



# Wielobarwny termometr RGB

## AVT-763

**Wyjątkowo efektowny termometr z trójkolorową diodą LED RGB. Niecodzienny sposób pokazywania temperatury: przez zmianę koloru diody LED RGB:**

- niebieski** – za zimno,
- zielony** – temperatura optymalna,
- czerwony** – za gorąco.

**Płynna zmiana barwy dzięki nietypowemu sterowaniu przebiegiem trójkątnym.**

**Nieskomplikowany układ – tylko trzy popularne układy scalone.**

**Precyzja dzięki zastosowaniu elementów wysokiej jakości.**

**Prosta kalibracja i możliwość zmiany zakresu pomiarowego.**

**Zasilanie: z zasilacza stabilizowanego 12V.**

**Średni pobór prądu: 10mA przy 12V.**

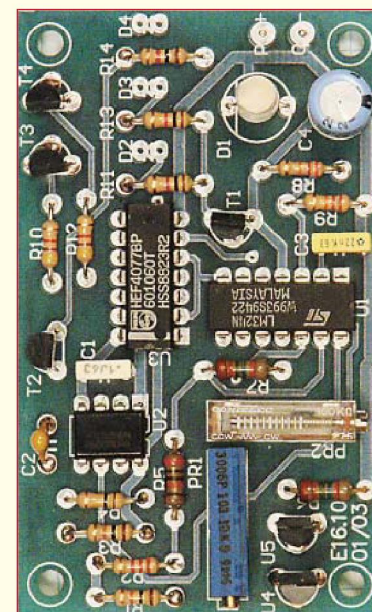
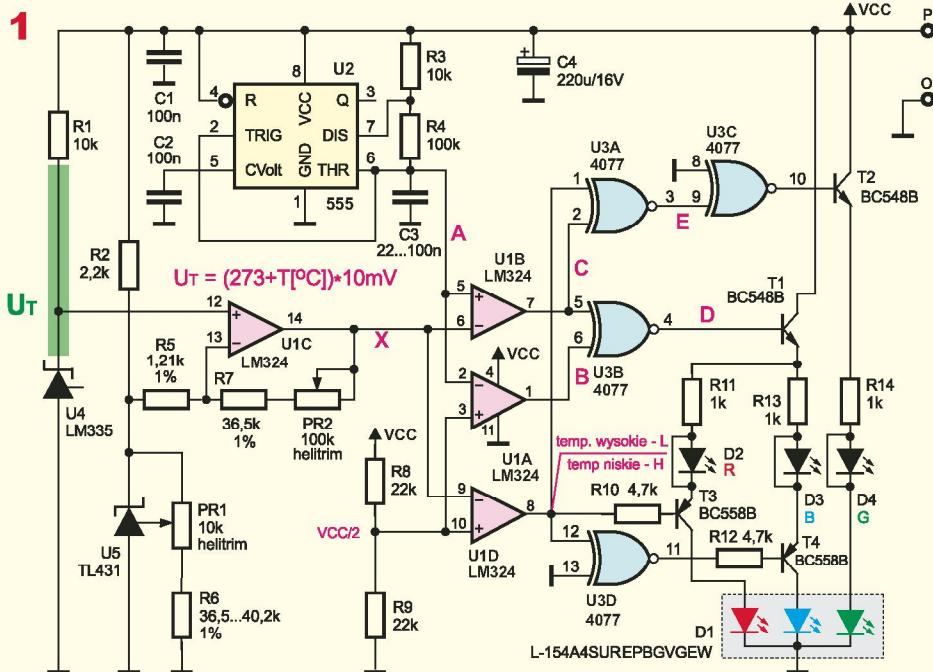
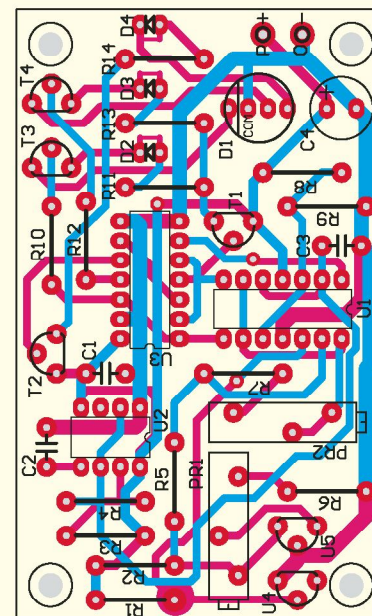
Opisywany niecodzienny termometr pokazuje temperaturę za pomocą koloru świecenia trójkolorowej diody RGB. Kolor świecenia zmienia się płynnie od niebieskiego (za zimno), przez turkusowy, zielony (temperatura optymalna) do żółtego i czerwonego (za

