

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Komputer samochodowy

Obrotomierz, prędkościomierz, miernik dystansu, akcelerometr, kontroler napięcia i sondy lambda, tester układu regulacji składu mieszanki paliwowej

Projekt
199

Elektronika zrewolucjonizowała technikę samochodową.

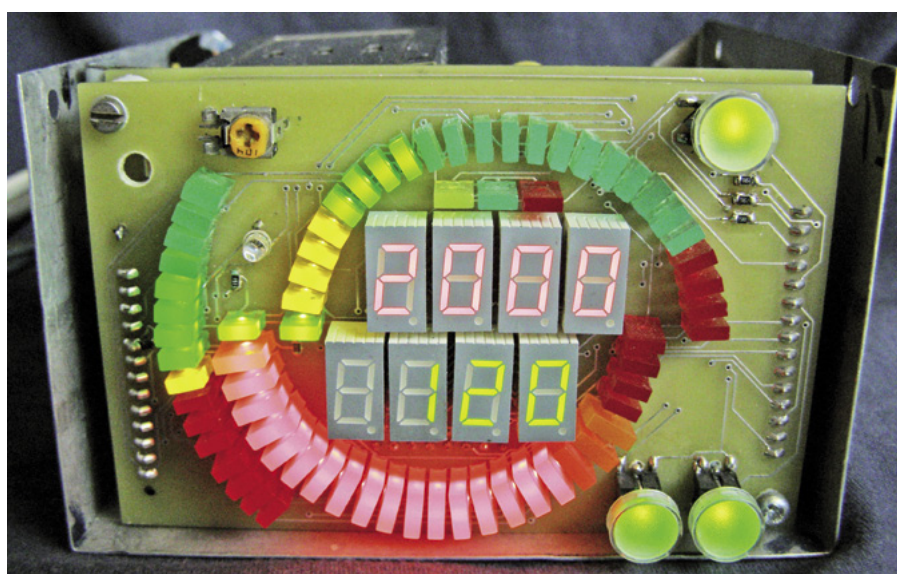
Początkowo elementy mechaniczne zastępowano elektronicznymi, aby poszczególne układy uczynić bardziej niezawodnymi.

Na przykład usunięto styki przerywacza w układzie zapłonowym. Stopniowo w samochodach przybywało coraz więcej nowych układów, które nie mogłyby działać bez elektroniki. Motorem rozwoju były rosnące wymagania odnośnie do czystości spalin silnika benzynowego oraz komfortu i bezpieczeństwa.

Współczesne samochody są wypełnione układami elektronicznymi. Przedstawiony projekt jest propozycją uzupełnienia tego zestawu o kolejną pozycję.

Użytkownik obsługuje urządzenia za pomocą panelu czołowego składającego się z wyświetlaczy cyfrowych, linijek diodowych LED, trzech klawiszy oraz sygnalizatora elektromagnetycznego. Sygnalizator generuje sygnały ostrzegawcze oraz dźwięki towarzyszące przewijaniu komunikatów na wyświetlaczu cyfrowym. Czteroznakowe komunikaty informują o rodzaju prezentowanych wartości.

W podstawowym trybie pracy, za pomocą wyświetlacza cyfrowego i linijek diodowych, jest wyświetlana aktualna prędkość pojazdu oraz prędkość obrotowa silnika. Na lewej skali diodowej jest pokazywane przyspieszenie. Dolna jej połowa (kolor czerwony)



ny) odwzorowuje wartość przyspieszenia podczas hamowania, natomiast górna (kolor zielony) podczas wciśnięcia pedału gazu. Trzy diody LED umieszczone poniżej górnej linijki obrotów wskazują na zakres obrotowy pracy silnika. Świecenie środkowej, zielonej diody LED oznacza pracę w optymalnym zakresie obrotów (pomiędzy maksymalnym momentem obrotowym a maksymalną mocą efektywną silnika). Świecenie diody czerwonej lub żółtej świadczy o pracy silnika poza zakresem optymalnym. Wyjście z zakresu optymalnego sygnalizowane jest krótkim sygnałem akustycznym o tonie opadającym. Wejście w ten zakres – sygnałem o tonie narastającym. Sygnały te wytwarzane są przez mikrokontroler za pomocą funkcji łączącej kolejno dźwięki o trzech różnych częstotliwościach. Wartości progów zakresu optymalnego ustawiane są w menu programowania.

Z trybu podglądu wartości napięcia akumulatora, napięcia na sondzie lambda lub do trybu obrazowania przyspieszeń w trzech osiach pojazdu. Aby dostać się do tego trybu, wciskamy przycisk S3 i po zmianie koloru

jego podświetlenia z zielonego na czerwony – wciskamy S1 lub S2. Podgląd wartości napięć dokonywany jest na wyświetlaczu oraz na lewej linijce diodowej. W razie spadku poziomu napięcia akumulatora poniżej jednego z dwóch progów definiowanych w menu programowania, jest generowany komunikat oraz sygnał ostrzegawczy. Z pierwszym, niższym progiem porównywane jest napięcie na akumulatorze po włączeniu stacyjki - przed uruchomieniem silnika. Pojawiający się wtedy komunikat (z podaną wartością napięcia) i sygnał dźwiękowy, wskazują na słabą kondycję akumulatora. Z drugim progiem porównywane jest napięcie na akumulatorze w trakcie pracy silnika. Zapewnia to kontrolę ładowania akumulatora. Jeśli napięcie będzie zbyt niskie lub zbyt wysokie, wygenerowany zostanie stosowny komunikat oraz sygnał dźwiękowy.

W trybie podglądu napięcia sondy lambda (po kolejnym wciśnięciu S1 lub S2) istnieje możliwość odczytu wartości średniej z jednoczesnym podglądem wartości chwilowej. Uśrednianie pozwala na dokładniejsze oszacowanie stanu wyregulowania składu

mieszanki paliwowej. Aby uzyskać wgląd w tę wartość należy dwukrotnie wcisnąć przycisk S3. Czas w trakcie którego uśredniana jest wartość napięcia ustawiany jest w menu programowania. Na wyświetlaczu cyfrowym widzimy wartość średnią, na linijce diodowej – chwilową. Urządzenie również ma sygnalizację stanów wskazujących na uszkodzenie sondy, takich jak przekroczenie wartości 1,0 V oraz zbyt długie (powyżej 4 sekund) pozostawianie napięcia sondy w przedziale 0,4...0,6 V przy wyższych obrotach.

W trybie obrazowania przyspieszeń na wyświetlaczach cyfrowych widzimy wartość prędkości obrotowej silnika oraz prędkości pojazdu – podobnie jak to ma miejsce w trybie podstawowym. Linijki diodowe obrazują jednak inne wielkości. Górna linijka diodowa pokazuje tym razem wartość przyspieszenia w osi poziomej wzdłuż pojazdu. Wychylenie wskazania w prawo obrazuje wartość przyspieszania pojazdu, w lewo – jego hamowania. Linijka dolna pokazuje wartość przyspieszenia w osi poziomej w poprzek pojazdu. Wychylenia wskazań w prawo lub w lewo mają miejsce w czasie skręcania lub podczas przejeżdżania pojazdu na boki. Linijka boczna pokazuje wartość przyspieszenia w osi pionowej pojazdu. Wychylenia wskazań następują na niej podczas jazdy po nierównościach.

