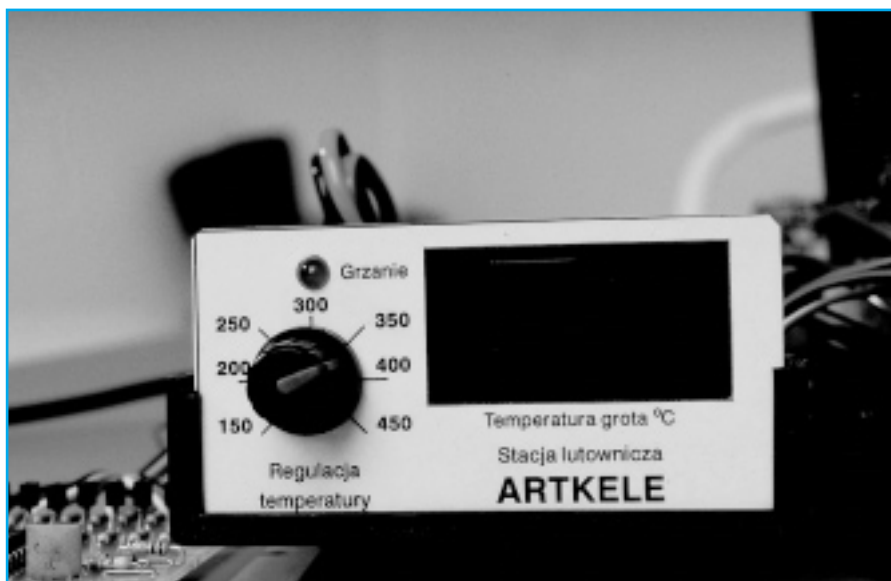


# Stacja lutownicza – regulator temperatury grota lutownicy grzałkowej

Podstawowym narzędziem pracy elektronika jest lutownica. Bez niej nie sposób zmontować najprostszego nawet układu. W przeszłości dużą popularnością cieszyły się lutownice transformatorowe. Do dziś są one chętnie stosowane w serwisie. Przy pracach warsztatowych zaczynają zdobywać popularność lutownice grzałkowe ze stabilizacją temperatury grota. Przyczyną tego trendu jest stosunkowo niska cena samej lutownicy i wygoda posługiwania się nią, na co ma wpływ niska waga. W poniższym artykule przedstawiono układ stacji lutowniczej przeznaczonej do współpracy z lutownicą grzałkową o mocy  $50 \div 60$  W, termoparę pełniącą rolę czujnika temperatury. Stacja wyposażona jest w płynną regulację temperatury grota od  $150^{\circ}\text{C}$  do  $450^{\circ}\text{C}$  i cyfrowy miernik temperatury.



Lutownice grzałkowe (zwane dalej lutownicami) znane są od dawna. Generalnie można podzielić je na dwa typy w zależności od napięcia zasilania. Pierwszy typ to kolby przystosowane do zasilania bezpośrednio z sieci 220 V, najczęściej stosowane do lutowania większych elementów, niekoniecznie elektronicznych. Drugi typ to stacje lutownicze składające się z lutownicy i zasilacza. Lutownica zasilana jest z reguły przemiennym napięciem bezpiecznym 24 V dostarczanym przez zewnętrzny transformator. W grupie tej można wyróżnić dwa rodzaje lutownic: ze stabilizacją temperatury grota i bez stabilizacji.

Do montażu większości drobnych elementów elektronicznych można stosować

lutownice bez stabilizacji temperatury grota o mocy  $17 \div 20$  W. Wadą takiej lutownicy jest „zamarzanie” lutowni przy próbie przylutowania większego elementu. Lutownice to stop cyny z ołowiem i domieszką innych metali (miedź, srebro), popularnie nazywane cyną.

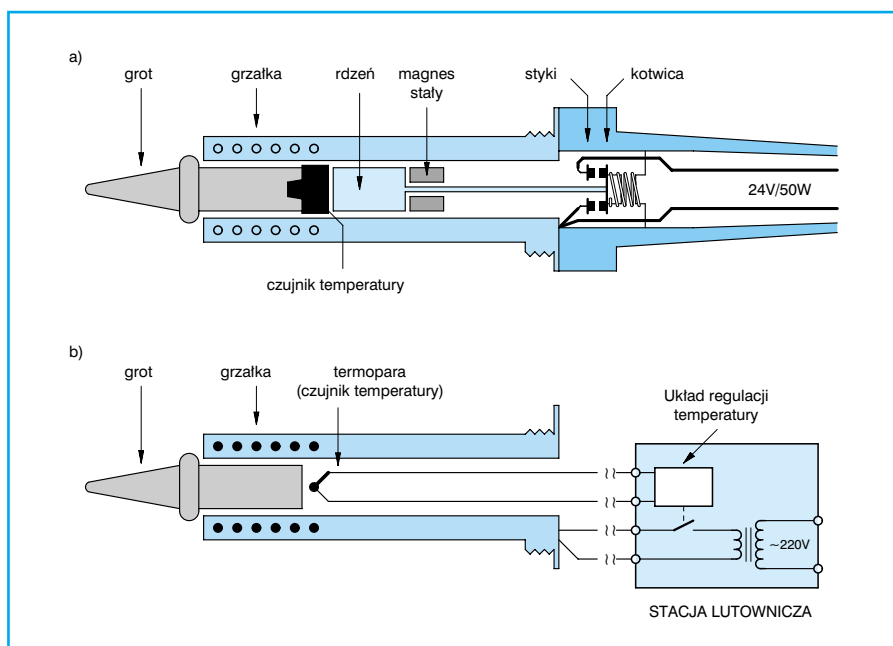
Najwygodniejsza jest jednak lutownica posiadająca stabilizację temperatury. Dla większości zastosowań (99%) wystarczy lutownica o mocy  $50 \div 60$  W. W lutownicach ze stabilizacją temperatury najczęściej spotyka się dwa rozwiązania techniczne stabilizacji. Pierwsze z nich to mechaniczna stabilizacja temperatury w wykorzystującym zjawisko punktu Curie. Budowę takiej lutownicy przedstawiono na rysunku 1a.

