

## El Protocolo FT4 para concursos digitales

Joe Taylor, K1JT, Steve Franke, K9AN y Bill Somerville,  
G4WJS April 22, 2019

**Introducción:** FT4 es un modo digital experimental diseñado específicamente para concursos de radio. Al igual que FT8, utiliza transmisiones de longitud fija, mensajes estructurados con formatos optimizados para QSO mínimos y una fuerte corrección de errores reenviados. Las secuencias T/R duran 6 segundos, por lo que FT4 es 2.5 veces más rápido que FT8 y aproximadamente a la misma velocidad que RTTY para los concursos de radio. FT4 puede trabajar con señales 10 dB más débiles que las necesarias para RTTY, ya que usa mucho menos ancho de banda.

**Parámetros básicos:** los formatos de mensaje FT4 son los mismos que los de FT8 y están codificados con el mismo código de control de paridad de baja densidad (174,91). Las transmisiones duran 4,48 s, en comparación con 12,64 s para FT8. La modulación utiliza una codificación de desplazamiento de frecuencia de 4 tonos a aproximadamente 23,4 baudios, con tonos separados por la velocidad en baudios. El ancho de banda ocupado (que contiene el 99% de la potencia transmitida) es de 90 Hz. La sensibilidad del umbral para una probabilidad de decodificación del 50% es  $S/N = -16.4$  dB, medida en el ancho de banda de ruido de referencia estándar de 2500 Hz. La decodificación a priori (AP) puede reducir la sensibilidad del umbral a -18 dB o más

### Instalación y configuración inicial

Para unirse al grupo de prueba FT4 y participar en una o más sesiones de práctica de "concurso simulado", siga estos pasos para instalar y configurar una versión de prueba para WSJT-X 2.1.0:

1. Descargue el paquete de instalación desde un enlace que será proporcionado.
2. Instala el programa de la forma habitual para tu sistema operativo. Para evitar conflictos con su operación normal, es posible que desee utilizar un directorio de

instalación diferente al utilizado para *WSJT-X 2.0*.

3. Inicie el programa como lo haría normalmente para FT8.

4. En el menú **Configuraciones**, seleccione **FT8|Clone** (o **Default|Clone**).

5. **Cambie el nombre** de la nueva configuración resultante a **FT4** y seleccione la nueva configuración.

6. Seleccione **FT4** en el menú **Modo**.

7. En la pestaña **File|Settings|Frecuencias**, haga clic con el botón derecho en cualquier línea de la tabla en **Working Frecuencias** y presione el botón **Reset** (Reiniciar). Esta acción recogerá las frecuencias de trabajo recomendadas para FT4.

8. Marque la casilla **Special operating activity** (Actividad operativa especial) en la pestaña **Setting|Advanced**. Luego seleccione los mensajes de RTTY Roundup (**RTTY Roundup messages**) e ingrese su intercambio de concurso adecuado en el campo **RTTY RU Exch**.

9. Las instrucciones para conectar *WSJT-X* a *N1MM Logger+* se pueden encontrar en la Guía del usuario de *WSJT-X 2.1*, [Sección 4.5](#).

Ahora tiene una versión de prueba para *WSJT-X 2.1.0* configurada para la operación FT4. Puede resultarle útil descargar y examinar un archivo de muestra FT4. Seleccione **Download Samples** (Descargar muestras) en el menú **Ayuda** y marque la casilla FT4. Configure los controles **wide Graph** como se muestra en la Figura 1 y seleccione **Deep** en el menú **Decode**, luego abra el archivo de muestra en el menú **File**. El intervalo grabado debe producir 19 decodificaciones, como se ve en la Figura 1. La mayoría de las señales decodificadas son inaudibles o apenas audibles en el archivo de audio. Menos de un tercio son lo suficientemente fuertes como para decodificarse de manera confiable si hubieran

## El Protocolo FT4 para concursos digitales

sido señales RTTY, y solo entonces si se distribuyeron en un rango de frecuencia mucho más amplio

