

# System automatyki inteligentnego budynku, część 3

Gwałtowny rozwój mikroelektroniki i systemów mikroprocesorowych, jaki obserwujemy w ostatnich latach spowodował, że urządzenia powszechnego użytku zyskują wiele dodatkowych cech użytkowych. Urządzenia te wykorzystując różne media komunikacyjne coraz częściej są przystosowane do współpracy ze sobą. Tworzone jest w ten sposób inteligentne otoczenie, w którym żyje człowiek.

Popularną tendencją staje się obecnie projektowanie systemów sprzętowo-informatycznych pozwalających na realizację idei inteligentnych mieszkań, domów czy biur.

## Rekomendacje:

w artykule przedstawiono projekt układu sprzętowego oraz odpowiednie oprogramowanie przeznaczone do budowy systemu automatyki. Zwrócono jednak szczególną uwagę na aplikacje związane ze sterowaniem urządzeń wchodzących w skład obiektów mieszkalnych, biurowych i tym podobnych – w celu stworzenia struktury inteligentnego budynku.

Artykuł jest przeznaczony dla wszystkich Czytelników – zarówno tych, którzy planują konstrukcję podobnego systemu, lub po prostu zainteresowanych nowymi zastosowaniami elektroniki.



## Moduł wejść-wyjść cyfrowych

Moduł ten realizuje funkcje wejść i wyjść cyfrowych. Podczas projektowania układu założono, że źródłem sygnałów wejściowych będą głównie elementy stykowe. Układ ma możliwość współpracy z trzema sygnałami wejściowymi oraz sterowania trzech wyjść. Dodatkowo istnieje możliwość bezstykowego sterowania dwoma urządzeniami zasilanych napięciem sieciowym 230 V, z możliwością zastosowania grupowego regulatora mocy.

Schemat ideowy omawianego modułu zamieszczono na rys. 4. Układ ten jest najprostszym elementem składowym systemu, opartym o standardowe elementy cyfrowe oraz jeden z prostszych mikrokontrolerów. Został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej z kilkoma zwozami z wykorzystaniem elementów przewlekanych. Sercem tej części systemu jest mikrokontroler AT89C2051, taktowany zegarem o częstotliwości 22,1184 MHz, która, podobnie jak w sterowniku nadrzędnym, w łatwy sposób umożliwia uzyskanie standardowych prędkości transmisji poprzez wbudowany interfejs szeregowy.

Połączenie z pozostałą częścią systemu zrealizowane jest w oparciu o złącze DB-9, poprzez które dołączone są zarówno magistrala transmisji danych jak i obwód zasilania.

Przekazywanie informacji na magistralę transmisyjną odbywa się za pośrednictwem układów U3 i U7 typu

MAX3088, będących transceiverami pracującymi w trybie simpleksowym. Konieczność dostosowania się do dupleksowego trybu pracy spowodowała zastosowanie dwóch oddzielnych układów, z których jeden pracuje stale w trybie odbioru, natomiast drugi, poprzez dodatkowe wejście sterujące, jest w razie potrzeby ustawiany w tryb nadawania.

Obie pary przewodów transmisyjnych zostały wyposażone w rezystory terminujące dołączane przy użyciu zworek, których zamknięcie jest konieczne w przypadku instalacji danego modułu na krańcu magistrali. Sygnały nadawania (TxD) i odbioru (RxD) są dołączone do odpowiednich wyprowadzeń mikrokontrolera, pełniących funkcję interfejsu transmisji szeregowej.

Wejścia i wyjścia cyfrowe zrealizowano w omawianym układzie w oparciu o negatory typu otwarty kolektor, scalone w układzie U2 o oznaczeniu 74LS06. W celu dodatkowego zabezpieczenia systemu, szeregowo z każdym wejściem i wyjściem włączono rezystor o rezystancji 100 Ω, który nie wpływa na normalną pracę układu, stanowi jednak ograniczenie wartości płynącego prądu w mogących wystąpić sytuacjach awaryjnych (najczęściej zwarcia lub niedopasowanie poziomów napięć). Każde wejście i wyjście cyfrowe posiada oddzielną diodę LED informującą o stanie logicznym danego wyprowadzenia. W celu ułatwienia

współpracy wejść z elementami stykowymi, na zewnątrz układu poprzez złącze Z2 wyprowadzono napięcie zasilania +5 V oraz masę, służące do wymuszania stanów logicznych poprzez bierne styki zewnętrzne.

