

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.

## Sterownik pieca CO

Ogrzewanie domu jednorodzinnego jest w naszym klimacie bardzo ważne i pochłania znaczną część środków finansowych przeciętnego gospodarstwa domowego. W ich zaoszczędzeniu pomoże z pewnością urządzenie, którego opis przedstawiamy w artykule.

W budowanych domach obecnie wykorzystuje się nowe metody ogrzewania z wykorzystaniem gazu ziemnego, energii elektrycznej czy oleju opałowego. Zazwyczaj są to instalacje o małej pojemności z wymuszonym obiegiem, w których są stosowane grzejniki konwektorowe i elektronicznie sterowane piece wielofunkcyjne. Jednak jeszcze wiele budynków, powstałych kilka czy kilkanaście lat temu, ma ogrzewanie oparte na tradycyjnych piecach CO opalanych paliwem stałym (np. węglem, koksem, drewnem) i wielkopojemnościowych instalacjach grawitacyjnych (czasami wspomaganymi pompami obiegowymi). Jak trudne jest utrzymanie zadanej temperatury na piecu węglowym wie każdy, kto jest zmuszony wielokrotnie w ciągu doby odwiedzać kotłownię i przez sterowanie dopływem powietrza do paleniska oraz ilością zasypywanego paliwa regulować, z mniejszym lub większym skutkiem, temperaturę roboczą pieca.

Dla podniesienia komfortu korzystania z tradycyjnego ogrzewania, jak i znacznego obniżenia kosztów jego funkcjonowania, chciałbym przed-

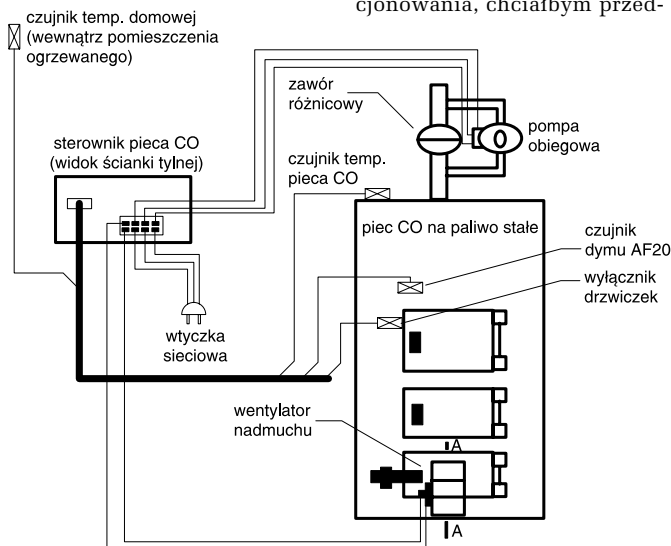


stawić zastosowany przeze mnie sposób częściowego zautomatyzowania tego procesu.

