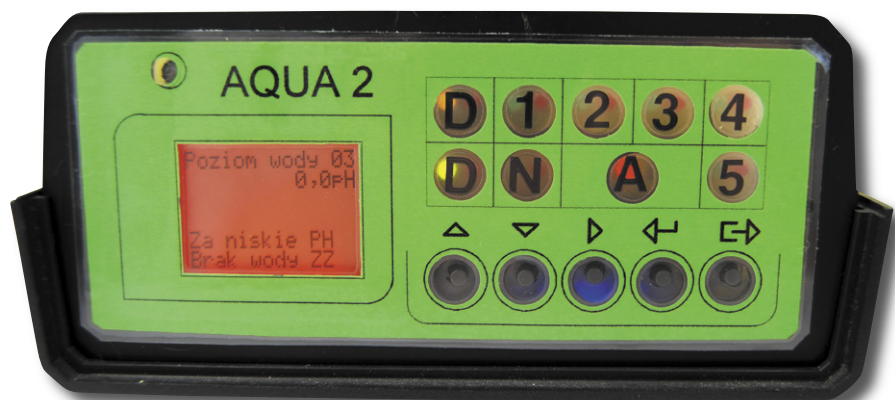


Sterownik akwariowy (1)

Wśród Czytelników EP są tacy, którzy skrzętnie montują urządzenia opisywane na łamach naszego miesięcznika. Dla wielu z nich zamieszczane przez nas projekty z pewnością stanowią inspirację do własnych opracowań, o czym mogą świadczyć napływające seryjnie w krótkim czasie opisy konstrukcji o zbliżonej tematyce.

Sterownik do akwarium domowego publikowaliśmy w marcu 2007, ale kolejny taki projekt zainteresuje elektroników-akwarystów.

Rekomendacje: urządzenie polecamy hodowcom rybek, którzy chcą swoje hobby usprawnić i unowocześnić.



Prezentowane urządzenie z powodzeniem wyręcza akwarystę z części codziennych obowiązków związanych z pielęgnacją akwarium. Nie ze wszystkich jednak, gdyż hobby to straciłoby wiele na uroku. Urządzenie pozwala natomiast raczej bez obaw pozostawić swoje akwarium bez opieki na kilka dni. Może ono sterować oświetleniem (m.in. symuluje świt/zmierzch), ogrzewaniem, chłodzeniem (wentylator, chłodnica), napowietrzaniem lub filtrowaniem, dozowaniem CO₂ (regulacja pH – zasadowości wody), dopełnianiem zbiornika, karmieniem ryb, inną

funkcją związaną z zależnościami czasowymi. Dlaczego może, a nie – steruje? O tym dalej...

Jednym z celów projektu jest minimalizacja mocy strat przekształcaną na ciepło. Istotną wydaje się też minimalizacja zakłóceń wytwarzanych przez urządzenie oraz odporność na nie z zewnątrz.

Do wejść urządzenia możemy podpiąć czujnik temperatury, czujnik poziomu wody w akwarium oraz w zbiorniku zasilającym, czujniki detekcji przecieku, moduł pH-metru oraz zewnętrzne źródło zasilania. To ostatnie będzie wchodzić w grę w sytuacji, gdy wydajność wewnętrznego zasilacza (0,5 A) będzie niewystarczająca lub gdy będziemy chcieli korzystać z napięcia o innej wartości aniżeli wewnętrzne 12 VDC.

Tryb pracy (ręczny lub automatyczny) jest sygnalizowany świeceniem diody LED o odpowiednim kolorze (czerwony lub zielony/żółty). Określone wyjście możemy też zablokować na stałe, co będzie sygnalizowane pulsowaniem czerwonej diody LED (blokada zaniknie, gdy nastąpi zanik i powrót napięcia sieciowego). Przełączanie trybu (automat/ręczny/blokada) odbywa się za pomocą jednego przycisku, który odpowiada danemu wyjściu. Do dyspozycji mamy 5 klawiszy, LED-y oraz wyświetlacz LCD z Nokii 3310.

AVT-5144

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Zasilanie: 230 VAC, 50 Hz
- Pobór mocy bez obciążenia: 3,5 W
- Parametry wyjścia 230 VAC:
 - 4 kanały załącz/wyłącz
 - maksymalna moc przyłączonego urządzenia: 150 W
 - przeznaczenie wyjść: oświetlenie dzienne (żarówka, świetlówka, stycznik), pompka, grzałka, zawór elektromagnetyczny, inne
- Parametry wyjścia 310 VDC:
 - 1 kanał (regulacja PWM)
 - maksymalna moc przyłączonego urządzenia: 150 W
 - przeznaczenie wyjścia: oświetlenie dzienne – żarówka 230 V
- Sumaryczna moc urządzeń 230 VAC/310 VDC: <650 W
- Wyjścia niskonapięciowe – 3 kanały załącz/wyłącz, dla OUT3F także regulacja PWM
- Zasilanie wewnętrzne: 12 VDC (sumaryczna moc urządzeń 6 W)
- Zasilanie zewnętrzne: maksymalna moc przyłączonego urządzenia 50 W
- Sumaryczna moc urządzeń: 80 W
- Przeznaczenie wyjść: oświetlenie nocne LED, wentylator, pompka, zawór, inne
- Pomiar temperatury
 - Zakres: 0...100°C
 - Rozdzielczość: 0,1°C
 - Dokładność: ±0,5°C (0...85°C)
- Pomiar pH
 - Zakres: 0...10 pH
 - Rozdzielczość: 0,1 pH
- Pomiar poziomu wody
 - Zakres: 0...15 cm
 - Wskazanie: 0...100

PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Regulator temperatury w akwarium	EP 8/2001	AVT-1322
Sterownik (niekoniecznie) akwariowy	EdW 11/2002	AVT-2493
Akwariowy dozownik pokarmu	EdW 3/2003	AVT-2657
Regulator temperatury w akwarium	EP 6/2003	AVT-1367
Sterownik do wymiany wody w akwarium	EdW 3/2006	–
Sterownik akwarium	EP 3-4/2007	AVT-980

Budowa sterownika

Urządzenie składa się z trzech, ewentualnie pięciu modułów: układu sterowania, zasilacza i układu wykonawczego oraz układu panela czołowego. Dodatkowo możemy

wykonać moduł monitora poziomu wody oraz moduł pH-metru. Oddzielenie układu sterowania od układu wykonawczego, czyni obsługę sterownika całkowicie bezpieczną.

Układ sterowania. Schemat pokazano na rys. 1. Wykorzystano w nim mikrokontroler ATmega32 zasilany przez filtr C4, L2.

Mikrokontroler jest taktowany wewnętrznym sygnałem zegarowym 8 MHz. W sterowniku zastosowałem zegar czasu rzeczywistego (DS1307) z podtrzymaniem baterijnym. Zegar ma wbudowany detektor zaniku napięcia Vcc i gdy taka sytuacja zostanie wykryta, automatycznie przełącza się na zasilanie bateryjne. Bateria litowa 3 V umożliwia wtedy pomiar czasu oraz podtrzymuje zawartość 56-bajtowego RAM-u. Bateria o pojemności 48 mAh lub większej jest w stanie podtrzymać pracę i zawartość rejestrów zegara przez 10 lat w temperaturze otoczenia 25°C. Co jedną sekundę DS1307 generuje na pinie FT/O sygnał podawany na wejście INTO procesora, zmuszając go m.in. do pobrania z zegara, za pośrednictwem szyny TWI (kompatybilnej z I²C), danych o czasie bieżącym. Dane te w kodzie BCD, trafiają do pamięci RAM procesora.

W przetworniku ADC wykorzystałem napięcie odniesienia równe Vcc (5 V). Wyjście wewnętrznego napięcia odniesienia AREF, dla podniesienia odporności na zakłócenia, zostało odsprężnione za pomocą kondensatora C2. Przetwornik ADC, dla stabilniejszej pracy jest wyposażony również od strony zasilania w filtr (C1, L1).

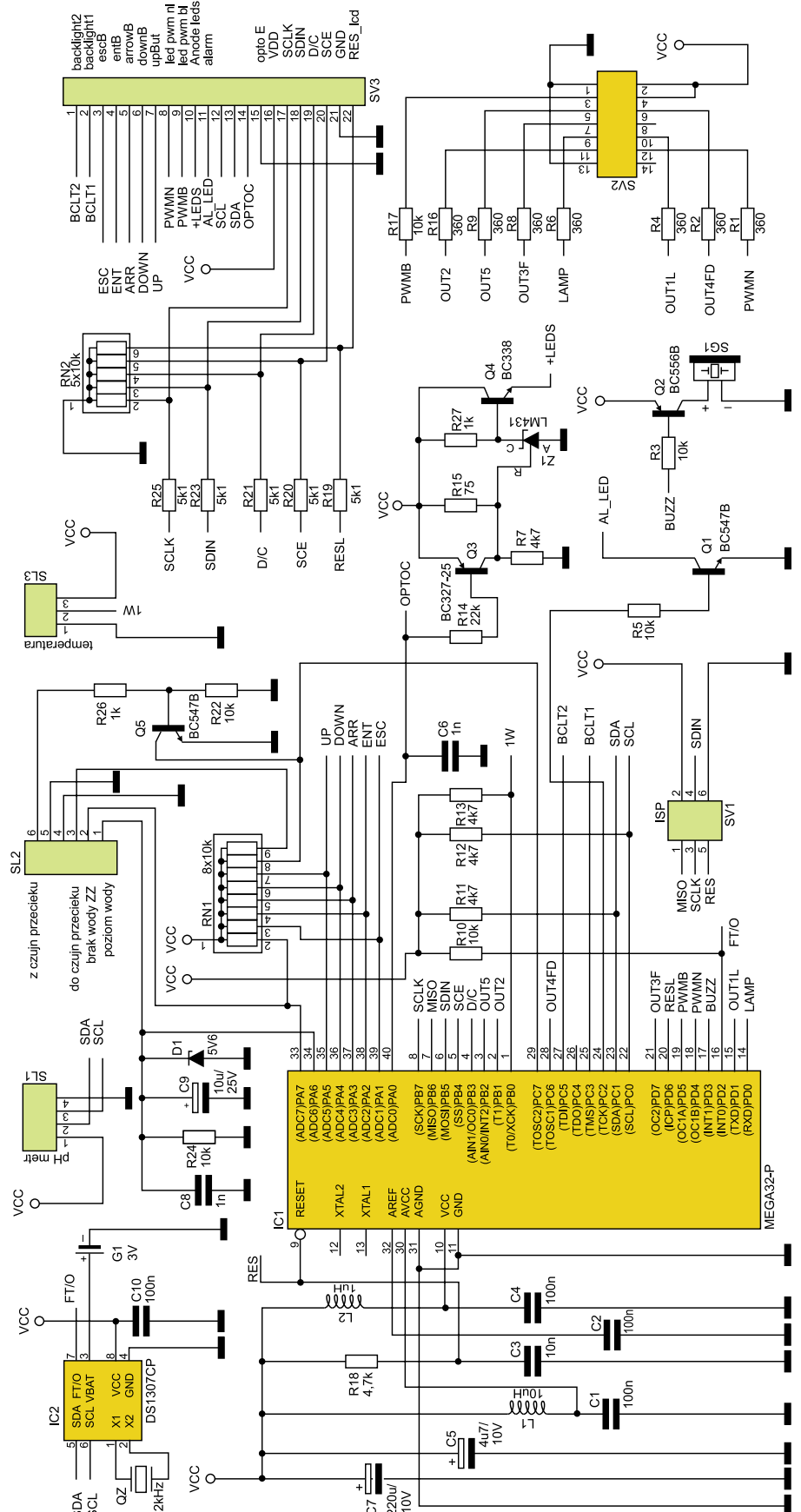
Masa części analogowej jest połączona z masą cyfrową w jednym punkcie – w pobliżu punktu dołączenia napięcia zasilającego. Zapobiegamy tym samym dostawianiu się na wejścia przetwornika impulsów mogących fałszować pomiar.

