

Sterownik 4 wentylatorów

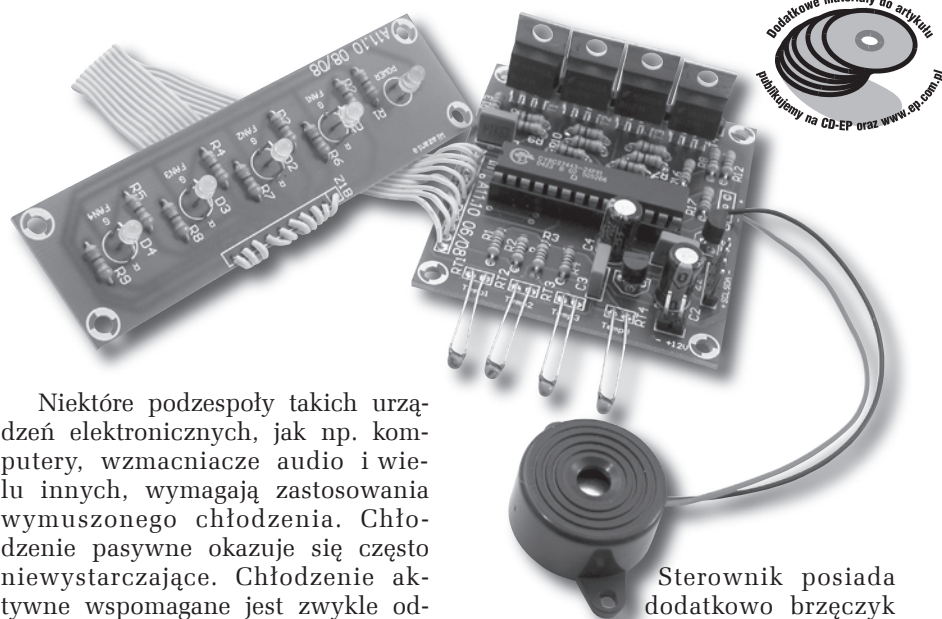
AVT-929

Mimo ciągłego dążenia inżynierów do obniżania zużycia energii elektrycznej przez elementy, z których budowany jest sprzęt elektroniczny, nadal w wielu przypadkach energia ta jest na tyle duża, że niezbędne staje się stosowanie wymuszonego chłodzenia poszczególnych podzespołów.

Wbrew pozorom, nie jest to zadanie łatwe.

Rekomendacje:

sterownik może znaleźć zastosowanie np. do regulacji obrotów wentylatorów w komputerach z płytami głównymi nie mającymi takiej możliwości, a także w innych urządzeniach, w których stosuje się wymuszone chłodzenie.



