



NTF-1100

Wzorzec czasu i częstotliwości



Instrukcja Obsługi

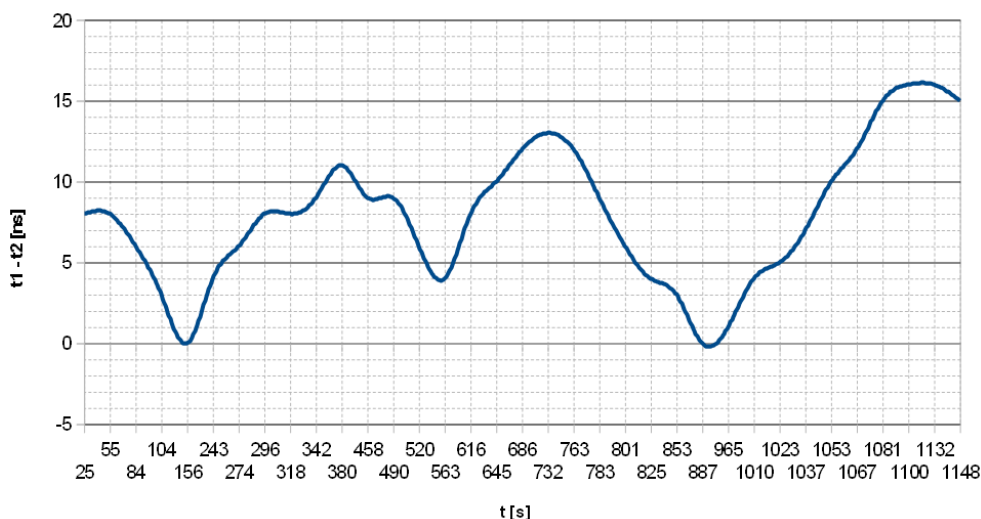
Spis treści

1	Charakterystyka ogólna.....	3
2	Dane techniczne.....	4
3	Sygnały czasowe.....	7
4	Zasada działania.....	8
5	Pierwszy start.....	10
6	Wizualizacja na LED i LCD.....	13
7	Ważniejsze aspekty działania wzorca.....	16
	7.1 Status wzorca.....	16
	7.2 Status uśredniania pozycji geograficznej anteny.....	16
	7.3 Zasięg GPS i synchronizacja wzorca.....	17
	7.4 DAC.....	18
	7.5 Algorytmy synchronizacji OCXO.....	18
	7.5.1 FLL.....	19
	7.5.2 PLL.....	19
	7.6 Profil wzorca.....	21
8	Antena GPS.....	22
	8.1 Napięcie zasilania.....	22
	8.2 Instalacja.....	22
9	Komunikacja.....	25
	9.1 RS232A.....	25
	9.2 RS232B.....	27
10	Rozwiązywanie problemów.....	28

1 Charakterystyka ogólna

Wzorzec NTF-1100 przeznaczony jest do synchronizacji czasu i częstotliwości w sieciach telekomunikacyjnych. Pracuje synchronicznie z systemem GPS (Global Positioning System - globalny system nawigacji satelitarnej) gwarantując odchyłkę wytwarzanej skali czasu (UTC/GPS) względem tego systemu nie większą od 40 ns (klasa A dokładności). Wzorzec ten posiada wygodne interfejsy RS232 dla sterowania i monitorowania swojej pracy, stan urządzenia jest również prezentowany na wyświetlaczu LCD.

- Przeznaczony dla sieci telekomunikacyjnych jako zegar jednostki SSU, rezerwowy tymczasowy wzorzec PRC lub podstawowy PRC mniejszych sieci (rys. 1).
- Dostarcza skalę czasu UTC lub GPS oraz synchronizowaną z nią częstotliwość 2.048 MHz.
- Praca synchroniczna z systemem GPS (Locked) z możliwością pracy bez tej synchronizacji (Holdover).
- Oferowane klasy A, B lub C dokładności wzorca.
- Predefiniowane profile bieżących zastosowań wzorca.
- Sterowanie OCXO przez DAC o wysokiej 20-bitowej rozdzielczości dającej duży stosunek czasu zasterzenia OCXO do kroku jego przestrajania.
- Prezentacja wielu parametrów pracy na LCD, LED i porcie RS232, włącznie z napięciami i prądami w celach serwisowych.
- Antena GPS pasywna lub aktywna 3.3/5/12 V.
- Wyjścia:
 - HI RATE – synchronizowana zadana skalą czasu wzorcowa częstotliwość 2.048 MHz wraz z sekundowym znacznikiem czasu.
 - 1PPS – wskaźnik sekundowego znacznika czasu.
 - STATUS synchronizacji z GPS (Locked).
- Interfejsy danych:
 - RS232A – kontrola i monitorowanie stanu wzorca.
 - RS232B – identyfikator sekundowego znacznika czasu.
- Elektroniczne zabezpieczenia nadprądowe wyjść.



Rysunek 1: Odchyłka skali czasu między dwoma wzorcami NTF-1100 (klasa C, profil *Wzorzec t/f optymalny*) rozmieszczonymi w dwóch podsięciach telekomunikacyjnych.

2 Dane techniczne

Ogólne parametry wzorca NTF-1100 przedstawia tabela 1, a jego dokładność opisuje tabela 2.

Tabela 1: Parametry ogólne.

Parametr	Wartość
Synchronizacja	Z systemem GPS
Skale czasu	UTC, GPS
Częstotliwość wzorcowa (wyjście HI RATE)	2.048 MHz, synchronizowana wybraną skalą czasu ($f_{OCXO} = 8.192$ MHz)
Jitter sygnałów HI RATE i 1PPS	≤ 20 ps
Czas narastania lub opadania zboczy sygnałów HI RATE i 1PPS	≤ 10 ns
Czas nagrzewania OCXO	3 minuty (klasa C) ÷ 15 minut (klasa A)
Czas uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS	Zależny od profilu wzorca: od 1 minuty do 24 godzin
Czas osiągnięcia Locked od chwili nagrzania OCXO	< 2 minuty (włącznie z pomiarem OCXO i pracą wstępnej FLL)
Czas osiągnięcia zadanej dokładności częstotliwościowej od chwili nagrzania OCXO (klasa A, profil <i>Wzorzec t/f szybki</i>)	3 minuty: 1×10^{-9} 10 minut: 5×10^{-10} 30 minut: 5×10^{-11} 1 godzina: 1×10^{-11} 7 godzin: 1×10^{-12}
Czas przebywania w Holdover	Zależny od "historii" poprzednich czasów Enabled/Holdover nieprzeznaczonych przez Disabled tak, aby dryf nie przekroczył kilku μ s: od kilkudziesięciu sekund do 170 godzin. Maksymalnie: < 2 godziny (klasa C), 10 godzin (B) i 1 tydzień (A).
Rozdzielczość przestrajania oscylatora OCXO	6×10^{-13} (klasa A)
Czas zestarzenia OCXO	10 ÷ 15 lat
Częstotliwościowy zakres chwytania PLL	Równy zakresowi przestrajania OCXO (wstępna FLL)
Wbudowany odbiornik GPS	50-cio kanałowy GPS L1 frequency, C/A Code Czułość: -162 dBm @ Tracking & Navigation
Temperatura otoczenia	0 ÷ +50 °C
Wymiary	Standardowa obudowa (szer × wys × głęb): 2U: 483 × 89 × 250 mm (klasa A) 1U: 483 × 44,5 × 250 mm (klasy B i C)

Tabela 2: Dokładność wzorca dla jego klas A, B i C.¹

Stan PLL	Dokładność	A (Stratum 1)	B	C
Locked	Częstotliwości ²	7×10^{-13}	8×10^{-12}	5×10^{-11}
	Skali czasu	≤ 40 ns ≤ 7 ns @ 98% ⁴	≤ 45 ns ≤ 9 ns @ 98% ⁴	≤ 50 ns ≤ 10 ns @ 98% ⁴
Holdover brak zasięgu GPS	Częstotliwości ³	$\leq 5 \times 10^{-11} / 24$ h	$\leq 2 \times 10^{-10} / 24$ h	$\leq 1 \times 10^{-9} / 24$ h
	Skali czasu ³	≤ 20 ns / 1 h	≤ 40 ns / 1 h	≤ 150 ns / 1 h

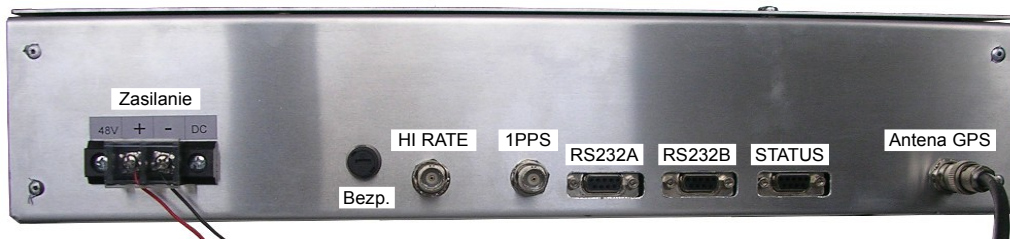
(1) Dokładność względem systemu GPS po ustaleniu się PLL Locked w profilu *Wzorzec t/f dokładny* (24 h).

(2) Czas pomiarowego uśredniania 15 minut.

(3) Dryf w podanym czasie.

(4) W podanym procencie czasu obserwacji.

Na rysunku 2 przedstawiono rozmieszczenie wejść i wyjść wzorca, natomiast w tabeli 3 zamieszczono ich parametry.



Rysunek 2: Wejścia i wyjścia wzorca.

Tabela 3: Parametry wejść i wyjść wzorca.

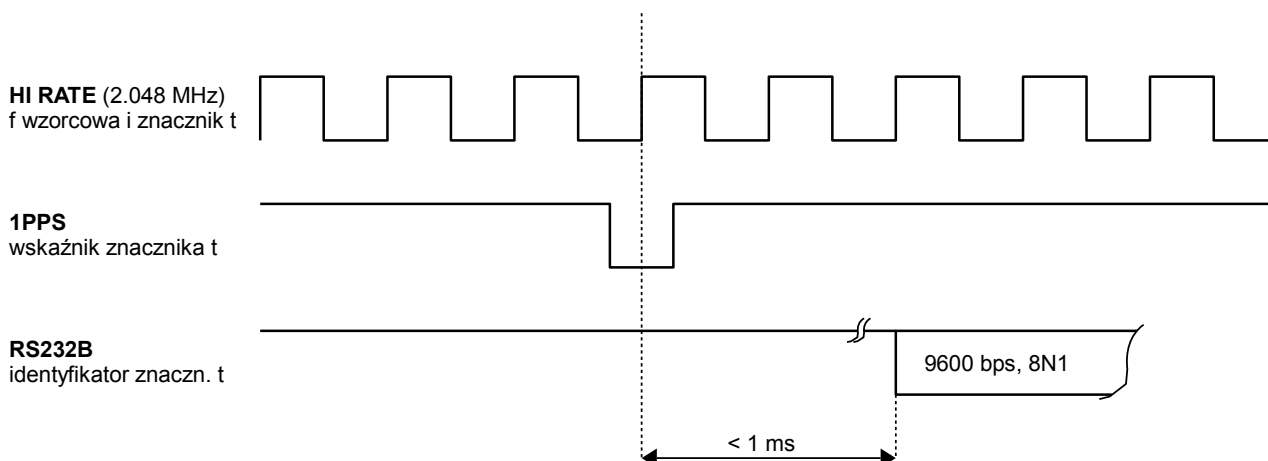
Wejście / wyjście	Opis	
HI RATE (rys. 3)	Funkcja	Częstotliwość wzorcowa synchronizowana zadaną skalą czasu oraz sekundowy znacznik czasu.
	Częstotliwość	2.048 MHz
	Sekundowy znacznik czasu	Jedno z 2048000 dodatnich zboczy pojawiające się co 1 sekundę. Patrz też 1PPS będący wskaźnikiem tego znacznika.
	Wsp. wypełnienia	50 % (sygnał prostokątny)
	Stan L	$0.2 \pm 0.2 V_{DC}$
	Stan H	$4.0 \pm 0.5 V_{DC}$
	Obciążalność	50 Ω , elektroniczny ogranicznik nadprądowy > 150 mA
	Złącze	BNC, oznaczenie J8
1PPS (rys. 3)	Funkcja	Wskaźnik sekundowego znacznika czasu. Wskazanie znacznika (patrz HI RATE) następuje logicznym stanem L sygnału 1PPS.
	Stan L (aktywny)	$0.2 \pm 0.2 V_{DC}$
	Stan H	$4.0 \pm 0.5 V_{DC}$
	Obciążalność	50 Ω , elektroniczny ogranicznik nadprądowy > 150 mA
	Złącze	BNC, oznaczenie J7
STATUS	Funkcja	Status synchronizacji z zadaną skalą czasu (z systemem GPS). Aktywny dla Locked tzn. gdy skala czasu wzorca jest obciążona błędem ≤ 125 ns.
	Nieaktywny	TTL $0.2 \pm 0.2 V_{DC}$
	Aktywny	TTL $4.5 \pm 0.5 V_{DC}$
	Obciążalność	TTL 50 Ω , elektroniczny ogranicznik nadprądowy > 150 mA
	Wyjście przekaźnika	SPDT, styki odseparowane od pozostałych obwodów wzorca, 0.5 A _{DC} / 100 V _{DC} , 0.25 A _{AC} / 60 V _{AC}
	Złącze	DE-9, oznaczenie J4. Przyporządkowanie pinów: 1 – styk przek. normalnie rozarty z kotwicą (zarty dla aktywnego STATUS Locked), 2 – kotwica przekaźnika, 3 – styk przek. normalnie zwarty z kotwicą, 5 – masa wyjścia TTL, 9 – wyjście TTL.
RS232A	Funkcja	Ustawianie i monitorowanie pracy wzorca (DCE) ze zdalnego komputera (DTE).
	Prędkość transmisji	9600 bps
	Format	8 bitów danych, bez bitu parzystości, 1 bit stopu
	Złącze	DE-9, oznaczenie J6

