

Niezwykcyjne termometry elektroniczne

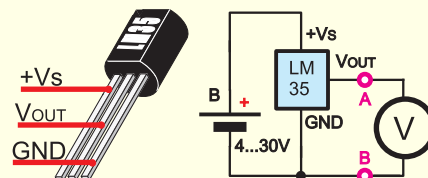
AVT-752

Zaskakujące proste układy dzięki wykorzystaniu laserowo korygowanej kostki LM35.
Odczyt wprost w stopniach Celsjusza za pomocą jakiegokolwiek woltomierza.
Artykuł prezentuje wskaźniki cyfrowe oraz analogowe mierniki wskazówkowe.
Możliwość wykonania termometru wielokanałowego.
Opcja – precyzyjny analogowy termometr pokojowy +15...+35°C.
Zakres napięć zasilania 4...30V.
Pobór prądu 0,06..0,1mA.
Zestaw AVT-752 umożliwia wykonanie dwóch termometrów lub termometru dwukanałowego.

Artykuł przedstawia różnorodne, zaskakująco proste możliwości realizacji termometrów elektronicznych w oparciu o kostkę LM35. Układ scalony LM35 daje na wyjściu napięcie wprost proporcjonalne do temperatury w stopniach Celsjusza ze współczynnikiem 10mV/°C. Na przykład w temperaturze +21°C napięcie wyjściowe wynosi 0,21V, a w temperaturze +32°C: 0,32V.

Wersje najprostsze

Najprostszy układ aplikacyjny kostki LM35 pokazany jest na **rysunku 1**. Wystarczy dodać źródło zasilania o napięciu 4...30V, a do punktów A, B dołączyć jakikolwiek woltomierz. Jeśli będzie to multimetr, jak na **foto-grafii 1**, należy ustawić zakres 2V (1,999V) i wtedy temperatura będzie mierzona z rozdzielczością 0,1°C. Drobną niedogodnością takiego rozwiązania jest brak kropki oddzielającej, ponieważ liczba pokazywana przez miernik jest napięciem w miliwoltach, a jednemu stopniowi Celsjusza odpowiada 10 miliwoltów.



Rys. 1 Najprostszy układ aplikacyjny

Fot. 1 Wersja najprostsza z multimetrem



Obecnie modne są też rozwiązania retro. Do punktów A, B można dołączyć jakiegolwiek woltmierz analogowy, najlepiej na zakresie 300mV, jak pokazuje **fotografia 2**. Na giełdach oraz w zapasach hobbystów można znaleźć różnego typu wskaźkówkowe mierniki magnetoelektryczne, które doskonale nadają się do budowy niecodziennego termometru. Ponieważ takie mierniki mają różną czułość, należy zapewnić regulację, dodając rezystor szeregowy. Do wyskalowania nie trzeba nawet termometru – w układzie z **ryśnku 2** wystarczy na czas kalibracji do

punktów A, B dołączyć woltmierz (zaznaczony kolorem zielonym, np. multimetr). W przypadku miernika z odpowiednią skalą, wystarczy w dowolnej temperaturze odczytać napięcie między punktami A, B, czyli temperaturę, a następnie ustawić potencjometrem P_x wskazówkę miernika na wartości tak zmierzonej temperatury, jak pokazuje przykład z **fotografii 3**. Można wykorzystać niemal dowolny miernik (**fotografia 4**), a potem samodzielnie wykonać liniową skalę, np. o zakresie 0...30°C i w temperaturze pokojowej ustawić potencjometrem P1 odpowiednie wskazanie.

