

# Odbiornik GPS, część 1

## AVT-888

PROJEKT  
Z OKŁADKI

Z publikacją tego projektu czekaliśmy do czerwowego numeru EP, ponieważ odbiorniki GPS nadają się szczególnie dobrze na wakacyjne wojaże, które często przebiegają po trasach mało znanych (ach ten smak przygody!) i mało uczęszczanych.

W pierwszej części artykułu przedstawimy zarys teoretyczny działania systemu GPS oraz konstrukcję elektryczną odbiornika. Sposób obsługi urządzenia omówimy w lipcowym numerze EP.



### Co to jest GPS?

System elektronicznego pozycjonowania GPS pierwotnie został opracowany z myślą o profesjonalnych aplikacjach militarnych, morskich oraz lotniczych. Podstawowe funkcje typowego odbiornika GPS to pomiar prędkości poruszania się, określenie dokładnego położenia na kuli ziemskiej, możliwe jest także określenie wysokości na jakiej znajduje się odbiornik.

Rozwój technologii spowodował znaczną popularyzację tego systemu, co zaowocowało powstaniem odbiorników o uproszczonej konstrukcji, dedykowanych rynkowi nieprofesjonalnemu. W stosunku do pierwowzorów mają one ograniczoną dokładność pomiaru, wynikającą ze specjalnych zabiegów Pentagonu.

System GPS składa się z trzech nierozłącznych segmentów (rys. 1):

- kosmicznego;
- sterowania;
- użytkownika.

*Segment kosmiczny* jest w praktyce konstelacją 24 satelitów krążących po sześciu orbitach znajdujących się na wysokości 20183km nad poziomem morza. Okres ruchu satelitów wynosi 12

godzin. Satelity są rozmieszczone na orbitach co 55°.

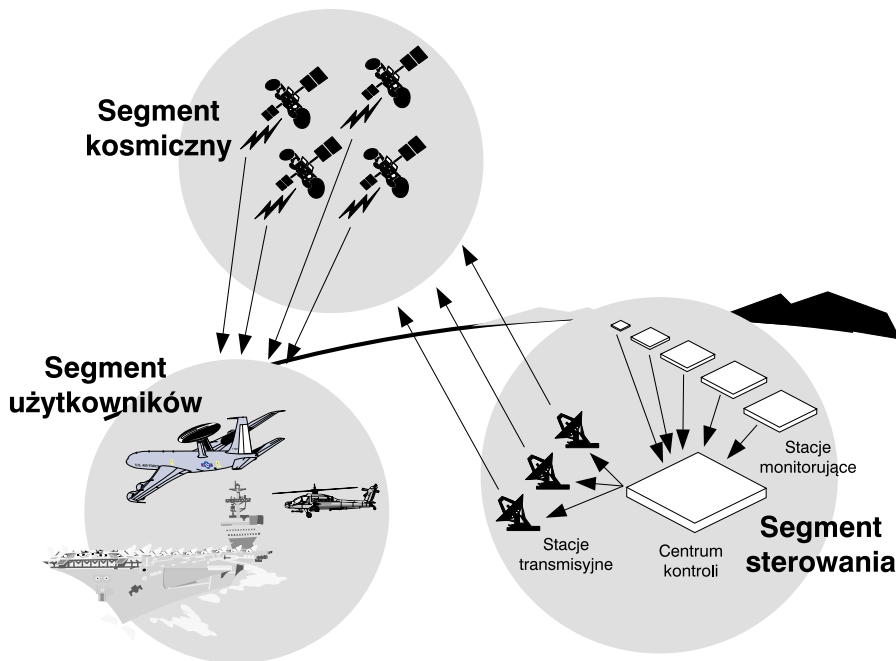
*Segment sterowania* składa się z szeregu stacji monitorujących satelity, a jego zadaniem jest ciągła weryfikacja i korekcja ich pozycji oraz przekazywanie do satelitów almanachów, czyli informacji opisujących parametry jego ruchu, położenie, współczynnik korekcji zegara itp.

*Segment użytkowników* to w praktyce wszystkie odbiorniki wykorzystywane do ustalenia pozycji. Ustalenie aktualnej pozycji przez odbiornik polega na pomiarze upływu czasu pomiędzy wysłaniem sygnału przez satelitę i jego odebraniem przez odbiornik.

