



# Szpieg samochodowy

## Lokalizator z odbiornikiem GPS



Urządzenie składa się z dwóch modułów: mobilnego i stacjonarnego.

Moduł mobilny umieszcza się na obiekcie, który będzie śledzony.

Ma wbudowany odbiornik GPS i moduł GSM, dzięki którym może przesyłać dane o swojej lokalizacji. Część stacjonarna jest wyposażona tylko w moduł GSM i współpracuje z komputerem PC. Dzięki temu jest możliwe śledzenie trasy urządzenia mobilnego np. na mapie.

**Rekomendacje:** lokalizator przyda się do monitorowania trasy pojazdu lub innego, przemieszczającego się obiektu i może być bazą sprzętową do budowy własnych, bardziej rozbudowanych systemów monitoringu.

Najważniejszą różnicę pomiędzy modułem mobilnym i stacjonarnym tworzy oprogramowanie mikrokontrolera w każdym z tych urządzeń. Występują także różnice sprzętowe. Urządzenie stacjonarne jest dołączane do komputera i nie ma baterii zasilającej. Jeśli będzie taka potrzeba, to można je wyposażyć w odbiornik GPS. Jest to wygodne rozwiązanie podczas śledzenia w plenerze np. samochodu. Widzimy wtedy położenie geograficzne śledzonego samochodu, a także własne, dzięki czemu jest łatwiej zorientować się, w którą stronę musimy się udać. Komunikacja pomiędzy modułami odbywa się za pomocą sieci GSM.

Schemat blokowy „szpiega” pokazano na rysunku 1, natomiast schemat ideowy na rysunku 2.

### Blok zasilania

Blok zasilania składa się z trzech obwodów: detekcji, ładowarki akumulatora i stabilizatora. W projekcie przewidziano,

że urządzenie może być zasilane napięciem o wartości:

- 5 V z portu USB komputera PC,
- 12 V z instalacji samochodu osobowego,
- 24 V z instalacji pojazdu ciężarowego.

Głównym zadaniem obwodu detekcji jest takie przełączanie dróg sygnału zasilania, aby na jego wyjściu otrzymać napięcie o wartości 5 V zasilające blok ładowarki.

Na wejściu obwodu detekcji zasilania zastosowano tranzystor polowy T1, który zabezpiecza go przed odwrotną polaryzacją. Najprostszym rozwiązaniem wydawałoby się zastosowanie diody krzemowej, jednak spadek napięcia na jej złączu jest zbyt duży. Ładowarka akumulatorów potrzebuje napięcia o co najmniej 0,8 V wyższego od napięcia w pełni naładowanych 3 akumulatorów AAA. Pomimo stosunkowo niewielkiego prądu zasilania pobieranego przez moduł GSM, jego wartość chwilowa może sięgać 2 A. Zatem wybierając tranzystor należy się kierować najniższą wartością parametru  $R_{ds(on)}$ ,

**AVT-5269 w ofercie AVT:**  
AVT-5269A – płytka drukowana

#### Podstawowe informacje:

- napięcie zasilania 5, 12 lub 24 V
- moduł stacjonarny zasilany z portu USB, moduł ruchomy z baterii akumulatorów AA
- wbudowana ładowarka akumulatorów
- możliwość wyposażenia modułu stacjonarnego w odbiornik GPS i śledzenia pozycji względnej
- komunikacja pomiędzy modułami poprzez sieć GSM

#### Dodatkowe materiały na CD i FTP:

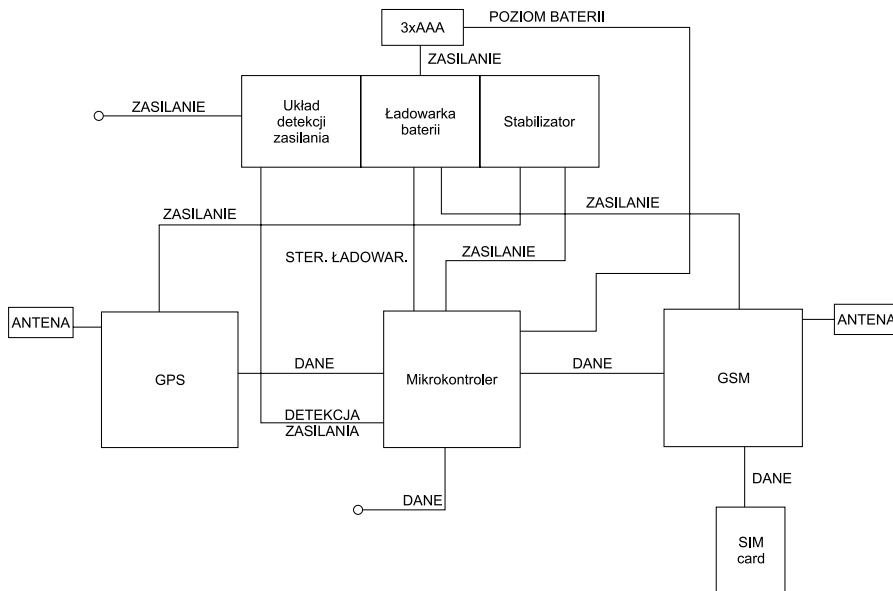
- <ftp://ep.com.pl>, user: 16195, pass: 4k17u606
- wzory płytek PCB
  - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym

