

# Zimno, zimno, ciepło, czyli Lämpömittari



Od pewnego czasu zadziwia mnie niezwykle wręcz zainteresowanie pomiarami temperatury przejawiające się obfitą wymianą doświadczeń na internetowych listach dyskusyjnych. No tak, zbudowanie elektronicznego termometru w dzisiejszych czasach to tyle, co usiąść, otworzyć szufladę, wyciągnąć parę elementów, wykonać kilka połączeń lutowanych i właściwie gotowe.

Jeszcze kilka lat temu co druga praca dyplomowa w szkołach technicznych nosiła tytuł „Termometr elektroniczny z wyświetlaczem cyfrowym”. Wtedy jednak przedsięwzięcie takie faktycznie zasługiwało na tak poważne traktowanie. Należało przecież zdobyć czujnik, wykonać wzmacniacz pomiarowy, w jakiś sposób przekształcić analogowe wskazania na postać cyfrową, no i wreszcie wyświetlić wyniki na wyświetlaczu cyfrowym. W roli czujników często występowały zwykle diody półprzewodnikowe, które zachowując dość dobrą liniowość, były łatwo dostępne. Niestety taki układ wymagał dość kłopotliwej kalibracji, a z zachowaniem dobrych parametrów w czasie bywało różnie. Część cyfrowa wykonywana w technice TTL (nieśmiertelne 7490) powodowała, że praktycznie odpadała praca z zasilaniem baterijnym.

Jak jest dzisiaj? Dzisiaj bez trudu można znaleźć na rynku gotowe układy, które wystarczy tylko dołączyć np. do komputera za pomocą prostego interfejsu. Całą resztę wykona odpowiedni program, a te pisują przecież już niemal przedszkolaki. No dobrze, może trochę przejawiam sprawę. Napisanie naprawdę

**„Wynalazki“ Dallasa często stawały się przebojami w świecie elektroniki. Swą popularność zawdzięczają niezwykle oryginalnym konstrukcjom i łatwości stosowania w najrozmaitszych aplikacjach. Jednym ze sztandarowych produktów obecnego Maxima-Dallasa są czujniki temperatury DS1820, które - można powiedzieć - ustaliły standard pomiaru tej wielkości fizycznej.**

dobrego programu nie jest sztuką łatwą, a zrobienie tego za zupełną „darmochę“ w dzisiejszym skomercjalizowanym świecie budzi wątpliwość: czy z autorem na pewno wszystko jest w porządku?

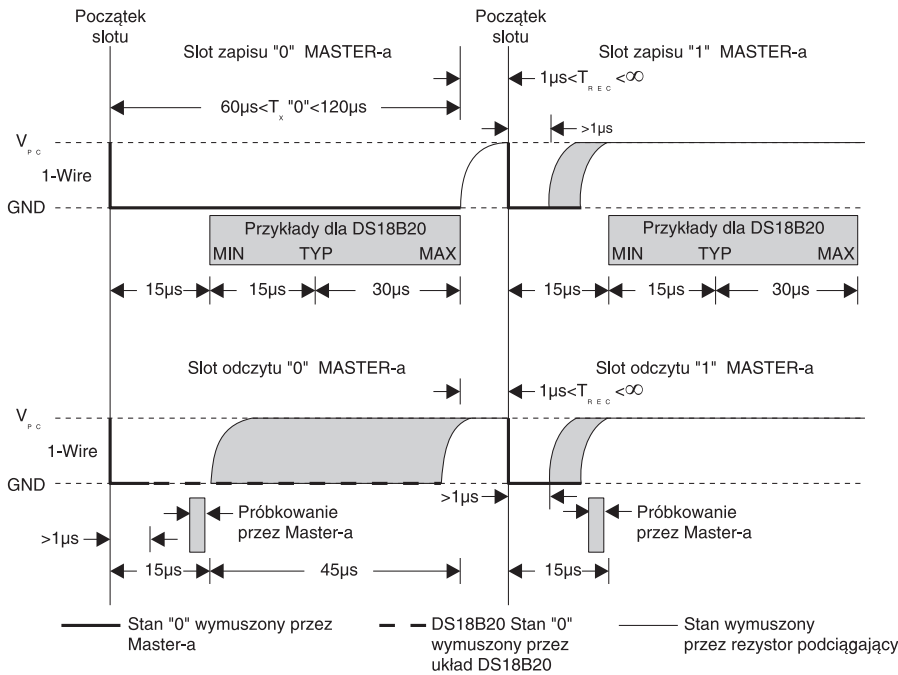
**Interfejs do Lämpömittari  
Opis budowy interfejsu do układów DS18x20 przedstawiliśmy w kwietniowych Miniprojektach.**

