



# Zielony termometr

Termometr cyfrowy umieszczony w nakrętce butelki. Racjonalne zużycie energii stawia go w szeregu urządzeń przyjaznych środowisku.



Dążenie do ograniczenia zużycia energii elektrycznej przez urządzenia powszechnego użytku jest jednym ze sposobów działania na rzecz ochrony środowiska. Ideальnym rozwiązaniem byłoby całkowite wyłączenie takich urządzeń, szczególnie w sytuacjach, kiedy użytkownik z nich nie korzysta. Niestety, z powodów technicznych oraz z punktu widzenia wygody użytkownika nie da się uniknąć wielu takich sytuacji, gdy niepotrzebnie zużywana jest energia. Jednak w przypadku elektronicznego termometru jest to zadanie banalnie łatwe.

Idea jest prosta. Dla zmierzenia temperatury należy nacisnąć przycisk, załączający termometr. W ciągu niespełna sekundy następuje pomiar jej wartości, konwersja, przesłanie do mikroprocesora oraz kilkusekundowe wyświetlenie wyniku. Następnie termometr samoczynnie wyłącza się, a pobór energii

zostaje zakończony. Z uwagi na taki sposób działania zasilanie takiego urządzenia z baterii wydaje się oczywiste. Zasilanie bateryjne to jednocześnie mobilność termometru. I możliwość dokonywania pomiarów w różnych miejscach.

W ramach praktycznej realizacji takiego pomysłu powstał termometr w formie breloczka, umieszczony... w nakrętce butelki.

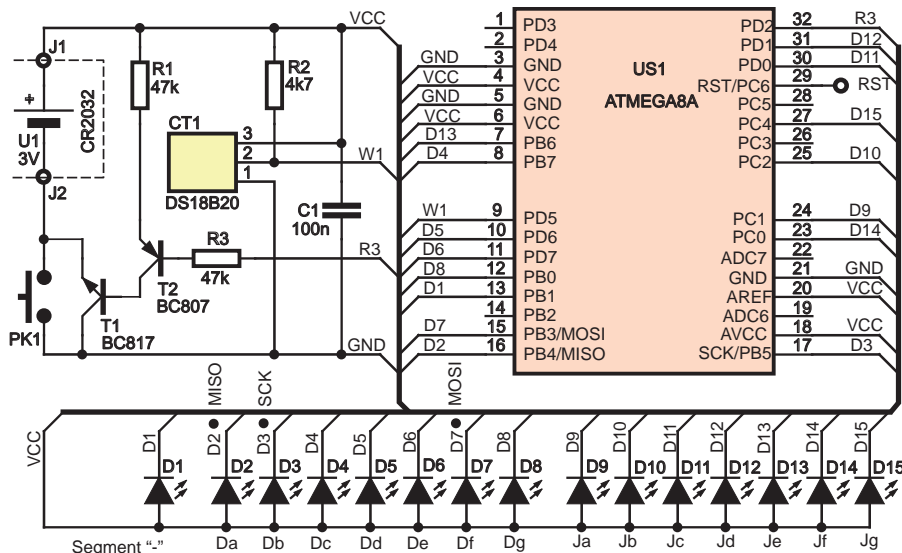
Wiele lat temu, w jednym z czasopism korporacji AVT (o ile dobrze pamiętam), ogłoszony został konkurs na wykonanie urządzenia elektronicznego, opartego na elementach SMD. Celem zadania miało być „upakowanie” całego układu w nakrętce od butelki po napoju. Wów-

czas odzewu nie było, prawdopodobnie z uwagi na słabą dostępność tego typu elementów. Obecnie, kiedy sytuacja jest zupełnie inna, postanowiłem powrócić do tego tematu. Wykorzystałem nakrętkę o wysokości 14mm. W jej wnętrzu jest wnęka o średnicy 20mm, w której idealnie mieści się bateria pastylkowa typu CR2032. Pojemność takiej baterii wynosi około 200mAh. Z powodzeniem radzi sobie ona z zasilaniem termometru. Zielonego termometru. Zielonego nie tylko dlatego, że nakrętka ma taki kolor...

