

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.

## Wskaźnik optymalnych obrotów silnika samochodowego

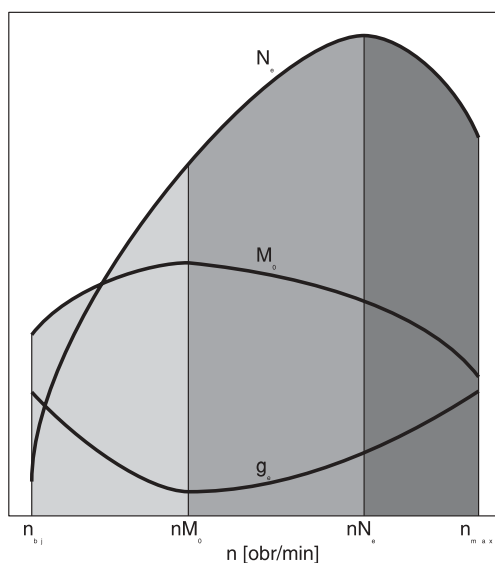
Projekt  
117

*Dobór odpowiedniej prędkości obrotowej silnika samochodowego decyduje o jego poprawnej pracy i efektywnym wykorzystaniu. Praca zarówno przy zbyt niskich, jak i przy zbyt wysokich prędkościach obrotowych jest dla silnika niekorzystna.*

**Rekomendacje:** bardzo interesujące opracowanie ilustrujące zasadę poprawnego działania współczesnych silników spalinowych.



Większość popularnych samochodów nie jest wyposażona w obrotomierz, a początkujący kierowcy mają niekiedy problemy z oceną, czy w aktualnych warunkach drogowych należy „dodać gazu”, czy też go ująć. Włączyć wyższy bieg czy bieg zredukować?



Rys. 1

Prezentowane opracowanie jest próbą przybliżenia zagadnień związanych z eksploatacją silników samochodowych oraz opisuje urządzenie umożliwiające kierowcy orientację na bieżąco w jakim zakresie obrotów pracuje silnik.

Podstawowymi, istotnymi z punktu widzenia użytkownika parametrami silnika spalinowego są:

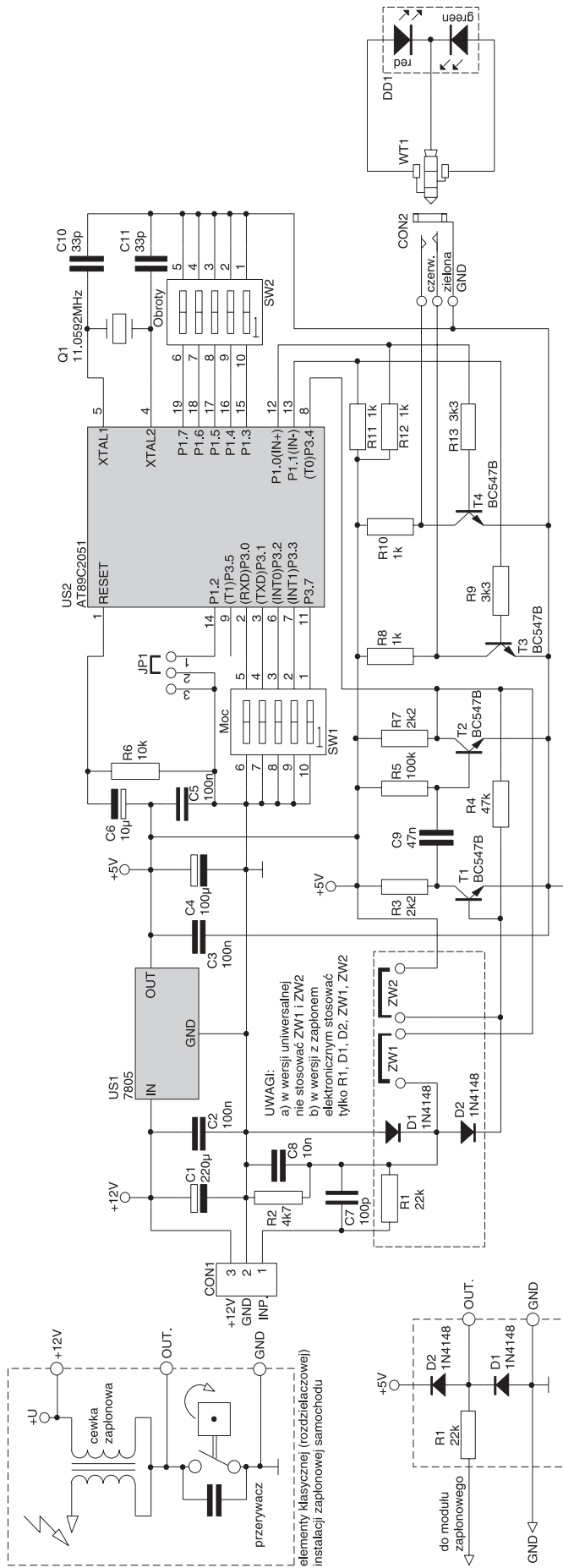
- moc,
- moment obrotowy,
- zużycie paliwa.