#### Projekty pokrewne na CD i FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

- AVT-5261 Urządzenie telemetryczne z modułem GSM SIM 300D (EP 10/2010)
- AVT-5244 GPS-owy rejestrator trasy (EP 7-2010)
- AVT-5231 Lokalizator GPS-GSM (EP 4/2010)
- AVT-5169 Odbiornik GPS (EP 01/2009)
- AVT-5123 Prędkościomierz GPS (EP 2/2008)
- AVT-1434 Adapter USB dla odbiornika GPS (EP 8/2006)
- AVT-388 GPS-owy rejestrator trasy (EP 4-5/2005)
- AVT-1454 Odbiornik GPS (EP 8/2007)

by spadek napięcia na tranzystorze był jak najmniejszy. W prototypie zastosowałem tranzystor małej mocy w obudowie SOT-23. Co prawda tranzystory mocy w większych obudowach charakteryzują się lepszymi parametrami, ale też zajmują więcej miejsca. Wybrano tranzystor będący kompromisem pomiędzy wymaganiami odnośnie do  $R_{ds(on)}$  a zajmowaną powierzchnią. Pomimo tego spadek napięcia przy przepływie maksymalnego prądu obciążenia i tak jest niewielki.



Rysunek 1. Schemat blokowy pojedynczego modułu lokalizatora. W większości zastosowań moduł stacjonarny nie ma odbiornika GPS

Po odwrotnym dołączeniu źródła tranzystor zostaje zatknięty i nie płynie przez niego żaden prąd.

Rezystor R1 i dioda Zenera DZ1 są podłączone w konwencjonalny sposób. Jeżeli wartość napięcia zasilającego jest poniżej 5,1 V, to spadek napięcia na rezystorze R1 jest niewielki. Jeśli napięcie zasilające przekroczy 5,1 V, to na przez R1 zaczyna płynąć prąd i odkładać się proporcjonalny do niego spadek napięcia. Jeżeli spadek na rezystorze będzie w granicach minimalnego napięcia zadziałania tranzystora T2, to zacznie on przewodzić. Tranzystor T2 jest pracuje w układzie ze wspólnym emiterem. Jeżeli T2 nie przewodzi, napięcie na bramce tranzystora T3 będzie bliskie zera i będzie on otwarty. Gdy T2 przewodzi, to napięcie na bramce T3 będzie takie samo, jak napięcie na źródle T3, wskutek czego, T3 nie będzie przewodził.

Jeżeli napięcie zasilające jest niższe niż 5,4 V, to tranzystor T3 przewodzi, a prąd pobierany przez resztę układu przepływa przez T3 z pominięciem stabilizatora U2. Jeżeli napięcie na wejściu osiągnie wartość wyższą niż 5,4 V, tranzystor T3 zostanie zatknięty wskutek czego prąd zasilania pozostałych podzespołów będzie płynął poprzez stabilizator liniowy.

Nie powinno się zasilać urządzenia napięciem pomiędzy 5,4 V a 6 V, ponieważ stabilizator U2 do prawidłowego działania potrzebuje różnicy napięć pomiędzy wejściem a wyjściem rzędu 1...1,5 V. W przypadku dołączenia zasilacza, którego napięcie jest równe np. 5,7 V, tranzystor T3 zostanie zatknięty i przez stabilizator będzie płynął prąd, jednak napięcie na jego wyjściu będzie miało wartość około 4,7 V. Nie wpłynie to niszcząco komponenty, jednak obwody ładowarki baterii nie będą działały prawidłowo.

Należy także zwrócić uwagę na spadek napięcia na tranzystorze T3. Podobnie jak

przez T1, będzie przez niego przepływał prąd sięgający 2 A i dlatego jest ważne, aby jego rezystancja  $R_{ds(on)}$  była zbliżona do zera. Gdy T3 przewodzi, to zwiera wejście stabilizatora z wyjściem. W stabilizatorze zadziałają zabezpieczenia i będzie przez niego pobierany prąd ok. 3 mA. Jest to normalne, nieniszczące zachowanie się stabilizatora. Pobór prądu jest całkowicie dopuszczalny, zważywszy, że będzie występował tylko wtedy, gdy jest podłączone zewnętrzne źródło zasilania.

Kondensatory C9 i C10 służą do filtrowania napięcia na wejściu i wyjściu U2. Kondensator C9 musi mieć napięcie nominalne rzędu 35 V, ponieważ oprócz tego, że zakłada się prawidłową pracę „szpiega” przy zasilaniu napięciem z instalacji samochodu ciężarowego 24 V, trzeba jeszcze wziąć pod uwagę także różnego rodzaju przepięcia i inne anomalie występujące w instalacji samochodowej. Podobnie tranzystory T1 i T3. Zważywszy na to, że tranzystory muszą być w obudowach SOT-23, trzeba osiągnąć kompromis pomiędzy napięciem dopuszczalnym a parametrem  $R_{ds(on)}$ .

Zadaniem ładowarki jest ładowanie znacznym prądem trzech akumulatorów AAA. Prąd ładowania jest regulowany przez tranzystor T4 sterowany przebiegiem PWM za pomocą mikrokontrolera.

Diody D6...7 zmniejszają napięcie doprowadzone do wejścia mikrokontrolera. Jeżeli na porcie USB wystąpi napięcie nieco wyższe niż 5 V (np. 5,2 V), to pojawi się niebezpieczeństwo uszkodzenia mikrokontrolera. Zastosowanie diod ogranicza napięcie do bezpiecznej wartości. Przy tak mały prądzie, który przepływa przez wyprowadzenie mikrokontrolera suma spadków napięcia na złączach diod wynosi około 0,5 V zamiast spodziewanego 1,2 V i stąd konieczność użycia dwóch diod.

