

Capítulo 3

Entorno Hardware

3.1. SoC < 1GHz de Texas Instruments

3.1.1. Descripción

El CC1110Fx es un system-on-chip (SoC) con un consumo muy bajo de energía, emitiendo a frecuencias inferiores a 1 GHz, y diseñados específicamente para aplicaciones inalámbricas. El CC1110Fx combina el excelente desempeño del transceptor RF basado en el CC1101, con un MCU 8051 integrado [19], de hasta 32 kB de memoria flash programable y hasta 4 kB de RAM, y muchas otras características de gran alcance [16]. El pequeño tamaño de 6mm² hace que sea muy adecuado para aplicaciones con limitaciones de tamaño.

El CC1110Fx es idóneo para sistemas donde se requiere un consumo de energía muy bajo, incluyendo modos operativos avanzados de bajo consumo. El CC1110Fx añade una comunicación rápida y versátil mediante una interfaz full-speed USB 2.0 para conectar al PC, proporcionando una alta velocidad de datos (12 Mbps), lo cual evita los cuellos de botella de la interfaz RS-232 o interfaces USB de baja velocidad.

3.1.1. Características principales

Radio

- Alto rendimiento basado en transceptor RF de altas prestaciones, el CC1101.
- Excelente selectividad en el receptor y rendimiento de bloqueo.
- Alta sensibilidad (-110dBm a 1,2 kBaudios).
- Tasa de datos programable hasta 500 kBaudios.
- Potencia de salida programable hasta 10 dBm para todas las frecuencias soportadas.
- Rango de frecuencias: 300 a 348 MHz. 391 a 464 MHz. y 782 a 928MHz.
- Soporte digital RSSI /LQI.

Baja Potencia

- Bajo consumo de corriente (RX: 16,2 mA a 1,2 kBaudios, TX: 15,2 mA a la salida -6 dBm de potencia).
- 0,3 μ A en PM3 (el modo de funcionamiento con el menor consumo de energía).
- 0,5 μ A en PM2 (modo de funcionamiento con el segundo consumo más bajo de energía, contador de tiempo o activación externa de interrupción).

MCU, memoria y periféricos

- Alto rendimiento y baja potencia con un núcleo microcontrolador 8051.
- Potente funcionalidad DMA.
- Flash programable de 8/16/32 KB integrada y RAM de 1/2/4 KB.
- Coprocesador de seguridad de 128-bit AES.
- 7 a 12 bits ADC con hasta ocho entradas.
- Interfaz I2S.
- Dos USARTs.
- Temporizador de 16-bits con el modo DSM.
- Tres temporizadores de 8-bits.
- Soporte de hardware o de depuración.
- 21 pines GPIO.

Esta familia CC11xx destaca por el precio, sus pocos componentes externos, encapsulados muy pequeños, muy bajo consumo, e incluye en el chip un potente manipulador de paquetes de datos que permite utilizar un microcontrolador externo muy económico, descargando a la CPU de todo este trabajo. Además se le puede programar la frecuencia de trabajo, el tipo de modulación, la velocidad de transmisión, el formato de paquete de datos, la potencia de salida y el ancho de banda del receptor.

Otra ventaja de esta familia es que puede coexistir con otras instalaciones inalámbricas ya que usan el denominado CCA (Clear Channel Assesment) por hardware, que funciona de la siguiente manera: antes de transmitir el dispositivo mira si el canal está ocupado y con la tecnología de espectro expandido por salto de frecuencias (FHSS o Frequency Hopping Spread Spectrum).

- En un sistema FHSS el transmisor y el receptor salta en frecuencia sincronizadamente. La secuencia de salto será pseudoaleatoria cubriendo un largo número de frecuencias (canales).
- Uno de los problemas más difíciles de solucionar cuando se trabaja con salto de frecuencia es sincronizar el transmisor y el receptor.

Para facilitar el diseño, se ofrecen ejemplos de referencia completos en la página Web de Texas Instruments, así como placas de evaluación y software.

La familia CC1110 añade un microcontrolador con 8, 16 y 32K de Flash y núcleo C51. Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado el módulo de 32K.