Grzałka lutownicy mieści się w cienkiej dwuściennej rurce, do której wprowadzony jest grot lutownicy. W tylnej części grota umieszczony jest czujnik temperatury wykonany ze specjalnego stopu, który poniżej ściśle określonej temperatury, zwanej punktem Curie, posiada właściwości ferromagnetyczne. Stop ten po przekroczeniu temperatury punktu Curie staje się paramagnetykiem. Bezpośrednio za czujnikiem umieszczony jest rdzeń wykonany z materiału magnetycznie miękkiego, a za nim silny magnes stały. Rdzeń połączony jest ciągnem z kotwicą, która zmieniając położenie może zwierzać styki elektryczne włączone szeregowo z grzałką lutownicy. Kotwica odciągana jest w prawą stronę przez delikatną sprężynkę powrotną.

W chwili włączenia lutownicy czujnik temperatury znajduje się poniżej punktu Curie i rdzeń z magnesem pokonując opór sprężyny przyciągane są w kierunku grota (w lewą stronę) zwierając styki. Tak więc grzałka lutownicy jest zasilana. Gdy grot osiągnie temperaturę punktu Curie czujnik traci właściwości magnetyczne i sprężynka powrotna cofnie rdzeń (w prawą stronę) rozwierając styki. Zasilanie grzałki zostanie wyłączone. Kiedy temperatura grota opadnie poniżej punktu Curie czujnik ponownie przejdzie do stanu ferromagnetyka i przyciągnie rdzeń zwierając styki. Temperatura grota lutownicy będzie więc oscylować w pobliżu temperatury punktu Curie czujnika temperatury umieszczonego w grocie.

Histeresa związana ze zmianami właściwości czujnika temperatury wynosi ok.  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ , natomiast wahania temperatury na czubku grota wynoszą ok.  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ . Większe zmiany temperatury na czubku grota wynikają z bezwładności cieplnej grzałki i samego grota. Mimo wyłączenia zasilania przez czujnik, ciepło z grzałki jest jeszcze przez pewien czas doprowadzane do grota powodując jego nagrzewanie. Tak samo w chwili włączenia zasilania grot stygnie dalej, gdyż musi upłynąć pewien czas gdy grzałka i obudowa rozgrzeją się. Wahania rzędu  $30^{\circ}\text{C}$  są w sumie niewielkie i wynoszą ok. 8% w stosunku do temperatury nominalnej.

Chcąc zmienić temperaturę grota należy go wymienić na inny, posiadający czujnik z punktem Curie przy innej temperaturze. Zaletą lutownic z regulacją mechaniczną jest prosta i niezawodna konstrukcja, oraz niższa cena. Natomiast wadą jest kłopotliwe zmienianie tempe-



**Rys. 1 Budowa lutownicy grzałkowej ze stabilizacją temperatury:**  
a) mechaniczną, b) elektroniczną

ratury grota, polegające na jego wymianie, co wymaga czasu niezbędnego na ostygnięcie lutownicy. Kolejną wadą lutownic tego typu jest wyższa cena grotów, które muszą posiadać czujnik temperatury wykonany ze specjalnego stopu.

Drugi rodzaj lutownic pozbawiony jest powyższych wad. Niestety nie ma nic za darmo, lutownice te ze względu na elektroniczny układ regulacji temperatury są droższe. Budowę takiej lutownicy przedstawiono na rysunku 1b. Jest ona w zasadzie podobna do poprzedniej, z tą tylko różnicą, że grot nie posiada czujnika temperatury. Do pomiaru temperatury grota przeznaczona jest termopara, umieszczona przy jego końcu. Sygnał z termopary doprowadzany jest do stacji lutowniczej, która steruje włączaniem i wyłączaniem grzałki. Układ taki umożliwia także pomiar temperatury grota.

Pojawia się pytanie dlaczego jako czujnik temperatury stosuje się termoparę. Odpowiedź jest bardzo prosta. Lutownica pracuje w stosunkowo wysokich temperaturach ok.  $300 \div 400^\circ\text{C}$ , w których półprzewodniki niestety już nie działają. Poza tym termopara jest czujnikiem bardzo tanim.