### Wykaz elementów

#### Rezystory: (SMD 0805)

R1: 240 k $\Omega$   
 R2, R3, R4, R8, R9: 100 k $\Omega$   
 R11, R12, R16: 200 k $\Omega$   
 R17: 110 k $\Omega$   
 R5: 10  $\Omega$   
 R13, R14: 22  $\Omega$   
 R15: 1,5 k $\Omega$   
 R10: 47 k $\Omega$   
 R20: 100  $\Omega$

#### Kondensatory:

C1, C3, C4: 100 nF (SMD 0805)  
 C2: 10 nF (SMD 0805)  
 C5, C6: 47 pF (SMD 0805)  
 C7, C12, C13: 1  $\mu$ F (SMD 0805)  
 C8: 200  $\mu$ F/6,3 V (tantalowy B)  
 C9: SMD 10  $\mu$ F (SMD 1206)  
 C10, C11: 10  $\mu$ F (SMD 0805)  
 C14...C16: 4,7  $\mu$ F (SMD 0805)  
 C17: 220 nF (SMD 0805)

#### Półprzewodniki:

D1: MBR0530T1G  
 D8: BAV99W  
 U2: LM1117MP-5.0/N0  
 U3: MAX1792EUA33+  
 U4: odbiornik GPS GPSFGPMOSL3  
 U5: SIM300D  
 U6: STM32F103C6T6  
 Gniazdo MINI USB-B katowe SMD 5-pin  
 T1: MMBF170LT1G  
 T2, T4: BC807-40  
 T3: BSS83P  
 T5: TSM2302CX  
 T6: IRLML6302PB  
 T7: TSM2301CX

DZ1: dioda Zenera ZSMD 6V2

#### Inne:

S1: przełącznik suwakowy (Maritex SWS12N10F02)  
 Złącze kart SIM (CARD-SIMEE8C15)  
 A1: antena GPS, SMD, wym. 10×3×1,47 mm (GPS-ANT1003)  
 A2: antena GSM (opis w tekście)  
 G1: akumulatory AAA (2200 mAh), 3 szt.  
 Uwaga: wymieniono elementy składowe pojedynczego modułu

Rezystory R16 i R17 tworzą dzielnik, który doprowadza sygnał do wejścia mikrokontrolera. Niezależnie od źródła zasilania, na wejściu dzielnika występuje napięcie 4,99...5,4 V. W przypadku, gdy zostanie dołączone źródło zasilania o napięciu niższym niż jest zalecane (poniżej 4,99 V), mikrokontroler zinterpretuje napięcie na dzielniku jako poziom niski. Dzięki temu można ustalić odpowiednią reakcję programu sterującego. Na przykład, jeśli zostanie dołączony zasilacz o napięciu np. 2 V, to program nie włączy ładowania akumulatorów, ponieważ włączenie tranzystora T4 stanie się przyczyną rozładowywania się baterii a nie ich naładowania. R16 i R17 powinny mieć tolerancję 1%. Na wejściu mikrokontrolera pojawi się poziom niski, jeżeli na wejściu dzielnika napięcie będzie mniejsze niż 3,3 V, zaś stan wysoki, jeżeli większe od 4,84 V.

Maksymalne napięcie, które wystąpi emiterze T4 wynosi 5,4 V. Tranzystor nie musi mieć małej rezystancji w stanie prze-



wodzenia, ponieważ spadek napięcia na nim wpłynie tylko na ładowane akumulatory redukując prąd ich ładowania.

Rezystor R7 doprowadza prąd podtrzymujący do akumulatorów, który utrzymuje je w stanie naładowanym. Dioda D1 ma za zadanie zapobiec rozładowaniu akumulatorów, gdy do urządzenia zostanie podłączony zasilacz o zbyt niskim napięciu zasilania.

Tranzystor T5 ma za zadanie chronić dalsze układy przed uszkodzeniem, gdy zostanie odwrócona polaryzacja akumulatorów. Jest to taki sam układ jak opisany wcześniej z tranzystorem T1 chroniący przed odwrótną polaryzacją źródła. Rezystory R8 i R9 tworzą dzielnik rezystancyjny, z którego napięcie jest podawane na wejście analogowe mikrokontrolera. Dzięki temu program może mierzyć napięcie baterii i kontrolować ich stan. Trzeba pamiętać, że napięcie na wejściu A/C nie może przekraczać 3,6 V, ponieważ grozi to uszkodzeniem mikrokontrolera.

