# Sistemas Críticos

## Tema 2:
## *FreeRTOS*

Lección 5:
*Port* de *FreeRTOS* al *Zynq Processing System* de la *Zybo*

Jesús González Peñalver

# Contenidos

Tema 2: *FreeRTOS*

- Creación de un BSP para nuestra plataforma
- *Port* de *FreeRTOS* al *Zynq Processing System* de la *Zybo*
- Uso del *port* de *FreeRTOS*
- Generación del *First Stage Boot Loader*
- Preparación de la imagen de arranque

# Usaremos el mismo diseño que usamos para *Linux*

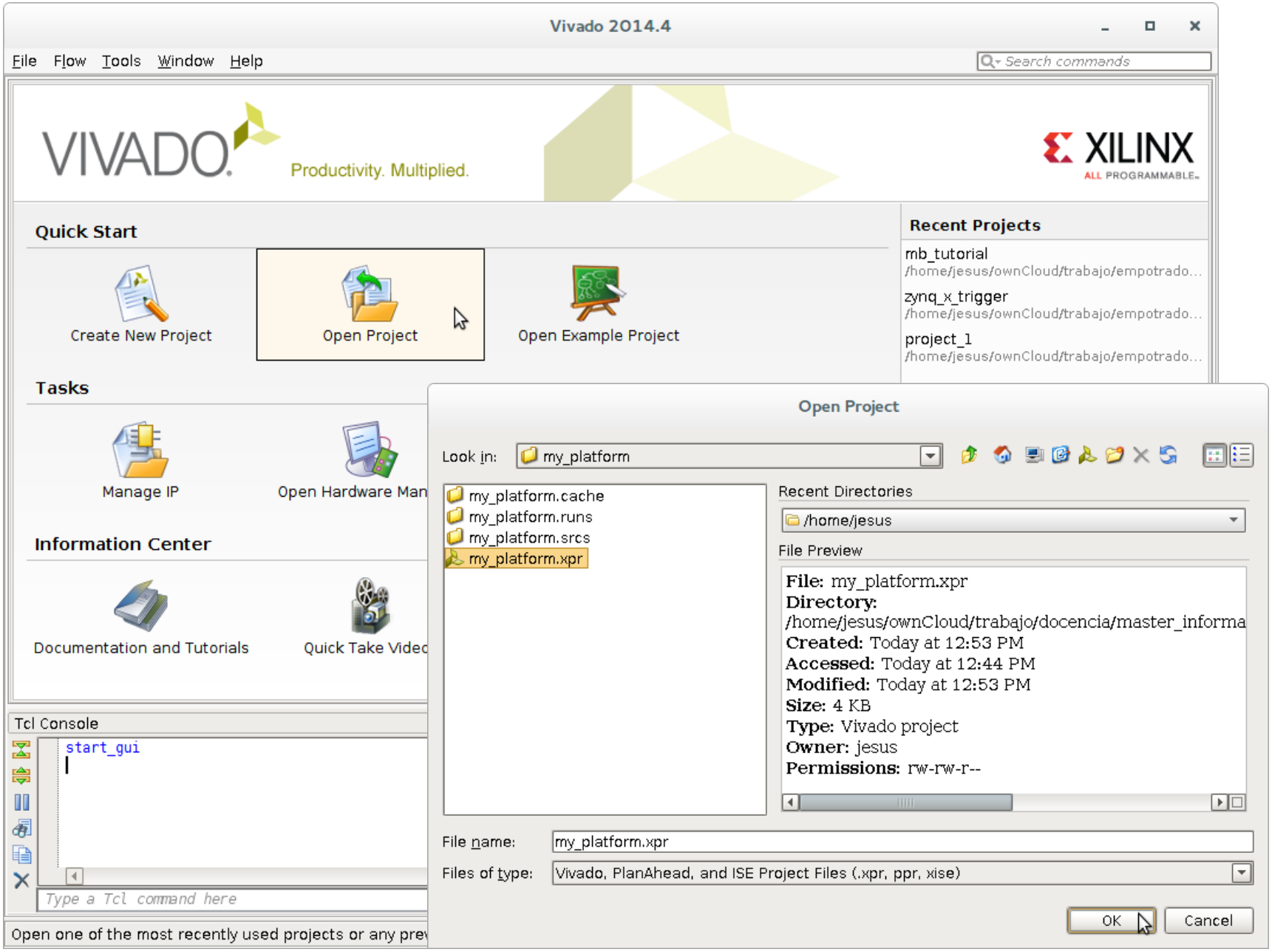
## Variables de entorno

```
export PRJ_ROOT="${HOME}/zynq-freertos"
export PLATFORM="my_zynq_platform"
export PLATFORM_DIR="${PRJ_ROOT}/${PLATFORM}"
```

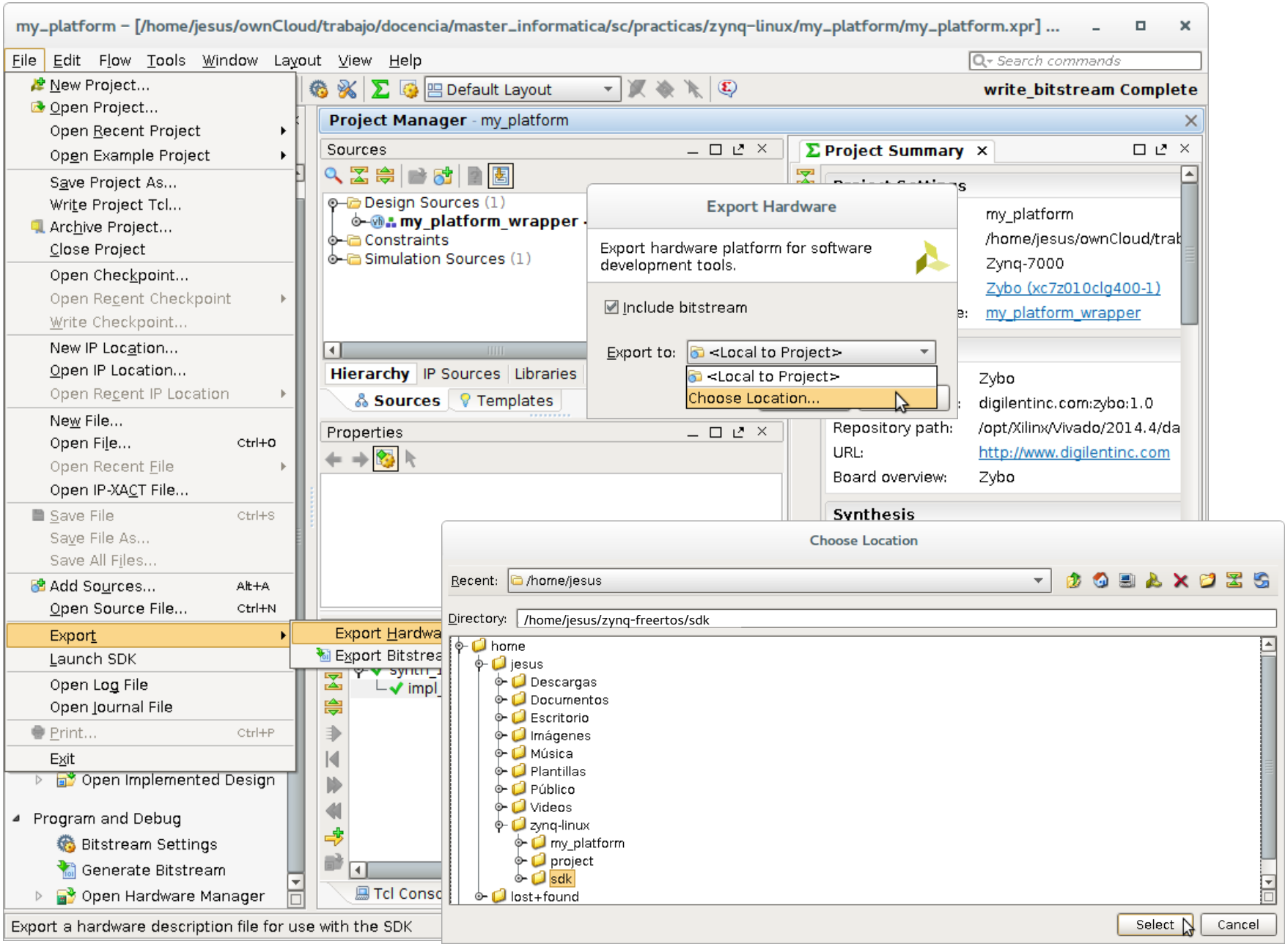
## Generación automática de la plataforma

```
vivado -mode batch -source platform.tcl
```