Czym zatem jest termopara? Termopara jest czujnikiem temperatury składającym się z dwóch różnych, połączonych ze sobą metali. Działanie termopary opiera się na zjawisku termoelektrycznym Seebecka, polegającym na powstawaniu napięcia elektrycznego w obwodzie zawierającym różne metale, których złącza

znajdują się w niejednakowych temperaturach. W obwodzie termoelementu, przedstawionym na rysunku 2a powstają dwa napięcia kontaktowe skierowane przeciwnie. Przy jednakowej temperaturze obu złączy ( $T_x = T_o$ ) napięcia te kompensują się. Natomiast przy różnych temperaturach pojawia się różnica potencjałów, zwana napięciem termoelektrycznym. Napięcie to jest proporcjonalne do różnicy temperatur obu złączy i wynosi ok.  $30 \div 50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Zatem wartość tego napięcia jest bardzo mała. Czułość termopar zależy od materiałów z których wykonana jest termopara. Zakres temperatur pracy jest bardzo szeroki począwszy od  $-200^\circ\text{C}$ , a skończywszy na  $+1.600^\circ\text{C}$ . Najczęściej stosowane termopary wykonane są z żelaza i konstantanu (Fe-Ko), miedzi i konstantanu (Cu-Ko), platynorodu i platyny (PtRh-Pt). Konstantan to stop 60% miedzi i 40% niklu, a platynorod to stop 90% platyny i 10% rodu.

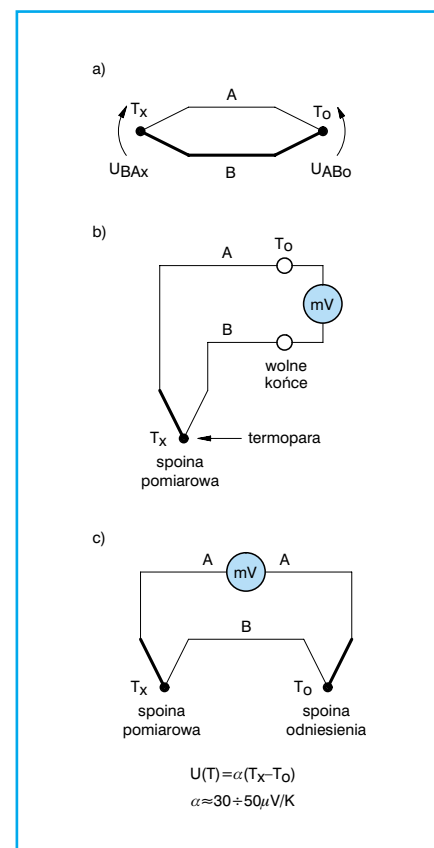
Chcąc zmierzyć napięcie termoelektryczne można rozciąć termoelement w spoinie (rys. 2b), lub pomiędzy spoinami (rys. 2c). W pierwszym przypadku powstają dwie dodatkowe termopary na styku materiałów „A” i „B”, z których wykonana jest termopara pomiarowa, z materiałem przewodów miliwoltomierza (miernika). Dodatkowe dwie termopary mają różne czułości. Znajdują się one w temperaturze otoczenia, która może zmieniać się. Z powyższych względów konieczne jest wprowadzanie układu kompensacji temperaturowej eliminującej sy-

gnał z pasożytniczych termopar. Taki sposób pomiaru charakteryzuje się jednak mniejszą dokładnością.

W drugim przypadku (rys. 2c) stosuje się dwie identyczne termopary: pomiarową i odniesienia. Termopara odniesienia umieszczona jest najczęściej w termostacie w którym utrzymywana jest stała temperatura  $50^\circ\text{C}$ . W tym przypadku nie ma potrzeby wprowadzania kompensacji temperaturowej, a otrzymywany pomiar obciążony jest mniejszym błędem.

W obu metodach pomiarowych mierzy się różnicę temperatur pomiędzy spoiną pomiarową i spoiną odniesienia, lub tzw. wolnymi końcami. Wymaga to wprowadzenia stałego przesunięcia (offsetu) na skali przyrządu pomiarowego, gdyż sygnał wyjściowy jest równy zero w sytuacji kiedy obie termopary są w jednakowej temperaturze. Wartość offsetu zależy od temperatury spoiny odniesienia, lub wolnych końców. Dokładność pomiaru w dużej mierze zależy od stałości temperatury punktu odniesienia, gdyż stanowi ona wzorzec, tak samo jak wysokostabilna dioda Zenera w woltomierzu cyfrowym.

Z uwagi na to, że zasada działania termopary wynika z połączenia dwóch



**Rys. 2 Termoelement: a) zasada działania, b) układ pomiarowy z wolnymi końcami, c) układ pomiarowy z termoparą odniesienia**

różnych metali, kabel pomiędzy czujnikiem, a przyrządem pomiarowym musi być wykonany z tych samych metali, co termopara. Taki typ kabla nazywa się kablem kompensacyjnym. Należy zwrócić uwagę na konieczność prawidłowej polaryzacji czujników, kabli kompensacyjnych i złącz. Przy zastosowaniu „zwykłego” przewodu powstaje szereg różnych termopar o różnych czułościach i dodatkowo znajdujących się w różnych temperaturach. Pomiar temperatury prowadzony jest wtedy w wielu punktach, co prowadzi do powstania dużych błędów.