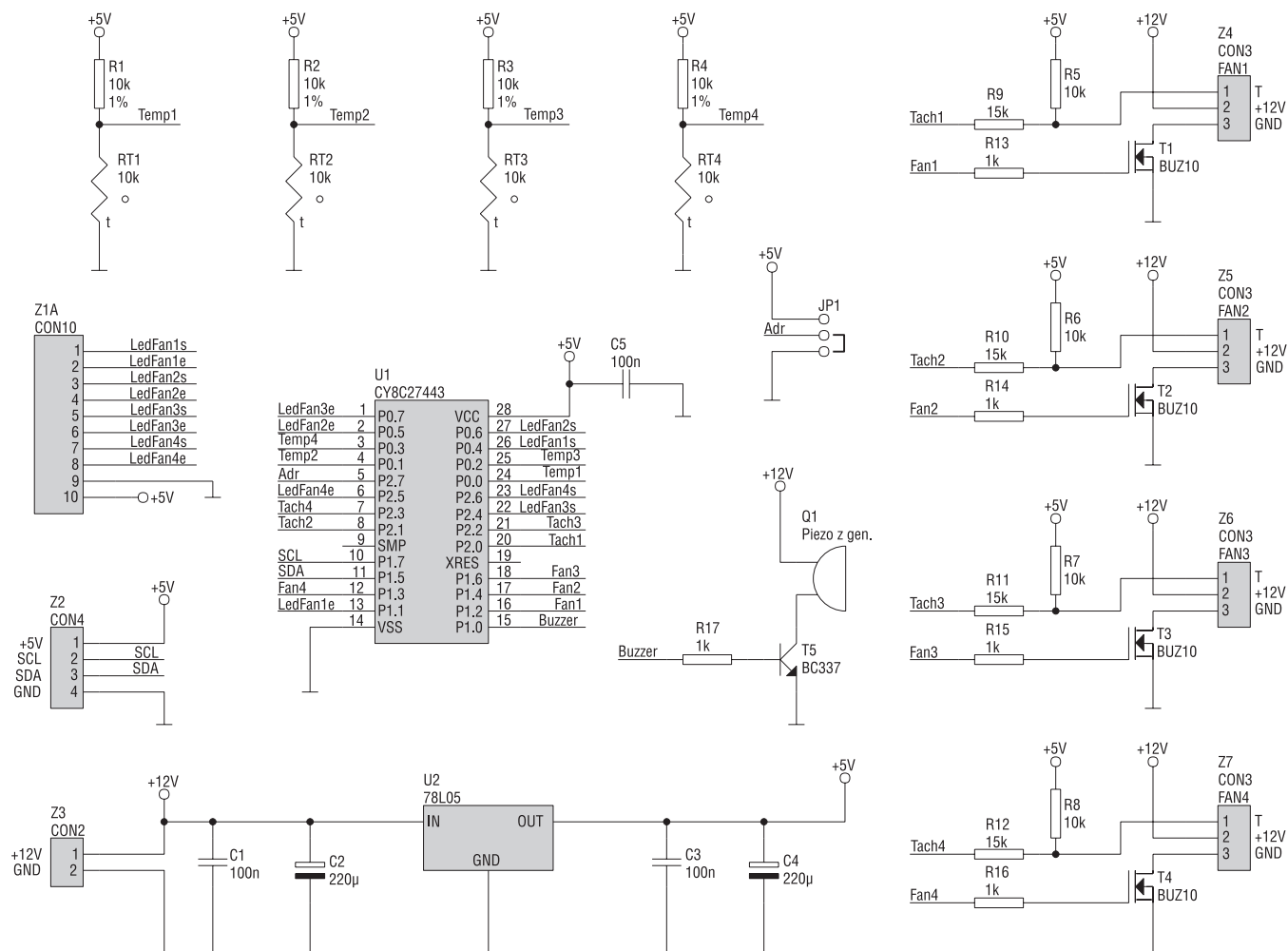
Niektóre podzespoły takich urządzeń elektronicznych, jak np. komputery, wzmacniacze audio i wielu innych, wymagają zastosowania wymuszonego chłodzenia. Chłodzenie pasywne okazuje się często niewystarczające. Chłodzenie aktywne wspomagane jest zwykle odpowiednim wentylatorem. W komputerach występuje nawet kilka układów aktywnego chłodzenia. Ich wadą jest ich dosyć głośna praca. W wielu przypadkach wentylatory są załączane lub wyłączane przez specjalne sterowniki, które robią to w zależności od temperatury chłodzonego elementu. Taka dwustanowa praca wentylatora nie gwarantuje jednak cichej pracy. Dostępne są także sterowniki wentylatorów, które regulują prędkość wentylatora w zależności od temperatury. Tego typu sterowniki zapewniają dużo cichszą pracę, gdyż wentylator nie zawsze pracuje z maksymalną prędkością. Dodatkowo tego typu sterowniki zwiększają czas bezawaryjnej pracy wentylatora. Zazwyczaj dostępne są pojedyncze sterowniki wentylatorów. W artykule zostanie przedstawiony inteligentny moduł sterownika 4 wentylatorów, który może współpracować z wyświetlaczem LED lub alfanumerycznym LCD. W przypadku wyświetlacza LED parametry pracy wentylatorów są zobrazowane na dwóch kolorowych diodach LED.

Sterownik ma bardzo prostą budowę, co uzyskano dzięki zastosowaniu mikrokontrolera PSoC. Przewidziano w nim regulację prędkości wentylatorów w zależności od zmierzonych temperatur. Mierzona jest także prędkość każdego z wentylatorów, dzięki czemu możliwe jest wykrycie zatarcia wirnika.

Sterownik posiada dodatkowo brzęczyk akustyczny, sygnalizujący przekroczenie dopuszczalnej temperatury. Może to być spowodowane awarią wentylatora lub niewystarczającymi możliwościami chłodzenia. Jako czujniki temperatury zastosowano łatwo dostępne i tanie termistory NTC. Jeśli konieczne będzie sterowanie większą liczbą wentylatorów, można użyć kilku identycznych sterowników 4-kanalowych. Sterownik wyposażono także w interfejs I²C pracujący w trybie Slave. Umożliwia to systemom nadrzędnym odczyt wszystkich parametrów z modułu sterownika wentylatorów i ich zobrazowanie np. na wyświetlaczu LCD. Tego typu przykład z zastosowaniem wyświetlacza LCD zostanie pokazany w dalszej części artykułu. Moduł wentylatorów posiada jedną linię adresową magistrali I²C, istnieje więc możliwość dołączenia dwóch identycznych modułów do jednej magistrali i wyświetlania na jednym wyświetlaczu parametrów 8 wentylatorów. Jest także możliwość pracy sterownika bez wyświetlacza. Dzięki interfejsowi I²C, wyświetlacz parametrów pracy wentylatorów można wykonać we własnym zakresie, stosownie do wymagań. Program sterujący mikrokontrolerem PSoC został przygotowany metodą graficzną z wykorzystaniem oprogramowania PSoC Express 2.0 bez użycia jakiegokolwiek języka programowania.

