

Sterownik różnicowy kolektora słonecznego

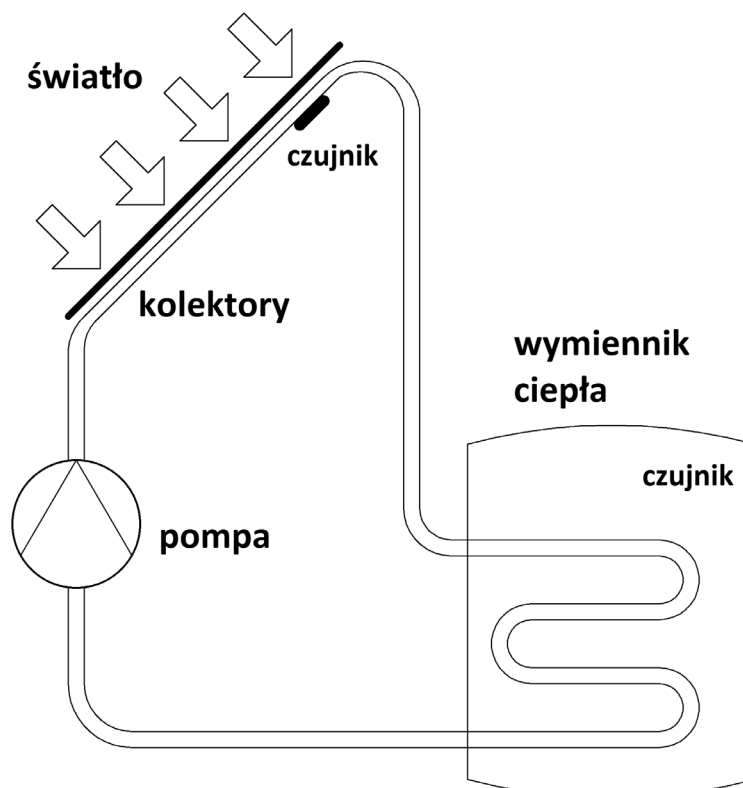
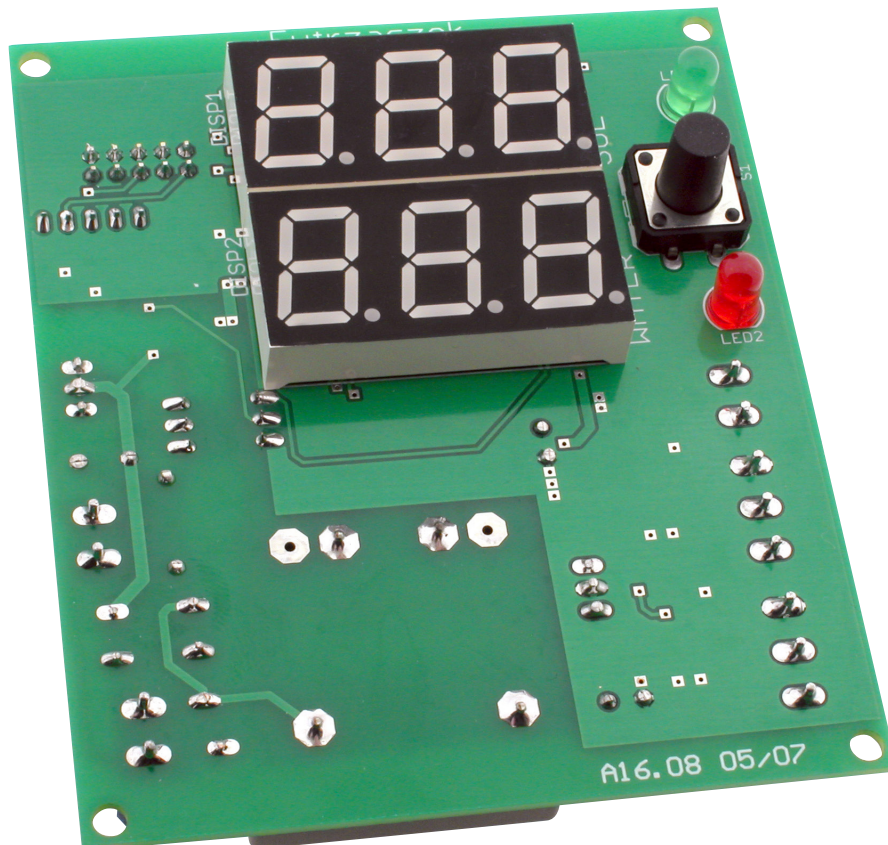
Moda na „eko” zatacza coraz szersze kręgi. Nic dziwnego, skoro często stoi za tym również zwykła ekonomia. Przykładem może być zaprzęgnięcie energii słonecznej do ogrzewania ciepłej wody użytkowej (CWU) na potrzeby domu jednorodzinnego. Aby taka instalacja była bezpieczna i działała wydajnie, należy zaopatrzyć ją w stosowny układ nadzorujący jej pracę. Właśnie do tego służy urządzenie opisane w niniejszym artykule.