Elementy C8, R24, C9, D1 stanowią obwód wejściowy przetwornika ADC procesora, za pomocą którego wykonywany jest pomiar poziomu wody w akwarium. Dioda Zenera D1 stanowi zabezpieczenie przed przedostaniem się na wejście ADC zbyt wysokiego napięcia z zewnątrz. Tranzystor Q5 jest wzmacniaczem sygnału przecieku.

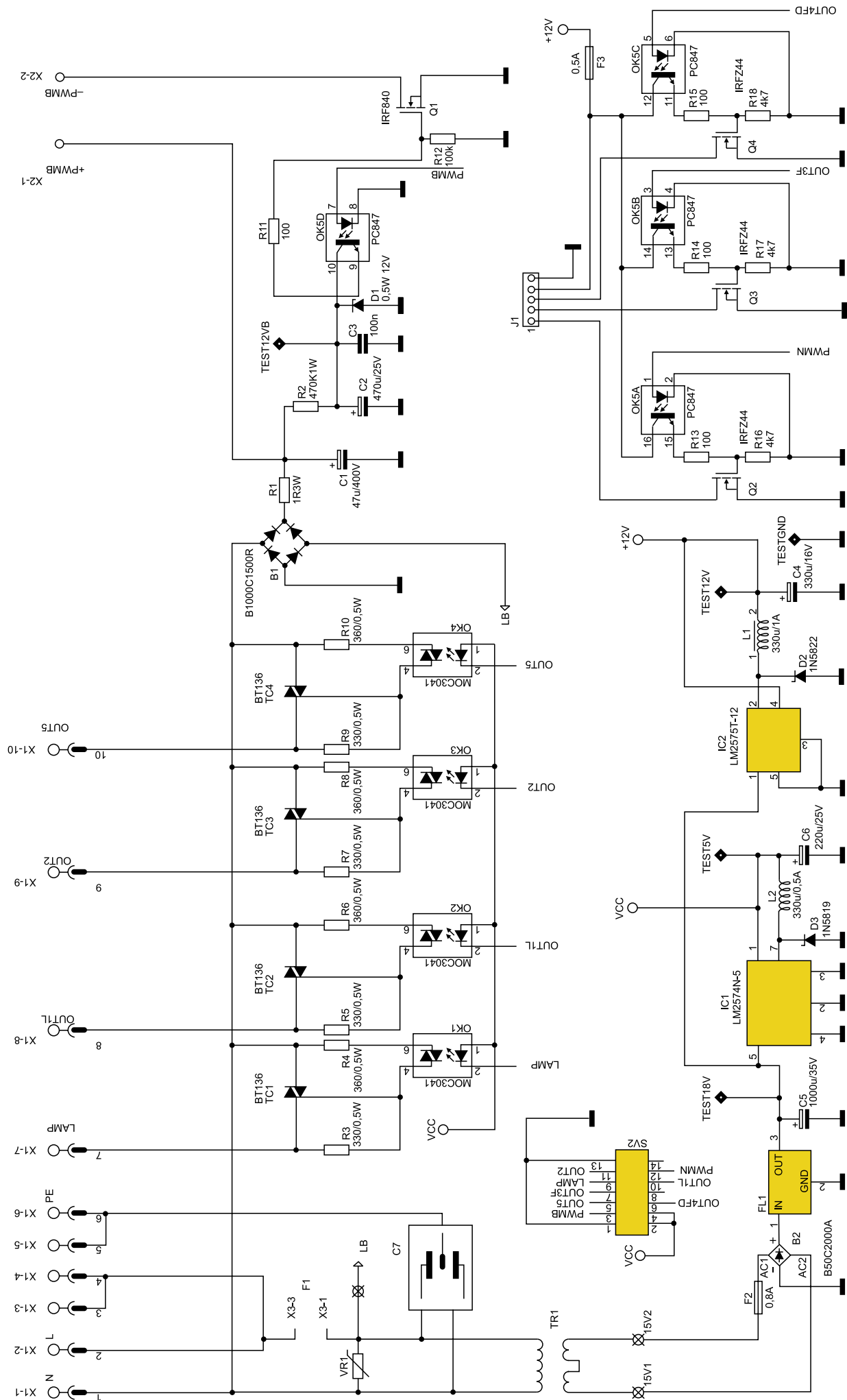
Elementy R19...R21, R23, R25 oraz RN2 stanowią układ dopasowa-

wania poziomu sygnałów między mikrokontrolerem a wyświetlaczem. W naszym wypadku LCD wymaga 2,7...3,6 V, a reszta elektroniki 5 V.

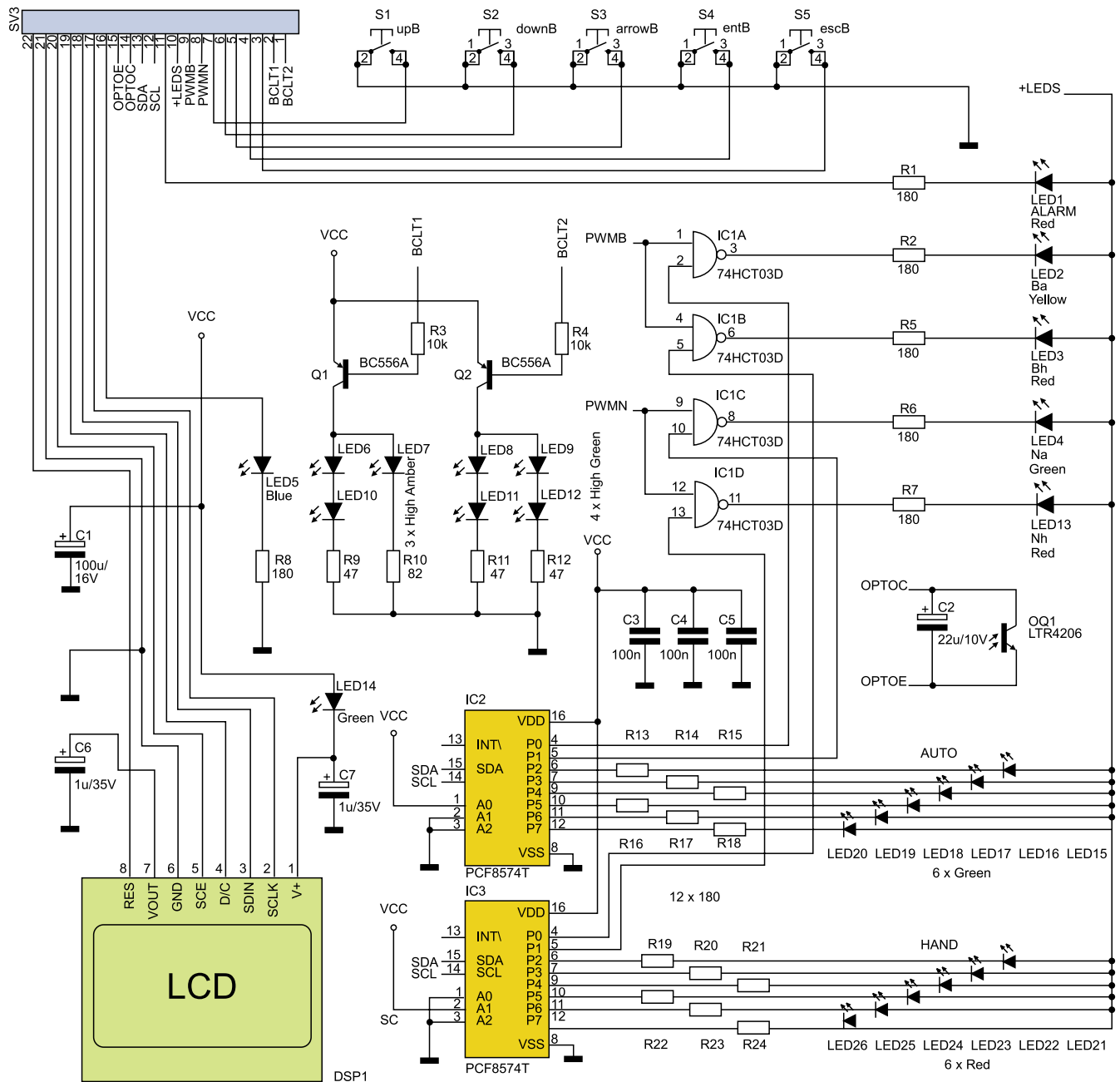
Tranzystor Q1 steruje diodą LED – ALARM (panel czołowy), Q2 natomiast sygnalizatorem piezo z wbudowanym generatorem. Do



Rys. 1. Schemat układu sterowania



Rys. 2. Schemat układu wykonawczego



Rys. 3. Schemat panelu czołowego

wejść PA1...PA5 procesora jest podłączona „podciągająca” drabinka rezystorowa RN1 oraz przyciski znajdujące się na panelu czołowym. Wciśnięcie któregośkolwiek z przycisków powoduje zwarcie wejścia mikrokontrolera do masy, co wywołuje odpowiednią reakcję programu.

