

GPS-owy rejestrator trasy, część 1

AVT-388

PROJEKT Z OKŁADKI

Określenie położenia (pozycjonowanie) i nawigacja są coraz bardziej istotne w wielu dziedzinach życia. Ich zastosowania obejmują przede wszystkim transport morski, lotniczy i kołowy, ale także turystykę i sport. Najwcześniejszy znany system nawigacyjny, rydwan wskazujący kierunek południowy, pochodzi zgodnie z legendą z około 2600 r. p.n.e. z Chin. Od tego czasu powstało wiele znacznie doskonalszych systemów pozycjonujących i nawigacyjnych, chociaż prawdziwie rewolucyjne zmiany w tej dziedzinie zaszły stosunkowo niedawno, z chwilą pojawienia się globalnego systemu nawigacji satelitarnej NAVSTAR GPS.

Rekomendacje:

urządzenie o nieocenionych walorach dla użytkowników pojazdów, którym zależy na precyzyjnym monitorowaniu ich trasy.

Początki systemu GPS sięgają lat 70-tych ubiegłego stulecia, ale jego powszechne wykorzystanie cywilne stało się możliwe dopiero pod koniec lat 90-tych, z chwilą pojawienia się tanich, miniaturowych odbiorników GPS. System nawigacji satelitarnej NAVSTAR GPS (*Global Positioning System*) umożliwia precyzyjne wyznaczanie czasu, położenia i prędkości pojazdu wyposażonego w odpowiedni odbiornik. Z systemu można korzystać na całym świecie, w dowolnych warunkach atmosferycznych, niezależnie od pory dnia i roku. Po wyłączeniu z dniem 2 maja 2000 roku przez Departament Obrony USA celowej degradacji dokładności SA, tzw. selektywnej dostępności, nawet najtańsze odbiorniki GPS umożliwiają pozycjonowanie z dokładnością od kilku do kilkunastu metrów. Jest to już dokładność zadowalająca w bardzo wielu zastosowaniach, zwłaszcza amatorskich. Obecnie wiele dostępnych na rynku odbiorników GPS ma wbudowaną funkcję ograniczonej rejestracji danych nawigacyjnych. W najtańszych odbiornikach typu moduł lub płytka nadal nie jest to jednak powszechna opcja. Ponadto w wielu zastosowaniach wbudowana funkcja rejestracji nie jest wystarczająca. Ograniczeniem jest zwykle stosunkowo niewielki dostępny rozmiar pamięci przeznaczonej do rejestracji danych, brak możliwości rejestracji dodatkowych zdarzeń zewnętrznych, np. momentów uruchomienia pojazdu, oraz niewielki zakres

zmian okresu rejestracji. Przedstawiony w artykule rejestrator trasy pojazdu rozwiązuje wiele z powyższych problemów i ograniczeń.

Podstawowe wiadomości o systemie GPS

Sygnaly nadawane przez satelity systemu GPS są transmitowane z dwiema koherentnymi częstotliwościami nośnymi: L1 (1575,42 MHz) i L2 (1227,60 MHz). Standardowe cywilne odbiorniki nawigacyjne odbierają wyłącznie sygnał o częstotliwości nośnej L1. Sygnał ten jest modulowany BPSK przez dwa rodzaje kodów pseudolosowych splecionych z informacją nawigacyjną: kod C/A o częstotliwości 1,023 MHz i kod P o częstotliwości 10,23 MHz. Kod P jest dostępny tylko dla autoryzowanych użytkowników systemu GPS. W standardowych cywilnych odbiornikach nawigacyjnych jest wykorzystywany wyłącznie kod C/A.

