

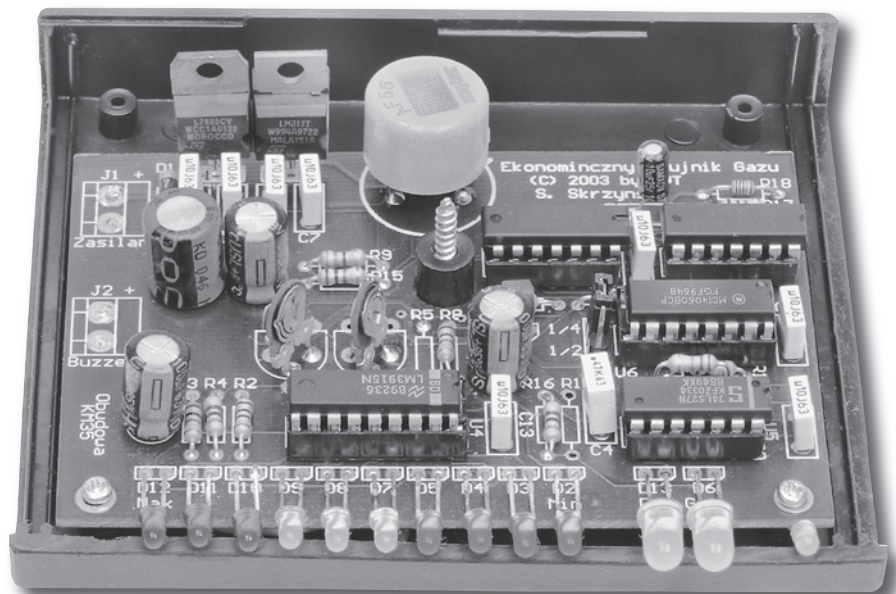
Energooszczędny czujnik niebezpiecznych gazów AVT-433

Temat czujników gazu był już omawiany na łamach EP wielokrotnie. Czy warto więc do niego powracać? Mając za dewizę: „zabezpieczeń nigdy nadto” – warto. Nie ma jednak sensu powielać tych samych konstrukcji. Opisany tu czujnik ma nietypową konstrukcję: poziom gazu sygnalizuje na linijce LED, stan alarmowy sygnalizuje dodatkowo dźwiękiem, ma możliwość bezpośredniego podłączenia do systemu alarmowego oraz co najważniejsze – średni pobór prądu został zminimalizowany w stosunku do poprzednich rozwiązań. Jak osiągnięto takie możliwości? Zapraszamy do zapoznania się z artykułem.

Rekomendacje
czujnik gazu jest przydatny przede wszystkim dla tych, którzy korzystają w domu z gazu do gotowania i grzania wody. Liczne wypadki świadczą o tym, że taki system ostrzegawczy może uratować życie.

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 99 x 69 mm
- Zasilanie 12 VDC
- Pobór prądu:
 - 200 mA w trybie pomiaru
 - 250 mA w trybie alarmu
 - 10 (80) mA w trybie oczekiwania
- Czas pomiaru 30 s
- Czas przerwy 90 (120) s
- Bezpośrednia współpraca z centralką alarmową
- Sygnalizacja optyczna i akustyczna
- Wskaźnik trybu pracy 2×LED
- Wskaźnik poziomu gazu 10×LED
- Wykrywa gazy opalowe (metan, propan – butan), tlenek węgla (czad), dwutlenek węgla, pary alkoholu i amoniaku, opary alkoholi, rozpuszczalników, benzyny, dym
- Poziom wykrywanego stężenia gazu jest dziesiątki razy mniejszy niż stężenie wywołujące wybuch lub powodujące zaccadzenie



Urządzenie składa się z czterech podstawowych bloków: zasilacza, wskaźnika, sygnalizacji i sterowania.