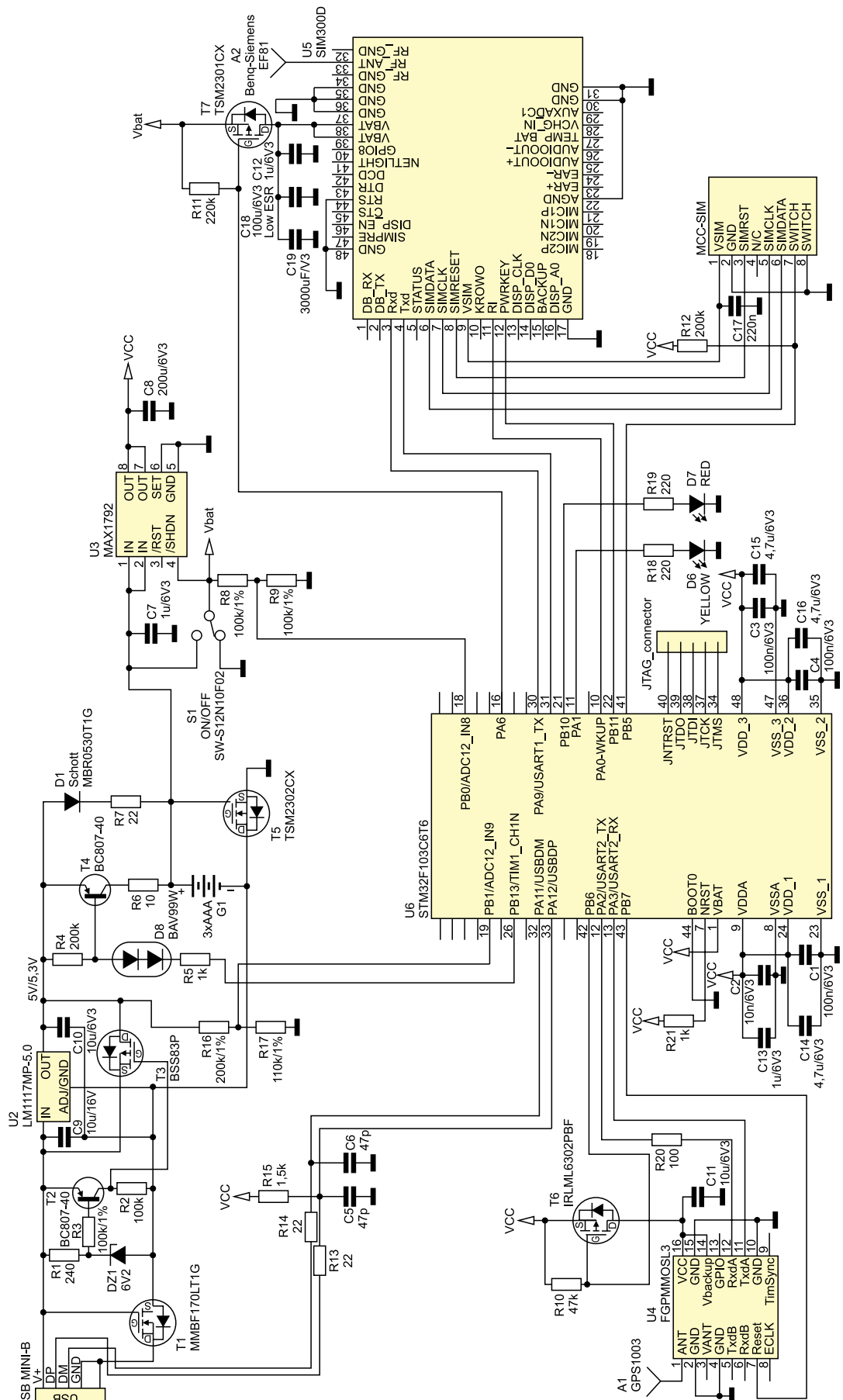
Rolę stabilizatora napięcia zasilania 3,3 V pełni układ U3 o obciążalności 0,5 A. Najbardziej prądożernym odbiornikiem jest moduł GPS. Stabilizator ten zasila także mikrokontroler STM32F103C6T6 pobierający w najgorszym przypadku ok. 40 mA. Stabilizator ma pin SHDN, który służy do jego wyłączenia. W urządzeniu zastosowano połączony z nim przełącznik dwustanowy, który pełni rolę wyłącznika zasilania.

**Interfejs USB**

Standard USB zaleca, aby na wejściach linii danych portu USB używać układów zabezpieczających. Diody D2...D5, rezystory R13...R14 i kondensatory C5...C6 zabezpieczają wejście interfejsu USB przez przepięciami

i zakłóceniami. Innym rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie specjalnych układów scalonych integrujących wszyst-

kie niezbędne zabezpieczenia dla portu USB. Układem takim mógłby być np. USBUF01W6.



Rysunek 2. Schemat ideowy pojedynczego modułu





Rysunek 3. Wygląd anteny GSM

Rezystor R15 o wartości 1,5 k $\Omega$  jest wymagany przez standard USB. Między innymi informuje urządzenie Host USB, że zostało do niego dołączone urządzenie.

### Blok GPS

Moduł GPS typu FGPMMOSL3 (U4) jest miniaturowym odbiornikiem informującym o pozycji geograficznej i prędkości poruszania się. Odnacza się świetną celnością w miejskiej zabudowie. Jest jednym z najmniejszych odbiorników na rynku (wymiary 11,5×13×1,9 mm). Moduł pobiera prąd 55 mA podczas wyszukiwania satelitów, natomiast 39 mA w ustabilizowanej pracy. Dokładność, z którą moduł potrafi podawać pozycję wynosi 3 m. Czas, który jest potrzebny podczas zimnego startu to 36 s, ciepłego – 33 s, gorącego – 1 s. Wyposażono go w interfejs UART, przez który moduł komunikuje się z systemem nadrzędnym z prędkością 9600 b/s. Dane aktualizujące pozycję mają format NMEA i mogą być dostarczane z częstotliwością do 5 Hz. Moduł wymaga użycia anteny zewnętrznej. Wymaga napięcia zasilającego w przedziale 3,0...5,0 V.