Od czasu do czasu można na szczęście natrafić na taki przypadek. Niewątpliwie jest nim Timo Sara-aho - autor świetnego programu Lämpömittari, obsługującego czujniki temperatury DS1820. Program znakomicie wykorzystuje możliwość łączenia tych układów w sieć opartą na jednoprzewodowej magistrali 1-Wire.

## Krótko o sieci 1-Wire i układach DS1820

Sieć 1-Wire została opracowana przez firmę Dallas Semiconductor w czasach, gdy firma ta istniała jeszcze samodzielnie. To, że magistrala jest jednoprzewodowa, nie oznacza oczywiście, że do dołączenia układów do sieci, np. czujników DS1820, potrzebny będzie tylko jeden przewód. Aż tak dobrze niestety jeszcze nie jest. Oznacza natomiast, że do obsługi wielu układów wystarczy zaledwie np. jeden port mikrokontrolera albo komputera. Interfejs 1-Wire zapewnia przy tym dwukierunkową transmisję danych, odpowiednie zaś oprogramowanie zaimplementowane

w układzie *Master* dba o porządek w tak stworzonej sieci. A porządek jak wiadomo musi być. Układ nadzorczy *master* po sprawdzeniu obecności w sieci kolejno odpytuje wszystkie układy *Slave* (każdy dołączony DS1820), wykorzystując przydzielone im na etapie produkcyjnym niepowtarzalne numery seryjne. Dzięki specjalnemu protokołowi *Master* zawsze wie, ile układów z nim współpracuje i zna ich identyfikatory. Układy *Slave* odzywają się tylko na wyraźne żądanie nadzorcy. Jednoprzewodowość sieci narzuca w sposób naturalny zastosowanie szeregowego rodzaju transmisji. Rozpoznawanie układów oraz wysyłanie poszczególnych bitów danych odbywa się poprzez tzw. szczeliny czasowe (sloty). Bitowi o wartości „0” odpowiada utrzymanie linii w stanie niskim przez czas trwania slotu - 60 do 120  $\mu$ s. Bit o wartości „1” to krótkie, 1  $\mu$ s zwarcie linii, po czym do końca slotu musi ona pozostać w stanie wysokim (rys. 1). Bezpieczeństwo wymiany danych jest zapewnione dzięki kontroli CRC. Zastosowany tu wielomian generujący ma postać  $x^8+x^5+x^4+1$ . Dwukierunkowość sieci jest możliwa dzięki wyjściom typu *open-drain* po obu stronach połączenia. Parametry interfejsu 1-Wire pozwalają na budowę połączeń o długości dochodzącej do 300 m. Ze szczegółami dotyczącymi zasad budowy i wykorzystywania sieci 1-Wire można zapoznać się w nocie aplikacyjnej AN148, dostępnej pod



Rys. 1. Zasada działania interfejsu 1-Wire

adresem: <http://pdfserv.maxim.com/arpdf/AppNotes/app148.pdf>.

Układ DS18B20 umożliwia standardowo dokonywanie pomiaru temperatury z 9-bitową rozdzielczością w zakresie od -55 do +125°C, przy czym dokładność ±0,5°C jest gwarantowana dla zakresu -10 do +85°C. Wykorzystanie specjalnych procedur pozwala zwiększyć rozdzielczość odczytu nawet do 12 bitów (0,04°C - Uwaga! Dokładność pozostaje bez zmian: ±0,5°C), co może być wykorzystywane tam, gdzie istotne są wyniki względne, np. przy pomiarach wilgotności metodą termometru suchego i wilgotnego. Czas konwersji układu nie jest niestety zbyt krótki, wynosi ok. 750 ms. W wewnętrznej pamięci nieulotnej można zachowywać ustawienia dotyczące alarmów (np. przekroczenie zadanej temperatury). Jedną z ciekawszych cech tego układu jest to, że do pracy nie wymaga dodatkowych linii zasilających, może być zasilany bezpośrednio z linii interfejsu 1-Wire.

