



## Niezbędnik elektronika na DVD

TYLKO DLA  
PRENUMERATORÓW

THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi \* THAT4301 – kompresor audio \* Power Bank 14,4 V. Nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami \* Przyrząd do formowania kondensatorów elektrolitycznych \* multiTID – wielofunkcyjny, samochodowy komputer pokładowy \* 8-kanalowy termometr z I<sup>2</sup>C \* Uniwersalna ładowarka akumulatorów LiFePo4 \* Miniaturowa ładowarka akumulatorów LiFePo4 zasilana z USB

8-bitowa kontrofensywa. Przetwornik C/A i wzmacniacz operacyjny \* Voltcraft DL-141TH. Miernik i rejestrator temperatury oraz wilgotności \* Interfejsowe przekaźniki elektromagnetyczne z ATEX w wykonaniu EX \* Solar Powered IoT Device Kit. Zestaw uruchomieniowy IoT od firmy Cypress

Przekaźniki – parametry i zasady aplikacji \* Porównanie przekaźników półprzewodnikowych i elektromechanicznych

Obsługa kolorowego wyświetlacza TFT z telefonu Samsung GT-S5230 (Avila) \* Systemy dla Internetu Rzeczy. Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag \* ESP8266, czyli kontrola na odległość z dowolnego miejsca w zasięgu sieci telefonii komórkowej \* Programowanie układu STM32F4 \* Pierwsze kroki z FPGA. Termometr z analogowym sensorem i wyświetlaczem 7-segmentowym \* Użytkowanie Odroid-C1+. System kontroli wersji Git, moduł do zarządzania urządzeniami udev

inspirujące  
użyteczne  
projekty

podzespoły  
sprzęt

tutoriale

KURSY

TEMAT NUMERU  
**PRZĘKAŹNIKI**





## Inklinometry Cherry Switches

Wysokiej jakości inklinometry marki Cherry to doskonały wybór do wszystkich zastosowań automatyki przemysłowej, mechaniki, a także w konstrukcji maszyn.

Urządzenia cechują się wysoką tolerancją na niewspółosiowość i możliwością rozpoznawania pozycji do 360°. Czujniki wychylenia kąta umieszczone są w obudowach zabezpieczonych, odpornych na paliwa, rozpuszczalniki i smary występujące np. w skrzyni biegów, w komorze silnika, w układzie hamowania lub w podwoziu. Dzięki temu inklinometry marki Cherry mogą być stosowane w wymagających warunkach.

**CHERRY**

**Dokładny pomiar  
nachylenia kąta  
w automatyce  
przemysłowej!**



Czujnik prędkości obrotowej  
Cherry Switches GS101205  
Produkt nr 276104



Czujnik wychylenia  
Cherry Switches CU103602  
Produkt nr 276134



Czujnik wychylenia  
Cherry Switches AN820032  
Produkt nr 276149

### Czujniki w ofercie conrad.pl

Czujniki  
zbliżeniowe



Czujniki  
fotoelektryczne



Enkodery  
obrotowe



Czujniki  
radarowe



Czujniki  
Halla



Czujniki  
temperatury



Czujniki  
wilgotności



Czujniki  
przepływu



Czujniki  
ruchu



Czujniki  
odległości





Miesięcznik „Elektronika Praktyczna” (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.



**Wydawca:**  
AVT-Korporacja Sp. z o.o.  
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11  
tel.: 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00

**Adres redakcji:**  
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11  
tel.: 22 257 84 60, 22 257 84 63  
faks: 22 257 84 67  
e-mail: redakcja@ep.com.pl  
www.ep.com.pl

**Redaktor Naczelny:**  
Wiesław Marciniak

**Redaktor Programowy,  
Przewodniczący Rady Programowej:**  
Piotr Zbysiński

**Zastępca Redaktora Naczelnego,  
Redaktor Prowadzący:**  
Jacek Bogusz

**Zastępca Redaktora Naczelnego,  
Menedżer Magazynu**  
Marcin Karbowniczek

**Redaktor Działu Projektów:**  
Damian Sosnowski, tel.: 22 257 84 58

**Szef Pracowni Konstrukcyjnej:**  
Grzegorz Becker, tel.: 22 257 84 58

**Zespół marketingu i reklamy:**  
Wioletta Bogusz, tel.: 662 047 488  
Katarzyna Gugala, tel.: 22 257 84 64  
Bożena Krzykawska, tel.: 22 257 84 42  
Grzegorz Krzykowski, tel.: 22 257 84 60  
Magdalena Korgul, tel.: 22 257 84 69  
Andrzej Tumański, tel.: 22 257 84 63  
Katarzyna Wiśniewska, tel.: 22 257 84 65

**Sekretarz Redakcji:**  
Grzegorz Krzykowski, tel.: 22 257 84 60

**DTP i okładka:**  
welik.eu Dariusz Welik

**Redaktor strony internetowej** [www.ep.com.pl](http://www.ep.com.pl)  
Jacek Bogusz

**Stali Współpracownicy:**  
Arkadiusz Antoniuk, Rafał Baranowski, Lucjan Bryndza,  
Marcin Chruściel, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk,  
Krzysztof Górski, Tomasz Gumny, Tomasz Jabłoński,  
Michał Kurzela, Szymon Panecki, Krzysztof Paprocki,  
Krzysztof Pławsiuk, Sławomir Skrzyński, Jerzy Szczesiul,  
Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Marcin Wiązania,  
Tomasz Włostowski, Robert Wołgajew

**Uwaga!**  
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail,  
według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

**Prenumerata w Wydawnictwie AVT**  
[www.avt.pl/prenumerata](http://www.avt.pl/prenumerata) lub tel.: 22 257 84 22  
e-mail: prenumerata@avt.pl  
[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl), tel.: 22 257 84 66

**Prenumerata w RUCH S.A.**  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl)  
lub tel.: 801 800 803, 22 717 59 59  
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl



Wydawnictwo  
AVT-Korporacja Sp. z o.o.  
należy do Izby Wydawców Prasy

**Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.**  
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11

Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

PRENUMERATA  
NAPRAWDĘ WARTO



# Współczesne zabawki

Czasami wydaje mi się, że twórcy zabawek wprost prześcigają się w uprzykrzaniu życia rodzicom. Mam tu na myśli głównie hałas generowany przez nowoczesne zabawki, jakby głównym celem zabawy było zagłuszanie wszystkiego, co wydarza się w otoczeniu. Współczesne zabawki mówią, grają, imitują odgłosy zwierząt, błyskają różnokolorowymi światłami, a przy tym dźwięki wydawane przez wbudowane „głośniki” są tak nasyczone wysokimi i średnimi tonami, że aż nieznośne. Jednak gdyby przyjrzeć się im bliżej, to – pomijając te moim zdaniem niezdrowe dla rodziców – okaże się, że te najciekawsze i najbardziej atrakcyjne muszą zawierać układy elektroniczne. Po prostu, nie mogą bez nich funkcjonować, podobnie jak samoloty sterowane metodą *fly by wire*. Można wręcz wysnuć wniosek, że bez elektroniki nie ma dobrej zabawy. Zauważyli to również organizatorzy konkursu na zabawkę roku TOTY (Toy Of The Year).

Do udziału w konkursie nominowano 700 zabawek produkowanych przez 250 firm. Jury złożone z 25 członków zawiera ekspertów od gier i zabawek, sprzedawców i dystrybutorów, naukowców oraz dziennikarzy. Dokonano podziału na 14 kategorii – w każdej z nich wybrano finalistów. Rozważano przy tym przede wszystkim takie kryteria, jak kreatywność, oryginalność pomysłu oraz poziom innowacji, sposób wykonania, wygląd, ogólnie rozumianą promocję, a także akceptację rynku. Zwycięzcy zostaną wyróżnieni 17 lutego 2017 r. na 114. targach zabawek North American International Toy Fair, a tymczasem możemy przyjrzeć się liście najlepszych zabawek zaawansowanych technicznie np. na stronie internetowej amerykańskiego czasopisma EE Times ([http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1330960](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1330960)). Wymieńmy kilka z nich.

Na pierwszym miejscu listy jest „Air Hogs Helix Sentinel”. To rodzaj zdalnie sterowanego „drona”, wyposażonego w kamerę oraz specjalne okulary, dzięki którym możemy poczuć się jak pilot pędzącego „samolotu”. Kolejne zabawki również mają coś wspólnego z lataniem. To „Hot Wheels Sky Shock RC Vehicle” oraz niewiele różniący się do Sentinela „Sky Viper v2400FPV HD Streaming Drone with FPV Headset”. O ile druga z wymienionych zabawek to też dron z kamerą HD, o tyle pierwsza oprócz transmisji wideo umożliwia nie tylko szybkie latanie, ale i (po złożeniu skrzydeł za pomocą przycisku na aparaturze do zdalnego sterowania) bardzo szybka jazdę. Co prawda, delikatne koła nie zapewnią zabawy w terenie, ale raczej na asfaltowym torze, lecz i tak zabawa „2 w 1” daje ciekawe możliwości. Wśród wspomnianych zabawek znajdziemy też motocykl ze stabilizacją żyroskopową i możliwością rejestrowania obrazu HD o nazwie „Xtreme Cycle Moto-Cam” oraz nieco „odstający” od reszty – zestaw klocków do budowania robotów „Tinkerbots”.

Tyle o pierwszej piątce. Zachęcam do zapoznania się z całą listą, ponieważ czasami wystarczy jedynie impuls, aby wpaść na pomysł wykonania czegoś własnego, niepowtarzalnego.

Co by nie powiedzieć, to w każdej z zabawek wymienionych na liście zastosowano najnowocześniejsze układy elektroniczne. Myślę, że w miarę rozwoju technologii nowoczesne zabawki będą coraz bardziej interaktywne, ale nie w znaczeniu domku wydającego imitację głosów zwierząt, ale takiej rzeczywistej reakcji np. na gesty, że będą zachowywały się podobnie jak żywe zwierzęta. Na pewno będzie to miało tę zaletę, że wyjeżdżając na wczasy wystarczy takiemu zwierzątkowi odłączyć zasilanie, nie trzeba oddawać go do schroniska. Nie napaskudzi też w mieszanin, może żyć niemal wiecznie. Ba! Można mu nawet podwyższać poziom inteligencji instalując rozszerzenie sprzętowe czy kolejne aktualizacje oprogramowania! Czy jednak takie mechaniczne „zwierzęta” zastąpią prawdziwe? Na pewno będą zwoleńnicy i jednych, i drugich – zostawmy te rozważania.

Styczeniowe wydanie EP tradycyjnie rozpoczyna nowy rok. Wśród tematów poruszanych w 2017 r. nie zabraknie i zabawek – poświęcimy im całe wydanie sierpniowe. Będziemy też poruszać tematykę druku 3D, sensorów, czujników, Internetu Rzeczy, sieci bezprzewodowych, elektroniki dla osób niepełnosprawnych i wiele, wiele innych. Opublikujemy też mnóstwo inspirujących projektów, których można użyć na wiele sposobów. Zapraszam do lektury i prenumerowania kolejnych wydań.

Jacek Bogusz



## Stacja pogodowa Wi-Fi

Projekt rozbudowanego termometru o nazwie THPStation. Jest to stacja, która pokazuje ciśnienie, wilgotność i temperaturę pomieszczenia, w którym jest umieszczona oraz temperaturę zewnętrzną z czujnika bezprzewodowego. Medium transmisyjnym jest sieć Wi-Fi. Stacja bazowa pracuje jako AP i nie potrzebuje routera Wi-Fi do działania.

## Kompresor audio

Kompresor jest podstawowym blokiem używanym w obróbce i rejestracji sygnału audio. Moduł z układem THAT4301, który rozpoczyna cykl artykułów opisujących moduły audio przydatne w domowym studiu lub systemach nagłośnieniowych, wykonane w typowy sposób „analogowy”.

## Power Bank 14,4 V

Nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami, przeznaczony do eksperymentów z technologią ELDC, na przykład: w zasilaczach buforowych, systemach zasilania bezprzerwowego, magazynowania energii odnawialnej itp.

## Przyrząd do formowania kondensatorów elektrolitycznych

Elektronicy zajmujący się renowacją starych urządzeń często stają przed problemem uformowania kondensatorów elektrolitycznych, które od kilkudziesięciu lat nie były używane. W większości wypadków są one w pełni sprawne, wymagają jedynie „rozruszania” przed ponowną eksploatacją. To samo można zrobić z nowymi kondensatorami, które pracują na granicy wytrzymałości napięciowej.

### Nie przeocz

Nowe podzespoły.....	6
Koktajl niusów.....	12
Info.....	17
Niezbędnik elektronika.....	19

### Projekty soft

Raspberry PiRate Radio. Stacja radiowa z Raspberry Pi.....	28
--	----

### Projekty

multiTID – wielofunkcyjny, samochodowy komputer pokładowy (2).....	20
THAT4301 – kompresor audio .....	24
Power Bank 14,4 V.....	
Nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami .....	32
THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi .....	35
Przyrząd do formowania kondensatorów elektrolitycznych.....	41

### Miniprojekty

8-kanalowy termometr z I2C.....	46
Uniwersalna ładowarka akumulatorów LiFePo4.....	48
Miniaturowa ładowarka akumulatorów LiFePo4 zasilana z USB.....	50

### Notatnik konstruktora

Przełączniki – parametry i zasady aplikacji.....	TEMAT NUMERU 59
Komercyjne środowiska sprzętowo-programowe dla programistów mikrokontrolerów ARM Cortex-M .....	74

### Prezentacje

Przełączniki w naszym życiu – czyli o automatyce, która trafia pod strzechy.....	TEMAT NUMERU 52
Bądź bezpieczny z Finder. Interfejsowe przełączniki elektromagnetyczne z ATEX w wykonaniu EX .....	TEMAT NUMERU 54
Porównanie przełączników półprzewodnikowych i elektromechanicznych .....	TEMAT NUMERU 56

### Sprzęt

Solar Powered IoT Device Kit. Zestaw uruchomieniowy IoT od firmy Cypress.....	69
Voltcraft DL-141TH – miernik i rejestrator temperatury oraz wilgotności .....	72

### Podzespoły

8-bitowa kontrofensywa (3). Przetwornik C/A i wzmacniacz operacyjny .....	66
---	----

### Kursy

Programowanie układu STM32F4 (3) .....	78
ESP8266, czyli kontrola na odległość z dowolnego miejsca w zasięgu sieci telefonii komórkowej .....	82
Systemy dla Internetu Rzeczy (2). Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag .....	87
Obsługa kolorowego wyświetlacza TFT z telefonu Samsung GT-S5230 Avila (2).....	92
Pierwsze kroki z FPGA (7).....	
Termometr z analogowym sensorem i wyświetlaczem 7-segmentowym.....	96
Użytkowanie Odroid-C1+ (3).....	
System kontroli wersji Git, moduł do zarządzania urządzeniami udev.....	99

Prenumerata .....	103
Kramik i rynek .....	104
Hity następnego numeru .....	106





## Nowe mikrokontrolery STM32F4 Access Line

### Energooszczędne STM32F4 z topowym wyposażeniem

**STM32F413/423** to nowe mikrokontrolery z rodziny STM32, które są kolejnym krokiem w kierunku oszczędzania energii, zwiększenia wydajności obliczeniowej, elastyczności oraz liczby zintegrowanych bloków peryferyjnych.

**STM32F413/423** wykonano w technologii *Dynamic Run*, dzięki której pobór prądu zredukowano do 112µA/MHz.

**STM32F413/423** wyposażono w rdzeń Cortex-M4 taktowany do 100MHz, o wypadkowej wydajności 125DMIPS/339EEMBC, a także koprocesor zmiennoprzecinkowy FPU.

**STM32F413/423** wyposażono w nowe peryferia komunikacyjne, w interfejs QSPI @100MHz, USB-OTG z Link Power Management, 16-bitowy kontroler pamięci SRAM, PSRAM i NOR Flash.

**STM32F413/423** są dostępne w obudowach od WLCSP81 (4x3,95 mm) do LQFP144.

**STM32F413/423** to mikrokontrolery dostępne w zestawach startowych NUCLEO-F413HZ oraz STM32F413-DISCOVERY.



digitalized for

HOBBYMAGAZINES.ORG

life.augmented



# nowe podzespoły

Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na [www.elektronikaB2B.pl](http://www.elektronikaB2B.pl)



## RS6 – 6-watowe konwertery DC/DC o dużej gęstości mocy

Firma Recom poinformowała o wprowadzeniu do oferty serii nowych, regulowanych konwerterów DC/DC. Zostały one zaprojektowane z myślą o wymagających aplikacjach pracujących w ograniczonej przestrzeni. Osiągnięto w nich gęstość mocy 2,7 W/cm<sup>3</sup>, dzięki czemu mogą pracować z pełnym obciążeniem nawet w podwyższonej temperaturze – zakres temperatury pracy rozciąga się od -40°C do +75°C.

Konwertery DC/DC o zakresie napięcia 2:1 (znamionowe napięcia wejściowe 5 V DC, 12 V DC, 24 V DC i 48 V DC) mają złącza kompatybilne pod względem funkcjonalnym z modelami RSO, RS i RS3. Umożliwia to łatwe zwiększanie mocy zasilania bez konieczności zmian na płytce drukowanej. Oprócz wariantów z wyjściami pojedynczymi 3,3 V DC, 5 V DC, 12 V DC, 24 V DC i 48 V DC dostępne są też warianty o wyjściach symetrycznych  $\pm 5$  V DC,  $\pm 12$  V DC i  $\pm 15$  V DC. Przetwornice mają obudowę kompaktową SIP8. Jej



REKLAMA



## BORNICO

od pomysłu do gotowego wyrobu

- montaż obwodów drukowanych SMT i THT
- pełna logistyczna obsługa zamówień
- doradztwo techniczne
- projektowanie urządzeń i systemów
- oprogramowanie systemów wbudowanych
- wdrażanie wyrobów do produkcji
- testy EMC i badania środowiskowe



**Zakład Elektroniczny BORNICO**  
 ul. Małczyńskiego 25, 26-604 Radom, tel.: +48 48 365 58 22, fax: +48 48 365 58 21  
 e-mail: [bornico@bornico.com.pl](mailto:bornico@bornico.com.pl), [www.bornico.com.pl](http://www.bornico.com.pl)

wymiary to zaledwie 21,8 mm×9,2 mm×11,1 mm. Sprawność modułów nie tylko osiąga wartość do 88%, ale też utrzymuje się powyżej 80% także przy niewielkim obciążeniu. Przetwornice wyposażono w zabezpieczenie przed przeciążeniem i zwarcie, wejście załączające kompatybilne z TTL, wejście regulacyjne TRIM. Mają certyfikat zgodności z normami EN62368-1 CB Scheme i EN60950-1. Produkty są objęte 3-letnią gwarancją producenta.

<https://goo.gl/1b5Hge>



## PIC24 GA7 – nowa seria mikrokontrolerów

Firma Microchip konsekwentnie rozwija mikrokontrolery z rdzeniami natywnymi nie poddając się powszechnej „ARMizacji”. Teraz poinformowała o wprowadzeniu do oferty rodziny mikrokontrolerów PIC24 GA7. Zgodnie z informacją producenta, są one przeznaczone głównie do zastosowania w sensorach IoT, przenośnych urządzeniach medycznych oraz aplikacjach służących do kontrolowania urządzeń przemysłowych.



Nowe mikrokontrolery mają szereg trybów oszczędzania energii, co jest szczególnie ważne z punktu planowanych zastosowań. Pobór prądu można ograniczyć nawet do 190 nA! Wyposażono je w pamięć Flash mieszczącą do 256 kB i 16 kB RAM. Aktualnie są oferowane w obudowach mających 28, 44 lub 48 wyprowadzeń – niektóre z typów obudów mają przy tym wymiary zaledwie 4 mm×4 mm.

Mikrokontrolery wyposażono w znane z innych rodzin peryferia niezależne od rdzenia – CIP. Ich lista obejmuje między innymi: CLS (Configurable Logic Cell), MCCP (Multi-output Capture Compare Pulse Width Modulation), DMS (Direct Memory Access). Oprócz tego są dostępne: 12-bitowy przetwornik A/C (200 kSa/s), do 7 układów czasowo – licznikowych oraz dwa interfejsy UART.

Nowa rodzina mikrokontrolerów PIC24 GA7 jest wspierana przez ekosystem Explorer 16/32 Development Board (DM240001-2) oraz nowy moduł plug-in PIC24FJ256GA705 (MA240039), który jest dołączany do płytki bazowej. Oprogramowanie może być tworzone za pomocą MPLAB Code Configurator (MCC), MPLAB X IDE, MPLAB Xpress oraz kompilatora XC16.

<https://goo.gl/EVcSfz>



- ponad 45 lat doświadczenia
- szybka wysyłka w ciągu 24 godzin
- ponad 70 000 produktów w magazynie

Fotografia: Foto- und Bilderwerk

„Przy pomocy mikrokontrolerów Arduino całkiem łatwo urzeczywistnia się pomysły!”

Najbardziej ulubione w Arduinos!

## ARDUINO UNO WERSJA 3

- ATmega 328
- 14 wejść i wyjść cyfrowych (z czego 6 jako PWM)
- 6 wejść analogowych
- Złącze USB

ARDUINO UNO

**72,24**  
(€ 16,39)



Wystarczy podłączyć i zacząć!

### ARDUINO™ MEGA 2560

- ATmega 2560
- 54 wejść i wyjść cyfrowych (z czego 14 jako PWM)
- 16 wejść analogowych
- Złącze USB

WSZYSTKO  
ARDUINO  
PRODUKTY



rch.it/yb



ARDUINO MEGA **129,28** (€ 29,65)

Mały, ale doceniony!

### ARDUINO™ MICRO

- ATmega 32u4
- 20 wejść i wyjść cyfrowych (z czego 7 jako PWM)
- 12 wejść analogowych
- Złącze micro USB



ARDUINO MICRO **68,53** (€ 15,55)

Mały, ale hoho!

### ARDUINO™ NANO

- ATmega 328
- 14 wejść i wyjść cyfrowych (z czego 6 jako PWM)
- 8 wejść analogowych
- Złącze mini USB



ARDUINO NANO **84,83** (€ 19,24)

Ceny dnia · Poziom cen: 22.12.2016

ceny w zł plus ustawy podatek VAT, plus koszty wysyłki, reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)

Języki używane w sklepie:

MIEDZYNARODOWE MOŻLIWOŚCI PŁATNICZE:



ŁATWE ZAKUPY ONLINE!



digitalized for

HOBBYMAGAZINES.ORG



**www.reichelt.pl**

GORĄCA LINIA ZAMÓWIEŃ: +49 (0)4422 955-360



## nRF52840 – Bluetooth 5 ready SoC

Firma Nordic wprowadziła do oferty energooszczędny SoC typu nRF52840 gotowy do obsługi nowego standardu Bluetooth 5.0. Nowe możliwości obejmują zdolność transmisji danych na większą odległość przy większej prędkości, niż we wcześniejszych wersjach Bluetooth. Interfejs radiowy ma nową architekturę sprzętową o zwiększonej mocy wyjściowej i budźcie łącza, a przy tym jest kompatybilny z IEEE 802.15.4, a sam układ ma pamięci RAM i Flash mieszczące więcej danych.

Zgodnie z intencją producenta, nowy SoC jest przeznaczony do zastosowania w technologii inteligentnego budynku oraz zaawansowanych technicznie urządzeniach powszechnego użytku: elektronice wearables, systemach płatności, urządzeniach medycznych, czujnikach przemysłowych oraz w sensorach IoT.

Nowy SoC nRF52840 skonstruowano w sposób umożliwiający osiągnięcie zgodności z zapowiadaną specyfikacją Bluetooth 5.0. Układ umożliwia łączność na 4-krotnie większy dystans – transmisja danych z prędkością 2 Mb/s jest możliwa na 2-krotnie większą odległość, niż przy użyciu Bluetooth 4.2. Dodatkowo do wsparcia Bluetooth 5.0, nowy układ jest zgodny z wymaganiami IEEE 802.15.4, co rozszerza zakres jego zastosowań również do technologii ZigBee i Thread (z dodatkowymi warstwami niezdefiniowanymi w standardzie). Oprócz tego IEEE 802.15.4 może być również zastosowany jako warstwa Network Adaptation Layer w technologii 6LoWPAN oraz standardowym protokole IP, co znacząco rozszerza obszar aplikacji również w sieciach wykorzystujących różne standardy transmisji.

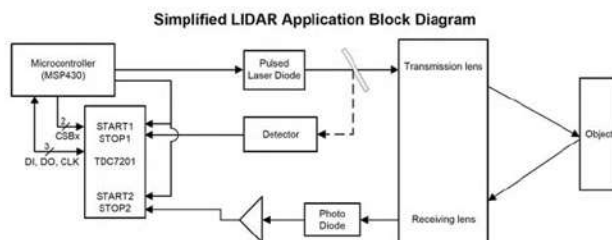
W układzie zawarto procesor 32-bitowy ARM Cortex-M4F taktowany przebiegiem o częstotliwości 64 MHz z jednostką FPU, jednostką



kryptograficzną ARM CryptoCell 310, co znacząco wspomaga algorytmy DSP i zabezpieczające transmisję. Pamięć Flash mieści 1 MB, a RAM do 256 kB. Dodatkowo do interfejsu radiowego są dostępne również moduły funkcjonalne, np. SPI, USB 2.0. Co może być istotne w niektórych zastosowaniach, nRF52840 może być zasilany napięciem wyższym od 5 V, dzięki czemu świetnie sprawdzi się w urządzeniach zasilanych energią wolnodostępną.

Próbki nowego SoC od firmy Nordic są już dostępne w sieci dystrybucji (od 6 grudnia 2016 r.). Pełna oferta układów będzie dostępna w 4 kwartale 2017 r.

<https://goo.gl/AafGPf>



## TDC7201 – przetwornik czasu na liczbę

Firma Texas Instruments oferuje nowy układ scalony typu TDC7201 będący konwerterem czasu na liczbę (Time-to-Digital) przeznaczony do pomiaru czasu pomiędzy emisją impulsu a jego odbiciem i odebraniem (time-of-flight) w sensorach ultradźwiękowych, laserowych i radiowych. Zawiera dwa wewnętrzne konwertery TDC pozwalające na pomiar odległości w zakresie od 4 cm do wielu kilometrów. Zastosowanie układu pozwala na uproszczenie urządzenia oraz eliminuje konieczność stosowania układu FPGA typowo wykorzystywanego w takich aplikacjach i zwalnia z konieczności pisania programu. Znacząco przyspiesza to opracowanie gotowego urządzenia.

Pracę konwertera TDC można porównać do stopera. Mierzy czas upływający pomiędzy impulsem start i maksymalnie pięcioma impulsami stop. Dodatkowo, układ zapewnia możliwość równoczesnego, niezależnego wykonywania pomiarów za pomocą dwóch kanałów. Wbudowany generator podstawy czasu wyposażono w funkcjonalność automatycznej kalibracji oraz kompensację dryftu w funkcji czasu i temperatury. Firma deklaruje dokładność wzorca na poziomie pikosekund. Rozdzielczość układu pomiarowego wynosi 55 ps, odchylenie standardowe 35 ps. Zakres pomiarowy jest zależny od trybu pracy: Individual Mode 1 – 12 ns...2000 ns, Individual Mode 2: 250 ns...8 ms, tryb łączony: 0,25 ns...8 ms. Zakres napięcia zasilania wynosi 2...3,6 V, a maksymalny pobór prądu 2,7 mA. Zakres temperatury otoczenia rozciąga się od -40°C do +85°C. Układ jest konfigurowany i odczytywany za pomocą szybkiego interfejsu SPI.

<https://goo.gl/DISRji>



## Nowe mikrokontrolery Kinetis E

Firma NXP rozszerza ofertę mikrokontrolerów Kinetis E z rdzeniem ARM Cortex-M o dwie nowe serie układów mających większą moc obliczeniową i pamięć o większej pojemności.

Mikrokontrolery Kinetis KE1xF zawierają jednostkę obliczeniową ARM Cortex-M4 taktowaną przebiegiem o częstotliwości do 168 MHz, pamięć Flash 256...512 kB, pamięć RAM 32...64 kB. Interesującym rozszerzeniem funkcjonalności jest interfejs FlexCAN kompatybilny z CAN 2.0B. Oczywiście, oprócz wymienionego układu mają interfejsy szeregowo znane z poprzednich wersji, między innymi: LPUART, LPI2C, LPSPI i FlexIO.



REKLAMA

**ZAJRZYSZ NA TE STRONY**

**www.piekarz.pl**  
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE  
sprzedaz@piekarz.pl tel. 22-835-50-37 fax 22-213-92-82

All In One  
• Projektowanie i wykonanie modeli kaskadów i obwodów na drukarce 3D  
• Projektowanie i wykonanie transformatorów i induktorów  
• Modelowanie w 3D gotowych modułów i urządzeń  
• Projektowanie i wykonanie prototypów PCB  
• Projektowanie urządzeń zasilających  
Feryster – producent elementów EMC



**Moduły oraz czytniki RFID**  
MIFARE®, UNIQUE, ICODE®, HITAG®, Q5, HID®  
**netronix.pl**

**GAMMA**  
info@gamma.pl **www.gamma.pl**  
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

**RENEX**  
www.renec.com.pl  
**RENEX**  
www.ipctraining.pl  
**RENEX**  
www.renecline.pl



Mikrokontrolery Kinetis KE1xZ zawierają rdzeń ARM Cortex-M0+ taktowaną przebiegiem o częstotliwości 72 MHz, pamięć Flash 128...256 kB, pamięć RAM 16...32 kB oraz szereg modułów funkcjonalnych. 36-kanalowy interfejs TSI ułatwia wykonywanie systemów HMI w automatyce, a przetwornik A/C o szybkości próbkowania 1 Msa/s i moduły FlexTimer znajdują zastosowanie przede wszystkim w systemach sterowania silnikami BLDC.

Nowe mikrokontrolery Kinetis KE1xF/KE1xZ zawierają pamięć FlexNVM, która umożliwia emulowanie EEPROM. Wbudowano w nie również generator przebiegu zegarowego o częstotliwości 48 MHz i dokładności 1%. Mikrokontrolery mają też szereg funkcji zabezpieczających, między innymi FAC (Flash Access Control), generator CRC, 128-bitowy, unikalny numer identyfikacyjny i Watchdog z niezależnym generatorem.

<https://goo.gl/K3oXIP>

### LV8811, LV8813 i LV8814 – sterowniki 3-fazowych silników BLDC

ON Semiconductor wprowadza nową generację sterowników 3-fazowych silników BLDC. Znajdują one zastosowanie głównie w urządzeniach AGD, konsolach do gier i peryferiach komputerowych. Co istotne, przebieg zasilający silnik ma kształt sinusoidalny, co zmniejsza straty mocy, podwyższa sprawność i obniża poziom zakłóceń akustycznych. Zaletą nowych układów jest brak konieczności programowania. Prędkość obrotowa jest regulowana za pomocą PWM lub napięciem DC. Do pomiaru prędkości obrotowej jest używany czujnik Halla.

Układy LV8811, LV8813 i LV8814 mogą być zasilane napięciem z zakresu: LV8811 – 3,6...16 V, LV8813 – 6...16 V, LV8814 – 3,6...16 V.



Oferowane są w obudowach TSSOP-20 i SSOP-20. Poszczególne układy różnią się procedurą rozruchową, która w LV8813 i LV8814 jest przystosowana do obsługi dużych wentylatorów. Układy zawierają zabezpieczenie nadprądowe, nadnapięciowe, podnapięciowe, termiczne, przed zatrzymaniem się silnika oraz mechanizmy automatycznego wznowiania pracy.

<https://goo.gl/yBA6AJ>

### 4,7 µF w obudowie 0201 i 0,47 µF w obudowie 01005

Firma Kyocera wprowadziła do oferty dwa chipowe kondensatory MLCC o rekordowym współczynniku pojemności do objętości, nadające się idealnie do zastosowania w smartfonach i innych urządzeniach



REKLAMA

## COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

# Altium 17

Designer

PROJEKTUJ Z ROZMYŚŁEM  
TWÓRZ Z PASJĄ

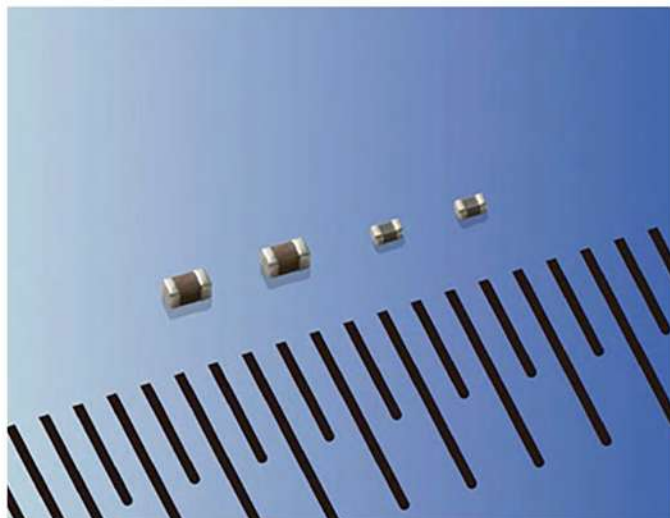
- **ActiveRoute™** – szybsze prowadzenie wysokiej jakości ścieżek na wielu warstwach
- **Wygładzanie ścieżek** – optymalizacja jakości i długości ścieżek
- **Dynamiczne zaznaczanie** – możliwość łatwiejszego zaznaczania obiektów w projekcie
- **Backdrilling** – ograniczanie zakłóceń w projektach high-speed
- **Dynamiczna obsługa obszarów miedzi** – łatwiejsza modyfikacja kształtu polygonów

Computer Controls Sp. z o.o.  
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1

tel.: +48 (33) 485 94 90  
fax: +48 (33) 472 04 20

e-mail: [info@ccontrols.pl](mailto:info@ccontrols.pl)  
<http://www.ccontrols.pl>



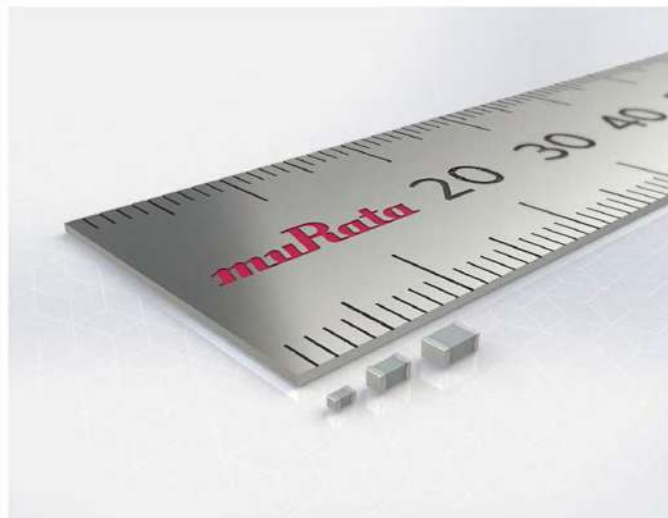


o dużym stopniu upakowania podzespołów. Oba bazują na dielektrykach X5R. CM03X5R475M06A, oferowany w obudowie typu 0201 (0,6 mm×0,3 mm×0,3 mm) ma pojemność 4,7 μF. Kondensator typu CM02X5R474M06A oferowany w obudowie rozmiaru 01005 (0,4 mm×0,2 mm×0,2 mm) ma pojemność 0,47 μF. Oba kondensatory mają napięcie znamionowe 6,3 V i klasę tolerancji M (±20%).

<https://goo.gl/eyn7Ri>

### PRG – ceramiczne termistory PTC

Firma Murata prezentuje nową serię ceramicznych termistorów PTC przeznaczonych do użycia jako bezpieczniki resetowalne w przemyśle i motoryzacji. Termistory PRG mają małą rezystancję, której przebieg jest płaski w zakresie dopuszczalnego prądu. Przy wzroście natężenia



powyżej poziomu progowego termistor coraz bardziej nagrzewa się, a jego rezystancja rośnie logarytmicznie, powodując ograniczenie prądu. Dzięki temu termistor może pełnić funkcję resetowalnego bezpiecznika, przywracając normalny przepływ prądu po obniżeniu się temperatury.

W odróżnieniu od termistorów PTC produkowanych na bazie polimerów, termistory z serii PRG mogą pracować w szerszych zakresach prądu i napięcia. Dla przykładu, charakterystyka rezystancyjna polimerowego termistora PTC zmienia się po wlutowaniu go do płytki drukowanej, a także po każdorazowym zadziałaniu. Termistory ceramiczne z serii PRG nie wykazują tego typu zmian rezystancji.

Termistory PRG mogą znaleźć zastosowanie w oświetleniu LED oraz do ochrony czujników i elementów sterujących w motoryzacji. W systemach oświetleniowych LED, poza zabezpieczeniem termicznym obwodu ich dodatkową zaletą jest to, że eliminują konieczność realizacji tej funkcji przez sterownik LED. Dopasowując charakterystykę PTC termistora PRG do krzywej termicznej diody LED, może on być włączany szeregowo pozwalając obniżyć cenę podzespołów i przestrzeń na płycie drukowanej.

W ofercie Murata dostępne są m.in. modele o oznaczeniach PRG21AR4R7MS5RA i PRG21BC4R7MM1RK, przeznaczone do różnych obszarów zastosowań. PRG21AR4R7MS5RA, charakteryzujący się maksymalnym napięciem pracy 16 VDC oraz prądem nominalnym i progowym odpowiednio 205 mA i 390 mA (w temperaturze +25°C) może znaleźć zastosowanie w motoryzacji do ochrony zwarciowej czujników parkowania, systemów ADAS i systemów multimedialnych. Z kolei PRG21BC4R7MM1RK, adresowany do automatyki przemysłowej może być stosowany do ochrony linii I/O w układach napędowych, kontrolerach PLC, czujnikach i siłownikach. Charakteryzuje się maksymalnym napięciem pracy 32 VDC oraz prądem nominalnym i progowym odpowiednio 155 mA i 330 mA.

<https://goo.gl/3hXUIV>

### Zasilacze wtyczkowe z atestem medycznym

Firma XP Power poinformowała, że jej zasilacze wtyczkowe z serii ACM06 (6 W) i ACM18 (18 W) spełniają wymagania najnowszych standardów DoE Level VI oraz CoC Tier 2. Zasilacze mają średnią sprawność do 87,5% mierzoną przy obciążeniu 25, 50, 75 i 100% obciążenia znamionowego, co jest zgodne z nowymi wymaganiami wspomnianych standardów. Przy braku obciążenia pobór mocy nie przekracza 0,075 W.

Zasilacze z serii ACM06 są dostępne w wersjach mających pojedyncze napięcie wyjściowe 5, 9 lub 12 V DC. Zasilacze z serii ACM18 są oferowane w wariantach mających napięcie wyjściowe 5, 9, 12, 15, 18 lub 24 V DC. Złącza zasilające są wymienne i zgodne



REKLAMA



**KLAWIATURY  
FOLIOWE  
MEMBRANE  
KEYBOARDS  
FOLIENSTATUREN**




**PROJEKTUJEMY  
PRODUKUJEMY  
SPRZEDAJEMY**

- klawiatury
- elewacje
- tabliczki
- zestawy foliowe

**TOWARZYSTWO  
ELEKTROTECHNOLOGICZNE  
QWERTY Sp. z o.o.**

ul. Siewna 21, 94-250 Łódź, Polska  
tel.: +48 42 632 47 92, +48 42 633 32 84  
e-mail: [qwerty@qwerty.pl](mailto:qwerty@qwerty.pl)  
[www.qwerty.pl](http://www.qwerty.pl)







śrubowymi o konfiguracji WB. W modułach zastosowano technologię Trench-gate Field Stop IGBT zapewniającą małe straty wskutek przewodzenia i przełączania. Oprócz tego zapewnia ona małe napięcie nasycenia i dodatni współczynnik temperaturowy, co ułatwia równoległe łączenie modułów.

<https://goo.gl/bGmPjf>

REKLAMA

ze standardami wtyków obowiązującymi w USA, Wielkiej Brytanii, krajach Europejskich, Chinach lub w Australii.

Zasilacze są zgodne z wymaganiami norm bezpieczeństwa dla urządzeń medycznych IEC 60601-1 oraz urządzeń informatycznych IEC 60950-1. W zakresie emisji przewodzonych i promieniowanych spełniają wymagania dla urządzeń klasy B. Dzięki temu mogą być używane do zasilania urządzeń medycznych i przemysłowych.

Oba typy zasilaczy mają kabel ze standardowym wtykiem zasilającym 2,5/5,5 mm. Zasilacze o napięciu wyjściowym 5 V są oferowane również w wersji z wtykiem USB. Typowo, obudowa ma kolor czarny – opcjonalnie może mieć kolor biały. Zasilacze są objęte 3-letnią gwarancją producenta.

<https://goo.gl/JKKeMY>

### **MG12600WB-BR2MM – półmostkowe moduły IGBT 1200 V/600 A**

Firma Littelfuse wprowadziła do oferty serię półmostkowych modułów IGBT MG12600WB-BR2MM przeznaczonych do zastosowania w sterownikach napędów przemysłowych, falownikach, spawarkach i zasilaczach UPS o dużej mocy. Moduły mają napięcie przebicia 1200 V i większy, dopuszczalny prąd obciążenia w porównaniu do wcześniej oferowanych – 600 A zamiast 450 A. Jednocześnie są z nimi kompatybilne pod względem sterowania i wyprowadzeń, dzięki czemu mogą być stosowane zamiennie w razie potrzeby zapewnienia większej mocy zasilania dostarczanej do obciążenia. Moduły z serii MG12600WB-BR2MM są oferowane w obudowie o wymiarach 152 mm×62 mm×17 mm z terminalami



## Innowacyjne rozwiązania dla *każdego* inżyniera

Bezpłatne materiały, które Cię zainspirują.

Bezpłatne narzędzia CAD.

Bezpłatne zasoby projektowe.

Dostępne bezpłatnie w RS Components.

Wybierz coś dla siebie.

Na stronie **designspark.com**

# DESIGNSPARK

Dostępne dzięki





# koktajl niusów



## Thule zainwestuje w Pomorskiej SSE ponad 33 mln zł

Zezwolenie na prowadzenie działalności gospodarczej na terenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej w Podstrefie Piła otrzymał właśnie znany szwedzki producent bagażników samochodowych,

uchwytów do przewozu rowerów, toreb oraz wózków wielofunkcyjnych - firma Thule. W Pomorskiej SSE powstanie obiekt, na terenie którego znajdzie się zakład produkcyjny z magazynem i powierzchnią administracyjno-socjalną o łącznej wielkości około 13,5 tys m<sup>2</sup>. Thule zatrudni co najmniej 40 osób. Inwestycja w Pile ma przekroczyć 33 mln zł.

Wyroby firmy Thule są obecne na 139 rynkach na całym świecie. Globalne zatrudnienie w 9 zakładach produkcyjnych i ponad 35 przedstawicielstwach handlowych Grupy Thule przekracza 2 tys. pracowników.



## General Motors rozpoczyna drogowe testy autonomicznego samochodu

Na przedmieściach Detroit w południowo-wschodniej części stanu Michigan amerykański koncern General Motors (GM) rozpoczął testy drogowe swojego w pełni autonomicznego pojazdu. Testowy model elektrycznego Chevroleta Bolta, który nie musi mieć kierowcy, będzie jednak cały czas nadzorowany przez pracownika gotowego do interwencji w razie nieprzewidzianych zdarzeń.

Testy samochodów rozpoczęły się w czwartek w pobliżu centrum technologicznego GM w Warren. Docelowo testami objęte ma być niemal całe Detroit. Celem badań jest sprawdzenie zachowania pojazdów na miejskich ulicach w warunkach zimowych. Padający śnieg może zakłócać odczyty z kamer i innych czujników, przez co samochody mogą nieprawidłowo identyfikować przeszkody, oznaczenia i światła drogowe. GM bada również samosterowne pojazdy w cieplejszym klimacie, np. w San Francisco czy Scottsdale. W testach ogółem bierze udział około 40 Chevroletów Bolt.

W ubiegłym tygodniu kolejne przewozy samochodami autonomicznymi uruchomił Uber – tym razem w San Francisco. Również GM zamierza stworzyć flotę autonomicznych taksówek, które mają świadczyć usługi w stanie Michigan, w ramach odpowiednio dostosowanych przepisów prawnych.

## W Ostrołęce powstanie nowa elektrownia o mocy 1000 MW

Koncerny energetyczne Energa i Enea ogłosiły przetarg dotyczący budowy Elektrowni Ostrołęka C o mocy około 1000 MWe. Elektrownia dysponować ma jednym kondensacyjnym blokiem energetycznym o sprawności netto co najmniej 45%. Termin składania wniosków upływa 20 lutego 2017 r., a czas realizacji inwestycji ustalono na 54 miesiące. Zamówienie będzie realizowane w formule „pod klucz”.

REKLAMA



## V430 Nowy sterownik PLC



- Niewiarygodnie niska cena za funkcjonalność i świetny wygląd
- Sterownik wielkości dłoni, zawierający wszystko w jednym (PLC, HMI, I/O)
- Panel dotykowy 4,3"
- Wbudowany port mini-USB
- Darmowe oprogramowanie VisiLogic
- Stopień ochrony IP66
- 2 lata gwarancji

[www.elmark.com.pl](http://www.elmark.com.pl)

ELMARK Automatyka Sp. z o.o.  
tel. 22 541 84 60  
elmark@elmark.com.pl







Do wzięcia udziału w postępowaniu przetargowym ma być zaproszonych pięciu wykonawców. Wstępny termin rozpatrzenia złożonych wniosków wynosi trzy miesiące. Wybrane firmy będą miały trzy miesiące na złożenie wstępnych ofert.

Koszt inwestycji szacowany jest na ok. 6 mld zł, z czego 50% może przypadać na roboty budowlane, które będzie można zlecić z wolnej ręki. Oczekuje się, że rozpoczęcie prac po wydaniu pozwolenia na budowę nastąpi w I lub II kwartale 2018 roku. Budowa nowej elektrowni mogłaby się zakończyć w 2023 roku, a jej komercyjna działalność rozpoczęłaby się w roku 2024.



### 70% dopłaty do badań na znak CE

Instytut Logistyki i Magazynowania oferuje usługi wsparcia innowacji dofinansowane w 70% obejmujące wykonanie badań w zakresie EMC, bezpieczeństwa elektrycznego i odporności na warunki klimatyczne. Oferta kierowana jest dla firm, które prowadzą proces konstrukcyjny urządzeń. Celem jest poprawa konstrukcji urządzeń przez zastosowanie środków poprawiających charakterystyki

techniczne prototypów, aż do uzyskania oczekiwanych rezultatów dla wyrobów finalnych.

Oferta obejmuje też przeprowadzanie procesu oceny zgodności z wymaganiami prawnymi i pomoc w procesie oznakowania CE urządzeń elektronicznych i przygotowaniu deklaracji zgodności producenta lub upoważnionego przedstawiciela, iż wyrób jest zgodny z zasadniczymi wymaganiami zawartymi w dyrektywach EMC.

Działanie realizowane są w wyniku konkursu na dofinansowanie projektów w ramach działania 2.3: Proinnowacyjne usługi dla przedsiębiorstw; poddziałanie 2.3.1: Proinnowacyjne usługi IOB dla MŚP finansowanej ze środków Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Wnioski można składać od 04.11.2016 do 31.03.2017.

### ORing Industrial Networking otwiera biuro w Polsce

Tajwański producent przemysłowych urządzeń sieciowych ORing Industrial Networking ogłosił nowy etap w swojej działalności. Firma zdecydowała się na otwarcie europejskiego oddziału i na jego lokalizację wybrała Polskę. Gdańska placówka ORing ma być w przyszłości powiększana. Jest to już trzecie zagraniczne biuro producenta po oddziałach działających w Chinach oraz Stanach Zjednoczonych.

Jak informuje ORing, celem firmy jest ciągle dążenie do poprawy poziomu usług oraz dostępności wsparcia technicznego dla obecnych oraz przyszłych klientów i partnerów z Europy. Głównymi zadaniami biura europejskiego będą konsultacje techniczne, organizacja szkoleń, a także wsparcie obecnych kanałów sprzedaży poprzez bezpośrednią możliwość omówienia z użytkownikami końcowymi ich wymagań i oczekiwań.

– „To z pewnością bardzo ważny ruch ze strony firmy ORing. Od tej pory jesteśmy do dyspozycji dla wszystkich europejskich klientów, którzy mają zapotrzebowanie na urządzenia do komunikacji przemysłowej. Służymy naszą wiedzą i doświadczeniem, możemy pomóc w analizie i zaproponować odpowiednie rozwiązanie dla danego problemu, dobrać właściwe urządzenia pod kątem stawianych wymagań, a na koniec pomóc przy ich instalacji i serwisie po wdrożeniu – mówi Jacek Kondratowicz, Field Application Engineer z firmy ORing i pierwszy polski pracownik nowo otwartego biura. – Oczywiście produkty marki ORing już od wielu lat z powodzeniem są stosowane na rynku europejskim. Obecnie jednak wychodzimy naprzeciw oczekiwaniom naszych partnerów, dając im możliwość bezpośrednich konsultacji z nami w tej samej strefie czasowej, co jest bez wątpienia istotną kwestią wpływającą na łatwość i szybkość komunikacji” – dodaje Jacek Kondratowicz.

### Polscy producenci sprzętu audio są cenieni na obcych rynkach

Polscy producenci sprzętu audio wyróżniają się na rynku światowym innowacyjnością i produktami wysokiej jakości, wciąż jednak

REKLAMA

**RK-SYSTEM**  
www.rk-system.com.pl

## Profesjonalne narzędzia dla elektroników i programistów

- uniwersalne programatory układów scalonych
- analizatory stanów logicznych
- oscyloskopy cyfrowe
- systemy do wyważania i pomiaru drgań
- oprogramowanie CAD, CAM, CAE
- emulatory, symulatory, debuggery dla różnych rodzin procesorów
- kompilatory C/C++ dla różnych rodzin procesorów
- szkolenia w zakresie FPGA, VHDL
- narzędzia na procesory sygnałowe DSP
- projektujemy, produkujemy, szkolimy, dystrybuujemy

05-825 Grodzisk Maz., ul. Chelmońskiego 30, tel. (022) 724 30 39, 792 05 18, fax. (022) 724 30 37



są wyżej cenieni za granicą niż w kraju. Dla niemal 70% takich firm eksport stanowi przynajmniej połowę przychodów. Polski rynek liczy ponad 80 przedsiębiorstw produkujących kolumny, wzmacniacze, gramofony, okablowanie i inne akcesoria.

Większość polskich producentów to mikrofirmy, których roczne obroty nie przekraczają kwoty 500 tys. zł, co trzecia ma roczne przychody na poziomie od 1,5 do 5 mln zł. Głównym rynkiem ich działań pozostaje Europa Zachodnia, gdzie swoje produkty sprzedaje 90% wytwórców.



## Wymogi prawne napędzają rynek detektorów gazów

Według Transparency Market Research wartość światowego rynku detektorów gazów zwiększy się z 3 mld dolarów w 2015 roku do prawie 6 mld dolarów w roku 2024. Oznaczać to będzie średni roczny wzrost o prawie 6%. Dotychczas najpopularniejsze były detektory gazów palnych, stacjonarne oraz wykrywające pojedynczą substancję. Najczęściej używano ich w przemyśle, a głównym rynkiem zbytu była Ameryka Północna. W przyszłości wzrośnie popyt na detektory przenośne wykrywające jednocześnie kilka substancji oraz na detektory tlenu.

Najszybciej zapotrzebowanie wzrastać będzie w regionie Azji i Pacyfiku. Napędzać go będą głównie przepisy, które wymuszają korzystanie z detektorów gazów dla ochrony zdrowia pracowników. Rozwój rynku hamować będzie przede wszystkim niska marża spowodowana dużą konkurencją.

## Przemysł i nauka będą wspólnie budować drony

Rynek dronów rozwija się w najlepsze i według różnych szacunków jego wartość na świecie już za cztery lata znacznie przekroczy 100 mld dolarów. Ze sprzętu korzystają przede wszystkim firmy



z branży budowlanej, geodezyjnej, rolniczej czy filmowej. W Polsce najlepsze perspektywy daje wojsko, które korzysta z latających bezzałogowców od 2006 roku.

Plany modernizacji technicznej zakładają zakup w najbliższych latach bezzałogowców klasy mini pionowego startu i lądowania, bezzałogowców klas mikro i mini, BSP taktycznych krótkiego zasięgu, taktycznych średniego zasięgu oraz operacyjnych (kategoria MALE). Niektóre z aparatów latających mają być przystosowane do przenoszenia broni.

Wśród jednostek, których potencjał będzie wykorzystany przy produkcji dronów, będą m.in. PIT-Rawar, Polskie Zakłady Optyczne, instytuty naukowo-badawcze MON oraz Wojskowe Zakłady Lotnicze nr 2 w Bydgoszczy, które będą stanowić Centrum Kompetencyjne Systemów Bezzałogowych Statków Powietrznych integrujące współpracę przemysłu i instytutów naukowych.



## Perspektywiczny przemysł kosmiczny

Polska Agencja Kosmiczna szacuje, że sektor kosmiczny w ciągu ostatnich czterech lat wygenerował obroty rzędu 200 mln zł. Aktywnie na rynku działa już około 50 firm, które są podwykonawcami w dużych projektach europejskich, np. Protec Instrument i Hertz Systems, Assec, Wasat, ITTI, ABM, Creotech, Sener Polska, GMV. Jest to znak, że sektor w Polsce zaczyna się dynamicznie rozwijać.

Ważnym wskaźnikiem może być liczba polskich podmiotów, zarejestrowanych w bazie Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Cztery lata temu było ich około 40, teraz blisko 400, z czego 50-60 z nich to instytuty naukowe i wydziały wyższych uczelni.

Jak wynika z danych Space Foundation w 2015 roku globalne obroty sektora kosmicznego wyniosły ok. 330 mld dolarów. Europejska Agencja Kosmiczna szacuje, że w 2014 roku rządowe nakłady na ten sektor wyniosły łącznie 8,3 mld euro i zwiększyły się o 9% w porównaniu z rokiem poprzednim. Według opracowanej przez Ministerstwo Rozwoju Polskiej Strategii Kosmicznej, do 2030 roku obroty rodzimych firm sektora kosmicznego mają wynosić co najmniej 3% ogólnych obrotów tej branży w Europie.





## Na Uniwersytecie Warszawskim opracowano nowy typ akumulatorów Li-Ion

Naukowiec z Uniwersytetu Warszawskiego opracowali nowy typ ładowalnych baterii o dużej wydajności. Ich największe zalety to bezpieczeństwo użytkowania oraz większa niż standardowo trwałość i pojemność. Akumulatory są na etapie krajowego zgłoszenia patentowego. Planowane jest również objęcie ich patentem międzynarodowym. Z uwagi na wysokie koszty badań przeprowadzono jedynie testy laboratoryjne. Uniwersytecki Ośrodek Transferu Technologii poszukuje inwestora branżowego, który zapewni wprowadzenie wynalazku na rynek.

– „Opracowane przez nas ogniwo bazuje na znanych i wykorzystywanych komercyjnie materiałach elektrodowych. Przeprowadziliśmy jednak istotne modyfikacje, które pozwoliły zminimalizować użycie lotnych składników, co podnosi bezpieczeństwo eksploatacji baterii. Poza tym udało nam się zwiększyć pojemność właściwą ogniwa przy jednoczesnym znacznym ograniczeniu stopnia jej utraty w kolejnych cyklach pracy akumulatora” – wyjaśnia główny twórca ogniwa dr Bartosz Hamankiewicz.

Podstawowymi materiałami elektrodowymi zastosowanymi w baterii są tlenki o strukturze spinelu – litowo-tytanowy jako elektroda ujemna oraz litowo – manganowy jako elektroda dodatnia. Oddziela je membrana polimerowa – nie ma zatem elektrolitu, który zawiera

lotne, palne składniki. Ponieważ materiały użyte do budowy ogniwa są odporne na utlenianie, znacznie ograniczono prawdopodobieństwo samozapłonu, nawet w wypadku uszkodzenia obudowy.

## Nowe badanie Della i Intela wskazuje najważniejsze trendy technologiczne, które kształtują miejsca pracy

Firma Dell zaprezentowała wyniki badania Future Workforce Study, przeprowadzonego w Europie i RPA na zlecenie Della i Intela, które analizuje globalne trendy technologiczne kształtujące nowoczesne miejsca pracy. Wskazują one, że prawie połowa pracowników w tych regionach uważa, że ich obecny pracodawca w niewystarczającym stopniu wykorzystuje najnowsze technologie.

Badanie 2016 Future Workforce Study, przeprowadzone przez firmę badawczą PSB, objęło blisko 4 000 pracowników pełnoetatowych z małych, średnich i dużych przedsiębiorstw w 10 krajach. Wielu spośród respondentów z Wielkiej Brytanii, Niemiec, Francji i RPA wątpi, że w ciągu najbliższych pięciu lat będzie pracować w inteligentnym biurze. Zaznaczają przy tym, że technologie stosowane w ich obecnym miejscu pracy pozostają w tyle za rozwiązaniami, jakie wykorzystują w celach prywatnych. Badanie wskazuje, że postęp technologiczny w istotny sposób wpływa na oczekiwania pracowników względem

REKLAMA

## ► POLECANY PRODUKT

Platforma handlowa dla firm  
www.elektronicspray.com



### Cleanser IPA Plus

to czysty, 100-procentowy alkohol izopropylowy. Jest to profesjonalny, wszechstronny środek czyszczący, neutralny chemicznie, szybko odparowuje, nie pozostawia śladów. Specjalna szczotka oraz kapilarna rurka umożliwiają precyzyjne czyszczenie powierzchni. Spray ma zawór działający w kilku położeniach, m.in. w pozycji odwróconej. Preparat IPA można dozować na 3 różne sposoby.



### Cleanser PCC 15

to innowacyjny produkt do czyszczenia płytek drukowanych, a w szczególności pozostałości po lutowaniu. Preparat nie wchodzi w reakcję z materiałami używanymi w elektronice. Szybko wysycha, nie pozostawia żadnych osadów. Przeciwdziała powstawaniu powierzchniowych prądów błądzących. Specjalna szczotka i kapilarna rurka umożliwiają precyzyjne czyszczenie powierzchni.

**Producent**  
specjalistycznej  
chemii dla elektroniki



pracodawców, a firmy, które nie podążają za najnowszymi trendami, mogą tracić pracowników.

Technologia zdążyła już wywrzeć ogromny wpływ na nasze sposoby komunikacji w miejscu pracy. Wielu ankietowanych, w tym zdumiewający odsetek millenialsów w RPA (67%), uważa, że spotkania twarzą w twarz staną się niepotrzebne. W niedalekiej przyszłości innowacyjne technologie takie jak Internet rzeczy (IoT) i rzeczywistość wirtualna (VR) mogą stać się kluczowe w miejscu pracy, dzięki czemu wykonywanie zadań samodzielnie lub w grupie stanie się bardziej efektywne.

„Współcześni pracownicy coraz częściej oczekują od swoich pracodawców bezproblemowego i bezpiecznego udostępniania najnowszych technologii” – powiedział PJ Dwyer, Client Solutions, Dell EMEA. „Pracownicy przekonali się na własne oczy, jak nowe technologie mogą pomóc im lepiej wykonywać pracę, dlatego bardzo chętnie wykorzystują je, by zwiększać swoją produktywność. Mimo że wielu pracodawców ostrożnie podchodzi do tej kwestii, mają oni wyjątkową możliwość wyznaczania trendów na rynku pracy i zwiększania produktywności zatrudnianych przez siebie osób”.