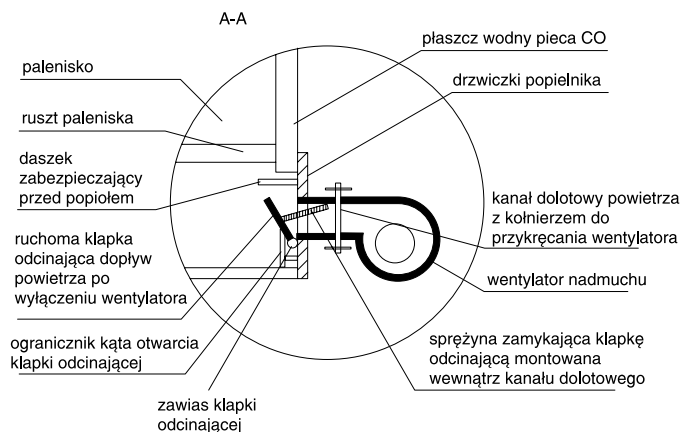
### Opis przeróbki pieca CO

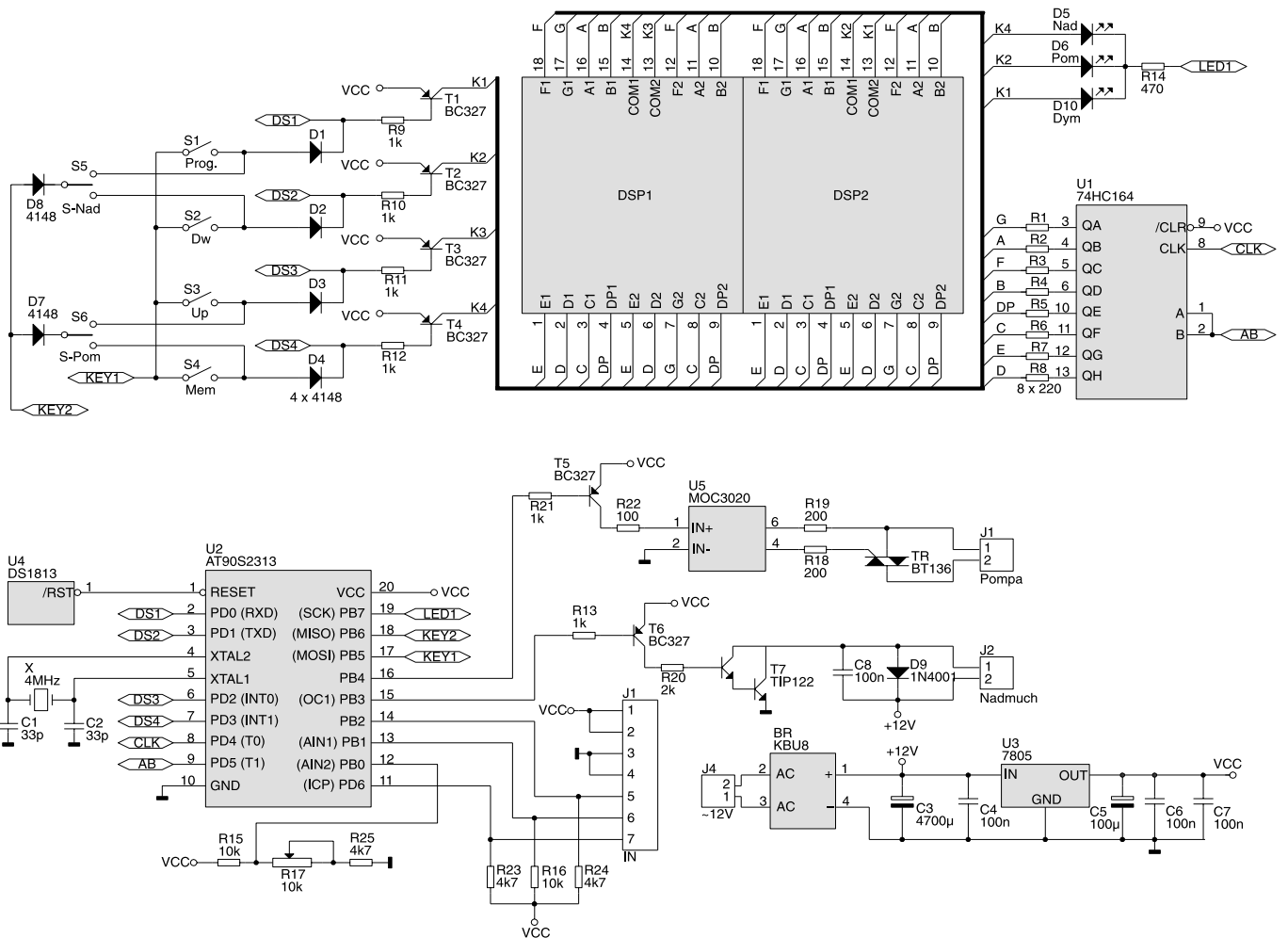
Na rys. 1 przedstawiono schematycznie piec CO oraz zakres przeprowadzenia niezbędnych modyfikacji do zapewnienia kontroli na ilości oddawanego przezeń ciepła. Przede wszystkim należy zastosować wymuszony przez wentylator nadmuch powietrza na palenisko pieca CO. Wentylatorem takim można łatwo sterować elektronicznie, a przez to wpływać na temperaturę pracy pieca. Sterownik, który opiszę w dalszej części