## Opis układu

Schemat urządzenia przedstawia rysunek 1. Jako czujnik temperatury wykorzystano popularny układ DS18B20. Odpowiednio rozmieszczone małe diody LED SMD tworzą prosty, dwucyfrowy wyświetlacz siedmiosegmentowy wraz ze znakiem minus. W związku z powyższym, możliwy jest pomiar temperatury w zakresie teoretycznie od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ ,

Rys. 1



Fot. 1

z rozdzielczością 1°C. Każda z diod LED sterowana jest z osobnego wyjścia mikroprocesora ATmega8A. Z uwagi na programowe sterowanie jasnością diod LED, nie jest konieczne użycie rezystorów ograniczających ich prąd. Zastosowano diody o podwyższonej jasności świecenia. W ich przypadku możliwe jest uzyskanie akceptowalnej widoczności przy znikomym małym prądzie, rzędu dziesiątych części miliampera. Termometr załączany jest przyciskiem PK1 typu Tact Switch. Krótkie, chwilowe jego użycie doprowadza napięcie zasilające do mikroprocesora. Końcówka PD2, w początkowej fazie działania, przyjmuje stan niski. Tranzystory T1 i T2 zostają wysterowane. Po zwolnieniu przycisku następuje samopodtrzymanie zasilania poprzez nasycony tranzystor T1. Stan taki trwa do czasu zakończenia wyświetlania zmierzonej wartości temperatury i jest ustalony wyłącznie programowo. Wtedy to na końcówce PD2 mikroprocesora pojawia się stan wysoki, tranzystory zostają zatknięte, a zasilanie odcięte. Pobór prądu w stanie aktywnym, trwającym około trzech sekund, wynosi niespełna 4mA. Zależy on oczywiście od wyświetlonego wyniku, czyli od liczby zaświeconych w danym przypadku diod. W celu dalszego ograniczenia zużycia energii wewnętrzny zegar RC mikropro-

cesora ustawiono na najniższą, możliwą częstotliwość 1MHz.

Kilka słów o programie, który przedstawia rysunek 2. Zaraz po jego starcie do kostki DS18B20 zostaje wysłane polecenie konwersji temperatury. Proces ten trwa około 1 sekundy i sygnalizowany jest kilkukrotnym mrugnięciem segmentów „d” obu cyfr wyświetlacza. Potem z czujnika odczytane zostają dwa bajty do zmiennej typu *integer*, w której poszczególne bity zawierają kompletne informacje na temat wartości zmierzonej tempera-



