

# Kontroler i sygnalizator ciśnienia gazów medycznych i próżni

Grzegorz Piecuch

Koło Naukowe Automatyków i Robotyków ROBO, Politechnika Rzeszowska

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono działania związane z opracowaniem oprogramowania dla zaprojektowanych układów elektronicznych kontrolera ciśnienia oraz układu sygnalizatora gazów medycznych, które w komplecie stanowią wyrób medyczny.

**Słowa kluczowe:** kontroler, sygnalizator, gazy medyczne, system monitorujący, opieka medyczna

Opisywane w artykule urządzenia – Strefowy Zespół Monitorujący wraz z Sygnalizatorem Gazów Medycznych znajdują szerokie zastosowanie w placówkach opieki medycznej. Ich zadaniem jest bieżące monitorowanie poziomu ciśnienia w instalacjach sprężonych gazów medycznych oraz ciśnienia bezwzględного próżni. Obszar pracy kontrolera to m.in. sale operacyjne, oddziały OIOM, sale ogólnej opieki medycznej.

## 1. Założenia projektowe

Podstawowym założeniem dla urządzenia medycznego, oprócz realizowania założonych funkcji, jest przede wszystkim bezpieczeństwo dla pacjenta i użytkownika oraz niezawodność jego działania. Każdy tego typu wyrób zanim trafi do użytkownika (placówki opieki medycznej) przechodzi szereg specjalistycznych badań laboratoryjnych potwierdzających zgodność wyrobu z wymaganiami Dyrektywy Medycznej 93/42/EEC oraz wynikającymi z niej normami zharmonizowanymi.

W ogólnym zarysie omawiany kontroler i sygnalizator winny spełniać m.in. następujące założenia projektowe:

- przeznaczenie do pracy ciągłej;
- dźwiękowa i optyczna sygnalizacja przekroczenia progów alarmowych;
- optyczna sygnalizacja prawidłowej pracy;
- sygnalizacja utraty komunikacji między Strefowym Zespołem Monitorującym (SZM) a Sygnalizatorem Gazów Medycznych (SGM);
- reprezentacja na wyświetlaczu LCD wartości ciśnienia poszczególnych gazów medycznych i próżni;
- automatyczne wykrywanie podłączenia i odłączenia czujnika gazu lub jego uszkodzenia.

### 1.1. Rozwinięcie i modyfikacja istniejącego systemu

Aktualnie produkowane przez spółkę Instal Technika Medyczna Sp. z o.o. wyroby medyczne, tj. Strefowy