Rekomendacje: sterownik przyda się w domku jednorodzinnym lub na ogródku działkowym.

Schemat nieskomplikowanej instalacji do solarnego podgrzewania CWU pokazano na **rysunku 1**. W najczęściej spotykanym układzie wymiennik ciepła znajduje się niżej niż kolektory, dlatego jest potrzebna pompa do wymuszenia obiegu czynnika grzewczego. Bez niej, naturalna konwekcja spowodowałaby szybkie zagotowanie się cieczy w kolektorze, ponieważ ogrzany płyn ma mniejszą gęstość i pozostaje na górze instalacji.

Pompa działająca bez przerwy byłaby dla systemu źródłem strat w sytuacji, gdy woda jest już ogrzana, a promieni słonecznych jest mało lub nie ma ich wcale – na przykład nocą lub w pochmurny dzień. Ponadto, odbije się to negatywnie na zużyciu energii elektrycznej oraz trwałości samej pompy.

Najlepszym rozwiązaniem jest załączanie pompy tylko wtedy, gdy temperatura w kolektorze jest wyższa od temperatury wody w wymienniku. W ten sposób można wykorzystać każdy silniejszy błysk promieni słonecznych nawet, gdy danego dnia woda jest dodatkowo ogrzewana np. elektrycznie. Do tego właśnie służy opisywane urządzenie: mierzy temperaturę cieczy w kolektorze oraz wody w zbiorniku (punkty zaznaczone na rys. 1) i załącza pompę, jeśli ta pierwsza wartość będzie wyższa od drugiej o zadany próg. Mieszanie ustaje z chwilą zrównania się obu temperatur. Dzięki histerezie pompa nie będzie bez przerwy przełączana. Stąd nazwa urządzenia – „sterownik różnicowy”, ponieważ bierze ono pod uwagę jedynie różnicę temperatury, a nie konkretną jej wartość.



Rysunek 1. Schemat najprostszej instalacji do ogrzewania CWU kolektorami słonecznymi.

Budowa

Schemat ideowy sterownika różnicowego pokazano na rysunku 2. Dla ułatwienia zrozumienia zasady działania, budowa sterownika zostanie omówiona blok po bloku.

