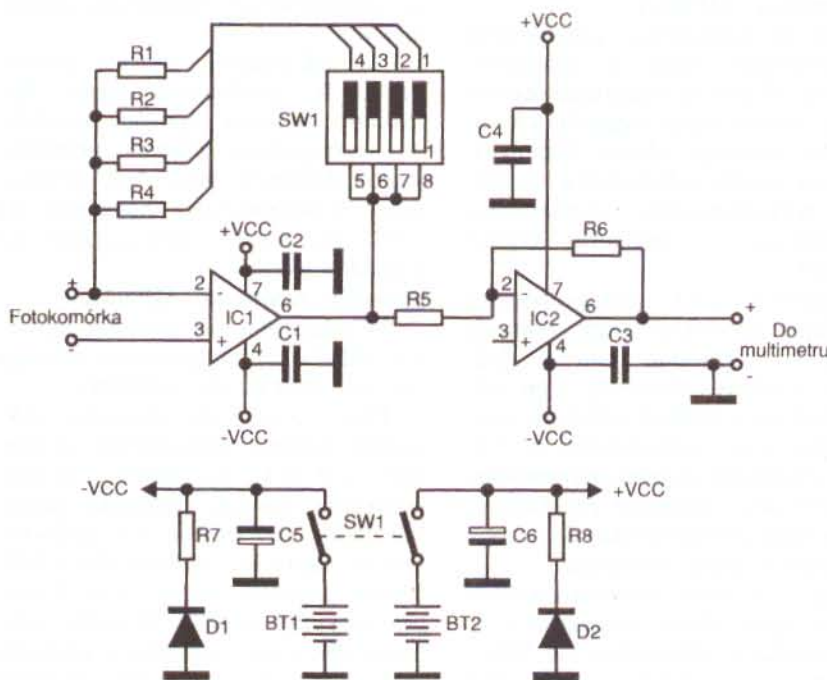
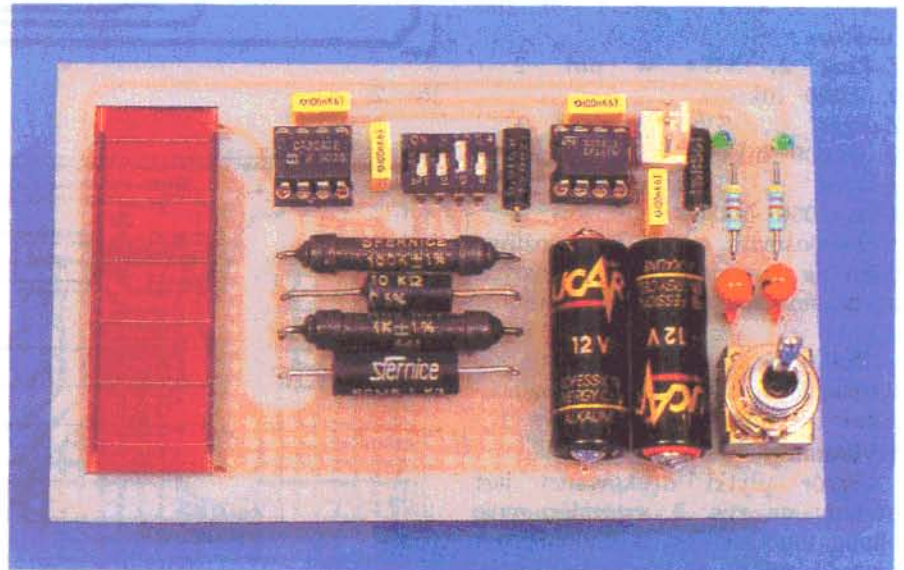


Posiadanie różnego rodzaju modułów, rozszerzających możliwości multimetru cyfrowego, może okazać się bardzo pożyteczne. Moduły takie są bardzo dokładne, chociaż ich wykonanie jest zwykle bardzo proste.

W niniejszym artykule opisano moduł luksomierza i moduł wzmacniacza do termopary. Za pomocą luksomierza można, na przykład do celów wideo lub fotograficznych, bardzo dokładnie zmierzyć oświetlenie pochodzące od sztucznych źródeł światła.

# Moduły uzupełniające do multimetru



Rys. 1.