Wartości wszystkich tych parametrów określane są w danych technicznych silnika. Są one podawane przy ściśle określonych prędkościach obrotowych i wyznaczane na podstawie sporządzonej doświadczalnie charakterystyki silnika. Spośród wielu rodzajów charakterystyk, ta dla której jako zmienną niezależną przyjęto prędkość obrotową silnika, jest określaną jako charakterystyka prędkościowa, nazywana też eksploatacyjną lub zewnętrzną. Przykład takiej charakterystyki pokazano na rys. 1. Wykres ilustruje przebieg krzywych mocy efektywnej -  $N_e$  [kW], momentu

obrotowego -  $M_o$  [Nm] i jednostkowego zużycia paliwa -  $g_e$  [g/kWh] w zależności od prędkości obrotowej silnika. Tu wyjaśnienie: średnie zużycie paliwa przez samochód podaje się [l/100 km] przy określonych warunkach drogowych, prędkości jazdy i masie pojazdu wraz z ładunkiem. W praktyce te same silniki montuje się w pojazdach o zgoła różnych właściwościach konstrukcyjnych i przeznaczeniu. Zużycie paliwa w [l/100 km] też będzie wtedy różne. Ilość zużytego paliwa określana w stosunku do wytworzonej i oddanej na zewnątrz energii mechanicznej [g/kWh] jest natomiast dla danego typu silnika w każdych warunkach jednakowa. Dlatego takie jednostki zużycia paliwa wykorzystuje się przy sporządzaniu charakterystyk zewnętrznych silników.

Jak wynika z przedstawionego wykresu, w pełnym zakresie obrotów silnika można wyróżnić cztery charakterystyczne prędkości obrotowe (pokazane na rys. 1):

- $n_{bj}$  - obroty biegu jałowego lub inaczej biegu luzem silnika. Jest to najmniejsza prędkość obrotowa, przy której silnik jest w stanie pracować z minimalną mo-



Rys. 2

czą efektywną. Każda próba dodatkowego obciążenia przy tych obrotach doprowadzi do gwałtownego zatrzymania silnika. Dla typowych silników obroty te wynoszą 400...1000 [obr./min.]. Moment obrotowy przyjmuje tutaj wartość mniej więcej średnią, a jednostkowe zużycie paliwa wartość maksymalną (przy prawie zerowej dostarczonej przez silnik energii zewnętrznej, zużycie paliwa dąży do nieskończoności).

- $nM_o$  - obroty maksymalnego momentu obrotowego silnika. Jest to prędkość obrotowa, od której zaczyna się najbardziej korzystny dla silnika zakres obrotów. Sprawność silnika jest w tym miejscu największa, a jednostkowe zużycie paliwa najmniejsze. Silnik pracuje z około połową mocy efektywnej i w mniej więcej połowie zakresu efektywnej prędkości obrotowej.
- $nN_e$  - obroty maksymalnej mocy efektywnej silnika. Moc efektywna to całkowita moc silnika pomniejszona o moc zużytą na pokonanie oporów wewnętrznych oraz napęd urządzeń pomocniczych. Dla tej prędkości obrotowej moment obrotowy przyjmuje swoją wartość średnią. Średnie jest też jednostkowe zużycie paliwa. Kończy się tu zakres najbardziej korzystnych dla silnika prędkości obrotowych. Wysokość obrotów przyjmuje w tym miejscu wartość około 70...80% maksymalnych obrotów silnika.
- $n_{max}$  - obroty maksymalne silnika. Po przekroczeniu obrotów maksymalnej mocy efektywnej, moc ta zaczyna spadać. Silnik wchodzi w niekorzystny zakres prędkości obrotowych. Wzrasta jednostkowe zużycie paliwa, maleje moment obrotowy, a zatem i sprawność silnika. Osiąganie przez silnik obrotów maksymalnych podczas normalnej eksploatacji zdarza się rzadko. Dłuższa praca na tym zakresie bez obciążania silnika stwarza niebezpieczeństwo jego mechanicznego uszkodzenia. Obroty maksymalne ograniczone są cechami konstrukcyjnymi silników i wynoszą 5500...10000 [obr./min.].