PODSTAWOWE PARAMETRY

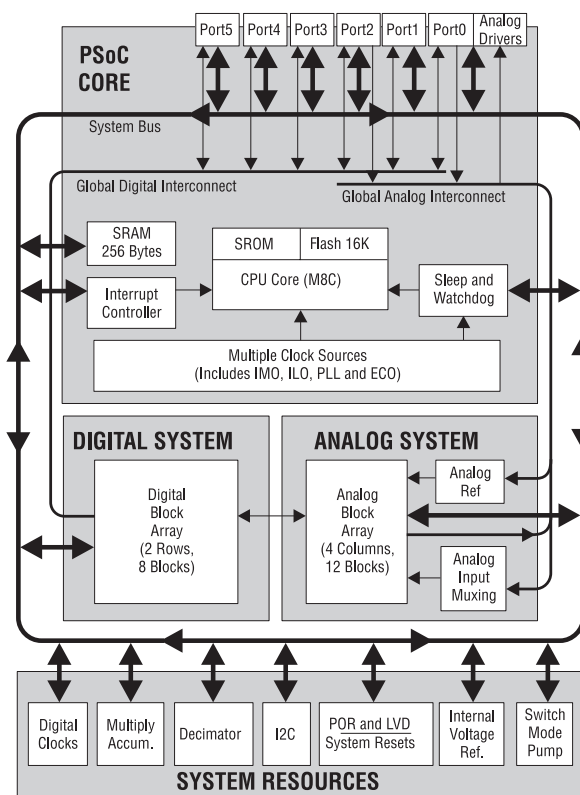
- Płytki o wymiarach:
 - 62x55 mm (sterownik)
 - 86x25 mm (diody LED)
 - 55x29 mm (moduł wyświetlacza LCD)
- Zasilanie: +12 V
- Sterowanie prędkością 4 wentylatorów w zależności od temperatury
- Sygnalizacja akustyczna przekroczenia dopuszczalnego progu temperatury
- Włączanie wentylatorów dopiero po przekroczeniu określonego progu temperatury
- Pomiar prędkości obrotowej każdego z wentylatorów i sygnalizacja zatarcia
- Możliwość zastosowania jednocześnie kilku modułów sterowników
- Możliwość wyświetlania parametrów na wyświetlaczu LED lub LCD
- Interfejs I²C umożliwiający współpracę z systemem nadrzędnym



Rys. 1. Schemat elektryczny sterownika

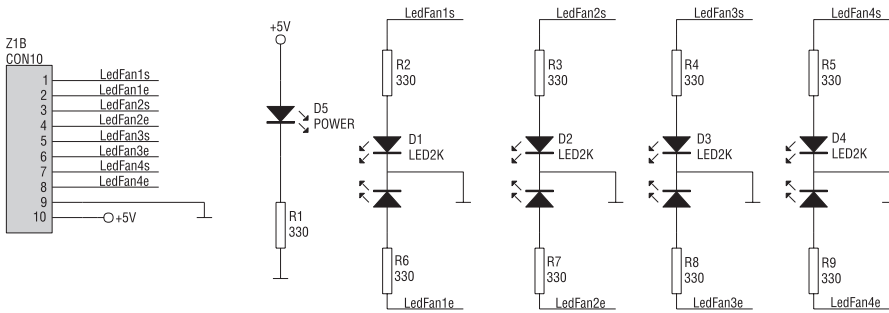
Opis działania układu

Na rys. 1 przedstawiono schemat ideowy sterownika 4-wentylatorów. Całością steruje mikrokontroler PSoc (U1) typu CY8C27443, którego schemat blokowy przedstawiono na rys. 2. Jest to mikrokontroler posiadający rdzeń M8C, 16 kB pamięci Flash oraz 256 B pamięci RAM. Posiada dość dużą liczbę uniwersalnych bloków cyfrowych oraz analogowych, w których można umieścić wybrane peryferia z możliwością ich zmiany/rekonfiguracji podczas pracy. Posiada także wbudowany zegar oraz układy POR i LVD. Czujnikami temperatury w sterowniku wentylatorów są termistory RT1...RT4, które wraz z rezystorami R1...R4 tworzą dzielniki napięciowe. W celu zachowania dobrej dokładności pomiaru, rezystory R1...R4 powinny mieć tolerancję 1%. Wentylatory są sterowane



Rys. 2. Schemat blokowy mikrokontrolera CY8C27443

za pomocą tranzystorów T1...T4. Do sterowania prędkością wentylatorów wykorzystywane są sygnały PWM podawane na bramki tranzystorów T1...T4. Pomiar prędkości wentylatora odbywa się przez dodatkowy impulsator umieszczony wewnątrz elektroniki wentylatora. Sygnał z impulsatora wentylatorów po redukcji w w dzielnikach napięciowych R5R9, R6R10, R7R11, R8R12 jest podawany na wejścia mikrokontrolera. Sygnalizator akustyczny Q1 jest załączany za pośrednictwem dodatkowego tranzystora T5. Rezystor R17 ogranicza prąd bazy tego tranzystora. Na złącze Z1A wyprowadzono sygnały sterujące diodami LED w przypadku wyświetlacza LED, natomiast na złącze Z3 zostały wyprowadzone sygnały magistrali I²C wraz z liniami zasilającymi, z których może być zasilony układ nadrzędny. Zworka