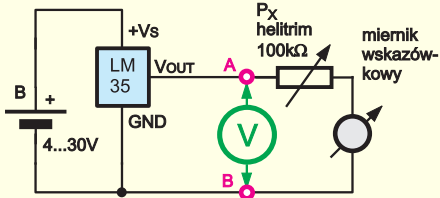
Fot. 2 Wersja z multimetrem analogowym



Fot. 4 Wersja z urządzeniem magnetycznym

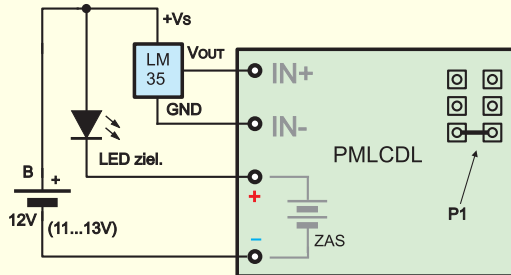
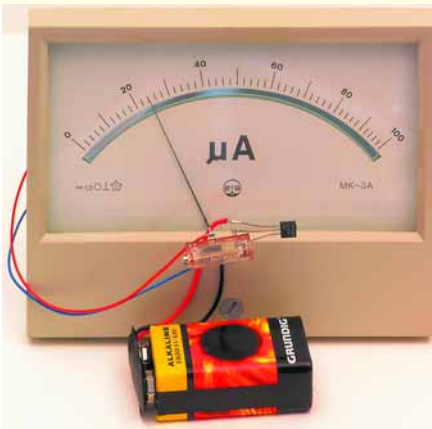
Uwaga! Zestaw AVT-752 obok dwóch czujników temperatury typu LM35 zawiera także jeden układ LM385-1,2V, który nie jest czujnikiem temperatury,

Uwaga! Eksperymenty z miernikami wskaźkówkowymi należy zaczynać przy największej wartości potencjometru P_x z uwagi na możliwość uszkodzenia delikatnego wskaźnika.



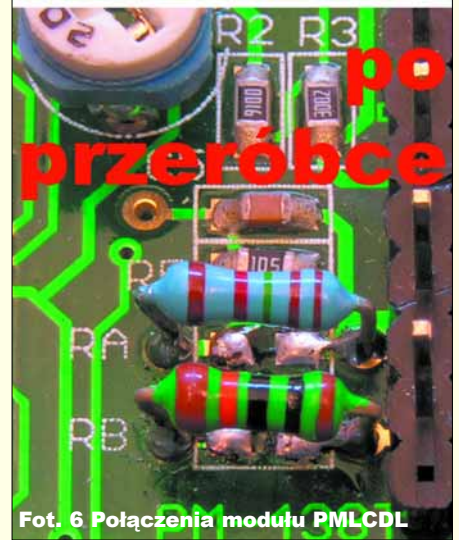
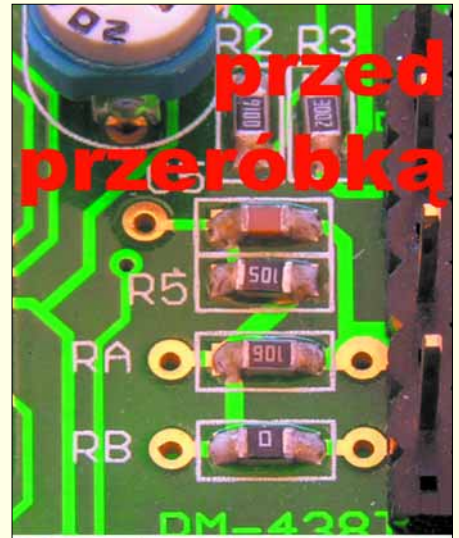
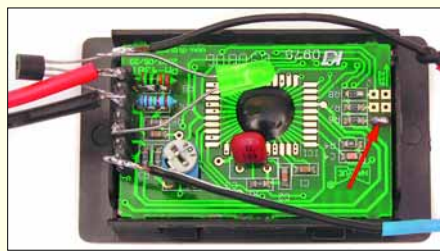
Rys. 2 Układ z miernikiem analogowym