W lutownicach nie jest wymagany bardzo dokładny pomiar temperatury. Dlatego też stosuje się tam z reguły układ pomiarowy z jedną termoparą i wolnymi końcami (rys. 2b), dla których przyjmuje się temperaturę otoczenia, bez wprowadzania kompensacji temperaturowej. Całkowity błąd pomiaru w takim układzie nie przekracza z reguły  $10^{\circ}\text{C}$ , co w zupeł-

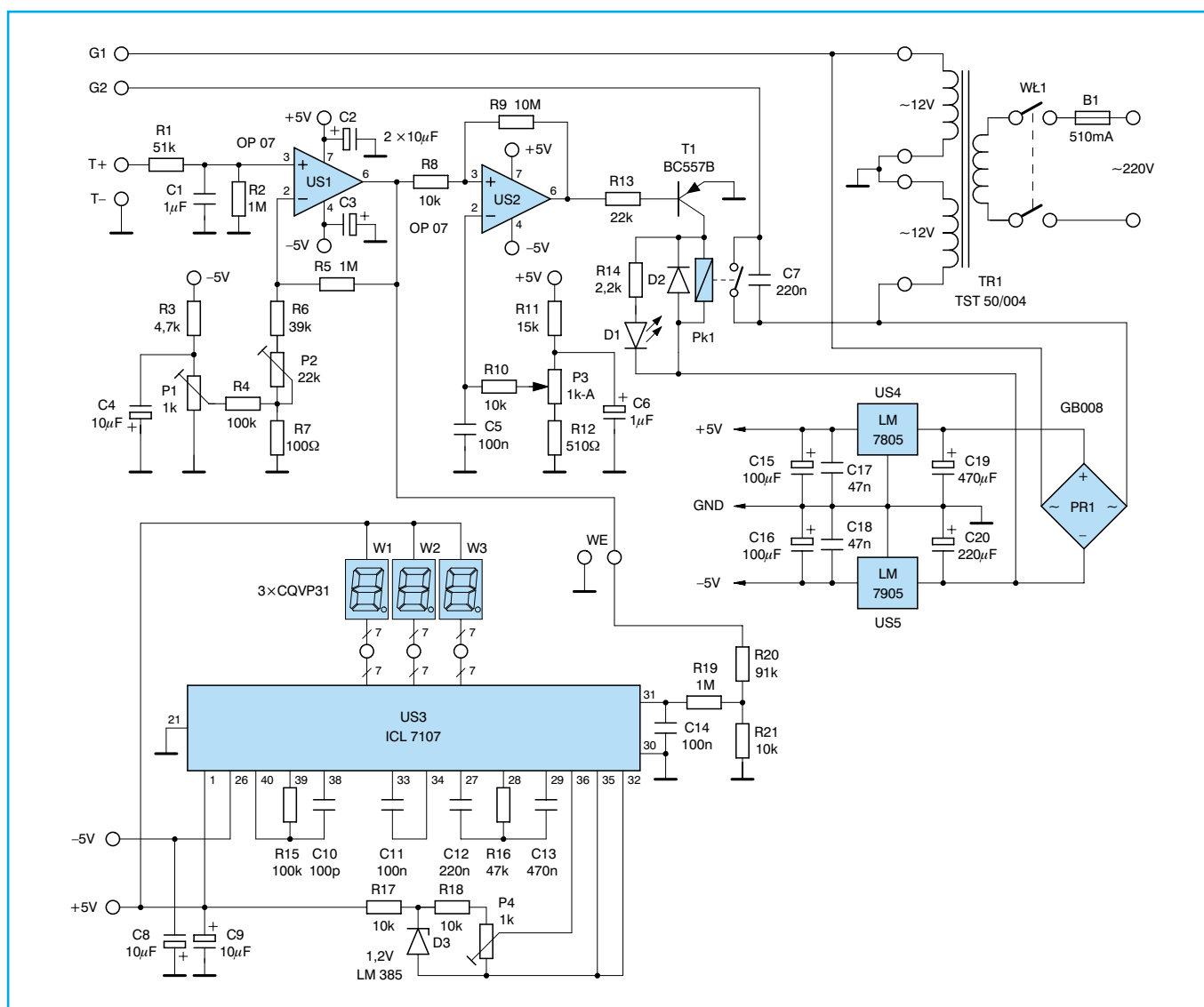
ności wystarcza. Wolne końce umieszczone są w rękojeści lutownicy, a dalej sygnał prowadzony jest zwykłymi przewodami miedzianymi, co pozwala na obniżenie kosztów całego urządzenia.

### Opis układu

Jak już wcześniej powiedziano czułość termopary jest bardzo mała i wynosi  $30 \div 50 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Daje to sygnał o wartości około  $10 \div 20 \text{ mV}$  przy temperaturze  $350^{\circ}\text{C}$ . Przy tak małych poziomach sygnału konieczne jest zastosowanie na wejściu precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego o bardzo małym temperaturowym dryfcie napięcia niezrównoważenia. Z uwagi na dość dużą popularność i niską cenę w stacji lutowniczej zastosowano wzmacniacz operacyjny OP 07 (US1). Na wejściu wzmacniacza umieszczony został filtr dolnoprzepustowy R1, C1, którego zadaniem jest tłumienie sygnału o czę-

stliwości 50 Hz, który może przenikać z przewodów zasilających grzałkę lutownicy. Wzmocnienie tego stopnia jest regulowane potencjometrem P2 w zakresie od 16 V/V do 26 V/V. Umożliwia to uzyskanie czułości  $1 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  na wyjściu wzmacniacza US1 dla większości termopar stosowanych w lutownicach.

Pomiar przy pomocy termopary jest pomiarem względnym. Dlatego też gdy lutownica jest wyłączona (grot znajduje się w temperaturze pokojowej) napięcie wejściowe będzie wynosiło 0 V. Do wprowadzenia offsetu, o którym pisano wcześniej, służy układ R3, P1, R4, R7. Nie było możliwe wykorzystanie typowej kompensacji napięcia niezrównoważenia z uwagi na zbyt mały zakres regulacji otrzymywany tą drogą. Potencjometrem P1 ustawia się wartość napięcia wyjściowego wzmacniacza US1 (przy zimnym grocie lutownicy) na wartość aktualnej temperatury pokojowej wyrażonej w mi-



Rys. 3 Schemat ideowy stacji lutowniczej z płynną regulacją temperatury

liwoltach. Dla przykładu, przy temperaturze otoczenia  $20^{\circ}\text{C}$  na wyjściu wzmacniacza ustawia się napięcie 20 mV.

