

Tester samochodowych sond lambda

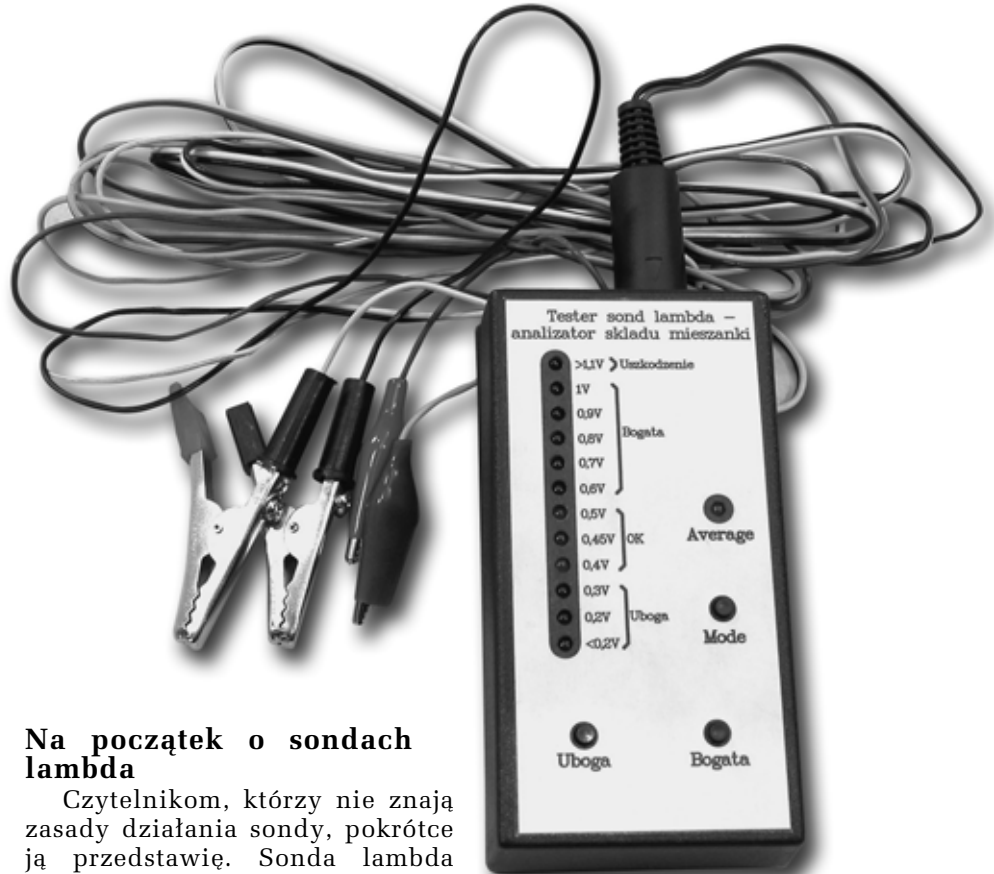
Elektroniczny analizator składu mieszanki

AVT-520



Przyrząd opisany w artykule służy do oceny sprawności sondy lambda oraz analizy składu mieszanki paliwowo-powietrznej zasilającej silnik samochodowy. Dzięki zastosowaniu mikrokontrolera można było w prostym układzie zaimplementować oprócz miernika aktualnej wartości napięcia sondy, także uśrednianie tej wartości w czasie, w celu bardziej wiarygodnej oceny składu mieszanki.

Rekomendacje: projekt polecamy wszystkim użytkownikom samochodów, którzy lubią samodzielnie wykonywać prace serwisowe, oraz tym spośród Czytelników, których interesują nowinki z zakresu techniki samochodowej.