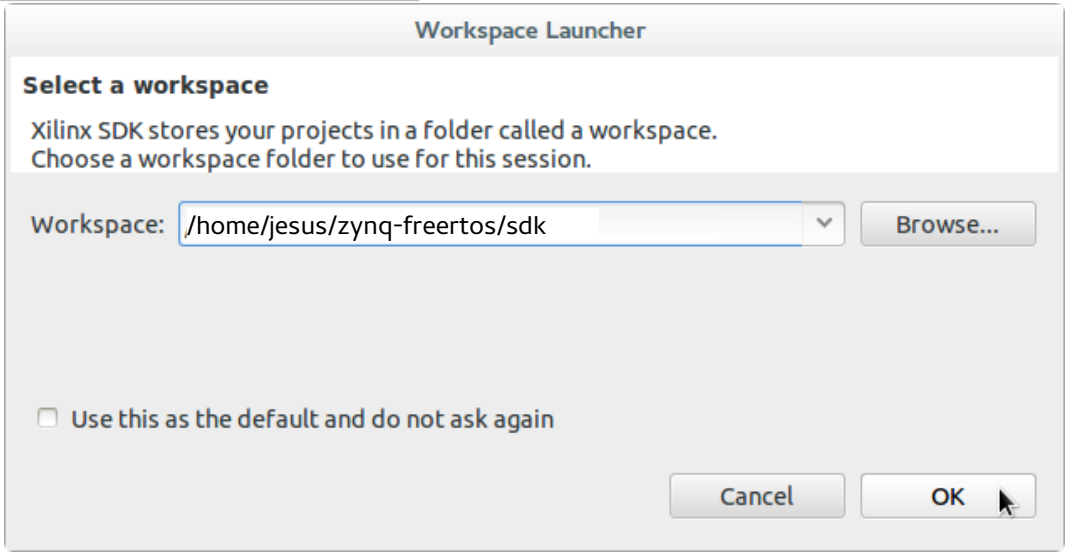
# Exportamos el diseño de la plataforma de *Vivado* al *SDK*



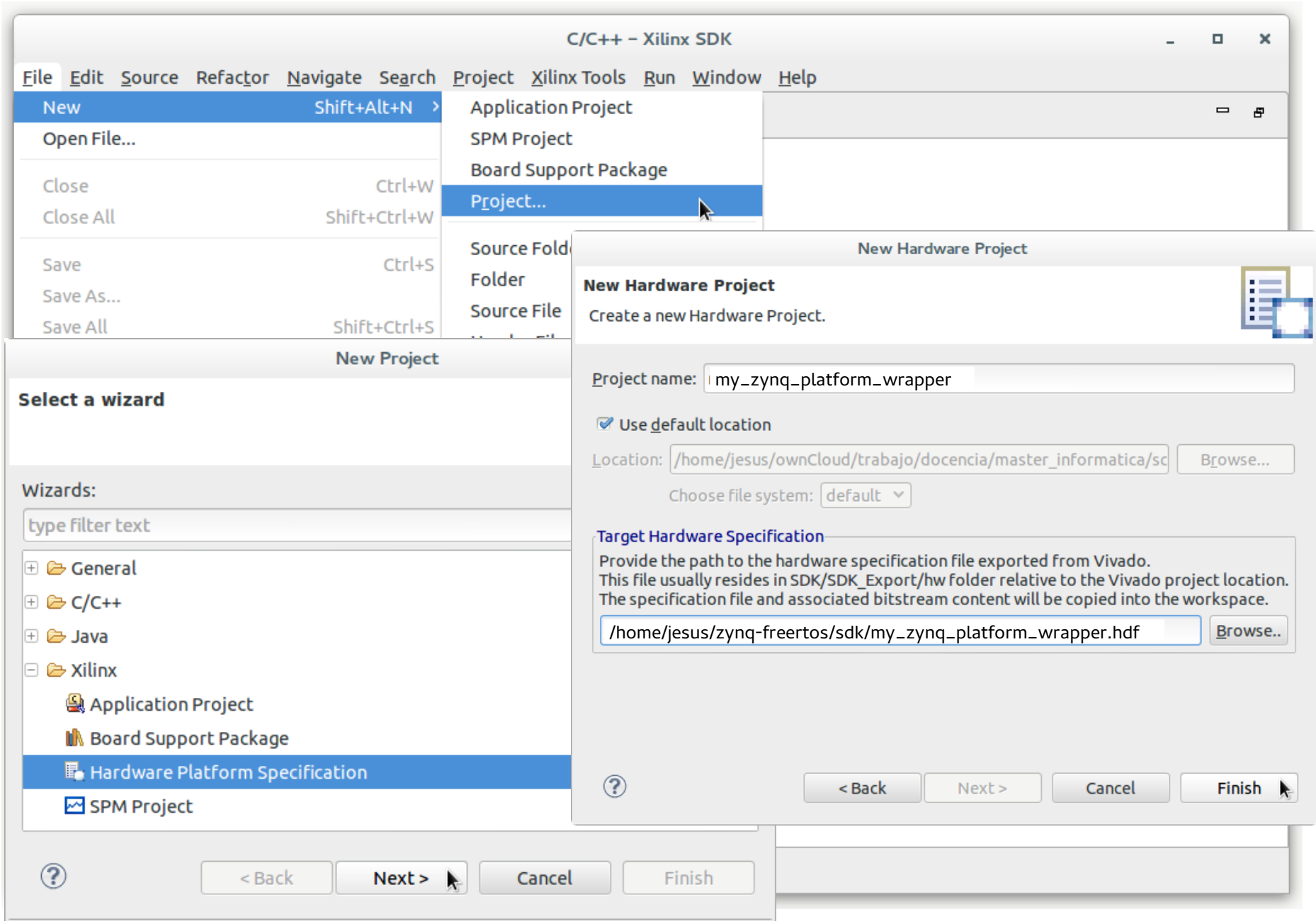
# Exportamos el diseño de la plataforma de *Vivado* al *SDK*



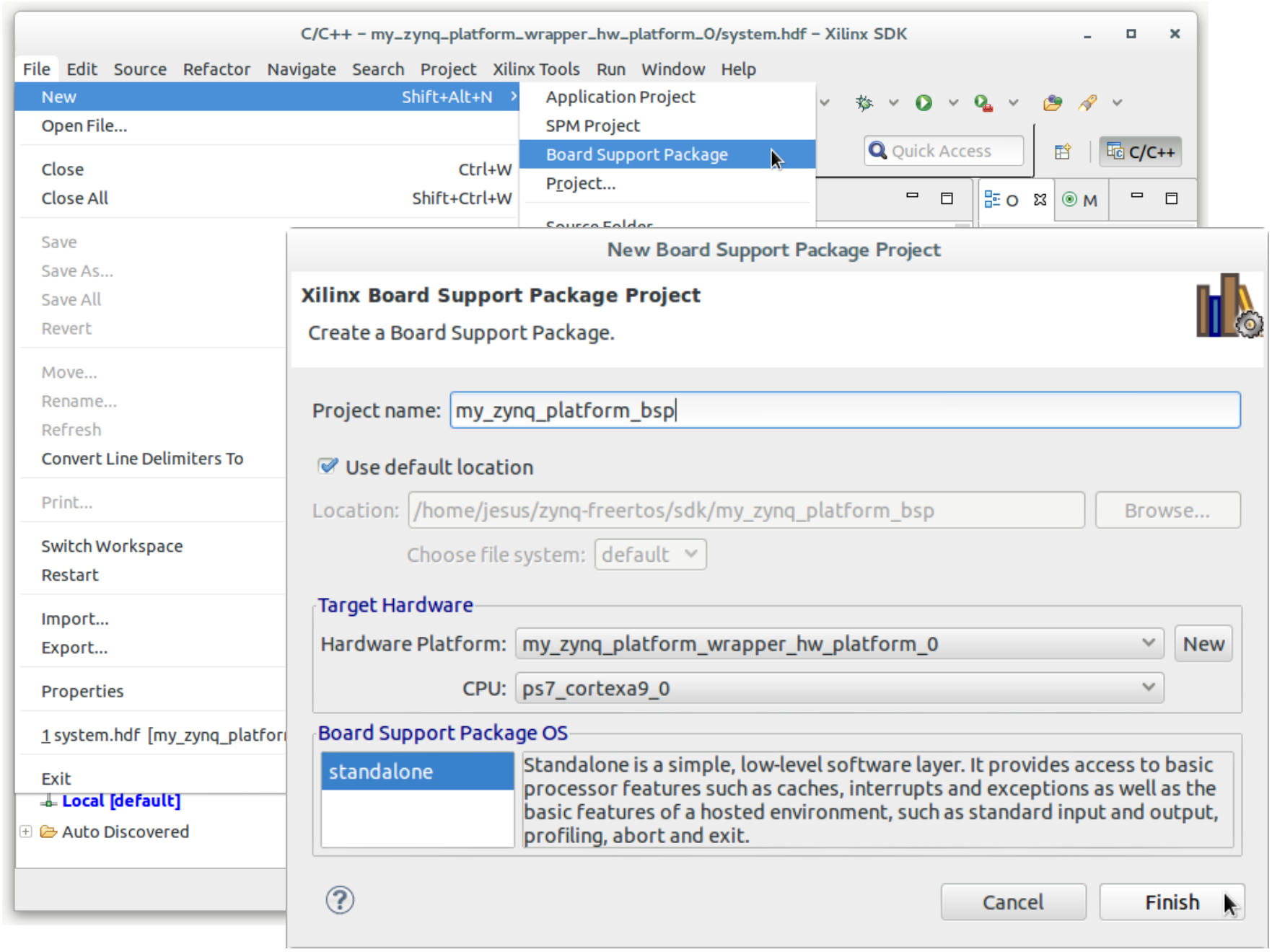
# Creación de un proyecto HW en el *SDK* para nuestra plataforma

