

FT8

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen
VisuellWikitext

Version vom 16. August 2017, 19:48 Uhr
(Quelltext anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)
← Zum vorherigen Versionsunterschied

Aktuelle Version vom 23. März 2024, 12:25 Uhr (Quelltext anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)
(Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.6.1 (Stand: 23.03.2024), siehe . WSJT-X 2.6.1 Handbuch. Ein "candidate release" 2.7.0-rc4 ist ebenfalls verfügbar.)
Markierung: Visuelle Bearbeitung

(82 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:		Zeile 2:	
	[[Kategorie:Kurzwelle]]		[[Kategorie:Kurzwelle]]
-	== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==	+	==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==
-	Der Artikel über FT8 ist noch in Arbeit.	+	FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.
-	FT8 ist eine digitale Betriebsart, die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.	+	Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.6.1 (Stand: 23.03.2024), siehe .[https://wsjt.sourceforge.io/wsjitx-doc/wsjitx-main-2.6.1.html WSJT-X 2.6.1 Handbuch]. Ein "candidate release" 2.7.0-rc4 ist ebenfalls verfügbar.
	Einige Infos finden sich [http://www.arrrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release hier].		

-	+ FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.
	+ In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.
-	+ Einige Infos finden sich [http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release hier] und [http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world hier bei ARRL] sowie als Screenshots
-	+ [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png hier auf der K1JT homepage] und in den
-	+ Unterlagen zum Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autenqruber [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und Andreas Karner [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU], November 2017.
-	
-	
-	
-	
-	

- T/R sequence length: 15 s

- Message length: 75 bits + 12-bit CRC

- FEC code: LDPC(174,87)

- Modulation: 8-FSK, keying rate = tone spacing = 5.86 Hz

- Waveform: Continuous phase, constant envelope

- Occupied bandwidth: 47 Hz

- Synchronization: three 7×7 Costas arrays (start, middle, end of Tx)

- Transmission duration: 79*2048/12000 = 13.48 s

- Decoding threshold: -20 dB (perhaps -24 dB with AP decoding, TBD)
- Operational behavior: similar to HF usage of JT9, JT65
- Multi-decoder: finds and decodes all FT8 signals in passband
- Auto-sequencing after manual start of QSO

- *Comparison with slow modes JT9, JT65, QRA64: FT8 is a few dB less

sensitive but allows completion of QSOs four times faster. Bandwidth is

- greater than JT9, but about 1/4 of JT65A and less than 1/2 QRA64.

*Comparison with fast modes JT9E-H: FT8 is significantly more

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) WSJT-X] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT>] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

FT8 verwendet denselben [https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code_LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende

		jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.
-	sensitive, has much smaller bandwidth, uses the vertical waterfall, and	
-	offers multi-decoding over the full displayed passband.	
-	*Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal	+ FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.
-	subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known)	+ Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.
-	information as it accumulates during a QSO.	+ Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXPedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).
		+ Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Three extra bits are available in the message payload, with uses yet to

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5 s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

be defined. We have in mind special message formats that might be used

in contests, and the like. Your considered suggestions for use of these

bits are very welcome!

K1JT, K9AN, and G4WJS have conducted on-the-air tests of FT8 with

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

excellent results. We're now at a stage where tests under a wider range

of conditions are desirable. If you can build WSJT-X from source code

revision r7750 or later, and would like to help, please do so and report

your results to us! Pre-built installation packages will be made

available after further testing is completed.

Suggestions for FT8 setup and examples of use can be found in a screen

– shot posted here: <http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png>

–

–

–

–

– Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT \(Amateur radio software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) WSJT] v. 1.8.0 durch [[http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph Hooton Taylor, Jr. Joe Taylor](http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor)] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]).

–

– FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65], [JT9] und [JT4].

– Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung.

– Details zur Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[<http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf> The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [<http://www.arrl.org/qex> QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

–

–

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**).