Precyzyjny pomiar czasu przejęcia jest mierzony przy pomocy specjalnie zakodowanego sygnału cyfrowego, który jest porównywany z kodowanym sygnałem odniesienia generowanym w odbiorniku. Procesor odbiornika znajduje współczynnik korelacji sygnału odbieranego z generowanym lokalnie, następnie uzyskany wynik mnoży przez prędkość światła. W ten sposób ustalana jest odległość odbiornika od każdego z satelitów.

### Podstawowe parametry i możliwości odbiornika:

- ✓ napięcie zasilania: 8..12VDC;
- ✓ pobór prądu: 220mA;
- ✓ pomiary:
  - ✓ długość i szerokość geograficzna w zakresie 0..180° z rozdzielczością 59,9999°;
  - ✓ prędkość poruszania się odbiornika;
  - ✓ określenie widocznych w danej chwili satelitów;
  - ✓ możliwość odczytu czasu oraz daty;
  - ✓ określenie trybu pomiaru 2D/3D;
  - ✓ opcjonalny pomiar wysokości położenia odbiornika;
- ✓ komunikacja z modułem odbiorczym w standardzie NMEA-0813;
- ✓ wyświetlanie wyników na 16-pozycyjnym alfanumerycznym wyświetlaczu LCD;
- ✓ sterowanie trybem pracy odbiornika przy pomocy prostej klawiatury.



Rys. 1. Poglądowy schemat struktury systemu GPS.

W rzeczywistości pomiar odległości jest nieco bardziej złożony, lecz algorytm postępowania jest identyczny z przedstawionym.

Transmisja danych z satelitów do odbiorników GPS odbywa się w mikrofalowym pasmie L (1,57542GHz) na dwóch kanałach, określanych L1 i L2. Nośna L1 jest modulowana kodowanym sygnałem cyfrowym o częstotliwości 10,23MHz, wykorzystywanym do ustalenia odległości pomiędzy odbiornikiem i satelitą. Sygnał ten jest oznaczany *P-code*. Drugim sygnałem modulującym nośną L1 jest sygnał oznaczony *C/A*, o częstotliwości 1,023MHz. Nośna L2 jest modulowana tylko sygnałem *P-code*.

Zastosowanie podwójnego systemu kodowania miało na celu ograniczenie dostępu użytkownikom cywilnym do dokładniejszego sygnału *P-code*, a z czasem umożliwiło sprzedawanie (oczywiście odpowiednio drogo) dostępu do niego wybranym instytucjom.

### To nie takie trudne

Ponieważ szczegóły działania systemu GPS nie stanowią dobra publicznego, konstruktor odbiornika staje - wydawałoby się - przed problemem nie rozwiązania.

Co więcej, poprawne odebranie i zdekodowanie sygnału nadawanego z satelity do odbiornika wymaga wiedzy (i to nie tylko elektronicznej) znacznie wyższej niż przeciętna. Warto tutaj zauważyć, że poziom sygnału niosącego informację, który dociera do anteny jest niższy od poziomu szumów i zakłóceń w otoczeniu odbiornika...

Nastraszyłem Was? Rzeczywiście system GPS jest bardzo zaawansowany technologicznie, jednak spory popyt na odbiorniki spowodował (ach, ten wolny rynek!), że wielu producentów rozpoczęło produkcję modułów odbiorczych, które wymagają od użytkownika tylko umiejętnego obsługiwanie złącza RS232!

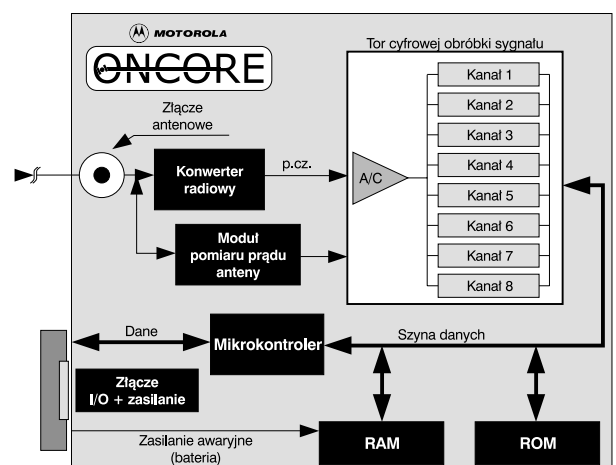
Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy odbiornika Oncore produkowanego przez firmę Motorola. Na niewielkiej płytce drukowanej z dwustronnie zamontowanymi elementami znajdują się wszystkie elementy niezbędne do prawidłowej pracy urządzenia. Obok