#### Najważniejsze informacje:

- Pracownicy, zwłaszcza w RPA (67%) i Wielkiej Brytanii (47%), uważają, że ich biura nie są wystarczająco inteligentne (w skali globalnej odsetek ten wynosi 44%). Są oni gotowi na to, aby ich przedsiębiorstwa wdrożyły najnowsze rozwiązania w celu usprawnienia pracy, jednocześnie mają jednak mieszane uczucia odnośnie do tego, czy faktycznie to nastąpi w ciągu najbliższych pięciu lat.
- Praca zdalna coraz częściej postrzegana jest jako element poprawiający jakość życia oraz produktywność, a umożliwiają ją nowe technologie. Ogromny odsetek pracowników zdalnych w Niemczech (95%) i Wielkiej Brytanii (87%) twierdzi, że lubi swoją pracę. Technologia umożliwiła zmianę stylu życia, co przełożyło się również na styl pracy i preferencje zawodowe. Aby nie pozostać w tyle i sprostać oczekiwaniom pracowników, firmy powinny oferować bardziej elastyczne opcje pracy.
- Pracownicy mają świadomość, że technologie umożliwiające nowe opcje pracy wymagają dedykowanych zabezpieczeń i infrastruktury. Zdaniem respondentów z Europy i RPA zaawansowaną ochronę przed zagrożeniami powinna stanowić priorytet w ich miejscach pracy.
- Rzeczywistość wirtualna (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR) mogą pojawić się w przedsiębiorstwach szybciej, niż nam się wydaje. Aż 61% pracowników w Europie i RPA chętnie skorzystałoby z takich rozwiązań w swojej pracy zawodowej. Najczęściej wymieniane potencjalne zastosowania to rozwijanie nowych umiejętności w realistycznych środowiskach wirtualnych (25%), rozwiązywanie problemów i wysuwanie nowych pomysłów dzięki wizualizacji 3D (18%) oraz prowadzenie prezentacji dla klientów z użyciem rozwiązań interaktywnych (15%). Ponadto, ponad połowa pracowników w Europie i RPA (52%) uważa, że wprowadzenie rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji ułatwiłoby im pracę.
- Technologia ma również znaczenie, jeśli chodzi o pozyskiwanie i zatrzymywanie pracowników. Dotyczy to przede wszystkim millenialsów. W Niemczech 79% z nich deklaruje, że nowoczesne technologie ułatwiają im wykonywanie obowiązków zawodowych. W tym kontekście nie dziwi fakt, że znaczna część z nich byłaby gotowa odejść z pracy, gdyby technologie udostępniane przez pracodawcę nie spełniały ich oczekiwań (taką gotowość deklaruje aż połowa millenialsów we Francji). Ponadto, millenials w Europie (we Francji aż 86%) i RPA przyznają, że wybór technologii udostępnianych przez potencjalnego pracodawcę wpłynąłby na decyzję o przyjęciu bądź odrzuceniu danej oferty pracy.

Firmy Dell oraz Intel zleciły firmie PSB przeprowadzenie badania Future Workforce Study, które objęło 3 801 pracowników pełnoetatowych (praca ponad 35 godzin w tygodniu) z małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z 10 krajów (Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Francja, Niemcy, Japonia, Brazylia, Chiny, Indie, Kanada i RPA) oraz siedmiu sektorów (szkolnictwo, administracja publiczna, usługi finansowe, służba zdrowia, produkcja przemysłowa, media i rozrywka oraz sprzedaż detaliczna). Ankieta ilościowa została przeprowadzona w okresie od 5 kwietnia do 3 maja 2016 r. Szczegółowe informacje o badaniu można znaleźć na stronie [www.Dell.com/workforcestudy](http://www.Dell.com/workforcestudy) oraz w mediach społecznościowych pod hasztagiem #FutureWorkforce.

## Trzeci system pozycjonowania satelitarnego uruchomiony

Komisja Europejska poinformowała, że system pozycjonowania satelitarnego GALILEO wkroczył w początkową fazę pełnego funkcjonowania. Jest to więc trzeci uruchomiony tego typu system, po amerykańskim GPSie i rosyjskim GLONASSie, ale pierwszy cywilny.



Aktualnie na GALILEO składa się 18 satelitów, z czego 4 zostały wysłane na orbitę ziemi w listopadzie 2016 roku. Docelowo na konstelację będą się składać 24 satelity podstawowe i 6 zapasowych. Kolejne satelity będą umieszczane na orbicie już w przyszłym roku, a ponadto rozwijana będzie infrastruktura naziemna.

GALILEO już teraz pozwala na korzystanie z trzech niezależnych od siebie usług: otwartego pozycjonowania, dostępnego dla wszystkich użytkowników posiadających odpowiednie odbiorniki, bardziej niezawodnego, ale ograniczonego (poprzez szyfrowanie) pozycjonowania na potrzeby służb publicznych i rządowych oraz usługi poprawiającej skuteczność systemu Cospas-Sarsat, służącego do odnajdywania nadajników przesyłających wezwania pomocy. W przypadku tej trzeciej usługi, czas lokalizowania nadajnika skróci się z 3 godzin do 10 minut, a precyzja lokalizacji zwiększy się dwukrotnie do 5 km.

Ponieważ prace nad GALILEO trwają od wielu lat i pierwotnie system miał wejść w obecną fazę już w 2008 roku, twórcy komponentów mieli dużo czasu wdrożenie technologii i opracowanie własnych algorytmów wykorzystywania sygnału z GALILEO. Co więcej, zasada działania systemu jest praktycznie taka sama, jak w przypadku GPSu i GLONASSa, dzięki czemu łatwo można stworzyć odbiorniki wspierające wszystkie trzy operujące obecnie GNSS. Samodzielne moduły GNSS zgodne z GALILEO są dostępne od kilku lat i niejednokrotnie pisaliśmy o nich w Elektronice Praktycznej, ale wprowadzenie europejskiego systemu pozycjonowania do obecnej fazy spowoduje, że wsparcie dla nowego GNSS pojawi się także w układach zintegrowanych, takich jak mikrokontrolery aplikacyjne. Obecnie rozwiązania zgodne z GALILEO produkuje 17 firm, które odpowiadają za ponad 95% układów do nawigacji satelitarnej, oferowanych na rynku.

Popularyzacja wsparcia dla GALILEO spowoduje wzrost precyzji i niezawodności określania pozycji. Im większa liczba satelitów „widziana” przez odbiornik, tym większa dokładność pozycjonowania poprzez interpolację wyników. Udostępnienie kilkunastu nowych satelitów, ponad funkcjonujące już nadajniki GPS i GLONASS będzie pomocne przede wszystkim podczas pozycjonowania w wąskich uliczkach, otoczonych wysokimi budynkami oraz w tunelach i wewnątrz budynków. Pełna sprawność operacyjna GALILEO jest zapowiadana na 2020 rok.

Pokrycie powierzchni Ziemi przez system GALILEO dla różnej liczby funkcjonujących satelitów można obejrzeć na animacji pod adresem: <https://www.youtube.com/watch?v=2fOq45jkEp4>.

Marcin Karbowniczek, EP



# info



## Procesor z Bytomia D32PRO zwycięzcą konkursu Polski Produkt Przyszłości 2016

Pierwszy polski, komercyjny procesor 32-bitowy – D32PRO – został uznany przez Kapitułę Konkursu za Polski Produkt Przyszłości 2016. Tegoroczna, XIX edycja Konkursu organizowanego przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, przyniosła rekordową liczbę zgłoszonych projektów, spośród których do finału zakwalifikowano 40 najbardziej innowacyjnych rozwiązań. D32PRO został zaprojektowany przez bytomską firmę Digital Core Design Sp. z o.o. Sp. k., która kilka lat temu zasłynęła z konstrukcji DQ80251 – najszybszego na świecie procesora przemysłowego z rdzeniem 8051. Konkurs „Polski Produkt Przyszłości” jest organizowany corocznie od 1997 roku. Jak przyznają organizatorzy, jest to najważniejsza impreza promocyjna w kalendarzu Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości. Uroczysta Gala XIX edycji Konkursu objętego Honorowym Patronatem Ministerstwa Rozwoju, miała miejsce w dniu 30 listopada 2016 roku, w Centrum Prasowym Foksal – Dom Dziennikarza. Wyróżnienie z rąk Patrycji Klareckiej, prezes PARP, przyjął członek zarządu Digital Core Design, Jacek Hanke.

– „Zaprojektowany przez naszą firmę od podstaw 32-bitowy procesor D32PRO to kolejny innowacyjny produkt w naszym portfolio” – powiedział Jacek Hanke, prezes zarządu DCD – „Jest to w pełni konfigurowalny mikrokontroler, który może być wykorzystany m.in. w e-dowodach, paszportach biometrycznych, wearables czy innych rozwiązaniach pracujących w ramach IoT”.

D32PRO to pierwszy polski, komercyjny procesor 32-bitowy, zaprezentowany po raz pierwszy w Ministerstwie Rozwoju a następnie w Pawilonie Polskim w trakcie Wystawy Światowej EXPO w Mediolanie. Ten innowacyjny procesor jest autorską konstrukcją inżynierów DCD, którzy bazując na kilkunastu latach doświadczenia oraz rozwiązaniach wykorzystanych w najszybszym na świecie procesorze przemysłowym 8051, zaprojektowali i wykonali od podstaw układ, który można wykorzystać w praktycznie każdej dziedzinie elektroniki. Autorska architektura zgodna z RISC pozwala na pełną skalowalność najnowszego procesora DCD.

– „W zależności od potrzeb danego projektu, nasz układ może osiągać taką wydajność, jak odpowiednie układy ARM Cortex od M0 do M3” – podkreśla Tomasz Krzyżak, współzałożyciel, wiceprezes

zarządu DCD – „D32PRO jest na tyle uniwersalnym rozwiązaniem, że każdy inżynier może dostosować rozwiązanie do potrzeb swojego projektu. W efekcie bytomski procesor może zajmować małą powierzchnię, zapewniając tym samym minimalne zużycie energii lub też oferować maksymalną wydajność i bogate peryferia jak USB, UART czy Ethernet”.

D32PRO jest procesorem typu *deeply embedded*, oferowanym w modelu *royalty free*. Dzięki temu firmy korzystające z rozwiązania bytomskiej spółki nie muszą płacić opłat licencyjnych od każdej wyprodukowanej sztuki procesora.

– „Nowoczesna architektura 32-bitowa i przyjazny model licencjonowania D32PRO jest bardziej efektywny cenowo, a przez to bardziej osiągalny, nawet przy niewielkich wolumenach produkcji” – dodaje Piotr Kandora, współzałożyciel, wiceprezes zarządu DCD.

Laureaci Konkursu na Polski Produkt Przyszłości zostają nagrodzeni udziałem w kampaniach promocyjnych organizowanych przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, prezentacją na międzynarodowych targach i wystawach innowacyjności w kraju i za granicą oraz promocją w wydawnictwach i tekstach promocyjnych Agencji. Celem konkursu jest promocja i rozpowszechnianie osiągnięć twórców innowacyjnych produktów, mających szansę zaistnieć na rynku. Konkurs przeprowadzany jest w trzech kategoriach – produkt przyszłości jednostki naukowej, produkt przyszłości przedsiębiorcy oraz produkt przyszłości konsorcjum: jednostka naukowa – przedsiębiorca.

### Więcej informacji:

- Film nt zwycięzcy: <https://youtu.be/9UyErwQw5kY>.
- Strona internetowa firmy Digital Core Design: [www.dcd.pl](http://www.dcd.pl).



## Sterownik LED RGB obsługiwany jednym przyciskiem

Firma Enterius wprowadza do oferty nowy, 3-kanalowy sterownik LED RGB obsługiwany jednym lub dwoma przyciskami. Urządzenie to ma symbol EC-11C. Trzy kanały o obciążalności prądowej 7 A pozwalają na bezpośrednie sterowanie napięciowych źródeł światła LED o mocy do 252 W. Sterownik może również obsługiwać prądowe oprawy LED poprzez dodatkowe drivery prądowe dostępne w ofercie firmy.

Sterownik EC-11C jest w pełni cyfrowym sterownikiem LED RGB pozwalającym na wybranie dowolnego koloru statycznego oraz jego



jasności. Łatwa i wygodna obsługa jednym lub dwoma (w zależności od zaprogramowania) przyciskami dzwonekowymi sprawia, że nawet osoby nietechniczne bez problemu poradzą sobie z jego obsługą. Sterownik posiada także tryb programowania pozwalający na konfigurację urządzenia.

Specjalistyczne badania w laboratorium Politechniki Krakowskiej potwierdziły pełną zgodność ze wszystkimi aktualnymi wymaganiami dyrektyw Unii Europejskiej. Dzięki temu można go bezpiecznie i legalnie stosować nie tylko w instalacjach domowych ale również komercyjnych (biurowe, przemysłowe, itp.). Sterownik EC-11C objęty jest standardową 5-letnią gwarancją producenta.

Więcej informacji: <http://enterius.eu/>

## Tester DMX typu TD-1

Często w celu uzyskania testowego sygnału DMX-512 wykorzystuje się laptopa z odpowiednim oprogramowaniem oraz konwerter USB-RS485. Takie rozwiązanie w wielu przypadkach jest nieporęczne, kłopotliwe w obsłudze i czasochłonne. W odpowiedzi na tego typu problemy w ofercie Firmy Dagon pojawił się tester DMX o nazwie TD-1, który umożliwia szybkie sprawdzenie każdego systemu DMX-512 i każdego urządzenia wysyłającego lub odbierającego sygnał DMX, np. miksery DMX, ruchome głowy, drier LED RGB. Tester TD-1 umożliwia pracę w dwóch trybach – odbioru lub nadawania sygnału DMX-512.



W trybie odbioru tester DMX umożliwia podgląd na wyświetlaczu LCD:

- Jednocześnie trzech wartości DMX z kanałów spod adresów wybranych pokrętle P1.
- Liczby pakietów DMX odbieranych w ciągu 1 sekundy.
- Liczby kanałów DMX przesyłanych w jednym pakiecie (maksymalnie 512).
- Czasu trwania pojedynczego pakietu DMX.
- Sygnalizację błędów transmisji, błędów ramki DMX, nieprawidłowych połączeń.
- W trybie nadawania tester DMX umożliwia:
- Ustawianie pokrętle P1 jednego z 512 adresów DMX lub wybranie wszystkich adresów.
- Ustawianie pokrętle P2 wartości DMX = 0-255 wysyłanej pod wybranym adresem.

Wybranie dwóch funkcji automatycznie zmieniających wartość DMX pod wybranym adresem:

- „F1” zmienia wartość DMX skokowo z 0 na 255 i z powrotem z 255 na 0, co 1 sekundę.
- „F2” zmienia wartość DMX płynnie od 0 do 255 i z powrotem od 255 do 0 z krokiem 1, co 0,01 sekundy.

Tester TD-1 jest wyposażony w czytelny wyświetlacz LCD oraz dwa pokręta typu enkoder, za których pomocą w łatwy i intuicyjny sposób obsługuje się całe urządzenie. Działanie pokręteł nie jest liniowe (jak w przypadku zwykłych potencjometrów) – podczas szybszego kręcenia gałkami ustawiane wartości zmieniają się szybciej, co umożliwia bardzo szybkie i zarazem dokładne ustawienie dowolnej wartości w dużych zakresach: 0-255 oraz 1-512. Pokrętko P1 spełnia także rolę włącznika i wyłącznika zasilania

testera TD-1. Zasilanie stanowi jedna bateria 9 V (6F22), którą można łatwo wymienić. Tester sygnalizuje na wyświetlaczu LCD konieczność wymiany baterii. Koszt testera DMX typu TD-1 wynosi 430 złotych netto.

Więcej informacji: <http://www.dagonlighting.pl/>

## Bluetooth 5 już jest

Organizacja Bluetooth SIG poinformowała o oficjalnym wprowadzeniu nowego standardu Bluetooth 5. Ma on teoretycznie



pozwalając na czterokrotne zwiększenie zasięgu i dwukrotne zwiększenie szybkości transmisji w stosunku do poprzedniej generacji. Bluetooth 5 został zaprojektowany z myślą o aplikacjach Internetu Rzeczy. Większy zasięg ma umożliwić komunikowanie się ze sobą urządzeń w całym domu lub mieszkaniu, bez martwienia się siłą sygnału. Ponadto mechanizmy takie jak komunikacja bezpołączeniowa i rozgłaszanie danych mają ułatwić tworzenie i korzystanie z wszelkiego rodzaju „beaconów” – czyli sygnalizatorów rozgłaszających informacje np. o swojej pozycji. Szacuje się, że do 2020 roku wyprodukowanych zostanie ponad 370 mln tego typu urządzeń. Szczególnie korzystna ma być implementacja Bluetooth 5 w urządzeniach o małym poborze mocy, które dzięki nowym funkcjom mają być w stanie nadawać ośmiokrotnie więcej informacji w przeliczeniu na zużyta energię.

Standard Bluetooth 5 jest rozszerzeniem które opracowywano już od dawna i wiodący producenci podzespołów zgodnych z Bluetooth 4.1 i 4.2, mają już układy zgodne z BT 5. Dlatego pierwsze gotowe urządzenia konsumenckie z Bluetooth 5 pojawią się na rynku już w pierwszym kwartale 2017 roku. Z zapowiedzi wynika, że technologia zostanie wprowadzona w najnowszych wersjach flagowych smartfonów wielu firm. Organizacja zmieniła także nazewnictwo standardu, mając na celu uproszczenie przekazu marketingowego. Nowy standard to po prostu Bluetooth 5, a nie 5.0.

Więcej informacji: <https://goo.gl/LwuyQLR>

## Quick Charge 4 gotowy

Firma Qualcomm poinformowała o przygotowaniu czwartej wersji swojego standardu szybkiego ładowania akumulatorów.



QC4.0 reklamowany jest hasłem „5 godzin pracy na baterii po 5 minutach ładowania”.

Quick Charge to najbardziej popularny ze standardów szybkiego ładowania akumulatorów. Choć jego trzecia wersja pojawiła się dopiero niedawno w najnowszych urządzeniach, czwarta ma być obsługiwana w urządzeniach konsumenckich już w pierwszej połowie 2017 roku. Najpierw z użyciem wspierającego ją układu Snapdragon 835. QC4.0 ma pozwalać na o 20% szybsze ładowanie akumulatorów niż QC3.0, zapewniając jednocześnie o 30% większą sprawność tego procesu. Firma Qualcomm chce by nowoczesne smartfony wymagały jedynie 15 minut by stopień naładowania ich akumulatorów przekroczył 50%. Ponadto QC4.0 standardowo obsługuje wtyczkę USB typu C oraz technologię USB Power Delivery. Dodatkowe funkcje takie jak Battery Saver, INOV 3 i Dual Charge mają zwiększać żywotność akumulatora, poprawiać bezpieczeństwo ładowania oraz usprawnić ładowanie więcej niż jednego urządzenia jednocześnie. Warto dodać, że Qualcomm przygotował także samodzielne układy do zarządzania zasilaniem, zgodne z QC4.0: SMB1380 i SMB1381, cechujące się sprawnością do 96% i grubością poniżej 0,8 mm.

Więcej informacji: <https://goo.gl/nLOdOp>



# niezbędnik elektronika

**TYLKO DLA  
PRENUMERATORÓW**

## 1. AtmelStudio7

Najnowsza wersja bezpłatnego, zintegrowanego środowiska programistycznego firmy Microchip (Atmel), obsługującego wszystkie mikrokontrolery AVR oraz SmartAVR. W skład pakietu wchodzi zintegrowana biblioteka przykładów Smart Gallery.

## 2. AtollicTrueStudio7.0

Najnowsza wersja bezpłatnego, zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów Cortex-M. TrueStudio bazuje na IDE Eclipse i kompilatorze GCC.

## 3. Blender 2.78a for Windows

Narzędzie do modelowania 3D, przydatne m.in. do tworzenia i generacji modeli elementów i podzespołów elektronicznych w formacie STEP.

## 4. Keil-ARM-MDK-5.22

Najnowsza wersja demonstracyjna popularnego środowiska ARM-MDK z IDE uVision.

## 5. MPLAB MINDI Analog Simulator

Nowość – kompletny, bezpłatny symulator układów analogowych firmy Microchip, bazujący na silniku SPICE. Obsługuje on modele SPICE oraz SIMPLIS, których producent dostarcza dużą liczbę dla produkowanych przez siebie elementów.

## 6. Quartus Prime Lite 16.1

Najnowsza wersja bezpłatnego pakietu do projektowania FPGA, pierwsza „inteligentna” wersja środowiska rozwijanego dotychczas przez firmę Altera.

EP10/2016

1. Altera Quartus Prime v. 16  
Bezpłatne środowisko projektowe dla układów FPGA firmy Altera wraz z symulatorem ModelSim oraz bibliotekami.

2. Intersil FPGA Reference Design Generator  
Zestaw narzędzi wspomagających projektowanie systemów zasilania bazujących na przetwornicach Intersil.

3. Intersil Noise Estimating Calculators  
Dwa kalkulatory poziomów szumów, za których pomocą można określić wartości ENOB i TNC.

4. Intersil PowerCompassTool  
Program dla Excela, który ułatwia dobór elementów do zasilaczy.

5. Intersil-PowerNavigator  
Program narzędziowy umożliwiający zarządzanie pracą i konfigurację zasilaczy bazujących na podzespołach firmy Intersil.

6. Linear Technology-ITSPICE-IV  
Popularny symulator układów analogowych, bazujący na silniku Spice.

7. Linear Technology-ITSPICE-IV  
Popularny symulator układów analogowych, bazujący na silniku Spice.

8. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

9. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

10. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

11. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

12. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

13. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

14. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

15. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

16. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

17. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

18. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

19. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

20. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

21. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

22. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

23. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

24. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

25. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

26. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

27. Microchip MPLAB X IDE v3.40  
Środowisko programistyczne firmy Microchip dla mikrokontrolerów PIC.

5. SiliconLabs Simplicity Studio 3.3  
Kompletne środowisko programistyczne firmy Silicon Labs.

6. STM STUDIO STM32  
Program narzędziowy ułatwiający debugowanie projektów realizowanych w mikrokontrolerach STM32.

7. STM32CubeMX  
Konfigurator projektów dla mikrokontrolerów STM32 – STM32CubeMX 4.15.1.

EP 7/2016

1. AC6 System Workbench for STM32  
Kompletne, bezpłatne środowisko programistyczne (IDE-kompilator-debugger) dla STM32.

2. Atollic TrueSTUDIO for ARM v10.32 v5.31  
32-bitowa wersja środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów z rdzeniami ARM, wersja bezpłatna Lite.

3. Lattice Semiconductor Diamond 3.7  
Środowisko projektowe dla układów FPGA firmy Lattice.

4. TINA v10  
Symulator układów analogowych Tina rozwijany i doskonalony przez firmę Texas Instruments.

5. STEVAL WESU Libraries  
Biblioteki dla zestawu ewaluacyjnego urządzeń „ubieralnych” (wearable) STEVAL WESU1.

6. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

7. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

8. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

9. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

10. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

11. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

12. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

13. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

14. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

15. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

16. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

17. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

18. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

19. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

20. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

21. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

22. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

23. Microchip MPLAB Harmony Integrated Software Framework  
Najnowsza wersja zintegrowanego środowiska programistycznego dla mikrokontrolerów PIC32.

3. NXP Kinetis Design Studio  
Zintegrowane środowisko dla programistów platformy Kinetis.

4. Silabs Simplicity Studio  
Środowisko programistyczne dla programistów piszących aplikacje dla mikrokontrolerów EFM32, EFM8, 8051, Wireless MCU oraz Wireless Gecko SoC firmy Silicon Labs.

5. Arduino Builder  
Oprogramowanie służące do podglądania, kompilowania i ładowania plików sketch utworzonych przez środowisko Arduino oraz skompilowanych w formatach hex i elf do pamięci procesora na płytach Arduino.

6. Atollic TrueSTUDIO for ARM v5.4.0  
Środowisko programistyczne TrueSTUDIO obsługujące praktycznie wszystkie mikrokontrolery z rdzeniem ARM.

7. Digilent WaveForms 2015  
Oprogramowanie służące do obsługi przyrządów pomiarowych firmy Digilent.

8. Atmel Studio 7.0.634  
Popularny pakiet, obsługujący pisanie i debugowanie dla mikrokontrolerów wytwarzanych przez firmę Atmel.

9. Visuino version Beta 75  
Wersja beta graficznego środowiska programistycznego dla płytek Arduino.

10. Siemens Plant Simulation  
Narzędzie do symulowania zdarzeń, które ułatwia tworzenie cyfrowych modeli systemów logistycznych.

11. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

12. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

13. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

14. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

15. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

16. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

17. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

18. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

19. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

20. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

21. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

22. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

23. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

24. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

25. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

26. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

27. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

28. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

29. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

tworzenie trójwymiarowych modeli obwodów, urządzeń elektronicznych i innych.

4. Linear Technology LTSpice IV  
Symulator układów analogowych dystrybuowany i rozwijany przez Linear Technology.

5. Arduino Builder  
Oprogramowanie służące do podglądania, kompilowania i ładowania plików sketch utworzonych przez środowisko Arduino oraz skompilowanych w formatach hex i elf do pamięci procesora na płytach Arduino.

6. Atollic TrueSTUDIO for ARM v5.4.0  
Środowisko programistyczne TrueSTUDIO obsługujące praktycznie wszystkie mikrokontrolery z rdzeniem ARM.

7. Digilent WaveForms 2015  
Oprogramowanie służące do obsługi przyrządów pomiarowych firmy Digilent.

8. Atmel Studio 7.0.634  
Popularny pakiet, obsługujący pisanie i debugowanie dla mikrokontrolerów wytwarzanych przez firmę Atmel.

9. Visuino version Beta 75  
Wersja beta graficznego środowiska programistycznego dla płytek Arduino.

10. Siemens Plant Simulation  
Narzędzie do symulowania zdarzeń, które ułatwia tworzenie cyfrowych modeli systemów logistycznych.

11. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

12. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

13. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

14. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

15. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

16. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

17. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

18. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

19. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

20. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

21. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

22. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

23. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

24. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

25. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

26. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

27. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

28. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

29. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

6. Microchip MPLAB X IDE v3.15  
Najnowsza wersja IDE firmy Microchip, integrująca podstawowe narzędzia edycyjne środowiska programisty.

7. Processing Pro Env  
Kompletna wersja instalacyjna środowiska programistycznego o nazwie Processing do tworzenia obiektów 3D na PC.

8. Saleae Logic Analyzers  
Najnowsza wersja oprogramowania obsługującego analizatory stanów logicznych z serii Logic i Logic Pro firmy Saleae.

9. Visuino version Beta 75  
Wersja beta graficznego środowiska programistycznego dla płytek Arduino.

10. Siemens Plant Simulation  
Narzędzie do symulowania zdarzeń, które ułatwia tworzenie cyfrowych modeli systemów logistycznych.

11. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

12. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

13. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

14. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

15. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

16. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

17. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

18. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

19. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

20. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

21. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

22. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

23. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

24. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

25. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

26. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

27. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

28. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

29. Microchip MPLAB IDE v3.26  
Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów PIC10/12/16/18/32 firmy Microchip.

popularnego kompilatora Keil.

4. TASKING VX toolset for ARM Cortex V51r1  
Najnowsza wersja narzędzia edycyjnego środowiska programisty.

5. Texas Instruments TINA 9 – TI circuit design and simulation tool  
Najnowsza wersja oprogramowania do symulacji oraz opracowywania obwodów elektronicznych.

6. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

7. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

8. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

9. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

10. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

11. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

12. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

13. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

14. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

15. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

16. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

17. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

18. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

19. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

20. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

21. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

22. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układów FPGA firmy Xilinx.

23. Xilinx Vivado SDK 2015.2  
Najnowsza wersja programu narzędziowego dla układ





# multiTID

## – wielofunkcyjny, samochodowy komputer pokładowy (2)

*Po lekturze pierwszej części artykułu wiemy już wszystko w zakresie obsługi wyświetlacza pokładowego oraz emulowania jego funkcjonalności, więc pora na zaprezentowanie szczegółów budowy komputera samochodowego multiTID.*

Schemat ideowy komputera samochodowego multiTID pokazano na **rysunku 7**. Został on zbudowany z zastosowaniem mikrokontrolera Atmega644-PA, zegara czasu rzeczywistego z podtrzymaniem zasilania MCP7940N-I/SN oraz wyświetlacza TFT pełniącego rolę graficznego interfejsu użytkownika.

Mikrokontroler, jak to zwykle bywa, stanowi „serce”. Jest taktowany za pomocą rezonatora kwarcowego 12,288 MHz dla zapewnienia dużej dokładności pomiaru czasu oraz prędkości ładowania obrazków stanowiących elementy graficznego interfejsu użytkownika. Oczywiście, lepiej byłoby zastosować maksymalną, dostępną częstotliwość taktowania mikrokontrolera tj. 20 MHz, jednak przy napięciu zasilania 3,3 V jest to wartość progowa, dla której deklarowana jest poprawna praca mikrokontrolera.

W celu realizacji założonej funkcjonalności urządzenia, w programie obsługi niniejszego sterownika, wykorzystano dwa sprzętowe układy czasowo-licznikowe znajdujące się „na pokładzie” mikrokontrolera oraz jedno przerwanie zewnętrzne. Sposób konfiguracji wspomnianych peryferiów oraz realizowaną przez nie funkcjonalność pokazano w **tabeli 6**. W aplikacji użyto także ostatniego dostępnego układu

czasowo-licznikowego Timer2. Skonfigurowano go do pracy w trybie CTC, w którym generuje cykliczne przerwania (co 10 ms) wywołując obsługę klawiatury (przyciski MENU/←, OK/→). Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązania, program obsługi aplikacji urządzenia nie używa opóźnień, co zapewnia jego bezproblemową pracę oraz możliwość detekcji czasu naciśnięcia przycisku (krótki/długi/przytrzymanie itd.), dzięki czemu udało się poprawić ergonomię.

Jak opisano w tab. 6, multiTID dokonuje w czasie każdej sekundy pomiaru sumarycznej liczby impulsów doprowadzanych na wejście T0 mikrokontrolera z przetwornika drogi pojazdu oraz pomiaru sumarycznego czasu wtrysków, których to sygnał jest doprowadzony na wejście ICP1 licznika Timer1. W celu realizacji drugiej z funkcjonalności zaprojektowano dwa kompletne, bezpieczne układy wejściowe formujące sygnały wtryskiwaczy paliwa (oddzielnie dla Pb i LPG) dla potrzeb wejściowych obwodów mikrokontrolera. Wybór wtryskiwacza paliwa, z którego impulsy podawane są na wejście ICP mikrokontrolera, jest realizowany poprzez scalony przełącznik NC7SB3157 (U5), dla którego sygnałem sterującym jest poziom logiczny na wyjściu PD7 mikrokontrolera. Jest on zmieniany w procedurze obsługi przerwania PCINT1, które

jest wywoływane zmianą poziomu na wyprowadzeniu PB6 na skutek załączenia zaworu na reduktorze instalacji LPG (czyli zmiany paliwa zasilającego silnik na LPG, w tym „start” wtryskiwaczy gazu). To rozwiązanie pozwala na efektywną realizację funkcji automatycznej detekcji rodzaju paliwa i reakcję po stronie programu obsługi.

Na **listingu 8** pokazano wzory zaczerpnięte bezpośrednio z programu obsługi aplikacji służące do obliczenia wszystkich parametrów rzeczywistych komputera pokładowego.

Kilka słów komentarza wymaga mechanizm akumulowania przejechanej drogi i zużytego paliwa. Komputer multiTID oblicza i wyświetla średnie wartości zużycia paliwa i prędkości, objętość paliwa pozostającego w baku pojazdu oraz pokonany dystans. Jak łatwo się domyślić, w celu wyznaczenia wspomnianych wartości jest niezbędna znajomość całkowitego zużycia paliwa i dystansu od momentu wyzerowania liczników, a co za tym idzie – niezbędny staje się mechanizm akumulowania mierzonych wartości, niezależnie dla każdego rodzaju paliwa.

### Ustawienia Fuse-bitów:

```
CKSEL3...0: 1111
SUT1...0: 11
CKDIV8: 1
CKOUT: 1
JTAGEN: 1
EESAVE: 1
BODLEVEL2:0: 110
```



**Wykaz elementów:****Rezystory:** (SMD 0805)

R1, R3: 10 kΩ  
 R2: 6,34 kΩ/1%  
 R4, R5, R7, R9, R11, R12, R14...R16, R18: 3 kΩ  
 R6, R10, R13, R19: 1 kΩ  
 R8, R17: 8,2 kΩ  
 R20, R21: 10 Ω

**Kondensatory:** (SMD 0805)

C1, C2, C8, C9: 22 pF  
 C4: 470 nF  
 C3, C5, C10, C13, C14: 100 nF  
 C6, C7, C11: 10 μF/16 V (SMD „A”)  
 C12: 1 μF

**Półprzewodniki:**

U1, U3 – MCP1703-3302E/DB (obudowa SOT223)  
 U2 – MCP7940N-I/SN (obudowa SO08)  
 U4 – ATMEGA644PA (obudowa TQFP44)  
 U5 – NC7SB3157 (obudowa SC-70-6)  
 U6, U7 – LTV817S-SMD (obudowa SO04)  
 T1, T2 – BC817 (obudowa SOT23)  
 D1, D2 – 1N4148 (obudowa MINIMELF)

**Inne:**

TFT – wyświetlacz graficzny Multi-Inno Technology MI0420CT-5 (kontroler FT1509, taśma ZIF 45 pin)  
 L1 – dławik 10μH (obudowa SMD 0805)  
 Q1 – rezonator kwarcowy 12,288 MHz niski  
 Q2 – rezonator kwarcowy, zegarkowy 32768 Hz  
 MENU/<, OK/> – microswitch THT wysokość 6 mm  
 LPG – gniazdo IDC męskie typu P1303 (PIN3, raster 2,54mm)  
 PB – gniazdo IDC męskie typu P1302 (PIN2, raster 2,54mm)  
 TID\_CON – gniazdo wyświetlacza Opel TID lub gniazdo IDC do druku (PIN 2×6, raster 2,54mm)

Mikrokontroler Atmega644-PA ma nieulotną pamięć EEPROM, jednak zapewnia ona ograniczoną liczbę gwarantowanych cykli zapisu. Dlatego posłużono się pamięcią RAM dostępną w układzie zegara czasu rzeczywistego MCP7940N, której zawartość jest podtrzymywana nawet po wyłączeniu zasilania za pomocą baterii BAT. Dla wygody wszystkie dane obliczeniowe uformowano w strukturę zaopatrzoną w sumę kontrolną CRC8.

Kolejne słowo komentarza należy się układowi odpowiedzialnemu za pomiar temperatury zewnętrznej. Samochody marki Opel mają rezystancyjny czujnik temperatury zewnętrznej montowany w okolicach przedniego zderzaka. Jest to termistor o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC), którego zaciski dostępne są w złączu wyświetlacza TID. Skoro tak, to sposób pomiaru temperatury nasuwa się sam. Dysponując przetwornikiem A/C wystarczy zastosować dzielnik rezystancyjny, którego jednym z elementów jest termistor w pojeździe, a drugim dokładny rezystor o odpowiedniej rezystancji. Dzielnik rezystancyjny, o którym mowa zbudowano z termistora dostępnego na zaciskach NTC/NTC wyświetlacza TID oraz rezystora R2.

Wszystkie wejścia PORTA mikrokontrolera, do których w wewnętrznej strukturze układu są dołączone wejścia przetwornika A/C użyto do sterowania pracą wyświetlacza TFT. Jak w takiej sytuacji zmierzyć napięcie występujące na termistorze? Zastosowano tu pewną „sztuczkę”. Napięciem wejściowym (mierzonym) przetwornika A/C jest specjalne, wysokostabilne, wewnętrzne

źródło napięcia odniesienia VBG (bandgap), a napięcie z dzielnika NTC/R2 jest napięciem referencyjnym przetwornika A/C. W ten sposób odwróćmy „normalny” sposób pomiaru napięcia przez przetwornik A/C. Nie mając de facto do dyspozycji żadnego z wejściowych portów mikrokontrolera, do których dołączono wejścia przetwornika A/C, możemy dokonywać pomiaru napięcia korzystając głównie z faktu, iż przetwornik może mierzyć napięcie VBG.

Napięcie wyjściowe dzielnika NTC/R2 będące zarazem napięciem referencyjnym (odniesienia) przetwornika A/C wyraża się wzorem  $U_{WY} = U_{REF} = R_{NTC} / (R_{NTC} + R_2) \times 3,3 \text{ V}$ . Z kolei, wartość zmierzona przez przetwornik A/C wyraża się wzorem  $ADC = (U_{IN} \times 1024) / U_{REF}$ , gdzie  $U_{IN} = VBG = 1,1 \text{ V}$ . Za pomocą obu wzorów otrzymujemy wyrażenie pozwalające wyznaczyć wartość mierzoną przez przetwornik A/C –  $ADC = (1,1 \times 1024 \times (R_{NTC} + R_2)) / (3,3 \times R_{NTC})$ . Tego sposobu możemy użyć prawie zawsze, gdy brakuje wejść, aby skoryzować z wbudowanego przetwornika A/C. By obliczyć wartość temperatury zewnętrznej, program obsługi aplikacji korzysta z predefiniowanej i zapisanej w pamięci Flash tablicy stałych odwzorowujących charakterystykę zastosowanego termistora NTC. Już zupełnie na koniec dodam, iż zdecydowaną większość pamięci programu aplikacji zajęły wzorce obrazków wyświetlanych w ramach graficznego interfejsu użytkownika (niektóre z nich, mimo kompresji, zajmują po 5 kB) oraz wzorce czcionek.

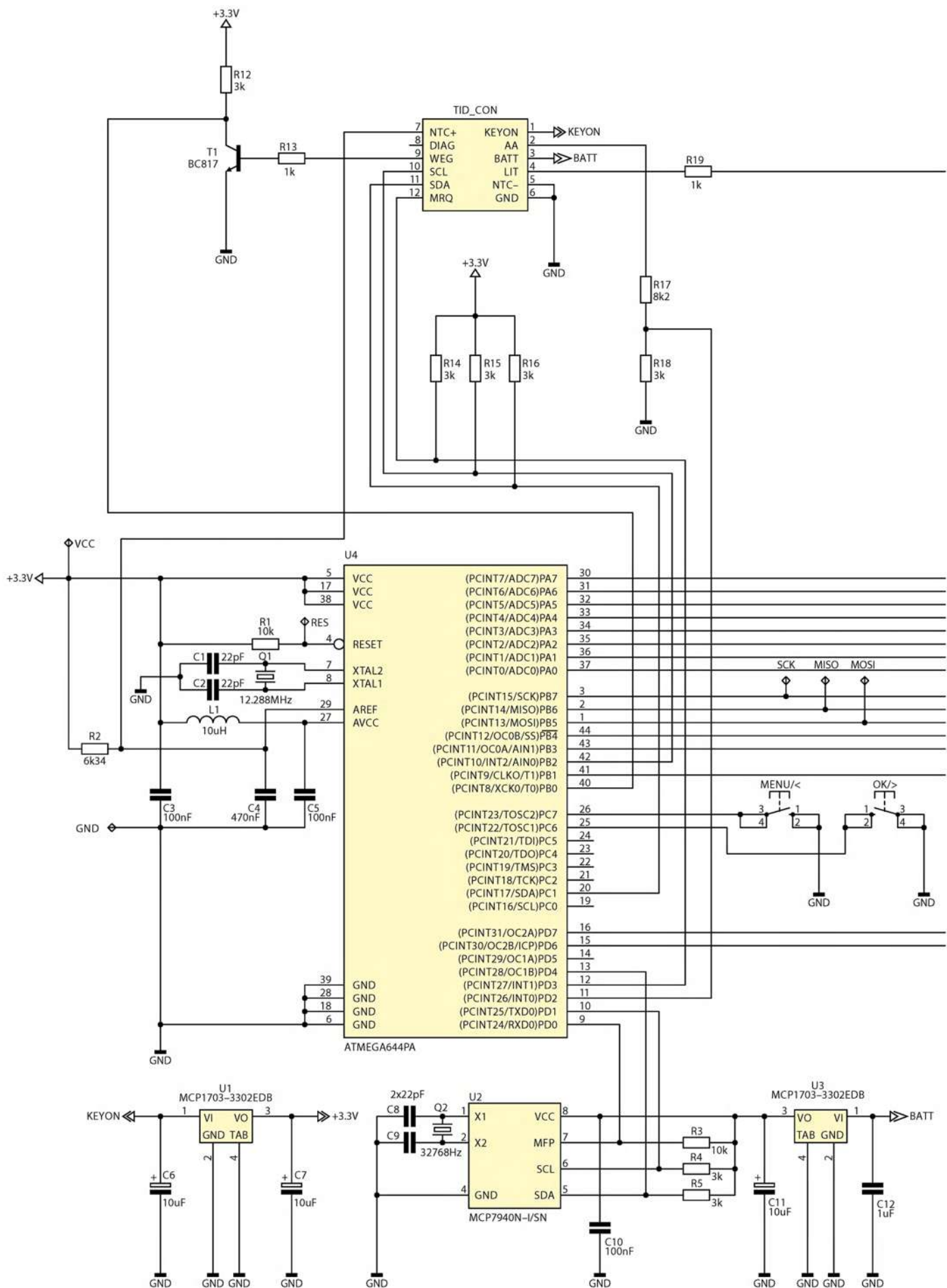
Robert Wołgajew, EP

Listing 8. Wzory używane do obliczania wyświetlanych parametrów na ekranie

```
//
//Obliczamy spalone w czasie ostatniej sekundy paliwo [ul] - jeśli tylko nie jesteśmy w trybie kalibracji
if (Config.Calibration[Fuel] == 0) spentFuelPerls = ((1UL*Config.Cylinders*InjectionTime*Config.CcPerMin[Fuel])/2880UL); else spentFuelPerls =
0;
//Akumulujemy wartości zużytego paliwa [ul] oraz przejechanego dystansu [m] niezbędne do obliczenia wartości średnich
Accu.spentFuel[Fuel] += spentFuelPerls;
Accu.Distance[Fuel] += ((1UL*WEGpulses*Config.Wheel) / (1000UL*Config.PulsPerRot));
//Obliczamy również ilość paliwa pozostającego w baku pojazdu [ul] pod warunkiem, że jeszcze jakieś pozostało
if (Accu.remainingFuel[Fuel] >= spentFuelPerls) Accu.remainingFuel[Fuel] -= spentFuelPerls;
//Dla potrzeb procedury kalibracji akumulujemy sumaryczny czas wtrysków, jeśli tylko ta procedura jest aktywna
if (Config.Calibration[Fuel]) Accu.InjectionTime[Fuel] += InjectionTime;
//Obliczamy wartości chwilowe dostępne z pomiarów wykonywanych co 1 sekundę
Speed = ((36UL*WEGpulses*Config.Wheel) / (1000UL*Config.PulsPerRot)); //Prędkość chwilowa [km/h]
if (Speed > Accu.Vmax) Accu.Vmax = Speed; //Zapamiętujemy wartość maksymalnej prędkości
//Zużycie chwilowe dla wszystkich wtrysków: w [l/h *10] gdy Speed<=5 i w [l/100km *10] gdy Speed>5
if (Speed<=5) Consum = ((5UL*Config.Cylinders*InjectionTime*Config.CcPerMin[Fuel]) / 400000UL);
else Consum = ((5UL*Config.Cylinders*InjectionTime*Config.CcPerMin[Fuel]*Config.PulsPerRot) / (144UL*WEGpulses*Config.Wheel));
if (Consum > 999) Consum = 999; //Zabezpieczenie przed przekroczeniem zakresu
//Na podstawie akumulat. wartości zużytego paliwa i przejech. dystansu obliczamy wartości średnie prędkości oraz zużycia paliwa
SpeedAvg = ((36UL*Accu.Distance[Fuel]) / (10UL*Accu.Measurements[Fuel])); // [km/h]
if (Accu.Distance[Fuel]>999) ConsumAvg = (Accu.spentFuel[Fuel]/Accu.Distance[Fuel]); else ConsumAvg = 0; //l/100km *10
//Obliczamy dostępny zasięg pojazdu na pozostałym w baku paliwie [km] = pozostałe paliwo/średnie zużycie paliwa
if (Accu.spentFuel[Fuel]) availableDistance = (Accu.remainingFuel[Fuel]*Accu.Distance[Fuel]) / (1000UL*Accu.spentFuel[Fuel]); else availableDistance = 0;
if (availableDistance > 999) availableDistance = 999; //Zabezpieczenie przed przekroczeniem zakresu

/*
- InjectionTime - sumaryczny czas wtrysku zliczony w czasie 1s [ms*48]
- WEGpulses - liczba impulsów z przetwornika drogi zliczona w czasie 1 sekundy
- Fuel - bieżący rodzaj paliwa - zmienna ustawiana w procedurze przerwania PCINT1
- spentFuelPerls - bieżące paliwo spalane w czasie ostatniej sekundy [ul]
- Accu.Measurements - akumulator liczby interwałów pomiarowych [s] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Accu.spentFuel - akumulator ilości spalonego paliwa [ul] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Accu.remainingFuel - akumulator ilości paliwa pozostającego w baku [ul] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Accu.Distance - akumulator przejechanego dystansu [m] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Consum - chwilowe zużycie paliwa [l*10/h], dla prędkości<5 km/h lub [l*10/100km], dla prędkości>5 km/h
- ConsumAvg - średnie zużycie paliwa [l*10/100km]
- Speed - prędkość chwilowa [km/h]
- SpeedAvg - prędkość średnia [km/h]
- availableDistance - orientacyjny, dostępny dystans na paliwie pozostającym w baku [km] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Config.CcPerMin - stała wtryskiwacza [ml/min] - oddzielnie dla każdego paliwa
- Config.PulsPerRot - stała przetwornika drogi [imp/obr]
- Config.Cylinders - liczba wtryskiwaczy paliwa
- Config.Wheel - obwód opony [cm]
*/
```





Rysunek 7. Schemat ideowy komputera samochodowego multiTID



**DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:****ftp://ep.com.pl****USER: 33948, PASS: 5gcckdmq****W ofercie AVT\*****AVT-5562****Podstawowe informacje:**

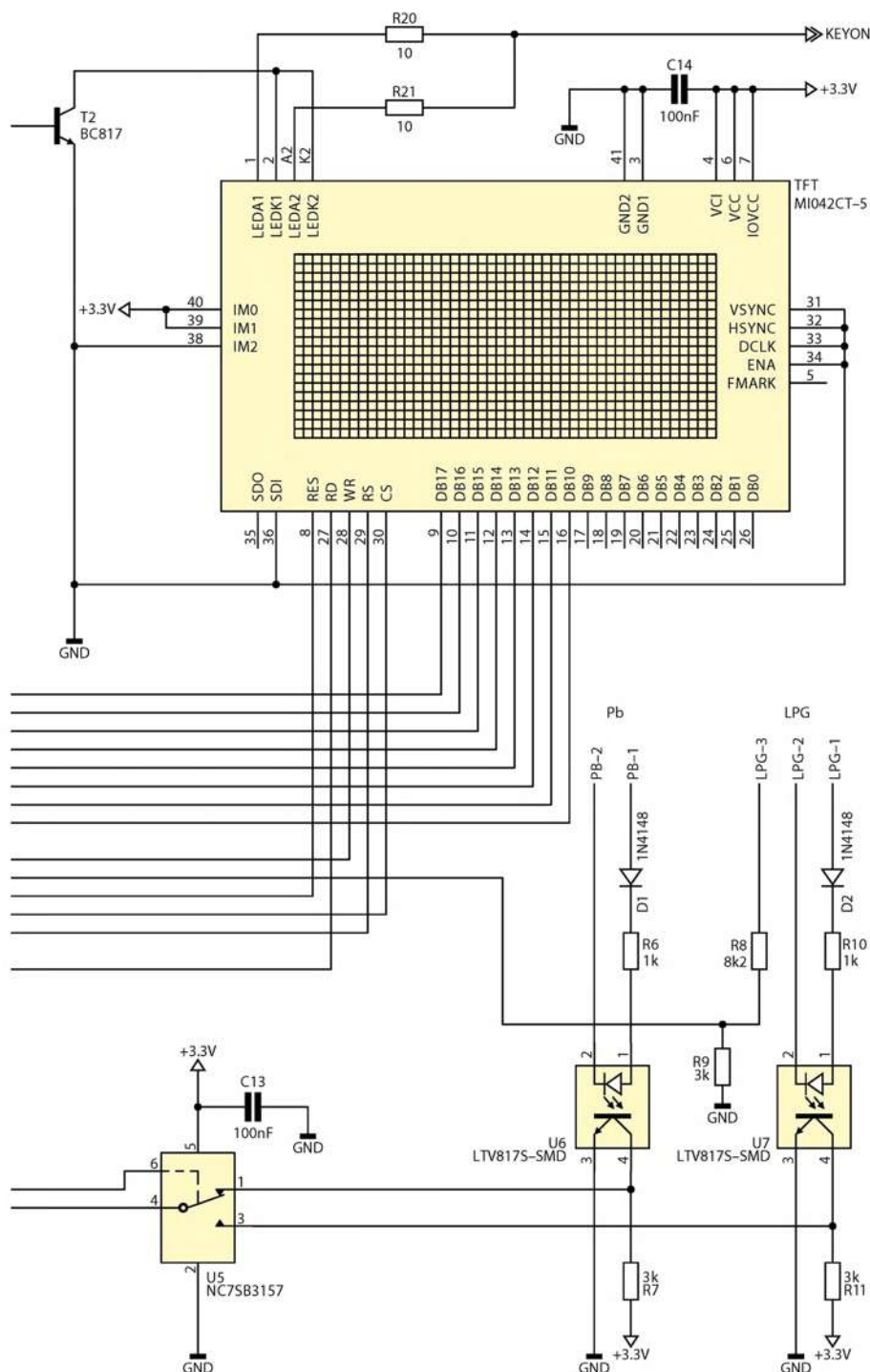
- Napięcie zasilania: 8...15 V DC.
- Maksymalny prąd obciążenia (z napięciem +12 V): 10 mA.
- Prąd podtrzymania zegara RTC (z napięcia BATT): 1 mA.
- Maksymalny prąd podświetlenia (z napięciem ILL+): 75 mA.
- Dokładność pomiaru temperatury: 1°C.
- Zakres pomiarowy temperatury zewnętrznej: -30...35°C.
- Zakres pomiarowy prędkości pojazdu: 0...255 km/godz.
- Zakres pomiarowy chwilowego zużycia paliwa: 0...99,9 l/100 km.
- Zakres pomiarowy średniego zużycia paliwa: 0...25,5 l/100 km.
- Zakres pomiarowy paliwa dostępnego w baku: 0...99,9 l.
- Zakres pomiarowy przejechanej odległości: 0...9999 km.
- Zakres pomiarowy dystansu do przejechania na dostępnym paliwie: 0...999 km.
- Zakresy regulacji parametrów konfiguracyjnych:
  - Stała wtryskiwaczy: 1...999 ml/min.
  - Stała przetwornika drogi: 1...99 impulsów/obrót.
  - Obwód opony: 50...255 cm.
  - Liczba cylindrów: 2...8.
  - Pojemności baków: 25...99 l.
- Przesunięcie belek informacyjnych: 0-9 pikseli.

**Projekty pokrewne na FTP:**

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

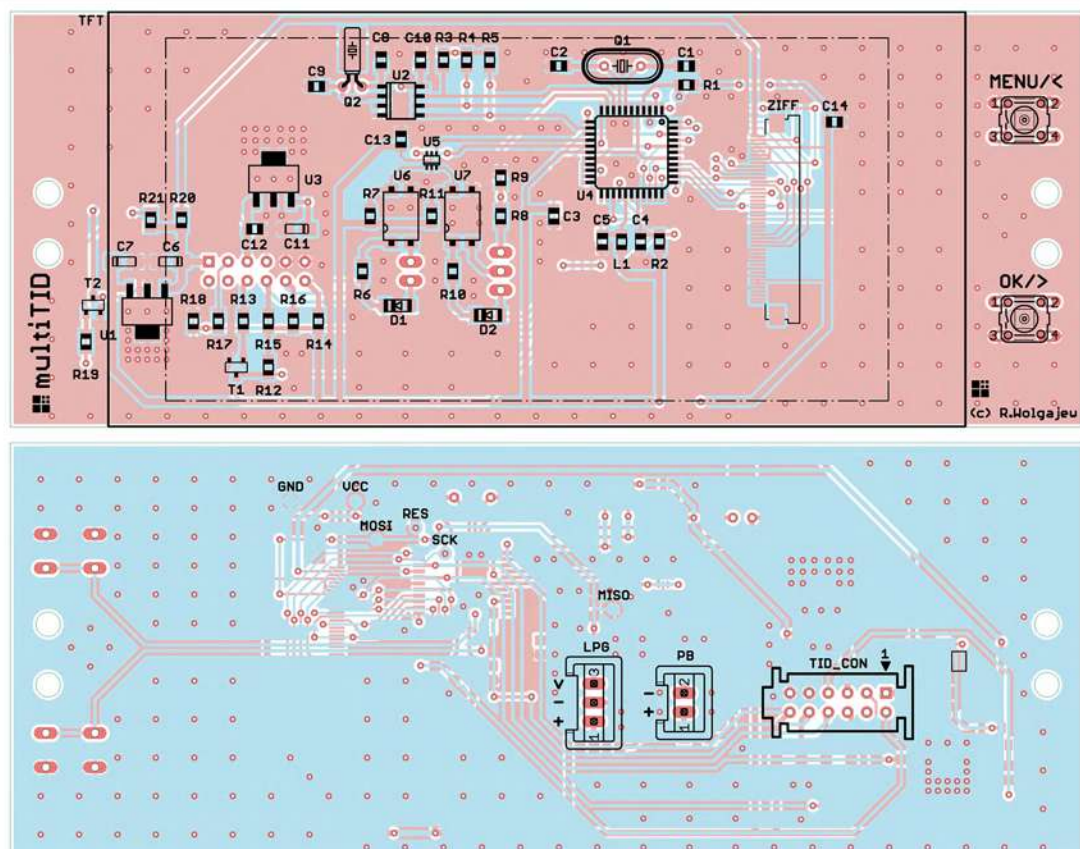
AVT-5545	Komputer samochodowy Mee MK II (2.0) (EP 7-8-9/2016)
AVT-5495	Uniwersalny komputer samochodowy Mee (EP 3/2015)
AVT-3095	Komputer samochodowy (EdW 4-5/2014)
AVT-5405	TripCo – komputer samochodowy (EP 7/2013)
AVT-5395	TIDex – komputer dla samochodów z silnikiem Diesla (EP 5/2013)

\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UR to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wydanie zamierzono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx AT płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie obu wersji) UK bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.  
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK A, A+, B lub C) <http://shop.avt.pl>

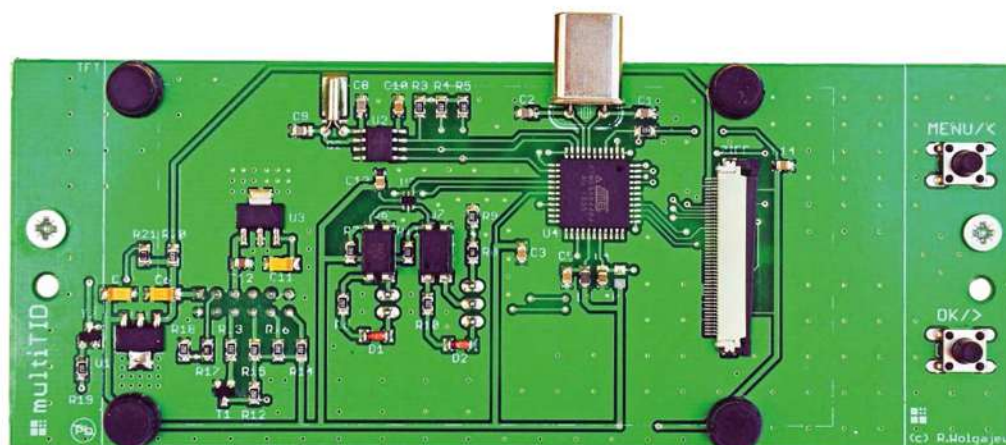
**Tabela 6. Konfiguracja peryferiów Atmega644-PA dla potrzeb pomiarów**

Nazwa	Sposób konfiguracji	Funkcjonalność
Timer0	Licznik impulsów zewnętrznych podawanych na wejście T0 – reakcja na zbocze opadające.	Liczy impulsy przetwornika drogi WEG zapewniając pomiar przejechanego dystansu.
Timer1	Licznik taktowany wewnętrznym przebiegiem o częstotliwości 48 kHz (prescaler=256, 48 taktów na 1 ms). Wejście Input/Capture dołączone do układu formującego przebieg z wtryskiwacza paliwa.	Mierzy sumaryczny czas wtrysku w czasie 1 s. zapewniając pomiar zużytego paliwa.
Przerwanie INT0	Wyzwalane zboczem opadającym na wejściu INT0, do którego doprowadzono wyjście częstotliwości wzorcowej zegara RTC.	Służy do odmierzania czas pomiaru równego 1 s.





Rysunek 8 Schemat montażowy komputera samochodowego multiTID



Fotografia 9 Wygląd obwodu drukowanego zmontowanego sterownika multiTID od strony elementów (bez wyświetlacza TFT)

REKLAMA

# Elektronika Praktyczna na facebook

**Elektronika Praktyczna**

Strona główna  
Informacje  
Zgłoszenia  
Osoby, które tu lubią  
Filmy  
Posty

[Utwórz stronę](#)

Lubisz to? · Wiadomości · Więcej

Status · Zdjęcie / Film

Napisz coś na tej stronie...

**Elektronika Praktyczna**  
27 lipiec o 18:51 · 48

Kolejna konsolidacja - Analog Devices kupił Linear Technology. Cześć firmy mają ogromny dorobek i znaczenie dla przemysłu elektronicznego.

<https://www.analog.com/en/about-us/linear-technology-acquisition.html>

Magazyn

🔍 Szukaj postów na tej stronie

3508 użytkowników lub to  
Szczegółowe informacje o 8 innych znajomych

Zaprosz znajomych do polubienia tej strony

WFORMACJE

Grzegorz Kasper lubi post użytkownika Bogdan Kniecht na swojej listy czasu

Marek Witold Głownicki lubi post użytkownika Eastwest Rockera

Anna Bień lubi post użytkownika Chmura i są teraz znajomymi

Saba Vei Złotek zareagował na post

Kasia Miodal lubi post użytkownika Agnieszka Fugłak

Maja Sioroch lubi post użytkownika Marek Witold Głownicki Grubak

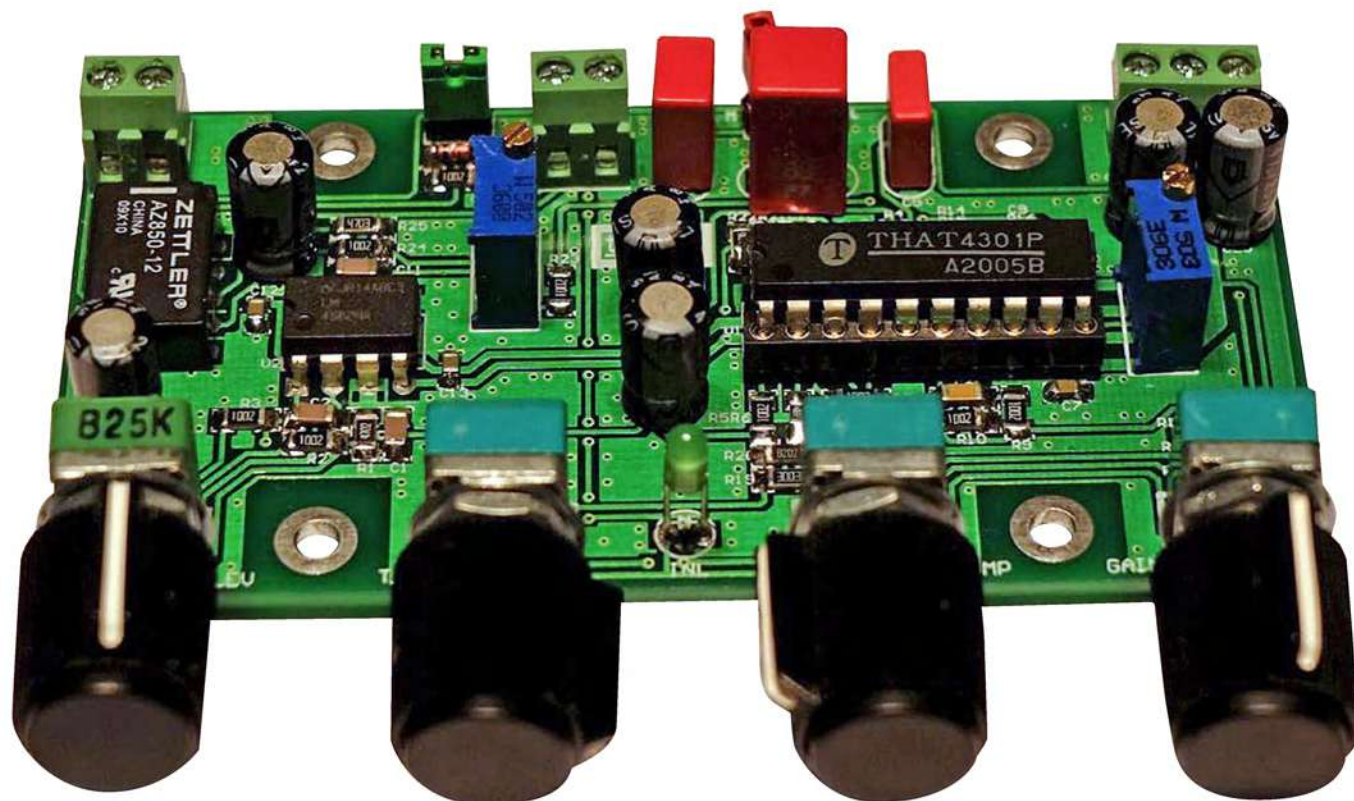
Włodzisław Szwed lubi post użytkownika Marynka Wojciech RP

Maciek Zieliński lubi post użytkownika Paweł Pielczyk

Marcin Bednarek lubi post użytkownika Tera24

Adam Dobrowolski złożył komentarz na zdjęciu użytkownika Jan



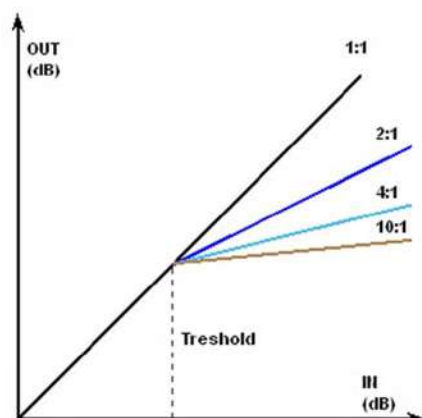


# THAT4301 – kompresor audio

Kompresor jest podstawowym blokiem używanym w obróbce i rejestracji sygnału audio. Kształtuje go poprzez redukcję sygnałów o zbyt dużej dynamice, przez co uwypukla sygnały o niższym poziomie, poprawiając zrozumiałość brzmienia, o ile nie przesadzi się ze współczynnikiem kompresji.