Moduł GPS ma wyprowadzenie zerowania, które jest dołączone do mikrokontrolera i nadzorowane przez jego oprogramowanie. Piny TxDA i RxD A są wyprowadzeniami UART. TimSync jest używany do transferu informacji do GPS AGPS-kodem, w tym projekcie nieużywane. ELCK jest używany do poprawnego sterowania zegarem AGPS – także nieużywane. VANT pin to wejściowe zasilanie dla zewnętrznej anteny. Pin ANT, jest wejściem anteny.

Zastosowano antenę typu GPS1003 wlutowywaną na płytce drukowanej. Jej zaletami są mały ciężar i niewielkie wymiary. Częstotliwość środkowa to 1575 MHz, zysk energetyczny 4,3 dB, polaryzacja liniowa, impedancja 50  $\Omega$ .

Cały moduł jest załączany przez tranzystor T6 sterowany z wyjścia mikrokontrolera. Tranzystor ten został dobrany pod kątem poboru prądu przez moduł, spadku napięcia na nim i mocy, którą może rozproszyć. Tranzystor pracuje w konfiguracji ze wspólnym źródłem. Rezystor R10 podciąga napięcie jego bramki.

### Blok GSM

Komunikacja odbywa się poprzez trzyzakresowy moduł GSM/GPRS typu SIM300D (U5). Jest on przystosowany do pracy z częstotliwością 900/1800/1900 MHz. Moduł musi być zasilany napięciem 3,4...4,5 V. W układzie jest on zasilany bezpośrednio z baterii. Powodem jest duży, chwilowy pobór prądu sięgający do 2 A. Bardziej wygodnym rozwiązaniem byłoby zasilanie modułu przez stabilizator, ponieważ nie trzeba by martwić się o górne, dozwolone napięcie modułu (4,5 V). Jest to istotne, ponieważ w sytuacji, gdy zostanie wyjęty zestaw baterii, a zarazem urządzenie będzie podłączone do źródła zasilania, w punkcie plusa baterii napięcie będzie wynosiło ok. 5,4 V i będzie ono zasilalo moduł GSM, co może doprowadzić do jego uszkodzenia. Użycie zastosowanie drugiego stabilizatora, podobnej klasy jak U3, ale o wydajności prądowej 2 A byłoby zbyt drogie i zajmowałoby zbyt dużo miejsca.

Ochronę modułu GSM wykonano na dwa sposoby. Pierwszy programowy polega na odłączeniu zasilania modułu, jeśli napięcie zmierzone przez mikrokontroler będzie zbyt wysokie. Jednak tę metodę ochrony należy traktować jako zawodną, ponieważ istnieje możliwość błędnego wykonania programu. Druga sposób polega na zastosowaniu rezystora R6. Jeżeli baterie zostaną wyjęte, to prąd będzie płynął przez rezystor R6 o wartości 10  $\Omega$ . Spadek napięcia na R6 będzie wystarczający, by moduł był zasilany bezpiecznym napięciem. Jedynie w przypadku, gdy moduł jest w stanie niskiego poboru prądu (2 mA) zabezpieczenie nie spełnia

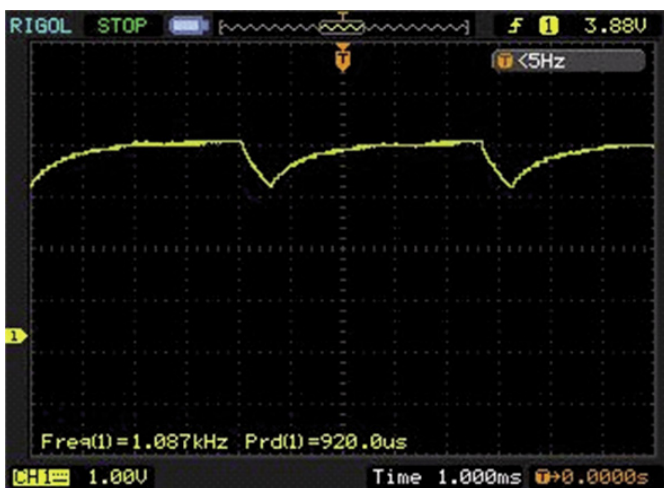
swojej roli. Wtedy liczy się na zabezpieczenie software. Należy także dodać, że jeżeli zostaną wyjęte baterie, po krótkim czasie mikrokontroler wykryje to i nie tylko odłączy zasilanie od modułu GSM, ale również możliwość ładowania baterii (zatkanie T4). Wskutek tego prąd może tylko płynąć przez rezystor R7 (50  $\Omega$ ) co zmniejsza prawdopodobieństwo uszkodzenia modułu. Dodatkowo, jeżeli program wyłączy tranzystor T4, to w tej samej procedurze wyłączy także zasilanie modułu.

Osiągając pewien kompromis pomiędzy bezpieczeństwem uszkodzenia układu a zmniejszeniem kosztów urządzenia podjęto decyzję o bezpośrednim podłączeniu modułu do baterii.

Piny modułu, jakie zostały użyte to: RF\_ANT – jest to wejście dla anteny. Piny RF\_GND służą do ekranowania krótkiej ścieżki na płytce prowadzącej do anteny, by chronić ją przed innymi falami elektromagnetycznymi. Innymi słowy: zapobiegnięciu, aby ten krótki odcinek ścieżki nie stał się dodatkową anteną o charakterystyce częstotliwościowej niweczącej pracę głównej anteny.