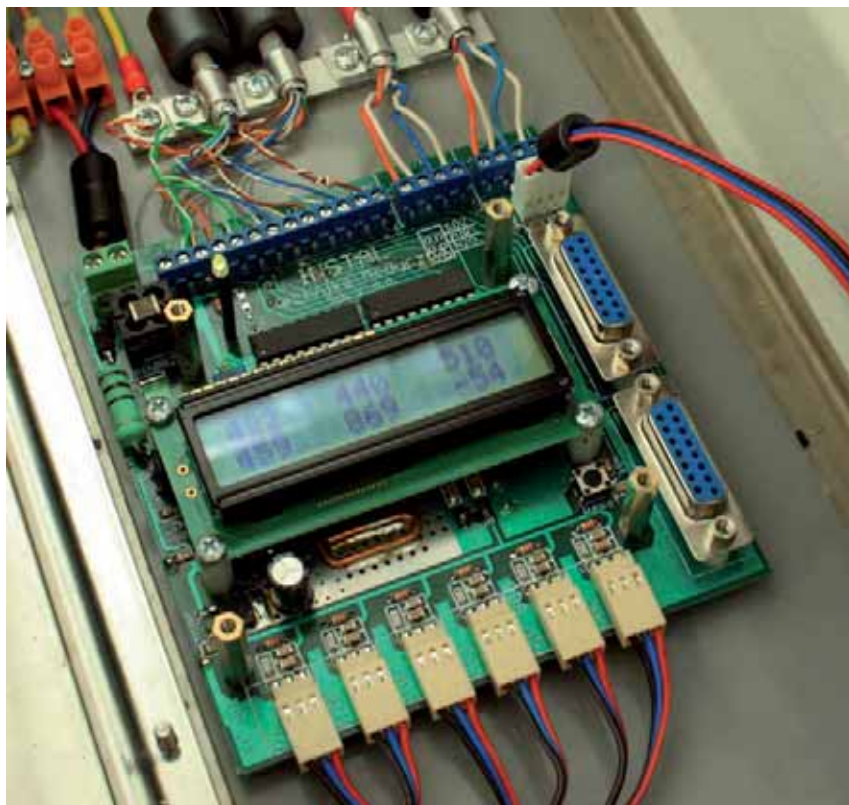
Zespół Monitorujący (SZM) oraz Sygnalizator Gazów Medycznych (SGM) są zgodne z wymaganiami Dyrektywy Medycznej 93/42/EEC oraz posiadają certyfikat EC Jednostki Notyfikowanej TÜV Rheinland LGA Products GmbH (Nr 0197) i doskonale spełniają swoje zadanie w placówkach ochrony zdrowia na terenie całej Polski. Spółka podjęła jednak decyzję o unowocześnieniu dotychczasowych rozwiązań technicznych bazujących na układach analogowo-cyfrowych, by wdrożyć na rynek wersję wyrobów opartą w całości na technice cyfrowej. Do składu zespołu opracowującego nowe projekty urządzeń został włączony jako osoba, której powierzono zadanie opracowania oprogramowania dla współpracujących ze sobą Strefowego Zespołu Monitorującego i Sygnalizatora Gazów Medycznych.

## 2. Strefowy Zespół Monitorujący – ogólna charakterystyka

Konstrukcja płyty głównej Strefowego Zespołu Monitorującego (SZM) jest oparta na mikrokontrolerze firmy Atmel. Dodatkowo moduł SZM został wyposażony w dwuwierszowy wyświetlacz alfanumeryczny informujący o aktualnym poziomie ciśnienia gazów i próżni. Informacje te podawane są na wyświetlaczu oddzielnie dla każdego gazu, stosowana jednostka to kPa. Sześć niezależnych wejść SZM pozwala na przyłączenie czujników ciśnienia i zrealizowanie pomiaru. Dodatkowo płyta przystosowana jest do pracy ze starszymi – analogowymi wersjami sygnalizatorów (SGM). Sam sygnalizator to moduł z matrycą diodową o maksymalnych wymiarach  $3 \times 6$ . Wykonanie matrycy sygnalizatora jest zgodne z założonym wariantem, który zależy od liczby i rodzaju obsługiwanych gazów. Układ sygnalizatora również zbudowany jest na mikrokontrolerze firmy Atmel. Oba moduły komunikują się ze sobą za pomocą interfejsu UART. Układy elektroniczne obu płyt zostały w całości opracowane przez zespół projektowy firmy Instal Technika Medyczna Sp. z o.o.

### 2.1. Sposób sygnalizacji

Strefowy Zespół Monitorujący (SZM) jest zaprojektowany do bieżącego monitorowania stanów ciśnienia w instalacji gazów medycznych i próżni. SZM przetwarza sygnały z czujników i steruje pracą Sygnalizatora Gazów Medycznych (SGM). Zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm konieczna jest sygnalizacja trzech poziomów ciśnienia: niskiego, normalnego i wysokiego. Zgodność z wymaganiami normy uzyskano stosując w tym celu sygnalizację



**Rys. 1.** Strefowy Zespół Monitorujący  
**Fig. 1.** Zone Monitoring Unit

optyczną, zbudowaną na diodach LED, oraz sygnalizację akustyczną. Stan alarmowy (niski lub wysoki) sygnalizowany jest przez zaświecenie odpowiedniej diody LED z częstotliwością 1 Hz i jednoczesną emisją sygnału dźwiękowego. Podczas normalnego stanu pracy dla danego gazu i próżni diody zielone emi-



**Rys. 2.** Sygnalizator Gazów Medycznych  
**Fig. 2.** Signalling device

tują światło ciągle, a sygnał dźwiękowy pozostaje nieaktywny.