Negatory wejściowe i wyjściowe współpracują z sześcioma najstarszymi bitami portu P1 mikrokontrolera.

Sprzętowa negacja wprowadzana przez układ 74LS06 jest anulowana poprzez odpowiednio napisane oprogramowanie.

Obwód sterowania urządzeniami zasilanymi z sieci 230 V zbudowany został w oparciu o triaki BT136 (TR1 i TR2) sterowane za pośrednictwem optotriaków typu MOC3042 (U4,

U5). Zastosowanie optotriaków było konieczne w celu zapewnienia separacji galwanicznej pomiędzy siecią energetyczną a pozostałymi elementami układu.

Optotriaki MOC3043 mają w swojej strukturze obwód wykrywający przejście napięcia sieciowego przez zero, którego sygnał wykorzystywany jest do włączania wewnętrznego triaka. Dla polepszenia warunków pracy obwodu wykrywania przejścia przez zero dołączono współpracujące z układem rezystory R23, R25 (oraz R24 i R26 dla drugiego obwodu).

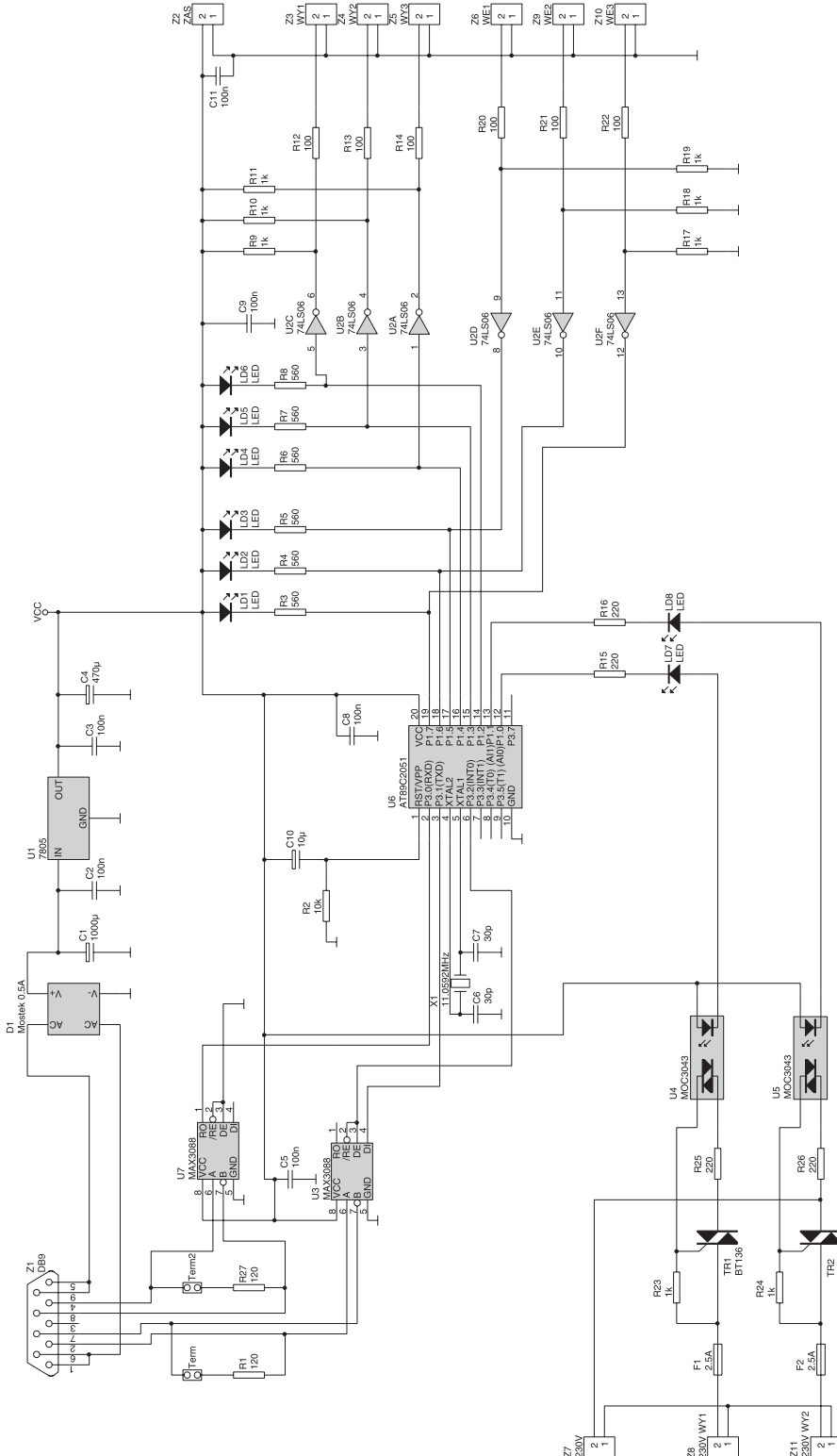
Zasilanie do obwodu 230 V dostarczane jest z zewnątrz systemu poprzez łącze Z7, natomiast zasilanie do sterowanych urządzeń pobierane jest ze złącz Z8 i Z11, które zostały dodatkowo zabezpieczone bezpiecznikami topikowymi, chroniąc układ sterowania przed przeciążeniem. Standardowo zastosowano bezpieczniki o wartości 2,5 A pozwalające sterować obciążeniami o mocy rzędu 1 kW.

