



UNIVERSITAT JAUME I
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA
BASADA EN MICROCHIP
ATMEGA 2560 PARA
CONEXIÓN DE UNA ESTACIÓN
METEREOLÓGICA.

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR

Adrián Domingo Armero

DIRECTOR

José Carlos Alfonso Gil

Castellón, Enero de 2019

Universidad JAUME I

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA BASADA EN MICROCHIP ATMEGA 2560
PARA CONEXIÓN DE UNA ESTACIÓN METEREOLÓGICA.

Índice general

Adrián Domingo Armero	0
José Carlos Alfonso Gil.....	0
Castellón, Enero de 2019	0
1. MEMORIA.....	9
1.1 Objeto.	9
1.2 Alcance.....	9
1.3 Antecedentes.....	9
1.4 Planteamiento.....	10
1.5 Diseño de la placa alfa.	11
1.5.1 Microchip.....	11
1.5.2 FT232RL.	13
1.5.3 Alimentación.....	15
1.5.4 USB.....	17
1.5.5 Bluetooth.....	17
1.5.6 Tarjeta SD.	18
1.5.7 XBee.....	19
1.6 Tarjeta electrónica para la aplicación de estación meteorológica.....	20
1.6.1 Alimentación.....	21
1.6.2 RTC (Real Time Clock).	22
1.6.3 Sensor de temperatura y humedad.	23
1.6.4 Sensor de lluvia.....	24
1.6.5 Anemómetro.	25
1.6.6 Sensor de radiación solar.	26
1.6.7 Consumo de la estación.....	27
1.7 Posibles mejoras.	28
1.8 Composición de la tarjeta electrónica.	28
1.9 Enrutado de la tarjeta electrónica.	30
1.10 Renderizado	32
1.11 Programación del microcontrolador.	35
2. Anexos.....	52

3. Planos.....	67
4. Pliego de condiciones.....	76
5. Presupuesto.....	81

Ilustración 1: Mapa de pines ATME 2560.....	11
Ilustración 2: Condensadores recomendados.....	12
Ilustración 3: Filtro LC para la referencia del ADC.....	13
Ilustración 4: Conexión del integrado FT232RL.....	15
Ilustración 5: Conexión circuito alimentación.....	16
Ilustración 6: Conector USB.....	17
Ilustración 7: Conector FTDI.....	17
Ilustración 8: Módulo comunicación Bluetooth.....	18
Ilustración 9: Adaptador lector de tarjetas microSD.....	18
Ilustración 10: Módulo XBEE.....	20
Ilustración 11: Conector JST de dos pines.....	21
Ilustración 12: Conexión alimentación.....	22
Ilustración 13: Módulo RTC.....	23
Ilustración 14: Módulo sensor humedad temperatura SHT-15.....	24
Ilustración 15: Módulo sensor lluvia FC-37.....	24
Ilustración 16: Anemómetro.....	25
Ilustración 17: Sensor ultravioleta MP8511 UV.....	26
Ilustración 18: Tensión de salida en función de UV.....	27
Ilustración 19: Distribución componentes tarjeta alfa.....	29
Ilustración 20: Distribución componentes tarjeta estación meteorológica.....	30
Ilustración 21: Enrutado tarjeta versión alfa.....	31
Ilustración 22: Enrutado tarjeta estación meteorológica.....	32
Ilustración 23: Renderizado tarjeta alfa. Superior.....	33
Ilustración 24: Renderizado tarjeta alfa. Inferior.....	33
Ilustración 25: Renderizado tarjeta meteorológica. Superior.....	34
Ilustración 26: Renderizado tarjeta meteorológica. Inferior.....	34
Ilustración 27: Carga del bootloader.....	35
Ilustración 28: Carga del bootloader 2.....	36
Ilustración 29: Página principal XCTU.....	37
Ilustración 30: Página de configuración del equipo.....	38
Ilustración 31: Página 2 configuración del equipo.....	39
Ilustración 32: Función de cada pin chip ATMEGA.....	52
Ilustración 33: Características Técnicas.....	52
Ilustración 34: Características del sistema y reset.....	54
Ilustración 35: Descripción de los pines módulo XBEE.....	55
Ilustración 36: Características eléctricas.....	56
Ilustración 37: Características ADC.....	56
Ilustración 38: Descripción de los pines.....	56
Ilustración 39: Valores máximos.....	57
Ilustración 40: Características eléctricas.....	57
Ilustración 41: Valores recomendados.....	58

Ilustración 42: Información sobre la temperatura.....	58
Ilustración 43: Filtro LC recomendado.	58
Ilustración 44: :Condiciones de operación recomendadas.	58
Ilustración 45:Características eléctricas (1).....	59
Ilustración 46: Características eléctricas (2).....	59
Ilustración 47: Características técnicas Humedad y Temperatura.....	60
Ilustración 48::Características eléctricas.	60
Ilustración 49: Conexiones y salidas.....	61
Ilustración 50: Valores máximos.	61
Ilustración 51:Valores de operación recomendados.....	61
Ilustración 52:Características electro-ópticas.	62
Ilustración 53:Voltaje de salida frente radiación UV.....	62
Ilustración 54: Características de la respuesta espectral.	63

Universidad JAUME I

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA BASADA EN MICROCHIP ATMEGA 2560
PARA CONEXIÓN DE UNA ESTACIÓN METEREOLÓGICA.

MEMORIA

Universidad JAUME I

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA BASADA EN MICROCHIP ATMEGA 2560
PARA CONEXIÓN DE UNA ESTACIÓN METEREOLÓGICA.

1. MEMORIA.

1.1 Objeto.

El proyecto tiene como objeto el diseño y la implementación de una tarjeta electrónica alfa basada en el microchip ATMEGA 2560 para la conexión de sensores, guardado de las mediciones realizadas y comunicación inalámbrica con módulos XBee.

1.2 Alcance.

Este proyecto surge como consecuencia de la estancia en prácticas en la empresa *Cumulus City*, la cual presenta la necesidad de diseñar e implementar una placa electrónica que debe disponer de entradas y salidas para la conexión de sensores, además debe guardar los datos medidos cada cierto tiempo y poder establecer comunicación por medio de una o más tecnologías.

Para ello inicialmente se diseña una placa alfa para cumplir con las exigencias de la empresa y después se procede a la propuesta de una segunda versión de la tarjeta con unas pequeñas variaciones para conseguir que dicha tarjeta funcione como una pequeña estación meteorológica, capaz de hacer medidas de humedad, temperatura, radiación solar y dirección e intensidad del viento.

1.3 Antecedentes.

En la actualidad ha aumentado la demanda de proyectos basados en microcontroladores capaces de estar conectados entre ellos, formando una red de comunicación a la cual se tiene un fácil acceso. Las empresas tienen la necesidad de optimizarse y mejorar constantemente, para ello estudian sus estadísticas, guardan datos de su producción e intentan innovar en sus procesos.

El internet de las cosas permite a las empresas tener conectado el dispositivo que deseen en tiempo real, comprobando su estado y analizando los datos que deseen.

Gracias a Internet y al movimiento DIY (*do it yourself*) hay una cantidad enorme de información sobre la captura de datos y tipos de comunicación que pueden adoptar estas tarjetas.

Por esto ha aumentado el concepto de *lot (Internet of Things)*, este movimiento se basa en interconectar objetos de la vida diaria con las personas y otros objetos. Las aplicaciones de este movimiento se pueden clasificar en tres grupos:

- Consumo: Automatización de electrodomésticos, tecnología vestible, automóviles.
- Empresarial: Conocido como *EIoT*, se refiere a los dispositivos en los negocios.

- Administración de infraestructura: Se utiliza para seguir cualquier evento o cambio en infraestructuras urbanas o rurales.

1.4 Planteamiento.

Al comenzar la relación laboral en empresa Cumulus City, donde se realizan las prácticas de la asignatura del trabajo fin de grado, el gerente plantea la necesidad del diseño y desarrollo de una tarjeta electrónica con el chip ATMEGA 2560 con las siguientes características.

- Tensión de entrada de 9 a 12 voltios.
- La tarjeta electrónica debe ser capaz de reconocer señales de sensores analógicos y digitales.
- La tarjeta electrónica debe alimentar dispositivos de 5 y 3.3 voltios.
- Debe tener conexión USB (Universal Serial BUS).
- Dos tecnologías diferentes de comunicación, una con módulos XBEE que y otra tecnología a elección propia.
- La tarjeta electrónica debe tener capacidad para guardar mediciones.

En la primera etapa del proyecto se estudian las distintas necesidades que se indican anteriormente. El gerente de la empresa propone como referencia la tarjeta electrónica Arduino MEGA, la cual lleva el chip ATMEGA 2560. De esta forma se estudian los esquemas de alimentación, las conexiones de los pines analógicos y digitales y el funcionamiento general del microchip. Para finalizar esta etapa se busca información sobre cómo se puede programar el chip.

La segunda etapa se dedica al diseño del esquema y enrutado de la tarjeta electrónica.

La siguiente etapa plantea una versión de la tarjeta electrónica que actúe como estación meteorológica, seleccionando los sensores necesarios para ello, además de esto, se plantean una serie de mejoras en los circuitos de alimentación y distribución de los componentes de la tarjeta electrónica.

Tras el planteamiento se procede a integrar los cambios en el esquema y el enrutado de la placa.

Para terminar con el proyecto se realiza el código necesario para integrar los sensores seleccionados con la tarjeta electrónica y la configuración de los módulos XBEE.

1.5 Diseño de la placa alfa.

Para cumplir con los requerimientos funcionales de la placa, en su versión alfa, se ha utilizado el chip ATMEL ATMEGA 2560 de 8 bits por petición de la empresa y se han añadido todos los elementos periféricos necesarios para cumplir con los requerimientos de la placa. La elección del chip ATMEGA 2560 de 8 bits por parte de la empresa se justifica por dos motivos, se toma como referencia el diseño de la placa Arduino MEGA, la cual lleva este mismo chip, por otra parte, el gerente de la empresa había trabajado con anterioridad con ese chip.

En este punto se explican los requerimientos funcionales de la placa en su versión alfa, así como los componentes utilizados en el diseño y desarrollo para cumplir con los requerimientos.

1.5.1 Microchip

Para el diseño se puso como condición por parte de la empresa el uso del chip ATMEL ATMEGA 2560 de 8 bits, ya que era del que se disponía en ese momento en la empresa y se tomó como referencia la tarjeta de Arduino Mega que incluye este microchip con las siguientes características:

Dispositivo	Flash	EPROM	RAM	E/S	Resolución PWM	UART	Canales ADC
ATMEGA 2560	256 KB	4KB	8 KB	86	12	4	16

Tabla 1:Características microchip ATMEGA 2650

- Mapa de conectores del chip:

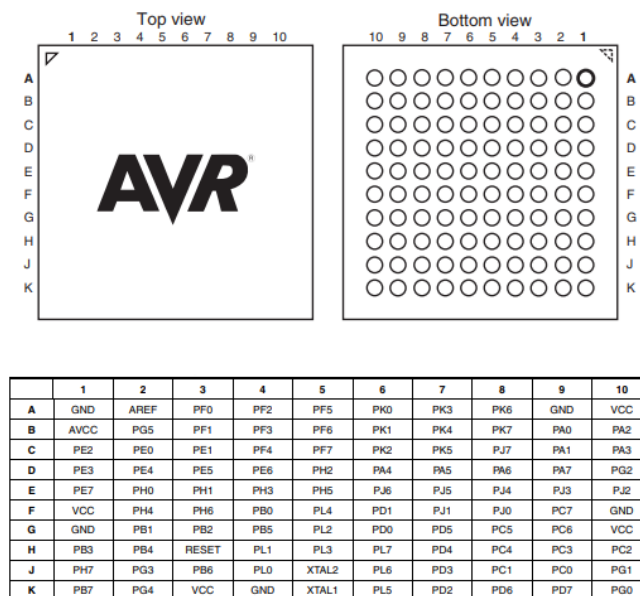


Ilustración 1: Mapa de pines ATME 256

- Descripción de los pines:
 - Vcc.

Voltaje de alimentación digital, en este caso el microchip esta alimentado a 5 V.

- GND.

Conectado al plano de masa, 0 voltios.

- Puertos desde A hasta L (PA7...PLO).

Son puertos de E / S bidireccionales de 8 bits con resistencias internas de pull-up (seleccionadas para cada bit).

Cada puerto puede tener una función distinta en función de la configuración del microchip. Esta configuración esta detallada en el datasheet proporcionado por el fabricante y en el punto I de los anexos de este documento.

- RESET.

Entrada para el RESET, esta entrada es de nivel bajo. Un pulso de nivel bajo más largo que el mínimo de la longitud de pulso generara un reset incluso si el reloj no está funcionando provoca que el microchip se reinicie.

- XTAL 1 y XTAL 2.

Estas entradas se utilizan para la conexión del cristal resonador, con la ayuda de la tabla de la figura 2 se eligen los valores de los condensadores para trabajar a la frecuencia deseada.

Frequency Range [MHz]	CKSEL3:1 ⁽¹⁾	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 [pF]
0.4 - 0.9	100 ⁽²⁾	–
0.9 - 3.0	101	12 - 22
3.0 - 8.0	110	12 - 22
8.0 - 16.0 ⁽⁴⁾	111	12 - 22

- Notes:
1. This is the recommended CKSEL settings for the different frequency ranges.
 2. This option should not be used with crystals, only with ceramic resonators.
 3. If 8MHz frequency exceeds the specification of the device (depends on V_{CC}), the CKDIV8 Fuse can be programmed in order to divide the internal frequency by 8. It must be ensured that the resulting divided clock meets the frequency specification of the device.
 4. Maximum frequency when using ceramic oscillator is 10MHz.

Ilustración 2: Condensadores recomendados.

Se decide trabajar a una frecuencia de 16 MHz, frecuencia a la que trabaja Arduino Mega. Para ello se instalarán en paralelo con el cristal resonante dos condensadores de 22pF de capacidad.

- AVCC.

AVCC es el voltaje de alimentación para el puerto F y el convertor analógico/digital. Debe ser conectado externamente a VCC, incluso si el convertor analógico digital no se usa. Si el convertor analógico digital es usado se debe conectar AVCC a través de un filtro paso-bajo.

Se ha tomado como diseño de referencia el que utiliza Arduino Mega, el filtro LC se muestra en la figura 3.

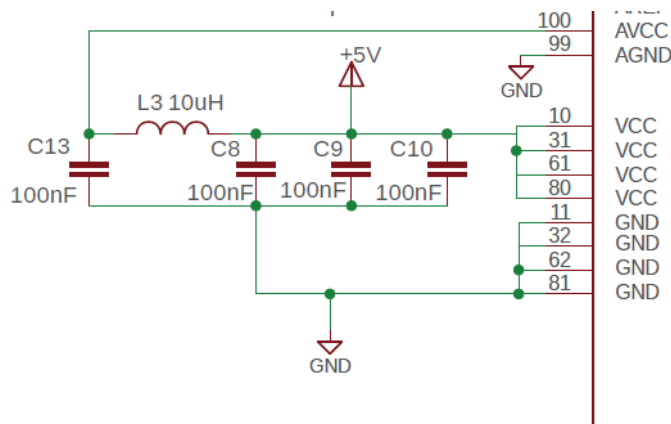


Ilustración 3: Filtro LC para la referencia del ADC

- AREF.

Este pin es la referencia analógica para el convertor analógico/digital.

1.5.2 FT232RL.

Para poder cargar programas en el chip ATMEL ATMEGA 2560 de una manera sencilla, mediante un IDE (Integrated Development Environment) como el de Arduino, se utiliza el circuito integrado FT232RL es una interfaz UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) a USB (Universal Serial BUS), esto simplifica la tarjeta electrónica ya que permite conectar un USB mini tipo B, un conector usado habitualmente.

Este chip maneja las interrupciones de los distintos dispositivos que puedan estar conectados mediante el puerto serie y además transformar la información recibida por este puerto a un formato paralelo para poder realizar la comunicación a través de los mismos.

- Descripción de los pines:

PIN	Nombre	Tipo	Descripción
1	TXD	Salida	Transmisión de datos
2	DTR#	Salida	Data Terminal Ready
3	RTS#	Salida	Request to Send

4	RXD	Entrada	Recepción de datos
5	VCCIO	PWR	5 V
6	RI#	Entrada	Ring Indicator
7	GND	PWD	Tierra
8	NC	Entrada	No conectar
9	DSR#	Entrada	Data Set Ready
10	DCD#	Entrada	Data Carrier Detect
11	CTS#	Entrada	Clear To Send
12	CBUS 4	I/O	Entrada/Salida configurable
13	CBUS 2	I/O	Entrada/Salida configurable
14	CBUS 3	I/O	Entrada/Salida configurable
15	USBDP	I/O	USB data signal plus
16	USBDM	I/O	USB data signal minus
17	3V3OUT	Salida	Salida del regulador 3.3V
18	GND	PWR	Tierra
19	RESET#	Entrada	Para realizar un reset, si no se usa se conecta a VCC
20	VCC	PWD	Alimentación 3.3-5.25 V
21	GND	PWD	Tierra
22	CBUS 1	I/O	Entrada/Salida configurable
23	CBUS 0	I/O	Entrada/Salida configurable
24	NC	NC	No conectar
2	AGND	PWD	Analog Ground
26	TEST	Entrada	Pone el chip en modo test, conectar a GND para funcionamiento normal
27	OSCI	Entrada	Entrada del oscilador 12 MHz
28	OSCO	Salida	Salida del oscilador 12 MHz

Tabla 2:Tabla pines chip FT232RL

El conexionado del chip FT232RL se muestra en la figura 4.