RS232B (rys. 3)	Funkcja	Identyfikator sekundowego znacznika czasu. Na wyjściu tym transmitowany jest opis w formacie ASCII czasu w zadanej skali np. UTC (godzina, minuta i sekunda) przyporządkowany sekundowemu znacznikowi czasu (patrz HI RATE i 1PPS).		
	Czas transmisji	Początek transmisji w czasie krótszym niż 1 ms od sygnału 1PPS.		
	Prędkość transmisji	9600 bps		
	Format	8 bitów danych, bez bitu parzystości, 1 bit stopu		
	Złącze	DE-9, oznaczenie J5		
Antena GPS	Funkcja	Wejście pasywnej lub aktywnej anteny GPS		
	U_{ANT}	0 (pasywna), 3.3, 5 lub 12 V - ustawiane zworką		
	I_{ANT}	≤ 100 mA, elektroniczne zabezpieczenie nadprądowe (zwłoczne)		
	Opóźnienie kabla	65 ns, co odpowiada długości przewodu ok. 10 m. Możliwa zmiana tego opóźnienia w ustawieniach wzorca.		
	Złącze	TNC, oznaczenie J1		
Zasilanie	Napięcie zasilania	48 V _{DC} (36 ÷ 75 V _{DC})		
	Pobór mocy		Klasa A	Klasa C
		Nagrzewanie OCXO	14 W	9.9 W
		Po nagraniu OCXO	7.8 W	6.4 W
Bezpiecznik	500 mA			

3 Sygnały czasowe

Sygnały czasowe wzorca NTF-1100 przedstawia rysunek 3. Ich przeznaczenie jest następujące:

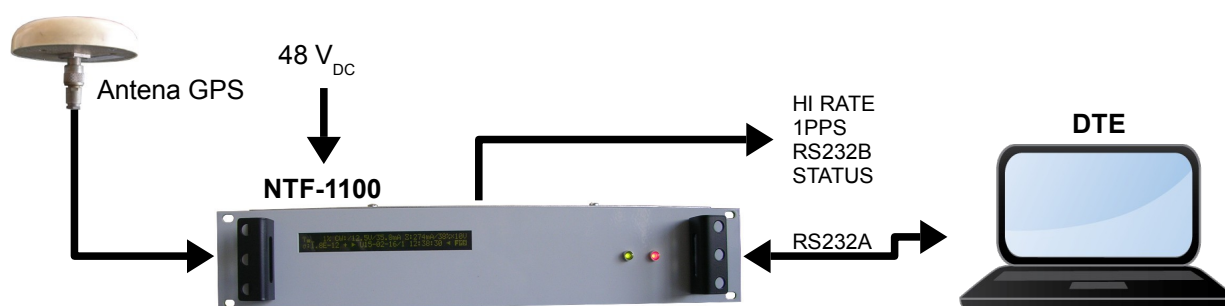
- **HI RATE** – częstotliwość wzorcowa 2.048 MHz synchronizowana zadaną skalą czasu np. UTC oraz sekundowy znacznik czasu. Sekundowy znacznik czasu reprezentowany jest jednym z 2048000 narastających zboczy przebiegu prostokątnego HI RATE pojawiającym się co 1 sekundę.
- **1PPS** – wskaźnik sekundowego znacznika czasu. Sygnał ten wskazuje sekundowy znacznik czasu swoim logicznym niskim stanem tzn. zadane narastające zbocze sygnału HI RATE jest sekundowym znacznikiem czasu, gdy jednocześnie 1PPS = L. Sygnał 1PPS nie jest przekazywany wprost z odbiornika GPS jako Rx.1PPS, ale generowany z oscylatora OCXO (stąd 1PPS jest też oznaczany OCXO.1PPS) i stanowi integralną część przebiegu HI RATE synchronizowanego programową pętlą PLL. W rezultacie:
 - Niezależnie od stanu PLL Locked/Holdover, OCXO.1PPS jest "przypięty" do jednego i tego samego zbocza HI RATE tzn. pomiędzy każdymi dwoma sąsiednimi impulsami OCXO.1PPS zachowana jest zawsze ta sama liczba zboczy HI RATE. Co więcej, po wejściu do Unlocked i Locked po przerwaniu Holdover właśnie dokładnie to samo zbocze jest płynnie przywracane w swoje właściwe miejsce zadanej skali czasu np. UTC.
 - OCXO.1PPS posiada mniejsze odchyłki czasu i jitter od Rx.1PPS z powodu uśredniającej natury PLL przy bardzo niskim szumie fazowym i wariancji Allana wysokojakościowego oscylatora OCXO.
 - W stanie Holdover (bez zasięgu GPS) dryf wysokostabilnego oscylatora OCXO jest dużo mniejszy od dryfu prostszego generatora kwarcowego odbiornika GPS.
- **RS232B** – tekstowy (ASCII) identyfikator sekundowego znacznika w zadanej skali czasu UTC (Coordinated Universal Time - uniwersalny czas koordynowany) lub GPS. Sygnał ten opisuje sekundowy znacznik czasu, po którym występuje tzn. przekazuje szczegółową informację o aktualnym czasie rzeczywistym: godzinę, minutę, sekundę itd.



Rysunek 3: Sygnały czasowe wzorca.

4 Zasada działania

Wzorzec czasu i częstotliwości NTF-1100 synchronizuje fazę swojego wewnętrznego stabilizowanego termicznie oscylatora kwarcowego OCXO (ang. oven-controlled crystal oscillator), a zarazem sygnałów wyjściowych HI RATE i 1PPS z sygnałem czasowym wewnętrznego odbiornika GPS (rys. 4). Już w pierwszych kilku sekundach wstępnej pracy programowej FLL zostaje osiągnięta dokładność częstotliwości 2.048 MHz sygnału HI RATE na poziomie dokładności odbiornika GPS rzędu 1×10^{-8} , co niweluje rozrzut produkcyjny OCXO. Następnie w pierwszych 15 sekundach pracy Unlocked programowej PLL (miganiu LED PLL zielonej, wyświetlaniu na LCD w statusie litery α , patrz też str. 18, rys. 26) jest osiągana dokładność częstotliwości rzędu 10^{-9} , a skali czasu ≤ 125 ns, co powoduje przejście do Locked sygnalizowanym jednostajnym świeceniem LED PLL, na LCD literą Γ i aktywnym wyjściem STATUS. W kolejnych kilku sekundach odchyłka skali czasu zmniejsza się do ≤ 40 ns, by po kilku minutach przez większość czasu obserwacji osiągnąć wartość kilkunastu ns. W pierwszej godzinie odchyłka częstotliwości spada do wartości rzędu 10^{-11} . Ostateczne dokładności częstotliwości i skali czasu oraz chwile ich osiągnięcia zależą od klasy dokładności i wybranego profilu wzorca (patrz str. 4, tab. 2 i str. 21, tab. 4). Na wyświetlaczu LCD w zależności od etapu pracy wzorca pokazywane są m.in. bezwzględna odchyłka częstotliwości lub czasu, szacowana względna odchyłka częstotliwości oraz aktualny czas zegarowy w zadanej skali.



Rysunek 4: Współpraca wzorca z otoczeniem.

Dla osiągnięcia dużej precyzji generowanej skali czasu potrzebna jest znajomość dokładnej pozycji geograficznej anteny GPS. Jest ona mierzona przez odbiornik GPS cyklicznie co sekundę przy widoczności co najmniej 4-rech satelitów GPS, jednak z niedostateczną na potrzeby wzorca dokładnością. W celu uzyskania wymaganej precyzji pomiaru położenia następuje uśrednianie wielu tak zmierzonych pozycji w czasie koniecznym dla zniwelowania tego przyczynku błędu i zapamiętanie wyniku uśredniania dla dalszej pracy wzorca w zadanym położeniu geograficznym. Dodatkowo jest możliwość wprowadzenia poprawki na długość przewodu antenowego.

Podczas pracy bez zasięgu GPS tzn. bez widoczności przynajmniej jednego satelity, wzorzec pracuje w trybie z podtrzymaniem Holdover. W takim przypadku dokładność wytwarzanej skali czasu zależy wprost od stabilności oscylatora OCXO i podczas godziny dryf wynosi do 150 ns (klasa C). Czas pracy w Holdover jest ograniczony i zależy od wcześniejszej kumulacji czasów Enabled, a w szczególności Locked. Reakcja wzorca (nadażanie fazy) po ponownym pojawieniu się zasięgu GPS i wejściu do Unlocked/Locked jest adekwatna do utraconej w Holdover stabilności tj. ani zbyt gwałtowna, ani za wolna.

Wzorzec NTF-1100 zbudowany jest z nowoczesnych precyzyjnych podzespołów (rys. 5) np. 20-bitowego przetwornika DAC (ponad milion poziomów U_{DAC}) zapewniającego bardzo duży stosunek czasu zestarzenia OCXO do kroku jego przestrajania. Sygnały czasowe wewnątrz wzorca prowadzone są różnicową magistralą LVDS odporną na zewnętrzne promieniowanie elektromagnetyczne, co minimalizuje zakłócenia fazy typu jitter mogące powstawać szczególnie w sąsiedztwie innych urządzeń telekomunikacyjnych emitujących silne pola w.cz. Do zmniejszenia jittera przyczynia się również przeznaczenie wzorca do ściśle określonego celu (taktowanie sieci telekomunikacyjnych), a więc generowanie przez niego tylko jednej częstotliwości 2.048 MHz, co umożliwiło poprowadzenie sygnału z wysokojakościowego oscylatora OCXO na wyjście HI RATE i 1PPS możliwie krótką ścieżką zawierającą jedynie względnie proste układy logiczne bez jakichkolwiek syntezerów.



Rysunek 5: Widok wnętrza wzorca.

Wzorzec posiada wewnętrzny monitoring stanu urządzenia tj. głównie napięć i prądów zasilania z wizualizacją na LCD (włącznie z kontekstowym ekranem błędów napięć). Wyjścia HI RATE, 1PPS, STATUS i zasilania anteny GPS posiadają elektroniczne zabezpieczenia nadprądowe.

NTF-1100 może współpracować z trzema różnymi seriami oscylatorów OCXO różnych producentów i w odmiennych obudowach dające różne klasy A, B i C dokładności wzorca. Urządzenie dokonuje detekcji takiego OCXO względem napięcia referencyjnego i współczynnika sterowania df/du , jedynie dokładność OCXO trzeba zadeklarować ręcznie. Dokonywane jest też rozpoznanie końca nagrzewania OCXO, który to czas oczywiście zależy od typu oscylatora. Na LCD pokazywane są m.in. napięcia i prąd OCXO oraz etap jego nagrzewania (Δf).

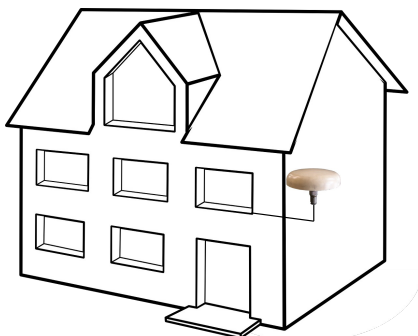
Predefiniowane profile wzorca pozwalają użytkownikowi w ramach ustalonej klasy dokładności wzorca dostosować go do typowych zastosowań lub chwilowych potrzeb np. warsztat, laboratorium lub sieć telekomunikacyjna, bez wnikania użytkownika w złożone parametry pracy urządzenia.

Wzorzec współpracuje z antenami GPS zarówno pasywnymi jak i aktywnymi na napięcia 3.3/5/12 V z wizualizacją na LCD napięcia i prądu zasilania anteny. LCD pokazuje również jakość odbioru sygnału GPS.

Oprócz wyżej wymienionych informacji LCD wyświetla też status wzorca oraz tekstowe komunikaty odzwierciedlające stan urządzenia włącznie z ostrzeżeniami i błędami. Wyświetlane wartości napięć i prądów podlegają dodatkowej informacji o ich poprawności włącznie z kierunkiem wyjścia z dopuszczalnego obszaru. Wszystkie te informacje są na żądanie dublowane na porcie RS232A.