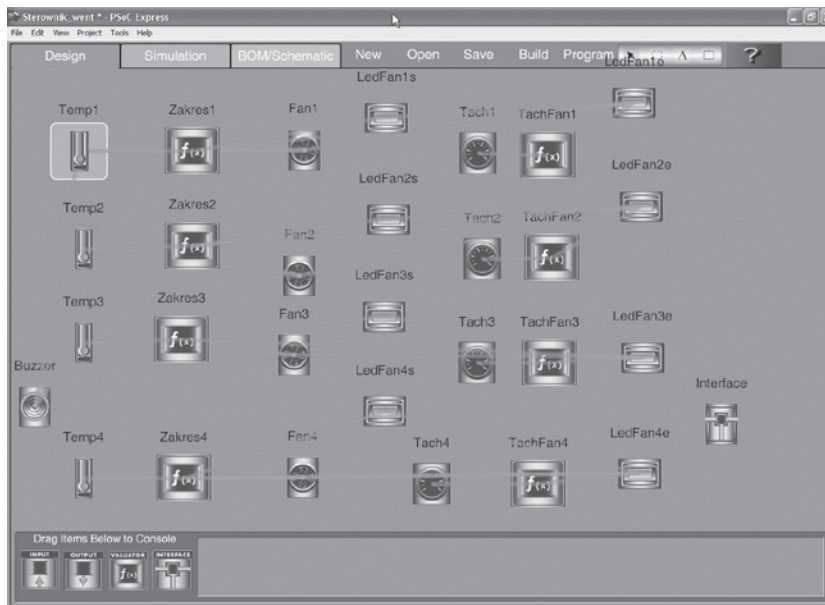


Rys. 3. Schemat elektryczny wyświetlacza diodowego

JP1 umożliwia wybór adresu modułu w magistrali I²C. Napięcie zasilające sterownik jest stabilizowane przez układ U2. Wartość napięcia stabilizowanego jest równa +5 V. Same wentylatory zasilane są napięciem +12 V. Kondensatory C1...C5 filtrują napięcia zasilające sterownik. Domyślnym wyświetlaczem parametrów pracy sterownika może być diodowy wyświetlacz, którego schemat zamieszczono na **rys. 3**. Dioda D5 sygnalizuje zasilanie sterownika, natomiast pozostałe dwukolorowe diody LED sygnalizują pracę każdego z wentylatorów. Załączenie wentylatora jest sygnalizowane kolorem zielonym, kolor pomarańczowy oznacza zatarcie wentylatora, a kolorem czerwony maksymalną pracę wentylatora. Miganie diody kolorem czerwonym, sygnalizuje za małą wydajność wentylatora. Jeśli temperatura będzie rosła w dalszym ciągu, zostanie włączony brzęczyk akustyczny sygnalizujący możliwość awarii chłodzonego urządzenia. Rezystory R1...R9 ograniczają prąd płynący przez diody LED. W dalszej części artykułu zostanie opisany sposób dołączenia do sterownika układu nadrzędnego wraz z wyświetlaczem LCD. Zostanie przedstawiony także program sterujący układem nadrzędnym. Jak widać, dzięki zastosowaniu mikrokontrolera PSoc, sterownik wentylatora posiada bardzo prostą konstrukcję i spore możliwości rozbudowy.

Opis graficzny działania programu

Program działania sterownika wentylatorów został przygotowany z wykorzystaniem oprogramowania *PSoc Express* 2.0, w którym nie jest potrzebna znajomość jakichkolwiek języków programowania. Na **rys. 4** pokazano okno robocze graficznego

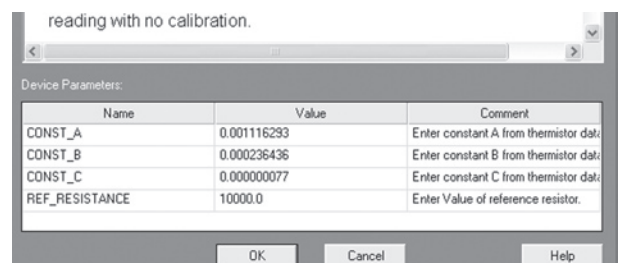


Rys. 4. Okno robocze programu PSoc Express

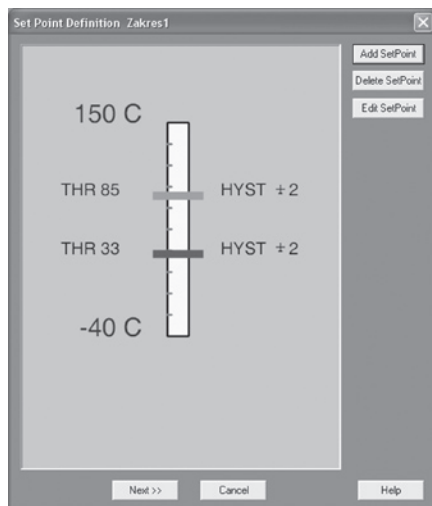
programu sterownika. Składa się on z 4 identycznych części dla każdego z wentylatorów. Opisany zostanie tylko fragment dla jednego wentylatora. *Temp1* to moduł odczytu temperatury z termistora. Realizują on także linearyzację nieliniowej charakterystyki termistora. Temperatura zmierzona przez termistor NTC jest obliczana ze wzoru $1/T = A + B(\ln(R)) + C(\ln(R))^3$. Na **rys. 5** pokazano widok wymaganych do obliczenia prawidłowej temperatury współczynników zastosowanego

