

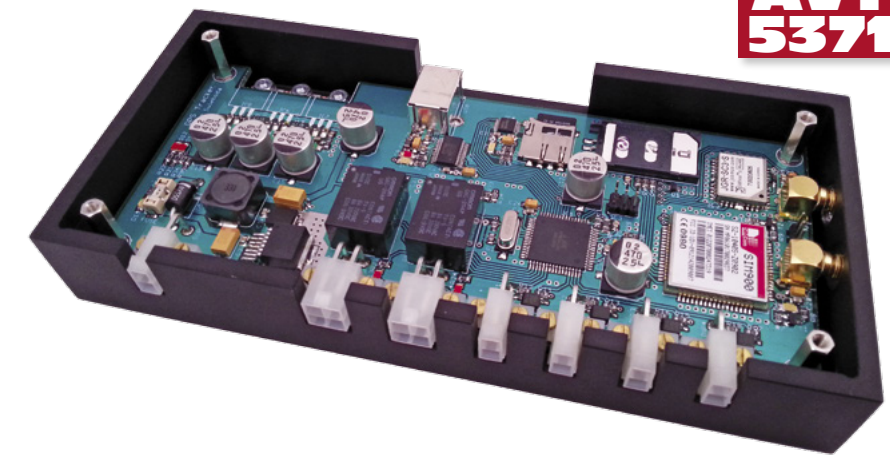
Tracker GPS (1)

Zabezpieczenie auta przed kradzieżą

Przedstawiony projekt trackera jest wynikiem przemyśleń, w jaki sposób można skutecznie zabezpieczyć samochód przed kradzieżą. Wiadomo, że istnieją zaawansowane, skuteczne systemy alarmowe, jednak istotnym jest również, by koszt takiego systemu nie był porównywalny z wartością samochodu, abstrahując od rozważań – poniżej jakiej wartości samochodu warto w ogóle martwić się o zabezpieczenie. Oczywiście jest też, że specjaliści mogą powstrzymać jedynie rozwiązania nieszablone.

Rekomendacje: to nieszablone zabezpieczenie przyda się tym wszystkim, którzy chcą zabezpieczyć samochód przed kradzieżą.

Jednym z takich rozwiązań, możliwych do zrealizowania w warunkach amatorskich, jest wykorzystanie określonego scenariusza uruchamiania pojazdu. Może to być wybrana przez użytkownika sekwencja czynności, takich jak: zaświecenie świateł, załączenie zapłonu itp. Wykonanie tych czynności w innej od założonej kolejności lub pominięcie któregoś z kroków, skutkowałoby uaktywnieniem alarmu. Załączenie alarmu może również pociągać za sobą różne akcje podejmowane automatycznie. Najczęściej stosowaną



**AVT
5371**

jest po prostu unieruchomienie pojazdu, na przykład przez odcięcie zapłonu lub wyłączenie pompy paliwowej. Dodatkowym utrudnieniem dla amatora cudzej własności będzie, jeżeli zabezpieczenie alarmu zadziała z opóźnieniem. Jednak takie rozwiązanie ma pewne wady. Najbardziej oczywista jest taka, że unieruchomienie pojazdu, którym złodziej odjechał w nieznanym kierunku, niekoniecznie musi przyczynić się do odzyskania go. Z kolei, jeżeli zrobi się to w nieodpowiednim momencie (np. na ruchliwej drodze) można spowodować zagrożenie dla innych uczestników ruchu, a i dla samego pojazdu, co może pociągać za sobą inne niezamierzone i nieprzewidywalne skutki.

Zatem urządzenie alarmowe nie może składać się jedynie z kilku wejść dwustanowych, modułu interpretującego stany tych wejść i elementu wykonawczego. Właściciel powinien być powiadomiony o nieautoryzowanym uruchomieniu pojazdu, powinien wie-

dzieć, gdzie znajduje się samochód w danej chwili oraz mieć możliwość podjęcia działań adekwatnie do sytuacji. Wynika stąd potrzeba komunikacji bezprzewodowej i określenia lokalizacji, a więc wyposażenia urządzenia alarmowego w modem GSM oraz moduł GPS.

Zastosowanie modemu GSM pozwala na dwukierunkową komunikację pomiędzy urządzeniem a użytkownikiem. Biorąc pod

W ofercie AVT* AVT-5371 A

Podstawowe informacje:

- Płytką drukowaną o wymiarach: 175 mm×75 mm.
- 4-zakresowy modem GSM.
- 20-kanatowy odbiornik GPS z chipsetem SiRFstar III.
- Zewnętrzne anteny GSM i GPS.
- Zapis danych o pozycji na karcie microSD o pojemności do 2 GB.
- Cztery 2-stanowe wejścia alarmowe z optoizolacją.
- Dwa wyjścia przekaźnikowe.
- Dwukierunkowa komunikacja z użytkownikiem za pośrednictwem SMS.
- Konfigurowanie za pomocą programu dla PC dołączonego przez USB.
- Zasilanie z instalacji elektrycznej samochodu: 12...14 V DC.
- Pobór prądu: nominalnie 100 mA przy 12 V, do 2 A w impulsie.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 13621, pass: 175brj7

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-5269 Szpieg samochodowy. Lokalizator z odbiornikiem GPS (EP 12/2010)
 - AVT-5261 Urządzenie telemetryczne z modułem GSM SIM 3000 (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 1/2009)

* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wylutowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

Tabela 1. Najważniejsze dane techniczne modemu SIM900D

Parametr	Wartość
Napięcie zasilania	3,2...4,8 V (typowo 4,0 V)
Pobór prądu	22 mA (impulsy 2 A)
Napięcie podtrzymania RTC	2,0...3,1 V
Prąd podtrzymania RTC	2 μ A
Pasma częstotliwości	850, 900, 1800, 1900 MHz
Czułość	-109 dBm
Impedancja wejściowa	50 Ω
Moc wyjściowa	1 W (class 1 @ DCS1800/PCS1900), 2 W (class 4 @ GSM850/EGSM900).
Obsługiwane karty SIM	1,8 V; 3,0 V.
Wiadomości SMS	Wysyłanie i odbiór w trybach Text (Mode 1) i PDU (Mode 0).
Interfejs komunikacyjny	Szeregowy 1200...115200 bps
Obsługiwane zestawy komend AT	GSM07.07, 07.05 oraz rozszerzony zestaw komend AT SIM-COM.

uwagę funkcje dostępne w nowoczesnych modemach (transmisja pakietowa GPRS z użyciem protokołu TCP/IP) jest możliwe zaimplementowanie w urządzeniu alarmowym funkcji śledzenia w czasie rzeczywistym. Jednak uwzględniając wymagania, które wynikają z założeń projektu oraz koszty eksploatacji, w zupełności wystarczająca jest interakcja na poziomie komunikatów i poleceń wysyłanych za pomocą wiadomości SMS.

Podstawową funkcjonalność urządzenia alarmowego można rozszerzyć o dodatkowe funkcje przydatne w codziennym użytkownikowi samochodu. Chodzi tutaj przede wszystkim o rozbudowę urządzenia od strony pro-

gramowej pod kątem możliwości zbierania informacji. Wysyłane wiadomości można podzielić na kilka kategorii: alarmowe (np. o nieautoryzowanym uruchomieniu pojazdu), informacyjne (np. aktualne położenie) i serwisowe (np. dotyczące niskiej wartości napięcia akumulatora). Większość wiadomości SMS wysyłanych jest przez urządzenie autonomicznie w formie komunikatów, które informują o wystąpieniu jakiegось zdarzenia. Druga grupa wiadomości SMS to odpowiedzi na zapytania użytkownika (np. kody LAC i CID stacji BTS, do którego jest zalogowany modem). Wreszcie trzecia grupa wiadomości to potwierdzenia wykonania poleceń (np. zmiana stanu wyjść przekaźnikowych).

Szersze omówienie komunikacji z trackerem za pomocą wiadomości SMS zamieszczono w części opisującej oprogramowanie mikrokontrolera.

Jak wyjaśniono wcześniej, w opisywanej koncepcji urządzenia alarmowego istotną rolę może odgrywać możliwość określenia miejsca, w którym aktualnie znajduje się chroniony pojazd. Wyposażenie urządzenia w moduł GPS pozwala, oprócz możliwości określania chwilowej pozycji, na zapisywanie śladu przebytej trasy. W tym celu dodano interfejs dla kart microSD. Gdy samochód porusza się, dane o położeniu i prędkości są zapisywane co minutę. W czasie postoju – w interwałach określonych przez użytkownika.