W bloku zasilacza zastosowano typowe rozwiązania z not aplikacyjnych układów LM7805 i LM317. Pierwszy z nich, dostarcza napięcia do zasilania układów cyfrowych i diod wskaźnika, drugi zasila grzałkę czujnika. Czujnik do poprawnej pracy wymaga podgrzania. Podgrzewacz pobiera sporo prądu, co ma istotne znaczenie przy zasilaniu z akumulatora (zasilanie systemu alarmowego w trybie pracy bateryjnej), zwłaszcza przy większej liczbie czujników w systemie. Aby ograniczyć średni pobór prądu zdecydowano się na pracę okresową. Praca ta dzieli się na trzy fazy:

- 1) Rozgrzewanie czujnika** – ta faza trwa około 30 s; po tym czasie czujnik jest odpowiednio rozgrzany.
- 2) Pomiar** – ta faza trwa także 30 s; w tym czasie mierzony jest poziom gazów. Jeśli czujnik nie wykryje gazu, to przejdzie do kolejnej fazy, jeśli gaz zostanie wykryty, to czujnik pozostaje w tej fazie do czasu spadku jego stężenia.
- 3) Przerwa** – w fazie tej zasilana jest tylko część cyfrowa i wstępnie podgrzewana grzałka czujnika, co wpływa korzystnie na jej

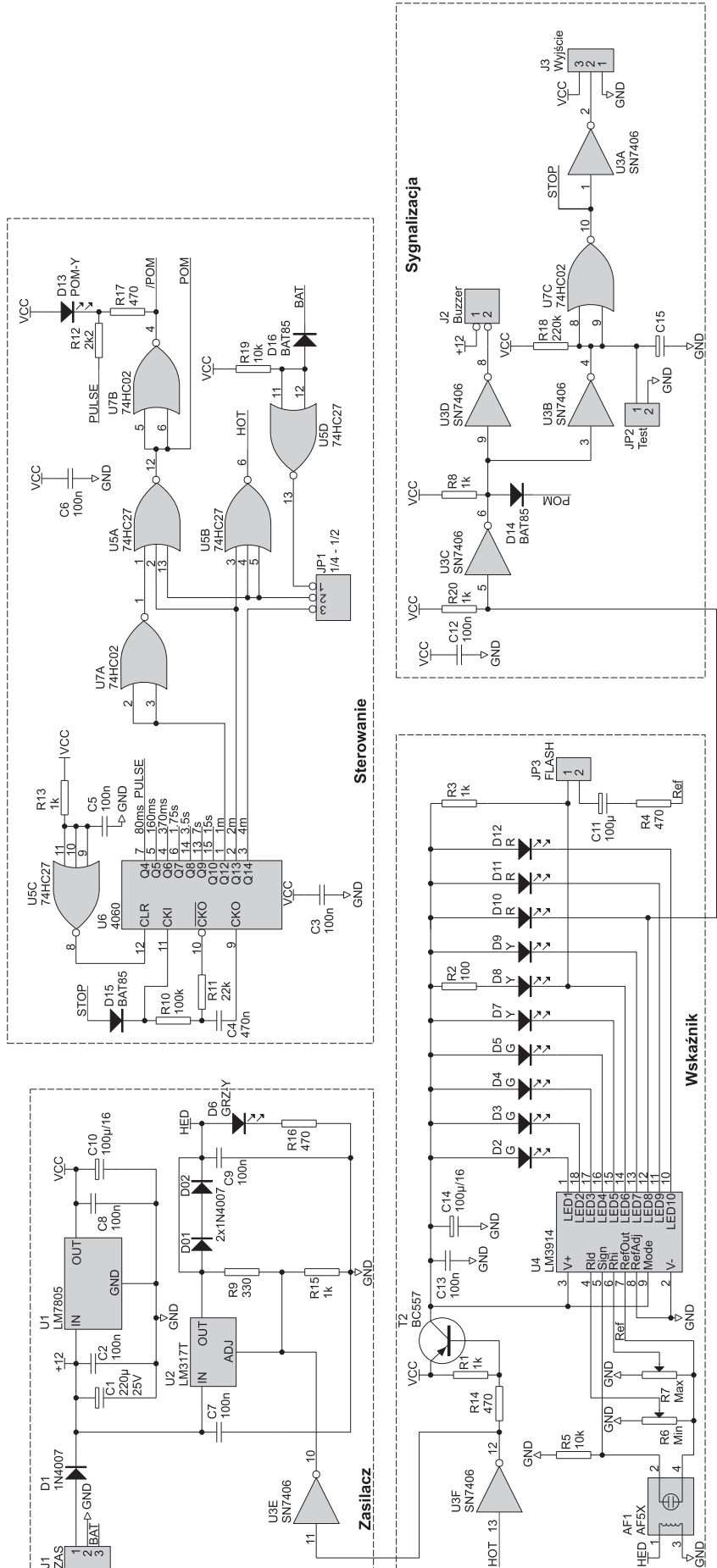
trwałość. Faza ta trwa 60 lub 120 s zależnie od ustawienia zwory konfiguracyjnej.