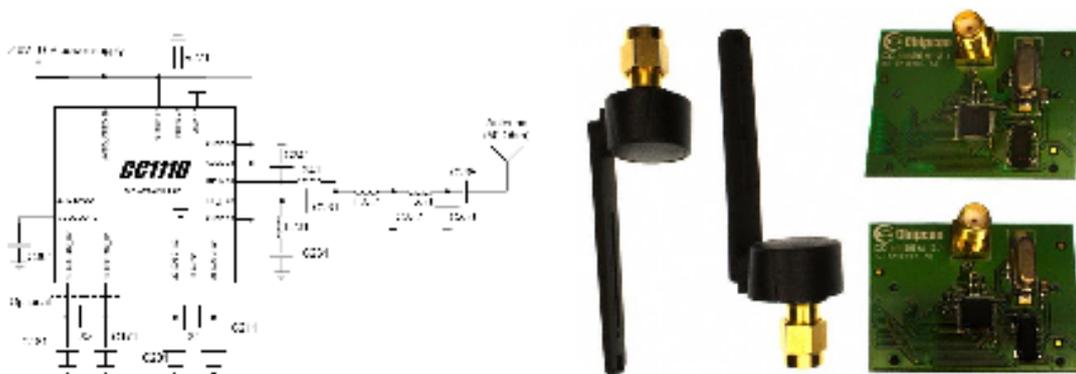


Figura 3.1: Esquema de diseño y EM CC1110

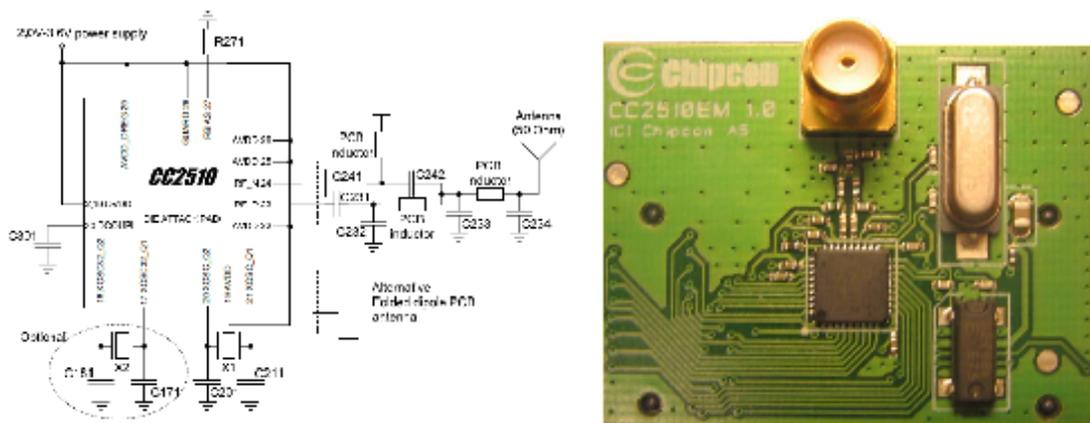
3.2. SoC a 2,4GHz de Texas Instruments

Texas Instruments adquirió Chipcon para completar su gama de productos inalámbricos incluyendo los Zigbee, especificación a la que pertenece el transmisor CC2510. Con muy pocos componentes, no necesita ni conmutador de antena ni filtro, con grandes prestaciones y con bajo consumo, potencia de salida programable y alta sensibilidad (-94dBm). Tienen soporte RSSI y LQI digital

3.2.1. Descripción

El CC2510Fx es un SoC de 2,4 GHz, diseñado para aplicaciones inalámbricas de baja potencia. El CC2510Fx combina el excelente desempeño del transmisor-receptor CC2500, con un estándar de la industria de los microcontroladores MCU 8051. Posee una memoria flash de hasta 32 kB y 4 kB de RAM, entre otras características. El pequeño encapsulado de 6x6 mm hace que sea muy adecuado para aplicaciones con limitaciones de tamaño.

