



Entornos Inalámbricos

Especialización en Sistemas Embebidos
Instituto Universitario Aeronáutico
Año 2016

Herramientas de desarrollo

▶ Hardware

- (1) Módulos Xbee ZB de Digi.
- (2) Placa de expansión Xboard.
- (3) Galileo Gen 1 de Intel.

▶ Software

- (1) XCTU de Digi.
- (2) IDE de Arduino para Galileo.

Módulo Xbee ZB de Digi

- ▶ Modelo: XB24-Z7WIT-004 rev. D1.
- ▶ Tipo de módulo: through-hole.

- ▶ Especificaciones de performance:
 - ▶ Potencia de salida: 1.25 mW (1 dBm).
 - ▶ Sensibilidad del receptor: -96 dBm.
 - ▶ Tasa de bits de RF: 250 Kbps.
 - ▶ Tipo de antena: monopolio.
 - ▶ Ganancia de antena: 1.5 dBi.
 - ▶ Alcance: 120 metros en espacios abiertos; 40 metros en espacios urbanos.



Módulo Xbee ZB de Digi

- ▶ Características:
 - ▶ Interfaz de datos: UART 3.3 V.
 - ▶ Modos de funcionamiento:
 - ▶ Modo AT (*application transparent*).
 - ▶ Modo API.
 - ▶ Banda: 2.4 GHz.
 - ▶ Acceso múltiple: DSSS (*direct sequence spread spectrum*).
 - ▶ Tasa de datos interfaz serie: 1200 bps – 1 Mbps.
 - ▶ Resolución de ADC: 10 bits (4 entradas).
 - ▶ E/S digitales: 10.



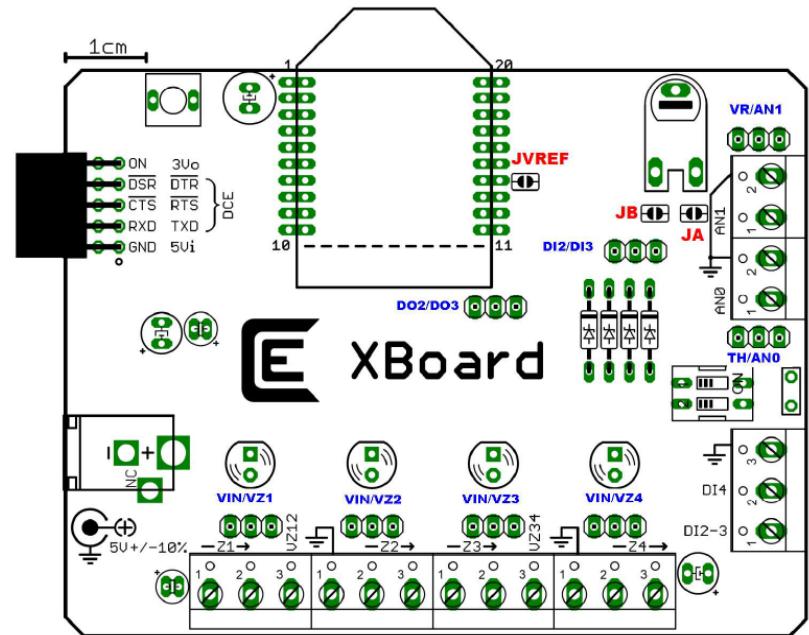
Módulo Xbee ZB de Digi

- ▶ Red y seguridad:
 - ▶ PAN ID Zigbee.
 - ▶ Dirección MAC IEEE de 64 bits.
 - ▶ Canales: 16 canales en 2.4 GHz.
 - ▶ Cifrado: AES de 128 bits.
- ▶ Alimentación y consumo:
 - ▶ Voltaje: 2.1 V – 3.6 V.
 - ▶ Corriente en Tx: 35 mA en 3.3 V.
 - ▶ Corriente en Rx: 38 mA en 3.3 V.
 - ▶ Corriente modo sleep: menor a 1 uA.



Placa de expansión Xboard

- ▶ Fabricada por la empresa distribuidora de componentes electrónicos Cika.



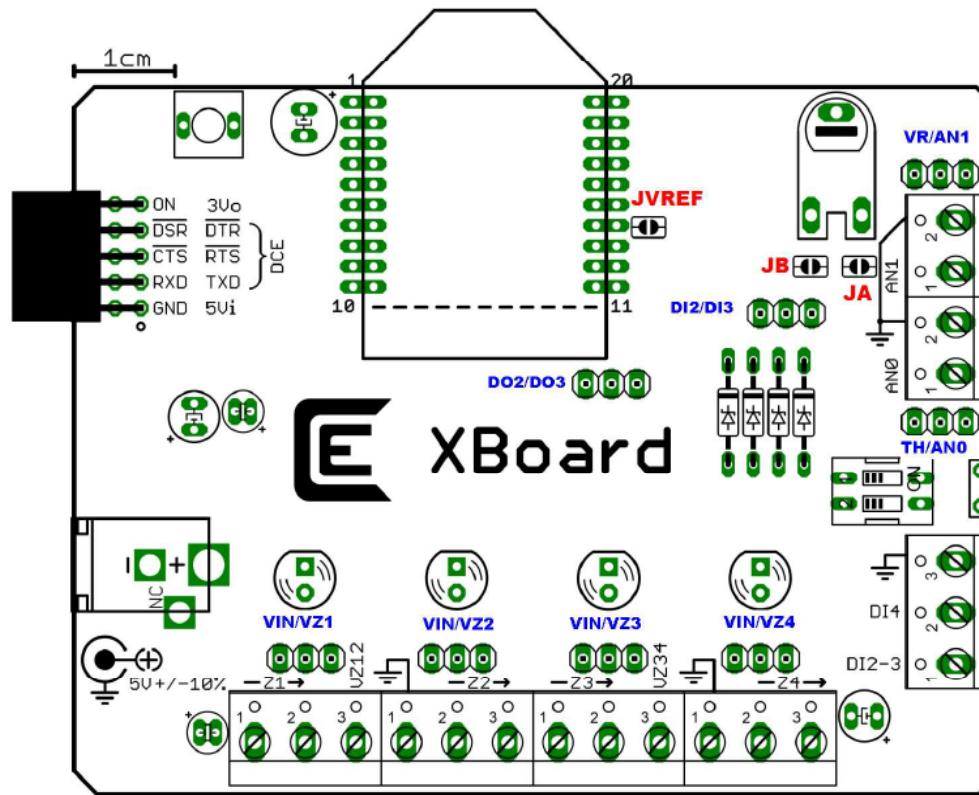
Placa de expansión Xboard

▶ Especificaciones:

- Tensión de alimentación VIN (desde interfaz serie o desde entrada externa): 4.5 V a 5.5 V.
- Tensión de alimentación entregada al módulo: 3 V.
- Corriente máxima entregada al módulo: 290 mA.
- Corriente de operación con el módulo en bajo consumo: menor a 5 uA.
- Tensión de referencia interna para el ADC del módulo: 1.2 V.
- Corriente media recomendada en las salidas con alimentación externa de la carga: menor o igual a 1 A por salida.
- Tensión máxima de alimentación externa de la carga en las salidas: 30 V.
- Corriente máxima en las salidas con alimentación interna (VIN) de la carga: menor o igual a 100 mA en total.
- Las entradas y la interfaz serie operan a según las especificaciones del módulo.

Placa de expansión Xboard

- ▶ Las entradas y salidas disponibles en la placa XBoard son:
 - Salidas: PWM0, PWM1, DO2/DO3, DO5.
 - Entradas: AN0 (VR), AN1 (TH), DI2/DI3, DI4.
 - Comunicaciones: DSR, DTR, CTS, RTS, TXD, RXD.