Napięcie wyjściowe wzmacniacza US1 doprowadzone jest do komparatora US2, w którym także zastosowano precyzyjny wzmacniacz operacyjny OP 07. Komparator posiada pętlę histerezy o szerokości 8 mV, co odpowiada  $8^{\circ}\text{C}$ .

Do drugiego wejścia komparatora doprowadzono sygnał z potencjometru P3, którym ustawia się żądaną temperaturę pracy lutownicy. Zakres napięcia doprowadzanego do wejścia odwracającego wzmacniacza wynosi od 150 do 450 mV. Tak więc po przełożeniu tego na stopnie, zakres regulacji temperatur lutownicy zawiera się w przedziale  $150 \div 450^{\circ}\text{C}$ .

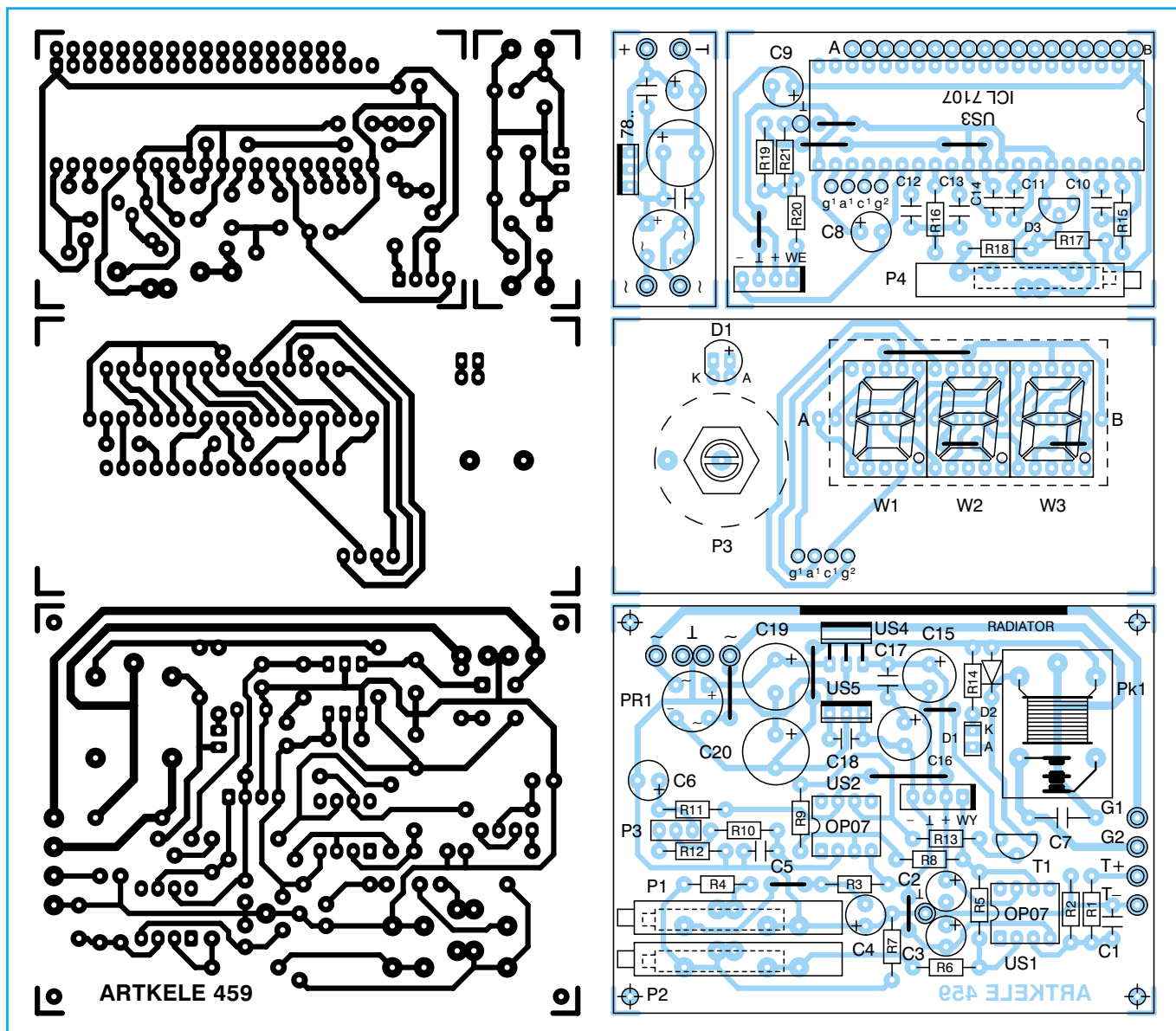
Wyjście komparatora steruje tranzystorem T1 i za jego pośrednictwem przełącznikiem Pk1. Cewka przełącznika zasilana

jest napięciem ujemnym pobieranym z przed stabilizatora napięcia. Zasilanie napięciem ujemnym miało na celu zmniejszenie zakłóceń wprowadzanych przez przełącznik do dodatniego napięcia zasilania, które służy do zasilania diody referencyjnej w mierniku temperatury. Dioda D1 sygnalizuje włączenie grzałki lutownicy.