standardowego mikrokontrolera, który odpowiada głównie za transmisję danych z otoczenia do procesora DSP i odwrotnie, znajdują się tam także szybki procesor DSP współpracujący z przetwornikiem A/C oraz ośmioma wirtualnymi torami akwizycji danych.

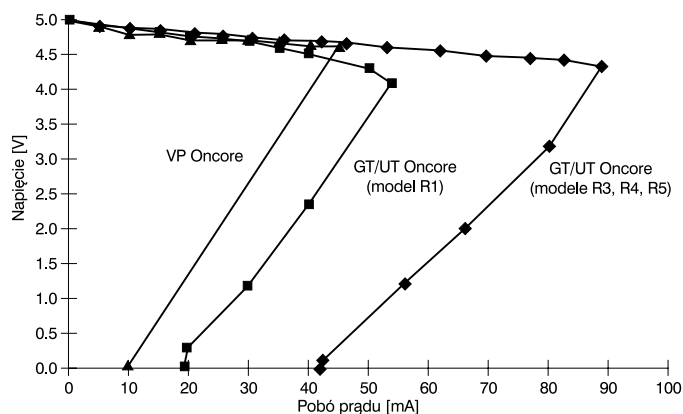
W odbiornikach Oncore nowszej generacji zastosowano także moduł mierzący pobór prądu przez zewnętrzną antenę aktywną, który pozwala wykryć użytkownikowi fakt jej braku lub błędnego dołączenia. Na rys. 3 przedstawiono charakterystyki przedstawiające pobór prądu przez anteny różnych modeli i wersji odbiorników Oncore.

Niezależnie od typu wszystkie aktywne anteny do odbiorników Oncore mają zbliżoną kierunkową charakterystykę czułości. W płaszczyźnie horyzontu czułość jest identyczna we wszystkich kierunkach, dzięki czemu nie ma konieczności „namierzania“ anteną satelitów. Charakterystyka w pionie jest równie interesująca (rys. 4) - jak widać antena jest w stanie odebrać sygnały także od satelitów leżących praktycznie na linii horyzontu, oczywiście pod warunkiem, że nie są one zasłaniane przez budynki, drzewa, itp.

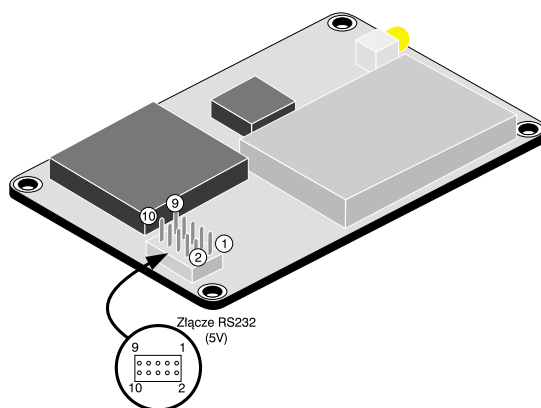
Współpraca odbiornika Oncore z zewnętrznym sterownikiem odbywa się poprzez asynchroniczne złącze szeregowe RS232 (rys. 5), które różni się od zalecanego standardu poziomami napięć. Napięcia wyjściowe na wyjściu interfejsu są zgodne



Rys. 2. Schemat blokowy odbiornika Oncore.



Rys. 3. Charakterystyki prądowe aktywnych anten.



Rys. 5. Umieszczenie złącza RS-232 na płycie odbiornika.

ze standardem TTL. Jeżeli odbiornik ma współpracować z oddalonym sterownikiem, jego interfejs należy „wzmocnić” przy pomocy dowolnego konwertera poziomów TTL/RS232 (np. MAX232). W przypadku prezentowanego opracowania stosowanie takiego konwertera nie było potrzebne.