W każdym trybie pracy przyciskami S1 lub S2 (gdy S3 podświetlony jest na zielono) dokonujemy wglądu w wartości czterech liczników dystansu. Każdy licznik możemy kasować przy użyciu przycisku S3. Licznik trzeci to licznik drogi przebytej na paliwie LPG. Licznik zlicza, gdy na cewce zaworu LPG pojawia się napięcie. O tym jakiego rodzaju paliwo jest spalane wnioskujemy

spoglądając na podświetlenie przycisku S3. Świecenie ciągłe w kolorze zielonym oznacza, że spalany jest LPG. Krótkotrwałe, czerwone błyski na tle zieleni świadczą o tym, że spalana jest benzyna. Stan licznika dystansu przebytego na LPG jest monitorowany. W menu programowania wprowadzamy kilometrowy limit po przekroczeniu którego generowany będzie stosowny komunikat wraz z sygnałem dźwiękowym. Ostrzeżenie, funkcjonalne w sytuacji gdy nie posiadamy wskaźnika poziomu paliwa w zbiorniku LPG, pojawiać się będzie co określony czas, przypominając nam o tym, że jeździmy na „rezerwie”. Podgląd liczników dystansu kończy się samoczynnie po upływie paru sekund. Następuje wtedy powrót do trybu podstawowego.

Kalibracja

Początek programu głównego z deklaracjami zmiennych i ich wartościami domyślnymi pokazano na **listingu 1**. Pomimo nadania zmiennym pewnych typowych wartości, aby komputer działał prawidłowo należy wykonać kalibrację.

Do trybu programowania wchodzimy poprzez dłuższe przytrzymanie przycisku S3. Wyboru grupy menu dokonujemy przy pomocy S1 i S2. Za pomocą S3 – poprzez krótkie przytrzymanie - zatwierdzamy wejście do niej. Teraz przy użyciu S1 i S2 dokonujemy wyboru parametru w wybranej grupie. Przycisk S3 służy do uaktywnienia edycji, jej zatwierdzenia lub do wychodzenia z menu o poziom wyżej (dłuższe przytrzymanie). W trybie programowania oprócz ustawienia wspomnianych już parametrów możemy dokonywać kalibracji prędkości/drogomierza, kalibracji pomiaru napięć na akumulatorze i sondzie, kalibracji pomiaru przyspieszenia

oraz przeprowadzenia testu układu regulacji składu mieszanki paliwowej.

Kalibracja prędkościomierza/drogomierza jest niezbędna, aby procesor dokonywał dokładnych przeliczeń, dostosowawszy je do danego pojazdu (układ impulsatora drogi, średnica kół). Po wejściu w jej menu, potwierdzamy chęć wykonania procedury lub tylko przeglądamy wprowadzone wcześniej wartości. Gdy uaktywnimy procedurę, procesor w trakcie jazdy będzie zliczał impulsy przychodzące z impulsatora. Z menu możemy wyjść w każdej chwili. Możemy też wyłączyć stacyjkę (zarazem urządzenie) i opuścić samochód. Procedura kalibracji w dalszym ciągu będzie aktywna, gdy powrócimy do pojazdu i włączymy stacyjkę. Ważne jest to byśmy pamiętali o odcinku przejechanej trasy, aby akceptując koniec procedury, wprowadzić do pamięci wartość pokonanego podczas niej dystansu. Procesor wykorzysta ją do przeliczeń. Wartości ustalone po kalibracji warto sobie gdzieś zanotować na wypadek ich przypadkowego wyzerowania. Gdyby tak się stało, nie musimy powtarzać całej procedury. Wchodząc do niej, możemy ustawić wartość naliczonych impulsów korzystając z wewnętrznej pamięci procesora. Klawiszem „góra” zaczynamy/przyspieszamy zliczanie, klawiszem „dół” – zwalniamy/zatrzymujemy. Następnie wpisujemy wartość dystansu odpowiadającą zliczonym impulsom i po potwierdzeniu kończymy procedurę.

Kalibracja pomiaru napięcia akumulatora polega na wprowadzeniu wartości napięcia (zmierzonego multimetrem na zaciskach akumulatora) i potwierdzeniu inicjacji kalibracji przyciskiem S3. Kalibrację wykonujemy w momencie, gdy na zaciskach akumulatora występuje napięcie wysokie – ponad 14 V, czyli w momencie gdy akumulator jest ładowany z alternatora.

Listing 1. Przykładowe nastawy wprowadzane do EEPROM-u (zarazem – deklaracje zmiennych)

```

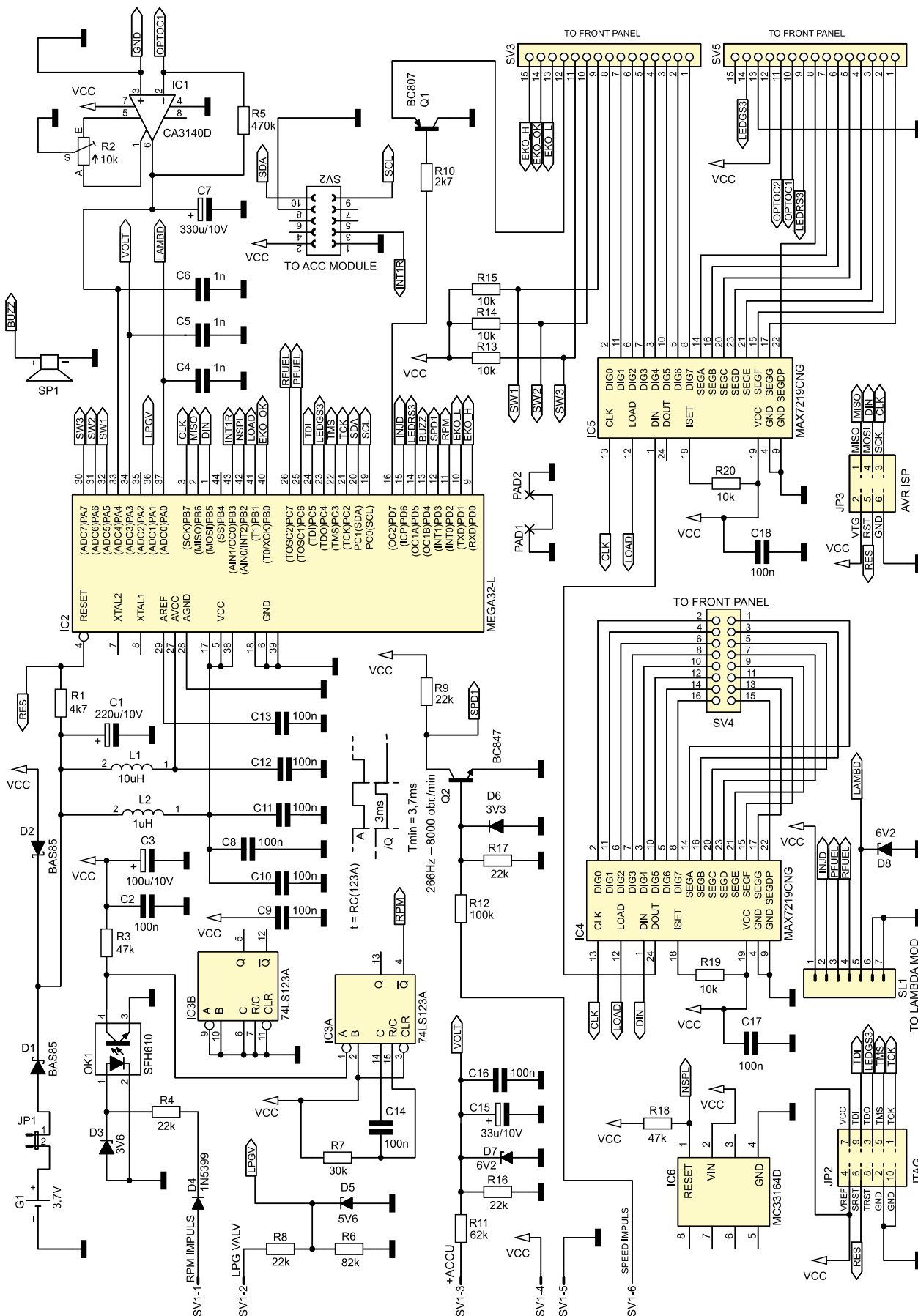
/* prędkość maksymalna oraz obroty maksymalne odpowiadające świeceniu się całej skali LED */
uint16_t velMax = 280 ; //km/h
uint16_t rpmMax = 8000 ; //obr/min
/* progi alarmowe dla zbyt niskich wartości napięć na akumulatorze przed i po uruchomieniu silnika */
u08 BattAlarmInitLowVal = 115 ; //11,5 Volt
u08 BattAlarmLowVal = 130 ; //13 Volt
/* wartości wprowadzone podczas wykonywania procedury kalibracji drogomierza; na dystans 100 km przypada 702980
impulsów zliczonych z nadajnika drogi lub z TIMER'a procesora */
u08 distanceKmRange = 100 ; //km
uint16_t distanceImpulsRangeWordLow = 0xBA04;
uint16_t distanceImpulsRangeWordHigh = 0x000A;
/*po przejechaniu 350 km na LPG usłyszymy sygnał i zobaczymy ostrzeżenie (rezerwa LPG) */
uint16_t LpgLimit = 350 ;
//wartości zapamiętane po kalibracji akcelerometru :
u08 Xcal_L ;
u08 Xcal_H ;
u08 Ycal_L ;
u08 Ycal_H ;
u08 Zcal_L ;
u08 Zcal_H ;
/* wartości zapamiętane po kalibracji modułów pomiarowych napięć Lambdy i akumulatora (wartości [upValLambda]
wprowadzonej z panela (np.1,1Volt) - odpowiada wartość [upInValLambda] wygenerowana przez ADC procesora, po podaniu
napięcia wzorcowego 1,1V) */
u08 upValLambda;
uint16_t upInValLambda;
//podobnie dla akumulatora:
u08 upValBatt ;
uint16_t upInValBatt ;
/* progi optymalnego zakresu obrotów silnika (nastawy indywidualne dla każdego silnika, wg jego charakterystyki) (obr/
min) */
uint16_t minRev = 2800; // maksymalny moment obrotowy
uint16_t maxRev = 5000; // maksymalna moc efektywna silnika
//czas uśredniania pomiaru napięcia sondy lambda
u08 lambdaAverageCounterMem = 10 ; //sekundy