termistora. Temperatura jest przeliczana na stopnie Celsjusza. Moduł *Zakres1* pokazany na **rys. 6** jest komparatorem temperatury. Służy on do wspomaganie pracy wentylatora. Jeśli temperatura przekroczy 33 stopnie, wentylator jest załączany, a jeśli przekroczy 85 stopni, wentylator będzie pracował z maksymalną mocą. Sterowaniem wentylatora zajmuje się moduł *Fan1*, w którym można skonfigurować parametry wentylatora oraz sposób jego działania. Pokazano to na **rys. 7**, z którego wynika, że prędkość wentylatora pomiędzy temperaturą 33 i 85 stopni jest opisana zależnością $Temp1/10$. Przy temperaturze na przykład 50 stopni, prędkość wentylatora będzie więc wynosiła 50%. Moduł *LedFan1s* steruje jedną połówką dwukolorowej diody LED. Można w nim skonfigurować, z jaką częstotliwością może migać dioda. Na **rys. 8** pokazano sposób działania zielonej połówki diody LED. Będzie ona zapalona, gdy temperatura będzie większa niż 33 stopnie, zostanie natomiast wyłączona przy niższej temperaturze i gdy czerwona połówka diody LED zostanie załączona w tryb migania. Moduł *Tach1* (tachometr) mierzy prędkość obrotową wentylatora. Można w nim skonfigurować dzielnik obrotów oraz wentylator, do którego należy tachometr.

Moduł *TachFan1* (**rys. 9**) jest komparatorem prędkości wentylatora. Ustalono w nim tylko jeden próg na 500 obrotów. Praca wentylatora poniżej tych obrotów przy większej temperaturze będzie uznawana za awarię wentylatora (zatarcie). Mo-

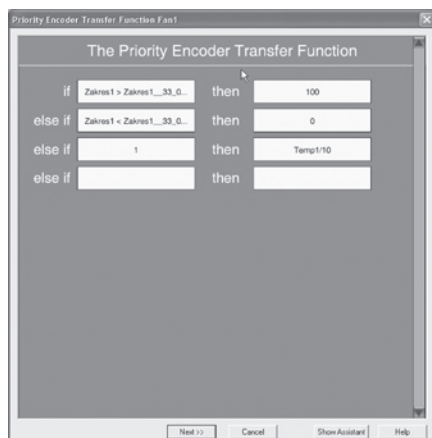


Rys. 5. Okno ustawiania wartości współczynników



Rys. 6. Okno ustawiania histerezy

duł *LedFan1e* steruje czerwoną połówką diody LED. Działanie tego modułu przedstawiono na **rys 10**. Jeśli temperatura przekroczy zakres 85 stopni, czerwona połówka diody LED zacznie migać, a zielona zostanie wyłączona. Jeśli przy temperaturze większej niż 50 stopni obroty wentylatora będą mniejsze niż 500 obr/min zapalona zostanie czerwona dioda LED, co z zapaloną diodą zieloną da kolor pomarańczowy. Przetwornik akustyczny, którego działanie pokazano na **rys. 11**, załączy się jeśli tylko temperatura z któregoś z czujników przekroczy 100 stopni Celsjusza. Podsumowując: wentylator włączy się, gdy temperatura przekroczy 33 stopnie (zaświeci się zielona dioda), do temperatury 85 stopni prędkość wentylatora będzie zależała od temperatury. Jeśli obroty wentylatora będą za małe, zaświeci się dioda kolorem pomarańczowym, informując o nieprawidłowej pracy wentylatora. Powyżej temperatury

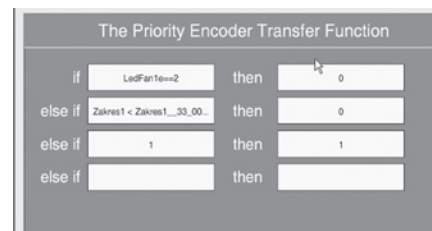


Rys. 7. Okno konfiguracji parametrów wentylatora

85, stopni wentylator zacznie pracować z maksymalną mocą (zacznie migać dioda czerwona). Jeśli temperatura któregoś z czujników przekroczy 100°C, zostanie uruchomiony alarm akustyczny. Program sterujący wentylatorem jest dosyć prosty i po skompilowaniu można go załadować do mikrokontrolera dowolnym programatorem dostępnym np. na stronie www.psoc.prv.pl. Oprogramowanie *PSoC Express* umożliwia dodatkowo symulację tak przygotowanego programu, a także – co ciekawe – generuje automatycznie schemat wraz z wartościami elementów. Polecam więc wykorzystywanie tego prostego narzędzia we własnych aplikacjach, nie tylko przez początkujących.