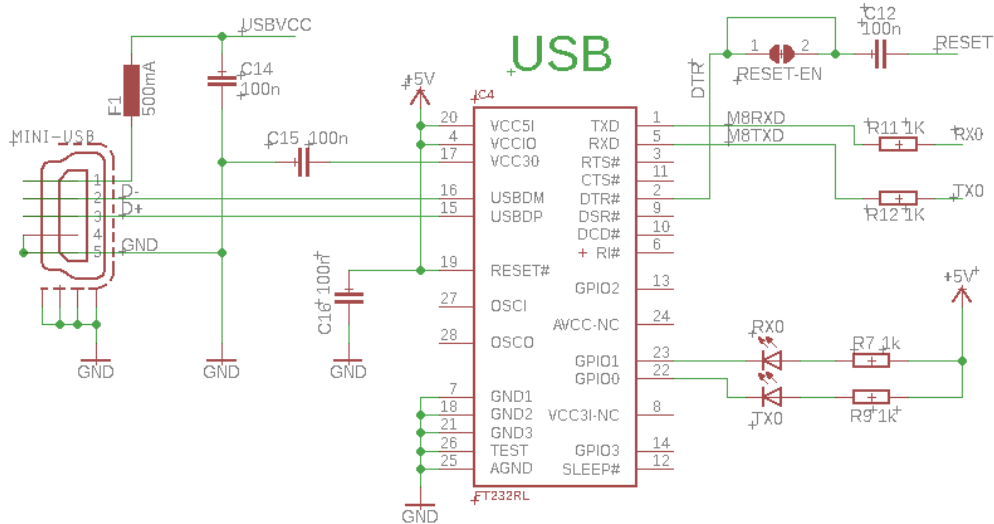


Ilustración 4: Conexionado del integrado FT232RL

1.5.3 Alimentación.

La alimentación de la tarjeta electrónica, será mediante el conector USB o un conector jack. Mediante el circuito electrónico mostrado en la figura 5 se regula la tensión de la tarjeta.

La alimentación nunca debe ser superior a 12 V, ya que los circuitos integrados quedarían inservibles. Para la protección del puerto USB de nuestro ordenador de sobretensiones y cortocircuitos se instala un fusible de protección de 500 mA, este fusible limita la corriente de la placa.

Por lo tanto, tenemos dos opciones para alimentar la placa:

- Mediante pilas: El conector jack nos permite alimentar la tarjeta mediante un porta pilas, esta opción es usada en la mayoría de las placas Arduino.
- Mediante USB: La alimentación por USB permite que la placa sea alimentada gracias a un ordenador o cualquier *power bank con salida USB*.

El componente X2 es un conector jack que permite una alimentación de entre 9 y 12 V, por la entrada PowerPin12V o Vin. Esta tensión está regulada por el componente IC1, se trata de un regulador de tensión lineal que genera a su salida 5 voltios constantes y 800

mA. El microchip y toda la electrónica que contiene la tarjeta es alimentada por este circuito de regulación.

Podría ocurrir que la polaridad del conector Jack estuviera cambiada, si es así el sistema actúa como si la placa no estuviera conectada para evitar quemarla.

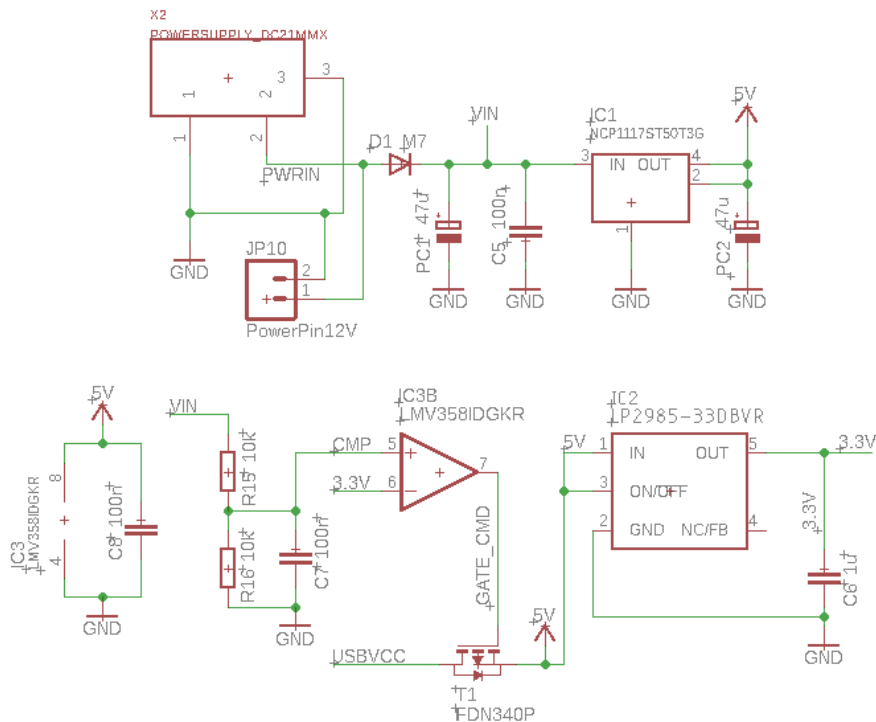


Ilustración 5: Conexión de circuito de alimentación.

El componente IC3, se trata de un operacional que actúa como comparador de la tensión de 3.3 voltios. La comparación se hace entre la tensión de 3.3 voltios y $V_{in}/2$, como se puede observar en la ilustración 3. Si $V_{in}/2$ es mayor que 3.3 voltios produce una alta salida del comparador y el MOSFET estará apagado. Si no se aplica tensión en la entrada V_{in} , la pata positiva del operacional tendrá el valor de 0 voltios y la salida del mismo será 0, por lo que el transistor estará encendido y USBVCC estará conectado a 5V.

El componente IC2 es un regulador de tensión de 3.3 V y es el encargado de dar tensión a los conectores y elementos electrónicos que trabajen con este valor.

1.5.4 USB.

Una vez seleccionada la forma de alimentar la placa mediante USB e integrando el chip FT232RL como interfaz entre UART y USB se opta por montar un MINI-USB tipo B.

Este tipo de conector facilita la carga de programas, ya que se conecta directamente la tarjeta controladora al ordenador mediante un cable USB. Si este conector no estuviera instalado la carga de programas se debería hacer mediante un conector FTDI (Future Technology Devices International) como el mostrado en la figura 7.



Ilustración 6: Conector USB.



Ilustración 7: Conector FTDI.

1.5.5 Bluetooth.

Uno de los requisitos de diseño es incorporar un tipo de comunicación aparte de la comunicación ZigBee. Se opta por una comunicación Bluetooth.

Mediante el módulo HC-05 se realiza la comunicación por Bluetooth, este módulo permite conectarse como maestro o esclavo, según su configuración.

Para el conexionado de este módulo se utiliza un conector de tipo hembra de 6 pines, el cual encaja en el conector habilitado para ello en la tarjeta electrónica y mediante

librerías diseñadas por usuarios o el propio fabricante se facilita el uso de este dispositivo.

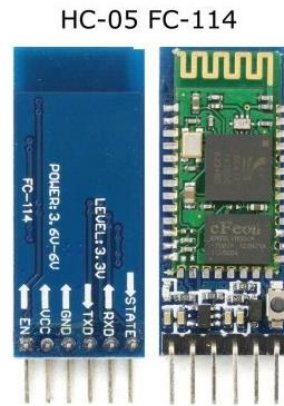


Ilustración 8: Módulo comunicación Bluetooth.

El conexionado con la placa es el de la siguiente tabla:

HC-05 (Bluetooth)	Chip ATMEGA 2560
KEY	D 28
VCC	5V
GND	GND
TXD	RX2
RXD	TX2
STATE	D 29

Tabla 3: Conexión módulo Bluetooth.

1.5.6 Tarjeta SD.

El requisito de guardado de datos se soluciona con un adaptador de tarjeta micro SD como el mostrado en la figura 9, como en el caso del módulo de Bluetooth se habilitan pines digitales del microcontrolador. Con la ayuda de la librería SD.h se guardan los datos en un archivo .txt.

El tamaño de la tarjeta SD puede variar entre 1 GB y 32 GB. En la figura 9 se muestra el adaptador de tarjeta micro SD.

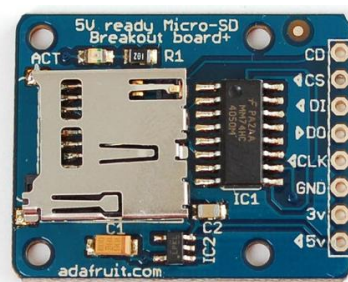


Ilustración 9: Adaptador lector de tarjetas microSD.

La siguiente tabla muestra las conexiones del adaptador con el chip:

SD	Chip ATMEGA 2560
5 V	5 V
GND	GND
CLK	MOSI (PB2)
DO	PB0
DI	SCK (PB1)
CS	MISO (PB3)

Tabla 4: Conexionado adaptador tarjeta SD.

1.5.7 XBee.

Mediante la integración de los módulos XBee Series PRO 1 se cumple con el requisito de la comunicación ZigBee

XBee es el nombre que le da DIGI (Digi XBee) a unos módulos que permiten la comunicación por radio, basados en el protocolo Zigbee, que es un protocolo de comunicación inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz, el alcance de los módulos depende de la potencia de transmisión del dispositivo, del entorno y del tipo de antena utilizada. El alcance normal con antena dipolo en línea vista es de aproximadamente 100 metros en exterior y 30 metros en interior.

Estos módulos funcionan a 3.3 V. Para la configuración de los módulos se utilizará el software de DIGI XCTU (XBee Configuration and Test Utility), aparte el software permite actualizar los módulos y testearlos.

Para la aplicación de la estación meteorológica que se ha desarrollado se opta por una topología en estrella, con un módulo coordinador y los demás módulos como dispositivos finales. Una red Zigbee la pueden formar teóricamente hasta 65535 equipos.

En la ilustración 10 se muestra el módulo XBEE. Las necesidades que cumple este módulo son:

- Bajo coste.
- Bajo consumo.
- Uso de bandas de radio libres
- Sin necesidad de licencias.
- Redes flexibles y extensibles.

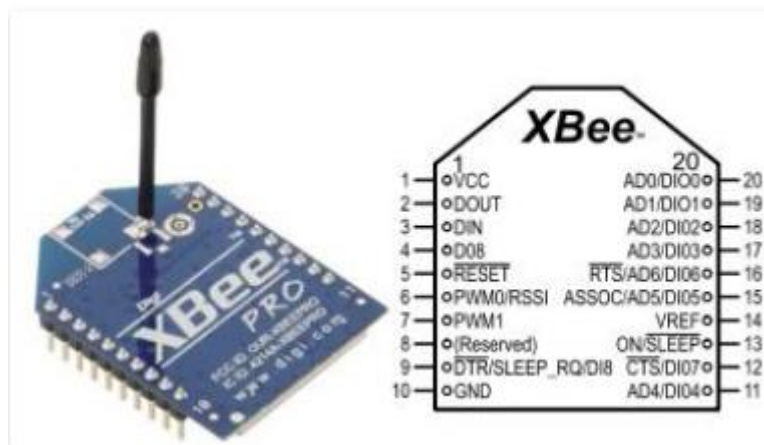


Ilustración 10: Módulo XBEE.

La siguiente tabla muestra la relación de los pines de los módulos XBEE con el chip ATMEGA 2560:

XBee	Chip ATMEGA 2560
VCC	3.3 V
DOUT	TX3
DIN	RX3
DTR/SLEEP_RQ	D27
GND	GND

Tabla 5: Conexión módulo XBEE.

Además, se utilizará la salida 13 del módulo XBee como indicador de funcionamiento conectando a esta salida un led.

Para facilitar el uso de estos módulos se utiliza en el software de programación la librería xBee.h.

Configuración de los módulos:

El equipo coordinador se configura para recibir los mensajes de los equipos finales, que serán los encargados de enviar las medidas tomadas por la estación.

En este proyecto la tarjeta adaptada para hacer las funciones de estación meteorológica se configura como dispositivo final, en el punto 1.9.2 se explica cómo llevar a cabo esta configuración.

1.6 Tarjeta electrónica para la aplicación de estación meteorológica.

Una vez realizado el primer diseño de la tarjeta electrónica se proponen una serie de cambios el diseño para que esta segunda versión de la tarjeta haga las funciones de una estación meteorológica. Para ello se adecuan varios pines de conexión para los

sensores que debe llevar la estación. Dichos sensores son: un sensor de temperatura y humedad, un sensor de radiación solar, sensor de lluvia y anemómetro.

Se efectúan cambios en la alimentación del módulo adecuando dos valores de tensión continua de 5 y 3.3 voltios, con más capacidad para suministrar corriente y proporcionando una tensión más estable. Así mismo se añade un RTC (Real Time Clock).

Para evitar un mayor consumo de la tarjeta controladora de la estación meteorológica se descarta el uso de la comunicación Bluetooth, ya que tiene un alcance más limitado que la comunicación mediante los módulos xBEE.

También se elimina el conector USB de la tarjeta controladora, ya que el único uso de la tarjeta electrónica va a ser el de estación meteorológica, y no está pensada para que se le carguen habitualmente nuevos firmwares, por lo que ya no es tan útil. De este modo se puede eliminar el chip FT232RL, para la carga de los programas y ahora se utilizarán los pines MISO y MOSI con un conector FTDI.

Todo esto conlleva que el tamaño de la placa se reduzca considerablemente.

1.6.1 Alimentación.

El rediseño del circuito de alimentación se debe a el uso de sensores de distinto valor de alimentación y hacer un circuito de alimentación más estable, eliminando la conexión por cable jack. Así mismo, se descarta también el circuito del comparador para la alimentación por USB.

Ahora la entrada de tensión al circuito será mediante un conector JST de 2 pines, como el que muestra la figura 11:



Ilustración 11: Conector JST de dos pines.

Esta tensión entrará al circuito de alimentación que estará formado por dos integrados TPS62160DGK, que son los encargados de regular las tensiones.

Para cada valor de tensión se utiliza un integrado TPS62160DGK de la marca Texas Instruments con una tensión de entrada de entre 3 y 17 V y una salida regulable, con una intensidad máxima de 1 amperio.

La configuración y el conexionado del integrado vienen dadas en el datasheet, mediante la fórmula:

$$R_1 = R_2 * \left(\frac{V_{out}}{0.8} - 1 \right)$$

Para la tensión de 5 voltios se fijó un valor de R_2 de 383 k Ω , y mediante la fórmula de para calcular R_1 mostrada anteriormente, se obtiene un valor para R_1 de 1.21 M Ω .

Para la tensión de 3.3 voltios se fijó un valor de R_2 de 100 k Ω , y mediante la fórmula de R_1 , se obtiene un valor para R_1 de 525 k Ω .

El valor de los condensadores de desacoplo conectados en la entrada y salida del integrado viene dado en la tabla de la figura 43 del componente, adjunta en los anexos, en donde se toman los valores recomendados por el fabricante. Así mismo se utiliza una bobina de 2.2mH, el valor de los condensadores debe ser para C_1 10 μ F y para C_2 22 μ F.

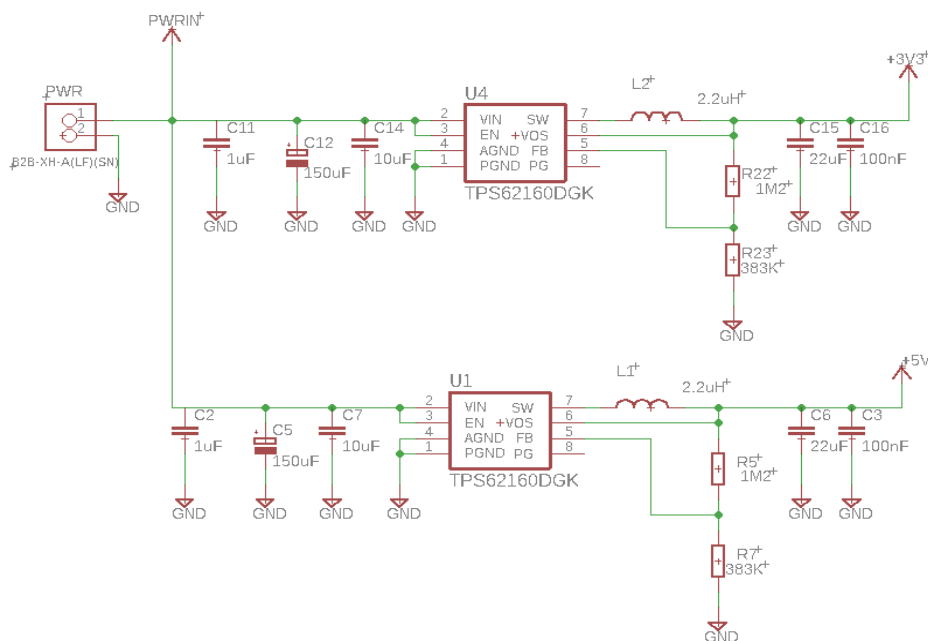


Ilustración 12:Conexionado alimentación.

1.6.2 RTC (Real Time Clock).

El motivo de la implementación del módulo RTC es la necesidad de saber la fecha y hora en cada momento que se toma una medida, de no ser así dichos datos perderían todo el valor. También se podrá saber y configurar las horas del envío de mensajes.