W pewnych warunkach moduł GPS nie może prawidłowo wyznaczyć pozycji. Rozwiązaniem pozwalającym na przybliżone określenie pozycji byłoby interpolowanie położenia na podstawie lokalizacji i siły sygnału stacji przekaźnikowych BTS będących w zasięgu modemu GSM. Oczywiście i w tym wariancie przeszkody terenowe wpływające na siłę sygnału będą powodowały błędy w określeniu pozycji. Niestety, żaden z modemów, które były brane pod uwagę w fazie projektowej nie miał opcji raportowania wszystkich dostępnych stacji BTS. Dlatego, gdy sygnał GPS jest niedostępny, na karcie SD zapisywane są siła sygnału i kody LAC orazi CID stacji BTS, do której jest zalogowany modem.

Modem SIM900D

Podstawowym założeniem projektu trackera było zapewnienie możliwości odbierania poleceń i wysyłania komunikatów poprzez wiadomości SMS. Transmisja tych wiadomości należy do podstawowych funkcji modemów GSM. O wyborze modelu modemu zdecydowały dostępność i cena. Zastosowany modem SIM900 jest następcą popularnego modelu SIM300, a w momencie projektowania opisywanego układu (pierwsza połowa 2010 roku) był on nowością na rynku. W wersji „D” ma metalową obudowę o wymiarach 24 mm×24 mm×3 mm. Najważniejsze dane techniczne umieszczono w **tabeli 1**.

Pełen zestaw poleceń AT obsługiwanych przez modem SIM900D nie będzie omawiany. W **tabeli 2** umieszczono skrócony opis kilku komend używanych przez tracker.

Odbiornik JGR-SC3-S

W projekcie trackera wykorzystano układ JGR-SC3-S z chipsetem SiRFstar III. Układ JGR jest w pełni funkcjonalnym odbiornikiem GPS w ekranowanej obudowie typu „znaczek pocztowy” o wymiarach 13,1 mm×15,9 mm×2,7 mm. W **tabeli 3** wymieniono najważniejsze dane techniczne odbiornika.

Tabela 2. Wybrane komendy AT używane przez tracker.

Polecenie	Opis
ATE<tryb>	Polecenie określa czy modem odpowiada echem ciągu znaków odebranego polecenia Odpowiedź: OK Parametr: <tryb> 0 – echo wyłączone 1 – echo włączone
AT+CPIN?	W odpowiedzi modem odsyła ciąg znaków określający czy konieczne jest podanie hasła Odpowiedź: +CPIN:<kod> OK Parametr: <kod> READY – modem nie czeka na podanie hasła SIM PIN – modem oczekuje na podanie PIN
AT+CPIN=<pin>	Modem odbiera wprowadzone hasło Odpowiedź: OK (lub+CME ERROR: <err>) Parametr: <pin> hasło (zmienna typu string)
AT+CMGF?	W odpowiedzi modem odsyła cyfrę określającą aktualny format wiadomości SMS Odpowiedź: +CMGF: <tryb> OK Parametr: <tryb> 0 – format PDU 1 – format tekstowy
AT+CMGF=<tryb>	Polecenie określa nowy format wiadomości SMS Odpowiedź: OK Parametr: <tryb> j.w.
AT+CREG?	W odpowiedzi modem odsyła ciąg wartości określających: format raportowania statusu logowania do sieci <n>, status logowania do sieci <stat> oraz (gdy aktualnie jest zalogowany) kody <lac> i <cid> Odpowiedź: +CREG: <n>,<stat>[,<lac>,<cid>] OK (lub +CME ERROR: <err>) Parametry: <n> 0 – blokowanie raportowania statusu logowania 1 – raportowanie statusu logowania bez kodów <lac> i <cid> 2 – pełny raport statusu logowania z kodami <lac> i <cid> <stat> 0 – niezalogowany, nie wyszukuje sieci 1 – zalogowany w sieci domowej 2 – niezalogowany, wyszukiwanie sieci 3 – odmowa logowania 4 – niezany status logowania 5 – zalogowany, roaming <lac> Local Area Code, format HEX, tekst <cid> Cell ID, format HEX, tekst
AT+CREG=<n>	Polecenie określa nowy format raportowania statusu logowania do sieci Odpowiedź: OK Parametr: <n> j.w.
AT+CSQ	W odpowiedzi modem odsyła ciąg wartości określających: wskaźnik siły sygnału <rssi> oraz szybkość transmisji bitów błędu <ber> Odpowiedź: +CSQ: <rssi>,<ber> OK Parametry: <rssi> 0 –115 dBm lub mniej 1 –111 dBm 2..30 –110.–54 dBm 31 –52 dBm lub więcej 99 nieznanne <ber> 0..7 zgodnie ze specyfikacją GSM05.08

Wyjaśnienia mogą wymagać pojęcia „zimnego”, „ciepłego” i „gorącego” startu, czyli długość czasu, jaki musi upłynąć do prawidłowego ustalenia pozycji odbiornika (TTFF – Time To First Fix) dla różnych wariantów załączenia zasilania. Otóż, zgodnie z kartą katalogową, pod pojęciem „zimnego startu” rozumie się sytuację, w której uruchamiany odbiornik nie ma żadnych informacji o położeniu, czasie i aktualnej konfiguracji satelitów. „Ciepły start” ma miejsce, gdy odbiornik w chwili załączenia zna ostatnią, prawidłową pozycję oraz przybliżony czas i konfigurację satelitów. Jest to możliwe, gdy zasilanie podtrzymujące RTC nie zostało odłączone. Czynnikiem zakłócającym może być na przykład przemieszczenie wyłączono odbiornika na znaczną odległość. Jeżeli RTC odbiornika nie pracował dłużej niż dwie godziny przed załączeniem, można mówić o „gorącym starcie” – ustalenie położenia nie powinno trwać dłużej niż 1 sekundę.

Układ JGR-SC3-S może wysłać 6, najbardziej popularnych wiadomości NMEA, które zestawiono w **tabeli 4**.

Wiadomości te nie będą tutaj szczegółowo omawiane, a Czytelnicy poszukujący bardziej wyczerpujących informacji powinni sięgnąć na przykład do kursu, który ukazał się na łamach EP pt. „System nawigacji satelitarnej GPS” [1]. Wyjątkiem będzie wiadomość RMC, która jako jedyna, jest wykorzystywana w projekcie odbiornika GPS. Składnię wiadomości RMC przedstawiono w **tabeli 5**.

Kompletna ramka danych wiadomości RMC z tabeli 5 wygląda następująco:

```
$GPRMC,092842.064,A,5215.2078,N,02054.3681,E,0.13,1.29,180706,,*76<CR><LF>
```

W fabrycznej konfiguracji JGR-SC3-S co 1 sekundę wysyła cztery wiadomości w formacie NMEA: GGA, GSA, GSV i RMC z prędkością 9600 bps. Użytkownik może wybrać, które z dostępnych wiadomości będą wysyłane przez odbiornik oraz interwały, w jakich będzie powtarzana każda z wiadomości. W tym celu należy wysłać do odbiornika odpowiednie polecenie konfiguracyjne, którego składnię przedstawia **tabela 6**.