## Moduł luksomierza

### Czujnik

Podstawowym elementem tego układu jest fotoogniwo z krzemu amorficznego, przetwarzające światło w prąd stały. Jego charakterystyka widmowa jest zbliżona do charakterystyki ludzkiego oka, o poszerzonej czułości w zakresie ultrafioletu i nie obejmuje podczerwieni. Zależność prądu fotoogniwa od oświetlenia jest liniowa i w zakresie od  $1\mu\text{A}$  do  $10\text{mA}$  wynosi  $1\mu\text{A}/1000$  luksów. Ułatwia to bardzo wykonanie układu, ponieważ wystarczy przetworzyć prąd czujnika w napięcie proporcjonalne do oświetlenia. Czujnik ma małe wymiary, co pozwala na umieszczenie go bezpośrednio na płytce drukowanej, albo w ścianie obudowy, co zresztą wydaje się bardziej funkcjonalne.

### Luksomierz

Jego schemat elektryczny jest przedstawiony na rys. 1. Jak już powiedziano, zapewnia on dużą dokładność pomiaru, pomimo że

jest bardzo prosty, Głównym elementem układu jest przetwornik prąd/napięcie o wzmacnieniu wyznaczonym przez cztery precyzyjne rezystory:

- R1 100mV/μA
- R2 10mV/μA
- R3 1mV/μA
- R4 0,1mV/μA

Wykonując pomiary na zakresie multimetru 2V, otrzymuje się cztery zakresy, co wystarcza do większości zastosowań:

- Zakres 1, SW1 w poł. 1 - 0...200 luksów
- Zakres 2, SW1 w poł. 2 - 0...2.000 luksów
- Zakres 3, SW1 w poł. 3 - 0...20.000 luksów
- Zakres 4, SW1 w poł. 4 - 0...100.000 luksów

Bezpośredni odczyt jest możliwy tylko na zakresie 2, na pozostałych trzeba stosować odpowiednie mnożniki.

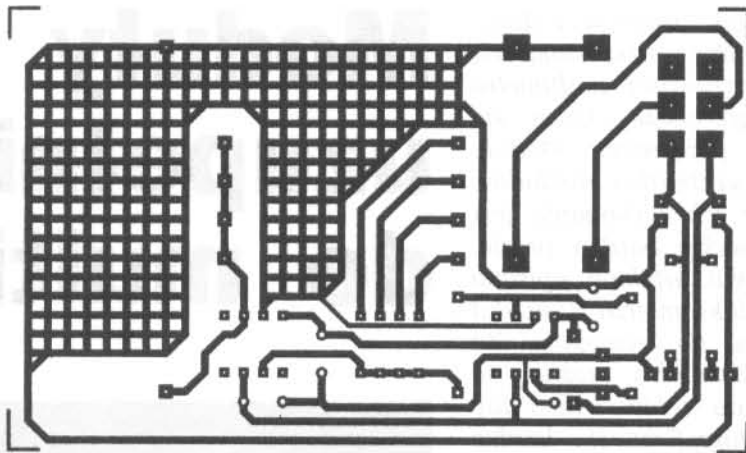
Na wyjściu układu znajduje się wzmacniacz odwracający o wzmacnieniu wynoszącym dokładnie 1.

**Wykonanie**

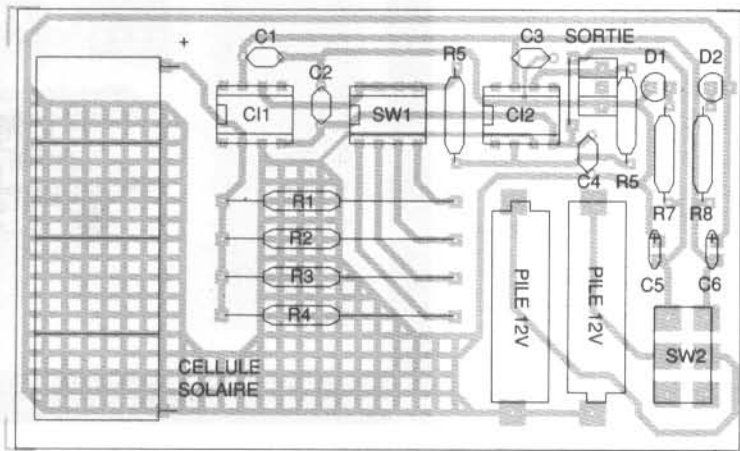
Wzór płytki drukowanej jest podany na rys. 2, a rozmieszczenie elementów na rys. 3. Czujnik jest przewidziany do umieszczenia na płycie, ale może zostać równie dobrze umieszczony na obudowie, jeśli jest przewidziana. Do zasilania służą dwie małe baterie 12V (foto baterie) które są bardzo praktyczne, gdyż można je przylutować wprost do płytki drukowanej. Mają jednak małą pojemność, nadają się więc tylko do sporadycznych i krótkotrwałych pomiarów. Tolerancja wszystkich rezystorów jest 1% (byłoby jeszcze lepiej zastosować 0,5% lub 0,1%). Jako wzmacniacz operacyjny IC1 można użyć CA3140 albo LINCOS Texas, jako IC2 LF351 lub 356 (351 charakteryzuje się mniejszym poborem prądu). Całkowity pobór prądu wynosi około 8mA.