gorąco). W wersji podstawowej jest to termometr domowy o bardzo dobrej czułości: pełny zakres zmian koloru obejmuje wąski wycinek temperatur  $+18...+24^{\circ}\text{C}$ , przy czym czysty kolor zielony pokazuje optymalną temperaturę  $+21^{\circ}\text{C}$ . Temperatury poniżej  $+18^{\circ}\text{C}$  powodują maksymalne świecenie tylko struktury niebieskiej. Przy wzroście temperatury w zakresie  $+18...+21^{\circ}\text{C}$  dioda niebieska świeci coraz słabiej, a zielona – coraz jaśniej. Natomiast w zakresie  $+21...+24^{\circ}\text{C}$  dioda zielona świeci coraz słabiej, a czerwona – coraz silniej. Powyżej  $+24^{\circ}\text{C}$  świeci tylko struktura czerwona. Schemat i płytka drukowana pokazane są na rysunkach 1 i 2. Płytkę jest dwustronna, ale lutowanie przeprowadza się w sposób klasyczny, dokładnie tak samo, jak w zwykłej jednostronnej. Elementy warto montować w kolejności podanej w wykazie na końcu artykułu. Trójkolorowa dioda LED ma cztery końcówki, a najdłuższa z nich to elektroda wspólna, oznaczona COM. Należy ją wlotować w otwór płytki oznaczony COM. W wersji podstawowej nie są montowane diody D2, D3, D3.

Szereg cennych wskazówek praktycznych dotyczących identyfikacji elementów

oraz ich lutowania zawartych jest w broszurze *Elektronika dla nieelektroników – Elementarz elektronika*, która została wydana przez AVT w roku 2006. Pomocą w montażu może też być trójwymiarowa **fotografia 3**, którą trzeba oglądać w okularach anaglifowych, jakie otrzymali w prezencie wszyscy prenumeratorzy EdW.

2





Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować, ale należy go wykalibrować. Dlatego układ U4 (LM335) należy wlotować dopiero po przeprowadzeniu kalibracji. Kalibrację należy wykonać w układzie według rysunku 4 (niezbędne elementy dodatkowe wchodzi w skład kitu AVT-763). Przełącznik można dołączyć do punktu lutowniczego środkowej nóżki kostki U4, ale lepiej dolutować do „dolnej” końcówki rezystora R1, która w tym celu specjalnie została powiększona od strony lutowania. Najpierw przy zasilaniu napięciem 12V za pomocą potencjometru Px należy ustawić napięcie  $U_{max}$  równe 2,97V. Wtedy napięcie  $U_{min}$  wyniesie 2,91V. Następnie S1 ustawić w pozycji  $U_{max}$  i potencjometrem PR2 na płytce doprowadzić, by oprócz świecącej czerwonej, leciutko zaświeciła także zielona dioda. Potem trzeba przełączyć S1 w położenie  $U_{min}$  i potencjometrem PR1 na płytce spowodować, by oprócz silnie świecącej niebieskiej, leciutko zaświeciła także dioda zielona.

Z uwagi na wzajemną zależność, regulację PR1 i PR2 należy przeprowadzić kilkakrotnie. Czyli znów w pozycji  $U_{max}$  wyregulować PR2, a w pozycji  $U_{min}$  – PR1.