Do komunikacji z mikrokontrolerem moduł używa interfejsu UART z pełną kontrolą sprzętową, zaś mikrokontroler nie używa sprzętowej kontroli danych, zatem pin RTS jest zwarty z masą. Piny Rxd i Txd służą do komunikacji z uC. Odbywa się ona podobnie jak w przypadku GPS poprzez interfejs sprzętowy UART. Interfejs logiczny to zestaw komend AT. Piny SIMDATA, SIMCLK, SIMRESET i VSIM służą do komunikacji modułu z kartą SIM. Cała komunikacja z kartą jest zaimplementowana wewnątrz modułu. Pin RI służy do powiadamiania mikrokontrolera przez moduł o nadchodzącym połączeniu głosowym, danych lub wiadomości SMS. Pin ten jest połączony do WKUP mikrokontrolera.

PWEKEY służy do wprowadzania modułu w stan niskiego poboru prądu (2 mA). Można także to zrobić za pomocą komend



Rysunek 4. Spadki napięcia zasilania modułu GSM w przypadku bez użycia kondensatorów o dużej pojemności

Rysunek 5. Spadki napięcia zasilania modułu GSM w przypadku użycia kondensatorów tantalowych o łącznej pojemności 2900  $\mu$ F

AT. Zdecydowano się na rozwiązanie sprzętowe, aby zwiększyć pewność wejścia modułu w ten stan. Jest to ważne, ponieważ moduł w normalnym trybie pobiera aż 130 mA.

Użyto złącza karty SIM z sygnalizacją jej włożenia. Jest to ważne, gdy użytkownik urządzenia wyciągnie przez pomyłkę bądź celowo kartę SIM. Program zostanie o tym poinformowany i gdy karta zostanie włożona, to ponownie zainicjalizuje moduł GSM. Co prawda moduł ma do tego celu specjalne wyprowadzenie SIMPRE, jednak erraty do dokumentacji mówią o jego nieprawidłowym działaniu. Odpowiedni pin ze złącza karty jest podłączony poprzez rezystor podciągający R12 do wejścia przerwania zewnętrznego. Należy mieć także na uwadze rodzaj stosowanego złącza.

Antena modułu jest kopię anteny z telefonu komórkowego Benq-Siemens EF81 (rysunek 3). Wykonano ją jako kawałek obwodu drukowanego z odpowiednio zaprojektowaną mozaiką ścieżek. Jest to rozwiązanie 4-krotnie tańsze, niż zakup podobnej anteny wykonanej tą samą techniką w sklepie.

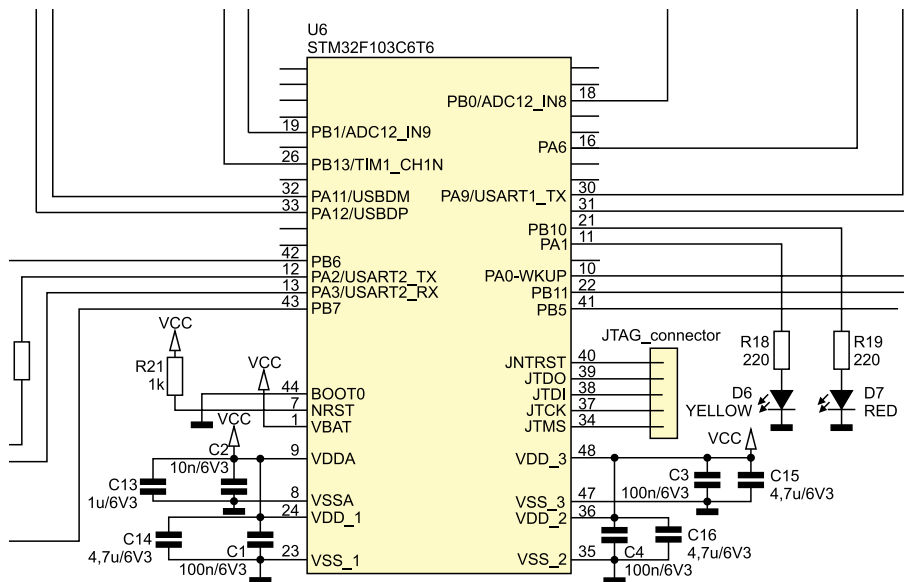
Cały moduł jest załączany przez tranzystor T7, sterowany z wyjścia PA6 mikrokontrolera. Tranzystor został dobrany pod względem poboru prądu przez moduł, spadku napięcia na nim i mocy jaką może rozproszyć. Pracuje on w typowym układzie ze wspólnym źródłem. Rezystor R11 służy podciąga napięcie jego bramki. C12 to kondensator odsprężający. Na obwodzie drukowanym powinien znajdować się blisko modułu GSM.

Pewnym problemem okazała się chwilowa „niewydajność” prądowa baterii. Moduł GSM może pobierać chwilowo do 2 A, dla baterii jest to duży prąd i wskutek rezystancji wewnętrznej ogni w występuje znaczny spadek napięcia. Widać to na ekranie oscyloskopu (rysunek 4). Jest on wystarczająco duży by uniemożliwić stabilną pracę modułu. Rozwiązaniem było użycie pojemności rzędu 3000 µF umieszczonej blisko doprowadzeń zasilania modułu (rysunek 5).