artykułu, jest przystosowany do obsługi wentylatora z silnikiem prądu stałego na napięciu 12V i o poborze prądu do 4A. Przykładowo, znakomicie tę funkcję spełnia łatwo dostępny wentylator samochodowy od Fiata 126p. Przy moim piecu działa on bezawaryjnie od kilku lat, pomimo pracy w bardzo niekorzystnych warunkach (zapylenie, popioły). Stosując wymuszony nadmuch zyskujemy jeszcze dodatkowy efekt, dokładnego wypalenia zasypanego paliwa w znacznie wyższej temperaturze niż przy samoczynnym przepływie po-



Rys. 1





Rys. 2

wietrza przez piec. Również ze względów ekonomicznych można z powodzeniem stosować w piecu miał węglowy, który jest znacznie tańszy od węgla, a kaloryczność obu tych paliw jest porównywalna. Sposób przeróbki pokazany na rys. 1 jest tylko przykładowym, gdyż każdy może wykonać nadmuch inaczej, zależnie od typu posiadanego pieca. Jest bardzo ważne, co stwierdzono podczas kilkuletniej eksploatacji tak przerobionego pieca, aby po wyłączeniu wentylatora dostęp powietrza do paleniska został maksymalnie ograniczony. W swoim piecu zastosowałem kłapkę z cienkiej blachy stalowej, osadzoną na prostym zawieszce, zamykającą prostokąty kanał dolotowy, do którego przykreczony jest wentylator. Do zamykania tej kłapki odcinającej można zastosować odpowiednio miękką sprężynkę lub dźwignię z przeciwwagą. Montaż wentylatora należy tak przeprowadzić, aby nie utracić możliwości palenia sposobem tradycyjnym, czyli bez

stosowania wymuszonego nadmuchu powietrza (np. brak zasilania, awaria wentylatora).