Die "Dial Frequency" gibt dabei die

- Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

```
|+Dial Frequency
```

```
|-
```

- `|style="text-align:right;" |2190m`
- `|style="text-align:right;" |136,130 kHz`

```
{| class="wikitable"
```

```
|+Dial Frequency
```

```
|-
```

- + `| style="text-align:right;" |2190m`
- + `| style="text-align:right;" |136,130 kHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |630m`
- + `| style="text-align:right;" |474,200 kHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |160m`
- + `| style="text-align:right;" |1,840 MHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |80m`
- + `| style="text-align:right;" |3,573 MHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |60m`
- + `| style="text-align:right;" |5,357 MHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |40m`
- + `| style="text-align:right;" |7,074 MHz`
- + `|-`
- + `| style="text-align:right;" |30m`
- + `| style="text-align:right;" |10,136 MHz`

```
|-
```

- `|style="text-align:right;" |630m`
- `|style="text-align:right;" |474,200 kHz`

-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 160m	+	style="text-align:right;" 20m
-	style="text-align:right;" 1,840 MHz	+	style="text-align:right;" 14,074 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 80m	+	style="text-align:right;" 17m
-	style="text-align:right;" 3,573 MHz	+	style="text-align:right;" 18,100 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 60m	+	style="text-align:right;" 15m
-	style="text-align:right;" ? , ??? MHz	+	style="text-align:right;" 21,074 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 40m	+	style="text-align:right;" 12m
-	style="text-align:right;" 7,074 MHz	+	style="text-align:right;" 24,915 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 30m	+	style="text-align:right;" 10m
-	style="text-align:right;" 10,136 MHz	+	style="text-align:right;" 28,074 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 20m	+	style="text-align:right;" 6m
-	style="text-align:right;" 14,074 MHz	+	style="text-align:right;" 50,313 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 17m	+	style="text-align:right;"
-	style="text-align:right;" 18,100 MHz	+	style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz]
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 15m	+	style="text-align:right;" 4m
-	style="text-align:right;" 21,074 MHz	+	style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 12m	+	style="text-align:right;" 4m
-	style="text-align:right;" 24,915 MHz	+	style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz

-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 10m	+	style="text-align:right;" 2m
-	style="text-align:right;" 28,074 MHz	+	style="text-align:right;" 144,174 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 6m	+	style="text-align:right;" 1.25m
-	style="text-align:right;" 50,313 MHz	+	style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 4m	+	style="text-align:right;" 70cm
-	style="text-align:right;" 70,100 MHz	+	style="text-align:right;" 432,174 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 70cm	+	style="text-align:right;" 70cm
-	style="text-align:right;" ??? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" 432,500 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 23cm	+	style="text-align:right;" 23cm
-	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" 1296,174 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 13cm	+	style="text-align:right;" 13cm
-	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz
-		+	QO-100 Satellit, Uplink: 2400,040 MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 6cm	+	style="text-align:right;" 6cm
-	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 3cm	+	style="text-align:right;" 3cm
-	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz
-	-	+	-
-	style="text-align:right;" 1,25cm	+	style="text-align:right;" 1,25cm
-	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz	+	style="text-align:right;" ???? ,??? MHz

}	}
<p>Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein</p>	<p>Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/</p>
<p>In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen.</p>	<p>In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen.</p>
<p>Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).</p>	<p>Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).</p>
<p>Der JT65 Signalrapport für das S/N ist beschränkt auf den Bereich zwischen -30 und -1 dB.</p>	<p>Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!).</p>
<p>In aktuellen JT65 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.6.0) ist die S/N Skala nichtlinear verzerrt oberhalb von -10 dB.</p>	<p>In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.</p>
	<p>Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz.</p>
	<p>Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt.</p>

+ Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder

+ weniger als die Hälfte von QRA64.

+

+ Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array] (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

+

+ `{ | class="wikitable"`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |X`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `|-`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |X`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+ `| style="text-align:right;" |0`

+	-	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" X	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	-	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" X	
+	-	
+	style="text-align:right;" X	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	-	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	
+	style="text-align:right;" 0	

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |X

+ | style="text-align:right;" |0

+ |-

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |X

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |0

+ | style="text-align:right;" |0

+ |}

+

+ Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

+

+ Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \left[\frac{2048}{12000} \right] = 13.48s$.