Para ello se elige el modelo DS3231 de la marca Maxim Integrated, que resulta ser un modelo bastante preciso para su precio. Este módulo tiene un desfase máximo

172ms/día o un segundo cada 6 días. Normalmente consiguen precisiones superiores, equivalente a desfases de 1-2 segundos al mes.

La comunicación de dicho módulo con el microchip ATMEGA se hará mediante I²C. Así mismo, incorpora una pequeña memoria EEPROM la cual se puede utilizar para almacenar mediciones, pero en este caso no se utilizará ya que se guardarán datos en la tarjeta SD.



Ilustración 13: Módulo RTC.

El conexionado del módulo RTC con el microchip viene dado en la siguiente tabla:

DS3231	Chip ATMEGA 2560
VCC	5 V
GND	GND
SCK	SDA (PD0)
DATA	SCL (PD1)

Tabla 6: Conexionado módulo RTC.

1.6.3 Sensor de temperatura y humedad.

La necesidad de cubrir las mediciones de temperatura y humedad se cumplen con un mismo sensor, esto ahorra uso de pines y espacio ocupado en la tarjeta electrónica.

Para ello se ha instalado un sensor de humedad y temperatura SHT-15 ya que trabaja a una tensión de entre 2.4 y 5.5. Así mismo, tiene una comunicación I²C, por lo que se comunica mediante dos cables, SCA y SCL. Tiene una precisión de +/- 0.3 °C con un consumo de 30µW.

Las medidas de temperatura y humedad se deben hacer una vez cada hora, guardándose en la memoria SD y enviándose por el canal de comunicación.



Ilustración 144: Módulo sensor humedad temperatura SHT-15.

El conexionado del sensor de humedad y temperatura con el chip es el siguiente:

SHT-15	Chip ATMEGA 2560
VCC	3.3 V
GND	GND
SCK	SDA
DATA	SCL

Tabla 7: Conexionado sensor SHT-15.

1.6.4 Sensor de lluvia.

Para detectar la presencia de lluvia se instala un sensor FC-37. Este sensor cambia el voltaje de salida dependiendo de la humedad del sensor. Cuando está húmedo la resistencia decremanta, por lo que el voltaje a la salida aumenta.



Ilustración 15:Módulo sensor lluvia FC-37.

Se ha tenido en cuenta la opción de instalar un pluviómetro, pero no se encuentra ninguno con algo de precisión que pueda ser alimentado a 5 voltios, todas las opciones estaban entre 12 voltios y 24.

La conexión del sensor de lluvia con el chip es la siguiente.

FC-37	Chip ATMEGA 2560
VCC	5 V
GND	GND
SCK	D42
DATA	A9

Tabla 8: Conexión sensor FC-37.

1.6.5 Anemómetro.

Para las mediciones de velocidad y dirección del viento se ha seleccionado un anemómetro de la marca Davies Vantage Pro2. El sensor de velocidad del viento utiliza un interruptor de lengüeta magnética que se activa una vez por cada revolución de las copas del anemómetro. La dirección del viento se mide usando un potenciómetro.

Las mediciones se toman cada hora durante 1 minuto, de modo que se guarde la máxima velocidad de viento y su dirección para que después sean guardados cada hora y enviados por el canal de comunicación.



Ilustración 16: Anemómetro.

La conexión del sensor con el chip es la siguiente:

PIN	Chip ATMEGA 2560
1	NC
VCC	5V
Dirección del viento	A10
GND	GND
Velocidad del viento	D22
6	NC

Tabla 9:Conexionado anemómetro.

1.6.6 Sensor de radiación solar.

Con el fin de capturar la radiación ultravioleta se utiliza el sensor MP8511, mostrado en la figura 17. Dicho sensor proporciona una señal analógica en relación a la cantidad de luz ultravioleta que detecta.

Las medidas se harán cada hora y se guardarán en la memoria SD las cuales, también son enviadas por el canal de comunicación.



Ilustración 17:Sensor ultravioleta MP8511 UV.

El conexionado con el chip es el siguiente:

PIN	ATMEGA 2560
EN	D23
OUT	A15
GND	GND
3.3V	3.3V

Tabla 10:Conexionado sensor UV.

Se trata de un sensor lineal, por lo que para su implementación en el firmware debemos utilizar la siguiente ilustración. Realizando un mapeo de la entrada analógica podemos hacer el cálculo del nivel de radiación ultravioleta.

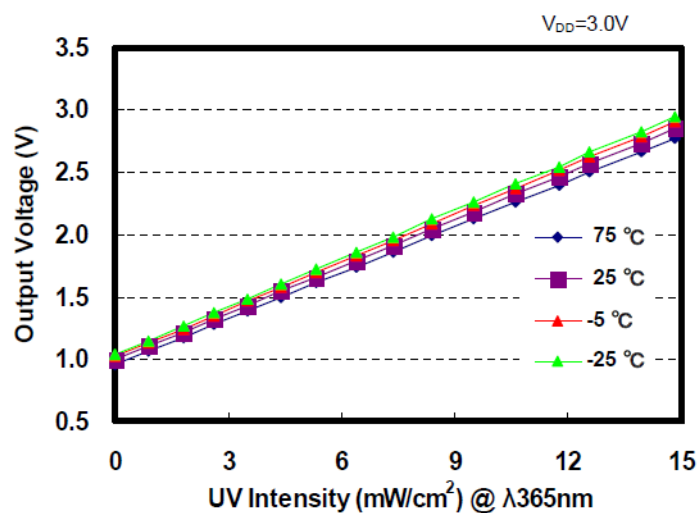


Ilustración 18: Tensión de salida en función de UV

1.6.7 Consumo de la estación.

A continuación, se calcula el consumo total de los sensores de la estación meteorológica y se plantean posibles formas de alimentación.

Dispositivo	Consumo (mA)	Tensión (V)
Microchip ATmega	10	5
XBee	100	3.3
RTC	0.2	5
Sensor de Temperatura y humedad	0.3	3.3
Sensor de lluvia	1.5	5
Anemómetro	15	5
Sensor de radiación solar	0.2	3.3
Reguladores de tensión (2)	34	5/3.3

Tabla 11: Consumos de los módulos de la estación meteorológica.

Para la alimentación de la estación meteorológica se proponen dos posibles tipos de suministro de tensión, dependiendo si tenemos o no acceso a la red.

Si se dispone de acceso a una toma de corriente se puede alimentar con una fuente de alimentación de 230 a 12 V y 2 A.

Si no se dispone de toma de corriente se alimenta mediante dos baterías de 7.2 V en serie con una capacidad de 5000mAh, lo que hace que el conjunto de baterías tenga una energía de 72 Wh.

La duración de la vida útil de la estación meteorológica se calcula mediante la suma de las potencias consumidas por cada uno de los elementos.

$$\begin{aligned} \text{energía consumida} &= \int v(\text{dispositivo}) * i(\text{dispositivo}) dt = \\ &= \int (0.01 * 5 + 1 * 3.3 + 0.0002 * 5 + 0.003 * 3.3 + 0.0015 * 5 + 0.015 * 5 \\ &\quad + 0.0002 * 3.3 + 0.034 * 5 + 0.034 * 3.3) dt = 3.73 Wh \end{aligned}$$

Por lo tanto, la duración en horas de la batería es de 19.33 horas.

El inconveniente de este tipo de alimentación es el consumo de la estación, sobre todo debido a el tipo de comunicación que se eligió y que el resto de componentes tampoco fueron elegidos para que tuvieran el mínimo consumo.

La duración máxima de las medidas es de 2 minutos y esto se hace cada hora, por lo que al día se miden como máximo 48 minutos, esto hace que como mínimo la batería tenga una duración de 15 días y medio. Por lo tanto, se pueden prever cuando se debe cambiar la batería.

1.7 Posibles mejoras.

Durante la realización del proyecto aparecen nuevas líneas de mejora o posibles soluciones, en este punto se plantean algunas de ellas para un mejor funcionamiento de la estación meteorológica.

- Elegir nuevos módulos y componentes con un menor consumo alargaría la batería de la estación meteorológica.
- Sustituir la comunicación ZigBee por una NarrowBand, esta tecnología proporciona mejor cobertura y módulos de menor consumo, el mayor inconveniente es la necesidad de una tarjeta SIM para que la tarjeta esté conectada a la red también se deberían hacer modificaciones en el enrutado de la PCB (*Printed Circuit Board*), pero no es un gran problema.
- Añadir una memoria flash, esto permitiría reducir considerablemente la cantidad de envíos ya que se aumentaría la memoria en la que se guardan los datos. De esta forma se podría suprimir también la tarjeta microSD.

1.8 Composición de la tarjeta electrónica.

En el diseño se ha de tener en cuenta la distribución de los componentes, en este caso se agrupan los componentes en grupos. En primer lugar, se posicionan los componentes de la parte de alimentación, los condensadores de desacoplo han de estar lo más cerca posible de los integrados a los que están conectados.

El siguiente paso es colocar el microcontrolador y los componentes más importantes para su funcionamiento, como es el caso del cristal oscilador y el circuito para la referencia del conversor analógico digital.

Para finalizar se colocan los conectores diseñados en el esquema teniendo en cuenta el camino que deben seguir las pistas que conectan los componentes, haciendo el camino lo más directo posible.

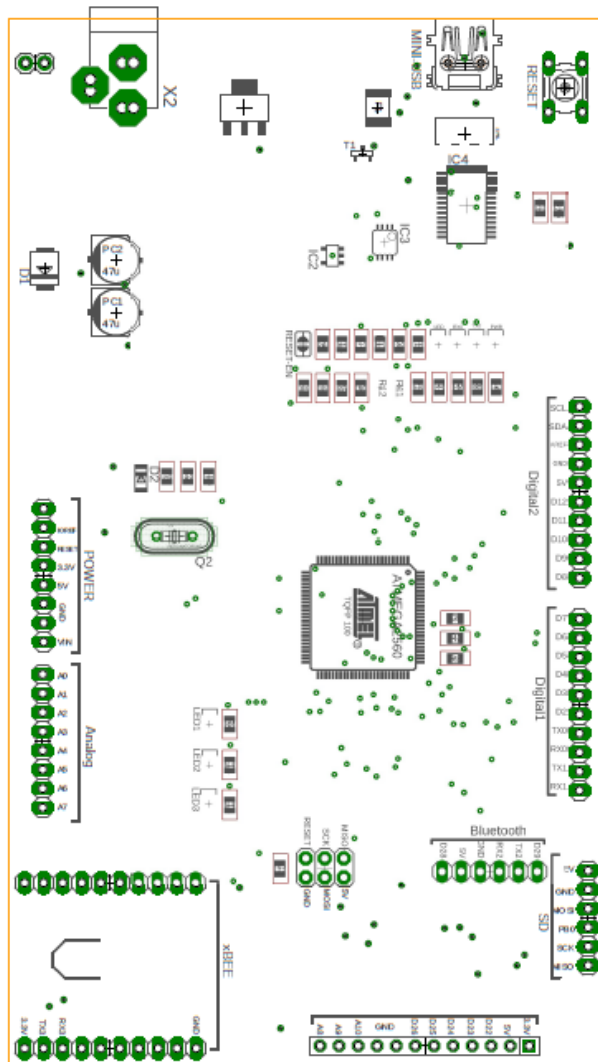


Ilustración 19: Distribución componentes tarjeta alfa.

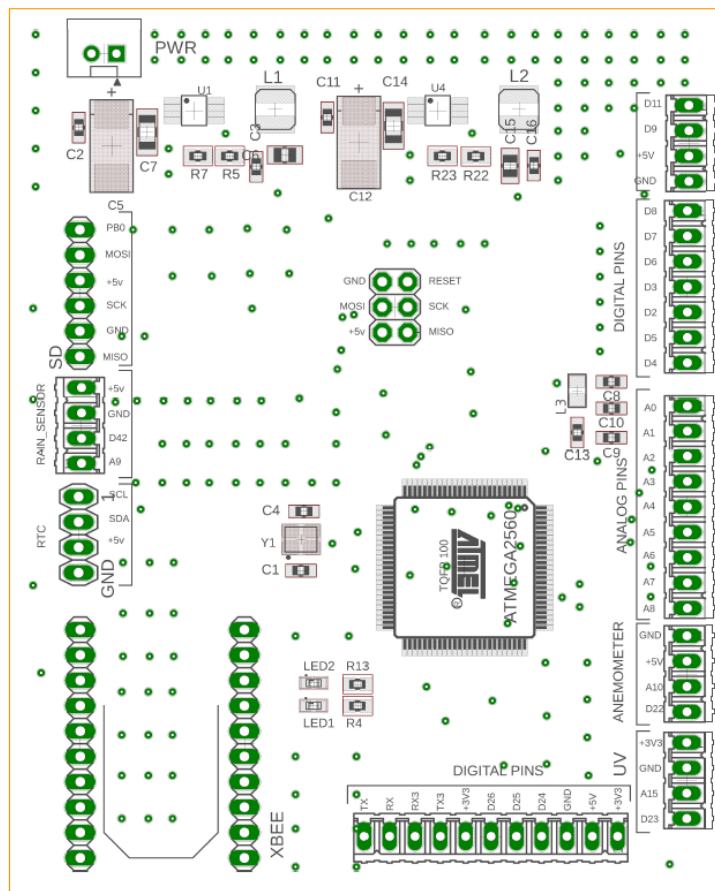


Ilustración 20: Distribución componentes tarjeta estación meteorológica

1.9 Enrutado de la tarjeta electrónica.

Una vez colocados todos los componentes se procede al conexionado o enrutado de la tarjeta electrónica.

Primero se realizan los planos de masa, esto es importante porque actúa como aislador de ruido entre las pistas, además hace la referencia estable, mejorando la respuesta ante el ruido.

Tras realizar los planos se hacen las conexiones de las pistas de alimentación, estas pistas han de ser un poco más gruesas, ya que son las que van soportar más carga de corriente. Se toma un valor de 0.508 milímetros, además se hacen planos de alimentación a la entrada para no sobrecargar las pistas.

Por último, se realizan el resto de conexiones, con un tamaño de pista variando entre 0.254 milímetros o 0.3048, dependiendo del espacio.

Estas medidas de pistas se toman como referencia en las reglas de diseño del software EAGLE en el que se realiza el diseño. Se recomienda que el ángulo de giro de las pistas sea de 45 grados.

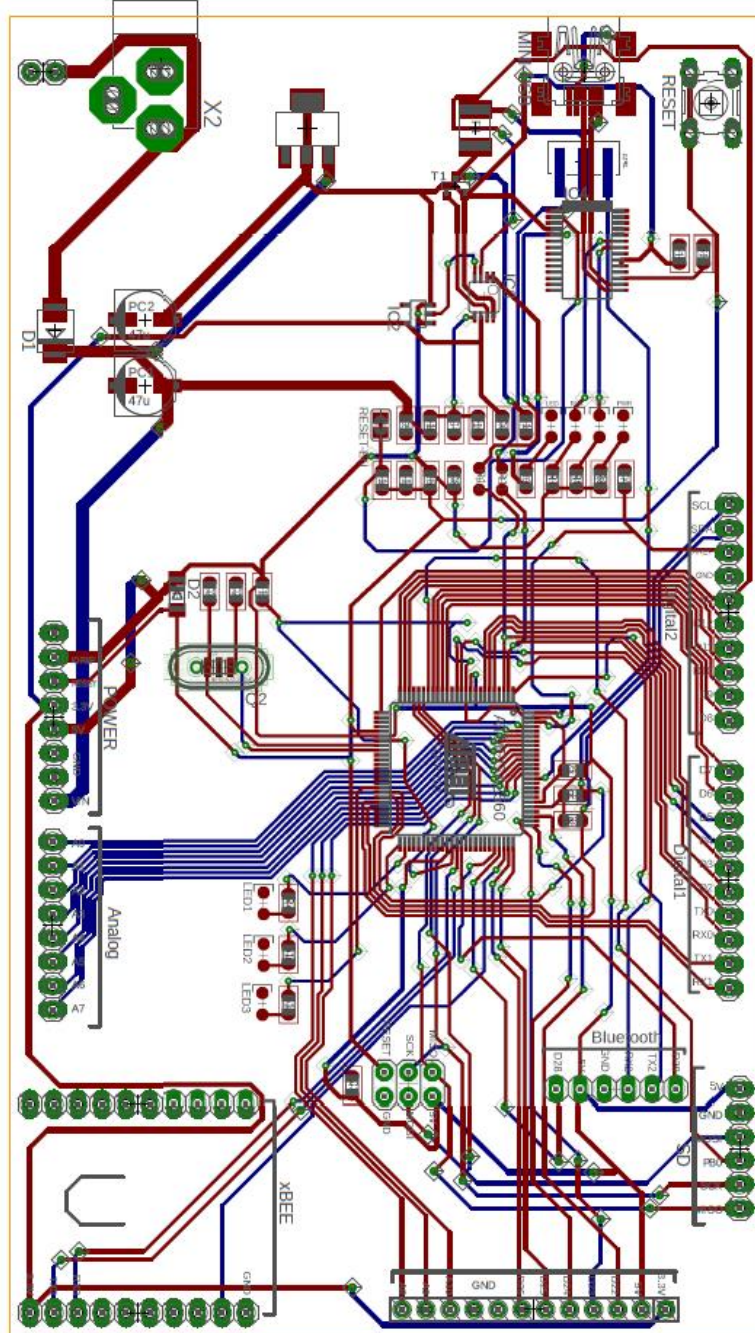


Ilustración 21: Enrutado tarjeta versión alfa.