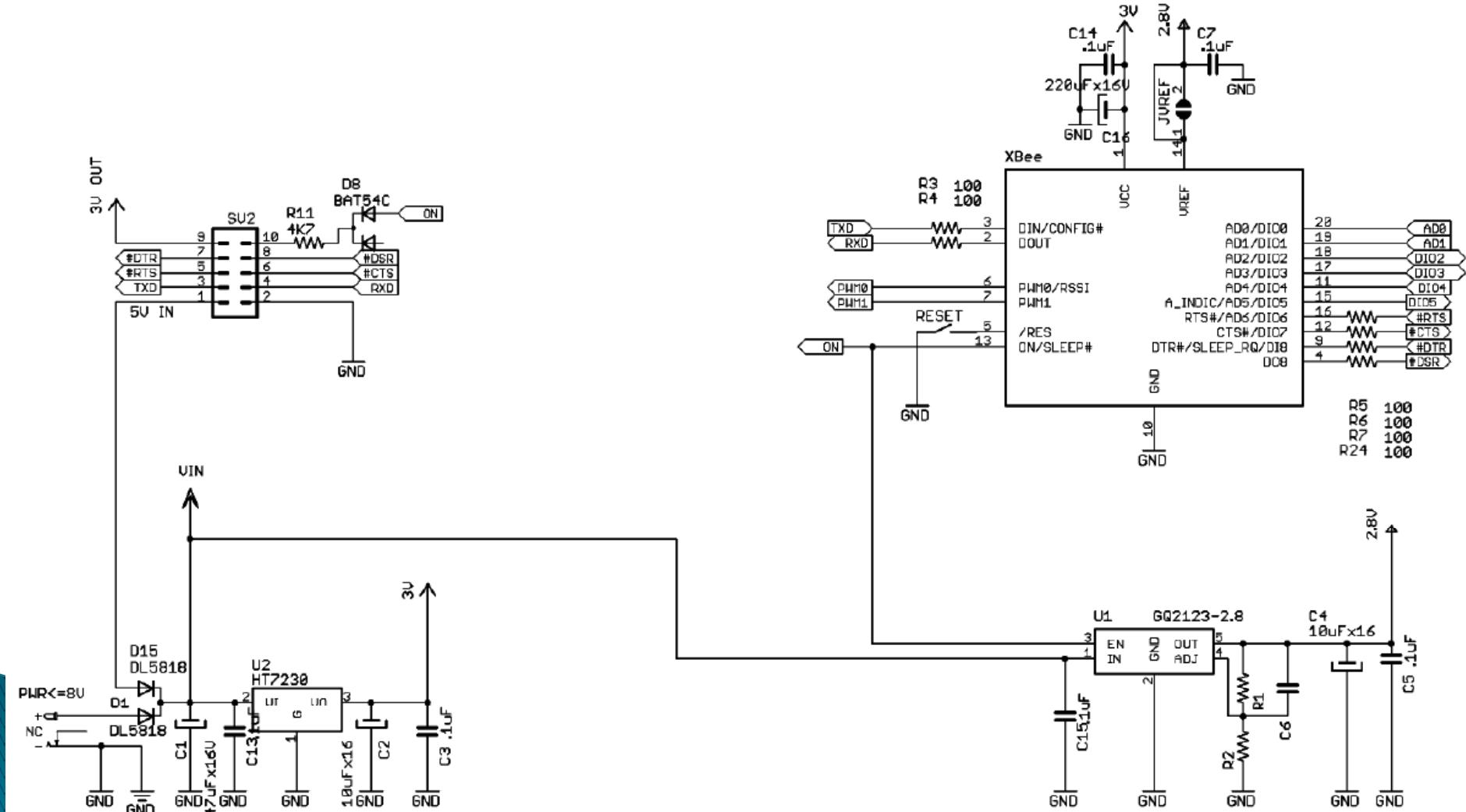


Placa de expansión Xboard

- ▶ **Jumpers seleccionables por el usuario:**
 - DO2/DO3: selecciona si la salida DO2–3 corresponde a DIO2 o DIO3, respectivamente.
 - DI2/DI3: selecciona si la entrada y/o switch DI2–3 se conecta a DIO2 o DIO3, respectivamente.
 - VR/AN1: selecciona si la entrada analógica 1 se conecta al preset (VR) o la bornera (AN1), respectivamente.
 - TH/AN0: selecciona si la entrada analógica 0 se conecta al termistor (TH) o la bornera (AN0), respectivamente.
 - VIN/VZx: selecciona si la alimentación de la carga Zx se toma de VIN o de VZxy. El LED testigo siempre se alimenta de VIN. Las salidas PWM0 y PWM1 reciben alimentación de VZ12 y conectan sus cargas en Z1 y Z2 respectivamente. De igual modo ocurre con DO2–3 y DO5.
- ▶ **Dip-switch de dos switches:**
 - DI4/DI2–3: permite conectar a GND las entradas DI4 y DI2–3 de forma separada.

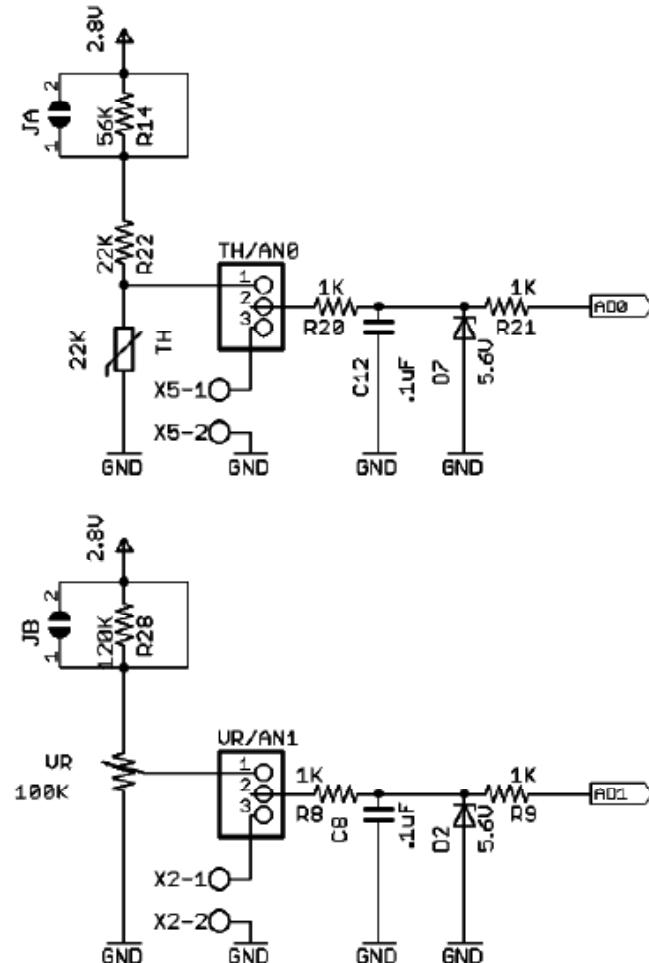
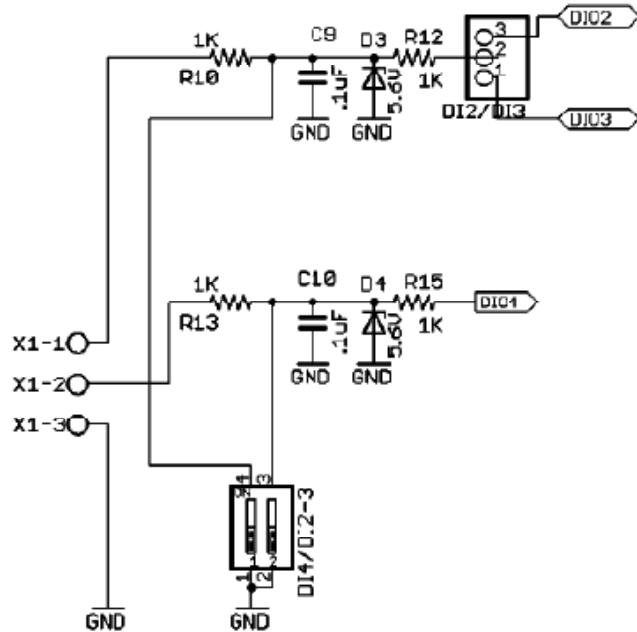
Placa de expansión Xboard

- ▶ Esquemático de la alimentación y la interfaz del módulo.



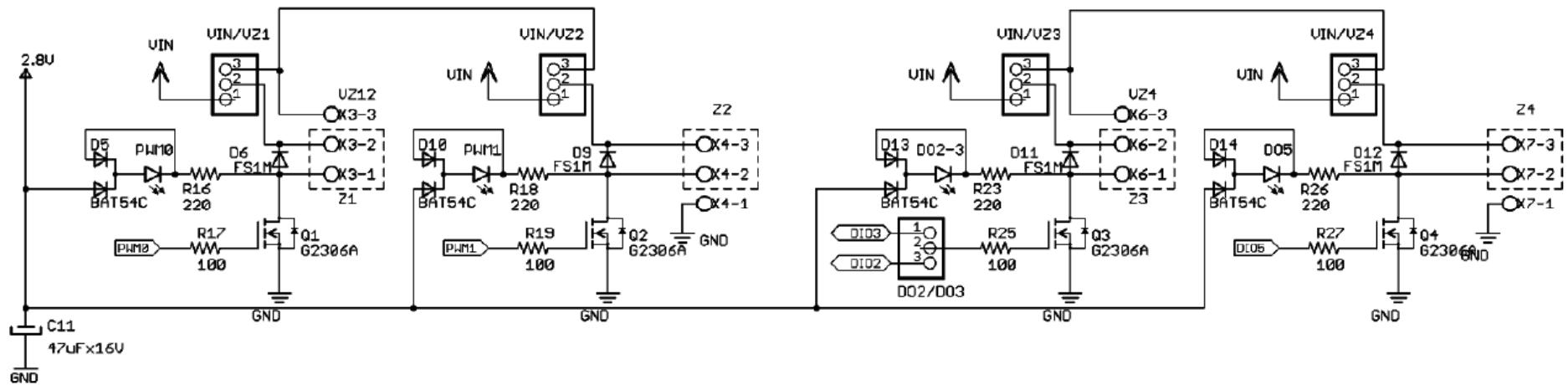
Placa de expansión Xboard

- ▶ Esquemático de entradas digitales y analógicas .

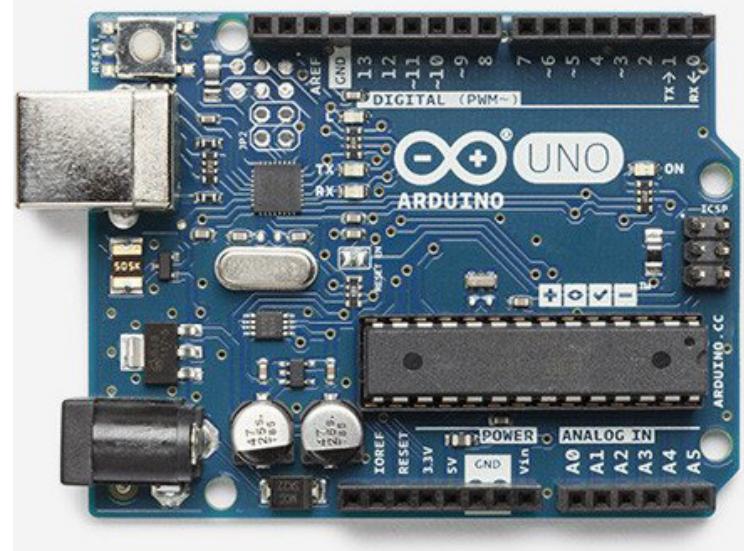
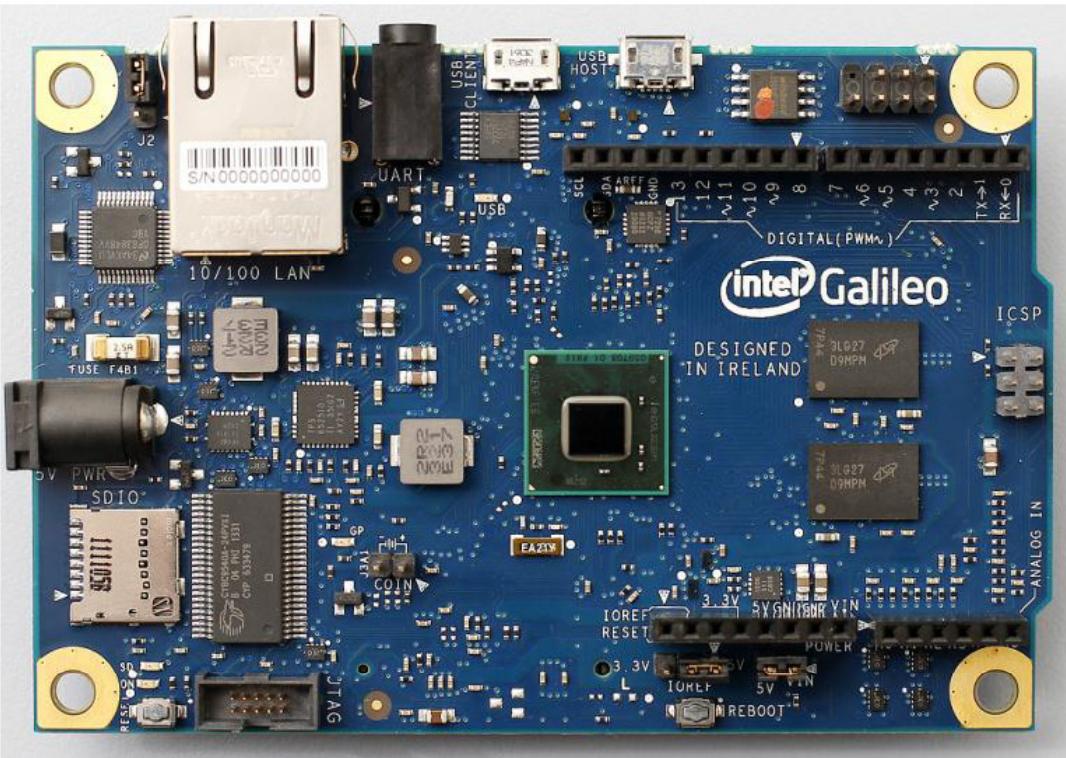