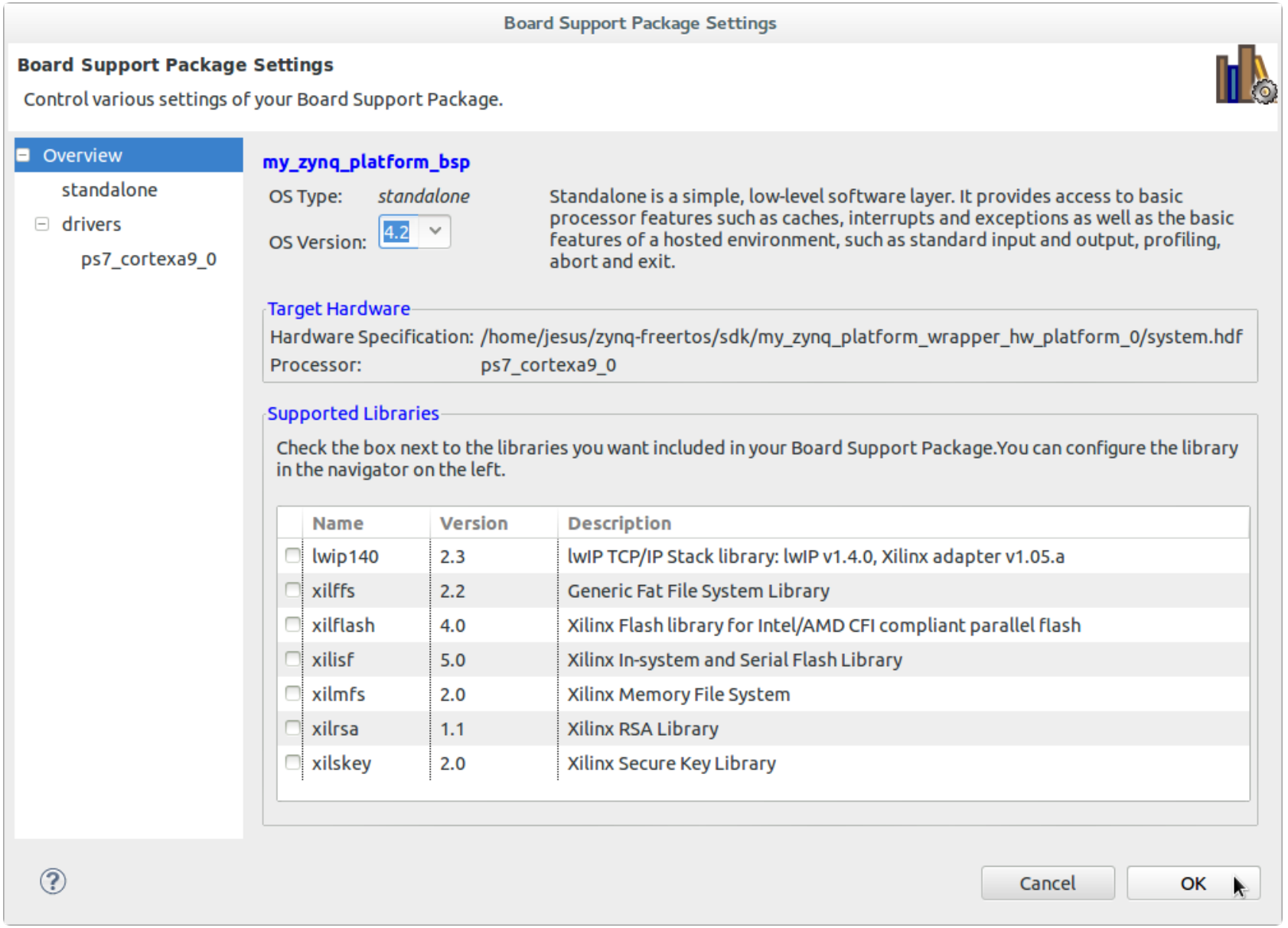
# Creación de un proyecto HW en el *SDK* para nuestra plataforma



# Creamos un BSP en el *SDK* para nuestra plataforma



# Creamos un BSP en el *SDK* para nuestra plataforma



# Creación del HW *wrapper* y el BSP mediante *scripts*

## Variables de entorno

```
export PLATFORM_WRAPPER="${PLATFORM}_wrapper"
export SDK_DIR="${PRJ_ROOT}/sdk"
export BSP="${PLATFORM}_bsp"
```

## Exportamos el diseño de la plataforma

```
mkdir -p ${SDK_DIR}
cp ${PLATFORM_DIR}/${PLATFORM}.runs/impl_1/${PLATFORM_WRAPPER}.sysdef \
   ${SDK_DIR}/${PLATFORM_WRAPPER}.hdf
```

## Generamos el HW wrapper y el BSP

```
xsdk -batch -source bsp.tcl
```

## Fichero `bsp.tcl`

```
set_workspace $env(SDK_DIR)
create_project -type hw -name $env(PLATFORM_WRAPPER) \
               -hwspec $env(SDK_DIR)/$env(PLATFORM_WRAPPER).hdf
create_project -type bsp -name $env(BSP) -hwproject $env(PLATFORM_WRAPPER) \
               -proc ps7_cortexa9_0 -os standalone
build -type all
exit
```

# Contenidos

Tema 2: *FreeRTOS*

- Creación de un BSP para nuestra plataforma
- *Port* de *FreeRTOS* al *Zynq Processing System* de la *Zybo*
- Uso del *port* de *FreeRTOS*
- Generación del *First Stage Boot Loader*
- Preparación de la imagen de arranque

# Descargamos el código fuente de *FreeRTOS*

## Variables de entorno

```
FREERTOS_VER="8.2.1"
FREERTOS="FreeRTOSV${FREERTOS_VER}"
ZIPFILE=${FREERTOS}.zip
FREERTOS_DIR="${PRJ_ROOT}/freertos"
FREERTOS_FORGE="http://sourceforge.net/projects/freertos/"
FREERTOS_SRC_DIR="${FREERTOS_DIR}/${FREERTOS}/FreeRTOS"
FREERTOS_KERNEL_DIR="${FREERTOS_SRC_DIR}/Source"
FREERTOS_PORTABLE_DIR="${FREERTOS_KERNEL_DIR}/portable"
FREERTOS_DEMO_DIR="${FREERTOS_SRC_DIR}/Demo/CORTEX_A9_Zynq_ZC702/RTOSDemo"
FREERTOS_PORT_DIR="${SDK_DIR}/${FREERTOS_PORT}"
```

## Descargamos *FreeRTOS*

```
mkdir -p ${FREERTOS_DIR}
cd ${FREERTOS_DIR}
wget ${FREERTOS_FORGE}/files/FreeRTOS/V${FREERTOS_VER}/${ZIPFILE}
unzip ${ZIPFILE}
```

# Copiamos los ficheros necesarios

Creamos un directorio para el *port* para la *Zybo* dentro de *workspace* del *SDK*

```
mkdir -p ${FREERTOS_PORT_DIR}
```

Copiamos el *kernel* de *FreeRTOS* a nuestro directorio

```
cd ${FREERTOS_PORT_DIR}
mkdir ./src ./include
cp ${FREERTOS_KERNEL_DIR}/* ./src
cp ${FREERTOS_KERNEL_DIR}/include/* ./include
```

Copiamos los ficheros del *port* de *FreeRTOS* para *ARM Cortex A9*

```
cp ${FREERTOS_PORTABLE_DIR}/GCC/ARM_CA9/portASM.S ./src
cp ${FREERTOS_PORTABLE_DIR}/GCC/ARM_CA9/port.c ./src
cp ${FREERTOS_PORTABLE_DIR}/GCC/ARM_CA9/portmacro.h ./include
```

Copiamos la implementación de las funciones de gestión de memoria

```
cp ${FREERTOS_PORTABLE_DIR}/MemMang/heap_4.c .
```

Copiamos los ficheros imprescindibles de la demo de *FreeRTOS* para el *Zynq*

```
cp ${FREERTOS_DEMO_DIR}/src/FreeRTOSConfig.h ./include
cp ${FREERTOS_DEMO_DIR}/src/FreeRTOS_asm_vectors.S ./src
cp ${FREERTOS_DEMO_DIR}/src/FreeRTOS_tick_config.c ./src
```

Corregimos erratas (“`Task.h`” → “`task.h`” en `FreeRTOS_tick_config.c`)

```
sed -i 's/"Task.h"/"task.h"/g' ./src/FreeRTOS_tick_config.c
```

# Extraemos la inicialización del *Zynq* del fichero `main.c` de la demo

## Creamos fichero `${FREERTOS_PORT_DIR}/src/setup.c`

Extraemos el código de inicialización del *Zynq* del fichero `main.c` de la demo de *FreeRTOS* (`${FREERTOS_DEMO_DIR}/src/main.c`)