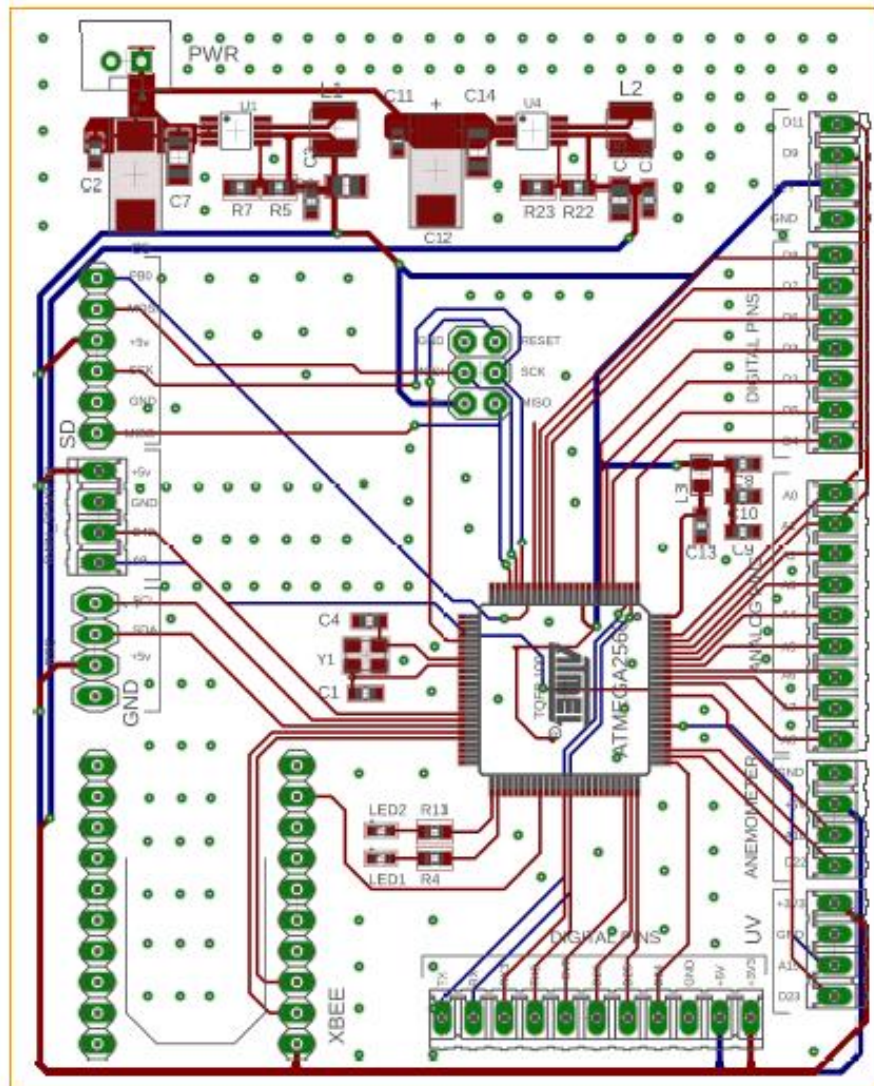


Ilustración 22: Enrutado tarjeta estación meteorológica.

1.10 Renderizado.

Mediante el software libre ZofzPCB 3D Gerber Viewer se renderizan los gerbers generados en Eagle para el visualizado 3D de la versión final de la tarjeta adaptada al uso de estación meteorológica.

I. Tarjeta electrónica en fase alfa. Tamaño 140 x 80 mm.

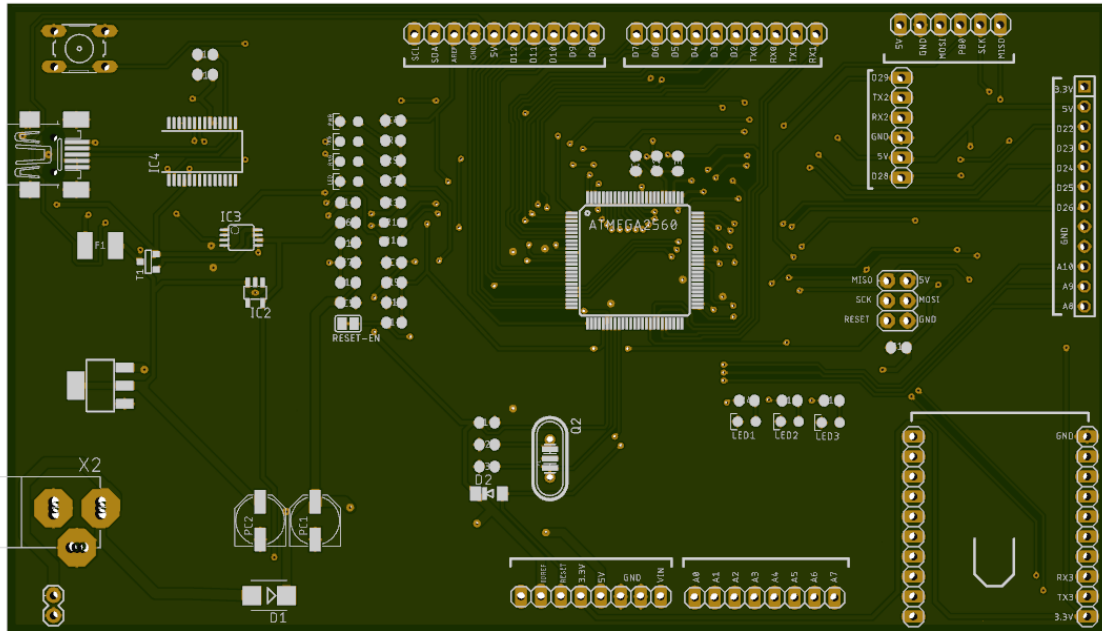


Ilustración 23:Renderizado tarjeta alfa. Superior.

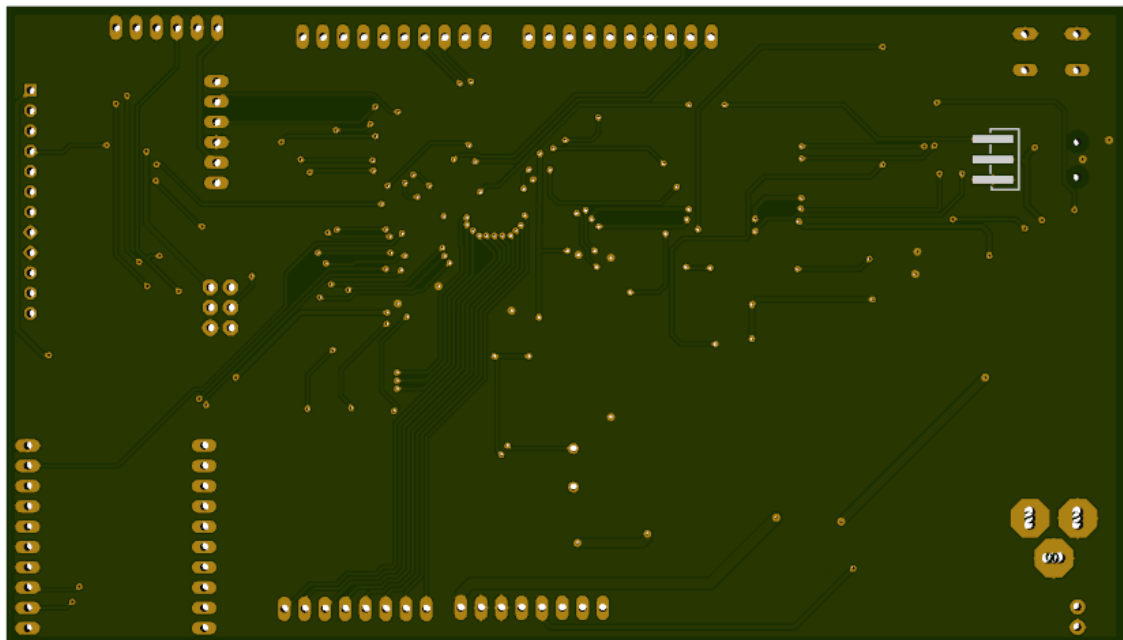


Ilustración 24:Renderizado tarjeta alfa. Inferior.

- II. Tarjeta electrónica propuesta para trabajar como estación meteorológica. Tamaño de la placa 89 x 72 mm.

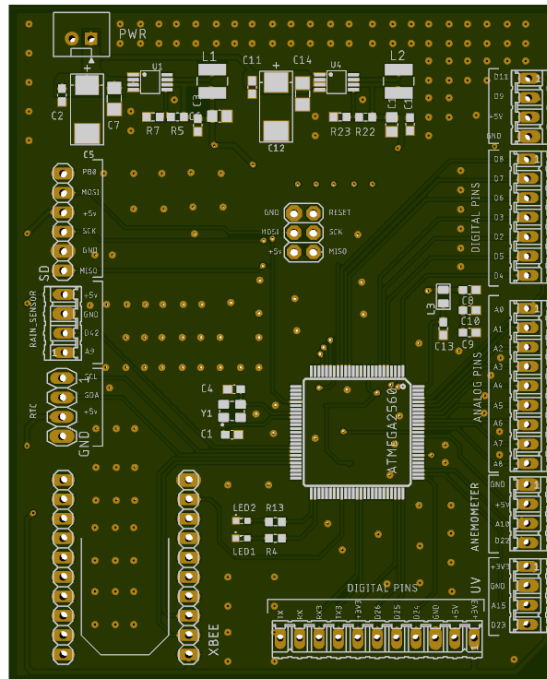


Ilustración 25:Renderizado tarjeta meteorológica. Superior.

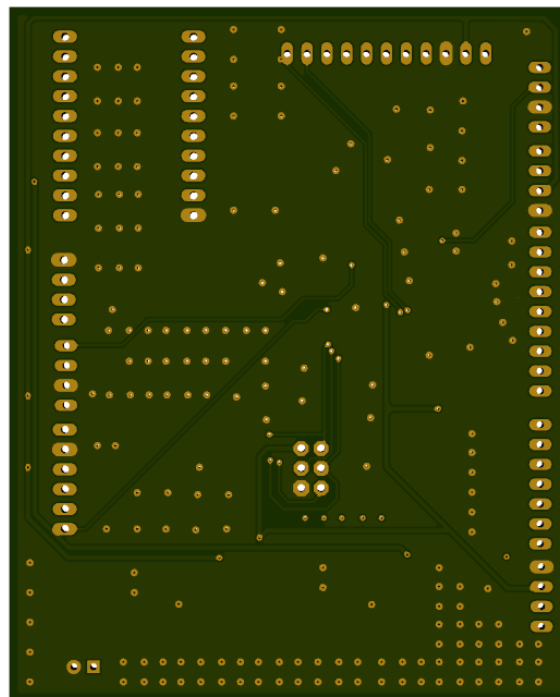


Ilustración 26:Renderizado tarjeta meteorológica. Inferior.

1.11 Programación del microcontrolador.

1.11.1 Carga del Bootloader.

Para que el microcontrolador pueda ejecutar el firmware que controlará la estación meteorológica se necesita primero instalar el bootloader. Se trata de un pequeño programa guardado en el microcontrolador que permite poder cargar el firmware de la estación meteorológica en el microchip e interpretarlo.

El bootloader se ejecuta cuando se enciende el microcontrolador y ocupa 0.5 KB.

Hay dos formas de instalar el bootloader en el microcontrolador, mediante un programador AVR o mediante un Arduino. En este proyecto se realizará mediante un Arduino UNO.

Las conexiones entre las dos tarjetas será la siguiente:

Arduino UNO	ATMEGA 2560 (THT)
VCC / 5V	VCC
GND	GND
MOSI / D11	MOSI
MISO / D12	MISO
SCK / D13	SCK
D10	RESET

Tabla 12:Conexionado para la programación y bootloader.

Antes de realizar las conexiones entre la tarjeta programadora (Arduino UNO) y la tarjeta de la estación meteorológica se debe cargar el siguiente programa en la tarjeta programadora.

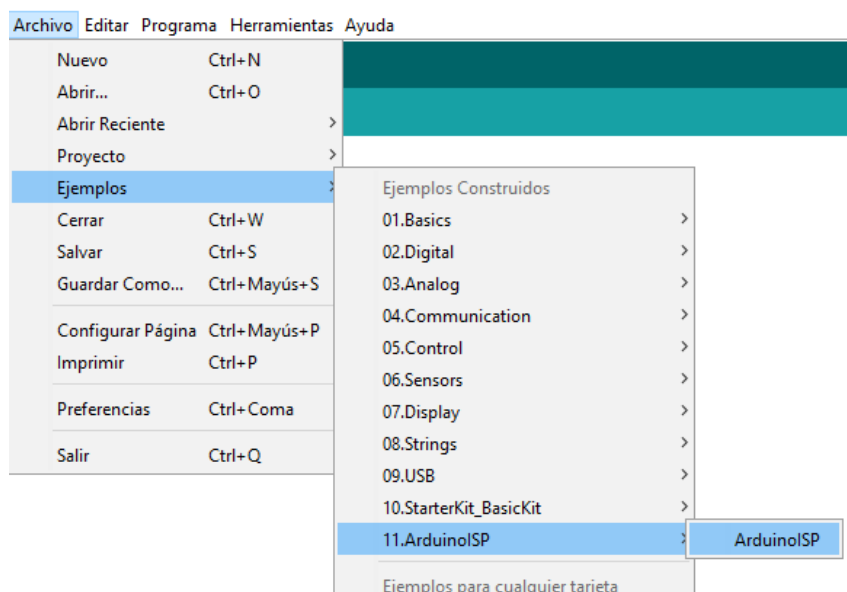


Ilustración 27: Carga del bootloader.

Tras esto se realiza la conexión maestro-esclavo entre el Arduino UNO y la tarjeta controladora de la estación meteorológica.

Una vez conectados se conecta la tarjeta programadora al PC mediante un cable USB y se selecciona el programador “Arduino ISP”, el puerto serie al que está conectado y el modelo de la placa esclavo.

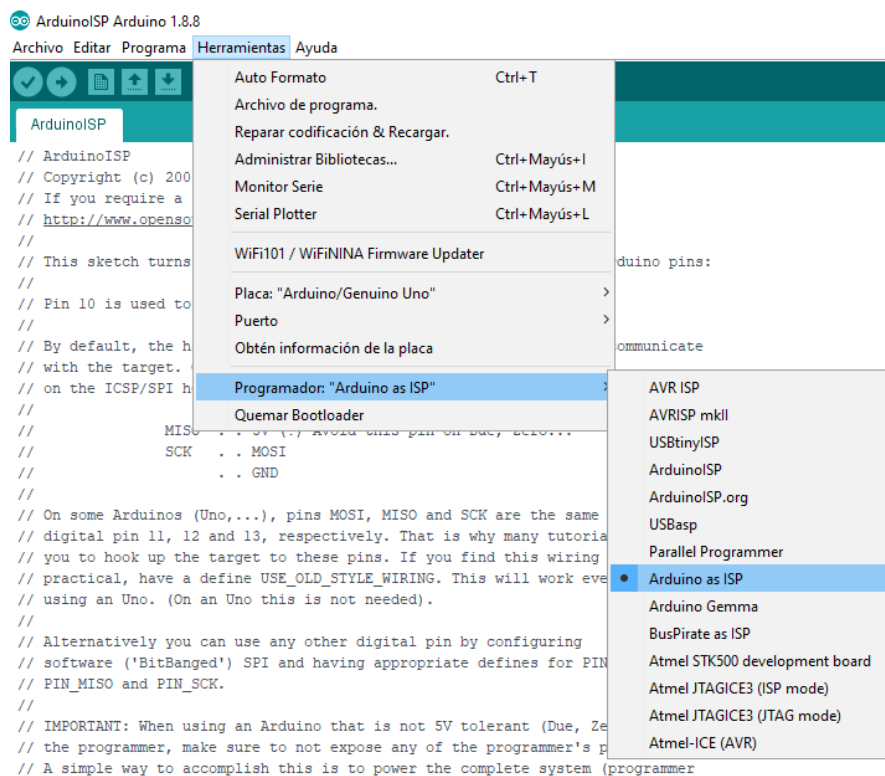


Ilustración 28: Carga del bootloader 2.

Tras seguir los pasos anteriores, se procede con el último punto seleccionando la opción “Quemar Bootloader”. Por último, aparecerá un mensaje en el IDE de Arduino informándonos que el bootloader se ha grabado correctamente.

1.11.2 Configuración de los módulos xBEE.

Para la configuración de los módulos se utiliza el software de Digi XCTU, con la ayuda de las siguientes imágenes se muestra cómo se han de configurar los equipos. En la figura 29 se muestra la pantalla inicial del software.