Kompletna ramka danych polecenia konfiguracyjnego z tabeli 6 wygląda następująco: \$PSRF109,NMEA9600, NULL38400, GGA1, GLL0, GSA1, GSV1, RMC1, VTG0, USER0*06<CR><LF>

Opis urządzenia

Schemat elektryczny trackera przedstawiono na **rysunku 1**. Mikrokontroler IC1 (ATmega128L) jest najważniejszym elementem układu i do niego dołączono wszystkie bloki funkcjonalne: dwustanowe wejścia i wyjścia, modem GSM, moduł GPS, karta pamięci, interfejs USB, moduły pomiaru napięcia i sygnalizacji stanu pracy. Funkcje re-

Tabela 2. c.d.	
Polecenie	Opis
AT+CMGS=<da>[,<todo>]<CR><tekst><ctrl-Z>	Polecenie wysyła wiadomość SMS (opis dla +CMGF=1) Odpowiedź: +CMGS: <mr> OK Parametry: <da> numer telefonu adresata (podany między znakami cudzysłowia) <todo> format numeru telefonu adresata: domyślnie <todo>=145, wówczas pierwszym znakiem numeru jest +, alternatywnie <todo>=129 <tekst> tekst użytkownika (maks. 160 znaków) <mr> wartość odniesienia
+CMTI	Komunikat odebrania nowej wiadomości SMS Komunikat: +CMTI: <mem>,<index> Parametry: <mem> wybrana pamięć przechowywania wiadomości tekstowych <index> numer rekordu w pamięci wiadomości tekstowych
AT+CMGR=<index>[,<mode>]	Polecenie odczytuje z pamięci wiadomość SMS o wskazanym indeksie (status wiadomości zmienia się na RECEIVED READ) (opis dla +CMGF=1) Odpowiedź: +CMGR: <stat>,<oa>,<alpha>,<scts><CR><LF><tekst> OK (lub +CMS ERROR: <err>) Parametry: <index> numer rekordu w pamięci wiadomości tekstowych <stat> 0 „REC UNREAD” – odebrana nieodczytana 1 „REC READ” – odebrana odczytana <oa> adres nadawcy <scts> znacznik czasu z centrum SMS operatora zgodny z GSM03.40 <tekst> tekst użytkownika (maks. 160 znaków)
AT+CMGDA=<typ>	Polecenie kasuje wszystkie wiadomości określonego typu Odpowiedź: OK (ERROR lub +CMS ERROR: <err>) Parametr: <typ> DEL READ – przeczytane wiadomości DEL UNREAD – nieprzeczytane wiadomości DEL SENT – wysłane wiadomości DEL UNSENT – niewysłane wiadomości DEL INBOX – odebrane wiadomości DEL ALL – wszystkie wiadomości
AT+CPOWD=<n>	Polecenie wyłącza modem Odpowiedź: NORMAL POWER DOWN (opcjonalnie) Parametr: <n> 0 – natychmiastowo, bez wysłania komunikatu 1 – w trybie normalnym, wysyłając komunikat potwierdzenia

alizowane przez poszczególne wyprowadzenia mikrokontrolera umieszczono w **tabeli 7**.

Mikrokontroler pracuje w typowej konfiguracji z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym

Tabela 3. Najważniejsze dane techniczne odbiornika JGR-SC3-S	
Parametr	Wartość
Napięcie zasilania	3,0...4,2 V (typowo 3,3 V)
Pobór prądu	40 mA (impulsy 60 mA)
Napięcie podtrzymania RTC	1,8...5,0 V
Prąd podtrzymania RTC	<15 µA
Typ odbiornika	20-kanalowy (L1)
Czułość	-156 dBm
Impedancja wejściowa	50 Ω
Maksymalna wysokość	<18000 m n.p.m.
Maksymalna prędkość	<515 m/s
Zimny start	60 s
Ciepły start	40 s
Gorący start	< 1 s
Protokół komunikacji	NMEA-0183, binarny SiRF
Szybkość transmisji danych	4800, 9600, 19200, 38400, 57600 bps.
Wiadomości NMEA	GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG
Minimalny interwał wiadomości	1 s

Tabela 4. Wiadomości NMEA dostępne w odbiorniku JGR-SC3-S

ID Wiadomości	Opis
GGA	Wyznaczone w odbiorniku kompletne dane nawigacyjne GPS
GLL	Położenie geograficzne – szerokość/długość geograficzna
GSA	Współczynniki „rozmycia” dokładności DOP i numery PRN satelitów użytych w rozwiązaniu nawigacyjnym, śledzonych na poszczególnych kanałach odbiornika
GSV	Numery PRN i położenie potencjalnie widocznych satelitów oraz względna siła odbieranych sygnałów
RMC	Rekomendowany minimalny zestaw danych nawigacyjnych: położenie geograficzne, prędkość i kurs, czas UTC oraz data
VTG	Kurs i prędkość podróżna

Tabela 5. Składnia wiadomości RMC [1]

Numer pola	Nazwa	Przykład	Format/Opis
1	ID wiadomości	\$GPRMC	Nagłówek wiadomości RMC
2	Czas UTC	092842.064	hhmmss.sss – godziny, minuty, sekundy, ułamkowe części sekundy
3	Status	A	A – dane poprawne, V – dane niepoprawne
4	Szerokość geograficzna	5215.2078	ddmm.mmmm – stopnie, minuty, ułamkowe części minuty
5	Wskaźnik półkuli	N	N – północna, S – południowa
6	Długość geograficzna	02054.3681	dddmm.mmmm – stopnie, minuty, ułamkowe części minuty
7	Wskaźnik półkuli	E	E – wschodnia, W – zachodnia
8	Prędkość	0.13	Horyzontalna prędkość podróżna (względem Ziemi) wyrażona w milach na godzinę (mph)
9	Kurs	1.29	Kurs rzeczywisty w stopniach
10	Data	180706	ddmmyy – dzień, miesiąc, rok
11	Deklinacja magnetyczna		Pole puste, ponieważ w badanej wersji odbiornika nie zaimplementowano korekcji deklinacji magnetycznej (kurs jest określony względem północy rzeczywistej, a nie magnetycznej)
12	Kierunek deklinacji		Pole puste, ze względu na brak korekcji deklinacji w tej wersji odbiornika
13	Suma kontrolna	*76	XOR 8-bitowego kodu ASCII wszystkich znaków pomiędzy „\$” a „*” wyrażona liczbą szesnastkową
14		<CR><LF>	Znak powrotu karetki i końca wiersza

wym Q1 o częstotliwości 7,3728 MHz. Jest to najwyższa częstotliwość rezonatora, z jaką może pracować ATmega w wersji L, a która jest wielokrotnością standardowych szybkości transmisji. Pozwala to ograniczenie ry-

zyka powstawania błędów transmisji przez UART. Do programowania zamontowano interfejs ISP w wersji 6-pinowej. Przetworniki A/D mikrokontrolera zasilane są przez filtr składający się z elementów L1 i C3.

Tabela 6. Składnia polecenia konfiguracyjnego odbiornika JGR-SC3-S (ustawienia fabryczne)

Numer pola	Nazwa	Przykład	Opis
1	ID polecenia	\$PSRF	Nagłówek polecenia
2	Komenda	109	Identyfikator polecenia
3	Protokół (Port A)	NMEA	NULL, NMEA, Jcom
4	Szybkość (Port A)	9600	4800,9600, 19200, 38400, 57600
5	Protokół (Port B)	NULL	NULL, NMEA, Jcom
6	Szybkość (Port B)	38400	4800,9600, 19200, 38400, 57600
7	GGA	GGA1	Interwał wysyłania wiadomości (0 – 10 s)
8	GLL	GLL0	
9	GSA	GSA1	
10	GSV	GSV1	
11	RMC	RMC1	
12	VTG	VTG0	
13	USER	USER0	Interwał zdefiniowany przez użytkownika
14	Suma kontrolna	*06	XOR 8-bitowego kodu ASCII wszystkich znaków pomiędzy „\$” a „*” wyrażona liczbą szesnastkową
15		<CR><LF>	Znak powrotu karetki i końca wiersza

Modem SIM900D (IC2) włączono w sposób możliwie najbardziej oszczędny pod względem liczby zewnętrznych elementów. Poza podzespołami niezbędnymi do dołączenia i zabezpieczenia interfejsu karty SIM (dioda D1, rezystory R5 i R6, kondensator C4), zastosowano jedynie tranzystor T2 (wraz z rezystorami R9 i R10, zgodnie ze schematem z karty katalogowej), za pomocą którego jest sterowane wejście PWR. Dioda D6, tranzystor T1, rezystory R7 i R8 są opcjonalne. Dioda LED służy do sygnalizowania stanu pracy modemu:

- błyski w odstępach 0,8 s – modem niezalogowany/szukanie sieci;
- błyski w odstępach 3,0 s – modem zalogowany;
- dioda LED wygaszona – modem wyłączony.

Modem komunikuje się z mikrokontrolerem poprzez sprzętowy USART0. Dla drugiego interfejsu szeregowego, przeznaczonego do debugowania przewidziano złącze DBG.