Includes:

```
#include <limits.h>
#include "xscugic.h"
#include "setup.h"
```

Lo crearemos a continuación

Declaraciones:

```
extern void vPortInstallFreeRTOSVectorTable( void );
XScuWdt xWatchDogInstance;
XScuGic xInterruptController;
```

Quitamos la *keyword* `static` y la llamada a la función `vParTestInitialise()`

Funciones:

```
void prvSetupHardware (void)
void vApplicationMallocFailedHook (void)
void vApplicationStackOverflowHook (TaskHandle_t pxTask, char *pcTaskName)
void vApplicationIdleHook (void)
void vAssertCalled (const char * pcFile, unsigned long ulLine)
void vApplicationTickHook (void)
void vInitialiseTimerForRunTimeStats (void)
void * memcpy (void *pvDest, const void *pvSource, size_t ulBytes)
void * memset (void *pvDest, int iValue, size_t ulBytes)
int memcmp (const void *pvMem1, const void *pvMem2, size_t ulBytes)
```

Implementación vacía

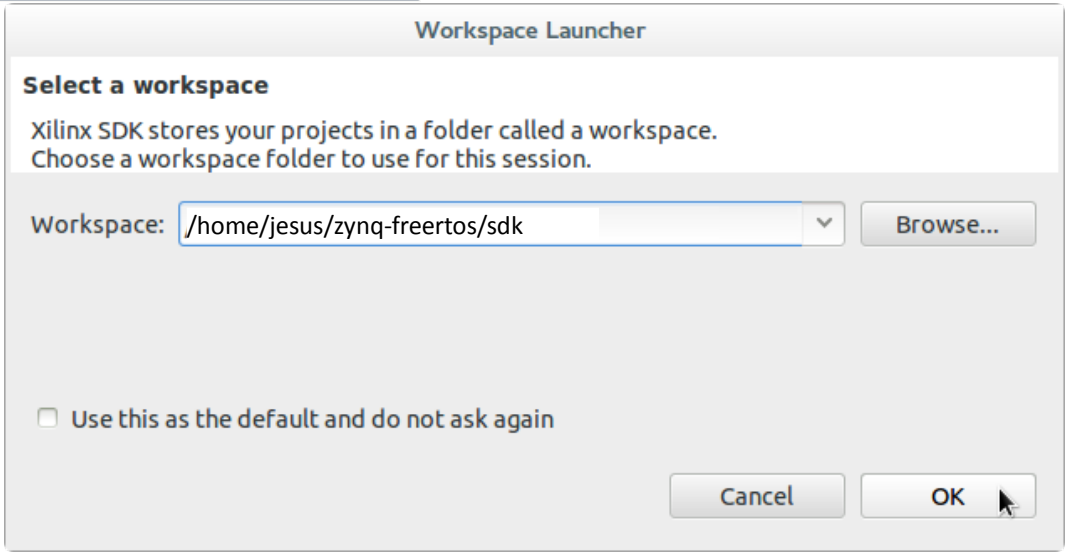
# Extraemos la inicialización del *Zynq* del fichero `main.c` de la demo

## Creamos fichero `${FREERTOS_PORT_DIR}/include/setup.h`

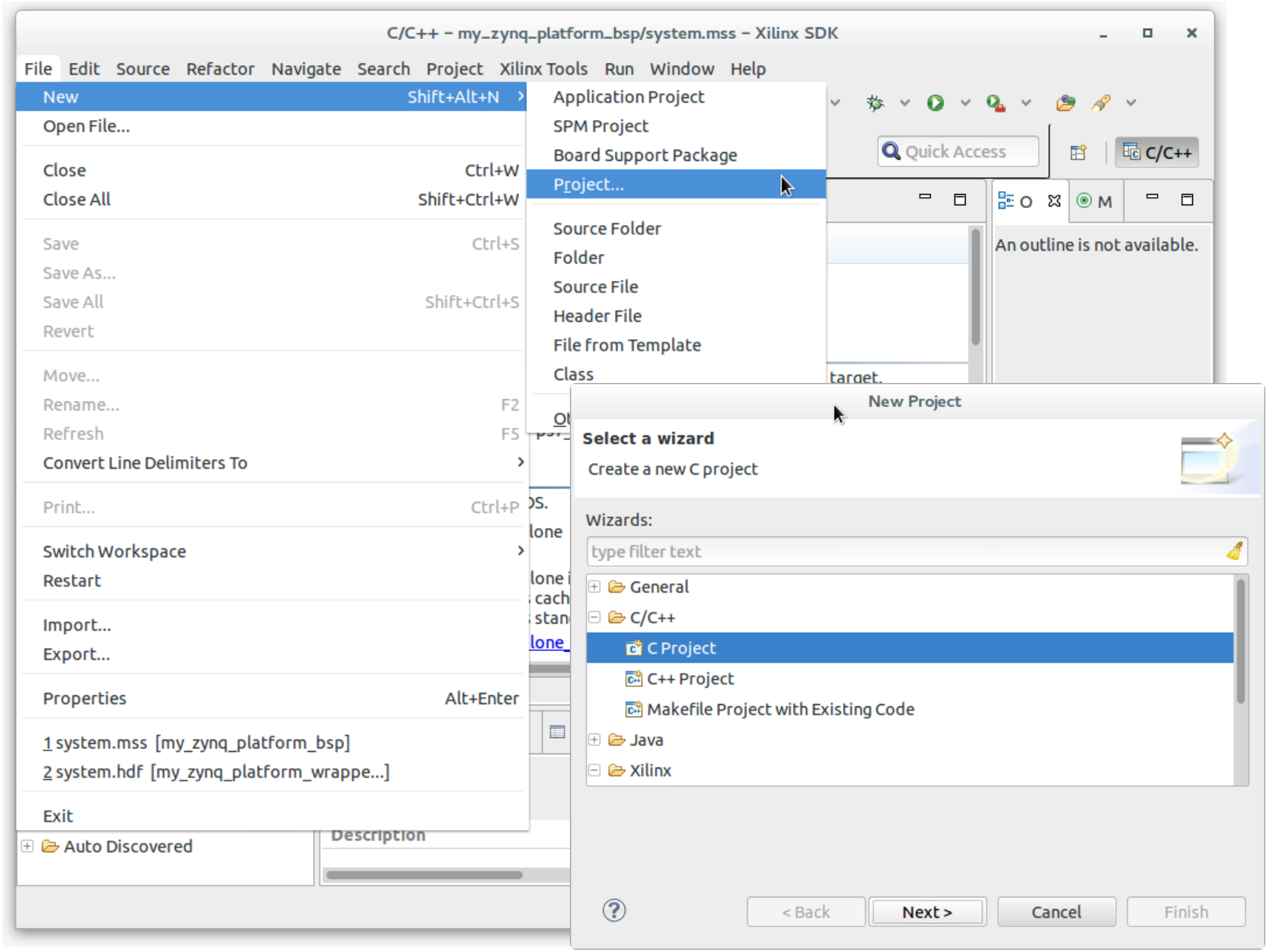
Cabeceras de las funciones de inicialización del *Zynq* para incluirlas en nuestras aplicaciones

```
#ifndef __SETUP_H
#define __SETUP_H

/* Scheduler include files. */
#include "FreeRTOS.h"
#include "task.h"

/*
 * Configure the hardware as necessary to run FreeRTOS on a Zynq SoC
 */
void prvSetupHardware( void );

/* Prototypes for the standard FreeRTOS callback/hook functions */
void vApplicationMallocFailedHook( void );
void vApplicationIdleHook( void );
void vApplicationStackOverflowHook( TaskHandle_t pxTask, char *pcTaskName );
void vApplicationTickHook( void );

#endif
```