Jak widać, zakres efektywnych i korzystnych ekono-

micznie prędkości obrotowych samochodowego silnika spalinowego jest stosunkowo niewielki: od obrotów maksymalnego momentu do obrotów maksymalnej mocy efektywnej. Jest to około 30% całego zakresu prędkości obrotowych silnika. Pozostałe zakresy są mniej korzystne, choć także wykorzystywane np. przy ruszaniu, jeździe pod górę czy jeździe z maksymalną prędkością na biegu bezpośrednim lub nadbiegu.

Opisany w artykule mikroprocesorowy wskaźnik obrotów samochodowego silnika benzynowego ułatwia utrzymanie przez kierowcę prędkości obrotowej silnika w pożądanym zakresie.

**Opis działania układu**

Schemat elektryczny wskaźnika przedstawiono na rys. 2. Układ wejściowy w wersji uniwersalnej, przeznaczonej dla wszystkich rodzajów silników benzynowych, jest typowy dla tego rodzaju zastosowania. Na wejście CON1-1 są podawane impulsy napięciowe indukowane przez cewkę zapłonową silnika. Dzielnik rezystancyjny R1, R2 oraz kondensatory C7 i C8 ograniczają amplitudę tych impulsów, a dioda D1 obcina ich połowki ujemne. Ograniczony impuls doprowadzany jest do układu monowibratora tranzystorowego (T1 i T2), którego zadaniem jest eliminacja powstających w uzwojeniu cewki zapłonowej impulsów pasywnych. Impulsy takie powstają wskutek drgań młoteczka przerywacza przy zwieraniu styków. Monowibrator uruchamiany jest pierwszym impulsem i dzięki sprzężeniu zwrotnemu (rezystor R4) przez cały czas generacji tego impulsu jest on nieczuły na impulsy kolejne. Na wyjściu monowibratora impulsy mają szerokość stałą, niezależną od częstotliwości impulsów wyzwalających z cewki zapłonowej. Stała też jest ich amplituda. Szerokość impulsów zależy od wartości elementów R5 i C9. Częstotliwości ukształtowanych w ten sposób impulsów równa jest na wyjściu monowibratora częstotliwości impulsów wyzwalających. Zwory ZW1 i ZW2 nie znajdują zastosowania w tej wersji układu wejściowego. Wersja ta może być z powodzeniem stosowana także do

silników z zapłonem elektronicznym. Uproszczona wersja b) układu wejściowego przeznaczona jest wyłącznie do silników sterowanych elektronicznie. Zawiera ona tylko elementy R1, D1, D2 formujące impulsy wejściowe i ograniczające ich amplitudę do poziomu +5 V. Zwory ZW1 i ZW2 łączą wtedy układ wejściowy z pozostałą częścią wskaźnika. Wersja ta jest wyodrębniona na schemacie ideowym linią przerywaną.

Z układu wejściowego impulsy trafiają na końcówkę T0 mikroprocesora AT892051 (US1), który steruje pracą wskaźnika. Program sterujący zmienia stany logiczne na końcówkach P1.0 i P1.1 procesora. Końcówki te za pośrednictwem tranzystorów T3 i T4 sterują segmentami dwukolorowej diody LED - DD1. Rezystory R9 i R13 ograniczają prąd bazy tranzystorów T3 i T4. Rezystory R8 i R10 pełnią rolę podwójną. Ograniczają prądy kolektorów, gdy tranzystory T3 lub T4 znajdują się w stanie przewodzenia - odpowiedni segment DD1 jest wtedy wygaszony. Przy zatkanium któregoś z tranzystorów odpowiadający mu segment zostaje zapalony. Rezystor R8 lub R10 ogranicza wtedy prąd przewodzenia tego segmentu.