Odbiornik GPS typu JGR-SC3-S (IC3) może pracować bez dodatkowych elementów zewnętrznych. Linie TXD i RXD odbiornika przyłączono do drugiego sprzętowego interfejsu USART1. Dioda LED D10 sygnalizująca status danych jest sterowana przez mikrokontroler i nie jest wymagana do poprawnej pracy układu.

Karty pamięci microSD są dołączane do wyprowadzeń mikrokontrolera za pośrednictwem 4-kanałowego konwertera poziomów logicznych ADG3304 (IC4). Wybrano takie rozwiązanie nie tylko dlatego, że mikrokontroler jest zasilany napięciem 3,6 V (karty SD wymagają napięcia zasilającego 3,3 V, a co za tym idzie, mają nieco inne wartości napięć odpowiadające poziomom logicznym). Drugim argumentem jest to, że ma on wejście EN przełączające linie I/O w stan wysokiej impedancji. Wykorzystano fakt, że wybrane złącze karty microSD jest wyposażone w styki sygnalizujące obecność karty (CD – Card Detect). Dzięki temu mikrokontroler utrzymuje wszystkie linie interfejsu w stanie wysokiej impedancji, dopóki nie wykryje, że karta została umieszczona w slocie. W ten sposób ograniczono ryzyko uszkodzenia linii I/O.

Dioda LED o symbolu D9 jest sterowana przez mikrokontroler, który informuje za jej pomocą o statusie karty microSD: impulsy oznaczają proces inicjalizowania karty, ciągłe świecenie – poprawne wykrycie karty w systemie, zgaszenie – brak lub błąd karty.

Kolejnym blokiem funkcjonalnym trackera jest interfejs USB. W tej roli zastosowano układ konwertera FT232R (IC5). Pracuje on w wariancie aplikacji, w którym pobiera zasilanie z gniazda USB komputera. Wynika to stąd, że minimalne wymagane napięcie pracy wbudowanego źródła taktowania FT232R wynosi 4,0 V, a napięcie VCC w układzie trackera to jedynie 3,6 V. Napię-

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD 0805):

R1, R11, R13, R15, R17, R27...R32: 10 kΩ
 R2, R8, R19, R20, R40, R44, R48: 240 Ω
 R3, R21...R24: 470 Ω
 R4...R6: 22 Ω
 R7, R9, R12, R14, R16, R18, R34: 5,1 kΩ
 R10, R49: 1 kΩ
 R25, R26, R36: 3 kΩ
 R33: 20 kΩ
 R35: 22 kΩ
 R37, R41, R45: 120 Ω
 R38, R42: 220 Ω
 R39, R43: 4,7 Ω
 R46, R47: 100 Ω
 R50: 3,9 kΩ
 R51: 1,5 kΩ

Kondensatory:

C1, C2: 22 pF (SMD 0805)
 C3, C5, C7, C9, C13, C17, C20...C24, C29, C31, C32, C37: 100 nF (SMD 0805)
 C4: 220 nF (SMD 0805)
 C6, C36: 10 nF (SMD 0805)
 C8, C25...C28, C30, C33: 10 μF/10 V (SMD 3216)
 C10, C14, C18: 1 μF (SMD 0805)
 C11, C12, C15, C16, C19, C34: 470 μF/25 V (10×10)
 C35: 100 μF/16 V (low ESR, SMD 7343)
 C38: 10 μF/20 V (low ESR, SMD 7343)

Półprzewodniki:

D1: SMF05CT1G
 D2...D4: 1N4148WS
 D5: BY550
 D6, D7, D9, D10, D19: KPT-3216YD
 D8, D11...D14: KPT-3216ID
 D15...D17: KPT-3216SGD
 D18: 30BQ060PBF
 OC1...OC4: PC357
 T1, T2: BC846
 T3, T4: BCP56
 IC1: ATmega128L
 IC4: ADG3304BRU
 IC5: FT232RL
 IC6: LM1085T-ADJ (TO-220)
 IC7, IC8: LM1086T-ADJ (TO-220)
 IC9: LM2676S-ADJ (TO263-7)

Inne:

IC2: SIM900D modem GSM
 IC3: JGR-SC3S odbiornik GPS
 L1: dławik 10 μH (SMD 1206)
 L2: dławik 33 μH (DE1207)
 FER: koralik ferrytowy (1206)
 Q1: kwarc SMD 7,3728 MHz
 REL1, REL2: przekaźnik OMRON G6CK-2114P-US 5VDC
 FUSE: bezpiecznik 2A/125V LITTELFUSE 0154002.DR
 MICROSD: złącze karty microSD ATTEND 112A-TAAR-R02
 SIM: złącze karty SIM AMPHENOL C707-10M006-049
 ANT1, ANT2: gniazdo SMA kątowe AMPHENOL SMA6252A23G50
 USB: gniazdo USB typu B kątowe do druku INP1...INP4, SUP: gniazdo Mini-Fit MOLEX MX5569-02
 OUTP1, OUTP2: gniazdo Mini-Fit MOLEX MX5569-04
 ISP: goldpin 3×2
 DBG: goldpin 3×1 (opcjonalnie)

Tabela 7. Opis funkcji realizowanych przez poszczególne wyprowadzenia mikrokontrolera IC1

Port	Bit	Sygnal	Funkcja	
PA	0..2	–	NC	
	3	OC4	Wejścia dwustanowe z optoizolacją (OC4)	
	4	OC3	(OC3)	
	5	OC2	(OC2)	
	6	OC1	(OC1)	
	7	–	NC	
	PB	0	SD_CS	Karta SD linia CD/CS (IC4)
1		SD_CLK	Karta SD linia CLK / ISP SCK (IC4)	
2		SD_DATI	Karta SD linia CMD/DATI (IC4)	
3		SD_DATO	Karta SD linia DATO (IC4)	
4		SD_EN	Zezwolenie na komunikację z kartą SD (IC4)	
5		USB_RXD	Port USB linia RXD (IC5)	
6		USB_TXD	Port USB linia TXD (IC5)	
PC	0	LED4	Przekroczenie limitów napięć i prędkości (D12)	
	1	LED3	Procedury komunikacji z modemem (D11)	
	2	LED5	Stan przekaźnika REL1 (D13)	
	3	LED6	Stan przekaźnika REL2 (D14)	
	4..7	–	NC	
	PD	0	LED2	Status odbiornika GPS (D10)
		1	GPS_PEN	Odbiornik GPS linia PEN (IC3)
2		GPS_TXD	Odbiornik GPS linia TXD (IC3)	
3		GPS_RXD	Odbiornik GPS linia RXD (IC3)	
4..7		–	NC	
PE	0	GSM_TXD	Modem GSM linia TXD / ISP MOSI (IC2)	
	1	GSM_RXD	Modem GSM linia RXD /ISP MISO (IC2)	
	2	GSM_PW	Modem GSM linia PWR (tranzystor T2)	
	3..5	–	NC	
	6	SD_CD	Styki wykrywania obecności karty SD	
PF	0	VI1	Pomiar VCCUC – główna szyna zasilająca	
	1	VI2	Pomiar VCCAT – zasilanie modemu (IC2)	
	2	VI3	Pomiar VCCSD – zasilanie karty SD	
	3	VI4	Pomiar VREL – napięcie wyjściowe przetwornicy/zasilanie przekaźników	
	4	VI5	Pomiar VACCU – napięcie akumulatora	
PG	5..7	–	NC	
	0	REL2	Przekaźnik (REL2)	
	1	REL1	Przekaźnik (REL1)	
2..4	–	NC		

cie VCC jest jednak używane do zasilania interfejsu UART układu IC5 (pin numer 4 – VCCIO), co zapewnia odpowiednie poziomy napięcia na końcówkach RXD i TXD, a tym samym umożliwia poprawną współpracę z mikrokontrolerem. Diody LED D7 i D8 nie są wymagane, służą jedynie do sygnalizowania przesyłu danych przez linie RXD i TXD. Ponieważ mikrokontroler ATmega128 został

wyposażony w dwa sprzętowe USART, komunikacja z komputerem PC musi być zrealizowana programowo.