Montaż i uruchomienie sterownika

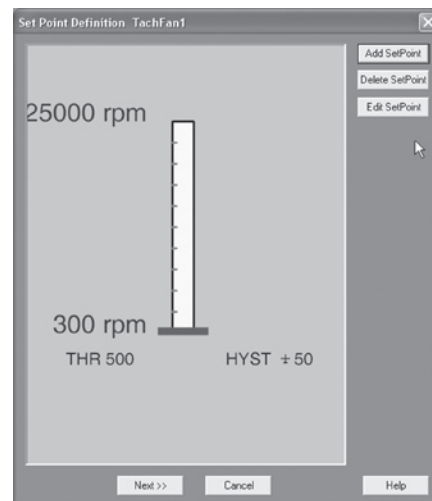
Schemat montażowy sterownika oraz wyświetlacza LED przedstawiono na **rys. 12** i **13**. Montaż jest typowy, rozpoczynamy go od elementów najmniejszych. Do gniazda Z1A należy dołączyć złącze Z1B płytki wyświetlacza LED za pomocą tasiemki przewodów. Sterownik jest przystosowany do zasilania napięciem +12 V i na takie napięcie należy stosować wentylatory. Zalecane są wentylatory z czujnikiem obrotów, ale można także wykorzystać wentylatory z dwoma przewodami. Wtedy nie będzie mierzona prędkość, a kolor pomarańczowy diody będzie sygnalizował pośrednią wartość temperatury (mniejszą od 85°C). W przypadku stosowania wentylatorów większej mocy może być konieczne zamontowanie niewielkich radiatorów na tranzystorach T1...T4. Zworka JP1 została umieszczona na płycie drukowanej od strony ścieżek w formie punktów do zwarcia kroplą cyny. Ustawienie zworki będzie miało znaczenie w przypadku korzystania z dwóch modułów sterowników dołączonych do tej samej magistrali I²C. Prezentowany sterownik może znaleźć miejsce w komputerze, gdzie może nadzorować pracę kilku wentylatorów. W tym przypadku płytkę wyświetlacza LED można umieścić w miejscu zaślepki napędu dyskiety 3,5 cala. Oczywiście sterownik może być również wykorzystany w wielu innych urządzeniach, w których zachodzi potrzeba sterowania kilkoma wentylatorami.

Rys. 8. Okno modułu *LedFan1s*

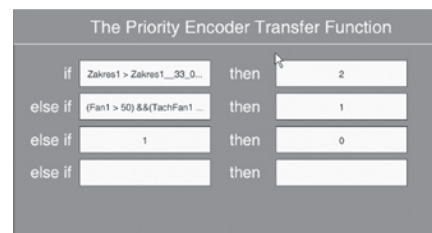
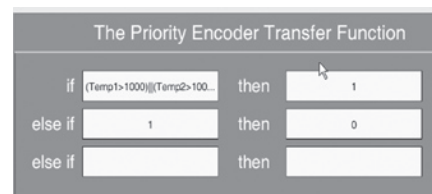
W przypadku użycia mniej niż 4 wentylatorów, można nie montować wszystkich elementów.

Przykład dołączenia wyświetlacza LCD

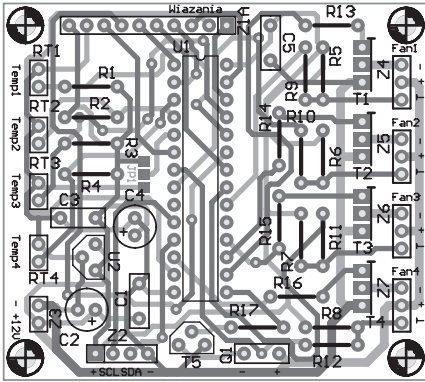
W ramach uzupełnienia artykułu zostanie przedstawiony prosty przykład komunikacji układu nadrzędnego ze sterownikiem, za pośrednictwem magistrali I²C. Informacje o działaniu sterownika będą wyświetlane na wyświetlaczu alfanumerycznym LCD. Na wyświetlaczu wyświetlana jest w stopniach Celsjusza zmierzona



Rys. 9. Okno komparatora prędkości wentylatora

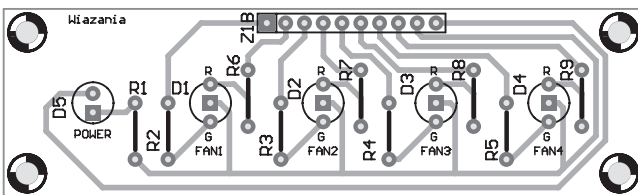
Rys. 10. Okno modułu *LedFan1e*

Rys. 11. Okno konfiguracji buzzera



Rys. 12. Schemat montażowy sterownika

przez każdy termistor temperatura oraz prędkość wentylatorów w wartości procentowej. Ze względu na to,