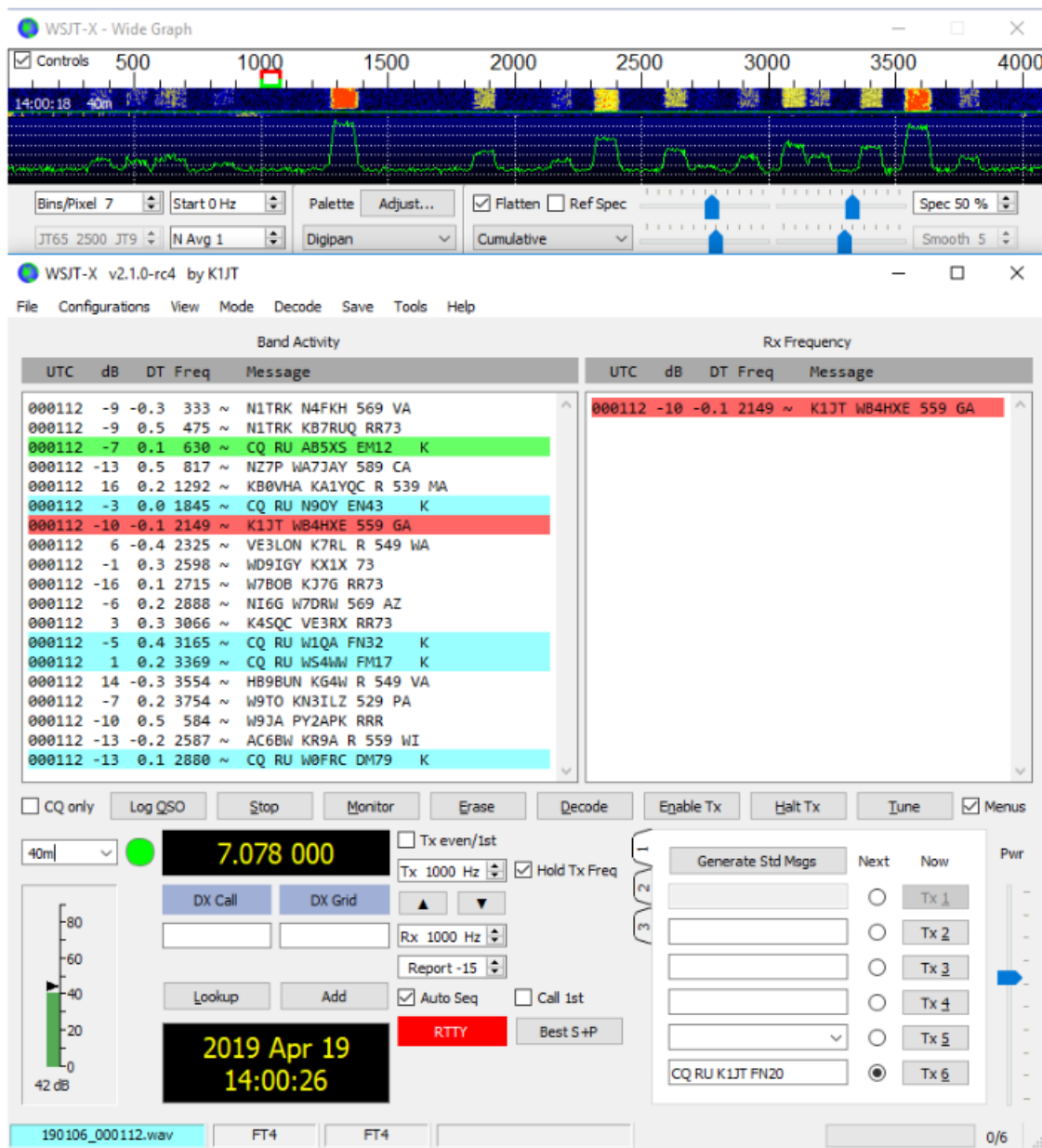


Figura 1. - Captura de pantalla que muestra señales simuladas de FT4 y sus decodificaciones.