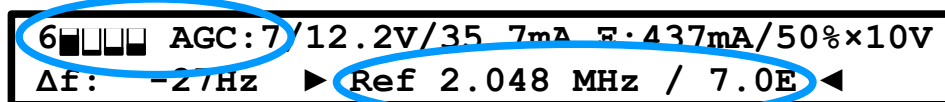
5 Pierwszy start

- 1) Jeśli dysponujesz aktywną anteną GPS sprawdź, czy znamionowe napięcie zasilania U_{ANT} tej anteny jest zgodne z zadeklarowanym U_{ANT} we wzorcu (patrz napis na obudowie wzorca przy gnieździe antenowym lub stan zworki po zdjęciu górnej pokrywy obudowy – str. 22, rozdz. 8.1). Jeśli nie ma tej zgodności, wybierz inną antenę lub zadeklaruj we wzorcu właściwe U_{ANT} .
- 2) Podłącz antenę GPS do wzorca (str. 5, rys. 2). Normalnie trzeba się zastosować do zaleceń dotyczących instalacji anteny GPS (str. 22, rozdz. 8.2). Jednak, gdy wykonujesz pobieżny test urządzenia, najczęściej wystarczy antenę wystawić za okno (rys. 6).



Rysunek 6: Pobieżny test wzorca można przeprowadzić z anteną umieszczoną za oknem.

- 3) Jeśli to konieczne, podłącz sygnały wyjściowe wzorca HI RATE, 1PPS, RS232B (str. 7, rozdz. 3) i STATUS do odpowiednich elementów zewnętrznego systemu lub przyrządów pomiarowych (str. 8, rys. 4).
- 4) Możesz też podłączyć do portu RS232A wzorca komputer PC, dzięki któremu będziesz mógł monitorować pracę wzorca i wydawać mu polecenia. Na komputerze (pracującym jako DTE) uruchom terminal, najlepiej z możliwością definiowania makr wysyłanych znaków. Parametry transmisji portu RS232A podane są w tabeli 3 na stronie 5.
- 5) Podłącz zasilanie $48 V_{DC}$ do wzorca, pobór prądu podano również w tabeli 3. Od tej chwili wzorec rozpoczyna pracę.
- 6) Zwróć uwagę na migające pola wyświetlacza LCD – są to ostrzeżenia lub informacje o błędach (str. 14, rys. 19). Wyjątek w pierwszych chwilach stanowi opis jakości odbioru sygnałów GPS (rys. 7), który zawsze miga do czasu uzyskania zasięgu GPS i widoczności przynajmniej 4-rech satelitów. Do chwili osiągnięcia przez wzorec statusu Fixed uśredniania pozycji anteny GPS wymagana jest widoczność przynajmniej 4-rech satelitów, a po osiągnięciu Fixed teoretycznie wystarczy tylko jeden satelita, choć praktycznie nie jest zalecane korzystanie ze wzorca przy tak słabych warunkach odbioru. Wszystkie pola LCD powinny być niemigające najpóźniej po 1 minucie pracy wzorca. Problemy wraz z rozwiązaniami opisane są na str. 28, rozdz. 10.



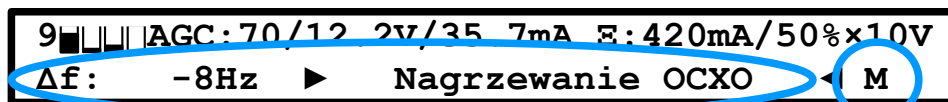
Rysunek 7: Pole jakości odbioru GPS: 6 widocznych satelitów, wskaźniki: AGC (poziom całkowitego sygnału z ew. zakłóceniami), Noise (szumy), CWJ (zakłócenia od nośnych) i TDOP, na końcu przewijany tekstowy opis jakości odbioru (patrz str. 14, rys. 19). Na początku pracy wzorca wyświetlana jest też jego przewijana prezentacja: częstotliwość wzorcowa, dokładność wzorca w stanie Locked, częstotliwość OCXO i wersja firmware.

- 7) Jeśli istnieje taka potrzeba, ustaw komputerem PC (terminalem) inną programową konfigurację użytkownika poleceniem `SETUP` (str. 26, tab. 8)¹. Pobranie bieżącej konfiguracji dokonasz

¹ Domyślnie wzorec pracuje w trybie nieterminalowym portu RS232A, w którym wszelkie polecenia trzeba wydawać przez makra terminala (nie ręcznie). Pełny opis trybów portu RS232A jest w rozdziale 9.1 na stronie 25.

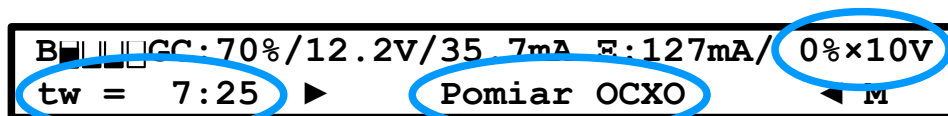
poleceniem `SETUP` bez argumentów. W szczególności może zająć potrzeba ustawienia opóźnienia kabla antenowego (str. 22, rozdz. 8.2). Dla testów warto też ustawić profil *Wzorzec t/f szybki* (str. 21, rozdz. 7.6), ale nie jest to bezwzględnie konieczne. Pamiętaj, że wydanie polecenia `SETUP` z argumentami powoduje też restart wzorca.

- 8) W pierwszych minutach następuje nagrzewanie OCXO. W zależności od klasy dokładności wzorca może to potrwać od trzech (klasa C) do kilkunastu minut (A). LCD w polu odchyłki OCXO² pokazuje aktualną podczas nagrzewania odchyłkę Δf_{OCXO} [Hz] tj. postęp nagrzewania oscylatora (rys. 8).

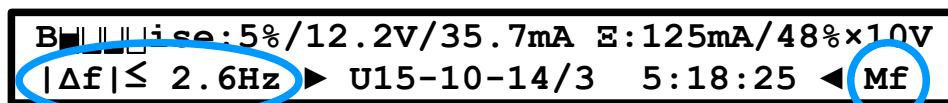


Rysunek 8: Nagrzewanie OCXO, które w zasadzie trwało już na rys. 7, gdzie odstrojenie OCXO wynosiło -27 Hz, a obecnie -8 Hz. Najczęściej już podczas nagrzewania wzorzec osiąga status Mean uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS (Mean lub Fixed jest konieczny dla FLL/PLL Enabled). Widać też, że liczba odbieranych satelitów wzrosła do 9.

- 9) Po nagraniu OCXO wyświetlany jest czas tego procesu [min:sek], a wzorzec przystępuje do pomiaru parametrów oscylatora (rys. 9), po chwili wyświetlając zmierzoną Δf_{OCXO_MAX} [Hz] (rys. 10).



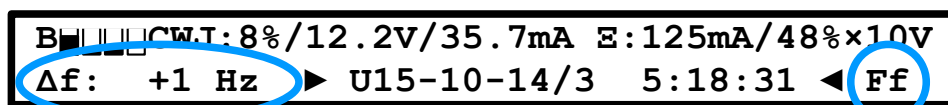
Rysunek 9: Czas nagrzewania OCXO (t_{warm}) wyniósł 7 minut i 25 sekund. Obecnie realizowany jest pomiar OCXO, który można prześledzić w prawym górnym rogu. Przy okazji widać też, że liczba widocznych satelitów wzrosła do 11 oraz po nagraniu prąd zasilania OCXO spadł do 127 mA (prąd ten bardzo zależy od typu oscylatora i etapu jego nagrzewania).



Rysunek 10: Wynik pomiaru OCXO (zakres przestrajania) wynosi ± 2.6 Hz. Wzorzec wszedł już do FLL, co zostało zasygnalizowane literą ϵ w statusie oraz wyświetlaniem bieżącej daty i czasu (UTC 2015-10-14 środa, godz. 5:18 i 25 sekund). Gdyby data/czas nie były jeszcze dostępne, wyświetlił się ogólny napis FLL/PLL Enabled.

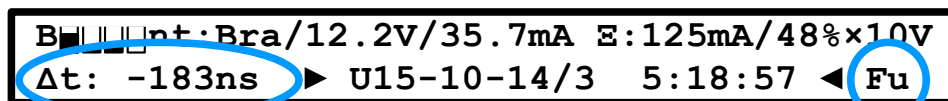
- 10) Zasadnicza stabilizacja OCXO odbywa się w następujących etapach (str. 18, rys. 26):

- a) Wstępna pętla FLL pracująca kilkanaście sekund (rys. 11).



Rysunek 11: Wstępny proces FLL sygnalizowany jest wyświetlaniem ϵ w statusie i Δf_{OCXO} [Hz] przy jednoczesnej widoczności czasu zegarowego lub FLL/PLL Enabled. W międzyczasie wzorzec osiągnął status Fixed uśredniania pozycji geograficznej anteny (F w statusie).

- b) PLL Unlocked (rys. 12), w którym wzorzec dąży do zmniejszenia odchyłki skali czasu do co najwyżej 125 ns, co jest wymagane dla Locked.



Rysunek 12: PLL Unlocked (litera μ w statusie). Wyświetlana jest górna granica odchyłki skali czasu. Jednocześnie miga LED PLL (zielona).

- c) Po zmniejszeniu odchyłki do co najwyżej 125 ns wzorzec aktywuje status P (załącza wyjścia HI

2 Pole odchyłki OCXO odnosi się do oscylatora. Jednak pokazywane w nim odchyłki skali czasu i szacowanej względnej częstotliwości są równie odchyłkom całego wzorca. W przypadku bezwzględnej odchyłki częstotliwości [Hz] wzorzec ma odchyłkę mniejszą niż OCXO.

RATE i 1PPS), a następnie status Locked oraz wyświetla szacowaną swoją dokładność częstotliwości (rys 13, patrz też str. 17, rozdz. 7.3). W miarę ustalania się parametrów pracy PLL (pole dokładności oznaczone literą Σ) osiągana jest coraz lepsza dokładność, aż do maksymalnej z ew. błędem ostatecznego dogrzewania OCXO (litera σ , rys. 14).

Rysunek 13: PLL Locked (L) oraz załączone wyjścia wzorca (P). Może być też przypadek trwania wzorca w Mean, wówczas jego status będzie $\overline{M.P.}$. Aktualnie szacowana jest odchyłka częstotliwości wzorca na poziomie 8.7×10^{-10} . Litera Σ (duża sigma) oznacza ustalanie się parametrów PLL. W stanie Locked również jednoczesnie świeci LED PLL (zielona).

Rysunek 14: Litera σ (mała sigma) oznacza już ustalenie się parametrów PLL Locked i pracę wzorca z maksymalną dokładnością ew. pogorszoną o błąd ostatecznego ustalania się temperatury OCXO. W przewijanym opisie jakości odbioru GPS można odczytać estymowaną dokładność na wyjściu odbiornika GPS względem systemu GPS (TAE = 3 ns) – dokładność skali czasu wzorca najczęściej jest o kilka ns gorsza.

- 11) Podczas zakłóceń pracy wzorca w wyniku zbyt słabych sygnałów GPS możliwa jest utrata statusu Locked tzn. przejście do Unlocked z wyświetlaniem Δt_{ocxo} [ns] (rys. 12) lub nawet przejście do FLL z wyświetlaniem Δf_{ocxo} [Hz] (rys. 11). W skrajnym przypadku utraty zasięgu GPS wzorzec wejdzie do Holdover:
- LCD wyświetli wówczas w statusie literę H oraz stosowny komunikat, a w polu dokładności OCXO ukaże się czas pozostały do zakończenia Holdover (rys. 15).

Rysunek 15: Holdover (migające H), do którego końca pozostały 2 godziny, 43 minuty i 17 sekund. Poła jakości odbioru GPS najczęściej wówczas migają, każdy jego element niezależnie wg. własnego kryterium błędu np. wskaźnik poziomu szumów, gdy szum jest za wysoki.

- Po poprawie warunków odbioru GPS wzorzec może powrócić do pracy w Locked (rys. 13) ew. poprzedzonym przez Unlocked (rys. 12). W zależności od kumulacji poprzednich czasów pracy/przerw Enabled algorytm PLL skaluje się do aktualnej wielkości utraty stabilności starając się płynnie wejść w stan Locked.
- Przekroczenie czasu pracy w Holdover spowoduje utratę statusu P wzorca (wyłączenie wyjść HI RATE i 1PPS) i przejście do Disabled (rys. 16).

Rysunek 16: FLL/PLL Disabled może też wystąpić przy braku zasięgu GPS (normalnie ma miejsce na starcie wzorca).

6 Wizualizacja na LED i LCD

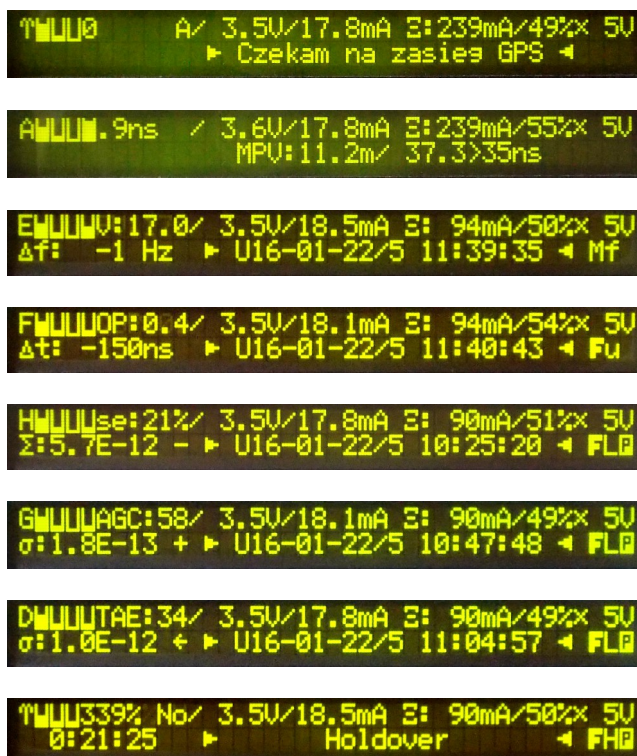


Rysunek 17: Wyświetlacz LCD i diody LED wzorca.