```

W podobny sposób jest wykonywana kalibracja pomiaru napięcia sondy lambda. Teraz jednak zachodzi potrzeba odłączenia sondy, a w jej miejsce podłączenia źródła na-

pięcia wzorcowego. Dobrym wzorcem okaże się baterijka podłączona do precyzyjnego potencjometru. Z jego suwaka podamy na układ pomiarowy np. 1,1 V i taką wartość

wprowadzimy jako górną, graniczną wartość sondy lambda. W obu procedurach kalibracji zapamiętane wartości wprowadzanych napięć wraz z wartościami otrzymanymi



Rysunek 1. Schemat modułu sterującego

z przetwornika ADC procesora, zostaną później wykorzystane do obliczenia wartości rzeczywistych. Zapis nowych wartości następuje dopiero po ich zaakceptowaniu, które jest poprzedzone na wyświetlaczu zapytaniem. Inicjację kalibracji możemy pominąć, przeglądając tylko parametry zapamiętane podczas poprzedniej kalibracji a następnie z procedury po prostu wyjść.

Kalibracja modułu akcelerometru jest konieczna, aby przy zerowym przyspieszeniu czujnik generował zerową wartość wyjściową (offset 0 g). Kalibracja offsetu polegać będzie na obliczeniu stałych, które zapisywane będą w przeznaczonych do tego rejestrach czujnika, wykorzystywanych następnie przez niego do korygowania wartości wyjściowych. W czasie kalibracji procesor pobiera z czujnika jego wartości wyjściowe, dodaje do obliczonych poprzednio wartości offsetów, wysyła wynik do rejestrów czujnika i powtarza operację do momentu, gdy uzyska z czujnika zerowe wartości wyjściowe. Operacje są wykonywane równolegle dla osi X,Y,Z. Na koniec ostatnie wyniki wartości offsetów zapisane zostają do pamięci EEPROM procesora. Ponieważ po zaniku

napięcia zerują się rejestry offsetu czujnika, po powrocie napięcia zasilającego muszą być one ponownie załadowane wartościami obliczonymi w czasie kalibracji. Pobierane są one właśnie po starciu procesora – z EEPROM-u. Podczas wykonywania kalibracji może być pomocna nota aplikacyjna Freescale Semiconductor AN3745.

Test układu regulacji składu mieszanki paliwowej

Ten test to badanie odpowiedzi jednostki sterującej na symulację mieszanki bogatej lub ubogiej. Za prawidłowo wyregulowaną mieszankę przyjmuje się stan, w którym wartość napięcia na sondzie lambda zmienia się w przedziale od 0,1...0,2 V (mieszanka uboga) do 0,8...0,9 V (mieszanka bogata) z częstotliwością ok. 0,5...1 Hz. Na czym polega test? Polega na odcięciu sondy lambda od sterownika silnika spalinowego, a podaniu na jego wejście wartości napięć odpowiadających mieszance bogatej lub ubogiej. Wymuszenia dokonujemy za pomocą przycisku S1 – UBOGA lub S2 – BOGATA. Sterownik silnika (zakładamy, że sprawny) będzie starał się przeciwdziałać tym stanom. Jeśli wymu-

szeniem było podanie napięcia symulującego mieszankę bogatą, powinien ją zubożyć, jeśli zaś ubogą – wzbogacić. Odpowiedź jednostki sterującej na symulację widoczna będzie zarówno na wyświetlaczu cyfrowym, jak i na lewej linijce diodowej. Zobaczymy tam chwilowe napięcie generowane przez sondę lambda.

Budowa i działanie

Moduł sterujący. Schemat modułu sterującego pokazano na **rysunku 1**. Urządzeniem steruje mikrokontroler Atmega32, zasilany poprzez filtr, w którego skład wchodzi dławik L2. Filtr redukuje zakłócenia generowane przez mikrokontroler w wyniku przełączania jego wyjść, mogące wpływać na pracę pozostałych układów.

Rdzeń mikrokontrolera jest taktowany wewnętrznym sygnałem zegarowym o częstotliwości 8 MHz. Przetwornik A/D wykorzystuje napięcie odniesienia równe AVCC (5 V). Kondensator C13 podłączony do pinu AREF dodatkowo je filtruje. Aby zapobiec przedostawianiu się zakłóceń z części cyfrowej, przetwornik wyposażyłem od strony zasilania w filtr (C12, L1). Dla uniknięcia fal-