Placa de expansión Xboard

- ▶ Esquemático de las salidas.



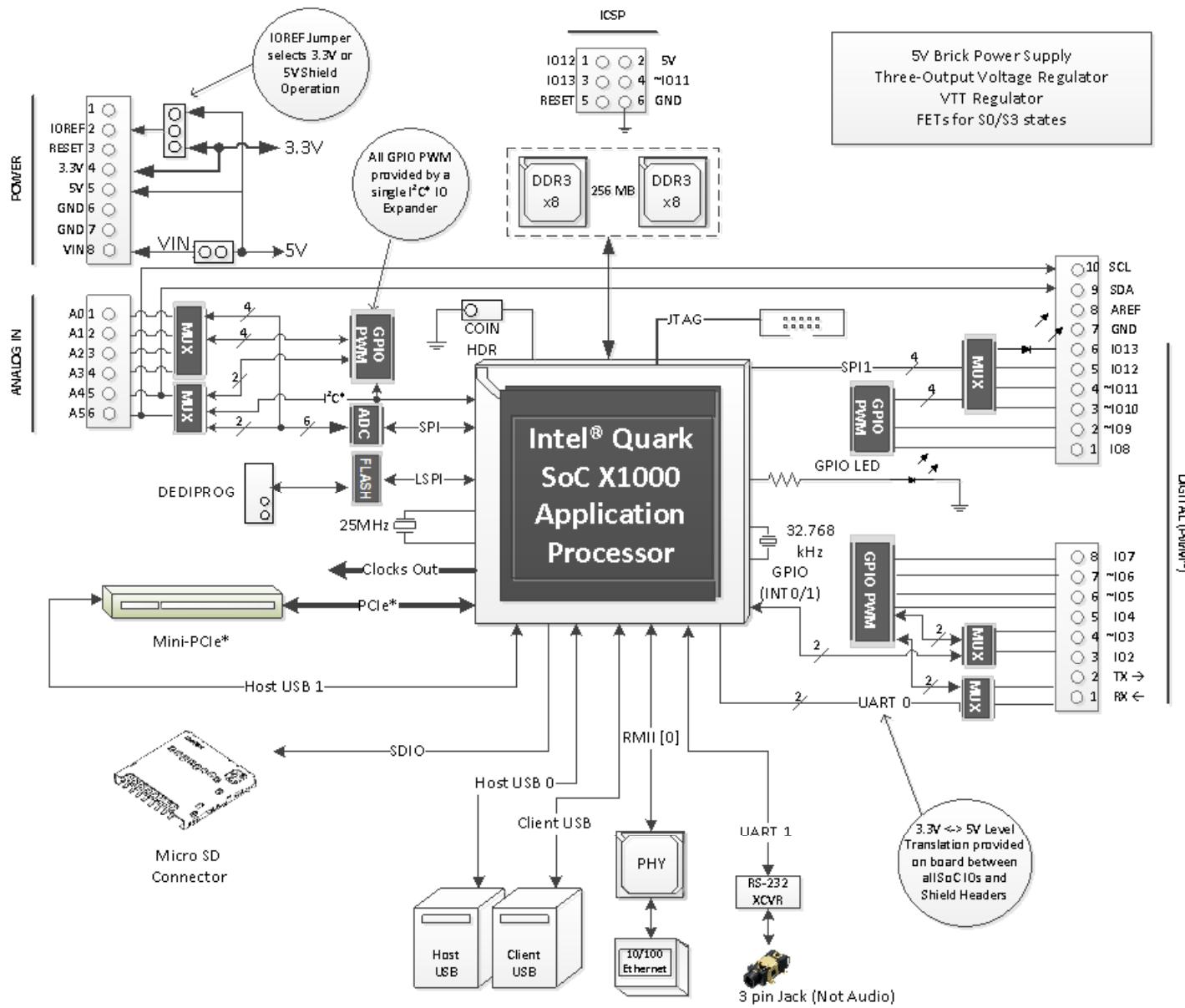
Placa Galileo Gen 1 de Intel



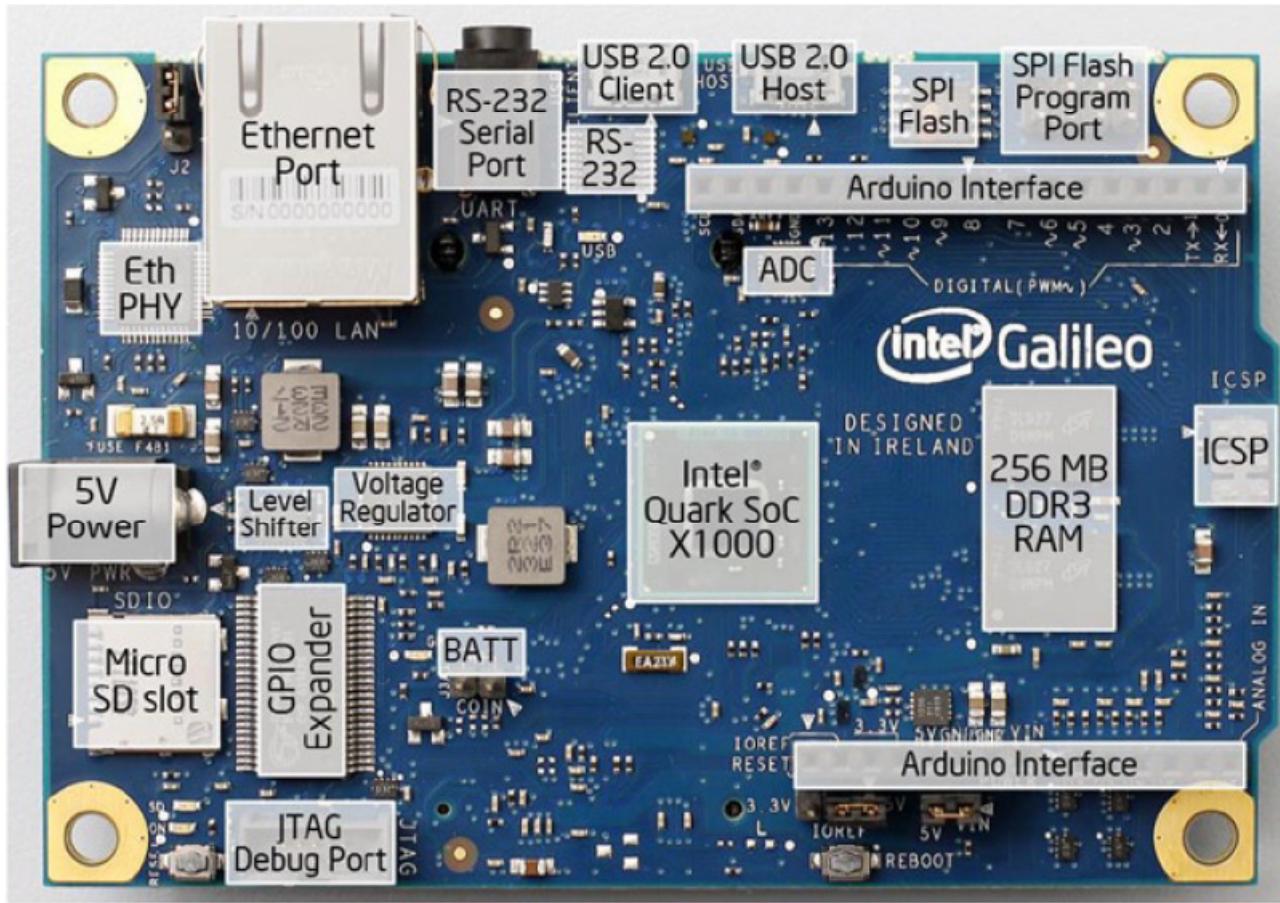
Placa Galileo Gen 1 de Intel

- ▶ Galileo es una computadora en placa (SBC, *single board computer*) basada en el sistema en chip (SoC, *system on chip*) de aplicación Intel Quark SoC X1000, el cual es un sistema Pentium de Intel de 32 bits.
- ▶ Es la primer placa de desarrollo basada en una arquitectura de Intel diseñada para ser compatible en hardware y software con accesorios (*shields*) de Arduino diseñados para la versión UNO R3. Contiene headers con la misma distribución que los de una placa Arduino UNO R3, conocida como “pinout Arduino 1.0”.