Układ zasilany jest napięciem symetrycznym dostarczanym przez monolityczne stabilizatory US4 i US5. Do zasilania wykorzystano transformator sieciowy dostarczający napięcia do zasilania grzałki lutownicy ( $2 \times 12\text{ V}$ ). Na tym można już zakończyć opis regulatora temperatury grota. Ten fragment układu będzie działał sam. Temperaturę można ustawiać potencjometrem P3, który jest wyskalowany w stopniach Celsjusza.

Dodatkowo układ wzbogacono o pomiar rzeczywistej temperatury grota. Zastosowany tu został scalony miliwoltomierz ICL 7107, w którym wykorzystano trzy mniej znaczące cyfry. Zakres pomiaru napięcia takiego układu wynosi 99,9 mV. Nie będę tu opisywał samego woltomierza, gdyż opisy te można spotkać w wielu miesięcznikach (np. PE 12/95, PE 12/96). Czułość woltomierza wymaga zastosowania wstępnego dzielnika R20, R21 o stopniu podziału 10. Wyświetlany wynik pomiaru jest bezpośrednio wyrażony w stopniach Celsjusza.

Dociekliwi Czytelnicy zauważyli zapewne, że najpierw bardzo mały sygnał z termopary jest wzmacniany, a następnie podlega on tłumieniu. Przyczyną tego jest konieczność zapewnienia dostatecznie dużej czułości dla poprawnej pracy komparatora, gdyż znacznie większe proble-



Rys. 4 Płytką drukowaną i rozmieszczenie elementów

my sprawia porównywanie sygnałów przy czułości  $100 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  niż przy  $1 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ . Minimalna szerokość pętli histerezy komparatora nie powinna być w zasadzie niższa niż 5 mV, co w przypadku czułości  $100 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  dawałoby wartość  $50^\circ\text{C}$ . Drugim aspektem wynikającym ze zbyt małej czułości jest problem regulacji napięcia referencyjnego komparatora, które także miałyby małą wartość.

## ■ Montaż i uruchomienie

Układ stacji lutowniczej został zaprojektowany pod konkretną obudowę plastikową, typ Z-VB. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby umieścić urządzenie w innej obudowie. Płytkę drukowaną składa się z trzech odrębnych fragmentów: miliwoltomierza, wyświetlacza i regulatora temperatury.

Obok płytki miliwoltomierza pozostało trochę wolnego miejsca i dodatkowo umieszczono tam płytkę zasilacza stabilizowanego zbudowanego na układzie LM 78XX. Płytkę tę nie jest wykorzystywaną w stacji lutowniczej, a na pewno będzie pomocna przy innych urządzeniach.

Do zasilania stacji wykorzystano transformator toroidalny posiadający dwa uzwojenia 12 V. Można zastosować inny transformator, ale wymagane są dwa odrębne uzwojenia 12 V, gdyż wykorzystuje się je do zasilania części elektronicznej stacji.

Po rozcięciu płytek drukowanych należy powiększyć otwory mocujące w płytce regulatora, oraz powiększyć otwory do mocowania potencjometru P3 w płytce wyświetlaczy. Potencjometr P3 powinien posiadać odpowiedniej długości oś ( $25 \div 35 \text{ mm}$ ).

Stabilizator napięcia dodatniego US4 należy wyposażyć w radiator z blaski aluminiowej, gdyż tracona jest w nim dość duża moc.

Większość lutownic grzałkowych posiada wtyk z pięcioma kołkami typu DIN. Do rozpoznania wyprowadzeń grzałki i termopary niezbędny jest omomierz. Obwody grzałki i termopary oddzielone są od siebie galwanicznie. Mierząc rezystancję można „znaleźć” wyprowadzenia grzałki pomiędzy którymi występuje rezystancja ok.  $12 \Omega$ . Natomiast rezystancja termopary jest bardzo mała i wynosi ok.

$1 \Omega$ . Biegunowość podłączenia grzałki nie ma najmniejszego znaczenia. Natomiast termopara musi być podłączona zgodnie z jej polaryzacją. Aby określić polaryzację termopary do jej zacisków podłącza się miliwoltomierz o zakresie 200 mV. Po podłączeniu woltomierz pokazuje napięcie 0 mV, gdyż temperatura termopary i wolnych końców będą jednakowe. Wystarczy jednak podgrzać grot lutownicy zapalniczką, lub zapałką, aby napięcie wzrosło do kilku mV. Jeżeli wskazania są dodatnie to przewód połączony z masą woltomierza (COM) jest

przewodem ujemnym termopary (–T), w przeciwnym wypadku jest odwrotnie.

Przed połączeniem ze sobą płytek drukowanych wygodnie jest uruchomić sam regulator. Trzeba go oczywiście połączyć z transformatorem i gniazdem, do którego dołącza się lutownicę. W pierwszej fazie nie podłącza się grzałki lutownicy. Po włączeniu napięcia zasilania pierwszą czynnością jest ustawienie napięcia offsetu potencjometrem P1. Podczas tej regulacji lutownica powinna być zimna, tzn. znajdować się w temperaturze pokojowej. Jeżeli wcześniej trzymało się lutownicę w ręce za grzałkę lub grot trzeba odczekać minimum 10 minut, dla wyrównania się temperatur. Do wyjścia wzmacniacza US1 (nóżka 6) podłącza się miliwoltomierz, którego masę łączy się z punktem masy znajdującym się obok kondensatorów C2 i C3. Regulując potencjometrem P1 ustawia się napięcie wyjściowe równe temperaturze otoczenia mierzonej zwykłym termometrem (np. temperaturze  $20^\circ\text{C}$  odpowiada napięcie 20 mV). Gdy zakres regulacji będzie zbyt mały można zmniejszyć wartość rezystora R4.