Rys. 13. Schemat montażowy wyświetlacza LED

że zastosowano wyświetlacz 2x16 znaków (lepszy byłby wyświetlacz 4x16 znaków) wyświetlane są na zmianę parametry 2 z 4 sterowanych wentylatorów (co 2 sekundy). Moduł sterownika może mieć dwa adresy konfigurowane zworką JP1. Schemat proponowanego wyświetlacza LCD pokazano na rys 14. Rezystor R1 ogranicza prąd podświetlenia wyświetlacza LCD, natomiast rezystory R2 i R3 podciągają linie magistrali I²C do plusa zasilania. Potencjometr P1 umożliwia regulację kontrastu wyświetlacza. W module zastosowano mikrokontroler ATtiny26, dla którego program przykładowy został napisany w języku Bascom AVR. Na rys. 15 pokazano schemat montażowy płytki wyświetlacza LCD. Montaż

jest typowy, a jedyną czynnością podczas uruchamiania jest regulacja potencjometrem kontrastu wyświetlacza. Przy zwarceniu linii *Adr* do masy moduł sterownika bę-

dzie miał adres 8, a przy zwarceniu do linii zasilania adres 10. Adresy 8 i 10 są adresami do zapisu, a adresy 9 i 11 będą adresami do odczytu. W tab. 1 pokazano mapę rejestrów sterownika możliwych do odczytania przez magistralę I²C. W przykładowym sterowniku odczytywane są re-

WYKAZ ELEMENTÓW Sterownik

Rezystory

R1...R4: 10 kΩ 1%
R5...R8: 10 kΩ
R9...R12: 15 kΩ
R13...R17: 1 kΩ
R11...R14: termistor 10 kΩ

Kondensatory

C1, C3, C5: 100 nF
C2, C4: 220 μF/16 V

Półprzewodniki

U1: CY8C27443 (DIP28)
U2: 78L05
T1...T4: BUZ10
T5: BC337

Inne

Q1: Piezo z generatorkiem
Z2: Goldpin 1x4
Z4...Z7: Goldpin 1x3

Wyświetlacz LED

Rezystory

R1...R9: 330 Ω

Półprzewodniki

D1...D4: LED 2-kolorowe 3 mm
D5: LED zielona 3 mm

Wyświetlacz LCD

Rezystory

R1: 10 Ω
R5: 4,7 kΩ

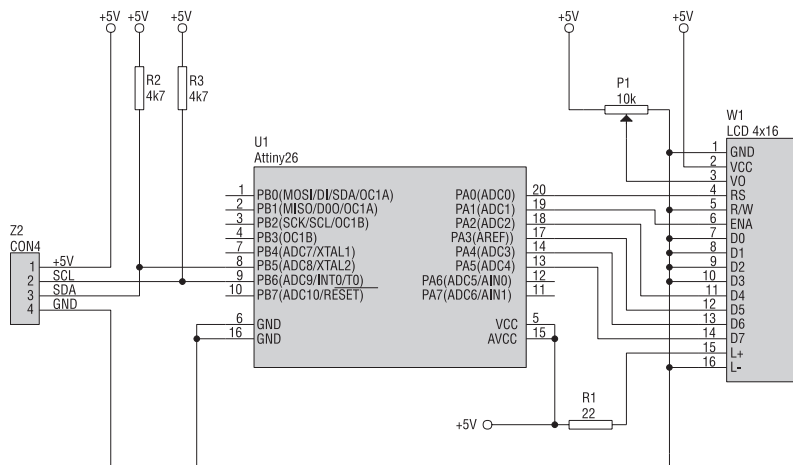
P1: potencjometr montażowy leżący mały 10 kΩ

Półprzewodniki

U1: ATtiny26

Inne

W1: wyświetlacz LCD 2x16 znaków
Z2: Goldpin 1x4
W1G: gniazdo + goldpin 1x16



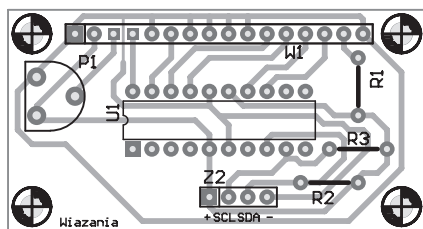
Rys. 14. Schemat elektryczny wyświetlacza LCD

List. 1.

```
Sub Odczyt_m(byval Address As Byte , Adres As Byte )
    I2cstart
    I2cwbyte Address
    I2cwbyte Adres
    I2cstart
    Incr Address
    I2cwbyte Address
    I2crbyte Value , Nack
    I2cstop
End Sub
,procedura odczytu danych z modulu wentylatorow
,start i2c
,adres modulu
,adres komorki
,ponowny start
,zwiekszenie adresu o 1 (adres odczytu)
,zapis adresu
,odczyt zaadresowanej komorki
,stop i2c
,koniec procedury
```

List. 2.