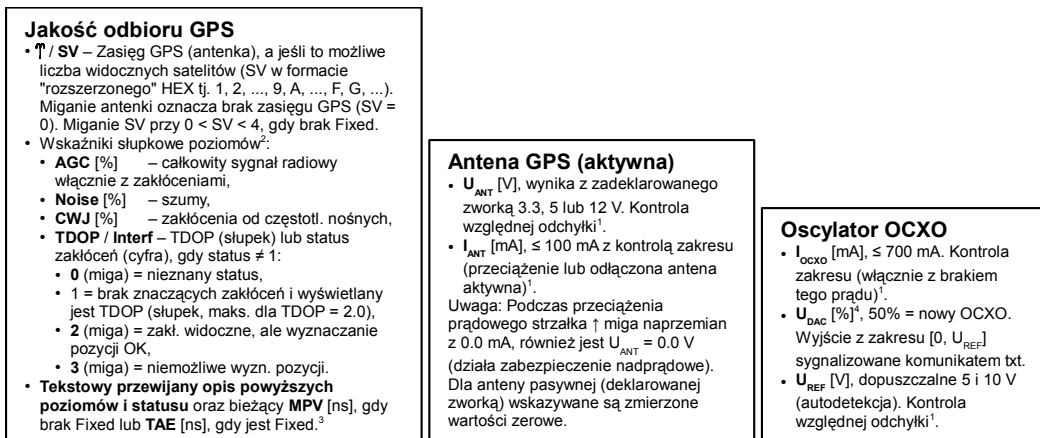
LED sygnalizują (rys. 17):

- **POWER** (czerwona) = załączenie zasilania wzorca.
- **PLL** (zielona) = stan pętli PLL (str. 18, rys. 26):
 - wygaszona = PLL nieaktywna, czyli jest jeden ze stanów FLL/PLL: Disabled, FLL lub Holdover.
 - miga = PLL Unlocked tzn. odchyłka skali czasu wzorca względem systemu GPS jest > 125 ns. Częstotliwość migania tej LED jest mniej więcej proporcjonalna do tej odchyłki czasu. Stan ten jest też sygnalizowany na LCD w statusie literą u.
 - świeci jednostajnie = PLL Locked tzn. odchyłka skali czasu wzorca względem systemu GPS jest ≤ 125 ns. Jest to też sygnalizowane na LCD w statusie literą L oraz aktywowane jest wyjście STATUS.

Na LCD wyświetlany jest ekran roboczy (rys. 18 i 19) oraz ewentualnie serwisowy napięć zasilania wewnątrz wzorca (rys. 20).

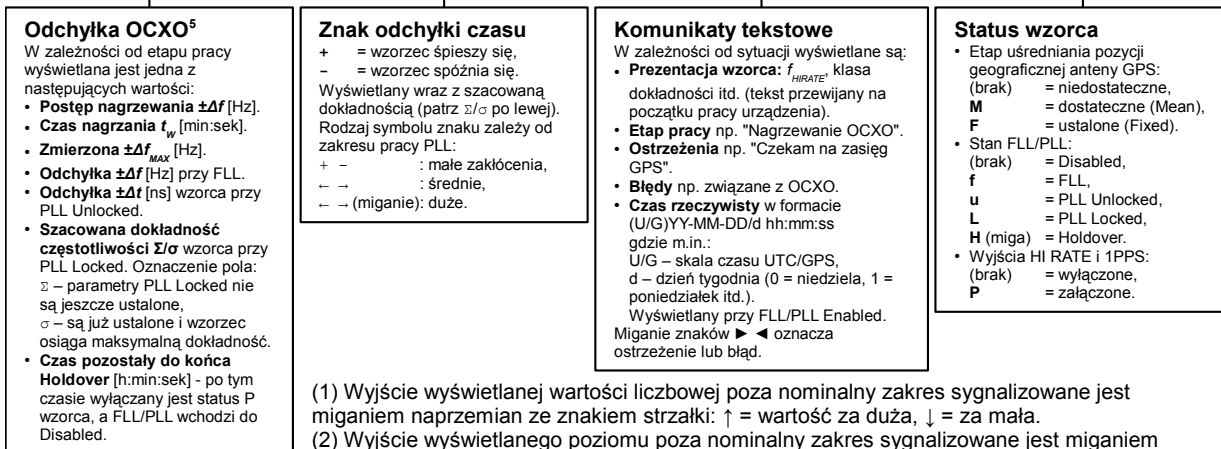


Rysunek 18: Przykłady wyświetleń LCD. Uwaga: Przedstawione ekrany nie stanowią jednego kontekstu zdarzeniowego, ponadto może brakować na nich elementów migających (chwilowo wygaszonych).



```

9 ■■■■ AGC: 67/12.2V/35.8mA  E: 204mA/47% × 10V
σ: 8.7E-13  + ▶ U15-11-06/5  17:27:55  ◀ FLP
    
```



- (1) Wyjście wyświetlanej wartości liczbowej poza nominalny zakres sygnalizowane jest miganie naprzemian ze znakiem strzałki: \uparrow = wartość za duża, \downarrow = za mała.
- (2) Wyjście wyświetlanego poziomu poza nominalny zakres sygnalizowane jest miganie elementu symbolu "szklanki wody": miga "woda" = poziom za duży, miga cały symbol = za mały.
- (3) Przykłady przewijanego opisu jakości odbioru GPS:
AGC:55% Noise:17% CWJ:9% Int:Widoczne, ale wyznaczanie pozycji OK TDOP:1.25 TAE:35ns
AGC:62% Noise:8% CWJ:5% Int:Brak TDOP:0.37 TAE:4ns
- (4) Również U_{DAC} jest tu podane ze zwrotnego pomiaru ADC odniesionego do też tak zmierzonego U_{REF} .
- (5) Odchyłki wyświetlane w tym polu dotyczą OCXO, ale w przypadku odchyłki czasu oraz szacowanej dokładności częstotliwości wartości odnoszą się też do całego wzorca.

Miganie jakiegokolwiek elementu LCD oznacza ostrzeżenie lub błąd. W takim przypadku użytkownik powinien odnieść się do zaistniałej sytuacji. Wyjątek stanowią wskazania jakości odbioru GPS w pierwszych chwilach od włączenia zasilania wzorca, które wówczas zawsze migają.

Rysunek 19: Ekran roboczy LCD.

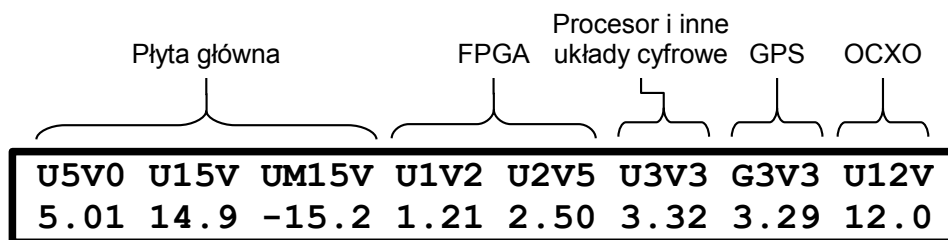
W polu jakości odbioru GPS wyświetlane są m.in.:

- **AGC** (ang. Automatic Gain Control) – automatyczna regulacja wzmocnienia odbiornika GPS. Jej poziom jest tym wyższy, im większy jest całkowity sygnał na odbieranej częstotliwości włącznie z zakłóceniami.
- **Noise** – szумы.
- **CWJ** (ang. Continuous Wave Jamming) – zakłócenia i interferencje od fal ciągłych (nośnych).
- **TDOP** (ang. Time Dilution Of Precision) – wpływ geometrii konstelacji satelitów na dokładność czasową odbiornika GPS. Wyświetlana na LCD wartość TDOP jest mniejsza przy Fixed i wynosi:
 - $0 < TDOP \leq 1$ – bardzo dobra geometria, zalecana przy Fixed,
 - $1 < TDOP \leq 2$ – dobra przy braku Fixed, ale nie zalecana przy Fixed.

Słupkowe wskaźniki LCD w kształcie „szklanki wody” pokazują jeden z 8-miu przedziałów wartości, wliczając „dno szklanki” jako pierwszy przedział [0, 12.5%). Przykładowo, wskazywany 5-ty przedział AGC oznacza rzeczywisty poziom AGC w przedziale $[4/8 * 100\%, 5/8 * 100\%) = [50\%, 62.5\%)$.

Z punktu widzenia użytkownika ekran LCD napięć zasilania może być przydatny dla poinformowania serwisu o ewentualnych problemach. Zasady pracy ekranu LCD napięć zasilania są następujące:

- 1) Ekran ten pojawia się po wystąpieniu jednego z dwóch poniższych zdarzeń:
 - a) Nieprawidłowe jakiegokolwiek wyświetlane napięcie zasilania.
 - b) Wejście do trybu serwisowego nawet przez chwilowe zwarcie zworki Var 5. Nie dotyczy to trybu serwisowego występującego automatycznie w pierwszych chwilach od włączenia zasilania wzorca oraz wyzwolonego poleceniem SRV.
- 2) Ekran przestaje być wyświetlany po 30 sekundach poprawności wszystkich wyświetlanych napięć zasilania.
- 3) W pierwszej linii ekranu wyświetlany jest identyfikator napięcia, w drugiej jego wartość.
- 4) Kontrola wartości napięć dotyczy obu granic i opiera się na indywidualnych dopuszczalnych względnych odchyłkach.
- 5) Stan błędu napięcia zasilania sygnalizowany jest niezależnie dla każdego napięcia miganiem wskazywanej wartości napięcia na przemian ze znakiem strzałki:
 ↑ = za duża wartość napięcia, ↓ = za mała.
 Dla UM15V strzałka ↑ oznacza za blisko zera woltów (za mała bezwzględna wartość).
- 6) Ukazanie się ekranu napięć zasilania nie powoduje automatycznie przerwania pracy wzorca.



Rysunek 20: Ekran LCD napięć zasilania.

Wszystkie informacje prezentowane na LCD mogą być na żądanie dublowane na porcie RS232A.

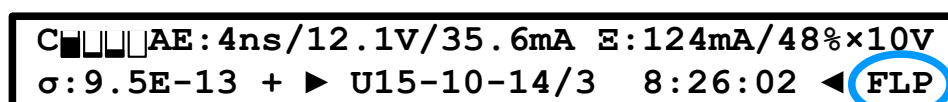
7 Ważniejsze aspekty działania wzorca

W rozdziale tym przedstawiono bardziej szczegółowo ważniejsze aspekty działania wzorca NTF-1100.

7.1 Status wzorca

Na status wzorca składają się (rys. 21):

- **M/F** = status uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS: dostateczne uśrednienie (Mean) lub kompletne i zakończone uśrednienie (Fixed). Dokładny opis w rozdziale 7.2.
- **f/u/L/H** = stan FLL/PLL: **FLL**, **PLL Unlocked**, **PLL Locked** i **Holdover**. Stan samej PLL wskazywany jest też na LED PLL (zielona), a PLL Locked też na wyjściu STATUS. Stany FLL/PLL dokładnie opisano w rozdziale 7.5.
- **P** = załączone wyjścia HI RATE i 1PPS wzorca. Aktywowany w chwilę przed załączeniem Locked, dezaktywowany po zakończeniu Holdover (przejściu z Holdover do Disabled). Sens statusu P wynika z bezcelowości dostarczania przez wzorzec niedokładnych częstotliwości i czasu. Przykładowo, podczas nagrzewania OCXO odchyłka f_{ocxo} może wynosić nawet kilkadziesiąt Hz. Również określony czas trwania Holdover (oraz aktywności statusu P) służy nieprzekraczaniu odchyłki czasu rzędu kilku μs – po zakończeniu Holdover odbiorca dostaje wyraźny znak konieczności przejścia na inny zegar.



Rysunek 21: Status wzorca: M/F = Mean/Fixed, f/u/L/H = FLL/Unlocked/Locked/Holdover, P = załączone wyjścia HI RATE i 1PPS.

7.2 Status uśredniania pozycji geograficznej anteny

Wzorzec NTF-1100 opiera swe działanie na statusie uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS. Status ten wyświetlany jest na LCD w statusie wzorca jako pierwszy znak (rys. 21) oraz wysyłany jest na RS232A. Poniżej wyliczono wartości tego statusu, których kolejność jest jednocześnie kolejnością możliwego ich następowania:

- 1) (brak, wygaszenie oznaczenia na LCD) – początek uśredniania lub jego brak, występuje w pierwszych chwilach od załączenia zasilania wzorca.
- 2) **Mean** (M) – wynik uśredniania jest dostateczny dla FLL/PLL Enabled. Chwila osiągnięcia Mean zależy od profilu wzorca (str. 21, rozdz. 7.6), ale w praktyce jest osiągany w kilkadziesiąt sekund od uzyskania zasięgu GPS. Większe opóźnienia w pojawieniu się Mean świadczą o złej jakości odbioru GPS.
- 3) **Fixed** (F) – zakończono uśrednianie i odbiornik GPS dostarcza sygnał Rx.1PPS dla FLL/PLL już z maksymalną czasową dokładnością opartą na dokładnej wiedzy o położeniu anteny bez drgań fazy wynikłych z drgań pozycji procesu uśredniania. Chwila osiągnięcia Fixed silnie zależy od profilu wzorca i może się wahać od minuty do 24 godzin.