**Rekomendacje:** rozpoczynamy cykl artykułów opisujących moduły audio przydatne w domowym studiu nagrań lub systemie nagłośnienia wykonanym w typowy, „analogowy” sposób.

Dodatkowym parametrem kompresji jest możliwość ustawienia czasu (TIME), po którym następuje redukcja. Umożliwia to dostosowanie szybkości reakcji kompresora na sygnał wejściowy. Im krótszy czas reakcji, tym szybciej kompresor reaguje na przekroczenie progu. W związku z redukcją amplitudy sygnału po kompresji konieczne jest jego wzmocnienie, aby wyrównać poziom sygnału w torze – w tym urządzeniu służy do tego potencjometr GAIN (MAKE-UP).



Rysunek 1. Zasada działania kompresora dynamiki

Kompresor audio działa w następujący sposób: sygnał po dostosowaniu poziomu wejściowego (INPUT) jest porównywany do regulowanego poziomu odniesienia (THRESHOLD). Jeżeli poziom sygnału jest niższy od ustawionego progu, sygnał jest przekazywany na wyjście bez modyfikacji. Jeżeli poziom sygnału przekracza próg, układ zmienia wzmocnienie i na wyjście jest przekazywany sygnał o zmienionej amplitudzie, zależnej od ustawionego współczynnika kompresji (COMPRESSION RATIO). Przy kompresji 1:1, czyli tak naprawdę – braku kompresji, na każdy 1 dB sygnału wyjściowego przypada 1 dB sygnału wyjściowego. Przy kompresji 4:1, każde 4 dB sygnału wejściowego przekraczającego próg zadziałania zostaną zredukowane do 1 dB sygnału wyjściowego itd. (rysunek 1).

REKLAMA

Projekty na...Texa

**STM32**

Prague St  
Congress St  
Franklin St  
Arrival 1:32

[www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)

ST life.augmented

**KAMAMI**



Opisany kompresor jest oparty o układ VCA (wzmacniacza o napięciowo regulowanym wzmocnieniu). W odróżnieniu od kompresorów opartych o tranzystory FET (trudno już dzisiaj dostępne BF245A, np.: legendarny URE1176) lub kompresorów optycznych (np.: z fotorezystorem VTL5x lub fotocelą, jak Teletronix LA-2) wyróżnia się

# DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-5564

## Podstawowe informacje:

- Zasilanie  $\pm 15$  V DC/200 mA.
- Bazuje na układzie THAT4301 firmy THAT Corporation.
- Kompresja poziomu sygnału w zakresie od 1:1 do teoretycznej nieskończoności.
- Możliwość dopasowania parametrów modułu poprzez wymianę elementów RC.
- Możliwość szeregowego łączenia kompresorów.
- Omijanie toru po wyłączeniu zasilania (przełącznik „bypass”).

## Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5531	Przetwornik A/C audio z układem PCM5102A (EP 3/2016)
AVT-5524	Przetwornik audio DAC z AD1955 (EP 1/2016)
AVT-5463	Przetwornik A/C audio z układem PCM1803 (EP 8/2014)
AVT-5442	STK_ADAU1442 – MegaDSP (EP 3/2014)
AVT-5403	DSP dla każdego – ADAU1701 (EP 7-8/2013)
AVT-5385	Przetwornik D/A z układem TDA1541 (EP 3/2013)
AVT-5359	1-bitowy przetwornik A/D wysokiej klasy (EP 9/2012)
AVT-5346	Wielobitowy przetwornik cyfrowo-analogowy audio z PCM1704 (EP 6-7/2012)
AVT-5335	DAC TDA1543 (EP 3/2012)
AVT-5188	Kompaktowy przetwornik C/A dla Audiofilów (EP 6/2009)
AVT-5159	SDSP procesor (EP 11/2008)
AVT-5148	Stereofoniczny kodek z interfejsem SPDIF (EP 9/2008)
AVT-931	DsPICorder (EP 6/2006)
AVT-450	Przetwornik A/C z interfejsem ADAT (EP 11-12/2005)
AVT-379	Audiofiliński przetwornik C/A (EP 2/2005)
AVT-562	Przetwornik AC do PC (EP 1/2004)
AVT-5084	Audiofiliński przetwornik C/A Audio (EP 10-11/2002)
AVT-5082	Cyfrowy procesor dźwięku (EP 9/2002)

\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UK – to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A – płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx AN – płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie układu i elementów dodatkowych).  
AVT xxxx B – płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.  
AVT xxxx D – to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
AVT xxxx CD – to niezaprogramowane (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, AN, B lub C) <http://shop.avt.pl>

nieskomplikowaną budową oraz dobrymi, powtarzalnymi parametrami.

Do realizacji kompresora zastosowano specjalizowany układ THAT4301 zawierający (rysunek 2) wszystkie niezbędne bloki: wzmacniacz o regulowanym wzmocnieniu VCA, prostownik i detektor RMS oraz pomocnicze wzmacniacze operacyjne. Dzięki temu układ wymaga tylko kilkunastu elementów zewnętrznych.

Schemat ideowy modułu kompresora pokazano na rysunku 3. Sygnał wejściowy z gniazda IN jest doprowadzony stopnia o regulowanym wzmocnieniu ze wzmacniaczem U2. Układ umożliwia dopasowanie potencjometrem „LEV” czułości wejściowej w zakresie ok.  $\pm 10$  dB. Przełącznik RL1 jest odpowiedzialny za omijanie kompresora, przekazując sygnał z wejścia na wyjście, bez jakiegokolwiek zmiany, gdy kompresor jest pozbawiony zasilania (ułatwia to budowę torów szeregowych) lub gdy jest wyłączony przełącznikiem „BYPASS” podłączonym do złącza „BYP”. Pracę kompresora w torze audio sygnalizuje dioda „INL”. Sygnał po dopasowaniu wzmocnienia w U2-1 jest doprowadzony poprzez kondensator CE5 do wejścia układu VCA (U1) i przez CE3 na detektor RMS (U1). Parametry czasowe detektora RMS ustalane są elementami R6, C3...C5. Czas odpowiedzi jest równy  $t = 0,026 \times C(\text{pin5})/I(\text{pin2})$ , gdzie:  $I(\text{pin2}) = V_{CC}/R6$ ,  $V_{CC} = 15$  V.

W modelu czasy są dobrane uniwersalnie na 1 ms (220 nF), 3,3 ms (220 nF + 470 nF) oraz 11 ms (220 nF + 2,2  $\mu$ F). Czas reakcji jest wybierany przełącznikiem 3-pozycyjnym dołączonym do złącza CTIME w zależności od rodzaju kompresowanego materiału (mowa, perkusja i inne). Oczywiście, jest możliwa zmiana czasów pod kątem własnych potrzeb. Należy przy tym zastosować kondensatory o małej upływności – przy dłuższym czasie mogą być to kondensatory elektrolityczne dołączone wyprowadzeniem „minus” do masy układu.

Sygnał z detektora RMS jest doprowadzony do wzmacniacza OA1 pełniącego funkcję komparatora o regulowanym potencjometrem „TRH” progu zadziałania „Threshold”. Zadaniem układu jest ustalenie (regulowanego) progu, poniżej

## Wykaz elementów:

### Rezystory: (SMD 1206)

R1: 47 k $\Omega$ /1%  
R2, R3, R5, R7...R10, R13, R21, R23, R24, R26: 10 k $\Omega$ /1%  
R4, R16: 20 k $\Omega$ /1%  
R6: 2,7 M $\Omega$ /1%  
R11, R25: 470 k $\Omega$ /1%  
R12: 120 k $\Omega$ /1%  
R14, R19: 300 k $\Omega$ /1%  
R15: 51  $\Omega$ /1%  
R17: 1 k $\Omega$ /1%  
R18: 430  $\Omega$ /1%  
R20: 82 k $\Omega$ /1%  
R22: 2 M $\Omega$ /1%  
COMP, TRH, GAIN: 10 k $\Omega$  potencjometr RK09/PTD90 lub zamiennik  
LEV: 25 k $\Omega$ /B potencjometr RK09/PTD90 lub zamiennik  
LEV0: 5 k $\Omega$  pot. Helitrim pionowy, 3296W  
SYM: 50 k $\Omega$  pot. Helitrim pionowy, 3296W

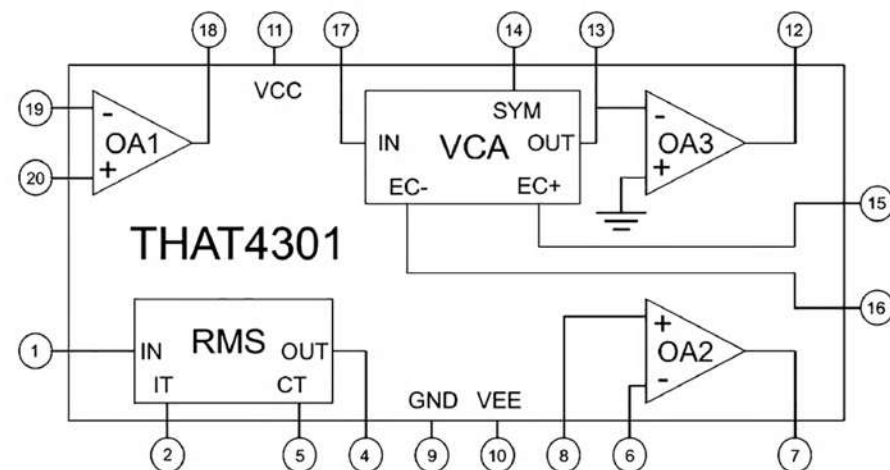
### Kondensatory:

C1, C2, C11, C9: 47 pF (SMD 1206)  
C3: 0,47  $\mu$ F (foliowy R=5 mm)  
C4: 2,2  $\mu$ F (foliowy R=5 mm)  
C5: 0,22  $\mu$ F (foliowy R=5 mm)  
C6: 0,1  $\mu$ F (SMD 1206)  
C7, C8, C12, C13: 0,1  $\mu$ F (SMD 0805)  
C10: 22 pF (SMD 1206)  
CE1...CE6: 47  $\mu$ F/25 V (elektrolit.)

### Półprzewodniki:

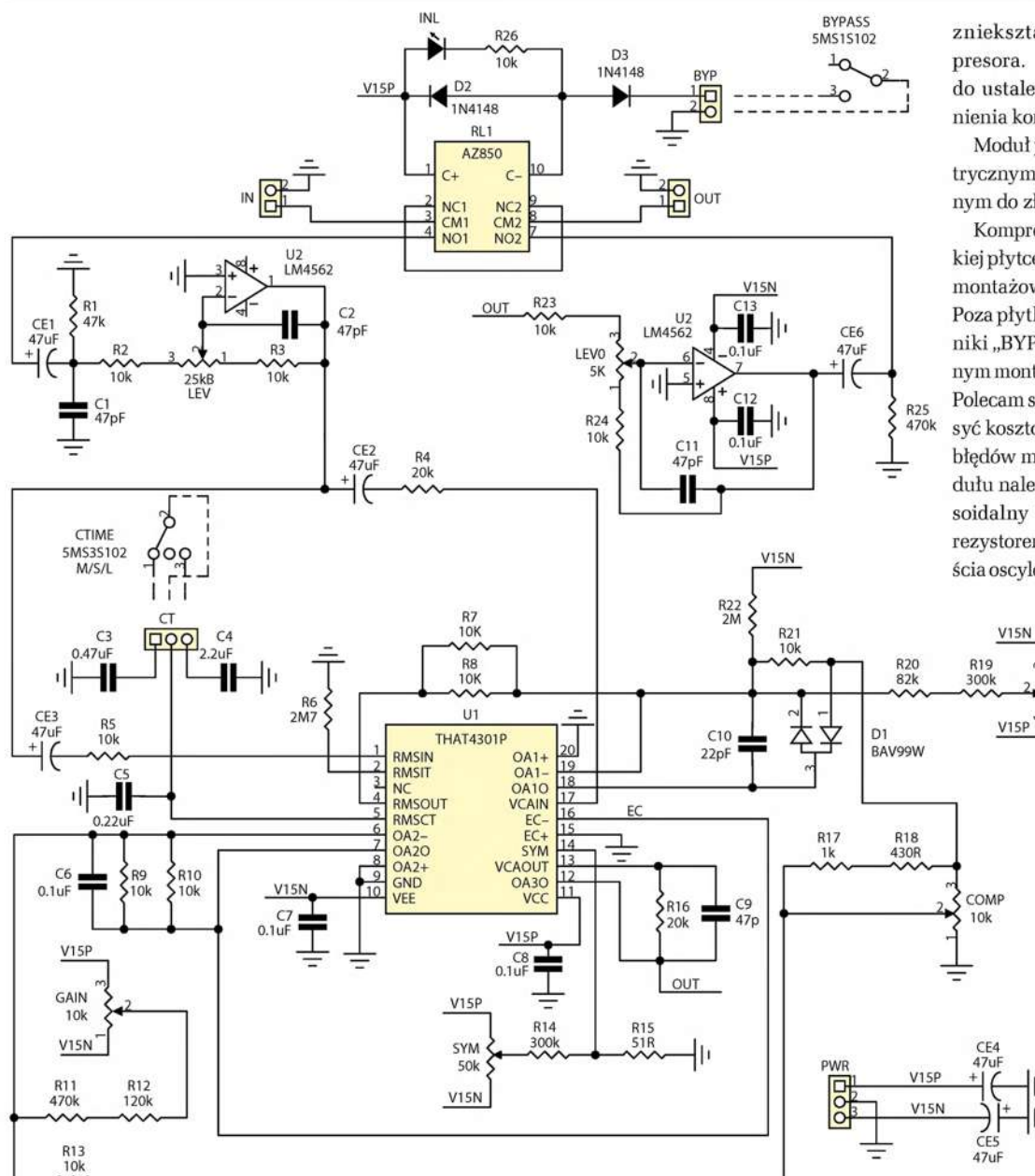
D1: BAV99W (SOT-23)  
D2, D3: 1N4148 (dioda SMD)  
INL: dioda LED 3 mm, zielona  
U1: THAT4301P (DIP20)  
U2, U2: LM4562 (DIP8)  
Inne:  
BYP: złącze szpilkowe SIP2/2,54 mm  
BYPASS: przełącznik dźwigniowy 5MS1S102, 2 pozycje  
CT: złącze szpilkowe SIP2/2,54 mm  
CTIME: przełącznik dźwigniowy 5MS3S102, 3 pozycje  
IN, OUT: złącze DG381 2 pin/3,81 mm  
PWR: złącze DG381 3 pin/2,81 mm  
RL1: AZ850-12 (przełącznik z cewką 12 V DC)

którego kompresja jest wyłączona (nie wpływa na sygnał). Dalej, sygnał jest podawany na potencjometr COMP ustalający głębokość kompresji od 1:1 do teoretycznej nieskończoności.



Rysunek 2. Struktura wewnętrzna THAT4301 (za notą THAT Corporation)





Rysunek 3. Schemat ideowy kompresora

Do sygnału sterującego jest dodawany sygnał z potencjometru „GAIN” (MakeUp) umożliwiający regulację statycznego wzmocnienia

w zakresie  $\pm 20$  dB, a dalej, poprzez wzmacniacz OA2 do wejścia sterującego VCA. Wyjście VCA pracuje z sygnałem prądowym. Wzmacniacz OA3 pełni rolę konwertera prąd/napięcie. Z wyjścia OA3 poprzez stopień odwracający (by zachować zgodność fazy we-wy) jest doprowadzony do zacisków wyjściowych „OUT”.

Potencjometr wielobrotowy „SYM” służy do symetryzacji stopni regulacyjnych VCA, a i co z tym związane, do regulowania poziomu

zniekształceń statycznych kompresora. Potencjometr LEV0 służy do ustalenia jednostkowego wzmocnienia kompresora.

Moduł jest zasilany napięciem symetrycznym  $\pm 15$  V/200 mA doprowadzonym do złącza PWR.

Kompresor zmontowano na niewielkiej płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 5**. Poza płytką są zamontowane przełączniki „BYPASS” i „CTIME”. Po poprawnym montażu moduł wymaga regulacji. Polecam stosowanie podstawki pod dośyc kosztowny układ U1. Jeżeli nie ma błędów montażowych, do wejścia modułu należy doprowadzić sygnał sinusoidalny 1 Vrms, a wyjście obciążyć rezystorem 10 k $\Omega$  i przyłączyć do wejścia oscyloskopu. Potencjometry „LEV”

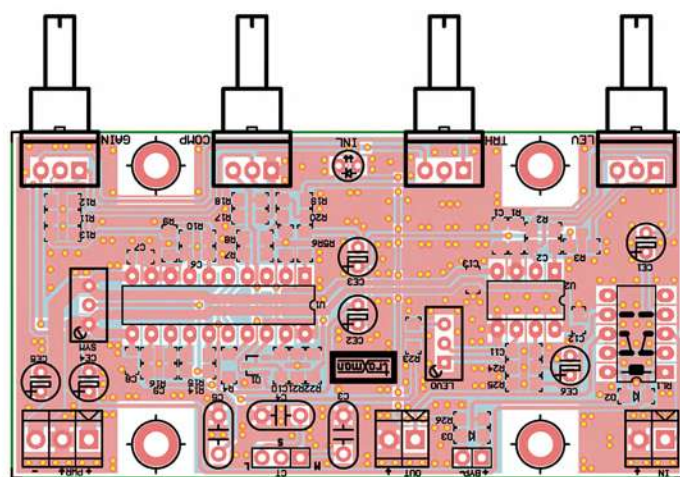
i „GAIN” ustawić w położeniu środkowym, „TRH” w skrajnym prawym, „COMP” w skrajnym – lewym. Po włączeniu modułu przełącznikiem „BYPASS”, powinna zaświecić się dioda INL. Potencjometrem „LEV0” należy ustalić identyczny poziom sygnału wejściowego i wyjściowego (statyczne wzmocnienie kompresora 1 V/V), aby przełączanie „BYPASS” nie zmieniało poziomu sygnału. Potencjometrem „SYM” należy ustawić możliwie najniższy poziom drugiej harmonicznej np.

z FFT oscyloskopu lub z karty muzycznej PC). Po wyregulowaniu należy sprawdzić poprawność działania potencjometrów „GAIN” oraz „TRH” odpowiedzialnego za ustalenie poziomu sygnału, od którego zaczyna się redukcja wzmocnienia.

Ze względu na elastyczność THAT4301 jest możliwe dopasowanie wszystkich regulowanych parametrów układu pod kątem wymagań realizacji poprzez dobór odpowiednich wartości elementów. Szczegółowy opis znajduje się w notach katalogowych i aplikacyjnych THAT Corporation. Układ pomimo niewielkiej komplikacji cechuje się dobrymi parametrami: pasmo przenoszenia 10 Hz...30 kHz, zniekształcenia dla Uwe=1 Vrms (COMP 1:1) są mniejsze od 0,25%.

Pozostaje tylko życzyć powodzenia w realizacji „analogowego” brzmienia!

Adam Tatuś, EP



Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów płytki kompresora



Projekt był opublikowany w Make: magazine przez Sama Freemana i Wyntera Woodsa. Jego anglojęzyczny opis można znaleźć pod adresem [www.makezine.com/projects/raspberry-pirate-radio/](http://www.makezine.com/projects/raspberry-pirate-radio/). Atrakcyjną prezentację wideo nadajnika można obejrzeć na <https://goo.gl/Gk3ai7>.



# Raspberry PiRate Radio

## Stacja radiowa z Raspberry Pi

*W dobie Internetu posiadanie własnej, amatorskiej stacji radiowej nie wydaje się już tak atrakcyjne, jak niegdyś. Teraz, chcąc podzielić się swoimi poglądami wystarczy założyć blog, przygotować tzw. podcast lub po prostu uruchomić kanał na YouTube. Ale by odbierać transmisje Internetowe trzeba mieć urządzenie komputerowe, podczas gdy analogowy sygnał FM można bez problemu odsłuchać z użyciem najtańszego odbiornika. I choć może wydawać się, że transmisja audio z komputera w paśmie radiowym z modulacją FM jest bezsensownym anachronizmem, w artykule pokazujemy interesujący projekt, w którym nadajnikiem radiowym jest Raspberry Pi, a przykładowe zastosowania tego rozwiązania – całkiem użyteczne.*

Podstawowy problem z samodzielnym budowaniem analogowego systemu radiowego jest konieczność przygotowania wszystkich potrzebnych obwodów radiowych, co dla elektroników dobrze obeznanych w domenie cyfrowej często stanowi nie lada wyzwanie. Jednakże w przypadku omawianego projektu problem ten znika. Jedyny potrzebny sprzęt to samo Raspberry Pi, karta SD i zasilacz oraz kawałek kabla. Choć może wydawać się to niewiarygodne, jest to wystarczający zestaw do niektórych aplikacji. Udowodnili to Oliver Mattos i Oskar Weigl, którzy przygotowali projekt o nazwie PiFM. Pomagał im

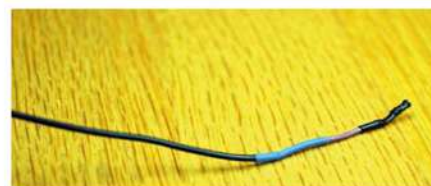
Ryan Grassel, a wersję prezentowaną w niniejszym artykule opracował Wynter Woods, który na podstawie PiFM stworzył wygodny w użyciu odtwarzacz muzyki, transmitujący sygnał audio radiowo z modulacją FM do pobliskich odbiorników.

### Montaż sprzętu

Omawiany projekt bardzo łatwo jest odtworzyć samodzielnie. Za antenę może posłużyć zwykły, jednożyłowy przewód (najlepiej miedziany, o przekroju ok. 2,5 mm<sup>2</sup>). Jego optymalna długość zależy będzie od częstotliwości, na której chcemy nadawać, przy

**Uwaga! Urządzenie umożliwia transmisję na częstotliwościach radiowych w zakresie od 1 MHz do 250 MHz, co pokrywa się z licencjonowanym w Polsce pasmem radiowym. Korzystanie z nadajnika może zakłócać inne sygnały radiowe, a nadawanie bez koncesji jest zabronione i może mieć konsekwencje prawne. Ten projekt ma jedynie charakter edukacyjny.**

czym ze względów praktycznych może okazać się że wygodniej jest być krótszy. Dla częstotliwości 100 MHz, a więc bliższej środka pasma, które można wykorzystać w tym projekcie, a zarazem blisko środka zakresu typowego radioodbiornika FM, przewód powinien mieć długość 75 cm. Może się jednak zdarzyć, że nie będzie



**Rysunek 1. Przygotowana antena**



on wystarczająco sztywny i trzeba będzie skrócić kabel. Pogorszy to parametry transmisji, ale na tyle nieznacznie, że w bliskim otoczeniu wciąż będzie można odbierać sygnał. Przykładowo, przewód o długości 40 cm będzie optymalny dla częstotliwości ok. 185 MHz.

Przycięty przewód należy podłączyć do Raspberry Pi – a dokładniej do jednego z wyprowadzonych pinów (domyślnie do GPIO4, czyli pin 7). W tym celu warto skorzystać z żeńskiego goldpinu, do którego przygotowany przewód zostanie przylutowany. Przydatne może okazać się też użycie taśmy izolacyjnej i kleju termicznego, za pomocą którego połączenie zostanie usztywnione, tak by zachować pożądany kierunek anteny. Pozostałe kroki polegają na wgraniu oprogramowania i danych na kartę oraz konfiguracji systemu, a następnie wpięciu karty i zasilania. Nic prostszego!

## Wgranie oprogramowania

Gotowy obraz systemu z potrzebnym oprogramowaniem można pobrać z <https://goo.gl/MKMo3W>. Alternatywnie, można zainstalować standardową wersję obrazu i dograć do niej skrypty i biblioteki, dostępne na <https://goo.gl/0SXelq>. Skrypt został zaprojektowany tak, by przestrzeń karty była podzielona na system i dane oraz by nie trzeba było wykonywać ręcznie żadnych poleceń by uruchomić odtwarzanie muzyki. Pliki w formatach takich jak MP3 czy FLAC będą automatycznie odtwarzane po włączeniu się urządzenia i transmitowane przez radio. Natomiast by wgrać pliki muzyczne na kartę należy po załadowaniu na nią obrazu i uruchomieniu z nią Raspberry Pi, połączyć się z RPI przez SSH i przekopiować dane z komputera lokalnego. Pliki można podzielić na katalogi – nie wpływa to na ich odtwarzanie. Osoby korzystające z systemu Windows, które nie są obeznane z poleceniami kopiowania danych przez SSH ze zdalnych lokalizacji mogą skorzystać z wygodnego, bezpłatnego programu WinSCP.

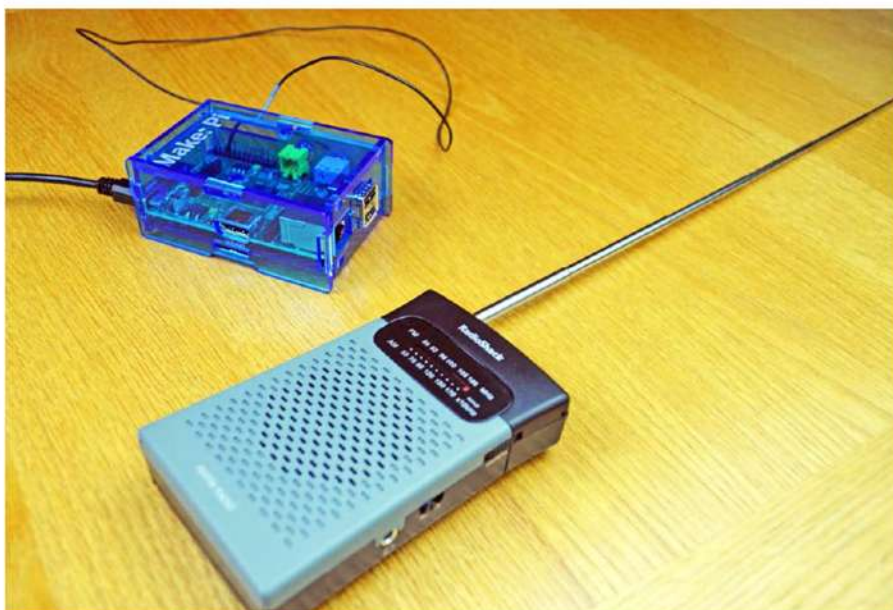
## Konfiguracja

Proces konfiguracji nadajnika jest bardzo prosty i sprowadza się do wprowadzenia ustawień w kilku liniach pliku tekstowego. Plik ten to `pirateradio.config` i zawiera domyślne ustawienia. W linii frequency ustawiana jest częstotliwość, podana w megahercach (z kropką jako separatorem dziesiętnym). Najlepiej wybrać taką, na której w danej okolicy trudno znaleźć inne stacje radiowe, a zarazem taką, która odbierana jest przez odbiornik, z użyciem którego będziemy słuchać radia.

W linii shuffle można określić, czy pliki mają być odtwarzane losowo (ustawienie True), czy w kolejności alfabetycznej (False). Linijka repeat\_all pozwala ustawić



Rysunek 2. Zamontowana antena



Rysunek 3. Raspberry PiRate Radio w obudowie oraz radioodbiornik

powtarzanie odtwarzania plików w nieskończoność, a stereo\_playback decyduje o tym, czy transmisja ma być stereofoniczna.

## Uruchomienie

Urządzenie zaczyna działać natychmiast po uruchomieniu. Pierwszemu Raspberry Pi zajmuje to około 15 sekund, zanim fale radiowe zaczną być wysyłane w eter. W tym czasie można ustawić radioodbiornik na wybraną częstotliwość.

## Oprogramowanie

Kod źródłowy PiRateRadio został napisany w Pythonie, ale korzysta ze skompilowanej biblioteki PiFM, która to została napisana w języku C++. W praktyce Raspberry PiRate Radio to wzorcowy przykład wykorzystania zewnętrznej biblioteki. Kod jest całkiem prosty – jego fragmenty zostały pokazane na **liście 1**. Procedura działania sprowadza się do:

- zaimportowania bibliotek,

- ustawienia wartości domyślnych dla globalnych zmiennych,
- przełączenia wykonywania programu do trybu demona (usługi),
- wczytania i przeanalizowania pliku konfiguracyjnego, na podstawie którego zmieniane są wartości przypisane do zmiennych globalnych,
- uruchomienia biblioteki PiFM jako procesu podrzędnego o określonym strumieniu wejścia,
- wczytania listy plików poprzez rekursywne przeglądanie katalogów i przeszukiwanie ich pod kątem plików w formatach aac, mp3, wav, flac, m4a, ogg, pls i m3u,
- przekazania przygotowanej listy plików do funkcji ich odtwarzania zgodnie z zadanymi parametrami
- przeglądania kolejnych plików i jeśli są to pliki list utworów (m3u, pls), parsowania ich zawartości pod kątem





**Rysunek 4. Raspberry PiRate Radio jako samochodowy nadajnik FM**

ustalenia konkretnych plików audio do odtworzenia,

- wywołania kolejnej biblioteki – ffmpeg, która dekoduje wskazane pliki audio i przekazuje je na wyjście, które jest jednocześnie tym samym strumieniem, co wejście wcześniej uruchomionego podprocesu PiFM.

## Biblioteka PiFM

Działanie biblioteki PiFM jest znacznie bardziej skomplikowane, choć jej kod źródłowy nie jest długi – ma jedynie ok. 650 linii. Wykorzystuje wybrane wyjście GPIO szybko zmieniając jego stan, tak by powstawała fala zbliżona do wybranej częstotliwości nośnej, przy czym dodatkowo, dokładna częstotliwość jest nieco zmieniana w zależności od danych docierających na strumień wejściowy. Pozwala to na uzyskanie modulacji FM.

Początkowo twórcy mieli drobny problem, ponieważ jeśli procesor przełączał się na chwilę by robić coś innego niż nadawanie audio, w odbiorniku były słychać trzaski. Udało się pokonać tę trudność poprzez użycie kanałów DMA (Direct Memory Access). Z czasem wprowadzono też usprawnienie umożliwiające nadawanie dźwięku stereo.

Cały program musi być uruchamiany z uprawnień roota, gdyż biblioteka PiFM mapuje adres szyny GPIO do pamięci wirtualnej. Następnie uruchamia generator na GPIO4, ustawiając jego częstotliwość na np. 100 MHz. Gdy na strumień wejściowy zaczynają trafiać dane, służą one do modulacji częstotliwościowej powodując, że generator emituje sygnał o częstotliwości z zakresu od 100,025 MHz do 99,975 MHz. Szybkość procesora Raspberry Pi jest wystarczająca by być w stanie nadawać na tych częstotliwościach dźwięk modulowany z 16-bitową rozdzielczością.

## Podsumowanie i ocena projektu

Omawiany projekt można uznać za bardzo udany, a nawet zaskakująco łatwy w odтворzeniu. Fakt, że bez żadnych dodatkowych komponentów aktywnych, a jedynie po podpięciu niedługiego przewodu można

### Listing 1. Fragmenty kodu źródłowy Raspberry PiRate Radio

```
try:
    #próba importu biblioteki Pythona 3.x
    import configparser
except:
    #import biblioteki Pythona 2.x, jeśli operacja nie powiodła się dla Pythona 3.x
    import ConfigParser as configparser
finally:
    #import pozostałych bibliotek
    import re
    import random
    import sys
    import os
    import threading
    import time
    import subprocess

#zmienne globalne, do przechowywania ustawień
fm_process = None
on_off = ["off", "on"]
config_location = "/pirateradio/pirateradio.conf"

frequency = 87.9
shuffle = False
repeat_all = False
merge_audio_in = False
play_stereo = True
music_dir = "/pirateradio"

music_pipe_r, music_pipe_w = os.pipe()
microphone_pipe_r, microphone_pipe_w = os.pipe()

#główne polecenia programu
def main():
    daemonize()
    setup()
    files = build_file_list()
    if repeat_all == True:
        while(True):
            play_songs(files)
    else:
        play_songs(files)
    return 0

#tworzenie listy plików w oparciu o przeszukiwanie katalogu z muzyką
def build_file_list():
    file_list = []
    for root, folders, files in os.walk(music_dir):
        folders.sort()
        files.sort()
        for filename in files:
            if re.search(„.(aac|mp3|wav|flac|m4a|ogg|pls|m3u)$”, filename) != None:
                file_list.append(os.path.join(root, filename))
    return file_list

#główna funkcja odtwarzająca pliki
def play_songs(file_list):
    print(„Playing songs to frequency „, str(frequency))
    print(„Shuffle is „ + on_off[shuffle])
    print(„Repeat All is „ + on_off[repeat_all])
    # print(„Stereo playback is „ + on_off[play_stereo])

#w przypadku odtwarzania losowego, lista plików jest wstępnie mieszana
if shuffle == True:
    random.shuffle(file_list)
    with open(os.devnull, „w“) as dev_null:
        for filename in file_list:
            print(„Playing „, filename)

#w przypadku gdy plik jest tak naprawdę listą utworów, jest on przetwarzany przed odtwarzaniem
if re.search(„.pls$”, filename) != None:
    streamurl = parse_pls(filename, 1)
    if streamurl != None:
        print(„streaming radio from „ + streamurl)
        subprocess.call([„ffmpeg“, „-i“, streamurl, „-f“, „s16le“, „-acodec“, „pcm_s16le“, „-ac“, „2“ if play_stereo else „1“, „-ar“, „44100“, „-“], stdout=music_pipe_w, stderr=dev_null)
    elif re.search(„.m3u$”, filename) != None:
        streamurl = parse_m3u(filename, 1)
        if streamurl != None:
            print(„streaming radio from „ + streamurl)
            subprocess.call([„ffmpeg“, „-i“, streamurl, „-f“, „s16le“, „-acodec“, „pcm_s16le“, „-ac“, „2“ if play_stereo else „1“, „-ar“, „44100“, „-“], stdout=music_pipe_w, stderr=dev_null)
        else:
            #niezależnie od formatu pliku jest on dekodowany programem ffmpeg, a przekonwertowany strumień jest przekazywany dalej poprzez music_pipe_w
            subprocess.call([„ffmpeg“, „-i“, filename, „-f“, „s16le“, „-acodec“, „pcm_s16le“, „-ac“, „2“ if play_stereo else „1“, „-ar“, „44100“, „-“], stdout=music_pipe_w, stderr=dev_null)

#wczytywanie ustawień z użyciem wygodnej biblioteki config.
def read_config():
    global frequency
    global shuffle
    global repeat_all
    global play_stereo
    global music_dir
    try:
        config = configparser.ConfigParser()
        config.read(config_location)
    except:
        print(„Error reading from config file.“)
    else:
        play_stereo = config.get(„pirateradio“, „stereo playback“, fallback=True)
        frequency = config.get(„pirateradio“, „frequency“)
        shuffle = config.getboolean(„pirateradio“, „shuffle“, fallback=False)
        repeat_all = config.getboolean(„pirateradio“, „repeat_all“, fallback=False)
        music_dir = config.get(„pirateradio“, „music_dir“, fallback="/pirateradio")

#funkcja dzielnika pozycje pliku w formacie pls na pojedyncze pliki dźwiękowe (pominięta)
def parse_pls(src, titleindex):
```



```

Listing 1. cd.
#funkcja dzielaca pozycje pliku w formacie m3u na pojedyncze pliki dzwiekowe (pominieta)
def parse_m3u(src, titleindex):

#funkcja tworząca drugi proces i zamykająca pierwotny. Dzięki temu cały program działa jako
demon, uwalniając konsolę użytkownika, który go wywołał
def daemonize():
    fpid=os.fork()
    if fpid!=0: #pierwotny proces ma ustalone fpid i w ten sposób można go rozpoznać i zam-
    knąć
        sys.exit(0)

#funkcja wywołująca wczytanie konfiguracji a następnie włączenie procesu PiFM w tle
def setup():
    global frequency
    read_config()
    run_pifm()

#uruchamianie biblioteki PiFM jako podrzednego procesu, w którym strumień music_pipe_r jest
traktowany jako wejście
def run_pifm(use_audio_in=False):
    global fm_process
    with open(os.devnull, "w") as dev_null:
        fm_process = subprocess.Popen(["/root/pifm", "-", str(frequency), "44100", "stereo" if
        play_stereo else "mono"], stdin=music_pipe_r, stdout=dev_null)

main()

```



**Rysunek 5. Raspberry PiRate Radio z akumulatorami i usztywnioną anteną, do nadawania radia na otwartym powietrzu**

stworzyć sprawnie działający, krótkoza-  
sięgowy nadajnik radiowy FM dobrej jako-  
ści nie wydaje się oczywisty. Okazuje się,  
że zasięg sygnału w otwartej przestrzeni  
sięga ok. 100 m, a w zamkniętych pomiesz-  
czeniach potrzeba przejść kilkadziesiąt me-  
trów, by sygnał zaczął zanikać. W przypadku

niepodłączenia anteny, emitowany sygnał  
sięga na ok. 10 cm. Natomiast już kilka-  
dziesiąt metrów wystarczy by urządzić so-  
bie np. ciche plenerowe kino samochodowe,  
czy tzw. silent disco. Bardzo niskim kosz-  
tem, gdyż z wykorzystaniem powszechnie  
dostępnych i instalowanych w wielu



**Rysunek 6. Atrakcyjna obudowa do Raspberry PiRate Radio, wydrukowana na drukarce 3D. Jej projekt jest dostępny bezpłatnie pod adresem: <https://goo.gl/xitAt1>**

urządzeniach radioodbiorników FM można  
nadawać dźwięk niesłyszalny dla osób po-  
stronnych. Nie ma potrzeby stosowania  
drogich urządzeń komputerowych ani spe-  
cjalnych odtwarzaczy cyfrowych. Do tego,  
uzyskiwana jakość dźwięku jest bardzo do-  
bra, dzięki obsłudze kanałów DMA i sy-  
gnału stereofonicznego.

Autorzy rozbudowali projekt także o ob-  
sługę wejścia mikrofonowego, dzięki czemu  
można nadawać własne audycje lub pobawić  
się w disc-jockeya, który mówi do uczestni-  
ków na zorganizowanym silent disco.

Aby Raspberry PiRate Radio było bardziej  
przenośne, warto zamontować je w obu-  
dowie i podłączyć do akumulatora. Nato-  
miast wejście mikrofonowe można też użyć  
do podłączenia wyjścia sygnałowego kon-  
soli dyskotekowej, na której miksowana  
jest muzyka.

**Marcin Karbowniczek, EP**

REKLAMA

# <http://sklep.avt.pl>



**SKLEP FIRMOWY**  
(sprzedaż na miejscu,  
obsługa zamówień z odbiorem osobistym):

tel.: 22 257 84 66

**Sklep stacjonarny**  
(ul. Leszczynowa 11, Warszawa – Żerań)  
czynny w godzinach:

poniedziałek – piątek: 08:00 – 16:45 (czwartek do 17:45)  
sobota: 10:00 – 13:45





# Power Bank 14,4 V

## Nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami

Schemat ideowy proponowanego rozwiązania podzielono na dwa bloki funkcjonalne – baterię kondensatorów oraz balanser. Ich schematy ideowe pokazano na **rysun-  
kach 1 i 2**.

Jak wspomniano, urządzenie jest złożone z:

- Zespołu połączonych szeregowo kondensatorów CS1...CS6 o pojemności 300 F/2,7 V (SAMWHA DB). W takiej konfiguracji bateria ma łączną pojemność 50 F i dopuszczalne napięcie pracy 16 V. Daje to teoretycznie możliwość zgromadzenia 4400 J (około 1,2 Wh) przechowywanej energii.
- Bloku balansera zapewniającego równomierny rozkład napięcia na kondensatorach i zabezpieczającego je przed uszkodzeniem w wyniku przekroczenia dopuszczalnego napięcia pracy.

Superkondensatory, w przeciwieństwie do akumulatorów, wykazują się dużą odpornością na temperaturę (temperaturowy zakres pracy -25...70°C), możliwością szybkiego ładowania, małą rezystancją

Wydaje się, że w niedalekiej przyszłości akumulatory, królujące w wielu zastosowaniach, mogą być zastąpione przez wydajne superkondensatory, mające – w przeciwieństwie do akumulatorów – praktycznie nieograniczoną trwałość. Za przykład niech posłuży opisywana aplikacja.

**Rekomendacje:** do samodzielnego eksperymentowania z technologią ELDC, np. w układach zasilania buforowego, bezprzerwowego, magazynowania energii i innych.

wewnętrzna, bardzo dużym prądem rozładowania, możliwością rozładowania do 0 V i praktycznie nieograniczoną liczbą cykli pracy. Niestety, aby nie było zbyt „różowo”,

mają także wady. Należą do nich duże gabaryty, małe napięcie znamionowe i wrażliwość na jego przekroczenie, wysoka cena i najpoważniejsza – samorozładowanie.

### DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-5568

### Podstawowe informacje:

- Złożony z 6 połączonych szeregowo kondensatorów o pojemności 300 F (SAMWHA DB) i napięciu znamionowym 2,7 V.
- Łączna pojemność 50 F, dopuszczalne napięcie pracy 16 V.
- Teoretyczna wydajność 4400J (1,2 Wh).
- Wbudowany balanser zapewniający równomierny rozkład ładunku oraz zabezpieczenie przed uszkodzeniem

### Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

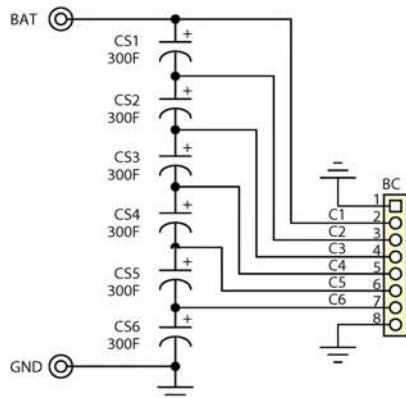
AVT-1887	Miniaturowy zasilacz buforowy 3 V/50 mA z baterią superkondensatorów (EP 11/2015)
AVT-5519	PWR_SolarCAP – powerbank zasilany przez słońce (EP 11/2015)

#### \* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
**AVT xxxx UK** – to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie bez elementów dodatkowych  
**AVT xxxx A** – płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych  
**AVT xxxx AN** – płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie obu wersji UK i A) bez elementów dodatkowych  
**AVT xxxx B** – płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymiennych w załączniku pdf  
**AVT xxxx C** – to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf  
**AVT xxxx DO** – oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć klikając w link umieszczony w opisie kitu)  
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, A+, B lub C) <http://shlep.avt.pl>







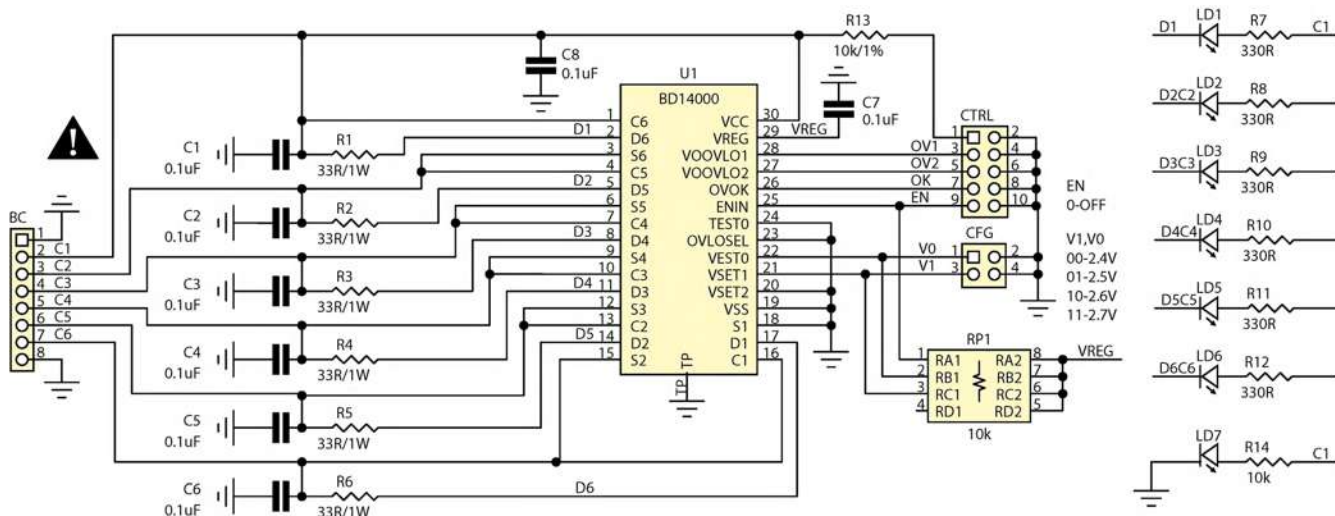
**Rysunek 1. Schemat ideowy baterii kondensatorów**

akumulatora o mniejszym dopuszczalnym prądzie rozładowania.

W celu zabezpieczenia akumulatorów przed nierównomiernym rozkładem napięcia zastosowano układ U1 typu BD14400 firmy ROHM. Zawiera on układ balansera z wbudowanymi tranzystorami wykonawczymi, co znacząco upraszcza budowę urządzenia. „Nadwyżki” mocy wytracane są na kluczowanych rezystorach R1...R6 ustalających prąd balansowania (ok. 85 mA). Równolegle do każdego z rezystorów jest dołączona dioda LED (LD1...LD6) sygnalizująca aktywność balansera dla każdego kondensatora składowego. Układ ma możliwość ustalenia

Sygnał „OK” potwierdza sprawność układu balansowania (Selftest), sygnały OV1 i OV2 sygnalizują stan awaryjny tj. przekroczenie napięcia na dowolnym kondensatorze w porównaniu z wartością ustaloną zwozami CFG, OV1>0,15 V, OV2>0,3 V. Sygnały EN, V0, V1 podwieszone są do wewnętrznego napięcia zasilania (3,6...5 V) przez rezystor RP1. Wejście EN powinno być sterowane z wyjścia OC/OD.

Układ BD14400 ma obudowę HTSSOP30 z wkładką radiatorową, ułatwiająca rozpraszanie traconej w tranzystorach kluczujących mocy. Płytkę balansera jest wlutowana bezpośrednio w płytkę kondensatorów.



**Rysunek 2. Schemat ideowy modułu balansera**

Taki zestaw cech ogranicza ich zastosowania, ale nie jest też przeszkodą, aby z nimi nie poeksperymentować np. w przy zastępowaniu akumulatorów lub w poprawie ich osiągnięć. Szczególnie dobrze sprawdzają się w układach hybrydowych, gdzie uzupełniając się z akumulatorem, odpowiadają za chwilową dużą wydajność prądową układu pozwalając na dobranie

napięcia balansowania poprzez zmianę stanów wyprowadzeń VSETx. W modelu dopuszczalne napięcie na kondensatorze ustalano w zakresie 2,4...2,7 V co 100 mV poprzez odpowiednie położenie zwór w złączu CFG, co ułatwia zastosowanie innych typów kondensatorów magazynujących. W wypadku współpracy z typowymi ładowarkami akumulatorów żelowych o napięciu 13,6...14,4 V można bezpiecznie ustalić napięcie balansowania na 2,4...2,5 V.

Dioda LD7 sygnalizuje napięcie na kondensatorach. Co prawda, zwiększa ona samorozładowanie baterii, ale dobrze wiedzieć, że w kondensatorach jest zgromadzona energia, gdyż skutki przypadkowego, nieostrożnego zwarcia baterii mogą być opłakane.

Na złączę CTRL doprowadzono sygnały sterujące i monitorujące pracę kondensatorów i balansera. Do wyprowadzenia 1 doprowadzono przez rezystor 10 kΩ/1% napięcie z baterii, przeznaczone do układu pomiaru napięcia. Wartość rezystora należy uwzględnić w obliczeniach dzielnika pomiarowego. Sygnał EN=1 aktywuje pracę balansera i powinien być używany do wyłączenia układu przy zaniku zasilania sieciowego lub wyłączeniu ładowarki. Balanser normalnie jest aktywny, zapewnia to rezystor RP podciągający sygnał EN do wewnętrznego zasilania.

Wyprowadzenie baterii ze względu na dopuszczalny prąd ładowania/rozładowania (budowa płytki dopuszcza prąd do 15 A) wykonane jest z typowych blaszek 6,3 mm.

Układ baterii kondensatorów zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej. Jej schemat montażowy pokazano na rysunku 3, a płytki balansera na rysunku 5. Montaż układu nie wymaga opisu, należy zadbać o poprawne przylutowanie pada termicznego U1, można także dokleić do niego niewielki radiator SO. Prawidłowo zmontowany moduł przedstawia fotografia tytułowa. Płytkę kondensatorów ma odpowiednią liczbę otworów

#### Wykaz elementów:

##### Balanser

##### Rezystory: (SMD 0805)

R1...R6: 33 Ω/1 W (SMD 2512)

R7...R12: 330 Ω

R13: 10 kΩ/1%

R14: 10 kΩ

RP1: 10 kΩ (CRA06S08)

##### Kondensatory:

C1...C8: 0,1 μF (SMD 0805)

##### Półprzewodniki:

LD1...LD7: dioda LED SMD, 0805

U1: BD14400 (HTSSOP-B30)

##### Inne:

BC: złącze SIP8 kątowe

CFG: złącze IDC4 + 2 zwory

CTRL: złącze IDC10

##### Bateria kondensatorów

CS1...CS6: 300 F/2,7 V (kondensator Samwha DB EDLC)

BAT, GND: FS1536 (konektor 6,3 mm)

REKLAMA

Projekty na...

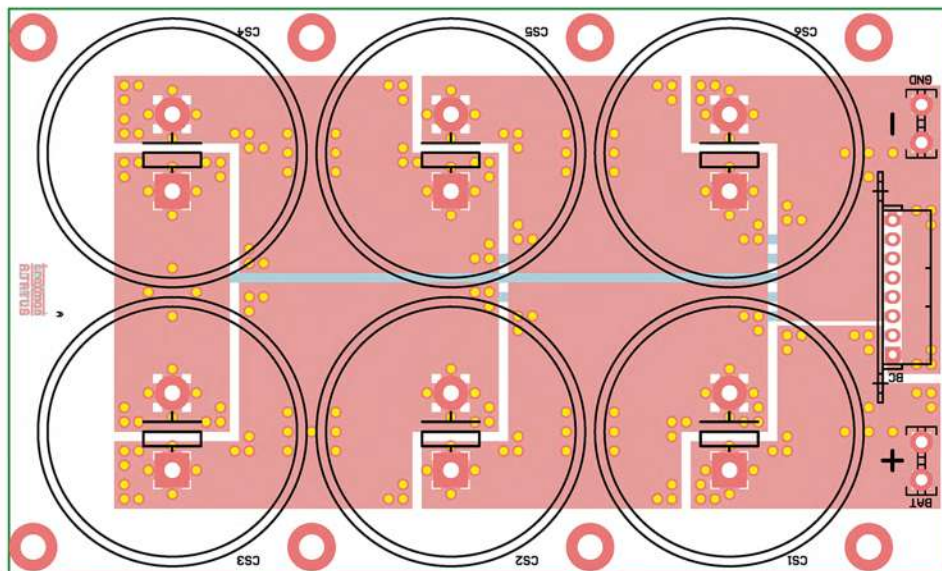
# STM32

[www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)

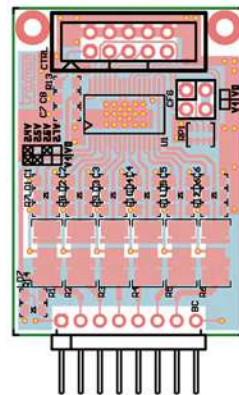
life.augmented

**KAMAMI**





Rysunek 3. Schemat montażowy baterii kondensatorów



Rysunek 4. Schemat montażowy modułu balansera

montażowych dla pewnego zamocowania w zasilanym urządzeniu. Warto pamiętać także o odpowiednim zabezpieczeniu wyprowadzeń kondensatorów przed przypadkowym zwarcieniem poprzez montaż płytki na kołkach dystansowych  $h > 8\text{ mm}$  i osłonięciu spodu płytki kawałkiem płytki izolacyjnej.

**UWAGA! PODCZAS PRACY Z SUPERKONDENSATORAMI NALEŻY PAMIĘTAĆ O ICH MAŁEJ REZYSTANCJI WEWNĘTRZNEJ, NAŁADOWANA BATERIA**

**PODCZAS PRZYPADKOWEGO ZWARCIA MOŻE DOPROWADZIĆ DO POŻARU. OBOWIĄZKOWO W SZEREG Z ZASILANIEM NALEŻY WYŁĄCZYĆ BEZPIECZNIK SAMOCHODOWY 16 A O ODPOWIEDNIEJ ZDOLNOŚCI ŁĄCZENIOWEJ.**

Po sprawdzeniu poprawności montażu, układ jest gotowy do pracy. Do ładowania można użyć większości ładowarek, zasilaczy impulsowych z ograniczeniem prądu, dopuszczających chwilową pracę ze zwartym

wyjściem (zabezpieczenie Hiccup lub stałe ograniczenie prądowe) lub zastosować dobrany do prądu ładowania rezystor szeregowy (uwaga na traconą moc). W przypadku łączenia z akumulatorem żelowym, należy pamiętać także o rezystorze szeregowym lub aktywnym ograniczeniu prądu, aby nie zwierać akumulatora rozładowanym kondensatorem.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

# m.technik

Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencie  
na  
każdą okazję

<https://goo.gl/TiDLmR>







# THPStation

## – rozbudowany termometr z Wi-Fi

W artykule opisano projekt rozbudowanego termometru. Pokazuje on ciśnienie, wilgotność i temperaturę panujące w pomieszczeniu, w którym jest umieszczona „stacja bazowa” oraz temperaturę zewnętrzną z czujnika bezprzewodowego z interfejsem Wi-Fi. Co istotne, stacja bazowa pracuje w trybie Access Point i do działania nie wymaga rutera Wi-Fi.

**Rekomendacje:** termometr przyda się praktycznie każdemu – jest przy tym doskonałym przykładem zastosowania Wi-Fi.

Podobno każdy szanujący się elektronik musi kiedyś zbudować wzmacniacz audio, zegarek i termometr. Pamiętam swój pierwszy wzmacniacz na UL1481, zegarek na pocziwym 8051, ale jakoś nigdy nie mogłem się zabrać za termometr. Wychodziłem z założenia, że jak budować termometr, to z czujnikiem dołączanym bezprzewodowo, do czego dawniej po prostu brakowało podzespołów. Były one dostępne, ale tylko producentom OEM. Współcześnie każdy może nabyć moduł lub tzw. procesor radiowy z zaimplementowanym stosem Wi-Fi za rozsądną cenę. Otwiera to drogę do budowania wielu interesujących, niepowtarzalnych urządzeń. Od czego jednak trzeba zacząć.

Zaprojektowałem stację, która wyświetla ciśnienie, wilgotność i temperaturę panującą w pomieszczeniu, w którym jest zainstalowana oraz temperaturę zewnętrzną

zmierzoną za pomocą czujnika z interfejsem bezprzewodowym Wi-Fi. Stacja bazowa pracuje w trybie AP i nie potrzebuje do działania rutera z Wi-Fi. Po załączeniu zasilania stacja automatycznie rozpoznaje typ współpracujących z nią czujników. Oprogramowanie obsługuje czujniki ciśnienia: BMP085, BMP180 i BMP280 oraz czujnikami wilgotności: DHT11, DHT22, HTU21D. Z założenia termometr miał mieć możliwe nieskomplikowaną budowę i możliwość zaprogramowania oraz uruchomienia bez potrzeby posiadania specjalnego wyposażenia. Udało się to osiągnąć, ponieważ jedyne, co jest potrzebne, to przejściówka USB/UART pracująca przy napięciu zasilającym 3,3 V.

W projekcie zastosowano moduły z zamontowanymi czujnikami ciśnienia i wilgotności, co zwalnia z konieczności bardzo trudnego do wykonania w warunkach

domowych lutowania elementów SMD w obudowach LGA. Dodatkowo, zastosowany moduł Wi-Fi oraz mikrokontroler z rodziny STM32F103 można zaprogramować z użyciem taniej przejściówki USB/UART.

### Stacja bazowa – wskaźnik termometru

Schemat ideowy stacji pokazano na rysunku 1. Zastosowanie gotowych modułów z czujnikami ciśnienia i wilgotności sprawia, że budowa urządzenia jest nieskomplikowana i w zasadzie ogranicza się do wykonania zasilacza na napięcie 3,3 V,

REKLAMA

Projekty na <sup>000</sup>

# STM32

www.stm32.eu

ST life.augmented

KAMAMI



**DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:****ftp://ep.com.pl****USER: 33948, PASS: 5gcckdmq****W ofercie AVT\*****AVT-5566****Podstawowe informacje:**

- Złożony z modułu stacji bazowej oraz sensora zewnętrznego.
- Stacja bazowa pracująca w trybie AP, czujnik zewnętrzny w trybie Client.
- W budowie zastosowano moduły z ESP8266 (ESP-WROOM-02).
- Programowanie za pomocą Atollic TrueStudio (STM32) oraz Arduino IDE (moduł).
- Zasilanie stacji bazowej: zasilacz wtyczkowy 5...7 V DC/200 mA.
- Zasilanie sensora zewnętrznego: 2 baterie AAA.
- Czas pracy sensora zewnętrznego – około 6 miesięcy (zależnie od baterii).
- Sensor zewnętrzny bez dodatkowego mikrokontrolera
- Mikrokontroler stacji bazowej – STM32F103C8T6.
- Stacja bazowa współpracuje z czujnikami ciśnienia: BMP085, BMP180 i BMP280, i z czujnikami wilgotności: DHT11, DHT22, HTU21D.
- Do pomiaru temperatury w module sensora zewnętrznego zastosowano DS18B20 obsługiwany za pomocą aplikacji dla ESP8266.