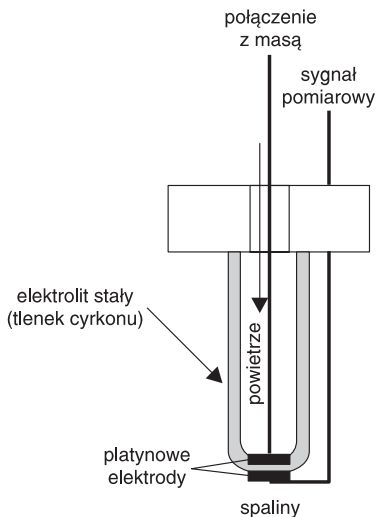


Na początek o sondach lambda

Czytelnikom, którzy nie znają zasady działania sondy, pokrótce ją przedstawię. Sonda lambda (nazywana także czujnikiem tlenu) jest ogniwnem galwanoelektrochemicznym z elektrolitem w stanie stałym - tzw. ogniwnem Nernsta. Służy ona w samochodzie do pomiaru stężenia tlenu w spalinach. Parametr ten używany jest przez jednostkę sterującą pracą silnika do ustalenia właściwego składu mieszanki paliwowo-powietrznej. Budowę sondy pokazano na **rys. 1**.

Jeżeli stężenie tlenu po obu stronach sondy jest jednakowe, wytwarza ona napięcie z przedziału 0...1 V. Na **rys. 2** pokazano charakterystykę roboczą czujnika. Aby działał prawidłowo, jego temperatura musi przekraczać 300°C. Niektóre sondy posiadają grzałki w celu szybszego osiągnięcia założonej temperatury pracy. Istnieje kilka typów sond lambda - od jedнопrzewodowych

do czteroprzewodowych. We wszystkich rodzajach występuje jeden przewód sygnałowy. Pozostałe służą do podłączenia masy oraz grzałki. Mieszanka ma skład prawidłowy, jeżeli współczynnik lambda wynosi 1, co odpowiada napięciu mierzonemu na sondzie o wartości 0,46 V. W praktyce sterownik silnika tak ustala skład mieszanki, aby wartość współczynnika lambda oscylowała wokół 1. Objawia się to cyklicznymi zmianami napięcia na sondzie. Za prawidłowo wyregulowaną mieszankę przyjmuje się stan, w którym wartość napięcia na sondzie 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 (**rys. 3**).



Rys. 1. Budowa sondy lambda

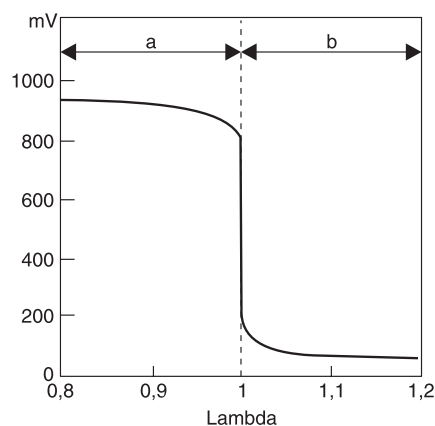
Współczynnik lambda mierzony jedną sondą dla silnika wielocylindrowego ma wartość średnią dla wszystkich cylindrów. Ponieważ mierzone stężenie tlenu odnosi się do ładunku spalonego wcześniej, wynik pomiaru w stosunku do spalanej mieszanki jest opóźniony. Opóźnienie to jest zależne od prędkości obrotowej i wynosi ok. $20 \text{ ms} + 4 \pi / \omega$.

Tyle informacji tytułem wstępu na temat budowy i zasady działania samej sondy lambda.

Zasada działania testera

Teraz zajmijmy się testerem i analizatorem - dwa w jednym. Możliwości przyrządu są następujące:

- monitorowanie napięcia na sondzie w czasie rzeczywistym,
- badanie odpowiedzi jednostki sterującej na symulację mieszanki bogatej lub ubogiej,



Rys. 2. Obszar "a" - mieszanka bogata, obszar "b" - mieszanka uboga

- uśrednianie napięcia sondy w czasie, w celu łatwiejszej i precyzyjniejszej oceny aktualnych ustawień składu mieszanki.