Po zakończeniu trzeciej fazy czujnik przechodzi do fazy nr 1 i cykl zaczyna się od początku. Czy cykliczna praca czujnika nie spowoduje, że wykryje on niebezpieczeństwo zbyt późno? Okazuje się, że aby mieszanka niebezpiecznych gazów palnych stanowiła zagrożenie wybuchem, wszystkie palniki typowej kuchni gazowej musiały by podawać gaz przez ponad pół godziny (dla typowego pomieszczenia kuchennego o powierzchni 9 m² i wysokości 2,7 m). W tym czasie czujnik wykona, zależnie od ustawienia, 7 lub 15 pomiarów. Jak więc widać cykliczna praca nie wpływa na zmniejszenie bezpieczeństwa.

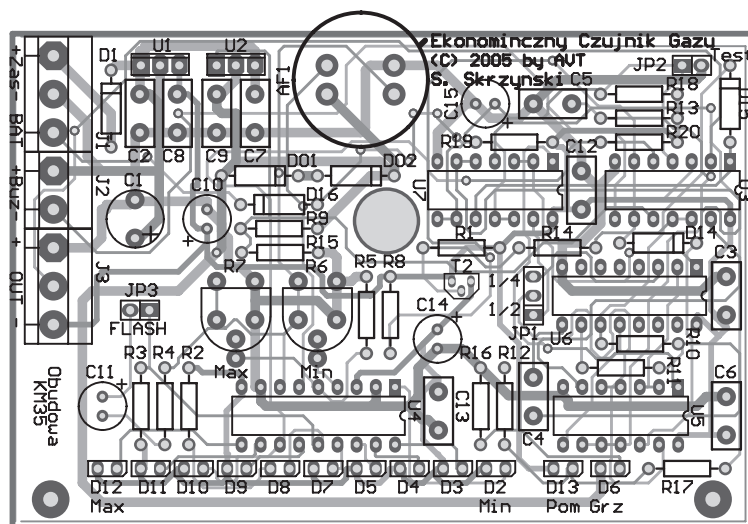
W zasilaczu zastosowano stabilizator U1 do zasilania cyfrowej części układu. Stabilizator pracuje w typowym układzie aplikacyjnym. Dioda D1 zabezpiecza układ przed skutkami odwrotnego podłączenia napięcia zasilającego. Stabilizatorem U2 steruje bramka U3E. Stan niski na jej wejściu powoduje ustawienie na wyjściu stabilizatora napięcia 5 V zasilającego czujnik. O wartości tego napięcia decyduje dzielnik R9...R15 (ponieważ wyjście bramki U3E jest w stanie odcięcia – wyjście OC w stanie nieaktywnym).