**Projekty pokrewne na FTP:**

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT-5494	Termometr bezprzewodowy z interfejsem USB (EP 4/2015)
AVT-1790	Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT-5489	8-kanalowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT-5420	Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT-1734	Termometr do wędzarni (EP 4/2013)
AVT-5373	Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT-1697	Wielogabarytowy termometr LED (EP 8/2012)
AVT-5389	4-kanalowy termometr z wyświetlaczem LED (EP 5/2012)
AVT-5230	Rejestrator temperatury z interfejsem USB (EP 4/2010)
AVT-961	Domowa stacja pogodowa (EP 12/2006)
AVT-957	Moduł pomiaru temperatury (EP 11/2006)
AVT-2787	PC – Termometr – termometr internetowy (EdW 5/2006)
AVT-5060	Domowa stacja meteo ze zdalnym pomiarem temperatury (EP 4-5/2002)
AVT-5041	Termometr MIN-MAX (EP 11/2001)
AVT-1830	Sygnalizator temperatury do pieca c.o. (EP 8/1994)

\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UK – do zaprogramowania układu, tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A – płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx AN – płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie obu wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B – płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.  
AVT xxxx G – to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w k.s. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
AVT xxxx G0 – oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, AN, B lub G) <http://shlep.avt.pl>

mikrokontrolera oraz kilku układów peryferyjnych, w tym wyświetlacza LCD i modułu Wi-Fi.

Cała funkcjonalność urządzenia jest zawarta w mikrokontrolerze STM32F103C8T6, który pracuje z użyciem wewnętrznego generatora HSI. Pierwotnie miał on być taktowany za pomocą rezonatora zewnętrznego, ale ostatecznie podczas prób okazało się, że generator HSI ma stabilność wystarczającą dla tej aplikacji. Do wyświetlenia danych z czujników użyto wyświetlacza graficznego wykonanego w technologii COG o rozdzielczości 128×64 piksele ze sterownikiem ST75765R, który był już opisywany na łamach EP. Pozostaje mi jedynie dodać, że jest to jeden z lepszych wyborów pod względem jakości, możliwości i ceny. Dzięki metalowym pinom jest on również bardzo łatwy do przylutowania. Układ podświetlenia wykonano na 1 diodzie LED, która przy prądzie 15 mA daje dosyć światła, aby nawet oświetlić pomieszczenie, w którym jest umieszczone urządzenie. Stacja ma czujnik natężenia oświetlenia zewnętrznego i dostosowuje poziom podświetlenia LCD do warunków panujących w pomieszczeniu.

Jako moduł Wi-Fi zastosowano niedrogi WROOM-02, którego „sercem” jest układ ESP8266. Taki sam moduł ma również czujnik temperatury zewnętrznej. Wykorzystano bardzo dużą zaletę tych modułów – możliwość wgrania oprogramowania użytkownika sterującego pracą modułu. Pełną specyfikację modułu można bez problemu znaleźć w Internecie. Moduł ESP-WROOM-02 jest certyfikowany (FCC, CE, TELEC), co stanowi gwarancję, że nie będzie zakłócał pracy innych urządzeń. Jego obudowa ma wymiary 18 mm×20 mm i wyprowadzenia w postaci 18 pinów rozmieszczonych na krawędziach płytki drukowanej. Aby uprościć uruchomienie stacji, zastosowano złącze JP6, które służy do przełączania sygnałów RX/TX pomiędzy modułem Wi-Fi, a mikrokontrolerem za pomocą zworek.

Jak wspomniano, do budowy stacji można użyć gotowych modułów z czujnikami

**Wykaz elementów:****Stacja bazowa****Rezystory:** (SMD 0805)

R1, R3, R8, R9: 10 kΩ

R2: 22 Ω

R4: 47 Ω

R5: 47 kΩ

R6\*, R7\*: 4,7 kΩ (opis w tekście)

R10: 4,7 kΩ

**Kondensatory:**

C1...C9: 1 μF (SMD 0805)

C10, C11, C15, C16: 100 nF (SMD 0805)

C12: 100 μF/16 V (SMD)

C13, C14: 100 μF/6,3 V (SMD)

**Półprzewodniki:**

D1: SS14

IC1: STM32F103C8T6

IC2: LM1117-3.3

IC3: ESP-WROOM-02

Q1: IRLML0030 (lub zamiennik)

**Inne:**

LCD: LCD-AG-C128064CF-BIW W/B-E6 PBF

SV1, SV2, JP1...JP6: listwa jednorzędowa

Z-BL40

Fotorezystor GL5616D lub podobny

Zworka – 4 szt.

**Czujnik zewnętrzny**

R1: 10 kΩ

R2: 4,7 kΩ

C1: 47 μF/6,3 V

IC1: ESP-WROOM-02

D1: 1N4001 (lub podobna)

1wire: DS18B20

JP1...JP3: goldpin

Koszyk baterii 2xAAA

Zworka – 1 szt.

Obudowa Z32J

ciśnienia i wilgotności. Na płycie PCB jest miejsce przeznaczone do dołączenia modułów z czujnikami ciśnienia i temperatury typu GY-65, GY-68 oraz modułu z czujnikiem wilgotności HTU21D. Oprogramowanie wykrywa i obsługuje również nowszy typ czujnika ciśnienia BMP280, jednak nie przewidziano dla niego złącza. Należy dołączyć go za pomocą przewodów do złącza SV1 lub SV2.

Czujniki BMP085, BMP180 oraz BMP280 są wysokiej klasy czujnikami ciśnienia firmy Bosch. Charakteryzują się dużą dokładnością pomiaru ciśnienia i temperatury.

**Tabela 1. Porównanie parametrów czujników BMP180 i BMP280**

Parameter	BMP180	BMP280
Minimum VDD	1,80 V	1,71 V
Minimum VDDIO	1,62 V	1,20 V
Current consumption @3 Pa RMS noise	12 μA	2,7 μA
RMS Noise	3 Pa	1,3 Pa
Pressure resolution	1 Pa	0,16 Pa
Temperature resolution	0,1°C	0,01°C
Interfaces	I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> C & SPI (3 and 4 wire, mode '00' and '11')
Measurement modes	Only P or T, forced	P&T, forced or periodic
Measurement rate	up to 120 Hz	up to 157 Hz
Filter options	None	Five bandwidths



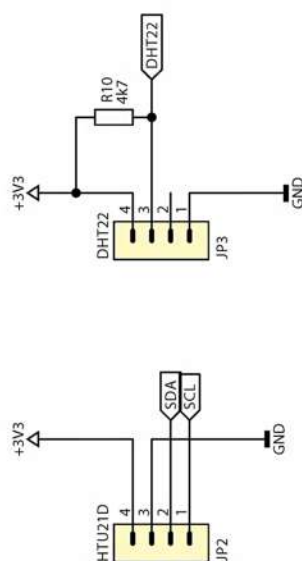
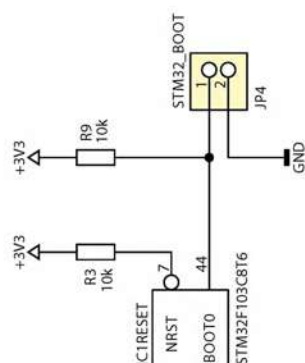
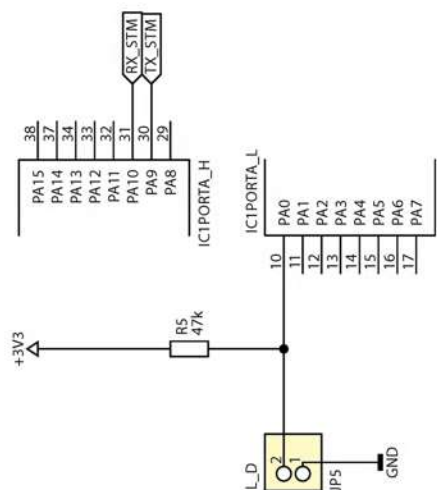
Dwa pierwsze komunikują się za pomocą interfejsu I<sup>2</sup>C, a BMP280 umożliwia wybranie SPI lub I<sup>2</sup>C (wyboru dokonuje się dołączając wejście CSB do masy lub napięcia zasilania; w naszym wypadku do VCC, co powoduje aktywowanie interfejsu I<sup>2</sup>C). W zasadzie czujnik BMP180 jest zamiennikiem starszego modelu BMP085 – w tych

samych rejestrach ma współczynniki kalibracyjne, a obsługa programowa jest niemal identyczna. W **tabeli 1** wymieniono i porównano parametry czujników BMP180 i BMP280 (źródło – BMP280 Data sheet).

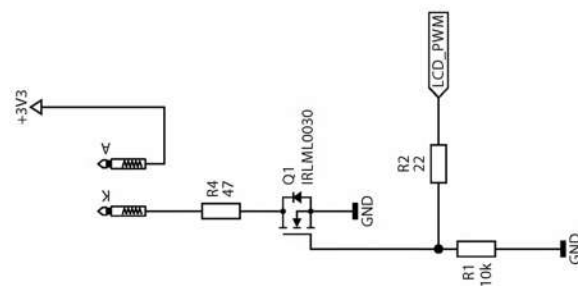
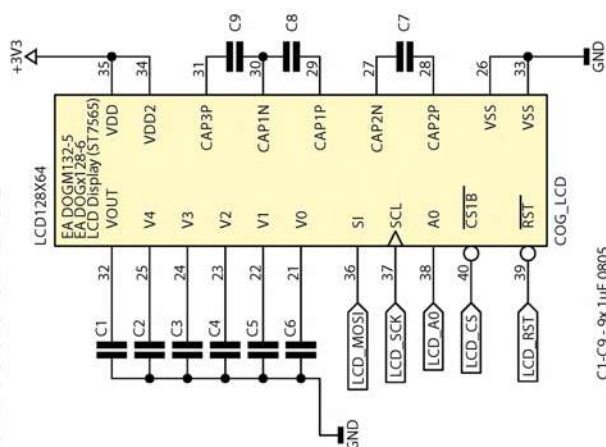
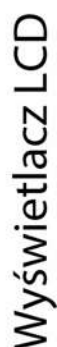
Jak wynika z tab. 1, nowszy czujnik BMP280 ma lepsze parametry. Dodatkowo, za pomocą rejestrów wewnętrznych jest

możliwe wybranie trybu pracy, rozdzielczości pomiaru, ustawienie dodatkowego filtra IIR itp. Szczegóły można znaleźć w dokumentacji.

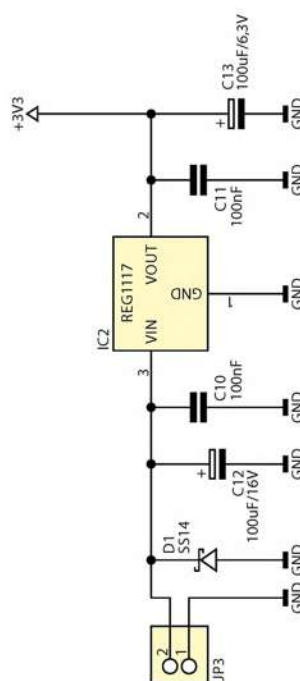
Czujnik HTU21D to wysokiej klasy czujnik wilgotności i temperatury firmy Measurement Specialties. Zakres pomiarowy temperatury  $-40...+125^{\circ}\text{C}$  (rozdzielczość  $0.01^{\circ}\text{C}$ ),



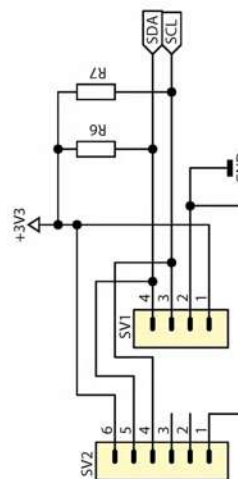
Czujnik wilgotności  
DHTxx, HTU21D



## Zasilacz



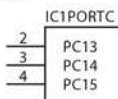
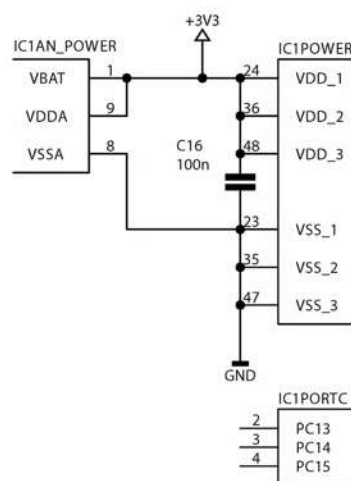
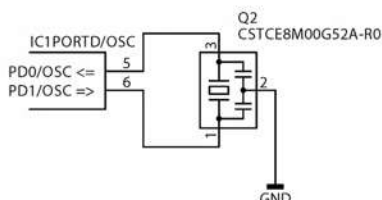
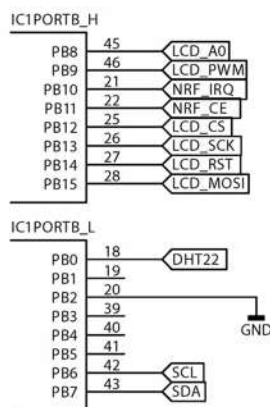
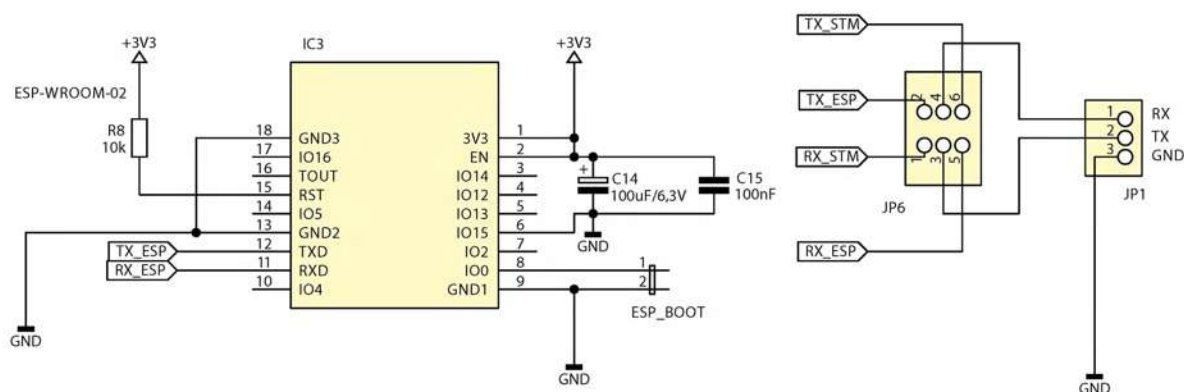
## Czujnik ciśnienia BMPxx



### Rysunek 1. Schemat ideowy stacji bazowej THPS



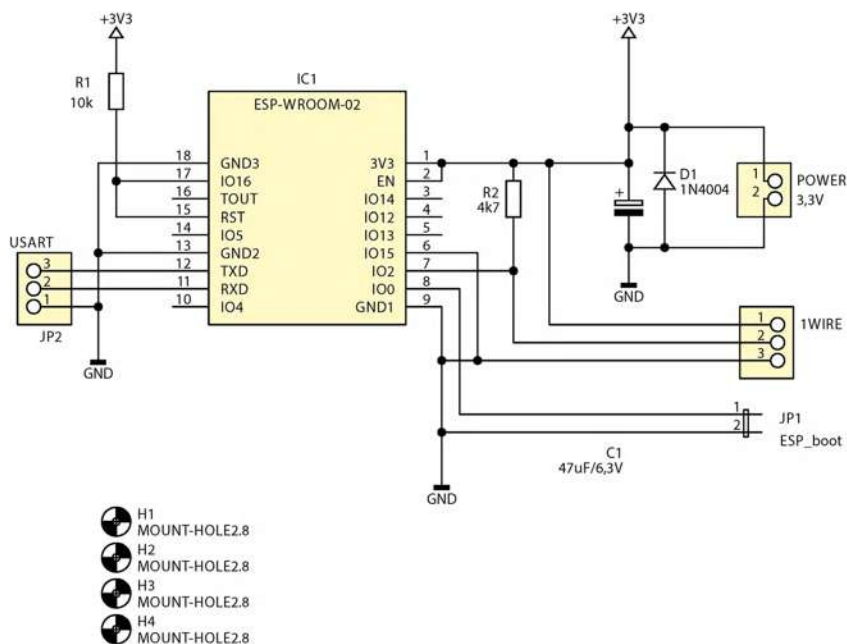
## Wi-Fi



Rysunek 1. cd.

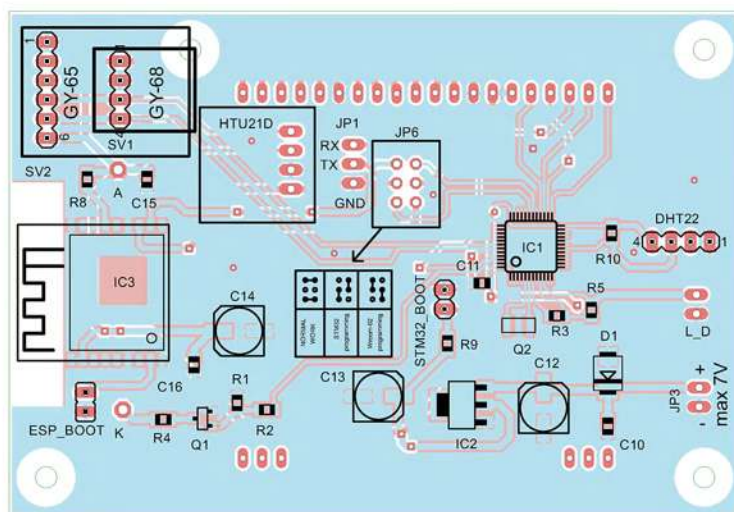
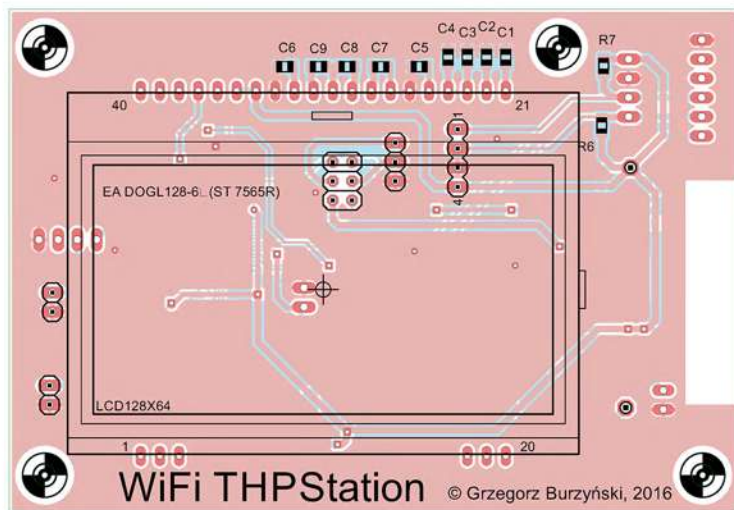
a wilgotności 0...100% (rozdzielczość 0,04%). Za pomocą rejestrów wewnętrznych można wybrać rozdzielczość pomiaru, tryb pracy lub wykryć niski poziom napięcia zasilania czujnika. Jeśli nie zależy nam na dokładności i szybkości pomiaru, to możemy zastosować tańsze czujniki wilgotności DHT11 lub DHT22 dołączone do złącza oznaczonego „DHT22”. Ja zastosowałem HTU21D, który kosztuje niewiele więcej, a reaguje nawet na bardzo małe zmiany.

Rozróżnienie typu współpracujących czujników następuje podczas uruchomienia programu. W wypadku czujników ciśnienia procesor odczytuje ID układu, który dla czujnika BMP180 jest równy 0x55, natomiast dla BMP280 – 0x58. Jeśli nie odczyta id=0x58, to oznacza, że dołączono jeden z czujników BMP085/180. Z czujnikami wilgotności jest troszkę inaczej. Jeśli na wejściu PB0 mikrokontrolera będzie poziom niski, to oznacza, że mamy do czynienia z czujnikiem HTU21D,



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu czujnika zewnętrznego





### Rysunek 3. Schemat montażowy stacji bazowej THPS

jeśli wysoki – jednym z czujników DHT. Jeśli mamy czujnik HTU21D, to **zwieramy piny 1 i 3 złącza JP3** („DHT22”). Jeśli będzie przyłączony któryś z czujników DHT, to wejście PB0 będzie ustawione, a program będzie się starał taki sensor obsłużyć. Po identyfikacji program przechodzi do konfigurowania parametrów wybranych czujników.

Odczyt parametrów zmierzonych przez czujniki, lokalnie i zdalnie, odbywa się w pętli głównej, co 5 sekund. Temperatura wewnątrz pomieszczenia jest odczytywana z czujnika ciśnienia. Dodatkowo, w dolnym prawym rogu jest wyświetlany czas w sekundach, który upłynął od ostatniego odczytu danych z czujnika zewnętrznego.

## Moduł zewnętrznego czujnika temperatury

W czujniku zewnętrznym pracuje dobrze znany sensor DS18B20. Schemat ideowy modułu zewnętrznego pokazano na **rysunku 2**. Jak widać ogranicza się on do modułu WiFi, czujnika temperatury i zworki umożliwiającej zaprogramowanie układu. Dioda D1 zabezpiecza układ przed odwrotnym podłączeniem zasilania. Dzięki możliwości zaprogramowania układu ESP8266, nie musimy

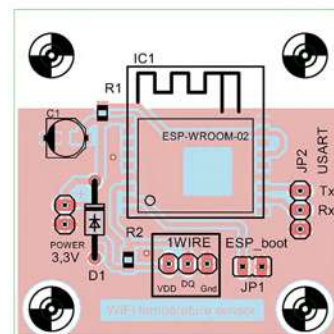
stosować dodatkowych mikrokontrolerów odczytujących temperaturę i sterujących pracą modułu.

Całość jest zasilania z dwóch baterii AAA. Moduł w trybie uśpienia pobiera około 20  $\mu$ A. Płytkę drukowaną zaprojektowano pod kątem umieszczenia jej w obudowie Z32J, która ma miejsce na baterię 6F22 (9 V), jednak bardzo dobrze mieści się tam również koszyk z bateriami 2×AAA. Ponieważ pomiar temperatury jest wykonywany co 5 minut, to baterie starczą na około pół roku pracy.

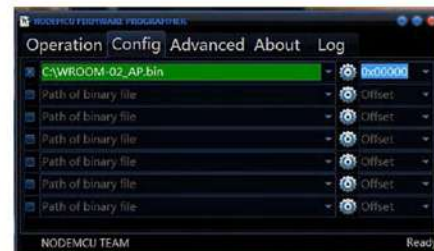
## Oprogramowanie

Oprogramowanie układu STM32 napisano w języku C za pomocą darmowej wersji kompilatora Atollic TrueSTUDIO. Oprogramowanie dla modułów WROOM-02 pracujących w trybie AP w stacji oraz w trybie Client w czujniku zewnętrznym napisano za pomocą Arduino IDE.

W trybie AP, moduł po inicjalizacji przechodzi do uruchomienia punktu dostępowego i oczekuje na dane. W trybie Client układ po wybudzeniu próbuje załogować się do AP. Po załogowaniu się mierzy temperaturę oraz siłę odbieranego sygnału RSSI,



#### Rysunek 4. Schemat montażowy modułu czujnika zewnętrznego



**Rysunek 5. Konfiguracja zworek na złączu JP6**

przesyła je do AP i przechodzi w stan głębokiego uśpienia. Dzięki pomiarowi siły sygnału mamy na wyświetlaczu obok temperatury zewnętrznej informację w postaci graficznej o poziomie sygnału Wi-Fi dochodzącego z sensora do stacji bazowej. Pozwoli to na optymalne umieszczenie czujnika, tak aby zawsze był w zasięgu sieci stacji. Średni czas pracy od wybudzenia do uśpienia to 10 sekund, a pobór prądu to 80 mA. Gdyby modułowi nie udało się w ciągu 30 sekund zalogować do AP, to przechodzi do trybu głębokiego uśpienia i po 5 minutach ponownie podejmuje próbę zalogowania się i przesłania danych.

- REKLAMA



Projekty na... 

# STM32

[www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)

 **KAMAMI**

life.augmented



## Montaż

Schemat montażowy stacji bazowej pokazano na **rysunku 3**, a zdalnego sensora na **rysunku 4**. Montaż rozpoczynamy od przylutowania elementów zasilacza i sprawdzenia jego napięcia wyjściowego. W tym celu zasilamy układ ze źródła napięcia – najlepiej stabilizowanego – z zakresu 5...7 V. Wyższe napięcie będzie powodowało grzanie się stabilizatora i może wpływać na fałszowanie wyników pomiaru temperatury z czujnika BMP. Jeśli napięcie za stabilizatorem wynosi 3,3 V, to możemy przystąpić do przylutowania mikrokontrolera STM32. Następnie lutujemy moduł WROOM-02, a dopiero na koniec wszystkie pozostałe elementy po stronie BOTTOM, łącznie z goldpinami. Teraz odwracamy płytkę na stronę TOP, montujemy kondensatory C1...C9 i w zależności od potrzeb – rezystory R6 i R7. Są to rezystory zasilające szynę I<sup>2</sup>C. Jeśli te rezystory są zamontowane na modułach czujników, to montaż R6 i R7 można pominąć.

Dopiero teraz możemy przystąpić do montażu podświetlenia LCD. Należy dość mocno rozchylić na boki końcówki diody LED i je przylutować, a następnie delikatnie przyłożyć sam wyświetlacz i również przylutować. Podobnie postępujemy z modułem czujnika zewnętrznego – zaczynamy od modułu Wi-Fi, a następnie pozostałe elementy. Po sprawdzeniu, czy nie ma zwarcia, układ jest gotowy do zaprogramowania.

## Uruchomienie

Do uruchomienia stacji potrzebna będzie tabelka z konfiguracją zworek – pokazano ją na **rysunku 5**. Taka sama tabelka jest nadrukowana na warstwie BOTTOM płytki drukowanej.

Uruchomienie stacji bazowej rozpoczynamy od zaprogramowania mikrokontrolera STM32. W tym celu wyłączamy zasilanie modułu i za pomocą zworek łączymy piny 4-6 i 1-3 złącza JP6 (konfiguracja *STM32 programming*). Zdejmujemy zwórkę ze złącza STM32\_BOOT. Włączamy zasilanie modułu i do złącza JP1 przylączamy przejściówkę USB/UART – pin RX do RX, TX do TX a GND z masą. Następnie, uruchamiamy program **Flash Loader Demonstrator** i programujemy mikrokontroler. Dokładny opis procedury programowania można znaleźć w EP 7/2008, w artykule „Programowanie pamięci Flash mikrokontrolerów STM32 – Flash Load Demonstrator”. Artykuł jest dostępny w darmowym, otwartym archiwum Elektroniki Praktycznej, dostępnym na jej stronie internetowej.

Po zaprogramowaniu odłączamy zasilanie układu, zakładamy zwórkę na złącze STM32\_BOOT i włączamy zasilanie. Od teraz powinien działać odczyt parametrów z czujników temperatury, wilgotności i ciśnienia. Jeśli na wyświetlaczu ukażą nam się pomiary, możemy przejść do programowania układu WROOM-02. W tym

celu odłączamy zasilanie modułu i łączymy piny 3-5 oraz 2-4 za pomocą zworek w złączu JP6 (konfiguracja *WROOM-02 programming*). Zakładamy zwórkę na piny złącza ESP\_BOOT, włączamy zasilanie i uruchamiamy program **Nodemcu Firmware Programmer** – można pobrać go z Internetu. Aby go odnaleźć, należy w wyszukiwarce wpisać nazwę **nodemcu flasher**. W zakładce *Operation* należy wybrać port COM, do którego mamy dołączoną przejściówkę. W zakładce *Advanced* ustawiamy: *Baudrate* – 115200, *Flash size* – 2Mbyte, *Flash speed* 40MHz, *SPI Mode* – DIO. Przechodzimy do zakładki *Config* i wybieramy ścieżkę dostępu do programu do wgrania. Po lewej stronie zaznaczamy „x” w niebieskim małym kwadracie, po prawej – wybieramy adres 0x0000. Prawidłowe ustawienia pokazano na **rysunku 6**. Gdy wszystko jest ustawione, przechodzimy do zakładki *Operation* i klikamy przycisk *START*. Po chwili powinny zostać wyświetlone adresy MAC dla trybów AP i STA oraz rozpocząć się programowanie modułu. Po zakończeniu wyłączamy zasilanie stacji, zdejmujemy zwórkę ze złącza ESP\_BOOT, odłączamy przejściówkę i wpinamy zworki w złączu JP6 do trybu pracy NORMAL WORK (łączymy piny 1-2 i 5-6). Po włączeniu zasilania na wyświetlaczu powinny być wyświetlone wartości odczytane z czujników.

W taki sam sposób programujemy moduł Wi-Fi w module czujnika zewnętrznego. Do złącza JP2 przylączamy przejściówkę USB/UART (Uwaga! TX przejściówki do RX w złączu JP2 i RX przejściówki do TX złącza JP2) i przelączając zwórkę na złączu JP1 ESP\_BOOT programujemy układ. Po zaprogramowaniu zdejmujemy zwórkę, odłączamy programator i włączamy zasilanie. Po kilku sekundach na wyświetlaczu stacji bazowej powinna być wyświetlona temperatura z czujnika zewnętrznego. Może się zdarzyć sytuacja, że po pierwszym uruchomieniu pojawi się tylko ikonka

NORMAL WORK	
STM32 programming	
WROOM-02 programming	

**Rysunek 6. Prawidłowa konfiguracja w zakładkach Config i Advanced**

siły odbieranego sygnału – wtedy rozłączamy zasilanie czujnika zewnętrznego, odczekujemy 20 sekund i ponownie włączamy zasilanie. Każdy kolejny pomiar będzie już prawidłowo wyświetlany. Jest to spowodowane „zaśmieceniem” bufora odbiorczego przez układ WROOM-02 przed ustabilizowaniem parametrów w stacji, który czyści się po drugim prawidłowo odebranych pakiecie danych.

## Możliwość rozbudowy

Na koniec kilka słów o możliwościach rozbudowy urządzenia. Oczywiście, można podłączyć więcej czujników zewnętrznych – osobiście testowałem z 12 rozmieszczonymi w całym domu i wszystko pracowało prawidłowo. Istnieje również możliwość dołączenia do modułu zewnętrznego innych czujników np. wilgotności, nasłonecznienia, można dokonywać pomiaru napięcia itp. Ograniczeniem jest tylko wyobraźnia konstruktora. Moduł WROOM-02 dzięki IDE Arduino programuje się tak samo, jak zwykły układ z mikrokontrolerem, a dzięki wielu darmowym bibliotekom praktycznie nie ma ograniczeń w zastosowaniach układu. Zachęcam do budowy własnych urządzeń z zastosowaniem tego modułu.

Grzegorz Burzyński,  
sp5ein@gmail.com

Lista osób nagrodzonych w konkursie  
**Zrób sobie prezent na Mikołaja**  
ogłoszonym w listopadowym numerze  
„Elektroniki dla Wszystkich” i „Elektroniki Praktycznej”:

**Edward Ciechanowicz** – Biała Podlaska  
**Gustaw Fita** – Poznań  
**Włodzimierz Kaliński** – Warszawa  
**Karol Orzechowski** – Maciejowa  
**Jacek Podgorodecki** – Lublin  
**Marcin Przywara** – Czarna Sędziszowska  
**Gabriel Pytel** – Łódź  
**Konrad Śledziwski** – Warszawa  
**Krzysztof Wawrzyniak** – Piła  
**Mateusz Wilkowski** – Ozorków  
**Paweł Witek** – Bytom  
**Marcin Wnuczek** – Bielsko Biała

Nagrodzeni otrzymują zestawy preparatów chemicznych dla elektroników firmy MICRO CHIP ELEKTRONIC.





**Uwaga! W układzie występuje napięcie, które może być niebezpieczne dla życia! Podczas eksploatacji urządzenia należy zachować szczególną ostrożność. Płytkę przyrządu powinna być umieszczona w obudowie wykonanej z dobrego izolatora.**

# Przyrząd do formowania kondensatorów elektrolitycznych

## DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

[ftp://ep.com.pl](http://ep.com.pl)

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-5570

### Podstawowe informacje:

- Napięcie wyjściowe: do 550 V DC.
- Wydajność prądowa: 4 mA.
- Zasilanie 12...15 V DC/maks. 250 mA.
- Płynne ustawianie napięcia końcowego potencjometrem.
- Stały podgląd prądu i napięcia podczas formowania.
- Możliwość bezpiecznego przerywania formowania w dowolnym momencie.
- Kontrolowane rozładowanie formowanego kondensatora do napięcia poniżej 12 V.

### Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-614	Warsztatowy tester kondensatorów (EdW 10/2004)
AVT-2404	Miernik rezystancji kondensatorów (EdW 3/2001)

#### \* Uwaga:

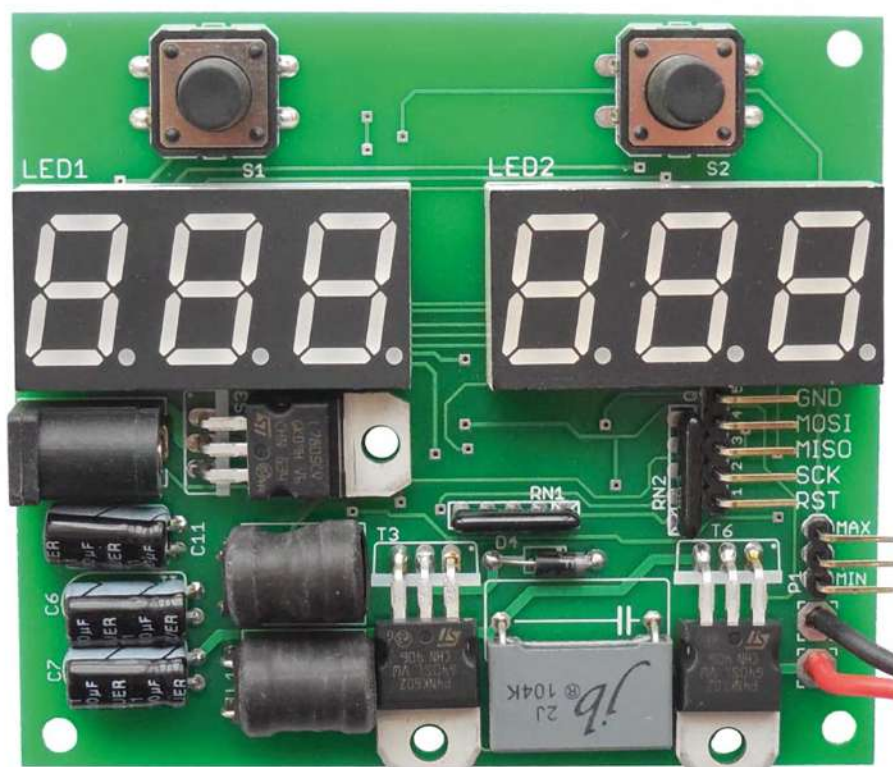
Zestaw AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie jest to zaznaczone), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymiennych.  
 AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
 AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, A+, B lub C). <http://shlep.avt.pl>

Formowanie kondensatorów elektrolitycznych polega na regenerowaniu struktury izolatora z tlenku glinu, który ulega powolnej degradacji. W niektórych miejscach jego powierzchnia staje się cieńsza niż należy, a niekiedy dochodzi nawet do przerywania ciągłości. Po wystąpieniu napięcia na okładkach takiego kondensatora zaczyna przezeń płynąć niemały prąd, wynikający ze zwiększonej upływności, co prowadzi do efekownego, ale groźnego w skutkach uszkodzenia.

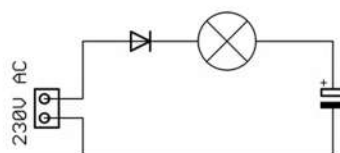
Kiedy napięcie jest wystarczająco małe, by nie doszło do przebicia warstwy izolacyjnej, wówczas warstwa tlenku odbudowuje się z czasem i kondensator wraca do normalnej sprawności. Jeżeli jednak degradacja posunęła się zbyt daleko, przez kondensator popłynie prąd o tak dużej wartości, że zostanie on rozegrany lub – w lepszym przypadku – elektrolit zagotuje się i wypłynie. W obu wypadkach, dalsza eksploatacja takiego podzespołu jest niemożliwa. Może również dojść do zwarcia pomiędzy okładkami.

Elektronicy zajmujący się renowacją starych urządzeń często stają przed koniecznością formowania kondensatorów elektrolitycznych, które nie były używane od kilkadziesiąt lat. Te elementy (w większości wypadków) są w pełni sprawne, wymagają jedynie „rozruszania” przed ponowną eksploatacją. To samo można zrobić z nowymi kondensatorami, które pracują na granicy wytrzymałości napięciowej.

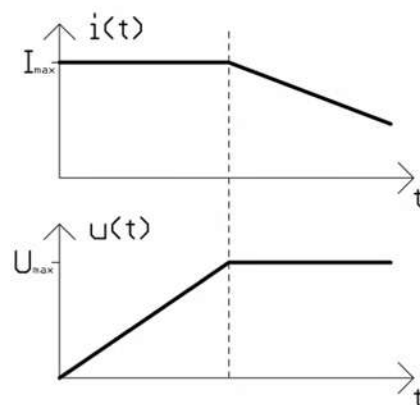
**Rekomendacje:** przyrząd warsztatowy, który przyda się przy renowacji starych radiodiodników, telewizorów i innych urządzeń.



Rozwiązaniem tego problemu jest wcześniejsze uformowanie kondensatora, które zregeneruje warstwę tlenku w kontrolowanych warunkach. Przede wszystkim, należy ograniczać prąd płynący przez kondensator. Ponadto, w wypadku kondensatorów wysokonapięciowych, należy dysponować źródłem odpowiednio wysokiego napięcia stałego.



**Rysunek 1. Schemat ideowy dawnego układu do formowania kondensatorów**



**Rysunek 2. Zmiany napięcia i prądu na kondensatorze podczas jego formowania**



Jedną ze starych metod uzyskania takiego zasilacza jest wyprostowanie napięcia sieciowego za pomocą diody oraz ograniczanie prądu żarówką o niewielkiej mocy (rysunek 1). Taka metoda nie pozwala jednak na regulowanie napięcia oraz zawodzi, gdy nominalne napięcie pracy jest wyższe od wartości maksymalnej napięcia sieciowego. Oceny natężenia płynącego prądu

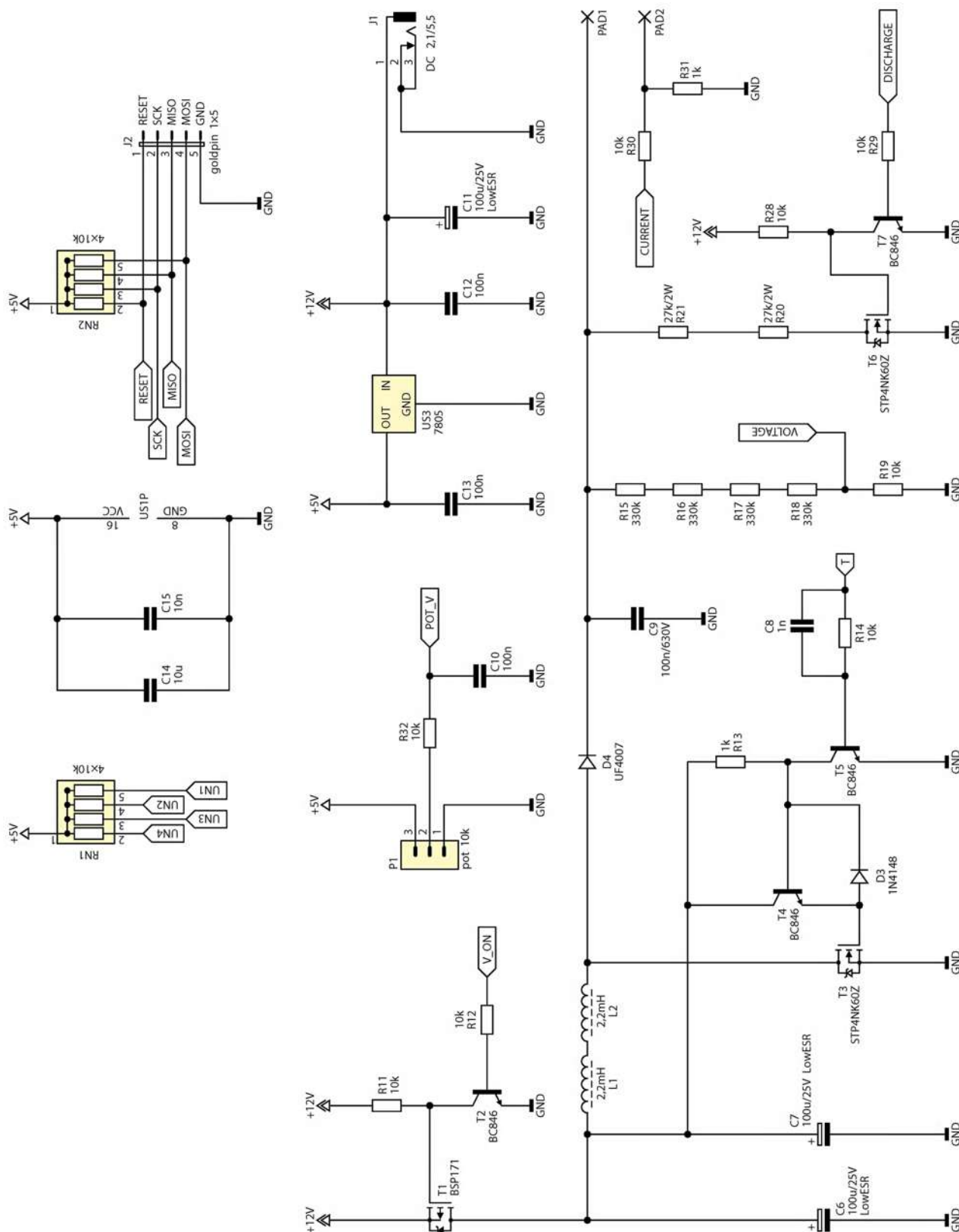
można dokonać przez obserwację jasności świecenia żarówki. Nieostrożnemu użytkownikowi eksploatacji takiego układu grozi porażeniem.

Obecnie tak niebezpieczne i niewygodne metody należy odstawić do lamusa. Łatwo można zbudować przetwornicę impulsową o kontrolowanej wydajności prądowej, która w zupełności sprostą temu zadaniu. Odizolowanie

układu od sieci znacznie zwiększy bezpieczeństwo jego używania, a wbudowany miernik prądu i napięcia pozwolą na ocenę stanu technicznego formowanego kondensatora.

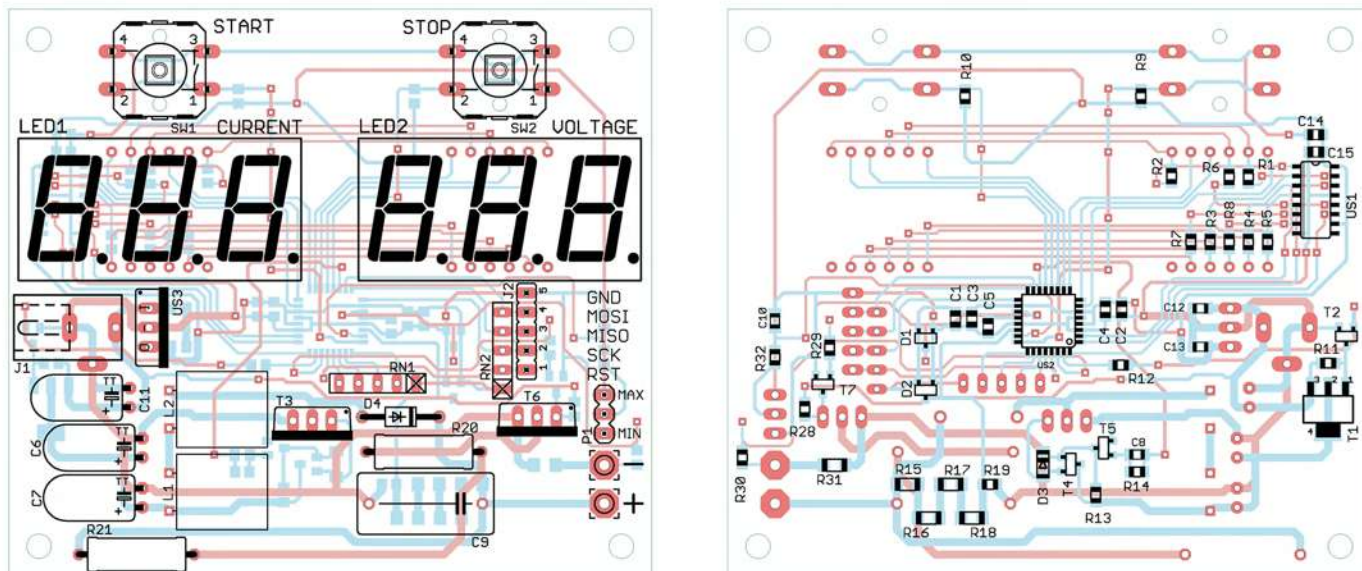
W najprostszym wypadku, układ do automatycznego formowania powinien mieć dwa tryby pracy:

1. Źródła prądowego, w którym prąd jest ograniczony do ustalonej wartości,



Rysunek 3. Schemat ideowy przyrządu do formowania kondensatorów.





Rysunek 4. Schemat montażowy przyrządu do formowania kondensatorów

a napięcie powoli wzrasta w miarę postępu procesu formowania.

2. Źródła napięciowego, w którym na zaciskach kondensatora utrzymywane jest napięcie o stałej wartości, a prąd przezeń płynący powoli spada.

Schematyczne przedstawienie zmian prądu i napięcia w czasie obrazuje rysunek 2.

#### Wykaz elementów:

##### Rezystory:

R1...R8, R13: 1 kΩ (SMD 0805)  
R9...R12, R14, R19, R28...R30, R32: 10 kΩ (SMD 0805)  
R15...R18: 330 kΩ (SMD 1206)  
R20, R21: 27 kΩ/2 W  
R31: 1 kΩ (SMD 1206)  
RN1, RN2: 4×10 kΩ (SIL5)  
P1: 10 kΩ/A (pot. liniowy, mocowany do ścianki)

##### Kondensatory:

C1, C2, C4, C14: 10 μF (SMD 0805)  
C3, C5, C10, C12, C13: 100 nF (SMD 0805)  
C4, C15: 10 nF (SMD 0805)  
C6, C7, C11: 100 μF/25 V (LowESR)  
C8: 1 nF (SMD 0805)  
C9: 100 nF/630 V

##### Półprzewodniki:

D1, D2: BAT54S  
D3: 1N4148 (miniMELF)  
D4: UF4007  
LED1: AT5636BG  
LED2: AT5636BMR  
T1: BSP171  
T2, T4, T5, T7: BC846  
T3, T6: STP4NK60Z  
U1: 74HC595 (SO16)  
U2: ATmega48PA-AU (TQFP32)  
U3: 7805 TO220

##### Inne:

J1: złącze zasilania DC2,1/5,5  
J2: goldpin 5 pin/2,54 mm, kątowny  
L1, L2: 2,2 mH (pionowe)  
Goldpin 3pin 2,54mm kątowny + żeński 3pin  
Krokodylki: czerwony + czarny

Linia przerywana to przejście z jednego trybu w drugi.

Istnieje jeszcze jeden problem, który powinien zostać rozwiązany: rozładowywanie kondensatora po jego uformowaniu. Na jego zaciskach panuje wtedy wysokie napięcie stałe, które jest bardzo groźne dla zdrowia i życia. Nieuważne dotknięcie takiego kondensatora ręką może skończyć się tragicznie zwłaszcza, jeżeli ma on dużą pojemność. „Domowe” metody na jego bezpieczne rozładowanie sprowadzają się do zwarcia wyprowadzeń za pomocą żarówki lub rezystora dużej mocy. Przy stosowaniu omawianego układu takie operacje nie są konieczne – rozładowanie następuje automatycznie.

### Schemat ideowy

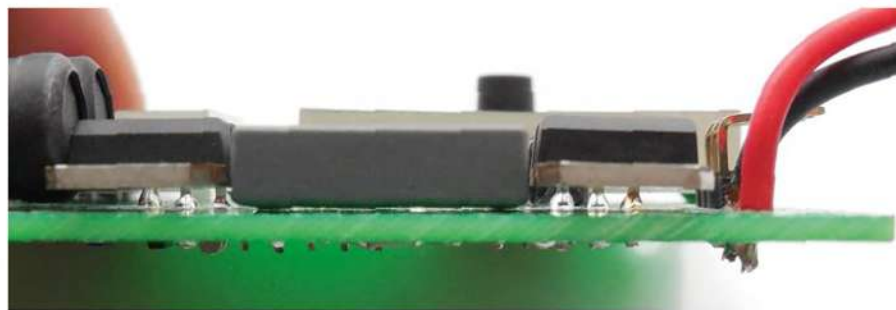
Schemat ideowy przyrządu do formowania kondensatorów pokazano na rysunku 3. Najciekawszy fragment całego urządzenia stanowi wysokonapięciowa przetwornica impulsowa o małej mocy. Została wykonana w topologii „boost”. Nie jest tu wymagana izolacja galwaniczna pomiędzy formowanym kondensatorem, a źródłem zasilania, dlatego w jej budowie nie użyto transformatora. Jako element indukcyjny przetwornicy zostały użyte dwa połączone szeregowo dławiki o indukcyjności 2,2 mH każdy. Indukujące się napięcie mogłoby przebić izolację między uzwojeniami pojedynczego elementu,

dlatego rozłożenie go na dwie równe części zmniejsza ryzyko takiego zjawiska.

Tranzystor kluczujący przetwornicy to wysokonapięciowy MOSFET STP4NK60Z. Cechuje się wysokim napięciem dren-źródło (600 V) oraz małą rezystancją otwartego kanału (rzędu 2 Ω), przez co idealnie nadaje się do tego zastosowania. Jego bramka nie może być sterowana wprost z mikrokontrolera ze względu na wymagania odnośnie do prądu i napięcia bramki. Dlatego do sterowania zastosowano układ z kluczem nasyconym i wtórnikami (tranzystory T5 i T4) z diodą D3, która ułatwia rozładowanie bramki T3 przez kolektor otwierającego się tranzystora T5. Zastosowany tranzystor MOSFET ma wbudowane diody zabezpieczające bramkę, dlatego ich dodawanie nie jest konieczne.

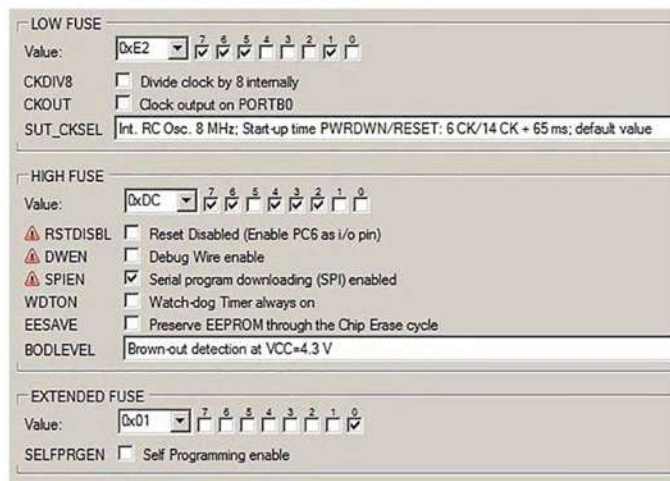
Obciążeniem przetwornicy jest kondensator C9, który ma relatywnie niewielką pojemność, jednak jego obecność jest wskazana do wykonywania prawidłowych pomiarów napięcia. Zapewnia minimalną pojemność, która wygładza tętnienia w dostatecznym stopniu. Dołączenie formowanego kondensatora dodatkowo redukuje amplitudę tętnień – układ jednak musi działać prawidłowo nawet wtedy, kiedy formowany kondensator byłby niesprawny.

Zasilanie przetwornicy jest odłączane przez tranzystor T1, co zapobiega przypadkowemu zwarciu podczas przyłączania formowanego kondensatora. W przetwornicy

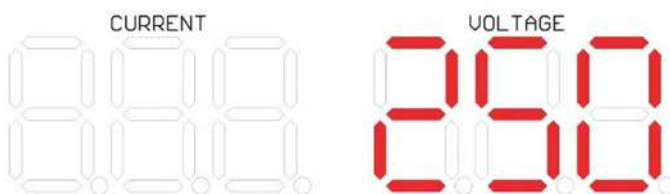


Fotografia 5. Szczegóły montażu elementów w obudowach TO220





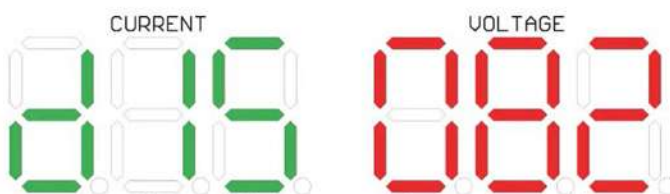
Rysunek 6. Okno konfiguracji bitów zabezpieczających w BitBurner



Rysunek 7. Widok wyświetlaczy przy ustawianiu napięcia



Rysunek 8. Widok wyświetlaczy podczas formowania



Rysunek 9. Widok wyświetlaczy w trakcie rozładowywania

o tej topologii, przy braku kluczkowania, napięcie zasilające jest cały czas dostępne na wyjściu, ponieważ prąd może swobodnie przepływać przez uzwojenia dławików i diodę. Nasylenie tranzystora T2 obniża potencjał bramki T1 niemal do zera, co pozwala na pełne otwarcie tranzystora T1. Zatkanie T2 powoduje rozładowanie pojemności  $C_{gs}$ , więc T1 również przestaje przewodzić. Przyspieszanie procesu przełączania tego tranzystora nie jest konieczne.

Kondensatory C6 i C7 redukują impedancję wewnętrzną takiego źródła zasilania przetwornicy. Ponadto, zmniejszają tętnienia wywołane przełączaniem tranzystora T3, ponieważ driver bramki również jest zasilany z tego samego źródła.

Do pomiaru napięcia na zaciskach formowanego kondensatora służy dzielnik składający się z rezystorów R15-R19. Sześciokątne połączenie czterech rezystorów w obudowach 1206 zwiększa łączną wytrzymałość napięciową oraz rozkłada moc strat

między nimi. Prąd pobierany przez ten dzielnik jest niewielki, maksymalnie  $415 \mu A$  przy napięciu 550 V. Pomiar natężenia prądu odbywa się metodą pośrednią, poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze R31. Możliwość kalibracji wskazań amperomierza i woltomierza nie została przewidziana. Formowanie kondensatorów nie jest procesem, które wymagałoby dokładnej kontroli prądu i napięcia, a dzięki temu cały układ jest łatwiejszy do uruchomienia.

Wejście przetwornika A/C mikrokontrolera jest zabezpieczone przez uszkodzeniem wskutek przekroczenia dopuszczalnej wartości napięcia. Odpowiadają za to dwie podwójne diody Schottky typu BAT54S, które są mogą służyć do wykonania takich zabezpieczeń. Prąd tych diod jest ograniczony: rezystorem

R30 (dioda D1) oraz wewnętrzną rezystancją dzielnika napięcia (dioda D2).

Energia zgromadzona w kondensatorze, która dla bezpieczeństwa użytkownika musi być z niego odprowadzona podczas rozładowania, znajduje ujście w rezystorach R20 i R21. Podczas formowania, tranzystor T7 jest nasycony, przez co T6 nie przewodzi. Kiedy przychodzi do rozładowania, tranzystor T7 jest zatykany i T6 otwiera się. Praktycznie cała moc wydziela się wtedy na rezystorach, dlatego nie ma potrzeby chłodzenia tego tranzystora. Część napięcia z kondensatora odkłada się wtedy na boczniku do pomiaru prądu, dlatego musi to być rezystor w obudowie 1206.

Pracą całego układu zarządza mikrokontroler ATmega48 w obudowie TQFP32. Stabilizowane napięcie 5 V, którego wymaga do poprawnej pracy, jest dostarczane przez stabilizator US3. Kondensatory C1...C4 w szerokim zakresie częstotliwości zmniejszają impedancję źródła zasilającego

mikrokontroler. Z kolei kondensatory C12 i C13 są niezbędne do poprawnej pracy stabilizatora typu 7805. Kondensator C5 jest elementem zalecanym przez producenta mikrokontrolera do poprawnej pracy przetwornika A/C.

Wyświetlanie zmierzonych wartości odbywa się na dwóch 3-cyfrowych wyświetlaczach 7-segmentowych LED. Ich sterowanie jest multipleksowe: do rejestru przesuwonego US1 mikrokontroler wpisuje bajt sterujący cyfrą, po czym ją załącza. Ograniczenie prądu segmentów do ok. 3 mA pozwoliło na uniknięcie zastosowania tranzystorów sterujących anodami cyfr. Sumaryczny prąd płynący przez te anody nie przekracza 24 mA, więc wyprowadzenia portów mikrokontrolera nie ulegną uszkodzeniu. Nieużywane wejścia mikrokontrolera są zasilane poprzez rezystory w drabince RN1. Podobnie zabezpieczono wyprowadzenia do programowania ISP. Dzięki temu, zaburzenia indukowane na tych nóżkach (pochodzące od pracującej przetwornicy impulsowej oraz gromadzących się ładunków elektrostatycznych) nie wpływają na pracę mikrokontrolera.

## Montaż i uruchomienie

Całość zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 85 mm×75 mm, której schemat montażowy pokazano na rysunku 4. W odległości 4 mm od krawędzi płytki wykonano 4 otwory montażowe o średnicy 3,2 mm każdy. Na płytce znajdują się elementy montowane powierzchniowo i techniką przewlekanką. Wszystkie elementy SMD znajdują się od spodniej strony płytki drukowanej, dlatego od nich polecam rozpocząć montaż. Na płytce przewidziane zostało miejsce na położenie wysokich podzespołów w obudowach THT. W ten sposób najwyższymi elementami stają się wyświetlacze. Płytke można bez przeszkód dokręcić do czoła obudowy. Do tych elementów należą: kondensatory elektrolityczne, dławiki, tranzystory wysokonapięciowe, kondensator C9 i stabilizator 7805. Jeżeli chodzi o trzy podzespoły w obudowach TO220, to należy je przylutować 2..3 mm nad powierzchnią płytki, aby metalowa wkładka nie spowodowała zwarcia ze znajdującymi się pod nią ścieżkami. Szczególnie dotyczy to tranzystorów STP4NK60Z, w których obudowa jest połączona z drenem, a ten z kolei znajduje się na wysokim potencjale dodatnim. Przedstawia to fotografia 5. Do pól lutowniczych PAD1 i PAD2 należy przylutować krótkie przewody w wytrzymałej izolacji, zakończone krokodylkami – dołączanie formowanych kondensatorów będzie wtedy znacznie łatwiejsze.

Jeżeli montaż został zakończony, należy zaprogramować mikrokontroler dołączonym plikiem oraz zmienić bity zabezpieczające: wyłączyć podział częstotliwości zegara przez





Rysunek 10. Oscylogram napięcia bramka-źródło tranzystora T3



Rysunek 11. Oscylogram napięcia dren-źródło tranzystora T3

8 oraz uruchomić Brown-Out Detector na napięciu 4,3 V. Bajtę po konfiguracji:

- Low Fuse: **0xE2**.
- High Fuse: **0xDC**.
- Extended Fuse: **0x01**.

Widok okna konfiguracji tych bitów w programie BitBurner przedstawia **rysunek 6**.

Po poprawnym zaprogramowaniu układ jest gotowy do działania. Wymaga on zasilania napięciem stałym o wartości ok. 12...15 V, niekoniecznie stabilizowanym. Pobór prądu nie przekracza 250 mA.

## Eksploatacja

Po przyłączeniu potencjometru do zacisków złącza P1 oraz włączeniu zasilania, układ znajduje się w trybie regulacji napięcia końcowego. Wyświetlacze wyglądają jak na **rysunku 7**. Wyświetlacz amperomierza jest wygaszony, a na woltomierzu jest wskazywane maksymalne napięcie, do którego będzie formowany kondensator.