Do czasu uzyskania Fixed wzorzec musi odbierać sygnały z przynajmniej 4-ech satelitów GPS.

O postępie uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS mówi parametr MPV [m] (Mean Position Variance, wariancja uśrednianej pozycji), którego czasowa równoważność [ns] (wynikająca z prędkości fal radiowych) wyświetlana jest przed osiągnięciem Fixed na LCD w przewijanym tekście jakości odbioru GPS (tam gdzie TAE na rys. 22) oraz niezależnie od Fixed dostępna jest poleceniem RQAP (str. 26, tab. 8).

Byłoby idealnie, aby MPV = 0 ns, jednak wraz z uśrednianiem pozycji anteny MPV maleje do wartości granicznej w większości przypadków wyznaczonej przez profil wzorca, przy której aktywowany jest Fixed i zatrzymywany proces uśredniania (zmniejszania MPV).

Między innymi od stopnia uśrednienia pozycji anteny GPS zależy parametr TAE [ns] (Time Accuracy Estimate, estymacja precyzji czasowej odbiornika GPS), w stosunku do którego wzorzec ma dokładność gorszą najczęściej o kilka ns. TAE wyświetlany jest podczas Fixed na LCD w przewijanym opisie jakości odbioru GPS (rys. 22) oraz niezależnie od Fixed dostępny jest poleceniem RQCL (str. 26, tab. 8).

C [||||] AE: 4ns / 12.1V / 35.6mA E: 124mA / 48% x 10V
 sigma: 1.2E-12 + ▶ U15-10-14/3 8:26:14 ◀ FLP

Rysunek 22: TAE wyświetlane podczas Fixed w przewijanym opisie jakości odbioru GPS. Do czasu osiągnięcia Fixed w tym miejscu wyświetlany jest MPV.

Wpływ zakłóceń odbioru GPS na MPV i TAE opisany jest w rozdziale 8.2 na stronie 22.

7.3 Zasięg GPS i synchronizacja wzorca

Zasięg GPS to odbieranie przez wzorzec przynajmniej jednego satelity GPS. Wówczas odbiornik GPS wzorca synchronizuje swój sygnał Rx.1PPS z systemem GPS. Na błąd sygnału Rx.1PPS składają się błędy systemu GPS włącznie z błędami propagacji fal radiowych, błąd deklaracji opóźnienia przewodu antenowego oraz błędy odbiornika GPS. Zasięg GPS sygnalizowany jest na LCD brakiem migającego symbolu antenki (rys. 23).

Przed uzyskaniem statusu Fixed uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS (rozdz. 7.2) wzorzec musi jednak odbierać sygnały z przynajmniej 4-rech satelitów GPS. Liczba satelitów wyświetlana jest na LCD w tym samym miejscu, gdzie zasięg GPS (rys. 23).

8 [||||] AE: 4ns / 12.1V / 35.6mA E: 124mA / 48% x 10V
 sigma: 6.1E-13 - ▶ U15-10-14/3 8:26:34 ◀ FLP

Rysunek 23: Pole zasięgu GPS wskazujące 8 widocznych satelitów. Jakikolwiek miganie tego pola oznacza: brak zasięgu GPS (miganie antenki) lub widoczne mniej niż 4 satelity przy braku Fixed (miga opis liczby satelitów).

Zasięg GPS sygnalizowany jest też na porcie RS232A. Liczbę satelitów można tam odczytać poleceniem RQSV (str. 26, tab. 8).

Synchronizacja wzorca (PLL Locked), to stan zasięgu GPS (warunek konieczny) oraz synchronizacji sygnału OCXO.1PPS, a zarazem sygnałów wyjściowych HI RATE i 1PPS, z sygnałem Rx.1PPS z dokładnością co najmniej 125 ns. Stan Locked jest osiągany dość szybko po wejściu PLL do stanu Unlocked (rozdz. 7.5.2). Odchyłka tego składnika synchronizacji to błąd PLL oraz dryf OCXO i w krótkim czasie wyświetlania na LCD w lewym dolnym rogu znaku Σ przy Fixed osiąga ona wartości do pominięcia (kilka ns i mniej). Praktycznie więc po uwzględnieniu uśredniającej natury PLL oraz korytarza detekcji Locked sygnalizowana dokładność 125 ns (podlegająca dalszej poprawie) dotyczy skali czasu wzorca względem skali czasu zegara systemu GPS. Stany PLL Unlocked/Locked wskazywane są na LCD w prawym dolnym rogu w polu statusu wzorca literami u/L (rys. 21) oraz migającym/jednostajnym świeceniem LED PLL (zielona).

Podczas Locked na LCD wyświetlany jest znak odchyłki skali czasu oraz szacowana dokładność częstotliwości wzorca (rys. 24). Znak odchyłki czasu to dokładnie znak różnicy OCXO.1PPS – Rx.1PPS, natomiast szacowanie dokładności częstotliwościowej opiera się na odchyłce U_{DAC} liczonej od ostatniej zmiany znaku odchyłki czasu. Ta szacowana dokładność wraz z wyświetlanym w prawym górnym rogu LCD procentowym poziomem U_{DAC} stanowi czytelniejszą alternatywę do przedstawiania całego 20-bitowego słowa wejściowego DAC.

A [||||] OP: 0.3 / 12.1V / 35.6mA E: 124mA / 48% x 10V
 sigma: 1.8E-12 + ▶ U15-10-14/3 8:27:16 ◀ FLP

Rysunek 24: Aktualnie wzorzec śpieszy się (znak +), a szacowana jego dokładność częstotliwościowa wynosi 1.8×10^{-12} .

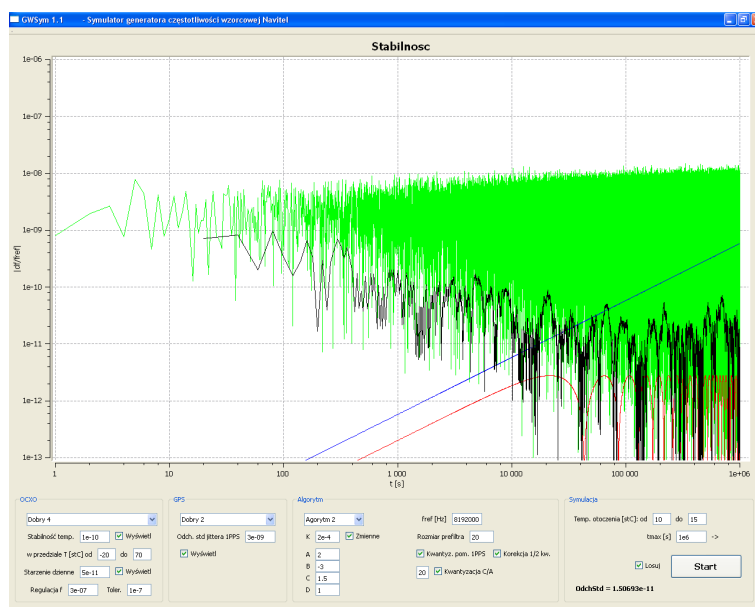
7.4 DAC

Wzorzec NTF-1100 steruje kwarcowym oscylatorem OCXO za pośrednictwem przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC) o bardzo wysokiej rozdzielczości 20 bitów, dającego ponad milion (dokładnie $2^{20} = 1048576$) poziomów analogowego napięcia wyjściowego U_{DAC} przestrajającego OCXO. Ta wysoka rozdzielczość umożliwia osiągnięcie dużego stosunku czasu zesterzenia OCXO do kroku jego przestrajania. Oznacza to, że przy zadanym czasie zesterzenia OCXO osiągana jest duża precyzja strojenia oscylatora i odwrotnie – dla zadanej precyzji strojenia można wybierać (konstruować) OCXO z większym współczynnikiem przestrajania [Hz/V] zwiększającym czas zesterzenia oscylatora.

Względną rozdzielczość przestrajania OCXO dla danej klasy dokładności wzorca można obliczyć dzieląc wyświetlony na LCD zmierzony zakres przestrajania OCXO [Hz] przez iloczyn 8192000×2^{19} . Przykładowo dla klasy A jest to zakres przestrajania 2.6 Hz (str. 11, rys. 10) dający rozdzielczość przestrajania 6×10^{-13} , natomiast w klasie C jest to 17 Hz i 4×10^{-12} .

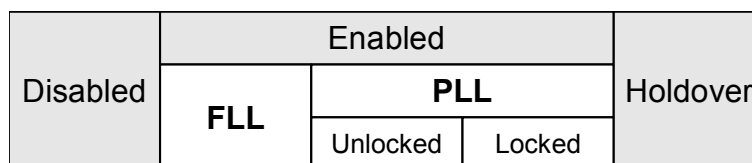
7.5 Algorytmy synchronizacji OCXO

Synchronizacja OCXO z systemem GPS we wzorcu opiera się na programowej pętli PLL poprzedzonej wstępną pracą programowej pętli FLL. Projekt ich algorytmów korzysta m.in. z wyników symulatora GWSym wykonanego specjalnie na potrzeby wzorca NTF-1100 (rys. 25).



Rysunek 25: Symulacja wybranych aspektów synchronizacji OCXO wzorca NTF-1100 w programie GWSym (przedstawiony wykres jest jedynie przykładem).

Na rysunku 26 przedstawiono stany FLL/PLL: **Disabled**, **Enabled** i **Holdover**. Stan Enabled dzieli się na FLL, PLL Unlocked i PLL Locked (w skrócie Unlocked i Locked). Stany te są wyświetlane na LCD w statusie wzorca (str. 16, rozdz. 7.1), a stan samej PLL wskazuje LED PLL (zielona).



Rysunek 26: Stany FLL/PLL.

Poniżej dokładniej omówiono stany FLL/PLL:

- 1) **Disabled** – całkowity brak wpływania FLL/PLL na częstotliwość OCXO. Ma on miejsce na początku pracy wzorca oraz po zakończeniu (przetknięciu) Holdover przy braku zasięgu GPS. Wyjście z Disabled (do Enabled) powoduje też sprzętowe wyzerowanie fazy wzorca.

- 2) **FLL** (\mathbb{f}) – OCXO objęte wstępną lub korygującą pętlą FLL (rozdz. 7.5.1).
- 3) **PLL Unlocked** (\mathbb{u}) – OCXO objęte pętlą PLL, ale jeszcze z błędem skali czasu wzorca > 125 ns. Stan ten trwa najczęściej do kilkunastu sekund od przejścia z FLL.
- 4) **PLL Locked** (\mathbb{L}) – OCXO objęte pętlą PLL z błędem skali czasu wzorca ≤ 125 ns (rozdz. 7.5.2). Detekcja stanu Locked posiada inercję, stąd zawsze stan ten poprzedzany jest przynajmniej kilkusekundowym Unlocked, co dla uproszczenia czasami jest pomijane w tym dokumencie.
- 5) **Holdover** (\mathbb{H}) – brak synchronizowania OCXO, ale jest utrzymywane jego napięcie regulacji U_{DAC} z ostatniej iteracji Enabled (najczęściej Locked) oraz są płynnie skalowane parametry FLL/PLL z kierunku Disabled (wartości początkowych), co jest procesem odwrotnym do Enabled (rozdz. 7.5.1 i 7.5.2). Z punktu widzenia algorytmu Holdover jest niejako pośrednim stanem płynnego przejścia z Enabled do Disabled, a czas jego trwania zależy od poprzednich kumulacji czasów Enabled/Holdover. W niniejszym opisie jest stosowane określenie przerwania Holdover (przejście do Unlocked) oraz zakończenia Holdover (jego przeterminowanie z przejściem do Disabled). Jedynym sposobem na zamierzoną pracę w Holdover jest odłączenie aktywnej anteny GPS w stanie Locked (detekcja braku prądu zasilania anteny).

Wzorzec posiada następujące typowe przejścia stanów FLL/PLL (rys. 26):

- **Disabled** (trwały stan): np. przy problemach z anteną GPS.
- **Disabled** → **FLL** → **Unlocked** → **Locked**: wszystko ok, najczęstszy i najbardziej pożądany przypadek.
- **Disabled** → **FLL** → **Unlocked** → **Locked** → **Holdover** → **Unlocked** → **Locked**: chwilowe zakłócenia odbioru GPS.
- **Disabled** → **FLL** → **Unlocked** → **Locked** → **Holdover** → **Disabled** → ...: duże zakłócenia odbioru GPS lub zamierzony Holdover (w pełnym wymiarze czasowym) np. przewiezienie ustabilizowanego wzorca do obszaru bez zasięgu GPS w celu skalibrowania znajdującego się tam stacjonarnego urządzenia.