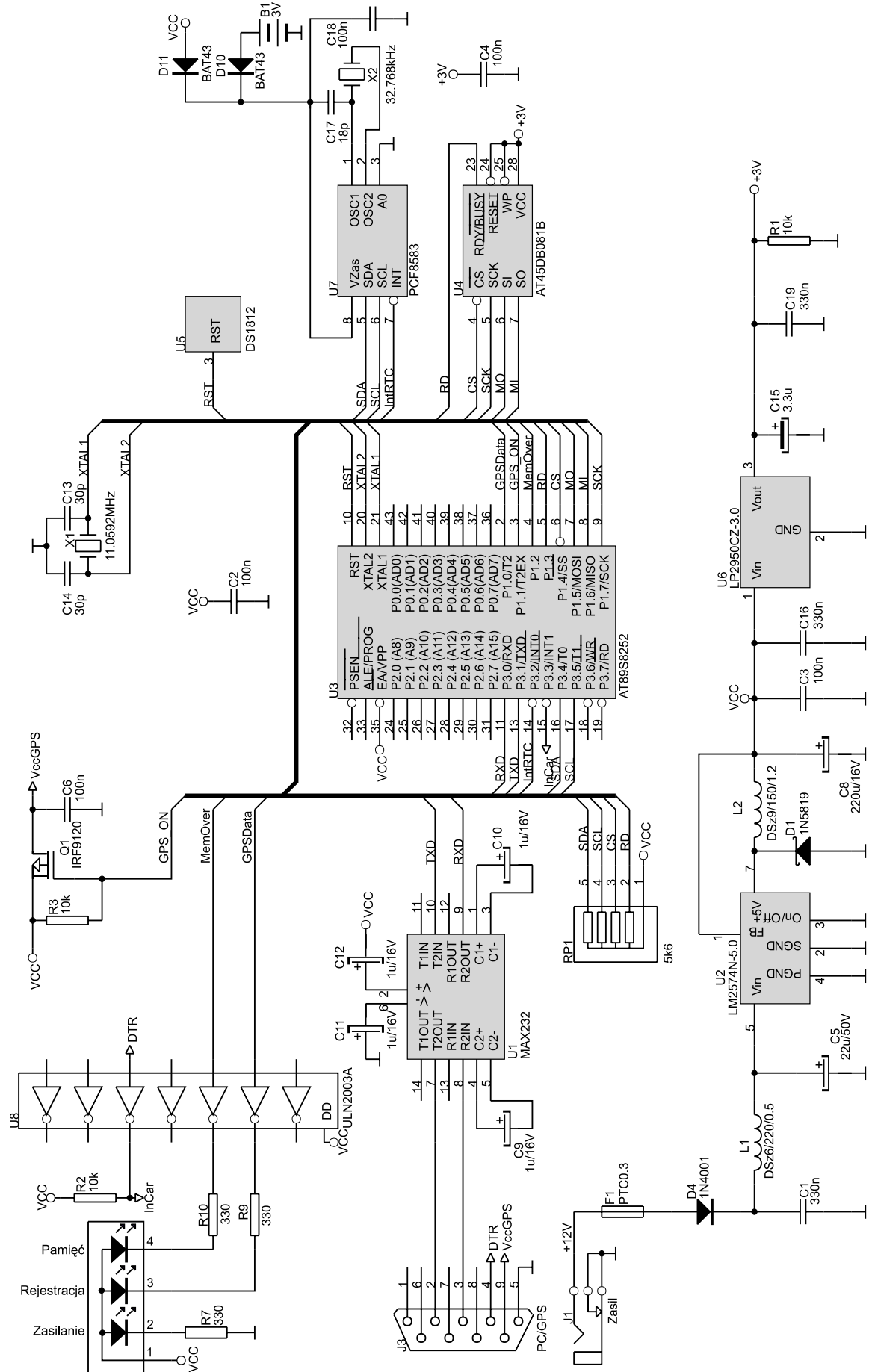
Sygnaly kodowe poszczególnych satelitów są unikatowe, co umożliwia ich identyfikację, a nadawana wraz z nimi informacja obejmuje dane efemeryd oraz almanach. Dane efemeryd, stanowiące około 60% zawartości tzw. depezy nawigacyjnej nadawanej przez każdego satelitę, zawierają informację pozwalającą m.in. na precyzyjne wyznaczenie położenia tego satelity, jego prędkości oraz czasu transmisji sygnału. Dane o almanachu zawierają informację wspólną dla wszystkich satelitów i pozwalają m.in. na przybliżone wyznaczenie ich lokalizacji.