Po ustawieniu potencjometrem żądanej wartości oraz upewnieniu się, że kondensator przeznaczony do formowania jest prawidłowo podłączony, można nacisnąć przycisk SW1 oznaczony „Start”. Na amperomierzu będzie wskazywany aktualny prąd (w miliamperach), a na woltomierzu napięcie występujące na zaciskach kondensatora (**rysunek 8**). W tym stanie, wciskając SW1 można podejrzeć (na woltomierzu) zadaną wartość napięcia. Prąd ładowania kondensatora będzie (w pierwszej fazie) oscylował wokół 4 mA. Po osiągnięciu maksymalnej wartości napięcia prąd zacznie stopniowo maleć.

Formowanie może trwać dowolnie długo. Moment jego zakończenia wybiera użytkownik, poprzez naciśnięcie przycisku SW2 oznaczonego „Stop”. Przetwornica zostaje wyłączona, jej zasilanie jest odłączane,

a uformowany kondensator jest rozładowywany przez rezystory R20 i R21. Amperomierz informuje o trybie rozładowywania („discharge”), a na woltomierzu widać aktualne napięcie (**rysunek 9**). Gdy napięcie na zaciskach kondensatora spadnie poniżej 12 V, rozładowanie zostaje przerwane i urządzenie wraca do początkowego stanu, jak na rys. 7.

## Dla ciekawskich

Na płytce nie przewidziano miejsca dla kontrolera przetwornicy impulsowej. Jego rolę pełni mikrokontroler ATmega48, w którym licznik Timer1 został skonfigurowany do pracy w trybie PWM. Wyjściem sygnału PWM jest kanał OC1B.

Wartość rejestru ICR1 wynosi 550. Sam licznik pracuje z zegarem 8 MHz (bez preskalera), więc ustalona w ten sposób częstotliwość to około  $8 \text{ MHz} / 550 = 14,5 \text{ kHz}$ . Stabilność częstotliwości nie jest krytyczna, dlatego wystarczy taktowanie wbudowanym układem RC. Taka częstotliwość PWM została dobrana eksperymentalnie, kierując się wynikami pomiarów maksymalnego napięcia, jakie można uzyskać z przetwornicy. Na podstawie odczytów prądu i napięcia (za pomocą przetwornika A/C) podczas formowania, układ ustala wartość wypełnienia. Ograniczeniami są:

- Prąd maksymalny (nie może przekroczyć 4 mA).
- Napięcie maksymalne (nie może przekroczyć zadanej wartości).
- Zawartość rejestru OCR1B.

Całą „logikę” przetwornicy można zawrzeć w dwóch liniach kodu:

```
if(prad_aktualny <= PRAD_MAX
&& nap_aktualne < nap_zadane
&& OCR1B > 1){OCR1B--;}
```

```
if((prad_aktualny > PRAD_MAX ||
nap_aktualne > nap_zadane) &&
OCR1B < ICR1_MAX-1){OCR1B++;}
```

Warunki są sprawdzane co ok. 1 ms. Generator PWM pracuje w trybie odwróconym, tj. zwiększanie zawartości rejestru OCR1B zmniejsza wypełnienie. Utrzymywane napięcie fluktuuje o ok. 2...3 V, co w zupełności wystarcza do tego zastosowania.

Na **rysunku 10** zamieszczono oscylogram napięcia bramka-źródło tranzystora T3. Zafalowania widoczne podczas wyłączenia tranzystora pochodzą od tętnień, które przechodzą na bramkę przez pojemność  $C_{gd}$ . Tętnienia te mają wartość ok. 1,5 Vpp, czyli zdecydowanie zbyt mało, by w niekontrolowany sposób otworzyć tranzystor. Na tym oscylogramie nie można ocenić stromości zboczy, lecz nie widać rażących dysproporcji między zboczem narastającym a opadającym, co oznacza, że driver bramki działa poprawnie. Te tętnienia widać wyraźnie na **rysunku 11**, który przedstawia przebieg czasowy napięcia dren-źródło tego samego tranzystora. Są one skutkiem oscylacji dławika przetwornicy na własnej częstotliwości rezonansowej, znacznie wyższej od częstotliwości kluczującej tranzystor. Najwyższy impuls otwiera diodę D4 i doładowuje formowany kondensator – pozostałe nie mają żadnego znaczenia, ponieważ ta przetwornica nie była optymalizowana pod kątem sprawności.

Za pomocą omówionego przyrządu uformowano kilkanaście wysokonapięciowych kondensatorów elektrolitycznych. Były one w różnym stanie, niektóre leżały nieużywane od ponad 50 lat. Czas formowania (za koniec przyjęto prąd poniżej 0,2 mA) wahał się od 10 minut do 15 godzin, dlatego nie należy się zniechęcać, jeżeli prąd spada bardzo wolno.

Michał Kurzela, EP

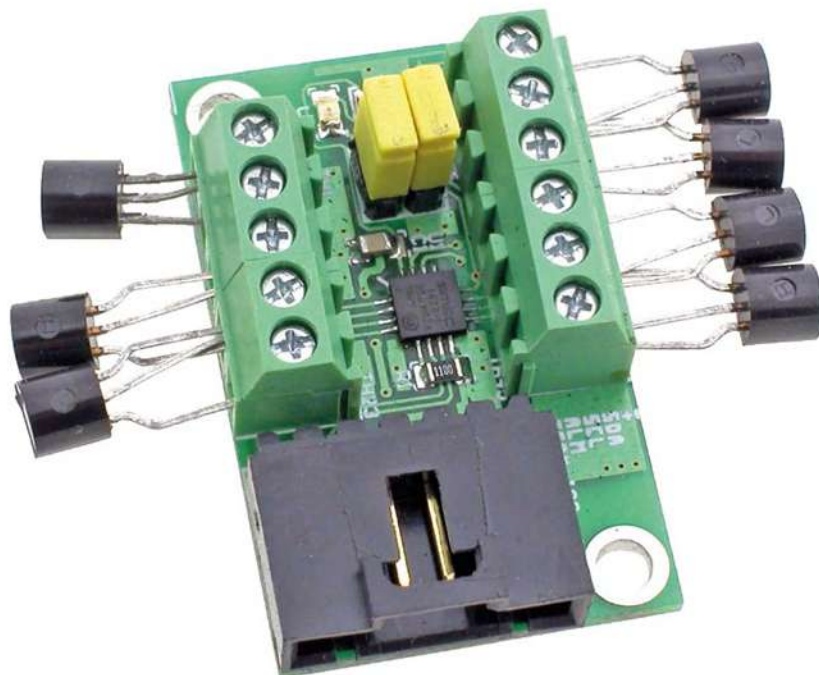


HTTP://WWW.EPCOM.PL/KAP



# 8-kanałowy termometr z I<sup>2</sup>C

Czasem jest konieczny pomiar temperatury w kilku niezależnych punktach urządzenia. Oczywiście, dostępne są termometry z interfejsem 1-Wire czy I<sup>2</sup>C ułatwiające realizację małej sieci niezależnych termometrów, jednak ich koszt nie jest pomijalny. Przedstawiony układ używa jako czujników „najzwyklejszych” tranzystorów krzemowych, w wyniku czego nawet kilka kanałów pomiarowych kosztuje niewiele i może być zbudowane z elementów zalegających w szufladzie.



## DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

ftp://ep.com.pl

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-1941

### Wykaz elementów:

R1\*: 110 Ω (SMD 0805)  
 RP1: 2,2 kΩ (drabinka CRA06S08)  
 C1: 0,1 μF (SMD 0805)  
 LD: dioda LED SMD 0805  
 U1: EMC1428 (QFN16)  
 I2C: złącze EH6 kątowe  
 PU: złącze IDC4 + 2 zwory  
 TH1: DG381-3.5-2 (złącze DG 2pin)  
 TH23, TH45, TH67: DG381-3.5-3 (złącze DG 3pin)

### Projekty pokrewne na FTP:

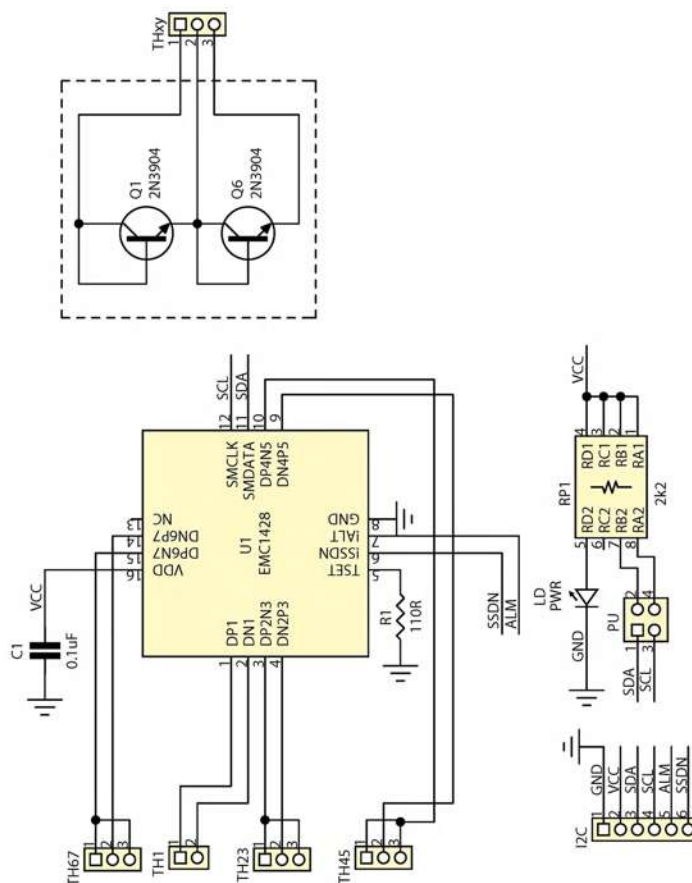
(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5573	Nieskomplikowany termometr-rejestrator (EP 11/2016)
AVT-5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT-5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT-1863	Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT-1790	Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT-5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT-5420	Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT-5373	Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT-1705	Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)
AVT-5330	Termometr PC (EP 2/2012)

\* Uwaga:  
 Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK – to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A – płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyrażnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B – płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie elementów i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx C – płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.  
 AVT xxxx D – to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
 AVT xxxx E – to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, B lub C) <http://shlep.avt.pl>

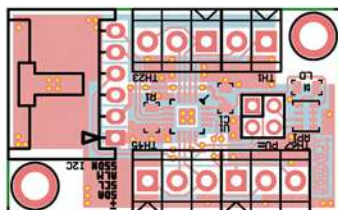
W module zastosowano gotowe rozwiązanie oparte o układ EMC1428 firmy Microchip. Jest on kompletnym przetwornikiem 8-kanałowym, obsługującym 7 czujników kanałów zewnętrznych i jeden czujnik wbudowany w strukturę układu. Każdy z nich ma obwód obróbki sygnału, dzięki któremu

z rejestrów danych można odczytać temperaturę w stopniach Celsjusza. Odczyt jest możliwy z rozdzielczością 0,125°C z dokładnością ±2% w zakresie temperatury -40...+127°C, przy konwersji wykonywanej 4 razy na sekundę średni pobór prądu jest mniejszy niż 1,2 mA. Układ ma wbudowany komparator,



Rysunek 1. Schemat ideowy termometru 8-kanalowego





**Rysunek 2. Schemat montażowy termometru 8-kanalowego**

**Tabela 1. Zależność sygnalizowanej temperatury od rezystancji R1**

L.p.	Temperatura [°C]	R1 [Ω]
1	65	0
2	70	113
3	75	237
4	80	383
5	85	562
6	90	787
7	95	1100
8	100	1500
9	105	2050
10	110	2940
11	115	4530
12	120	7870
13	125	20500

współpracujący z pierwszym kanałem (DP/N1), umożliwiający sprzętowe generowanie sygnału alarmowego (SYS\_SHDN) po przekroczeniu ustalonej zewnętrzny rezystorem temperatury progowej (z zakresu 65...127°C). Sygnał może służyć do wyłączenia systemu, po przekroczeniu ustalonej temperatury (>65°C). Dostępny jest także sygnał ALERT, który w zależności od konfiguracji może pełnić funkcję przerwania lub alarmu po przekroczeniu zadanej temperatury, niezależnie dla każdego kanału. Układ automatycznie wykrywa najwyższą temperaturę i wskazuje kanał pomiarowy, ułatwia to konstrukcję wszelkiego rodzaju termostatów i układów sterowania chłodzeniem. Wyjścia alarmowe mają strukturę OD. Interfejsem komunikacyjnym jest I<sup>2</sup>C/SMBus. Układ wymaga zasilania 3,3 V, wyprowadzenie I<sup>2</sup>C oraz alarmów tolerują 5 V. Dzięki wykorzystaniu antyrównoległego połączenia elementów pomiarowych

**Tabela 2. Podstawowe rejestry EMC1428**

Lp.	Rejestr	R/W	Wartość	Opis
1	0xFD	R	0x29	ID produktu
2	0xFE	R	0x5D	ID producenta
3	0xFF	R	0x01	Wersja układu
4	0x3B	W	0x0E	Aktywacja funkcji Dual Sensor dla kanałów 2,4,6
5	0x40	W	0xFE	Aktywacja uśredniania
6	0x04	W	0x06	Częstotliwość konwersji 4Hz (domyślnie, zależna od liczby aktywnych kanałów)
7	0x00/0x29	R	Znak+temperatura	Pomiar temperatury wewnętrznej EMC1428
8	0x01/0x10	R	Znak+temperatura	Kanał 1
9	0x23/0x24	R	Znak+temperatura	Kanał 2
10	0x2A/0x2B	R	Znak+temperatura	Kanał 3
11	0x41/0x42	R	Znak+temperatura	Kanał 4
12	0x43/0x44	R	Znak+temperatura	Kanał 5
13	0x45/0x46	R	Znak+temperatura	Kanał 6
14	0x47/0x48	R	Znak+temperatura	Kanał 7

START	SLAVE ADDRESS	WR	ACK	REGISTER ADDRESS	ACK	REGISTER DATA	ACK	STOP
1->0	1001_100	0	0	XXh	0	XXh	0	0->1

**Rysunek 3. Sekwencja zapisu bajtu do rejestru EMC1428.**

START	SLAVE ADDRESS	WR	ACK	REGISTER ADDRESS	ACK	START	SLAVE ADDRESS	RD	ACK	REGISTER DATA	NACK	STOP
1->0	1001_100	0	0	XXh	0	0->1	1001_100	1	0	XXh	1	0->1

**Rysunek 4. Sekwencja odczytu bajtu z rejestru EMC1428.**

w kanałach 2...7 możliwe było zmniejszenie liczby wyprowadzeń i umieszczenie układu w obudowie QFN16.

Możliwe sposoby podłączenia czujników do EMC1428 prezentuje nota katalogowa firmy Microchip.

Schemat ideowy termometru pokazano na **rysunku 1**. Rozwiązanie jest banalne – poza U1 (EMC1428) zawiera jedynie kondensator filtrujący zasilanie C1, rezystory podciągające magistralę RP1 (z możliwością odłączenia zworką PU), diodę PWR sygnalizującą załączenie zasilania. Sygnały zasilania, alarmów i magistrali wyprowadzone są złączem I<sup>2</sup>C. Czujniki temperatury są dołączone do złącz TH1, 2/3, 4/5, 6/7. Rezystor R1 programuje próg zadziałania komparatora alarmu SYS\_SDN (SSDN). Kilka typowych wartości progowych przedstawia **tabela 1**.

Schemat montażowy termometru pokazano na **rysunku 2**. Przed uruchomieniem

należy ustalić wymaganą wartość rezystora R1. Sam montaż nie wymaga opisu.

Konfiguracja i odczyt EMC1428 odbywa się pod adresem 1001100 magistrali I<sup>2</sup>C. Sekwencję zapisu, odczytu pokazano na **rysunkach 3 i 4**. Szczegółowa mapa rejestrów dostępna jest w dokumentacji, w artykule opisany jest tylko minimalny zestaw niezbędny do pomiaru temperatury (**tabela 2**). Pierwszym odczytywanym rejestrem jest 0xFD, w którym jest przechowywana jest wartość 29h identyfikująca EMC1428. Prawidłowy odczyt rejestru może być uznany za detekcję układu na I<sup>2</sup>C. W rejestrach 0xFE (0x5D), 0xFF (0x01) przechowywane są odpowiednio ID producenta i wersja układu. Każdy odczyt temperatury 11-bitów + znak zajmuje dwa rejestry, należy zwrócić uwagę, że nie wszystkie zajmują kolejne adresy.

**Adam Tatuś, EP**



# sklep.avt.pl



# Uniwersalna ładowarka akumulatorów LiFePo4

Przedstawiony w artykule układ ładowarki przystosowany jest do ładowania szeregowej baterii LiFePO4 1...4S prądem do 1,5 A.

## DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-1942

Wykaz elementów:

R2: 10  $\Omega$ /0,5 W (SMD 1206)  
 R3, R4, R7, R8A: 10 k $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R5: 100  $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R6, R11: 100 k $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R8: 120 k $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R9: 430 k $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R10: 10 m $\Omega$ /1%, 1 W (SMD 2010)  
 R12\*, R12A\*: 692 k $\Omega$ /1% (SMD 0805)  
 R1A, R1B: 3,9  $\Omega$ /1 W (SMD 2512)  
 C1: 2,2  $\mu$ F (SMD 1206)  
 C2, C3, C10, C11: 10  $\mu$ F (SMD 1206)  
 C4, C7, C13: 1  $\mu$ F (SMD 0805)  
 C5, C6, C8, C9: 0,1  $\mu$ F (SMD 0805)  
 C12: 22 pF (SMD 0805)  
 D1: MBR540T3 (diody Schottky)  
 D2: BAT54 (diody Schottky)  
 DZ: 24A (Transil P6 jednokierunkowy 24 V)  
 PG, STAT: LED SMD 0805  
 Q1, Q2: SIR422DP (PowerPAKSO-8)  
 U1: BQ24620RVA (VQFN16)  
 L1: 8,2  $\mu$ H (dławik IHLP2525CZER8R2M01 – 8,2  $\mu$ H/75 A)  
 LiFePo, DC: złącze ARK2/5 mm  
 TH: złącze SIP2  
 THS: termistor 103AT, w pakiecie kondensatorów

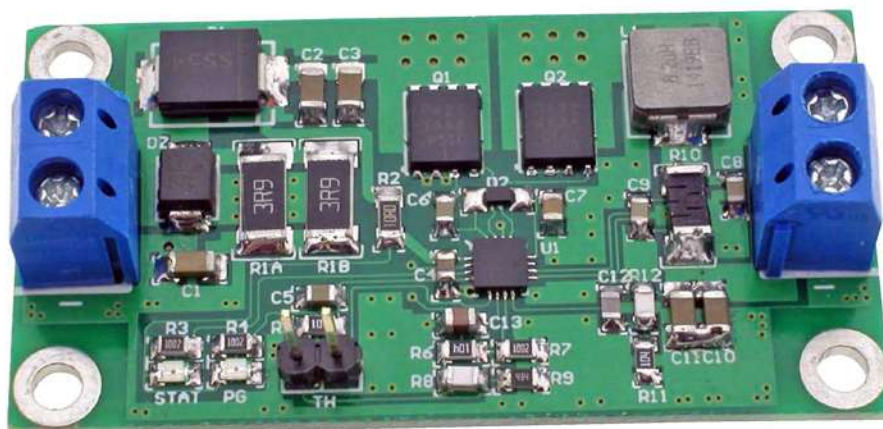
## Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-1903	Balanser do pakietów akumulatorów Li-Po (EP 3/2016)
AVT-1866	Zabezpieczenie akumulatora Li-Ion lub Li-Po (EP 8/2015)
AVT-1803	LiPo_833 – miniaturowa ładowarka Li-Po zasilana z USB (EP 6/2014)
AVT-1757	Miniaturowa ładowarka akumulatorów Li-Po zasilana z USB (EP 8/2013)
AVT-3056	Ładowarka Li-Ion z pomiarem pojemności (EdW 4/2013)
AVT-1732	Ładowarka akumulatorów Li-Ion i Li-Poly (EP 3/2013)

### \* Uwaga:

zestaw AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxxx-UK – do zaprogramowania układu. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxxx-A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie jest to zaznaczone), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxxx-B płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxxx-B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w zestawie pdf.  
 AVT xxxxx-E to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie jest zaznaczone wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
 AVT xxxxx-CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, A+, B lub C). <http://shlep.avt.pl>



Schemat ideowy ładowarki pokazany na **rysunku 1**. Układ U1 BQ24620RVA, jest sterownikiem obniżającej przetwornicy impulsowej, przystosowanej do ładowania akumulatorów LiFePO4. Zasilanie ładowarki doprowadzone jest do złącza DC i powinno zawierać się w zakresie 17-22 V, przy obciążalności 1,5 A (dla pakietu 4S), wymagania doskonale spełniają zasilacz impulsowy z laptopa lub prosty prostownik mostkowy z filtrem, zasilany z typowego napięcia przemienne 16-18VAC, jakie stosowane jest w ładowarkach i zasilaczach systemów alarmowych. Diody D1 zapobiega odwrótnemu doprowadzeniu zasilania oraz chroni przed rozładowaniem akumulatora przy zaniku zasilania sieciowego. Elementy R1A/B, C1, DZ, R2, C4 stanowią filtr przebiegów, zabezpieczający U1 przed przekroczeniem dopuszczalnego napięcia zasilania, podczas podłączania zasilania i mocnych wystąpić na długich doprowadzeniach oscylacji i przepięć. C2, C3 filtrują napięcie wejściowe, C10, C11 napięcie wyjściowe ładowarki.

Tranzystory Q1, Q2 są elementami kluczującymi przetwornicy, C6, C7, D2 wchodzi w skład obwodu polaryzacji tranzystorów kluczujących. Napięcie końcowe ładowania ustalane jest dzielnikiem R12/R12A/R13, dokładną wartość określa wzór  $V_{acc} = 1,8 \times (1 + (R12 || R12A) / R11)$  [V]. W modelu  $V_{acc}$  ustalono na 14,35 V (LiFePo4 4S), nieco poniżej standardowego 3,6 V dla jednego akumulatora. Napięcie może zostać skorygowane poprzez zmianę rezystorów R12||R12A dla dostosowania napięcia ładowarki do ilości szeregowo połączonych cel. Należy zwrócić uwagę na poprawny dobór napięcia ładowania, gdyż jest to czynnik krytyczny, nie tylko dla trwałości ale i bezpieczeństwa eksploatacji, typowo akumulatory LiFePO4

mają ustalone napięcie ładowania na 3,6 V dla jednej celi. Jako R12/R12A/R11 (W modelu R12=692 k $\Omega$ , R12=NC, R11=100 k $\Omega$ ). Należy zastosować rezystory o tolerancji 1%.

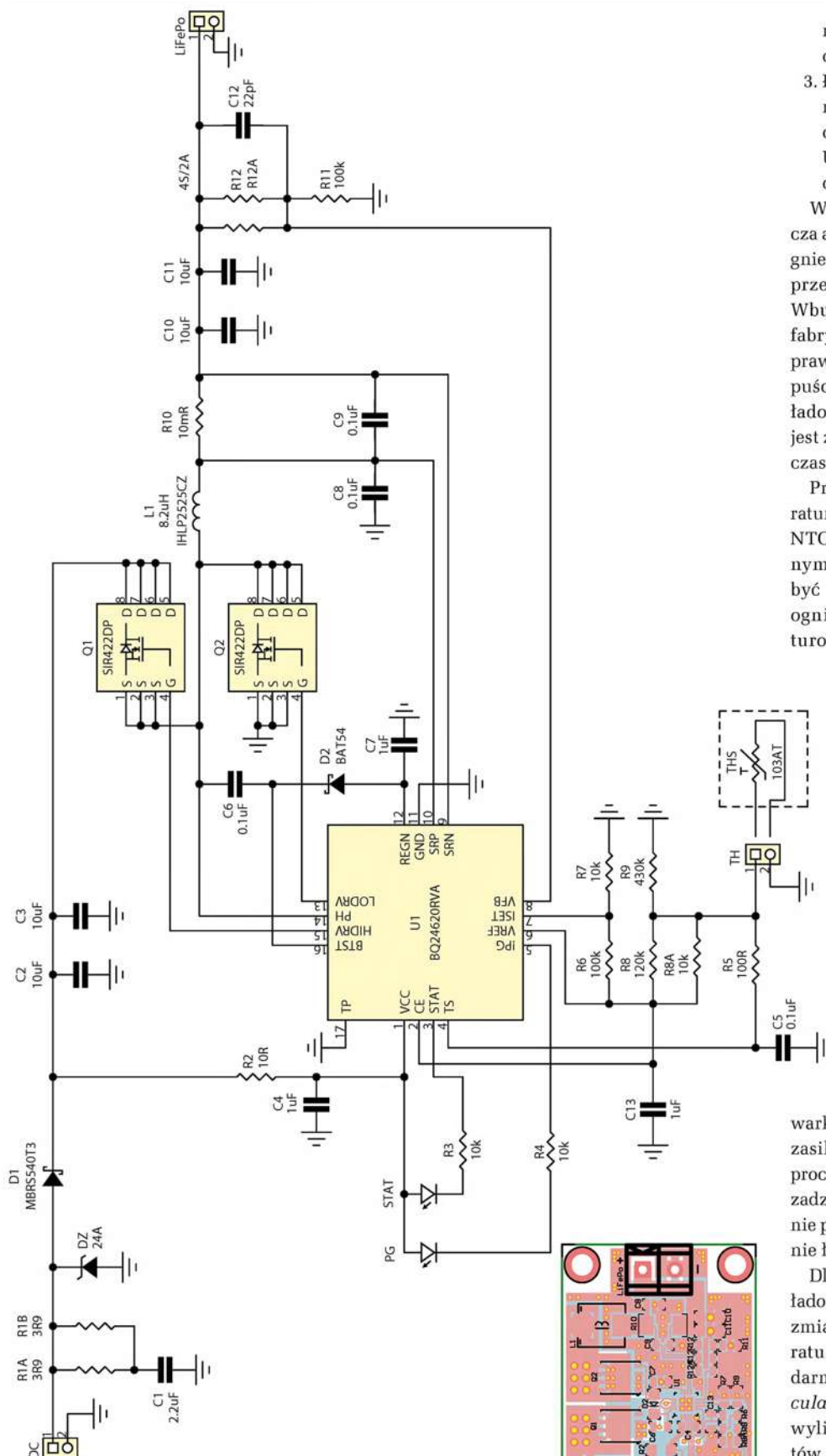
Wbudowane zabezpieczenie wyłącza sterowanie tranzystorów, gdy napięcie wyjściowe przekroczy 108% ustalonego napięcia  $V_{acc}$ . W przypadku przekroczenia napięcia zasilania 32 V, aktywowany zostaje układ zabezpieczający OVP wyłączający układ U1, w modelu nie dopuszcza do takiego wzrostu transil DZ. U1 posiada także zabezpieczenie podnapięciowe VLO działające przy napięciu zasilania <3,85 V. Bocznic R10 jest elementem obwodu pomiaru i stabilizacji prądu ładowania, C8, C9 filtrują pomiar. Sugierowana wartość bocznic do 0,01  $\Omega$ /1 W, jako kompromis pomiędzy stratami mocy, a dokładnością układu pomiaru. Za ustalenie dokładnej maksymalnej wartości prądu ładowania odpowiada dzielnik R6/R7 dołączony do wyprowadzenia ISET, zgodnie ze wzorem  $I_{acc} = V_{iset} / (20 \times R10)$  [A]. Gdzie:  $V_{iset}$ , napięcie na wyprowadzeniu ISET pochodzące z dzielnika R6/R7, dzielnik zasilany jest z wyprowadzenia VREF, typowa wartość napięcia VREF to 3,3 V. Napięcie  $V_{iset} = V_{ref} \times R7 / (R6 + R7)$  [A]. W modelu, odpowiednio: R6=100 k $\Omega$ , R7=10 k $\Omega$ ,  $V_{iset}$ =0,3 V,  $I_{acc}$ =1,5 A.

Wbudowane zabezpieczenie wyłączy tranzystory kluczujące, gdy prąd przekroczy 160% prądu  $I_{acc}$ , np. w przypadku uszkodzenia akumulatora lub zwarcia wyjścia.

Proces ładowania przebiega w trzech fazach:

1. Detekcja akumulatora, U1 testuje obecność akumulatora obciążając go i mierząc napięcie, w zależności od wyniku pomiaru, ładowanie zostaje wyłączone lub ładowarka przechodzi do drugiego kroku.





Rysunek 1. Schemat montażowy ładowarki LiFePo

2. Ładowanie prądem wstępnym  $I_{acc}/10$ , jeżeli napięcie  $U_{vfb}$  jest mniejsze od 0,35 V, proces trwa 30 minut, jeżeli po tym czasie napięcie nie wzrośnie, akumulator uznawany jest za uszkodzony i proces jest zakończony, jeżeli

napięcie wzrośnie  $>0,35$  V, U1 przechodzi do trzeciego kroku.

3. Ładowanie szybkie CC/CV, prądem znamionowym  $I_{acc}$  odbywa się, gdy zakończy się krok wcześniejszy lub napięcie  $U_{vfb}$  jest większe od 0,35 V po detekcji akumulatora.

Wbudowany timer (5 godzin) zabezpiecza akumulator, jeżeli w tym czasie nie osiągnie on napięcia końcowego, ładowanie jest przerywane i sygnalizowana jest awaria. Wbudowane timery mają czasy określone fabrycznie, należy zwrócić uwagę na poprawny dobór prądu ładowania, aby nie dopuścić do sytuacji, gdy sprawny akumulator ładowany zbyt małym prądem uznawany jest za uszkodzony z powodu przekroczenia czasu ładowania.

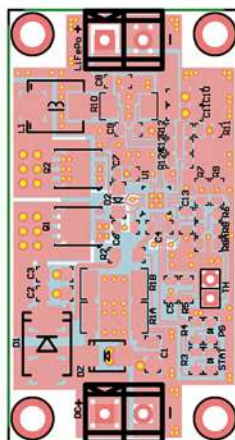
Proces ładowania zależy od temperatury, pomiar dokonywany jest termistorem NTC o charakterystyce 103AT-2 podłączonym do złącza TH. Termistor powinien być umieszczony bezpośrednio pomiędzy ogniwami akumulatora. Progi temperatury określa dzielnik  $R8/R8A$ ,  $R9$  dołączony do wyprowadzenia TS. Jeżeli temperatura mieści się w ustalonym przedziale, utrzymywane są parametry znamionowe procesu ładowania, jeżeli temperatura przekroczy progi (73,5%  $V_{ref}$  dla „niskiej” i 37%  $V_{ref}$  dla „wysokiej” temperatury), ładowarka wyłącza się i czeka do powrotu temperatury do zadanego zakresu. Progi mają histerezę zapobiegającą przypadkowemu przełączeniu. BQ24620 posiada wbudowany czujnik temperatury struktury, wyłączającej układ przy przekroczeniu 145°C. Wejście CE aktywuje ładowanie, w modelu aktywne jest stale. Diody PG i STAT sygnalizują status ładowarki. PG sygnalizuje poprawność napięcia zasilania ( $DC > LVO$ ), dioda STAT aktywny proces ładowania, miganie STAT sygnalizuje zadziałanie zabezpieczeń ładowarki, zgaszenie przy świecącej PG sygnalizuje zakończenie ładowania.

Dla osób, które chcą dostosować parametry ładowarki do własnego układu, np.: poprzez zmianę napięcia, prądu lub progów temperatury, Texas Instruments dostarcza darmowy arkusz kalkulacyjny *bqcontroller calculation tools V1.5.xls* ułatwiający szybkie wyliczenie wymaganych wartości elementów. Arkusz zostanie dołączony do materiałów źródłowych.

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej – rozmieszczenie elementów przedstawia rysunek 2. Montaż układu nie wymaga opisu. Należy zwrócić uwagę na poprawne przyłutowanie padów termicznych U1, Q1,2.

Adam Tatuś, EP

Rysunek 2. Schemat montażowy ładowarki LiFePo





# Miniaturowa ładowarka akumulatorów LiFePo4 zasilana z USB

Akumulatory LiFePo4 (litowo-żelazowo-fosforanowe) stanowią ciekawą alternatywę dla Li-Po i AGM. Ich zalety, takie jak duża pojemność, trwałość, duże prądy rozładowania, bezpieczna eksploatacja (w porównaniu z Li-Po), pomimo wyższej ceny, sukcesywnie poszerzają zakres zastosowań.

## DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 33948, PASS: 5gcckdmq

W ofercie AVT\*

AVT-1943

## Wykaz elementów:

R1, R3: 4,7 kΩ (SMD 1206)  
R2\*: 4,99 kΩ (SMD 1206)  
C1, C2: 4,7 μF (SMD 1206)  
CHG, PWR: dioda LED SMD 1206, zielona  
U1: MCP73123 (DFN10)  
USB: złącze mikro USB SMD  
LiFePo: DG381-3.5-2 (złącze śrubowe 3,5 mm)

## Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

- AVT-1929 Miniaturowa ładowarka akumulatorów Li-Po typu 18650 (EP 8/2016)
- AVT-1866 Zabezpieczenie akumulatora Li-Ion lub Li-Po (EP 8/2015)
- AVT-1803 LiPo\_833 – miniaturowa ładowarka Li-Po zasilana z USB (EP 6/2014)
- AVT-1757 Miniaturowa ładowarka akumulatorów Li-Po zasilana z USB (EP 8/2013)
- AVT-3056 ładowarka Li-Ion z pomiarem pojemności (EdW 4/2013)
- AVT-1732 ładowarka akumulatorów Li-Ion i Li-Poly (EP 3/2013)
- Zasilacz z akumulatorem Li-Po i wbudowaną ładowarką (EP 11/2012)
- AVT-3034\_2 Przetwornica i ładowarka do akumulatorów litowych (EdW 7/2012)
- AVT-3034 Przetwornica i ładowarka do akumulatorów litowych (EdW 6/2012)
- AVT-5348 Uniwersalna ładowarka akumulatorów modelarskich Ni-MH, Ni-Cd, Li-Po, Li-Fe (EP 6/2012)
- AVT-1563 Stacjonarna ładowarka akumulatorów Li-Ion (EP 3/2010)

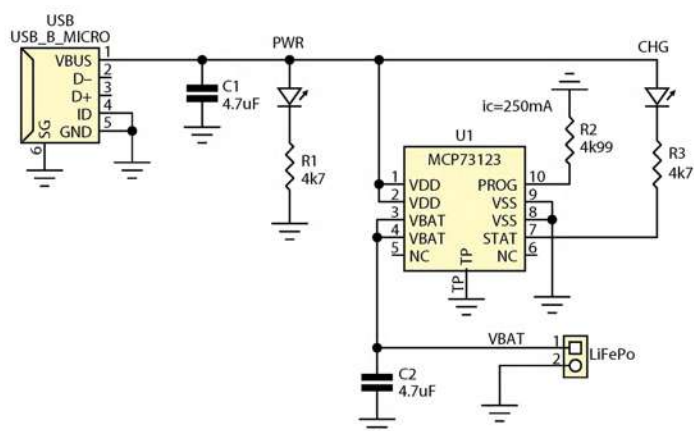
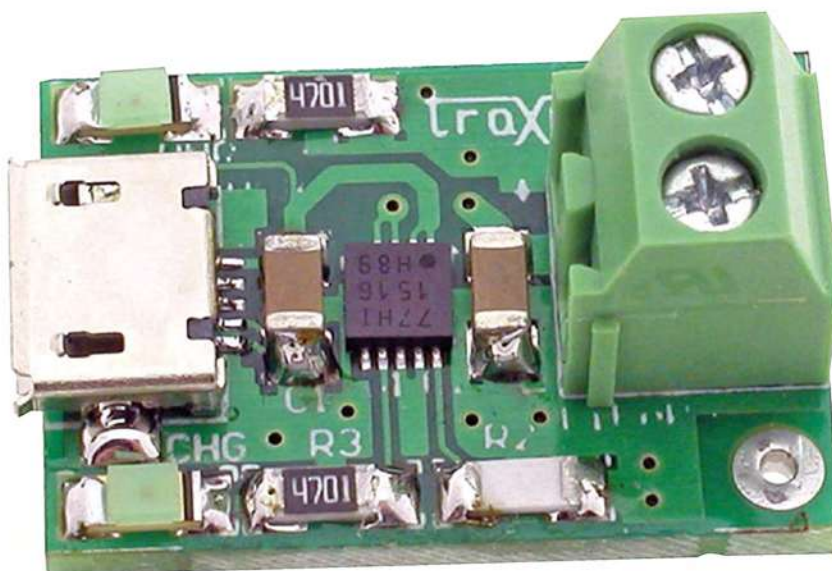
\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyrażnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie elementów UK i B) bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx C płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.  
AVT xxxx D to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
AVT xxxx E oprogramowanie (niezwykle spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć klikając w link umieszczony w opisie kitu).  
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf. Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz (UK, A, B lub C) <http://shlep.avt.pl>

Napięcie znamionowe ok. 3,6 V przy połączeniu akumulatorów w baterię, ułatwia powolne wypieranie akumulatorów AGM z bardziej wymagających aplikacji. Niestety, podobnie jak w wypadku Li-Po/Li-Ion wymagana jest specjalna ładowarka, zapewniająca precyzyjny nadzór nad procesem ładowania. Opisywana ładowarka służy do ładowania ogniw 1S 18650, 26650 z wbudowanym układem zabezpieczającym PCM, prądem maksymalnym do 500 mA. Jej schemat ideowy pokazano na rysunku 1.

Tabela 1. Rezystancja R2 dla typowego natężenia prądu ładowania

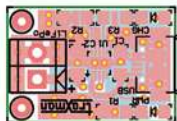
I [mA]	R2 [kΩ]	I [mA]	R2 [kΩ]
150	8,45 kΩ (8,2 Ω)	350	3k4 (3k3)
200	6,2 kΩ	400	3k00
250	4,99 kΩ (5,1 kΩ)	500	2k32 (2k37)
300	4,02 kΩ (3,9 kΩ)	500	2k32 (2k37)

Za ładowanie ogniwa odpowiada specjalizowany układ MCP73123 firmy Microchip. Układ zawiera precyzyjną ładowarkę CC/CV, blokadę pracy UVLO, zabezpieczenia przepięciowe, stopień mocy z czujnikiem prądu ładowania. Cechą charakterystyczną układu jest możliwość programowania prądu



Rysunek 1. Schemat ideowy miniatury ładowarki LiFePo4S





**Rysunek 2. Schemat montażowy miniaturowej ładowarki LiFePo4S**

ładowania poprzez zmianę wartości rezystora R2 pomiędzy wyprowadzeniem PROG i masą układu. Wartość prądu może być ustawiona od 130 mA, maksymalny prąd ładowania ograniczony jest do 1100 mA ułatwiając dopasowanie ładowarki do zastosowanego akumulatora. W modelu ze względu na ograniczenia portu USB oraz moc strat, nie zaleca się ładowania prądem większym niż 500 mA. Dokładną wartość prądu ładowania

określa się z wzoru  $I [mA] = 1104 \times R_{prog}^{-0,93} [k\Omega]$ . Rezystancję R2 dla typowego natężenia prądu ładowania prezentuje **tabela 1**.

Ładowarka zasilana jest ze złącza mikro USB napięciem 5V. Diody sygnalizują odpowiednio PWR - obecność zasilania, CHG - ładowania ogniwa. Gniazdo śrubowe LiFePo służy do podłączenia ładowanego akumulatora. Kondensatory C1i C2 filtrują zasilanie. Ładowarkę zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej. Rozmieszczenie elementów przedstawia **rysunek 2**. Montaż układu nie wymaga opisu, należy jednak zwrócić uwagę na poprawne przyłutowanie pada termicznego U1.

Układ MCP73123 ma wbudowany czujnik temperatury struktury ograniczający

prąd ładowania w przypadku nadmiernego jej wzrostu. Dla ułatwienia odprowadzenia mocy strat warto wyposażyć układ w niewielki radiator naklejony pastą termoprzewodzącą oraz używać zasilaczy, które w zapewniają stabilne 5 V DC.

**UWAGA! PODCZAS UŻYTKOWANIA OGNIWA NALEŻY ZACHOWAĆ ODPOWIEDNIE WARUNKI EKSPLOATACJI: ZABEZPIECZYĆ OGNIWO PRZED USZKODZENIEM MECHANICZNYM, ZWARCIEM, PRZECIĄŻENIEM, PRZELADOWANIEM, PRZEGRZANIEM – W ŻADNYM PRZYPADKU NIE DEMONTOWAĆ WBUDOWANEGO UKŁADU NADZORUJĄCEGO OGNIWO. NIEPRZESTRZEGANIE WARUNKÓW BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI MOŻE SPOWODOWAĆ ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA UŻYTKOWNIKA.**

Adam Tatuś, EP



**SZUKAJ W SALONACH PRASOWYCH  
ORAZ NA [WWW.ULUBIONYKIOSK.PL](http://WWW.ULUBIONYKIOSK.PL)**

(PRZESYŁKA GRATIS)

HOBBYMAGAZINES.ORG



# Przełączniki w naszym życiu – czyli o automatyce, która trafia pod strzechy

*Ostatni czas to dla firmy Relpol okres intensywnego budowania świadomości klientów i ich przekonywania, że technologia przekąźnikowa przechodzi swój renesans. Przez wiele lat przekąźniki kojarzone były z elementami sterowniczymi lub produktami wyspecjalizowanymi do pełnienia standardowych funkcji w zastosowaniach w energetyce zawodowej oraz przemyśle. Obecnie znajdują one coraz szersze zastosowania i konieczna jest zmiana sposobów postrzegania tych produktów.*

Obecnie wiele funkcji sterowniczych można realizować prze-  
kazywanymi programowalnymi – takimi, jak np. produkowane przez  
Relpol przekazywacze NEED. Następuje również ogromny wzrost zasto-  
sowań przekazywaczy jako elementów separacyjnych i wykonawczych.  
Zmiana, jaka się dokonuje w automatyce przemysłowej, wywołana  
dążeniem do tworzenia nowoczesnych układów oraz chęcią uzyska-  
nia większej konkurencyjności, skłania automatyków do szukania  
rozwiązań, które odbiegają od utartych standardów. Coraz częściej  
do zasilania niewielkich silników, grzałek i obwodów jednofazowych  
zamiast styczników używa się wysokoprądowych przekazywaczy.  
Wielu automatyków zaczyna zadawać sobie uzasadnione pytanie,  
czy oszczędność związana z wielkością, prostotą wymiany oraz ceną,  
przy zachowaniu parametrów elektrycznych, nie jest warta tego, aby  
spróbować nowego podejścia.

Okazuje się również, że elementy sterujące coraz częściej trafiają do naszych mieszkań i domów, stając się elementami równie powszechnymi jak kontakty czy wyłączniki światła. Jednak i tu możemy spotkać pewne bariery – jak choćby ta, że sama nazwa – „przełącznik przemysłowy” – kieruje nasze myślenie na określone zastosowanie produktu. To właśnie jednak systemy sterowania budynkami stały się nowym motorem dla produktów, tak mocno przecież kojarzonych z automatyką zawodową.

**Więcej informacji:**

**RELPOL S.A.**

ul. 11 Listopada 37, 68-200 Żary, woj. lubuskie  
tel.: +48 68 47 90 822, 850, faks: +48 68 37 43 866  
e-mail: [relpol@relpol.com.pl](mailto:relpol@relpol.com.pl)  
**[www.relpol.com.pl](http://www.relpol.com.pl)**



Przełączniki znalazły swoje zastosowanie w centralach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych, szafach sterowania oświetleniem, rozdzielniach głównych, stając się niezastąpionym elementem wykonawczym. Spowodowało to konieczność stworzenia produktów, które będą dostosowane do wymogów rynku – mających wysokie parametry prądowe, odporność na obciążania o charakterze indukcyjnym i pojemnościowym oraz dających możliwość szybkiego montażu przy dużej ilości komponentów. Stąd zrodził się pomysł rozwoju linii przełączników interfejsowych oraz przełączników w serii w technologii Inrush.

W większości sytuacji kłopoty z obciążeniami indukcyjnymi lub pojemnościowymi rozwiąże nam zmiana materiału zestyku. W sytuacji, gdy dochodzi do załączania większych obciążeń, może dojść do „sklejania się styków przekaźnika”, stąd też pierwszym krokiem, jaki należy podjąć podczas projektowania układu, jest sprawdzenie, jaki jest charakter obciążenia. W tym celu polecamy udać się na ostatnie strony katalogu firmy Relpol, gdzie dokładnie opisane są rodzaje obciążeń oraz materiały zestyków, jakimi dysponujemy.

Jeśli ten krok nie jest wystarczający, przychodzą nam z pomocą przełączniki wysokoprądowe. Jedną z flagowych pozycji, która doskonale zakorzeniła się w sterowaniu oświetleniem oraz małymi silnikami, jest przełącznik firmy Relpol – RM85 Inrush. Przełącznik o prądzie znamionowym 16 A przy 250 V AC1 w szczycie przez 20 ms można przeciążyć aż do 80 A. Sprawia to, że nawet duże zasilacze lamp LED i źródła światła o ciężkim starcie przestają być kłopotem. Przełącznik możemy zamocować na szynie TH za pomocą podstawek GZT80, GZM80 i GZ80. Dodatkowo dzięki wykonaniu podstawki możemy dobrać dodatkowe akcesoria, takie jak: szyny grzebieniowe,

moduły sterujące, płytki opisowe, wyrzutniki, co pozwoli stworzyć profesjonalny i czytelny układ sterowania.

W sytuacji, gdy 80 A w szczycie to za mało, Relpol przygotował specjalne wykonanie



## Nowa linia przekaźników R2N, R3N, R4N



## Przełącznik programowalny NEED



## Przełącznik interfejsowy PIR6WB





**Przełącznik interfejsowy PI85 oraz przełącznik miniaturowy RM85 inrush**

przełącznika RM83. Produkt również charakteryzuje się obciążeniem znamionowym 16 A przy 250 V AC1, ale jego możliwości przeciążeniowe są zdecydowanie większe. RM83 może przez 20 ms przewodzić prąd o wielkości 120 A. Przełącznik z wykonaniem specjalnym, tak samo jak RM85 Inrush, ma jedynie styki zwierne.

Zwiększenie wymogów stawianych przełącznikom w nowych realiach spowodowało udoskonalenie konstrukcji powszechnie uznanej serii przełączników R2, R3, R4. Stąd przy tworzeniu serii unowocześnionych elementów – oznaczonych jako R2N, R3N, R4N – wzięto pod uwagę wiele uwag specjalistów w dziedzinie automatyki. Wzmocniono całą konstrukcję przełącznika, zwiększono funkcjonalność wskaźnika mechanicznego. Do wykonania płytki stykowej i przegrody izolacyjnej zastosowano najnowszą generację tworzywa izolacyjne poliamid PA66. W elektromagnesie wprowadzono zaś innowacyjną technologię łączenia elementów, która gwarantuje pewniejsze działanie przełącznika. Dzięki temu, nie zmieniając ani układu wyprowadzeń, ani gabarytów, w ręce automatyków oddaliśmy jeszcze doskonalszy produkt.

Kolejnym produktem przeznaczonym do pracy jako element wykonawczy jest przełącznik RUC. Jest to element o stałej obciążalności prądowej zestyków – 16 A przy 250 V oraz 10 A przy 400 V w kategorii obciążenia AC1, mogący w szczycie załączać nawet 40 A. Znajduje on częste zastosowanie w miejscach, gdzie powszechnie używane były styczniki. Niewielkie gabaryty oraz możliwość ekspresowej wymiany dzięki gniazdu GUC11 powodują, że w wielu miejscach wypiera on tradycyjne rozwiązania. Wieloletnia obecność w ofercie Relpol, jak i certyfikaty oraz uznania potwierdzają, że ten produkt cechuje się świetnymi parametrami elektrycznymi oraz mechanicznymi. RUC jest coraz częściej spotykany w projektach i znajduje powszechne zastosowanie w automatyce budynkowej oraz systemach klimatyzacji i wentylacji. Posiadany certyfikat kolejowy powoduje, że jest to jedno z powszechnie wybieranych rozwiązań w wagonach oraz lokomotywach.

Przełączniki przestają dzisiaj pełnić proste funkcje i stawia się przed nimi coraz większe oczekiwania. Dzięki swoim unikalnym cechom stają się one powszechnie wybierane jako elementy wykonawcze. Coraz częściej mamy z nimi do czynienia w naszych domach i mieszkaniach, gdzie bez konieczności stawiania wielkiej rozdzielni chcemy zapewnić sobie możliwie największy stopień zautomatyzowania. Są one też niezastąpionym elementem w automatyce przemysłowej, mając przed sobą nowe, ambitne zadania.

**Relpol S.A.**



**Przełączniki przemysłowe RUC**

digitalized for  
**HOBBYMAGAZINES.ORG**

# Przełączniki dla przemysłu



## ■ Zastosowania:

- sterowania ogólne urządzeniami elektrycznymi,
- przemysłowe systemy sterowania,
- urządzenia systemów klimatyzacji, chłodnictwa, ogrzewania, wentylacji, oświetlenia,
- urządzenia systemów zabezpieczeń, sygnalizacji, alarmu,
- urządzenia i układy sterujące do AGD,
- układy automatyki przemysłowej i energetycznej,
- urządzenia automatyki budynkowej BMS,
- w aplikacjach ze sterownikami PLC,
- w aplikacjach automatyki przemysłowej,
- w aplikacjach elektrycznych.

**repol**® S.A.

**Dział Sprzedaży**

tel. 68 47 90 822, 850; sprzedaz@repol.com.pl; www.repol.com.pl



# Bądź bezpieczny z Finder

## Interfejsowe przekaźniki elektromagnetyczne z ATEX w wykonaniu EX

Zabezpieczenie przed wybuchem jest jednym z najważniejszych zagadnień ostatnich lat. Coraz większą uwagę przykładamy do bezpieczeństwa pracowników jak i całego zakładu przemysłowego. Idąc naprzeciw temu Finder opracował przekaźniki do stref zagrożonych wybuchem zgodnie z normą ATEX. Trzy typy nowoczesnych rozwiązań przekaźnikowych przeznaczonych do pracy w otoczeniu gazów w aplikacjach innych niż kopalnie, pozwalające na wszechstronne zastosowanie w miejscach takich jak zakłady chemiczne, petrochemiczne, farmaceutyczne, stacje benzynowe, garaże i obszary podziemne, kabiny natryskowe, elektrownie gazowe, rozlewnie gazu oraz wiele innych.

Dzięki omawianym produktom, możemy w prosty sposób zwiększyć bezpieczeństwo w układach automatyki, które mogą być narażone na kontakt z wybuchowymi parami gazami lub mgłami (zgodnie z kategorią 3G). Seria 66 zapewnia zabezpieczenie w klasie Ex Nc, dodatkowo w serii 39 oraz 58 zastosowano technologię zabezpieczającą przed iskrzeniem co dało im Ex nA. Oferowane przez nas produkty jako komponenty stykowe przeznaczone są do pracy w grupie wybuchowości IIC – dzięki czemu pozwalają na bezpieczną pracę w drugiej strefie zagrożenia w otoczeniu substancji takich jak metan, wodor, etanol, hydrazyna, siarkowodór, dwusiarczek węgla i wiele innych (oznaczenie IIC – oznacza, że przekaźniki mogą pracować z najszerszym spektrum mieszanin wybuchowych przy sporadycznym kontakcie z tymi substancjami).

Podczas konstruowania tych produktów skupiliśmy się na dostosowaniu oferty

do współczesnego zapotrzebowania układów automatyki, dzięki czemu oddajemy w państwa ręce serię 39 o szerokości 6mm przygotowaną do prostej i szybkiej współpracy ze serownikami PLC, 59 pozwalającą na zwielokrotnienie sygnału i budowę prostych układów logicznych, oraz 66 – dającą możliwość załączania nawet 25A na 2 stykach przełącznych lub zwiernych.

Seria 39 Ex pozwoli nam w łatwy i szybki sposób na odseparowanie sygnałów, zwiększenie żywotności styku sterownika PLC oraz ochronę jego wejścia. Konstrukcja tego przekaźnika interfejsowego została oparta na jednym z najnowocześniejszych na świecie rozwiązań w gabarycie 6 mm, którą jest MasterBasic. Dodatkowo, pracę z naszymi produktami ułatwi pełna gama akcesoriów, takich jak: szyny grzebieniowe, separatory na szynę oraz moduł do szybkiego łączenia z sterownikiem PLC (również spełniający normy ATEX). W serii 39 dostępne są dwa rozwiązania w wykonaniu śrubowym oraz w wykonaniu Push-in, które nie wymaga narzędzi do włożenia przygotowanego drutu lub linki, przyspieszając w ten sposób kablowanie rozdzielnic.

Kod oznaczenia kategorii EX tych przekaźników to: **ATEX, II 3G Ex nA nC IIC Gc.**

Dzięki nowoczesnej konstrukcji oraz wyróżnieniu kolorem podstawki w stosunku do normalnego wykonania otrzymujemy nowoczesny, łatwo rozróżnialny produkt, przystosowany do pracy w najtrudniejszych warunkach.

Typowy kod przekaźnika interfejsowego na 24 V prądu stałego: **39.11.7.024.0073**

Zakres napięcia sterowania dostępnych dla serii 39 rozciąga się od 6 do 24 V DC i od 6 do 240 V AC/DC.

Seria 58 Ex jest oparta na konstrukcji przekaźników „55”, dzięki czemu zachowujemy



**finder®**

**Więcej informacji:**  
**Finder Polska Sp. z o.o.**  
 ul. Malwowa 126  
 60-175 Poznań  
 tel.: +48 61 865 94 07  
 faks: +48 61 865 94 26  
 finder.pl@findernet.com  
[www.findernet.com/pl/home](http://www.findernet.com/pl/home)




konfigurację 2,3 i 4 styków przełącznych, zależnie od typu. Specjalnie dobrane akcesoria pozwalają w prosty sposób łączyć je w szeregi za pomocą akcesoriów takich jak szyny grzebieniowe. Dzięki nim możemy tworzyć proste układy logiczne, zwielokrotnić sygnał i jednocześnie zastosować na każdym ze styków różne napięcia i sygnały sterujące. Innowacyjność i pewność konstrukcji uznanych przekaźników, jakimi są nasze 55-ki daje pewność długoletniej eksploatacji i niezawodności układu. Wbudowany wskaźnik zadziałania ułatwia kontrolę i serwis urządzenia.

Kod oznaczenia kategorii EX tych przekaźników to: **ATEX, II 3G Ex nA nC IIC Gc.**

Ze względu na zastosowanie specjalnych uszczelnień obudowy w tych produktach zrezygnowano z przycisku testującego, mamy dzięki temu pewność, że obudowa naszego produktu zawsze zachowa wymagane bezpieczeństwo, niezależnie od warunków





OZNACZENIA	
	Symbol wykonania przeciwybuchowego
<b>II</b>	Komponent do zakładów na powierzchni (innych niż kopalnie)
<b>3</b>	Kategoria 3: normalny poziom bezpieczeństwa
<b>GAZ</b>	<b>G</b> Atmosfera wybuchowa z uwagi na obecność łatwopalnych gazów, par i mgieł
	<b>Ex nA (tylko serie 39 i 58)</b> Urządzenia nieiskrzące
	<b>Ex nC</b> Urządzenia szczelne (typ ochrony dla kategorii 3G)
	<b>IIC</b> Grupa wybuchowości
	<b>Gc</b> Stopień ochrony
<b>-40 °C ≤ Ta ≤ +70 °C</b> Temperatura otoczenia	

środowiskowych. Podstawki dedykowane do aplikacji ATEX jest to seria 94.04.7 (śrubowe) w specjalnym wykonaniu do stref przeciwybuchowych. W przekaźnikach interfejsowych serii 58 Ex standardowym wyposażeniem jest moduł sygnalizacyjny LED z zabezpieczeniem diodowym (cewki DC) i warystorowym (cewki AC i DC) oraz obejma sprężynowa zwiększająca bezpieczeństwo pracy produktu nawet w układach, które mogą być narażone na wibracje.



Konstrukcja pozwala na zastosowanie styków złożonych, dzięki czemu mogą przewodzić mały prąd i niewielkie napięcie oraz wykonywać łączenia o skrajnie małej częstotliwości, bez obawy o pasywację styków.

Typowy kod przekaźnika interfejsowego na 24 V prądu stałego: **58.34.9.024.0059**. Zakres napięcia sterowania dostępnych dla serii 58 rozciąga się od 12 do 125 V DC i od 12 do 230 V AC.

**Seria 66 Ex** to jedno z najciekawszych rozwiązań w naszej ofercie. Silnoprządowy przekaźnik pozwalający łączyć na 2 stykach nawet 25 A przy 24 V DC lub 230 V AC zapewnia niejednokrotnie możliwość zdecydowanego uproszczenia państwa układu. Szczelna obudowa zapewnia poziom bezpieczeństwa Ex nC. Dzięki budowie, która umożliwia, zależnie od wykonania, montaż przewlekany do elektroniki lub podłączenie za pomocą konektorów Faston 250, stają



się one niesamowicie uniwersalnym narzędziem do budowy układów automatyki i elektroniki przeznaczonych do pracy w strefach zagrożonych wybuchem.

Kod oznaczenia kategorii EX tych przekaźników to: **ATEX, II 3G Ex nC IIC Gc**. Typowy kod przekaźnika na 24 V DC to **66.82.9.024.0000**. Zakres napięcia sterowania serii 66 rozciąga się od 12 do 125 V DC.

Finder jako jeden z najnowocześniejszych producentów przekaźników, obecny na rynku już ponad 60 lat zawsze tworzy produkty o najwyższej jakości, niejednokrotnie wyprzedzając rynek swoją innowacyjnością. Pragniemy, aby nasze najnowsze wykonania, które prezentowaliśmy powyżej przekonały państwa swoją jakością oraz uniwersalnością. Są to produkty, które zostały opracowane, jako bezpośrednia odpowiedź na zapotrzebowanie naszych klientów. Jeśli potrzebują państwo pomocy w doborze przekaźników lub doradztwa technicznego zapraszamy do kontaktu.

**Stanisław Rak, Finder Polska**

REKLAMA

## Kontroluj czas

Cyfrowy przekaźnik czasowy "dwa w jednym": dwa całkowicie niezależne programowalne kanały w jednym urządzeniu

- Elastyczność: możliwość stworzenia nowych, specjalnych funkcji poprzez kombinację 25 funkcji dostępnych na każdym kanale
- Doskonała precyzja i możliwość wyboru nastawy czasu

Jeżeli potrzebny jest elastyczny, łatwy do zainstalowania, wielofunkcyjny modułowy przekaźnik czasowy lub timer z precyzyjną i szeroką gamą nastaw czasowych - Finder SMARTimer jest idealny.