### Moduł wejść-wyjść analogowych

Zadaniem tego urządzenia podrzędnego jest dokonywanie pomiarów czterech niezależnych sygnałów analogowych oraz sterowanie dwoma niezależnymi obwodami wymagającymi takiego właśnie sygnału. Dodatkową funkcją tego modułu jest pomiar temperatury otoczenia realizowany za pomocą specjalizowanego czujnika. Układ posiada również pojedynczą diodę świecącą LED wykorzystywaną do sygnalizacji stanów pracy.

Moduł realizujący funkcje wejść i wyjść analogowych jest urządzeniem wykorzystującym najnowocześniejszy mikrokontroler spośród wszystkich modułów podrzędnych. Jest to rozbudowany układ o oznaczeniu ADuC814, produkowany przez firmę Analog Devices. Z punktu widzenia tworzonego systemu najciekawszą cechą tego układu jest fakt integrowania w jednej obudowie z mikrokontrolerem sześciokanałowego przetwornika A/C i podwójnego przetwornika C/A, co pozwala na bezpośrednie wykorzystanie mikrokontrolera do współpracy z sygnałami analogowymi. Oba rodzaje przetworników mają rozdzielczość dwunastu bitów, co w zupełności wystarcza do współpracy ze standardowymi sygnałami automatyki.

Kompletny schemat ideowy modułu wejść i wyjść analogowych zamieszczono na **rys. 5**. Moduł został zmontowany na jednostronnym ob-



Rys. 4. Moduł wejść-wyjść cyfrowych

wodzie drukowanym ze zworkami, z wykorzystaniem elementów przewlekanych (za wyjątkiem mikrokontrolera). Standardowe części układu, takie jak złącze magistrali systemu, układ zasilania oraz transmisji RS-485 są identyczne z zastosowanymi w przedstawionym poprzednio module wejść-wyjść cyfrowych.

Jedyną różnicą obwodów transmisji szeregowej jest obecność złącza Z2 służącego do programowania mikrokontrolera. Jest ono jednak wy-

korzystywane tylko podczas budowy systemu (niezbędne do zaprogramowania mikrokontrolera) i podczas normalnej pracy pozostaje niepodłączone. Jest to konieczne również ze względu na prowadzenie normalnej komunikacji urządzenia z resztą systemu – dołączenie jakichkolwiek sygnałów do złącza Z2 podczas pracy układu mogłoby doprowadzić do zakłócenia jego prawidłowego działania. Podobną funkcję pełni zwora Z4 oraz zwora zerowania Z3 – są one wykorzysty-

wane tylko podczas programowania układu ADuC814.