Ponieważ końcówki P1.0 i P1.1 procesora nie posiadają wewnętrznych rezystorów podciągających do plusa zasilania, rolę tę muszą pełnić rezystory zewnętrzne R11 i R12. Rezystor R6 oraz kondensator C6 powodują zerowanie procesora po włączeniu zasilania. Rezonator kwarcowy Q1 wraz z kondensatorami C10 i C10 zapewnia takowanie procesora. Rola jaką spełniają jumper JP1 oraz DIP-switches SW1 i SW2 omówiono poniżej, w części opisującej działanie programu sterującego pracą wskaźnika.

Wskaźnik zasilany jest z instalacji elektrycznej samochodu napięciem +12 V doprowadzonym do zacisków CON1-2 i CON1-3. Stabilizator US1 redukuje to napięcie do poziomu +5 V niezbędnego do prawidłowej pracy mikrokontrolera AT89C2051. Kondensatory C1, C2, C3, C4 i C5 służą do odsprężania zasilania.

Gniazdo CON2 i wtyk WT1 służą do połączenia sygnalizatora DD1 z płytką wskaźnika za pomocą trójżyłowego przewodu.

List. 1. Program sterujący wskaźnikiem obrotów silnika samochodowego

```

Config Timer0 = Counter , Mode = 1 , Gate = External      'licznik impulsów
Config Timer1 = Timer , Mode = 1 , Gate = Internal        'stoper
Dim Impulsy As Byte , Czas As Byte , Migot As Byte       'deklaracje zmiennych
Dim Moment As Long , Moc As Long

P1 = 255: P3 = 255: Moment = 0 : Moc = 0
Reset P1.0: Reset P1.1
Moment.0 = P1.3: Moment.1 = P1.4
Moment.2 = P1.5: Moment.3 = P1.6: Moment.4 = P1.7
Moc.0 = P3.7: Moc.1 = P3.3: Moc.2 = P3.2
Moc.3 = P3.1: Moc.4 = P3.0
Moment = Moment * 100: Moment = Moment + 2000
Moment = Moment / 180
Moc = Moc * 100: Moc = Moc + 4000: Moc = Moc / 180

Enable Interrupts
Enable Timer1
Enable Timer0
On Timer1 Przerwa
Do
Migot = 255
Impulsy = 0
Counter0 = 0
Czas = 0
Counter1 = 4150
Start Timer0
Start Timer1
While Czas < 5
Wend
Stop Timer0
Stop Timer1
Impulsy = Counter0
If P1.2 = 0 Then
Impulsy = Impulsy / 2
End If
If Impulsy = 0 Then
Impulsy = 1 : Migot = 0
End If
If Impulsy => Moment And Impulsy <= Moc Then
Set P1.0: Reset P1.1
Else
Reset P1.0: Set P1.1
If Impulsy > 1 And Impulsy < Moment Then
Migot = Migot / Impulsy
End If
If Impulsy < Moment Then
Reset P1.1
Waitms Migot
If Migot > 0 Then
Set P1.0: Set P1.1
End If
Waitms Migot
Reset P1.0: Reset P1.1
End If
End If
Loop
Przerwa:
Incr Czas
Counter1 = 4150
Start Timer1
Return

```

### Opis programu sterującego

Program sterujący w postaci źródłowej pokazano na list. 1. Uformowane impulsy zapłonowe są podawane na wejście Timer0 procesora. Wejście to skonfigurowane jest jako licznik impulsów zewnętrznych. Natomiast Timer1 odmierza czas zliczania tych impulsów. W pojedynczym cyklu czas ten wynosi 1/3 sekundy. Stan wskaźnika odświeżany jest zatem z częstotliwością 3 Hz. Doświadczenie wykazuje, że ze względu na pewną bezwładność wskaźnika w stosunku do zmian obrotów silnika oraz własności akomodacyjne oka ludzkiego, częstotliwość ta jest najbardziej odpowiednia.