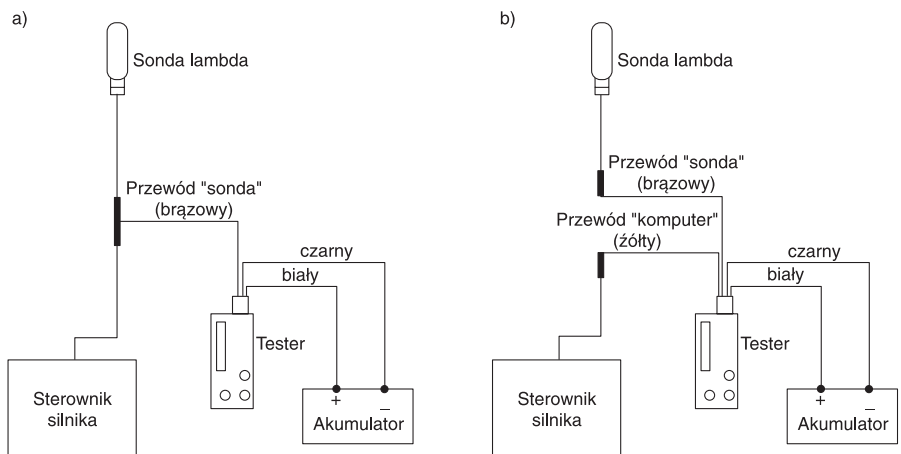
Istnieją dwie możliwości włączenie testera w układ pomiarowy sondy: pierwsza polega na podłączeniu się równolegle do sondy przewodem „sonda“, bez przerywania jej połączenia ze sterownikiem silnika (rys. 4a), druga - na przerywaniu tego obwodu i „wpięciu się“ szeregowo pomiędzy sondę a komputer (rys. 4b). W tym przypadku wykorzystujemy oprócz przewodu „sonda“ także przewód „komputer“. Po włączeniu zasilania aktywuje się pomiar napięcia w czasie rzeczywistym. Wyświetlacz diodowy jest odświeżany w tym trybie 200 razy na sekundę, co umożliwia wizualizację wszystkich zmian napięcia wytwarzanego przez sondę. W trybie tym dostępna jest także opcja symulacji składu mieszanki. Do jej przeprowadzenia wymagane jest odłączenie sondy od komputera i wpięcie się testerem szeregowo w ten obwód tak, jak pokazano na rys. 4b. Wymuszenia dokonujemy za pomocą przycisków S2 - „BOGATA“ i S3 - „UBOGA“. Sterownik silnika (oczywiście sprawny) będzie starał się przeciwdziałać tym stanom. Jeśli wymuszeniem było napięcie symulujące mieszankę bogatą, powinien ją zubożyć, jeśli zaś ubogą - wzbogacić. Widoczne będzie to na wyświetlaczu. Przyciskiem S1 - „Average“ - włączamy funkcję uśredniania, co sygnalizowane jest za-

paleniem się diody „Average“. W tym trybie wyświetlacz uaktualniany jest co 4 s średnią z 800 pomiarów wykonywanych w tym czasie. Taki czas akwizycji i wyświetlania danych został przyjęty z uwagi na małą częstotliwość zmian napięcia na sondzie. Uśrednianie pozwala na dokładniejsze oszacowanie stanu wyregulowania składu mieszanki. W trybie tym nie jest dostępna opcja symulacji składu mieszanki.

Tester posiada także sygnalizację dźwiękową stanów wskazujących na uszkodzenie sondy, takich jak przekroczenie wartości 1,1 V oraz zbyt długie (powyżej 4 sekund) pozostawanie napięcia sondy w przedziale 0,4...0,6 V. Ponieważ czujnik poprawnie pracuje w temperaturze powyżej 300°C, aby wykonać wiarygodne pomiary, należy po uruchomieniu zimnego silnika odczekać od kilku do kilkunastu minut, w zależności od zastosowanej w samochodzie sondy.

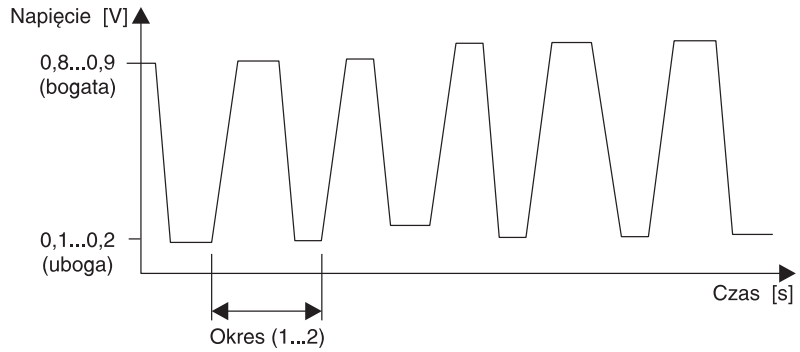
Budowa testera

Schemat elektryczny układu pomiarowego przedstawiono na rys. 5, zaś układu wyświetlania na rys. 6. „Sercem“ testera jest procesor ATtiny26. Jest to jeden z nowszych „małych“ procesorów firmy Atmel. Na swoim wyposażeniu posiada dwa ośmiobitowe timery/liczniki (z tego jeden ma możliwość pracy w trybie PWM), interfejs transmisji szeregowy USI, komparator analogowy, programowany watchdog oraz najbardziej dla nas istotny 10-bitowy przetwornik A/C. Wykorzystany on