**Operación:** Aparte de sus secuencias T/R mucho más cortas, FT4 se comporta esencialmente de la misma manera que FT8. Hay un nuevo control en pantalla disponible para la operación FT4, un botón con la etiqueta **Best S+P**, justo debajo de la casilla de verificación **CALL 1st**. Al hacer clic en este botón durante un ciclo de Rx, el programa empieza a examinar todos los mensajes CQ decodificados al

final de la secuencia de Rx de 6 segundos. El programa seleccionará al mejor socio potencial de QSO (desde una perspectiva de concurso) y lo tratará como si hubiera hecho doble clic en esa línea de texto decodificado. Aquí, "mejor socio QSO potencial" significa "Nuevo multiplicador" (primera prioridad) o "Nueva llamada en banda" (segunda prioridad). "Nuevo multiplicador" se interpreta actualmente como "Nuevo DXCC"; pronto se implementará una categoría de multiplicador más ampliamente definida (para las reglas de ARRL RTTY Roundup). También podemos proporcionar clasificaciones de prioridad adicionales, por ejemplo, "Nueva cuadrícula en banda" (útil para los concursos de VHF de América del Norte), clasificación por intensidad de señal, etc.

Para el control del teclado de los mensajes transmitidos, marque la casilla **Enlaces alternativos (Alternate F1 - F6 bindings)** en la pestaña **Setting|General**. En una operación de típica de concurso, puede presionar la tecla de función F1 para solicitar un QSO enviando CQ. Para responder a un CQ y enviar su intercambio de concurso, haga doble clic en el mensaje decodificado. Alternativamente, puede hacer clic en **Best S+P** y dejar que el algoritmo de selección elija una estación para llamar. Las casillas de verificación **Auto Seq** y **Call 1st** se comportan como en FT8, y por lo tanto, el resto de un QSO mínimo puede continuar sin la acción adicional del operador. Las teclas de función F2 - F5 se pueden usar para enviar mensajes que se muestran en los campos de entrada para Tx2 - Tx5 en la pestaña 1, en la parte inferior derecha de la ventana principal. La tecla de función F6 alterna el estado seleccionado de **Call 1st** y la combinación de teclas **Alt+B** se puede usar para alternar el estado de arranque de **Best S+P**.

El FT4 está configurado actualmente de modo que una estación que opera en el modo de búsqueda y salto ("S+P") registra un QSO cuando se transmite RR73, y la estación de CQing ("Run") registra un QSO cuando se recibe RR73. Al igual que FT8, FT4 hace poca distinción entre una estación S+P y una estación Run. Un operador puede cambiar fácilmente y con frecuencia entre estas dos formas de iniciar QSO, y la habilidad para impugnar dependerá de

optimizar estas y muchas otras decisiones operativas. Con un flujo constante de estaciones disponibles para trabajar, las velocidades de QSO en radio única está muy por encima de 100 QSO's/hora utilizando FT4.

**Señal transmitida:** FT4 utiliza una técnica de modulación conocida como modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana o GFSK. La forma de onda de audio generada consiste en 105 símbolos (tonos) enviados en secuencia a una de cuatro frecuencias. La serie codificada de tonos distintos para parte de una transmisión podría parecerse originalmente a la curva superior (roja) en la Figura 2. Sin embargo, en FT4 la secuencia de frecuencias se suaviza por convolución con una función gaussiana antes de enviarse al modulador de software. La curva azul muestra la secuencia de frecuencias suavizada correspondiente que se envía realmente al modulador. La secuencia transmitida ya no tiene ninguna discontinuidad gradual. Las diferencias entre las curvas roja y azul parecen bastante pequeñas, pero los espectros de las formas de onda de audio resultantes son notablemente diferentes. La Figura 3 muestra los espectros para una señal FT4 (azul) y una señal estándar FSK de fase continua (rojo) para la misma secuencia de bits codificada. El espectro GFSK tiene faldas empinadas, que ocupan un ancho de banda de solo 75 Hz a -6 dB, 200 Hz a -60 dB y 260 Hz a -80 dB. No se aplica ningún filtrado adicional a las formas de onda de audio.