Jak widać na oscylogramie zamieszczonym na rysunku X, kondensatory o pojemności 3000 µF skutecznie tłumią tętnienia zasilania modułu. Zwiększanie pojemności powyżej 4000 µF nie zmniejsza znacząco spadków napięć. Kondensatory tantalowe lepiej tłumią spadki napięć, niż kondensatory elektrolityczne i dlatego użyto ich w projekcie. Włączono je za tranzystorem T7, ponieważ na skutek dużego poboru prądu powiększałby się też spadek napięcia na tym tranzystorze.

### Jednostka zarządzająca

Pracą całego urządzenia steruje mikrokontroler. Jego głównym zadaniem jest odbieranie danych z GPS, parsowanie ich, odpowiednie przetwarzanie, podejmowanie



Rysunek 6. Połączenia mikrokontrolera STM32F103C6T6, fragment schematu z rysunku 2

decyzji, a na końcu realizowanie bezprzewodowego połączenia przez GSM.

Mikrokontroler jest zasilany ze stabilizatora U3 napięciem 2,93 V (~3,3 V). Napięcie zasilające jest przyłożone do nóżek 9, 24, 48, 36 (Vdd). Zasilanie części analogowej (VddA, VssA) jest galwanicznie połączone z zasilaniem części cyfrowej. Ogólnie nie jest to dobre rozwiązanie, ponieważ szумы na linii zasilającej część cyfrowej będą występowały na układach analogowych. Pogorszy to dokładność przetwornika ADC w wymagających aplikacjach. Jednak w tym projekcie przetwornik ADC jest używany tylko do pomiaru napięcia baterii.

W większości układów scalonych występuje parę pinów służących do zasilania układu (rysunek 6). Są one elektrycznie połączone wewnątrz obudowy układu. Producenci stosują taki zwielokrotniony sposób dostarczenia prądu, aby zapobiec przepaleniu połączeń pomiędzy pinem a wewnętrzną strukturą układu krzemowego. Dzięki temu, oprócz pewnej mocy pobieranej przez układ, można także wymuszać przepływ dużego prądu przez porty wejścia/wyjścia. W przypadku STM32Fxxx zasilanie do części cyfrowej jest podawane przez 3 piny. Kondensatory odsprężające (C1...C4, C13...C16) powinny być umieszczone jak najbliżej obudowy mikrokontrolera.

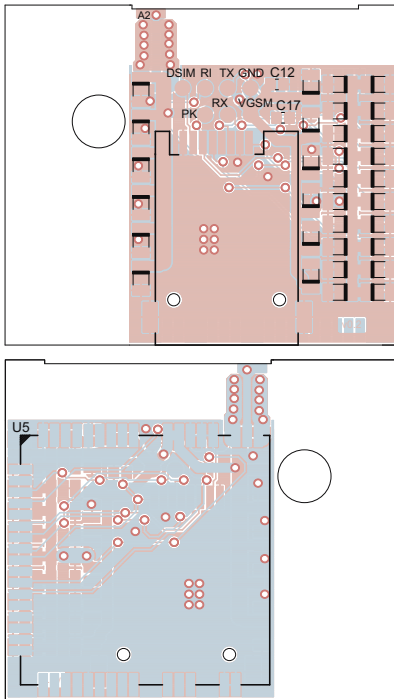
Nóżkę NTRST dołączono do zasilania za pomocą rezystora podciągającego. Pin VBAT jest podłączony na stałe do zasilania, ponieważ w tym projekcie jest używany układ peryferyjny RTC. Ma on użyteczną możliwość cyklicznego budzenia CPU ze stanu uśpienia. Nie jest to możliwe z użyciem Timerów ogólnego przeznaczenia.

Pin BOOT0 służy do ustawienia, który program ma się uruchomić podczas włączania albo resetowania uC. Jeżeli stan na tej nóżce byłby bliski zeru, mikrokontroler wy-

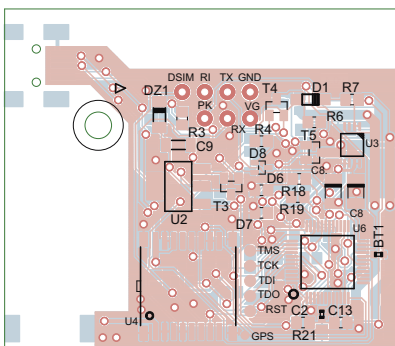
konałby program Bootloadera, umożliwiając programowanie go przez UART1. W projekcie zrezygnowano z tej użytecznej funkcji.

Mikrokontroler programowany a także debugowany jest przez złącze JTAG. Używa się przy tym 5 pinów (JNTRST, JTDO, JTDI, JTCK, JTMS).