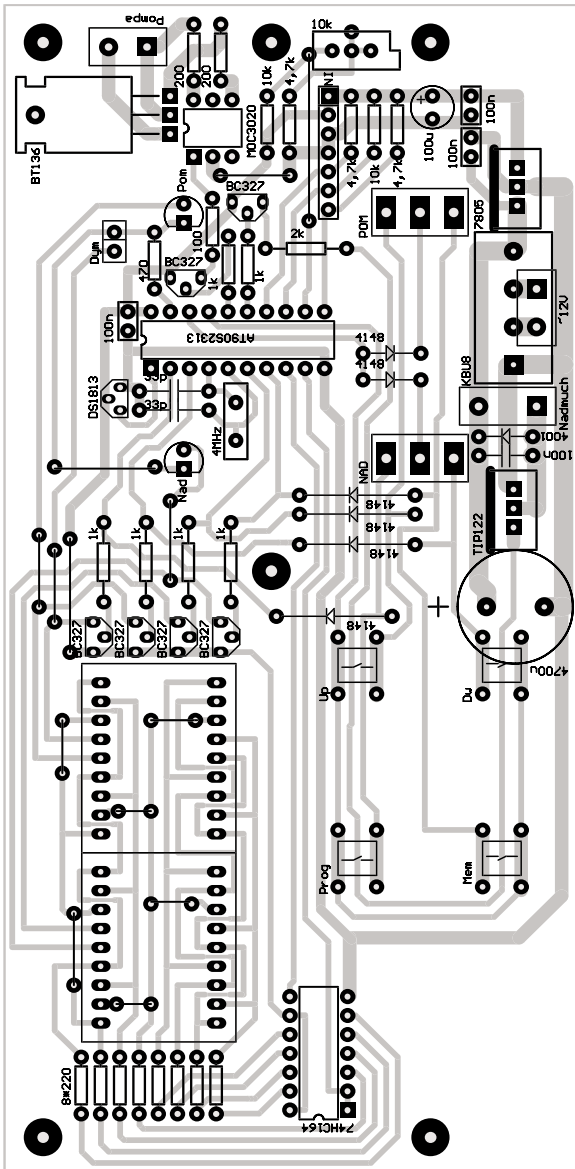
**Opis budowy sterownika**

Prezentowany sterownik pieca CO ma za zadanie nadzorowanie dołączonych do niego czujników zewnętrznych (termometr pieca, termometr mierzący temperaturę wewnątrz pomieszczeń ogrzewanych, czujnik dymu, wyłącznik sygnalizujący otwarcie drzwiczek pieca) i zależnie od ich wskazań sterować urządzeniami wyjściowymi, jakimi są wentylator nadmuchu i pompa obiegowa.

Schemat elektryczny sterownika przedstawiono na rys. 2. Układ zbudowany jest w oparciu o nowoczesny mikrokontroler typu AVR (model AT90S2313). Procesor ten posiada wiele zalet ułatwiających budowę proponowanego sterownika (np. wewnętrzną pamięć danych typu EEPROM, Watchdog, Timer, generator PWM, komparator analogowy). Mikrokontroler U2 pracuje z częstotliwością 4MHz wyzna-

czoną przez rezonator kwarcowy X. Układ U4 jest specjalizowanym układem sterującym mikrokontroler po obniżeniu napięcia zasilającego poniżej 4,75V. Zapewnia on pewny start procesora po załączeniu zasilania i zabezpiecza wewnętrzną pamięć danych EEPROM przed przypadkowymi wpisami przy niestabilnym napięciu zasilającym. W obsłudze czterocyfrowego wyświetlacza siedmiosegmentowego LED pośredniczy układ rejestru przesunowego U1. Dane przesyłane są do niego szeregowo przez dwie linie sterujące (sygnały CLK, AB). Anody wyświetlaczy załączane są przez klucze tranzystorowe T1...T4. Sygnały sterujące bazami tych tranzystorów wykorzystano dodatkowo do obsługi klawiatury składającej się z czterech przycisków i dwóch trzypozycyjnych przełączników. Diody D1...D4 oraz D7, D8 separują poszczególne przyciski od siebie i zabezpieczają przed powstaniem możliwych konfliktów przy jednoczesnym wciśnięciu kilku z nich. Procesor odczytuje

klawiaturę przez dwie linie portu B (tj. PB6, PB5). Uzupełnieniem części sygnalizacyjno-sterującej modułu są trzy diody LED (informują one o stanie, w jakim znajdują się w danym momencie urządzenia wyjściowe). Anody tych diod są połączone, podobnie jak anody wyświetlaczy, do kluczy tranzystorowych, a katody przez rezystor ograniczający R14 do wyprowadzenia PB7 mikrokontrolera. Wyświetlacz LED oraz diody sygnalizacyjne pracują w trybie wyświetlania multipleksowanego z częstotliwością 50Hz. Sterownik może nadzorować pracę typowej pompy obiegowej zasilanej bezpośrednio z sieci elektroenergetycznej oraz wentylatora napędzanego silnikiem prądu stałego na napięciu 12V. Pompa sterowana jest z wyprowadzenia PB4 mikrokontrolera za pośrednictwem obwodu złożonego z elementów R21, T5, R22, U5, R19, R18, Tr, J3. Z wyprowadzenia PB3 (wyjście wewnętrzne generatora PWM mikrokontrolera U2), przez obwód złożony z elementów R13,