El CC2510Fx es muy adecuado para los sistemas donde se requiere el consumo de energía muy bajo. Esto está asegurado por su capacidad de trabajar en varios modos de operación de baja energía. El CC2510Fx posee características muy similares a las del CC1110Fx, interfaz con un PC mediante USB de alta velocidad de transferencia de datos (12 Mbps), con lo que se evitan los cuellos de botella de la RS-232 o interfaces USB de baja velocidad, ya que hoy en día están integrados en la mayoría de los PCs.



3.2.2. Características principales

Radio

- Alto rendimiento transceptor RF basado en el CC2500 líder en el mercado.
- Excelente selectividad del receptor y rendimiento de bloqueo.
- Alta sensibilidad (-103 dBm a 2,4 kBaudios).
- Velocidad de datos programables de hasta 500 kBaudios.
- Potencia de salida programable hasta 1 dBm para todas las frecuencias soportadas.
- Rango de frecuencias: 2400 a 2483,5 MHz.
- Soporta RSSI / LQI Digital.

Consumo de corriente

- Bajo consumo de corriente (RX: 17,1 mA a 2.4 kBaudios, TX: 16 mA a -6 dBm de potencia de salida).
- 0,3 μ A en PM3 (el modo de funcionamiento con el menor consumo de energía).

MCU, memoria y periféricos

- Alto rendimiento y núcleo de baja potencia en el microcontrolador 8051.
- 8/16/32 KB-sistema de flash programable y 1/2/4 kB de RAM.
- Interfaz I2S.
- ADC configurable, 7 a 12 bits con hasta ocho entradas.
- AES de 128-bit coprocesador de seguridad.
- Potente funcionalidad DMA.
- Dos USARTs.

3.3. *Conversor Analógico / Digital: ADC*

El ADC soporta hasta 12 bits en la conversión de analógico a digital. Incluye un multiplexor analógico con hasta 8 canales configurables individualmente, generador de referencia de voltaje y la escritura de los datos convertidos directamente a la DMA. Están disponibles varios modos de operación. Todas las referencias a VDD se aplican al voltaje del pin AVDD.

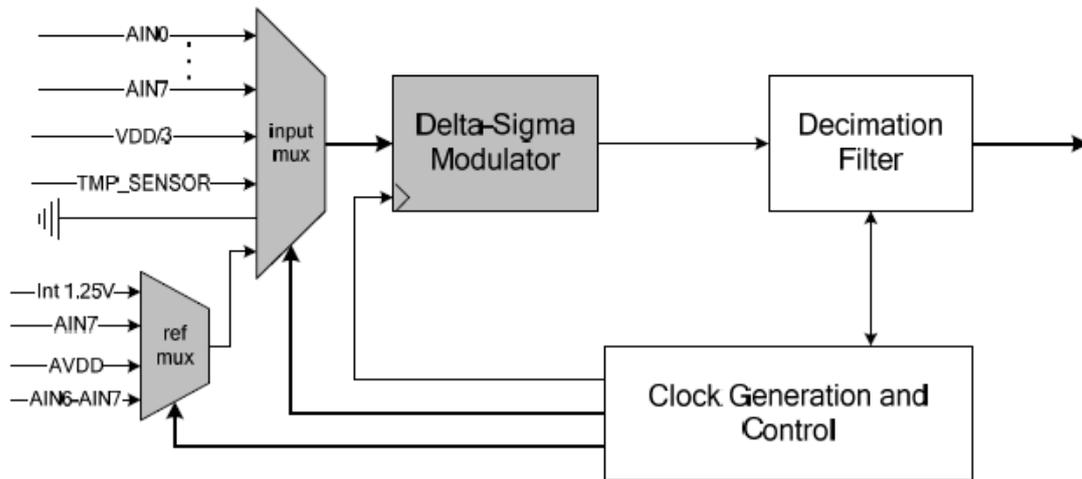


Figura 3.3: Diagrama de Bloques ADC

Las principales características del ADC son las siguientes:

- Resolución configurable de 7 a 12 bits.
- 8 canales individuales de entrada.
- Tensión de referencia configurable como interna, externa simple o diferencial y VDD.
- Generación de petición de interrupciones.
- Desencadenantes DMA al final de conversaciones.
- Entrada de sensor de temperatura.
- Capacidad de medición de batería.