Użytkownik systemu NAVSTAR GPS musi posiadać odbiornik wie-



PODSTAWOWE PARAMETRY

Płytko o wymiarach 124 x 59 mm
Zasilanie +12... +28 V
Konieczny zewnętrzny (dodatkowy) odbiornik GPS
interfejs do odbiornika GPS: port szeregowy
Gniazdo przyłączeniowe GPS: DB9 (żeńskie)
Format danych z GPS: NMEA-0183



Rys. 1. Schemat ideowy rejestratora trasy pojazdu

lokanałowy, co umożliwia równoczesny odbiór i śledzenie sygnałów ze wszystkich lub większości satelitów widzialnych nad horyzontem. Obecnie popularne są odbiorniki 12-kanałowe, chociaż pojawiają się już w sprzedaży tanie odbiorniki o większej liczbie kanałów.

W zależności od wersji, odbiornik GPS dokonuje wszystkich lub niektórych z wymienionych pomiarów:

- czasu odbioru sygnałów otrzymanych od każdego ze śledzonych satelitów, co pozwala na wyznaczenie tzw. pseudoodległości, czyli odległości między nimi a odbiornikiem GPS, obarczonych błędem zegara odbiornika,
- zmian fazy sygnału nośnego w krótkich odcinkach czasu, co umożliwia wyznaczenie dopplerowskiego przesunięcia jego częstotliwości wskutek przemieszczania się satelity względem anteny odbiornika GPS; dane te umożliwiają określenie wzajemnych prędkości, tzw. zmian pseudoodległości,
- chwilowej fazy sygnału nośnego, tzw. ciągłej fazy fali nośnej, co umożliwia określanie relatywnej pozycji anteny odbiornika GPS względem satelity.

W celu wyznaczenia 3-wymiarowego położenia obiektu w systemie GPS, wymagany jest pomiar co najmniej czterech pseudoodległości do różnych satelitów, aby sformułować przynajmniej cztery równania nieliniowe i rozwiązać je ze względu na występujące w nich cztery niewiadome (trzy współrzędne położenia użytkownika i wartość błędu synchronizacji zegara odbiornika z czasem zegarów satelitów systemu GPS). Podobnie, do wyznaczenia prędkości obiektu konieczny jest pomiar czterech zmian pseudoodległości, aby wyznaczyć cztery niewiadome, to jest trzy składowe prędkości i wartość błędu częstotliwości (dryftu) zegara odbiornika.

Odbiorniki GPS rozwiązują równania nieliniowe metodą najmniejszych kwadratów lub z wykorzystaniem filtru Kalmana i dostarczają danych nawigacyjnych w postaci dogodnej do wykorzystania przez użytkownika. Najczęściej dane wyjściowe odbiornika GPS zawierają długość i szerokość geograficzną położenia, wysokość nad ziemską elipsoidą odniesienia, prędkość podróży oraz kurs

rzeczywisty. Dane wyjściowe dostarczane są na ogół przez port szeregowy, w formacie zgodnym z obowiązującym standardem NMEA-0183, zdefiniowanym przez *National Marine Electronics Association* (NMEA), oraz dodatkowo w formacie zdefiniowanym przez producenta odbiornika GPS. Protokół zdefiniowany w standardzie NMEA jest zaimplementowany w prawie wszystkich produkowanych obecnie odbiornikach GPS i z tego względu, jako bardziej uniwersalny, został on zastosowany w rejestratorze trasy.

Budowa i działanie rejestratora

Schemat ideowy rejestratora pokazano na rys. 1. Podstawowym elementem układu jest mikrokontroler AT89S8252 (U3) taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 11,0592 MHz (X1). Oprogramowanie rejestratora jest zapisane w jego wewnętrznej pamięci typu flash. Mikrokontroler ma również wbudowaną pamięć EEPROM o pojemności 2 kB, w której zawarte są parametry konfiguracyjne układu.