Placa Galileo Gen 1 de Intel



Placa Galileo Gen 1 de Intel



Placa Galileo Gen 1 de Intel

Elemento	Descripción
Puerto Ethernet	conector Ethernet 10/100
Puerto serie RS232	jack de 3.5mm de 3 pines
RS232	transceptor RS232
Cliente USB 2.0	conector del cliente USB, usado típicamente para programación
Host USB 2.0	conector del host USB
Flash SPI	8 MB de memoria flash SPI para almacenar el firmware y el último sketch
Puerto de programación de la flash SPI	header de 7 pines para programación de la memoria
Headers de Arduino	header compatibles con Arduino UNO R3
ADC	conversor analógico a digital
SoC Quark X1000 de Intel	sistema en chip de la placa
ICSP	header para la programación serial en circuito, para shields y con soporte de la librería SPI.
RAM de 256 MB DDR3	memoria DRAM
Headers de Arduino	header compatibles con Arduino UNO R3
Puerto JTAG	puerto estándar de 10 pines para depuración
Expansor GPIO	expansor de puertos GPIO
Slot micro-SD	soporte de memorias SD de hasta 32 GB
Alimentación de 5Vdc	conector de alimentación de 5V y 3A
Regulador de voltaje	genera 3.3V, con corriente máxima de 800 mA
PHY Ethernet	transceptor de capa física Ethernet
Batería	terminal usado para batería de 3.3V para alimentar el reloj de tiempo real interno

Placa Galileo Gen 1 de Intel

- ▶ **Características soportadas de los shields de Arduino:**
 - **14 pines de E/S digitales:**
 - 6 pueden ser usados con modulación por ancho de pulso (PWM, *pulse width modulation*).
 - 14 pueden usarse como I/O digitales.
 - Los pines pueden operar en 3.3V o 5V. Cada pin puede suministrar 10mA.
 - **6 entradas analógicas (A0–A6)**, vía un convertidor analógico a digital AD7298 (hasta 1 Msps). Este conversor es de 12 bits de resolución y usa como referencias GND y 5V. La placa sólo usa 10 de los 12 bits de resolución.
 - I2C, TWI: se utilizan los pines SDA y SCL.
 - SPI: por defecto está configurado a 4 MHz para soportar shields Arduino UNO R3. Se puede programar hasta 25 MHz. Galileo tiene un controlador SPI nativo, el cual no puede actuar como dispositivo esclavo.
 - UART: puerto serie de niveles TTL o LVTTL. Los pines utilizados son 0 para Rx y 1 para Tx.
 - ICSP (SPI): header de 6 pines para la programación serie en circuito, ubicado apropiadamente para enchufar los shields existentes. Estos pines soportan comunicación SPI utilizando la librería SPI de Arduino.
 - IOREF: permite que un shield conectado a la placa se adapte al voltaje provisto por la placa. El voltaje de este pin es controlado por un jumper que permite seleccionar 3.3V o 5V.

Placa Galileo Gen 1 de Intel

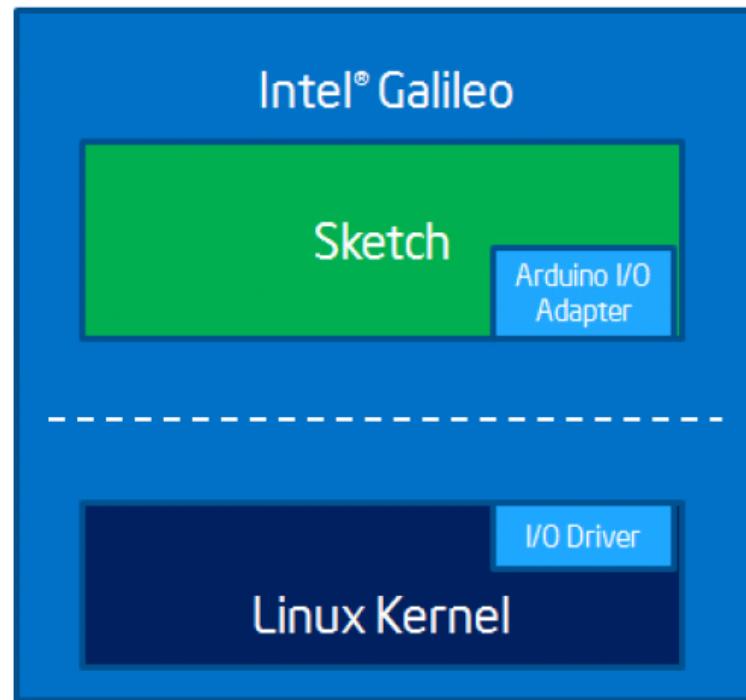
▶ IDEs disponibles:

- Intel® XDK IoT Edition
 - JavaScript, Node.js, HTML5.
- Intel® System Studio IoT Edition
 - C++, Java.
- Arduino
 - C++, librerías.

Placa Galileo Gen 1 de Intel

▶ IDE de Arduino

- Crear programas llamados sketches.
- Compilar y subir los programas vía USB a la placa Galileo utilizando el IDE.



XCTU de Digi

- ▶ Software de configuración y test de módulos de RF.

The screenshot shows the XCTU software interface. The top menu bar includes 'XCTU', 'Working modes', 'Tools', and 'Help'. The toolbar features icons for 'Radio Modules' (with a plus sign), 'Search', and other configuration tools. The main window title is 'Radio Configuration [- 0013A200403A3C93]'. The left sidebar displays a 'Radio Modules' list with one item selected: 'Name: ZigBee Router API', 'Function: ZigBee Router API', 'Port: COM9 - 9600/8/N/1/N - API1', and 'MAC: 0013A200403A3C93'. The right pane shows networking settings for the selected module. The 'Networking' section includes fields for PAN ID (0), Scan Channels (FFFF, Bitfield), Scan Duration (3, exponent), ZigBee Stack Profile (0), Node Join Time (FF, x1 sec), Network Watchdog Timeout (0, x1 minute), Channel Verification (Disabled [0]), Join Notification (Disabled [0]), Operating PAN ID (0), Operating 16-bit PAN ID (FFFF), Operating Channel (0), and Number of Remaining Children (C). A vertical column of circular icons is visible on the far right.

Radio Configuration [- 0013A200403A3C93]

Product family: XB24-ZB Function set: ZigBee Router API Firmware version: 23A7

Networking

Change networking settings

i	ID PAN ID	0	
i	SC Scan Channels	FFFF	Bitfield
i	SD Scan Duration	3	exponent
i	ZS ZigBee Stack Profile	0	
i	NJ Node Join Time	FF	x1 sec
i	NW Network Watchdog Timeout	0	x1 minute
i	JV Channel Verification	Disabled [0]	
i	JN Join Notification	Disabled [0]	
i	OP Operating PAN ID	0	
i	OI Operating 16-bit PAN ID	FFFF	
i	CH Operating Channel	0	
i	NC Number of Remaining Children	C	

XCTU de Digi

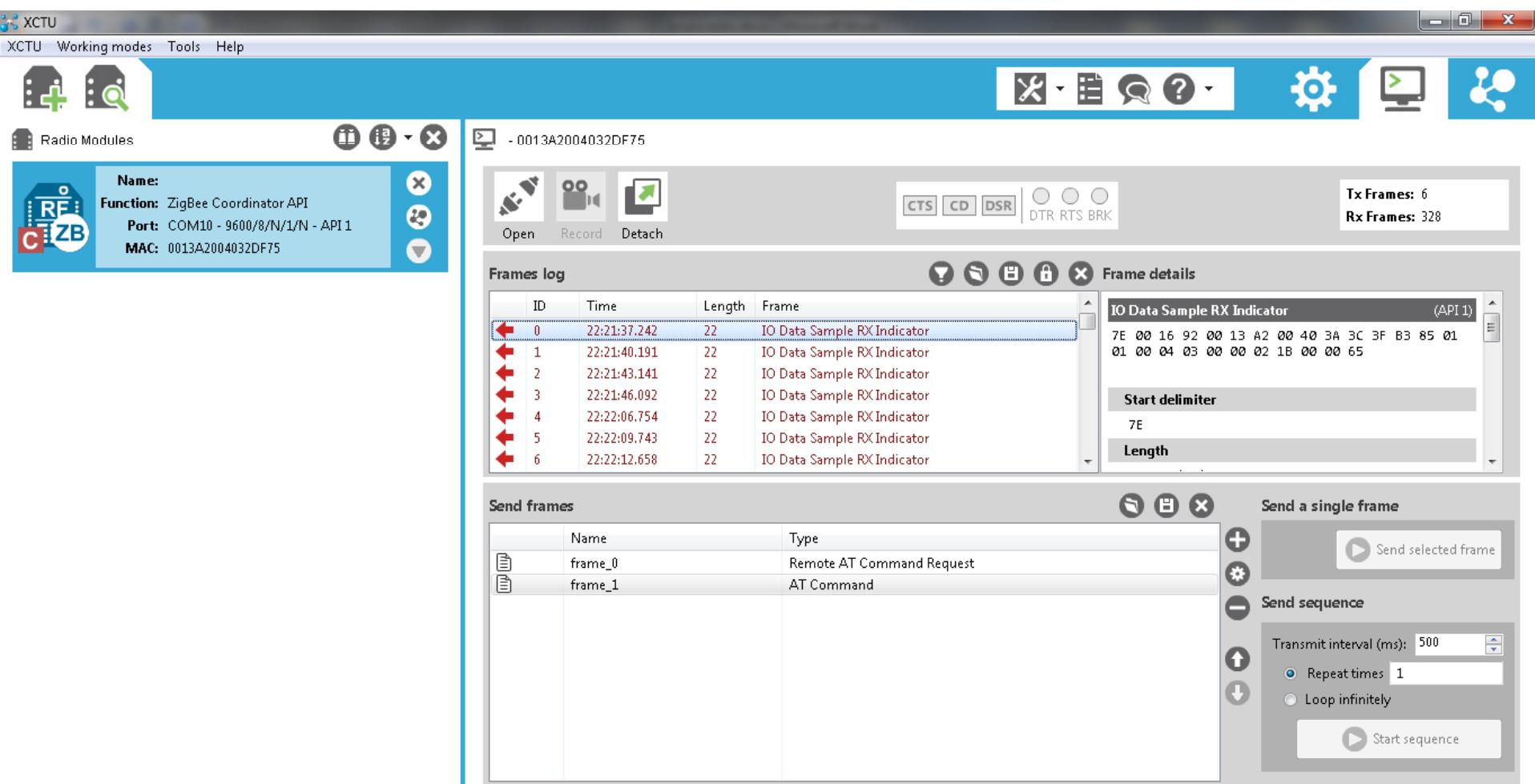
- ▶ Software de configuración y test de módulos de RF.
- ▶ Configuración:
 - ▶ Actualización de firmware: coordinador, router o end-device.
 - ▶ Red y direccionamiento.
 - ▶ Interfaz de RF.
 - ▶ Seguridad.
 - ▶ Interfaz serie.
 - ▶ Modos de bajo consumo.
 - ▶ Puertos E/S.
 - ▶ Diagnóstico.
- ▶ Vistas:
 - ▶ Configuración.
 - ▶ Consola serie.
 - ▶ Pantalla de visualización de la red.