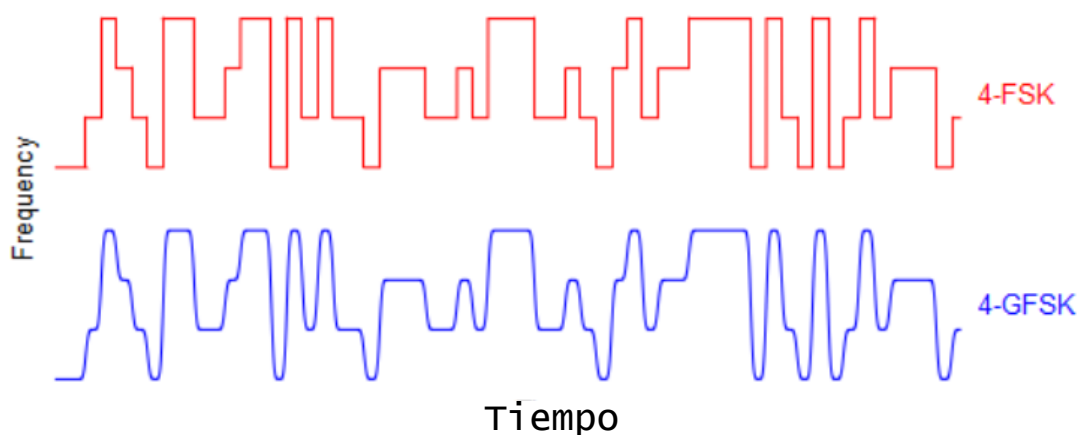


Fig 2. - Ejemplo de las secuencias de frecuencia codificadas (rojas) y suavizadas (azules) para parte de un mensaje FT4.

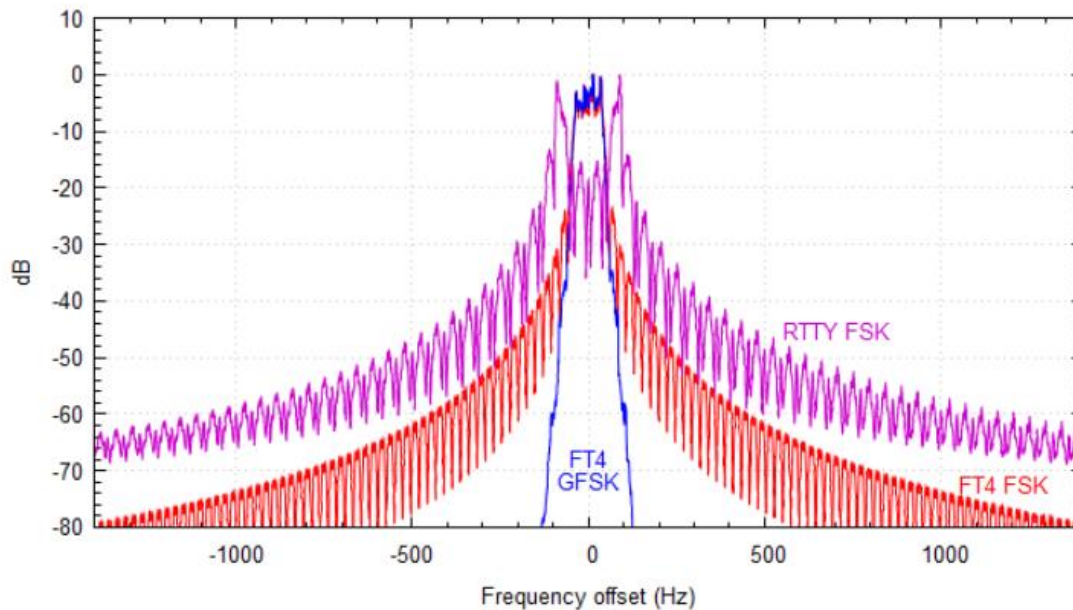


Fig 3. - Espectros de una señal FT4 transmitida con GFSK (azul), FT4 con FSK (rojo) y RTTY con FSK de fase continua (púrpura).

La Figura 3 también muestra el espectro de una señal RTTY estándar (púrpura), que tiene más de 2000 Hz de ancho a -60 dB. Algunos programas de radioaficionados que generan señales RTTY mediante la codificación de cambio de frecuencia de audio (AFSK) ofrecen un filtrado opcional de la forma de onda para reducir las bandas laterales de codificación no deseadas. Sin embargo, dicho filtrado posterior a la modulación destruye necesariamente la naturaleza de envolvente constante de la señal FSK de fase continua y deja una forma de onda que debe amplificarse con una buena linealidad para evitar la generación de nuevas bandas laterales no deseadas. En contraste, la señal GFSK de FT4 tiene una envoltura constante y es inmune a la distorsión de intermodulación.