Funkcja diod DO1 i DO2 będzie opisana w dalszej części artykułu. W typowym układzie, tych diod się nie montuje, ponieważ są one zwarte ścieżką. W czasie podgrzewania czujnika świeci się dioda D6 „Grz”. Wysoki poziom na wejściu U3E spowoduje obniżenie napięcia na jej wyjściu do około 200 mV. Na wyjściu U2 będzie wtedy występować napięcie 1,45 V (1,25 V napięcia stabilizatora +200 mV spadku napięcia U_{CE} tranzystora na wyjściu U3E). Niskie napięcie zasilania grzałki powoduje zmniejszenie prądu pobieranego przez czujnik. Ponadto, dzięki występowaniu małego prądu podgrzewającego czujnik, szybciej osiąga on temperaturę nominalną podczas fazy rozgrzewania. Przy zasilaniu napięciem 12 V, na każdym ze stabilizatorów wydziela się mniej niż 1 W mocy i nie wymagają one radiatora. Przy większych napięciach, radiator będzie konieczny. Jeśli go zastosujemy, to należy pamiętać, aby U2 odizolować elektrycznie od radiatora za pomocą podkładki mikowej.

Wskaźnik poziomu gazu zrealizowano na popularnym układzie LM3914. Steruje on 10 diodami LED. W swoim wnętrzu zawiera dzielnik napięcia dla 10 komparatorów, źródło napięcia odniesienia oraz stopień wyjściowy sterujący diodami. Wskaźnik może pracować w dwóch trybach „świecąca linijka” lub „świeący punkt”. O trybie pracy decyduje stan wejścia Mode (końcówka 9). Ze względu na specyficzne funkcje, do jakich wykorzystano układ (sterowanie w sposób przerywany buzzerem), wybrano tryb „linijka”. Linijka LED zaczyna pulsować, gdy poziom gazu wzrośnie do niebezpiecznej wartości. Przy jeszcze wyższym poziomie gazu włącza się buzzer, który w sposób przerywany sygnalizuje o niebezpieczeństwie. Aby diody pulsowały, wykorzystano funkcję układu LM3914 opisaną w jej nocie aplikacyjnej. Zaświecenie diody D8 powoduje za pośrednictwem C11 i R4 zmianę napięcia odniesienia, co z kolei powoduje wygaszenie diod. Po chwili, gdy C11 naładuje się, napięcie odniesienia wraca do normy. W konsekwencji diody zaczynają świecić i cykl się powtarza. Poziom niski z wyjścia sterującego diodą D10ysterowuje bramkę U3C, która załącza buzzer.



Rys. 1. Schemat elektryczny czujnika gazów



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej

Na wejście wskaźnika (Sign – końcówka 6), podano sygnał wyjściowy z czujnika. Pod wpływem gazu czujnik zmniejsza swoją rezystancję. W czystym powietrzu ma ona wartość około 10 k Ω . Czujnika wraz z rezystorem R5 tworzy dzielnik napięcia. Jego napięcie wyjściowe, teoretycznie może zawierać się w granicach od 0 V do potencjału odniesienia RefOut (końcówka 7 U4). Napięcie odniesienia podano także na potencjometry R6 i R7, umożliwiające ustawienie zakresu pomiarowego. Dzięki R5, w czystym powietrzu napięcie na wejściu wskaźnika jest równe połowie napięcia odniesienia. Zasilanie wskaźnika jest załączane tranzystorem T2. Wysoki poziom napięcia na wejściu U3F wymusza poziom niski na jej wyjściu, a to z kolei włącza w stan przewodzenia T2. Jednocześnie wyjście U3Fysterowuje bramkę U3E, która zezwala na pracę stabilizatora zasilającego grzałkę czujnika o czym wspomniano wcześniej.

Czujnik gazu jest sercem urządzenia, jego mózgiem jest **sterownik**. Sterownik składa się z kilku układów TTL i C-MOS. Generator wyznaczający rytm pracy zrealizowano na układzie U6 typu 4060. Zawiera on bramki umożliwiające zbudowanie generatora oraz 14-bitowy licznik z wejściem zerującym. Częstotliwość oscylatora dobrano tak, że okres sygnału na wyjściu Q12 wynosi około 1 min, Q13 – 2 min, Q14 – 4 min. Po włączeniu zasilania licznik jest zerowany przez układ R13 – C5, za pośrednictwem bramki U5C. Po zerowaniu, wyjścia Q12, Q13, Q14 przyjmują poziom

