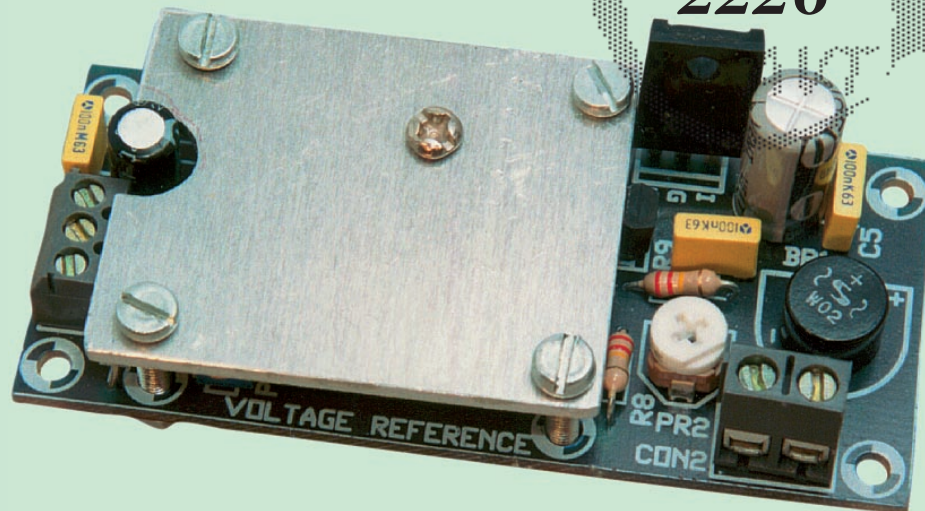


Źródło napięcia odniesienia

Do czego to służy?

Chciałbym zaproponować Czytelnikom EdW budowę urządzenia wyjątkowo prostego, a przy tym spełniającego wiele użyteczną rolę. Nie ma chyba elektronika, który nigdy nie skonstruowałby, mniej lub bardziej dokładnego woltomierza. Najczęściej są to przyrządy budowane w oparciu o dwa układy: ICL7107 – 7106 i ICL7135. Spełniają one różne role, pracują zgodnie ze swoim podstawowym przeznaczeniem jako woltomierze, ale także bywają „sercem” innych przyrządów pomiarowych. W oparciu o miliwoltomierz możemy zbudować i budujemy mierniki rezystancji, prądu i pojemności oraz przyrządy służące do pomiaru wartości nieelektrycznych, takie jak np. termometry.

W każdym przypadku zbudowany miliwoltomierz musimy sprawdzić i wykalibrować. W opisach budowy miliwoltomierzy najczęściej spotykamy sformułowania następującego rodzaju: „Za pomocą potencjometru montażowego PRxx ustawiamy napięcie 100mV pomiędzy i na tym kończymy regulację naszego przyrządu”. Wszystko dobrze, ale za pomocą jakiego miernika mamy ustawić to napięcie? Może za pomocą miernika uniwersalnego 3,5 cyfry wyprodukowanego przez bliżej nieznanego producenta z Tajwanu? To zakrawa na kpiny: budujemy woltomierz 4,5 cyfry, a jego kalibracji dokonujemy za pomocą przyrządu pomiarowego o dwie klasy gorszego! Nie każdy ma możliwość stałego korzystania z laboratoryjnych woltomierzy cyfrowych klasy 5 lub więcej cyfr, ale wielu z nas może uzyskać choć chwilowy dostęp do przyrządu przyzwoitej klasy. Dla nich właśnie przeznaczony jest proponowany układ.