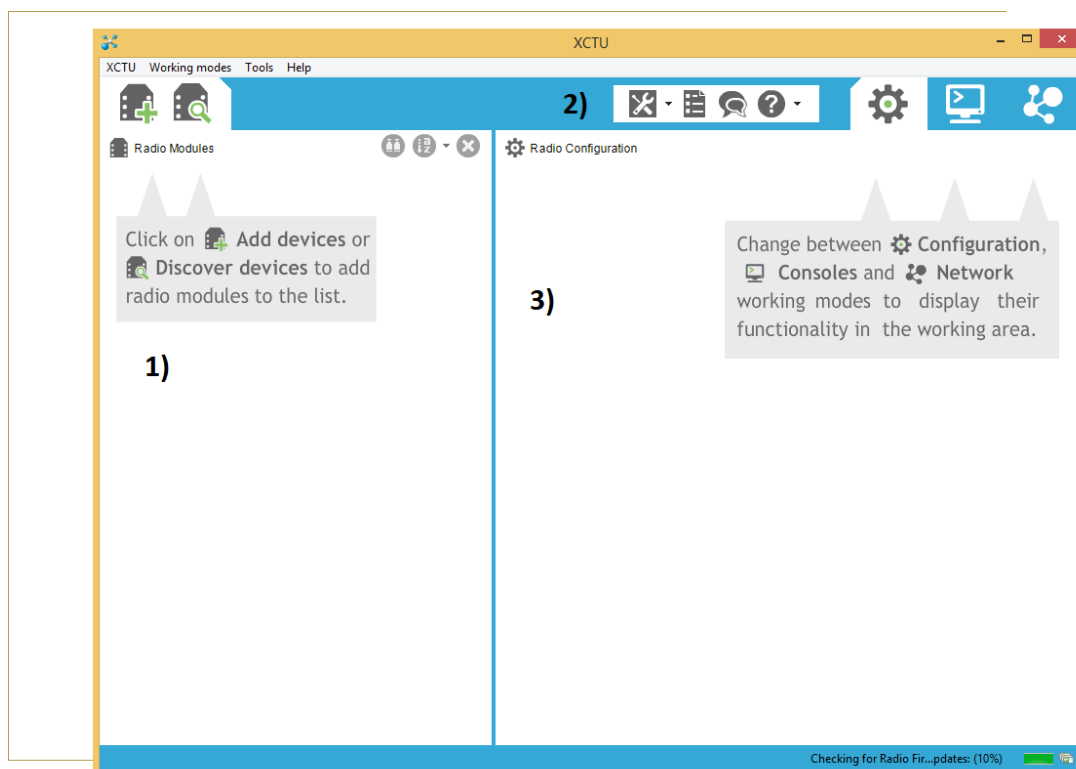


Ilustración 29: Página principal XCTU.

- 1- Lista de dispositivos: En este apartado se muestran los dispositivos agregados y una pequeña descripción de su configuración.
- 2- Barra de herramientas: Aquí están los menús de configuración del programa y las ayudas.
- 3- Área de trabajo: En este menú se muestran las variables que se pueden modificar del módulo que se haya seleccionado previamente.

En las siguientes dos imágenes se muestran los parámetros más importantes a configurar.

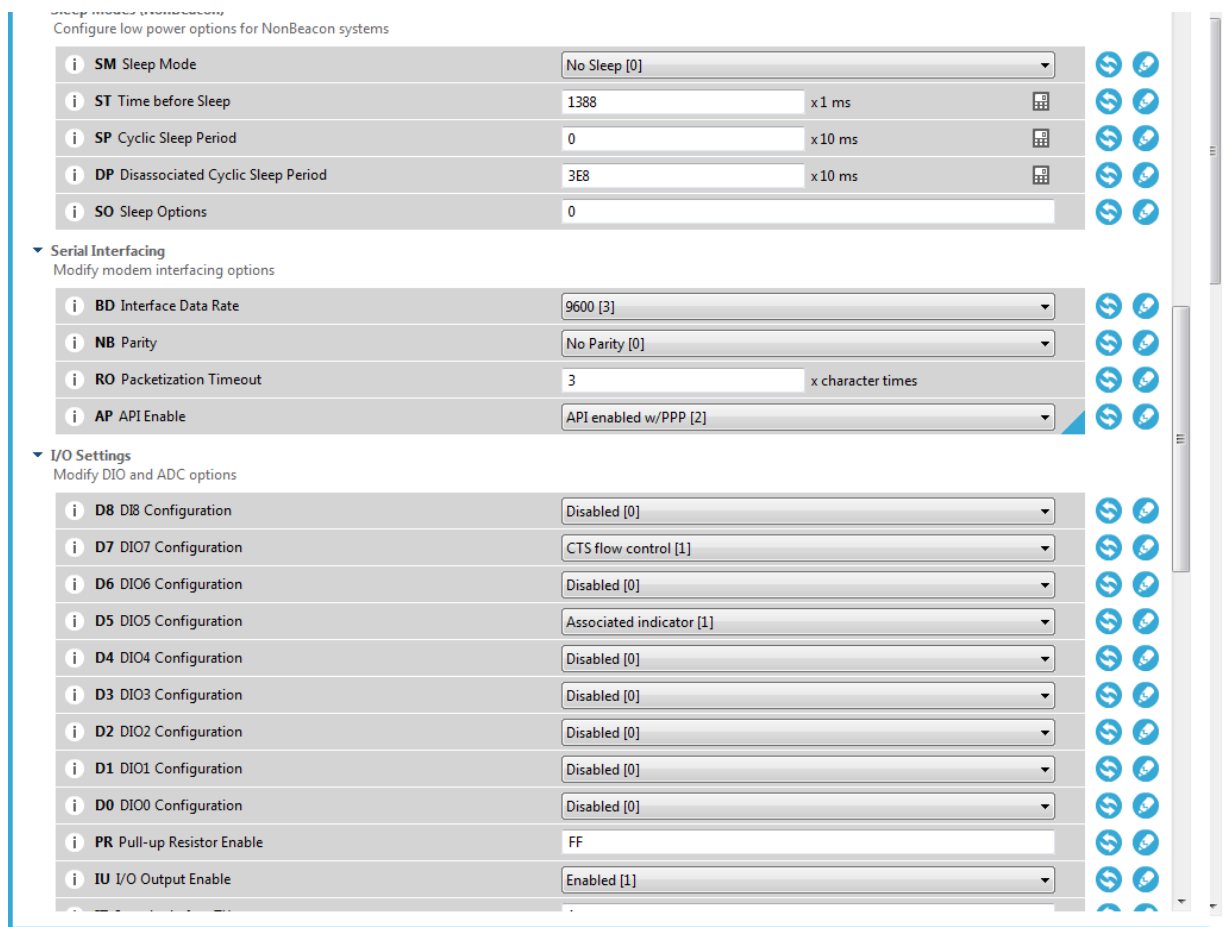


Ilustración 30: Página de configuración del equipo.

Los parámetros a configurar en esta página son los siguientes:

- Sleep Mode SM. Este parámetro debe estar en 1 si queremos que nuestro módulo de comunicación este en bajo consumo o a 0 si queremos que no lo esté. En este caso se configura a 0 ya que desactivamos el módulo mediante el control de las entradas y salidas digitales.
- Baud Interface BD. Este parámetro configura los baudios a los que se va a comunicar el equipo, en este caso 9600 baudios.
- API Enable AP. Este parámetro habilita la comunicación API, el cual se utiliza en este proyecto, son comandos que entiende el módulo gracias a la librería, o habilita la comunicación AT, comandos que suministra el fabricante en el datasheet que hace la comunicación con el equipo a más bajo nivel.

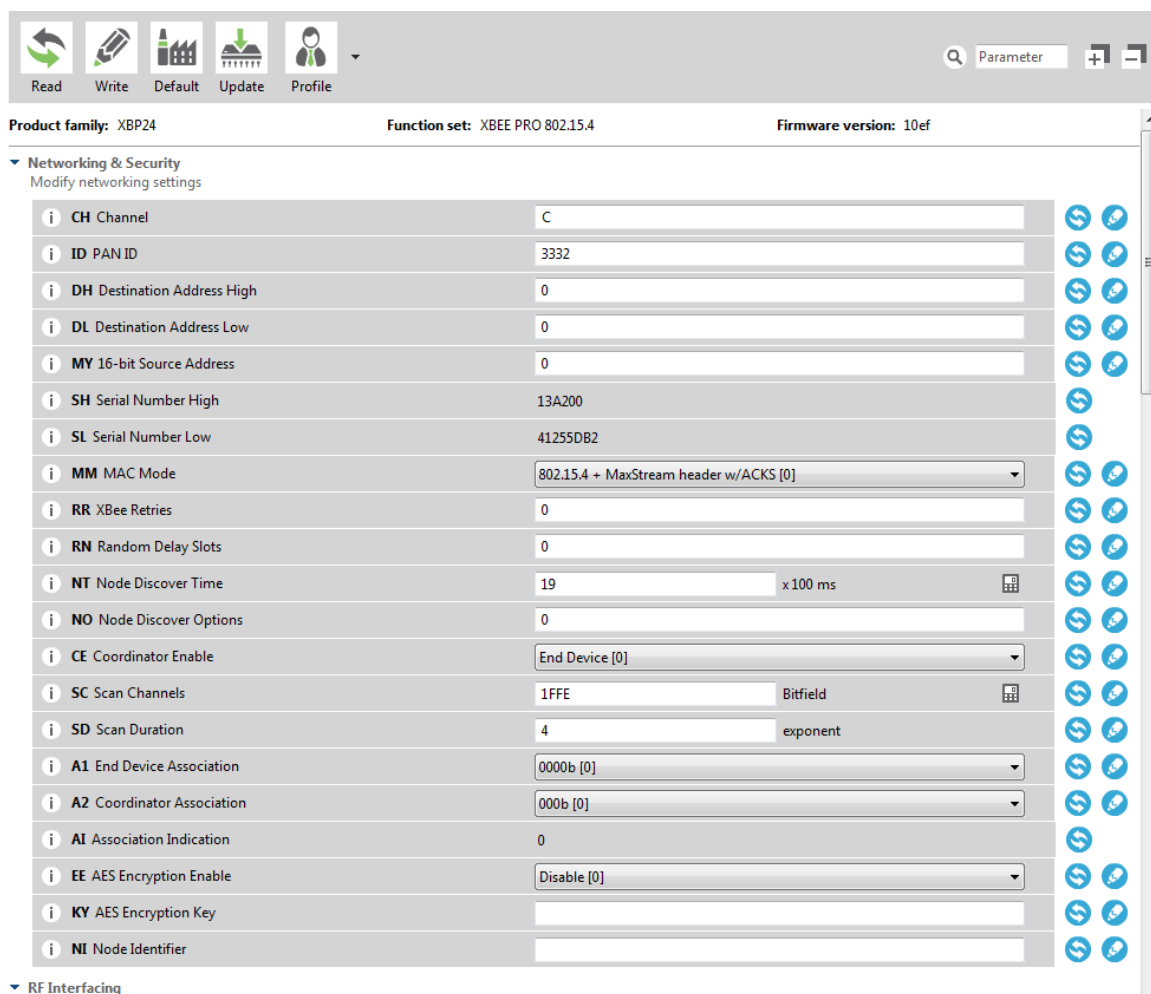


Ilustración 31: Página 2 configuración del equipo.

Los parámetros a configurar en esta página son los siguientes:

- Channel CH. Se debe configurar en el mismo canal que el receptor, hay 16 canales. Del 0 a la F.
- Pan ID ID. Identificador del equipo, es el nombre que lleva el equipo.
- DH adress y DL adress. Direcciones a las que manda el equipo, si están configuradas en 0 el módulo intenta establecer conexión con todos los equipos.
- SH y SL adress. Direcciones del equipo, este parámetro no es configurable y cada módulo xBEE tiene uno distinto.

- Coordinator Enanle CE. Poniendo el parámetro en 0 configuramos el equipo como dispositivo final.

1.11.3 Definición de la programación de la estación meteorológica.

En este apartado se define cuando se toman las medidas por cada sensor, y como deben ser guardados o enviados los paquetes de datos.

Sensores:

- Temperatura y humedad: Estas medidas se realizarán cada hora y se guardarán en la tarjeta SD, estos datos se enviarán mediante el protocolo Zigbee a un gateway.
- Radiación solar: Estas medidas se realizarán cada hora y se guardarán en la tarjeta SD, estos datos se enviarán mediante el protocolo Zigbee a un gateway.
- Anemómetro: Estas medidas se realizarán cada hora, sirve para en el momento de medida exacto tener un valor de dirección del viento y su velocidad, la duración de la medida es de un. Las medidas se guardarán en la tarjeta SD y se enviarán mediante el protocolo Zigbee a un gateway.
- Sensor de lluvia: Con el sensor de lluvia solo se comprueba si ha llovido o no. Para ello cada vez que el microcontrolador hace una medida comprueba el valor de tensión del sensor de lluvia y modifica una variable en función de su estado.

Comunicaciones y RTC:

- RTC: El reloj en tiempo real se utilizará para poner el microcontrolador en modo de bajo consumo y así disminuir el consumo de la estación meteorológica, también para obtener fecha y hora en cada una de las medidas.
- Xbee: Es el módulo principal de comunicación, mediante una red de radiofrecuencia podemos conectar distintas estaciones y mandar los datos a un gateway.

1.11.4 Firmware.

Mediante el software Visual Studio y su extensión Platformio se escribe el software que va a contener la tarjeta electrónica para adecuar su uso a una estación meteorológica.

Platformio es una extensión que nos permite cargar programas a nuestra tarjeta como si se tratase del IDE de Arduino pero con ventajas a la hora de encontrar errores y debugear el firmware.

```
#include <Arduino.h>
#include <SD.h>
#include <SHT1X.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <stdio.h>
#include "RTCLib.h"
#include <XBee.h>

#define Offset 0;

XBee xbee = XBee();
XBeeAddress64 addr64 = XBeeAddress64(0x00000000, 0x000000); //assign the
address of the gateway
uint8_t payload[512];

/**Time**/

uint32_t timeNow;
uint8_t TimeToSend = 8;

/**Configuration**/

#define UVOUT (A15); //Output from the sensor
#define REF_3V3 (A7); //reference 3v3
#define D23 (23);
#define RainPin (49) //Rain sensor pin
#define WindSensorPin (22) //Wind velocity pin
#define SleepXbee (27) // Request sleep xBee
SHT1x sht15(A0, A1); //Data, SCK

uint8_t i = 0;
uint8_t payload[100];
int VaneValue; // raw analog value from wind vane
```

```

int Direction;    // translated 0 - 360 direction
int CalDirection; // converted value with offset applied
int LastValue;
int rain = 0;
float uvIntensity = 0.0;
float outputVoltage = 0.0;
float temC = 0.0;
float humidity = 0.0;
char temp_message[20] = "";
char hum_message[20] = "";
char uv_message[20] = "";
char wind_message[20] = "";
char wind_speed_message[20] = "";
char rain_message[20] = "";

/**Define board, RTC and SD***/
dgtlBoard    WE;
SensRTC      RTC(1800, DS3231_i2c_ADDRESS);
File dataFile;

averageAnalogReadUV();
Temp_meas();
Hum_meas();
getHeading(int direction);
wind_speed();
sleep(const uint32_t wake_up );

File dataFile;

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    xbee.setSerial(Serial);

    RTC.initialize();
    RTC.clearAlarm1();

    if (RTC.oscError()) {
        Serial.println(F("// ERROR: clock's oscillator stopped"));
        RTC.setTime(SECS_YR_2000);
    }

    pinMode(UVOUT, INPUT);
    pinMode(REF_3V3, INPUT);
    pinMode(D23, INPUT);
    pinMode(A4, INPUT);