### Lämpömittari znaczy termometr

Program Lämpömittari zbiera bardzo pozytywne oceny od jego użytkowników i rzeczywiście, dysponuje sporymi możliwościami i bardzo atrakcyjną formą prezentacji wyników. Po pierwszym uruchomieniu może nieco razić mało profesjonalny wy-

gląd okna głównego, a pracując z nim dłużej, można również dostrzec kilka niedociągnięć. Możliwości, jakimi dysponuje, mogą być jednak porównywalne - jak mi się wydaje - z niejednym produktem profesjonalnym. W skład programu wchodzi trzy moduły:

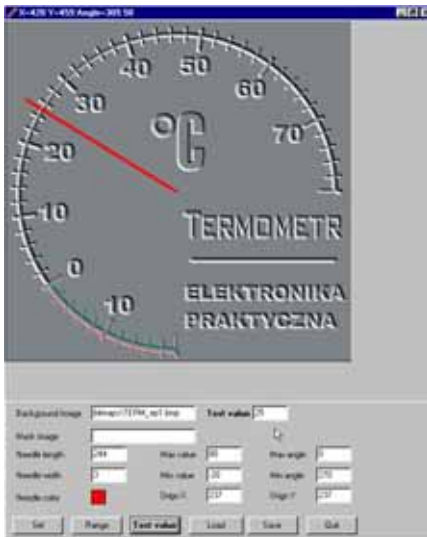
- edytor znaków wyświetlanych na wirtualnym, matrycowym wskaźniku alfanumerycznym,
- *Analog Configurator* służący do projektowania własnych wskaźników analogowych,
- główny moduł akwizycji i wizualizacji danych pomiarowych.

**Jest taka strona...**  
**Najnowsze wersje oprogramowania są dostępne na stronie autora:**  
<http://www.sunpoint.net/~thermometer/>

Po uruchomieniu modułu głównego (pomiarowego) uwagę zwraca dość nietypowy pasek narzędziowy bez tradycyjnego menu. Tło okna stanowi delikatna faktura, a nie jak to zwykle bywa gładka powierzchnia. Brak menu tekstowego jest dość uciążliwy, gdyż wieloletnie doświadczenia z różnymi programami sprawiają, że użytkownik czuje się bezpiecznie, gdy ma możliwość wyboru poleceń w taki właśnie sposób. Menu tekstowe pozwala ponadto na wybór opcji poprzez naciśnięcie klawisza *Alt* z wybraną literą, którego tro-

chę w Lämpömittari brakuje. Do dyspozycji mamy jedynie ikony. Na szczęście po przytrzymaniu kursora na każdej z nich jest wyświetlana słowna podpowiedź tłumacząca akcję, jaka będzie wykonana po kliknięciu myszką. Z drugiej strony trzeba przyznać, że zastosowane symbole graficzne są bardzo sugestywne i zrozumiałe.

Jedną z ważniejszych cech programu jest różnorodny i ciekawy sposób prezentowania wyników. Skazani na wszechobecne aktualnie wyświetlacze cyfrowe na pewno będziemy zadowoleni z możliwości prezentowania wyników na tradycyjnym wskaźniku analogowym. Jego wygląd możemy ponadto zaprojektować własnoręcznie. Służy do tego celu specjalny program narzędziowy *Analog Configurator* (rys. 2). Za jego pomocą można utworzyć całkowicie dowolny wygląd tarczy miernika. Przedstawiona na rys. 2 została wykonana w Corelu i przekonwertowana do formatu *.bmp*. W konfiguratorze deklaruje się dopuszczalny kąt obrotu wskaźówki, punkt zaczepienia jej osi, długość, grubość i kolor. Podaje się zakres pomiarowy termometru. Zadeklarowane ustawienia można - przynajmniej teoretycznie - zapisać na dysku, do ewentualnego późniejszego wykorzystania. Niestety, podczas prób sztuka ta nie udała mi się. Program jest zresztą pod tym względem trochę ułomny, gdyż operacje dyskowe nie są wspierane typowymi oknami dialogowymi, w których w sposób przejrzysty i wygodny można zobaczyć zawartość katalogu, a w razie potrzeby nawet go zmienić. Tu przydają się umiejętności z zapomnianego już pewnie przez większość użytkowników PC-tów DOS-a, gdzie wpisywało się mozołnie całą ścieżkę dostępu wraz z nazwą pliku i jego rozszerzeniem. Program jest jednak windowsowy i należałoby wymagać od niego zachowania pewnych standardów. Na zakończenie projektowania wskaźnika warto sprawdzić, jak będzie on działał. W tym celu w polu *Test value* należy podać dowolną wartość temperatury, mieszczącą się w zakresie pomiarowym i po naciśnięciu klawisza o takiej samej nazwie - *Test value* - obejrzeć, jak ustawi się wskazówka. Klawisz *Range* pozwala zaobserwować przemieszczenie wskazówki w sposób ciągły w całym zakresie pomiarowym.