FINDER Polska Sp. z o.o.  
ul. Małwowa 126 - 60-175 Poznań - Polska  
Tel. +48 731 424 404  
finder.pl@findernet.com



**2in1**  
**SMARTimer**  
Typ 84.02

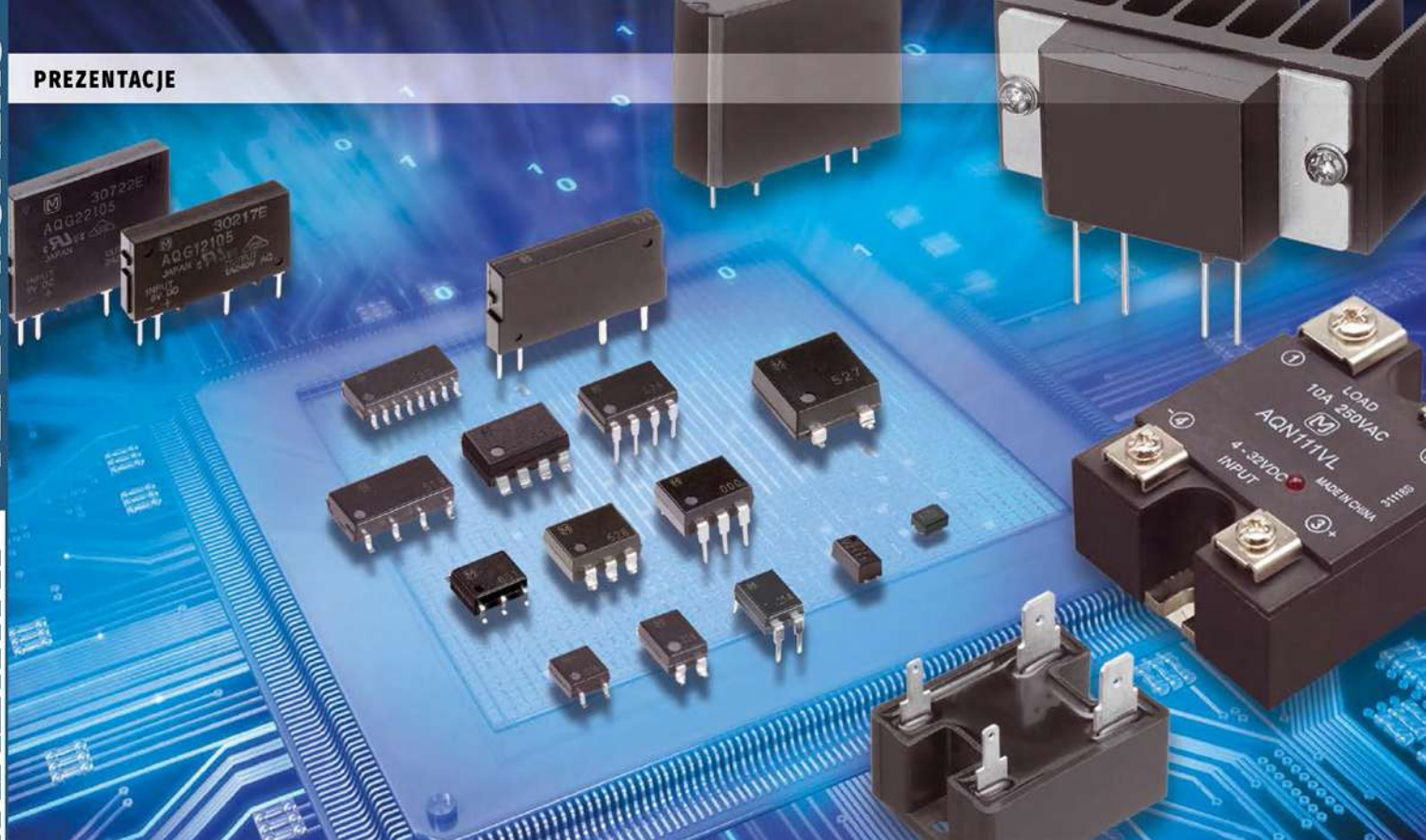


**NEW**

digitalized for  
**HOBBYMAGAZINES.ORG**

findernet.com





# Porównanie przekaźników półprzewodnikowych i elektromechanicznych

Niemal natychmiast po wprowadzeniu na rynek przekaźników półprzewodnikowych PhotoMOS, czyli pod koniec 1980 roku, rozpoczęły się spekulacje czy przekaźniki elektromechaniczne zostaną zastąpione przez technologię półprzewodnikową. Po upływie 30 lat widzimy, że obie technologie idealnie uzupełniają się, w zależności od określonego zastosowania, a zatem – współistnieją harmonijnie.

Rozwiązanie elektromechaniczne szczyty się ewidentnymi zaletami, takimi jak: nieskomplikowana budowa, niewielka cena i podwyższona wytrzymałość. Jeśli jednak wybór zależy od względów energetycznych, miniaturyzacji, wymagań dotyczących bezawaryjności, zoptymalizowanego przetwarzania lub szczególnych funkcji dodatkowych, takich jak zabezpieczenie przed zwarcie, wówczas warto przyrzeć się zaletom nowoczesnej technologii półprzewodnikowej w postaci przekaźników PhotoMOS.

Głównym celem przekaźników jest zapewnienie izolacji galwanicznej pomiędzy obwodem logicznym lub sterującym a obwodem obciążenia. Często są one również stosowane do łączenia sygnałów o znacznej różnicy napięcia, mających różne poziomy odniesienia. Decydującymi kryteriami przy wyborze przekaźnika półprzewodnikowego może być wykorzystanie tak małej energii z obwodu logicznego, jak to możliwe i zastosowanie niezawodnego, odpornego

## Więcej informacji:

**Panasonic Electric Works Polska**  
ul. Wołoska 9A, 02-583 Warszawa  
tel. +48 22 338 11 36  
info-pewpl@eu.panasonic.com  
[www.panasonic-electric-works.com/pl](http://www.panasonic-electric-works.com/pl)



na zaburzenia przełącznika, mającego dużą żywotność, niezależną od liczby cykli przełączania w obwodzie obciążenia.

Najważniejszymi parametrami przekaźnika są: zdolność łączeniowa, zużycie energii na jednostkę objętości komponentu, odporność na uszkodzenia i maksymalna liczba cykli przełączania przy zachowaniu parametrów elektrycznych.

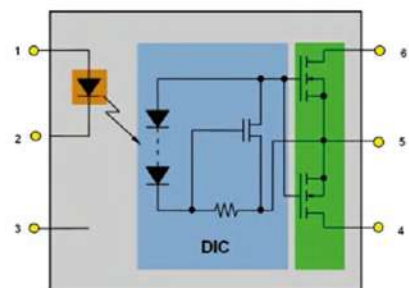
## Podstawy budowy i działania przekaźników PhotoMOS

Istotną różnicą pomiędzy przekaźnikami elektromechanicznymi a przekaźnikami półprzewodnikowymi PhotoMOS jest sposób, w jaki jest zasilane obciążenie. W przekaźnikach elektromechanicznych ruchome styki metalowe pełnią funkcję przełącznika, a izolację pomiędzy nimi zapewnia przerwa – mechaniczne oddalenie styków. Pole magnetyczne cewki, która także jest odizolowana elektrycznie, zapewnia zwarcie styków i przez to zamknięcie obwodu elektrycznego – załączenie obciążenia.

Schemat blokowy przekaźnika PhotoMOS pokazano na **rysunku 1**. Jest to specjalny rodzaj przekaźnika półprzewodnikowego, który



wykorzystuje tranzystory MOSFET. Prąd sterujący wynoszący tylko kilka mA (minimalnie 0,3 mA) w obwodzie wejściowym PhotoMOS „zaświeca” diodę LED wykonaną z arsenku galu (GaAs), emitującą światło podczerwone. Po przejściu przez półprzezroczystą żywicę pełniącą rolę izolatora, podczerwień oświetla fotoogniwa zintegrowane w obudowie PhotoMOS, które przetwarzają światło na napięcie. Zapewnia to izolację galwaniczną pomiędzy obwodami wejściowymi a wyjściowymi. Napięcie z fotoogniw jest podawane na obwód sterujący połączonymi bramkami dwóch sprzężonych tranzystorów DMOSFET dołączonych do styków wyjściowych. Zintegrowany obwód wyzwalania jest aktywny przy określonym napięciu progowym – odpowiadającym danemu natężeniu światła – oraz włącza i wyłącza wyjście, w zasadzie w sposób dwustanowy, powodując zachowanie analogiczne do przełącznika elektromechanicznego.



Rysunek 1. Schemat układu przełącznika PhotoMOS

## Nominalna moc przełączająca

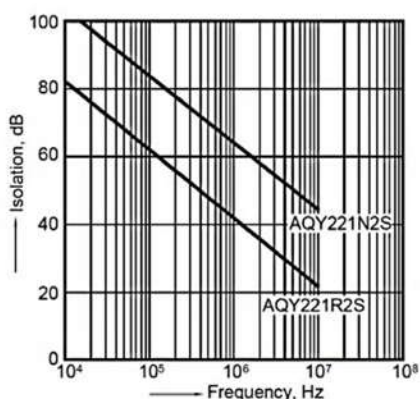
Nowoczesne przełączniki PhotoMOS mogą być sterowane prądem o natężeniu zaledwie 0,3 mA. Napięcie świecenia (progowe) wejściowych diod LED zwykle wynosi 1,25 V. Znając je można obliczyć minimalny pobór mocy, który np. dla przełączników AQY232S firmy Panasonic wynosi 0,4 mW. Dla porównania, pobór mocy przez cewkę przełączników elektromechanicznych o dużej czułości, w najlepszym wypadku wynosi 50 mW (przełączniki Panasonic TXS). Dostępne są również typy bistabilne, które nie wymagają mocy podtrzymującej w stanie przełączonym.

## Transmisja sygnału

W elektronice sygnały, które są łączone za pomocą wyjścia przełącznika, zwykle mają małe napięcie i niewielkie natężenie. Za przykład mogą posłużyć termopara, mikrofon lub inne, podobne czujniki/przetworniki. W takiej sytuacji kluczowe znaczenie mogą mieć straty sygnału. W przełącznikach elektromechanicznych, sygnał może być zniekształcany przez siłę termoelektromotoryczną powstającą wtedy, gdy są stosowane różne materiały przewodzące, które na dodatek mogą mieć różną temperaturę.

Zwykle siła termoelektromotoryczna powstaje w przełącznikach monostabilnych, ponieważ prąd przepływa przez sprężyny i kontakty wykonane z różnych materiałów. Po zasileniu cewki jest także generowane ciepło, które powoduje różnice temperatury wzdłuż ścieżki prądu zespołu sprężyny stykowej. Dryft napięciowy w przełącznikach ze złotymi stykami to 0,1  $\mu\text{V/K}$ . Niektóre typy przełączników, jak SX firmy Panasonic Electric Works, są zoptymalizowane dla tego konkretnego zastosowania. Generują one całkowitą siłę termoelektromotoryczną 3  $\mu\text{V}$  przy normalnej pracy, a więc i dopuszczalnym zakresie temperatury otoczenia, w tym również w temperaturze maksymalnej.

W przełącznikach elektromechanicznych występuje siła termoelektromotoryczna, natomiast podobnym zjawiskiem w przełącznikach PhotoMOS jest napięcie offsetu wytwarzane przez



Rysunek 2. Zależność tłumienia przesłuchu od częstotliwości pracy dla przełącznika PhotoMOS AQY221N2S

naładowane, wolne elektrony w półprzewodniku. Jest to miara przesunięcia charakterystyki krzywej prądu/napięcia w stosunku do charakterystyki idealnej. W dużej mierze napięcie offsetu jest niezależne od temperatury i może być uważane za stałe w obwodzie. Typowe wartości napięcia offsetu w przełącznikach PhotoMOS są poniżej 1  $\mu\text{V}$ .

## Charakterystyka częstotliwościowa

W celu osiągnięcia odpowiedniego tłumienia przesłuchu przy wysokich częstotliwościach przełączanego sygnału przełączniki muszą mieć małą pojemność przy otwartych zestykach. Pojemność ta dla elektromechanicznych przełączników sygnałowych zwykle wynosi około 1 pF. Rezultatem są doskonałe charakterystyki HF. Nawet przy częstotliwości 100 MHz, tłumienie przesłuchów wynosi co najmniej 40 dB (rysunek 2). Specjalne przełączniki dla wysokiej częstotliwości, takie jak przełączniki Panasonic RJ, są przeznaczone do przełączania sygnału o częstotliwości sięgającej nawet 8 GHz.

Charakterystyki dla wysokiej częstotliwości, które można osiągnąć za pomocą przełączników PhotoMOS są prawie tak dobre, jak dla przełączników elektromechanicznych. W zależności od typu, pojemność na wyjściu przełącznika PhotoMOS również wynosi ok. 1 pF i dlatego przełączniki PhotoMOS mogą także być stosowane do przełączania sygnałów o częstotliwości w zakresie MHz. Do aplikacji w zakresie GHz muszą być używane diody PIN lub specjalne przełączniki HF.

## Charakterystyki przejścia/odbijanie styków

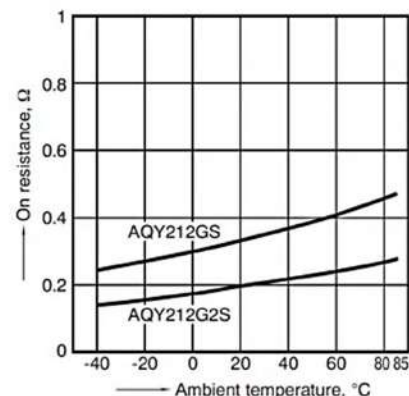
Biorąc pod uwagę drgania styków, przełączniki PhotoMOS są w naturalny sposób o wiele lepsze od przełączników elektromechanicznych. Typowy czas załączania przełączników PhotoMOS wynosi 0,2 ms i jest zależny od prądu diody LED i temperatury otoczenia. Czas wyłączenia stanowi około jednej dziesiątej czasu włączania i jest niezależny od warunków sterowania. W przełącznikach elektromechanicznych charakterystyki przejścia mieszczą się w zakresie milisekund, a styki odbijają podczas włączania.

## Czas życia

Czas życia przełączników PhotoMOS zależy przede wszystkim od czasu pracy diody LED i dlatego jest niemal nieograniczony. Można spodziewać się czasu życia wynoszącego ponad 12 lat nieprzerwanej pracy. Natomiast trwałość konwencjonalnych przełączników zależy od budowy (trwałość mechaniczna), jak również od obciążenia elektrycznego (trwałość elektryczna) i jest określona liczbą cykli przełączania. Mechaniczna żywotność nowoczesnych przełączników elektromechanicznych może sięgać kilku milionów cykli przełączania, ale żywotność elektryczna zależy w dużej mierze od obciążenia.

## Rezystancja w stanie włączenia

Jedną z zalet przełączników PhotoMOS jest fakt, iż rezystancja „styku” jest niezależna od obciążenia i pozostaje stała przez cały okres użytkowania przełącznika. Jednakże rezystancja w stanie włączenia ma większą wartość, niż w przełącznikach elektromechanicznych i w zależności od napięcia obciążenia może wynosić nawet kilka omów. W znacznym stopniu zależy ona również od temperatury otoczenia. Jak przykład, na rysunku 3 pokazano rezystancję styku przełącznika AQY212G\_S. W zależności od typu, w najlepszym wypadku dla napięcia obciążenia do 30 V wartość tej rezystancji wynosi ok. 30 m $\Omega$ .



Rysunek 3. Rezystancja styku AQY-212G\_S



Tabela 1 Porównanie przełączników PhotoMOS i przełączników elektromechanicznych		
Cechy	Przełączniki PhotoMOS	Przełączniki elektromechaniczne
Transmisja sygnału	możliwa	Możliwa
Izolacja galwaniczna pomiędzy obwodami wejścia i wyjścia	tak	tak
Izolacja galwaniczna na wyjściu	nie	tak
Zdolność przełączania prądów AC/DC	tak	tak
Nominalna moc przełączająca dla wersji czułej	znakomita nie więcej niż ok. 0.4 mW	dobra nie więcej niż ok. 50 mW
Zakres napięć obciążenia	bardzo dobry do 1500 V AC/DC	dobry do 600V AC/DC
Zakres prądów obciążenia	dobry do ok. 7 A	bardzo dobry nawet do tysięcy A
Stabilność długoterminowa rezystancji styku w stanie włączenia	bardzo dobra (niezmienna w czasie)	satysfakcjonująca
Odporność na przepięcia/prąd uderowy	Napięciowa słaba/prądowa dobra	bardzo dobra
Napięcie przebicia wejście/wyjście	do 5000 Vrms	ponad 8000 Vrms
Zakres temperatur pracy	dobry od -40°C do +100°C	dobry -40°C do +100°C z określonymi typami
Rezystancja w stanie włączenia	niska zależy od napięcia obciążenia	bardzo niska w zakresie mΩ
Charakterystyki wysokiej częstotliwości	dobre daleko w zakres MHz	bardzo dobre do ok. 30 GHz możliwe z przełącznikami HR
Czas włączania	bardzo dobry ok. 0,1 ms w przypadku prądu diody LED 10 mA	dobry w zakresie ms
Czas wyłączenia	bardzo dobry ok. 10 μs	dobry 0,2 ms
Drgania kontaktów przy włączaniu	nie	tak
Czas życia	bardzo dobry teoretycznie nieograniczony	dobry ok. 1 milion operacji przełączenia zależny od obciążenia
Odporność na wstrząsy i drgania	bardzo duża do 1000G	duża do ok. 75G
Zakłócenia wywołane przełączaniem	brak	tak dostępne wersje z ograniczonym generowaniem zakłóceń
Prąd upływu	mały w zakresie pA w zależności od typu	bardzo mały, praktycznie brak prądu upływu
Objętość komponentu	bardzo mała ekstremalnie kompaktowe obudowy VSSOP, SON, SOP, ...	dobra do satysfakcjonującej zależnie od typu
Zabezpieczenie przeciwzwarciowe	bardzo dobre dostępne wersje z zabezpieczeniem przeciwzwarciowym	brak wysoka odporność na przeciążenia
Cena	niska	bardzo niska
Trend cen	spadek	delikatny spadek

Rezystancja styków przełączników elektromechanicznych jest zmienna w zakresie mΩ i może znacząco zmieniać się w trakcie okresu użytkowania komponentu. Cienkie warstwy tlenków mogą się tworzyć zwłaszcza na stykach otwartego przełącznika, zwiększając rezystancję. Generalnie kilka cykli przełączania pod obciążeniem zniweluje te warstwy i oporność powróci do wartości z karty katalogowej.

## Izolacja galwaniczna

Ważne, aby dostrzec różnicę pomiędzy izolacją galwaniczną pomiędzy sterowaniem a obciążeniem, a izolacją galwaniczną po stronie obciążenia. Nieprzewodzący półprzewodnik nie zapewnia izolacji galwanicznej od strony obciążenia. Złącze optyczne może zapewnić przynajmniej izolację pomiędzy stroną sterującą a stroną obciążenia. Przełączniki elektromechaniczne mają wyraźne korzyści w tym względzie, ponieważ zapewniają izolację galwaniczną zarówno od strony sterowania (odseparowane obwody sterowania i obciążenia), jak też od strony obciążenia (rozwarcie obwodu – przerwa pomiędzy stykami).

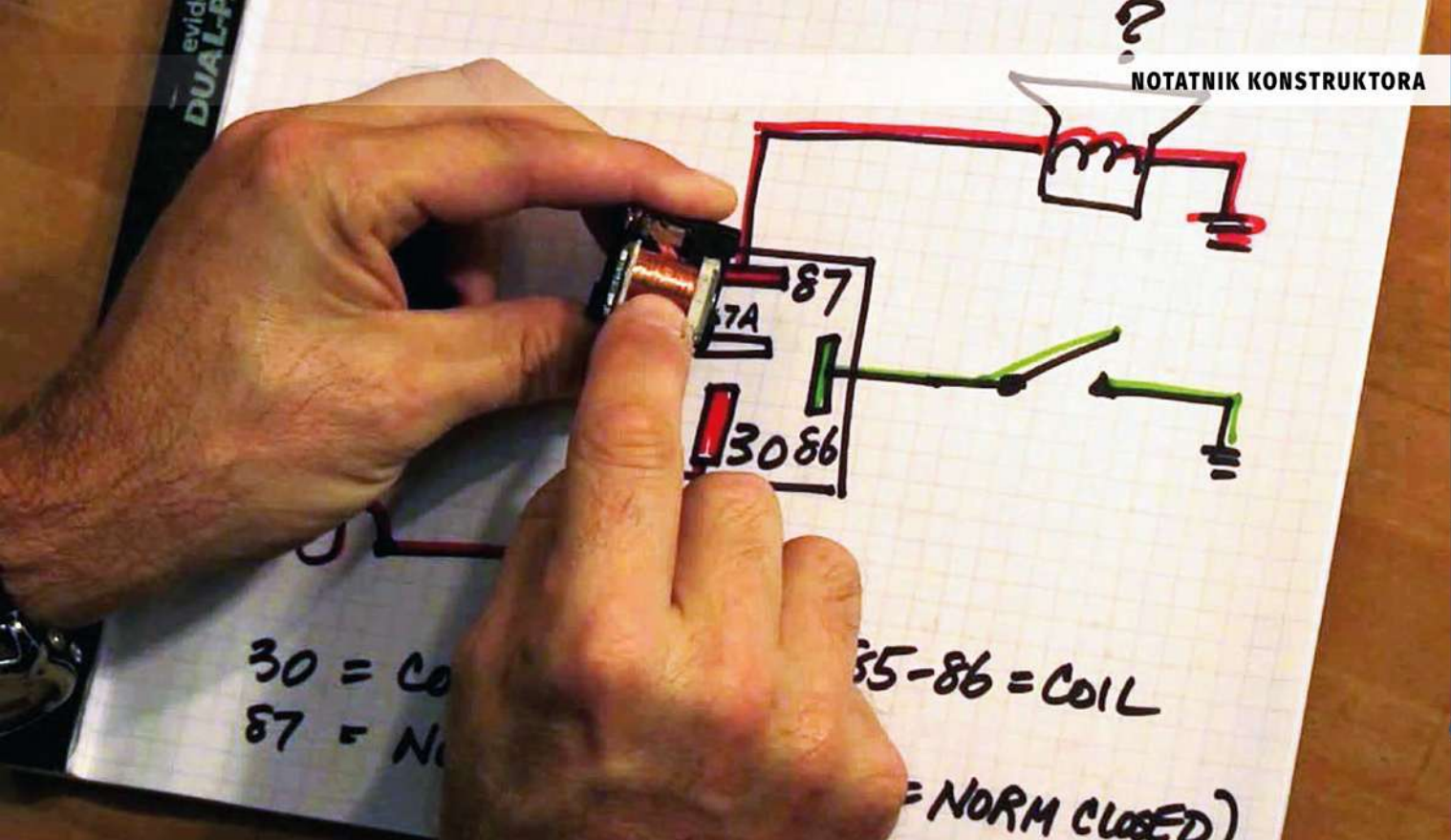
W niektórych aplikacjach może to być głównym kryterium, w szczególności w aplikacjach związanych z bezpieczeństwem. W tabeli 1 zwięźle podsumowano przytoczone rozważania.

Jak przedstawiono, jest wiele zalet i wad poszczególnych technologii. W zależności od wymagań aplikacji, przełącznik półprzewodnikowy albo przełącznik elektromechaniczny może być lepiej dostosowany do konkretnego zastosowania.

W perspektywie średnioterminowej udział w rynku przełączników PhotoMOS z pewnością znacznie wzrośnie, w szczególności w aplikacjach małosygnałowych. Oprócz spadku cen i bardziej kompaktowej budowy, to przede wszystkim zalety techniczne technologii półprzewodnikowej gwarantują jej sukces. Wypróbowane i przetestowane elektromechaniczne przełączniki sygnałowe nadal utrzymują swe znaczenie, są też idealnym uzupełnieniem przełączników PhotoMOS.

**Sebastian Holzinger, Product Manager – PhotoMOS oraz SSR**  
**Panasonic Electric Works Europe AG, Ottobrunn, Niemcy**





# Przekaźniki – parametry i zasady aplikacji

*O przekaźnikach elektromagnetycznych wielokrotnie pisaliśmy w Elektronice Praktycznej. Każdy elektronik wie, są one stosowane w roli przełączników i włączników, ale niestety nie każdy używa ich świadomie. Jak każdy komponent przekaźniki charakteryzują się pewnymi parametrami, o których warto wiedzieć wybierając odpowiedni do swojej aplikacji.*

Przekaźniki ze względu na nieskomplikowaną budowę często są lekceważone przez konstruktorów urządzeń elektronicznych. Zwykle skupiają się oni na różnych aspektach sterowania przekaźnikiem, natomiast sam dobór elementu wykonawczego jest dokonywany na zasadzie „aby się zmieścił”, „aby pasowało napięcie” i „jakiś się wybierze”. Takie podejście owocuje szeregiem kłopotów, ponieważ właściwy dobór parametrów przekaźnika do aplikacji jest równie istotny, jak prawidłowy dobór parametrów tranzystorów lub innych elementów półprzewodnikowych.

Przekaźnik realizuje trzy podstawowe zadania:

- Odseparowuje galwanicznie obwód sterowania od obwodu zasilania obciążenia. Napięcie przebicia nawet najmniejszych przekaźników sięga kilowoltów, co umożliwia zapewnienie bezpieczeństwa użytkownika.
- Dokonuje konwersji poziomów napięcia, na przykład, zwykle niewielkiego, panującego w obwodzie sterującym na znacznie wyższe, występujące w obwodzie obciążenia.
- Pozwala przełączać spore obciążenie (tzn. zasilane wysokim napięciem lub pobierające prąd o dużym natężeniu) obciążenia za pomocą niewielkiej (0,3...0,5 W) mocy zasilającej cewkę przekaźnika.

Jeśli w tak będziemy rozumieli rolę przekaźnika, to jasne jest, że producenci przekaźników powinni je wytwarzać zgodnie z normami obowiązującymi dla tych produktów, a dodatkowo powinny być także znormalizowane parametry przekaźników, aby można było je dobierać do aplikacji w podobny sposób, jak dobiera się tranzystory. Dlatego, typowo, jeśli karta katalogowa danego wyrobu nie informuje inaczej, został on skonstruowany oraz wyprodukowany zgodnie z następującymi standardami europejskimi oraz międzynarodowymi:

- EN 61810-1 ed.2, IED 61810-7, EN 60255-23 dla przekaźników NO, NC, CO.
- EN 61812-1 dla przekaźników czasowych.
- EN 60669-1 i EN 60669-2-2 dla elektromechanicznych przekaźników schodowych (do sterowania oświetleniem na klatkach schodowych).
- EN 60669-1, EN 60669-2-1 i EN 60669-2-3 dla elektronicznych przekaźników schodowych, wyłączników schodowych i przekaźników sterowanych światłem.

W warunkach europejskich, inne standardy, używane jako odniesienie dla zagadnień związanych z podwójną izolacją, to:

- VDE 0106 jako podstawowy,
- EN 60335 (VDE 0700) dla aplikacji domowych, zalecający dystans 8 mm pomiędzy doprowadzeniami cewki i styków,
- EN 50178 (VDE 0160) dla aplikacji przemysłowych, zalecający odstęp 5,5 mm oraz 6,4 do 8 mm pomiędzy doprowadzeniami cewki oraz styków.

Zgodnie z normą EN 61810-1 wszystkie parametry są podawane w standardowych warunkach otoczenia, to jest w temperaturze 23°C, przy ciśnieniu atmosferycznym 96 kPa, wilgotności 50%, w warunkach czystego powietrza i dla częstotliwości prądu przemiennego





50 Hz. Typowo, tolerancja rezystancji cewki, mocy przez nią przepływaną oraz pobieranej wynosi  $\pm 10\%$ . Łatwo przy tym zauważyć, że jeśli warunki panujące w otoczeniu będą inne, to parametry elektryczny przełącznika również mogą ulec zmianie. Dotyczy to zwłaszcza mocy strat występującej na cewce elektromagnesu oraz napięcia termoelektrycznego na zaciskach styków przełącznika.

### Typowe warunki eksploatacji

Jeśli w karcie katalogowej nie podano inaczej, wszystkie przełączniki są odpowiednie do pracy przy współczynniku wypełnienia napięcia zasilającego cewkę wynoszącym 100%. W warunkach europejskich, cewki przełączników zasilane prądem przemiennym, są przystosowane do zasilania napięciem o częstotliwości 50 lub 60 Hz. Dla zwykłego przełącznika niedopuszczalna jest praca w warunkach, które powodują kondensację pary wodnej oraz tworzenie się lodu na przełączniku.

Aby nie doprowadzić do uszkodzenia lub zakłócenia pracy układu zasilającego (sterującego pracą) przełącznik zaleca się stosowanie zabezpieczeń nadnapięciowych (np. warystorów dla prądu przemiennego, diod dla prądu stałego) włączonych równolegle z cewkami przełączników. Jeśli napięcie zasilające cewkę przełącznika jest załączane przez czujnik zbliżeniowy, a długość kabli połączeniowych jest większa od 10 metrów, zaleca się dołączenie równolegle do doprowadzeń cewki dodatkowego obwodu służącego do tłumienia prądów szczytowych (residual current bypass).

### Montaż automatyczny, lutowanie

Ogólnie proces automatycznego montażu składa się z następujących faz:

- **Montaż przełącznika.** Należy upewnić się, że doprowadzenia przełącznika są proste i pionowo przechodzą przez otwory w płytce. Dla każdego przełącznika w katalogu pokazane są właściwe rysunki podstawek montażowych (w widoku od strony miedzi) pomocne podczas projektowania płytki.
- **Pokrywanie topnikiem.** Jest to proces wymagający dużej ostrożności. Jeśli przełącznik nie jest umieszczony w szczelnej obudowie, topnik może migrować do jego wnętrza i penetrować je na skutek zjawiska włoskowatości. W takim wypadku, właściwości mechaniczne i elektryczne przełącznika mogą ulec zmianie.

Podczas używania piany lutowniczej lub metody opryskowej, należy upewnić się, że topnik aplikowany jest właściwie i nie zanieczyszcza strony komponentów. Przestrzegając podanych wyżej zasad oraz wykorzystując topniki na bazie wody lub alkoholu, możliwe jest użycie przekładników o kategorii ochrony RT II lub wyższym.

- **Nagrzewanie wstępne.** Należy ustawić czas rozgrzewania wstępnego oraz grzania płytki na czas niezbędny tylko do właściwego rozprowadzenia topnika. Temperatura od strony komponentów nie może przekraczać 100°C.
- **Lutowanie.** Lutując z użyciem fali lutowniczej, należy tak ustawić jej wysokość, aby nie zatapiała ona płytki omywającej jedynie powierzchnię lutowania. Temperatura lutowania nie powinna przekraczać 250°C a jego czas 3 sekund.
- **Mycie.** Zalecane jest używanie nowoczesnych topników niewymagających późniejszego mycia po lutowaniu. W specjalnych przypadkach, gdy płytka drukowana musi być myta, zalecane jest używanie przekładników w obudowach wodoodpornych (opcja RT III). Po umyciu sugerowane jest wyłamanie zaślepki umieszczonej na obudowie przekładnika (jeśli istnieje). Jest to niezbędne w celu zapewnienia właściwej trwałości elektrycznej przekładnika – inaczej ozon znajdujący się wewnątrz obudowy powoduje zmniejszenie trwałości styków proporcjonalnie do częstotliwości załączeń. Należy wystrzegać się mycia płytki przy pomocy agresywnych rozpuszczalników lub wody o bardzo niskiej temperaturze. Ten drugi przypadek może spowodować uszkodzenie zarówno połączeń jak i komponentów na płytce drukowanej na skutek szoku termicznego.

### Terminologia i definicje

Zwykłe terminy stosowane odnośnie do przełączników w różnych materiałach są powszechnie używane w języku technicznym, jednak lokalnie narodowe europejskie czy międzynarodowe standardy mogą zalecać używanie innych określeń. W przypadku ich stosowania, należy odnieść się do opisów podanych niżej, aby poprawnie zidentyfikować dany parametr.

### Konfiguracja kontaktów

Konfiguracja	EU	D	GB	USA
Normalnie otwarty	NO	S	A	SPST-NO DPST-NO NPST-NO
Normalnie zwarty (zamknięty)	NC	Ö	B	SPST-NC DPST-NC NPST-NC
Styki przetaczane	CO	W	C	SPDT DPDT NPDT

### Oznaczenie doprowadzeń

Stosowany powszechnie w Europie standard EN50005 zaleca stosowanie następującej numeracji dla doprowadzeń przełączników:

- .1 dla doprowadzeń wspólnych (np. 11, 21, 31, ...),
- .2 dla normalnie zwartych doprowadzeń (np. 12, 22, 32, ...),
- .4 dla normalnie otwartych doprowadzeń (np. 14, 24, 34, ...),
- A1 i A2 dla doprowadzeń cewki.

W przełącznikach czasowych dla kontaktów działających z opóźnieniem powinno się stosować następującą numerację:

- .5 dla doprowadzeń wspólnych (np. 15, 25, ...),
- .6 dla normalnie zwartych doprowadzeń (np. 16, 26, ...),
- .8 dla normalnie otwartych doprowadzeń (np. 18, 28, ...),

Norma IEC67 i standardy amerykańskie zalecają:

- postępującą numerację doprowadzeń kontaktów (1, 2, 3, ... 13, 14 itd.),
- niekiedy oznaczenie A i B dla doprowadzeń cewki.





## Prąd nominalny

Ograniczony, największy prąd ciągły, który mogą przewodzić kontakty w danym zakresie temperatury. Jest on związany z limitowaną liczbą przełączeń. Można powiedzieć, że jest to maksymalny prąd, który kontakty mogą rozłączać, załączać i przewodzić w wyspecyfikowanych warunkach.

**MAKSYMALNY PRĄD SZCZYTOWY.** Największa wartość impulsu prądowego o czasie trwania  $\leq 0,5$  sekundy, który kontakty mogą przewodzić i załączać bez utraty wyspecyfikowanych właściwości przewodzących na skutek wydzielanego ciepła. Zbiega się on z limitem dla liczby załączeń.

**Tabela 1. Kategorie obciążenia zgodnie z normą EN 60967**

Kategoria obciążenia	Rodzaj zasilania	Aplikacja
AC 1	AC jednofazowe	Rezystancyjne lub lekko indukcyjne obciążenie AC
AC 2	AC jednofazowe	Silniki indukcyjne pierścieniowe, rozruch i wyłączenie
AC 3	AC trójfazowe	Uruchamianie i zatrzymanie przy pełnej prędkości obrotowej silnika klatkowego. Zmiana kierunku obrotów tylko po zatrzymaniu silnika.
AC 4	AC trójfazowe	Rozruch, zatrzymanie i zmiana kierunku obrotów silnika klatkowego. Impulsowanie i hamowanie prądem o przeciwnym kierunku.
DC1	Prąd stały	Obciążenie rezystancyjne lub lekko indukcyjne*.
AC14	AC jednofazowe	Sterowanie pracą małych obciążeń elektromagnetycznych (<72VA), styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów.
AC 15	AC jednofazowe	Sterowanie pracą obciążeń elektromagnetycznych (>72VA), styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów.
DC 13	Prąd stały	Sterowanie pracą obciążeń elektromagnetycznych, styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów.

\* Napięcie przełączane może być podwajane dla tego samego prądu obciążenia poprzez połączenie szeregowo dwóch kontaktów.

**MAKSYMALNE NAPIĘCIE BLOKOWANE.** Parametr podawany dla przełączników półprzewodnikowych. Jest to maksymalna wartość napięcia wyjściowego, dla którego układy wyjściowe przełącznika nie zostaną uszkodzone.

**NAPIĘCIE NOMINALNE.** Napięcie mierzone pomiędzy linią przewodzącą a neutralną (czerpane z doprowadzenia napięcia nominalnego kontaktów zasilających) używane do koordynacji izolacji.

**MAKSYMALNE NAPIĘCIE PRZEŁĄCZANE.** Najwyższe napięcie (z uwzględnieniem tolerancji), które styki mogą przełączać.

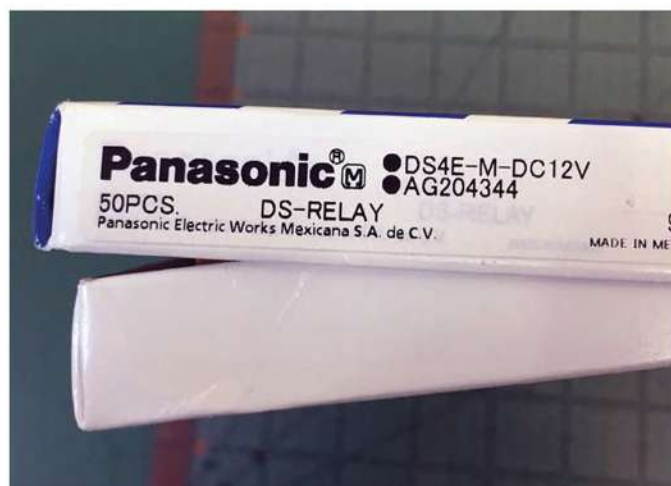
**NOMINALNE OBŁĄŻENIE ZGODNIE Z AC1.** Maksymalna moc pozorna prądu przemiennego (w VA), którą kontakty mogą łączyć, przewodzić i rozłączać w sposób powtarzalny, odpowiednio dla kategorii AC1 (norma EN 60947-4-1, **tabela 1**). Parametr wynika z określonego ograniczonego napięcia przy określonym ograniczonym prądzie obciążenia. Używany jest jako odniesienie dla elektrycznych testów trwałości przełącznika.

**NOMINALNE OBŁĄŻENIE ZGODNIE Z AC15.** Maksymalna moc pozorna prądu przemiennego (w VA) zasilającego obciążenie indukcyjne, którą kontakty mogą załączać, przewodzić i rozłączać, zgodnie z kategorią AC15, norma EN 60947-5-1 (**tabela 1**).

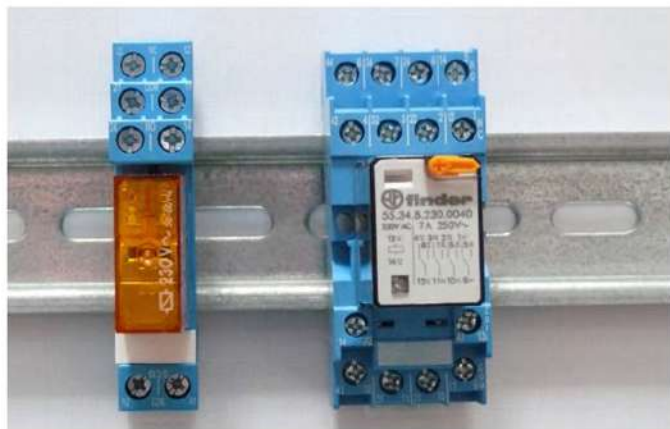
Specyficznym rodzajem obciążenia, które może być załączane przez przełącznik, jest silnik prądu przemiennego. Dlatego często w danych technicznych przełącznika często odrębnie podaje się parametry silnika, który może być sterowany przez przełącznik, a przede wszystkim nominalną wartość mocy silnika zasilanego prądem, którą styki przełącznika mogą załączać odpowiednio do normy EN 60947-1, UL 508 i CSA 22.2 n.14. Typowo wartość mocy silnika podawana jest w kW. Jego moc w koniach mechanicznych (KM) może być wyliczona przez pomnożenie wartości mocy w kW przez współczynnik 1,34 (np.  $0,37 \text{ kW} \times 1,34 = 0,5 \text{ KM}$ ). Jeśli jest zmieniany kierunek obrotów silnika, zawsze dozwolona jest pośrednicząca przerwa o czasie trwania powyżej 300 ms. Pomimo tego może pojawić się bardzo duży impuls prądowy, spowodowany zmianą polaryzacji pojemności silnika. Może on spowodować zgrzanie się kontaktów przełącznika.

Innym rodzajem odbiorników, z którym muszą sobie „poradzić” przełączniki są lampy oświetleniowe. Maksymalne obciążenie podane dla lamp żarowych i fluorescencyjnych zasilanych napięciem 230 V AC. Domyślnie zakłada się, że lampy fluorescencyjne są odpowiednio skompensowane dla uzyskania wartości współczynnika  $\cos \phi \geq 0,9$ . Dla zmiennoprądowych obciążeń indukcyjnych (takich jak elektromagnesy, cewki styczników itp.) współczynnik redukcji odpowiadający  $\cos \phi$  powinien być pomnożony przez nominalny prąd w celu zdefiniowania maksymalnego dopuszczalnego prądu styków. Współczynnik ten nie obowiązuje dla silników elektrycznych i lamp jarzeniowych.

**ZDOLNOŚĆ ROZŁĄCZANIA WG DC1.** Maksymalna wartość prądu stałego zasilającego obciążenie rezystancyjne, który kontakty mogą załączać, zależnie od wartości napięcia na obciążeniu (**tabela 1**).







## Minimalne przełączane obciążenie

Istotnym parametrem charakteryzującym przełącznik jest obciążenie minimalne. Trzeba zdawać sobie sprawę, że nie każdy przełącznik nadaje się na przełącznik źródeł sygnału audio, do załączania termopary, wejść pomiarowych i w innych, „wrażliwych” aplikacjach. Dlatego w danych katalogowych można znaleźć minimalną wartość mocy, napięcia i prądu, które kontakty mogą pewnie przełączać. Na przykład, jeśli podano minimalną wartość 300 mW, 5 V/5 mA, to:

- dla napięcia 5 V prąd musi mieć wartość co najmniej 60 mA,
- dla napięcia 24 V prąd musi mieć wartość co najmniej 12,5 mA.
- dla 5 mA napięcie musi wynosić co najmniej 60 V.

Dla wariantu wykonania kontaktów jako złożone, sugerowane jest obciążenie nie mniejsze niż 50 mW, 5 V/2 mA. Gdy konieczne jest uzyskanie mniejszych wartości przełączanej mocy prądu, możliwe jest połączenie równoległe większej liczby kontaktów. Na przykład dwa złożone kontakty połączone równoległe umożliwiają przełączanie prądu o parametrach 1 mW, 0,1 V/1 mA. Jedna ważna uwaga. Styki przełącznika mogą być złożone w różnych celach. Na przykład,

jeśli warstwa złota ma grubość 3...5  $\mu\text{m}$ , to została ona nałożona dla ochrony styków podczas przechowywania przełącznika i nie ma wpływu na jego parametry elektryczne.

## Trwałość elektryczna przełącznika

W celu określenia trwałości elektrycznej przełącznika, zmiennoprądowe obciążenie testowe, rezystancyjne, kategorii AC1 jest dołączane do jego kontaktów. Kontakty załączane są przez cewkę przełącznika zasilaną napięciem nominalnym. Obciążenie dołączane jest pomiędzy wszystkie ruchome i normalnie otwarte kontakty, ale bez dołączonego jakiegokolwiek obciążenia pomiędzy normalnie zamknięte kontakty i odwrotnie. Dla typowych przełączników częstotliwość przełączania wynosi: cewka 900 cykli na godzinę, kontakty 900 cykli na godzinę (2 sekundy załączony, 2 sekundy wyłączony lub 1 sekunda załączony, 3 sekundy wyłączony dla ograniczonego prądu > 16 A). Dla przełączników tzw. klatkowych (schodowych) – cewka 900 cykli na godzinę, kontakty 450 cykli na godzinę (4 sekundy załączony, 4 sekundy wyłączony)

## Rezystancja kontaktów

Rezystancja zwartych kontaktów jest mierzona na zewnętrznych doprowadzeniach przełącznika i jest ona związana z ich kategorią (tabela 2). Jest ona wartością statystyczną i niereprodukowalną. Dla większości aplikacji nie ma ona wpływu na odpowiedniość przełącznika. Typowo wartość rezystancji styków, mierzona przy 24 V/100 mA to 50 m $\Omega$ .

Efektywność, z którą styki przełącznika mogą załączać obwód elektryczny jest zależna od wielu czynników takich, jak: materiał używany na kontakty, jego narażenie na działanie czynników zewnętrznych, mechaniczna budowa styków itp. Dla poprawnej pracy kontaktów oraz ułatwienia ich doboru w zależności od rodzaju aplikacji, konieczna jest specyfikacja kategorii aplikacji kontaktów. Jest ona jednym z czynników definiujących zdolność do przełączania przez styki przełącznika w warunkach minimalnych i maksymalnych wartości napięć i prądów kontaktów. Odpowiednia kategoria aplikacji definiuje również wartości napięcia i prądu używane przy pomiarze rezystancji kontaktów.

W tabeli 3 wymieniono rodzaje materiałów używanych do wykonywania styków przełączników wraz z ich krótką charakterystyką.

## Parametry cewki przełącznika

Wybierając przełącznik do aplikacji typowo zwracamy uwagę na napięcie znamionowe cewki oraz ewentualnie prąd jej zasilania. Warto wiedzieć, że cewkę przełącznika charakteryzuje też szereg innych parametrów, na które warto zwrócić uwagę.

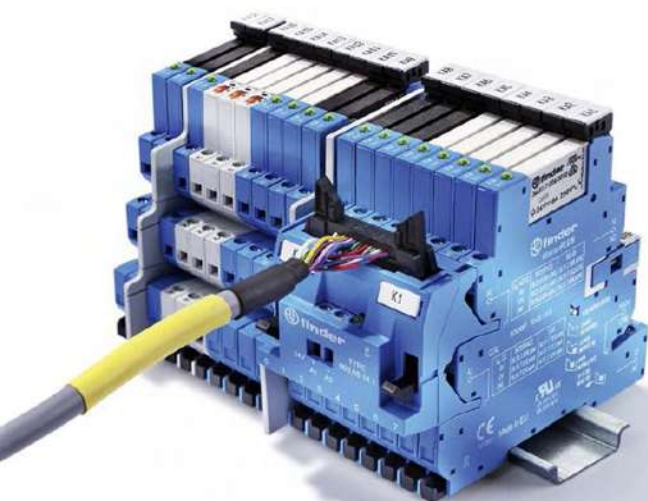
**Tabela 2. Kategoria kontaktów zgodnie z normą EN60255-23**

Kategoria aplikacji	Napięcie [V]	Prąd [A]	Warunki pomiaru rezystancji kontaktów (IEC 61810-7)
0	$U < 0,03$	$I < 0,01$	> 30mV 10mA
1	$0,03 < U < 60$	$0,01 < I < 0,1$	100mV 10mA
2	$5 < U < 250$	$0,1 < I < 1$	24V 100mA
3	$5 < U < 600$	$0,1 < I < 100$	24V 1000mA

**Tabela 3. Charakterystyki materiałów na kontakty**

Materiał	Właściwości	Typowa aplikacja*
AgNi+Au (Srebro – Nikiel pokrywany Złotem)	Srebro – Nikiel jako baza pokryty galwanicznie warstwą złota o grubości 5 $\mu\text{m}$ Złoto nie jest podatne na działanie czynników przemysłowych Dla małych obciążeń rezystancja kontaktów jest mniejsza w porównaniu z innymi materiałami Uwaga: znaczenie 5 $\mu\text{m}$ warstwy złota jest inne, niż warstwy 0,2 $\mu\text{m}$ , która to zapewnia ochronę podczas przechowywania, ale nie zmniejsza rezystancji kontaktów	Szeroki zakres aplikacji: <u>Zakres małych obciążeń</u> (gdzie erozja warstwy złota jest bardzo mała) od 1,5 W/24 V (obciążenia rezystancyjne) <u>Zakres średnich obciążeń</u> gdzie warstwa złota eroduje po pewnej liczbie załączeń i dominujący staje się stop AgNi Dla bardzo małych obciążeń, typowo 1 mW (0,1 V – 1 mA, dla przykładu w przyrządach pomiarowych), zalecane jest równoległe połączenie 2 kontaktów
AgNi (Srebro – Nikiel)	Standardowy materiał kontaktowy dla większości aplikacji przełączników Wysoka odporność na zużycie Średnia odporność na zgrzewanie	Obciążenia rezystancyjne i lekko indukcyjne Prąd nominalny do 12 A Prąd impulsowy do 25 A
AgCdO (Srebro – Kadm – Tlenek)	Wysoka odporność na zużycie przy przenoszeniu dużych obciążeń AC Dobra odporność na zgrzewanie	Obciążenia indukcyjne, silniki Prąd nominalny do 30 A Prąd impulsowy do 50 A
AgSnO <sub>2</sub> (Srebro – Cynk – Tlenek)	Doskonała odporność na zgrzewanie Niska dyfuzja materiału dla obciążeń statoprądowych	Źródła światła i obciążenia pojemnościowe Bardzo duży prąd impulsowy obciążenia (do 120 A)





**NAPIĘCIE NOMINALNE CEWKI.** Nominalna wartość napięcia cewki (lub wejściowego lub zasilania), dla którego przełącznik został opracowany i dla którego zamierzone jest użycie. Praca oraz charakterystyki użytkowe odniesione są dla napięcia nominalnego.

**MOC NOMINALNA CEWKI.** Wartość mocy prądu stałego podana w [W] lub wartość mocy pozornej prądu przemiennego podana w [VA], która jest absorbowana przez cewkę w temperaturze otoczenia 23°C przy zasilaniu napięciem nominalnym. Jest to wartość chwilowa (nie ma stanu stabilnego).

**ZAKRES PRACY.** Zakres nominalnego napięcia wejściowego, dla których przełącznik działa w całym zakresie temperatury otoczenia, zgodnie z klasami pracy:

- klasa 1: (0,8...1,1)  $U_N$
- klasa 2: (0,85...1,1)  $U_N$

Oprócz napięcia znamionowego (nominalnego) dla cewki przełącznika lub całego przełącznika jako zespołu, bo tu znaczenie będą miały także siły sprężystości, niezmiennie ważne w niektórych aplikacjach mogą być maksymalne napięcie, przy którym styki przełącznika jeszcze nie zostaną przyciągnięte (przełączniki NO) lub rozwarłe (przełączniki NC) zwane *napięciem niezadziałania* oraz napięcie minimalne, które spowoduje przyciągnięcie styków (ich zwarcie – NO lub rozwarcie – NC) zwane *napięciem przyciągnięcia*. W tym kontekście znaczenia nabierają też *napięcie podtrzymania*, to jest najniższa wartość napięcia przyłożonego do cewki, przy którym przełącznik (poprzednio zasilony napięciem o wartości nominalnej) nie zwalnia styków oraz napięcie zwolnienia, to jest wartość napięcia cewki, przy której przełącznik (poprzednio zasilony napięciem o wartości nominalnej) definitywnie zwalnia styki. *Napięcie maksymalne* jest najwyższą wartością napięcia przyłożonego do cewki, przy której przełącznik może pracować, w zależności od temperatury otoczenia.

**REZYSTANCJA CEWKI,** co oczywiste, zależy od liczby zwojów drutu oraz jego przekroju. Średnia wartość rezystancji cewki jest podawana w standardowych warunkach i temperaturze otoczenia 23°C.

**NOMINALNY POBÓR PRĄDU** to średnia wartość prądu cewki przy zasilaniu napięciem nominalnym. Dla przełączników półprzewodnikowych podaje się prąd kontrolny, to nominalne natężenie prądu płynącego przez układ wejściowy, gdy jest on zasilany napięciem nominalnym.

## Parametry izolacji

Koordinacja izolacji jest określana w odniesieniu do norm EN 61810-1 ed.2 oraz 60664-1. Zgodnie z normą EN 61810-1 ed.2, cechy charakterystyczne izolacji przełącznika mogą być opisane przez dwa parametry – nominalne napięcie szczytowe (Rated Impulse Voltage) oraz stopień zanieczyszczenia (Degree of Pollution).

Aby upewnić się, co do właściwej koordynacji izolacji pomiędzy przełącznikiem a aplikacją, projektant urządzenia (użytkownik przełącznika) powinien określić nominalną impulsową wartość napięcia odpowiednio dla swojej aplikacji oraz stopień zanieczyszczenia dla otaczającego mikro-środowiska, w którym pracuje przełącznik. Na tej podstawie musi on dobrać odpowiedni dla aplikacji przełącznik, zgodnie z parametrami określonym w karcie katalogowej danego typu przełącznika.

Aby ustalić odpowiedni stopień zanieczyszczenia oraz wytrzymałość na impuls napięciowy należy odnieść się do właściwego standardu lub rozważyć dane podane w tabelach 4 i 5. Wybierając odpowiednią wytrzymałość napięciową należy kierować się wiedzą o nominalnej wartości zasilania i na temat kategorii napięciowej (jak podano w normie IEC 60664-1).

W zależności od standardu produktu, stopnie zanieczyszczenia 2 i 3 są najczęściej używane dla urządzeń. Na przykład norma „EN 50178” (urządzenia elektroniczne do użytku w instalacjach mocy) zaleca, w normalnych warunkach, użycie komponentów adekwatnych dla stopnia zanieczyszczenia 2.

Przykłady specyfikacji nominalnego impulsu napięciowego oraz stopnia zanieczyszczenia:

- **4 kV/3** (ten przełącznik jest przeznaczony do przetrzymania impulsu napięciowego 4 kV i może pracować w środowisku zgodnym ze stopniem zanieczyszczenia 3),
- **4 – 2,5 kV/3** (ten przełącznik jest przeznaczony do przetrzymania impulsu napięciowego 4 kV i 2,5 kV oraz może pracować w środowisku o 3 stopniu zanieczyszczenia).



**Tabela 4. Szacowanie wytrzymałości napięciowej**

Nominalne napięcie systemu zasilania (głównego) odpowiednio do IEC60664-1		Napięcie w odniesieniu do linii neutralnej (dostarczane przez nominalne napięcie AC lub DC do i dotychczas)	Wytrzymałość na impuls napięciowy			
3-fazy	1-faza		I	II	III	IV
	120 do 240	150	800	1500	2500	4000
230/400*		250*	1200*	2200*	3600*	5500*
230/400	277/480	300	1500	2500	4000	6000

\* - Zastosowanie mają wartości przybliżone (interpolowane)



Tabela 5. Określanie stopnia zanieczyszczenia

Stopień zanieczyszczenia	Przybliżone warunki panujące w otoczeniu
1	Bez zanieczyszczeń lub tylko suche, nie-przewodzące zanieczyszczenia. Zanieczyszczenie nie ma wpływu
2	Tylko nie przewodzące zanieczyszczenia, wyjątkowo okazjonalnie lub czasowo spowodowane są przewodzące spowodowane przez kondensację
3	Występują przewodzące zanieczyszczenia lub suche nie przewodzące, które stają się przewodzącymi na skutek kondensacji, która jest spodziewana
4	Zanieczyszczenia powodują stałe przewodnictwo spowodowane przez nagromadzony pył lub deszcz czy śnieg

Jeśli podany jest tylko impuls napięciowy, jego wartość odnosi się do wszystkich obwodów elektrycznych: każdy do każdego i każdy do dostępnych powierzchni. Jeśli podawane są dwie wartości impulsu napięciowego pierwsza z nich odnosi się do kontaktów: każdy do każdego i każdy do dostępnych powierzchni równie dobrze jak i do innych obwodów elektrycznych. Druga wartość podawana jest dla cewki w stosunku do dostępnych powierzchni oraz innych obwodów elektrycznych.

**WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA.** Parametr może być opisany dla napięcia przemiennego lub dla przepięcia (impuls 1,2/50  $\mu$ s). Zależność pomiędzy napięciem przemiennym oraz przepięciami jest opisana w normie IEC 60664-1, aneks A, tabela A.1.

**WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA POMIĘDZY OTWARTYMI KONTAKTAMI.** Parametr znacznie przekracza maksymalne napięcie przełączane. Typowo, jako rezultat przerwy o szerokości 0,3...0,5 mm pomiędzy stykami jest uzyskiwana wytrzymałość dielektryczna około 1300...1500 V (impuls 1,2/50  $\mu$ s), ale dla konkretnej aplikacji zawsze należy odnieść się do danych katalogowych.

**GRUPA IZOLACJI.** Ostatni sposób specyfikacji właściwości izolacji nawiązujący do koordynacji izolacji, zastępuje klasyfikację grupy izolacji, tak jak C250, nawiązującą do starego standardu VDE 0110.

**BEZPIECZNA SEPARACJA/PODWÓJNA IZOLACJA.** Koordynacja izolacji, jak opisano wcześniej, zapewnia separację od przepięć pochodzących

z innych obwodów elektrycznych a ostatecznie redukuje je do bezpiecznego poziomu konstrukcyjnego. Powodem jest nie tylko uniemożliwienie bezpośredniego dostępu do odizolowanych części obwodu i dzięki temu uniknięcie ryzyka porażenia, ale również unikanie sytuacji, gdzie uszkodzenie doprowadza do zagrożenia życia (dobrymi przykładami są aplikacje telekomunikacyjne i medyczne).

Dla aplikacji wysokiego ryzyka czy wysokiej integracji, wymagane są specjalne rodzaje izolacji o podwyższonym stopniu izolacji fizycznej i integralności pomiędzy obwodami. Zapewniana są one przez bezpieczną separację oraz podwójną izolację. Regulacje dla bezpiecznej separacji wprowadzają warunki, które muszą być spełnione dla obwodów PELV (protected extra low voltage) lub SELV (safety extra low voltage).

We wszystkich przypadkach, gdzie napięcie sieci 230V oraz niskie napięcie doprowadzane są razem do przełącznika, wszystkie niżej wymienione wymagania dla przełącznika, włączając w to połączenia i okablowanie, muszą być konsekwentnie spełnione:

- Niskie napięcie musi być odseparowane od sieci zasilającej 230 V AC przez podwójną lub wzmocnioną izolację. Oznacza to, że pomiędzy dwoma obwodami elektrycznymi musi być zapewniona wytrzymałość dielektryczna 6 kV (1,2/50  $\mu$ s). Można to osiągnąć na przykład przez izolację powietrzną w postaci szczeliny od szerokości 5,5 mm. Należy jednak pamiętać, że wytrzymałość takiego dielektryka zależy od stopnia zanieczyszczenia mikrośrodowiska pracy oraz materiału bazowego, jeśli przełącznik umieszczony jest na płytce drukowanej.
- Obwody elektryczne w przełączniku muszą być chronione przed jakąkolwiek możliwością zwarcia do siebie napięcia niskiego i napięcia sieci 230 V AC, na przykład przez luźne części metalowe znajdujące się wewnątrz przełącznika. Osiągane jest to przez fizyczną separację obwodów dzięki umieszczeniu styków w izolowanych od siebie komorach wewnątrz przełącznika.
- Przewody dołączone do przełącznika muszą być fizycznie odseparowane każdy od każdego. Normalnie jest to osiągnięte przez używanie odseparowanych kanałów kablowych.
- Dla przełączników montowanych na płytkach drukowanych musi być zapewniona właściwa odległość pomiędzy ścieżkami dołączonymi do niskiego napięcia i ścieżkami dołączonymi do innych napięć.

Niektóre przełączniki oferowane są z opcją izolacji SELV. Mimo, iż aplikacje tego typu wydają się być bardzo złożone, stosując je użytkownik musi odnieść się tylko do dwóch ostatnich punktów. Dzięki wyprowadzeniom cewki i kontaktów umieszczonym po przeciwnych stronach przełącznika czy gniazda, ułatwiona jest separacja połączeń w różnych kanałach kablowych. Podobnie z układem ścieżek na płytce drukowanej.

## Parametry techniczne

Przełącznik jest charakteryzowany przez szereg parametrów, których zrozumienie jest kluczem do poprawnej aplikacji.

Jak łatwo zauważyć, praca przełącznika jest charakteryzowana przez cykl, w którego trakcie następuje zadziałanie i w dalszej kolejności wyłączenie przełącznika. Podczas cyklu do cewki dołączone jest i odłączone napięcie nominalne a kontakty przesuwają się z punktu, w którym na przykład obwód jest załączony, przez przerwanie obwodu, do punktu, w którym obwód jest wyłączony. Cykl jest charakteryzowany przez czas trwania.

Trwałość mechaniczna przełącznika określa jego odporność mechaniczną, która to – obok żywotności styków – jest głównym czynnikiem wyznaczającym niezawodność. Test trwałości mechanicznej zwykle jest przeprowadzany przez zasilanie cewki pewnej liczby przełączników danego typu z częstotliwością 8 cykli na sekundę, bez obciążenia elektrycznego dołączanego do kontaktów. Parametr ten określa trwałość przełącznika, gdy obciążenie przenoszone przez kontakty nie ma znaczenia. Maksymalna trwałość elektryczna może,





**Tabela 6. Stopień szczelności obudowy przełącznika**

Kategoria technologiczna przełącznika	Warunki eksploatacji
RT 0 – Przełącznik otwarty	Przełącznik nie jest dostarczany z obudową ochronną
RT I – Przełącznik chroniony przed pyłem	Przełącznik jest dostarczany z obudową, która chroni mechanizm przed pyłem
RT II – Przełącznik odporny na działanie topnika	Przełącznik może być automatycznie lutowany bez zezwolenia na migrację topnika lutowniczego pomiędzy zamierzonymi obszarami
RT III – Przełącznik odporny na mycie	Przełącznik może być automatycznie lutowany i następnie może przejść proces mycia, aby usunąć nagromadzony topnik bez zezwolenia na wchodzenie topnika lub związków myjących
RT IV – Przełącznik w obudowie szczelnej	Przełącznik dostarczany w obudowie, która nie posiada otworów wentylacyjnych
RT V – Przełącznik zamknięty hermetycznie	Przełącznik w obudowie o podwyższonym stopniu szczelności

więc osiągać trwałość mechaniczną, gdy obciążenie elektryczne kontaktów jest bardzo małe.