Na uwagę zasługuje obwód złożony z elementów R14, R7, R15, R27, Q3, Q4 i programowanej diody Zenera – Z1. Umożliwia on skuteczną regulację jasności diod LED na panelu czołowym. O jej intensywności decyduje to, na ile spolaryzowany jest (poprzez fototranzystor OQ1) tranzystor Q3. Rezystor R15 ustala minimalną jasność (gdy sterownik znajduje się

w ciemności). Dzięki omawianemu obwodowi świecące się diody sygnalizacyjne są dobrze widoczne w warunkach silnego oświetlenia zewnętrznego oraz dyskretnie, oszczędnie jarzą się w zupełnym mroku. Zastosowanie LM431 jako Z1 ma tutaj szczególne znaczenie, bowiem do zasilania anod LED-ów panelu czołowego potrzebujemy napięcia stabilnego, niezależnego od prądu pobieranego przez diody (załączające się lub pulsujące diody mogłyby powodować przygasanie już świecących).

Układ wykonawczy. Schemat układu wykonawczego przedstawiono na rys. 2. Można tu wydzielić sekcje: zasilacza, układu triaków

sterujących obwodami prądu przemiennego, układu regulatora mocy PWM 310 VDC oraz układu sterowania obwodami niskiego napięcia.

Sekcja zasilacza. Do ochrony sterownika przed przepięciami w sieci zasilającej służy warystor VR1. Za nim jest umieszczony kondensator przeciwzakłóceńowy C7. W urządzeniu zastosowałem transformator TS12/009 (2x7,5 V – uzwojenia połączone szeregowo) o niezbyt rewelacyjnej wydajności prądowej – 0,8 A. W związku z tym przewidziałem możliwość podłączenia zasilacza zewnętrznego. Za transformatorem znajduje się bezpiecznik elektroniczny F2, mostek prostowniczy B2 oraz filtr

przeciwzakłóceniu EMI – FL1 (do tłumienia szerokopasmowych zakłóceń w paśmie 90...1000 MHz). W zasilaczu zastosowałem stabilizatory impulsowe serii LM25XX. Mając na uwadze tego typu układy warto pamiętać o właściwym doborze ich elementów wyjściowych (niska zastępcza rezystancja szeregowego kondensatora elektrolitycznego oraz mała rezystancja DC cewki).

Obwody napięcia przemienne-go 230 V. Sekcja triaków jest sterowana przez optotriaki MOC 3041 (OK1...OK4). W ich strukturze znajduje się układ wykrywania przejścia wartości chwilowej napięcia sieciowego przez zero, co zapobie-

ga generowaniu zakłóceń radioelektrycznych w momencie załączania/wyłączania sterowanych urządzeń.

Regulator mocy PWM 310 V (uwaga! 310 VDC!). Napięcie sieciowe prostowane jest za pomocą mostka B1, a następnie wygładzone przez kondensator C1. Rezystor R1 ogranicza prąd udarowy płynący podczas ładowania kondensatora C1 w momencie włączenia układu do sieci. Napięcie potrzebne do wystawienia tranzystora mocy Q1 jest wytwarzane przez prosty stabilizator składający się z ograniczającego prąd rezystora R2, dodatkowo wygładzającego napięcie kondensatora C2 oraz stabilizatora na diodzie

zenera D1. W sterowaniu tym napięciem stopnia końcowego pośredniczy transoptor OK5D. Na jego wejście, z procesora doprowadzane są impulsy PWM 5 V.

Transoptor stanowi zabezpieczenie (w razie uszkodzenia) przed przedostaniem się do części sterującej napięcia 310 V, bo takie napięcie powstaje za mostkiem na kondensatorze. Takie też napięcie odkłada się na obciążeniu w momencie, gdy tranzystor Q1 przewodzi. Wyjście PWM 310 V przewidziane jest do zasilania żarówki 230 V. Jak nie dopuścić do jej przedwczesnego spalania jeśli podawane jest na nią zawyżone na-

WYKAZ ELEMENTÓW		
obwód panelu czołowego		
Rezystory	D2: 1N5822	IC2: DS1307CP
R1, R2, R5...R8, R13...R24: 180 Ω	D3: 1N5819	Q1, Q5: BC547B
R3, R4: 10 kΩ	IC1: LM2574N-5	Q2: BC556B
R9, R11, R12: 47 Ω	IC2: LM2575T-12	Q3: BC327-25
R10: 82 Ω	OK1...OK4: MOC3041	Q4: BC338
Kondensatory	OK5: PC847	Inne
C1: 100 μF/16 V	Q1: IRF840	L1: 10 μH
C2: 22 μF/10 V	Q2...Q4: IRFZ44	L2: 1 μH
C3...C5: 100 nF	TC1...TC4: BT136	G1: bateria litowa 3 V
C6, C7: 1 μF/35 V – tantalowe	Inne	QZ: rezonator kwarcowy 32 kHz
Półprzewodniki	F1: bezpiecznik topikowy dobrać zależnie od mocy żarówki	SG1: buzzer BMT-1203UX
OQ1: fototranzystor LTR4206	F2: bezpiecznik miniaturowy szybki RFS 0,8 A	SL1: gniazdo proste 2,54 mm 4-pin
Q1, Q2: BC556A	F3: bezpiecznik polimerowy Z-PTC 0,5 A	SL2: gniazdo proste 2,54mm 6-pin
IC1: 74HCT03	FL1: filtr EMI – DSS30655Y5S102	SL3: gniazdo proste 2,54mm 3-pin
IC2, IC3: PCF8574	L1: 330 μH/1 A	SV1: wtyk goldpin prosty 2x3-pin
LED1, LED3, LED13, LED21...LED26: dioda LED 3 mm czerwona	L2: 330 μH/0,5 A	SV2: wtyk goldpin prosty 2x7-pin
LED2: dioda LED 3 mm żółta	TR1: transformator sieciowy TS12/009	SV3: wtyk goldpin kątowny 1x22-pin
LED4, LED14...LED20: dioda LED 3 mm zielona	VR1: warystor 275VAC JVR07N431K	monitor poziomu wody
LED5: dioda LED 3 mm niebieska	SV2: wtyk goldpin prosty 2x7pin	Rezystory
LED6, LED7, LED10: dioda LED 3 mm super jasna bursztynowa	J1: gniazdo proste 3,96 mm 5 pin	R1, R3, R10, R17: 10 kΩ
LED8, LED9, LED11, LED12: dioda LED 3 mm super jasna zielona	X1: gniazdo proste 5,08 mm 10 pin	R2: 470 kΩ
Inne	X2: listwa zaciskowa prosta 7,5 mm 2 pin	R4: 39 kΩ
DSP1: wyświetlacz LCD od telefonu Nokia 3310	X3: gniazdo proste 5,08 mm 3 pin	R5: 5,6 kΩ
S1...S5: mikroprzełącznik 6x6 mm SMD	Podstawki DIL6 (4 sztuki), DIL8, DIL16	R6: 27 kΩ
SV3: gniazdo goldpin proste 22x1	14-żyłowy przewód taśmowy o długości ok. 15 cm	R7: 1 kΩ
zasilacz i obwody wykonawcze	wtyk żeński IDC z dociskiem przewodu (2 sztuki)	R8: 47 kΩ
Rezystory	obwód sterujący	R9, R13, R18: 100 kΩ
R1: 1 Ω/3 W napięcie robocze 350 V	Rezystory	R11: 22 Ω/1 W
R2: 470 kΩ/1 W	R1, R2, R4, R6, R8, R9, R16: 360 Ω	R12: 51 kΩ
R3, R5, R7, R9: 330 Ω/0,5 W	R3, R5, R10, R17, R22, R24: 10 kΩ	R14: 150 kΩ
R4, R6, R8, R10: 360 Ω/0,5 W	R7, R11...R13, R18: 4,7 kΩ	R15: 3,6 kΩ
R11, R13...R15: 100 Ω	R14: 22 kΩ	R16: potencjometr montażowy 100 kΩ
R12: 100 kΩ	R15: 75 Ω	Kondensatory
R16...R18: 4,7 kΩ	R19...R21, R23, R25: 5,1 kΩ	C1, C9: 1 μF/10 V
Kondensatory	R26, R27: 1 kΩ	C2, C10: 100 nF
C1: 47 μF/400 V	RN1: 8x10 kΩ	C3, C7, C12: 1 nF
C2: 470 μF/25 V	RN2: 5x10 kΩ	C4: 100 μF/16 V
C3: 100 nF	Kondensatory	C5: 100 μF/10 V
C4: 330 μF/16 V	C1, C2, C4, C10: 100 nF	C6: 100 pF
C5: 1000 μF/35 V	C3: 10 nF	C8: 3,9 nF
C6: 220 μF/25 V	C5: 4,7 μF/10 V	C11: 10 nF
C7: przeciwzakłóceniu KSPpz-7X2Y2	C6, C8: 1 nF	Półprzewodniki
Półprzewodniki	C7: 220 μF/10 V	D1: fotodioda IRED 5 mm BPV10NF
B1: mostek prostowniczy 1000 V/1,5 A	C9: 10 μF/25 V	D2: LL4148
B2: mostek prostowniczy 50 V/2 A	Półprzewodniki	IC1: 7805L
D1: dioda Zenera 0,5 W 12 V	D1: dioda Zenera 5V6	IC2: LM324
	Z1: LM431	IC3: LMC555
	IC1: ATmega32-P	LED1...LED4: IRED 5 mm CQY99
		Q1: BCP56
		Inne
		SV1: wtyk goldpin prosty 3-pin

pięcie? Z pomocą przychodzi nam regulacja PWM. Na drodze programowej ograniczamy wypełnienie impulsów sterujących tranzystorem OK5D (np. 0...80%), ograniczając tym samym moc dostarczaną do odbiornika. Do wyjścia można podłączyć wyłącznie odbiornik o małej indukcyjności (przewidziana żarówka).

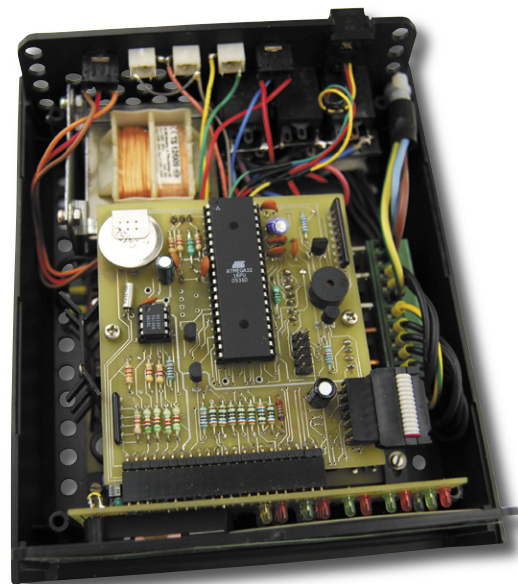
Układ niskiego napięcia stałego. Stopnie końcowe mocy MOSFET (Q2...Q4) są sterowane poprzez tranzystory zawarte w strukturze transoptorów układu PC847 (OK5). Bardzo mała rezystancja złącz D-S tranzystorów IRFZ44 decyduje o ich małej mocy strat. Diody zamontowane na gniazdach wyjściowych, zabezpieczają tranzystory przed przepięciami powstającymi podczas pracy z urządzeniami indukcyjnymi.