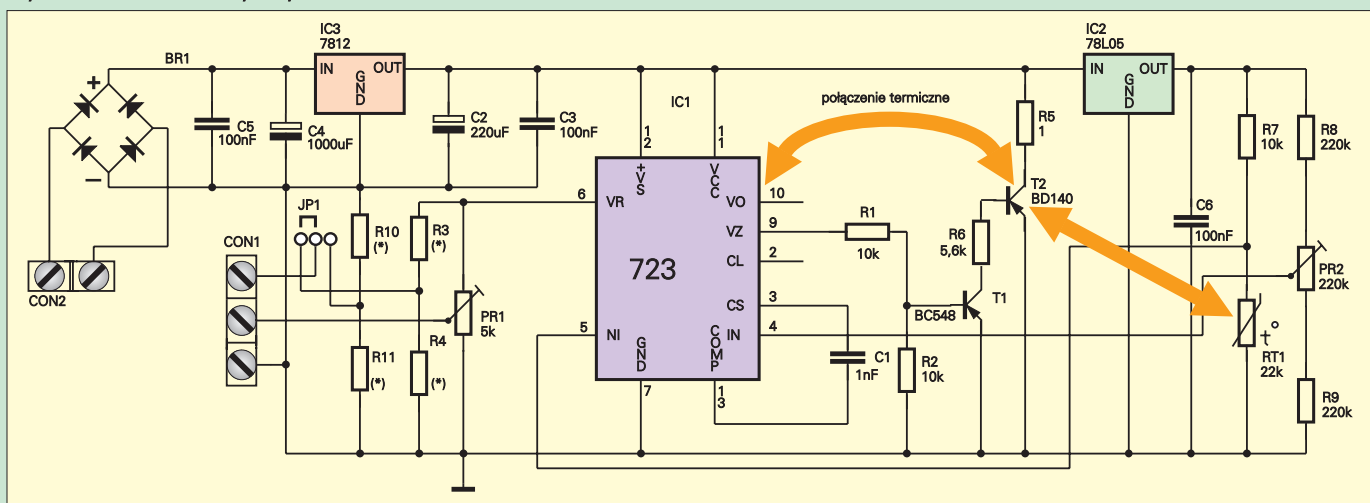
Wykonany wielkim nakładem sił i środków woltomierz możemy najczęściej skalibrować za pomocą dobrze znanego i niezmiennego źródła napięcia odniesienia. Nie musi to być napięcie dokładnie równe np. 1000mV, wystarczy dowolne napięcie, którego wartość znamy i mamy pewność, że nie uległo ono jakimkolwiek zmianom. Takich źródeł napięcia odniesienia jest wiele, wystarczy tu wspomnieć popularne układy typu LM385. Mają one jednak jedną wadę: zależność napięcia wyjściowego od temperatury struktury układu. W większości zastosowań ta wada nie ma większego znaczenia, nie jednak wtedy, kiedy potrzebujemy wyregulować woltomierz wysokiej klasy.

Poszukując źródła napięcia odniesienia, które mogłoby posłużyć do kalibracji woltomierzy dobrej klasy przejrzałem wiele katalogów. Owszem, kilka firm oferuje „referencje” spełniające nasze wymagania, ale są to układy z reguły bardzo kosztowne i trudno osiągalne. Kiedy już

miałem zaniechać dalszych poszukiwań, z pomocą przyszedł mi jeden z Kolegów redakcyjnych. „Zaraz, zaraz, chyba zapomniałeś o jednym z „koni pociagowych” elektroniki, sędziwym, lecz jak „Babcia” Tina Turner po wsze czasy młodym: $\mu A723$! Napięcie odniesienia tego skonstruowanego ponad ćwierć wieku temu układu uchodzi za jedno z najlepszych, jakie kiedykolwiek wykonano.”

Podchwyciłem temat i rezultatem tego jest układ, który pozwałam sobie Wam zaprezentować. Szczerze namawiam do jego wykonania, ponieważ potrzebne do jego budowy elementy możecie zakupić dosłownie za grosze w dowolnym sklepie z częściami elektronicznymi. Montaż układu nie jest zbyt skomplikowany i nie zajmie Wam więcej niż 1-2 godzin. Jedynym, poważnym utrudnieniem na jakie napotkacie będzie konieczność skorzystania z woltomierza cyfrowego bardzo dobrej klasy, co najmniej 5-cyfrowego.

Rys. 1. Schemat elektryczny



Zachwalana, dobra stabilność temperaturowa napięcia odniesienia układu 723 bynajmniej mnie nie zadowolila. Postaramy się osiągnąć jeszcze lepsze parametry: zastosujemy w naszym urządzeniu termostat, który będzie utrzymywał stałą temperaturę kostki 723, zawsze wyższą od temperatury otoczenia. Kolejnym problemem na jaki napotkamy to zbyt wielka, jak do kalibracji woltomierzy, wartość napięcia odniesienia układu 723. Zastosujemy więc dzielnik napięcia zbudowany z rezystorów precyzyjnych, metalizowanych. Wartość tych rezystorów nie będzie krytyczna, co zmniejszy kłopoty związane z ich zdobyciem.

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został przedstawiony na **rysunku 1**. Sama kostka 723 była wyczerpująco opisana w „Najsłynniejszych aplikacjach” w EdW 12/97.