**Moduł wzmacniacza do termopary i termometru**

Pomiar wysokich temperatur jest możliwy tylko za pomocą termopary, do której jest potrzebny przetwornik sygnałów sondy. Taki właśnie przetwornik, którego napięcie wyjściowe jest odczytywane z dużą dokładnością za pomocą multimetru cyfrowego, jest opisany poniżej.



Rys. 2.



Rys. 3.

**Prezentacja AD595A**

Jest to kompletny przetwornik do termopar typu K (chromel-alumel). W jednej strukturze zawiera on wzmacniacz sygnału i kompensator zimnego złącza termopary. Zawiera źródło odniesienia do 0°C oraz wykalibrowany wzmacniacz i dostarcza na wyjściu sygnał 10mV/°C.

AD595A jest doregulowany w trakcie produkcji przy pomocy lasera do termopar typu K. Jednakże niektóre elementy tego układu (jak na przykład rezystory wyznaczające jego wzmacnienie) są dostępne z zewnątrz poprzez wyprowadzenia. Jest więc możliwe przekalibrowanie tego przetwornika do użycia z innymi typami termopar.

Układ zawiera również, o czym będzie dalej, alarm ostrzegający użytkownika o odłączeniu się któregoś z wyprowadzeń sondy, lub o jej uszkodzeniu.

Układ może być także stosowany jako zwykły termometr, co mo-

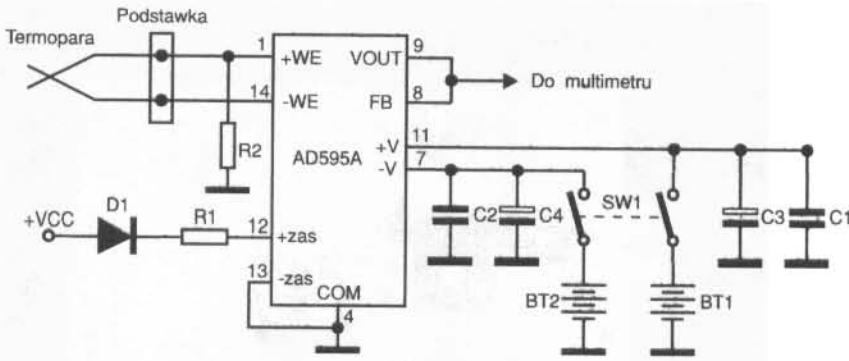
że zainteresować niektórych czytelników.

Na zakończenie wypada powiedzieć, że przetwornik może być zasilany w różny sposób, zależnie od wymaganego zakresu pomiarowego. AD596A może być użytkowany w temperaturze otoczenia od -55°C do +125°C (wymagania na potrzeby wojska).

**Sposoby zasilania AD595A**

W zależności od sposobu zasilania układu, zakres pomiaru rozciąga się od -200°C do +1250°C.

Przy zwyczajnym zasilaniu +5V, można mierzyć temperatury w zakresie od 0°C do 300°C. W tym przypadku ujemną końcówkę zasilania łączy się z masą. Po podwyższeniu napięcia zasilania do +15V, zakres pomiaru sondą typu K rośnie powyżej 1200°C. Dodanie zasilania ujemnym napięciem pozwala rozciągnąć zakres pomiaru również na temperatury ujemne. Trzeba jednak pamiętać, że całkowite napięcie zasilające nie może przekroczyć



Rys. 4.

30V. Na przykład +15V i -15V albo, jak przyjęto w prototypie, +12V i -12V.

Pobór prądu jest znikomo mały, do zasilania można więc użyć małych baterii, co korzystnie wpływa na małe gabaryty modułu.