**CZAS ZADZIAŁANIA** upływa pomiędzy przyłożeniem nominalnego zasilania do doprowadzeń cewki, a momentem, gdy kontakt typu NO (normalnie otwarty) zostanie zwarty. **Uwaga! Czas zadziałania nie uwzględnia czasu drgań styków.**

**CZAS ZWOLNIENIA (ROZŁĄCZENIA).** Dla przełączników NC jest to typowa wartość czasu pomiędzy odłączeniem zasilania od cewki przełącznika, a zwarcie kontaktów typu NC (normalnie zamkniętych). Nie uwzględnia czasu drgań styków. Dla przełączników NO (normalnie otwartych) jest to typowa wartość czasu pomiędzy odłączeniem napięcia zasilania od cewki przełącznika a otwarciem kontaktów NO (normalnie otwartych). Oba czasy mogą różnić się od podanych w danych katalogowych, jeśli równolegle do styków przełącznika dołączono obwody tłumiące przepięcia na cewce (obwód RC, dioda).

Podczas załączania przełącznika na skutek sprężystości materiału i właściwości mechanicznych występuje drganie styków. Parametr o nazwie **CZAS DRGAŃ STYKÓW** określa typową wartość czasu trwania drgań styków, dla kontaktów typu NO (normalnie otwarty) lub NC (normalnie zamknięty).

Podsumowując, w danych katalogowych przełącznika można znaleźć następujące czasy:

- $T_A$  – czas załączenia,
- $T_B$  – czas trwania drgań styków dla kontaktów typu NO,
- $T_C$  – czas zwolnienia (przełączniki NC),
- $T_D$  – czas zwolnienia (przełączniki CO),
- $T_E$  – czas trwania drgań styków NC.

**ZAKRES TEMPERATURY OTOCZENIA** informuje o temperaturze, w której jest umieszczony przełącznik i dla których gwarantowana jest poprawna praca przełącznika.

**ODPORNOŚĆ NA WARUNKI ŚRODOWISKOWE** jest określana zgodnie z normą IEC 61810-7. Stopień uszczelnienia obudowy przełącznika opisuje kategoria technologii – wymieniono je w tabeli 6.

**KATEGORIA OCHRONY OBUDOWY** jest określana zgodnie z normą EN 60529. Pierwsza cyfra odnosi się do ochrony przed wchodzeniem stałych, obcych obiektów do wnętrza urządzenia jak również do dostępu do części stwarzających zagrożenie. Druga cyfra odnosi się do ochrony przed wtargnięciem wody. Dla przełączników stopień IP jest określany dla normalnego użytkowania przełącznika umieszczonego w gnieździe lub na płytce drukowanej. Dla złącz IP20 oznacza, że złącze jest zabezpieczone przed dotykiem (VDE0106).



Przykłady określenia stopnia ochrony:

- IP 00 – brak ochrony (obudowa otwarta),
- IP 20 – chronione przed obiektami stałymi o średnicy 12,5 mm i większej. Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 40 – chronione przed obiektami stałymi o średnicy 1 mm i większej. Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 50 – chronione przed pyłem (wchodzenie pyłu nie jest całkowicie chronione, ale pył nie będzie penetrował wnętrza w ilości umożliwiającej pogorszenie parametrów przełącznika). Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 67 – całkowicie chronione przed pyłem i chronione przed czasowym działaniem wody.

**ODPORNOŚĆ NA WIBRACJE.** Maksymalna wartość przyspieszenia (mierzona w  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ) dla zakresu częstotliwości od 10 do 55 Hz, która może być zastosowana do przełącznika w 3 współrzędnych, bez otwarcia kontaktów typu NO na czas dłuższy niż 10  $\mu\text{s}$  (cewka przełącznika jest zasilona) lub kontaktów typu NC (cewka nie jest zasilana). W stanie zasilenia, odporność na wibracje jest zazwyczaj większa, niż w stanie odłączenia napięcia zasilającego.

## Na koniec

Przedstawiony wyżej skrót wiedzy pozwoli na poprawne interpretowanie chociaż części danych zawartych w kartach katalogowych przełączników. Każdy konstruktor powinien pamiętać, że niezawodność urządzenia w dużej mierze zależy od niezawodności wszystkich części składowych, bo jeśli chociaż jedna z nich zawiedzie, to awarii ulega cały sterownik, maszyna, sprzęt AGD itp. Z tego punktu widzenia na niezawodność całości ogromny wpływ ma właściwy, poprawny dobór komponentów, zgodnie z ich funkcjonalnością i późniejszym przeznaczeniem. Dlatego jeśli karta katalogowa przełącznika jest niedostępna lub niewiarygodna, to może lepiej nie używać przełącznika, nawet pomimo jego niskiej ceny? Pomimo pozornych oszczędności, późniejsze koszty mogą być ogromne: naprawy gwarancyjne, utrata wizerunku, konieczność ponownego zakupu komponentów jako części zamiennych.

Jacek Bogusz, EP





# 8-bitowa kontrofensywa (3)

## Przetwornik C/A i wzmacniacz operacyjny

Firma Microchip, jeden z największych na świecie graczy w obszarze projektowania i produkcji mikrokontrolerów, wymyślił strategię, dzięki której użytkownicy poszukujący nieskomplikowanych mikrokontrolerów chętnie sięgną po 8-bitowe, sprawdzone mikrokontrolery PUC. Zastosowano pomysłowe połączenie starego, ale sprawdzonego i bardzo popularnego rdzenia PIC16 z nietypowymi, nowatorskimi peryferiami, pracującymi niezależnie od rdzenia (core independent). Ta „niezależność” polega na tym, że działanie układów peryferyjnych nie zależy od częstotliwości taktowania mikrokontrolera i ich praca nie obciąża CPU. Mogą zatem wykonywać pewne specyficzne czynności dużo szybciej niż rdzeń, a jedyne obszary wspólne, to rejestry konfiguracyjne i rejestry danych.

Przetwornik cyfrowo analogowy to stale „egzotyczny” moduł peryferyjny. Być może dlatego, że można go wykonać za pomocą sygnału PWM, jednak wymaga to zewnętrznego filtra dolnoprzepustowego, co komplikuje aplikację. Mikrokontroler PIC16F1619 ma wbudowany typowy przetwornik C/A o rozdzielczości 8 bitów. W innych mikrokontrolerach są wbudowywane też moduły o rozdzielczości 5- i 10-bitowej.

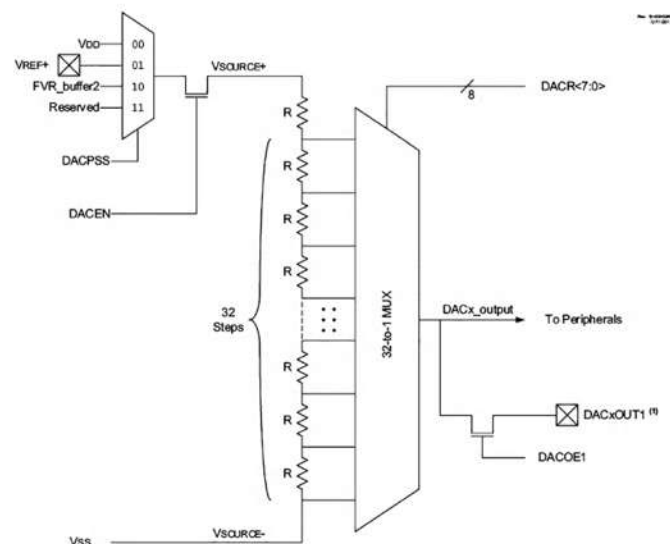
Schemat blokowy przetwornika pokazano na rysunku 1. Jego zasadniczymi elementami są drabinka rezystorów oraz analogowy multiplexer. Drabinka jest złożona z 256 oporników o rezystancji ok 600 Ω. Do ostatniego, górnego rezystora jest dołączony dodatni biegun napięcia referencyjnego określającego maksymalne napięcie na wyjściu przetwornika. Napięciem referencyjnym może być: napięcie zasilające mikrokontrolera (VDD), napięcie z zewnętrznego źródła doprowadzone do wejścia Vref+ oraz napięcie z modułu FVR\_buffer2. Ujemny biegun napięcia referencyjnego jest na stałe dołączony do VSS (masa mikrokontrolera).

Umieszczenie typowego przetwornika C/A w mikrokontrolerze daje wiele korzyści. Po pierwsze, można go użyć w roli programowalnego

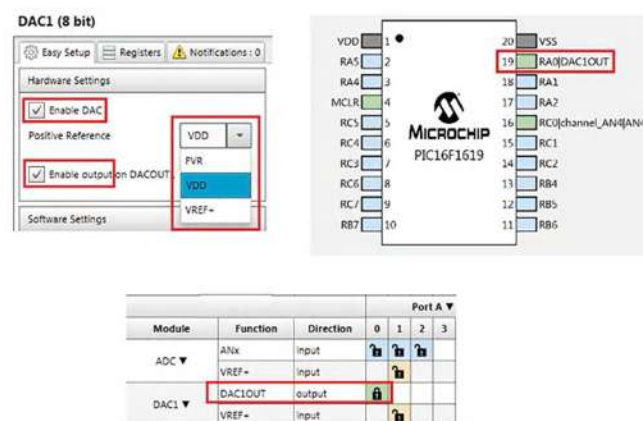
napięcia referencyjnego dla wbudowanych modułów komparatora lub przetwornika A/C. Innym popularnym zastosowaniem jest wytwarzanie regulowanego napięcia referencyjnego w konstrukcjach zasilaczy sterowanych cyfrowo. Można w ten sposób regulować napięcie wyjściowe i/lub ograniczenie prądowe. Można go użyć jako generatora napięcia o kształcie sinusoidalnym czy o dowolnie innym kształcie, na przykład w zasilaczach arbitralnych.

Konfiguracja przetwornika C/A w MCC jest bardzo łatwa. Trzeba włączyć moduł (opcja *Enable DAC*), wybrać dodatnie napięcie referencyjne oraz odblokować wyjście napięcia na wyprowadzenie DACOUT1 (rysunek 2). MCC automatycznie konfiguruje linię RA0 jako wyjście analogowe. Możliwe jest przypisanie wyjścia modułu DAC tylko do tej linii.

Do obsługi przetwornika są generowane dwie funkcje – *DAC1\_Initialize()* i *DAC1\_SstOutput()*. Pierwsza z nich zapisuje rejestr konfiguracyjny zgodnie z tym, co ustawiliśmy w oknie MCC oraz wpisuje do rejestru sterującego wartość domyślną 0x33. Druga funkcja zapisuje 8-bitowy rejestr *DAC1CON1* ustalający napięcie wyjściowe. Zależy ono od dwóch parametrów: napięcia referencyjnego i wartości zapisanej do rejestru *DAC1CON1*. Dla ustawienia napięcia referencyjnego równego VDD=3,3 V zmiana najmłodszego bitu rejestru sterującego spowoduje zmianę napięcia na wyjściu o około  $3,3 \text{ V} / 254 = 0,013 \text{ V}$ . Gdybyśmy chcieli, aby napięcie wyjściowe miało wartość np. 1 V, to powinniśmy zapisać do rejestru *DAC1CON1* liczbę  $1/0,013=77$ . Oczywiście, z powodu niezbyt dużej rozdzielczości przetwornika i błędów wynikających z zaokrągleń do wartości całkowitych nie będzie można ustawić dokładnie tego napięcia. Wybranie napięcia referencyjnego o wartości na przykład 2,048 V z modułu FVR trochę poprawia sytuację. Zmiana najmłodszego bitu powoduje zmianę napięcia na wyjściu dokładnie o  $2,048/256=0,008 \text{ V}$ . To „dokładnie” wynika z tego, że wynik dzielenia nie musi być zaokrąglany do wartości całkowitej. Dla 1 V na wyjściu do rejestru *DAC1CON1* trzeba wpisać  $1/0,008=125$ . Tu również należy przypomnieć, że napięcie z modułu FVR jest



Rysunek 1. Schemat blokowy przetwornika C/A



Rysunek 2. Konfiguracja modułu przetwornika C/A



Rysunek 3. Konfiguracja wejścia przetwornika A/C



# Listing 1. Fragment programu do mierzenia napięcia z DAC

```
DAC1_SetOutput(77);
res=ADC_GetConversion(channel_DAC);
volt=(float)res*3.22;
volt=volt/1000;
sprintf(buf_res,"V=%1.3f",volt);
```

buf_res	unsigned char[10]	0xB9	"V=0.992[V]0p"
res	unsigned long	0xC3	0x0000134
volt	float_24	0xC7	0.991745

Rysunek 4. Wynik pomiaru napięcia C/A

ustawianie z dokładnością 1...2%. Reasumując, jeżeli napięcie na wyjściu przetwornika musi być dokładnie ustalone, to trzeba zastosować dokładne zewnętrzne napięcie referencyjne o wartości będącej jedną z potęg liczby 2 (1,024 V lub 2,048 V). W każdym wypadku trzeba wziąć pod uwagę dokładność samego konwertera wynoszącą maksymalnie  $\pm 1,5$  LSB.

Testowanie działania będzie polegało na wystawieniu na wyjściu napięcia +1 V i zmierzenia czy jest prawidłowe. Na początek ustawimy napięcie referencyjne równe VDD=3,3 V i do rejestru DAC1CON1 wpisujemy wyliczoną wartość 77. Napięcie powinno być mierzone na wyprowadzeniu RA0 skonfigurowanym jako wyjście analogowe. Niestety, tak nie możemy zrobić. W module Curiosity RA0 jest połączone na stałe z linią danych PEGD programatora/debugera. Ponieważ zależy nam na przetestowaniu modułu, a nie na wyprowadzeniu napięcia na pin mikrokontrolera, to możemy zmierzyć napięcie podając je na wejście już skonfigurowanego przetwornika A/C. Takie połączenie wyjścia C/A z wejściem A/C można zrobić wewnątrz mikrokontrolera. Najpierw w konfiguracji A/C ustawiamy aktywne wejście C/A (rysunek 3). Program testowy najpierw zapisuje rejestr DAC1CON1, a potem przetwornik mierzy napięcie z wyjścia C/A (listing 1).

Do odczytania wartości zmierzonego napięcia użyjemy przetwornika A/C i debugera programu MPLAB X IDE. Wynik pomiaru dla wpisanej wartości 77 został pokazany na rysunku 4. Jak widać, przetwornik zmierzył ok 992 mV, czyli o 8 mV mniej, niż się spodziewaliśmy.

Teraz zmienimy napięcie referencyjne na 2,048 V dla przetworników A/C i C/A. Ustawiamy oba bufony FVR na wartość  $\times 2$  ( $1,012 \text{ V} \times 2$ ) oraz konfigurujemy napięcie referencyjne z FVR dla

ADC

Easy Setup

Registers

Notifications: 9

Hardware Settings

Enable ADC

ADC Clock

Clock Source

Frc

1 TAD

1.7 us

Sampling Frequency

51.1509 kHz

Conversion Time

$\approx 11.5 \times \text{TAD} \approx 19.55 \text{ us}$

Result Alignment

right

Positive Reference

FVR

Auto-conversion Trigger

no\_auto\_trigger

DAC1 (8 bit)

Easy Setup

Registers

Notifications: 9

Hardware Settings

Enable DAC

Positive Reference

FVR

Enable output on DACOUT1

FVR

Easy Setup

Registers

Notifications: 9

Hardware Settings

Enable FVR

FVR\_buffer1 Gain (to ADC)

2x

FVR\_buffer2 Gain (to other peripherals)

2x

Rysunek 5. Konfiguracja napięcia referencyjnego 2,048 V dla przetworników C/A i A/C

# ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

teraz zawsze z Tobą w wersji mobilnej

m.ep.com.pl

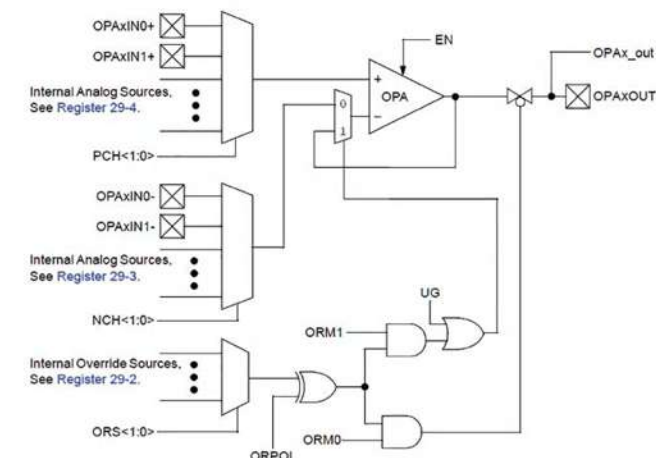
digitalized for  
HOBBYMAGAZINES.ORG



obu przetworników. Tę konfigurację pokazano na **rysunku 5**. Teraz trzeba ponownie przeliczyć współczynniki, aby wartości cyfrowe odpowiadały napięciu w woltach. Dla napięcia  $V_{ref}=2,048\text{ V}$  i przetwornika C/A już wiemy, że trzeba wpisać do rejestru DAC1CON1 liczbę 128. Dla przetwornika A/C mamy zakres pomiarowy  $2,048\text{ V}$  i rozdzielczość 10-bitową. Zmiana najmłodszego bitu odpowiada

buf_res	unsigned char[10]	0xB9	"V=1.002\ 0 b"
res	unsigned long	0xC3	0x00001F5
volt	float_24	0xC7	1.0020142

**Rysunek 6. Wynik pomiaru dla  $V_{ref}=2,048\text{ V}$**

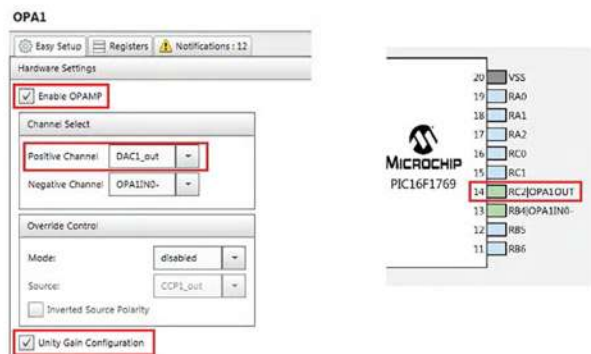


**Rysunek 7. Moduł wzmacniacza operacyjnego**

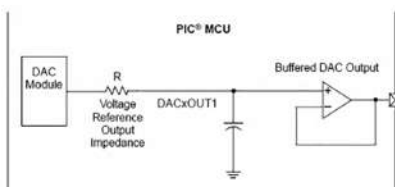
**Listing 2. Test przetwornika C/A dla  $V_{ref}=2,048\text{ V}$ .**

```

DAC1_SetOutput(125);
res=ADC_GetConversion(channel_DAC);
volt=(float)res*2;
volt=volt/1000;
sprintf(buf_res,"V=%1.3f",volt);
    
```



**Rysunek 8. Konfigurowanie wzmacniacza operacyjnego**



**Rysunek 9. Buforowane wyjście przetwornika C/A**

**Listing 3. Zapis liczby 10 bitowej do modułu przetwornika DAC1**

```

//DAC input reference range should be 10bit.
//Input data right justified.
DAC1CONbits.DAC1FM = 0;
//Loading 10bit data to DAC1
DAC1REFL = (uint8_t) input10BitData;
DAC1REFH = (uint8_t) (input10BitData >> 8);
//Loading DAC1 double buffer data to latch.
DAC1LDBits.DAC1LD = 0x01;
    
```

napięciu  $2,048\text{ V}/1024=2\text{ mV}$ . Program testowy będzie teraz wyglądał, jak na **listingu 2**.

Wynik testowania przetwornika C/A pokazano na **rysunku 6**. Zmierzone przez przetwornik A/C napięcie ma wartość  $1,002\text{ V}$ , czyli o  $2\text{ mV}$  większą od spodziewanej. Zastosowanie napięcia referencyjnego o wartości równej potęgze liczby 2 ( $2^{11}$ ) spowodowało widoczne zwiększenie dokładności pomiaru. Oczywiście, trzeba tu uwzględnić dokładność samego napięcia z FVR i dokładność przetworników. Jednak dla dużej liczby praktycznych pomiarów napięcia oraz generowania napięcia przez moduł przetwornika C/A ta dokładność będzie bardziej niż wystarczająca. Bardzo dokładne napięcia będą wymagały dokładnych, kompensowanych temperaturowo źródeł referencyjnych oraz dokładniejszych, zewnętrznych przetworników.

## Wzmacniacz operacyjny

Mikrokontroler PIC16F1619 nie ma wbudowanego modułu wzmacniacza operacyjnego i dlatego do jego testowania użyłem mikrokontrolera 16f1769 zamówionego za pomocą programu próbek Microchipa. Schemat blokowy jednego modułu wzmacniacza pokazano na **rysunku 7**. Do każdego z wejść wzmacniacza można doprowadzać sygnały analogowe poprzez programowany multiplexer. W najbardziej typowym układzie do wejść wzmacniacza można dołączyć wyprowadzenia mikrokontrolera OPAXINx+ i OPAXINx-. Poza tym, multiplexer może przyłączyć do wejść wzmacniacza wewnętrzne sygnały z wyjść przetwornika C/A, źródła napięcia referencyjnego FVR\_buffer2 oraz z wyjścia generatora przebiegu piłokształtnego (Programmable Ramp Generator). Wejście odwracające można wewnątrz układu programowo połączyć z wyjściem i wzmacniacz zaczyna pracować jako bufor ze wzmocnieniem 1 (wtórnik).

Moduł wzmacniacza przetestowałem podłączając wyjście przetwornika cyfrowo analogowego do wejścia nieodwracającego. Potem skonfigurowałem wzmacniacz do pracy jako bufor ze wzmocnieniem 1 – tryb pracy unity gain pokazany na **rysunku 8**. W takiej konfiguracji napięcie z wyjścia przetwornika C/A jest podawane na wejście bufora i jest dostępne na wyjściu RC2/OPA1OUT, jak to zostało pokazano na **rysunku 9**. W mikrokontrolerach PIC16F1769 zastosowano 10-bitowe przetworniki C/A. W konfiguracji trzeba wybrać format wyniku, dodatnie i ujemne (może być podawane na dedykowane wyprowadzenie) napięcie referencyjne oraz sposób obsługi bufora danych wejściowych (**rysunek 10**). Oprogramowanie MCC generuje funkcje void DAC1\_Load10bitInputData(uint16\_t input10BitData) oraz void DAC2\_Load10bitInputData(uint16\_t input10BitData) zapisujące dane do bufora przetwornika – pokazano je na **listingu 3**.

Testowanie układu polega na zapisywaniu bufora przetwornika i mierzeniu napięcia na wyjściu wzmacniacza połączonego z wyjściem przetwornika, jak na rys. 9. Dla napięcia referencyjnego FVR\_Buffer2 o wartości  $2,048\text{ V}$  mamy dla jednego bitu  $2,048\text{ V}/1024=2\text{ mV}$ . Zapisanie do przetwornika liczby 1000 powoduje ustawienie napięcia na wyjściu wzmacniacza równego  $2\text{ mV} \times 1000=2\text{ V}$ . W ten sposób przetestowałem oba przetworniki i mierzone napięcie było równe założonemu z dokładnością  $1...2\text{ mV}$ . Pomiary były wykonywane popularnym multimetrem i trudno stwierdzić czy błąd był spowodowany niedokładnością pomiaru, czy niedokładnością napięcia referencyjnego. Jednak tak małe błędy na pewno nie będą miały wpływu na typowe aplikacje, na przykład, przy budowie sterownika do warsztatowego zasilacza sterowanego cyfrowo. Przetwornik C/A mikrokontrolera PIC16F1769 idealnie nadaje się do ustalenia napięcia wyjściowego i progu zadziałania ograniczenia prądowego.

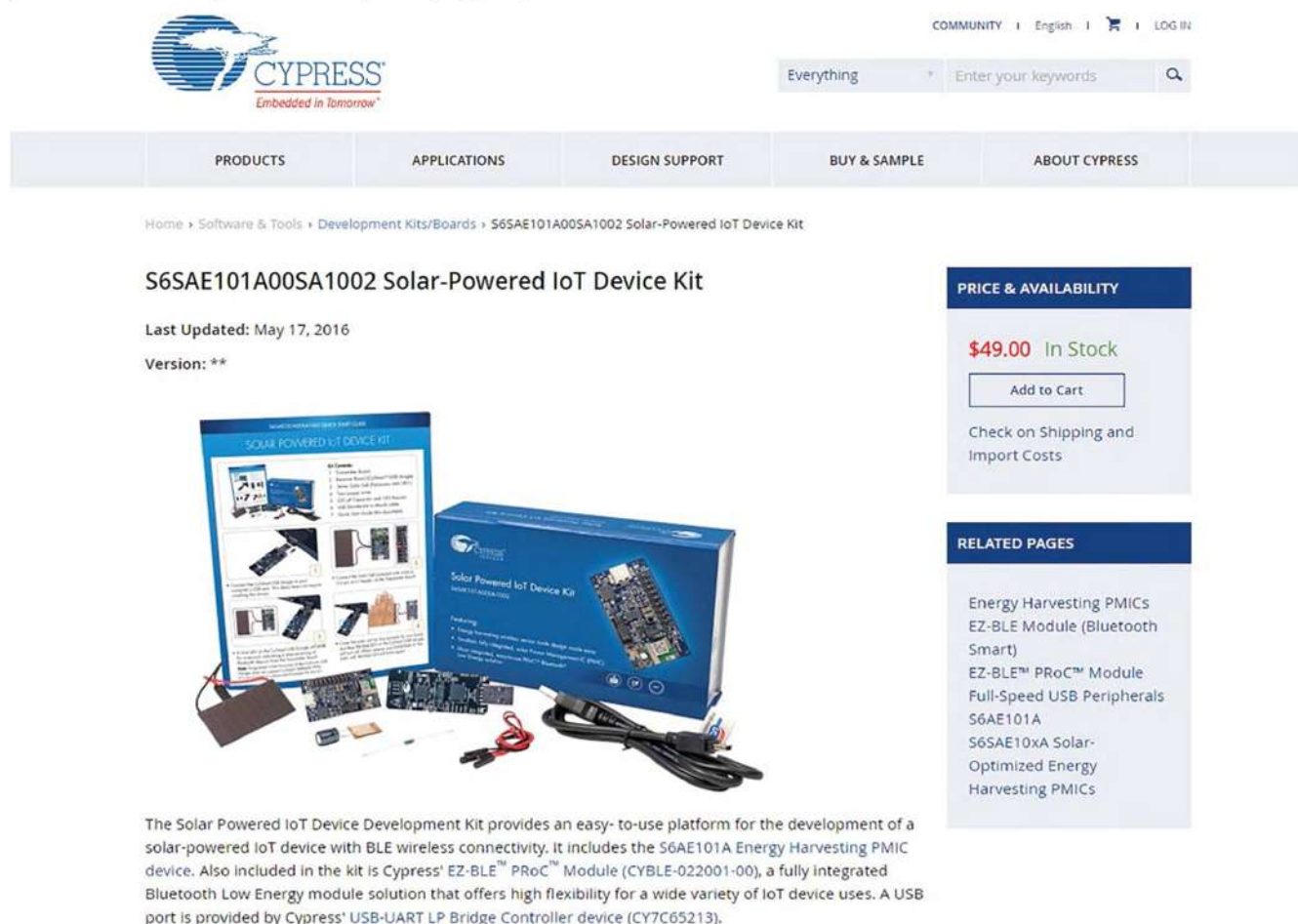
Tomasz Jabłoński, EP



**Rysunek 10. Konfigurowanie 10-bitowego przetwornika C/A**



Rysunek 1. Zestaw IoT (zrzut ekranowy strony Cypress)



**CYPRESS**  
Embedded in Tomorrow™

COMMUNITY | English | LOG IN

Everything | Enter your keywords |

PRODUCTS APPLICATIONS DESIGN SUPPORT BUY & SAMPLE ABOUT CYPRESS

Home » Software & Tools » Development Kits/Boards » S6SAE101A00SA1002 Solar-Powered IoT Device Kit

### S6SAE101A00SA1002 Solar-Powered IoT Device Kit

Last Updated: May 17, 2016  
Version: \*\*

**PRICE & AVAILABILITY**

**\$49.00** In Stock

Add to Cart

Check on Shipping and Import Costs

**RELATED PAGES**

- Energy Harvesting PMICs
- EZ-BLE Module (Bluetooth Smart)
- EZ-BLE™ PRO™ Module
- Full-Speed USB Peripherals
- S6AE101A
- S6SAE10xA Solar-Optimized Energy Harvesting PMICs

The Solar Powered IoT Device Development Kit provides an easy-to-use platform for the development of a solar-powered IoT device with BLE wireless connectivity. It includes the S6AE101A Energy Harvesting PMIC device. Also included in the kit is Cypress' EZ-BLE™ PRO™ Module (CYBLE-022001-00), a fully integrated Bluetooth Low Energy module solution that offers high flexibility for a wide variety of IoT device uses. A USB port is provided by Cypress' USB-UART LP Bridge Controller device (CY7C65213).

# Solar Powered IoT Device Kit

## Zestaw uruchomieniowy IoT od firmy Cypress

Firmy – producenci podzespołów wręcz prześcigają się oferując nam coraz to ciekawsze zestawy ewaluacyjne z zamontowanymi coraz to bardziej interesującymi modułami peryferyjnymi. A to wszystko po to, aby przekonać nas, że warto skorzystać z ich oferty. Cały ten szum generuje wkraczająca coraz to szerzej w nasze życie technologia IoT. Przyjrzymy się jednemu z najnowszych zestawów Cypressa.

Internet Rzeczy rozwija się gwałtownie, może nawet zbyt szybko. Wszystkie urządzenia na gwałt są dołączone do sieci, pewnie za kilka dni, maksymalnie miesięcy, sznurowadła będą się komunikowały z trampkami, aby wymieniać się jakże istotnymi danymi o swoim stanie. Najlepiej przy tym wysyłając je do chmury w celu porównania poprawności sznurowania z innymi zaprzyjaźnionymi parami obuwia, nie wspominając o automatycznym umówieniu wizyty u ortopedy, gdy wykryte zostaną chociażby minimalne nieprawidłowości w sposobie chodzenia i oczywiście, codziennego przypominania nam o konieczności zwiększenia naszej aktywności fizycznej.

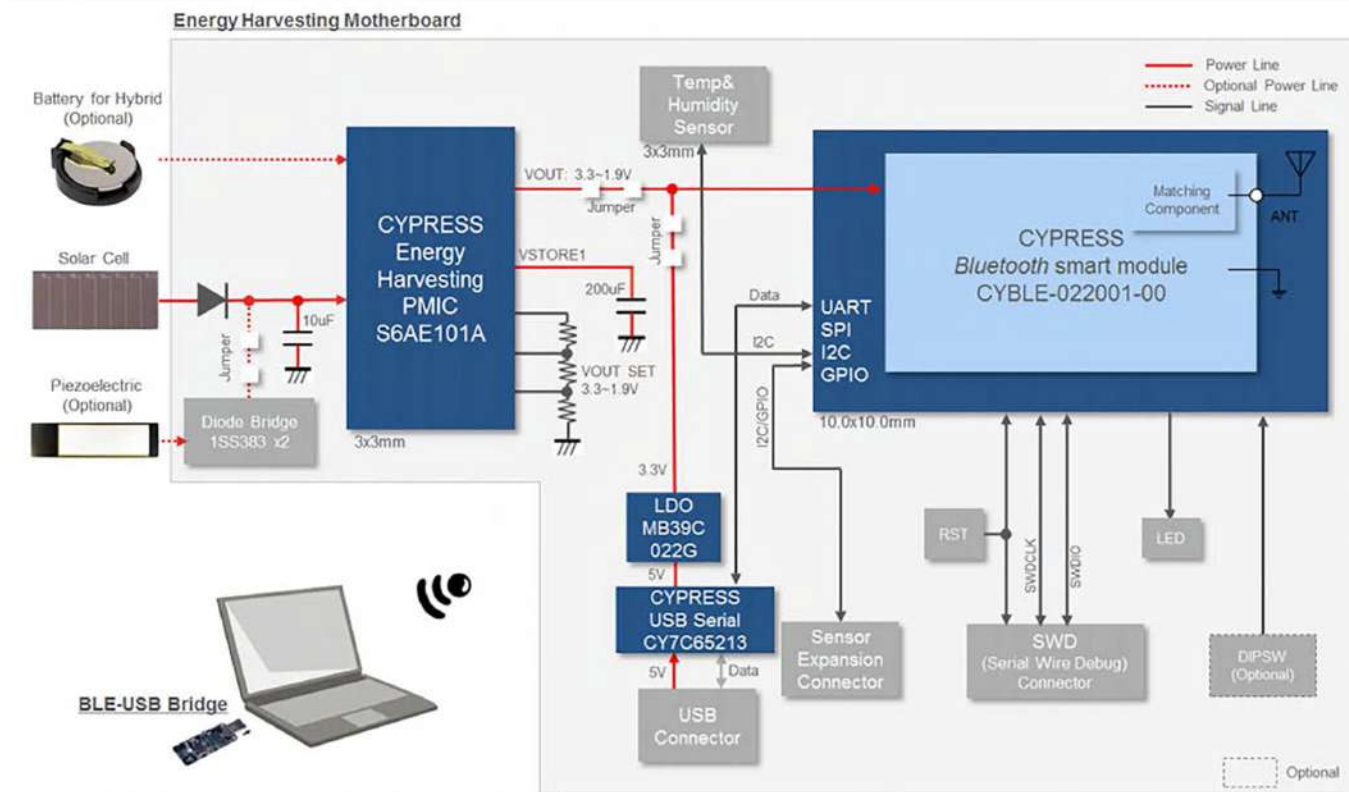
Tyle tytułem żartu. Tak czy inaczej, być może w niedalekiej przyszłości, przyjdzie nam się zmierzyć z podobnymi problemami, może o nieco większym „ciężarze” gatunkowym. Takimi,

jak chociażby monitorowanie przesyłek, pojazdów, poziomu wody w rzece, wskazań liczników lub mierników, a wszystko za pomocą Internetu Rzeczy. W takiej sytuacji zadanie może nam ułatwić pokazany na **rysunku 1** zestaw uruchomieniowy Cypressa – „Solar Powered IoT Device Kit”.

Zestaw odróżnia się zarówno wyglądem, jak i ceną od dotychczasowej oferty budżetowych „PSoC-kitów” za symbolicznego dolara. Jest opakowany w estetyczne pudełko i kosztuje 49 USD. W zamian otrzymujemy dwie płytki drukowane, w tym jedną z nadajnikiem BLE (beacon) z wbudowanym układem przetwornicy współpracującej z fotoogniwem (układ typu energy harvester), a drugą z mostkiem BLE/USB, ogniwo słoneczne, kabel USB, kilka zworek, kondensator, rezystor i skróconą instrukcję „szybkiego startu” - czyli wszystko, co zdaniem Cypressa konieczne jest do rozpoczęcia pracy z IoT.

Spójrzmy na **rysunek 2**, na którym pokazano schemat blokowy zestawu, a dokładnie schemat płytki energy harvester. Sercem jest moduł BLE typu CYBLE-022001-00, który prawdopodobnie jest najmniejszym aktualnie dostępnym w handlu modułem BLE z wbudowaną anteną. Wzmianka o nim pojawiła się już przy opisie PSoC4247 w grudniowym numerze EP. Zasilanie modułu zapewnia PMIC (Power Management IC) typu S6AE101A. Jest to najprostszy z wprowadzonej ostatnio do oferty rodziny energy harvesterów. Umożliwia współpracę z dwoma źródłami zasilania. Typowo są to ogniwo solarne oraz bateria litowa (opcja). Układ odpowiada



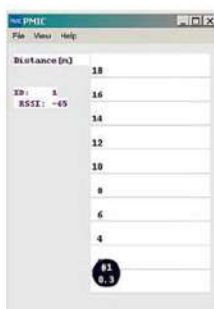


Rysunek 2. Schemat blokowy zestawu (za notą Cypress)

za pozyskiwanie energii z otoczenia oraz za efektywne jej magazynowanie we współpracującym kondensatorze wraz z automatycznym przełączaniem źródeł zasilania. Dla rozpoczęcia pracy układ potrzebuje jedynie 12  $\mu$ W mocy. W zestawie dołączone jest ogniwo słoneczne, zapewniające zasilanie modułu. Producent zapewnia poprawną pracę zestawu przy oświetleniu większym od 200 lx, to jest transmisję co 6 sekund w trybie WSN (sensor bezprzewodowy). Opcjonalnie do zasilania może być używana bateria, przetwornik piezoelektryczny lub elektromagnetyczny, współpracujący z wbudowanym prostownikiem. Elementy opcjonalne dołączamy do złącza J1 modułu. Możliwe jest zwiększenie pojemności wbudowanego kondensatora magazynującego energię poprzez połączenie go równolegle z kondensatorem 220  $\mu$ F dołączonym do zestawu.

Na płytce wbudowano przetwornik temperatury i wilgotności SI7020 komunikujący się z CYBLE poprzez interfejs I<sup>2</sup>C. Zestaw uzupełniają dioda LED i przycisk Reset. Sygnały interfejsów I<sup>2</sup>C/UART/GPIO CYBLE dostępne są na złączu J2 (niewzlutowanym). Na płytce jest zamontowany także mostek USB/Serial dla wgrywania oprogramowania modułu CYBLE w trybie bootloadera. „Pełne” programowanie i debugowanie modułu jest możliwe także z pominięciem mostka USB/Serial, poprzez złącze SWD programatorem MiniProg3. Płytkę jest więc kompletna z punktu widzenia realizacji bezprzewodowego punktu pomiarowego.

Druga płytka jest mostek USB/BLE, zbudowany w oparciu o procesor CYBL10162 (Proc-BLE Device), antenę wykonaną na obwodzie drukowanym. Jako programator zastosowano KitProg na PSoC 5LP, znany z wcześniejszych



Rysunek 3. Monitor aktywności

zestawów uruchomieniowych. Płytkę zawiera trzy LED, przycisk reset BLE i przycisk użytkownika. Podobnie jak poprzednio, programowanie jest możliwe przez mostek USB/UART lub złącze SWD programatorem zewnętrznym.

Do zestawu dołączono pełną dokumentację (do pobrania ze strony producenta), przykłady oraz podstawowe oprogramowanie narzędziowe (PMIC/Teraterm) dostępne po zainstalowaniu oprogramowania SOLARPOWEREDKITSetupOnlyPackage.exe.

Nie pozostaje więc nic innego, jak przetestowanie działania zestawu. W pierwszej kolejności po przyłączeniu mostka USB/BLE są instalowane sterowniki, między innymi driver portu COM, którego numer będzie przydatny później. Następnie instalujemy drivery płytki harwestera przełączając zworę w tryb zasilania USB i łącząc ją z komputerem PC za pomocą dostępnego w zestawie kabla mini USB. Po instalacji płytkę odłączamy i przywracamy położenie J4 do pozycji EH. Do płytki harwestera przyłączamy ogniwo solarne (piny SOLAR+, GND) i zapewniamy odpowiednie oświetlenie. Po zgromadzeniu odpowiedniej energii moduły nawiążą komunikację, co jest sygnalizowane cyklicznym zaświecaniem się niebieskiej LED w mostku USB/BLE. Jeżeli tak się nie stanie, to konieczne jest doświetlenie ogniwa lub sprawdzenie poprawności połączeń.

Po pomyślnej instalacji należy przejść do katalogu gdzie zainstalowane zostało oprogramowanie zestawu. W podkatalogu PMIC Software uruchamiamy program PMIC.exe. Jest to monitor aktywności umożliwiający wizualizację danych odebranych z modułu harwestera (rysunek 3). Po wybraniu opcji View/Mode/Distance Mode oprogramowanie na podstawie danych z modułu określa siłę sygnału RSSI i przybliżone położenie modułu. Aby wykorzystać funkcję WSN+BLE Beacon (sensor bezprzewodowy), należy aktywować wbudowany czujnik SI7020. W tym celu ponownie łączymy moduł harwestera z PC i uruchamiamy terminal Teraterm znajdujący się w katalogu PMIC Software. Wybieramy nowe połączenie szeregowego File/New Connection, w ustawieniach terminala Setup/Terminal załączamy echo i opcje Receive=Auto, Transmit CR+LF, a w ustawieniach portu Setup/Serial Port opcje 115200,8N1 (rysunki 4...6).

Aby wprowadzić moduł w tryb WSN, należy nacisnąć przycisk XRES, zatrzymana zostanie transmisja BLE, moduł wejdzie w tryb



Rysunek 4. Ustawienia portu szeregowego



konfiguracji – potwierdzenie ujrzymy w okienku terminala. Po zakończeniu aktywacji Bootloadera, w terminalu aktywujemy sensory, wpisując „sensor on”, co zostaje potwierdzone i możemy zakończyć tryb konfiguracji poleceniem „exit” (rysunek 7). Następnie, odłączyć kabel USB, przywrócić położenie zwory J4=EH. W celu monitorowania pracy beacons, uruchamiamy ponownie PMIC.exe, wybierając monitorowanie temperatury lub wilgotności (View\Mode\Humidity {Temperature} mode). Oprogramowanie będzie gromadziło dane i przedstawiało je w formie graficznej, jak pokazano na rysunku 8. Po sprawdzeniu działania zestawu możemy przejść do tworzenia własnych aplikacji np. przez modyfikację plików przykładowych.

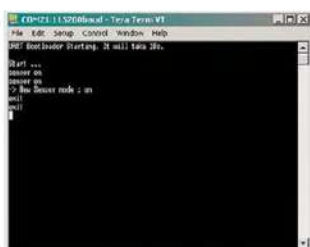
Zestaw startowy spełnia więc swoją funkcję i jest dobrym wprowadzeniem do IoT zarówno od strony sprzętowej jak i programowej. Szczególnie cieszy fakt dostarczania zestawu w pełnej niezbędnej konfiguracji, pomimo



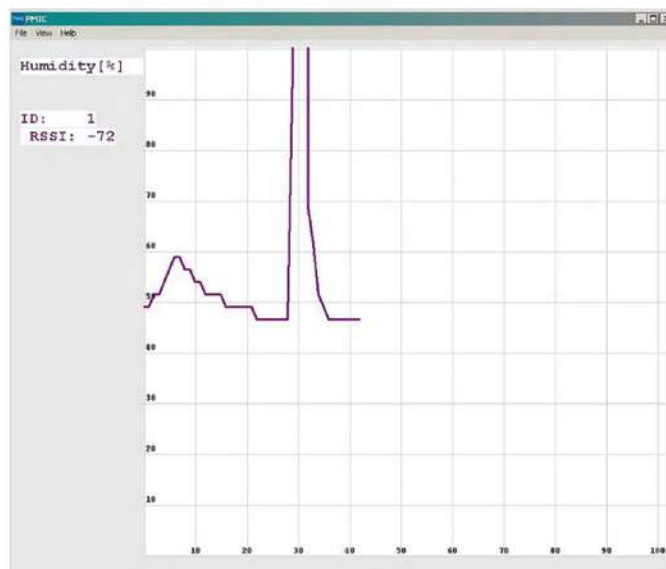
Rysunek 5. Ustawienia terminala



Rysunek 6. Ustawienia transmisji



Rysunek 7. Konfiguracja WSN



Rysunek 8. Akwizycja danych z modułu BLE

wyższej ceny, zwalnia to z poszukiwania odpowiedniego ogniwa słonecznego, mostka BLE itp. Wszystkie kody źródłowe wraz z opisami protokołów i dokumentacją kitu znajdują się w katalogu instalacyjnym, co umożliwia uruchomienie w przysłowiowe 10 minut i szybkie przejście do własnych aplikacji, tym bardziej, że zapowiadane są przez Cypressa bardziej komercyjne rozwiązania, tj. beacons z superkondensatorem w estetycznej obudowie, korzystające z podobnych rozwiązań, jak na płytce harwestera.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,  
w jednym miejscu



## UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe  
i elektroniczne  
wydania czasopism  
z najważniejszych  
segmentów rynku:

budownictwo i wnętrza, muzyka  
i dźwięk, elektronika i automatyka,  
edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka  
**GRATIS**



# Voltcraft DL-141TH

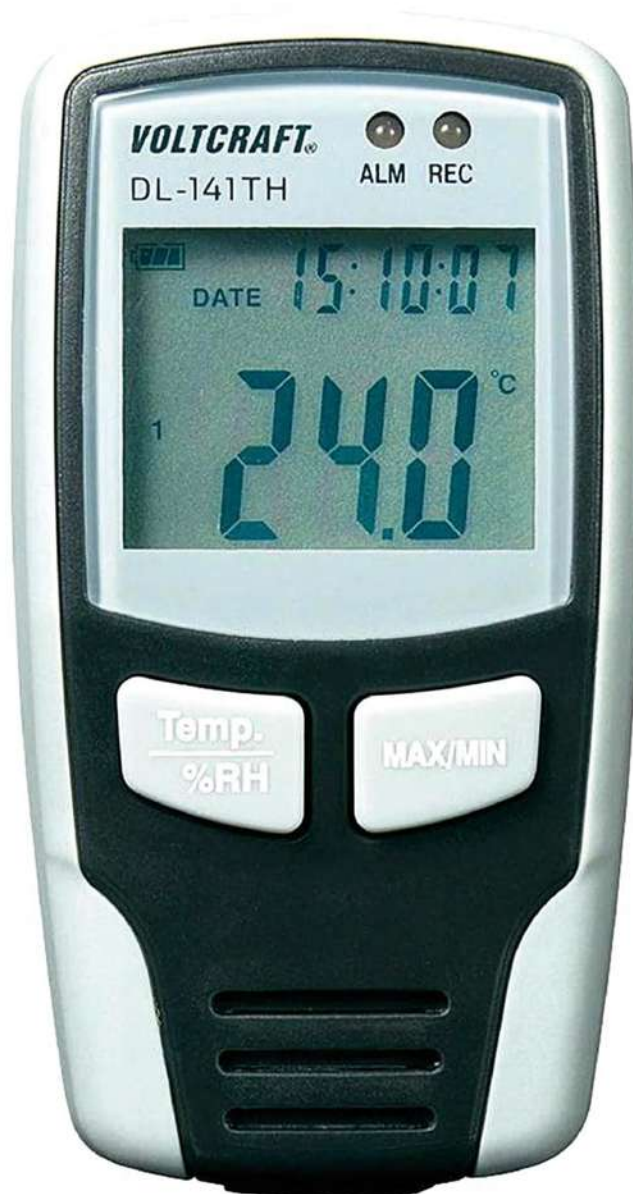
## – miernik i rejestrator temperatury oraz wilgotności

*Przyrząd mierzący i rejestrujący temperaturę oraz wilgotność nie jest tym rodzajem miernika, który przyda się każdemu. Jest on przeznaczony do specyficznych zastosowań i może być stosowany w magazynach żywności, przy sezonowaniu drewna lub w pewnych specyficznych procesach technologicznych, z którymi rzadko ma do czynienia przeciętna osoba.*

Jak wspomniano wcześniej, rejestrator temperatury i wilgotności to przyrząd pomiarowy przeznaczony do zastosowań specjalnych. Na pewno sprawdzi się w magazynach żywności, w których dla przechowywania ogromne znaczenie ma odpowiednia temperatura i wilgotność. Przyda się też przy jej transporcie, ponieważ przy zasilaniu baterijnym może pracować przez około 3 miesiące, rejestrując ponad 32 tysiące rekordów zawierających zmierzone parametry oraz znaczniiki czasu i daty. Można więc wyobrazić sobie, że po zapakowaniu transportowanych produktów np. do kontenera, umieszczamy tam razem z nimi nasz miernik/rejestrator DL-141TH, a po odebraniu dostawy w miejscu przeznaczenia odczytujemy zmierzone wielkości i stwierdzamy, czy żywność była transportowana we właściwych warunkach. Wydaje się, że do takiego zastosowania jest dopasowany zakres pomiarowy temperatury – DL-141TH mierzy temperaturę z zakresu  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ , a wilgotność w zakresie  $0...100\% \text{ RH}$ .

Oczywiście, przemysł spożywczy nie jest jedyną branżą, w której mógłby znaleźć zastosowanie taki przyrząd. Warunki przechowywania są istotne nie tylko dla produktów spożywczych, ale również dla materiałów budowlanych, drewna wykorzystywanego w różnicowanych aplikacjach, substancji i odczynników chemicznych oraz innych. Nawet komponenty elektroniczne są na nie wrażliwe – niewłaściwe warunki magazynowania mogą spowodować utlenianie się doprowadzeń, degradację powierzchni sensorów itp. Zauważymy, że niekiedy kupując np. układy scalone w sprzedaży wysyłkowej odbieramy je zapakowane w hermetycznych woreczkach wspólnie z żelem pochłaniającym wilgoć.

Jak wspomniano, miernik ma pamięć, która umożliwia zapisanie 32,7 tys. wyników pomiarów. Oczywiście, jak przystało na nowoczesne rozwiązanie, nikt nie każe nam przeglądać i notować zapamiętanych wartości ręcznie – można je przesłać za pomocą interfejsu USB do komputera PC z uruchomionym, specjalnym, dostarczonym wraz z przyrządem, oprogramowaniem VoltSoft. Umożliwia ono odebranie wyników pomiarów, graficzną i tekstową prezentację wyników pomiarów oraz – co ważne – zapamiętanie ich na dysku komputera np. dla potrzeb protokołu opisującego zdarzenie. Ciekawą funkcjonalnością jest też wbudowany serwer Web, dzięki czemu wielu użytkowników może mieć dostęp do specjalnej strony, na której prezentowane są wyniki pomiarów wielu przyrządów obsługiwanych przez program. Bo nadaje się on nie tylko do współpracy z opisywanym rejestratorem, ale także z innymi urządzeniami pomiarowymi dostępnymi w ofercie Conrad. Pełną ich listę można znaleźć w instrukcji użytkownika programu. Warto przy tym wspomnieć, że sam program jest dostępny za darmo (wraz z instrukcją użytkownika), do pobrania spod adresu [http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/105055-up-01-ml-VOLTSOFT\\_SETUP\\_V\\_1\\_94\\_de\\_en\\_fr.zip](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/105055-up-01-ml-VOLTSOFT_SETUP_V_1_94_de_en_fr.zip).



### Więcej informacji:

Redakcja Elektroniki Praktycznej dziękuje firmie Conrad za udostępnienie miernika/rejestratora Voltcraft DL-141TH do testów. Więcej informacji na temat opisywanego przyrządu jest dostępne na stronie <https://goo.gl/MTMSCB>.



Moim zdaniem bardzo dobrym pomysłem jest dostarczanie przyrządu nie tylko z odpowiednim oprogramowaniem, ale też ze specjalnym uchwytem umożliwiającym zamontowanie rejestratora na ścianie. Producent pomyślał nawet o wkrętach mocujących i baterii zasilającej, a więc przyrządu możemy używać już po otwarciu pudełka – nie trzeba tracić czasu na dodatkowe zakupy.

Wygląd miernika/rejestratora Voltcraft DL-141TH pokazano na fotografii tytułowej. Producent umieścił go w estetycznej, lekkiej obudowie z tworzywa sztucznego. Nieskomplikowane menu użytkownika





obsługuje się za pomocą dwóch przycisków. Zanim zaczniemy dokładnie analizować zmierzone wielkości, można „na szybko” stwierdzić czy wszystko jest w porządku, korzystając z wyświetlacza LCD przyrządu i funkcji pokazywania wartości MIN/MAX. Odstęp pomiędzy pomiarami może być regulowany w zakresie od 1 sekundy do 24 godzin. Oprócz tego miernik ma możliwość sygnalizowania alarmu, chociaż trudno powiedzieć czy przyda się to w warunkach wspomnianego kontenera. Inaczej, jeśli rejestrator pracuje w połączeniu on-line z komputerem PC, który ma dostęp do Internetu. Wówczas oprogramowanie może nawet wysyłać powiadomienia e-mailem do wskazanego użytkownika.

Podstawowe parametry miernika/rejestratora temperatury i wilgotności Voltcraft DL-141TH zawiera ramka. Przyrząd do testów otrzymaliśmy od znanego sprzedawcy techniki i elektroniki – firmy Conrad.

Jacek Bogusz, EP

#### Podstawowe parametry miernika/rejestratora temperatury i wilgotności Voltcraft DL-141TH:

- Rejestrowane wielkości: data, godzina, wilgotność względna i temperatura powietrza.
- Stan baterii sygnalizowany za pomocą symbolu na wyświetlaczu LCD.
- Zakres pomiarowy temperatury:  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ .
- Niepewność pomiaru temperatury:
- $\pm 2^{\circ}\text{C}$  w zakresach  $-40...-10^{\circ}\text{C}$  oraz  $+40...+70^{\circ}\text{C}$ .
- $\pm 1^{\circ}\text{C}$  w zakresie  $-10...+40^{\circ}\text{C}$ .
- Zakres pomiarowy wilgotności:  $0...100\%$
- Niepewność pomiaru wilgotności:
- $\pm 5\%$  w zakresie  $0...20\%$  RH.
- $\pm 3,5\%$  w zakresach  $20...40\%$  oraz  $60...80\%$  RH.
- $\pm 3\%$  w zakresie  $40...60\%$  RH.
- Rozdzielczość pomiarowa:  $0,1\%$  (wilgotność)/ $0,1^{\circ}$  (temperatura).
- Zakres nastaw czasu pomiędzy pomiarami: 1 sekunda...24 godziny.
- Pamięć: 32,7 tys. rekordów (temperatura + wilgotność).
- Wymiary  $94\text{ mm} \times 48\text{ mm} \times 33\text{ mm}$ .
- Ciężar: 115 g.
- Zasilanie: bateria litowa  $3,6\text{ V}$  (1/2 AA).
- Czas pracy: około 3 miesiące.
- Opakowanie zawiera: przyrząd, uchwyt naścienny, wkręty mocujące, baterię zasilającą, kabel USB, oprogramowanie VoltSoft.

REKLAMA

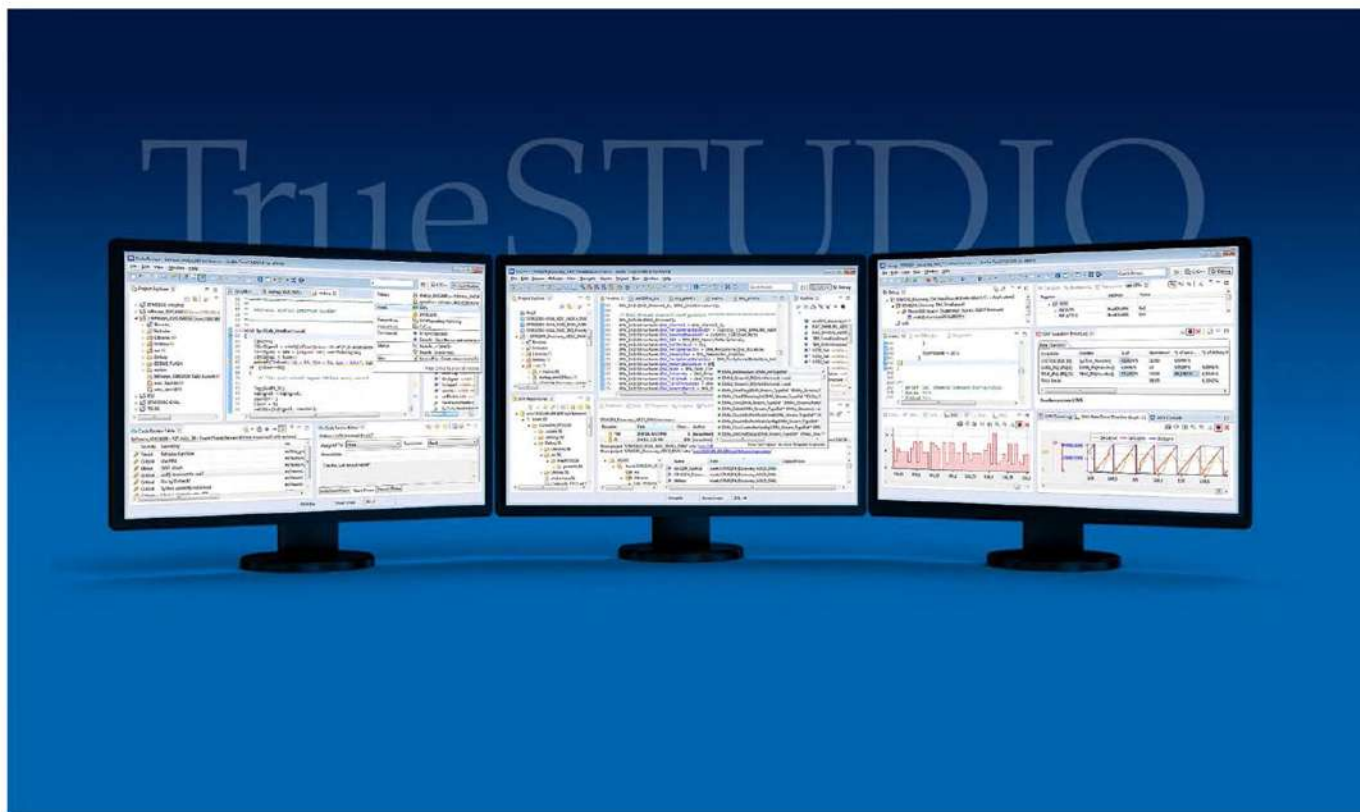
# Gitarzysta

Wydanie specjalne magazynu Gitarzysta wyciąga rękę do wszystkich tych, którzy chcą nagrywać muzykę w domu – a badania pokazują, że jest to obecnie niezwykle szeroka i dynamicznie rosnąca grupa odbiorców. Zaczynamy od opisanie kompletnych podstaw, sposobów podłączania instrumentu, dostępnych programów do nagrywania muzyki, sprzętu niezbędnego do tego. Polecamy wybrane produkty z działów gitara elektryczna, gitara akustyczna, gitara basowa, perkusja. Omawiamy zasady nagrywania tych instrumentów, dzielimy się poradami zawodowców, podpowiadamy jak wykonać miks i mastering. Co więcej omawiamy także strukturę piosenki i tego jak powinien zostać napisany przebieg. Na koniec kilka wskazówek dotyczących biznesu muzycznego i PR. Przewodnik Domowe Studio to pozycja obowiązkowa dla każdego!

PRZEJRZYSZ I KUPISZ NA [WWW.ULUBIONYKIOSK.PL](http://WWW.ULUBIONYKIOSK.PL)







# Komercyjne środowiska sprzętowo-programowe dla programistów mikrokontrolerów ARM Cortex-M

Na rynku dostępne są różnorodne narzędzia dla programistów przygotowujących aplikacje na mikrokontrolerowy ARM, z których najczęściej są stosowane zintegrowane środowiska programistyczne składające się z IDE, kompilatorów, debuggerów, w niektórych przypadkach także programowych symulatorów oraz narzędzi pomocniczych. Od takich właśnie pakietów zaczniemy nasz przegląd.

## Keil/ARM MDK-ARM z IDE mVision i DS-5

Nadal najpopularniejszym pakietem narzędziowym wśród programistów piszących aplikacje dla mikrokontrolerów wyposażonych w rdzenie ARM w naszym kraju jest MDK-ARM firmy ARM (dawniej Keil). Napisałem „nadal”, bowiem producent tego narzędzia nie rozpoczyna swoich fanów, którzy są zmuszeni do kupowania stosunkowo drogiej wersji komercyjnej tego narzędzia, producent – niestety – nie oferuje rozwiązań „budżetowych”, co jest to usprawiedliwione wysoką jakością tego narzędzia. W pewnym stopniu sytuację ratują dedykowane wersje oprogramowania – dzięki współpracy z producentami mikrokontrolerów – udostępniane bezpłatnie, ale ograniczone do wybranej rodziny mikrokontrolerów. Dla prostych aplikacji alternatywą jest także dostępna bezpłatnie wersja Lite, która umożliwia kompilowanie programów o objętości kodu wynikowego do 32 kB.