Mikrokontroler w prezentowanym urządzeniu pracuje w standardowym układzie aplikacyjnym zalecanym przez producenta. Do taktowania wykorzystywany jest standardowy, tzw. zegarkowy rezonator kwarcowy o częstotliwości 32768 Hz.

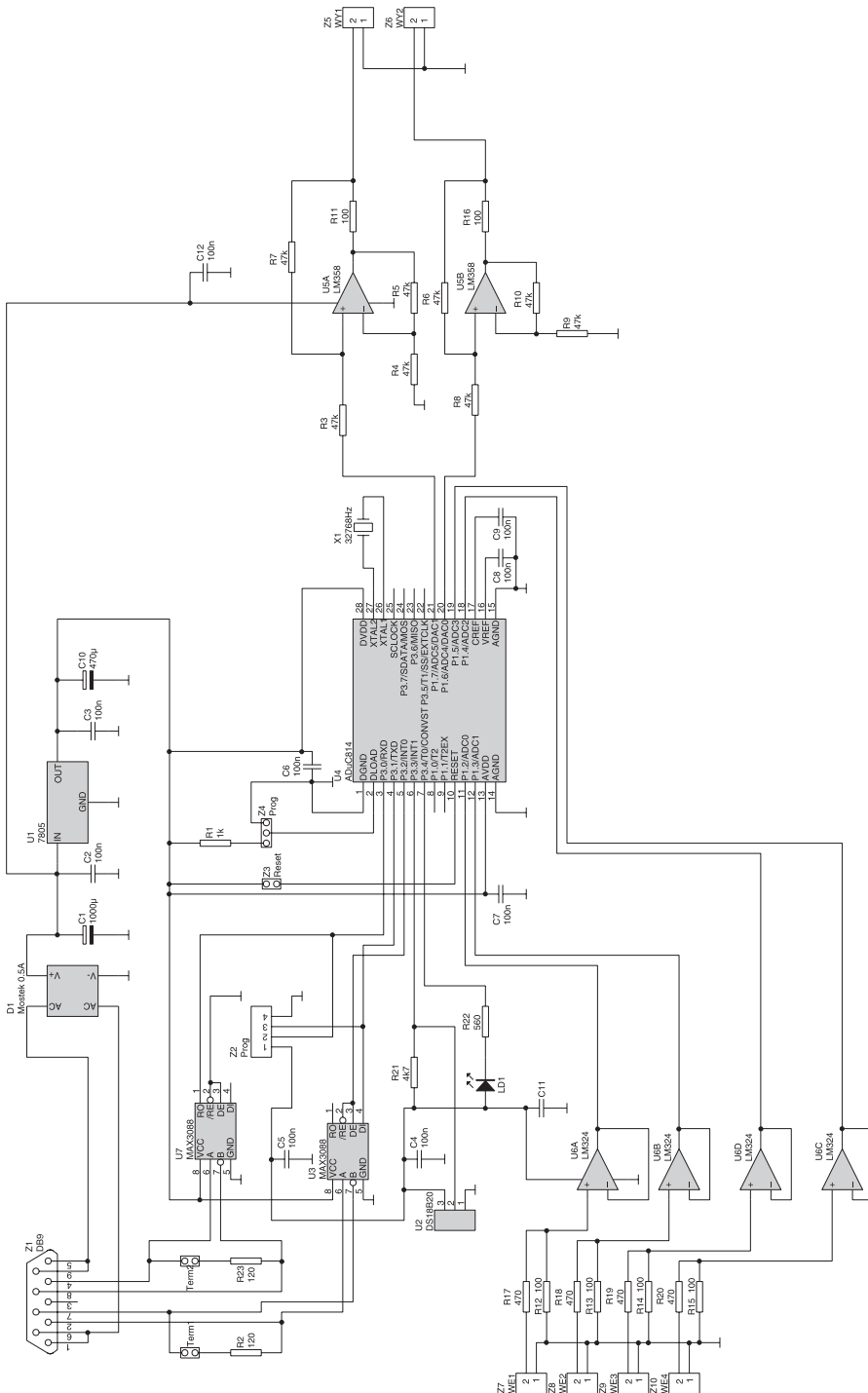
Wyprowadzenie P3.4 mikrokontrolera wykorzystywane jest do sterowania diody LED, za pośrednictwem rezystora R22 ograniczającego prąd. Dioda ta wykorzystywana jest do sygnalizacji stanów pracy całego modułu.