Fot. 3 Wersja z miernikiem



Rys. 3 Wersja z miernikiem panelowym PMLCDL

Fot. 5 Wersja z miernikiem panelowym PMLCDL



Fot. 6 Połączenia modułu PMLCDL

Wersje z miernikiem panelowym

Obecnie za bardzo przystępną cenę można zakupić mierniki panelowe z wyświetlaczem LCD oraz LED. Bardzo łatwe jest dołączenie kostki LM35 do miernika panelowego PMLCDL (dostępny w sklepie AVT). Połączenia należy wykonać według **rysunku 3** i **fotografii 5**, przy czym **napięcie zasilania musi wynosić 12V** (z zasilacza stabilizowanego, akumulatora lub baterii). Niestety, nie wystarczy napięcie z popularnej baterii 9-woltowej. Dioda LED jest niezbędna, ponieważ układ LM35 wymaga napięcia zasilania co najmniej 4V, a moduł LCD ma specyficzną budowę obwodów wejściowych i wymaga napięcia 8...12V. W module PMLCDL należy włączyć punkt dziesiąty, wykonując kroplą cyny zworę P1, jak pokazuje rysunek 3 i **fotografia 5**, a także zmienić czułość modułu z 200mV na 2V. W tym celu trzeba wylutować fabrycznie montowane rezystorki SMD oznaczone RA, RB i zamontować nowe – patrz **fotografia 6**. Wartość rezystancji nie jest krytyczna,

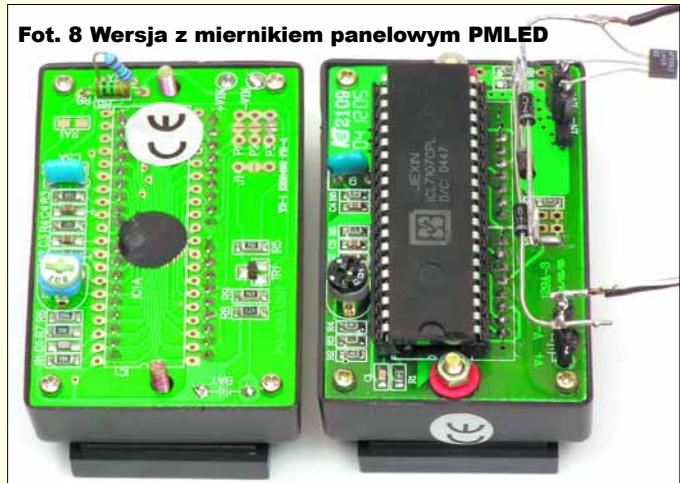
były tylko rezystor RB miał wartość około 9 razy większą od RA. Warto zastosować rezystory 1-procentowe, np. RB=90,9kΩ i RA=10kΩ 1%, ewentualnie 5-procentowe 91kΩ i 10kΩ albo 100kΩ i 11kΩ. Taka przeróbka modułu PMLCDL nie jest trudna, wymaga tylko odrobiny staranności.

Podczas kalibracji wystarczy zmierzyć woltomierzem napięcie U_{AB} i za pomocą potencjometru znajdującego się w mierniku panelowym (niebieski potencjometr na fotografiach 5 i 6) ustawić takie same wskazanie obu przyrządów – patrz **fotografia 7**.

Podobnie nietrudna jest przeróbka wyświetlacza panelowego LED (dostępny w AVT jako moduł PMLLED). Schemat pokazany jest na **rysunku 4**. Tu z uwagi na dużo większy pobór prądu (50...60mA), zamiast diody LED trzeba zastosować trzy połączone w szereg zwykłe diody krzemowe, np. 1N4001 czy 1N4148. Podobnie jak w module PMLCDL, także trzeba zmienić czułość modułu, usuwając zworę w miejscu RB i wlutowując RB i RA, np. o wartościach 90,9kΩ