Od momentu włączenia zapłonu wskaźnik jest zasilany i procesor rozpoczyna pracę. Na początku są zerowane rejestry wyjściowe wyprowa-

dzeń P1.0 i P1.1. Powoduje to zaświecenie się obu segmentów diody DD1 - czerwonego i zielonego. W efekcie sygnalizator świeci jednostajnie na pomarańczowo. Stan taki odpowiada obrotom równym zero i utrzymuje się do momentu uruchomienia silnika. Następnie program odczytuje stany logiczne występujące na końcówkach od P1.3 do P1.7 procesora. Stany te są wymuszane zewnętrznie przez pięć przełączników DIP-switcha *Moment*. Włączenie pojedynczego przełącznika powoduje zwarcie odpowiedniej końcówki procesora do masy, wymuszając na niej stan niski. Pięć przełączników pozwala na binarne ustawienie dowolnej liczby z zakresu od 0 do 31.

Program odczytuje ustawioną liczbę, mnoży ją przez 100 i dodaje do liczby 2000. W ten sposób przekazywana

jest procesorowi informacja o prędkości obrotowej maksymalnego momentu obrotowego silnika w [obr./min.]. Przykładowo ustawienie liczb 8 (rozarty czwarty przełącznik od prawej, odpowiadający bitowi 3) jest informacją, że silnik rozwija maksymalny moment obrotowy przy 2800 [obr./min.] tj.  $(8 \times 100) + 2000$ . Zakres możliwych do ustawienia obrotów  $M_0$  wynosi zatem od 2000 do 5100 [obr./min.] i obejmuje wszystkie typowe silniki samochodowe.

Analogicznie za pomocą DIP-switcha *Moc* programowane są obroty maksymalnej mocy efektywnej silnika. Odpowiednie stany logiczne ustawiane są tutaj (w kolejności bitów od 0 do 4) na końcówkach P3.7 oraz od P3.3 do P3.0 procesora. Zamiast, jak w przypadku momentu obrotowego 2000, po pomnożeniu

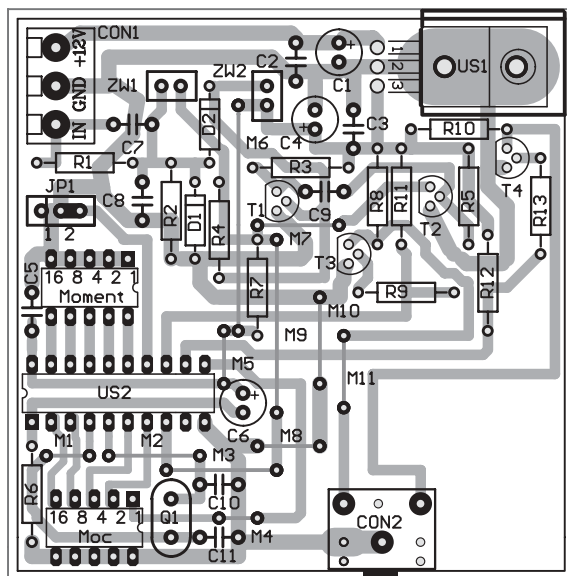
przez 100 ustawionej binarnie liczby program dodaje tu do niej 4000. Ustawienie np. 6 (rozwarłe odpowiadające bitom 1 i 2 - drugi i trzeci przełącznik od prawej) jest dla procesora informacją, że maksymalną moc efektywną silnik osiąga przy prędkości obrotowej 4600 [obr./min.] tj.  $(6 \times 100) + 4000$ . Zakres możliwych ustawień obrotów  $N_e$  wynosi od 4000 do 7100 [obr./

min.]. Zakres ten jest w zupełności wystarczający dla typowych silników samochodowych.

Dostarczoną w [obr./min.] informację o  $nM_o$  i  $nN_e$  silnika program zamienia na odpowiadające im liczby impulsów zliczonych w czasie 1/3 sekundy. Są one zapamiętywane jako zmienne *Moment* i *Moc*. Dla podanych powyżej przykładów zmienne te po zaokrągleniu do liczb całkowitych otrzymują odpowiednio wartości 16 tj. 2800/180 oraz 26, czyli 4600/180. Sposób przeliczania wymaga wcześniejszego zadeklarowania typu obu wymienionych zmiennych jako *Long*. Po uruchomieniu silnika procesor rozpoczyna zliczanie impulsów generowanych przez układ zapłonowy. Zliczona w każdym cyklu pomiarowym liczba tych impulsów porównywana jest z ustalonymi wcześniej wartościami *Moment* i *Moc*. W zależności od wyniku tego porównania zapalane są lub wygaszane odpowiednie segmenty DD1, niosąc informację o przedziale prędkości obrotowej, w której aktualnie znajduje się silnik.