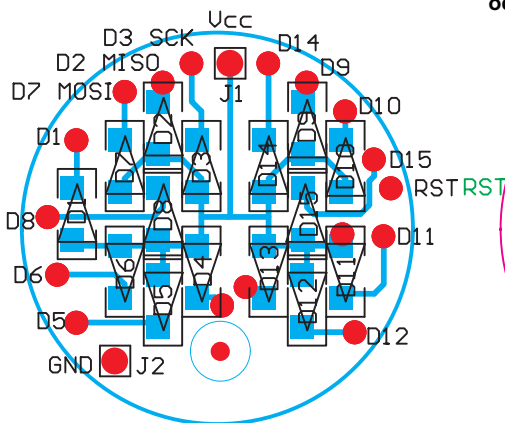
```

$regfile = „m8adef.dat”
$crystal = 1000000
Config Iwire = Portd.5 ,1WIRE - Czujnik DS18B20
,Konfiguracja wyjścia dla sterowania tranzystorami T1,T2
Config Portd.2 = Output ,R3
R3 Alias Portd.2
R3 = 0
,Konfig. wyjść dla sterow. segmentami wyświetlania dziesiątek
Config Portb.4 = Output ,Da
Da Alias Portb.4
Da = 1
Config Portb.5 = Output ,Db
Db Alias Portb.5
Db = 1 (....)
,Konfig. wyjść dla sterow. segmentami wyświetlania jednostek
Config Portc.1 = Output ,Ja
Ja Alias Portc.1
Ja = 1
Config Portc.2 = Output ,Jb
Jb Alias Portc.2
Jb = 1 (....)
,Konfiguracja wyjścia dla wyświetlania znaku „minus”
Config Portb.1 = Output ,Zm
Zm Alias Portb.1
Zm = 1
Dim Bcc As Byte , Cd As Byte , Cj As Byte
Dim Opwy As Word
Dim T As Integer
Dim T1 As Byte
Dim Z As Byte
Dim X As Byte , X2 As Byte
Declare Sub Czas_konwersji
Declare Sub Wysw_dziesiatek
Declare Sub Wysw_jednostek , A teraz program:
lwreset : lwwrite &HCC : lwwrite &H44 ,polecenie konwersji
Call Czas_konwersji ,opóźnienie, mruganie segmentów „d”
lwreset : lwwrite &HCC : lwwrite &HBE ,odczyt wyniku
T = lbread(2) ,odczyt z czujnika dwóch bajtów wyniku
Z = 0 ,wstępne wygaszenie znaku „minus”
If T.15 = 1 Then ,jeżeli odczytana temperatura jest ujemna:
Z = 1 ,zaświecenie znaku „minus” oraz
T = Not T : T = T + 1 ,przeliczenie na wartość bezwzględna
End If
T1.0 = T.4 ,wyciągnięcie z bitów części całkowitej
T1.1 = T.5
T1.2 = T.6
T1.3 = T.7
T1.4 = T.8
T1.5 = T.9
T1.6 = T.10
T1.7 = 0
Cd = T1 / 10 ,obliczenie dziesiątek wyniku
Cj = Cd * 10 ,obliczanie jednostek wyniku, krok 1
Cj = T1 - Cj ,obliczanie jednostek wyniku, krok 2
Do
Call Wysw_dziesiatek ,wyświetlanie dziesiątek
Call Wysw_jednostek ,wyświetlanie jednostek
Waitus 5555 ,wygaszenie i ustawienie jasności wyświetlacza
Incr Opwy ,odliczanie czasu do wyłączenia
If Opwy = 1200 Then R3 = 1 ,wyłączenie tranzystorów T1,T2
Loop
Sub Czas_konwersji ,= suma wszystkich czasów tej procedury
For X = 1 To 4 ,pętla czterech mrugnięć segmentów „d”
For X2 = 1 To 10 ,jasność świecenia mrugających segm. „d”
Jd = 0
Dd = 0
Waitus 333
Jd = 1
Dd = 1
Waitms 8
Next X2
Waitms 111 ,czas przerwy pomiędzy mrugnięciami
Next X
End Sub
,
Sub Wysw_jednostek
Bcc = Lookup(cj , Tab_7seg) ,wyciągnięcie wart. z „tab_7seg”
Ja = Bcc.0 ,ustawienie pinów (zaśw. lub wygasz. segmentów)
(...)
Jg = Bcc.6
If Cj = 1 Or Cj = 7 Then ,wyrównanie jasności świecenia
Waitus 300 ,czas wyświetlania dla cyfr 1 i 7
Else
Waitus 666 ,czas wyświetlania dla pozostałych cyfr
End If
Ja = 1 ,wygasz. segm. - zapobiega powstawaniu poświaty (...)
Jg = 1
End Sub
,
Sub Wysw_dziesiatek
Bcc = Lookup(cd , Tab_7seg) ,wyciągnięcie wart. z „tab_7seg”
If Cd > 0 Then ,wygaszanie zera dla wartości < 10
Da = Bcc.0 ,ustaw. pinów (zaśw. lub zgaszenie segm.) (...)
Dg = Bcc.6
End If
If Z = 1 Then Zm = 0 ,obsługa znaku „minus”
If Cd = 1 Or Cd = 7 Then ,wyrównanie jasności świecenia
Waitus 300 ,czas wyświetlania dla cyfr 1 i 7
Else
Waitus 666 ,czas wyświetlania dla pozostałych cyfr
End If
Da = 1 ,wygasz. segm. zapobiega powstawaniu poświaty (...)
Dg = 1
Zm = 1
End Sub
,
Tab_7seg:
Data 192 , 249 , 164 , 176 , 153 , 146 , 130 , 248 , 128 , 144
, 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

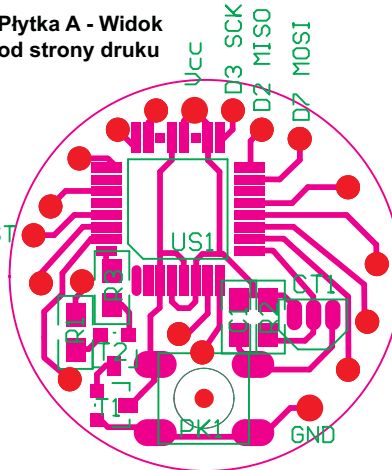
```