Następnie sprawdza się zakres regulacji potencjometru P3. W lewym skrajnym położeniu napięcie na suwaku potencjometru powinno wynosić 150 mV, a w prawym skrajnym położeniu 450 mV. Gdy zakres regulacji nie pokrywa się z podanym powyżej, co może być przyczyną rozrzu tu wartości potencjometru (tolerancja wykonania 20%) należy dobrać wartość rezystora R11. Można też zmienić nieco rezystor R12, ale ma on znacznie mniejszy wpływ na zakres regulacji.

Następnie przystępuje się do regulacji wzmocnienia wzmacniacza US1. Jeżeli posiadamy termometr elektroniczny z termoparą sprawa jest prosta. Termoparę przykładamy do czubka grota lutownicy, a do grzałki doprowadzamy napięcie około 8 V z laboratoryjnego zasilacza stabilizowanego. Po ustabilizowaniu się wskazań termometru elektronicznego ustawiamy potencjometr P2 w takiej pozycji, aby napięcie na wyjściu wzmacniacza US1 (nóżka 6) było równe temperaturze wskazanej przez termometr (np.  $300^\circ\text{C}$  powinno dawać 300 mV na wyjściu wzmacniacza).

Regulacja ta ma zasadniczy wpływ na dokładność wskazań. Pomiar powinien być przeprowadzany przy stałej temperaturze nie ulegającej wahaniom. Termopara z termometru kontrolnego musi dobrze przylegać do czubka grota, najlepiej, żeby dotykała kropli stopionej cyny, co zapewnia dobry kontakt termiczny. Zdjęcie na okładce

**poltronic** **PODZESPOŁY**  
**ELEKTRONICZNE**

**OFERUJE W HURCIE I DETALU**  
**TRANSFORMATORY HR**



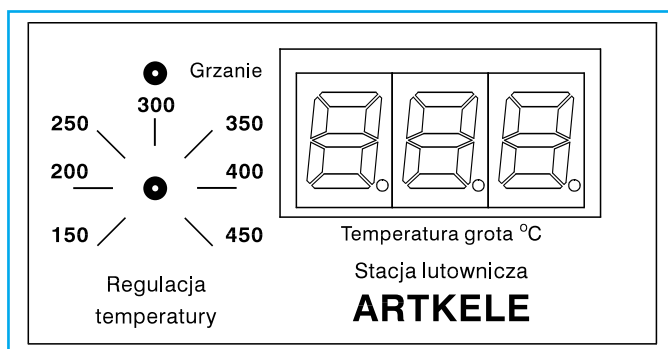
**PROMOCJA**  
**W SPRZEDAŻY WYSYŁKOWEJ**  
**5% TANIEJ**

UKŁADY SCALONE • TRANZYSTORY • DIODY  
LASERY CD • GŁOWICE VIDEO • GŁOWICE W CZ S-40  
ZĘBATKI • ROLKI DOCISKOWE • PASKI NAPĘDOWE

**ul. św Wincentego 9, 50-252 Wrocław**

tel. (071) 329 84 40 (trzy linie); fax: (071) 328 82 59

www.poltronic.com.pl e-mail: poltron@poltronic.com.pl



Rys. 5 Płyta czołowa stacji lutowniczej

przedstawia w sposób niezamierzony złe umieszczenie termopary w stosunku do lutownicy. Widać z niego, że różnica temperatur wynosi prawie 50°C. Dzieje się tak dlatego, że wewnątrz lutownicy w którym znajduje się termopara jest nagrzane silniej niż metalowa osłona. Ponadto brak jest dobrego kontaktu termicznego.

Po tej regulacji można podłączyć grzałkę do stacji lutowniczej (punkty G1 i G2) i sprawdzić działanie regulatora. Ze względu na dużą bezwładność cieplną lutownicy, wskazania termometru elektronicznego i miliwoltomierza przyłączonego do wyjścia US1 będą się różnić nawet do 10°C lecz jest to zjawisko normalne. W trakcie pracy regulatora wahania temperatury wskazywane przez woltomierz mogą wynosić ok. 20°C, znowu w tym przypadku winna jest bezwładność cieplna.

Natomiast gdy nie mamy do dyspozycji termometru elektronicznego, ani innego, pracującego przy wyższych temperaturach kalibracja nieco się komplikuje. Najlepszym chyba wyjściem jest bardzo dokładne owinięcie grota i części metalowej woreczkiem foliowym odpornym na temperaturę 100°C i umieszczenie całości w gotującej się wodzie (grzałka lutownicy w tym przypadku także powinna być odłączona). Pod żadnym pozorem nie wolno dopuścić do zawilgocenia grota i grzałki. Podczas „gotowania” nie wolno rozgrzać rękojeści, gdyż w niej znajdują się wolne końce termopary, które nie mogą nadmiernie nagrzwać się, bo spowoduje to zafałszowanie wskazań. Po ok. 10 minutach gotowania można ustawić potencjometrem P2 napięcie 100 mV na wyjściu wzmacniacza US1 (nóżka 6).