i 10kΩ 1%. W modelu pokazanym na fotografii wlutowane są dostarczone z modulem popularne rezystory SMD o wartości 100kΩ (oznaczony 104) i 10kΩ (oznaczony 103), czyli różniące się nie 9-, tylko 10-krotnie. Mimo to potencjometrem w module udało się ustawić wskazanie temperatury odpowiadające napięciu w punktach IN+, IN-, czyli aktualnej temperaturze. Trzeba także włączyć punkt dziesiętny, wykonując kropłą cyny zworę. Tu może wyniknąć drobnutki kłopot, ponieważ jak pokazuje **fotografia 8**, można trafić na różne wersje woltomierza, i trzeba albo wykonać zworę P3, albo P1. Wersję z modulem PMLLED najprawdopodobniej będzie można zasilać nie tylko ze stabilizowanego zasilacza 12V, ale też 9V i można zamiast trzech diod w obwodzie plusa zasilania dać tylko dwie. Chodzi o to, żeby napięcie zasilające LM35 nie było mniejsze niż 4V, a napięcie zasilające moduł nie było mniejsze od 7V.

Fot. 8 Wersja z miernikiem panelowym PMLLED



Dla dociekliwych i zaawansowanych

Błędy i kalibracja. Najtańsza wersja LM35D, wchodząca w skład zestawu AVT-752, powinna typowo zapewnić dokładność $\pm 0,4^\circ\text{C}$, jednak w niektórych egzemplarzach błąd może dochodzić do $\pm 1^\circ\text{C}$. Producent nie przewidział możliwości kalibracji układu scalonego, więc należy pogodzić się z ewentualnym niewielkim błędem. Dokładna kalibracja możliwa jest tylko w opisaną dalej wersji analogowego termometru pokojowego.

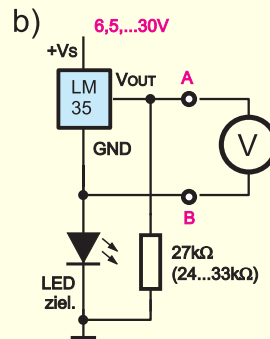
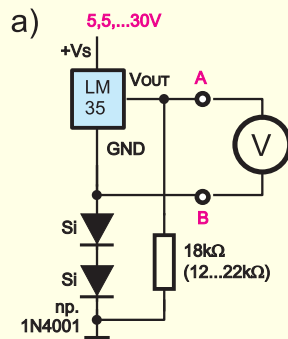
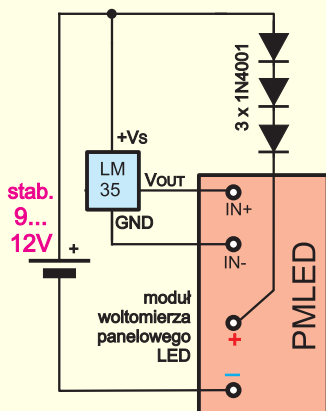
Pomiar temperatur ujemnych.

Wszystkie dotychczasowe rozwiązania umożliwiały jedynie pomiar temperatur dodatnich. Układ LM35 pozwala także mierzyć temperatury ujemne w prostym układzie z diodami według **rysunku 5**. Wtedy do pomiaru napięcia między punktami A, B, trzeba wykorzystać multimetr cyfrowy, podobnie jak pokazuje fotografia 1, albo rzadko spotykany miernik analogowy z zerem pośrodku skali. Chcąc zmierzyć temperatury ujemne woltomierzem panelowym LCD lub LED, należy rozbudować układ według **rysunku 6**. Dodatkowe



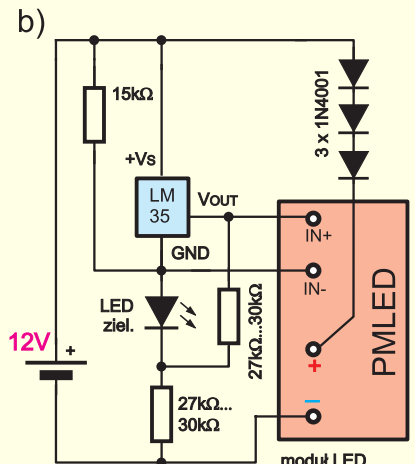
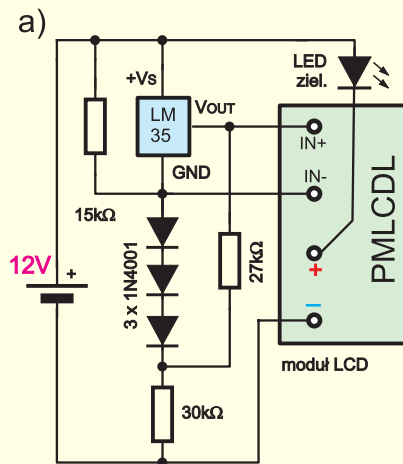
Fot. 7 Zmiana czułości modułu PMLCDL