**Decodificación y uso de frecuencia:** El decodificador FT4 en *WSJT-X 2.1* identifica y decodifica señales en cualquier lugar en una banda de paso de hasta 5 kHz de ancho. Al igual que en otros modos *WSJT-X*, los mensajes recibidos son "todo o nada": no hay descodificaciones parciales y las descodificaciones falsas son raras. La resta de señales decodificadas del flujo de datos recibido permite la decodificación de transmisiones que se superponen en frecuencia con otras señales, posiblemente mucho más fuertes. Las últimas tres descodificaciones mostradas en la



ventana de Actividad de la Banda en la Figura 1 son ejemplos de tales descodificaciones de segundo paso. Con la secuencia normal impar/par de transmisiones y señales espaciadas a intervalos de 120 a 150 Hz, hasta 50 estaciones pueden operar en una banda de paso de 3 o 4 kHz con poca interferencia, incluso cuando las intensidades de la señal difieren en 60 dB. La experiencia le dirá cuál puede ser la mejor estrategia para seleccionar las frecuencias de marcación durante los concursos, y para cuántos segmentos de ~ 3 kHz se deben usar para FT4 en cada banda. ***Como pautas iniciales, sugerimos las siguientes frecuencias de marcación predeterminadas para FT4: 3.595, 7.090, 10.140, 14.140, 18.104, 21.140, 24.919, 28.180, 50.318, 144.170 MHz.*** Agradeceremos cualquier comentario que pueda llevar a mejores elecciones de frecuencia.

**Sensibilidad:** La Figura 4 presenta las mediciones de la sensibilidad del decodificador FT4 en un amplio rango de condiciones de propagación simuladas. Los números pareados a la derecha proporcionan la dispersión Doppler (Hz) y el retardo diferencial de dos vías (ms) para varios conjuntos de condiciones estándar de la UIT, utilizando el modelo de Watterson para la propagación ionosféricas. Las curvas sólidas más a la izquierda corresponden a las rutas de propagación de latitud media comunes en condiciones sin perturbaciones. Las curvas discontinuas muestran las sensibilidades medidas para la decodificación con información máxima a priori, en dos condiciones extremas de propagación. Para una comparación aproximada con RTTY, observamos que en condiciones moderadas de latitud media simuladas se ha demostrado que RTTY produce tasas de error de caracteres inferiores al 10% solo cuando la SNR supera de -1 a +4 dB, dependiendo del módem de software en uso. FT4 ofrece una ventaja de sensibilidad de aproximadamente 10 dB sobre RTTY