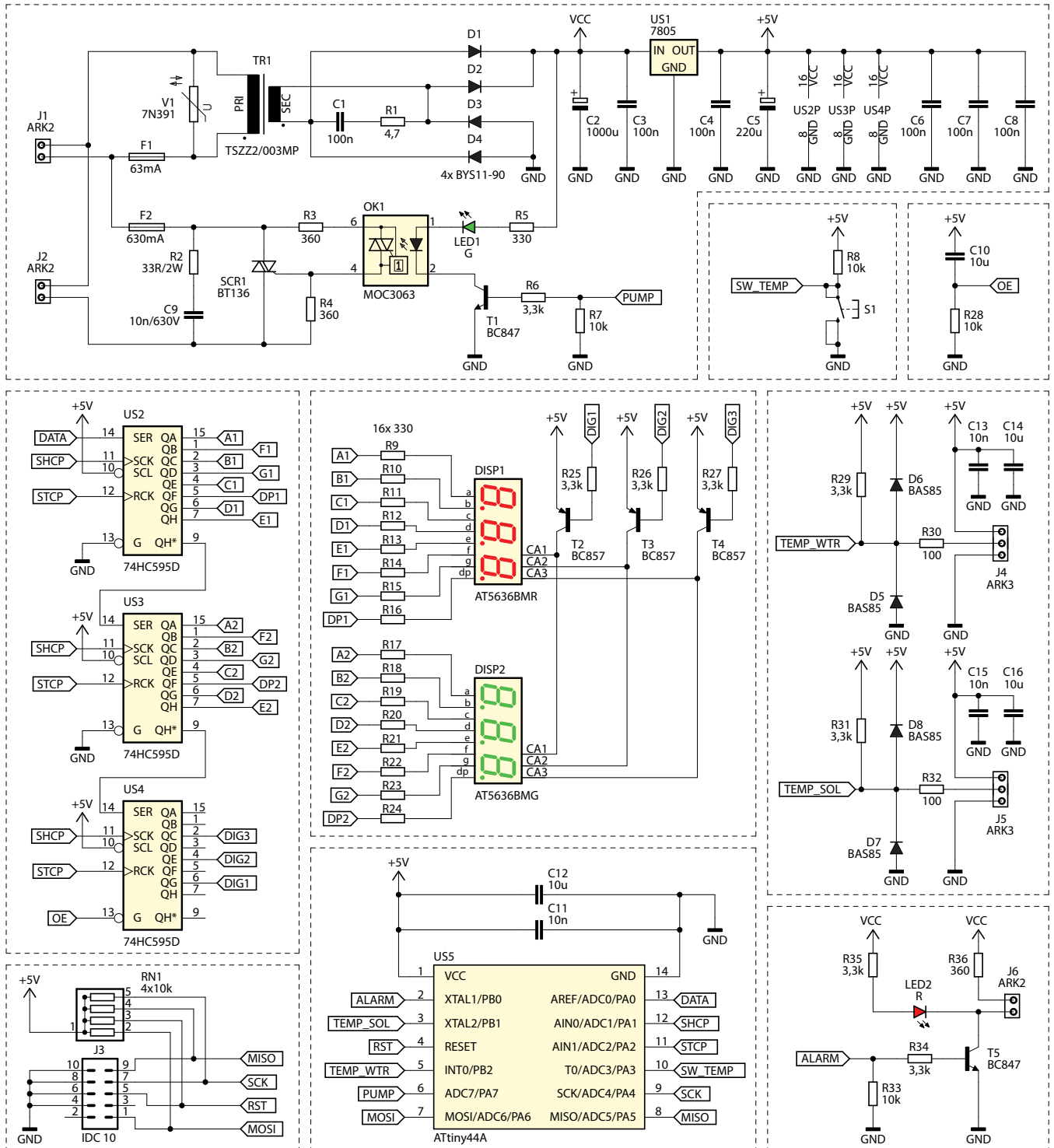
ZASILACZ. Cały układ sterownika jest zasilany z sieci napięcia przemiennego 230 V AC za pomocą zasilacza transformatorowego. Dużą zaletą takiego rozwiązania, w porównaniu do przetwornicy impulsowej, jest prostota budowy, niejako naturalna izolacja galwaniczna od sieci energetycznej zapewniana przez transformator sieciowy, duża trwałość oraz odporność na przepięcia i zakłócenia

przedostające się z sieci. Moc transformatora wynosząca 2 VA jest w zupełności wystarczająca do tego zastosowania.

Sterownik musi być przystosowany do pracy samodzielnej, bez ciągłego nadzoru człowieka, więc trzeba było wyposażać go w wariator oraz bezpiecznik zabezpieczające obwód w razie awarii. W wypadku wystąpienia znaczącego przepięcia w sieci elektroenergetycznej, wariator „otworzy się”, co spowoduje przepalenie bezpiecznika F1. To uchroni układ przed wystąpieniem w nim dalszych zniszczeń. Ponadto, w wypadku wystąpienia zwarcia w układzie spowodowanego np. uszkodzeniem

kondensatora elektrolitycznego, bezpiecznik odetnie zasilanie i zapobiegnie poważniejszym następstwom takiej awarii.

Po stronie wtórnej transformatora włączono typowy mostek Graetza do prostowania prądu przemiennego. Wykonano go z diod Schottky, aby uzyskać mniejszy spadek napięcia w kierunku przewodzenia. Obwód tzw. snubbera złożony z rezystora R1 i kondensatora C1 tłumí zakłócenia wysokoczęstotliwościowe poprzez wytracanie ich energii w rezystorze R1. W urządzeniu są wykorzystywane dwa napięcia stałe. Pierwsze, o wartości ok. 9 V, pochodzi z kondensatora elektrolitycznego filtra za mostkiem



Rysunek 2. Schemat ideowy różnicowego sterownika kolektora słonecznego.

Graetza. Używa się go tam, gdzie nie ma dużych wymagań odnośnie do stabilności napięcia, czyli załączanie diod LED. Drugie napięcie

pochodzi ze stabilizatora 7805 i służy do zasilania układów cyfrowych.