Rys. 4 Wersja z miernikiem panelowym PMLLED



Rys. 5 Pomiar temperatur ujemnych

Rys. 6 Pomiar temperatur ujemnych w miernikach panelowych

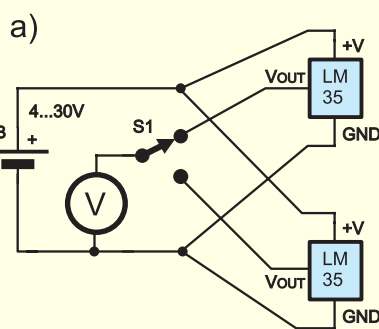


rezystory o wartościach 15kΩ i 30kΩ są niezbędne, ponieważ zapewniają prawidłową pracę nie tylko kostki LM35, ale też obwodów wejściowych modułu miernika panelowego.

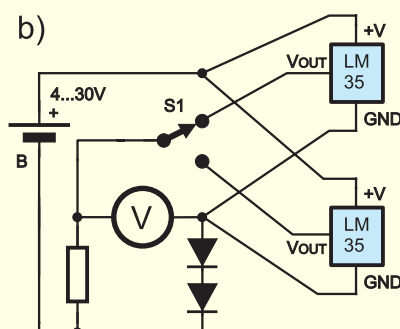
Najtańsza wersja LM35D (LM35DZ) przeznaczona jest do pomiaru temperatur dodatnich, ale będzie ona też pracować w temperaturach ujemnych. Zasadniczo do pomiaru temperatur ujemnych powinny być wykorzystane kilkakrotnie droższe wersje LM35CZ, LM35CAZ oraz jeszcze kosztowniejsze profesjonalne LM35A oraz LM35.

Termometr wielokanałowy. Kilka układów LM35 może tworzyć prosty system z wieloma czujnikami i jednym miernikiem. Dwa przykładowe rozwiązania pokazane są na rysunku 7.

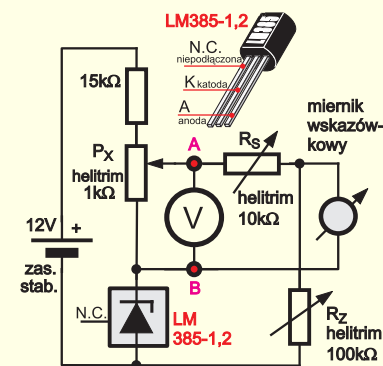
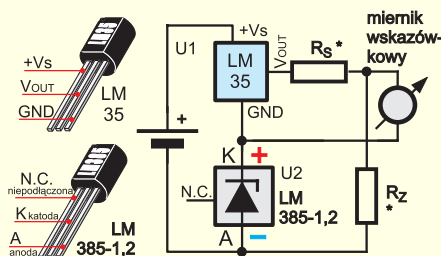
Analogowy termometr pokojowy. Bardzo efektywny jest duży miernik wskazówkowy w roli termometru pokojowego. Termometr pokojowy powinien mierzyć temperatury nie od zera, tylko w zakresie +15...+35°C.