Blok czterech wejść cyfrowych wykonano w oparciu o transoptory PC357 (OC1...OC4). Wejścia te umożliwiają dołączenie sygnałów napięciowych tworzących sekwencję dezaktywującą wyzwolenie alarmu. Wartości rezystorów R12...R18 ograniczających prąd

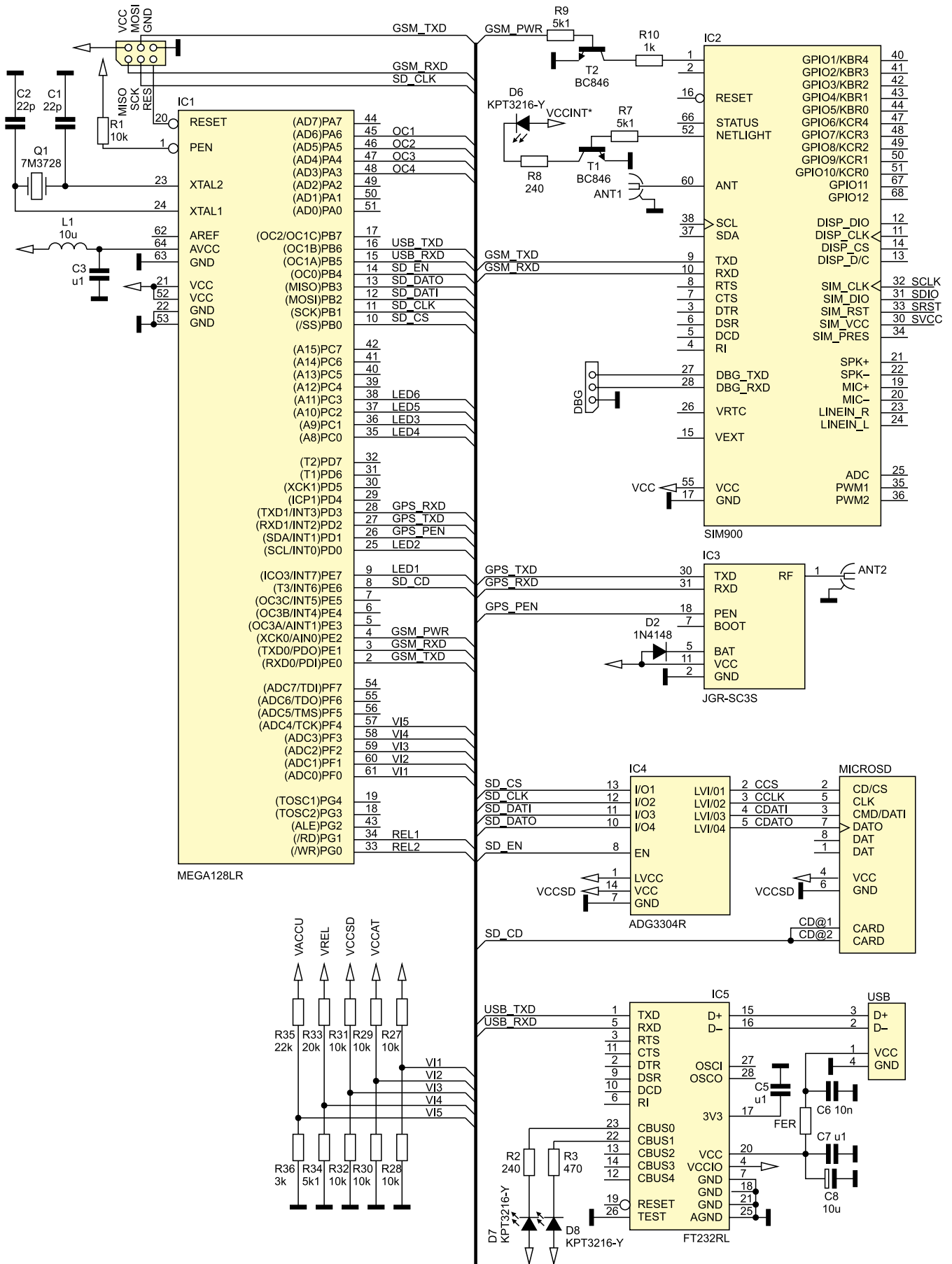
Tabela 8. Wyniki symulacji moc strat i temperatur ważniejszych elementów przetwornicy

Element	P _{DISS} [W]	T _{MAX} [°C]	Symbol	Producent
IC (obudowa)	0,44	53	LM2676S-ADJ	National Semiconductors
IC (struktura)	0,44	55		
L1	0,25	46	SRR1280-330M	Bourns
D1	0,51	56	SS34-E3/57T	Vishay
Cout	0,0008	45	TPSD107M016R006	AVX
Cin	0,075	43	T495D336K025ATE090	Kemet

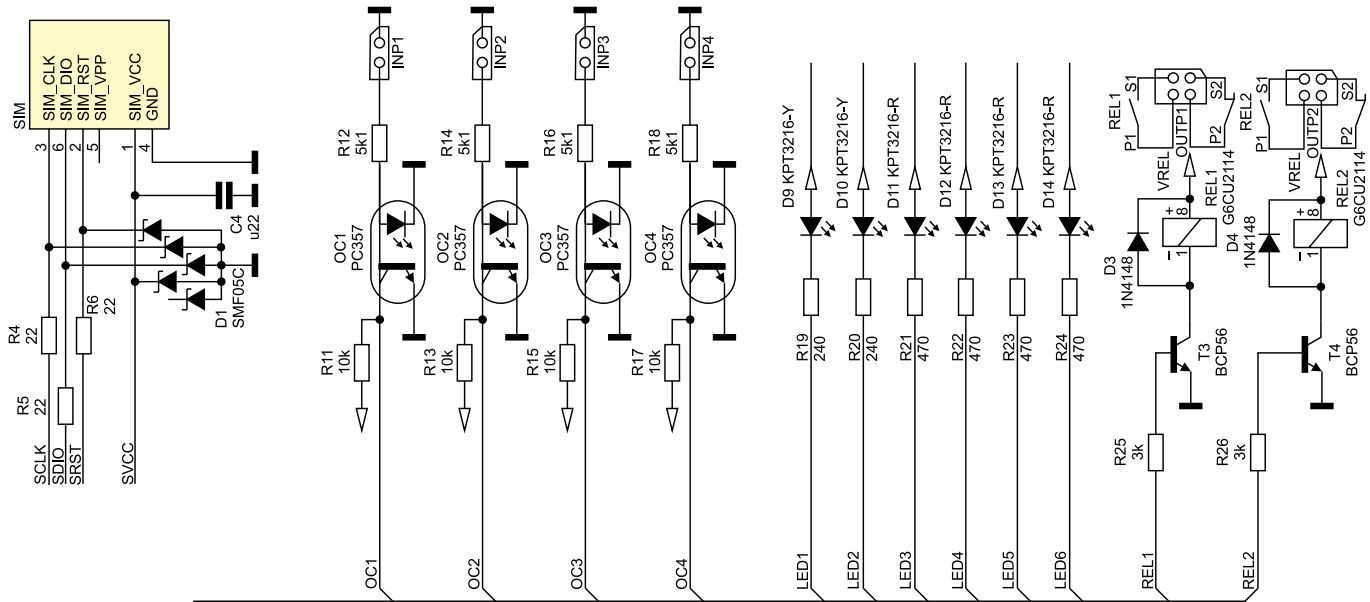
diod podano przy założeniu, że wejścia będą sterowane sygnałami napięciowymi z obwodów instalacji elektrycznej samochodu

+12 V. Nie ma oczywiście przeszkód, aby wykorzystać sygnały generowane przez inny układ elektroniczny. Należy jedynie pamiętać,

że zmiana wartości napięć sterujących wejściami może pociągać za sobą konieczność rezystancji wspomnianych oporników.