Główną część modułu stanowią układy sprzęgające przetwornik A/C i C/A z zewnętrznymi sygnałami analogowymi. W układzie przewidziano możliwość wykorzystania czterech analogowych wejść oraz dwóch wyjść. Obwody dopasowania poziomów sygnału starano się zaprojektować w sposób uniwersalny, z zachowaniem standardu automatyki przemysłowej 0...20 mA (lub 4...20 mA), nie komplikując jednak zbyt mocno układu i wykorzystując powszechnie dostępne podzespoły.

Układy wejściowe umożliwiają pracę zarówno w standardzie prądowym jak i napięciowym. Wewnętrzne napięcie odniesienia przetwornika wynosi 2,5 V, więc konieczne jest przeskalowanie całego zakresu napięcia (lub prądu) wejściowego do wartości 0–2,5 V. Zastosowany w układzie wzmacniacz operacyjny LM324 mogący pracować z sygnałami równymi ujemnemu napięciu zasilania (tutaj poziom masy – 0 V) realizuje jedynie funkcję bufora pomiędzy obwodem zewnętrznym a mikrokontrolerem. Realizacja dopasowania poziomów opiera się więc wyłącznie na dołączonych rezystorach.

Do dopasowania poziomów wykorzystano dzielnik rezystorowy 470 Ω/100 Ω, co umożliwi pomiar napięcia w zakresie 0 do 14,25 V.

W przypadku współpracy z obwodami działającymi w standardzie prądowym kluczową funkcję pełni rezystor R12 o wartości 100 Ω (i odpowiadające mu rezystory w pozostałych wejściach), odpowiedzialny za zamianę sygnału prądowego na napięciowy. Wartość rezystancji zapewnia pokrycie z zapasem zarówno standardu 0...20mA jak i 4...20 mA. Podobnie jak przy współpracy z sygnałami napięciowymi ważne jest, aby rezystor ten posiadał odpowiednią dokładność. Należy dodatkowo



zwrócić uwagę na drugi rezystor włączony w obwód prądowy – jego wartość nie ma większego znaczenia pod warunkiem że zewnętrzny układ sterujący potrafi wygenerować odpowiednio duże napięcie. Przy wartości rezystorów jak na schemacie wymaga się dostarczenia dla uzyskania prądu 20mA napięcia rzędu 12 V.

Nieco bardziej skomplikowane jest działanie obwodów wyj-

ściowych, dostarczających na zewnątrz urządzenia sygnały z wyjść C/A mikrokontrolera. Zostanie ono omówione na podstawie układu dołączonego do wyjścia DAC0. W prezentowanym układzie wzmacniacz operacyjny LM358 pracuje jako źródło prądu sterowane napięciem. Przy zamieszczonych wartościach rezystancji układ generuje prąd o natężeniu równemu napięciu

wejściowemu podzielonemu przez wartość R16. Dla napięcia wyjściowego z przetwornika C/A z zakresu 0...2,5 V generowany jest prąd 0...25 mA, z zapasem pokrywający oba standardy przemysłowe.