Układ panela czołowego (rys. 3). Na płycie panela znajduje się wyświetlacz LCD, układ podświetlacza, fototranzystor do pomiaru natężenia oświetlenia zewnętrznego, klawiatura oraz układ sterowania diodami LED. Diody te odwzorowują stan wyjść sterownika. Dioda LED1 sygnalizuje stan alarmowy lub jego wystąpienie w przeszłości (pamięć alarmu – kasowana którymkolwiek przyciskiem). Sterowanie diodami odbywa się za pośrednictwem ekspanderów PCF8574 oraz szybkich bramek układu CMOS 74HCT03 (w wypadku diod odwzorowujących

regulowane źródła oświetlenia). Na jasność świecenia wszystkich diod LED ma wpływ napięcie z układu sterowania podawane ze złącza SV3 płytki na ich anody. To napięcie uzależnione jest od ilości światła padającego z zewnątrz na fototranzystor OQ1. Kondensator C2 podłączony między jego kolektor a emiter wywołuje efekt powolnego ściemniania LED-ów, w wypadku nagłego spadku natężenia oświetlenia (światła padającego na panel czołowy).

Ekspandery „zwiększają” nam liczbę wyjść procesora, a informacje z niego bieżą do nich po szynie TWI. Układ PCF8574 ma 8 programowalnych linii I/O, które pracują tutaj jako wyjścia. Ich wydajność jest wystarczająca, aby zasilić diody LED. Oba układy mają ustawione sprzętowo różne adresy. Wyświetlacz LCD z Nokii 3310 jest zasilany napięciem około 3 V, uzyskiwanym przy użyciu zielonej diody LED14 (spadek napięcia na tej diodzie wynosi około 2 V). Zasilanie oraz sygnały sterujące docierają do LCD poprzez gumkę z elastomeru. Sterowanie wyświetlaczem odbywa się przy pomocy szeregowego interfejsu SPI uzupełnionego dodatkowo dwoma sygnałami: D/C oraz RESL.

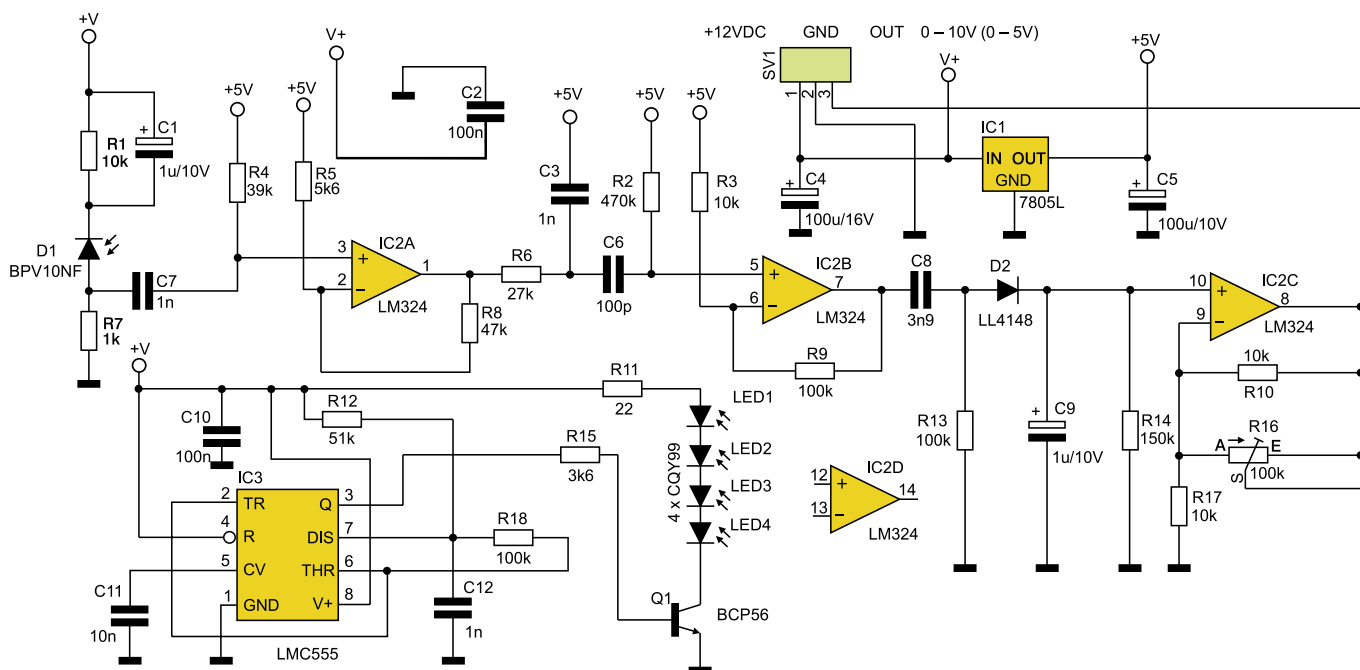
Podświetlenie LCD stanowi 7 diod LED o dwóch kolorach. Diody są rozmieszczone naprzemiennie (zielona, bursztynowa, zielona itd.). Włączaniem podświetlenia LCD ste-



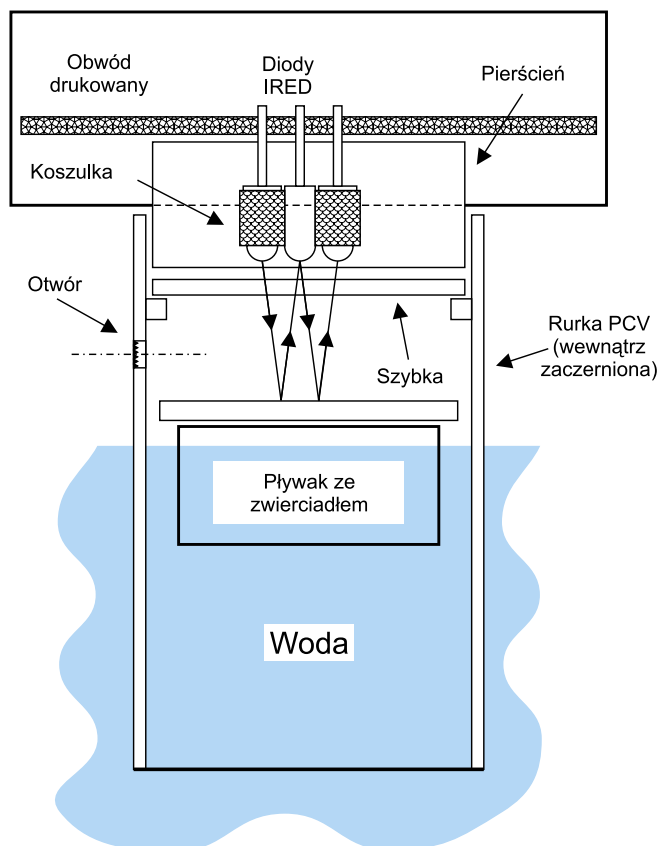
ruje procesor przez wzmacniacz prądowy wykonany na tranzystorach Q1 i Q2. Dioda LED5 (niebieska) służy do podświetlenia klawiatury. Kondensator C6 służy do filtrowania napięcia wytwarzanego w przetwornicy kontrolera, która zasila bufor wyjściowy matrycy wyświetlacza.

Monitor poziomu wody (rys. 4). Pomiar poziomu wody jest wykonywany w górnej strefie akwarium (ok. 15 cm). Daje to nam możliwość dość precyzyjnego ustawienia maksymalnego poziomu oraz histerezy regulacji napełniania akwarium. Istnieje też alternatywny sposób regulacji, za pomocą kontaktronu oraz dzielnika napięcia, bez użycia opisywanego modułu (będzie to opisane w dalszej części artykułu).

Moduł jest zasilany napięciem 12 V podawanym z zasilacza sterownika. Pobiera prąd o natężeniu



Rys. 4. Schemat monitora poziomu wody



Rys. 5. Budowa mechaniczna i zasada działania monitora poziomu wody

85 mA. Układ IC1 to źródło napięcia 5 V wykorzystywane przez wzmacniacze sygnału IC2A i IC2B. Impulsy 5 kHz z wyjścia układu czasowego LMC555 sterują bazą tranzystora Q1, który spełnia rolę prądowego wzmacniacza zasilającego połączone szeregowo diody stanowiące nadajnik IRED. Wiązka podczerwieni emitowana przez ten nadajnik odbija się od zwierciadła (aluminiowej blaszki) unoszonego na powierzchni lustra wody przez pływak (rys. 5). Im bliżej będzie się ono znajdować nadajnika, tym sygnał odbity, a odbierany przez fotodiode, będzie miał większą amplitudę. Odebrany sygnał jest podawany na filtr górno-, a następnie dolno-przepustowy RC w celu selekcji częstotliwości 5 kHz. Po dwustopniowym wzmocnieniu (wzmacniacze operacyjne zawarte w układzie LM324), następuje demodulacja i filtracja dolnoprzepustowa, w wyniku czego otrzymujemy sygnał, którego napięcie jest zależne od strumienia światła padającego

na fotodiode. Podczas demodulacji dioda D2 obcina sygnały o małych amplitudach (obciążone względnie dużym szumem). Wzmacniacz końcowy IC2C wraz z potencjometrem R16 umożliwia ustawienie zakresu wyjściowego sygnału 0...10 V (w naszym wypadku ustawiamy 0...5 V). Odpowiada to mniej więcej zakresowi poziomu wody równemu 0...15 cm.