niski. Trójwejściowa bramka NOR U5B, której wejścia są połączone z wyjściami Q13 i Q14 przyjmuje na swoim wyjściu poziom wysoki. Powoduje to włączenie grzałki czujnika gazu. W tym czasie wyjścia POM i /POM bramek U5A i U7B są nieaktywne, ponieważ na wejściu 1 U5A panuje poziom wysoki, a to za sprawą negacji wnoszonej przez U7A. Niski poziom wyjścia POM blokuje wyjście bramki U3C i bez względu na stan jej wejścia, na jej wyjściu zawsze panuje poziom niski. Jest to konieczne, ponieważ w czasie nagrzewania czujnika wyniki pomiaru są niemiernodajne i mogłyby wywoływać fałszywe alarmy. Wysoki stan /POM wpływa na to, że dioda D13 „POM” nie świeci światłem ciągłym, tylko pulsuje za sprawą rezystora R12 sterowanego z wyjścia Q4 licznika U6. Po ok. 30 sekundach stany wyjść U6 ulegną zmianie na: Q12=H, Q13=L i Q14=L. Stan wyjścia bramki U5B nie ulega zmianie, ponieważ doprowadzono do niej tylko sygnały Q13 i Q14, które jeszcze się nie zmieniły. Uaktywniły się jednak wyjścia POM i /POM. Powoduje to zaświecenie diody D13 „POM”, informującej o fazie wykonywania pomiaru. Ponadto, wyjście bramki U3C nie jest blokowane. Dzięki temu w przypadku przekroczenia dopuszczalnego stężenia gazu, bramka U3C za pośrednictwem U3Dysterowuje buzzer. Należy zaznaczyć, że dźwięk buzzera będzie przerywany. Spowodowane jest to specyficznym sterowaniem LED-ami, o czym wspomniano przy opisie wskaźnika. Dodatkowo impulsy z wyjścia U3C, po zanegowaniu przez U3B, rozładują

ją kondensator C15. Stała czasowa R18 – C15 wynosi ponad 2 sekundy. Dzięki temu w czasie alarmu, stan aktywny wyjścia U7C i U3A jest stabilny. C15 przez większość czasu jest naładowany – nie musi to więc być kondensator tantalowy. U3A może sterować wejściem systemu alarmowego, ostrzegawczego lub dodatkowym sygnalizatorem. Poziom wysoki wyjścia U7C, za sprawą D15, zatrzyma generator układu U6. Stan ten będzie się utrzymywał do momentu spadku poziomu gazu do dopuszczalnej wartości. Gdy poziom gazu mieści się w normie, to po ok. 30 s, wyjścia U6 zmieniają stan na Q12=L, Q13=H i Q14=L. Wyjścia POM i /POM znów są w stanie nieaktywnym (wysoki poziom wejścia 1 U5A). Wyjście U5B także znajdzie się w stanie nieaktywnym (wysoki poziom na końcówce 3). Kolejna zmiana wyjść U6 na Q12=H, Q13=H i Q14=H niczego nie zmienia. Wyjście bramki U5A jest nieaktywne (wysoki poziom na końcówce 2), U5B także nieaktywne (wysoki poziom na końcówce 3). Warto wspomnieć, że podczas tego stanu dioda D13 także pulsuje. Następną zmianą wyjść U6 może mieć dwójaki skutek zależny od ustawienia zwory na JP1. Jeśli JP1 ma zwarte styki 1–2, to cykl pracy zacznie się od początku, ponieważ stan wyjścia Q14 U6 nie jest brany pod uwagę (wejścia 13 U5A i 4,5 U5B na stałe mają poziom niski za sprawą bramki U7D). Taki cykl pracy jest krótszy i trwa łącznie 2 minuty (30 s grzanie, 30 s pomiar, 60 s przerwa). Gdy jednak JP1 ma zwarte styki 2–3, to pojawiają się kolejne cykle. Są to cykle nieaktywności, a to za sprawą tego, że podczas pracy pod uwagę jest brany stan wyjścia Q14 układu U6. Przez cały czas gdy Q14 będzie w stanie wysokim bramki U5A i U5B będą nieaktywne (wejścia 13 U5A i 4,5 U5B będą miały poziom wysoki). Tak więc zmiany wyjść Q12 i Q13 U6 nie mają znaczenia dopóty, dopóki Q14=H. Dopiero po zmianie z Q12=Q13=Q14=H na Q12=Q13=Q14=L, nastąpi rozpoczęcie całego cyklu od początku. Taki cykl jest dłuższy i trwa 4 minuty (30 s grzanie, 30 s pomiar, 120 s przerwa).