Rys. 3

T6, R20, T7, C8, D9, J2 sterowany jest silnik wentylatora nadmuchu. Użycie generatora PWM umożliwia łatwą regulację prędkości obrotowej tego silnika, a przez to wpływanie na wydajność nadmuchu. Do złącza J1 dołączone są czujniki zewnętrzne mierzące temperaturę pieca, temperaturę wewnątrz pomieszczeń ogrzewanych (domowa), czujnik wykrywający dym i czad ulatniający się z pieca podczas spalania oraz wyłącznik sygnalizujący otwarcie drzwiczek pieca. Do pomiaru temperatury zastosowano popularne układy termometrów firmy Dallas serii DS1820. Układy te mierzą temperaturę z podstawową rozdzielczością 0,5 stopnia. Ich sterowanie odbywa się z wprowadzenia PB2 mikrokontrolera (magistrala 1Wire). Mikrokontroler U2 zawiera kompara-

tor analogowy, który służy do obsługi czujnika dymu montowanego na piecu CO. Zastosowany do tego czujnik AF20 jest szczególnie uczulony na wykrywanie tlenku węgla (czad), jednak równie dobrze reaguje na dym wydzielający się podczas spalania innych materiałów, np. drewna. Na rysunkach i w opisie nazywam go (dla uproszczenia) czujnikiem dymu. Komparator porównuje napięcie z mostka pomiarowego składającego się z rezystora R16 i rezystancji wewnętrznej czujnika AF20 (rezystancja ta zależy od środowiska w jakim się znajduje czujnik), z napięciem progowym ustalonym za pomocą rezystorów R15, R25 i potencjometru montażowego R17. Potencjometr ten służy do regulacji czułości układu wykrywania dymu. Ostatnim zewnętrznym obwodem wejścio-

wym jest przełącznik montowany przy głównych drzwiczkach pieca służących do zasypywania paleniska - sygnalizuje on mikrokontrolerowi (przez pin PD6) ich otwarcie. Pozostałe elementy układu, narysowane na schemacie, to zasilacz złożony ze złącza J4, do którego należy dołączyć napięcie zmienne 12V z transformatora sieciowego (np. transformatora toroidalnego do oświetlenia halogenowego 60W), mostka prostowniczego BR, kondensatorów C3, C4, C5, C6 oraz stabilizatora napięcia +5V, służącego do zasilania układów cyfrowych modułu.

**Uwagi montażowe**

Na rys. 3 przedstawiono wygląd płytki drukowanej modułu sterownika. Płytką wykonaną jest na laminacie jednostronnym i zwymiarowana pod montaż na ścianie czołowej obudowy metalowej typu T54. Zmontowaną płytkę należy przykręcić do ścianki czołowej obudowy (po wcześniejszym wykonaniu w niej odpowiednich otworów na wyświetlacz, przyciski, przełączniki i zamontowaniu oprawek diod LED) za pomocą bolców dystansowych o długości 12mm. Diodę D10 (Dym) należy zamocować w oprawce na ścianie czołowej i połączyć z płytką modułu za pomocą przewodów. Elementy, na których wydzielia się znaczna ilość ciepła podczas pracy urządzenia (tj. tranzystor Darlingtona T7, mostek prostowniczy BR i stabilizator napięcia U3) należy zamocować do płytki od strony druku i zaopatrzyć w odpowiedni radiator.