Rys. 2. Projektowanie własnego wskaźnika analogowego za pomocą programu *Analog Configurator*

Drugi moduł pomocniczy - *FontEd* - jak już wiemy, służy do projektowania własnych znaków wyświetlanych później na wirtualnym wyświetlaczu LCD programu *Lämpömittari*. Tym razem został napisany przez Szweda o czesko-brzmącym nazwisku - Peter Cizdlina. Nie jest to pierwszy przypadek, w którym mamy do czynienia z wielonarodowym zespołem autorów. Jak dotąd rezultaty były zawsze zadowalające. Okno programu *FontEd* wygląda podobnie jak modułu głównego, przy czym dodano tradycyjne menu (**rys. 3**). Przystępując do pracy, należy zadeklarować wielkość matrycy. Maksymalny rozmiar to 50 x 50, ale najczęściej będziemy zapewne korzystać z typowego 5 x 7, przybliżającego nas do rzeczywistego wyświetlacza. Wybieranie danego znaku do edycji polega na przewijaniu zestawu za pomocą ekranowych klawiszy strzałek, umieszczonych na pasku narzędziowym. Towarzyszy temu wyświetlanie kolejnych znaków ASCII wraz z ich kodami. Po wybraniu odpowiedniego można przystąpić do edycji. Projektowanie prowadzi się przy dużym powiększeniu. Kliknięcie na wybrany piksel powoduje zmianę jego stanu (zapalenie lub zgaszenie). Efekt końcowy - w naturalnych rozmiarach - może być natychmiast obserwowany w specjalnym oknie podglądu - *Character Preview*. Znak może być też przesuwany zarówno w pionie, jak i w poziomie w obrębie pola roboczego. Trzeba jednak przy tym uważać, gdyż wysunięcie go poza obręb tego

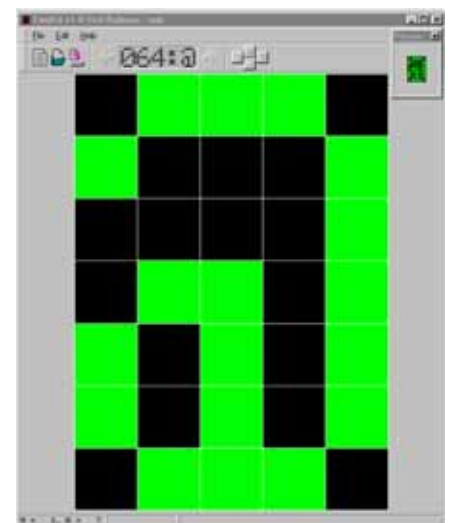
pola powoduje utratę zdefiniowanych wcześniej punktów. Fazę projektowania kończy, jak to zwykle bywa w takich przypadkach, zapisanie zestawu na dysku.