Rys. 4. Sposób włączenia testera w obwód pomiarowy: równoległe (a), szeregowe (b)

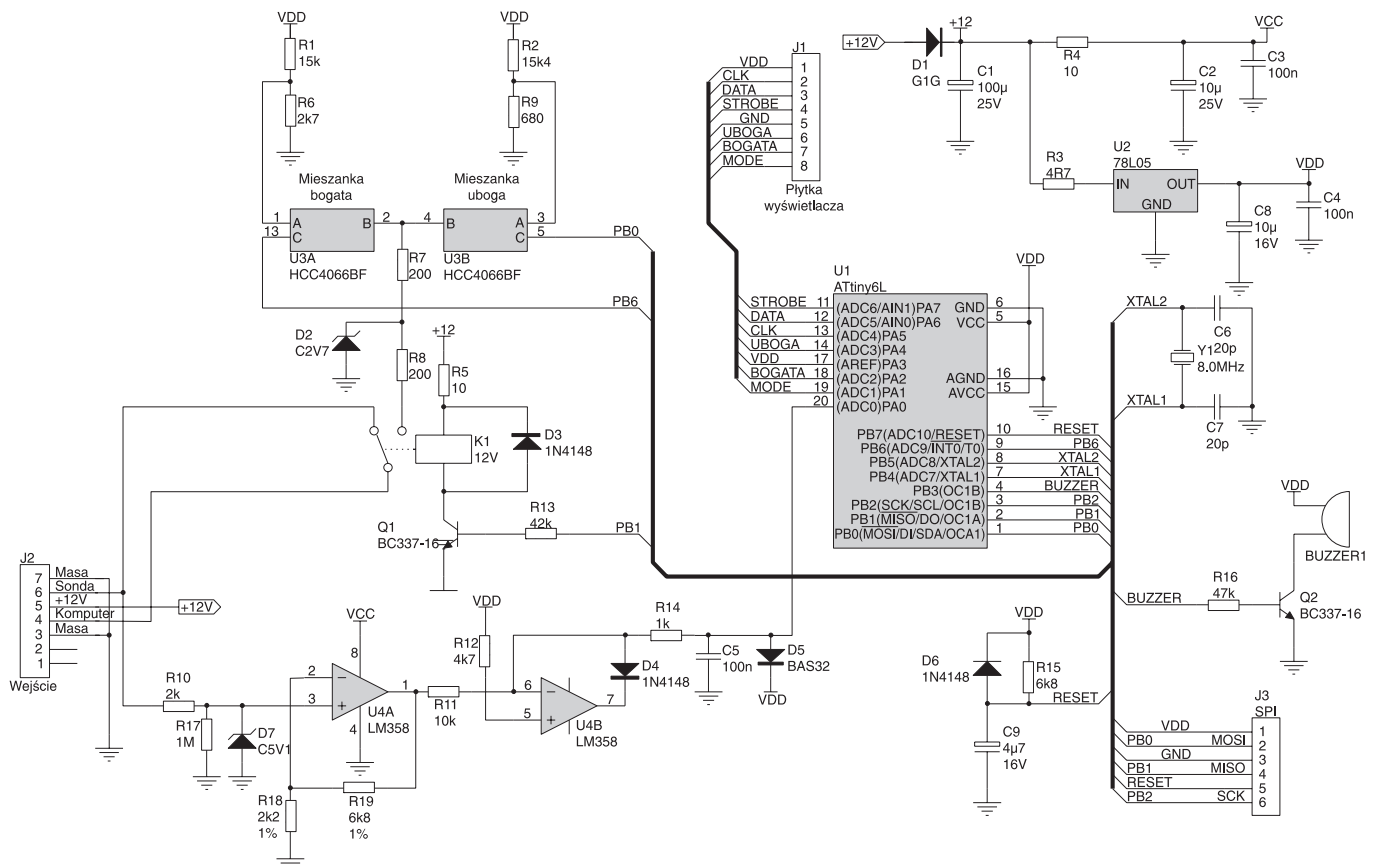
został do pomiaru napięcia sondy. Sondę lambda podłącza się do styku 6 gniazda J2. Stąd napięcie podawane jest poprzez rezystor R10 na wejście 3 układu U4A oraz przez styki przełącznika K1 na styk 4 gniazda J2. Wyprowadzenie to służy do podłączenia sterownika silnika w wersji z rys. 4b. Przełącznik służy do przerywania obwodu sonda-komputer oraz podania na złącze podłączone do komputera napięcia symulującego wystąpienie mieszanki ubogiej lub bogatej. Następuje to po przyciśnięciu przycisku S2 (bogata) lub S3 (uboga). Układ U4A pracuje w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego. O wzmocnieniu tego układu decydują rezystory R18, R19. Ze względu na brak możliwości płynnej regulacji wzmocnienia tego stopnia, w celu zapewnienia dostatecznej dokładności rezystory te powinny być co najmniej 1%. Dioda D7 zabezpiecza układ przed nadmiernie dużym napięciem wejściowym. Wzmocnione napięcie sondy jest, poprzez rezystor R11, doprowadzone do wzmacniacza U4B pracującego, w połączeniu z diodą