$$I \cdot R_{16} + I_1 \cdot R = U_1$$

$$I = I_{wy} + I_1$$

$$(I_{wy} + I_1) \cdot R_{16} + I_1 \cdot R = U_1$$

$$U_{we} = U_1 - I_1 \cdot R$$

$$U_{we} = (I_{wy} + I_1) \cdot R_{16}$$

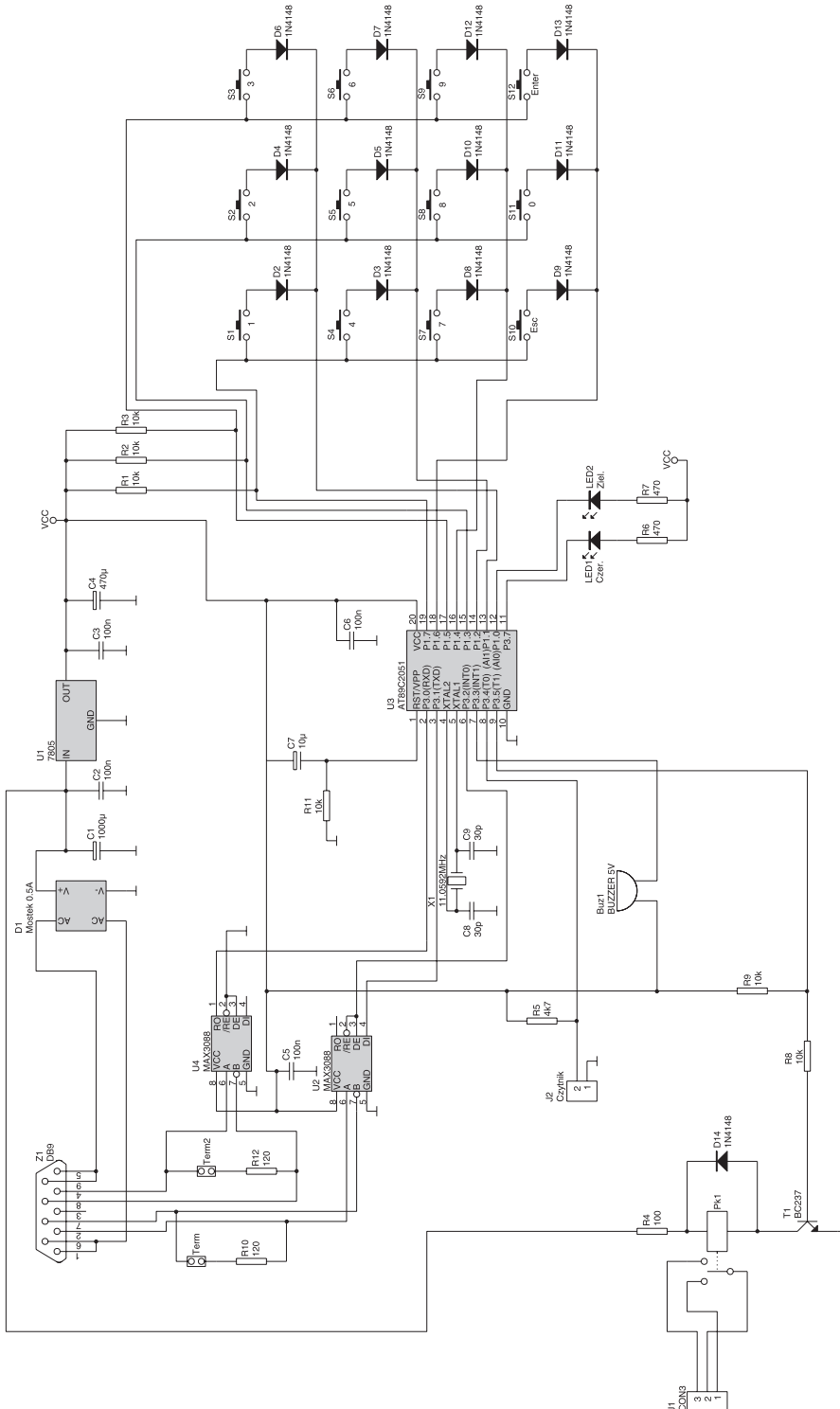
Powyższy układ stabilizuje prąd płynący przez rezystor R16. Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę fakt, że wartości rezystancji R6 i R8 są dużo większe od wartości możliwej rezystancji obciążenia, to niewielka różnica napięć pomiędzy napięciem wejściowym a wyjściowym wywoła prąd I1 dużo mniejszy od I<sub>wy</sub>. Przy założeniu najgorszego przypadku U<sub>wy</sub> = 12 V, błąd prądu płynącego poprzez rezystancję obciążenia nie będzie przekraczał 0,5%. Jest to wartość bardzo dobra, biorąc pod uwagę prostotę układu.