Komunikacja rejestratora z komputerem oraz odbiornikiem GPS odbywa się za pomocą interfejsu RS232 (złącze J3 – gniazdo DB9 żeńskie). Układ U1 MAX232 jest konwerterem poziomów TTL (od strony mikrokontrolera) na poziomy interfejs RS232 (± 12 V) i odwrotnie. Na złączu tym są dodatkowo wyprowadzone dwie linie sygnałowe: *DTR* i *VccGPS*. Sygnał *DTR* wykorzystywany jest do „informowania” mikrokontrolera, czy do złącza J3 jest podłączony komputer PC, czy odbiornik GPS. Napięcie +5 V pojawiające się na tej linii (wymuszane programowo przez komputer PC) jest konwertowane do poziomu niskiego za pomocą układu odwracającego ULN2003A (U8) i podawane na linię *INT1* (P3.3) sygnalizując podłączenie rejestratora do komputera. W przypadku braku sygnału na tej linii, co następuje przy podłączeniu odbiornika GPS, oprogramowanie rejestratora pracuje w trybie rejestracji danych. Linia *VccGPS* jest wykorzystywana do zasilania odbiornika GPS napięciem +5 V z układu zasilania rejestratora. Napięcie to jest załączane poprzez klucz tranzystorowy zbudowany w oparciu o tranzystor MOSFET IRF9120 (Q1). Zastosowanie tran-

zystora MOSFET daje możliwość sterowania napięciowego wprost z linii portu P1.1 mikrokontrolera. Odłączanie i ponowne załączanie zasilania odbiornika GPS powoduje jego resetowanie, gdy jego oprogramowanie się „zawiesi” i przestanie przekazywać dane nawigacyjne do rejestratora. Doświadczenia autorów z tanimi modułami GPS wskazują, że taką możliwość należy brać pod uwagę.

Dane o położeniu obiektu (pojazdu) są zapisywane w pamięci typu Serial DataFlash AT45DB081B (U4) o pojemności 8 Mbitów (8650752 bity zorganizowane jako 4096 stron 264-bajtowych).

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R3: 10 k Ω
R7, R9, R10: 330 Ω
RP1: 5,6 k Ω (drabinka rez.)

Kondensatory

C9, C10...C12: 1 μ F/16 V
C15: 3,3 μ F (tantalowy)
C17: 18 pF
C13, C14: 30 pF
C5: 22 μ F/50 V
C8: 220 μ F/16 V
C2...C4, C6, C18: 100 nF
C1, C16, C19: 330 nF

Elementy indukcyjne

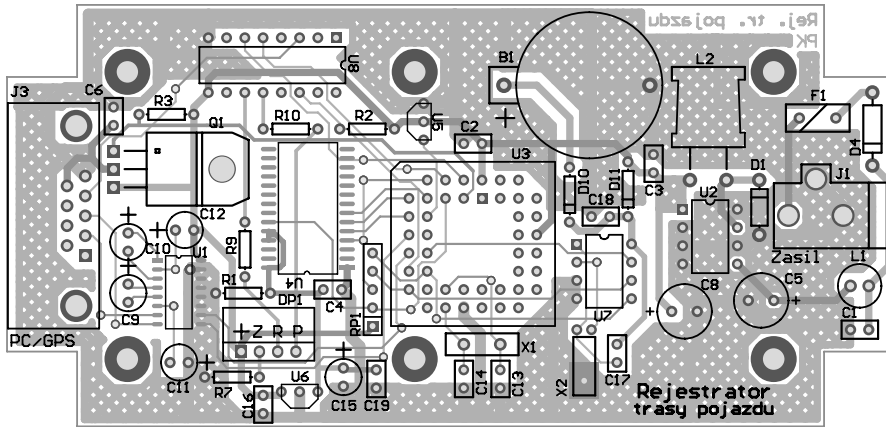
L1: DSz6/220/0,5 (prod. Feryster)
L2: DSz9/150/1,2 (prod. Feryster)

Półprzewodniki

D1: 1N5819
D4: 1N4001
D10, D11: BAT43
DP1: 3 diody LED 3 mm (czerwona, zielona i żółta)
U1: MAX232
U2: LM2574N-5.0
U3: AT89S8252-24JC (PLCC44)
U4: AT45DB081B-RI
U5: DS1812-5
U6: LP2950CZ-3.0
U7: PCF8583P (DIP8)
U8: ULN2003A
Q1: IRF9120

Inne

X1: kwarc 11,0592 MHz
X2: kwarc 32,768 kHz
B1: CR2032 (bateria + podstawka)
Podstawka PLCC44
J3: Gniazdo DB9 żeńskie do druku
J1: gniazdo zasilające do druku 5,5x2,1
F1: bezpiecznik polimerowy PTC0,3



Rys. 2. Schemat montażowy płytki rejestratora

Wymiana danych pomiędzy tą pamięcią a mikrokontrolerem odbywa się poprzez interfejs szeregowy SPI (*Serial Peripheral Interface*).