OBWÓD ZASILANIA POMPY. Pompa obiegowa jest załączana poprzez triak, a nie przez przekaźnik elektromagnetyczny. Pomimo niewątpliwych zalet przekaźnika elektromagnetycznego, wybrano triak ze względu na jego wielokrotnie większą trwałość. Obwód pompy również jest zabezpieczony bezpiecznikiem na wypadek wystąpienia w nim przeciążenia, np. zwarcia lub zablokowania wirnika pompy. Triak został zobcnikowany snubberem, który jest zalecany przy przełączaniu obciążeń o charakterze indukcyjnym. Do załączania triaka służy optotriak typu MOC3063. Zapewnia on izolację galwaniczną od sieci dla reszty elektroniki oraz „pilnuje”, aby załączenie odbyło się w zerze napięcia zasilającego. Ta wersja optotriaka do poprawnego załączenia wymaga tylko 5 mA prądu płynącego przez wbudowaną diodę nadawczą, w przeciwieństwie do np. MOC3061, który wymaga 15 mA.

Załączenie pompy jest sygnalizowane za pomocą zielonej LED na płytce sterownika. Jest ona połączona szeregowo z diodą nadawczą optotriaka, co eliminuje konieczność dodania drugiego rezystora. Wejście tranzystora T1 w stan nasycenia załącza tę gałąź, a rezystor R7 służy do jego wyłączenia w razie braku sygnału z mikrokontrolera.

MIKROKONTROLER. Wymagania dotyczące mikrokontrolera zarządzającego pracą sterownika nie są wygórowane, więc postawiono na tani i sprawdzony układ z rodziny AVR, a dokładniej – ATtiny44A. Pamięć Flash mieszcząca 4 kB i 11 programowalnych wyprowadzeń (bez użycia wyprowadzenia *Reset*) są w pełni wystarczające do tego zastosowania. Mikrokontroler, podobnie jak większość elementów, jest montowany powierzchniowo, więc do jego programowania przewidziano 10-pinowe złącze KANDA (J3). Rozmieszczenie poszczególnych sygnałów w tym złączu odpowiada standardom programatorów ISP.

DODATKOWE MATERIAŁY DO POBRANIA ZE STRONY:

www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5621

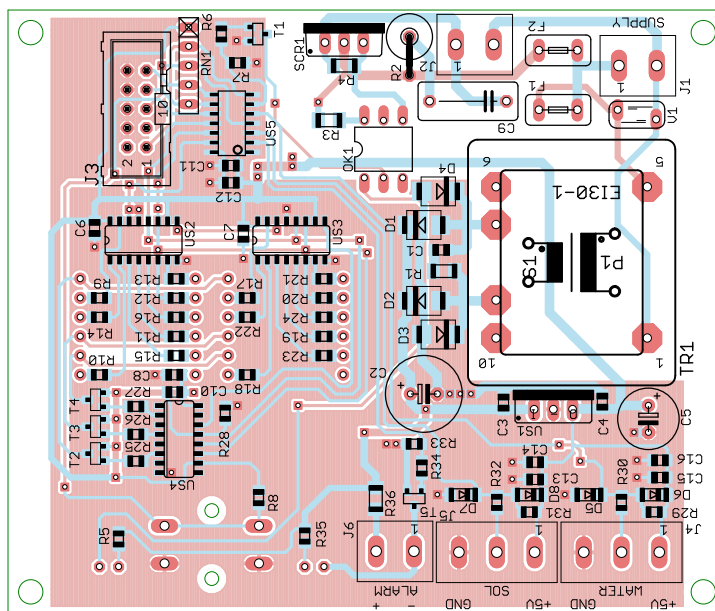
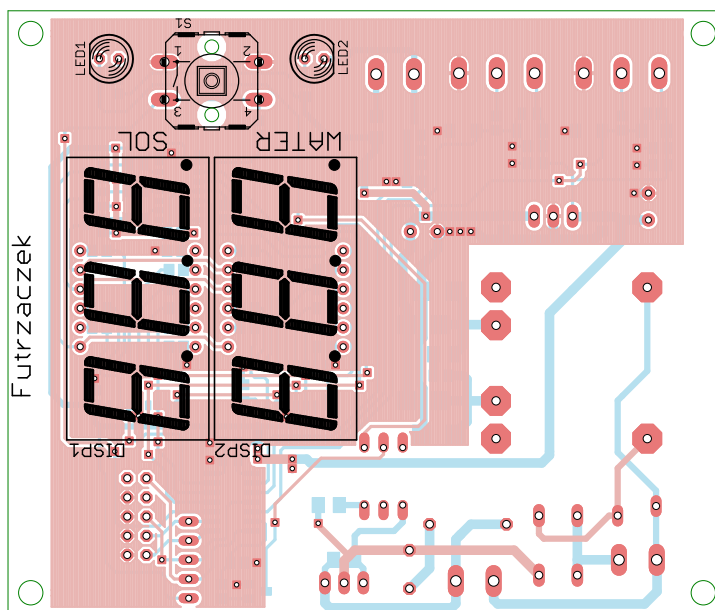
Podstawowe informacje:

- Czytelny wyświetlacz LED.
- Menu użytkownika z przyciskiem.
- Pomiar temperatury cieczy w kolektorze oraz wody w zbiorniku.
- Sterowanie pompą zależnie do zmierzonej różnicy temperatury.
- Odizolowany galwanicznie za pomocą optotriaka.
- Mikrokontroler ATtiny44A.
- Półprzewodnikowe wyjście alarmowe.
- Zasilanie z sieci 230 V AC za pośrednictwem transformatora.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5618	Sterownik bojlera do instalacji PV (EP 2/2018)
AVT-5620	Wielozadaniowy termostat (EP 1/2018)
AVT-5589	4-kanałowy termostat z alarmem (EP 6/2017)
AVT-5354	Zaawansowany, funkcjonalny termostat (EP 11/2016)
AVT-1908	Termostat 4-kanałowy (EP 5/2016)
AVT-1878	Prosty termostat cyfrowy (EP 8/2015)
AVT-3131	Uniwersalny termostat (EdW 6/2015)
AVT-1855	Sterownik wentylatora z czujnikiem wilgotności powietrza (EP 5/2015)
AVT-1830	Termometr z alarmem (EP 11/2014)
AVT-5441	Cyfrowy termostat (EP 3/2014)
AVT-5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT-1742	Rozbudowany termostat (EP 6/2013)
AVT-5363	Termostat z regulowaną pętlą histerezy (EP 9/2012)
AVT-1699	Regulator temperatury (EP 8/2012)
AVT-5354	Termostat (EP 7/2012)
AVT-3025	Regulowany termostat cyfrowy (EdW 03/2012)
AVT-5305	Dobowy, grzejnikowy regulator temperatury (EP 9/2011)
AVT-5152	Termostat dobowy (EP 10/2008)
AVT-950	Termostat elektroniczny (EP 9/2006)
AVT-5094	Bezprzewodowy regulator temperatury (EP 1-2/2003)

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!
 Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KItem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dotychczasową płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
 Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
 • wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytce PCB)
 • wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacją kitu w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
 • wersja [A+] płytką drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacją
 • wersja [UK] Zaprogramowany układ
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://shlep.avt.pl>



Rysunek 3. Schemat montażowy płytki sterownika.

Przez większość czasu wyprowadzenia te nie są używane, dlatego ich potencjał względem masy ustalają zewnętrzne rezystory zawarte w drabince rezystorowej RN1. Ułatwia to odprowadzanie z nich ładunków elektrostatycznych oraz zmniejsza wrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne.

Ustawienie żądanej różnicy temperatur odbywa się poprzez przyciskanie przycisku SW1. Wewnętrzny rezystor podciągający, zawarty

w strukturze mikrokontrolera, jest wspomagany przez dodatkowy rezystor R8. Zmniejsza to impedancję tego obwodu, co z kolei redukuje podatność na zakłócenia.

WYŚWIETLACZE. Wyniki pomiarów temperatury są na bieżąco wskazywane na dwóch wyświetlaczach 7-segmentowych, po trzy cyfry każdy. Rozdzielczość wyświetlanych wyników wynosi 0,1°C. Służą one również do sygnalizowania awarii w obwodzie czujników

temperatury. Bezpośrednie sterowanie tymi wyświetlaczami (w trybie multipleksowym) wymagałoby użycia aż 14 wyprowadzeń mikrokontrolera. Za pomocą rejestrów przesuwanych można ich liczbę ograniczyć do zaledwie 3. Katody segmentów każdego wyświetlacza są podłączone przez rezystory 330 Ω do wyjść rejestrów typu 74HC595. Trzeci rejestr załącza jeden z trzech tranzystorów uruchamiających poszczególne cyfry w wyświetlaczach. Wysyłając odpowiednią sekwencję bitów można jednocześnie ustawić segmenty i załączyć wybrane cyfry. Częstotliwość wywoływania przerw obsługiujących wyświetlacz wynosi 25 0 Hz, czyli każda cyfra jest odświeżana z częstotliwością ok. 83 Hz. Wyjścia rejestrów są zaopatrzone w bufory trójstanowe. Stan wysoki na linii OE (Output Enable) wyłącza je, przez co przechodzą one w stan wysokiej impedancji. Obwód RC złożony z kondensatora C10 i rezystora R20, na kilkaset milisekund od włączenia zasilania dezaktywuje wyjście układu US4.