XCTU de Digi

- ▶ Herramientas:
 - ▶ Generador de tramas.
 - ▶ Intérprete de tramas.
 - ▶ Sesión de consola.
 - ▶ Test de distancia.
 - ▶ Explorador de firmware.
 - ▶ Analizador de espectro.
 - ▶ Medición de throughput.

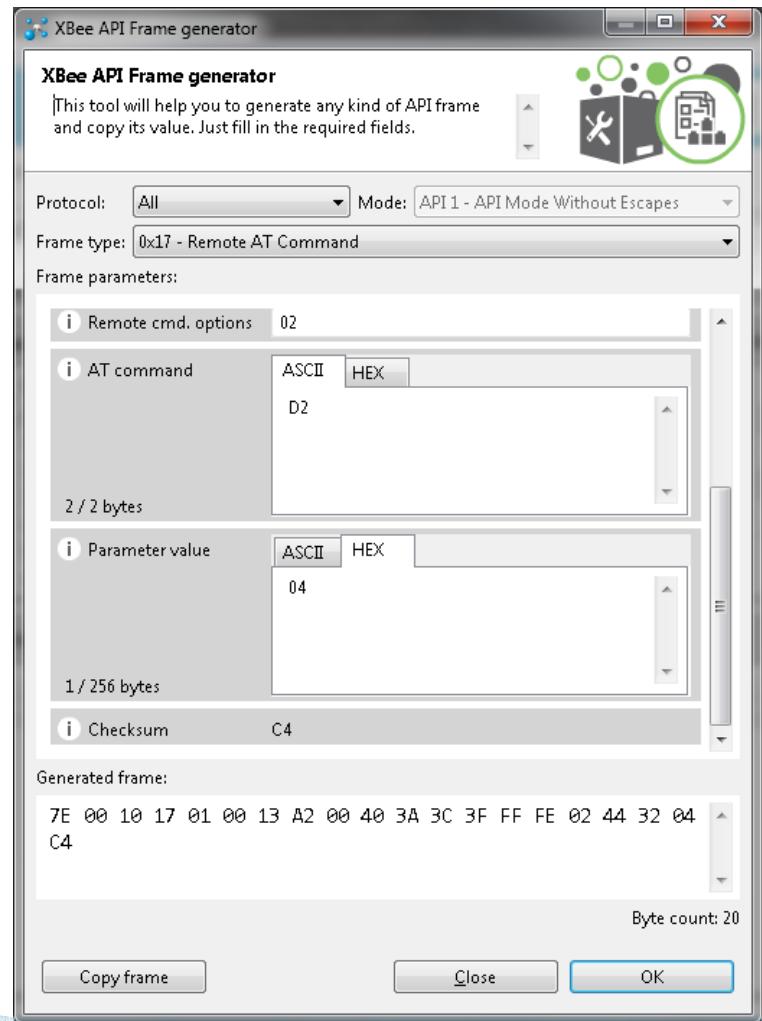
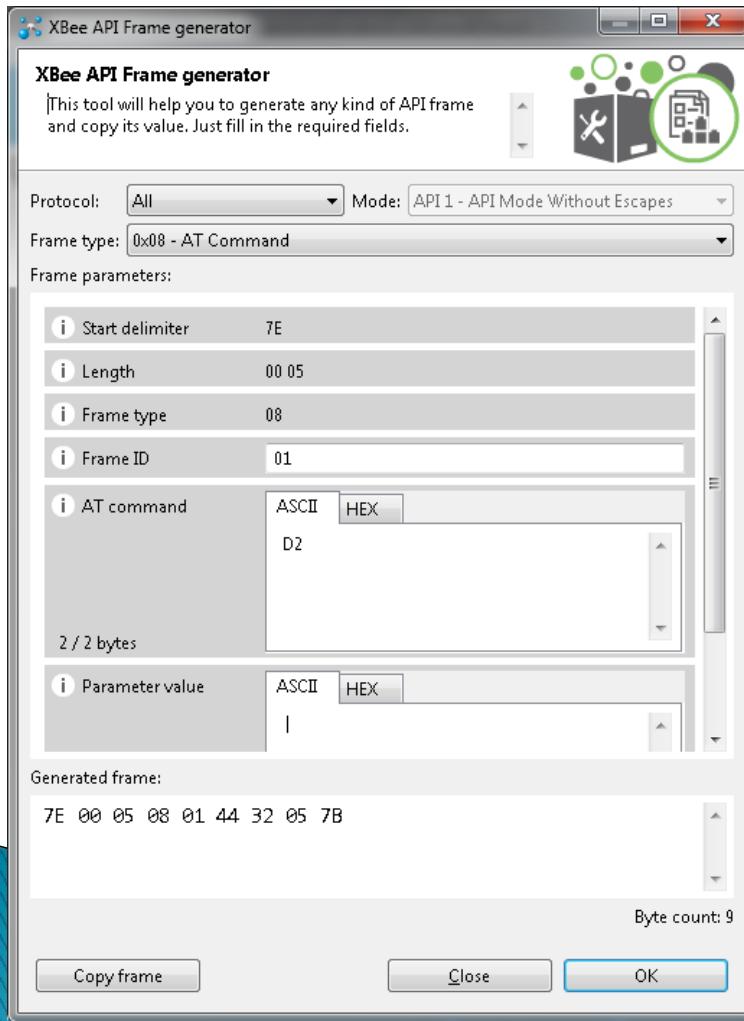
XCTU de Digi