Listing 2. Procedura obsługi skali diodowej

```
void Display_accl_Bargraf_long(s16 value, s16 downLimit, s16 upLimit, u08 position)
{
    u08 word1 = 0 ;
    u08 word2 = 0 ;
    u08 word3 = 0 ;
    u32 Word = 0 ;
    s16 shift = 0 ;
    //przygotowanie danych do przesyłu
    Word |= 0x00001000 ; //zapalenie diody - punktu zerowego
    if(value < 0) //left //zapalenie lewej połowy linijki, jeśli przyspieszenie ujemne
    {
        /* pominięta jedna z diod : punkt zerowy (12 - 1 = 11) dolną wartość graniczną dzielimy przez ilość diod z lewej strony */
        shift = downLimit / 11 ;
        shift = value / shift ;
        for(u08 a = 0 ; a < shift ; a++){
            Word = Word << 1 ; // zapalamy proporcjonalną do wartości [value] //liczbę diod
            Word |= 0x00001000 ;
        }
    }
    else
    if(value > 0) //right zapalenie prawej połowy linijki, jeśli przyspieszenie dodatnie
    {
        //górną wartość graniczną dzielimy przez liczbę diod z prawej strony
        shift = upLimit / 12 ;
        shift = value / shift ;
        for(u08 a = 0 ; a < shift ; a ++ )
        {
            Word = Word >> 1 ; // zapalamy proporcjonalną do wartości liczbę //diod
            Word |= 0 x 00001000 ;
        }
    }
    Word = ~ Word ;
    //rozdzielamy dane na trzy części
    word1 = (Word & 0x00FF0000)>>16 ;
    word1 = ~ word1 ;
    word2 = (Word & 0x0000FF00)>>8 ;
    word2 = ~ word2 ;
    word3 = ( Word & 0x000000FF ) ;
    word3 = ~ word3 ;
    /* pierwszą część danych wysyłamy wraz z adresem rejestru danych do MAX7219 */
    spiTransferWord((position << 8) | word1) ;
    /* np. position = 0x03 - dolna //linijka
    słowo trafia do IC4 (sekcja wyświetlaczy cyfrowych) - trzeba przesunąć je dalej, do IC5 (sekcji linijek diod), w tym celu :
    do IC4 wysyłamy rozkaz : „wyświetlaj 8 cyfr” - pierwsza część danych wraz z adresem rejestru danych MAX7219 przesuwa się do IC5
    SCAN_LIMIT_DISPL(7) // rozkaz : „wyświetlaj 8 cyfr ” !
    MAKE_LOAD_0 //zatrzaśnięcie rozkazu i danych w IC4 oraz IC5
    // drugą część danych przesyłamy na adres o 1 większy, itd.
    spiTransferWord(++position << 8) | word2) ;
    SCAN_LIMIT_DISPL(7)
    MAKE_LOAD_0
    spiTransferWord(++position << 8) | word3) ;
    SCAN_LIMIT_DISPL(7)
    MAKE_LOAD_0
}
```

szowania pomiarów masa części analogowej jest połączona z masą cyfrową tylko w jednym punkcie – w pobliżu punktu dołączenia napięcia zasilającego (złącze zasilające SV1).

Bateria G1 zasilą procesor, gdy ten będzie w tryb oszczędzania energii *Power Down*. „Usypia” go zbocze opadające, które dostaje się na wejście INT2 z układu IC6. Układ ten (MC33164) służy do detekcji spadku napięcia 5 V dostarczanego z zasilacza. Gdy spadnie ono poniżej 4,33 V, układ wygeneruje sygnał zmuszający procesor do wejścia w podprogram obsługi przerwania, w którym „ugrzęźnie” on aż do czasu powrotu zasilania. W międzyczasie z baterii pobierać będzie prąd o wartości około 0,5 μ A. W podprogramie zauważamy ważną rzecz: przed wprowadzeniem w stan uśpienia wyłączone zostają wszystkie bloki funkcjonalne mikrokontrolera. Poza tym, następuje zmiana sposobu reagowania wejścia INT2. Kolejne przerwanie nastąpi po pojawieniu się zbocza narastającego. Pojawi się ono po powrocie napięcia zasilania, powodując „wybudzenie się” mikrokontrolera z trybu *Power Down*. Nastąpi teraz wejście w pętlę, a następnie restart programu na skutek przerwania od *watchdog'a*. Trybu *Power Down* użyłem po to, aby mikrokontroler zapamiętywał stan liczników dystansu oraz informację o tym, czy jest aktywna procedura kalibracji drogomierza.

Co 8 ms następuje wejście w podprogram przerwania od przepełnienia Timera 0, w którym następuje: zainicjowanie konwersji dla kolejnego kanału A/D, obliczenie wartości napięcia na akumulatorze, sondzie lambda oraz czujniku optycznym panelu czołowego, obliczenie wartości średniej dla sondy lambda, wysterowanie diod LED wskaźnika zakresu prędkości obrotowej. Timer 2 pracuje w trybie PWM, sterując wyjściem OC2, o czym będzie mowa w dalszej części artykułu.

Zwróćmy teraz uwagę na układ sterujący intensywnością świecenia panelu czołowego LED oparty na wzmacniaczu operacyjnym CA3140. Układ IC1 to wzmacniacz z wejściami typu MOSFET oraz z bipolarnym wyjściem. Charakteryzuje się wysoką impedancją i niskim prądem wejściowym. Pracuje tu jako wzmacniacz odwracający. Stanowi konwerter przetwarzający prąd kolektora fototranzystora OT1 (sekcja panelu czołowego) na napięcie ($U = I_c \cdot R_5$) doprowadzane do ADC (kanał 4). Potencjometr R2 służy do ustawienia dolnego progu napięcia na wyjściu tego wzmacniacza (dla minimalnego oświetlenia fototranzystora). Kondensator C7 spowalnia zmiany napięcia na jego wyjściu, zapobiegając irytującemu migotaniu panelu LED. Sygnał wyjściowy wzmacniacza przetworzony przez ADC na wartość liczbową posłuży do wysterowania (z pomocą TIMER'a(2)) wyjścia OC2. Wyjście

to dostarcza sygnału PWM sterującego tranzystorem Q1. Zmieniając potencjał masy, Q1 wpływać będzie na intensywność świecenia części diod LED panelu czołowego. Wartość liczbowa uzyskiwana za pośrednictwem kanału 4 (OPTO) wpływać też będzie, ale inną drogą, na intensywność świecenia wyświetlaczy 7-segmentowych oraz linijek diodowych LED.

Zarówno wyświetlacze jak i linijki są sterowane za pomocą układów MAX7219 (IC4, IC5). Do poprawnej pracy wymagają one tylko zewnętrznego rezystora ustalającego maksymalny prąd obciążenia. Każdy z układów ma 16-bitowy rejestr przesuwny, do którego ładowane są wartości rozkazów i danych. Podczas narastającego zbocza na wejściu LOAD w dekodery adresu zostaje zatrzasknięty adres rejestru, do którego następuje odwołanie. Układ MAX7219 ma wbudowane rejestry, za pomocą których można sterować pracą wyświetlacza lub poszczególnych diod LED. Możliwa jest programowa (obok sprzętowej – za pomocą wspomnianego rezystora) regulacja intensywności świecenia elementów LED (w 16 krokach). Taką regulację wykorzystywałbym biorąc do przeliczeń wartość zwracaną przez kanał 4 (OPTO) przetwornika A/D. Komunikacja między mikrokontrolerem a połączonymi szeregowo układami MAX7219 odbywa się przez interfejs SPI. Z punktu widzenia procesora układy te są 32-bitowym rejestrem szeregowym, do którego dane występujące na linii DIN są wpisywane w takt sygnału zegarowego CLK. Pierwsze słowo, zatrzaskiwane (sygnałem LOAD) w układzie IC4, steruje 8 wyświetlaczami cyfrowymi. Drugie, zatrzaskiwane w IC5, steruje 64 diodami LED tworzącymi na panelu trzy półkoliste linijki świecące.

Na **listingu 2** zamieszczono funkcję obsługi skali diodowej zbudowanej z użyciem układu IC5 (MAX7219) sterującego linijkami LED. W projekcie założono, że:

- linijka LED (górna lub dolna) składa się z 24 diod,
- jedna dioda wskazuje nam w sposób ciągły punkt zerowy, od którego są liczone wartości dodatnie i ujemne przyspieszeń,
- *value* – oznacza wartość przyspieszenia (dodatnią lub ujemną),
- *upLimit* – oznacza żądaną, górną granicę przyspieszenia (maksymalna wartość wyjściowa czujnika MMA7455 = +127, rozdzielczość 8-bitowa),
- *downLimit* – dolna granicę przyspieszenia to -127,
- *position* – adres rejestru danych MAX7219 (0x03 – dolna linijka lub 0x06 – górna).