Rysunek 1a. Schemat ideowy bloku głównego

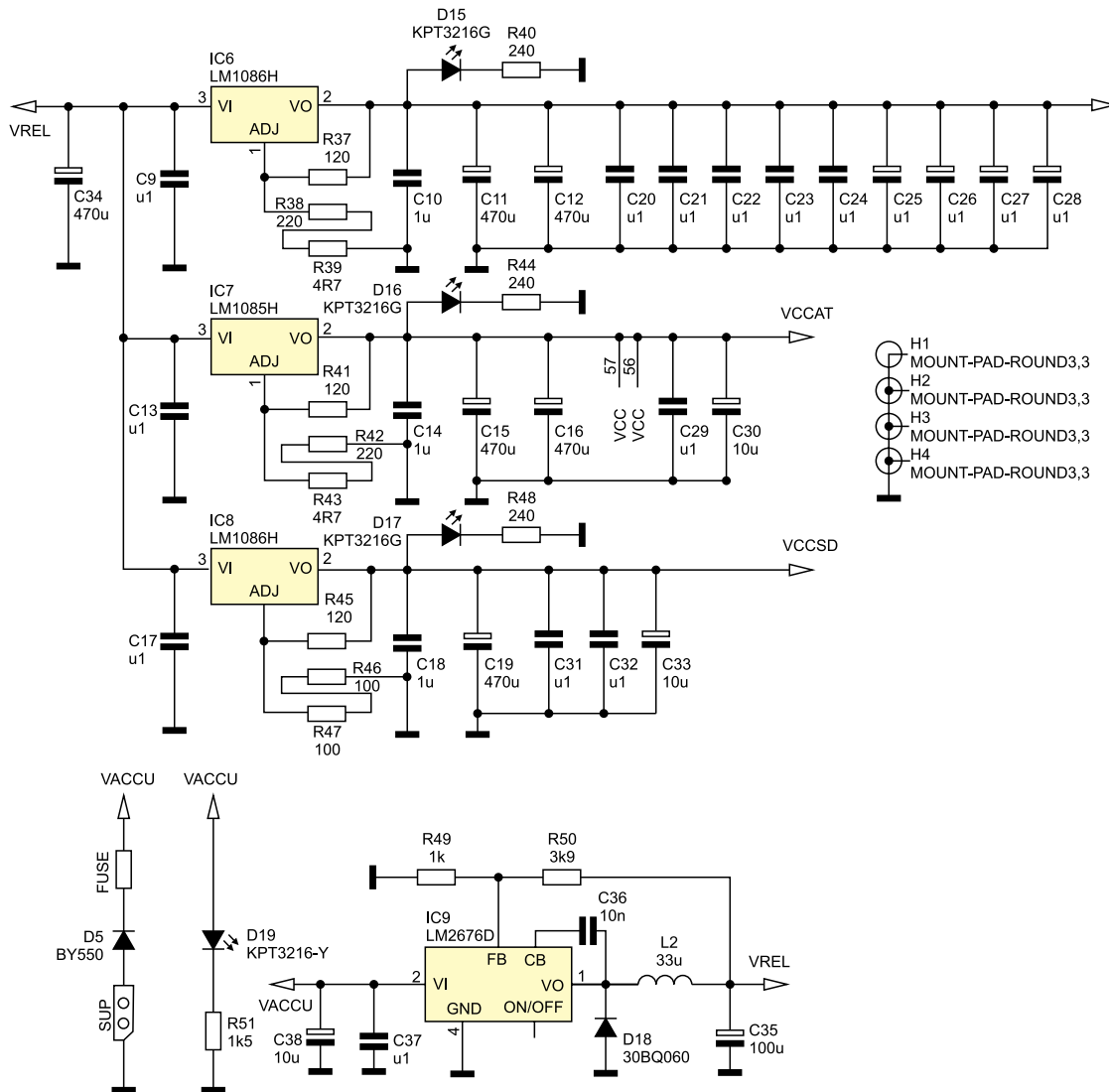


Rysunek 1b. Schemat ideowy bloku głównego

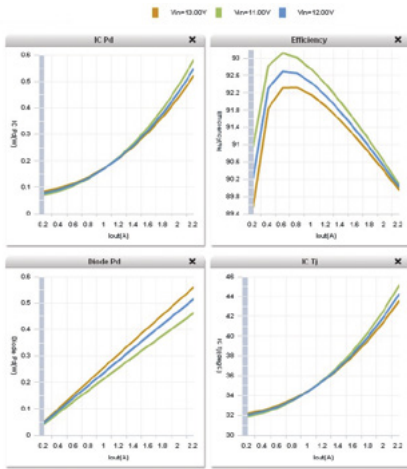
W projekcie trackera przewidziano użycie dwóch wyjść przekaźnikowych REL1 i REL2. Mikrokontroler, po odebraniu od użytkownika odpowiedniej komendy, steruje przekaźnikami za pośrednictwem tranzystorów T3 i T4

(BCP56). Wykorzystane w projekcie przekaźniki typu G6CK-2114P mają po jednej parze styków zwiernych (NO) i rozwiernych (NC), dzięki czemu użytkownik ma dowolność w wyborze sposobu wykorzystania urządzeń

alarmowego i rodzaju przyłączonego układu wykonawczego. Obciążalność styków przy napięciu do 30 V DC wynosi 8 A dla obciążenia o charakterze rezystancyjnym i 3,5 A dla obciążenia o charakterze indukcyjnym (cos



Rysunek 2. Schemat ideowy bloku zasilania



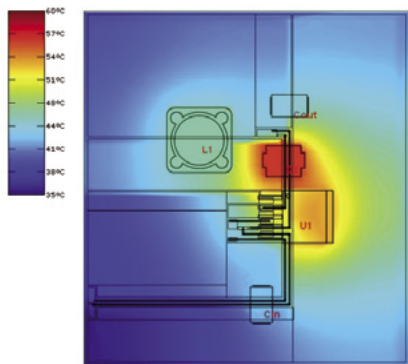
Rysunek 3. Wyniki symulacji za pomocą Webench: mocy strat diody i układu scalonego, temperatury struktury LM2676 oraz sprawności przetwornicy DC/DC

$\alpha=0,4$). Obok gniazd obu wyjść REL1 i REL2 przewidziano miejsce na diody LED (D13 i D14) do sygnalizowania stanu aktywnego.

Ostatni blok peryferyjny mikrokontrolera służy do pomiaru napięć. Monitorowane są wartości napięć wszystkich szyn zasilających układu trackera (VCC, VCCAT, VCCSD, VREL, VACCU). Sygnały napięciowe doprowadzone są do wejść przetworników A/D mikrokontrolera z dzielników zbudowanych z rezystorów R27...R36. Napięcie AVCC zasilające przetworniki jest uzyskiwane z szyny VCC po odfiltrowaniu przez dławik L1 i kondensator C3.

Opis bloku zasilania

Blok zasilania (rysunek 2) wymaga szerszego omówienia. Wybór napięcia zasilania podporządkowano wymaganiom modemu GSM i modułu GPS. Dopuszczalne zakresy napięć zasilających wynoszą, odpowiednio: 3,2...4,8 V i 3,0...4,2 V, a wartości nominalne to, odpowiednio: 4,0 V i 3,3 V. Karta microSD wymaga napięcia zasilającego 3,3 V. Z pobieżnej analizy wynika, że najbardziej korzystną wartością napięcia zasilającego byłoby 3,3 V. Jednak problem polega na tym,



Rysunek 4. Wynik symulacji rozkładu temperatur elementów przetwornicy DC/DC (WEBENCH)

że modem SIM900D ma specyficzne wymagania odnośnie do warunków zasilania. Normalny pobór prądu w czasie pracy wynosi 22 mA z cyklicznymi impulsami o natężeniu dochodzącym do 2 A. Spadki napięcia zasilania wywołane tymi impulsami, poniżej dolnej granicy 3,2 V mogą powodować niestabilną pracę i restartowanie się modemu. Zatem decyzja o ustaleniu nominalnej wartości napięcia zasilania na 3,3 V, czyli tylko o 0,1 V ponad dolną dopuszczalną wartość określoną przez producenta modemu, wiązałaby się z koniecznością zaprojektowania zasilacza o bardzo małej rezystancji wewnętrznej lub z poważnym ryzykiem niestabilnej pracy urządzenia. Z tego powodu napięcie zasilania podwyższono do 3,6 V. Ponadto, aby uzyskać pewność, że wahania napięcia spowodowane pracą modemu nie będą zakłócały pracy mikrokontrolera i modułu GPS, ich szyny zasilające odseparowano. W ten sposób powstały obwody VCCAT – przeznaczone do zasilania wyłącznie modemu oraz VCC – zasilanie główne. Podniesienie napięcia zasilania zostało okupione kosztem niewielkiej komplikacji układu, tj. koniecznością zastosowania dodatkowego stabilizatora na napięciu 3,3 V do zasilania karty microSD (VCCSD). Jako stabilizatory dla szyn zasilających VCC i VCCSD wybrano układy LDO LM1086 o wydajności prądowej 1,5 A (IC6 i IC8) oraz dla szyny VCCAT układ LM1085 – 3 A (IC7). Stabilizatory pracują w typowej aplikacji.