723 -ka została w naszym układzie całkowicie wykorzystana. Najważniejszym jej elementem jest dla nas oczywiście źródło napięcia odniesienia, ale wykorzystamy także wbudowany w jej strukturę wzmacniacz błędu. Niewykorzystany zostanie jedynie układ ograniczenia prądowego, dla którego nie potrafiłem wymyślić jakiegokolwiek zastosowania.

Tak nas interesujące napięcie odniesienia wyprowadzone jest na końcówkę VR (Voltage Reference). Stamtąd doprowadzone jest do trzech dzielników napięcia zbudowanych z rezystorów precyzyjnych R3, R4, R10 i R11 oraz z potencjometru montażowego PR1. Wartości rezystorów precyzyjnych nie są krytyczne i powinny zostać dobrane tak, aby na jednym z dzielników otrzymać napięcie trochę około 1000mV, a na drugim ok. 100mV. Te wartości są najwygodniejsze do kalibrowania mierników o podstawowym zakresie 1,9999V (lub 1,999V) i 199,9mV które najczęściej budujemy wykorzystując układy ICL. Oczywiście, nic nie stoi na przeszkodzie aby zastosować dzielniki napięcia o innych parametrach, wygodnych dla użytkownika przyrządu.

Dzielnik napięcia z potencjometrem montażowym został dodany jedynie na wszelki wypadek, do doraźnego ustawiania trzeciego poziomu napięcia. Mierna stabilność czasowa i termiczna popularnych HELLITRIM-ów nie gwarantuje zachowania ustawionej wartości napięcia przez dłuższy okres czasu.

Przejdźmy teraz do drugiej części układu, która zbudowana została z wykorzystaniem wzmacniacza błędu wbudowanego w strukturę 723. Wzmacniacz ten porównuje ze sobą dwa napięcia: jedno uzyskiwane z dzielnika zbudowanego

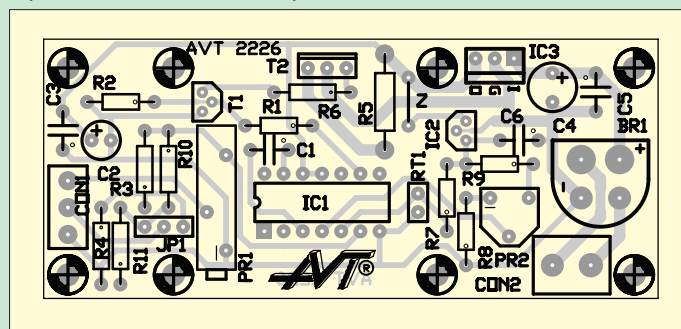
z rezystora R7 i termistora RT1 i drugie, wytwarzane przez dzielnik R8, potencjometr montażowy PR2 i R9. Napięcie uzyskiwane z pierwszego dzielnika zależy od temperatury termistora RT1, który w wykonaniu praktycznym układu znajduje się w takich samych warunkach termicznych jak IC1. Jeżeli napięcie na końcówce IN, co oznacza spadek temperatury poniżej ustawionej za pomocą PR2 wartości, to wysterowany zostanie tranzystor T1 polaryzując bazę tranzystora T2. Tu wielu Czytelników ogarnęła z pewnością zgroza: przecież to totalna, piękna katastrofa! Tranzystor T2 spowoduje zwarcie zasilania i tylko dym pójdzie z twojego układu, drogi autorze! Nic podobnego, wartość rezystora R6 polaryzującego bazę tego tranzystora została tak dobrana, że przez T2 będzie płynął prąd o wartości ok. 0,5A. Jedyną bowiem funkcją spełnianą przez tranzystor T2 jest podgrzewanie płytki termostatu. Tak barbarzyńsko potraktowany tranzystor spełnia jednak swoje zadanie doskonale. Prawie całe wytwarzane ciepło przekazywane jest bez rozpraszania w atmosferę do płytki termostatu. Nie bez znaczenia jest też mała bezwładność cieplna wykorzystanego jako grzałka tranzystora.

Pozostała część układu to typowo wykonane stabilizatory napięcia, zasilające układ IC1 i grzałkę termostatu i dzielniki napięcia. Jumper JP1 wykorzystujemy przy wyborze napięcia wyjściowego dostarczanego z jednego z dwóch dzielników rezystorowych.