**Napięcie wyjściowe AD595A**

Napięcie wyjściowe termopary w sposób nieliniowy zależy od temperatury, zaś układ scalony liniowo wzmacnia skompensowany sygnał. Dokładną wartość napięcia wyjściowego można otrzymać z następującego wzoru:

$$U_{wy} = (\text{napięcie typu K} + 11\mu\text{V}) \times 247,3$$

albo:

$$(\text{napięcie typu K}) = U_{wy}/247,3 - 11\mu\text{V}$$

Tabela 1 jest bardzo użyteczna do interpretacji wyników pomiarów.

**Działanie AD595A**

Schemat elektryczny modułu przedstawia rys. 4. Działa on na zasadzie dwóch wzmacniaczy różnicowych, których sygnały wyjściowe sterują wzmacniaczem o dużym wzmacnieniu. Przy normalnym sposobie pracy (jak w tym przypadku) wyjście wzmacniacza o dużym wzmacnieniu jest włączone w układ sprzężenia zwrotnego (połączenie

końcówki 9 z końcówką 8).

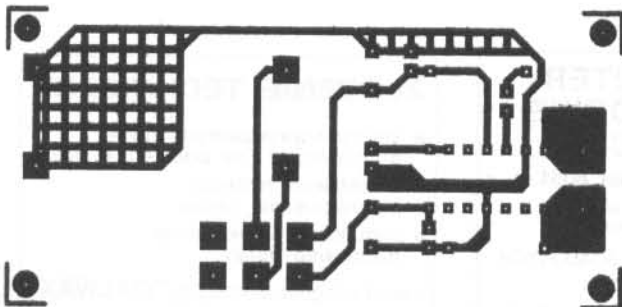
Napięcie termopary jest przyłączone do wejściowego wzmacniacza różnicowego (końcówki 1 i 14), a po wzmacnieniu podane do wzmacniacza głównego, który je dalej wzmacnia. Wzmocniony sygnał jest wprowadzany do drugiego wzmacniacza różnicowego (wejście odwracające), z wyjścia którego przechodzi do sumatora. Na wyjściu sumatora otrzymuje się napięcie będące różnicą sygnału termopary i sygnału sprzężenia zwrotnego, odzwierciedlającego bardzo dokładnie wartość sygnału dostarczanego przez sondę. Obwód sprzężenia zwrotnego jest tak uformowany, że współczynnik przetwarzania temperatury mierzonej przez termoparę na napięcie wyjściowe AD595A wynosi 10mV/°C. Zadaniem rezystora R2 jest przeciwdziałanie indukowanemu się w sondzie przypadkowym napięć względem masy, które mogłyby wpływać na przetwarzany sygnał.

Układ jest zasilany z dwóch miniaturowych baterii 12V (foto baterie). Kondensatory C1 do C4 filtrują te napięcia.

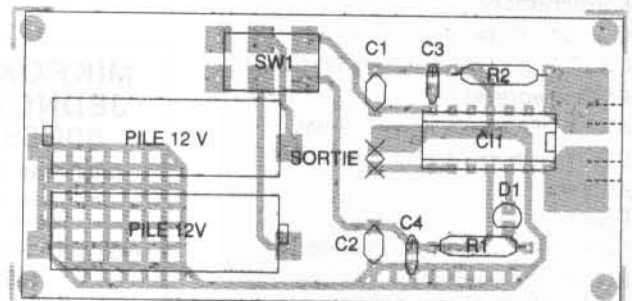
Alarm wewnętrzny może okazać się bardzo pożyteczny w razie przzerwania obwodu termopary, gdy układ jest użyty do automatycznej

Tab. 1.

Temperatura [°C]	Napięcie typu K [mV]	Uwy [mV]
-200	-5.891	-1454
-180	-5.550	-1370
-160	-5.141	-1269
-140	-4.669	-1152
-120	-4.138	-1021
-100	-3.353	-876
-80	-2.920	-719
-60	-2.243	-552
-40	-1.527	-375
-20	-0.777	-189
-10	-0.392	-94
0	0.000	2.7
10	0.397	101
20	0.798	200
25	1.000	250
30	1.203	300
40	1.611	401
50	2.022	503
60	2.436	605
80	3.266	810
100	4.095	1015
120	4.919	1219
140	5.733	1420
160	6.539	1620
180	7.338	1817
200	8.137	2015
220	8.938	2213
240	9.745	2413
260	10.560	2614
280	11.381	2817
300	12.207	3022
340	13.874	3434
400	16.395	4057
440	18.088	4476
500	20.640	5107
540	22.346	5529
600	24.902	6161
640	26.599	6581
700	28.128	7206
740	30.799	7619
800	33.277	8232



Rys. 5.