Przy obrotach biegu jałowego procesor zapala i wygasza jednocześnie czerwony i zielony segment DD1. Sygnalizator miga na pomarańczowo z niewielką częstotliwością. W miarę zwiększania obrotów częstotliwość ta wzrasta. Do momentu osiągnięcia  $nM_o$  silnik pracuje w zakresie obrotów zbyt niskich. W zakresie od  $nM_o$  do  $nN_e$  segment czerwony sygnalizatora DD1 jest wygaszony, segment zielony świeci jednostajnie. Oznacza to, że silnik pracuje w najbardziej korzystnym zakresie obrotów. Po przekroczeniu  $nN_e$  silnik wchodzi w zakres obrotów zbyt wysokich. Segment czerwony sygnalizatora DD1 świeci jednostajnie, segment zielony jest wygaszony.

Sposób ustawienia jumpera JP1 informuje procesor o liczbie impulsów zapłonowych przypadających na jeden obrót wału głównego silnika. W większości przypadków sprowadza się to do dwóch możliwości. W silnikach czterosuwowych, czterocyndrowych na 2 obroty przypada 4 impulsy, czyli dwa impulsy na jeden obrót wału. W silnikach czterosuwowych dwucylindrowych (np. Fiat 126p) są to 2 impul-



Rys. 3

sy na 2 obroty, czyli jeden impuls na jeden obrót. W silnikach dwusuwowych z zapłonem klasycznym na każdy obrót wału przypada jeden impuls zapłonowy, niezależnie od liczby cylindrów (zapłon każdego cylindra sterowany jest tu przez odrębny przerywacz i odrębną cewkę zapłonową).

Przy impulsach 1/1 jumper JP1 musi być ustawiony w pozycji 1. Końcówka P1.2 procesora pozostaje wtedy w stanie wysokim. Gdy impulsy wynoszą 2/1, JP1 należy przestawić do pozycji 2. Końcówka P1.2 jest wtedy zwierana do masy. Stan niski tej końcówki wymusza na procesorze podzielenie - przed dalszą „obróbką” - liczby zliczanych impulsów przez 2.

**Montaż i uruchomienie**

Schemat montażowy wskaźnika pokazano na rys. 3. Wszystkie elementy oprócz sygnalizatora DD1 i wtyku WT1 umieszczone zostały na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 72x72 mm, której mozaika ścieżek jest pokazana na wkładce. Mostki M1...M11 zastępują po stronie elementu ścieżki druku dwustronnego i od nich właśnie należy rozpocząć montaż wskaźnika. Następnie montuje się: podstawkę pod mikroprocesor, DIP-switcha SW1 i SW2, złącza CON1 i CON2, goldpin JP1. Przy decydowaniu się na wersję uproszczoną układu wejściowego zwory ZW1 i ZW2 można od strony elementów włutować na stałe. Włutowanie w tym miejscu

goldpinów 1x2 zwartych jumperami pozwoli jednak w razie potrzeby bez problemu rozbudować układ wejściowy do wersji pełnej. Wystarczy wtedy włutować pozostałe elementy i koniecznie usunąć jumpery ZW2 i ZW1. Decydując się na układ wejściowy w wersji pełnej, zwory ZW1 i ZW2 należy od razu pominąć. Kolejno montuje się rezystory, kondensatory stałe, elektrolityczne, tranzystory, diody i rezonator. Przed włutowaniem w płytkę stabilizatora US1 można umieścić pod nim jako niewielki radiator ok. 25 mm odcinek aluminiowego kątownika 15x15x3.