En esta sección se describe la configuración general y la operación de ADC, y se describe el uso del control de ADC y el acceso a los registros de estado desde la CPU.

El ADC es capaz de convertir una señal analógica a la entrada en una representación digital con hasta 12 bits de resolución. Usando un voltaje de referencia positivo seleccionable.

Las señales en los pines del puerto P0 pueden ser usadas como entradas al ADC. Para configurar un pin de P0 para ser usado como entrada del ADC, el bit correspondiente del registro ADCCFG debe ser configurado a 1. El valor por defecto 0, desactiva la entrada al ADC. A partir de ahora estos pines serán denominados AIN0 -

AIN7. El ADC puede ser configurado para realizar automáticamente una secuencia de conversiones y realizar opcionalmente una conversión extra.

Es posible configurar las entradas como “single” o “diferencial”. En caso de configurarlas como diferencial, éstas entradas consistirán en un par de entradas AIN0–AIN1, etc. Se debe tener en cuenta que ni una entrada negativa, ni mayor que VDD se puede suministrar a estos pines. Esta es la diferencia entre los pares que actúan en modo diferencial.

Además de los pines de entrada AIN0-AIN7, puede ser seleccionada como entrada al ADC la salida de un sensor de temperatura, para realizar mediciones de temperatura. También es posible seleccionar un voltaje correspondiente a la entrada VDD/3 como entrada del ADC. Esto permite, por ejemplo, la implementación de un control de batería cuando esta característica sea necesaria.

El ADC llevará a cabo una secuencia de conversión y los resultados serán almacenados en la memoria DMA sin interaccionar con la CPU.

Los bits del registro ADCCON2.SCH se usan para definir una secuencia de conversión de las entradas del ADC. Si algunas entradas del ADC no están configuradas como analógicas en el registro ADCCFG, éstas serán saltadas. Para entradas diferenciales ambas deben estar configuradas como analógicas.

- Entradas “single”: $0000 \leq \text{ADCCON2.SCH} \leq 0111$
- Entradas “dif”: $1000 \leq \text{ADCCON2.SCH} \leq 1011$
- GND, referencia de tensión interna, sensor de temperatura y VDD/3: $0000 \leq \text{ADCCON2.SCH} \leq 0111$

Para más información ver *Pág. 144 del datasheet “swrs033g.pdf”*[16] en la tabla de los valores del registro ADC Configuration 2

A continuación, en esta sección se describen los modos de operación y la iniciación de conversiones.

El ADC tiene 3 registros de control:

- ADCCON1
- ADCCON2
- ADCCON3

El bit ADCCON1.EOC es un bit de estado, se activa cuando termina la conversión y se limpia cuando se lee ADCH.

El bit ADCCON1.ST se usa para iniciar la secuencia de conversiones. La secuencia comienza cuando este bit se pone a nivel alto, ADCCON.STSEL=11 y no hay otra conversión llevándose a cabo, cuando se termina, automáticamente se limpia.

Los bits ADCCON.STSEL seleccionan los eventos que comenzarán una nueva secuencia de conversiones. Las opciones que pueden ser seleccionadas están en el borde externo pin P2_0, como por ejemplo: fin de la secuencia previa, un comparador de eventos Temporizador 1 canal 0, o si el bit ADCCON1.ST está a 1.

ADCCON2.SREF se usa para seleccionar la tensión de referencia. Esta sólo debe ser cambiada cuando no se esté realizando una conversión.

Los bits ADCCON2.SDIV seleccionan la tasa de diezmado, es decir, la resolución, el tiempo requerido y la tasa de muestreo. Esto sólo puede ser modificado cuando no se este realizando.

Los bits del registro ADCCON2.SCH se usan para definir la secuencia de conversión.

El ADC puede ser programado para realizar una conversión simple (terminación simple, diferencial, GND, tensión de referencia interna, sensor de temperatura o VDD/3). Además de la simple existe otra que se conoce como conversión extra y se controla con el registro ADCCON3. Esta operación se desencadena por escritura en el registro. Si el registro es escrito mientras se realiza una conversión, ésta se llevara a cabo tan pronto como la secuencia sea completada. Si por el contrario se escribe en el

registro sin que el ADC este realizando ninguna operación, la conversión se lleva a cabo inmediatamente.