Po przeprowadzeniu regulacji można połączyć ze sobą wszystkie płytki drukowane. Do połączenia płytek najlepiej zastosować „klejonkę” o długości ok. 10 cm. Płytkę wyświetlacza łączy się z płytką woltomierza przewodami „na wprost”, bez żadnego krzyżowania się (18 przewodów).

tasiemką bez krzyżowania się.

Potencjometr i diodę D1 łączy się z płytką regulatora (oznaczenia P3 i D1 w prostokątnej ramce). Do połączenia miliwoltomierza z płytką regulatora potrzeba 4 przewody łączące pola w prostokątnej ramce oznaczone jako WE i WY). Dodatkowo trzeba jeszcze połączyć masę sygnałową - punkty o oznaczeniu „masa” na płycie regulatora i miliwoltomierza.

Regulacja miliwoltomierza jest prosta i polega na takim ustawieniu potencjometru P4 aby wskazania odpowiadały napięciu na wyjściu US1. Na przykład gdy napięcie to wynosi 200 mV miliwoltomierz powinien pokazać 200.

Całość umieszczono w obudowie plastikowej. Rozmieszczenie poszczególnych podzespołów można zobaczyć na zdjęciach. Płytki wyświetlacza, miliwoltomierza i filtr optyczny przymocowano do obudowy klejem „na gorąco”, można też użyć innych szybkowiążących klejów. Płytkę regulatora przykręcona jest do spodu obudowy wkrętami M3, przez tulejki dystansowe o wysokości 5 mm. W obudowie można wywiercić otwory pozwalające na dostęp do potencjometrów P1, P2, P4. Na wszystkie połączenia sieciowe należy nasunąć koszulki izolacyjne.

Dla wszystkich chcących wykonać stację lutowniczą oferujemy w sprzedaży wysyłkowej obudowę z gotową płytą czołową w kolorze żółtym z czarnymi napisami, wyposażoną we wbudowany filtr koloru czerwonego. Obudowa nie posiada powierconych otworów mocujących poszczególne elementy.

Płytki drukowane i obudowy wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytkę numer 459 - 8,98 zł  
OBUDOWA STACJA - 25,00 zł  
+ koszty wysyłki.

W płytce wyświetlacza przewody są wlutowane od strony druku w szereg otworów umieszczonych pomiędzy nóżkami wskaźników siedmiosegmentowych. Oprócz tego do połączenia pozostają cztery przewody g<sup>1</sup>, a<sup>1</sup>, c<sup>1</sup>, g<sup>2</sup>, także wykonane

## Wykaz elementów

## Półprzewodniki

|         |                                      |
|---------|--------------------------------------|
| US1     | – OP 07                              |
| US3     | – ICL 7107                           |
| US4     | – LM 7805                            |
| US5     | – LM 7905                            |
| T1      | – BC 557B                            |
| D1      | – LED                                |
| D2      | – 1N4148                             |
| D3      | – LM 358-1,2V                        |
| PR1     | – mostek prostowniczy 1,5 A/100 V    |
| W1 ÷ W3 | – CQVP 31 wyświetlacze wspólna anoda |

## Rezystory

|               |                                     |
|---------------|-------------------------------------|
| R7            | – 100 Ω/0,125 W                     |
| R12           | – 510 Ω/0,125 W                     |
| R14           | – 2,2 kΩ/0,125 W                    |
| R3            | – 4,7 kΩ/0,125 W                    |
| R8, R10, R17, |                                     |
| R18, R21      | – 10 kΩ/0,125 W                     |
| R11           | – 15 kΩ/0,125 W                     |
| R13           | – 22 kΩ/0,125 W                     |
| R6            | – 39 kΩ/0,125 W                     |
| R16           | – 47 kΩ/0,125 W                     |
| R1            | – 51 kΩ/0,125 W                     |
| R20           | – 91 kΩ/0,125 W                     |
| R4, R15       | – 100 kΩ/0,125 W                    |
| R2,           |                                     |
| R5, R19       | – 1 MΩ/0,125 W                      |
| R9            | – 10 MΩ/0,125 W                     |
| P3            | – 1 kΩ-A, PR-185, długość osi 25 mm |
| P4            | – 1 kΩ dziesięcioobrotowy           |
| P2            | – 22 (20) kΩ dziesięcioobrot.       |

## Kondensatory

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| C10      | – 100 pF/50 V ceramiczny |
| C17, C18 | – 47 nF/50 V ceramiczny  |
| C5,      |                          |
| C11, C14 | – 100 nF/50 V MKSE-20    |
| C7, C12  | – 220 nF/50 V MKSE-20    |
| C13      | – 470 nF/50 V MKSE-20    |
| C1       | – 1 μF/50 V MKSE-20      |
| C6       | – 1 μF/63 V              |
| C2 ÷ C4, |                          |
| C8, C9   | – 10 μF/25 V             |
| C15, C16 | – 100 μF/16 V            |
| C20      | – 2200 μF/25 V           |
| C19      | – 470 μF/25 V            |

## Inne

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| PK1                        | – przekaźnik 12 V/10 A             |
| TR1                        | – TST 50/004 lub inny 2 × 12 V/2 A |
| WŁ1                        | – włącznik sieciowy, dzwignikowy   |
| B1                         | – WTAT 510mA/250 V                 |
| obudowa                    | – plastikowa, typ Z-VB             |
| płytkę drukowaną numer 459 |                                    |