Kilka na temat wejść impulsowych. Na tranzystor Q2 a następnie na wejście INT1 procesora, poprzez rezystor R12, trafia sy-

gnał z impulsatora zamontowanego w pojeździe. Impulsator ma za zadanie zamieniać ruch obrotowy wałka zdawczego skrzyni biegów na impulsy elektryczne potrzebne, w naszym wypadku, do pomiaru prędkości pojazdu oraz dystansu. W moim aucie dostarczane jest z niego napięcie 0 V lub 9,3 V. Częstotliwość tego sygnału wynosi 30 Hz dla prędkości 20 km/godz. oraz 290 Hz dla prędkości 150 km/godz. Opadające zbocze pojawiające się na kolektorze tranzystora wywołuje przerwanie zwiększające stan liczników. Ich wartości posłużą w podprogramie obsługi przerwania Timer'a 1 do wyliczenia dystansu oraz prędkości. Podprogram wywołany jest co 1 s. Wyliczana jest w nim również liczba obrotów na minutę według następującego wzoru:

$$RPM =$$

$$\frac{\text{częstotliwość impulsów układu zapłonowego} \cdot 120}{4}$$

Wzór powstał na skutek przekształcenia uniwersalnego wyrażenia, odnoszącego się do wszystkich typów silników samochodowych:

$$\text{częstotliwość impulsów układu zapłonowego} = \frac{\text{liczba cylindrów} \cdot \text{prędkość obr. wału} \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]}{30 \cdot \text{liczba suwów} \cdot \text{liczba cewek zapłonowych}}$$

Ogólnie, dla silników 4-cylindrowych, 4-suwowych z jedną cewką zapłonową częstotliwość impulsów zawiera się w granicach 16,666...266,666 Hz, co odpowiada zakresowi prędkości obrotowych 500...8000 obr/min. Impulsy te pobieramy z cewki zapłonowej z użyciem diod zabezpieczających D3, D4 do separatora (transoptora) OK1. Jego wyjście wyzwała przerzutnik monostabilny IC3A. Stała czasowa tego przerzutnika nie może być zbyt duża, gdyż ograniczy pomiar maksymalnych wartości obrotów. Dlatego wynosi ona około 3 ms, co umożliwi pomiar prędkości do 9000 [obr/min]. W układzie zapłonowym już nie stosuje się mechanicznych przerywaczy, co obowiązkowo wymagałoby filtracji sygnału z powodu drgań ich styków. Mimo to zastosowałem przerzutnik, aby zapobiec ewentualnym zakłóceniom, które mogłyby fałszować pomiary prędkości obrotowej. Z wyjścia (!Q) odfiltrowany impuls podawany jest na wejście INT0, powodując przerwanie, w obsłudze którego zwiększany jest licznik, brany pod uwagę co 1 sekundę do obliczenia ilości obrotów.

Moduł panelu czołowego. Na katody diod LED 1, 2, 19, 20, 45 oraz diody podświetlenia przycisków podawany jest z tranzystora Q1 modułu sterującego większy lub mniejszy potencjał masy, decydujący o jasności ich świecenia. Diody LED20, LED 45 świecące w sposób ciągły, stanowią wskaźniki początków górnej

i dolnej linijki LED. Schemat ideowy modułu panelu kontrolnego pokazano na **rysunku 2**.

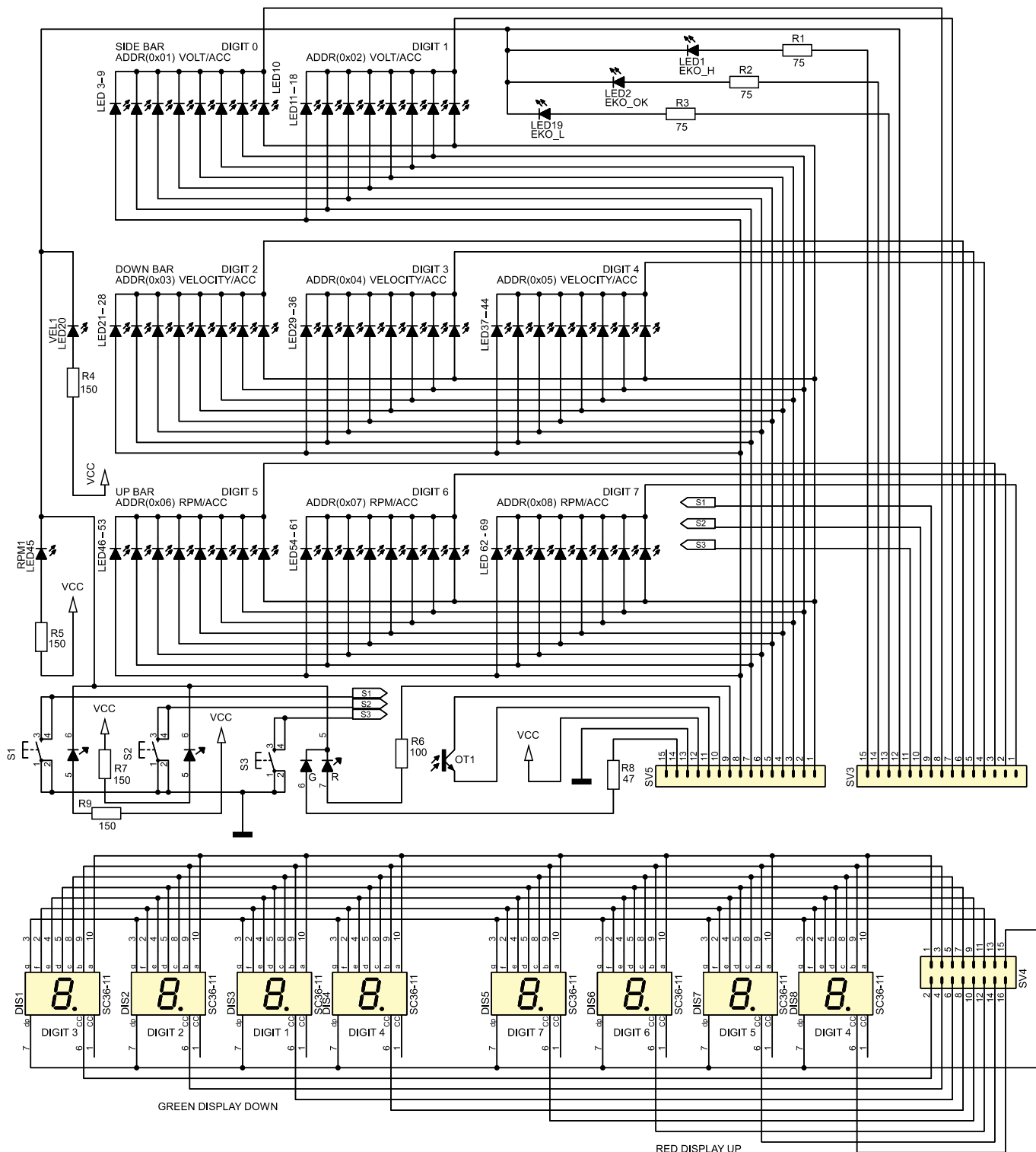
Moduł kontrolny Lambda

Schemat ideowy modułu kontrolnego sondy lambda zamieszczono na **rysunku 3**. Napięcie z sondy podawane jest poprzez rezystor R12 na wejście 3 układu IC2A oraz na styki przełącznika K1. Przełącznik może przerwać obwód sonda – sterownik silnika oraz podać do niego napięcie symulujące mieszankę ubogą lub bogatą. Układ IC2A pracuje w konfiguracji wzmacniacza nieod-

wracającego. O wzmacnieniu tego układu decydują rezystory R14, R15. Dioda D7 zabezpiecza układ przed nadmiernie dużym napięciem wejściowym.