El registro ADCCON3 controla que entrada usar, la tensión de referencia y el tamaño de paso de la conversión extra. La codificación de los bits del registro es la misma que para el ADCCON2. Cabe destacar que si no se configura ninguna entrada como analógica, ADCCON2.SCH y ADCCON1.EOC se actualizarán como si la operación hubiera tenido lugar.

Por último para seleccionar la tensión de referencia hay varias opciones, tales como una tensión de referencia positiva, así como una tensión interna de 1.25V, VDD en el pin AVDD, una tensión interna aplicada a la entrada AIN7 o una tensión diferencial aplicada a las entradas AIN6 y AIN7. De los cuales AIN6 debe tener la mayor tensión. Es posible seleccionar el voltaje de referencia como una entrada al ADC con el fin de realizar una conversión de la tensión de referencia para calibración. De igual modo, es posible configurar la terminación de tierra GND como entrada.

3.4. SmartRF04EB

La placa de desarrollo SmartRF04EB es el medio de comunicación entre el ordenador y el CC2510 o CC1110. Gracias a la cual se puede comprobar el buen funcionamiento del SoC, acceder a los registros y usar los diversos periféricos que se encuentren conectados.

La primera vez que se conecta al PC con el que se vaya a trabajar se produce un reconocimiento por parte del ordenador, del mismo modo que cuando se instala un hardware nuevo como un ratón o un disco duro. En este caso no es necesario instalar ningún driver adicional, ya que el ordenador lo reconoce y lo añade al menú de administrador de dispositivos. Puede ser útil consultar la dirección física de cada placa para trabajar con ambas simultáneamente.