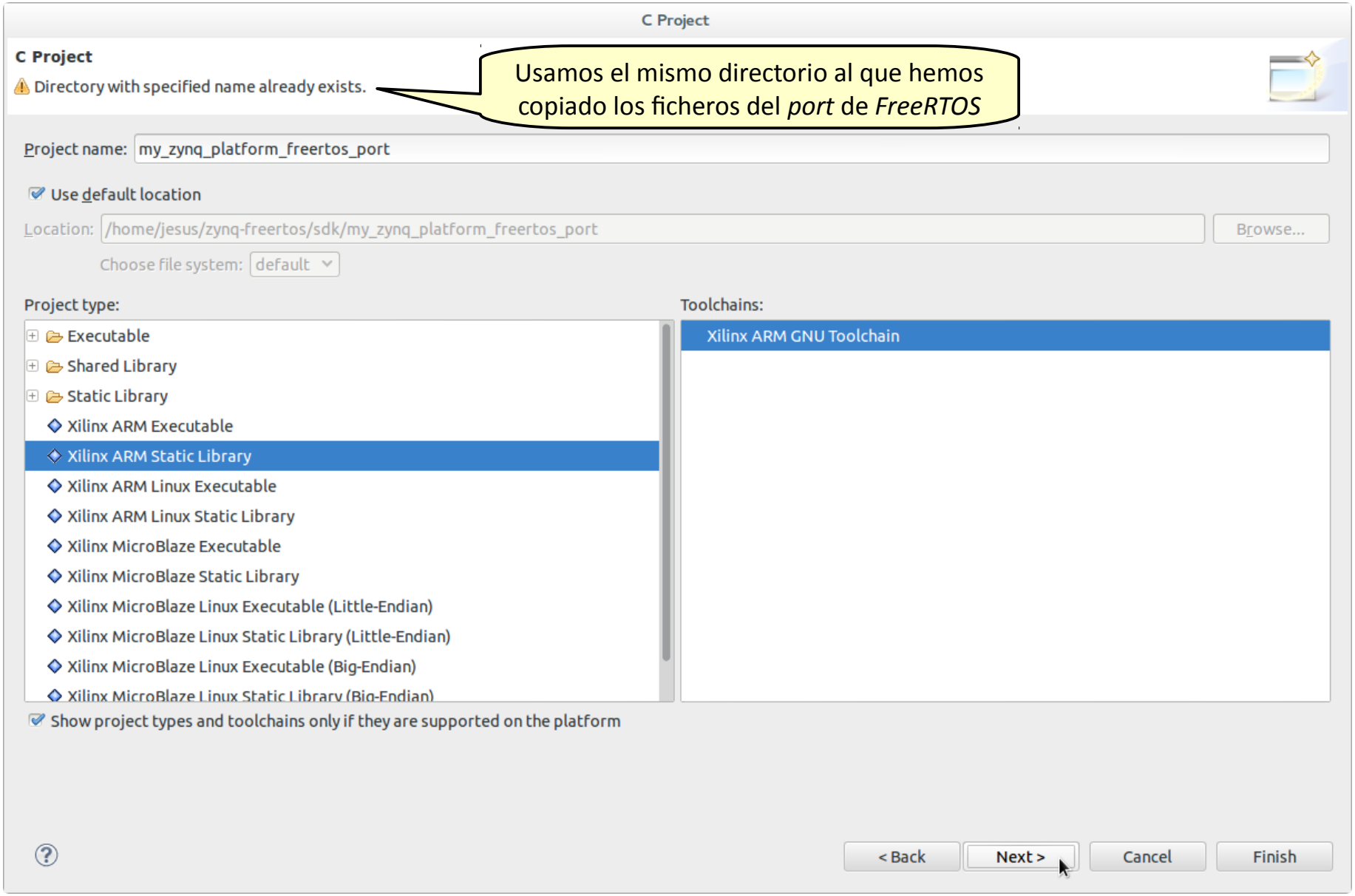
# Creación de un proyecto de biblioteca para el *port* de *FreeRTOS* en *SDK*

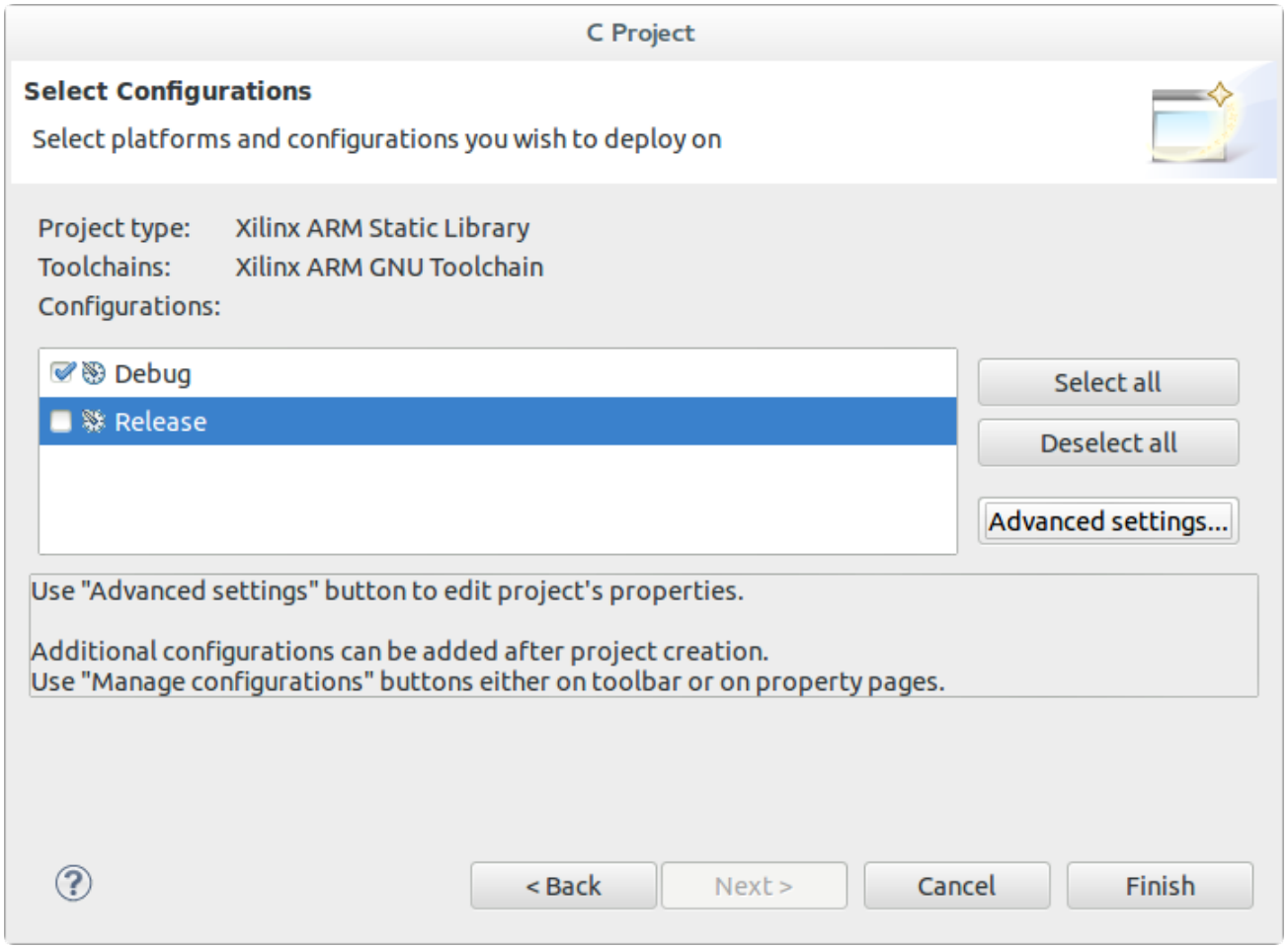
# Creación de un proyecto de biblioteca para el *port* de *FreeRTOS* en *SDK*