7.5.1 FLL

Przed synchronizacją fazy w pętli PLL lub po bardzo dużych zakłóceniach odbioru GPS, dokonywana jest odpowiednio wstępna lub korygująca kilkunastosekundowa stabilizacja w programowej pętli synchronizacji częstotliwości FLL (ang. Frequency Locked Loop). Zrównuje ona zakres chwymania późniejszej PLL z zakresem przestrajania OCXO oraz poprawia start PLL niezależnie od typu OCXO. FLL pracuje ze zmiennym, ustalającym się w czasie krokiem iteracji.

Praca FLL sygnalizowana jest na LCD w statusie wzorca literą \mathbb{f} oraz w polu odchyłki OCXO wskazywaniem bezwzględnej Δf [Hz], najczęściej z jednoczesnym wyświetlaniem czasu rzeczywistego wg. wybranej skali czasu (str. 11, rys. 11).

7.5.2 PLL

Programowa pętla synchronizacji fazy PLL (ang. Phase Locked Loop) pracuje ze zmodyfikowanym regulatorem PID oraz dodatkowym programowym filtrem zakłóceń fazy. Modyfikacja regulatora polega głównie na zmiennych parametrach jego pracy oraz składowej D w postaci dwóch składników zorientowanych na tłumienie przerzutów fazy (ang. overshoot) bez nagłych samoistnych przyspieszeń, również przy jednobitowym sygnale błędu.

Praca PLL sygnalizowana jest na LCD w statusie wzorca literą \mathbb{u} (Unlocked) lub \mathbb{L} (Locked), wskazywaniem odchyłki czasu (str. 11, rys. 12) lub szacowanego względnego błędu częstotliwości wzorca (str. 12, rys. 13 i 14) w polu odchyłki OCXO, najczęściej z jednoczesnym wyświetlaniem czasu rzeczywistego wg. wybranej skali czasu. Ponadto stan PLL sygnalizowany jest na LED PLL (zielona), która może migać (Unlocked) lub świecić jednostajnie (Locked).

Po przerwaniu bardzo długiego Holdover, podczas szybkiego dostrajania fazy OCXO.1PPS do 100 ns/s (korekcyjna odchyłka częstotliwości 10^{-7}) przez Unlocked, w chwili zrównania z fazą Rx.1PPS przerzut

niewiele odbiega od konsekwencji 1 sekundowego okresu pomiaru różnicy tych faz. Sam algorytm PLL wnosi wówczas tylko jeden przerzut lub odbicie fazy o wielkości do 10 ns, więc praktycznie nie ma oscylacji fazy i wzorzec jest natychmiast gotowy do aktywacji statusu Locked.

Podobnie jak w FLL, również w PLL płynnie ustalają się parametry, co w Locked sygnalizowane jest wielkością litery (sigma) oznaczającej szacowaną względną częstotliwościową dokładność wzorca w lewym dolnym rogu LCD (str. 12, rys. 13 i 14):

- Σ = parametry PLL nie są jeszcze ustalone. Nadażają one (oddalają od wartości początkowych) za ostatecznym ustalaniem się temperatury OCXO oraz postępowaniem uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS. Z punktu widzenia tych parametrów etap ten jest niejako przeciwieństwem Holdover. Jego czas trwania jest funkcją stopnia nagrzania OCXO, czasu pracy PLL i aktywacji Fixed, zależy też od klasy dokładności i profilu wzorca i wynosi od kilku minut do ponad 24 godzin.
- σ = parametry PLL są już ustalone (ich stan jest skrajnie odmienny do początkowego osiąganego w Disabled lub w chwilę przed zakończeniem Holdover), a wzorzec osiąga maksymalną dokładność skali czasu i częstotliwości z ewentualnym błędem (nie dotyczy profilu *Wzorzec t/f dokładny*) na ostateczne nagrzewanie się OCXO.

Płynne zmiany parametrów PLL tj. ustalanie w Unlocked/Locked i resetowanie w Holdover, przyczyniają się po przerwaniu Holdover do reakcji PLL adekwatnej do utraconej w Holdover synchronizacji fazy. Uwidacznia się to szybką korektą dużej odchyłki i wolną korektą małej odchyłki fazy. W rezultacie wzorzec startuje szybko, a sekwencje przełączeń z Holdover do Enabled dają optymalniejsze odchyłki w sumie czasu i częstotliwości razem wziętych, bez niepotrzebnych szarpnięć fazy (odchyłek częstotliwości), czy spowolnień jej dostrajania.

PLL pracuje w jednym z 3-ech zakresów zakłóceń fazy sygnału Rx.1PPS, podczas Locked sygnalizowanym na LCD w polu znaku odchyłki czasu postacią tego znaku (str. 14, rys. 19):

- 1) Znak + lub - oznacza nominalny zakres dla najmniejszych zakłóceń (o rozkładzie Gaussa) i ustalonej temperatury OCXO (znikomy dryf), patrz rys 27. Pracuje tu dodatkowy programowy filtr wygładzający maksymalne odchyłki częstotliwości (prędkości zmian fazy) wzorca.

Rysunek 27: PLL Locked w zakresie małych zakłóceń fazy sygnalizowanym wyświetlaniem znaku + (wzorzec śpieszy się).

- 2) Znak - lub -> oznacza zakres średnich zakłóceń fazy wynikłych z chwilowo słabszego odbioru GPS i większych dryfów OCXO (rys. 28). Najczęściej takie zakłócenia nie mają charakteru symetrycznego (rozkładu Gaussa), przez co trudniej je filtrować. W tym zakresie filtr jest więc wyłączony, dzięki czemu wzorzec szybciej przywraca dokładność po zaniku tego typu zakłóceń.

Rysunek 28: PLL Locked w zakresie średnich zakłóceń fazy sygnalizowanym wyświetlaniem strzałki (w lewo zamiast znaku +). Jednocześnie szacowana jest gorsza niż na rys. 27 dokładność częstotliwości wzorca.

- 3) Migający znak - lub -> oznacza zakres szybkiego przywracania zgodności fazy po dużych jej zakłóceniach jak wyżej (rys. 29). Wyłączony filtr, inne wyskalowanie PLL oraz dodatkowa druga różniczkowa składowa sterowania OCXO hamująca nagłe odskoki fazy wzorca. Jest to niejako zakres awaryjny, do którego PLL wchodzi bardzo rzadko (najczęściej po przerwaniu długiego Holdover), ponadto jest on nieaktywny w profilu *Wzorzec f* (rozd. 7.6).

Rysunek 29: PLL Locked w zakresie dużych zakłóceń fazy sygnalizowanym migającą strzałką. Jednocześnie szacowana jest jeszcze gorsza niż na rys. 28 dokł. częstotliwości wzorca.

7.6 Profil wzorca

Wzorzec NTF-1100 może pracować w jednym z kilku predefiniowanych profili będących kontynuacją idei klasy dokładności. Profil wzorca określa kryteria aktywacji statusów Mean/Fixed uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS (str. 16, rozdz. 7.2), warunkujących maksymalną dokładność skali czasu wzorca oraz szybkość osiągania maksymalnej dokładności. Praktycznie różnice w aktywacji statusu Mean uwidaczniają się dopiero przy obniżonej jakości odbioru GPS, natomiast chwila załączenia Fixed zawsze znacząco zależy od profilu wzorca. Złe dobranie profilu może uczynić obsługę wzorca dość niewygodną – za małą dokładność czasowa lub zbyt długie oczekiwanie na maksymalną dokładność. W ramach ustalonej przez producenta klasy dokładności profil daje więc użytkownikowi możliwość dopasowania wzorca do jego bieżących potrzeb.

Tabela 4 przedstawia profile wzorca niezależnie od klasy dokładności A, B lub C. Zakłada ona poprawne zainstalowanie anteny (str. 22, rozdz. 8.2) i uwzględnia najistotniejszy aspekt chwili aktywacji statusu Fixed.

Tabela 4: Profile wzorca.

Profil	Przeznaczenie	Aktywacja Fixed	Uwagi
Wzorzec f	Wszędzie, gdzie jest wymagany tylko wzorzec częstotliwości.	Wystarczająco szybko, aby nie opóźnić osiągnięcia maksymalnej dokładności częstotliwościowej. Dokładność skali czasu jest nie lepsza od odchyłki MPV = 50 ns wynikłej z dokładności wyznaczenia pozycji geograficznej anteny GPS.	Dezaktywowany jest 3-ci zakres pracy PLL (str. 19, rozdz. 7.5.2), mogący w złych warunkach odbioru GPS powodować chwilowe większe odchyłki częstotliwości wynikłe z większych korekt fazy.
Wzorzec t/f szybki	Warsztat itp., ponadto testowanie i naprawa wzorca.	Po osiągnięciu MPV = 15 ns , w praktyce po ok. 3 minutach od włączenia zasilania.	-
Wzorzec t/f optymalny	Uniwersalne, profil odpowiedni dla większości zastosowań: bardziej wymagające pomiary warsztatowe, laboratoryjne oraz sieć telekomunikacyjna.	Po osiągnięciu MPV = 3.3 ns (pozycja anteny zmierzona z dokładnością 1 metra), w praktyce po kilkunastu minutach od włączenia zasilania.	-
Wzorzec t/f dokładny	Sieć telekomunikacyjna i laboratorium. Maksymalna dokładność wzorca.	Po 24 godzinach od włączenia zasilania (docelowa wariancja MPV zależy od jakości odbioru GPS i można ją odczytać poleceniem <code>RQAP</code> , patrz str. 26, tab. 8).	-

Profil wzorca ustawiany jest w argumencie polecenia `SETUP` (str. 26, tab. 8). Przykładowo dla ustawienia profilu *Wzorzec t/f optymalny* polecenie to mogłoby mieć postać

```
SETUP Abc 2 100 1 5<CR>
```

8 Antena GPS

W rozdziale tym zostaną opisane zagadnienia związane z anteną GPS, deklaracja jej napięcia zasilania oraz instalacja.

8.1 Napięcie zasilania

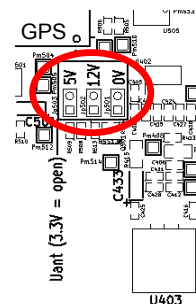
Atrybut pasywna/aktywna anteny GPS deklaruje się najwyżej jedną zworką (rys. 30) przez konfigurację napięcia zasilania anteny U_{ANT} po zdjęciu górnej pokrywy wzorca.³

Istnieje możliwość wybrania U_{ANT} spośród: 0 (pasywna), 3.3, 5 oraz 12 V przez założenie zworki w miejsce opisane żądanym napięciem. Wyjątek stanowi $U_{ANT} = 3.3$ V, kiedy to nie zakładamy żadnej zworki.

Uwaga: Antena GPS może ulec uszkodzeniu, jeśli zadeklarujesz we wzorcu U_{ANT} inne od znamionowego napięcia anteny.

Zaleca się używanie anteny aktywnej (zasilanej napięciem), gdyż wówczas uzyskiwana jest lepsza jakość odbioru GPS, a ponadto możliwa jest praca wzorca w zamierzonym Holdover.

Maksymalny prąd zasilania anteny I_{ANT} wynosi 100 mA. Wzorec posiada zabezpieczenie nadprądowe oraz przed odłączeniem anteny aktywnej. Aktualne zmierzone wartości U_{ANT} i I_{ANT} wyświetlane są na LCD (rys. 31).



Rysunek 30: Deklaracja anteny pasywnej/aktywnej (U_{ANT}).

A █ █ █ █ GC : 65% / 12.1V / 35.6mA E : 124mA / 48% × 10V
 σ : 5.6E-13 - ► U15-10-14/3 21:42:24 ◀ FLP

Rysunek 31: Wzorec ma zadeklarowaną antenę aktywną 12 V, która obecnie pobiera prąd 35.6 mA.

8.2 Instalacja

Do pracy wzorca wymagana jest poprawnie zainstalowana antena GPS. Niższa jakość odbioru GPS pogarsza dokładność wzorca i powoduje częste wchodzenie PLL do zakresu średnich zakłóceń fazy (str. 20, rys. 28). Na duży spadek jakości odbioru wzorec może zareagować migającymi wskazaniem na LCD w polu jakości odbioru GPS (str. 14, rys. 19), wchodzeniem PLL do zakresu dużych zakłóceń fazy (str. 20, rys. 29), przejściem z Locked do Unlocked, a w skrajnym przypadku do Holdover (str. 12, rys. 15) i ew. potem do Disabled (str. 12, rys. 16).

Istotnym jest, że do uśredniania pozycji anteny (zanim wzorec osiągnie status Fixed) nie wystarczy zasięg GPS tj. widoczność przynajmniej jednego satelity – wzorec musi wówczas odbierać sygnały przynajmniej 4-rech satelitów GPS.

Słabszy odbiór GPS zawsze opóźnia osiągnięcie przez wzorec statusów Mean i Fixed uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS (str. 16, rozdz. 7.2), a zatem też gotowości wzorca do dostarczania sygnałów z maksymalną dokładnością (wyświetlania na LCD znaku σ).

4 █ █ █ █ 2 se : 32% / 12.2V / 35.7mA E : 125mA / 50% × 10V
 ► MPV : 9.65m / 32.2 > 25ns ◀

Rysunek 32: Oczekiwanie statusu Mean uśredniania pozycji geograficznej anteny GPS. Wzorec czeka, aż obecny MPV = 9.65 metrów (równoważny 32.2 ns) zmaleje do wartości równoważnej 25 ns. Komunikat ten na bieżąco śledzi MPV i towarzyszyć mu mogą ostrzeżenia (migania) elementów pola jakości odbioru GPS np. za duży poziom szumów (32 %), czy status 2 zakłóceń (widoczne, ale wyznaczenie pozycji OK).