W komórkach pamięci RAM układu zegara-kalendarza PCF8583 (U7) zapamiętywana jest liczba zapisanych rekordów trasy pojazdu pobranych z odbiornika GPS. Zadaniem tego układu jest ponadto odmierzenie odcinków czasu odpowiadających ustawionemu okresowi rejestracji (np. 20 sekund) i generowanie niskiego poziomu napięcia na linii *IntRTC*, w celu poinformowania mikrokontrolera o kolejnej rejestracji. Dla podtrzymania zawartości pamięci RAM (przy braku zasilania głównego) zastosowano zasilanie baterijne w postaci baterii CR2032 (B1) o napięciu 3 V. Przy znikomym poborze prądu przez układ PCF8583 (rzędu 10 μ A) bateria ta wystarcza na około 2 lata nieprzerwanej pracy.

Komunikacja mikrokontrolera z układem U7 odbywa się poprzez interfejs I²C. Linia danych *SDA* oraz sygnału zegarowego *SCL* jest „podciągnięta” do napięcia zasilania *VCC* poprzez rezystory 5,6 k Ω (drabinka rezystorów RP1).

Układ resetu DS1812 (U5) powoduje restart oprogramowania mikrokontrolera po jego „zawieszeniu” się wskutek wahań napięcia zasilania. Wahaniami napięcia zasilania mogą się pojawić w szczególności przy uruchamianiu samochodu (ze względu na duży pobór prądu z akumulatora w momencie rozruchu i duży spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej akumulatora). Sygnalizacja stanu pracy rejestratora odbywa się za pomocą trzech diod ze wspólną anodą (DP1) o kolorach: czerwonym, zielonym

i żółtym. Dioda czerwona sygnalizuje zasilanie rejestratora. Migotanie diody żółtej (raz na sekundę) świadczy o zapelnieniu ponad 80 % pamięci rejestratora, a świecenie światłem ciągłym oznacza zapelnienie całej dostępnej pamięci. Świecenie diody zielonej jest zależne od trybu pracy rejestratora:

- w trybie rejestracji – migotanie tej diody (raz na sekundę) świadczy o dostarczaniu przez odbiornik GPS prawidłowych danych do rejestratora, natomiast świecenie światłem ciągłym oznacza, że rejestrator otrzymuje dane z odbiornika GPS, ale nie zawierają one prawidłowo określonego położenia pojazdu (np. ze względu na brak widoczności satelitów GPS); naprzemienne świecenie diody przez około 2 sekundy i gaśnięcie na około 10 sekund oznacza brak komunikacji rejestratora z odbiornikiem GPS (np. ze względu na ich niewłaściwe połączenie),
- w trybie komunikacji z komputerem - świecenie światłem ciągłym oznacza, że trwa przesyłanie danych z rejestratora do komputera PC.

Ze względu na niską wydajność prądową wyjść mikrokontrolera, diody świecące LED muszą być sterowane poprzez układ buforujący (wzmacniacz prądowy) ULN2003A (U8). Rezystory R7, R9 i R10 ograniczają prąd każdej diody do ok. 13 mA, zapewniając odpowiednią jasność ich świecenia.

Rejestrator może być zasilany napięciem w granicach od +8 V do +28 V. Tak szeroki zakres napięć zasilania (umożliwiający pracę rejestratora także w samochodach ciężarowych z instalacją +24 V) jest możliwy do

uzyskania dzięki zastosowaniu stabilizatora impulsowego LM2574. Stabilizatory impulsowe mają, w stosunku do stabilizatorów liniowych np. LM7812, bardzo wysoką energetyczną sprawność przetwarzania, dzięki czemu uzyskuje się małe straty mocy. W związku z tym układy te wydzielają znacznie mniej ciepła, a tym samym nie ma problemu z jego odprowadzaniem. Problem ten ujawnia się w szczególności przy obniżaniu napięcia +24 V do napięcia +5 V. Wprowadzie wg danych katalogowych układ LM7812 pracuje do napięcia wejściowego +30 V, ale przy poborze prądu 150 mA (rejestrator + odbiornik GPS), układ ten grzeje się bardzo silnie. Napięciem $V_{CC}=+5$ V zasilane są wszystkie elementy rejestratora za wyjątkiem pamięci flash (U4), która musi być zasilana napięciem +3 V. Prawidłowa praca stabilizatora impulsowego LM2574 zależy od zastosowania elementów pasywnych (C5, C8 i L2) o właściwych parametrach, tzn. kondensatory elektrolityczne powinny mieć małą zastępczą rezystancję szeregową (ESR) oraz cewka powinna mieć małą rezystancję DC.