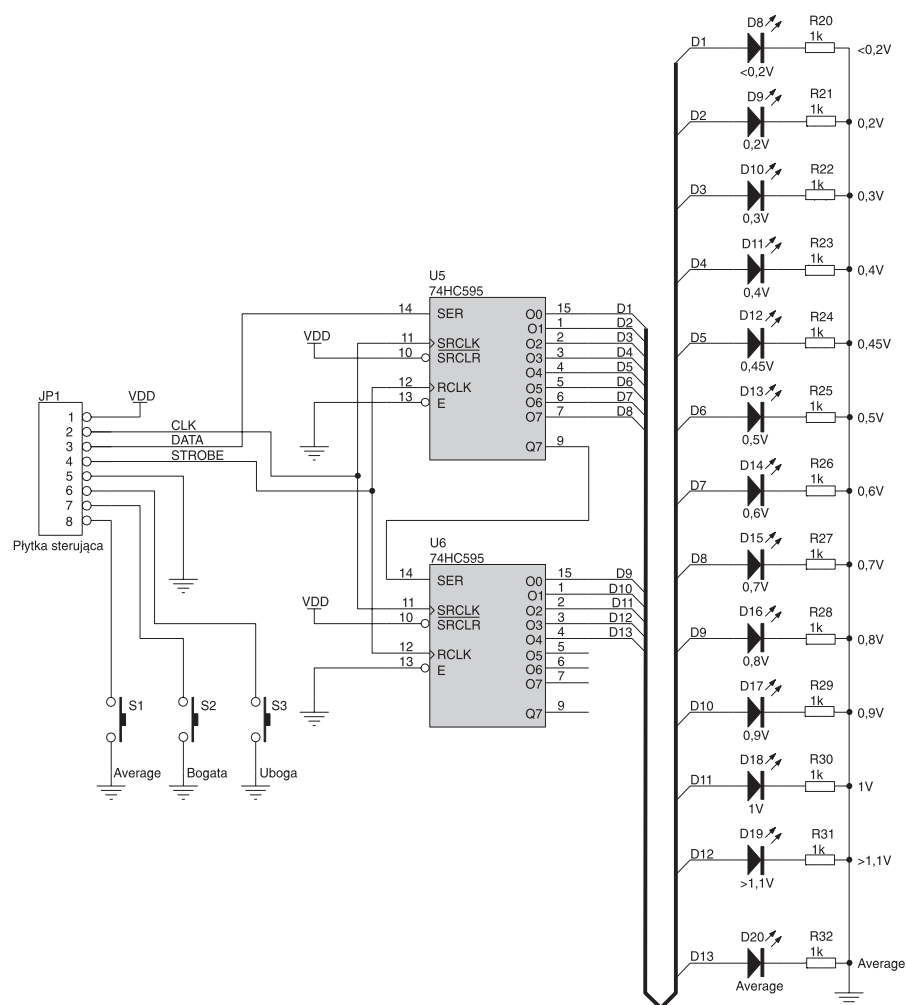
Rys. 3. Charakterystyczny cykl pracy sondy dla prawidłowej mieszanki