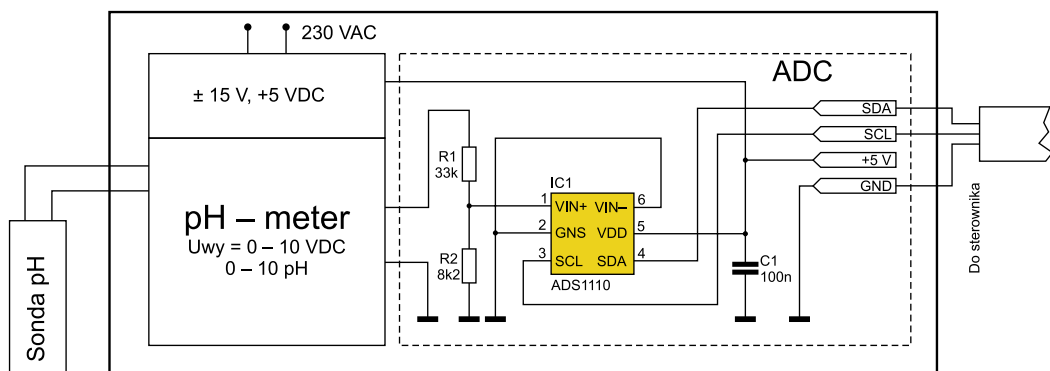
Moduł pH-metru. Do sterownika możemy podłączyć zbudowany własnoręcznie moduł pH-metru, najlepiej z kompensacją temperaturową. Schemat ideowy,

uwagi na temat doboru elementów oraz krótki opis procedury kalibracji urządzenia możemy znaleźć np. w nocie aplikacyjnej układu LF444 (National Semiconductor – August 2000). Ze względu na konieczność zastosowania dla tego układu symetrycznego zasilania (± 15 V) proponowałbym, aby był to moduł zewnętrzny. Na wyjściu układu powinniśmy otrzymać napięcie o wartości (0...10 V), które będzie odpowiadać wartościom z przedziału (0...10 pH). Za pomocą dzielnika napięcia zakres ten musimy zawęzić do (0...2 V) (rys. 6). Jest to konieczne, ponieważ taki będzie zakres napięcia wejściowe-

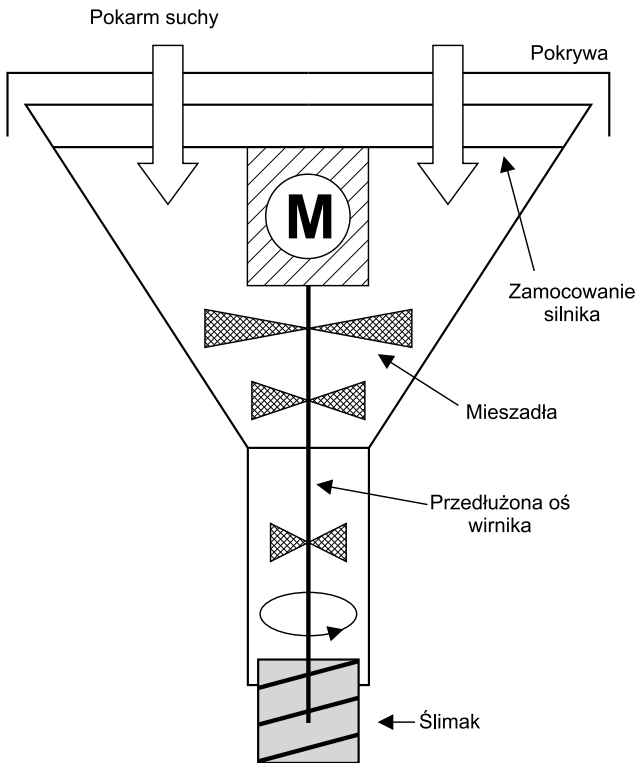
go kolejnego elementu zawartego w module, jakim jest przetwornik A/C (ADS1110). Zdecydowałem się na zastosowanie tego układu ze względu na jego dużą dokładność ($2,048 \text{ V} \pm 0,05\%$), 16-bitową rozdzielczość oraz możliwość połączenia z procesorem przez magistralę TWI. Do połączenia zastosowałem kabel od słuchawki telefonicznej o długości ok. 1 m). Ciekawostką jest to, że ADS1110 jest produkowany w ośmiu wersjach (EDO0... EDO7) różniących się wewnętrznym adresem. W naszym przypadku odczyt wartości rozpoczynamy od podania na szynę TWI adresu 10011011b (wersja EDO5).

Regulacja PH. Sterownik może kontrolować nawożenie CO_2 sterując elektrozaworem dołączonym do butli wysokociśnieniowej. Wyjście sterujące zasila zawór napięciem 230 VAC lub niskim DC (w zależności od konfiguracji). Zawór powinien być typu NC (Normalnie Zamknięty). Sterownik mierzy wartość pH i na tej podstawie decyduje o otwarciu, bądź zamknięciu zaworu. Należy pamiętać, że podawanie do wody CO_2 obniża wartość pH.

Karmnik. Zasada działania karmnika jest bardzo prosta. Szczotkowy silnik prądu stałego (w tym wypadku MXN-13AB12A – wymontowany z odtwarzacza Video) zamocowany wewnątrz plastikowego lejka, zasilany jest przez wyjście niskonapięciowe sterownika – OUT4FD. Czas trwania ruchu obrotowego osi jest określony przez nas w parametrze CZAS DOZOWANIA. W momencie, gdy wyrzucana jest porcja pokarmu, program inicjuje timer odliczający cztery minuty pauzy, blokując na ten czas wyjścia powietrza, dozowania CO_2 i wentylatora. Blokowanie następuje tylko w trybie automatycznym.



Rys. 6. Sposób połączenia przetwornika z pH-metrem oraz sterownikiem



Rys. 7. Budowa i zasada działania karmnika

Konstrukcja karmnika jest przedstawiona na rys. 7.

Czujnik przecieku wody. Czujnik został zrealizowany w postaci małego obwodu drukowanego z odpowiednio ukształtowanymi i pocynowanymi obszarami miedzi stanowiącymi elektrody. Destrukcyjny wpływ elektrolizy na elektrody nie ma w tym przypadku większego znaczenia, ponieważ czujnik jest zanurzony w wodzie tylko w sytuacjach awaryjnych.

Czujnik braku wody ZZ (zbiornik zasilający). Do zbiornika ZZ dolewamy co jakiś czas wodę, która jest wykorzystywana do uzupełniania poziomu wody w akwarium. Sterownik, za pomocą pompki lub zaworu „dolewa” wodę do akwarium. Dzięki temu woda tam trafiająca pozbawiona jest chloru.

W modelu został zastosowany fabryczny czujnik kontaktronowy, wymontowany z urządzenia dozującego. W sytuacji, gdy poziom wody w zbiorniku spadnie do wartości krytycznej, opadający pływak magnetyczny spowoduje zwarcie kontaktronu, a zarazem zwarcie do masy wejścia PA7 mikrokontrolera. Wywołany w ten sposób stan alarmowy nakłoni nas wtedy do uzupełnienia zapasu wody w ZZ.

Chłodzenie. Chłodzenie ma szczególne znaczenie w akwarium morskim. Pracuje tam znacznie

więcej urządzeń elektrycznych niż w typowym akwarium słodkowodnym, które oprócz zasadniczej funkcji grzeją wodę. Silniejsze jest również oświetlenie, które również nie pozostaje bez wpływu na temperaturę w akwarium. Zwierzęta morskie są bardzo wrażliwe na zmiany temperatury. W związku z tym możemy zastosować dosyć często spotykane, tanie i skuteczne rozwiązanie – wentylator. Do tego celu świetnie nadają się wiatraczki przeznaczone do chłodzenia zasilaczy komputerowych. Do

sterowania ich wydajnością posłuży nam wyjście OUT3F. Jeśli ten sposób chłodzenia okaże się nie-

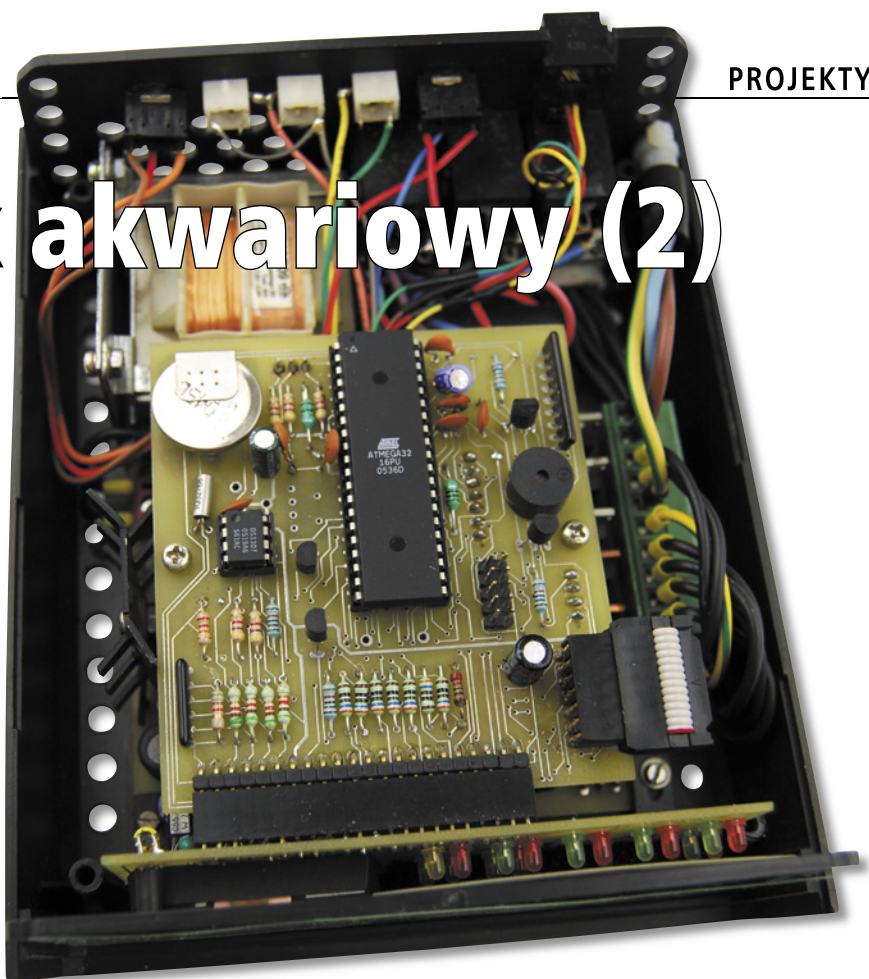
wystarczający, pomocna może się okazać chłodnica (np. wymiennik ciepły z zaworem dopuszczającym do niego zimną, może nawet lodowatą wodę). Oczywiście i o tej opcji także zdecyduje konfiguracja sterownika.