W przypadku pojawienia się choćby chwilowego przejścia w stan alarmowy, układ sygnalizuje stan awarii. Po ustąpieniu przyczyny alarmu, układ automatycznie wraca do normalnego stanu pracy. Chwilowy zanik napięcia zasilania skutkuje uruchomieniem funkcji Autotestu, po którym następuje ponowne załączenie układu. Zastosowanie histerezy dla progów przełączania stanów zapobiega niebezpiecznym zmianom alarmów w przypadku oscylacji poziomu ciśnienia w granicach krytycznych. Działanie układu jest w pełni zautomatyzowane, a matryca sygnalizatora (SGM) działa na zasadzie multipleksacji.

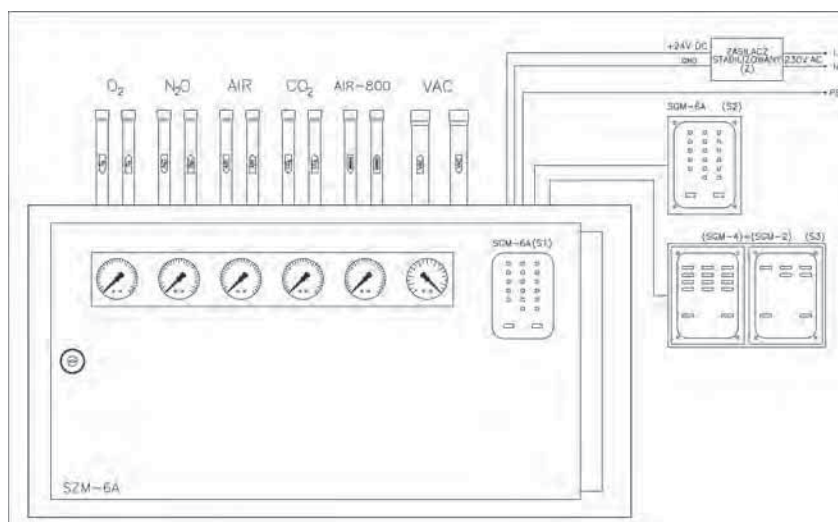
Sygnalizator wyposażony jest w dwa przyciski: *Autotest* i *Kasuj*. Wybranie opcji *Autotest* skutkuje wznowieniem pracy układu, w czasie którego przeprowadzana jest autodiagnoza układu, a wszyst-