Wzmocnione napięcie sondy (poprzez rezystor R11) doprowadzone jest do wzmacniacza IC2B pracującego w połączeniu z diodą D5 jako ogranicznik aktywny. Zabezpiecza on procesor przed przekroczeniem dopuszczalnego napięcia na jego wejściu (w tym wypadku napięcia zasilania +5 V). Wartością zadaną w ograniczniku jest napięcie +5 V doprowadzone do wejścia 5 układu IC2B.

Obwód rezystor R9 – kondensator C4 chroni układ pomiarowy przed nagłymi zmianami wartości napięcia wejściowego, wywołanymi przypadkowymi sygnałami zakłócającymi. Dioda D6 stanowi dodatkowe zabezpieczenie wejścia procesora w przypadku uszkodzenia IC2. Procesor steruje przełącznikiem K1 oraz kluczami analogowymi IC1A, IC1B zawartymi w układzie 4066. Służą one do podawania, poprzez przełącznik, napięcia symulującego mieszankę bogatą lub ubogą. Wartość tego napięcia dla mieszanki bogatej wynosi około 0,8 V i jest wyznaczana poprzez dzielnik R3,



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu panelu kontrolnego

**Moduł sterujący****Rezystory:** (SMD 0805):

R1: 4,7 kΩ
 R2: 10 kΩ potencjometr montażowy
 R3, R18: 47 kΩ
 R4, R8, R9, R16, R17: 22 kΩ
 R5: 470 kΩ
 R6: 82 kΩ
 R7: 30 kΩ
 R10: 2,7 kΩ
 R11: 62 kΩ
 R12: 100 kΩ
 R13...R15, R19, R20: 10 kΩ

Kondensatory:

C1: 220 μF/10 V
 C2, C8...C14, C16...C18: 100 nF (SMD 0805)
 C3: 100 μF/10 V
 C4, C5, C6: 1 nF (SMD 0805)
 C7: 330 μF/10 V
 C15: 33 μF/10 V

Półprzewodniki:

D1, D2: BAS85 (SOD80)
 D3: dioda Zenera 3,6 V (DO35)
 D4: 1N5399 (DO15)
 D5: dioda Zenera 5,6 V (DO35)
 D6: dioda Zenera 3,3 V (DO41)
 D7, D8: dioda Zenera 6V2, DO35
 IC1: CA3140D (SO-8)
 IC2: ATmega32-L (TQFP-44)
 IC3: 74LS123A (SO-16)
 IC4, IC5: MAX7219CNG (DIL-24)
 IC6: MC33164D (SOIC-8)
 OK1: SFH610 (DIL-4)
 Q1: BC807 (SOT-23)
 Q2: BC847, SOT23

Inne:

SL1: złącze 7-pin, proste, 2,54 mm
 SP1: sygnalizator elektromagnetyczny bez generatora BMT1206
 SV1: złącze 6-pin, proste, 2,54 mm
 SV2: gniazdo kołkowe żeńskie 2×5, proste, 2,54 mm
 SV3: gniazdo kołkowe żeńskie 1×15, proste, 2,54 mm
 SV4: gniazdo kołkowe żeńskie 2×8, proste, 2,54 mm
 SV5: gniazdo kołkowe żeńskie 1×15, proste, 2,54 mm
 G1: bateria litowa 3,6 V; 1/2AA
 JP1: listwa kołkowa goldpin 1×2, 2,54 mm (jumper)

Wykaz elementów

JP2: listwa kołkowa gold-pin ××2, 2,54 mm (JTAG)
 JP3: listwa kołkowa goldpin 3×2, raster 2,54 mm (ISP)
 L1: dławik 10 μH (SMD 1210)
 L2: dławik 1 μH (SM 1210)

Panel czołowy**Rezystory:** (SMD 0805)

R1...R3: 75 Ω
 R4, R5, R7, R9: 150 Ω
 R6: 100 Ω
 R8: 47 Ω

Półprzewodniki:

DIS1...DIS4: SC36-11GWA, wyświetlacz pojedynczy LED WK zielony
 DIS5...DIS8: SC36-11EWA, wyświetlacz pojedynczy LED WK czerwony
 LED1, LED2, LED19: 2×5 mm czerwona, zielona, żółta
 LED 20, LED 45: 2×5 mm, zielona
 LED3...LED9: 2×5 mm, zielona
 LED10: 2×5 mm, żółta
 LED11...18: 2×5 mm, zielona
 LED21...40: 2,3×7 mm, pomarańczowa
 LED41...44: 2×5 mm, czerwona
 LED46...50: 2×5 mm, żółta
 LED51...65: 2×5 mm, zielona
 LED66...69: 2×5 mm, czerwona

OT1: LTR4206, fototranzystor**Inne:**

S1, S2: PB6172L-3, mikroprzełącznik monostabilny z zielonym podświetleniem
 S3: mikroprzełącznik monostabilny z podświetleniem zielono – czerwonym
 SV3, SV5: listwa kołkowa goldpin 15×1, 2,54 mm
 SV4: listwa kołkowa goldpin 8×2, 2,54 mm

Moduł Lambda**Rezystory:** (SMD 1206)

R1: 10 Ω
 R2: 15,4 kΩ
 R3: 15 kΩ
 R4: 2,7 kΩ
 R5, R8: 200 Ω
 R6: 680 Ω
 R7, R11: 10 kΩ
 R9: 1 kΩ
 R10: 4,7 kΩ
 R12: 2 kΩ

R13: 1 MΩ
 R14: 6,8 kΩ
 R15: 2,2 kΩ

Kondensatory: (SMD 1206)

C1, C3, C4: 100 nF
 C2: 10 μF/25 V

Półprzewodniki:

D1: BZW06-28V (DO15)
 D2, D4, D5: LL4148 (MINIMELF)
 D3: dioda Zenera 2,7 V (DO35)
 D6: BAS32 (MINIMELF)
 D7: dioda Zenera 5,6 V (DO35)
 IC1: 4066D (SO-14)
 IC2: LM358D (SO-8)
 K1: przekaźnik 12 V DC
 Q1: MMBT3904(mark:1A), NPN, SMD SOT23
Inne:
 SL1: złącze 7-pin, proste, 2,54 mm
 SL2: złącze 6-pin, proste, 2,54 mm

Moduł akcelerometru**Rezystory:** (SMD 1206)

R1, R2: 2,2 kΩ

Kondensatory:

C1: 4,7 μF/16 V, tantalowy, SMC_C
 C2, C4: 10 μF/6,3 V (tantalowy, SMA)
 C3, C5: 100 n (SMD 1206)

Półprzewodniki:

D1: BAS86 (SOD80)
 IC1: SPX1117-3V3 (SOT-223)
 IC2: MMA7455 (LGA-14)
 SV2: gniazdo kołkowe męskie 2×5, proste, 2,54 mm

Moduł zasilacza**Kondensatory:**

C1: 330 nF (SMD 1206)
 C2: 220 μF/50 V
 C3: 1000 μF/10 V

Półprzewodniki:

D1, D3: 1N5822 (DO201)
 D2: BZW06-28V (DO15)
 F1: bezpiecznik miniatury TR5 (3 A)
 IC1: LM2576 (TO-220)

Inne:

L1: dławik pierścieniowy 280 μH
 L2: dławik pierścieniowy 100 μH
 R1: warystor SIOV-S10K14
 SV1: złącze 4-pin, proste, 2,54 mm
 X1, X2: konektor męski do druku, 6,3 mm×0,8 mm

R4, a dla mieszanki ubogiej około 0,2 V – ustalana dzielnikiem R2, R6. Rezystory R5, R8 wraz z diodą D3 mają na celu zabezpieczenie sterownika silnika w przypadku niespodziewanego pojawienia się nadmiernie dużego napięcia. Dodatkowe zabezpieczenie dla modułu to rezystor R1 oraz dioda Transil D1.