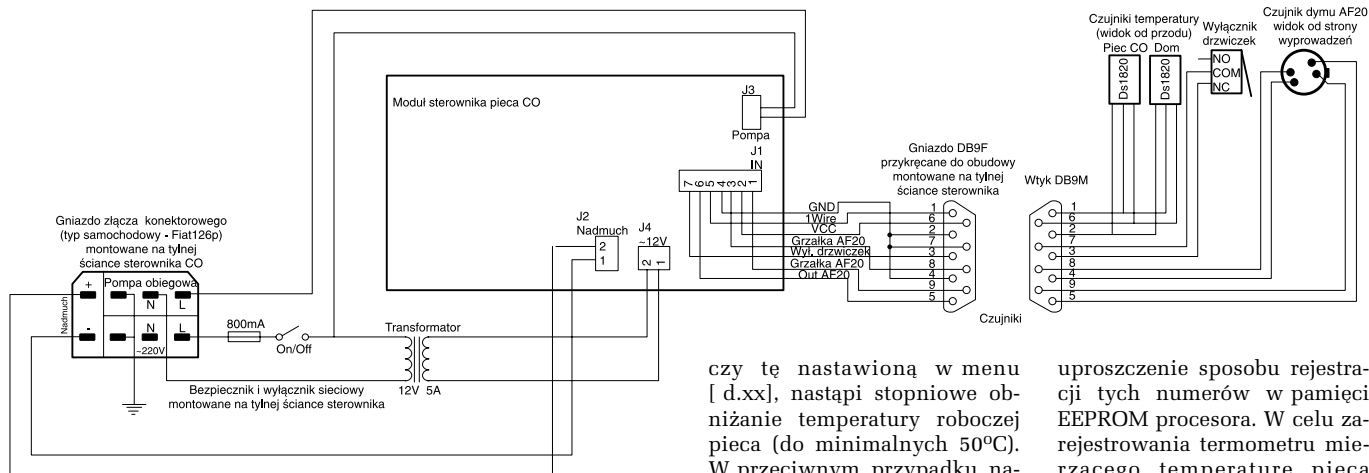
Szczegółowy sposób łączenia płytki drukowanej modułu z elementami zewnętrznymi przedstawiono na rys. 4. Wszystkie przewody można lutować bezpośrednio do płytki drukowanej, a obwody sieciowe należy wykonać bardzo starannie i zabezpieczyć przed możliwością zwarcia lub porażenia obsługującego.

**Opis działania sterownika**

Do programowania nastaw urządzenia służy klawiatura składająca się z czterech przycisków oznaczonych: [Prog], [Mem], [Up], [Dw]. Przez wciśnięcie klawisza [Prog] wybieramy odpowiednie menu. Klawiszami [Up]\[Dw] ustawiamy wymaganą wartość, a zatwierdzenie i zapis do pamięci EEPROM

**WYKAZ ELEMENTÓW**

- Rezystory**
- R1...R8: 220Ω
- R9...R13, R21: 1kΩ
- R14: 470Ω
- R15, R16: 10kΩ
- R18, R19: 200Ω
- R20: 2kΩ
- R22: 100Ω
- R23...R25: 4,7kΩ
- R17: 10kΩ (potencjometr montażowy)
- Kondensatory**
- C1, C2: 33pF
- C4, C6...C8: 100nF
- C3: 4700μF/25V
- C5: 100μF/16V
- Półprzewodniki**
- D1...D4, D7, D8: 1N4148
- D9: 1N4001
- D5, D6: φ5mm LED zielona
- D10: φ3mm LED czerwona
- T1...T6: BC327
- T7: tranzystor NPN w układzie Darlingtona np. TIP122, BD649
- TR: triak BT136
- BR: mostek prostowniczy 6A
- U1: 74HC164
- U2: AT90S2313 (zaprogramowany)
- U3: 7805
- U4: DS1813
- U5: MOC3020
- Różne**
- X: rezonator kwarcowy 4MHz
- DSP1, DSP2: dwucyfrowy wyświetlacz siedmiosegmentowy LED, wspólna anoda
- S1...S4: mikroprzełącznik
- S5, S6: przełącznik 1 sekcja/3 pozycje
- Elementy zewnętrzne (wg. rys. 2)**
- DS1820: 2szt
- AF20: 1szt
- wyłącznik krańcowy
- wyłącznik sieciowy bezpiecznik 800mA wtyk DB9M
- gniazdo DB9F (przykręcane do obudowy)
- złącze konektorowe typ samochodowy
- radiator 80x50x35mm
- podkładka izolacyjna TO220
- przepust izolacyjny do TO220
- oprawki LED: 3szt.
- filtr wyświetlacza
- elementy montażowe
- obudowa T54
- transformator toroidalny 12V/5A