Odbiorniki Oncore przystosowane są do obsługi dwóch „języków” komunikacji z użytkownikami. Największe możliwości daje specjalnie zaprojektowany przez Motorolę format binarny. Nieco mniejsze możliwości, lecz z kolei zgodnie z ogólnosiwiatowym standardem NMEA-0183, dają format znakowy (ASCII), który nosi nazwę normy, którą został opisany. Szybkość transmisji danych wynosi 4800bd.

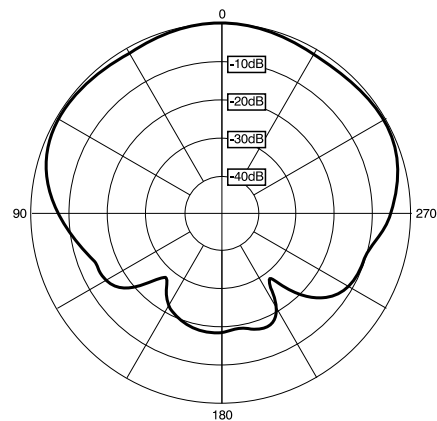
Ponieważ polecenia dostępne w standardzie NMEA-0183 są akceptowane przez wszystkie odbiorniki GPS i dają dostęp do wszystkich istotnych dla użyt-

kownika funkcji pomiarowych i sterujących, w prezentowanym urządzeniu autor zdecydował się na przełączanie odbiornika w tryb NMEA i sterowanie jego pracą przy pomocy siedmiu dopuszczalnych poleceń: GPGGA, GPGLL, GPGSA, GPGSA, GPGSV, GPRMC, GPVTG i GPZDA. Omówimy je szczegółowo w drugiej części artykułu.

Interesującą, lecz nie wykorzystaną przez nas w praktyce, możliwością odbiornika Oncore (wersji GT) jest jego współpraca z innymi odbiornikami GPS w trybie pomiaru różnicowego. Dzięki zastosowaniu takiej sztuczki można zwiększyć dokładność pomiaru z 25 metrów (standard) do ok. 1..5 metrów. Poprawki wprowadzane są do systemu liczącego odbiornika poprzez wejście RTCM, dostępne na złączu interfejsu I/O. Obydwa porty szeregowe mają taki sam priorytet i są obsługiwane symultanicznie przez procesor komunikacyjny.