Zastosowana dioda LED RGB ma mleczną soczewkę, co zapewnia ładny efekt. Jednak dla zwiększenia wrażenia, zamiast obserwować wprost diodę LED, można zastosować dodatkowy element rozpraszający, np. w postaci matowej albo mlecznej płytki czy kostki.

Zasadniczo układ można zasiląć napięciem 9...15V. Jednak zmiana napięcia zasilania powoduje zauważalne przesunięcie zakresu mierzonych temperatur. Dlatego zalecane jest wykorzystanie zasilacza stabilizowanego, najlepiej 12V. Przy zasilaniu 12V pobór prądu sięga 20mA.

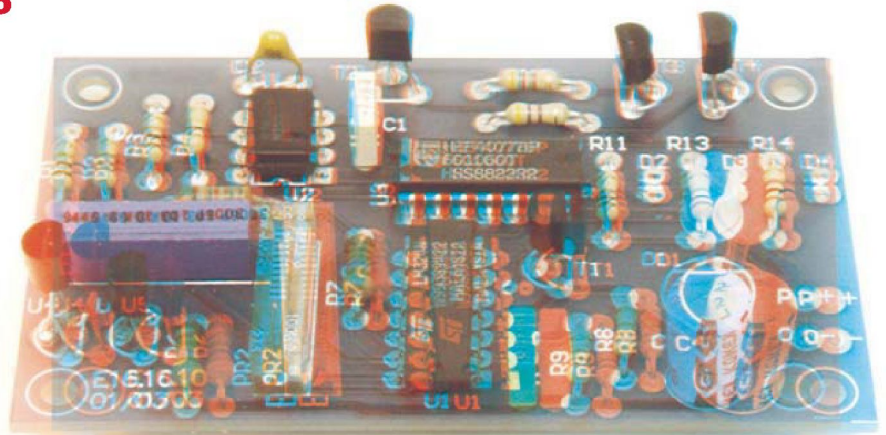
## Tylko dla dociekliwych – działanie układu

Prezentowane urządzenie w roli czujnika temperatury wykorzystuje kostkę LM335. Układ LM335 jest nazywany czujnikiem temperatury bezwzględnej – napięcie na czujniku ( $U_T$ ) jest równe temperaturze bezwzględnej (w kelwinach) pomnożonej przez 10mV. Zero stopni Celsjusza to około 273 kelwiny (ściślej 273,15K), więc przykładowo temperatura +21°C to 294 kelwiny. Napięcie na czujniku wyniesie więc  $294K \cdot 10mV/K = 2,94V$ .

Napięcie z czujnika temperatury podawane jest na nieodwracające wejście wzmacniacza operacyjnego U1C, który je wzmacnia i zmienia składową stałą.

Elementy współpracujące ze wzmacniaczem U1C muszą zapewnić dużą precyzję, ponieważ termometr domowy ma zobrazować bardzo wąski wycinek zakresu temperatur, mianowicie od +18...+24°C, co odpowiada napięciu z czujnika U4 w zakresie

3



Fotografia trójwymiarowa - oglądać w okularach anaglifowych. Nieporównanie lepszy efekt: [www.elportal.pl/3d](http://www.elportal.pl/3d)

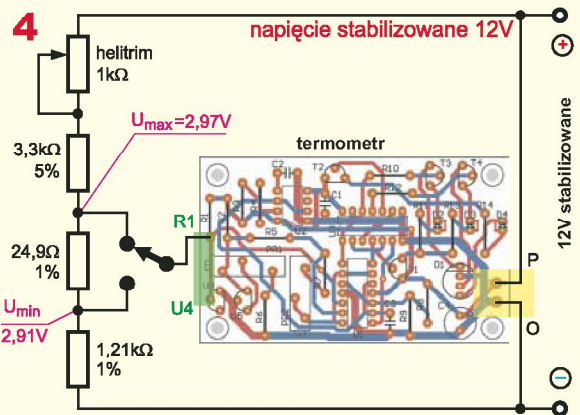
2,91...2,97V. Dlatego w układzie przewidziane są precyzyjne rezystory R5-R7 o tolerancji 1%, wysokostabilne wieloobrotowe potencjometry montażowe typu helitrim oraz precyzyjne źródło napięcia wzorcowego TL431 (U5).