Rys. 4

ROM następuje po wciśnięciu klawisza [Mem] (potwierdza to trzykrotne mignięcie ustawionej liczby). Sterownik posiada menu nastaw pokazane w tab. 1.

Wentylator i pompa obiegowa mogą działać w trybie sterowania ręcznego lub pracy automatycznej. Wyboru sposobu funkcjonowania tych urządzeń dokonuje się za pomocą przełączników trzypozycyjnych (środkowa pozycja to wyłączenie, górna to sterowanie ręczne, dolna to praca automatyczna). W trybie sterowania ręcznego dane urządzenie pozostaje stale włączone i działa do momentu wyłączenia sterownika. Wyłączenie sterownika następuje po spadku temperatury pieca poniżej wartości ustawionej w menu [OF.xx]. Jest to sygnalizowane wyświetleniem na wyświetlaczu czterech poziomych kresk. Ponowny start urządzenia następuje po wciśnięciu klawisza [Prog]. Sterownik zostaje uruchomiony na okres trzydziestu minut i jeśli po tym czasie przez piec nie zostanie osiągnięta lub przekroczona temperatura wyłączenia [OF.xx], przechodzi on ponownie w tryb spoczynkowy. Do regulacji wydajności nadmuchu wykorzystuje się klawisze [Up] - zwiększanie obrotów, [Dw] - zmniejszanie obrotów. Zakres regulacji zawiera się w przedziale od 0 do 40 i jest wyświetlany na wyświetlaczu w momencie wciśnięcia któregoś z wymienionych przycisków. W trybie sterowania automatycznego wentylator działa do czasu przekroczenia przez piec temperatury ustawionej w menu [P.xx]. Po tym następuje jego wyłączenie, a ponowny start jest możliwy dopiero, gdy temperatura pieca spadnie poniżej ustawionej w menu. Przy temperaturze pieca mniejszej o trzy stopnie od temperatury nastawionej, następuje płynna redukcja obrotów wentylatora (gdy temp. pieca = temp. nastawionej, wentylator pracuje na obrotach minimalnych, ustawianych w menu [Pi.xx]). Jeśli dołączony jest termometr mierzący temperaturę wewnątrz pomieszczeń ogrzewanych i zostanie uaktywniony tryb sterowania z uwzględnieniem temperatury domowej (menu [do.01]), temperatura robocza pieca będzie zmieniać się w zależności od rzeczywistej temperatury panującej w ogrzewanych pomieszczeniach. Jeśli temperatura domowa przekro-

czy tę nastawioną w menu [d.xx], nastąpi stopniowe obniżenie temperatury roboczej pieca (do minimalnych 50°C). W przeciwnym przypadku nastąpi jej zwiększanie aż do maksymalnej, jaka jest ustawiona w menu [P.xx]. Przy takiej regulacji temperatury roboczej pieca można znacznie ograniczyć zjawisko przegrzewania pomieszczeń i utrzymywać w nich możliwie stałą temperaturę. Wartość temperatury zmierzonej przez czujnik umieszczony wewnątrz pomieszczeń ogrzewanych można wyświetlić po wciśnięciu klawisza [Mem] (z dokładnością 0,5°C). Na pracę wentylatora nadmuchu ma wpływ czujnik dymu i wyłącznik drzwiczek (w momencie ich otwarcia następuje zatrzymanie wentylatora). Czujnik dymu (po aktywacji go w menu [dy.01]) powoduje zatrzymanie wentylatora, gdy wykryje ułatnianie się dymu na zewnątrz pieca (świeci się dioda Dym). Gdy dym ulotni się, nastąpi uruchomienie nadmuchu z obrotami minimalnymi i stopniowe ich zwiększanie, aż do osiągnięcia obrotów nastawionych (pulsowanie diody Dym). Pompa w trybie pracy automatycznej rozpoczyna działanie po przekroczeniu przez piec temperatury wyłączenia sterownika (ustawionej w menu [OF.xx]). Następnie pracuje pulsacyjnie zgodnie z ustawieniami w menu: [PP.xx] - czas trwania cyklu pracy w minutach, [PS.xx] - czas postoju