# Creación de un proyecto de biblioteca para el *port* de *FreeRTOS* en *SDK*

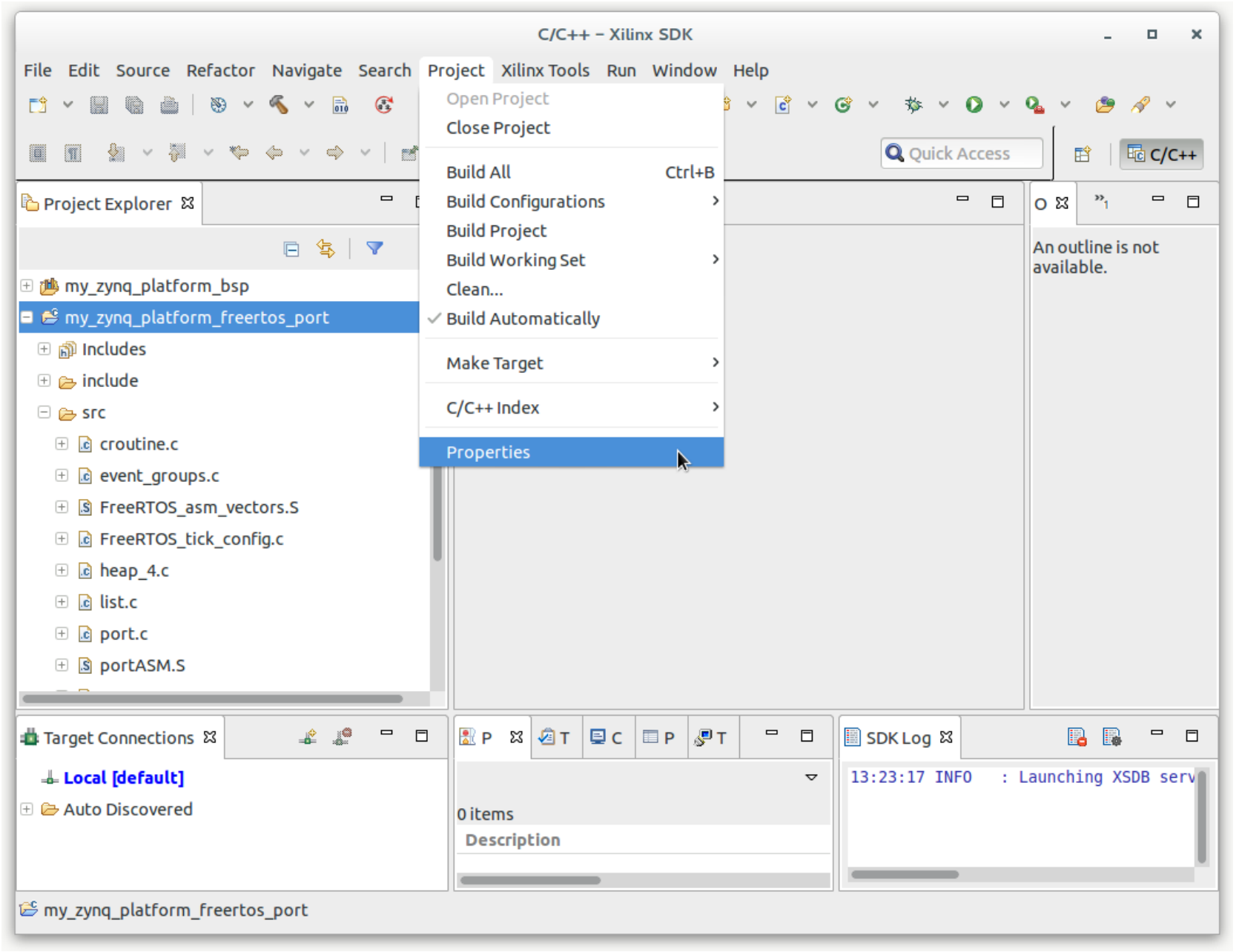


# Creación de un proyecto de biblioteca para el *port* de *FreeRTOS* en *SDK*

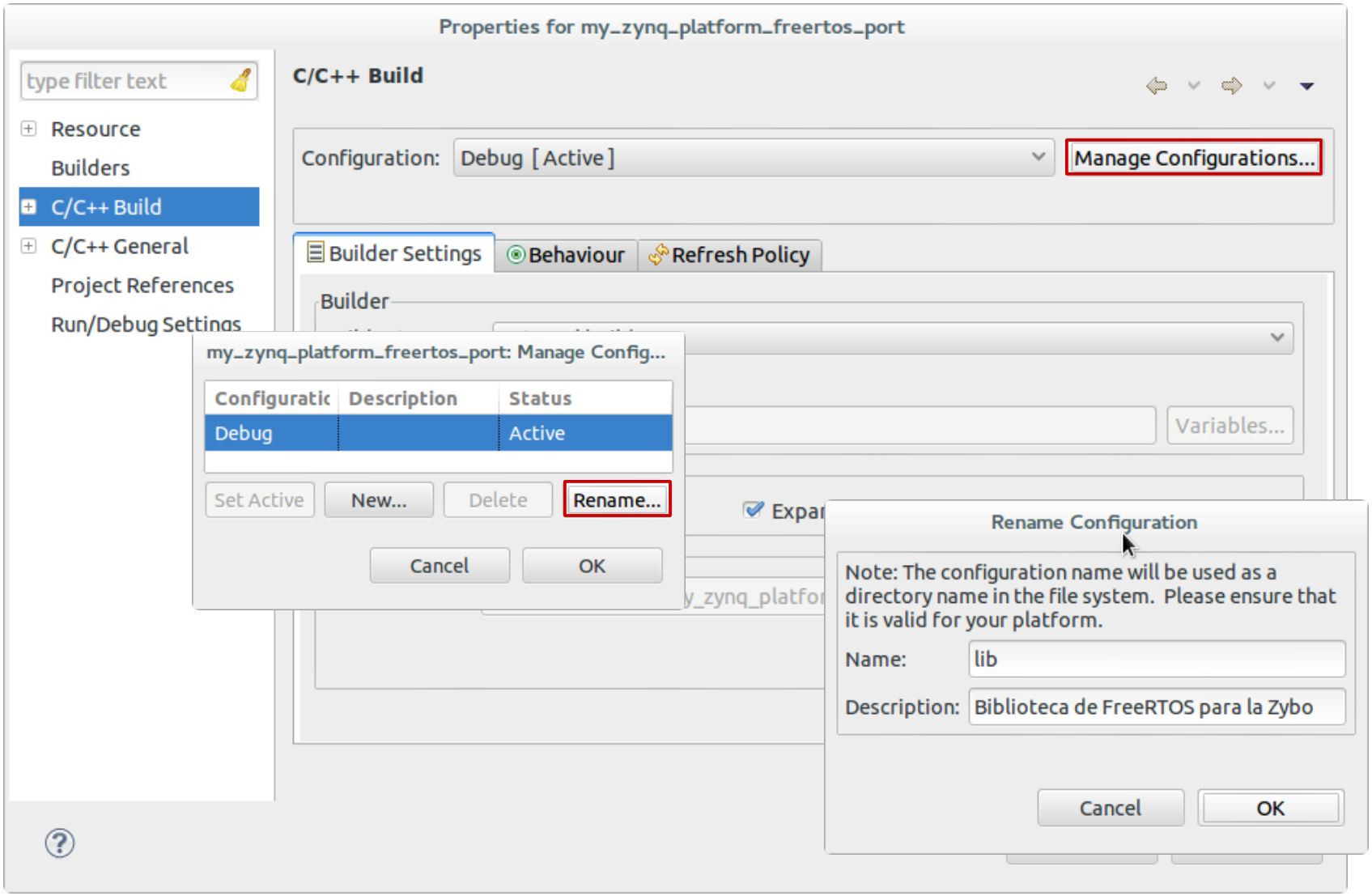



Desactivamos la configuración *Release* y pulsamos el botón *Finish*

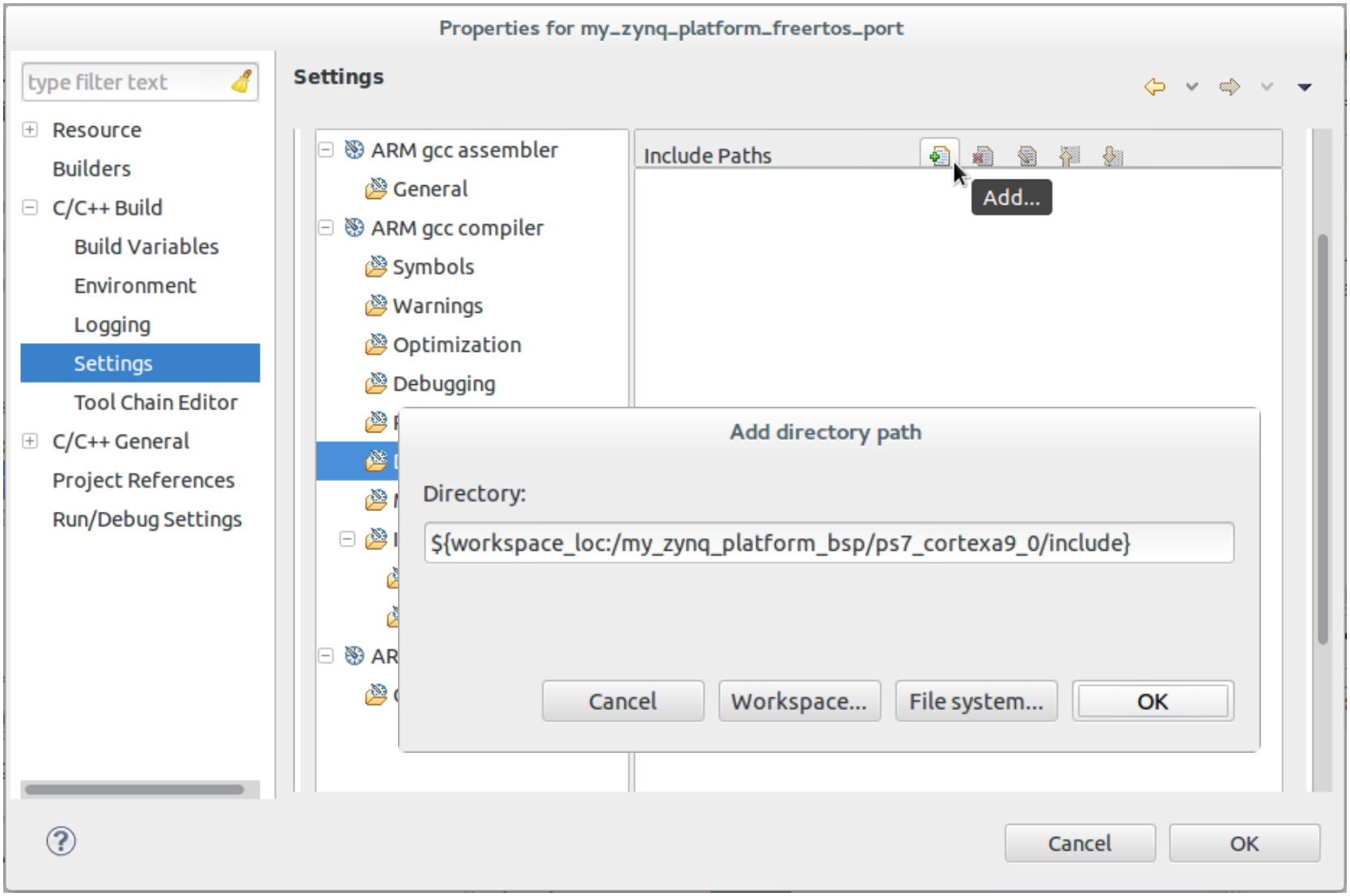
# Configuración del proyecto de biblioteca para el *port* de *FreeRTOS*