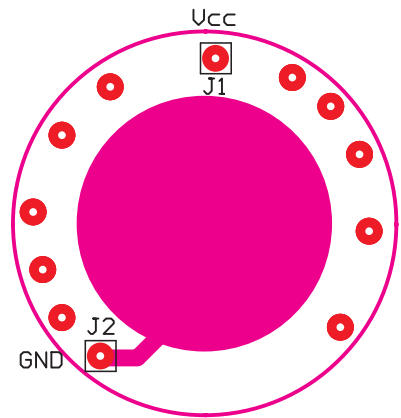
Płytką A - Widok od strony elementów



Płytką A - Widok od strony druku



Płytką B - Widok od strony elementów



Uważaj! Na PCB brak połączenia pomiędzy dwoma punktami PK1-2. Połączenie to jest wewnątrz przycisku.

Rys. 3

tury. Wykorzystane zostaną tylko niektóre z nich. Bit 15 określa znak temperatury a bity 4-10 jej wartość całkowitą. W przypadku gdy wartość ta jest liczbą ujemną, wykonywane jest jej odpowiednie przekształcenie. Następnie prosta procedura oblicza kolejno wartości dziesiątek i jednostek wyniku pomiaru. Dalej program przechodzi do pętli, w której wartości te wyświetlane są naprzemiennie, z chwilowym ich wygaszaniem. Jest ono realizowane poprzez wstrzymanie wykonywania programu za pomocą instrukcji *waitus*. Zmiana wartości opóźnienia w tej instrukcji umożliwia ustawienie w pewnym zakresie jasności świecenia diod LED wyświetlacza. Jednocześnie, za pomocą zmiennej *Opwy*, wykonywane jest odliczanie czasu do wyłączenia termometru. Ustalenie granicy jej zliczania pozwala na dobranie wymaganego czasu wyświetlania temperatury. Wykorzystany w projekcie sposób pobierania danych do obsługi wyświetlacza siedmiosegmentowego oparty jest na rozwiązaniu przedstawionym w ćwiczeniu 6 cyklu „Mikroprocesorowa ośła łączka”, autorstwa Piotra Góreckiego. Uzupełniono go dodatkowo o wygaszanie zera nieznaczącego na pozycji dziesiątek.

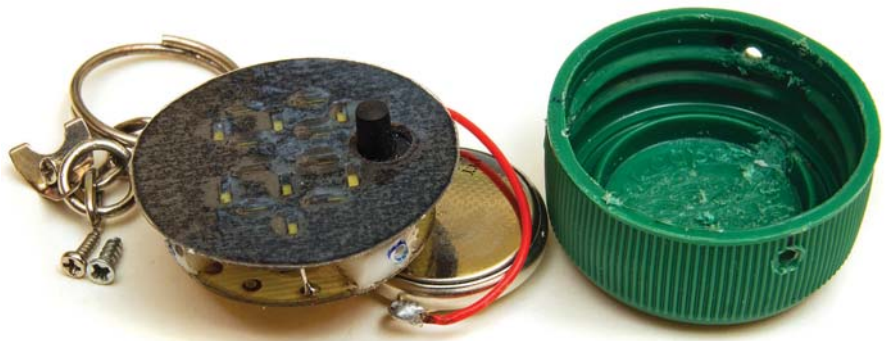
### Montaż i uruchomienie

Wbrew pozorom, amatorskie wykonanie takiego miniaturowego urządzenia wcale nie jest trudne. Trzeba tylko posiadać podstawowe narzędzia do obróbki mechanicznej. Do lutowania elementów SMD wystarczy zwykła lutownica grzałkowa z odpowiednio cienkim grottem. Bardzo pomocny będzie również jakikolwiek optyczny sprzęt powiększający. Ponadto potrzeba tej przysłowiowej odrobiny cierpliwości i dokładności. Układ został zamontowany na dwóch, połączonych