$$I_{wy} = \frac{U_{we}}{R_{16}} - I_1$$

Sytuacja nieco bardziej komplikuje się w przypadku chęci wykorzystania wyjścia analogowego do pracy w standardzie napięciowym. Bez modyfikacji obwód wyjściowy nie umożliwia pełnienia takiej funkcji, jednak problem można rozwiązać przez zastosowanie zewnętrznego rezystora włączonego pomiędzy masę, a wyjście źródła prądu. Należy wówczas zwrócić uwagę na zakres zmian napięcia na wyjściu takiego układu, biorąc pod uwagę napięcie zasilania wzmacniacza operacyjnego wynoszące około 15V. W sposób identyczny jak powyżej opisano, działa również drugie wyjście analogowe, połączone z linią DAC1.

Jak wspomniano wcześniej, moduł wejść i wyjść analogowych służy również do pomiaru temperatury. W zależności od umieszczenia czujnika może to być temperatura otoczenia, temperatura na zewnątrz budynku lub też inna wymagająca nadzoru. Jako czujnik zastosowano scalony termometr z wyjściem cyfrowym DS18B20 produkowany przez firmę Maxim.

Magistrala 1-Wire, z której korzysta wspomniany układ termometru, sama w sobie jest bardzo ciekawym rozwiązaniem technicznym. Umożliwia ona za pośrednictwem pojedynczego



Rys. 6. Schemat elektryczny modułu dostępowego

przewodu (oprócz masy) realizację dwukierunkowej transmisji i zasilania współpracujących z nią układów.

W prezentowanym systemie wykorzystano trójprzewodowe sprzężenie czujnika z płytą mikrokontrolera (masa, zasilanie +5 V, linia sygnałowa). Podyktowane to zostało chęcią uzyskania możliwości oddalenia czujnika od systemu na odległość kilku metrów. W wypadku zastosowania zasilania przez linię sygnałową, spada dość znacznie odporność transmisji na zakłócenia w przypadku stosowania długich przewodów połączeniowych (duże pojemności), co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym z punktu widzenia działania systemu. Dodatkowo dwuprzewodowa implementacja magistrali 1-Wire obsługującej układ DS18B20 jest bardziej skomplikowana sprzętowo. Jako linię sygnałową wykorzystano wyprowadzenie P3.3 mikrokontrolera.

### Moduł dostępowy

Ostatnim typem modułu podrzędny wchodzącym w skład systemu jest moduł dostępowy. Został on przewidziany do realizacji funkcji elektronicznego zamka, pozwalającego na sterowanie obwodem otwierania drzwi, bramy, czy innego podobnego obiektu za pomocą kodu cyfrowego lub identyfikatora elektronicznego. Podobnie jak moduł wejść-wyjść cyfrowych, został on wyposażony w jeden z prostszych mikrokontrolerów rodziny '51 – układ AT89C2051. Schemat ideowy modułu dostępowego zamieszczono na **rys. 6**. Konstrukcję oparto na jednostronnym laminacie, wykorzystując elementy przewlekane.

Moduł dostępowy posiada obwody zasilania i transmisji danych identyczne jak moduł wejść-wyjść cyfrowych.

Największą część modułu dostępowego zajmuje klawiatura numeryczna. Podobnie jak klawiatura sterownika nadrzędnego, została ona zrealizowana w postaci matrycy o trzech kolumnach i czterech wierszach, która obsługuje dwanaście niezależnych przycisków. Przewidziano opisanie przycisków cyframi od 0 do 9 oraz wykorzystanie dwóch z nich jako klawiszy sterujących: Esc i Enter.