³ Dostęp do wnętrza wzorca może być w danej chwili niemożliwy z powodu udzielonej gwarancji producenta.

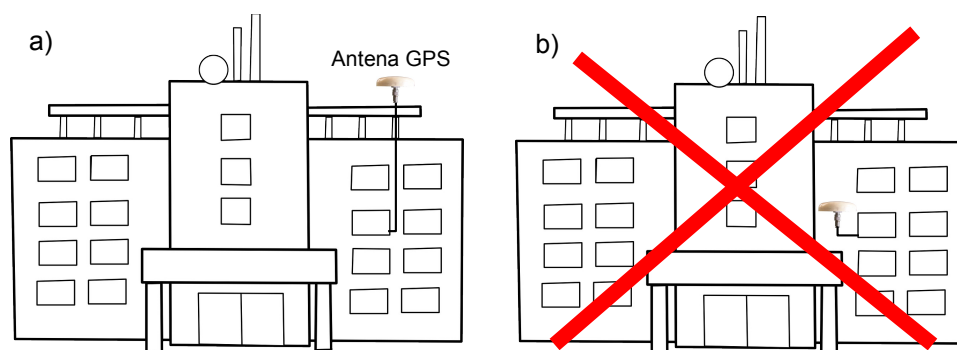
Pierwszym objawem tego opóźnienia może być komunikat LCD oczekiwania statusu Mean podobny do tego na rys. 32.

Nawet, gdyby z powyższego komunikatu wynikało, że mimo zakłóceń oczekiwanie na Mean będzie krótkie, może okazać się, że oczekiwanie na Fixed będzie wydłużone, co można obserwować przez MPV na LCD w polu jakości odbioru GPS w przewijanym tekście. MPV nie jest jednak tam przyrównywany do wartości docelowej, gdyż kryterium aktywacji Fixed nie zawsze opiera się na progu MPV – zależy to od profilu wzorca, co można odczytać z tabeli 4 na stronie 21.

Z jakością odbioru GPS jest również związany parametr TAE [ns] (Time Accuracy Estimate, estymacja precyzji czasowej odbiornika GPS, patrz str. 16, rozdz. 7.2) uwzględniający też m.in. stopień uśrednienia pozycji anteny. Gdyby podczas Fixed wartość TAE była dużo wyższa od progu MPV pokazanego w tabeli 4, warto przyjrzeć się poprawności instalacji antenowej (dla profili nie opierających się na granicznej wariancji, MPV można wówczas odczytać poleceniem $RQAP$).

Oto zalecenia odnośnie wyboru i instalacji anteny GPS:

- 1) Preferowana jest antena aktywna. Wzorzec dostarcza dla takiej anteny napięcia 3.3/5/12 V (str. 22, rozdz. 8.1).
- 2) Antenę należy zainstalować możliwie wysoko zapewniając blisko 100% widoczności nieba. Najlepiej na dachu budynku (rys. 33a), a nie np. na zewnętrznej stronie okna (rys. 33b). Ograniczenia widoczności nieba mogą 2-krotnie i więcej pogorszyć dokładność wzorca, a w skrajnym przypadku wzorzec może tracić status Locked.



Rysunek 33: Prawidłowe (a) i nieprawidłowe (b) umieszczenie anteny GPS.

- 3) Antenę należy zainstalować z dala od zakłóceń tj. linii energetycznych (szczególnie wysokiego napięcia) i innych źródeł promieniowania w.cz. (nadajniki GSM). Zakłócenia takie mogą kilkukrotnie pogorszyć dokładność wzorca, a w skrajnym przypadku wzorzec może tracić status Locked.
- 4) Przewód łączący antenę ze wzorcem powinien być możliwie krótki i mieć niskie tłumienie. Tabela 5 przedstawia parametry wybranych przewodów koncentrycznych o impedancji 50 Ω .

Tabela 5: Parametry wybranych przewodów koncentrycznych 50 Ω .

Typ	Średnica [mm]	Tłumienie ¹ [dB/100m]	Wsp. skrócenia
RG58	4,95	48,9	0,67
RG213	10,3	26,8	0,66
RG214	10,8	29,7	0,66
H155	5,4	35,9	0,81
H1000	10,3	16,6	0,83

(1) Przy częstotliwości 1350 MHz.

Dla zapewnienia największej dokładności skali czasu wzorca powinno być w nim zadeklarowane opóźnienie t propagacji fali przewodu antenowego. Dokonujemy tego poleceniem `SETUP` w argumente `GpsAntCableDelay` (str. 26, tab. 8).

Opóźnienie to wyliczane jest ze wzoru

$$t[\text{ns}] = \frac{10 \cdot l[\text{m}]}{3 \cdot k}$$

gdzie: l jest długością przewodu antenowego, a k współczynnikiem skrócenia z tab. 5.

Przykładowo, dla 10-cio metrowego przewodu H155

$$t[\text{ns}] = \frac{10 \cdot 10 \text{ m}}{3 \cdot 0,81} = 41 \text{ ns}$$

Polecenie `SETUP` mogłoby mieć wówczas postać

```
SETUP Abc 2 41 1 5<CR>
```

W tabeli 6 omówiono zakłócenia odbioru GPS wynikłe z błędów obsługi wzorca.

Tabela 6: Powody konieczności restartu wzorca przy odłączeniu lub przeniesieniu w inne miejsce anteny GPS.

	Przy braku Mean lub Fixed	Przy Fixed
Odłączenie anteny		Nie powoduje konieczności restartu wzorca. Przy odłączeniu i przyłączeniu anteny wzorzec jest w naturalnej sekwencji przejść pomiędzy Locked i Holdover.
Przeniesienie anteny	Wydłuża osiągnięcie Mean/Fixed. Nawet jeśli z komunikatu LCD wynika, że oczekiwanie Mean będzie krótkie, może okazać się długie oczekiwanie Fixed.	Generuje błąd skali czasu wzorca około 3.3 ns / metr przesunięcia anteny. Restart wzorca nie jest wymagany, jeśli antena zostanie z powrotem ustawiona w położeniu, gdzie jej pozycja została przez wzorzec zmierzona (uśredniona).

9 Komunikacja

Komunikacja ze wzorcem NTF-1100 odbywa się na portach RS232A i RS232B (str. 5, rys. 2).

9.1 RS232A

Na porcie RS232A dokonuje się programowej konfiguracji użytkownika oraz monitorowanie pracy wzorca (tab. 8).

Komunikacja komputera PC (mastera DTE) ze wzorcem (slave DCE) przez port RS232A odbywa się w formacie ASCII w jednym z dwóch trybów:

- 1) **Tryb terminalowy** – możliwość ręcznego wpisywania polecenia z obserwacją echa, a całość realizacji polecenia zamyka się w chwili jego wysłania (zatwierdzenia <Enter>).

Zalety: Brak zakłóceń od zdarzeniowych i cyklicznych informacji wzorca. Większa odporność na opóźnienia medium transmisyjnego (sieci telekomunikacyjnej).

Polecenie terminalowe może też być wydane w trybie nieterminalowym (patrz niżej), jeśli zostanie wysłane z pełną szybkością portu RS232A tj. bez przerw między znakami.

- 2) **Tryb nieterminalowy** – wydawanie polecenia musi występować z pełną szybkością portu RS232A tj. bez przerw między znakami, a jego realizacja wraz z odsyłaniem odpowiedzi może być rozłożona w czasie do chwili:
 - a) określonej rodzajem polecenia (odpowieź zależna od postępu programowego wątku),
 - b) wyłączenia realizacji polecenia (innym poleceniem) np. polecenie cyklicznego raportowania.

Zalety: Zdarzeniowe i cykliczne raportowanie pracy wzorca.

Wzorzec startuje w trybie nieterminalowym w celu bieżącego raportowania jego pracy. Generalnie zaleca się korzystanie z tego trybu, najlepiej przez wysyłanie przygotowanych wcześniej makr poleceń. W przypadku problemów w tym trybie np. na skutek zakłóceń na łączu telekomunikacyjnym między PC, a wzorcem, można przejść do trybu terminalowego.

Polecenia te mogą być wydawane też w trybie terminalowym, ale rezultaty ich pracy będą widoczne dopiero po przejściu do trybu nieterminalowego.

Przełączenia pomiędzy powyższymi trybami dokonuje się wysłaniem sekwencji przełączenia podanej w tabeli 7.

Tabela 7: Sekwencje przełączeń pomiędzy trybami nie/terminalowymi.

Wejście do trybu	Sekwencja	Opis
Terminalowego	<CR><CR><CR>	3 znaki (bajty) Carriage Return (kod jednego znaku 0x0D) wysłane z pełną prędkością portu RS232A bez przerw między znakami.
Nieterminalowego	^E	Jeden znak (bajt) Ctrl + E (kod 0x05).

Tabela 8: Polecenia wzorca wydawane na porcie RS232A.

Opis	Id	Argumenty					Przykłady	Uwagi
		Id	Typ	Wartość	Dms	Opis		
Terminalowe (sekwencja wejścia: <CR><CR><CR>) Mogą też być wydane w trybie nieterminalowym z pełną szybkością portu RS232A.								
Pomoc – spis poleceń portu RS232A (niniejszej tabeli).	H	-	-	-	-	-	Wywołanie pomocy: H<CR>	
Wersja oprogramowania.	RQBS	-	-	-	-	-	Odczyt wersji: RQBS<CR>	Zwracana jest wersja dla µC i FPGA.
Uśredniona pozycja geograficzna anteny GPS oraz MPV (str. 16, rozdz. 7.2).	RQAP	-	-	-	-	-	Odczyt pozycji anteny: RQAP<CR>	Wyświetla również stan przed Mean/Fixed.
Tryb serwisowy. W ramach tego trybu zdarzeniowo/cyklicznie raportowane są wszystkie dostępne parametry pracy wzorca m.in. te wyzwalane poleceniami nieterminalowymi.	SRV	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Załączenie trybu serwisowego: SRV 1<CR> Wylaczenie: SRV 0<CR>	Tryb serwisowy załącza się też na czas 30 s po starcie wzorca. Może też być załączony zworką Var 5, wówczas też na chwilę wyzwalany jest ekran LCD napięć zasilania (str. 15, rys. 20).
Reset wzorca.	RST	-	-	-	-	-	Reset wzorca: RST<CR>	Totalny reset całego urządzenia.
Programowa konfiguracja użytkownika (zapisywana w nieulotnej pamięci wzorca).	SETUP	Name	txt ≤ 11	-	Default	Nazwa konfiguracji.	Konfiguracja dla użytkownika Abc (optymalny, 60 ns, UTC, ramka 5): SETUP Abc 2 60 1 5<CR> Odczyt konfiguracji: SETUP<CR>	Przy zapisie konfiguracji wykonywany jest też reset identyczny jak poleceniem RST. Odczyt konfiguracji dokonywany jest poleceniem SETUP bez argumentów.
		Profil	int	0 = wzorzec f 1 = wzorzec f/t szybki 2 = wzorzec f/t optymalny 3 = wzorzec f/t dokładny	1	Profil wzorca (str. 21, rozdz. 7.6).		
		GpsAntCableDelay	int	≥ 0	65	Opóźnienie kabla antenowego GPS [ns] (str. 22, rozdz. 8.2).		
		GpsTimeBaseUtc	int	0 = GPS 1 = UTC	1	Skala czasu.		
		RS232BTimeOutput	int	0 = wył. Pozostałe patrz rozdz. 9.2, str. 27.	5	Indeks ramki identyfikatora sekundowego znacznika czasu (RS232B)		
Nieterminalowe (sekwencja wejścia: Ctrl + E) Mogą też być wydane w trybie terminalowym, ale rezultaty ich pracy będą widoczne dopiero po przejściu do trybu nieterminalowego.								
Cykliczne raportowanie napięć i prądów zasilania.	RQUI	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQUI 1<CR>	Zwraca też status błędów w postaci 0x00000000 (ta wartość = OK) podzielony na dwie części po 16 bitów LSB (ust. bit = za małe U/I) i MSB (za duże). W ramach obu części jest następująca kolejność od najmłodszego bitu: USV, U15V, M15V, U12V, U1V2, U2V5, U3V3, G3V3, IOCXO, UREF, UREG, UANT, IANT (w ramach U nieco inna niż na ekranie zasilania LCD, str. 15, rys. 20). Przykładowo przy odłączeniu aktywnej anteny GPS będzie 0x00001000.
Cykliczne raportowanie parametrów sprzętowych odbiornika GPS np. jakości odbioru (patrz też str. 13, rozdz. 6).	RQHW	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQHW 1<CR>	Błędy sygnalizowane są znakiem *.
Cykliczne raportowanie parametrów DOP systemu GPS (patrz też str. 13, rozdz. 6).	RQDP	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQDP 1<CR>	Znak * oznacza za duże TDOP (próg zależy od Fixed).
Cykliczne raportowanie odchyłek czasowych odbiornika GPS (błędów samego odbiornika) m.in. TEA (str. 16, rozdz. 7.2).	RQCL	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQCL 1<CR>	
Cykliczne raportowanie liczby widocznych satelitów GPS (str. 17, rozdz. 7.3).	RQSV	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQSV 1<CR>	
Cykliczne raportowanie częstotliwości i fazy OCXO względem Rx.1PPS (str. 17, rozdz. 7.3).	RQFP	-	int	0 = wył 1 = zał	0	wył/zał	Wyzwolenie: RQFP 1<CR>	

9.2 RS232B

Na porcie RS232B wzorzec cyklicznie co sekundę wysyła identyfikator sekundowego znacznika czasu (str. 7, rys. 3) o początku w czasie krótszym od 1 ms po wskaźniku 1PPS. Jego postać (tab. 9) oraz ew. wyłączenie wysyłania parametryzowane jest na porcie RS232A poleceniem `SETUP` w argumencie `RS232BTimeOutput` (str. 26, tab. 8).