Montaż i uruchomienie

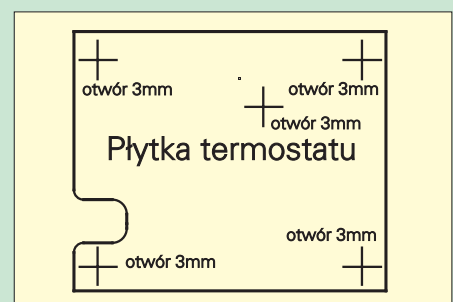
Na **rysunku 2** została pokazana mozaika ścieżek płytki drukowanej i rozmieszczenie na niej elementów. Montaż większości podzespołów wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach. Na razie nie lutujemy termistora, tranzystora T2 i innych elementów, których wysokość mogłaby być większa od wysokości IC1 włożonego w podstawkę. Po wlutowaniu części elementów i umieszczeniu 723 w podstawce wkładamy termistor RT1

Rys. 2. Schemat montażowy



w przewidziane dla niego otwory lutownicze i całość kładziemy elementami w dół na gładkiej powierzchni. Dopiero teraz lutujemy wyprowadzenia RT1, uważając, aby znalazł się on dokładnie w takiej samej płaszczyźnie jak grzbiet kostki IC1.

Możemy teraz zamontować pozostałe elementy i postarać się o kawałek blachy miedzianej lub duralowej o wymiarach i kształcie pokazanych na **rysunku 3**, która będzie służyła jako płytka termostatu. Zgodnie z tym rysunkiem wykonujemy w blasze odpowiednie otwory i przykręcamy do niej tranzystor – grzałkę T2, nie zapominając o posmarowaniu go silikonową pastą przewodzącą ciepło. Taką samą pastę наносimy grubą warstwą na grzbiet kostki 723 i na termistor RT1.

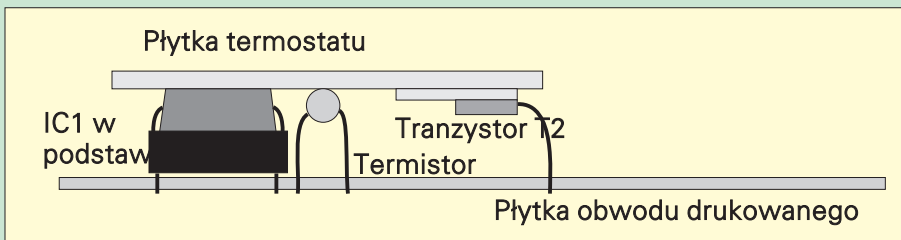


Rys. 3.

Możemy teraz przystąpić do ostatniego etapu montażu. Płytkę termostatu składamy z płytką obwodu drukowanego przeprowadzając końcówki lutownicze tranzystora T2 przez otwory w właściwych punktach lutowniczych. Obie płytki skręcamy ze sobą za pomocą czterech śrubek M3 z nakrętkami i dopiero teraz lutujemy końcówki tranzystora T2. Na **rysunku 4** został pokazany szkic rozmieszczenia elementów pomiędzy płytkami.

Pozostałą nam jeszcze jedna czynność do wykonania: kalibracja układu do kalibracji woltomierzy. Jak już wspomniałem, do wykonania tej czynności konieczny będzie woltomierz bardzo wysokiej klasy. Kalibracja za pomocą popularnych mierników uniwersalnych nie miałaby najmniejszego sensu. Wielu Czytelników z pewnością zapyta, czy nie można by było po prostu obliczyć wartości napięć wyjściowych? Przecież napięcie

referencyjne 723 jest stałe i znane! Niestety, nie jest aż tak dobrze. To fakt, że napięcie odniesienia kostki 723 jest stałe, nie z m i e n n e w czasie i słabo zależy od temperatury, ale odnosi się to do jednej serii produk-



Rys. 4.

cyjnej danego producenta. W zależności od serii i producenta napięcie to może zawierać się w przedziale 7,1...7,3V, co powoduje konieczność pomiaru napięć wyjściowych układu. Pomiarów najlepiej dokonać po dłuższym okresie wygrzewania układu, nawet po kilkudniowym. Należy też pamiętać, że nasz układ jest gotowy do pracy dopiero po ok. 1 min od włączenia zasilania.