Oświetlenie nocne LED. Kilka połączonych ze sobą diod LED daje oświetlenie porównywalne do małej świetlówki. Najczęściej do budowy układu „światła nocnego” wykorzystuje się diody LED o barwie niebieskiej lub białej. Łączy się je szeregowo po 3 sztuki i przez odpowiedni rezystor podłącza do zasilania 12 V. W zależności od potrzeb można użyć 1...4 takich sekcji. W modelu zastosowałem pojedynczą diodę niebieską 5 mm, super jasną, ze zmatowioną soczewką. Sterownik zasilają sygnałem PWM poprzez wyjście PWMN. To źródło oświetlenia nocnego okazało się wystarczające dla 50-litrowego akwarium.

Grzegorz Sipiorka
dzesek@wp.pl

Sterownik akwariowy (2)

W drugiej części przedstawiamy sposób montażu i obsługi sterownika. Ustawianie trybów pracy dokonywane jest przy użyciu panela umieszczonego na płycie czołowej. Ustawieniu podlegają między innymi: funkcja karmienia, temperatura, oświetlenie dzienne i nocne, pH, poziom wody...



Opis programu

Zanim procesor wejdzie w pętlę główną inicjuje porty, wyświetlacz LCD, timery, przerwania, odczytuje nastawy z EEPROM-u dokonując według nich autokonfiguracji, inicjuje układ zegara DS1307, przetwor-

nik ADC oblicza wartości zmiennych związanych ze sterowaniem oświetlenia, inicjuje inne zmienne. W pętli głównej przeprowadzane jest skanowanie klawiatury. Wciśnięcie któregoś klawisza powoduje skasowanie flagi pamięci alarmu oraz licznika czasu upływającego do zgaszenia podświetlacza LCD. Jeśli flaga podświetlacza jest wyzerowana, następuje jej ustawienie. Jeśli istnieje alarm, na określony czas zostaje wyciszony sygnał akustyczny. Wyzerowana zostaje flaga alarmu przecieku (jedyny alarm ustępujący dopiero po potwierdzeniu z klawiatury). Jeśli ustawiona jest flaga podświetlacza LCD i nie występuje alarm lub trwa okres wyciszania sygnału akustycznego, sterownik będzie reagował na wciskanie klawiszy sterujących wyjściami lub powodujących wejście do podprogramów konfiguracji, albo parametryzacji.

AVT-5144

W ofercie AVT jest dostępna:
– [AVT-5144A] – płytką drukowaną

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Zasilanie: 230 VAC, 50 Hz
- Pobór mocy bez obciążenia: 3,5 W
- Parametry wyjścia 230 VAC:
 - 4 kanały załącz/wyłącz
 - maksymalna moc przyłączonego urządzenia: 150 W
 - przeznaczenie wyjść: oświetlenie dzienne (żarówka, świetlówka, stycznik), pompka, grzałka, zawór elektromagnetyczny, inne
- Parametry wyjścia 310 VDC:
 - 1 kanał (regulacja PWM)
 - maksymalna moc przyłączonego urządzenia: 150 W
 - przeznaczenie wyjścia: oświetlenie dzienne – żarówka 230 V
- Sumaryczna moc urządzeń 230 VAC/310 VDC: <650 W
- Wyjścia niskonapięciowe – 3 kanały załącz/wyłącz, dla OUT3F także regulacja PWM
- Zasilanie wewnętrzne: 12 VDC (sumaryczna moc urządzeń 6 W)
- Zasilanie zewnętrzne: maksymalna moc przyłączonego urządzenia 50 W
- Sumaryczna moc urządzeń: 80 W
- Przeznaczenie wyjść: oświetlenie nocne LED, wentylator, pompka, zawór, inne
- Pomiar temperatury
 - Zakres: 0...100°C
 - Rozdzielczość: 0,1°C
 - Dokładność: ±0,5°C (0...85°C)
- Pomiar pH
 - Zakres: 0...10 pH
 - Rozdzielczość: 0,1 pH
- Pomiar poziomu wody
 - Zakres: 0...15 cm
 - Wskazanie: 0...100

Sterowanie za pomocą klawiszy

Klawiszem [up] – zawsze załączamy lub wyłączamy ręcznie światło dzienne. W przypadku, gdy wyjście OUT1L wykorzystujemy do załączania innych urządzeń aniżeli światło, dłuższe przytrzymanie tego klawisza skutkuje ręcznym załączeniem/wyłączeniem światła nocnego. Przyciskiem [down] sterujemy wtedy wyjściem OUT1L. Gdy wyjście OUT1L będzie sterować oświetleniem dziennym,

PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Regulator temperatury w akwarium	EP 8/2001	AVT-1322
Sterownik (niekoniecznie) akwariowy	EdW 11/2002	AVT-2493
Akwariowy dozownik pokarmu	EdW 3/2003	AVT-2657
Regulator temperatury w akwarium	EP 6/2003	AVT-1367
Sterownik do wymiany wody w akwarium	EdW 3/2006	–
Sterownik akwarium	EP 3-4/2007	AVT-980

światło nocne załączamy/wyłączamy przyciskiem [down]. Czas trwania załączania/wyłączania (świtu/zmierzchu) w trybie ręcznym jest równy parametrowi czas trwania zmierzchu/świtu - ręka. Jest tak również w sytuacji, gdy zaniknie i powróci napięcie sieciowe. Parametr czas trwania zmierzchu/świtu - auto brany jest pod uwagę przez sterownik w trybie automatycznym (z wyjątkiem zaniku i powrotu napięcia sieciowego). Rozjaśnianie/ściemnianie w trybie ręcznym może więc trwać znacznie krócej niż w trybie automatycznym (warto wykorzystywać tę możliwość przy pracach pielęgnacyjnych w akwarium).

Klawisz [>] - sterowanie ręczne OUT2.

Klawisz [enter] - sterowanie ręczne OUT3F.

Klawisz [esc] - sterowanie ręczne OUT4FD, dłuższe przytrzymanie oznacza sterowanie ręczne OUT5.

Wcisnięciu klawisza, podobnie jak stanowi alarmowemu, towarzyszy sygnał dźwiękowy. Dłuższe przytrzymanie klawisza [>] powoduje wejście w podprogram konfiguracji wyjść sterownika, natomiast przytrzymanie klawisza [enter] powoduje wejście w podprogram parametryzacji. W obu przypadkach następuje zmiana podświetlenia wyświetlacza z koloru zielonego na bursztynowy (wyświetlacz nie będzie podświetlany, gdy panel czołowy będzie silnie oświetlany z zewnątrz).

W pętli głównej wykonywany jest także podprogram obsługi LCD (okno główne) - wyświetlanie czasu, poziomu napełnienia akwarium, temperatury, aktualnego pH, informacji o try-

bie załączania/wyłączania oświetlenia dziennego/nocnego, rodzaju funkcji załączonej/wyłączonej w danym momencie. Np. włączenie/wyłączenie wentylatora w trybie *auto* lub *ręka*, spowoduje zapalenie/zgaszenie diod LED (zielonej/czerwonej) oraz pojawienie się, na chwilę w ostatniej linii LCD napisu „wentylator >>”

Na LCD mogą w każdej chwili pojawić się informacje o zaistniałym alarmie, powodując zanik informacji o niższym priorytecie. Opis alarmów zawarto w **tab. 1**.

Oczywiście występowanie poszczególnych komunikatów na LCD oraz ich skutki zależą od tego, czy aktywowaliśmy określone funkcje.

Podprogramy przerwania

Co 1 ms następuje wejście w podprogram obsługi przerwania od przepelnienia Timera 0. W przerwaniu tym obliczane są kolejne interwały, w których podejmowane są akcje opisane niżej.

- co 1 ms:
 - obsługa funkcji karmienia (załączenie/wyłączenie wyjścia OUT4FD oraz odliczanie czasu karmienia określonego w ustawialnym parametrze CZAS DOZOWANIA
- co 50 ms:
 - zapis informacji do ekspanderów PCF 8574 (sterowanie diodami LED),
 - sterowanie diodą LED dla funkcji wentylatora (częstotliwość migania będzie uzależniona od zadanej prędkości wentylatora). Informacja przekazywana będzie do PCF 8574 w następnym cyklu przerwania - jak powyżej,
 - sterowanie wyjściami LAMP i OUT1L (jeśli OUT1L=LAMPA) z uwzględnieniem opóźnienia dla HQI - wysokoprężnej metalohalogenowej lampy łukowej, na podstawie stanu flag odpowiadających wyjściom. Upływający czas opóźnienia dla załączenia HQI na wspomnianych wyjściach sygnalizowany jest miganiem LED odpowiadającej wyjściu LAMP i/lub OUT1L (2 Hz). Stan OUT1L - Strefa III (w opcji I lub II, jeśli OUT1L=LAMPA i nie ma HQI) może być uzależniony od natężenia światła padającego na panel sterownika a zarazem akwarium (jedna z funkcji fototranzystora na panelu).

- co base_time ms - wartość parametru zależna od ustawialnego parametru CZAS ROZJAŚNIANIA/ŚCIEMNIANIA (czas świtu/zmierzchu):

- zmiana wartości zmiennej temp_duty_PWMa (kierunek zależny od operacji: rozjaśnianie czy ściemnianie). Zmiana jest wstrzymywana na czas odliczania opóźnienia dla załączenia HQI
- zmiana wartości zmiennej temp_duty_PWMb
- obliczenie poziomu natężenia oświetlenia duty_PWMb w zależności od temp_duty_PWMb, ustawialnego parametru MAX POZIOM NOCNEJ STREFY, OPCJI - FAZY KSIEŻYCA.
- obliczenie poziomu natężenia oświetlenia duty_PWMa w zależności od temp_duty_PWMa, parametru MAX POZIOM STREFY I.

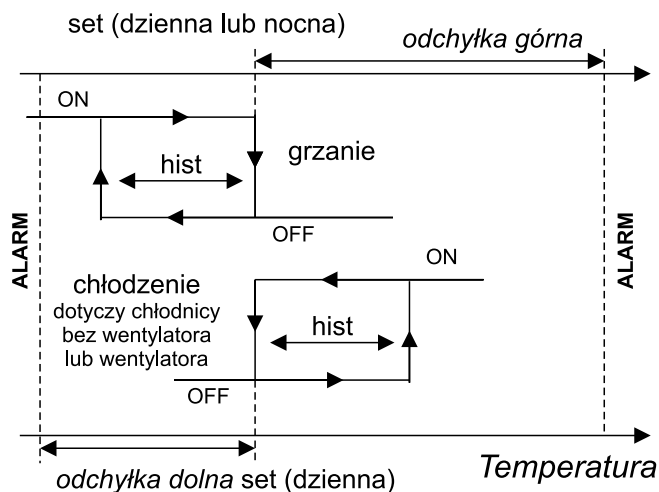
- co 500 ms:

- odczyt wartości natężenia oświetlenia zewnętrznego (poprzez ADC),
- odczyt wartości poziomu wody (poprzez ADC),
- wywołanie podprogramu obsługi wejść analogowych.

