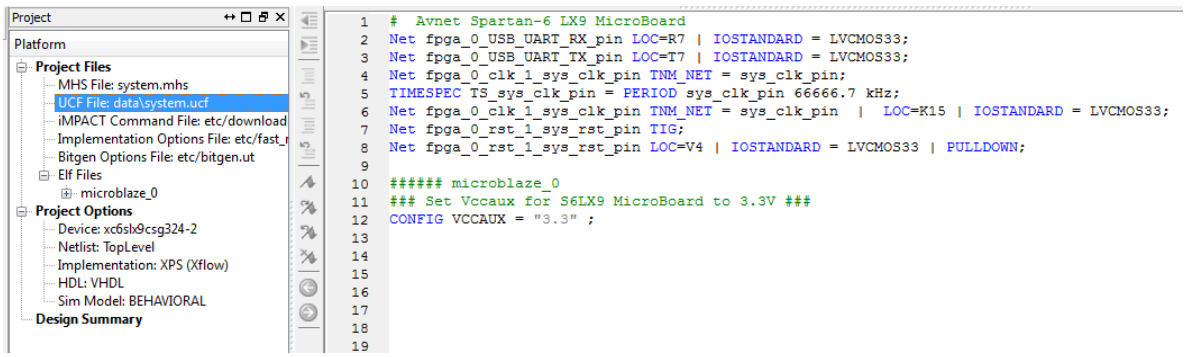
Hacemos los mismos pasos para agregar el pulsador de la tarjeta, en este caso vamos a usar uno de los PMODs externos de la placa. Colocaremos un cable en dicho pin y dándole alimentación o llevándolo a masa lo usaremos de pulsador. Le llamaremos pulsador_1_bit.

Estos nuevos periféricos no tienen asignada una dirección de memoria. Por tanto, debemos ir a la pestaña Addresses y bloquear las direcciones asignadas a los periféricos iniciales de nuestro sistema empotrado.

Pinchamos en Generate Addresses (icono que se encuentra en la pestaña Adresses en la parte superior derecha) y aparecerán las direcciones de nuestros nuevos periféricos.



Ahora debemos añadir los periféricos a nuestro archivo de restricciones para definir la asignación de los terminales externos. Abrimos el archivo system.ucf que se encuentra en la pestaña Project -> Project Files.



Para ello, debemos asignar los terminales de los periféricos. Podéis verlos en el datasheet de la PCB (xlx_s9_lx9_fpga_microboard-ug072711.pdf) y su definición (Avt_S6LX9_MicroBoard_UCF_110804.ucf) en el archivo anterior que tenéis colgado en el Aula Virtual.

2.6 User Interfaces

2.6.1 User LEDs

Four discrete "high-brightness, low Vf" LEDs are installed on the board and can be used to display the status of the internal logic. These LEDs are attached as shown below and are lit by forcing the associated FPGA I/O pin to a logic '1' and are off when the pin is either low (0) or not driven.

Net Name	Reference	FPGA Pin#
FPGA_GPIO_LED1	D2	P4
FPGA_GPIO_LED2	D3	L6
FPGA_GPIO_LED3	D9	F5
FPGA_GPIO_LED4	D10	C2

Table 11 – LED Pin Assignments

2.6.2 Four configurable FPGA user DIP switches (Tyco 1571983-4)

FPGA DIP switch	FPGA Pin#
FPGA_DIP1	B3
FPGA_DIP2	A3
FPGA_DIP3	B4
FPGA_DIP4	A4

Table 12 – FPGA DIP Switches

Please note that internal pulldowns are required for these pins.

2.5 User I/O and Expansion Connectors

2.5.1 Peripheral Module (PMOD)

Two 12-pin (2 x 6 female) Peripheral Module (PMOD) headers (J4, J5) are interfaced to the FPGA, with each header providing 3.3 V power, ground, and eight I/O's. These headers may be utilized as general-purpose I/Os or may be used to interface to PMODs. J4 and J5 are placed in close proximity (0.9"-centers) on the PCB in order to support dual PMODs. Table 9 and Table 10 provide the connector and FPGA pinout. For Digilent PMODs see: http://www.digilentinc.com/pmods