Zworka JP2 „TEST” służy do sprawdzenia współpracy urządzenia z systemem alarmowym. W czasie normalnej pracy powinna być roz warta.

Na wejście zasilania J1 wprowadzono sygnał BAT. Niski poziom sygnału na tym wejściu, za sprawą diody D16 i bramki U7D, ustawia urządzenie w tryb pracy z długim cyklem przerwy bez względu na ustawienie zworek na JP1. Wejście można wykorzystać do przechodzenia urządzenia w tryb mniejszego zużycia energii w trybie pracy bateryjnej (gdy urządzenie jest zasilane z systemu alarmowego i wystąpiła awaria sieci). Aby funkcja ta działała, na wejście BAT należy podać sygnał niski podczas pracy bateryjnej centralki alarmowej (najczęściej centralki posiadają takie wyjście). Jeśli wejście to jest nie podłączone, to R19 wymusza na wejściu U7D poziom wysoki.

Montaż

Montaż tradycyjnie rozpoczynamy od elementów najmniejszych do największych. Diody montujemy na dłuższych wyprowadzeniach tak, aby możliwe było ich późniejsze umieszczenie w nacięciu obudowy. Ze względu na trudne warunki pracy czujnika (kurz, wilgoć) układy najlepiej jest wlutować w płytkę. Jeśli już chcemy zastosować podstawki, to należy użyć podstawek precyzyjnych (tulipanowych). W pierwszym etapie pracy nie montujemy czujnika gazu AF1, o czym będzie napisane dalej, przy omawianiu procedury uruchomieniowej. Po uruchomieniu urządzenia, płytkę należy pokryć lakierem zabezpieczającym „Plastik 70” firmy Kontakt Chemie. Gotowe urządzenie zamykamy w obudowie KM-35, wycinając uprzednio otwory na LED-y, czujnik gazu i gniazda.

Uruchomienie

Rozpoczynamy od zasilacza. Po włączeniu zasilania na wyjściu stabilizatora U1 powinno być napięcie $5\text{ V} \pm 5\%$. Zwarcie wyprowadzenia 11 U3 z masą, powinno spowodować pojawienie się napięcia 5 V na wyjściu 2 stabilizatora U2. Zwarcie końcówki 13 U3 z masą, powinno spowodować spadek tego napięcia do około 1,4 V. Gdy napięcia są poprawne, to można wlutować czujnik AF1 w płytkę. Po załączeniu zasilania dioda D13 „POM” powinna pulsować z częstotliwością ok. 5 Hz. Jeśli tak nie jest sprawdzamy układ zerowania (R13, C5, U5C) zwierając na chwilę kondensator C5 i badając stan wejścia 12