**Rys. 3.** Funkcja klawisza Kasuj – fragment algorytmu  
**Fig. 3.** Function of Cancel Key – part of the algorithm

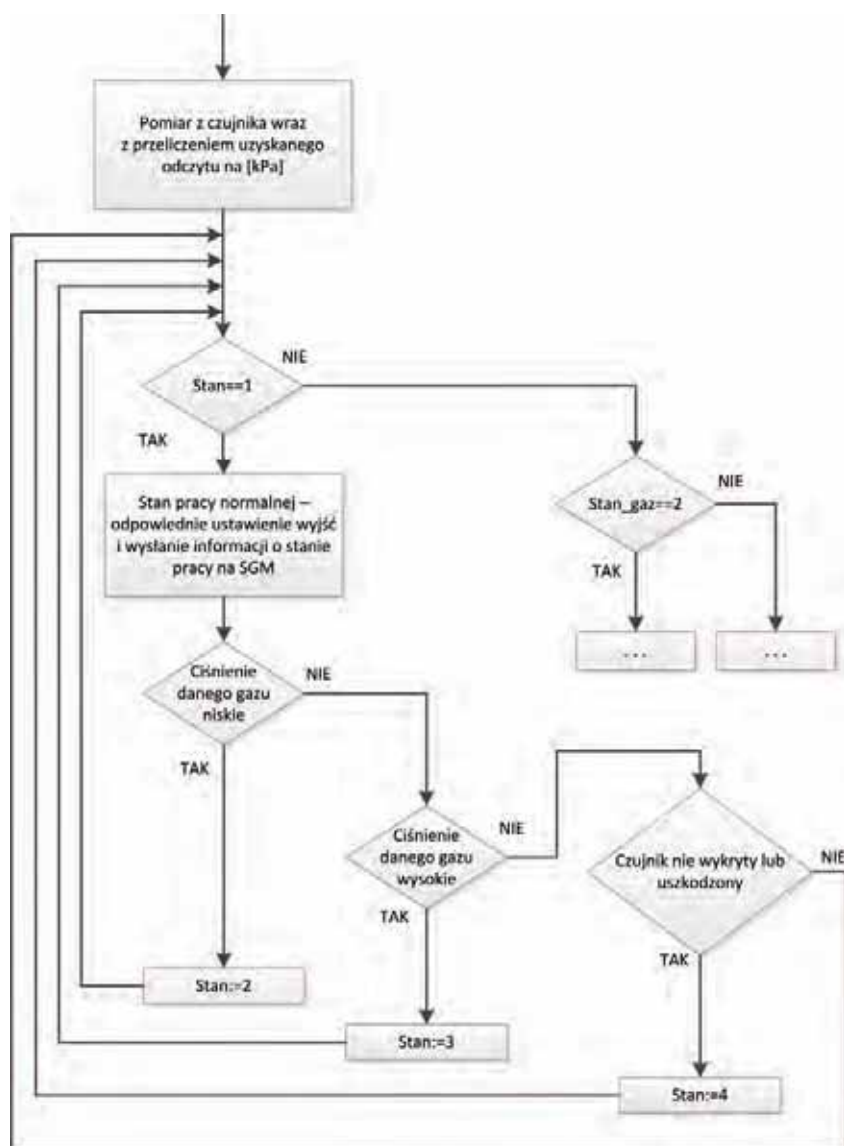
kie zmienne przyjmują wartości domyślne. Stan Autotestu trwa 3 s i dodatkowo jest sygnalizowany naprzemiennym zaświecaniem diod czerwonych i zielonych oraz sygnałem akustycznym. Po upływie 3 s układ wraca do stanu pracy aktywnej.

Funkcja *Kasuj* znajduje zastosowanie w przypadku uaktywnienia się alarmu związanego z nieprawidłowym ciśnieniem któregośkolwiek gazu medycznego lub próżni. Jej użycie spowoduje wyłączenie tylko sygnału dźwiękowego na czas 15 min, a sygnalizacja optyczna pozostaje w dalszym ciągu aktywna. W tym czasie personel medyczny powinien zlokalizować przyczynę wystąpienia awarii. Jeśli w tym samym czasie nastąpi kolejne wzbudzenie alarmu z przyczyn innych niż pierwotnie, następuje automatyczne włączenie sygnału dźwiękowego. Analogicznie układ zachowa się w przypadku nie usunięcia usterki w ciągu 15 min.



**Rys. 5.** Przykładowa konfiguracja Strefowego Zespołu Monitorującego wraz z Sygnalizatorami Gazów Medycznych

**Fig. 5.** Sample configuration of Zone Monitoring Unit with Signalling Devices of Medical Gases



**Rys. 4.** Uproszczony fragment algorytmu rozpoznania stanu ciśnienia dla jednego gazu

**Fig. 4.** A simplified algorithm for the diagnosis of a gas pressure

Obrazuje to uproszczony fragment algorytmu (rys. 3).

Oprogramowanie zostało napisane w taki sposób, aby umożliwić podłączenie dowolnej liczby czujników, nie więcej jednak niż sześciu. Kontroler sam wykrywa ich obecność i uaktywnia odpowiednią pozycję na wyświetlaczu LCD. W przypadku uszkodzenia (odłączenia) czujnika następuje wygaszenie na wyświetlaczu odpowiedniego pola, a układ wchodzi w stan sygnalizacji awarii, zaświecając równocześnie diody stanu niskiego i wysokiego dla danego gazu, bez użycia sygnału dźwiękowego. Dzięki temu rozwiązaniu, personel medyczny może szybko zlokalizować problem techniczny związany z konkretnym czujnikiem.