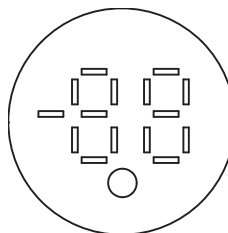
ze sobą, okrągłych płytkach dwustronnych, oznaczonych jako A i B, pokazanych na **rysunku 3**. Z uwagi na potrzebę oszczędnego gospodarowania niewielką przestrzenią konieczne jest zastosowanie do ich wykonania laminatu o grubości 1mm lub mniejszej. Płytką A jest płytka elementów. Płytką B służy jedynie do mocowania styku baterii (GND). Montaż warto rozpocząć od płytki A. Po stronie top przylutowano wszystkie diody LED wyświetlacza. Trzeba tutaj zwrócić szczególną uwagę na ich właściwą polaryzację. Ewentualna pomyłka wiąże się z koniecznością kłopotliwego wylutowania delikatnego przecież elementu. Istnieje też ryzyko przegrzania i w konsekwencji oderwania niewielkich punktów lutownic-

zych. Dlatego warto tu zastosować znaną modelarską zasadę: trzy razy przymierz, a raz przyklej. Nie jest to trudne z uwagi na stosunkowo regularne, uporządkowane usytuowanie tych elementów na płytce. Pozostałe podzespoły umieszczone są po stronie bottom. Dla ułatwienia lutowania elementów, głównie mikroprocesora, celowo w znacznym stopniu powiększone zostały wszystkie punkty lutownicze. Stosunkowo szerokie są również ścieżki. Narusza to mocno typowe reguły projektowe. Jednak amatorskie wykonanie takiej prototypowej płytki w warunkach domowych, z wykorzystaniem tradycyjnej metody termotransferowej, dało jak najbardziej zadowalający efekt, co zresztą widać na fotografiach.



Warto wspomnieć o zastosowanym tutaj sposobie lutowania podzespołów SMD. Otóż najpierw nanoszona jest na jeden z punktów lutowniczych niewielka kropka cyny. Następnie podgrzewając ten punkt lutownicą, drugą ręką, za pomocą pęsety, pozycjonuje się montowany element w wyznaczonym miejscu. Po ostygnięciu spoiwa element ten jest już unieruchomiony. Przylutowanie drugiej czy kolejnych jego końcówek nie stanowi już wtedy problemu. Ważne jest umiejętne, jednoczesne podgrzanie punktu lutowniczego i lutowanej powierzchni stykowej montowanego podzespołu. Wtedy dopiero przykłada się cynę, dozując odpowiednią, niewielką jej ilość. Najlepiej korzystać ze spoiwa o jak najmniejszej średnicy drutu np. rozmiaru  $\varnothing 0,56\text{mm}$ . Takim sposobem przylutowano wszystkie elementy SMD, w tym mikroprocesor, którego obudowa TQFP32 ma końcówki o rozstawie zaledwie  $0,8\text{mm}$ . Czujnik temperatury (w obudowie TO-92), po odpowiednim wyprofilowaniu końcówek, przylutowany jest w pozycji leżącej, w sposób charakterystyczny dla elementów SMD. Musi on ściśle przylegać do powierzchni płytki. Przycisk S został zamontowany nietypowo. W centralnym miejscu, przeznaczonym na umieszczenie go na płytce, znajduje się punkt lutowniczy, który wyznacza środek do wykonania otworu o średnicy  $\varnothing 4\text{mm}$ . Przez ten otwór przeprowadzony jest trzpień przycisku. Jego końcówki wygięto do góry i przylutowano do pół lutowniczych umieszczonych po stronie bottom. Kolejny krok to przelotki, którymi są wszystkie okrągłe punkty lutownicze warstwy MultiLayer. Wykonano je poprzez obustronne oblutowanie umieszczonych w ich otworach odcinków srebrzanki. Niektóre z tych odcinków są nieco dłuższe i będą stanowić mechaniczne połączenie pomiędzy płytkami A i B. W przypadku punktów (VCC) i (GND) będą to również połączenia elektryczne, doprowadzające zasilanie z baterii. Teraz jest najlepszy moment, aby zaprogramować mikroprocesor. Łatwy dostęp do wszystkich elementów umożliwia wykrycie i usunięcie ewentualnych usterek. W tym też momencie należy podjąć ostateczną decyzję odnośnie do ustalenia jasności i czasu wyświetlania. Trzeba pamiętać, że od właściwego, kompromisowego doboru tych parametrów zależy żywotność użytej