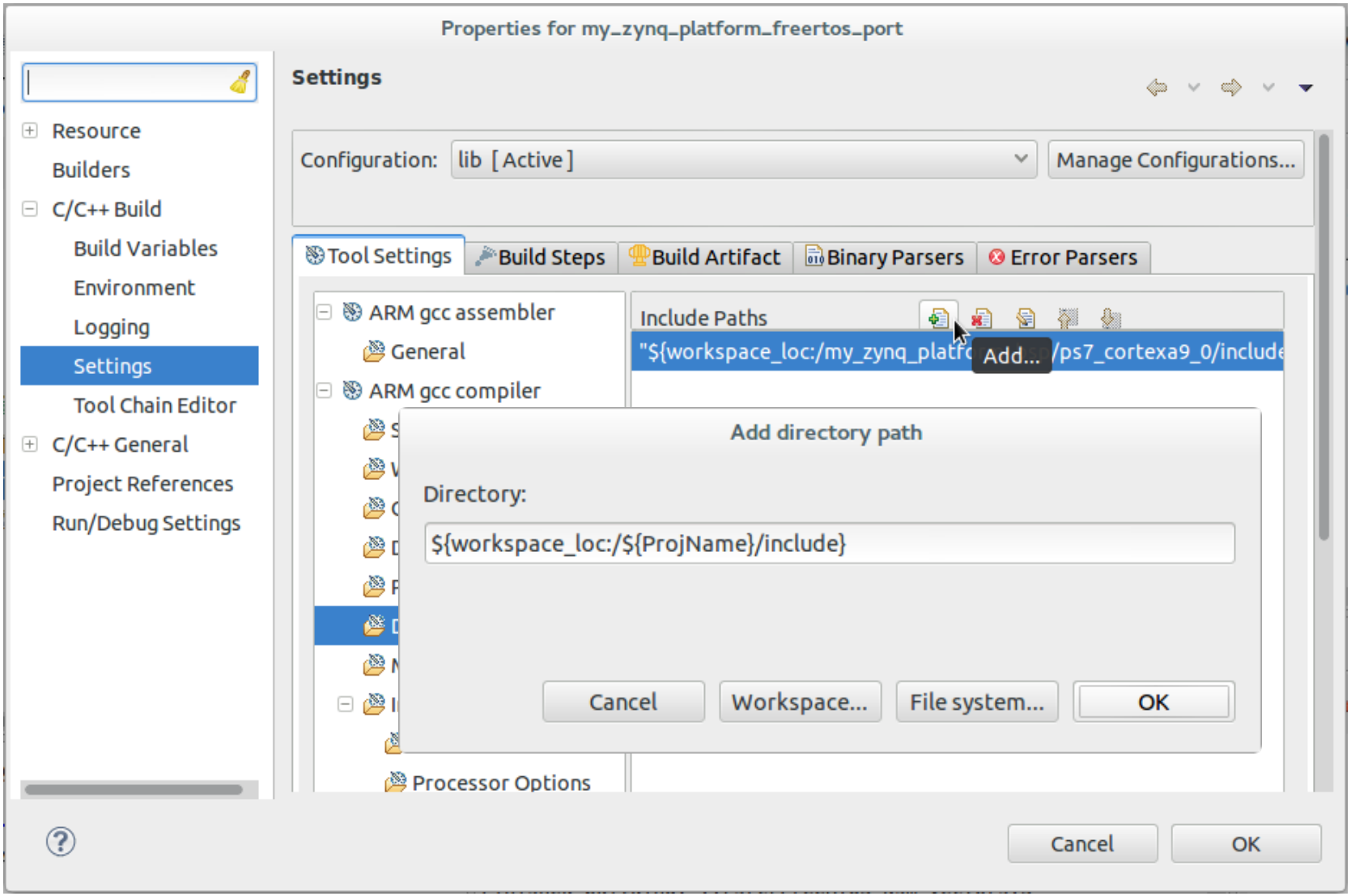
# La biblioteca se generará en el directorio `lib`



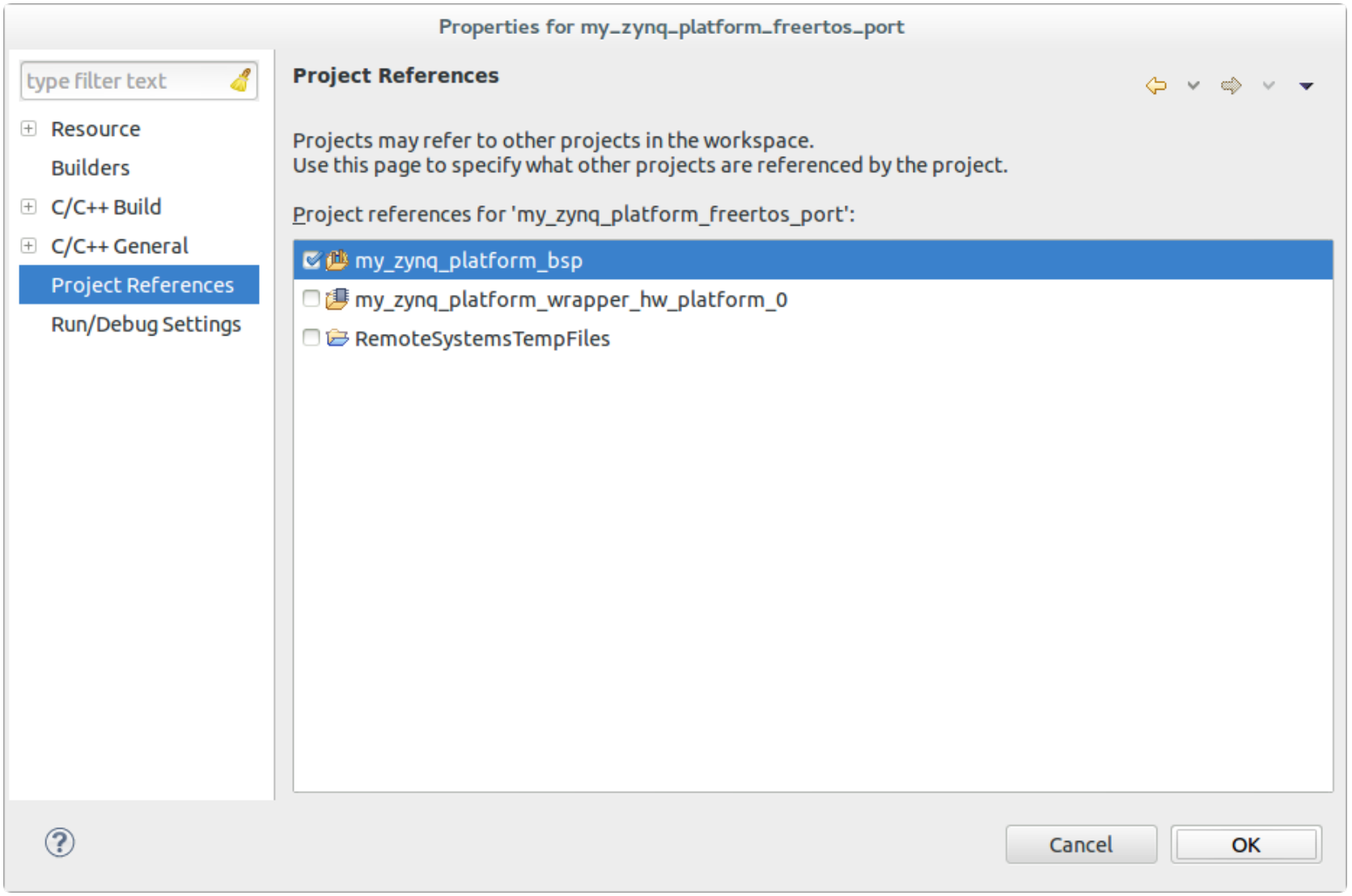
# Añadimos el directorio con las cabeceras de las funciones del BSP