```

```
pinMode(WindSensorPin, INPUT);
pinMode(RainPin, INPUT);
pinMode(SleepXbee, INPUT)

Serial.print(F("Iniciando SD ..."));
if (!SD.begin(9))
{
  Serial.println(F("Error al iniciar"));
  return;
}
Serial.println(F("Iniciado correctamente"));

// Abrir fichero y mostrar el resultado
dataFile = SD.open("datalog.txt");
if (dataFile)
{
  string dataLine;
  while (dataFile.available())
  {
    dataLine = dataFile.read();
    Serial.write(dataLine);
  }
  dataFile.close();
}
else
{
  Serial.println(F("Error al abrir el archivo"));
}
LastValue = 1;
digitalWrite(SleepXbee, HIGH);

// Update time variables
timeNow = RTC.getTime();
nextDataTime = timeNow + sampleTime * 60;
}
```

```
void loop() {

    timeNow = RTC.getTime();
    nextDataTime += cfgSensorPage.sampleTime * 60;

    VaneValue = analogRead(A4); //Wind Measure
    Direction = map(VaneValue, 0, 1023, 0, 360);
    CalDirection = Direction + Offset;

    if(timeNow < nextDataTime){ //Check if the time to measure is correct

        if (D23) { //Switch on/off UV sens
            unsigned int uvLevel = averageAnalogReadUV(UVOUT);
            unsigned int refLevel = averageAnalogReadUV(REF_3V3);
            float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
            float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);
            //Convert the voltage to a UV intensity level
            gcvt(uvIntensity, 4, uv_message);
        }

        if (CalDirection > 360) CalDirection = CalDirection - 360;
        if (CalDirection < 0) CalDirection = CalDirection + 360;

        // Only update the display if change greater than 2 degrees.
        if (abs(CalDirection - LastValue) > 5) {
            getHeading(CalDirection);
            LastValue = CalDirection;
        }

        rain = digitalRead(RainPin); //check rain
        if(rain) rain_message = "llovía";
        else rain_message = "seco"

        //storage all the measure, then save on payload to send

        temp_message = Temp_meas();
        memcpy(&payload, &temp_message, sizeof(temp_message));
        i += sizeof(temp_message);
        hum_message = Hum_meas();
        memcpy(&payload[i], &hum_message, sizeof(hum_message));
        i += sizeof(hum_message);
        wind_message = getHeading();
        memcpy(&payload[i], &wind_message, sizeof(wind_message));
        i += sizeof(wind_message);
        wind_speed_message = wind_speed();
        memcpy(&payload[i], &wind_speed_message, sizeof(wind_speed_message));
```

```
i += sizeof(wind_speed_message);
memcpy(&payload[i], &rain_message, sizeof(rain_message));
i += sizeof(rain_message);
}

if(timeNow.Hour() == TimeToSend) {

    delay(1500);
    digitalWrite(SleepXbee, LOW);
    ZBTxRequest zbTx = ZBTxRequest(addr64, payload, sizeof(payload));
    xbee.send(zbTx);

    if (zbTx) {
        i = 0;
        payload = "";
        digitalWrite(SleepXbee, HIGH);
    }
}
sleep(nextDataTime);
}

void Temp_meas() { //Measure temperature

    int counter = 0;
    char tempBuffer [20] = "";
    logFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

    temC = sht15.readtemperatureC();

    if (logFile)
    {
        logFile.print("UV value: ");
        logFile.println(runningValue);
        logFile.close();
    }
    gcvt(temc, 4, tempBuffer);
    return tempBuffer
}

void Hum_meas() { //measure humidity

    int counter = 0;
    char humBuffer[20] = "";
    logFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
```

```
humidity = sht15.readHumidity();

if (logFile) {
    logFile.print("UV value: ");
    logFile.println(runningValue);
    logFile.close();
}

gcvt(humidity, 4, humBuffer);
return humBuffer;
}

int averageAnalogReadUV(int pinToRead) { //calculate UV value
    byte numberOfReadings = 8;
    unsigned int runningValue = 0;
    for (int x = 0; x < numberOfReadings; x++) {
        runningValue += analogRead(pinToRead);
        runningValue /= numberOfReadings;
    }

    return (runningValue);
}

void getHeading(int direction) { // Converts compass direction to heading

    logFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
    char saveDirection = "";
    if (direction < 22)
        saveDirection = "N";
    else if (direction < 67)
        saveDirection = "NE";
    else if (direction < 112)
        saveDirection = "E";
    else if (direction < 157)
        saveDirection = "SE";
    else if (direction < 212)
        saveDirection = "S";
    else if (direction < 247)
        saveDirection = "SW";
    else if (direction < 292)
        saveDirection = "W";
    else if (direction < 337)
        saveDirection = "NW";
    else
        saveDirection = "N";
    if (logFile) {
```



```
        logFile.print("Wind direction: ");
        logFile.println(saveDirection);
        logFile.close();
    }
    return saveDirection;
}

float wind_speed() { //Calculate de wind speed

    logFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
    float speed = 0.0;
    char speedBuffer [20] = "";
    unsigned long rotations = 0;

    sei(); //Enables interrupts
    delay(3000);
    cli(); //disables interrutps

    speed = Rotations * 0.75 * 1.61; //miles hour to km hour
    gcvt(speed, 4, speedBuffer);

    if (logFile) {
        logFile.print("Wind speed: ");
        logFile.println(speed);
        logFile.close();
    }
    return speed;
}

void sleep(const uint32_t wake_up) { //turn off the board
    Serial.end();
    WE.setBoardPower(0);
    // Set Alarm
    attachRTCInterrupt(NULL);
    RTC.setAlarm1(wake_up, RTC_ALM1_MODE_4);
    PWR.powerDown(SLEEP_FOREVER, ADC_OFF, BOD_OFF);
    detachRTCInterrupt();

    // Enable buses
    WE.setBoardPower(1);
    Serial.begin(9600);
    RTC.clearAlarm1();
}
```

El presupuesto total para la ejecución del presente proyecto es de MIL CIENTO CINCUENTA EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CENTIMOS, el presupuesto está detallado en el punto 5 de este documento.

ANEXOS

2. Anexos.

En este punto se muestran las características técnicas principales extraídas de los datasheet de cada uno de los componentes empleados en la tarjeta electrónica adaptada para hacer la función de estación meteorológica.

I. Microchip ATMEGA 2560.

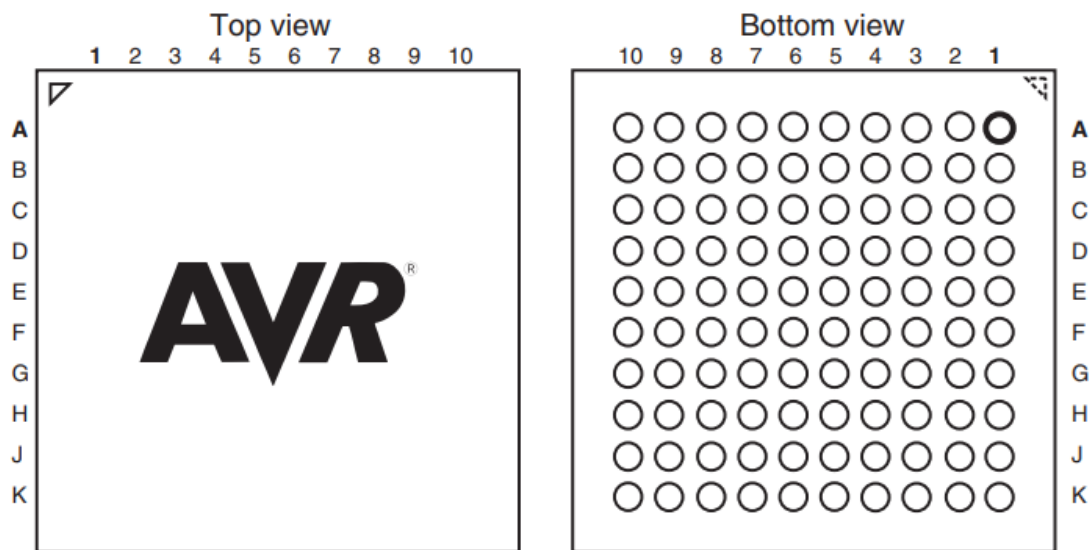


Table 1-1. CBGA-pinout ATmega640/1280/2560

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	GND	AREF	PF0	PF2	PF5	PK0	PK3	PK6	GND	VCC
B	AVCC	PG5	PF1	PF3	PF6	PK1	PK4	PK7	PA0	PA2
C	PE2	PE0	PE1	PF4	PF7	PK2	PK5	PJ7	PA1	PA3
D	PE3	PE4	PE5	PE6	PH2	PA4	PA5	PA6	PA7	PG2
E	PE7	PH0	PH1	PH3	PH5	PJ6	PJ5	PJ4	PJ3	PJ2
F	VCC	PH4	PH6	PB0	PL4	PD1	PJ1	PJ0	PC7	GND
G	GND	PB1	PB2	PB5	PL2	PD0	PD5	PC5	PC6	VCC
H	PB3	PB4	RESET	PL1	PL3	PL7	PD4	PC4	PC3	PC2
J	PH7	PG3	PB6	PL0	XTAL2	PL6	PD3	PC1	PC0	PG1
K	PB7	PG4	VCC	GND	XTAL1	PL5	PD2	PD6	PD7	PG0

Ilustración 32: Función de cada pin chip ATMEGA.

ATmega2560	256KB	4KB	8KB	86	12	4	16
ATmega2561	256KB	4KB	8KB	54	6	2	8

Ilustración 33: Características Técnicas

Descripción de los puertos:

VCC

Digital supply voltage.

GND

Ground.

Port A (PA7..PA0)

Port A is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B has better driving capabilities than the other ports.

Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port E (PE7..PE0)

Port E is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port E output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port E pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port E pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port F (PF7..PF0)

Port F serves as analog inputs to the A/D Converter.

Port F also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port F output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port F pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port F pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PF7(TDI), PF5(TMS), and PF4(TCK) will be activated even if a reset occurs.

Port F also serves the functions of the JTAG interface.

Port G (PG5..PG0)

Port G is a 6-bit I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port G output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port G pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port G pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port H (PH7..PH0)

Port H is a 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port H output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port H pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port H pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port J (PJ7..PJ0)

Port J is a 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port J output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port J pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port J pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port J also serves the functions of various special features of the ATmega640/1280/2560 as listed on [page 90](#).

Port K (PK7..PK0)

Port K serves as analog inputs to the A/D Converter.

Port K is a 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port K output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port K pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port K pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port L (PL7..PL0)

Port L is a 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port L output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port L pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port L pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in ["System and Reset Characteristics"](#) on [page 360](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{RST}	RESET Pin Threshold Voltage		$0.2V_{CC}$		$0.9V_{CC}$	V
t_{RST}	Minimum pulse width on RESET Pin				2.5	μs
V_{HYST}	Brown-out Detector Hysteresis			50		mV
t_{BOD}	Min Pulse Width on Brown-out Reset			2		μs
V_{BG}	Bandgap reference voltage	$V_{CC}=2.7V, T_A= 25^{\circ}C$	1.0	1.1	1.2	V
t_{BG}	Bandgap reference start-up time	$V_{CC}=2.7V, T_A= 25^{\circ}C$		40	70	μs
I_{BG}	Bandgap reference current consumption	$V_{CC}=2.7V, T_A= 25^{\circ}C$		10		μA

Ilustración 34:Características del sistema y reset

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port F and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

This is the analog reference pin for the A/D Converter.

II.xBEE PRO

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / <u>CONFIG</u>	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	<u>RESET</u>	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	<u>CTS</u> / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / <u>SLEEP</u>	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	<u>RTS</u> / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k Ω pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

Ilustración 35: Descripción de los pines módulo XBEE.

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V _{IL}	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.35 * VCC	V
V _{IH}	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.7 * VCC	-	-	V
V _{OL}	Output Low Voltage	I _{OL} = 2 mA, VCC >= 2.7 V	-	-	0.5	V
V _{OH}	Output High Voltage	I _{OH} = -2 mA, VCC >= 2.7 V	VCC - 0.5	-	-	V
I _{IIN}	Input Leakage Current	V _{IN} = VCC or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	µA
I _{IQZ}	High Impedance Leakage Current	V _{IN} = VCC or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	µA
TX	Transmit Current	VCC = 3.3 V	-	45 (XBee) 215, 140 (PRO, Int)	-	mA
RX	Receive Current	VCC = 3.3 V	-	50 (XBee) 55 (PRO)	-	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	µA

Ilustración 36:Características eléctricas.

Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V _{REFH}	VREF - Analog-to-Digital converter reference range		2.08	-	V _{DDAD} *	V
I _{REF}	VREF - Reference Supply Current	Enabled	-	200	-	µA
		Disabled or Sleep Mode	-	< 0.01	0.02	µA
V _{INDC}	Analog Input Voltage ¹		V _{SSAD} - 0.3	-	V _{DDAD} + 0.3	V

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

* V_{DDAD} is connected to VCC.

Ilustración 37:Características ADC

III.TPS62160DGK

PIN ⁽¹⁾		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
PGND	1	—	Power ground
VIN	2	I	Supply voltage
EN	3	I	Enable input (High = enabled, Low = disabled)
AGND	4	—	Analog ground
FB	5	I	Voltage feedback of adjustable version. Connect resistive voltage divider to this pin. It is recommended to connect FB to AGND on fixed output voltage versions for improved thermal performance.
VOS	6	I	Output voltage sense pin and connection for the control loop circuitry.
SW	7	O	Switch node, which is connected to the internal MOSFET switches. Connect inductor between SW and output capacitor.
PG	8	O	Output power good (High = VOUT ready, Low = VOUT below nominal regulation); open drain (requires pull-up resistor; goes high impedance, when device is switched off)
Exposed Thermal Pad ⁽²⁾		—	Must be connected to AGND. Must be soldered to achieve appropriate power dissipation and mechanical reliability.

Ilustración 38:Descripción de los pines

		MIN	MAX	UNIT
Pin voltage range ⁽²⁾	VIN	-0.3	20	V
	EN, SW (DC)	-0.3	V _{IN} + 0.3	V
	SW (AC), less than 10ns ⁽³⁾	-2	24.5	
	FB, PG, VOS	-0.3	7	V
Power good sink current	PG		10	mA
Operating junction temperature, T _J		-40	150	°C
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	°C

(1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

(2) All voltages are with respect to network ground terminal.

(3) While switching.

Ilustración 39:Valores máximos.

Over junction temperature range (T_J = -40°C to +125°C), typical values at V_{IN} = 12 V and T_J = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
SUPPLY						
V _{IN}	Input voltage range ⁽¹⁾		3	17	V	
I _Q	Operating quiescent current	EN = High, I _{OUT} = 0 mA, device not switching		17	30	μA
			T _J = -40°C to +85°C	17	25	
I _{SD}	Shutdown current ⁽²⁾	EN = Low		1.5	25	μA
			T _J = -40°C to +85°C	1.5	4	
V _{UVLO}	Undervoltage lockout threshold	Falling input voltage	2.6	2.7	2.82	V
		Hysteresis		180		mV
T _{SD}	Thermal shutdown temperature	Rising temperature		160	°C	
	Thermal shutdown hysteresis	Falling temperature		20		
CONTROL (EN, PG)						
V _{EN_H}	High level input threshold voltage (EN)		0.9	0.6	V	
V _{EN_L}	Low level input threshold voltage (EN)		0.56	0.3	V	
I _{LKG_EN}	Input leakage current (EN)	EN = V _{IN} or GND	0.01	1	μA	
V _{TH_PG}	Power good threshold voltage	Rising (%V _{OUT})	92%	95%	98%	
		Falling (%V _{OUT})	87%	90%	93%	
V _{OL_PG}	Power good output low voltage	I _{PG} = -2 mA	0.07	0.3	V	
I _{LKG_PG}	Input leakage current (PG)	V _{PG} = 1.8 V	1	400	nA	
POWER SWITCH						
R _{DS(ON)}	High-side MOSFET ON-resistance	V _{IN} ≥ 6 V	300	600	mΩ	
		V _{IN} = 3 V	430			
	Low-side MOSFET ON-resistance	V _{IN} ≥ 6 V	120	200	mΩ	
		V _{IN} = 3 V	165			
I _{LIMF}	High-side MOSFET forward current limit ⁽³⁾	V _{IN} = 12 V, T _J = 25°C	1.45	1.95	2.45	A
OUTPUT						
V _{REF}	Internal reference voltage ⁽⁴⁾		0.8		V	
I _{LKG_FB}	Pin leakage current (FB)	TPS62160, V _{FB} = 1.2 V	5	400	nA	
V _{OUT}	Output voltage range (TPS62160)	V _{IN} ≥ V _{OUT}	0.9	6.0	V	
	Initial output voltage accuracy ⁽⁵⁾	PWM mode operation, V _{IN} ≥ V _{OUT} + 1 V	-3%	3%		
		Power save mode operation, C _{OUT} = 22 μF	-3.5%	4%		
	DC output voltage load regulation ⁽⁶⁾	V _{IN} = 12 V, V _{OUT} = 3.3 V, PWM mode operation		0.05		%/A
DC output voltage line regulation ⁽⁶⁾	3 V ≤ V _{IN} ≤ 17 V, V _{OUT} = 3.3 V, I _{OUT} = 0.5 A, PWM mode operation		0.02		%/V	

(1) The device is still functional down to under voltage lockout (see parameter V_{UVLO}).

(2) Current into VIN pin.

(3) This is the static current limit. It can be temporarily higher in applications due to internal propagation delay (see *Current Limit and Short Circuit Protection* section).

(4) This is the voltage regulated at the FB pin.

(5) This is the accuracy provided by the device itself (line and load regulation effects are not included). For fixed voltage versions, the (internal) resistive feedback divider is included.

(6) Line and load regulation are depending on external component selection and layout (see *Figure 18* and *Figure 19*).

Ilustración 40:Características eléctricas.

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply Voltage, V_{IN}	3		17	V
Output Voltage, V_{OUT}	0.9		6	V
Operating junction temperature, T_J	-40		125	°C

Ilustración 41: Valores recomendados.

THERMAL METRIC ⁽¹⁾	TPS6216X		UNIT
	DSG (WSON)	DGK (VSSOP)	
	8 PINS	8 PINS	
$R_{\theta JA}$ Junction-to-ambient thermal resistance	61.8	184.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$ Junction-to-case (top) thermal resistance	61.3	74.6	°C/W
$R_{\theta JB}$ Junction-to-board thermal resistance	15.5	105.8	°C/W
ψ_{JT} Junction-to-top characterization parameter	0.4	13.3	°C/W
ψ_{JB} Junction-to-board characterization parameter	15.4	104.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$ Junction-to-case (bottom) thermal resistance	8.6	—	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.

Ilustración 42: Información sobre la temperatura.

Recommended LC Output Filter Combinations⁽¹⁾

	4.7µF	10µF	22µF	47µF	100µF	200µF	400µF
1µH							
2.2µH		√	√ ⁽²⁾	√	√	√	
3.3µH		√	√	√	√		
4.7µH							

(1) The values in the table are nominal values. Variations of typically ±20% due to tolerance, saturation and DC bias are assumed.

(2) This LC combination is the standard value and recommended for most applications.

Ilustración 43: Filtro LC recomendado.