D4, jako ogranicznik aktywny. Zabezpiecza on procesor U1 przed przekroczeniem na jego wejściu dopuszczalnego napięcia (w tym przypadku napięcia zasilania U1). Wartością zadaną w ograniczniku jest napięcie podłączone do wejścia 5 układu U4B. Podawane jest ono z wyjścia stabilizatora U2 zasilającego mikrokontroler, co gwarantuje ograniczenie napięcia wejściowego U1 na odpowiednim poziomie. Obwód R14, C5 chroni układ U1 przed nagłymi zmianami wartości napięcia wejściowego wywołanymi przypadkowymi sygnałami zakłócającymi. Dioda D5 stanowi dodatkowe zabezpiecze-

nie wejścia układu U1 w przypadku uszkodzenia U4. Układ U1 steruje także przełącznikiem K1 oraz kluczami analogowymi U3A, U3B zawartymi w układzie 4066. Służą one do podawania poprzez przełącznik napięcia symulującego mieszankę bogatą lub ubogą. Wartość tego napięcia dla mieszanki bogatej wynosi ok. 0,8 V i jest wyznaczana poprzez dzielnik R1, R6, a dla mieszanki ubogiej ok. 0,2 V ustalana dzielnikiem R2, R9. Rezystory R7, R8 wraz z diodą Zenera D2 mają na celu zabezpieczenie testera w przypadku niespodziewanego pojawienia się nadmiernie dużego napięcia



Rys. 5. Schemat elektryczny sterownika



Rys. 6. Schemat elektryczny wyświetlacza

na złączu podłączonym do sterownika silnika (np. uszkodzenie sterownika lub zwarcie w instalacji) oraz sterownika, w przypadku uszkodzenia testera. Do wyprowadzenia 4 (PB3) układu U1 - poprzez elementy R16 i Q2 - podłączony jest przetwornik piezoceramiczny służący do sygnalizacji akustycznej stanów mogących wskazywać na uszkodzenie sondy. Elementy D6, R15 i C9 wymuszają sygnał zerowania procesora po włączeniu zasilania. Sygnał zegarowy kontrolera stabilizowany jest za pomocą zewnętrznego kwarcu Y1. Kondensatory C6 i C7 umożliwiają pewny start wewnętrznego generatora układu. Procesor steruje także (w sposób szeregowy) modulem wyświetlania zbudowanym na układach U5, U6 typu 74HC595, które sterują trzynastoma diodami świecącymi. Dwanaście z nich ustawionych jest w postaci linijki i służy do wizualizacji wartości napięcia sondy

lambda, natomiast dioda D20 sygnalizuje włączenie funkcji uśredniania.

Tester zasilany jest bezpośrednio z instalacji elektrycznej samochodu. Dioda D1 zabezpiecza układ przed odwrotnym podłączeniem napięcia. Część analogowa (układ U4) zasilana jest napięciem niestabilizowanym pobieranym z miejsca oznaczonego na schemacie „+12V“. Napięcie w tym miejscu może wahać się w granicach od 12 do 15 V. Napięcie dla części cyfrowej układu stabilizowane jest przez 5-woltowy stabilizator U2.

Program dla procesora został napisany w języku C i skompilowany za pomocą kompilatora CodeVisionAVR v 1.23.7. Wersję ewaluacyjną tego programu (ograniczenie do 2 kB kodu) można ściągnąć ze strony www.hpinfo-tech.ro/cvavre.zip.