W celu uzyskania napięcia +3 V zastosowano stabilizator LDO (o niskim spadku napięcia) LP2950CZ-3.0 (U6). Do wyjścia tego stabilizatora powinien być podłączony kondensator o rezystancji szeregowej $ESR < 5 \Omega$, z tego względu zastosowany został kondensator tantalowy (C15).

Rejestrator jest zabezpieczony przed podłączeniem źródła zasilania o niewłaściwej polaryzacji (dioda D4) oraz zabezpieczony przeciwzwarciowo za pomocą bezpiecznika polimerowego typu *polyswitch* (F1). Stosowanie tego typu bezpieczników jest bardzo dogodny, gdyż zwarcie nie powoduje ich trwałego uszkodzenia, a po ustąpieniu przyczyny zwarcia wracają one do swoich pierwotnych parametrów. Są to więc bezpieczniki wielokrotnego użytku.

Rejestrator współpracuje z dowolnym odbiornikiem GPS z wyjściem szeregowym RS232, zasilanym napięciem +5 V. Odbiornik powinien być wyposażony w męski wtyk DB-9 o rozmieszczeniu wypro-

Tab. 1. Opis dołączenia sygnałów do wprowadzeń wtyku GPS DB-9

Numer końcówki	Oznaczenie	Opis
2	RX	dane odbierane
3	TX	dane nadawane
5	GND	masa
9	VCC	zasilanie +5V

wadzeń sygnałów poszczególnych końcówek zgodnie z **tab. 1**.

Odbiornik GPS należy skonfigurować następująco:

- dane wyjściowe w formacie NMEA-0183,
- szybkość transmisji 4800 b/s,
- włączona transmisja wiadomości RMC z okresem 1 s,
- wyłączona transmisja wszystkich innych wiadomości,
- włączone przesyłanie sumy kontrolnej.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu (schemat montażowy pokazano na **rys. 2**) nie powinien przysporzyć większych problemów, aczkolwiek szczególnej uwagi wymaga lutowanie elementów montowanych powierzchniowo (U1 i U4) – od nich właśnie należy rozpocząć prace montażowe. Następnie należy wlotować elementy o najmniejszych gabarytach, tzn. rezystory, diody, kondensatory oraz pozostałe układy scalone, podstawkę pod mikrokontroler i baterię, a na końcu gniazdo zasilające i DB9.

Uruchomienie rozpoczynamy od sprawdzenia napięć zasilających: +5 V na nóżce 1 układu U6, 44 – U3, 8 – U7 i 16 – U1, oraz +3 V na nóżce 3 – U6 i nóżki 24, 25 i 28 układu U4, następnie wkładamy baterię CR2032 do podstawki i sprawdzamy napięcie na nóżce 8 układu U7 – powinno ono wynosić ok. 2,5 V (przy odłączonym zasilaniu). Poprawność

zasilania rejestratora sygnalizowana jest świeceniem czerwonej diody LED.

W dalszej kolejności wkładamy zaprogramowany mikrokontroler i podłączamy zasilanie. Przy odłączonym odbiorniku GPS powinna okresowo, co około 10 sekund, migotać zielona dioda LED, natomiast po dołączeniu odbiornika GPS do gniazda J3, dioda ta powinna zacząć świecić światłem ciągłym lub pulsującym z częstotliwością 1 Hz. Dioda zielona świeci światłem ciągłym dopóki odbiornik GPS nie określi swojego położenia, zaś światłem pulsującym po ustaleniu położenia.