Co 1 s następuje wejście w podprogram obsługi przerwania wyzwalanego INTO (od DS1307). Wykonuje się w nim:

- odczyt z DS1307 (data, czas), konwersja danych z BCD,
- odczyt z ADS1110 i obliczenie wartości pH (ADS1110 - wersja EDO5; adres 0x9A),
- cykl wentylatora,
- cykl pauzy dla karmienia,
- obliczenia dla funkcji oświetlenia,
- załączenie oświetlenia dziennego, wyłączenie nocnego,
- wyłączenie oświetlenia dziennego, załączenie na kilka sekund wentylatora (max obroty) - dla utrzymania jego sprawności,
- załączenie oświetlenia nocnego,
- wyłączenie oświetlenia nocnego, jeśli aktywna opcja: WYGAS OŚW. NOCNE O,
- załączenie karmienia,
- sterowanie timerem,
- odliczanie czasu dla opóźnienia HQI 2 i/lub HQI 3 (rozgrzane lampy nie powinny być włączone przed ostygnięciem),
- ustawianie/zerowanie flag dla wyjść LAMP i OUT1L z uwzględnieniem numeru opcji oświetlenia,
- określenie pory dnia (noc/dzień),

Tab. 1. Rodzaje alarmów i ich skutki	
Alarm	Skutek
awaria czujnika temperatury	blokada wyjścia grzania
za wysoka temperatura	
za niska temperatura	wyjście grzania załączone
za wysokie pH	wyjście dozowania CO ₂ załączone
za niskie pH	blokada wyjścia dozowania CO ₂
brak wody w zbiorniku zasilającym	blokada wyjścia dopielniania
poziom wody w akwarium poza limitem - górnym (również awaria czujnika)	
poziom wody poniżej 10 (również awaria czujnika)	
przeciek	



Rys. 8.

- odliczanie pauzy sygnału dźwiękowego alarmu,
- sterowanie funkcją napowietrzania z uwzględnieniem opcji „praca z grzałką”, „co jakiś czas przez jakiś czas”, „od godziny do godziny”,
- odczyt temperatury z DS18B20 (sprawdzenie poprawności transmisji za pomocą CRC),
- wywołanie podprogramów regulacji temperatury oraz regulacji pH
- ustawienie flag alarmowych pH
- jeśli alarm

W podprogramie obsługi przerwania od przepełnienia Timera 1 wykonuje się:

- wpisanie `duty_PWM_A` (aktualny poziom oświetlenia strefy I) do OCR1A,
- wpisanie `duty_PWM_B` (aktualny poziom oświetlenia strefy nocnej) do OCR1B

W podprogramie obsługi przerwania od przepełnienia Timera 2 wykonuje się:

- wpisanie `duty_PWM2` do OCR2 (aktualna prędkość wentylatora)

Podprogramy

W podprogramie obsługi wejść analogowych realizowane są następujące funkcje:

- ustawianie/zerowanie flagi sterującej OUT1L (jeśli OUT1L=LAMPA)
- sterowanie podświetleniem LCD (podświetlenie zielone - normalny tryb pracy, bursztynowe - tryb programowania lub stan alarmowy)
- monitoring poziomu wody i sterowanie dopełnianiem

W podprogramie regulacji temperatury (co 1 s) odbywa się sterowanie grzałką (rys. 8), oświetleniem - wy-

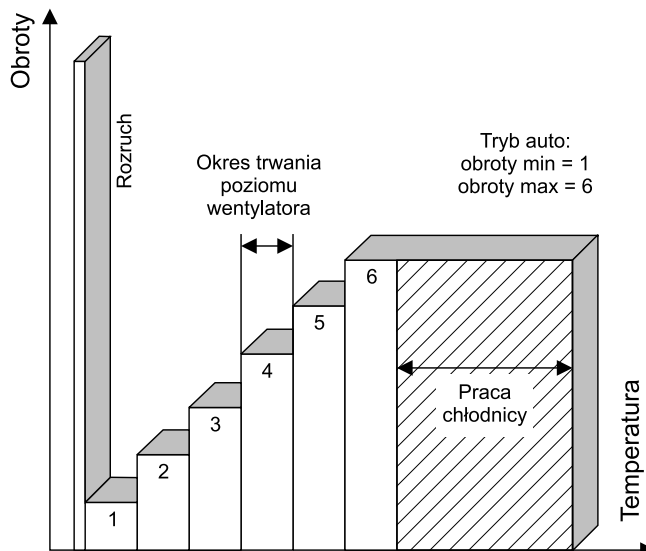
łącznie w wypadku przekroczenia ustawialnego progu odchyłki, wentylatorem i chłodnicą (rys. 9).

W trybie pracy automatycznej i ręcznej wentylator startuje na maksymalnych obrotach, po chwili spadają one do ustawianego przez użytkownika minimum, po czym, jeśli temperatura nie spada, zwiększają się systematycznie w ustawianych odstępach czasu, aż do ustawianego maksimum. W sytuacji, gdy wentylator pracuje razem z chłodnicą, po osiągnięciu przez niego ustawionych obrotów maksymalnych, jeśli nie spada temperatura i po ustawionym czasie, następuje załączenie chłodnicy. Spadek temperatury powoduje zatrzymanie przyrostu obrotów wentylatora.

Tryb parametryzacji

W tym trybie, w zależności od określonej konfiguracji, mamy dostęp do następujących grup i podgrup menu:

- czas i data - możliwość ustawienia,
 - oświetlenie - regulacja max jasności żarówki, włączenie/wyłączenie lampy HQI, zwłoka załączenia, próg wyłąc/załacz, regulacja max jasności oświetlenia nocnego, „wygaś o” (ustawianie godziny jeśli nie chcemy, by światło nocne świeciło przez całą noc, załącz oświetlenie dzienne/zgaś nocne, wyłącz oświetlenie dzienne/zapał nocne, wygaś oświetlenie dzienne powyżej ustawionej odchyłki temperatury, zwłoka HQI, zwłoka dla wszystkich lamp HQI, czas trwania zmierzchu/świt),
 - termostat (rys. 8) - ustaw temperaturę w dzień, ustaw temperaturę w nocy, ustaw histerezę regulacji temperatury, dopuszczalna odchyłka górna, dopuszczalna odchyłka dolna, korekta temperatury mierzonej,
 - pomiar pH - alarm górny, alarm dolny, regulacja pH (ustaw limit górny i dolny),
 - powietrze,
 - karmienie - ustawianie pór karmienia, ustawianie czasu dozowania,
 - dopełnianie,
 - timer,
 - wentylator - ustawianie obrotów min i max, ustawianie okresu trwania poziomu obrotów.
- Nie wszystkie parametry (lub opcje) będą widoczne w menu. Jeśli np. nie konfigurujemy żadnego wyjścia jako przeznaczonego do pracy z wentylatorem, nie znajdziemy nigdzie menu: „wentylator”. Jeśli nie uaktywnimy opcji „pora



Rys. 9.

karmienia – 2”, nie pojawi się pozycja „00:00” (czas karmienia 2).

W głównym menu parametryzacji możemy zablokować funkcję termostatu oraz pomiaru pH (zamiast znaku „>” pojawi się znak „x”). Wciśnięcie klawisza [>] powoduje wejście w podgrupę. Po funkcjach, opcjach i parametrach poruszamy się przy pomocy klawiszy [up] i [down]. Wybrana pozycja pulsuje. Daną opcję uaktywniamy („odhaczamy”) klawiszem [enter] (pojawia się wówczas znak „<<”). Edycji parametru (z wyjątkiem korekty temperatury mierzonej) dokonujemy poprzez wciśnięcie klawisza [enter] (zaczyna pulsować ostatnia pozycja wartości), zmianę wartości przy pomocy klawiszy [up] i [down]. Klawiszem [>] możemy zmieniać pozycję wartości (pulsuje wybrana pozycja), aby przyspieszyć ustawianie parametru. Edycję parametru kończymy ponownie wciskając klawisz [enter] – pozycja przestaje pulsować, pulsuje cała wartość. Z grupy lub podgrupy menu wychodzimy używając klawisza [esc].

Konfigurowanie wyjść sterownika

Po wejściu do podprogramu konfiguracji widzimy 5 linijek pokazujących przyporządkowanie określonych funkcji kolejnym wyjściom sterownika. Klawiszem [góra][dół] przesuwamy się po numerach wyjść, klawiszem [enter] aktywujemy tryb edycji dla danego wyjścia, klawiszem [>] zmieniamy jego funkcję. Pamiętamy o tym, aby wyboru funkcji dokonywać dla wyjść w porządku od 1 do 5 (aby uniknąć powtarzania tej samej funkcji dla różnych wyjść) oraz o tym, że wyjścia 3 i 4 to wyjścia niskonapięciowe DC, pozostałe – 230 VAC (wyjścia PWMB – 310 VDC oraz PWMN nie podlegają konfiguracji).

Możliwości konfiguracji:

OUT1L – Lampa/Grzanie/Chłodzenie/Dopełnianie/CO₂/Timer

OUT2 – Powietrze/Grzanie/Chłodzenie/Dopełnianie/CO₂/Timer

OUT3F – Wentylator/Chłodzenie/Dopełnianie/CO₂/Timer

OUT4FD – Karmienie/Chłodzenie/Dopełnianie/CO₂/Timer

OUT5 – Powietrze/Grzanie/Chłodzenie/Dopełnianie/CO₂/Timer

Uwaga: zmiana w konfiguracji i wyjście z podmenu powoduje zresetowanie procesora.

Pomiar temperatury

Pomiar temperatury dokonywany jest przez specjalizowany czujnik półprzewodnikowy DS18B20 o zakresie pomiarowym (–55...125°C o konfigurowalnej rozdzielczości: 9, 10, 11 i 12 bitów, odpowiadającej odczytowi temperatury z rozdzielczością 0,5, 0,25, 0,125, i 0,0625°C. Czas konwersji dla rozdzielczości 12 bitów, a w takim trybie pracuje czujnik, wynosi maksymalnie 750 ms. Wartości zmierzonej temperatury odczytywane są przez procesor w postaci cyfrowej poprzez magistralę 1 Wire. Następnie przy wykorzystaniu kontroli CRC sprawdzana jest poprawność transmisji. Program dokonuje przeliczeń umożliwiając uzyskanie rozdzielczości 0,1°C.