cyklu pracy. Ponadto zawsze, gdy temperatura pieca przekroczy temperaturę nastawioną (wyłączenie wentylatora nadmuchu), nastąpi zapoczątkowanie nowego cyklu pracy. Termometry typu DS1820 mają wewnętrznie zapisane niepowtarzalne numery seryjne, dzięki którym można za pomocą jednej linii (magistrala 1Wire) odczytywać ich większą ilość. Objętość programu sterującego pracą urządzenia spowodowała maksymalne

uproszczenie sposobu rejestracji tych numerów w pamięci EEPROM procesora. W celu zarejestrowania termometru mierzącego temperaturę pieca należy przy wyłączonym zasilaniu dołączyć tylko ten układ do magistrali 1Wire, wcisnąć i przytrzymać przyciski [Prog]+[Up], a następnie włączyć zasilanie sterownika. Przy rejestracji termometru domowego należy postąpić podobnie, z tą różnicą, że trzymamy wciśnięte przyciski [Prog]+[Dw]. Po zarejestrowaniu obu termometrów należy je wspólnie dołączyć do linii 1Wire, a mikrokontroler powinien prawidłowo odczytywać wskazywaną przez nie temperaturę. Zakres pomiaru temperatury przez te układy został programowo ograniczony od dołu do 0°C. Przy temperaturze mniejszej od zera lub przy nieprawidłowym działaniu układów zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat o błędzie: [P.Er]-błąd termometru pieca, [d.Er]-błąd termometru domowego. Sterownik może pracować także w wersji uproszczonej bez czujnika temperatury domowej i czujnika dymu (wyłączenie ich następuje po ustawieniu w menu [do.00] i [dy.00]). Obniży to koszt wykonania sterownika, ale wpłynie niekorzystnie na jego funkcjonalność.

**Podsumowanie**

Prezentowane urządzenie powstało ponad dwa lata temu i przez ten okres jego użytkownika program sterujący był rozwijany i dopracowywany. Obecnie zajmuje on całą dostępną pamięć programu procesora. Napisany był w assemblerze przy wykorzystaniu programu AVR Studio. Osoby chcące podzielić się swoimi doświadczeniami lub mające pytania dotyczące sterowania pieców CO na paliwo stałe proszę o kontakt z pośrednictwem poczty elektronicznej. **Zbigniew Golonka** [zbigniewgolonka@poczta.onet.pl](mailto:zbigniewgolonka@poczta.onet.pl)

Wyświetlacz	Jm.	Zakres	Skok	Opis
P.__	°C	50-85	5	Temperatura pracy pieca
d.__	°C	10-28	1	Temperatura domowa
PP.__	min.	1-90	1	Cykl pracy pompy (tryb Auto)
PS.__	min.	1-90	1	Cykl postoju pompy (tryb Auto)
Pi.__	liczba	0-40	5	Obroty minimalne wentylatora (0-min/40-max)
OF.__	°C	30-50	5	Temperatura wyłączenia sterownika
do.__	T/N	0-1	1	Sterowanie wg. temperatury domowej (1-tak/0-nie)
dy.__	T/N	0-1	1	Wykrywanie dymu (1-tak/0-nie)