Moduł akcelerometru. Układ MMA7455 (IC2) jest 3-osiowym, cyfrowym czujnikiem przyspieszenia komunikującym się z otoczeniem poprzez interfejs SPI lub I²C. Czujnik może być łatwo konfigurowany. Możemy konfigurować typ jego interfejsu, czułość oraz tryb pracy. Posiada konfigurowalne wyjścia mogące zgłaszać przerwania w określonych sytuacjach związanych z ruchem czujnika. MMA7455 konwertuje wykrywane przyspieszenia na liczby, które łatwo mogą być odczytywane przez procesor. Generowane wartości

zależą od wybranej czułości. Do dyspozycji mamy ±2 g, ±4 g lub ±8 g w 8-bitowej lub ±8 g w 10-bitowej rozdzielczości. 1 g reprezentuje przyspieszenie uzyskiwane przez ciało na skutek oddziaływania grawitacji ziemskiej 1 g = 9,81 m/s². Przyspieszeniu +2 g dla zakresu ±2g w 8-bitowej rozdzielczości odpowiadać będzie wartość wyjściowa 127, natomiast przyspieszeniu -2 g wartość -127.

Schemat ideowy modułu akcelerometru zbudowanego z użyciem MMA7455 pokazano na **rysunku 4**. Algorytm współpracy czujnika z mikrokontrolerem jest następujący:

1. Mikrokontroler wysyła do czujnika bajt konfiguracyjny (0x05): interfejs I²C, czułość ±2g, rozdzielczość 8-bitów, tryb pracy: pomiar.
2. Mikrokontroler pobiera z czujnika bajt statusu. Jeśli w czujniku zakończona konwer-

sja (bit statusu DRDY = 1) i pobiera wartość wyjściową osi Z w celu jej późniejszej korekty. Skompensuje potem wpływ grawitacji zerując (pozycjonując wizualnie – po środku) boczną liniijkę LED.

PEŁTŁA:

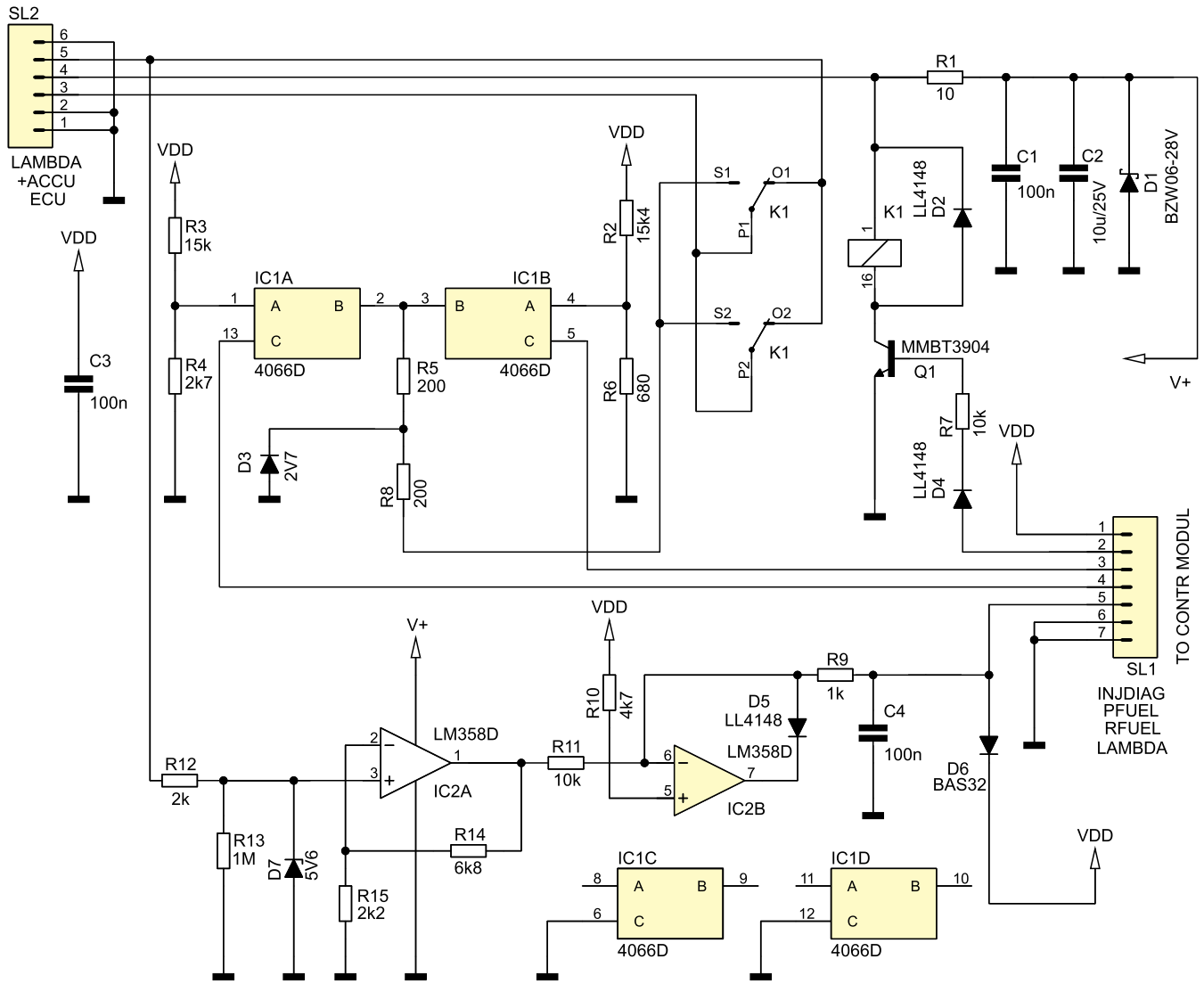
3. Mikrokontroler pobiera z czujnika bajt statusu. Jeśli konwersja jest zakończona, to pobiera wartości wyjściowe X, Y, Z.

Układ MMA7455 może być zasilany napięciem 2,4 – 3,6V. Z tego względu moduł wyposażono w stabilizator LDO SPX1117-3,3 (IC1). Na uwagę zasługuje rozdział dodatkowej szyny zasilającej – cyfrowej od analogowej. Zaważymy też lokalne rezystory podciągające szynę I²C do napięcia 3,3 V (R1, R2). Bardziej eleganckim rozwiązaniem byłoby zastosowanie konwertera napięć, aby dopasować poziomy napięć czujnika do poziomów napięć pro-

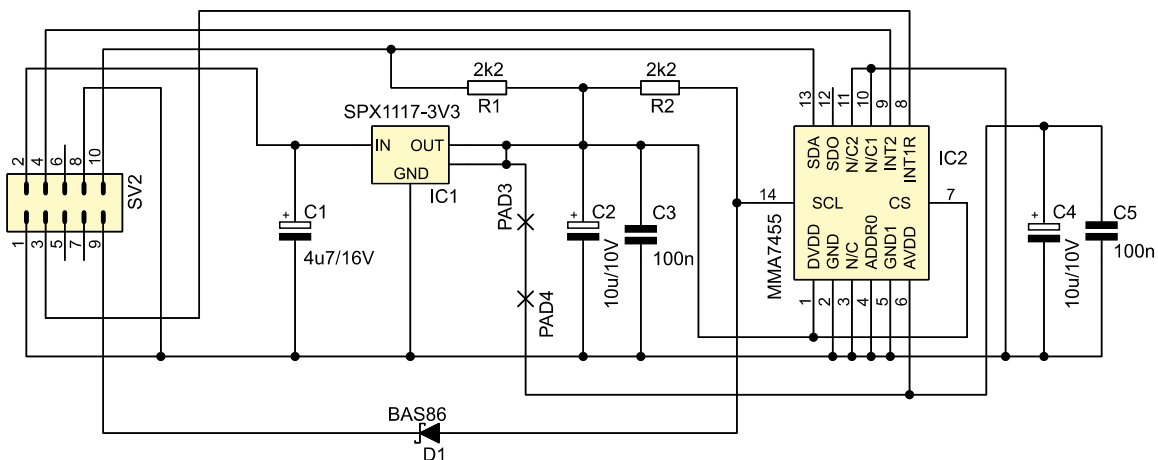
cesora. Taki konwerter (np. TXS010) wymagałby przynajmniej w obwodzie linii SDA. Linia zegarowa SCL jest podpięta do wejścia czujnika podciągniętego przez rezystor do lokalnego plusa, więc wystarczającym zabezpieczeniem dla niego (przed podaniem +5 V) jest dioda D1. Wyjście przerwań INTR1 można wykorzystać w sposób dowolny, w zależności od pomysłu, do detekcji impulsów przyspieszeń z programowanym progiem i czasem trwania.