Ustawienia

- F_CPU=8 MHz (wewnętrzny oscylator RC) – ustawienie za pomocą Fuse bitów,
- Timer0: timer taktowany F_CPU/64,
- Ustawienia PWM: Timer1: rozdzielczość 10 bitów, Timer taktowany F_CPU/64, Fast PWM mode with ICR (0x3FF) top-count, Timer2: rozdzielczość 8 bitów, Timer taktowany F_CPU/128, Fast PWM with 0xFF top-count,
- zgłoszenie przerwania INT0 na rosnącym zboczu,
- Watchdog: makro wdt_enable(WDTO_2S) z AVR Libc umieszczone w podprogramie uaktualniania pamięci LCD zeruje watchdog co 2 s, zabezpieczając sterownik przed skutkami ewentualnego zawieszenia się programu.

Uwagi

Aby zaoszczędzić przestrzeni pamięci SRAM (2 kB), potrzebnej także na obsługę stosu, zdecydowaną większość komunikatów i części składowych menu wyświetlacza, umieściłem w pamięci Flash procesora (32 kB). Po kompilacji programu otrzymujemy komunikat o 43 procentach zajętości SRAM-u oraz 100 procent zajętości pamięci Flash.

Program został napisany w języku C przy pomocy popularnego kompilatora avr-gcc (GCC) wersja 3.4.3 i był debugowany za pomocą AVRStudio 4.12 poprzez interfejs JTAG-ICE avr. Po jego ostatecznej korekcie (zapewne znajdą się jeszcze jakieś błędy) złącze JTAG zamieniłem na ISP.

Montaż i uruchomienie

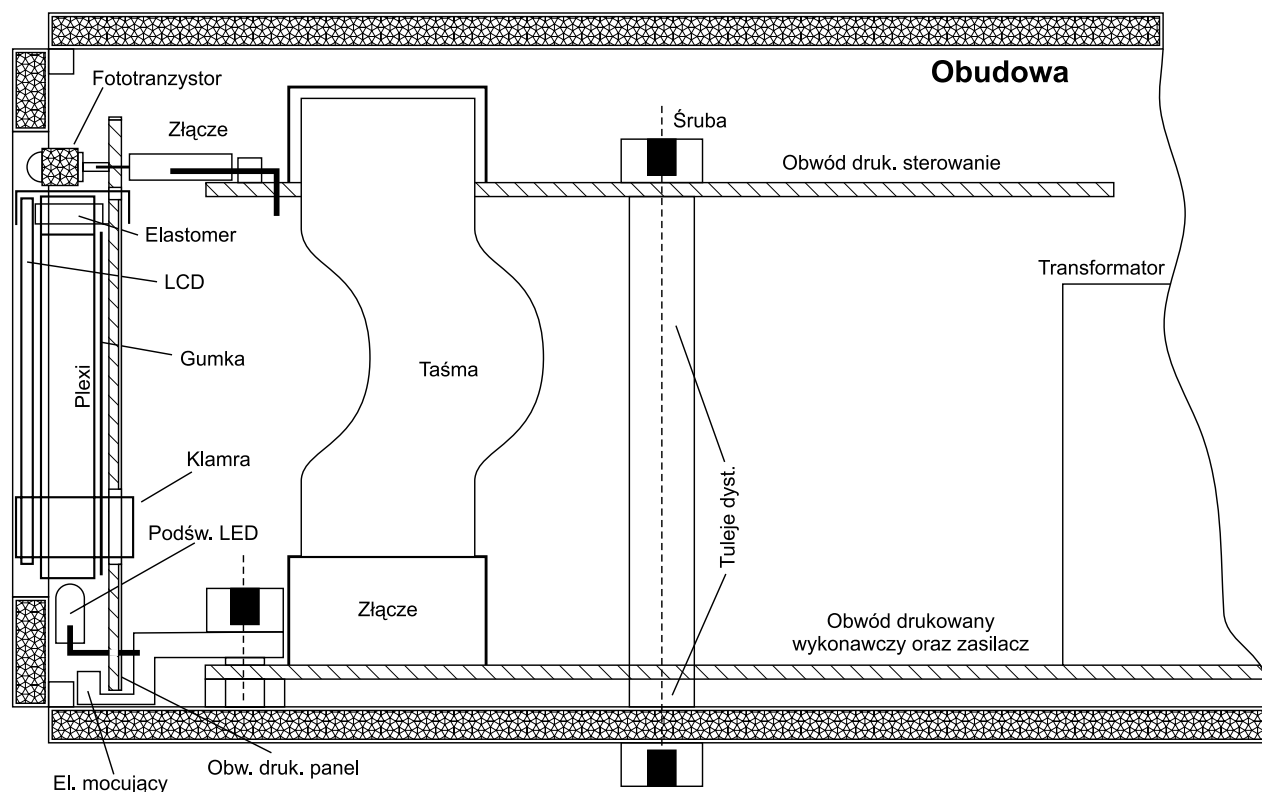
Elementy elektroniki zostały zamontowane na dwustronnych płytach drukowanych. W układzie sterowania jak i wykonawczym zdecydowałem się na montaż przewlekany. W układzie panela oraz czujnika poziomu wody – także na montaż powierzchniowy SMD.

Montaż płytki rozpoczynamy od wlutowania elementów biernych wraz z podstawkami pod układy scalone oraz gniazdami złącz i listwami kołkowymi typu goldpin (gniazda SL1 – 3 montujemy na spodniej stronie obwodu drukowanego). Kolejne etapy to przylutowanie buzzera, półprzewodników, baterii litowej, a następnie umieszczenie w podstawkach układu zegara oraz mikrokontrolera.

Montaż układu wykonawczego rozpoczynamy od wlutowania rezystorów, kondensatorów (elektrolitycznych – na końcu), bezpieczników, podstawek pod układy scalone i transoptorów (można z nich zrezygnować), półprzewodników, gniazd złącz, a następnie transformatora. Kolejny etap to montaż radiatorów dla tranzystora Q1 (radiator typu FK219SACB1) oraz dla przetwornicy impulsowej IC2. W wypadku poboru nieznacznej mocy radiatorzy nie będą potrzebne.

Wyświetlacz LCD w panelu czołowym połączony jest elektrycznie z obwodem drukowanym za pomocą gumki z elastomeru (2x8x13 mm) wymontowanej ze starego modułu wyświetlacza. Gumka jest dość wysoka (8 mm) ze względu na zastosowanie do podświetlenia LCD super jasnych diod LED 3 mm oraz grubej, zmatowionej obustronnie pleksi (5 mm). Ten świetnie rozpraszający światło materiał został oklejony od spodu i po bokach białym ekranem (naklejką), a następnie przymocowany do obwodu drukowanego wraz z LCD za pomocą sprężystych blaszek. Klamry te z jednej strony opasują krawędzie LCD, z drugiej – krawędzie obwodu drukowanego, wchodząc w jego wycięcia (**rys. 10**). Pomiędzy pleksi a obwodem drukowanym umieściłem cienką gumkę, co podobnie jak kilka kropel silikonu w miejscach połączeń, stanowić ma zabezpieczenie przed przemieszczeniem się elementów wyświetlacza.

Zarówno boki wyświetlacza, jak i fototranzystor dobrze jest zaopa-



Rys. 10.

trzyć w zaczerńnione ekrany (koszulki) ograniczające emitowanie lub dostęp światła do tych elementów.

Montaż dobrze jest rozpocząć od przylutowania elementów SMD (rezystory, kondensatory, mikroprzełączniki), układy scalone pozostawimy na koniec). Kolejnym etapem będzie przylutowanie elementów przewlekanych (w tym gniazda szpilkowego oraz diod LED podświetlacza z wygiętymi pod kątem 90° wyprowadzeniami). Zanim przystąpimy do montażu wyświetlacza lutujemy z użyciem plecionki do odsysania lutowni układy scalone. Montaż wyświetlacza może wymagać niemałego wysiłku – trzeba będzie idealnie zgrać ze sobą pady LCD – poprzez elastomer – z padami obwodu drukowanego. W praktyce, okazało się konieczne uruchomienie części sterującej połączonej z panelem i takie przemieszczanie wyświetlacza, aby nawiązał on komunikację z procesorem.

Monitor poziomu wody

Montaż rozpoczynamy od przylutowania elementów SMD – rezystorów, kondensatorów, układów scalonych, tranzystora Q1, następnie elementów przewlekanych. Diody i fotodiodę IRED lutujemy od spodniej strony płytki. Diody zapatrujemy w koszulki blokujące dostęp promieni do fotodiody.

Obudowa oraz inne elementy

W zakres przygotowania obudowy (obudowa KRADEX – Z2) weszło wiercenie otworów w panelu tylnym pod gniazda i kable, a w czołowym – wiercenie i wycinanie otworów pod klawiaturę, LED-y, fototranzystor oraz wyświetlacz. W dolnej części obudowy oraz w panelu tylnym wykonałem perforację w celu wymuszenia cyrkulacji powietrza (sprawniejsze odprowadzanie ciepła). Jako gniazda wyjściowe niskiego napięcia zastosowałem gniazda typu Jack 6,35 mm. Jako gniazda wejściowe temperatury – Jack 3,5 mm/stereo, przecieku i braku wody ZZ – Jack 2,5 mm/mono, poziomu wody – Jack 3,5 mm/stereo, pHmetru – gniazdo telefoniczne. W tylnej ścianie znajduje się też gniazdo zasilania zewnętrznego typu PC-G2,5 (z przełącznikiem) oraz gniazdo bezpiecznikowe 10 A. Wyjścia 230 VAC oraz 310 VDC za pośrednictwem złączy z listwą zaciskową oraz wielożyłowego kabla (duży przekrój i dobra izolacja!), połączyłem z przystosowaną (rozdzielone styki) listwą zasilającą wchodzącą w skład typowego przedłużacza sieciowego. W listwie tej zamocowałem gniazda bezpiecznikowe obwodów napięcia 230/310 V. Wartości zastosowanych tutaj bezpieczników będą zależeć m.in. od mocy podłączonych odbiorników. Kabel wielożyłowy oraz sieciowy po-

winny być solidnie przymocowane do obudowy. Transformator dodatkowo został przytwierdzony do spodniej części obudowy za pomocą blaszanego wspornika.

W przypadku zastosowania lamp HQI, zalecane będzie zasilanie ich z wyjść 230 VAC sterownika poprzez dodatkowe styczniki o odpowiedniej obciążalności prądowej.

Układ DS18B20 umieściłem w koszulce termokurczliwej wypełnionej na końcach silikonem, następnie po jego wyschnięciu podgrzałem ją w celu polepszenia szczelności.

Kabelki z uszkodzonych myszek komputerowych doskonale nadają się do połączenia czujników ze sterownikiem.

Grzegorz Sipiora
dzesek@wp.pl