Można powiedzieć, że potencjometr PR2 określa wzmacnienie, natomiast PR1 decyduje o przesunięciu składowej stałej. Okazuje się jednak, że regulacje PR1 i PR2 częściowo wpływają na siebie. Właśnie dlatego podczas kalibracji trzeba kilkakrotnie powtórzyć procedurę strojenia, uzyskując ostateczny efekt metodą kolejnych przybliżeń. W każdym razie przy zasilaniu 12V i przy napięciu czujnika 2,91V (+18°C), na wyjściu U1A powinno panować napięcie +4V, natomiast przy 2,97V napięciu wyjściowe U1A powinno wynieść +8V.

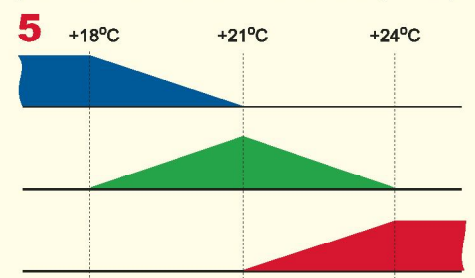
Te wartości napięć +4V i +8V dotyczą napięcia zasilania 12V i wynikają z właściwości współpracującego układu timera 555 (U2), który tu pracuje w klasycznej aplikacji jako generator. Mianowicie na kondensatorze C3 występuje napięcie zbliżone do przebiegu trójkątnego, zmieniające się między 1/3 a 2/3 napięcia zasilania. Ten przebieg trójkątny doprowadzony jest do komparatorów U1A, U1B.

W zakresie roboczym termometru, na wyjściu tych komparatorów występują przebiegi prostokątne o częstotliwości wyznaczonej przez U2 i co ważne, przebieg wyjściowy komparatora U1B ma wypełnienie zależne od napięcia  $U_x$ , a tym samym od temperatury. Te przebiegi cyfrowe podane są na bramki EX-NOR z kostki 4077 (U3).

Najogólniej biorąc, dioda zielona świeci tylko przy temperaturach w zakresie +18...+24°C. Jej jasność jest największa przy optymalnej temperaturze „środkowej” +21°C i zmniejsza się zarówno przy wzroście, jak i spadku temperatury. W temperaturach do +21°C świeci też „zimna” dioda niebieska. W temperaturze



poniżej +18°C świeci ona ciągle maksymalną jasnością, a w zakresie +18...+21°C sterowana jest przebiegiem prostokątnym o coraz mniejszym wypełnieniu. Z kolei w zakresie powyżej +21°C świeci „gorąca” dioda czerwona. Powyżej +24°C świeci ona ciągle maksymalną jasnością, a przy spadku temperatury w zakresie +24...+21°C sterowana jest przebiegiem prostokątnym o coraz mniejszym wypełnieniu. Ilustruje to w uproszczeniu rysunek 5. Należy zauważyć, że diody czerwona i niebieska nigdy nie świecą razem – w danej temperaturze może świecić tylko jedna z tych diod. W układzie realizuje to komparator U1D oraz pełniąc rolę negatora bramka U3D. Transystory T3, T4 pełnią tu rolę nietypowych kluczy załącz-wyłącz. Z kolei płynna zmiana jasności diod sterowana jest przez przebieg o zmiennym wypełnieniu z komparatora U1B. Sygnały z komparatorów U1A, U1D pełnią pomocniczą rolę i za pomocą sieci bramek U3A...U3C zapewniają





odpowiednie zmiany jasności poszczególnych diod. Najbardziej dociekliwi Czytelnicy mogą sami szczegółowo przeanalizować działanie sieci komparatorów i bramek. Ci najbardziej dociekliwi mogą się też zastanowić, jak na działanie układu wpłyną napięcia niezrównoważenia użytych komparatorów z popularnej kostki LM324 oraz zakłócenia przedostające się na wejście. Wyjaśnią wtedy możliwość ledwo zauważalnego świecenia lub migotania struktur czerwonej i niebieskiej w temperaturach bliskich +21°C.