Ma to na celu wyeliminowanie nieestetycznego „mrugnięcia” wyświetlaczy, jakie zdarza się zanim mikrokontroler rozpocznie pracę, ponieważ zawartości rejestrów są wtedy losowe. Wyłączenie tranzystorów sterujących anodami cyfr zapobiega temu zjawisku.

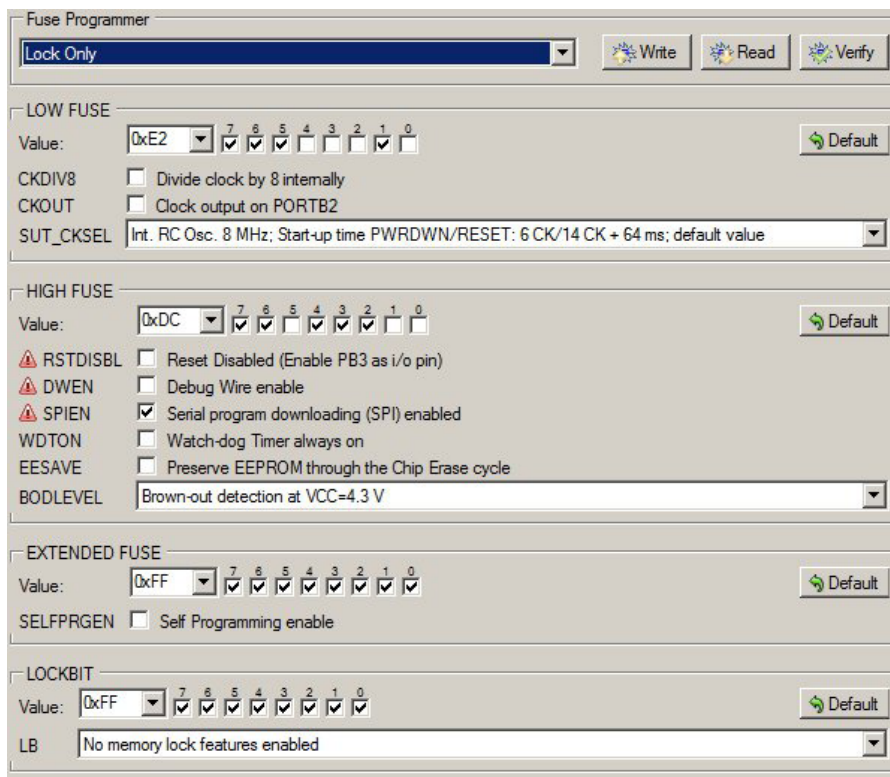
CZUJNIKI TEMPERATURY. Do pomiaru temperatury służą dobrze znane czujniki cyfrowe typu DS18B20. Powodami, dla których zostały wybrane, są: brak konieczności kalibracji, niska cena i łatwa dostępność. Tego typu czujniki zostały sprawdzone już w wielu aplikacjach, więc nie powinny sprawiać problemów.

Te czujniki można zasilac w trybie pasożytniczym (*parasite power*), w którym do przyłączenia czujnika są wymagane tylko dwa przewody, ale nie jest to zalecane przy wysokiej temperaturze. Tutaj temperatura może przekraczać 100°C (zwłaszcza w kolektorze), a czujniki muszą działać wtedy niezawodnie. Dlatego złącza J4 i J5 dla nich dedykowane mają trzy zaciski. Między linię zasilającą a masę zostały włączone kondensatory dla odfiltrowania ewentualnych tętnień.

Przewody łączące czujnik z płytką sterownika mogą być długie, toteż mogą się w nich indukować zakłócenia o znacznej amplitudzie.