Obniżenie napięcia zasilającego z wartości spotykanych w instalacji samochodowej (12...14 V) do wymaganych 3,6 V wyłącznie przy użyciu stabilizatorów liniowych wiązałoby się z koniecznością rozproszenia sporych ilości ciepła przy jednocześnie niskiej sprawności zasilacza liniowego. Ta rozrzutność energii byłaby tym bardziej niekorzystna, że w typowych warunkach eksploatacji samochodu, sumaryczny czas jazdy jest zdecydowanie krótszy, niż okresy postoju, podczas których tracker byłby zasilany z akumulatora. Należy więc uznać, że jest on urządzeniem z zasilaniem bateryjnym i w związku z tym należy dążyć do ograniczania strat energii. Rozsądnym sposobem obniżenia napięcia jest użycie przetwornicy w konfiguracji *step down*.

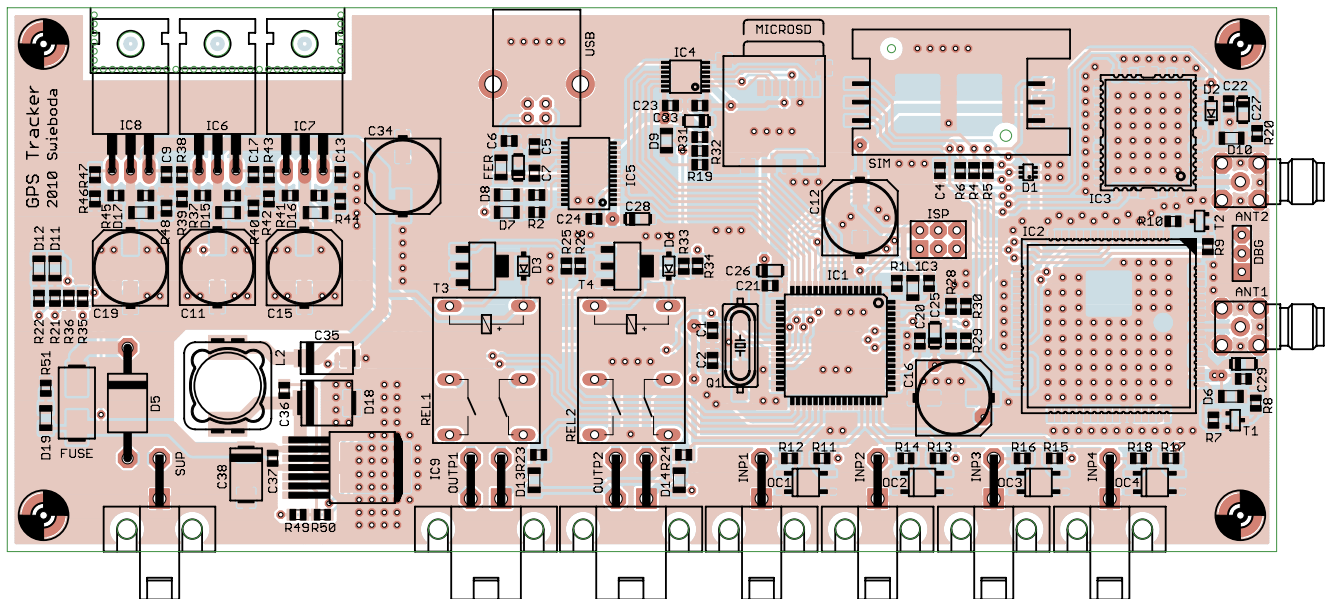
Przedział napięć wejściowych wynika z wartości napięć w instalacji elektrycznej samochodu. Założono, że w typowych warunkach waha się ono pomiędzy około 12 a 14 V. Napięcia wejściowe do dalszej analizy ustalono na 11, 12 i 13 V (po uwzględnieniu spadku napięcia na diodzie D5 zabezpieczającej przed przypadkowym dołączeniem napięcia o odwrotnej polaryzacji). Wartość napięcia wyjściowego wynika z najniższej wartości napięcia zasilającego stabilizatory liniowe. Typowo różnica napięcia pomiędzy wejściem a wyjściem zastosowanych stabi-

lizatorów wynosi 1,5 V. Założono więc, że napięcie wyjściowe przetwornicy będzie wynosiło 5,5 – 6,0 V. To samo napięcie może też być użyte do zasilania cewek przekładników. Oszacowano, że pobór prądu przez wszystkie bloki funkcjonalne, za wyjątkiem modemu GSM, nie przekroczy 200 mA. Szczytowy pobór prądu przez modem nie przekracza 2 A. Na tej podstawie, do dalszych obliczeń przyjęto, że w najbardziej niekorzystnych warunkach prąd wyjściowy przetwornicy będzie wynosił 2,2 A.

Dobór elementów i symulację pracy przeprowadzono za pomocą programu Webench. Do projektu wybrano układ scalony LM2676S-ADJ w podstawowej aplikacji. Program umożliwia zaprojektowanie i symulowanie pracy przetwornicy. Sugeruje również producenta, typ i wartości znamionowe podzespołów użytych do jej budowy: diody, dławika i kondensatorów. Niestety większość z podzespołów zasugerowanych przez Webench była dla mnie trudna do zdobycia. W związku z tym samodzielnie wybrałem odpowiedniki łatwej dostępne w handlu. Przy ewentualnym dobieraniu zamienników należy kierować się przede wszystkim ich gabarytami, które mają istotny wpływ na wyniki uzyskiwane w czasie symulacji. Na przykład należy wybierać kondensatory o jak najniższej zastępczej rezystancji szeregowej ESR. Wyniki przeprowadzonych symulacji sprawności oraz mocy strat i temperatury poszczególnych elementów przedstawiono na **rysunku 3** i **rysunku 4** oraz w **tabeli 8**.

Trzeba też pamiętać, że na charakterystykę układu rzeczywistego również istotny wpływ mają zarówno dobór elementów jak i sposób zaprojektowania obwodu drukowanego. Ważniejsze wytyczne, które należy uwzględnić rozmieszczając elementy i prowadząc ścieżki, zebrano w opisie projektu płytki, w rozdziale „Montaż i uruchomienie”.

Blok zasilania, którego głównymi elementami są przetwornica DC/DC i stabilizatory liniowe, uzupełniają następujące elementy: wspomniana już dioda D5 (BY550), bezpiecznik SMD oraz diody LED D15..17 i 19. D5 zabezpiecza przed przyłożeniem napięcia



Rysunek 5. Rozmieszczenie komponentów na płycie drukowanej

o odwrotnej polaryzacji, co w warunkach „polowych” może się zdarzyć. Bezpiecznik SMD serii 154 z podstawką umożliwiającą łatwą wymianę zabezpiecza przed skutkami jakiegś poważniejszej awarii w układzie. Diody LED w obrębie bloku zasilacza mają jedynie funkcję diagnostyczną, ale warto je wlutować – dzięki nim w pewnych sytuacjach, już na pierwszy rzut oka można zorientować się, czy problem niedziałającego układu nie ma przypadkiem źródła w braku zasilania oraz w którym obwodzie wystąpił.

Montaż i uruchomienie

Dla prezentowanego układu zaprojektowano dwustronny obwód drukowany z metalizacją otworów, o wymiarach 175 mm×75 mm z laminatu o grubości 2 mm. Schemat montażowy płytki pokazano na rysunku 5.

Podczas projektowania obwodu drukowanego, główne bloki funkcjonalne układu rozlokowano w taki sposób, by w bezpośrednim otoczeniu przetwornicy DC/DC nie znajdowały się elementy i obwody wrażliwe na zakłócenia elektromagnetyczne. W szczególności chodzi tutaj o odbiornik GPS i modem GSM, które odsunięto na przeciwległy kraniec płytki. Natomiast w bezpośrednim otoczeniu przetwornicy umieszczono, odporne na zakłócenia, przekaźniki bloku wyjść cyfrowych. Na rysunku 6 przedstawiono rozmieszczenie poszczególnych modułów.