### Przejdźmy do sedna sprawy

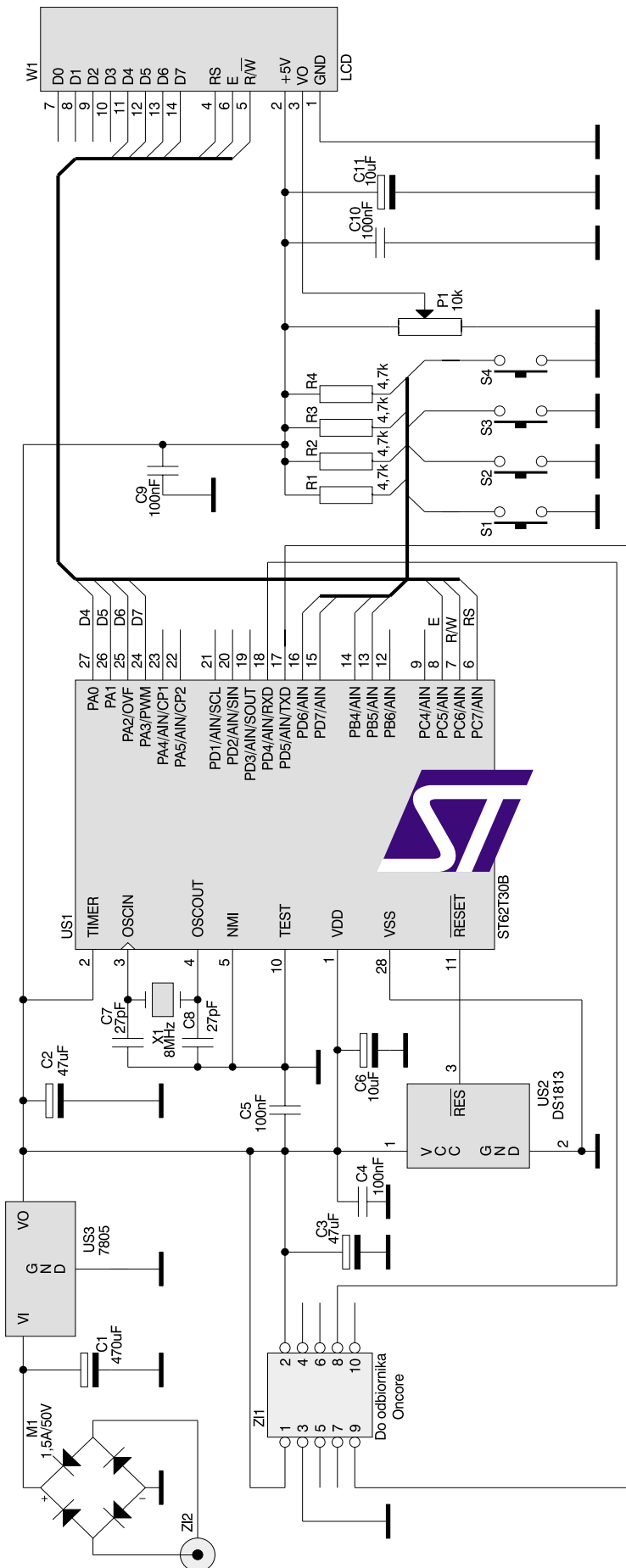
Po krótkim wstępie ogólnym przejdziemy teraz do omówienia konstrukcji odbiornika. Schemat elektryczny proponowanego rozwiązania znajduje się na rys. 6. Najważniejszym elementem tej części odbiornika jest mikrokontroler ST62T30 (US1), który odpowiada za wymianę i transmisję danych pomiędzy odbiornikiem i panelem użytkownika, obsługę panelu użytkownika (klawiatura i wyświetlacz LCD), a także realizację kilku prostych obliczeń ary-



Rys. 4. Charakterystyka czułości anteny.

Tab. 1. Opis zacisków złącza RS232 w odbiorniku Oncore

Wyprowadzenie nr	Nazwa sygnału	Opis
1	Battery	Opcjonalne zasilanie bateryjne ( $U_{bmax}=5V$ )
2	+5VPWR	Napięcie zasilania
3	GROUND	Masa zasilania
4	VPP	Napięcie programowania pamięci programu Flash
5	RTCM IN	Wejście sygnału korekcji RTCM
6	1PPS	Sygnał 1Hz
7	1PPS RTN	Masa sygnału 1Hz
8	TTL TxD	Wyjście danych TTL
9	TTL RxD	Wejście danych TTL
10	TTL RTN	Masa TTL



Rys. 6. Schemat elektryczny modułu sterownika.

metrycznych. Zastosowany mikrokontroler jest jednym z lepiej wyposażonych w całej rodzinie ST62. Jego standardowym wyposażeniem jest m.in. UART oraz szeregowy interfejs synchroniczny SPI (ma on zostać wykorzystany w opcji rozszerzającej możliwości odbiornika). W wewnętrznej pamięci EEPROM przechowywane są dane inicjalizacyjne odbiornika GPS oraz nastawy opisujące jego wersję. Dzięki nim moduł z rys. 7 może współpracować z wieloma typami odbiorników, pochodzących od różnych producentów.

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny W1 (alfanumeryczny 1x16) wraz z prostą 4-przyciskową klawiaturą spełniają rolę interfejsu użytkownika. Mikrokontroler US1 steruje wyświetlaczem poprzez 4-bitową magistralę danych oraz trzy standardowe sygnały sterujące. Poprawny restart systemu oraz zabezpieczenie przed pracą mikrokontrolera przy zbyt niskim napięciu zasilającym zapewnia układ US2.