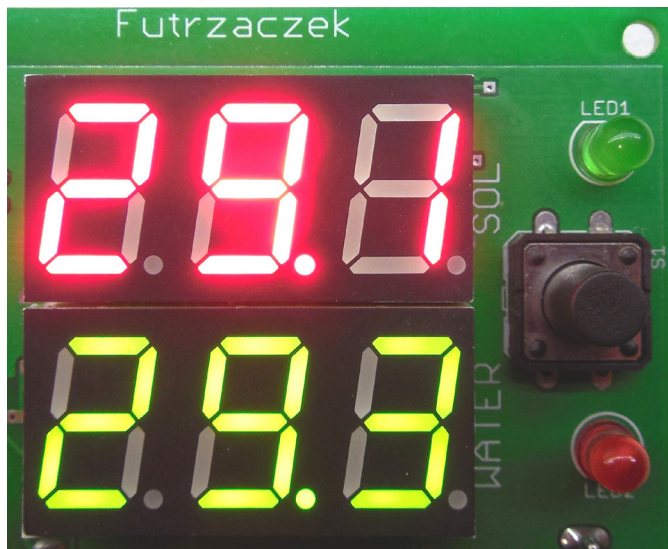


Fotografia 4. Szczegółowy widok zmontowanej płytki od strony spodniej.

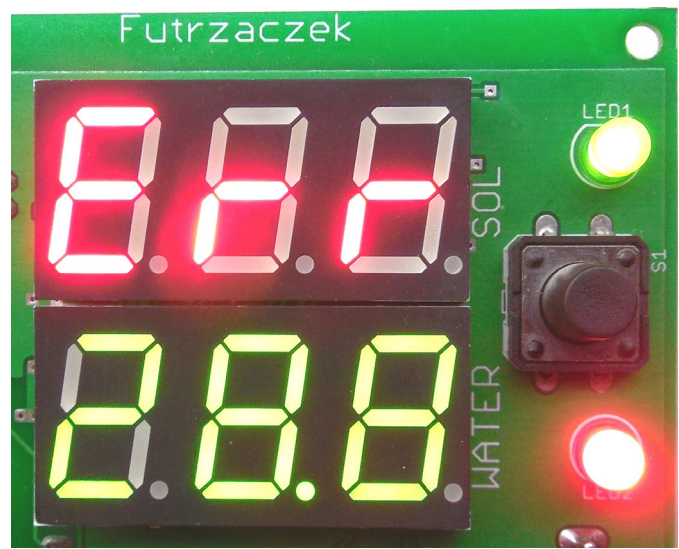


Rysunek 5. Konfiguracja bitów zabezpieczających.

REKLAMA



Fotografia 6. Widok prawidłowo działającego układu.



Fotografia 7. Widok układu przy wystąpieniu błędu czujnika temperatury.

Aby nie uszkodziły one delikatnych portów wejścia-wyjścia mikrokontrolera, zostały one zabezpieczone dodatkowymi diodami tłumiącymi przepięcia. Rezystor 100 Ω ma za zadanie rozproszenie większość energii zwieranego zakłócenia oraz ograniczenie natężenia prądu w linii danych, aby tranzystor wyjściowy układu DS18B20 nie uległ uszkodzeniu.

Magistrala 1-Wire wymaga do poprawnej pracy rezystora podciągającego linię danych do szyny zasilania układów cyfrowych. Z moich doświadczeń wynika, że przy dłuższych przewodach (rzędu kilkunastu metrów) najlepiej sprawuje się w tym celu rezystor o wartości 3,3 kΩ.

WYJŚCIE ALARMOWE. Niebezpieczne sytuacje, takie jak przegrzanie kolektora oraz błąd komunikacji z którymkolwiek z czujników, są sygnalizowane przez załączenie dedykowanego wyjścia alarmowego. Ma ono niewielką wydajność prądową, celowo ograniczoną rezystorem R36, lecz z powodzeniem nadaje się do załączenia przekaźnika półprzewodnikowego (SSR) lub jasnej diody LED. Oprócz specjalnego wyjścia, użytkownik ma do dyspozycji świecącą na czerwono diodę znajdującą się obok wyświetlaczy.

Montaż i uruchomienie

Układ sterownika zmontowano na pojedynczej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 80 mm×95 mm, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 3**. Elementy przewlekane znajdują się po obu stronach płytki, lecz większość z nich jest od strony elementów SMD, czyli spodniej (Bottom). Wyświetlacze, diody LED i przycisk są od strony górnej (Top). Montaż należy przeprowadzić typowo, od elementów najniższych po najwyższe, a zmontowaną płytkę od strony spodniej pokazuje **fotografia 4**.