### Pomiary

Czas najwyższy zapoznać się z podstawowym modułem, za pomocą którego będziemy mierzyć temperaturę. W trakcie instalacji, w menu startowym jest umieszczony odpowiedni skrót ułatwiający uruchomienie programu. Przed przystąpieniem do pomiarów należy prawidłowo skonfigurować program. Wcześniej do portu szeregowego komputera powinny być dołączone czujniki temperatury DS1820. Odpowiedni interfejs był przedstawiony w numerze EP4/2003. Czujniki stanowią sieć rozpoznawaną przez program jako DS9097E. Naciśnięcie na ikonę *Ustawienia* powoduje otwarcie okna, w którym wprowadza się dane konfiguracyjne. Są to m.in.: definicje początku i końca nocy, określenie histerezy, odstępu czasu pomiędzy pomiarami, katalogu roboczego i języka. Tu miła niespodzianka, bo wśród dostępnych wersji językowych jest też polska. Po prawidłowym wyborze sieci i podaniu portu, do którego dołączono czujniki, powinny być one rozpoznane po numerach seryjnych. Ze względów praktycznych warto nadać im nazwy najlepiej kojarzące się z miejscem umieszczenia. Dla każdego czujnika indywidualnie można również podać wartości temperatur alarmowych. Każdorazowo po przekroczeniu zadanej wartości (z uwzględnieniem histerezy) wszczynany będzie alarm, którym może być dowolnie wybrany sygnał dźwiękowy w formacie *wav*. Ale to nie koniec - alarm może spowodować także uruchomienie wybranego programu. Podobne reakcje może wywołać również wykrycie zmiany trendu temperatury. Program *Lämpömittari* potrafi wykorzystać DS-y do granic możliwości. W zależności od potrzeb deklaruje się ich rozdzielczość 9-, 10-, 11- lub 12-bitową. Zaskoczeniem, jak na bądź co bądź amatorski program, jest nawet uwzględnienie parametrów kompensujących nieliniowość czujników. Zależność błędu pomiaru temperatury jest dla czujników DS1820 zależnością kwadratową o dość łatwych do obliczenia parametrach. Wyznaczają one położenie minimum funkcji błędu oraz określają kształt

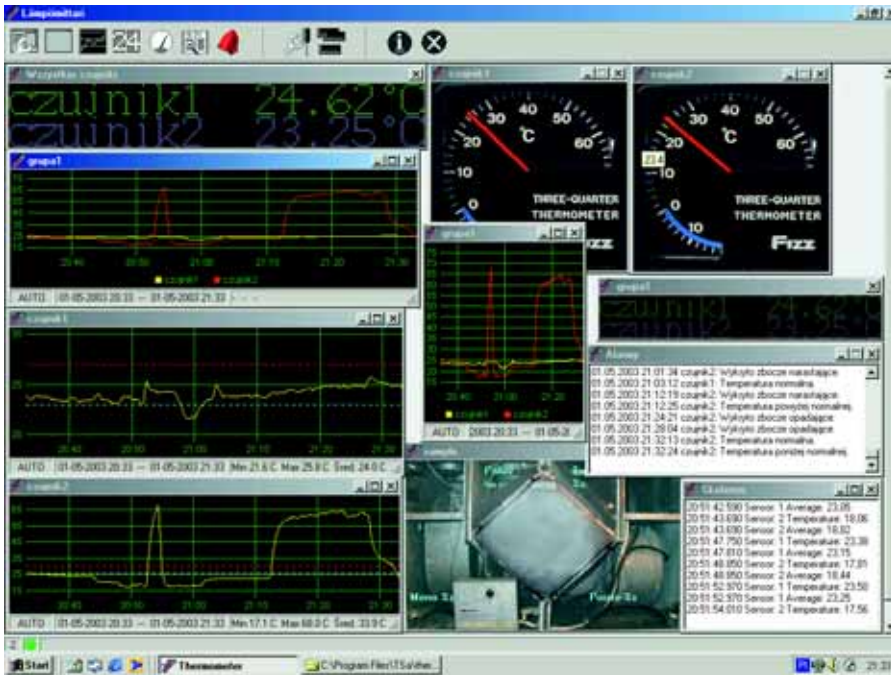
krzywej. Szczegóły są zawarte w nocie AN208, którą można znaleźć na stronie internetowej Maxima-Dallasa. Wprowadzenie parametrów korygujących może 10-krotnie zmniejszyć błąd pomiarowy w całym zakresie. Wszędzie tam, gdzie może to mieć znaczenie, warto je więc wprowadzić. Jeśli natomiast nie zależy nam na takiej dokładności, można pozostawić wartości zerowe.