Na płytce modułu dostępowego znalazły swoje miejsce również trzy urządzenia sygnalizujące. Są nimi dwie diody LED o różnych kolorach (czerwony i zielony), a także sygnalizator dźwiękowy (buzzer). Wszystkie te elementy zostały podłączone bezpośrednio do linii portów mikrokontrolera, z zastosowaniem dla diod rezystorów ograniczających. Stan niski na wyjściu układu AT89C2051 oznacza zaświecenie diod lub włączenie sygnału dźwiękowego.

Funkcja modułu dostępowego wymaga, aby umożliwiał on sterowanie obwodem rygla elektromagnetycznego. Do tego celu został przewidziany przekaźnik elektromagnetyczny Pk1, posiadający styk przełączny w zależności od wymagań rygla. Styki przekaźnika przewidziano do stosowania jako elementy pasywne, co pociąga za sobą konieczność dostarczenia napięcia zasilającego obwód zamka.

Sterowanie przekaźnikiem odbywa się za pomocą tranzystora T1 pełniącego rolę wzmacniacza-separatora układu mikrokontrolera od napięcia zasilania przekaźnika. Zastosowanie przekaźnika o napięciu cewki 12 V spowodowało konieczność zastosowania rezystora ograniczającego prąd, gdyż układ zasilania dostarcza napięcia rzędu 15 V. Równolegle do

cewki przekaźnika włączono diodę przeciwprzepięciową D14. Wystąpienie stanu wysokiego na wyprowadzeniu P3.5 mikrokontrolera oznacza włączenie przekaźnika.

Najbardziej ciekawą z punktu widzenia użytkownika funkcją modułu dostępowego jest współpraca z cyfrowymi identyfikatorami typu i-Button firmy Maxim. Elementy o oznaczeniu DS1990A mają w swojej strukturze układ cyfrowy z zapisanym unikalnym, 48-bitowym kodem, wzbogaconym o sumę kontrolną i informację o typie. Łącznie daje to sześćdziesiąt cztery bity unikalnej informacji dla każdej wyprodukowanej sztuki. Dane te są zapisane w niemodyfikowalnej pamięci stałej. Identyfikator DS1990A jest elementem o niewielkich wymiarach, dodatkowo bardzo lekkim, możliwym do stosowania z różnego rodzaju akcesoriami, np. jako breloczek do kluczy. Jego obudowa, zbliżona kształtem do ogniów pastylkowych, ma dwa wyprowadzenia elektryczne. Obsługa od strony użytkownika polega jedynie na przyłożeniu identyfikatora do czytnika na czas niezbędny do realizacji transmisji (kilka ms).

Od strony sprzętowej do komunikacji z identyfikatorem DS1990A wykorzystywana jest magistrala 1-Wire, taka sama jak do obsługi układu termometru w module wejść i wyjść analogowych. Jest ona zrealizowana w oparciu o linię portu P3.4 mikrokontrolera oraz rezystor podciągający R5. Poprzez linię transmisyjną dostarczane jest również zasilanie do układu identyfikatora, niezbędne do przeprowadzenia odczytu numeru identyfikacyjnego.

**Paweł Hadam**  
**Marek Kopec**

**ALFINE**  
**ANALOG DEVICES**

**BLACKfin™**

ALFINE P.E.P. sp. j.

Poznańska 30-32, PL-62-080 Tarnowo Podgórne • Tel.: +48 61 8966934, Fax: +48 61 8164076 • E-mail: analog@alfine.pl • www.alfine.pl

## Seminarium

### Getting Started with Blackfin Processors 2006

Firma ALFINE zaprasza na Seminarium **Getting Started with Blackfin Processors 2006** poświęcone procesorom Blackfin Analog Devices !

KRAKÓW 7 Marca • WARSZAWA 8 Marca • GDAŃSK 9 Marca 2006

Osoby zainteresowane prosimy o zgłoszenie uczestnictwa do dnia **28 lutego b.r.**

Formularz zgłoszeniowy - w postaci elektronicznej - na stronie: [www.alfine.pl/indexa.php](http://www.alfine.pl/indexa.php)