▶ Consola serie

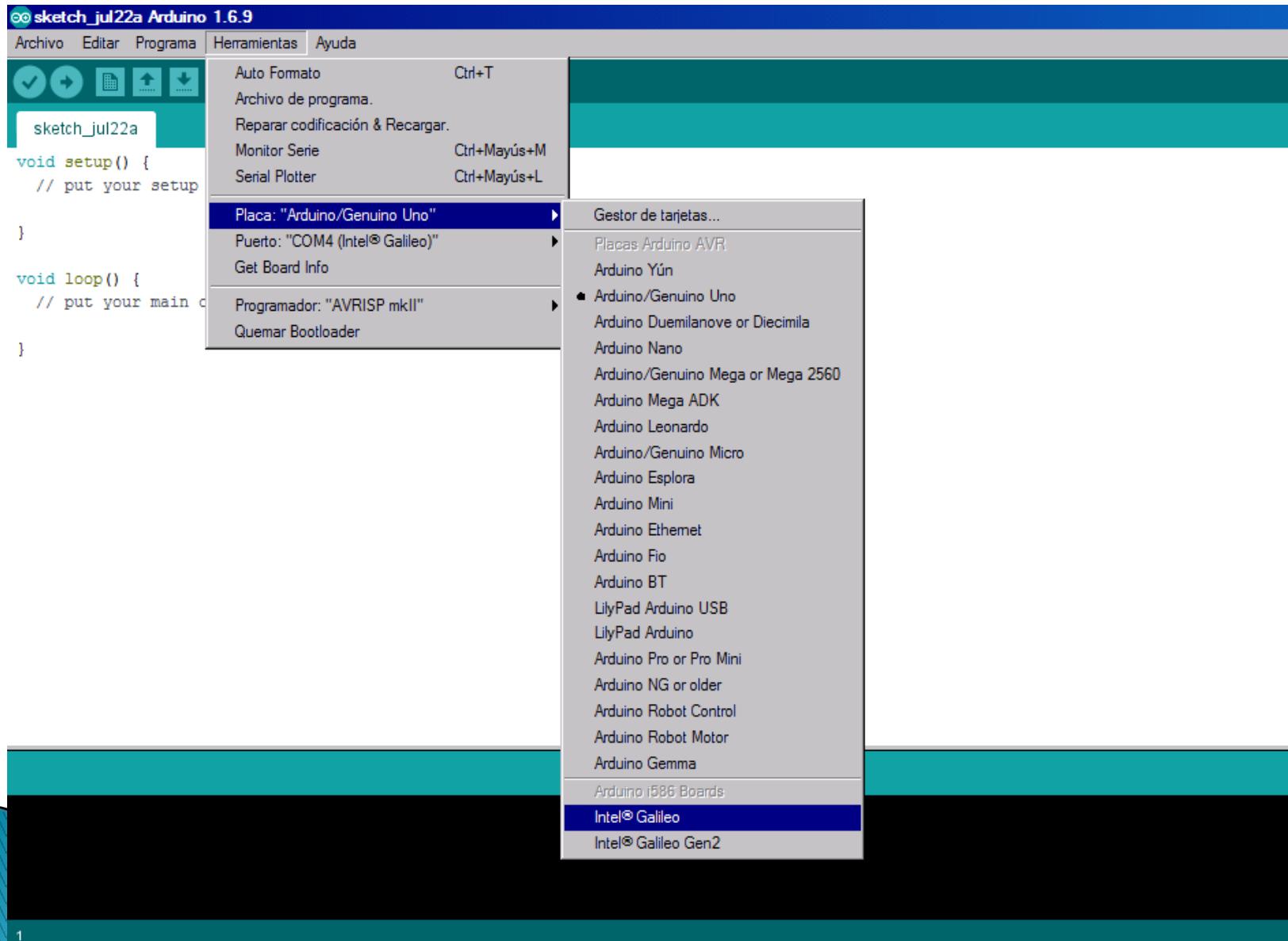


XCTU de Digi

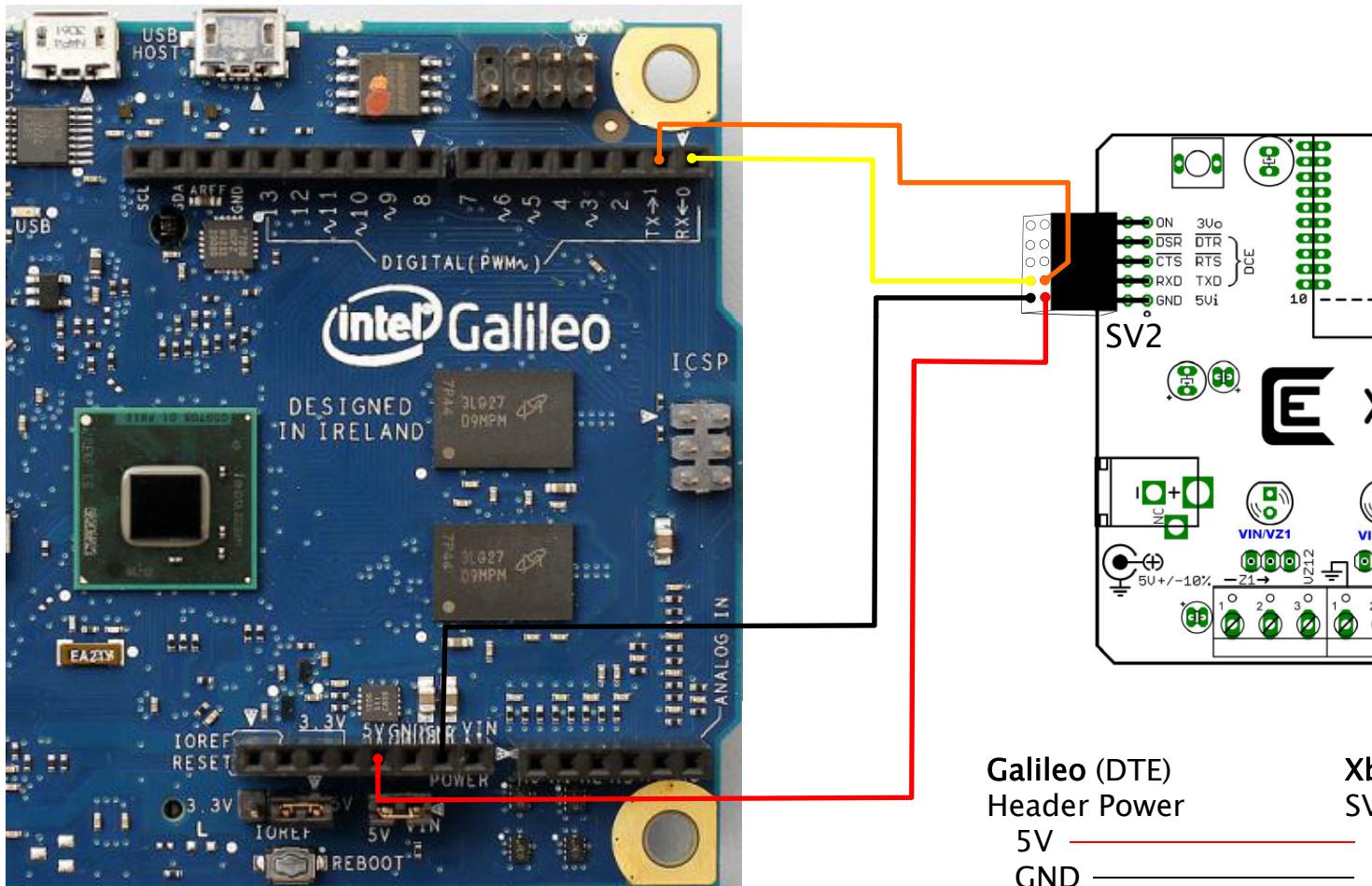
► Generador de tramas



IDE de Arduino para Galileo



Interconexión Galileo-XBoard



Galileo (DTE) Header Power	Xboard (DCE) SV2	
5V	—————>	5Vi(1)
GND	—————>	GND(2)

Galileo (DTE) Header Digital

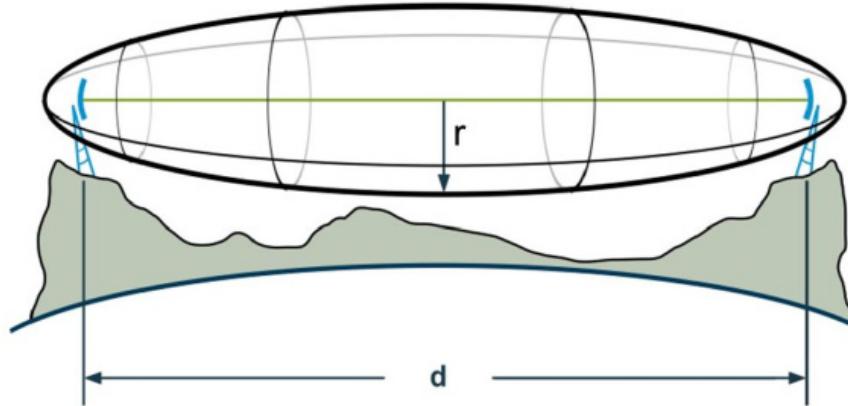
Rx(0)	—————<	Rx(4)
Tx(1)	—————>	Tx(3)

Trabajos Prácticos Propuestos

- ▶ Cálculo de enlace y modelos de propagación.
- ▶ Utilización del modo AT en módulos XBee ZB.
- ▶ Utilización del modo API en módulos XBee ZB.
- ▶ Comunicación de datos en modo AT.
- ▶ Control remoto de un módulo XBee ZB.
- ▶ Lectura de entradas y salidas de un módulo XBee ZB remoto.
- ▶ Utilización de la librería xbee-arduino.
- ▶ Trabajo práctico final.

Ejercicio 1.a

- ▶ Cálculo de enlace y modelos de propagación.
 - Calcular la distancia máxima de comunicación entre dos módulos XBee ZB en espacios abiertos con línea de vista.

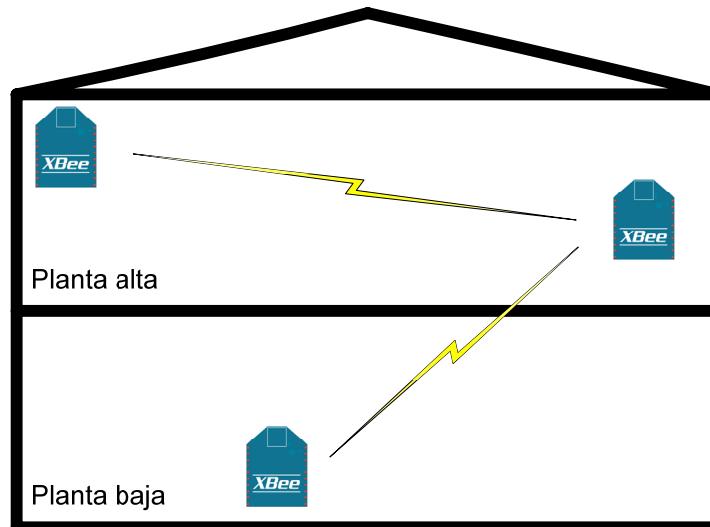


$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

$$P_r [dBm] = P_t [dBm] + G_t [dB] + G_r [dB] - 20 \log f - 20 \log r + 147.56 \text{ dB}$$

Ejercicio 1.b

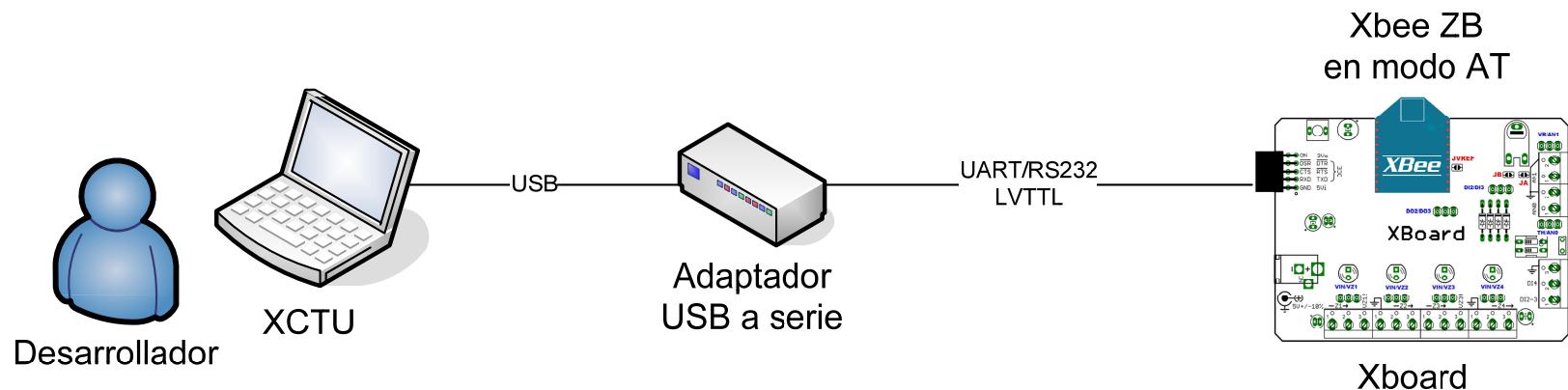
- ▶ Cálculo de enlace y modelos de propagación.
 - Calcular la distancia máxima de comunicación entre dos módulos XBee ZB en un espacio residencial.
 - Recomendación P.1238-8 de la ITU-R.