Do pamięci Flash mikrokontrolera należy wgrać załączony plik HEX oraz ustawić odpowiednie bity zabezpieczające (szesnastkowo):

- Low Fuse – 0xE2,
- High Fuse – 0xDC.

Szczegóły tej konfiguracji zawarte są na zrzucie z programu BitBurner, widocznym na **rysunku 5**.

Jeżeli programowanie powiodło się, można podłączyć czujniki temperatury typu DS18B20 do odpowiednich złącz. Po ponownym włączeniu zasilania, oba wyświetlacze powinny wskazywać właściwą temperaturę, jak na **fotografii 6**. Wciskając (oraz przytrzymując na dłużej) przycisk S1 można ustawić żądaną histerezę w stopniach Celsjusza. Im mniejsza, tym częściej będzie pracowała pompa, lecz mniejsze ryzyko przegrzania układu. Wtedy wyświetlacz temperatury wody gaśnie i jest również wyłączana pompa, jeżeli aktualnie pracuje.

Domyślna histereza wynosi 0,5°C, można ją zmienić maksymalnie do 20°C z krokiem 0,5°C (powyżej 10°C krok wynosi 1°C). Wyświetlona wartość zostaje również zapamiętana w nieulotnej pamięci EEPROM mikrokontrolera.

Po sprawdzeniu poprawności działania, można przyłączyć pompę oraz – ewentualnie – zewnętrzny obwód sygnalizujący alarm. Alarm zostaje uruchomiony w dwóch sytuacjach:

1. Któraś ze zmierzonych temperatur wynosi 95°C lub więcej (co grozi zagotowaniem).
2. Wystąpił błąd w komunikacji z którymś czujnikiem temperatury.

Pompa obiegowa jest wtedy załączona na stałe. W przypadku drugiego wariantu, wyświetlacz przynależy do danego czujnika dodatkowo wyświetla napis „Err”, jak na **fotografii 7**. Warto pamiętać, że w trakcie eksploatacji instalacji może wystąpić przerwa w dostawie energii elektrycznej lub awaria pompy, więc instalacja musi być wyposażona w tradycyjne systemy bezpieczeństwa, takie jak zawór ciśnieniowy. Rozdzielczość

wyświetlanej temperatury wynosi 0,1°C, powyżej 100°C część ułamkowa jest pomijana. Oprogramowanie nie umożliwia pomiaru temperatury poniżej 0°C.

Michał Kurzela, EP

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 1206)

- R1: 4,7 Ω SMD1206
- R2: 33 Ω/2 W (THT)
- R3, R4, R36: 360 Ω
- R5, R9...R24: 330 Ω
- R6, R25...R27, R29, R31, R34, R35: 3,3 kΩ (SMD 0805)
- R7, R8, R28, R33: 10 kΩ (SMD 0805)
- R30, R32: 100 Ω (SMD 0805)
- RN1: 4×10 kΩ (SIL5)

Kondensatory:

- C1, C3, C4, C6...C8: 100 nF (SMD 0805)
- C2: 1000 μF/25 V
- C5: 220 μF/16 V
- C9: 10 nF/630 V
- C10, C12, C14, C16: 10 μF/10 V (SMD 0805)
- C11, C13, C15: 10 nF (SMD 0805)

Półprzewodniki:

- D1...D4: BYS11-90 (lub podobne)
- D5...D8: BAS85
- DISP1: AT5636BMR (lub podobny)
- DISP2: AT5636BMG (lub podobny)
- LED1: LED zielony 5 mm
- LED2: LED czerwony 5 mm
- OK1: MOC3063 (DIP6)
- SCR1: BT136 (TO220)
- T1, T5: BC847 (SOT23)
- T2...T4: BC857 (SOT23)
- US1: 7805 (TO220)
- US2...US4: 74HC595 (SO16)
- US5: ATtiny44A (SO14)
- DS18B20 – 2 szt. (opis w tekście)
- V1: 7N391 lub podobny

Inne:

- F1: 63 mA kubkowy, prostokątny
- F2: 630 mA kubkowy, prostokątny
- J1, J2, J6: ARK2/5 mm
- J3: IDC 10pin THT 2,54 mm
- J4, J5: ARK3 5 mm
- S1: przycisk miniaturowy 12 mm×12 mm
- TR1: TSZ22/003MP (6 V/2 VA)
- Podstawa DIP6