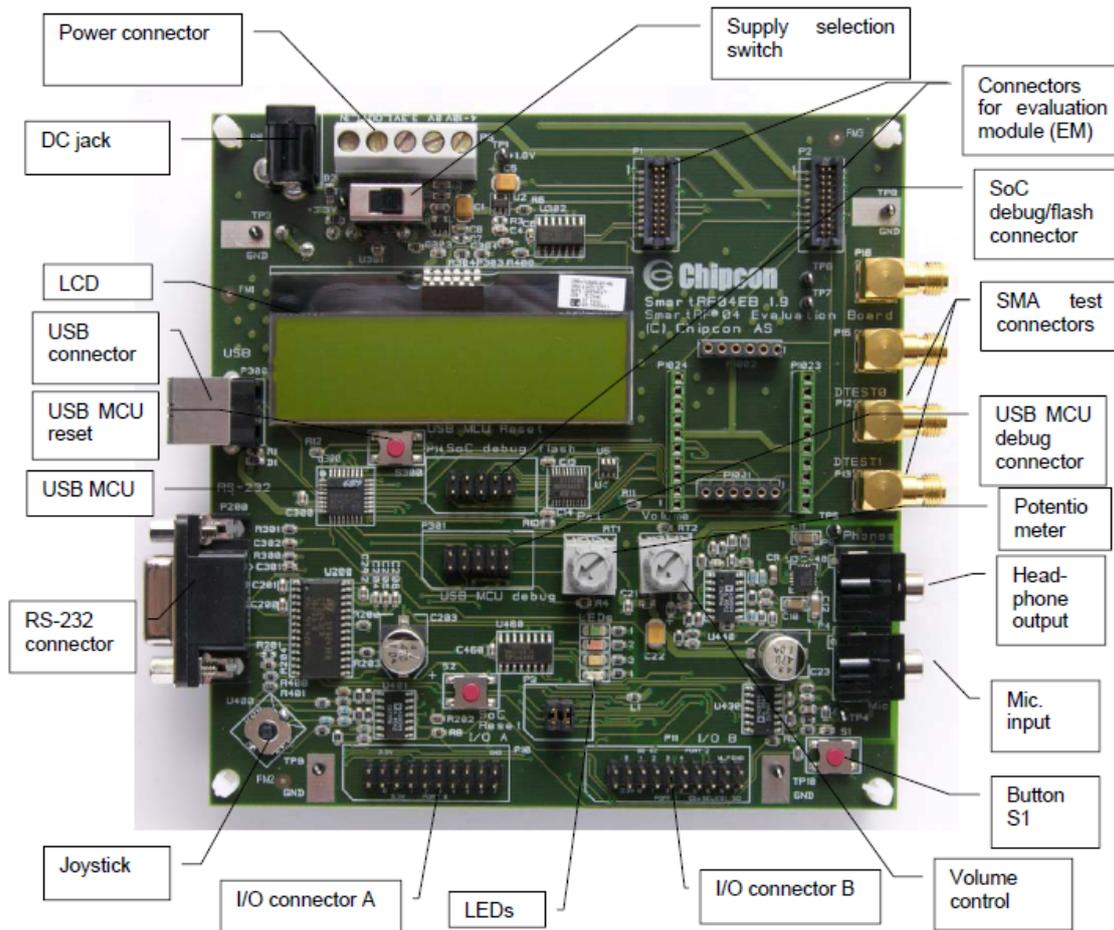


Figura 3.4: SmartRF®04EB

La figura anterior muestra las partes principales de la SmartRF®04EB. La SmartRF®04EB sirve como plataforma principal en el kit de desarrollo.

El modo de conexión es simple: se acopla el SoC al SmartRF04EB y se conecta éste último mediante USB al ordenador. El puerto USB proporciona al circuito 3.3V tras pasar por el regulador de tensión.

Los periféricos que pueden ser utilizados son:

- Conector jack de CC.
- Pantalla LCD.
- Conector RS232.
- Conectores SMA.
- Potenciómetro.
- Salida de audio.

- Entrada de audio.
- Control de volumen.
- Conectores de I/O.
- 4 LEDs.
- 2 Pulsadores.
- 1 Joystick con 5 posiciones: arriba, abajo, izquierda, derecha, centro.

Sin embargo, no todos estos periféricos pueden ser implementados por el SoC. Por ejemplo, de los 4 LEDs sólo son funcionales el primero y el tercero.