Projektując obwód przetwornicy, aby zminimalizować straty należy zadbać o to, by połączenia pomiędzy kondensatorem wejściowym, a układem scalonym, diodą, dławikiem i kondensatorem wyjściowym oraz ścieżki masy, miały jak najmniejszą impedancję. Newralgiczne jest połączenie kondensatora wejściowego z układem scalonym – powinno być jak najkrótsze. Po-

nadto, obszary masy można wykorzystać, aby wspomagać rozpraszanie ciepła z diody i układu scalonego. Nie należy wypełniać masą obszaru pod cewką, ponieważ mogą się w nim indukować zaburzenia. Bardziej szczegółowe wytyczne można znaleźć w dokumentacji przetwornicy rodziny Simple Switcher i nocie aplikacyjnej [5]. Podobnie rygorystyczne kryteria powinny być spełnione w stosunku do linii RF modułów GPS i GSM [2]. Przede wszystkim te ścieżki powinny być jak najkrótsze. Należy także unikać: załamań mogących powodować odbicia sygnału, prowadzenia tych ścieżek pod odbiornikiem i w bezpośrednim sąsiedztwie sygnałów cyfrowych. Obszarów masy można użyć do ekranowania zakłóceń.

Złącza zasilania, wejść i wyjść cyfrowych rozmieszczono na jednej krawędzi płytki, co w założeniu ma ułatwić ułożenie wiązki przewodów łączących tracker z instalacją elektryczną samochodu. Gniazdo USB oraz złącza kart microSD i SIM, które mają być dostępne w „trybie serwisowym” po zdjęciu pokrywy obudowy, umieszczono obok siebie na przeciwległej krawędzi płytki.

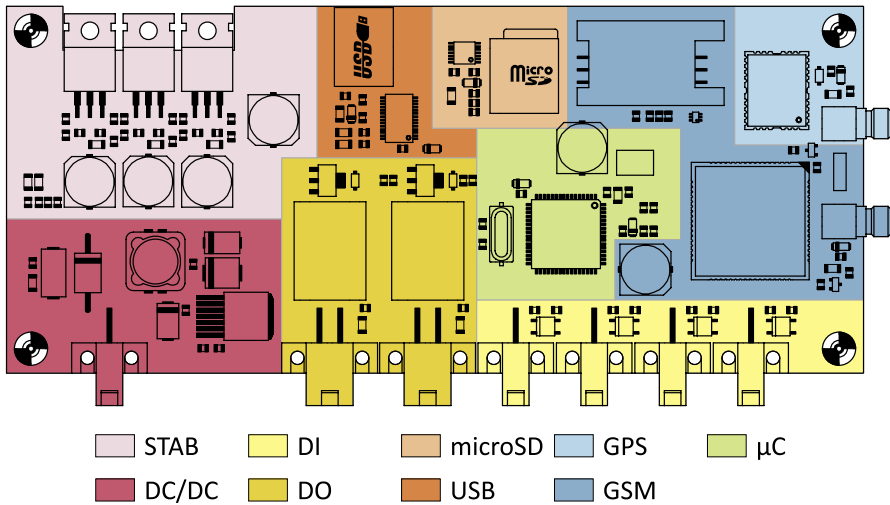
W lewym górnym rogu płytki (powyżej bloku zasilania), wokół otworów na śruby M3 stabilizatorów IC6..8, wykonano szereg otworów tworzących rodzaj perforacji. Perforacja powinna ułatwić usunięcie tego fragmentu płytki. Wycięcie to umożliwia dostęp do śrub mocujących stabilizatory do obudowy – o czym będzie mowa w dalszej części opisu. Wypilowanie wycięcia jest czynnością, jaką należy wykonać przed rozpoczęciem montażu elementów. Oczywiście dużo prostszym rozwiązaniem byłoby zaprojektowanie obrysu płytki o docelowym kształcie. Chodziło jednak o obniżenie kosztów – wykonanie prostokątnego

obwodu drukowanego jest tańsze niż płytki o bardziej skomplikowanym obrysie, która wymaga frezowania.

Montaż należy rozpocząć od elementów SMD. Najtrudniejszym etapem zapewne będzie wlutowanie modemu i odbiornika GPS. Prawdopodobnie najlepszym rozwiązaniem byłoby użycie pasty lutowniczej, jednak przy montażu obu elementów zupełnie dobrze można sobie poradzić, używając cienkiego tinolu. Najpierw powinno się unieruchomić element przylutowując jedno z wyprowadzeń. W tym celu należy nanieść niewielką ilość cyny na pad na płycie drukowanej, umieścić element we właściwej pozycji i wtedy grotem lutownicy podgrzać naniesioną uprzednio cynę. Powinien on delikatnie osiąść i zespolić się z płytką. Jeżeli w trakcie tej operacji układ poruszy się i wyprowadzenia nie będą dokładnie pokrywały się z padami, możliwe będzie skorygowanie jego położenia. W drugim etapie lutuje się pozostałe wyprowadzenia. Tinol o średnicy nie większej niż 0,5 mm trzeba pociąć na kawałki o długości poniżej 1 mm i używając pęsety umieszczać po jednym przy kolejnych wyprowadzeniach układu (w rowkach na krawędzi podstawy) i roztopiać grotem lutownicy. Cyna powinna wypełnić rowek na krawędzi obudowy i połączyć pin z padem. W trakcie wykonywania tej operacji należy zwrócić szczególną uwagę, by cyna nie zwarła wyprowadzenia z metalowym ekranem obudowy.

Niełatwe jest również wlutowanie złącza kart microSD. Wielu rodzajów złączy dostępnych w handlu nie można przylutować za pomocą klasycznych lutownic grzałkowych. To, które wybrano do układu trackera, ma na górnej powierzchni otwory umożliwiające osiągnięcie grotem do padów.

Montaż pozostałych elementów SMD sprawi zapewne znacznie mniej kłopotów.



Rysunek 6. Rozmieszczenie i orientacyjne granice bloków funkcjonalnych układu na płytce drukowanej.

Końcowym etapem budowy generatora powinno być wlutowanie elementów do montażu przewlekane, a jako ostatnie powinny zostać wlutowane stabilizatory liniowe. Trzeba je przylutować od spodu płytki w taki sposób, aby po wygięciu ich końcówek o 90° tylna płaszczyzna obudów TO-220 była równoległa do płytki drukowanej i cofnięta względem jej powierzchni o 5 mm. Najwygodniej jest to zrobić po niewielkich przygotowaniach. W otworach

montażowych płytki drukowanej zakręcić tulejki dystansowe F/M o długości 5 mm, a końcówki stabilizatorów leżących płasko na stole wygiąć do góry uprzednio ustalając miejsce gięcia. Tak przygotowane podzespoły należy umieścić w otworach płytki drukowanej i komplet położyć płasko na stole. Dzięki tulejkom dystansowym łatwo będzie zachować właściwą głębokość wysunięcia elementów i równoległość płaszczyzn. Dodatkowym ułatwieniem będzie

jeśli płytka zostanie ustawiona na wydruku projektu – dzięki temu będzie łatwo sprawdzić, jeszcze przed wlutowaniem, czy otwory w obudowach stabilizatorów będą pasowały do otworów w obudowie urządzenia. Ze względu na to, że w normalnych warunkach eksploatacji urządzenie może być narażone na trudne warunki eksploatacji, gniazda Mini-Fit należy przykręcić do płytki drukowanej śrubami M2,5.

Po zakończeniu montażu mechanicznego można rozpocząć uruchamianie trackera, ale o tym oraz o jego oprogramowaniu w kolejnej części artykułu.

Tymoteusz Świeboda
gleitmo@vp.pl

Literatura

- [1] Kaniewski P.: System nawigacji satelitarnej GPS; Kurs Cz. 1...12; EP 2/2006...EP 1/2007
- [2] Wróbel A.: GPS Jak je poprawnie stosować?; EP7/2004
- [3] Bogusz J.: Moduły GSM w systemach mikroprocesorowych; BTC; Warszawa 2007
- [4] Chruściel M.: Użycie sterownika direct układów FTDI w środowisku LabVIEW; Programy Cz. 1–2; EP11 i 12/2006
- [5] SIMPLE SWITCHER PCB Layout Guidelines; National Semiconductor AN-1229