baterii. Do zaprogramowania mikroprocesora za pomocą programatora ISP dostępne są wyznaczone punkty lutownicze – przelotki. Programator podłączony jest do nich za pomocą odpowiedniej przejściówki zakończonej przewodami, tymczasowo przylutowanymi do tych punktów. Po zaprogramowaniu układu i dokładnym sprawdzeniu jego działania przy zasilaniu o wartości  $3\text{V}$ , odłączono niepotrzebne już przewody programatora. Przystąpiono do trwałego połączenia ze sobą płytek A i B. Dłuższe odcinki srebrzanki zamocowane wcześniej w płytce A umieszczono w otworach odpowiadających im pół lutowniczych płytki B. Dla uzyskania bardziej wytrzymałego połączenia pola te zostały oblutowane obustronnie, po wcześniejszym, maksymalnym docięnięciu do siebie obu płytek. Styk (GND) baterii wykonany jest w formie sprężynki dociskowej, przylutowanej do dużego pola lutowniczego znajdującego się po stronie bottom. Blaszka stykowa (VCC) umieszczona jest w wewnętrznej wnęce nakrętki. Połączona jest przewodem z płytką B. Po zakończonym montażu, w przestrzeni pomiędzy płytkami przyklejono trzy detale – kostki z tworzywa sztucznego. Ułatwiło to mechaniczne, za pomocą trzech niewielkich wkrętów, połączenie



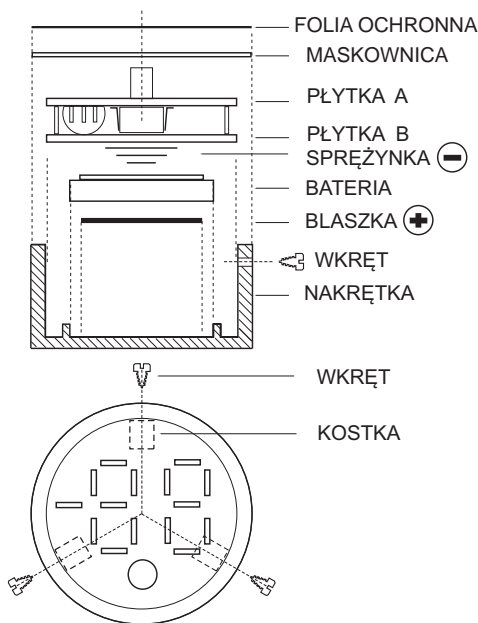
Rys. 4

zespołu płytek z nakrętką. Takie rozwiązanie daje możliwość późniejszej wymiany baterii bez żadnych kłopotów. W zastosowanej nakrętce konieczne było mechaniczne usunięcie gwiaździstej wypukłości, znajdującej się na środku wnęki, w miejscu przeznaczonym na ulokowanie baterii. Niezbędne było też wycięcie niewielkiej szczeliny w pierścieniu wokół wnęki. W tej szczelinie osadzony jest przewód łączący blaszkę stykową (VCC) baterii z płytką B. Detale te uwidocznione są na **fotografii 1**. **Rysunek 4** pokazuje maskownicę, wyznaczającą poszczególne segmenty cyfr. Została ona wykonana z czarnego Bristolu, w którym otwory wycięto cienkim nożykiem do tapet. Element ten przyklejono następnie do płytki. Wcześniej boczne krawędzie diod LED pomalowano gęstą ciemną farbą olejną, celem uniknięcia rozpraszania światła na sąsiednie segmenty. Tak wykonany wyświetlacz oczywiście nie daje oszałamiających efektów wizualnych, jednak czytelność jego wskazań jest absolutnie wystarczająca. Szczegóły konstrukcji termometru przedstawia **rysunek 5** oraz fotografie. W Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do tego numeru, można znaleźć dokumentację płytek oraz program do zaprogramowania mikroprocesora, napisany w BASCOM-ie.

Wprawdzie i w Internecie można znaleźć opisy łącza 1wire oraz układu DS18B20, jednak w EdW temat ten od dawna nie był poruszany, więc można przypomnieć te zagadnienia.

Krzysztof Markowski  
krzychumarkowski@poczta.onet.pl

Rys. 5



## Szczegóły konstrukcyjne

### Wykaz elementów

R1	.....	47k $\Omega$ SMD 0805
R2	.....	4,7k $\Omega$ SMD 0805
R3	.....	47k $\Omega$ SMD 0805
C1	.....	100nF SMD 0805
D1 – D15	.....	Dowolny typ SMD 0805
T1	.....	BC817 SOT23
T2	.....	BC807 SOT23
CT1	.....	DS18B20 TO-92
US1	.....	Atmega8A TQFP32
PK1	.....	Tact Switch 6x6mm/h=5mm
U1	.....	Bateria 3V CR2032

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3105.