Identyfikator wysyłany jest natychmiast po załączeniu zasilania wzorca, ale dopiero po uzyskaniu zasięgu GPS jest on zsynchronizowany (< 1 ms) z sekundowym rastrem wybranej skali czasu. Zapodawane w ramce identyfikatora data i czas są poprawne od chwili uzyskania stosownych informacji przez odbiornik GPS. Powyższa synchronizacja ramki oraz poprawność daty i czasu trwają praktycznie przez cały pozostały czas pracy wzorca, niezależnie od jego stanu: zasięgu GPS, stanu FLL/PLL, statusu itd.

Na życzenie mogą zostać wbudowane we wzorzec dowolne inne ramki identyfikatora.

Tabela 9: Formaty identyfikatorów sekundowego znacznika czasu (Idx – wartość argumentu `RS232BTimeOutput`).

Idx	Format	Pola		Opis
		Ozn.	Opis	
5	TYYYY,DDD:HH:MM:SS,A,B,sssssss,SK	T	Znak startu (wysyłana litera T).	
		YYYY	Rok.	
		DDD	Dzień roku liczony od 1.	
		HH	Godzina zegarowa.	
		MM	Minuta zegarowa.	
		SS	Sekunda zegarowa.	
		A	Skala czasu: G = GPS, U = UTC.	
		B	Synchronizacja: S = zapodawane w ramce data i czas są poprawne oraz jest PLL Locked (str. 16, rozdz. 7.1), O (duża litera) = nie spełniony powyższy warunek.	
		sssssss	Sekunda roku w zapisie HEX (7 znaków).	
SK	Arytmetyczna suma kontrolna modulo 256 powiększona o 0x80 w zapisie HEX (2 znaki).			

10 Rozwiązywanie problemów

Tabela 10: Rozwiązywanie problemów.

Objaw	Przyczyna	Rozwiązanie
<i>Antena GPS</i>		
Na LCD wartość I_{ANT} miga na przemian ze znakiem strzałki ↓ (str. 14, rys. 19).	Odlączona antena GPS.	Podłącz aktywną antenę GPS. Uwaga: Zwracaj uwagę na zgodność U_{ANT} znamionowego anteny z U_{ANT} zadeklarowanym we wzorcu (str. 22, rozdz. 8.1).
	Zadeklarowana jest antena aktywna przy podłączonej pasywnej (typu rozwarte DC).	Zadeklaruj antenę pasywną przez założenie zworki 0V (str. 22, rozdz. 8.1) lub podłącz antenę aktywną z poprawnym U_{ANT} .
	Przerwa w obwodzie zasilania anteny.	Sprawdź połączenia we wtyczce antenowej i w samej antenie przy wyprowadzeniu kabla. W przeciwnym razie wskazuje to na uszkodzenie samej anteny.
Na LCD wartość I_{ANT} miga na przemian ze znakiem strzałki ↑ (str. 14, rys. 19).	Zbyt duży prąd I_{ANT} zasilania anteny.	Sprawdź I_{ANT} znamionowy anteny (nie powinien przekraczać 100 mA).
	Podłączona antena o U_{ANT} niższym od U_{ANT} wzorca.	Natychmiast wyłącz wzorzec. Zwracaj uwagę na zgodność U_{ANT} znamionowego anteny z U_{ANT} zadeklarowanym we wzorcu (str. 22, rozdz. 8.1). Jest duże prawdopodobieństwo, że układ zabezpieczający przed zbyt dużym I_{ANT} wzorca udaremnił uszkodzenie anteny.
	Zadeklarowana jest antena aktywna przy podłączonej pasywnej (typu zwarte DC).	Zadeklaruj antenę pasywną przez założenie zworki 0V (str. 22, rozdz. 8.1) lub podłącz antenę aktywną z poprawnym U_{ANT} .
	Zwarcie lub przeciążenie w obwodzie zasilania anteny.	Sprawdź połączenia we wtyczce antenowej i w samej antenie przy wyprowadzeniu kabla. W przeciwnym razie wskazuje to na uszkodzenie samej anteny.
LCD wyświetla komunikat (str. 12, rys. 16) Czekam na zasięg GPS dłużej niż 1 minutę na początku pracy wzorca lub w ogóle, gdy wcześniej był zasięg GPS.	Zbyt słaba siła sygnałów GPS.	Umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu (str. 22, rozdz. 8.2). Uwaga: Po zmianie położenia anteny zalecany jest restart wzorca.
<i>Status i dokładność wzorca</i>		
LCD wyświetla komunikat podobny do MPV: 9.65m/ 32.2>25ns (str. 22, rys. 32).	Oczekiwanie na status Mean (str. 16, rozdz. 7.2), co przy zbyt długim czasie trwania świadczy o słabym odbiorze GPS lub odłączeniu/przeniesieniu anteny podczas pracy wzorca. W podanym przykładzie wzorzec oczekuje MPV, aż zmaleje do wartości równoważnej 25 ns.	Jeśli z komunikatu wynika długie oczekiwanie, umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu i zrestartuj wzorzec. Restart jest wskazany również, gdy odbiór GPS był dobry, ale antena była odłączona/przeniesiona podczas pracy wzorca przed osiągnięciem Fixed (str. 24, tab. 6).
Zbyt długo trwa osiągnięcie statusu Fixed (str. 16, rozdz. 7.2).	Słaby odbiór GPS lub odłączenie/przeniesienie anteny podczas pracy wzorca.	Umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu i zrestartuj wzorzec. Restart jest wskazany również, gdy odbiór GPS był dobry, ale antena była odłączona/przeniesiona podczas pracy wzorca przed osiągnięciem Fixed (str. 24, tab. 6).
	Profil wzorca jest nieodpowiedni dla bieżącego zastosowania wzorca (str. 21, tab. 4).	Ustaw korzystniejszy profil wzorca poleceniem SETUP (argument Profil, patrz str. 26, tab. 8). Uwaga: Wcześniej pobierz poleceniem SETUP (bez argumentów) parametry pracy wzorca, aby w poleceniu ustawiającym pozostałe parametry zapodać bez zmiany.
Brak sygnałów HI RATE i 1PPS wzorca, czyli brak statusu P (str. 16, rys. 7.1).	Wzorzec został właśnie załączony i mierza on do osiągnięcia statusów P i Locked.	Czekaj na status P, który powinien pojawić się chwilę przed Locked.
	Wzorzec wszedł do Disabled po zakończeniu Holdover i wyświetla komunikat Czekam na zasięg GPS	Umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu (str. 22, rozdz. 8.2). Uwaga: Po zmianie położenia anteny zalecany jest restart wzorca.

<ul style="list-style-type: none"> Nie można uzyskać Locked w pierwszych 2 minutach od nagrzania OCXO. Wzorzec sporadycznie lub całkowicie traci Locked, Szacowana dokładność częstotliwości (na LCD oznaczana Σ/σ) utrzymuje się zbyt długo na wysokim poziomie wartości liczbowej. 	Zbyt słaba siła sygnałów GPS.	Umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu (str. 22, rozdz. 8.2). Uwaga: Po zmianie położenia anteny zalecany jest restart wzorca.
Podczas wyświetlania na LCD w lewym dolnym rogu znaku σ (str. 14, rys. 19) wzorzec na wyjściach HI RATE i 1PPS generuje skalę czasu z błędem Locked większym niż wynika to z klasy dokładności wzorca (str. 4, tab. 2).	Patrz przyczyna utraty Locked.	Patrz rozwiązanie przy utracie Locked.
	Podczas pracy wzorca z Fixed została przeniesiona antena GPS o więcej niż kilka metrów np. przez podłączenie innej anteny.	Zrestartuj wzorzec. Nie zmieniaj położenia anteny podczas pracy wzorca.
	Zbyt duża różnica zadeklarowanego od rzeczywistego opóźnienia przewodu antenowego.	Ustaw właściwe opóźnienie kabla poleceniem SETUP (argument GpsAntCableDelay, patrz str. 22, rozdz. 8.2). Uwaga: Wcześniej pobierz poleceniem SETUP (bez argumentów) parametry pracy wzorca, aby w poleceniu ustawiającym pozostałe parametry zapodać bez zmiany.
LCD wyświetla komunikat Holdover	Wzorzec wszedł do stanu Holdover (str. 19, rozdz. 7.5.2), co zostało spowodowane brakiem zasięgu GPS.	Jeśli praca w Holdover nie była zamierzona, umieść antenę GPS w korzystniejszym położeniu (str. 22, rozdz. 8.2). Uwaga: Po zmianie położenia anteny zalecany jest restart wzorca.
LCD wyświetla komunikat Holdover Timeout analogicznie RS232A wysła Bład FLL/PLL Holdover Timeout. i wzorzec traci status P.	Holdover trwa zbyt długo i wzorzec przechodzi do Disabled (brak zasięgu GPS). Czas trwania Holdover jest zmienny i zależy od wcześniejszych kumulacji czasów Enabled/Holdover (str. 19, rozdz. 7.5.2).	
Wzorzec generuje skalę czasu z odchyłką wielu sekund (widoczną na LCD).	Wybrana skala czasu wzorca (GPS/UTC) jest niezgodna z oczekiwaną. Skala ta wyświetlana jest na LCD na samym początku pola czasu jako litery G lub U.	Wybierz właściwą skalę czasu wzorca poleceniem SETUP (argument GpsTimeBaseUtc, patrz str. 26, tab. 8). Uwaga: Wcześniej pobierz poleceniem SETUP (bez argumentów) parametry pracy wzorca, aby w poleceniu ustawiającym pozostałe parametry zapodać bez zmiany.
Komunikacja		
<ul style="list-style-type: none"> Brak komunikacji na porcie RS232A. Wzorzec odpowiada komunikatem Bład ramki. 	Niezgodność prędkości lub formatu transmisji portów RS232A i w PC.	Ustaw właściwe parametry portu w komputerze PC (str. 5, tab. 3).
	Niewłaściwy tryb (nie/terminalowy) pracy portu wzorca względem programu (terminala) w PC.	W programie PC przełącz wzorzec na tryb zgodny z zamierzoną pracą (str. 25, tab. 7).
RS232A odpowiada: Przekroczona maksymalna długość polecenia.	Wydałeś zbyt długie polecenie.	Powtórz polecenie w krótszej postaci.
RS232A odpowiada: Nieznane polecenie.	Wydałeś polecenie nieznanie wzorcowi.	Spis poleceń wzorca zawarty jest w tab. 8 na str. 26. Również możesz go otrzymać od wzorca wydając mu polecenie H<CR>.
RS232A odpowiada: Bład formatu.	W wydanym poleceniu identyfikator jest poprawny, ale błędne są argumenty polecenia.	
RS232A odpowiada: Polecenie nieterminalowe. W trybie terminalowym nie są dla niego wyświetlane odpowiedzi.	Wydałeś polecenie nieterminalowe w trybie terminalowym.	Nie trzeba nic robić. Gdy przejdziesz do trybu nieterminalowego, zobaczysz ew. wyniki pracy tego polecenia.
Brak lub nieoczekiwany identyfikator sekundowego znacznika czasu na porcie RS232B.	Wysyłanie identyfikatora jest wyłączone lub ustawione na inny niż oczekiwany.	Włącz lub ustaw żądany identyfikator poleceniem SETUP (argument RS232BTimeOutput, patrz str. 26, tab. 8). Uwaga: Wcześniej pobierz poleceniem SETUP (bez argumentów) parametry pracy wzorca, aby w poleceniu ustawiającym pozostałe parametry zapodać bez zmiany.
	Niezgodność prędkości lub formatu transmisji portów RS232B i w urządzeniu docelowym.	Ustaw właściwe parametry portu w urządzeniu docelowym (str. 5, tab. 3).

<i>Inne</i>		
RS232A wysyła: Bład OCXO Pomiar parametrow - GPS PPS.	Podczas pomiaru parametrów OCXO wzorzec utracił zasięg GPS.	Zasadniczo nie trzeba nic robić. Wzorzec poczeka na ponowne pojawienie się zasięgu GPS, aby powtórzyć pomiar OCXO. Warto przy okazji przyjrzeć się instalacji antenowej (str. 22, rozdz. 8.2).
LCD wyświetla jeden z komunikatów: <ul style="list-style-type: none"> • Przeterm. nagrzew. • OCXO za stary Analogicznie RS232A wysyła jeden z komunikatów: <ul style="list-style-type: none"> • Bład OCXO Nagrzanie - Przeterminowanie. • Bład OCXO Za stary. 	Są to problemy OCXO.	Zgłoś usterkę do serwisu.