W pionowej części radiatora wywiercone są dwa otwory o średnicy 4 mm ułatwiające przykręcenie wskaźnika w dogodnym miejscu pod deską rozdzielczą samochodu. US1, radiator i płytka połączone są razem z pomocą dwóch kompletów śrubek, podkładek i nakrętek M3. Umieszczony w oprawce sygnalizator DD1 połączony jest z gniazdem CON2 płytki trójżyłowym przewodem za pośrednictwem wtyku WT1. Takie rozwiązanie pozwala na „ukrycie” płytki wskaźnika pod deską rozdzielczą samochodu. Na desce w zasięgu wzroku kierowcy umieszcza się tylko sam sygnalizator DD1.

Po umieszczeniu w podstawce zaprogramowanego procesora, ustawieniu w wybranych pozycjach SW1, SW2 i JP1 można przetestować działanie wskaźnika „na sucho”, posługując się tab. 1. Brak jumpera JP1 jest jedno-

**Tab. 1. Zależność obrotów silnika od częstotliwości impulsów zapłonowych**

JP1 - poz.1 1 imp./obr. [ Hz ]	JP1 - poz.2 2 imp./obr. [ Hz ]	obrotu silnika [obr./min]
17	33	1000
25	50	1500
33	67	2000
35	70	2100
37	73	2200
38	77	2300
40	80	2400
42	83	2500
43	87	2600
45	90	2700
47	93	2800
48	97	2900
50	100	3000
52	103	3100
53	107	3200
55	110	3300
57	113	3400
58	117	3500
60	120	3600
62	123	3700
63	127	3800
65	130	3900
67	133	4000
68	137	4100
70	140	4200
72	143	4300
73	147	4400
75	150	4500
77	153	4600
78	157	4700
80	160	4800
82	163	4900
83	167	5000
85	170	5100
87	173	5200
88	177	5300
90	180	5400
92	183	5500
93	187	5600
95	190	5700
97	193	5800
98	197	5900
100	200	6000
102	203	6100
103	207	6200
105	210	6300
107	213	6400
108	217	6500



znaczny z ustawieniem go w pozycji 1. Aby prawidłowo ustawić SW1 i SW2, należy posłużyć się rysunkiem montażowym układu. Przystawianie poszczególnych „hebelków“ w stronę cyferek 1...16 ustawia odpowiedni bit, a w stronę przeciwną - zeruje. Modelowy egzemplarz wskaźnika działa poprawnie przy ustawieniu  $nN_e$  powyżej 4300 [obr./min.].

Po włączeniu zasilania sygnalizator powinien świecić na pomarańczowo - na wejściu brak sygnału, czyli liczba obrotów jest równa zero. Teraz do wejścia wskaźnika dołączamy przebieg z generatora. Dla układu w wersji *b* powinien być to przebieg TTL, dla wersji *a* przebieg o dowolnym kształcie i amplitudzie 10...15 V. Generator powinien umożliwiać zmiany częstotliwości w granicach 10...300 Hz. Przy zmianach

częstotliwość generatora w tych właśnie granicach, wskaźnik powinien sygnalizować odpowiednie przedziały prędkości obrotowych zgodnie z tab. 1 oraz ustawieniami SW1, SW2 i JP2. Należy zaznaczyć, że dokonywanie zmian ustawień SW1 i SW2 w trakcie działania wskaźnika tj. przy włączonym zasilaniu mija się z celem, ponieważ ustawienia te zostały przez procesor zapamiętane wcześniej, przed wejściem w główną pętlę programową. Przed każdą zmianą ustawień należy wyłączyć zasilanie, przez co poprzednie ustawienia zostaną wykasowane. Po włączeniu zasilania procesor zapamiętuje nowe ustawienia. W niczym nie przeszkadza to w normalnej eksploatacji wskaźnika. Przy każdym włączeniu zapłonu procesor odświeża dane o  $nM_o$  i  $nN_e$ .

Jeżeli sygnalizator świeci jednostajnie na pomarańczowo pomimo obecności na wejściu odpowiedniego przebiegu (silnik pracuje), świadczy to może o nieprawidłowym ustawieniu SW1 i SW2. Dzieje się tak zawsze przy próbie „wzmówienia“ procesorowi, że  $nN_e$  może być mniejsze od  $nM_o$  albo  $nM_o$  większe od  $nN_e$ , albo też, że są one sobie równe.

Poprzez odpowiednie ustawienie SW1 i SW2 zwoleńnicy bardziej sportowego sposobu prowadzenia samochodu lub też bardziej umiarkowanego, mogą przesuwac zakresy wskaźnika albo rozszerzać je w dowolnych kierunkach.