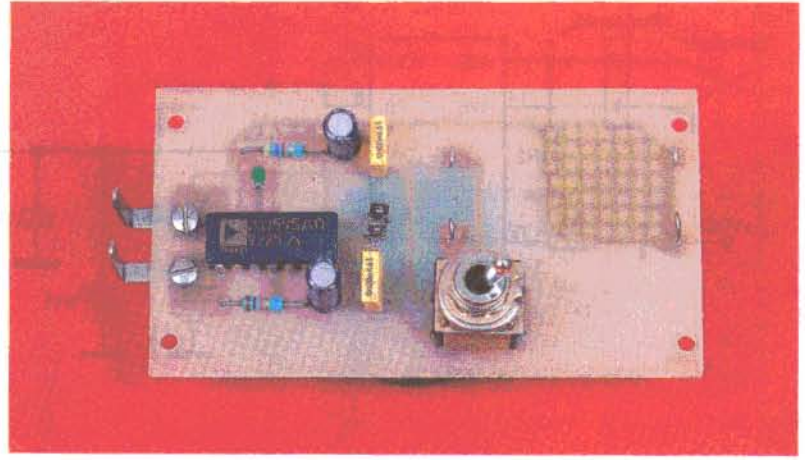


Rys. 6.

regulacji temperatury. Przypadek taki mógłby mieć fatalne skutki gdyby temperatura wzrosła powyżej dopuszczalnego poziomu.

Sygnał wyjściowy tego alarmu jest w pełni kompatybilny z TTL i może służyć do sterowania wszelkiego rodzaju urządzeniami ochronnymi, włączając w to przekaźniki.

Jak już sygnalizowano, AD595A może też być używany jak zwyczajny termometr. Wystarczy bowiem zewrzeć końcówki 1 i 14 a układ będzie mierzył swoją własną temperaturę, tak samo w skali 10mV/°C; sygnałem wejściowym będzie wewnętrzne napięcie kompensacji. Mogąc działać w szerokim zakresie



temperatur, układ może oddawać cenne usługi jako termometr i to z dużą dokładnością.

**Uruchomienie**

Połączenie termopary z płytką drukowaną powinno mieć jak najlepszą przewodność termiczną i tę samą temperaturę co układ scalony, aby kompensacja zimnego złącza termopary mogła poprawnie działać. Wymaga to użycia właściwego złącza i dobrych kontaktów.

Na rys. 5, przedstawiającym wzór

ścieżek płytki drukowanej, widać dwie większe powierzchnie miedziane, połączone z wyprowadzeniami do termopary. Zapewniają one dobry kontakt termiczny. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej przedstawia rys. 6.

Sonda powinna być umocowana do obwodu za pomocą specjalnej podstawki, którą należy przylutować szczególnie starannie, po dokładnym odtlenieniu.

**ERP**

**WYKAZ ELEMENTÓW**

**Luksomierz**

**Rezystory**

- R1: 100kΩ, 1%
- R2: 10kΩ, 1%
- R3: 1kΩ, 1%
- R4: 100Ω, 1%
- R5, R6: 6,81kΩ, 1%
- R7, R8: 4,7kΩ

**Kondensatory**

- C1 do C4: 100nF
- C5, C6: 10μF/16V, tantalowe

**Półprzewodniki**

- IC1: CA3140
- IC2: LF351 lub LF356
- D1, D2: miniaturowe LED

**Różne**

- SW1: poczwórny dipswitch
- SW2: wyłącznik dwuobwodowy
- BT1, BT2: miniaturowe baterie 12V
- dwie podstawki 8-końcówkowe
- fotodiagnostyka Solems

**Termometr**

**Rezystory**

- R1: 4,7kΩ
- R2: 15kΩ

**Kondensatory**

- C1, C2: 100nF
- C3, C4: 22μF/25V, elektrolityczne

**Półprzewodniki**

- IC1: AD595A Analog Devices
- D1: miniaturowa LED, wysokiej jasności

**Różne**

- SW1: wyłącznik dwuobwodowy
- BT1, BT2: miniaturowe baterie 12V
- termopara typu K z podstawką i złączem