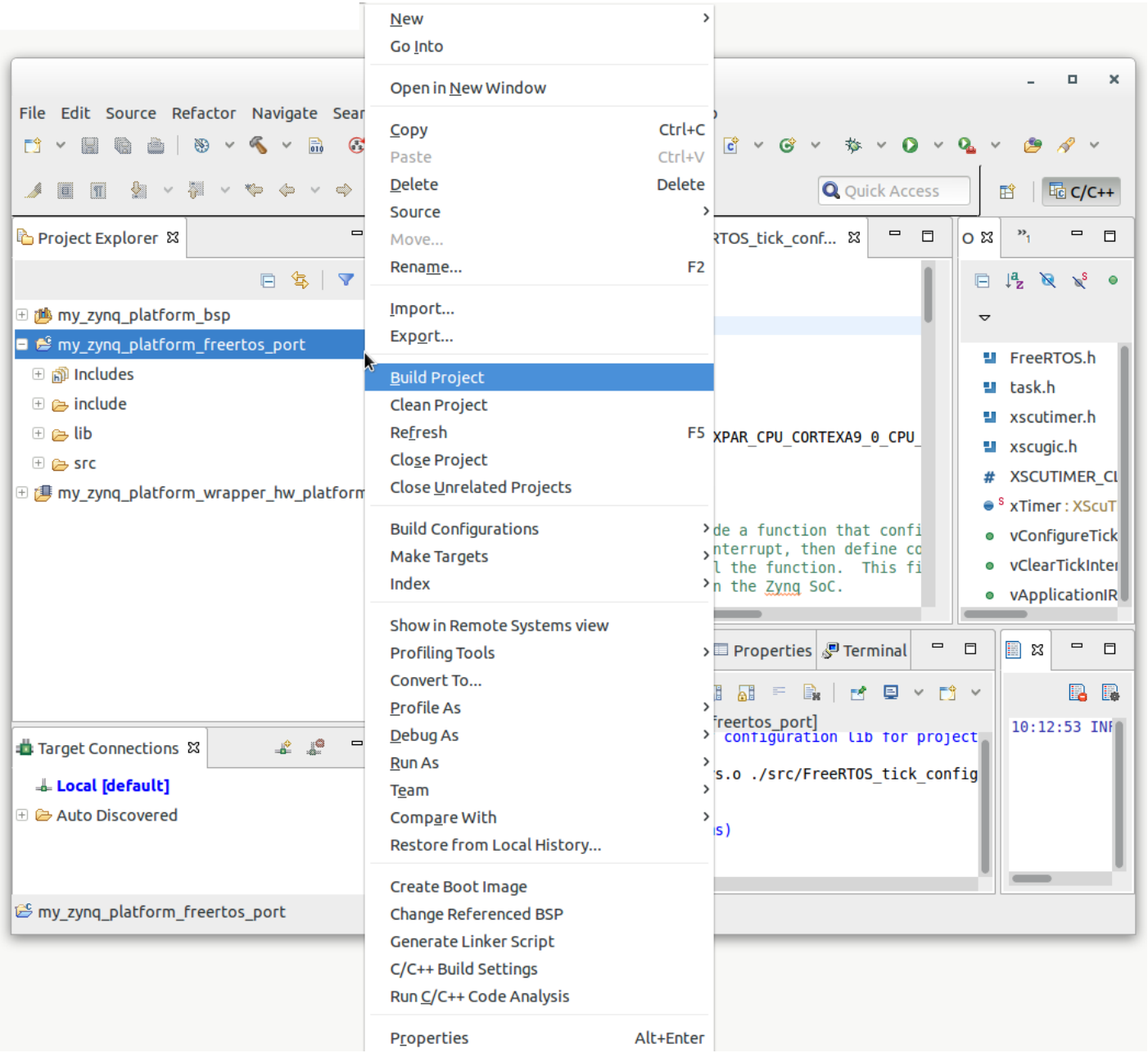
# Añadimos el directorio con las cabeceras de las funciones de *FreeRTOS*



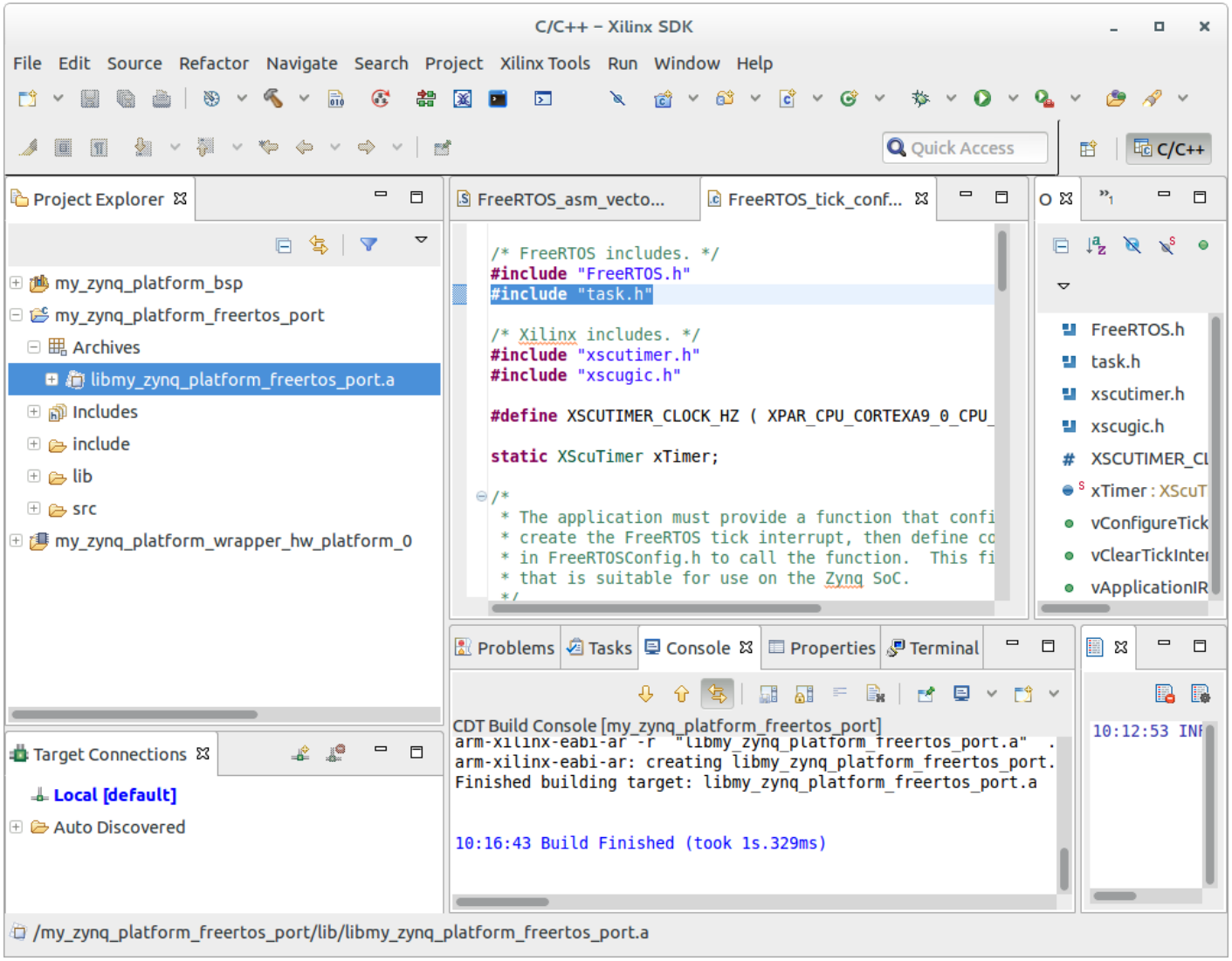
# Indicamos que el *port* de *FreeRTOS* depende del BSP



# Construimos el proyecto



# Obtenemos la biblioteca con el *port* de *FreeRTOS*



# Lecturas recomendadas

## Documentación oficial de *FreeRTOS*:

Real Time Engineers Ltd. *FreeRTOS Quick Start Guide*.
http://www.freertos.org/FreeRTOS-quick-start-guide.html

Richard Barry. *Using the FreeRTOS Real Time Kernel: A Practical Guide*. Real Time Engineers, 2010. Disponible en la biblioteca

Real Time Engineers Ltd. *Book Companion Source Code*.
http://www.freertos.org/Documentation/code/

Real Time Engineers Ltd. *Real Time Application Design Tutorial. Using FreeRTOS in small embedded systems*. http://www.freertos.org/tutorial/

## Cursos de FreeRTOS:

Amr Ali. *FreeRTOS Course – Introduction to FreeRTOS*.
http://embedded-tips.blogspot.com.es/2010/06/free-freertos-course-introduction-to.html

Amr Ali. *FreeRTOS Course - Task Management*.
http://es.slideshare.net/amraldo/free-freertos-coursetask-management

Amr Ali. *FreeRTOS Course - Queue Management*.
http://es.slideshare.net/amraldo/m3-introduction-to-free-rtos-v605

Amr Ali. *FreeRTOS Course - Semaphore/Mutex Management*.
http://es.slideshare.net/amraldo/freertos-course-semaphoremutex-management

# Lecturas recomendadas

*FreeRTOS porting*:

Real Time Engineers Ltd. *Official FreeRTOS Ports*.
http://www.freertos.org/RTOS_ports.html

Real Time Engineers Ltd. *Modifying a FreeRTOS Demo*.
http://www.freertos.org/porting-a-freertos-demo-to-different-hardware.html

Real Time Engineers Ltd. *Creating a New FreeRTOS Port*.
http://www.freertos.org/FreeRTOS-porting-guide.html

*Port* de *FreeRTOS* para el *SoC Zynq*:

Real Time Engineers Ltd. *Xilinx Zynq-7000 (dual core ARM Cortex-A9) SoC Port*.
http://www.freertos.org/RTOS-Xilinx-Zynq.html

Circuit Sense. *FreeRTOS on Xilinx Zynq Zybo [Single Core]*, abril 2015.
http://rishifranklin.blogspot.com.es/2015/04/freertos-on-xilinx-zynq-zybo-single-core.html