Użytkownicy samochodów z silnikami czterosurowymi o innej niż 2 lub 4 liczbie cylindrów, ustawień tych muszą dokonać przy wykorzystaniu odpowiedniego współczynnika. Współczynnik ten wynosi:

$$w = C/2p,$$

gdzie:

- C - liczba cylindrów silnika czterosurowego,
- p - pozycja jumpera JP1.

Przykładowo dla silnika 5-cylindrowego i pozycji jumpera 1, współczynnik ten wyniesie 2,5. Silnik charakteryzują  $nM_o = 3000$  [obr./min.] oraz  $nN_e = 5000$  [obr./min.].

Ustawienia po korekcie wyniosą więc odpowiednio  $2,5 \times 3000 = 7500$  [obr./min.] i  $2,5 \times 5000 = 12500$  [obr./min.]. Niestety przekroczyły one zakresy wskaźnika. Po przesta-

wieniu JP1 w pozycję 2 sytuacja się zmienia. Teraz  $w = 1,25$ . Ustawienia mogą przyjmując wartości o połowę mniejsze. Wyniosą one 4800 i 6300 [obr./min.].

Może się okazać, że współczynnik w przyjmie wartość mniejszą od 1, np. dla silnika dwucylindrowego z JP1 w pozycji 2 i w każdym przypadku dla silnika jednocylindrowego. Jedyny zatem typ silnika, do którego prezentowany wskaźnik może okazać się nieprzydatny, to wolnoobrotowy czterosurowy silnik jednocylindrowy. Na szczęście takich silników już się prawie nie spotyka.

Posługując się współczynnikiem w oraz manewrując jumperem JP1, wskaźnik można skojarzyć z silnikiem o praktycznie każdej, poza wymienioną wyżej konstrukcji. Potwierdza to uniwersalność wskaźnika i możliwość jego wszechstronnego wykorzystania, w tym na przykład przez motorowodniaków.

Sprawdzony „na sucho“ i odpowiednio skonfigurowa-

ny wskaźnik można teraz połączyć z instalacją elektryczną silnika:

- „Klasyczne“ impulsy zapłonowe pobierane są z punktu połączenia cewki zapłonowej i przerywacza.
- Podłączenie wskaźnika z zapłonem sterowanym elektronicznie wymaga dokładnego przeanalizowania schematu instalacji elektrycznej pojazdu. Potrzebny przebieg występuje na pewno na wyjściu czujnika obrotów wału korbowego silnika. Bardzo dobrym miejscem jest także złącze pomiędzy centralnym urządzeniem sterującym a modułem zapłonowym. Powinien występować tu „gotowy“ przebieg cyfrowy. Niektóre modele samochodów posiadają instalację elektryczną fabrycznie przystosowaną do podłączenia dodatkowego wyposażenia, w tym także obrotomierza. Wystarczy zidentyfikować odpowiednie złącze.

**Marek A. Kulczycki**  
marus4@poczta.wp.pl

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1: 22 kΩ  
R2: (opcja) 4,7 kΩ  
R3, R7: (opcja) 2,2 kΩ  
R4: (opcja) 47 kΩ  
R5: (opcja) 100 kΩ  
R6: 10 kΩ  
R8, R10...R12: 1 kΩ  
R9, R13: 3,3 kΩ

### Kondensatory

C1: 220 μF/25V  
C2, C3, C5: 100 nF  
C4: 100 μF/10V  
C6: 10 μF/10V  
C7: (opcja) 100 pF  
C8: (opcja) 10 nF  
C9: (opcja) 47 nF  
C10, C11: 33 pF

### Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148  
DD1: LED dwukolorowa (czerwono-zielona) + oprawka  
T1, T2, T3, T4: BC 547B  
US1: 7805 + radiator  
US2: AT89C2051 (zaprogramowany)

### Różne

CON1: ARK3 (5 mm)  
CON2: gniazdo JACK STEREO 3,2 mm  
JP1: goldpin 1x3 + jumper  
Q1: rezonator kwarcowy 11,0592 MHz  
SW1, SW2: DIPswitch x 5  
WT1: wtyk JACK STEREO 3,2 mm  
ZW1, ZW2: (opcja) goldpin 1x2 + jumper