FPGA Pin #	I/O Signal	Connector Pin #	Connector Pin #	I/O Signal	FPGA pin #
H12	FPGA_PMOD2_P1	1	7	FPGA_PMOD2_P7	K12
G13	FPGA_PMOD2_P2	2	8	FPGA_PMOD2_P8	K13
E16	FPGA_PMOD2_P3	3	9	FPGA_PMOD2_P9	F17
E18	FPGA_PMOD2_P4	4	10	FPGA_PMOD2_P10	F18
-	**GND**	5	11	**GND**	-
-	**+3.3V_LS1**	6	12	**+3.3V_LS1**	-

Table 9 – Peripheral Module Connections – J4

Observar bien la figura siguiente para saber como hacer un '0' y un '1' con el PMOD usando sus pines de 3V3 y GND.

El nombre que debemos poner a los terminales debe coincidir con el que aparece en la sección Ports del archivo system.mhs. Mirar como se definen los pines para saber cual es el primero, el segundo…

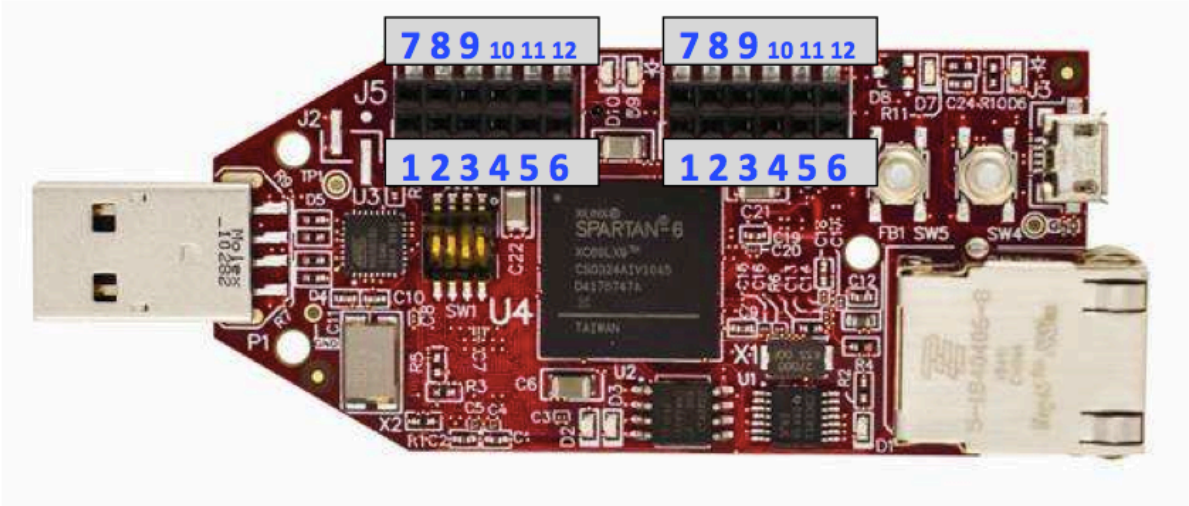


Figure 8 – PMOD Connector Pinout

Ahora debemos implementar de nuevo el hardware para añadir a nuestro sistema empotrado los nuevos periféricos y comprobar que no hay errores (Hardware -> Generate Bitstream)

Para poder usar estos periféricos y comprobar que nuestra aplicación funciona correctamente, es necesario crear una nueva aplicación software. Las opciones referidas al desarrollo del software para el sistema empotrado son accesibles a través de la opción Project -> Export Hardware Design to SDK…

En SDK seguimos los pasos de los anteriores Ejercicios para crear una Board Support Package referida al nuevo hardware creado y un archivo de Proyecto en C donde escribir nuestro código.

Añadimos el fichero fuente pulsando el botón derecho sobre el nombre de nuestro proyecto y seleccionamos New->Source File, se indica el nombre del proyecto (uso_perifericos), el nombre del archivo (control_perifericos.c) y el lenguaje que se va a emplear para su programación (C).

Debemos realizar un programa que lea el estado de los interruptores cuando "apretemos" el pulsador y muestre dicho valor en los LEDs y en Terminal. El valor debe permanecer fijo hasta que modifiquemos el mismo en los interruptores y volvamos a "apretar" el pulsador.