Pin PB7 jest używany do zerowania modułu GPS, jest on skonfigurowany jako wyjście push-pull. Pin PA2 i PA3 to wyprowadzenia UART2, dzięki któremu odbywa się komunikacja z modułem GPS. Pin PB6 jest skonfigurowany jako wyjście push-pull i służy do włączania/wyłączania zasilania do modułu GPS. Piny PA11 i PA12 są wyprowadzeniami peryferia USB, służą do komunikacji z komputerem PC przez USB. Pin PB13 jest skonfigurowany jako wyjście push-pull, służy do sterowania prądem ładującym akumulatory. Pin PB1 jest skonfigurowany jako wejście i generuje przerwanie zewnętrzne w przypadku podłączenia/odłączenia zasilania z zewnątrz. Wybrano go z myślą o tym, aby w przypadku konieczności pomiaru wartości napięcia zasilania mógł on być skonfigurowany jako wejście przetwornika A/D. Pin PB0 jest skonfigurowany jako wejście analogowe i służy on do mierzenia napięcia na ogniwach. Pin PA6 jest skonfigurowany jako wyjście push-pull i służy do włączenia/wyłączenia zasilania dla modułu GSM. Piny PA9 i PA10 to wyjścia/wejścia peryferia UART1, używane do komunikacji z modułem GSM. Pin PA0 jest skonfigurowany jako wejście, generujące przerwanie zewnętrzne w przypadku nadejścia połączenia głosowego, danych bądź SMS. Pin PB11 jest skonfigurowany jako wyjście push-pull umożliwiające ustawienie modułu GSM w stan uśpienia i jego budzenia. Pin PB5 jest skonfigurowany jako wejście generujące przerwanie zewnętrzne, gdy zostanie włożona/wyjęta karta SIM



Rysunek 7. Schemat montażowy – płytki dolna



Rysunek 8. Schemat montażowy – płytki górna

wskutek czego uC podejmuje kroki ponownej inicjalizacji modułu GSM.

## Oprogramowanie

Program wykonano w języku C. W projekcie użyto bibliotek API napisanych przez producenta. W projekcie został także użyty przykładowy kod ilustrujący użycie USB, a konkretnie nota aplikacyjna przejściówki USB-Serial. Jest on dostarczony przez producenta używanego środowiska programistycznego. Obsługa USB również została napisana



Rysunek 9. Praca urządzenia z wykorzystaniem programu Google Maps

przy użyciu bibliotek API dostarczonych przez producenta, dzięki temu nie wprowadza to żadnych niekonsekwencji w oznaczeniach, symbolach, nazwach funkcji itp. z resztą kodu.

Ze względu na obszerny kod programu, jego źródła zamieszczono na płycie CD-EP12/2010.

## Obwód drukowany

Na rysunku 7 i rysunku 8 pokazano wygląd płytek drukarskich urządzenia. W projekcie zostały użyte dwie płytki, każda dwuwarstwowa. Użycie dwóch płytek zostało wymuszone wykorzystaniem wolnej przestrzeni, która została narzucona przez wysokość baterii AAA. Dzięki temu zostało zaoszczędzone miejsce a wymiary całego urządzenia zmniejszono do minimum.

## Obudowa

Obudowę zaprojektowano w programie graficznym 3D i wykonano techniką drukowania przestrzennego. Materiał, z którego ja wykonano to ABSPlus. Jej wytrzymałość sięga 80% w porównaniu z wykonaniem w standardowy sposób tj. stworzenie dokumentacji modelu w postaci 2D lub 3D i wykonanie narzędzia lub prototypu ze stali - przy wykorzystaniu obróbki ubytkowej (frezowanie, drążenie, cięcie i itp.).

Metoda drukowania 3D polega na warstwowym nakładaniu przez dwudyskową głowicę, rozpuszczonego materiału modelowego i podporowego. Urządzenie sterowane numerycznie na przemian nanosi na stół modelowy materiał bazowy i podporowy, według kolejnych poziomych przekrojów utworzonych na podstawie modelu 3D w programie obsługującym drukarkę. Powstały model wiernie odwzorowuje wirtualny projekt i praktycznie od razu gotowy jest do użycia. Możliwe jest wykonanie prototypów w jednym z 7 kolorów podstawowych, bądź dowolnym – w omawianej obudowie

został użyty czarny kolor. Warto także dodać że ta metoda jest jedynym na rynku sposobem wykonywania różnych prototypów przy stosunkowo niedużej cenie.

## Zakończenie

Pobór prądu przez urządzenie jest zależny od włączonych modułów. W najgorszym przypadku, kiedy moduł GSM jest włączony z zestawionym połączeniem i włączonym GPS, średni pobór prądu to około 200 mA. W najlepszym przypadku, kiedy GSM jest w stanie niskiego poboru prądu (można wtedy odbierać połączenia i SMSy), GPS jest wyłączony a uC w stanie uśpienia pobór prądu wynosi około 3...4 mA.

Choć wszystkie komponenty były dobrane między innymi pod kątem poboru prądu, to praca na bateriach dochodzi tylko do półtorej godziny. Jest jeszcze możliwość zoptymalizowania mikrokontrolera pod tym względem, jednak efekt mógłby co najwyżej wydłużyć prace o 10%.

Z racji, że komunikacja pomiędzy urządzeniami odbywa się przez GSM, a GPS działa na całym globie, zasięg urządzenia pokrywa co najmniej całą Polskę, a w zależności od wykupionych pakietów u operatora użytej karty SIM, także na całym świecie. Dokładność pozycjonowania mieści się w przedziale 3...7 metrów, zgodnie z parametrami podawanymi przez producenta. Aspektem pogorszającym dokładność jest niesynchronizowanie map, w przypadku Google Maps, względem realnego położenia. Dodaje to czasami dodatkowe metry niedokładności.

Urządzenie było testowane podczas jazdy samochodem, zaś pozycja wyświetlana była na mapach programu Google Maps. Każdy komputerowy program obsługujący GPS mógłby zostać do tego użyty. Na rysunku 9 pokazano zrzut ekranu Google Maps podczas testowania urządzenia.

Dariusz Rzędowski  
batmanmen@tlen.pl