IV.RTC DS3231.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V_{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V_{IH}		0.7 x V_{CC}		$V_{CC} + 0.3$	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V_{IL}		-0.3		0.3 x V_{CC}	V

Ilustración 44: Condiciones de operación recomendadas.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I_{CCA}	(Notes 4, 5)	$V_{CC} = 3.63V$		200	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		300	
Standby Supply Current	I_{CCS}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 5)	$V_{CC} = 3.63V$		110	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		170	
Temperature Conversion Current	$I_{CCSCONV}$	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	$V_{CC} = 3.63V$		575	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		650	
Power-Fail Voltage	V_{PF}		2.45	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, \overline{INT}/SQW , SDA	V_{OL}	$I_{OL} = 3mA$			0.4	V
Logic 0 Output, \overline{RST}	V_{OL}	$I_{OL} = 1mA$			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, \overline{INT}/SQW , SDA	I_{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I_{LI}		-1		+1	μA
RST Pin I/O Leakage	I_{OL}	\overline{RST} high impedance (Note 6)	-200		+10	μA
V_{BAT} Leakage Current (V_{CC} Active)	I_{BATLKG}			25	100	nA

Ilustración 45: Características eléctricas (1).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f_{OUT}	$V_{CC} = 3.3V$ or $V_{BAT} = 3.3V$		32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	$\Delta f/f_{OUT}$	$V_{CC} = 3.3V$ or $V_{BAT} = 3.3V$, aging offset = 00h	0°C to +40°C		±2	ppm
			>40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	$\Delta f/f_{OUT}$	$V_{CC} = 3.3V$ or $V_{BAT} = 3.3V$, aging offset = 00h	-40°C to <0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
			>40°C to +85°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Voltage	$\Delta f/V$			1		ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	$\Delta f/LSB$	Specified at:	-40°C		0.7	ppm
			+25°C		0.1	
			+70°C		0.4	
			+85°C		0.8	
Temperature Accuracy	Temp	$V_{CC} = 3.3V$ or $V_{BAT} = 3.3V$	-3		+3	°C
Crystal Aging	$\Delta f/f_O$	After reflow, not production tested	First year		±1.0	ppm
			0–10 years		±5.0	

Ilustración 46: Características eléctricas (2).

V.SHT-15.

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³	τ (63%)		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶	τ (63%)	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

Ilustración 47: Características técnicas Humedad y Temperatura

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC ¹⁰		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average ¹¹	2	28		µA
	sleep		0.3	1.5	µA
Low level output voltage	I _{OL} < 4 mA	0		250	mV
High level output voltage	R _P < 25 kΩ	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	µA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	µA

Ilustración 48::Características eléctricas.

VI. Anemómetro

Sensor Output

Wind Direction

Display Resolution 16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
 Accuracy ±3°

Wind Speed

Resolution and Units Measured in 1 mph. Other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/h, 0.1 m/s, or 1 knot
 Range 1 to 200 mph, 1 to 173 knots, 0.5 to 89 m/s, 1 to 322 km/h
 Accuracy ±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
 Maximum Cable Length 240' (73 m). Maximum wind speed reading decreases as length of cable from Anemometer to ISS increases. At 140' (42 m), maximum speed is 135 mph (60 m/s). At 240', the maximum is 100 mph.

Input/Output Connections

Black Wind speed contact closure to ground
 Red Ground
 Green Wind direction pot wiper (20KΩ potentiometer)
 Yellow Pot supply voltage
 Wind Speed Translation Formula $1600 \text{ rev/hr} = 1 \text{ mph}$
 $V = P(2.25/T)$ ($V = \text{speed in mph}$, $P = \text{no. of pulses per sample period}$
 $T = \text{sample period in seconds}$)
 Wind Direction Translation Variable resistance 0 - 20KΩ; 10KΩ = south, 180°

Ilustración 49: Conexiones y salidas.

VII. MP8511.

Parameter	Symbol	Condition	Rating	unit
Supply Voltage	V _{DD}	Ta=25 °C	-0.3 to +4.6	V
Input Voltage	V _I	Ta=25 °C	-0.3 to +4.6	V
Output Short Current	I _{OS}	Ta=25 °C	5	mA
Power Dissipation	P _D	Ta=25 °C	30	mW
Storage Temperature	T _{stg}	-	-30 to +85	°C

Ilustración 50: Valores máximos.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	unit
Operating Voltage	V _{DD}	2.7	3.3	3.6	V
Operating Temperature	Ta	-20	-	70	°C

Ilustración 51: Valores de operación recomendados.

($V_{DD}=+2.7V$ to $+3.6V$, $T_a=-20^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	unit
Supply Current (active mode)	I_{DDA}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	300	500	μA
Supply Current (standby mode)	I_{DDS}	$V_{EN}=0$	-	0.1	1	μA
Input Voltage (High level)	V_{IH}	-	$V_{DD} \times 0.8$	-	$V_{DD} + 0.3$	V
Input Voltage (Low level)	V_{IL}	-	-0.2	-	0.72	V
High level input current	I_{IH}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	-	1	μA
Low level input current	I_{IL}	$V_{EN}=0$	-1	-	-	μA
Wavelength of maximum sensitivity	λ_p	$T_a=25^{\circ}C$	-	365	-	nm
Output Setup Time	T_{SU}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	-	1	ms
Output Voltage (Shading) *	V_{REF}	$T_a=25^{\circ}C$, $V_{EN}=V_{DD}$	0.95	1.0	1.05	V
Output Voltage (10mW/cm ² at λ_p) *	V_O	$T_a=25^{\circ}C$, $V_{EN}=V_{DD}$	2.08	2.2	2.32	V

Ilustración 52:Características electro-ópticas.

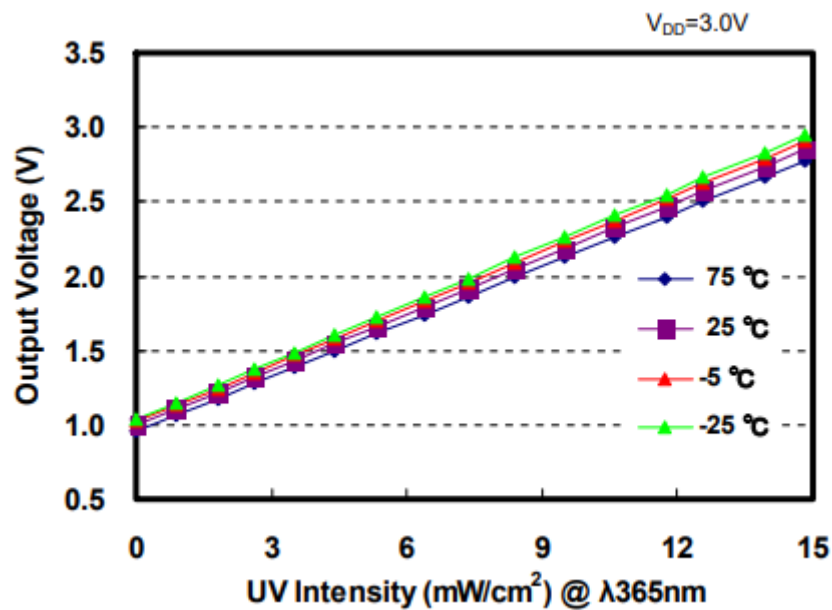


Ilustración 53:Voltaje de salida frente radiación UV.

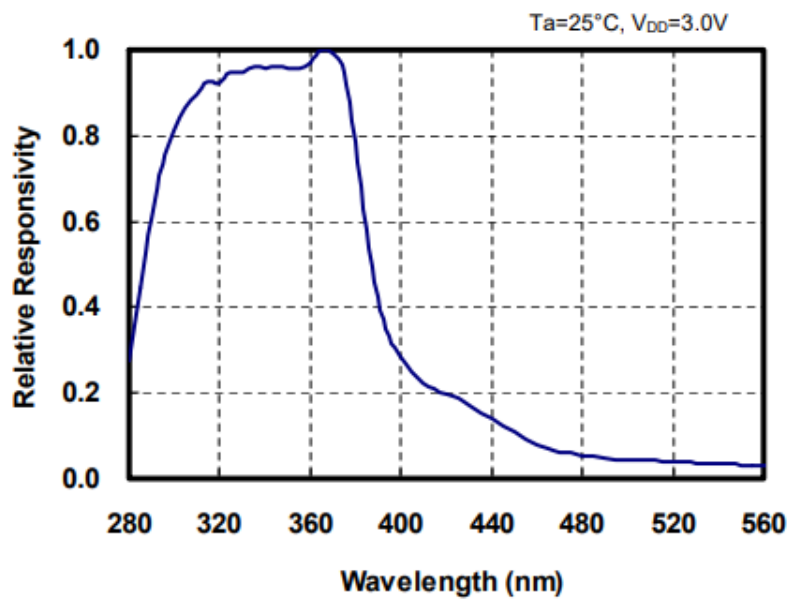
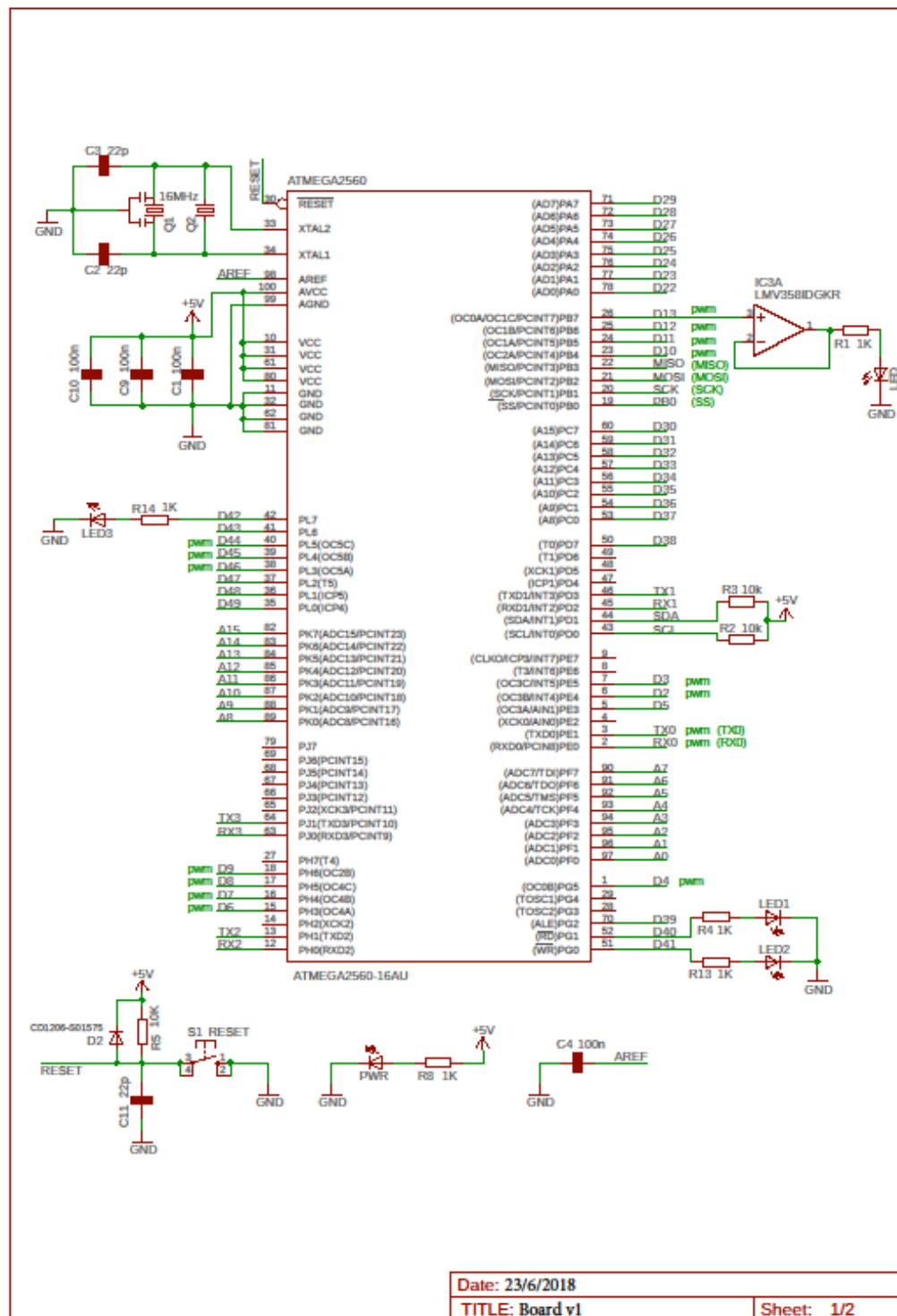
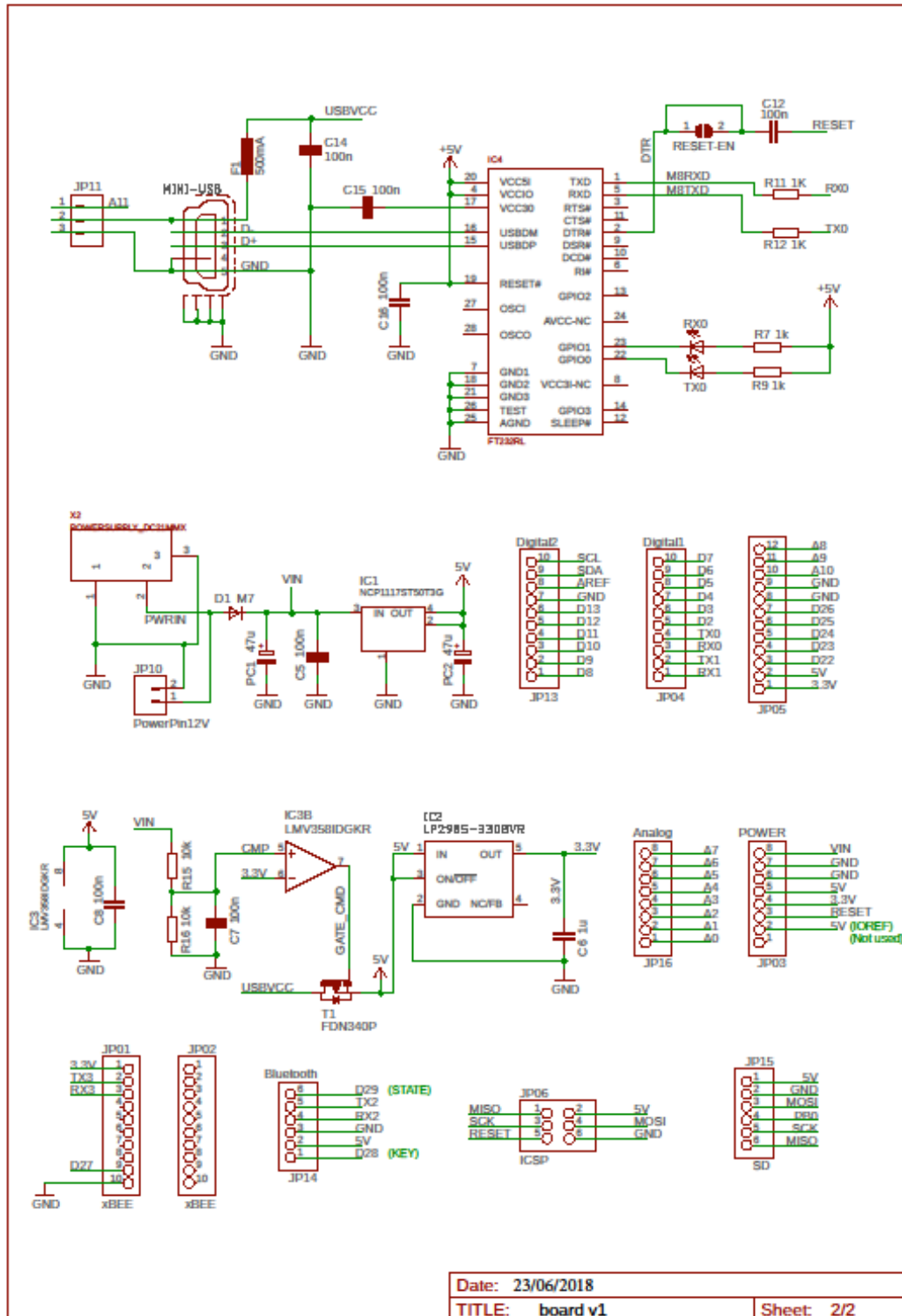


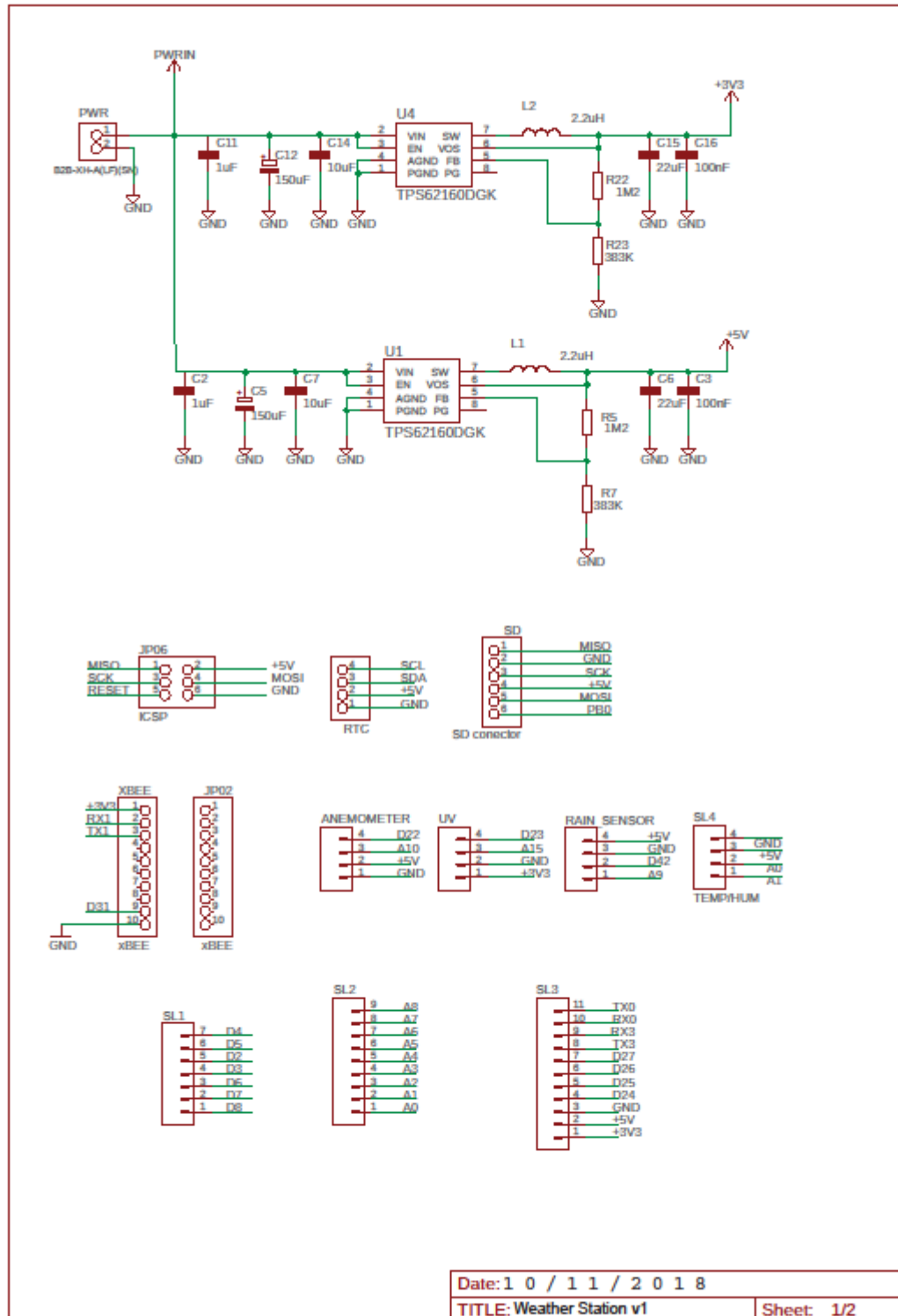
Ilustración 54: Características de la respuesta espectral.