Musimy sobie zadać pytanie, do czego właściwie ma służyć program *Lämpömittari*? Odpowiedź jest prosta: do monitorowania temperatury w wielu punktach, nawet dość znacznie oddalonych od siebie. W rezultacie otrzymujemy wyniki podawane na kilka sposobów. Wybieramy formę, która będzie najodpowiedniejsza w konkretnym przypadku. Może to być analogowy miernik wskazówkowy, matrycowy wyświetlacz alfanumeryczny, wykres trendu obejmujący określony okres pomiaru, wykres historii. Jedną z ciekawszych form wizualizacji pomiarów będzie np. podłożenie fotografii monitorowanego pomieszczenia pod wirtualne wskaźniki umieszczone na ekranie w odpowiednich miejscach. Taka metoda bardzo sugestywnie pokazuje rozkład temperatur w obiekcie. Poszczególne czujniki sieci mogą być przydzielone do specjalnych grup. Dla nich definiuje się np. grupowy wyświetlacz alfanumeryczny pokazujący temperaturę na zespolonym polu odczytowym. Także zbiorczy wykres będzie świetnie oddawał relacje pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. Dla szybkiego określenia, w jakim przedziale temperatur pracują



Rys. 3. Okno robocze programu *FontEd*





Rys. 4. Przykładowa sesja pomiarowa

poszczególne czujniki, ich wskazania mogą być wyświetlane trzema kolorami oznaczającymi temperaturę w normie, temperaturę poniżej minimalnej lub powyżej maksymalnej. Ponadto na bieżąco jest generowany raport, w którym jest podawana informacja o zmierzonych temperaturach ze wszystkich czujników, ich wartościach średnich, wykrytych maksimumach i minimach. Odpowiedni log jest zapisywany w formacie tekstowym na dysku. Dodatkową atrakcją mogą być obrazki używanych wskaźników, które są również zapisywane w zadanych interwałach czasowych na dysku. Przykładową sesję pomiarową przedstawiono na rys. 4. Nie trzeba dodawać, że wyniki rejestracji jak w większości programów okienko-

wych są łatwe do bezpośredniego wydrukowania, a zapisane na dysku widoki poszczególnych wskaźników w prosty sposób mogą być umieszczane w dokumentacji technicznej.

### Lepsze jest wrogiem dobrego

Po zapoznaniu się z możliwościami programu Lämpömittari trzeba wyrazić uznanie dla autora, który musiał włożyć sporo wysiłku w jego przygotowanie. Na uwagę zasługuje ciekawy pomysł wykorzystania popularnych czujników temperatury i bardzo atrakcyjna forma prezentacji wyników pomiarowych. Autor nie spoczywa na laurach i rozwija swoje dzieło już od trzech lat. Możemy więc mieć nadzieję, że zaskoczy nas jeszcze niejednym. Choć z każdą no-

wą wersją programu rosną jego walory użytkowe, to niestety jak to często w takich przypadkach bywa, poprawiając jeden element, łatwo zepsuć inny. Mam wrażenie, że tak było w przypadku najnowszej wersji 1.12.7. Największe wątpliwości wzbudzają niemal wszystkie operacje dyskowe. Przykładowo zapisywanie zaprojektowanego wskaźnika analogowego na dysku nie kończy się bynajmniej utworzeniem jakiegokolwiek pliku. Nie jest przy tym wyświetlany żaden komunikat. Najwyraźniej autor zapomniał wstawić w programie stosowną instrukcję albo, co bardziej prawdopodobne, wstawił ją, tylko później usunął. Zauważyłem też pewne problemy w rozpoznawaniu sieci w wersji 1.12.7. Jeśli czynność ta była wykonana we wcześniejszej wersji programu, to później wersja najnowsza działała już bez zarzutu. Ponadto program zupełnie nie chciał działać na komputerze z systemem Windows 95, a w Windows Me zdarzało się, że się zawieszał. Pozostaje więc mieć tylko nadzieję, że wszystkie niedociągnięcia zostaną dopracowane, co z dużym prawdopodobieństwem nastąpi.

Przymykając oko na drobne niedociągnięcia Lämpömittari, należy uznać ten program za bardzo udany. Po kilku godzinach testów zrozumiałem chyba, dlaczego ludzie się tak pasjonują pomiarami temperatury. Trzeba jednak sprawiedliwie dodać, że współtwórcą sukcesu jest firma Dallas, która opracowała naprawdę rewelacyjny do takich zastosowań układ DS1820.

**Jarosław Doliński, AVT**  
[jaroslaw.dolinski@ep.com.pl](mailto:jaroslaw.dolinski@ep.com.pl)