Rys. 7 Termometry wielokanałowe



Rys. 8 Termometr pokojowy +15...+35°C



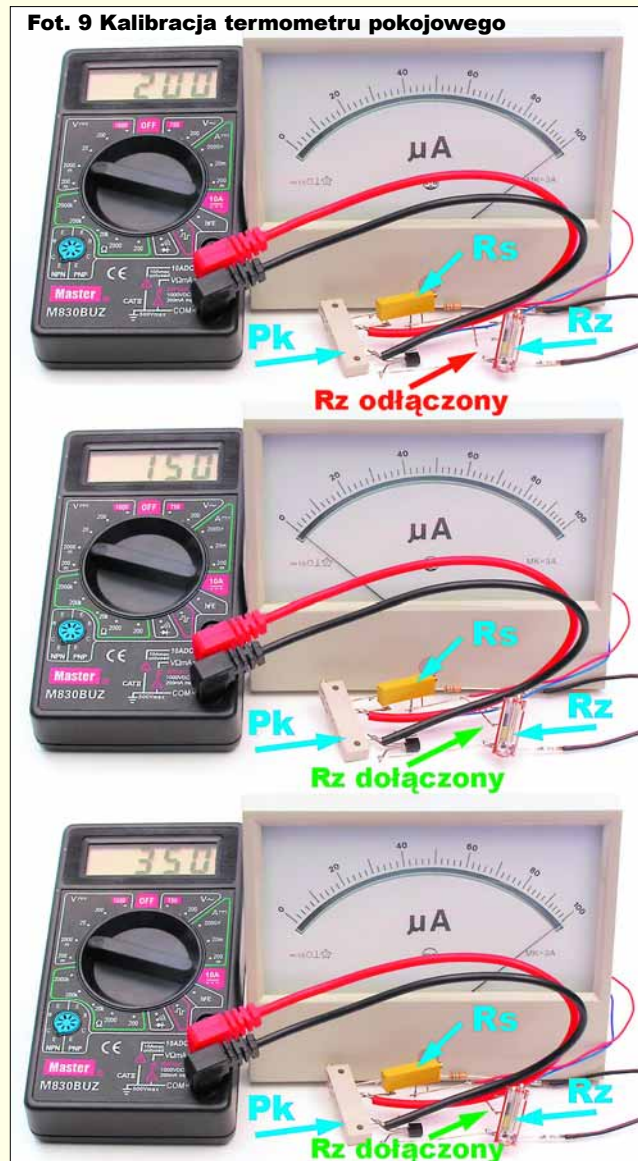
Rys. 9 Układ kalibracyjny termometru pokojowego

Rozciągnięcie takiego zakresu na całą skalę pozwoli osiągnąć znakomity efekt, a wykonanie tego rodzaju urządzenia może być powodem do dumy nie tylko dla początkujących. Taki termometr może być zrealizowany według rysunku 8 z użyciem jakiegokolwiek miernika wskazówkowego,

źródła napięcia odniesienia LM385-1,2V i dwóch dobranej rezystorów. W roli rezystorów Rs i Rz dla wygody warto zastosować potencjometry helitrim.

Ciąg dalszy na stronie 54.

Fot. 9 Kalibracja termometru pokojowego



Skład zestawu AVT-752

- 1 LM35DZ – 2szt
- 2 LM385 1,2V – 1szt
- 3 rezystor 15kΩ 5% - 1szt
- 4 rezystor 27kΩ 5% - 1szt
- 5 rezystor 30kΩ 5% - 1szt
- 6 rezystor 10kΩ 1% - 1szt
- 7 rezystor 90,9kΩ 1% - 1szt
- 8 potencjometr helitrim (Pk) 1kΩ - 1szt
- 9 potencjometr helitrim (Rs) 10kΩ - 1szt
- 10 potencjometr helitrim (Rz, Px) 100kΩ - 2szt
- 11 zielona dioda LED 3mm - 1szt
- 12 dioda 1N4001...7 – 3szt
- 13 złączka baterii (kijanka) - 2szt
- 14 cienki przewód izolowany 50cm

Uwaga! W skład zestawu AVT-752 nie wchodzi miernik-wskaźnik. Moduł miernika panelowego PMLCDL i PMLED można zamówić oddzielnie, a w miernik wskazówkowy należy zaopatrzyć się we własnym zakresie.

Komplet podzespołów jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-752.