Kolejną czynnością jest sprawdzenie komunikacji rejestratora z komputerem PC. W tym celu korzystamy ze specjalnie przygotowanego programu do obsługi rejestratora *Rejestrator GPS* lub programu *HyperTerminal* będącego standardowym programem systemu *Windows*. Najprostszą metodą sprawdzenia poprawności komunikacji rejestratora z komputerem PC jest użycie programu *HyperTerminal*. W tym celu łączymy rejestrator z komputerem za pomocą standardowego kabla do transmisji szeregowo RS232, zakończonego z jednej strony wtykiem męskim DB9, a z drugiej strony wtykiem żeńskim DB9. Następnie uruchamiamy program *HyperTerminal* i konfigurujemy port szeregowy komputera, do którego podłączony jest rejestrator (np. COM1):

- szybkość transmisji – 57600 b/s,
- bity danych – 8,
- parzystość – brak,
- bity stopu – 1,
- sterowanie przepływem – brak.

Po ustawieniu parametrów portu szeregowego, do którego podłączony jest rejestrator, w oknie głównym programu należy wydać komendę **?M<ENTER>**. W odpowiedzi powinien się pojawić tekst: **0, 65535** – informujący o stanie pamięci rejestratora (0 zapisanych rekordów z dostępnej ilości 65535).

Jeśli wszystkie opisane sprawdzenia się powiodły to rejestrator działa prawidłowo i może być już używany do rejestracji trasy. Wskazane jest jednak jego uprzednie skonfigurowanie i ustawienie okresu rejestracji najlepiej dopasowanego do potrzeb użytkownika. Czynności te można wykonać również za pomocą programu *HyperTerminal* lub programu *Rejestrator GPS*. Składnia i przeznaczenie dostępnych komend obsługi rejestratora z wykorzystaniem programu *HyperTerminal* oraz zasada posługiwania się programem *Rejestrator GPS* zostaną opisane w następnej części artykułu.

Piotr Kaniewski
pkaniewski@wel.wat.edu.pl
Piotr Komur
pkomur@wel.wat.edu.pl

W ofercie handlowej AVT jest dostępna:
 - [AVT-388A] płytka drukowana

ACSELEKTRONIK
 Szydłowiec 26-500 ul.Kolejowa 11 e-mail: acs@acs.ats.pl
 Tel/fax 0486176000, tel 0600332061

OSCYLOSKOPY CYFROWE

www.acs.ats.pl

ADS 220 2x60MHz 200MSPS



PROGRAMATORY PAMIĘCI

Uniwersalne programatory
Vi-LAB, ERICA, Ps32

Vi-LAB wirtualne laboratorium

- ✓ programator 1400 układów, ZIF 48Pin 0,3"-0,6"
- ✓ tester TTL, CMOS, PLD
- ✓ emulator czasu rzeczywistego (8MB-16Bit 27xxx, 62xxx, 24Cxxx, 93Cxxx, 25/95xxx)
- ✓ komunikacja port drukarkowy ECP
- ✓ samodzielne dodawanie nowych algorytmów język ISPA



Profesjonalne programatory
XELTEK



SuperPRO 8000, 2000, 680, V, LX, 280, Z

- ✓ obsługa ponad 8000 układów
- ✓ modele z LCD pracujące bez komputera
- ✓ programatory wielokrotne o wydajności 1000 układów/h
- ✓ praca z układami większymi niż 100końcówek

- ✓ pasmo 2x60MHz
- ✓ rozdzielczość 8bitów/kanal
- ✓ próbkowanie 2x200MSPS, 3.3 x pasmo
- ✓ zakres 5mV-5V/DIV (1:1)
- ✓ zewnętrzny kanał wyzwalania EXT
- ✓ analiza FFT
- ✓ interpolacja przebiegów sin(x)/x
- ✓ autokalibracja 24bitowa
- ✓ wyjście kompensacji sond pomiarowych
- ✓ impedancja wejściowa 1M, pojemność 20pF
- ✓ połączenie z komputerem IEEE1284-ECP
- ✓ pełny resampling przebiegu (możliwość zmiany czasu i wzmocnienia na zatrzymanym przebiegu)
- ✓ automatyczne pomiary: częstotliwość, okres, peak to peak, RMS, wartość średnia
- ✓ symulacja wirtualnej płyty czołowej oscyloskopu
- ✓ oparty na układach AnalogDevices, Burr-Brown, Xilinx
- ✓ w połączeniu z komputerem notebook - idealne stanowisko pomiarowe