Algorytm przedstawiony na rys. 4 jest fragmentem oprogramowania SZM – pokazuje on jednak w uproszczeniu, w jaki sposób przebiega rozpoznanie stanu ciśnienia danego gazu. Na początku dokonuje się pomiaru wartości na wyjściu czujnika ciśnienia, następnie zgodnie z charakterystyką wyjściową oblicza się wartość ciśnienia w kPa. Jeśli wartość ciśnienia jest w normie wysyłany jest odpowiedni komunikat do SGM, a następnie wykonywa-

ny jest kolejny pomiar. Jeśli ciśnienie spadło poniżej normy, wzrosło powyżej normy lub kontroler nie wykrył obecności czujnika bądź ten czujnik został uszkodzony, to ustawiany jest odpowiedni numer stanu i wysyłana jest adekwatna do tego stanu informacja na SGM. Proces ten dotyczy odczytów z 6 czujników i algorytm (rys. 4) jest wykonywany dla każdego gazu osobno.

Dodatkowo w programach sterujących pracą kontrolera i sygnalizatora zaimplementowano funkcję sprawdzania poprawności komunikacji. Jeśli z jakiegokolwiek przyczyny nastąpi jej przerwanie (np. uszkodzenie przewodów), sygnalizator zgłosi awarię zaświecając wszystkie diody odpowiadające zarówno za stany niskie i wysokie.

Do kontrolera możliwe jest przyłączenie trzech sygnalizatorów zewnętrznych: cyfrowych i analogowych w dowol-

ne zostały poddane procesowi certyfikacji w jednostce notyfikowanej TÜV Rheinland i uzyskały znak zgodności CE.

## Bibliografia

1. Francuz T., *Język C dla mikrokontrolerów AVR. Od podstaw do zaawansowanych aplikacji*. Helion, 2011.
2. Świder Z., *Sterowniki mikroprocesorowe*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2002. ■



**Rys. 6.** Stanowisko badań (w komorze semibezodbiowej)

**Fig. 6.** Standpoint of research

nej konfiguracji. Dzięki temu oprócz sygnalizatora wbudowanego bezpośrednio w SZM, dodatkowe sygnalizatory można rozmieszczać w znacznej odległości od macierzystego Strefowego Zespołu Monitorującego.

## 3. Badania laboratoryjne

Wyroby medyczne SZM oraz SGM przeszły szereg specjalistycznych badań pod kątem zgodności z wymaganiami określonymi przez normy zharmonizowane z Dyrektywą Medyczną 93/42/EEC. Badania wykonano w akredytowanym Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach (rys. 6).

Urządzenia poddano m.in. próbie odporności na punktowe wyładowania elektrostatyczne o napięciu rzędu 2 kV do 8 kV, jak również bardzo wymagającym badaniom odporności na emitowane pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej z przedziału od 80 MHz do 2,5 GHz oraz elektromagnetycznych zaburzeń przewodzonych i promieniowanych odpowiednio w zakresach: 0,15–30 MHz i 30–1000 MHz. Badania zakończyły się wynikiem pozytywnym, a zaimplementowane oprogramowanie przez cały czas trwania testów poprawnie realizowało zadane funkcje programowe, gwarantując odporność na wywoływane zakłócenia. Opisane w artykule wyroby medy-

## Controller and signalling device of pressure medical gases and vacuum

**Abstract:** This article talk about the device which has widely used in health care settings. Its task is to monitor the current level of pressure in the compressed medical gases systems and absolute pressure of vacuum. Controllers work area are for example: operating rooms, intensive care units and the general health care.

**Keywords:** controller, signaling device, medical gases, control and signaling pressure, health care

### Grzegorz Piecuch

Student kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, prezes Koła Naukowego Automatyków i Robotyków ROBO.

e-mail: grip.rz@gmail.com