+

+

+ Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

+

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN

+ **K9AN1**, und [[https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph Hooton Taylor Jr. Joseph H. Taylor](https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr._Joseph_H._Taylor)], [<https://www.qrz.com/db/K1JT>] in [[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor QEX 2016.pdf](http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf)] QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

+ **Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.**

+ **Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB ged rückt werden (Das ist noch unbekannt).**

+ **Weitere Informationen: [<http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT>] (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [<https://wsit.sourceforge.io/>] WSJT, [<http://ac4m.us/it65.html>] AC4M Digital Radio Site], [<https://wsit.sourceforge.io/wsitx.html>] WSIT-X] [<https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/>] FT8 Facebook Gruppe] und [<http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8>] Signal Identification Wiki].**

+ **FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[<https://ww-digi.com>] World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")]] 2019.**

– Bis WSJT-X Version 1.6.0 wird mit dem *Algebraic Soft-Decision* Algorithmus von [https://www.int.ei.tum.de/mitarbeiter/ehemalige-mitarbeiter/koetter/ Ralf Koetter] und [http://www.iacobsschool.ucsd.edu/faculty/faculty_bios/index.sfe? fmp_recid=76 Alexander Vardy] [http://dx.doi.org/10.1109/TIT.2003.819332 (2003)] dekodiert. Dieser Dekoder ist patentiert und nicht im Public Domain.

Siehe auch: [FT4], [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441], [FST4] und [WSPR].

– Beginnend mit WSJT-X Version 1.7.0 wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor QEX 2016. pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der bisherige und wurde nicht patentiert.

– JT65 wurde entwickelt und vorgestellt während 2003 für sehr schwache und langsam veränderliche Funkverbindungen, wie sie beispielsweise vorkommen im Zusammenhang mit Troposcatter und Erde-Mond-Erde Verbindungen. Die Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -25 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr nicht mehr wahrgenommen werden können.

Das [https://wsit.sourceforge.io/FT4_FT8_QEX.pdf FT4 und FT8 Übertragungsprotokoll] wurde in einem [http://www.arrl.org/qex QEX Artikel] dokumentiert.

- Weitere Informationen: [\http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) [WSJT \(Wikipedia\)\]](http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html), [\http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html [WSJT](http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx.html)], [\http://ac4m.us/jt65.html [AC4M Digital Radio Site](http://www.sigridwiki.com/wiki/JT65)], [\http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx.html [WSJT-X](http://www.sigridwiki.com/wiki/JT65)] und [\http://www.sigridwiki.com/wiki/JT65 [Signal Identification Wiki](http://www.sigridwiki.com/wiki/JT65)].

- Siehe auch: [\[\[JT65\]\]](#), [\[\[JT4\]\]](#), [\[\[JT9\]\]](#), [\[\[JT6M\]\]](#), [\[\[QRA64\]\]](#), [\[\[MSK144\]\]](#), [\[\[FSK441\]\]](#) und [\[\[WSPR\]\]](#).

+ https://www.q4ifb.com/FT8_Hinson_tips_for_HF_DXers.pdf

+ [\[\[Datei:FT8 Hinson tips for HF DXers.pdf|alternativtext=FT8 CC BY NG ZL2iFB|links|mini\]\]](#)

Aktuelle Version vom 23. März 2024, 12:25 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.6.1 (Stand: 23.03.2024), siehe [.WSJT-X 2.6.1 Handbuch](#). Ein "candidate release" 2.7.0-rc4 ist ebenfalls verfügbar.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X](#) v. 1.8.0 (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor](#), [K1JT](#) und [Steven J. Franke](#), [K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

2190m	136,130 kHz
630m	474,200 kHz
160m	1,840 MHz
80m	3,573 MHz
60m	5,357 MHz
40m	7,074 MHz
30m	10,136 MHz
20m	14,074 MHz
17m	18,100 MHz
15m	21,074 MHz
12m	24,915 MHz
10m	28,074 MHz
6m	50,313 MHz
	interkontinentale QSO: 50,323 MHz
4m	in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz
4m	in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz
2m	144,174 MHz
	in Österreich nicht freigegeben: 222,174

1.25m	MHz
70cm	432,174 MHz
70cm	432,500 MHz
23cm	1296,174 MHz
13cm	????,??? MHz QO-100 Satellit, Uplink: 2400,040 MHz
6cm	????,??? MHz
3cm	?????,??? MHz
1,25 cm	?????,??? MHz

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

0	0	X	0	0	0	0
0	X	0	0	0	0	0
0	0	0	0	X	0	0
0	0	0	0	0	0	X
X	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	X	0
0	0	0	X	0	0	0

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

Das [FT4 und FT8 Übertragungsprotokoll](#) wurde in einem [QEX Artikel](#) dokumentiert.

https://www.g4ifb.com/FT8_Hinson_tips_for_HF_DXers.pdf