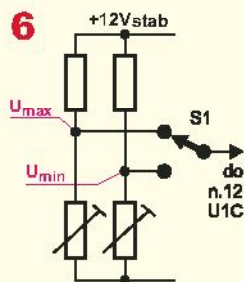
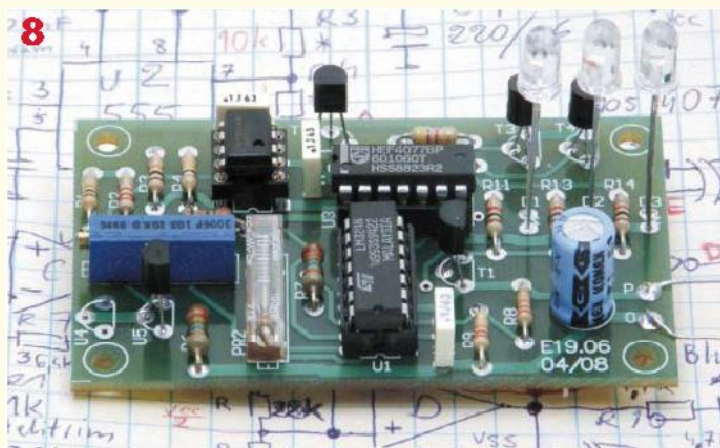
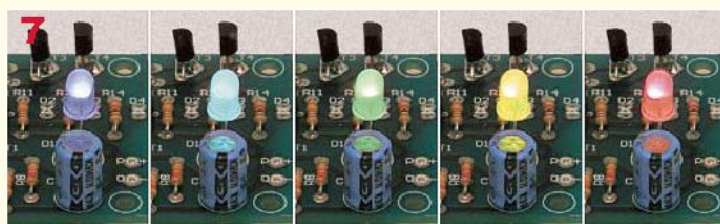
## Możliwości zmian

Można zmienić wartości PR1 i R6 – na przykład na: PR1–1kΩ i R6–3,65kΩ. Dla ciekawości można radykalnie zwiększyć pojemność C3, żeby sprawdzić efekt przy widocznym migotaniu diod.

Można zmieniać jasność świecenia diod przez dobór rezystorów R11, R13, R14 w zakresie 100Ω...4,7kΩ.

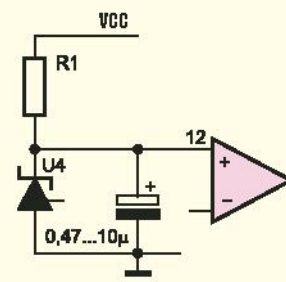
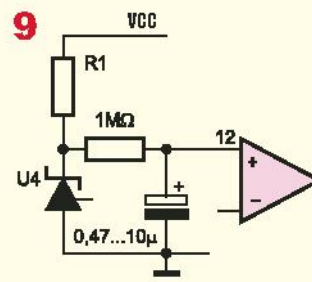
Przede wszystkim można jednak zmieniać zakres temperatur wskazywanych przez termometr. Trzeba po prostu inaczej ustawić potencjometry PR1, PR2. Można to zrobić w zmodyfikowanym układzie według rysunku 4, ale łatwiej będzie przeprowadzić potrzebną kalibrację w układzie według rysunku 6. Najpierw należy ustawić napięcia U<sub>min</sub>, U<sub>max</sub> odpowiadające temperaturze bezwzględnej  $U = (273 + T[°C]) \cdot 10\text{mV}$  a potem powtarzając kilkakrotnie kalibrację, ustawić za pomocą PR1 próg zaświecania diody zielonej, a za pomocą PR2 – próg gaśnięcia diody zielonej.

Aktualnie w wersji podstawowej przewidziane jest zastosowanie trzykolorowej diody ze wspólną katodą i z mleczną soczewką (Kingbright L-154A4SUREPBGVGEW).