$$L_{total} [dB] = -28 + 20 \log f [MHz] + N \log r [m] + L_f(n)$$

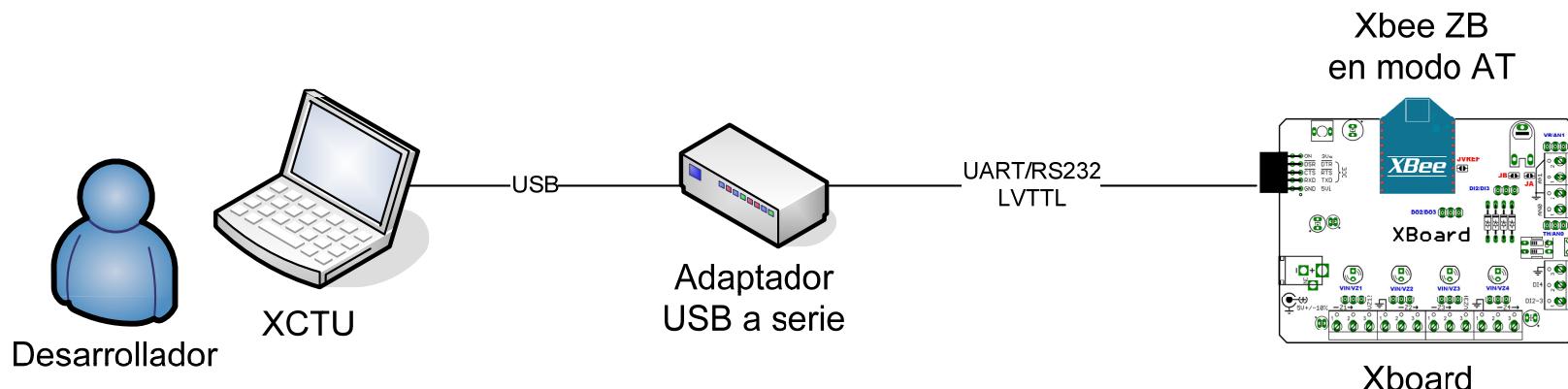
Ejercicio 2

- ▶ Utilización del modo AT en módulos XBee ZB.
 - Configurar dos entradas como canales de conversión AD.
 - Utilizar el comando ATIS para leer las entradas.



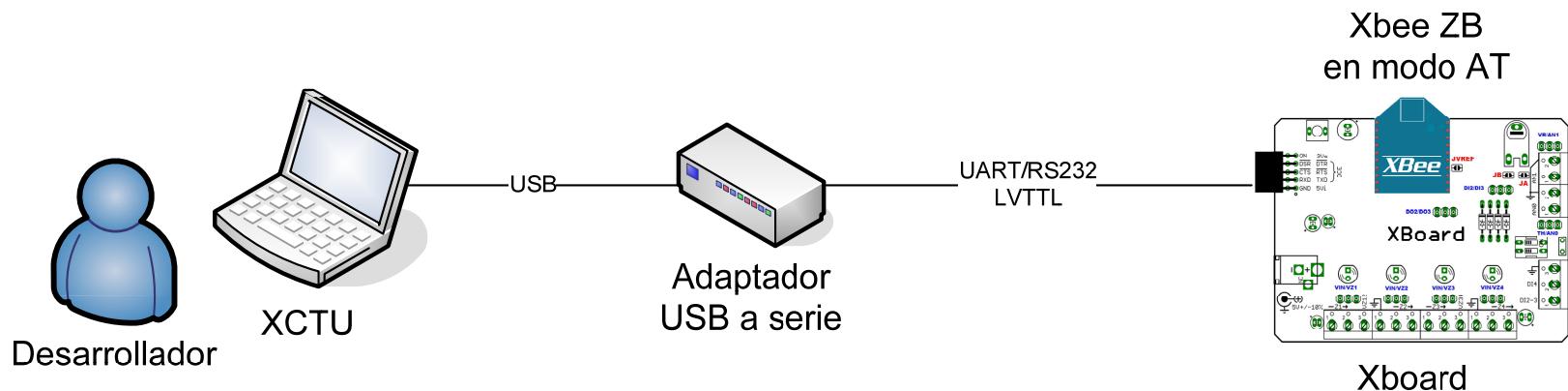
Ejercicio 3

- ▶ Utilización del modo AT en módulos XBee ZB.
 - Configurar dos entradas digitales.
 - Utilizar el comando ATIS para leer las entradas.



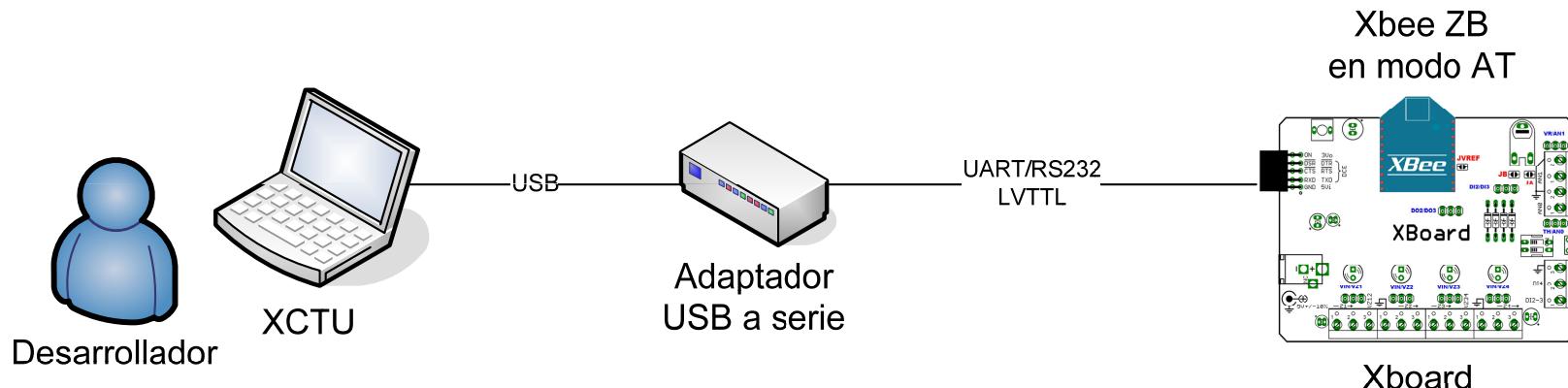
Ejercicio 4

- ▶ Utilización del modo AT en módulos XBee ZB.
 - Configurar dos salidas digitales.



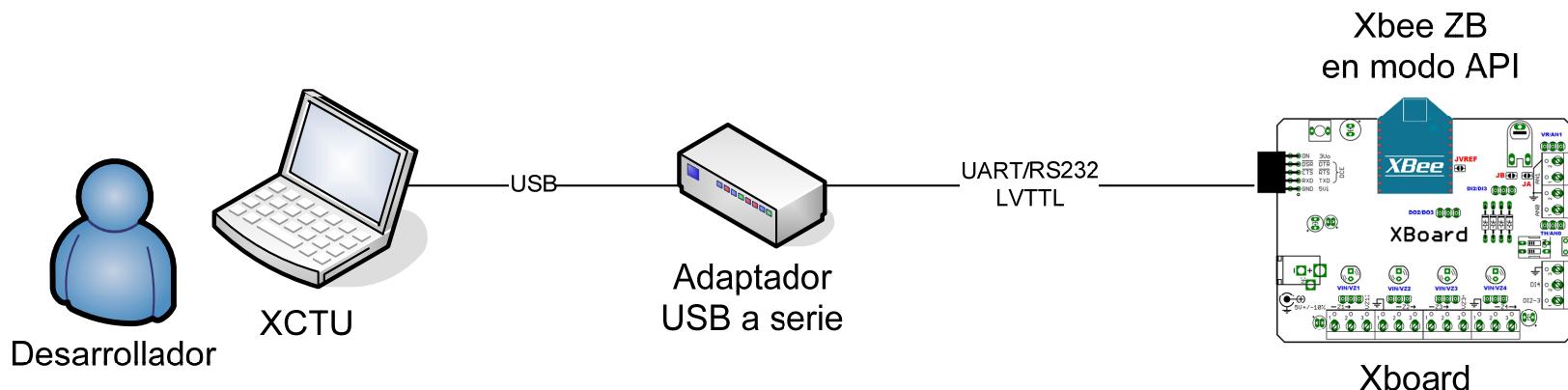
Ejercicio 5

- ▶ Utilización del modo AT en módulos XBee ZB.
 - Configurar dos entradas como canales de conversión AD.
 - Configurar dos entradas digitales.
 - Configurar dos salidas digitales.
 - Utilizar el comando ATIS.



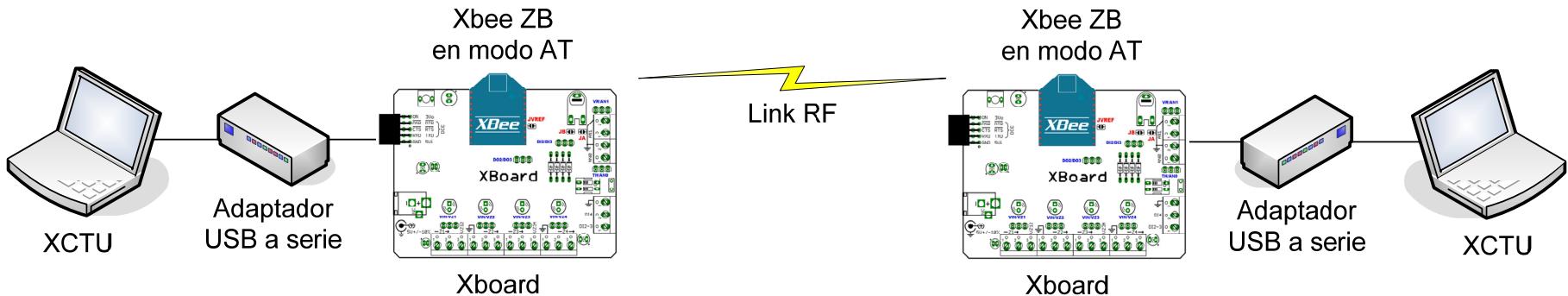
Ejercicio 6

- ▶ Utilización del modo API en módulos XBee ZB.
 - Ídem ejercicios 2–5 usando el modo API.