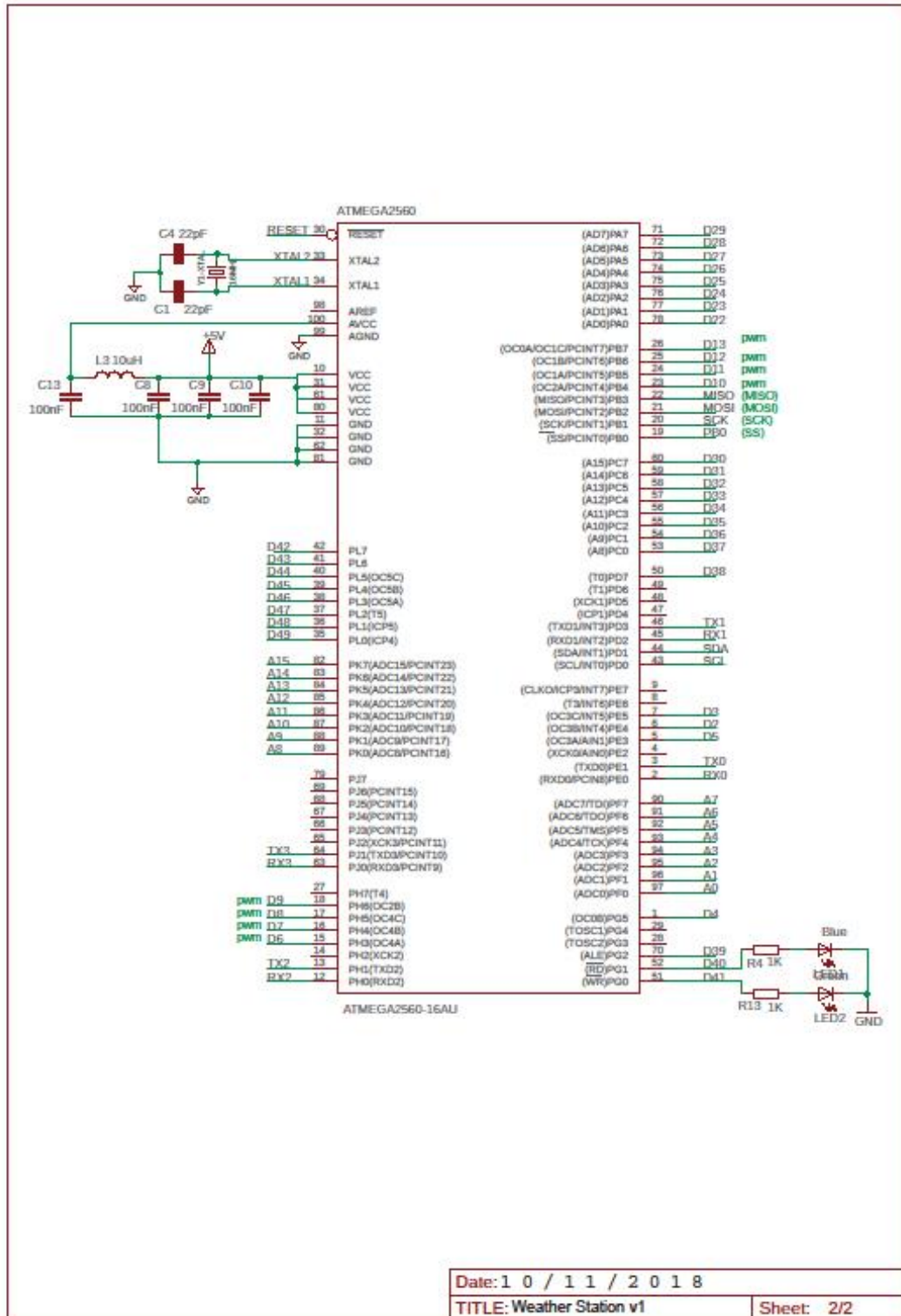
PLANOS

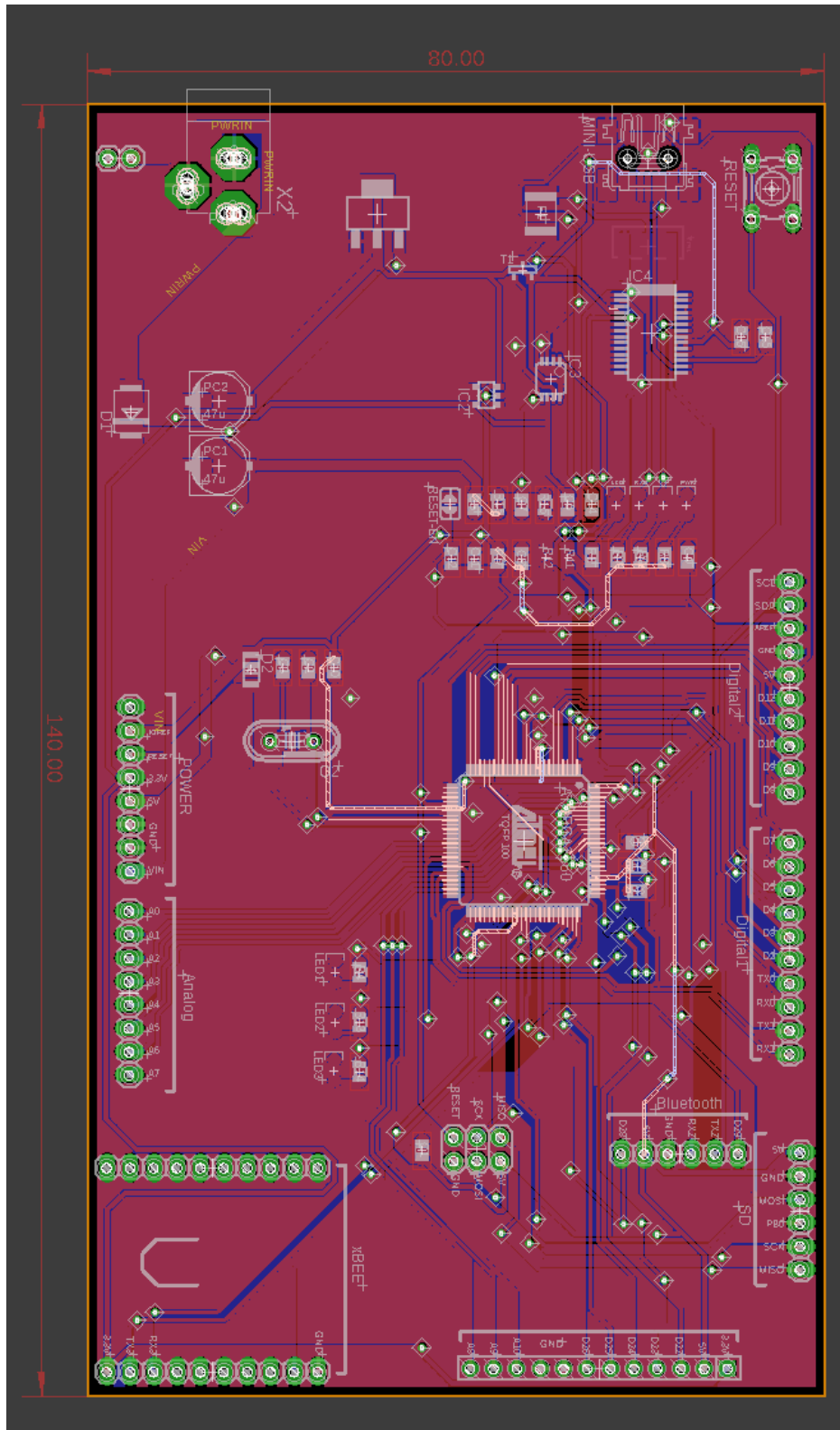
3. Planos.

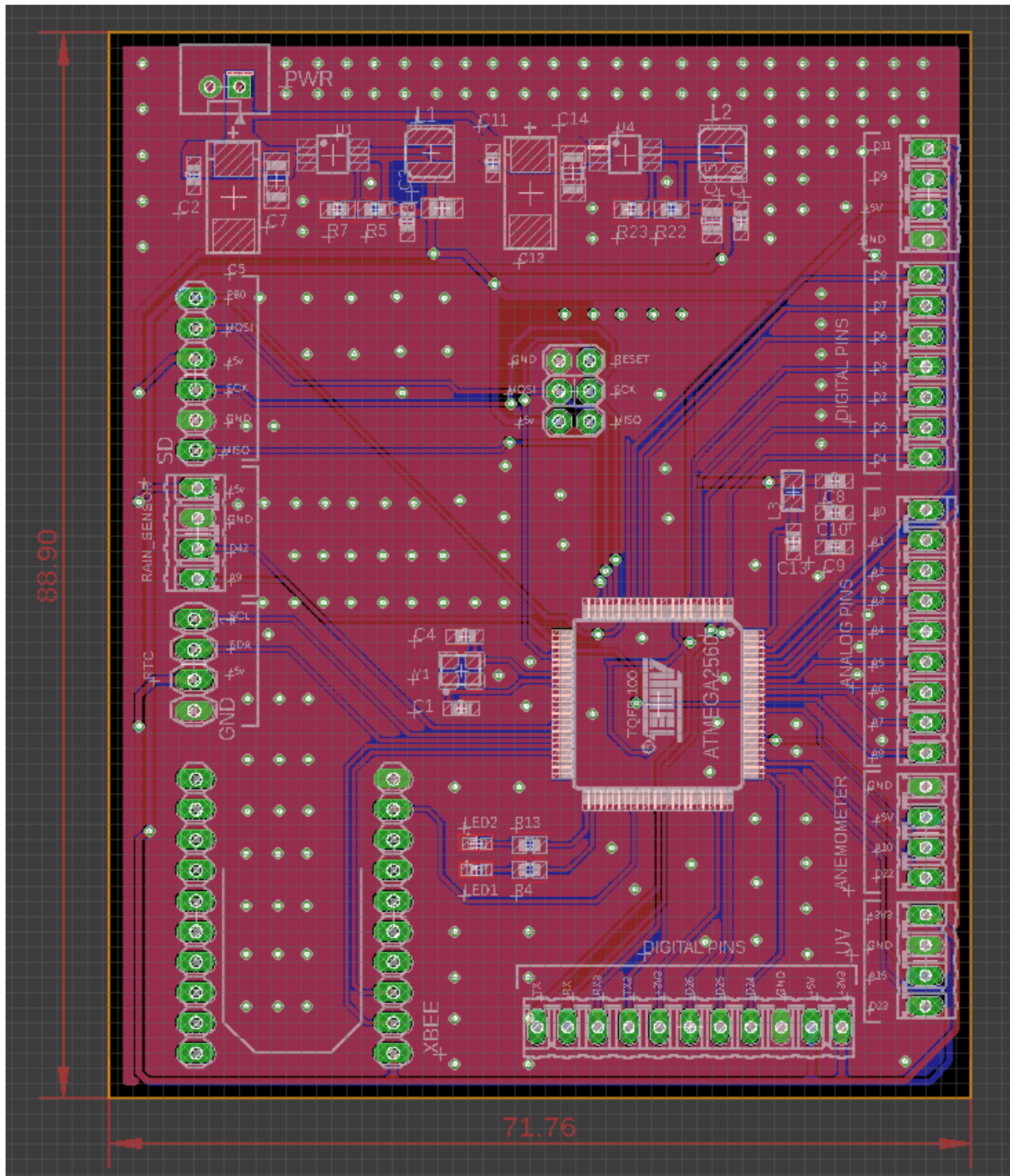












PLIEGO DE CONDICIONES

4. Pliego de condiciones.

La finalidad del presente proyecto es el desarrollo completo de una placa electrónica como versión alfa y la propuesta de una segunda versión para la conexión de los sensores necesarios para que esta actúe como una estación meteorológica. Para ello es necesario conocer en profundidad el tipo de circuitos integrados con los que se trabaja y delimitar la selección de componentes en función de las características que debe tener esta placa electrónica.

El equipo necesario para poder llevar a cabo el proyecto ha de ser el siguiente:

Ordenador:

Especificaciones mínimas:

- Sistema operativo Windows 7 32-bits (o superior).
- Procesador Intel core i3 o similar.
- 4 GByte de memoria RAM.
- 20 GByte de espacio en el disco duro.

Programa de diseño PCB y circuitos:

- El programa empleado para el diseño de los circuitos y el enrutado de la tarjeta electrónica es EAGLE 8.0.
- Es necesario obtener las librerías de cada fabricante para tener la huella de los circuitos integrados o generar la huella mediante la herramienta de diseño incluida en el propio programa.

Para el montaje de la tarjeta electrónica es necesaria una estación de soldadura de al menos 40 W, es recomendable disponer de un soplador de aire caliente o una bobina de malla para poder corregir errores de soldadura o exceso de estaño. Por último, también es necesario un spray limpiador de contactos.

Para realizar el bootloader a la tarjeta electrónica se ha empleado:

- Arduino UNO.
- IDE Arduino.
- Cables macho - macho para realizar las conexiones entre tarjetas.

Para la creación del firmware que debe contener la tarjeta electrónica y su subida a la misma se puede realizar con dos programas distintos:

- Visual Studio Code.
- IDE de Arduino.

Por último, son necesarias algunas herramientas para la comprobación de tensión y corriente, así como de la señal de entrada o salida en algunos puertos:

- Fuente de alimentación de corriente continua.
 - Tensión variable entre 0-12 V
 - Intensidad máxima de 5 A.
 - 2 salidas
- Osciloscopio.
 - 2 canales
 - 2 sondas
 - Frecuencia máxima de muestreo 200 MHz
- Multímetro.

La alimentación de la tarjeta se puede realizar mediante baterías o mediante una fuente de alimentación de 12 voltios y 2 amperios.

PRESUPUESTO

5. Presupuesto.

En el siguiente apartado se muestra el coste del desarrollo de la tarjeta meteorológica, desglosado en el coste de los materiales necesarios para reproducir la tarjeta, las herramientas para el diseño y las horas de trabajo.

La siguiente tabla muestra de forma detallada la cantidad de componentes necesarios para la reproducción de la tarjeta electrónica y el precio de ellos.

Componente	Cantidad	Precio
PCB	1	5,00 €
TPS62160DGK	2	3,65 €
C3, C16	2	0,02 €
SD	1	3,60 €
C7, C14	2	0,02 €
C5, C12	2	0,02 €
Y1	1	0,22 €
R4, R13	2	0,02 €
R5, R22	2	0,02 €
C2, C11	2	0,02 €
C1, C4	2	0,02 €
C6, C15	2	0,02 €
R7, R23	2	0,02 €
ATMEGA2560	1	8,80 €
LED1	2	0,40 €
Conectores	7	3,20 €
L1, L2	2	0,05 €
Conector XBEE	2	1,30 €
Sensor Humedad/Temperatura	1	16,15 €
Sensor UV	1	18,95 €
Sensor Lluvia	1	3,46 €
Anemómetro	1	105,60 €
RTC	1	1,60 €
Modulo xBee	1	11,30 €
Lector SD	1	2,89 €
Total		191,75 €

Tomando como referencia el sueldo medio de un ingeniero en España como 20,9 euros la hora, se procede a calcular el coste de la mano de obra a la hora de diseñar el dispositivo y producirlo.

Descripción de la tarea	Horas	
Diseño y enrutado	10	209
Producción del equipo	3	62.7
Test y pruebas	3	62.7
Total		334,4 euros

Para finalizar se procede al cálculo del presupuesto necesario para las herramientas que se han utilizado para el desarrollo de este proyecto.

Material	Precio (€)
Ordenador con requisitos mínimos	300
Licencia EAGLE mensual	18.15
Arduino UNO	12.09
Estación de soldadura	53.10
Multímetro digital	12.65
Osciloscopio	214.36
Fuente de alimentación	13.99
TOTAL	624.34

El precio total del presupuesto para realizar el presente proyecto es de MIL CIENTO CINCUENTA EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CENTIMOS.