Pozostałą jeszcze do omówienia sprawą wartości temperatury, do jakiej ma się rozgrzewać płytka termostatu i co za tym idzie układ scalony IC1. Musi to być temperatura w każdym przypadku wyższa, niż przewidywana temperatura pomieszczenia, w którym dokonywać będziemy sprawdzania woltomierzy. Należy sądzić, że w naszym klimacie odpowiednia bę-

dzie temperatura ok. 40...45°C, którą ustawimy za pomocą potencjometru montażowego PR2. Do wykonania tej czynności nie będzie nam oczywiście, potrzebny termometr. Wystarczy „pomiar” temperatury dokonany za pomocą dotknięcia palcem: płytka termostatu powinna być wyraźnie gorąca, ale nie może parzyć.

Układ powinien być zasilany ze źródła napięcia stałego 15...20VDC lub przemienne 11...15VAC o wydajności prądowej ponad 0,5A.

Zbigniew Raabe

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2226.

Wykaz elementów

Rezystory

- PR1: potencjometr montażowy Helitrim 5kΩ
- PR2: potencjometr montażowy miniaturowy 220kΩ
- R8, R9 : 220kΩ
- RT1: ok. 22kΩ/20°C
- R1, R2, R7: 10kΩ
- R3: objaśnienie w tekście
- R4: objaśnienie w tekście
- R10: objaśnienie w tekście
- R11: objaśnienie w tekście
- R5: 1Ω
- R6: 5,6kΩ

Kondensatory

- C1: 1nF
- C2: 220μF/16
- C5, C3: 100nF
- C4: 1000μF/25
- C6: 100nF

Półprzewodniki

- BR1: mostek prostowniczy 1A
- IC1: uAA723 (LM723 lub inny odpowiednik)
- IC2: 78L05
- IC3: 7812
- T1: BC548 lub odpowiednik
- T2: BD140

Pozostałe

- CON1: ARK3 miniaturowe
- CON2: ARK2
- JP1 3 goldpiny + jumper

Ekonomiczny wykrywacz zwarc (c.d. ze str. 55)

Taki pomiar czteropunktowy wcale nie jest jednak konieczny. Kto chce, może zewrzeć na płytce punkty E1 z E2 oraz F1 z F2 i zastosować pojedyncze przewody prowadzące do sond. Wskazania dołączonego miernika będą większe, bo do rezystancji badanej dojdzie rezystancja przewodów i sond. Ilustruje to rysunek 4.

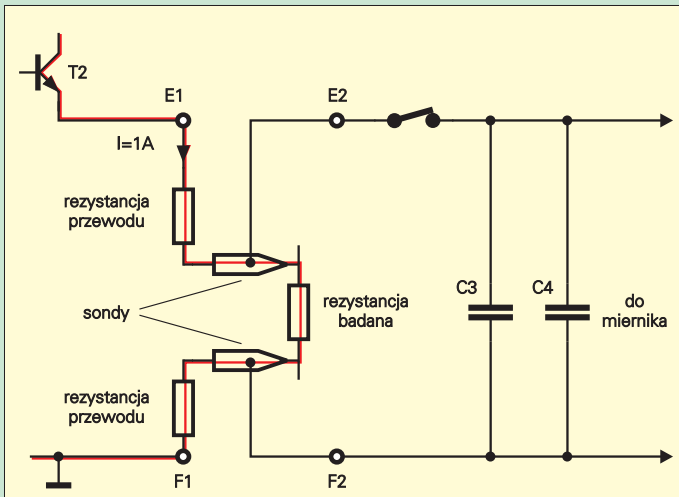
Podczas prób okazało się, że w egzemplarzu modelowym prąd pracy wynosi około 0,85A i wyniki pokazywane na wyświetlaczu dołączonego woltomierza nie odpowiadają ściśle wartości mierzonej rezystancji. Aby uzyskać prąd równy 1A należałoby dokładnie dobrać wartości rezystorów R7 i R8 (dodać kolejny rezystor równoległe do R7 i R8). W praktyce

takie dobieranie wcale nie jest konieczne, bo podczas wyszukiwania zwarcia nie chodzi o poznanie dokładnej wartości badanej rezystancji, tylko o znalezienie miejsca o najmniejszej oporności.

Model pobiera w czasie pomiaru prąd równy 13mA, a przy braku rezystancji mierzonej, czyli rozwarciu sond, gdy świeci dioda D5, pobór prądu wynosi 3mA.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Rys. 3. Zasada pomiaru czteropunktowego



Rys. 4. Wpływ rezystancji przewodów