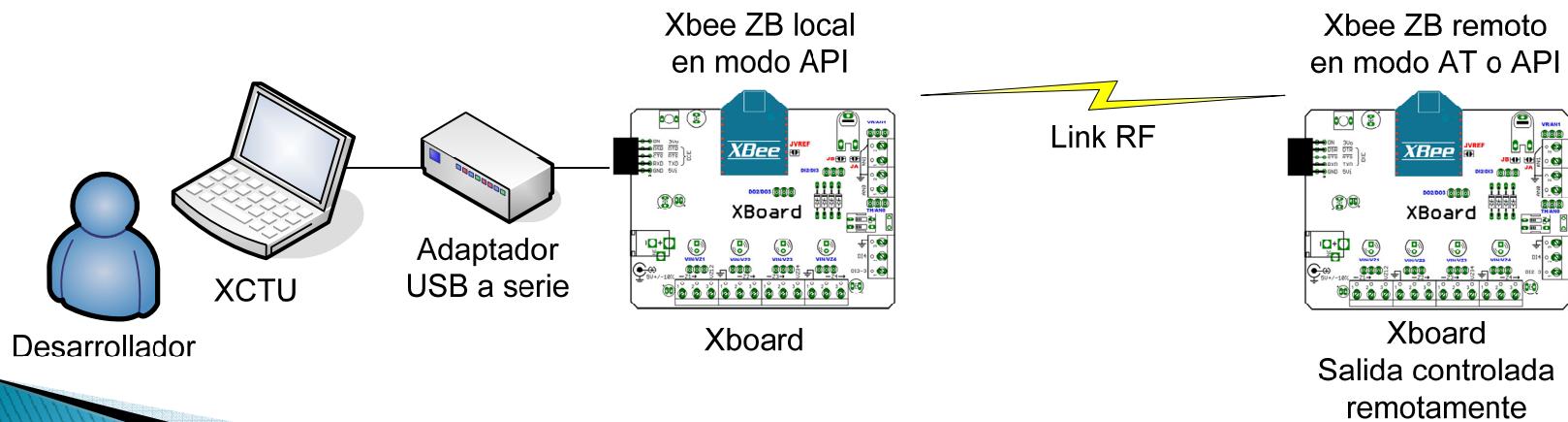
Ejercicio 7

- ▶ Comunicación de datos en modo AT.
 - Establecer una comunicación de datos entre dos computadoras mediante un enlace de RF utilizando módulos XBee ZB.
 - Configurar los módulos usando comandos AT.



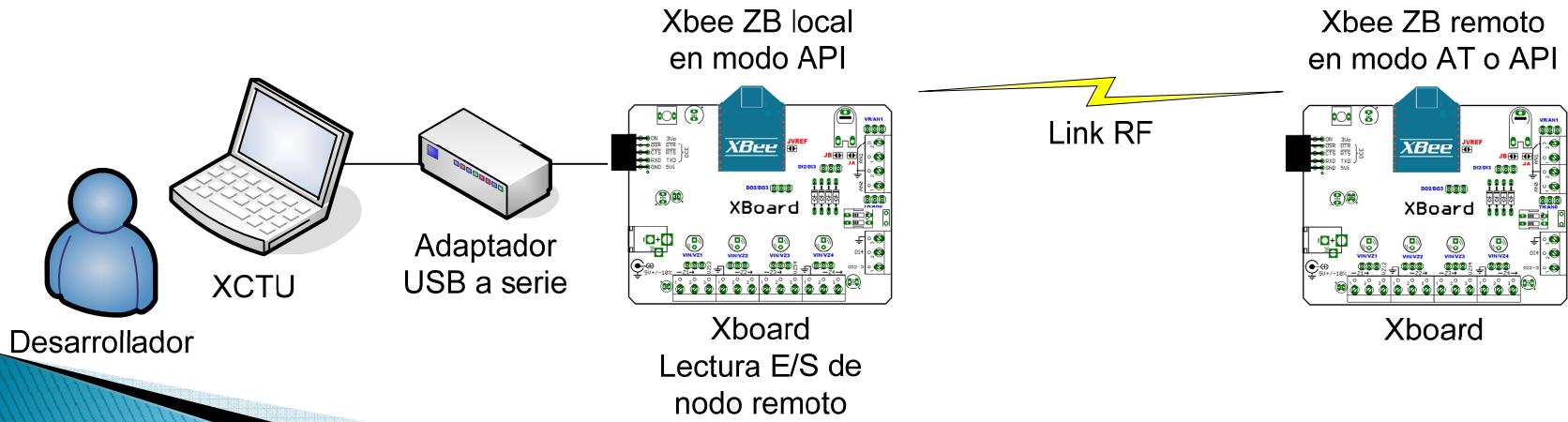
Ejercicio 8

- ▶ Control remoto de un módulo XBee ZB.
 - Controlar mediante un nodo local el estado de una salida (por ejemplo, DO5) de un nodo remoto.
 - El nodo local debe tener firmware del modo API.
 - El nodo remoto cualquier modo.
 - Comandos AT encapsulados.



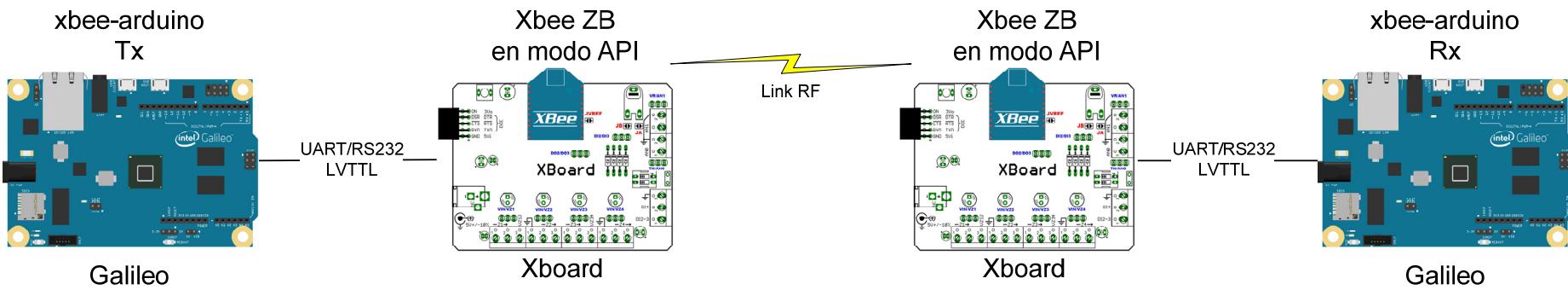
Ejercicio 9

- ▶ Lectura de entradas y salidas de un módulo XBee ZB remoto.
 - Leer, desde un nodo local, el estado de entradas analógicas y salidas configuradas de un módulo remoto (AN0 y AN1, y DO5, como ejemplos).
 - Antes se deben configurar las E/S del nodo remoto.



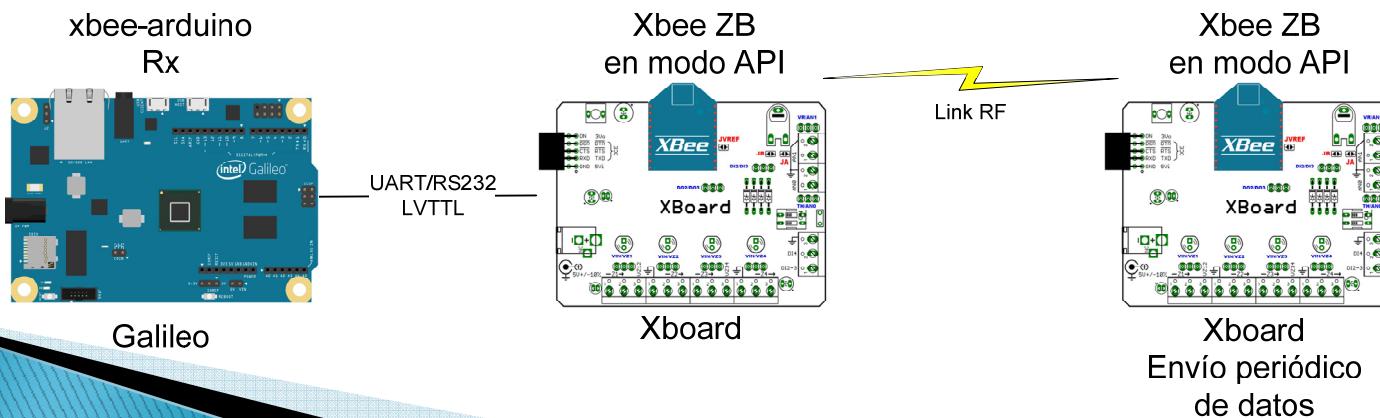
Ejercicio 10

- ▶ Utilización de la librería xbee-arduino.
 - Dos grupos:
 - Un grupo adapta el ejemplo “Series2_Tx”.
 - Un grupo adapta el ejemplo “Series2_Rx”.
 - Los módulos deben ser configurados para operación en modo API con caracteres de escape (AP=2).



Ejercicio 11

- ▶ Utilización de la librería xbee-arduino.
 - Dos grupos:
 - Un grupo adapta el ejemplo “Series2_IoSamples”.
 - Un grupo configura un módulo para envío periódico de información: dos canales AD y una salida digital.
 - El módulo que corre el ejemplo debe ser configurado en modo API con caracteres de escape (AP=2).



¡Gracias!