układu U6. Drugą przyczyną braku pracy generatora może być wysoki poziom na wyjściu 10 U7C. Wysoki poziom na tym wyjściu może być spowodowany wieloma przyczynami, dlatego najlepiej jest wylutować jedno z wyprowadzeń diody D15, a przyczynę niesprawności odnaleźć później. Gdy generator pracuje, sprawdzamy czy po zerowaniu zaświeciła się dioda D6 „GRZ”. Po ok. 30 s powinna światłem ciągłym zaświecić się dioda D13 „POM”. Teraz wskazane byłoby zatrzymanie generatora. W sytuacji, gdy wprowadzenie 10 U7C było sterowane poprawnie i nie było konieczne wylutowanie diody D15, wystarczy założyć zworę na JP2 „TEST”, w przeciwnym wypadku należy zerować końcówkę 11 U6 z plusem zasilania. Teraz możemy przystąpić do regulacji wskaźnika. Musimy jednak rozewrzeć zworę JP3 „FLASH”. Jeśli tego nie zrobimy, zmiany napięcia źródła odniesienia podczas migania diod, uniemożliwią nam pomiary (wynik będzie niestabilny). Następnie ustawiamy potencjometr R6 „Min” tak, aby suwak zwarty był z masą, natomiast R7 „Max” tak, aby suwak zwarty był z napięciem odniesienia. Łatwo to sprawdzić na wejściach układu U4 (końcówka 4 – „Rlo”, końcówka 6 – „Rhi”). Wszystkie diody powinny być wygaszone. W modelu, na wyjściu czujnika (końcówka 5 U4), występowało napięcie 0,526 V. Będzie ono jednak zależne od typu czujnika, dokładności rezystora R5 i wartości napięcia odniesienia (końcówka 7 U4). Teraz kręcąc R6 ustawiamy na końcówce 4 U4 napięcie równe napięciu z wyjścia czujnika. Jest to granica świecenia diody D2 w linijce wskaźnika tak więc, podczas regulacji nie trzeba posługiwać się miernikiem. Następnie wypuszczamy trochę gazu z zapalniczki do czujnika. Mierzmy napięcie na końcówce 5 U4 i takie same ustawiamy potencjometrem R7 na końcówce 6 U4. Jest to napięcie włączające ostatnią diodę. W modelu wynosiło ono 0,850 V. Jeśli nie posługujemy się miernikiem, to ustawiamy R7 na granicy świecenia D12 linijki LED. Warto sprawdzić, czy czujnik wykryje dwutlenek węgla w wydychanym powietrzu (wystarczy chuchnąć w czujnik). W modelu, intensywne chuchanie powodowało zaświecenie czterech LED-ów. Czujnik wykrywa też

C2H5OH, ale o tym lepiej nie mówić żonom. Spożycie 500 ml piwa, spowodowało zaświecenie sześciu LED-ów. Podczas grzania piwa czujnik wywołał alarm! Po uruchomieniu wskaźnika, zakładamy zworę JP3 „FLASH” i sprawdzamy działanie bloku sygnalizacji. Po zwarciu z masą końcówki 5 U3 z masą, powinien włączyć się buzzer. Gdy to nie nastąpi, to sprawdzamy czy układ jest w stanie pomiaru (świeci dioda D13 „POM”). Jeśli tak nie jest, to wyjście U3C jest blokowane niskim poziomem sygnału POM

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R8, R13, R15, R20: 1 kΩ
 R2: 100 Ω
 R4, R14, R16, R17: 470 Ω
 R5, R19: 10 kΩ
 R6, R7: 10 kΩ PR
 R9: 330 Ω
 R10: 100 kΩ
 R11: 22 kΩ
 R12: 2,2 kΩ
 R18: 220 kΩ

Kondensatory

C1: 220 μF/25 V
 C2, C3, C5...C9, C12, C13: 100 nF
 C4: 470 nF
 C10, C14: 100 μF/16 V
 C11: 100 μF/25 V
 C15: 10 μF/16 V

Półprzewodniki

U1: LM7805
 U2: LM317T
 U3: 74LS06
 U4: LM3914
 U5: 74HC27
 U6: 4060
 U7: 74HC02
 T2: BC557
 D1, DO1, DO2: 1N4007
 D2...D5: LED 5x2 zielony
 D6...D9, D13: LED 5x2 żółty
 D10...D12: LED 5x2 czerwony
 D14...D16: BAT85