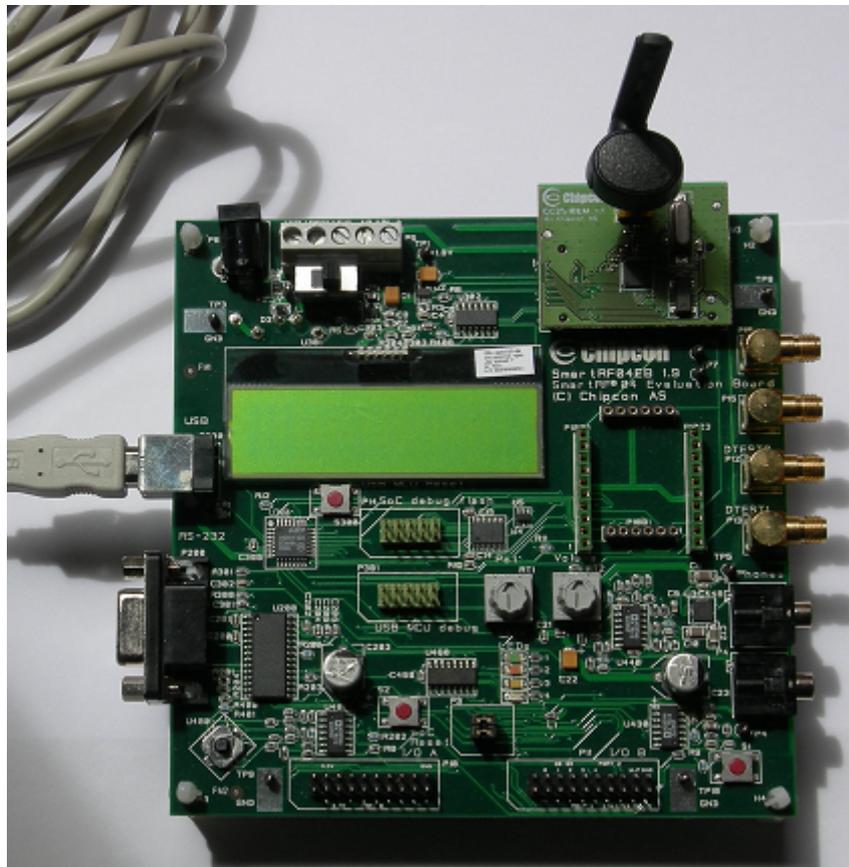


Figura 3.5: SmartRF04EB con conector USB

También cabe destacar que muchas de las conexiones de los periféricos están conectadas con algunos de los 40 pins de I/O. En la siguiente tabla se muestra la relación de estas conexiones:

Pines I/O Conector A P10		Pines I/O Conector B P11	
Pin	Función	Pin	Función
1	N/C	1	N/C
2	N/C	2	N/C
3	P0_0/MIC_IN	3	VDD
4	VDD	4	P2_0*/LED4
5	VDD	5	P1_0/LED1
6	N/C	6	P2_1/DD
7	P0_1/BUT PUSH	7	P1_1/PWM_OUTPUT
8	N/C	8	P2_2/DC
9	P0_2/UART_RD	9	P1_2*/LED2
10	N/C	10	P2_3*/SDA
11	P0_3/UART_TD	11	P1_3/LED3
12	N/C	12	P2_4*/SCL
13	P0_4/RTS	13	P1_4/CSn
14	N/C	14	N/C
15	P0_5/JOY_PUSH	15	P1_5/SCLK
16	N/C	16	RESET_N
17	P0_6/JOY	17	P1_6/MOSI
18	N/C	18	DD_DIR
19	P0_7/POT	19	P1_7/MISO
20	GND	20	GND

Tabla 3: Conectores I/O SmartRF04EB

3.5. Conectores Jack

El conector Jack es un conector de audio utilizado en numerosos dispositivos para la transmisión de sonido en formato analógico.

Hay conectores Jack de varios diámetros: 2,5 mm; 3,5 mm y 6,35 mm . Los más usados son los de 3,5 mm, también llamados minijack; son los que se utilizan en dispositivos portátiles, como los mp3, para la salida de los auriculares y los que se han utilizada en este proyecto, debido a que la SmartRF04EB tiene unos conectores

integrados de este diámetro. El de 2,5 mm es menos utilizado, pero se utiliza también en dispositivos pequeños. El de 6,35 mm se utiliza sobre todo en audio profesional e instrumentos musicales eléctricos.



Figura 3.6: Conector mini-jack

Un Jack de audio puede llevar dos canales de audio por separado, o tres con uno para subir/bajar el volumen, por lo que es un conector estéreo, o bien uno sólo mono. El Jack estéreo lleva tres pines para soldar y por tanto tres divisiones metálicas en su cuerpo (aunque los de los celulares pueden llevar 4), una para cada canal y una más que sería la masa o malla. El jack de tres pines también puede mandar una señal mono balanceada al igual que los Bantham o los conectores canon. El jack mono lleva dos pines y por tanto, dos divisiones metálicas en su cuerpo.

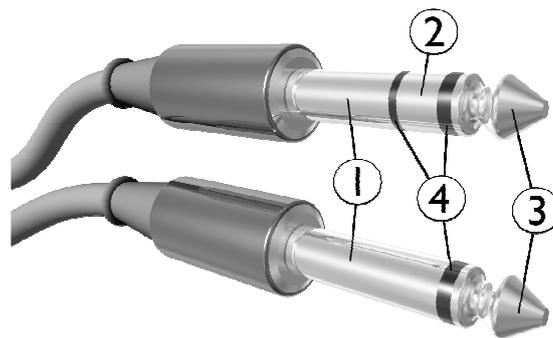


Figura 12: Canales de audio en un conector Jack

En los Jacks estéreo el extremo se considera siempre el canal izquierdo (3), el anillo se considera el canal derecho (2), los anillos aislantes (4) y la base es siempre masa (1). En los de 4 pines, el cuarto es para el micrófono instalado en los auriculares.

En este proyecto los auriculares y el micrófono son dispositivos independientes con sus propios conectores minijack.