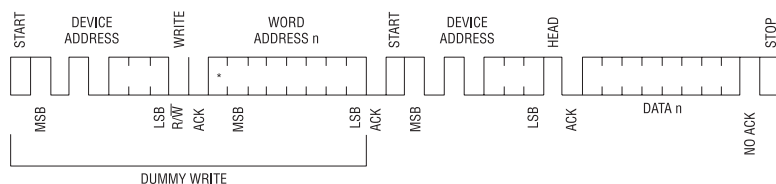
```
Sub Odczyt_t(byval Term As Byte)
    Adres = 7 * Term
    Adres = Adres + 25
    Call Odczyt_m(address , Adres )
    Temp = Value
    Shift Temp , Left , 8
    Incr Adres
    Call Odczyt_m(address , Adres )
    Temp = Temp + Value
    Temp = Temp / 10
End Sub
,procedura odczytu temperatury
,obliczenie adresu czujnika
,obliczenie adresu czujnika
,odczyt pierwszej komorki z zapisana temperatura
,zapis odczytanej wartosci do Temp
,przesunięcie wartosci 8 pozycji w lewo
,zwiekszenie o 1 adresu komorki
,odczyt drugiej komorki z zapisana temperatura
,obliczenie temperatury
,zaokrąglenie temperatury do dziesiątek
,koniec procedury
```



Rys. 15. Schemat montażowy wyświetlacza LCD

jestry *Fan1...Fan4* oraz *Temp1...Temp4*. Z rejestrów *Fanx* odczytywana jest prędkość wentylatorów, a z rejestrów *Tempx* zmierzona temperatura, która jest zapisywana w dwóch rejestrach, gdyż jest to wartość typu *Integer*. Na rys. 16 pokazano zasadę odczytu rejestrów z modułu sterownika. Program sterujący mikrokontrolerem ATtiny26 został dołączony do projektu. Na list. 1 została pokazana procedura odczytu rejestru z modułu sterownika.

Zmienna *Address* przechowuje adres modułu (8 lub 10), natomiast zmienna *Adres* przechowuje



Rys. 16. Zasada odczytu rejestrów z modułu sterownika

adres odczytywanej komórki. Wartość odczytywanej komórki jest zapisywana w zmiennej *Value*. Warto zauważyć, że po zapisaniu adresu rejestru, adres modułu sterownika jest zwiększany o 1, aby uzyskać adres do odczytu. Na list. 2 pokazano przykład odczytu temperatury oraz prawidłowe jej przeliczenie.

Odczytana wartość temperatury z dwóch rejestrów jest składana w jedną wartość, która po podziale przez 10 jest wyświetlana na wyświetlaczu LCD. Pokazany przykład podpięcia do sterownika wyświetlacza LCD jest tylko jednym z wielu możliwych. Każdy może samodzielnie dobudować własny wyświetlacz, który będzie spełniał wymagania użytkownika.

Dodatkowe informacje na temat mikrokontrolerów PSoC, narzędzi, programatorów znajdują się na stronach: www.cypress.com, www.psoc.prv.pl.

Marcin Wiązania, EP
marcin.wiazania@ep.com.pl

Tab. 1. Mapa rejestrów sterownika

Rejestr	Nazwa	READ/WRITE
0	Buzzer	RO
1	Fan1	RO
2	Fan2	RO
3	Fan3	RO
4	Fan4	RO
5	LedFan1e	RO
6	LedFan1s	RO
7	LedFan2e	RO
8	LedFan2s	RO
9	LedFan3e	RO
10	LedFan3s	RO
11	LedFan4e	RO
12	LedFan4s	RO
13	Tach1	RO
15	Tach2	RO
17	Tach3	RO
19	Tach4	RO
21	TachFan1	RO
22	TachFan2	RO
23	TachFan3	RO
24	TachFan4	RO
25	Temp1	RO
27	Temp2	RO
29	Temp3	RO
31	Temp4	RO
33	Zakres1	RO
34	Zakres2	RO
35	Zakres3	RO
36	Zakres4	RO

Wstęp do Klubu AVT

AUDIO

Elektronik
MAGAZYN ELEKTRONIKI PROFESJONALNEJ

Gitarzysta
MAGAZYN RAKONÓW GITARY

świat radio
MAGAZYN WSZYSTKICH UŻYTKOWNIKÓW ETHERU

Dom
budujemy

ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA

INTERNET
maker

ELEKTRONIKA
dla wszystkich

ESTRADA
STUDIO

młody
technik

INTERNET
MAGAZYN

Prenumerujesz więcej niż jedno z powyższych pism?

To znaczy, że jesteś już Członkiem Klubu AVT uprawnionym do comiesięcznego zamawiania bezpłatnych egzemplarzy naszych czasopism, wydanych przed 2 miesiącami.

Jeśli prenumerujesz *n* czasopism, możesz zamówić *n-1* darmowych egzemplarzy (np. Prenumerator 2 tytułów może otrzymać za darmo 1 egzemplarz, zaś Prenumerator 6 tytułów ma prawo do 5 darmowych egzemplarzy).

Prezentacje aktualnie oferowanych numerów wszystkich czasopism znajdziesz na stronach

www.Klub.AVT.pl. Tam również możesz złożyć bezpłatne zamówienie.

Jeszcze nie prenumerujesz?

Zaprenumeruj! Zajrzyj na str. 133 lub skontaktuj się z Działem Prenumeraty: tel. 022 5689922, e-mail prenumerata@avt.pl