Tester może być używany do aut napędzanych benzyną oraz

WYKAZ ELEMENTÓW

Płytkę sterownika

Rezystory

- R1: 15k Ω
- R2: 15,4k Ω /1%
- R3: 4,7 Ω
- R4, R5: 10 Ω
- R6: 2,7k Ω
- R7, R8: 200 Ω
- R9: 680 Ω
- R10: 2k Ω
- R11: 10k Ω
- R12: 4,7k Ω
- R13: 42k Ω
- R14: 1k Ω
- R15: 6,8k Ω
- R16: 47k Ω
- R17: 1M Ω
- R18: 2,2k Ω /1%
- R19: 6,8k Ω /1%

Kondensatory

- C1: 100 μ F/25V
- C2: 10 μ F/25V
- C3...C5: 100nF
- C6, C7: 20pF
- C8: 10 μ F/16V
- C9: 4,7 μ F/16V

Półprzewodniki

- D1: G1G
- D2: C2V7
- D3, D4, D6: 1N4148
- D5: BAS32
- D7: C5V1
- Q1: BC337-16
- Q2: BC337-16
- U1: ATINY26L zaprogramowany
- U2: 78L05
- U3: 4066BF
- U4: LM358

Różne

- BUZZER1: BUZZER
- J1: Złączka
- J2: Złączka
- J3: Złączka
- K1: 12V
- Y1: 8,0MHZ

Płytkę wyświetlacza

Rezystory

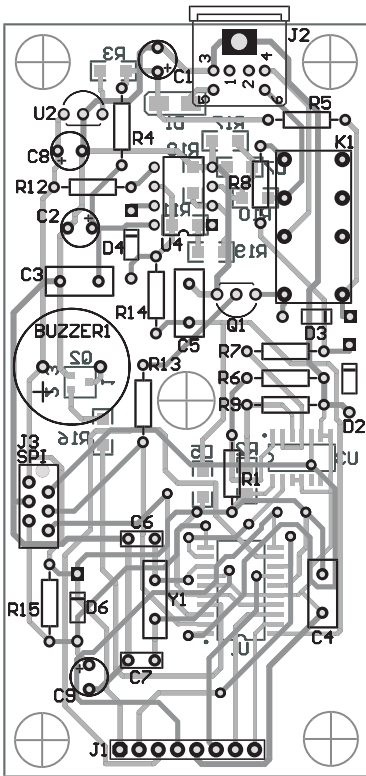
- R20...R32: 1k Ω

Półprzewodniki

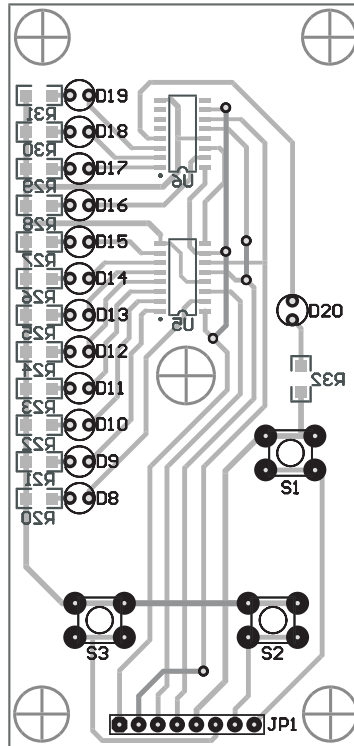
- D11, D13, D20: dioda LED 3mm żółta
- D12, D16...D19: dioda LED 3mm zielona
- D8...D10, D14, D15: dioda LED 3mm czerwona
- U5, U6: 74HC595

Różne

- JP1: złączka „Płytkę sterującą”
- S1: przycisk „Average”
- S2: przycisk „Bogata”
- S3: przycisk „Uboga”



Rys. 7. Schemat montażowy płytki sterownika



Rys. 8. Schemat montażowy płytki wyświetlacza

przy zamontowanej instalacji gazowej. Jak wiadomo, przy zasileniu silnika benzyną kontrolę nad składem mieszanki sprawuje komputer. Z tego powodu jakiegolwiek wykryte nieprawidłowości zakończyć się muszą wizytą w serwisie bądź w zakładzie specjalistycznym dysponującym odpowiednią aparaturą do odczytu ustawiń jednostki centralnej. Tak samo jest z instalacjami gazowymi wyposażonymi w sterownik mikroprocesorowy. Przy prostszych instalacjach gazowych (bez sterownika) jest możliwa, na podstawie wskazań testera oraz przy podstawowej znajomości budowy instalacji gazowej, samodzielna korekcja składu mieszanki gazu i powietrza.

Rafał Szulc

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/lipiec03.htm> oraz na płycie CD-EP7/2003B w katalogu PCB.