Inne

AF1: AF5X czujnik rodziny AF5x
 AF56 - gazy opalowe
 AF30 - dym
 AF63 - alkohole, pary benzyny
 J1: ARK100/3/5
 J2: ARK100/2/5
 J3: ARK100/3/5
 JP1: goldpin 1x3
 JP2, JP3: goldpin 1x2

z wyjścia U5A. Nie powinno się to zdarzyć, ponieważ generator został wcześniej zatrzymany. Gdy jednak tak się zdarzyło, to należy układ wyzerować i ponownie zatrzymać generator w odpowiednim momencie. Gdy buzzer działa prawidłowo, to odblokowujemy generator i uruchamiamy ponownie układ. Gdy wejdzie w fazę pomiaru zwieramy końcówkę 5 U4 z napięciem odniesienia. Zasymulujemy w ten sposób wykrycie gazu. Wskaźnik powinien zacząć migać, buzzer powinien wydawać przerywane dźwięki, natomiast generator układu U6 powinien zostać zatrzymany (wysoki poziom na końcówce 10 U7).

Czujnik jest uruchomiony. Kalibracje należy przeprowadzić ponownie po 24 h, ponieważ czujnik zmienia swoje parametry w początkowym okresie pracy. Praktyka wykazała, że kalibracje będzie trzeba przeprowadzić ponownie po dłuższym czasie (około 14 dni).

Możliwe zmiany

Gdyby okazało się, że wskazania czujnika są niestabilne (nie zdążył się rozgrzać), to należy zmniejszyć częstotliwość generatora w U6. W tym celu należy zwiększyć wartość C4 lub R11.

Aby jeszcze bardziej obniżyć pobór prądu w fazie przerwy, należy wstawić dodatkowe diody na wyjście stabilizatora U2 oraz zmodyfikować wartość R15. Diody te zmniejszają minimalne napięcie stabilizatora wynoszące 1,25 V. Zależnie od typu i ilości diod napięcie na grzałce czujnika będzie różne. Im mniejsze napięcie tym mniejszy średni pobór prądu. W urządzeniu przewidziano miejsce na dwie dodatkowe diody oznaczone na płytce DO1 DO2. Są one połączone ścieżką, jeśli chce się więc je wykorzystać należy przeciąć ścieżkę od strony druku pod diodami. R15 należy tak dobrać, aby podczas grzania napięcie na grzałce czujnika AF1 wynosiło 5 V.

Użytkowanie

Miejsce umieszczenia czujnika jest bardzo istotne dla jego funkcjonowania. Wiele zależy od tego, jakim gazem dysponujemy. Propan-Butan jest gazem ciężkim i będzie zbierał się w dolnej części pomieszczenia. Gaz ziemny (Metan) jest lekki i zbiera się pod sufitem pomieszczenia. Czujnika nie należy umieszczać w miejscach przewiewnych ponieważ zbierający się gaz będzie z nich „wywiewany”. Czujnika nie należy też umieszczać nad kuchnią gdzie jest dużo pary,

która może powodować korozję. Wiele potraw podczas gotowania wydzieła gazy, na które reaguje czujnik, co może powodować fałszywe alarmy. Podczas użytkowania okazało się, że czujnik reaguje na opary alkoholu oraz dwutlenek węgla. Zgodnie z notą katalogową, reaguje także na tlenek węgla. Po przeanalizowaniu noty okazało się, że w domowych zastosowaniach typ czujnika nie ma większego znaczenia. Każdy z nich wykryje niebezpieczny poziom gazów zagrażających życiu takich, jak: tlenek węgla, dwutlenek węgla, metan, propan-butanol. Różnica pomiędzy czujnikami jest taka, że jedne szybciej wykryją tlenek węgla, a inne metan.

Na zakończenie

Czujniki zmieniają swoje parametry w czasie. Z tego powodu konieczna jest ich czasowa kalibracja. Jeśli artykuł wzbudzi zainteresowanie, to opiszę konstrukcję opartą o mikroprocesor, który sam będzie przeprowadzał kalibrację oraz pozwalająca na podłączenie czujnika do magistrali RS485.

Sławomir Skrzyński, EP
slawomir.skrzynski@ep.com.pl

W ofercie AVT są dostępne:
- [AVT-433A] płytka drukowana