Uzyskany efekt pokazany jest na **fotografii 7**. Należy tu wyraźnie podkreślić, że nie nadają się tu diody RGB ze wspólną anodą. Można natomiast użyć trzech oddzielnych diod RGB – D2, D3, D4. Wtedy należy zewrzeć punkty lutownicze diody D1 i przeciąć ścieżki zwierające diody D2, D3, D4. Pierwotnie w układzie planowane były tylko trzy takie diody – **fotografia 8** pokazuje model wcześniejszej wersji. Dla uzyskania dobrego efektu takie trzy diody powinny podświetlać albo jakiś ekran, albo matowy czy mleczny element.

Dołączenie czujnika U4 za pomocą przewodów może zwiększyć poziom zakłóceń (brum sieci 50Hz). Wtedy dla temperatur bliskich +21°C, gdy powinna świecić tylko dioda zielona, mogą migotać diody czerwona i niebieska. Pomocne



będzie wtedy dodanie na wejściu filtra RC, albo po prostu dołączenie równolegle do czujnika U4 kondensatora 1µF lub większego (najlepiej stałego, ostatecznie „elektrolitą”) według rysunku 9.

Piotr Górecki

## Wykaz elementów

(w kolejności lutowania)

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 1  | * | R1 – 10kΩ (brąz-czar.-pom.-złoty)               |
| 2  | * | R2 – 2,2kΩ (czerw.-czerw.-czerw.-złoty)         |
| 3  | * | R3 – 10kΩ (brąz-czar.-pom.-złoty)               |
| 4  | * | R4 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-złoty)             |
| 5  | * | R5 – 1,21kΩ 1% (brąz.-czerw.-brąz.-brąz.-brąz.) |
| 6  | * | R6 – 36,5kΩ 1% (pom.-nieb.-ziel.-czerw.-brąz.)  |
| 7  | * | R7 – 36,5kΩ 1% (pom.-nieb.-ziel.-czerw.-brąz.)  |
| 8  | * | R8 – 22kΩ (czerw.-czerw.-pom.-złoty)            |
| 9  | * | R9 – 22kΩ (czerw.-czerw.-pom.-złoty)            |
| 10 | * | R10 – 4,7kΩ (żółty.-fiolet.-czerw.-złoty)       |
| 11 | * | R11 – 1kΩ (brąz-czar.-czerw.-złoty)             |
| 12 | * | R12 – 4,7kΩ (żółty.-fiolet.-czerw.-złoty)       |
| 13 | * | R13 – 1kΩ (brąz-czar.-czerw.-złoty)             |
| 14 | * | R14 – 1kΩ (brąz-czar.-czerw.-złoty)             |
| 15 | * | podstawa 14-pin pod U1                          |
| 16 | * | podstawa 8-pin pod U2                           |
| 17 | * | podstawa 14-pin pod U3                          |
| 18 | * | C1 – 100nF ceramiczny (może być oznaczony 104)  |
| 19 | * | C2 – 100nF (może być oznaczony 104)             |
| 20 | * | C3 – 22nF (może być oznaczony 223)              |
| 21 | * | PR1 – helitrim 10kΩ                             |
| 22 | * | PR2 – helitrim 100kΩ                            |
| 23 | * | T1 – BC548B                                     |
| 24 | * | T2 – BC548B                                     |
| 25 | * | T3 – BC558B                                     |
| 26 | * | T4 – BC558B                                     |
| 27 | * | U5 – TL431                                      |
| 28 | * | C4 – 220µF/16V                                  |
| 19 | * | D1 – trójkolorowa dioda LED RGB                 |
| 30 | * | U1 – LM324 – włożyć układ do podstawki          |
| 31 | * | U2 – 555 – włożyć układ do podstawki            |
| 32 | * | U3 – 4077 – włożyć układ do podstawki           |
| 33 | * | przeprowadzić kalibrację wg rys. 4              |
| 34 | * | włutować U4 LM335                               |

**Uwaga!** W wersji podstawowej elementy D2, D3, D4 nie są montowane. W skład kitu AVT-763 wchodzi elementy do kalibracji wg rysunku 4: przełącznik, helitrim 1kΩ oraz rezystory 3,3kΩ 5%, 1,21kΩ 1%, 24,9Ω 1%.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-763.