Ostatnią, bardzo standardową częścią urządzenia jest zasilacz stabilizowany z układem US3 i mostkiem prostowniczym M1. Dzięki zastosowaniu mostka Graetza polaryzacja napięcia na wejściu Zl2 może być dowolna. Możliwe jest także zasilanie urządzenia napięciem zmiennym, ale

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

P1: 10kΩ miniaturowy ceramiczny  
R1, R2, R3, R4: 4,7kΩ

#### Kondensatory

C1: 470μF  
C2, C3: 47μF  
C4, C5, C9, C10: 100nF  
C6, C11: 10μF/16V  
C7, C8: 27pF

#### Półprzewodniki

US1: ST62T30B zaprogramowany, w obudowie DIL28  
US2: DS18B13  
US3: 7805  
M1: 1,5A/50V

#### Różne

S1, S2, S3, S4: mikroprzyciski  
W1: LCD 1x16  
X1: 8MHz  
Z1: szpilki 2x5  
Zl2: złącza zasilania

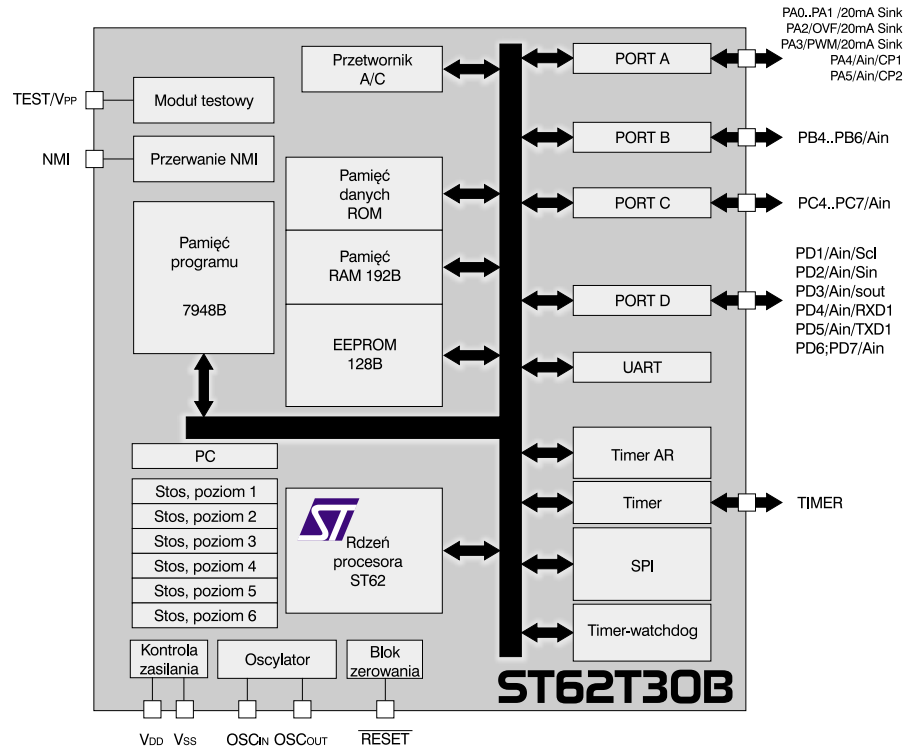
wtedy warto jest zwiększyć pojemność kondensatora C1 do 1000..1500 $\mu$ F (mogą wystąpić kłopoty z umieszczeniem go na płycie drukowanej).

**Piotr Zbysiński, AVT**

*Interesujące materiały o GPS można znaleźć w Internecie:*

- [www.navcen.uscg.mil/gps/GPS.HTM](http://www.navcen.uscg.mil/gps/GPS.HTM),
- [www.usno.navy.mil](http://www.usno.navy.mil),
- [www.laafb.af.mil/SMC/CZ/homepage](http://www.laafb.af.mil/SMC/CZ/homepage),
- [www.nmea.org](http://www.nmea.org),
- [www.navcen.uscg.mil/dgps/dgeninfo/RTCM104.txt](http://www.navcen.uscg.mil/dgps/dgeninfo/RTCM104.txt),
- [www.gpsworld.com/resources/glossary.htm](http://www.gpsworld.com/resources/glossary.htm),
- [www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps.html](http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps.html).

*Dokumentacja odbiorników GPS Oncore firmy Motorola dostępna jest pod adresem: [www.ep.com.pl/ftp/other.htm](http://www.ep.com.pl/ftp/other.htm)*



Rys. 7. Schemat blokowy procesora ST62T30B.