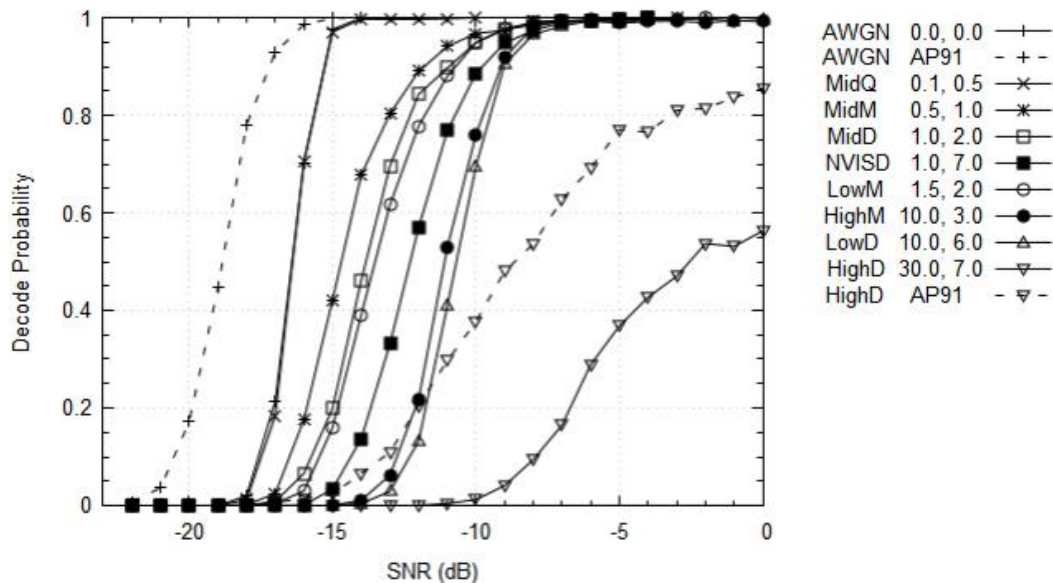


Fig 4. - Probabilidad de decodificación medida para FT4 en función de SNR. AWGN significa Ruido Gaussiano Blanco Aditivo; Bajo, Medio y Alto se refieren a la latitud geomagnética; Q, M y D implican condiciones ionosféricas silenciosas, moderadas o perturbadas; NVIS significa onda vertical cerca de Skywave; AP91 se refiere a una codificación de identificación previa del mensaje RR73 en un QSO de concurso típico

**Pruebas anteriores:** las nuevas versiones de prueba de *WSJT-X 2.1.0* nos permitieron explorar la conveniencia de hacer de FT4 un modo asíncrono sin tiempos de inicio fijos para los intervalos T / R. Estas pruebas sirvieron para resaltar las ventajas significativas del uso de secuencias sincronizadas en el tiempo. Las longitudes de secuencia fijas con tiempos de inicio prescritos aseguran que una fracción mucho mayor de las señales recibidas se puede decodificar, especialmente en condiciones de operación similares a un concurso en las que una estación determinada puede transmitir aproximadamente la mitad del tiempo. En términos normalmente utilizados para la ingeniería de comunicaciones, la sincronización aumenta la capacidad del canal.

**Programa:** Algunos parámetros y comportamientos operativos de FT4 aún se están probando y optimizando. Será muy útil llevar a cabo varias sesiones de práctica de simulacros más con un grupo más grande de participantes activos. Incluso si estos no revelan errores graves o deficiencias, creemos que el FT4 es demasiado nuevo para ser usado en dos próximos eventos: el Concurso VHF ARRL (8-10 de junio) y ARRL Field Day (22-23 de junio). En consecuencia, planeamos crear una versión de prueba *WSJT-X 2.1.0-rc5* con un tiempo



muerto el 7 de junio de 2019. En la medida de lo posible, planeamos cumplir con el siguiente calendario:

- 22 de abril: Anuncio público sobre FT4, con un enlace a este documento.
- 29 de abril: segundo anuncio, con enlaces a paquetes de instalación descargables para WSJT-X 2.1.0-rc5
- 9 de mayo, 0000 - 0100 UTC: sesión de práctica FT4, 7.090 MHz
- 14 de mayo, 0000 - 0100 UTC: sesión de práctica FT4, 7.090 MHz
- 5 de junio, 0000 - 0100 UTC: sesión de práctica FT4, 7.090 MHz (si es necesario)
- 15 de julio: disponibilidad general (GA) de *WSJT-X 2.1.0*.

**Conclusiones aleatorias:** FT4 es un modo de propósito especial diseñado para los QSO de los concursos de rápida respuesta. Sirve este propósito de manera muy efectiva, pero al igual que con FT8, el modo no es útil para conversaciones más extensas. FT4 usa mucho menos ancho de banda que RTTY y proporciona una decodificación confiable a niveles de señal mucho más bajos. No tiene necesidad de "Super Check Parcial" o ayudas de concurso similares, y los operadores calificados que usan FT4 encontrarán menos motivación para usar un DX Cluster u otras ayudas que no sean de radio. Toda la información necesaria para obtener una buena puntuación en un concurso se puede obtener por aire, durante el mismo, a través de las propias antenas y radios. Con FT4 hay poca distinción entre la operación CQ y S+P, por lo que es fácil cambiar frecuentemente entre las dos formas de encontrar socios para QSO. Las estaciones que utilizan antenas de baja potencia y de compromiso pueden participar de manera efectiva en un concurso con FT4