Moduł zasilacza. Schemat ideowy modułu zasilacza pokazano na **rysunku 5**. Na jego wejściu włączono bezpiecznik elektroniczny F1. W celu zabezpieczenia modułu przed podaniem na wejście napięcia o odwrotnej polaryzacji zastosowałem diodę D1 o małym spadku napięcia. Moduł jest wyposażony w dodatkowy filtr tłumiący zakłócenia z instalacji samochodowej (kondensator C1 i dławik L1). Do ochrony stabilizatora

- Realizowane funkcje:**
- Obrotomierz o rozdzielczości 30 obrotów/minutę.
 - Prędkościomierz ze wskazaniami cyfrowymi.
 - Miernik przebytej odległości.
 - Miernik przyspieszenia (akcelerometr).
 - Kontroler napięcia akumulatora.
 - Kontroler sondy lambda.
 - Tester układu regulacji składu mieszanki paliwowej.
 - Sygnalizacja stanu „rezerwa LPG”.



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu kontrolnego sondy lambda



Rysunek 4. Schemat ideowy modułu akcelerometru z MMA7455

przed przepięciami służy warystor R1 oraz dodatkowo dioda D2 (typu Transil). W zasilaczu zastosowałem stabilizator impulsowy IC3 o wydajności prądowej 3 A. Układ LM2576 jest wyposażony w zabezpieczenia, które zapobiegają przegrzaniu struktury oraz uszkodzeniu tranzystora wyjściowego wskutek zwarcia wyjścia. Układ ma wysoką sprawność, dzięki czemu nie ma problemu z odprowadzaniem ciepła. Mimo tego przykręciłem go do obudowy urządzenia.

Montaż i uwagi końcowe

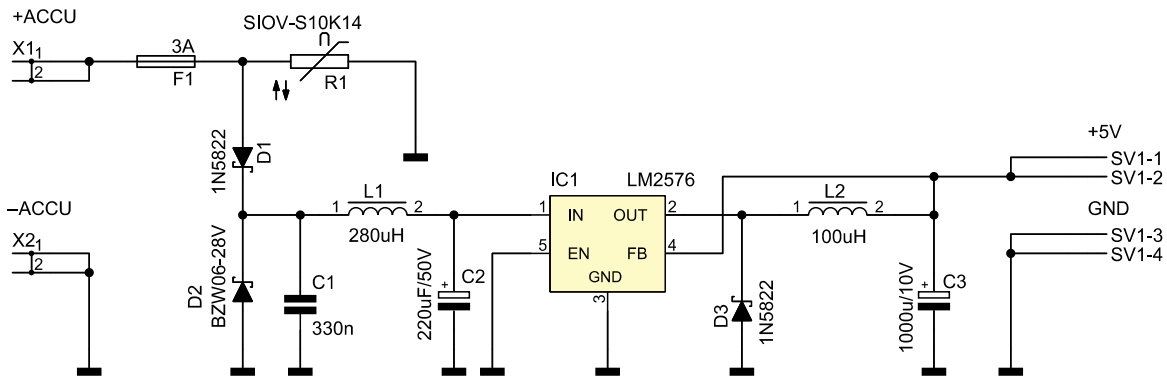
Moduł czujnika wetknięty jest w gniazdo SV2 modułu sterującego – prostopadłe do jego powierzchni. Aby maksymalnie ograniczyć wibracje konieczne jest jego solidne

umocowanie, np. za pomocą śrub. Podczas montażu barierą nie do przebycia może się okazać przyłutowanie czujnika MMA7455 (obudowa LGA). Nie obejdzie się bez stacji lutowniczej z gorącym powietrzem. Aby wyeliminować wpływ ewentualnych zakłóceń moduł zamknąłem w pudełku z blachy ekranującej.

Moduł sterujący połączony jest z modulem panelu czołowego na sztywno, za pomocą trzech złączy goldpin. Z pomocą śrub oraz tulejek dystansowych oba moduły przykręcone są do obudowy. W płytce panelu, po lewej stronie, widać otwór wykonany z myślą o przetworniku akustycznym SP1. Przycisk S3 wymagał przeróbki podświetlenia: usunąwszy oryginalną LED, umieściłem

w nim dwie różnokolorowe w obudowach 0803. Moduł zasilacza oraz moduł pomiarowo – diagnostyczny „lambda” osobno przykręcone są do spodu obudowy. Ze złączy SL2 „lambda” warto wyprowadzić kabel zakończony wtykiem „Jack”. Wyciągnięcie go z odpowiednio podłączonego gniazda, powodować będzie automatyczne połączenie sondy ze sterownikiem silnika. Moduł również warto zaopatrzyć w obustronny ekran przeciwzakłóceńowy. Sygnały ze złączy ISP, JTAG (JP2,JP3) wyprowadzone są za pośrednictwem taśmy na zewnątrz urządzenia. Dzięki temu jest łatwiej wykonać zmiany w oprogramowaniu.

Marcin Barowski
dzesek@o2.pl



Rysunek 5. Schemat ideowy modułu zasilacza

REKLAMA

PROJEKTUJEMY
PRODUKUJEMY
SPRZEDAJEMY

klawiatury • elewacje
tabliczki • zestyki foliowe

Towarzystwo Elektrotechnologiczne **Qwerty Sp. z o.o.**
ul. Siewna 21, 94-250 Łódź
tel. +48 426324792, +48 426333284, +48 426304264,
fax +48 426328593
e-mail: qwerty@qwerty.pl; www.qwerty.pl;

Uniwersalne platformy PC do zastosowań wbudowanych

ADVANTECH 2011
Advantech "Best Mate"

MIO-2260 (2.5")	PCM-3362 (PC/104+)	PCM-9363 (3.5")
<ul style="list-style-type: none"> Procesor Intel Atom N455 Maksymalnie 2 GB DDR3 RAM Slot na kartę Mini PCIe Intel GbLAN, audio, 2 x COM 1 x SATA, CompactFlash Złącze na moduły MIOe Zasilanie 12 VDC 	<ul style="list-style-type: none"> Procesor Atom N450 Do 2 GB DDR3 RAM Wbudowana pamięć flash o pojemności 2 GB lub 4 GB Intel GbLAN, 4 x USB 2.0 2 x RS-232, 1 x RS-422/485 Temperatura pracy od -40 do 85°C Zasilanie 12 VDC 	<ul style="list-style-type: none"> Procesor Atom N455 lub D525 Maksymalnie 2 GB pamięci DDR3 Wbudowana VGA lub HDMI 2 x Intel GbLAN, CompactFlash 2 x RS-232, 1 x RS-232/422/485 Temperatura pracy od -40 do 85°C Zasilanie 12 VDC

www.elmark.com.pl

ELMARK Automatyka sp. z o.o.
05-075 Warszawa-Wesoła ul. Niemcewicza 76
Tel. 22 773-79-37; Fax. 22 773-79-36
elmark@elmark.com.pl