Pakiet ARM-MDK jest kompletnym systemem integrującym w jednym, łatwym w obsłudze środowisku wszystkie narzędzia

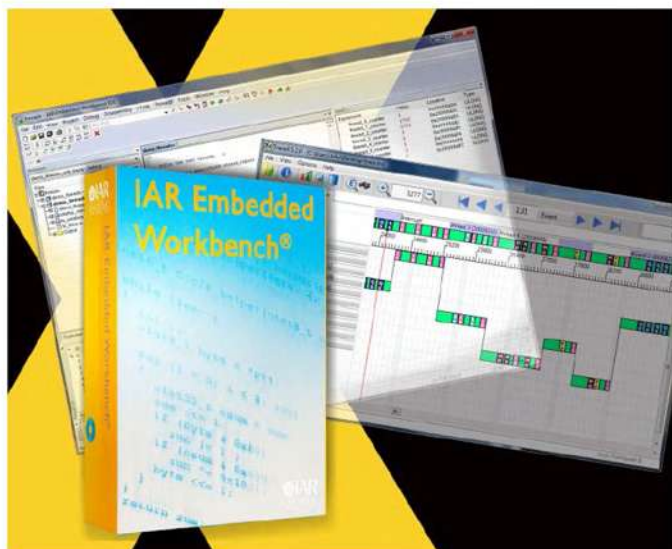
komercyjne środowiska programistyczne, pomimo naporu rozwiązań bezpłatnych, ciągle dobrze się trzymają na rynku. Są one coraz lepiej wyposażone i właśnie na zaawansowanych możliwościach funkcjonalnych, niedostępnych w narzędziach bezpłatnych, budują i utrwalają swoją pozycję na rynku.

W artykule przedstawiamy trzy najpopularniejsze w Polsce komercyjne pakiety programistyczne oraz współpracujące z nimi narzędzia sprzętowe, niezbędne w każdym poważnym, mikrokontrolerowym laboratorium projektowym.

programistyczne (**rysunek 1**): kompilatory języków C/C++ oraz assemblera, linker, programowy symulator, debugger oraz „opakowujące” te narzędzia w interfejs graficzny IDE (*Integrated Development Environment*) o nazwie mVision (**rysunek 2**) lub DS-5 (bazujący na Eclipse).

Standardowym wyposażeniem wszystkich wersji MDK są biblioteki CMSIS (**tabela 1**), system operacyjny CMSIS-RTOS RTX, wersja najdroższa – MDK-Professional – jest dostarczana także z kompletem bibliotek obsługujących interfejsy komunikacyjne, w tym TCP/IP,



**Keil/ARM MDK-ARM w skrócie:**

- zintegrowane środowisko projektowe
- dla wszystkich mikrokontrolerów z rdzeniami ARM7/9/Cortex-M/Cortex-R/Cortex-A
- dostępny w bezpłatnej wersji ewaluacyjnej
- kompilator C/C++
- zintegrowany system operacyjny
- obsługa wielu interfejsów programująco-debugujących
- zintegrowane biblioteki

**Tabela 1. Zestawienie najważniejszych cech dostępnych wersji pakietów MDK-ARM firmy Keil/ARM**

Cecha	Professional	Plus	Cortex-M	Lite
IDE with Editor, Pack Installer	+	+	+	+
Debugger	+	+	+	32 kB
Fixed Virtual Platforms Simulation Models	+	-	-	-
Compiler, Linker, Libraries, and Utilities	+	+	+	32 kB
ARM Cortex-M	+	+	+	+
ARM SecurCore®	+	+	-	+
ARM7, ARM9, ARM Cortex-R4	+	+	-	+
DS-MDK (systemy heterogeniczne)	+	-	-	-
ARM v8-M	+	-	-	-
CMSIS-RTOS RTX	+	+	+	+
Middleware IPv4 Network, USB Device, File System, Graphics	+	+	-	-
Middleware IPv6 Network, USB Host, mbed TLS	+	-	-	-
ULINK Debug Adapters	+	+	+	+
Trace Streaming Instruction Trace, Embedded Trace Buffer, Micro Trace Buffer	+	+	+	+
Advanced Analysis Tools Code Coverage, Performance Analyzer, Execution Profiler, Logic Analyzer	+	-	+	+

USB Device i Host, interfejs CAN, system plików FAT oraz interfejsy graficzne. Nowe wersje pakietu MDK-Professional będą obsługiwać także architektury ARMv8-M oraz dwurdzeniowe Cortex-A/Cortex-M.

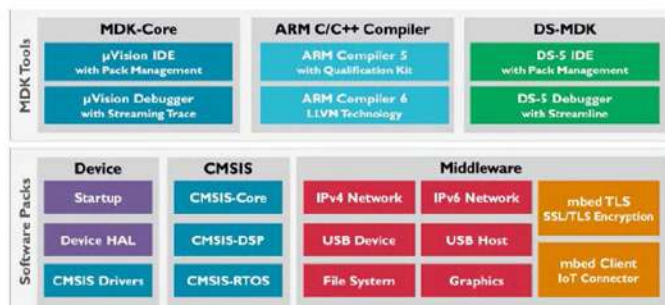
Pakiet MDK-ARM jest przystosowany do współpracy z większością popularnych interfejsów programująco-debugujących (m.in. J-Link firmy Segger, ST-Link firmy STMicroelectronics, OpenSDA, Nuvoton Nu-Link), jest także przystosowany do łatwego upgrade'owania (poprzez dodanie odpowiednich bibliotek DLL) obsługi nowych interfejsów. Producent pakietu oferuje jego użytkownikom własne interfejsy – serię urządzeń o nazwie ULink – których rodzina składa się obecnie z trzech modeli:

- ULINK2 – model podstawowy, obsługujący mikrokontrolery ARM7/ARM9, Cortex-M, starsze mikrokontrolery z rdzeniem 8051: XC800/mPSD/LPC950 oraz 16-bitowe XC166. Obsługuje interfejs SWO z prędkością do 1 Mb/s, nie jest obsługiwany przez IDE DS-5,
- ULINKproD (fotografia 3) – interfejs przystosowany do współpracy z interfejsami zasilanymi napięciem od 1,2 V, obsługą SWO do 100 Mb/s, obsługiwany przez obydwa IDE,
- ULINKpro – interfejs przystosowany do współpracy z interfejsami zasilanymi napięciem od 1,2 V, obsługą SWO do 100 Mb/s, ETM do 800 Mb/s, obsługiwany przez obydwa IDE.

Pakiet MDK-ARM jest oferowany w czterech podstawowych wersjach, których najważniejsze cechy zestawiono w tabeli 1.

**IAR Embedded Workbench**

Dużą elastycznością oraz zaawansowanymi możliwościami funkcjonalnymi charakteryzuje się także pakiet Embedded Workbench firmy IAR. Jest on w naszym kraju nieco mniej popularny niż MDK, ale oferuje nie mniejsze możliwości, zwłaszcza podczas projektowania i optymalizacji systemów energooszczędnych. Firma IAR wyposaża pakiet Workbench w pluginy umożliwiające współpracę ze wszystkimi liczącymi się systemami na rynku (m.in. AVIX, CMX-RTX, e-Force µC3/Compact, FreeRTOS, OpenRTOS, SafeRTOS, Freescale MQX, Micrium µC/OS-III, Quadros RTXC, Segger embOS). IAR Workbench używa własnego IDE (rysunek 4), o nieco innym sposobie obsługi niż wcześniej prezentowany MDK, ale rozwiązanie proponowane przez firmę IAR ma także wielu zwolenników, dostępne są także narzędzia integrujące środowisko Workbench pod „skrzydłami” Eclipse.

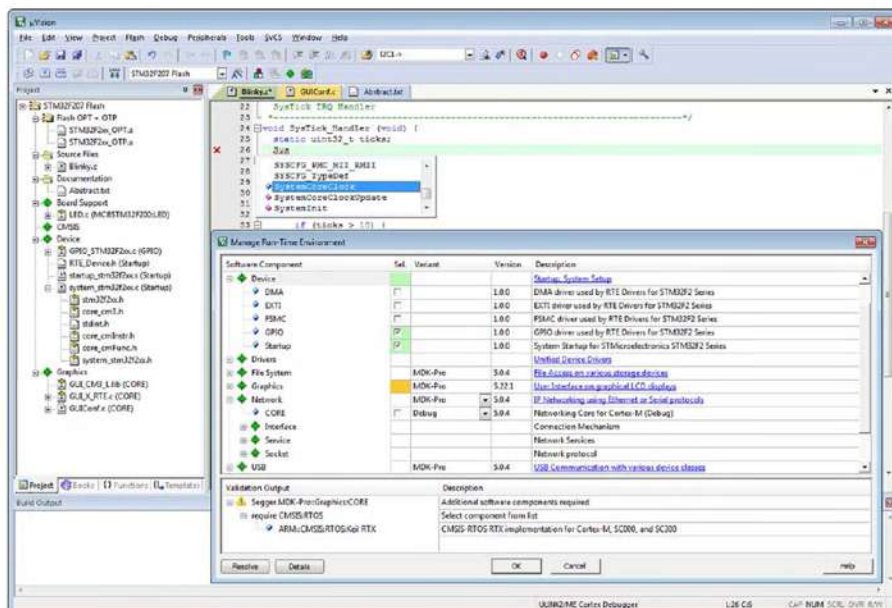
**Rysunek 1. Narzędzia programistyczne zawarte w MDK-ARM****IAR Embedded Workbench w skrócie:**

- zintegrowane środowisko projektowe
- dla wszystkich mikrokontrolerów z rdzeniami ARM7/9/ARM11/Cortex-M/Cortex-R oraz mikroprocesorów z rdzeniami Cortex-A
- dostępny w bezpłatnej wersji kick-start z ograniczeniami funkcjonalnymi (m.in. kompilacja do 32 kB lub 16 kB w przypadku Cortex-M0/M0+/M1, brak obsługi MISRA C) lub 30-dniowej wersji pełnej
- kompilator C/C++
- możliwość współpracy z systemami operacyjnymi dostarczanymi przez zewnętrznych producentów
- obsługa wielu interfejsów programująco-debugujących
- zintegrowane biblioteki



**Atollic TrueSTUDIO w skrócie:**

- zintegrowane środowisko projektowe
- dla mikrokontrolerów z rdzeniami ARM7/ARM9, Cortex-M, Cortex-A5
- dostępny w bezpłatnej wersji TrueSTUDIO, wersji komercyjnej TrueSTUDIO Pro oraz w 30-dniowej wersji ewaluacyjnej TrueSTUDIO Pro bez ograniczeń funkcjonalnych
- kompilator C/C++
- możliwość współpracy z systemami operacyjnymi dostarczonymi przez zewnętrznych producentów
- współpraca interfejsów programująco-debugujących: Segger J-Link, STMicroelectronics ST-LINK oraz *open-source* zgodny z *gdbserver*
- zintegrowane biblioteki

**Rysunek 2. Interfejs graficzny mVision**

Pakiet Embedded Workbench jest przystosowany do współpracy z wieloma standardowymi interfejsami do debugowania i programowania (jak na przykład rodzina interfejsów J-Link firmy Segger), producent pakietu oferuje także kilka typów własnych interfejsów, jak na przykład I-jet (**fotografia 5**, taktowanie JTAG do 48 MHz) lub I-jet Trace (**fotografia 6**, taktowanie JTAG do 100 MHz). Mocną stroną pakietu Embedded Workbench jest zaimplementowana obsługa najpopularniejszych interfejsów komercyjnych (m.in. Segger J-Link, ST-Link, XDS100) oraz *open-source* jak na przykład Stellaris FTDI/ICDI, Macraigor OCDemon, OpenSDA itp.

**Atollic TrueSTUDIO**

Firma Atollic opracowując pakiet TrueSTUDIO wybrała inną drogę niż firmy, których narzędzia przedstawiliśmy dotychczas: zamiast budować własne oprogramowanie od podstaw, jej inżynierowie wykorzystali oprogramowanie *open-source* (IDE Eclipse, kompilator ARM-GCC, serwer debugera *gdbserver*), które charakteryzuje się – w wersjach natywnych – trudną instalacją, koniecznością wykonywania wielu ręcznych modyfikacji i poprawek, a także monitorowania zmian wprowadzanych przez zespoły *freelancerów* rozwijających oprogramowanie.

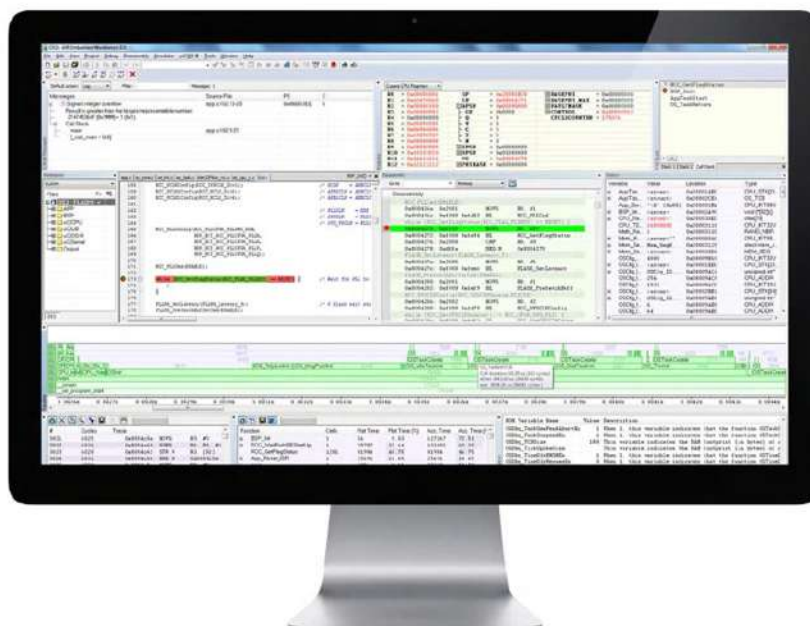
Pakiet TrueSTUDIO (**rysunek 7**) – pomimo tego, że składa się z elementów *open-source'owych* – jest wygodny w instalacji i nie wymaga podczas eksploatacji przesadnej troski ze strony użytkowników. Nie dzieje się to oczywiście za darmo: wersja TrueSTUDIO Pro wymaga zakupu licencji, ale jej koszt jest konkurencyjny w stosunku do innych narzędzi dostępnych na rynku. Pakiet TrueSTUDIO Pro jest dostępny w 30-dniowej wersji trial.

Wersja komercyjna TrueSTUDIO Pro jest wyposażona w zaawansowane narzędzia profilujące, debugujące i optymalizujące projekty, które odróżniają je od bezpłatnej wersji TrueSTUDIO, wśród nich m.in.: CPU Fault Analyzer, Statistic Profiler, Exception and Interrupt Tracing, Instruction Tracing, Real-Time Data Access Tracing, a także możliwość debugowania pracy systemów wielordzeniowych.

Pakiet TrueSTUDIO nie został przez producenta wyposażony w zintegrowany system operacyjny, ale może współpracować z kilkoma systemami komercyjnymi (m.in.

HCC-Embedded eTaskSync, Micrium uC/OS, CMX-RTX/CMX-TINY+, Express Logic ThreadX, FreeRTOS, Segger embOS, HighIntegrity-Systems/Wittenstein OpenRTOS/SaferRTOS, Code Time Technologies Abassi, Quadros RTXC).

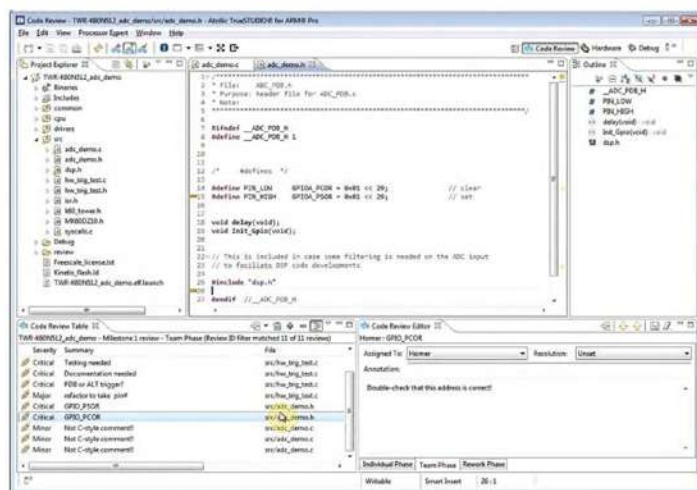
Opracowując komercyjną wersję TrueSTUDIO producent założył, że obsługiwane będą przede wszystkim interfejsy programująco-debugujące zgodne z *gdbserver*, ale dość szybko zintegrowano w nim także

**Fotografia 3. Programator/debugger ULINKpro D****Rysunek 4. Interfejs graficzny IAR Workbench**



**Tabela 2. Zestawienie najważniejszych cech dostępnych wersji pakietów Embedded Workbench firmy IAR**

Cecha	Functional Safety	Standard	Cortex-M	Cortex-M0	Limited	Baseline
Obsługiwane rdzenie	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M3, M4, M7, R4, R5, R7, A5, A7, A8, A9, A15 and ARM11, ARM9, ARM7, SecurCore	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M3, M4, M7, M23, M33, R4, R5, R7, A5, A7, A8, A9, A15 and ARM11, ARM9, ARM7, SecurCore	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M3, M4/ M4F, M7, M23, M33	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M23	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M3, M4, M7, M23, M33, R4, R5, R7, A5, A7, A8, A9, A15 and ARM11, ARM9, ARM7, SecurCore	ARM Cortex-M0, M0+, M1, M3, M4, M7, M23, M33, R4, R5, R7, A5, A7, A8, A9, A15 and ARM11, ARM9, ARM7, SecurCore
Edytor	+	+	+	+	+	+
Project Manager	+	+	+	+	+	+
IAR C/C++ Compiler for ARM	+	+	+	+	+	256 kB
IAR Assembler for ARM	+	+	+	+	+	+
Linker and librarian	+	+	+	+	+	+
MISRA C checker	+	+	+	+	-	-
C-SPY Debugger	+	+	+	+	-	+
Run-time libraries incl source code	+	+	+	+	+	+
Power debugging	+	+	+	-	-	-
Hardware debugging support	+	+	+	+	-	+
RTOS plugins	+	+	+	+	-	+
Support and Update Agreement (SUA)	+	+	+	+	+	+
Static code analysis	Opcja	Opcja	Opcja	Opcja	-	-
Runtime analysis	Opcja	Opcja	Opcja	Opcja	-	-
Certified for Functional Safety	+	-	-	-	-	-

**Fotografia 5. Programator/debugger I-jet****Fotografia 6. Programator/debugger I-jet Trace****Rysunek 7. Interfejs graficzny TRUE Studio**

obsługę interfejsów J-Link firmy Segger, Atmel SAM-ICE oraz interfejsów zgodnych z ST-LINK oraz ST-LINK/V2 firmy STMicroelectronics.

### Podsumowanie

W tej części artykułu przedstawiliśmy trzy najpopularniejsze w naszym kraju, komercyjne pakiety narzędziowe dla mikrokontrolerów z rdzeniami firmy ARM. Oferowane przez niektórych producentów mikrokontrolerów pakiety bezpłatne oraz dodatkowe narzędzia programowe dla programistów przedstawimy w kolejnych wydaniach EP.

Tomasz Starak, EP





STM32  
university



# Programowanie układu STM32F4 (3)

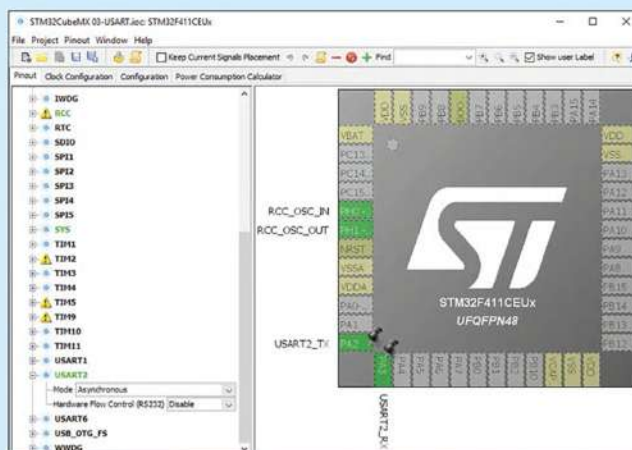
W tej części cyklu umożliwimy naszemu mikrokontrolerowi kontakt z komputerem PC. Wykorzystamy w tym celu interfejs USART oraz znajdujący się na płytce rozwojowej programator ST-LINK lub osobny adapter UART/USB. Za pomocą interfejsu USART możemy również sterować wieloma dostępnymi na rynku układami rozszerzającymi funkcjonalność naszego procesora – na przykład modemami GSM lub modułami z ESP8266 pełniącym funkcję karty sieciowej Wi-Fi.

Znajdujący się na płytce programator, to nic innego, jak kolejny układ z serii STM32, z wyprowadzonym złączem USB od strony użytkownika oraz interfejsami SWD i UART przyłączonymi do układu, który programujemy. Ma on wgrane oprogramowanie emulujący programator ST-LINK, a po przyłączeniu do komputera, przedstawia się jako trzy niezależne urządzenia USB – pamięć masowa, właściwy programator oraz port szeregowy (COM).

Na używanej przeze mnie płytce KA-NUCLEO-F411CE również i z głównego układu wyprowadzono USB dostępne dla użytkownika, więc moglibyśmy je użyć w roli interfejsu komunikacyjnego i nie korzystać z adaptera lub programatora. Znajomość konfiguracji interfejsu UART będzie nam jednak potrzebna w kolejnych częściach kursu, do komunikacji z innymi układami.

Wykrywanie przez system portu COM to nie przypadek. Interfejs USART jest częściowo kompatybilny z dawnym standardem RS232. Różnica polega na wykorzystywaniu innych poziomów napięć – standardowej logiki układu (u nas CMOS – 0 i 3,3 V) oraz kilku dodatkowych wyprowadzeniach w dawnym standardzie. Format przesyłanej ramki jest ten sam i za pomocą popularnego układu MAX232 możemy dołączyć nasz układ do portu COM komputera.

Wspomniałem już o interfejsach UART i USART. Czym jednak się one różnią? Interfejs UART jest interfejsem asynchronicznym, co oznacza, że urządzenia po obu stronach mogą zacząć nadawać w dowolnej chwili i nie wymieniają się sygnałem zegara. UART wykorzystuje jedynie dwa wyprowadzenia – jedno nadawcze, a drugie odbiorcze (łącząc układy należy jeszcze pamiętać o połączeniu ich mas). Interfejs USRT – oprócz sygnałów nadawczego i odbiorczego – wysyła również przebieg zegarowy określający jasno, w których momentach transmitowane są poszczególne bity. Jest on łatwiejszy w implementacji sprzętowej i zabezpiecza nas przed rozsynchronizowaniem się transmisji przy jej większych prędkościach, jednak używa dodatkowego wyprowadzenia.



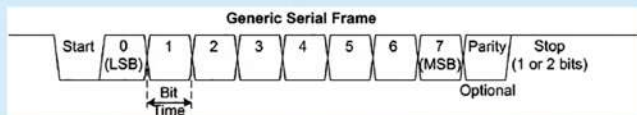
Rysunek 1. Konfiguracja pinów w programie STM32CubeMX

Akronim USART to zbiorcza nazwa określająca oba standardy oraz interfejs mikrokontrolera, który może pracować w obu wymienionych trybach.

Niegdyś bardzo popularny interfejs RS232 miał więcej wyprowadzeń – min. sygnały Ready to Send oraz Clear to Send, sygnalizujące kolejno, że dane urządzenie ma w swoim buforze dane gotowe do wysłania oraz że przeciwne może je w tej chwili odebrać (w buforze jest na to miejsce). Standard RS232 pierwotnie był używany do łączenia komputerów z modemami, a dalej poprzez linie telefoniczne z innymi komputerami.

W środowisku Arduino, interfejs UART znalazł zastosowanie do programowania mikrokontrolerów z wgranym bootloaderem oraz do debugowania – okienko Serial Monitor. My użyjemy „lekkiego”, darmowego programu PuTTY. Możemy go pobrać ze strony <https://>





Rysunek 2. Ramka danych interfejsu UART (źródło: <https://goo.gl/si51h1>)

[goo.gl/YRIICP](https://goo.gl/YRIICP) (potrzebujemy jedynie pliku putty.exe). Program ten jest dostępny również dla systemów Unixowych, jednak ich użytkownikom polecam konsolowy **minicom** lub **screen**.

## Pierwszy projekt

W dalszej części tego artykułu, omówimy działanie przerwań oraz wykorzystamy je, aby nie blokować pracy procesora, w trakcie oczekiwania na polecenia wysyłane z komputera. Nasz pierwszy projekt będzie jednak bardzo prymitywny – będzie on odbierał z komputera tekst wprowadzony przez użytkownika i odsyłał go, poprzedzając słowem „Odebrano: [...]”, aktywnie czekając na odbiór danych. Będzie to również bardzo dobry przykład tego, jak nie należy używać interfejsu UART...

Uruchamiamy oprogramowanie STM32CubeMX, tworzymy nowy projekt oraz wybieramy układ. Dla przypomnienia, przykłady z niniejszego cyklu wykonywane są na płytce rozwojowej KA-NUCLEO-F411CE, z układem STM32F411CEU6.

Na ekranie zostanie wyświetlony obraz wyprowadzeń układu (rysunek 1). Musimy teraz zdecydować, na jakich pinach chcemy uruchomić interfejs. Rzecz jasna, nie na każdym z nich możemy to zrobić. Wykorzystywany przeze mnie układ ma 3 osobne interfejsy UART, które możemy uruchamiać na 5 różnych parach pinów. Jeśli korzystamy z płytki KA-NUCLEO i chcemy użyć w roli adaptera UART <=> USB wbudowany programator, używane przez nas wyprowadzenia to: PA2 w roli pinu nadawczego i PA3 w roli pinu odbiorczego. Jeśli korzystamy z innej płytki lub chcemy przyłączyć adapter USB albo układ MAX232 do wyprowadzeń płytki, musimy wyszukać wyprowadzeń w jej datasheecie. Z poziomu STM32CubeMX możemy natomiast sprawdzić, na których pinach układu można uruchomić interfejs – klikamy w tym celu lewym przyciskiem myszy na piny i szukamy funkcji alternatywnej o nazwie „USARTx\_TX” lub „USARTx\_RX”. Gdy chcemy ustawić wybrane piny, wybieramy z menu te funkcje. Do działania interfejsu UART potrzebujemy pinu TX oraz RX. Dla interfejsu USRT, dodatkowo pinu CK – zegara.

Po wybraniu odpowiednich pinów, z listy po lewej stronie wyszukujemy wybranego interfejsu USARTx, gdzie x to jego numer i wybieramy tryb pracy – w polu *Mode* ustawiamy opcję *Asynchronous* lub *Synchronous*. Możemy także dodać omawiane wcześniej piny RTS i CTS – odpowiada za to pole *Hardware Flow Control (RS232)*. Na razie jednak ustawmy tryb pracy na *Asynchronous* i nie włączajmy pinów RTS/CTS.

W kolejnym kroku konfigurujemy pętlę PLL, w sposób identyczny, jak opisany w pierwszej części kursu. Najpierw, w zakładce *Pinout*, na liście po lewej stronie odszukujemy pozycję *Peripherals* → *RCC* i z listy rozwijanej w polu *High Speed Clock (HSE)* wybieramy pozycję *Crystal/Ceramic Resonator*. Następnie, w zakładce *Clock Configuration*, w polu *PLL Source Mux*, jako źródło wybieramy *HSA* i ustawiamy mu prawidłową częstotliwość (na płytce KA-NUCLEO jest to 8 MHz), w polu *System Clock Mux* wybieramy opcję *PLLCLK*. Teraz w polu *HCLK* ustawiamy pożądaną częstotliwość. Do nauki, możemy wybrać maksymalną dostępną (dla układu na płytce KA-NUCLEO będzie to 100 MHz).

Dalej, przechodzimy do zakładki *Configuration*. W polu *Connectivity* pojawił się nowy interfejs USART. U mnie – *USART2*. Aby go skonfigurować, klikamy przycisk *USARTx*. Możemy teraz ustawić szybkość nadawania i odbioru, a także inne parametry przesyłanych ramek danych. Popularnymi szybkościami pracy są 115200 bps oraz 9600 bps. Jeśli chcemy sterować układem, który ma interfejs USART, powinniśmy sprawdzić, jaką szybkość ustawić w datasheecie tego układu. Podobnie ma się sprawa z liczbą bitów stopu i także bitem parzystości.

Ramka interfejsu USART (rysunek 2) składa się z pojedynczego bitu startu ramki (zawsze logicznego zera), ośmiu bitów danych, bitu parzystości oraz jednego lub dwóch bitów stopu (logicznych jedynek). Bit parzystości obliczany jest z przesyłanych bitów danych – jeśli występuje w nich parzysta ilość jedynek, to bit parzystości będzie logiczną jedynką, przeciwnie – zerem. Domyślnie, jego obliczanie jest wyłączone, możemy je włączyć, ustawiając w polu *Parity* wartość *Odd*. Możliwe jest także ustawienie bitu „nieparzystości” działającego przeciwnie do bitu parzystości – wtedy wybieramy wartość *Even* (rysunek 3).

Na potrzeby komunikacji z komputerem, pozostawiamy domyślne ustawienia. Możemy już wygenerować projekt dla środowiska System Workbench for STM32 – klikamy w ikonę zębatki na pasku narzędziowym, zmieniamy wartość pola *Toolchain/IDE* na *SW4STM32* i klikamy przycisk OK, następnie importujemy projekt w tymże środowisku – zamykamy planszę powitalną, klikamy PPM w puste pole w ramce *Project Explorer* i wybieramy kolejno: *Import...* → *General* → *Existing Project into Workspace*. Odszukujemy nasz projekt na dysku i klikamy OK.

Następnie otwieramy plik *Src/main.c* i w sekcji *USER CODE 0* dopisujemy funkcje z listingu 1. Początkowo, ułatwią nam one komunikację z komputerem. W dalszej części artykułu omówione zostaną także bezpośrednie wywołania HAL-a. Do sekcji *USER CODE 3* wpisujemy poniższy kod – wywołanie zadeklarowanych wcześniej funkcji:

```
char buffer[1024];
```

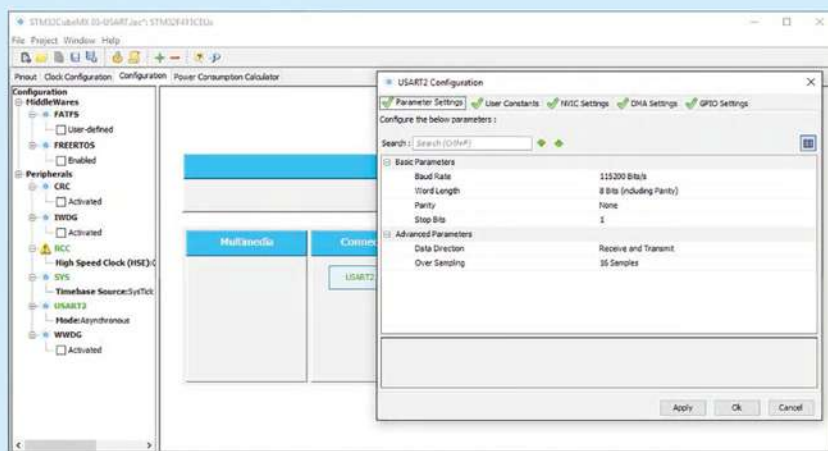
```
uart_read_line(&huart2, buffer, 1024);
```

```
uart_write(&huart2, „Odebrano: „);
```

```
uart_write_line(&huart2, buffer);
```

Program będzie odbierał od użytkownika tekst, aż do klawisza Enter na klawiaturze, a następnie odeśle go z powrotem, poprzedzając słowem „Odebrano: [...]”.

W pierwszej linii powyższego kodu, tworzymy tablicę 1024 komórek typu char (przechowujących kolejne znaki ASCII wprowadzonego tekstu – litery, cyfry oraz symbole). Następnie wywołujemy funkcję *uart\_read\_line()*. Funkcja ta przyjmuje na wejściu wskaźnik na bufor i w trakcie swojego działania zapisuje do niego kolejne odebrane znaki, aż do odebrania znaku nowej linii lub przekroczenia długości bufora – wtedy w miejscu, w którym kończy się nasz ciąg znaków, w kolejnej komórce bufora, zapisywany jest znak `\0`



Rysunek 3. Konfiguracja interfejsu UART w programie STM32CubeMX



– null-terminator, oznaczający koniec ciągu. Funkcja `uart_read_line()`, poza wskaźnikiem na bufor, przyjmuje na wejściu również wskaźnik na strukturę konfiguracyjną interfejsu UART (%huartX, gdzie X to nr interfejsu, struktura ta jest generowana automatycznie przez CubeMX). Następnie, w niemal identyczny sposób, korzystając z funkcji `uart_write()` oraz `uart_write_line()` wyświetlamy napis „Odebrano: [...]” oraz odebrany ciąg zwieńczony znakami końca linii („\r\n”) – kody ASCII powodujące powrót kursora na początek linii oraz przejście do nowej linii).

Teraz możemy skompilować kod i wgrać go na układ (ikony młotka i robaka na pasku menu) oraz uruchomić program PuTTY i „porozmawiać” z mikrokontrolerem. W oknie programu PuTTY, w polu *Connection Type* wybieramy opcję *Serial*, w polu *Speed* wpisujemy wybraną szybkość połączenia (domyślnie 115200 bps). W polu *Serial line* podajemy nazwę portu szeregowego – **rysunek 4**. Tą ostatnią poznamy w systemowym Menedżerze Urządzeń (**rysunek 5**), w sekcji *Porty (COM i LPT)*, pod Windowsem oraz w logu kernela, w systemach Unixowych (Linuksowe polecenie `dmesg`).

W ten sposób, możemy przesyłać z naszego mikrokontrolera do komputera informacje o parametrach jego pracy, wartościach odebranych z czujników, czy odbierać od komputera polecenia (**rysunek 6**). W dalszej części spróbujemyysterować diodę RGB na podstawie odebranych od użytkownika poleceń zwiększenia lub zmniejszenia jasności kolejnych barw składowych. Do zamiany wartości numerycznych, na ciągi znaków możemy wykorzystać funkcję `sprintf()`, działającą podobnie jak funkcja `printf()`, z tą różnicą, że zwraca wynik w postaci ciągu znaków, który następnie wysyłamy przez UART, a nie wyświetla go.

## Sterowanie kolorem świecenia diody RGB z komputera

Uruchamiamy CubeMX i otwieramy w nim nasz projekt. Zgodnie z instrukcją z poprzedniej części, ustawiamy piny diody RGB jako wyjściowe piny generatora PWM, konfigurujemy licznik oraz generujemy projekt z wprowadzonymi zmianami. Jeśli stosowaliśmy się do sekcji *USER CODE*, nie powinniśmy teraz utracić naszego kodu. Ponownie uruchamiamy System Workbench lub odświeżamy listę plików (polecenie `Refresh` w Project Explorer). W sekcji *USER CODE 0* wpisujemy fragment kodu z **listingu 2**, obsługujący korekcję gamma. Funkcji z poprzedniego etapu możemy się już pozbyć (wrócimy do nich w kolejnej części cyklu). Do sekcji *USER CODE 2* wpisujemy poniższy kod z **listingu 3**, powodujący uruchomienie generatora PWM na pinach. W sekcji *USER CODE 3* wpisujemy kod z **listingu 4** służący do odbierania danych i zmiany koloru świecenia LED.

W pierwszej linii kodu z list. 4, w sekcji *USER CODE 3*, tworzymy bufor o rozmiarze jednego znaku. Następnie odbieramy ten znak od użytkownika do buforu, korzystając z funkcji `HAL_UART_Receive()` – jej kolejnymi parametrami są: wskaźnik na strukturę konfiguracyjną interfejsu, wskaźnik na bufor, długość bufora oraz timeout – czas, po jakim funkcja ma się poddać i zwrócić informację o niepowodzeniu, jeśli nie otrzyma żadnych danych. Dalej sprawdzamy, czy funkcja zwróciła informację o odebraniu danych i na podstawie odebranego znaku decydujemy, jasność, jakiej barwy zwiększamy lub zmniejszamy. Jeśli wychodzimy przy tym poza skalę – od 0 do 1, w kolejnych liniach kodu, powracamy do właściwego zakresu. Na koniec, korzystając z omówionej, w poprzedniej części kursu funkcji `set_led_brightness()`, ustawiamy jasność poszczególnych kanałów diody RGB.

Kompilujemy oraz uruchamiamy program na mikrokontrolerze. Jeśli środowisko nadal nie widzi części plików lub zmiennych,

```
Listing 1. Modyfikacja sekcji USER CODE 0
/* USER CODE BEGIN 0 */
void uart_write(UART_HandleTypeDef * handler, char * text) {
    HAL_UART_Transmit(handler, text, strlen(text), 1000);
}

void uart_write_line(UART_HandleTypeDef * handler, char * text) {
    HAL_UART_Transmit(handler, text, strlen(text), 1000);
    HAL_UART_Transmit(handler, "\r\n", 2, 1000);
}

uart_read_line(UART_HandleTypeDef * handler, char * buffer, uint16_t buffer_size) {
    HAL_StatusTypeDef status;
    char current_char;
    uint16_t char_counter = 0;
    while (char_counter < buffer_size - 1) {
        status = HAL_UART_Receive(handler, &current_char, 1, 1);
        if (status == HAL_OK) {
            if (current_char == '\r' || current_char == '\n')
                if (char_counter == 0) continue; else break;
            *(buffer + char_counter++) = current_char;
        }
    }
    *(buffer + char_counter) = '\0';
}
/* USER CODE END 0 */
```

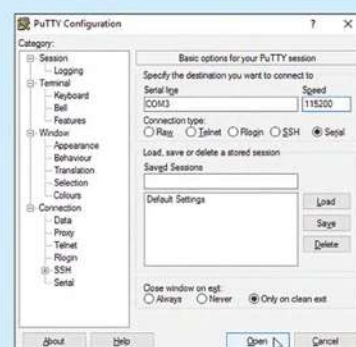
możemy zmusić je do przeindeksowania zawartości projektu – wybieramy w tym celu z menu, w górnej części okna, polecenie: *Project → C/C++ Index → Freshen All Files*. Należy też pamiętać o błędzie związanym z biblioteką „m”. Sposób jego rozwiązania został podany w poprzedniej części – w ustawieniach linkera musimy odznaczyć opcję dołączania biblioteki „m” oraz dodać ją ręcznie na liście dołączanych bibliotek.

Od teraz, po wciśnięciu w programie PuTTY klawiszy „q”, „w” i „c”, zwiększymy jasność świecenia poszczególnych kolorów składowych diody RGB – odpowiednio: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Analogicznie, klawiszami „a”, „s” i „d” zmniejszymy ich jasność.

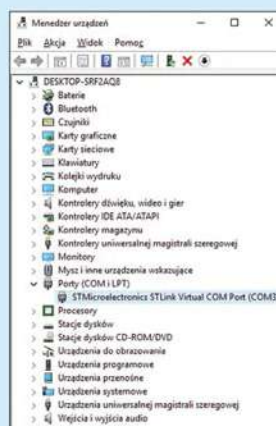
## Przerwania

W tej chwili, przez większość czasu swojej pracy, nasz procesor oczekuje na odebranie od użytkownika danych. Po ich odebraniu, interpretuje je, wykonuje stosowną akcję i powraca do oczekiwania. To rozwiązanie sprawdza się w przypadku prostych ćwiczeń. Co jednak w sytuacji, gdy chcielibyśmy w międzyczasie wykonywać jakieś inne operacje? Przykładowo – obsłużyć połączenia TCP/IP, przerysowywać zawartość wyświetlacza czy zmierzyć odległość od przeszkody, do której zbliża się nasz robot itp.

Z pomocą przychodzą nam przerwania. Możemy ustawić interfejs UART tak, aby w momencie otrzymania od urządzenia po drugiej



Rysunek 4. Ustawienia połączenia w PuTTY



Rysunek 5. Menedżer Urządzeń



Rysunek 6. Komunikacja z mikrokontrolerem w PuTTY

```
Listing 2. Obsługa korekcji gamma
/* USER CODE BEGIN 0 */
void set_led_brightness(TIM_HandleTypeDef * timer, uint32_t channel, double brightness) {
    int32_t value = powf(brightness, 2.2) * 49999;
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(timer, channel, value);
}
/* USER CODE END 0 */
```



```
Listing 3. Uruchomienie generatora PWM
/* USER CODE BEGIN 2 */
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_2);
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_3);
/* USER CODE END 2 */
```

```
Listing 4. Odbiór danych i zmiana koloru świecenia LED
uint8_t key[1];
HAL_StatusTypeDef status = HAL_UART_Receive(&huart2, key, 1, 1);

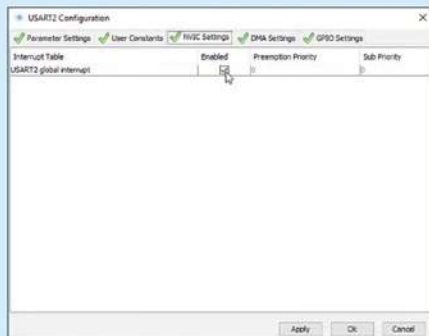
if (status == HAL_OK) switch (key[0]) {
    case 'q': red += 0.01; break;
    case 'w': green += 0.01; break;
    case 'e': blue += 0.01; break;
    case 'a': red -= 0.01; break;
    case 's': green -= 0.01; break;
    case 'd': blue -= 0.01; break;
}

if (red > 1) red = 1; if (red < 0) red = 0;
if (green > 1) green = 1; if (green < 0) green = 0;
if (blue > 1) blue = 1; if (blue < 0) blue = 0;

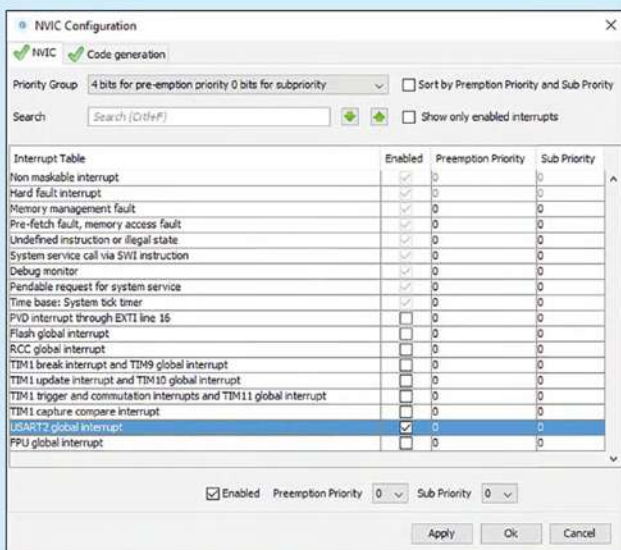
set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_1, blue);
set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_2, red);
set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_3, green);
```

stronie danych, kazał procesorowi przerwać wykonywanie obecnej operacji i przetworzył przychodzące dane. Procesor zrzuci wtedy na swój stos zawartość rejestrów (kontekst) oraz przesłakuje pod odpowiedni adres w pamięci kodu, w którym to umieścimy naszą funkcję obsługującą przerwanie. Po jej wykonaniu, procesor przywróci zawartość rejestrów i powróci do normalnej pracy.

Przerwania mogą oczywiście generować również inne interfejsy i peryferia. Mogą one także być wywoływane z zewnątrz – po zmianie stanu wybranego pinu. Możemy ustawić dowolny licznik, tak, aby wywoływał w ustalonych odstępach czasu przerwanie (najczęściej w momencie resetu wartości licznika). Przerwaniom możemy również przypisywać priorytety – te o niższym priorytecie nie mogą przerywać tych o wyższym. Procesor, pomiędzy wykonywaniem rozkazów sprawdza wektor przerwań – jeśli jakieś przerwanie wymaga obsługi, w wektorze tym znajdzie się odpowiednio



**Rysunek 7. Włączanie obsługi przerwań w ustawieniach interfejsu w programie STM32CubeMX**



**Rysunek 8. Ustawienia kontrolera przerwań w programie STM32CubeMX**

ustawiona flaga – w ten sposób, przerwania o różnych priorytetach mogą być kolejgowane.

Aby uruchomić generowanie przerwań przez interfejs UART, wracamy do programu STM32CubeMX i wczytujemy w nim nasz projekt. Następnie przechodzimy do zakładki *Configuration* i wybieramy interfejs USART z sekcji *Connectivity*. W nowo otwartym oknie przechodzimy do zakładki *NVIC Settings* i zaznaczamy jedynego checkboxa na liście (w polu *Enable* – rysunek 7). Alternatywnie, w zakładce *Configuration*, moglibyśmy wybrać opcje *NVIC* – wtedy wyświetli nam się lista wszystkich możliwych do uruchomienia w danym projekcie przerwań. Możemy tam także ustawić ich priorytety (rysunek 8).

Teraz możemy już wygenerować projekt i dokonać kilku zmian w kodzie programu, w środowisku System Workbench. Do sekcji *USER CODE 0* dopisujemy funkcję z listingu 5. Funkcja ta będzie wywoływana za każdym razem, gdy interfejs USART odbierze dane i wywoła przerwanie. Jej zawartość jest podobna do poprzedniego kodu wywoływanego w pętli. Zawartość sekcji *USER CODE 2* zmieniamy na tę pokazaną na listingu 6 – dodajemy tutaj instrukcję włączającą obsługę przerwań. Do sekcji *USER CODE PV* dopisujemy kod z listingu 7 – przenosimy zmienne do sekcji globalnej, tak, aby były dostępne zarówno z poziomu funkcji obsługującej przerwanie, jak również z funkcji *main()*. Sekcję *USER CODE 3* czyścimy – nie potrzebujemy w tej chwili, aby jakkolwiek kod wykonywał się w pętli.

Po uruchomieniu mikrokontrolera, wykonany zostanie kod z sekcji „USER CODE 2”. W ostatniej linii tego kodu, korzystając z funkcji *HAL\_UART\_Receive\_IT()*, włączamy przerwanie interfejsu UART. Składnia tej funkcji jest niemal identyczna jak składnia funkcji odbierającej dane do bufora. Tutaj również wskazujemy, gdzie zapisany ma zostać odebrany ciąg oraz jak długi jest bufor. Przed przeskoczeniem do wykonania funkcji przerwań, do wskazanego bufora zapisane zostaną odebrane dane. Żeby bufor był dostępny z zarówno z poziomu funkcji *main()*, jak i funkcji obsługującej przerwanie, deklarujemy go jako zmienną globalną w sekcji *USER CODE PV*. Na końcu funkcji obsługującej przerwanie, ponawiamy wywołanie funkcji uruchamiającej przerwanie – włącza ona obsługę przerwań, aż do jego następnego wywołania.

Kody źródłowe przykładów oraz projektu programu STM32CubeMX poszczególnych przykładów, dostępne są na serwerze FTP. Następną część kursu poświęcimy układowi ESP8266. Dodamy dzięki niemu do naszego mikrokontrolera obsługę sieci Wi-Fi oraz stosu TCP/IP. Utworzymy także stronę WWW, za której pomocą będziemy sterowali „naszą” diodą RGB.

Aleksander Kurczyk

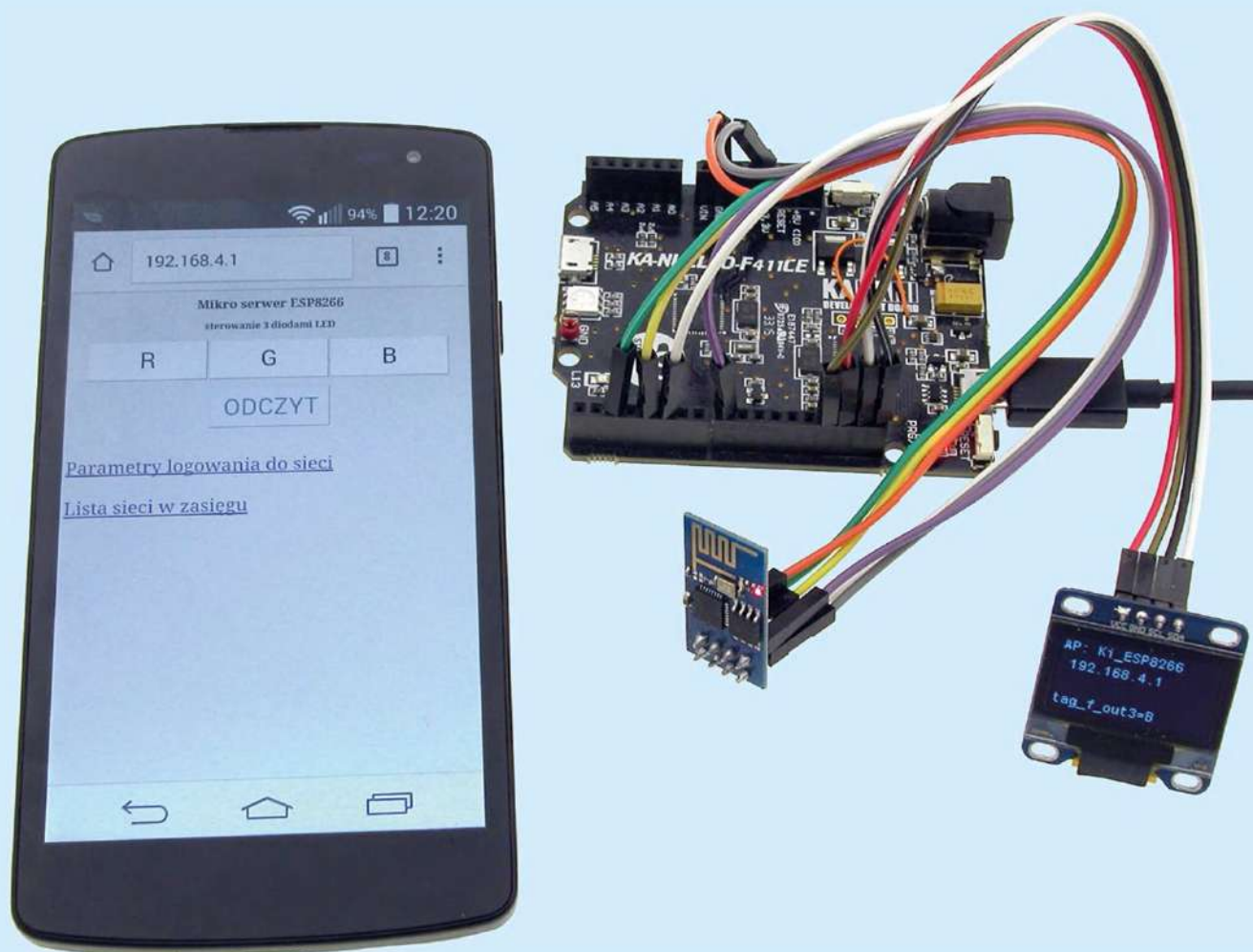
```
Listing 5. Funkcja wywoływana przez przerwanie USART
void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart) {
    switch (key[0]) {
        case 'q': red += 0.01; break;
        case 'w': green += 0.01; break;
        case 'e': blue += 0.01; break;
        case 'a': red -= 0.01; break;
        case 's': green -= 0.01; break;
        case 'd': blue -= 0.01; break;
    }

    if (red > 1) red = 1; if (red < 0) red = 0;
    if (green > 1) green = 1; if (green < 0) green = 0;
    if (blue > 1) blue = 1; if (blue < 0) blue = 0;
    set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_1, blue);
    set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_2, red);
    set_led_brightness(&htim1, TIM_CHANNEL_3, green);
    HAL_UART_Receive_IT(&huart2, key, 1);
}
```

```
Listing 6. Zmiany w sekcji USER CODE 2
/* USER CODE BEGIN 2 */
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_2);
HAL_TIMex_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_3);
HAL_UART_Receive_IT(&huart2, key, 1);
/* USER CODE END 2 */
```

```
Listing 7. Modyfikacja sekcji USER CODE PV
/* USER CODE BEGIN PV */
/* Private variables ----- */
double red = 0, green = 0, blue = 0;
uint8_t key[1];
/* USER CODE END PV */
```





# ESP8266, czyli kontrola na odległość

## z dowolnego miejsca w zasięgu sieci telefonii komórkowej

Zainspirowany szeregiem artykułów, które zostały publikowane na łamach Elektroniki Praktycznej, zainteresowałem się modułem Wi-Fi ESP8266. Zacząłem zastanawiać się czy można go użyć do sterowania na odległość, chociażby diodami LED. Okazało się, że bez trudu! W dodatku korzystając z infrastruktury lokalnego Ethernetu i telefonii komórkowej, można osiągnąć imponujący zasięg.

Sterowanie na odległość ma swoje miejsce w zastosowaniach zarówno zabawowych jak i tych całkiem na poważnie. Jak chociażby w idei inteligentnego domu. Zdalna kontrola temperatury, włączanie lub wyłączanie ogrzewania, zdalny dozór nad mieszkaniem lub domem, otwieranie bramy wjazdowej lub drzwi garażu... Wszystkie możliwe zastosowania wiążą się z transmisją danych na odległość. Miniaturowe moduły Wi-Fi ESP8266 doskonale się będą do tego nadawały. I to, w zależności od potrzeb, do połączeń na niewielką odległość lub bardzo dużą.

Na krótkim dystansie kilkunastu metrów moduł Wi-Fi może być użyty jako część sterownika np. bramy wjazdowej, otwieranej przez aplikację zainstalowaną w telefonie komórkowym. Dzięki wbudowanym w oprogramowaniu modułu ESP8266

mechanizmom ułatwiającymi komunikację z ruterami, można go zastosować do sterowania poprzez lokalną sieć Ethernet, łączącą komputery na określonym obszarze takim jak blok, szkoła, laboratorium, biuro itp. Jeżeli lokalny Ethernet ma połączenie z siecią WAN (Wide Area Network, rozległą siecią komputerową), dostęp do sterowanych urządzeń poprzez moduł ESP8266 jest możliwy z każdego zakątka Internetu. A poprzez sieć telefonii komórkowej, ściśle powiązanej przecież z Internetem, możemy uzyskać połączenie z naszym modułem bez konieczności użycia kabla.

### ESP8266 w wielu odmianach

Moduły Wi-Fi z układem ESP8266 są oferowane w różnych wariantach wykonania. Główne różnice polegają na odmiennej liczbie dostępnych



wyprowadzeń I/O, obecności zintegrowanej anteny, różnych wymiarach płytki i wykonaniu. W tekście będę odwoływał się do najprostszego, oznaczonego jako ESP01, ze zintegrowaną anteną wykonaną w postaci ścieżki na płycie drukowanej. Na **rysunku 1** pokazano rozmieszczenie wyprowadzeń modułu ESP01 w widoku z góry.

Funkcje poszczególnych wyprowadzeń są następujące:

- VCC – zasilanie +3,3 V.
- GND – masa.
- UTXD – wyjście danych interfejsu szeregowego modułu.
- URXD – wejście danych interfejsu szeregowego modułu.
- RST – wejście zerujące, w czasie normalnej pracy musi być dołączone do napięcia zasilającego 3,3 V.
- CH\_PD – wejście wprowadzające moduł w tryb obniżonego poboru mocy, w czasie normalnej pracy musi być dołączone do napięcia zasilającego 3,3 V.
- GPIO0, GPIO2 uniwersalne porty wejścia/wyjścia, można pozostawić niepodłączone.

Wszystkie wyprowadzenia sygnałowe pracują z poziomami CMOS 0/3,3 V.

Oprócz wcześniej wymienionych, jest jeszcze jedna różnica pomiędzy modułami nawet tego samego typu: wielkość zamontowanej pamięci Flash. Aktualnie dostępne są moduły z pamięcią Flash o pojemności od 4 Mb do 32 Mb. Różnica wpływa na rodzaj oprogramowania wewnętrznego modułu i sposób jego aktualizacji. Jeżeli nie wiadomo, jaka jest pojemność zamontowanej pamięci Flash, można spróbować się tego dowiedzieć analizując oznaczenie na obudowie 8-nóżkowego układu scalonego, który jest pamięcią Flash. I tak, pamięci o pojemności 4 Mb mogą mieć oznaczenia 25Q40, 25Q41 lub podobne, a 8 Mb – 25Q80 itd.

## Aktualizacja oprogramowania modułu

Co pewien czas producent modułów udostępnia aktualizację ich firmware. W ten sposób poszerzane są możliwości, usuwane zauważone błędy, poprawiana stabilność działania. Aktualizację przeprowadza użytkownik. Jeżeli moduł znajduje się w zasięgu rutera mającego połączenie z Internetem, aktualizację można przeprowadzić poprzez sieć Wi-Fi. Innym sposobem jest aktualizacja poprzez interfejs szeregowy modułu, który dołączamy przez konwerter do złącza USB komputera. W skrócie taka aktualizacja będzie przebiegała następująco:

- Należy ustawić wyprowadzenia sygnałowe modułu w trybie gotowości do aktualizacji oprogramowania:
  - UTXD – połączyć z wyprowadzeniem RxD konwertera USB,
  - URXD – połączyć z wyprowadzeniem TxD konwertera USB.
  - RST, CH\_PD – podać poziom wysoki (bezpośrednio lub przez rezystor połączyć z napięciem +3,3 V).
  - GPIO0 – podać poziom niski (bezpośrednio lub poprzez opornik połączyć z masą).
- Po włączeniu zasilania moduł znajdzie się w trybie gotowości do aktualizacji. Dla pewności po włączeniu można dodatkowo wyzerować moduł, przez krótkotrwałe wyzerowanie wejścia RST.

**UWAGA! NIEKTÓRE TYPY MODUŁÓW ESP, O WIĘKSZEJ LICZBIE WYPROWADZEŃ GPIO, MOGĄ DODATKOWO WYMAGAĆ PODANIA NA NIEKTÓRE Z NICH KOMBINACJI POZIOMÓW LOGICZNYCH – NALEŻY ZAPOZNAĆ SIĘ Z DOKUMENTACJĄ TECHNICZNĄ MODUŁU.**

- Ze strony producenta procesora – firmy Espressif Systems – pobrać oprogramowanie firmowe **Esp Flash Download Tool** służące do aktualizacji oprogramowania modułu za pośrednictwem interfejsu szeregowego modułu podłączonego do komputera. Nowsze oprogramowanie znajduje się pod adresem <https://goo.gl/OBVQms>. Starszą wersję FLASH\_DOWNLOAD\_TOOLS\_v0.9.3.1\_141118.rar – uproszczoną, ale zupełnie wystarczającą można pobrać z <https://goo.gl/1CM58V>.

- Ze strony producenta pobrać pliki z aktualizowanym oprogramowaniem. W tym miejscu sprawa się komplikuje dla posiadaczy modułów z mniejszą (4 Mb) pamięcią Flash. Ze względu na ograniczoną pojemność nie ma miejsca na pełną aktualizację. Ograniczenie polega na braku możliwości późniejszej kolejnej aktualizacji poprzez Wi-Fi.

Aktualizacja dla modułu z Flash 4 Mb

- Pobrać spod adresu <https://goo.gl/j7sSOM> plik aktualizacyjny **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0\_15\_11\_27.zip**. Po jego zainstalowaniu będzie dostępna wersja rozkazów AT v.0.51, zupełnie wystarczająca do dalszych eksperymentów z modułem ESP8266.
- Po rozpakowaniu należy znaleźć w podkatalogu **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0/bin/at/** plik **readme.txt**. Po otwarciu do odczytu w sekcji **NON-BOOT MODE** można znaleźć zestawienie plików potrzebnych do aktualizacji dla pamięci 4 Mb.
- Uruchomić program **Esp Flash Download Tool**. Jeżeli pojawi się takie pytanie, należy wybrać aktualizację dla układu ESP8266.
- W sekcji „Download Path Config” należy wskazać pliki do zapisu do pamięci FLASH wraz z adresami. Informacje na ten temat znajdziemy w pliku **readme.txt**. Potrzebne pliki i adresy do zapisu w pamięci są następujące:
  - **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0/bin/at/noboot/eagle.flash.bin: 0x000000,**
  - **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0/bin/at/noboot/eagle.irom0text.bin: 0x40000,**
  - **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0/bin/blank.bin: 0x3e000,**
  - **esp\_iot\_sdk\_v1.5.0/bin/esp\_init\_data\_default.bin: 0x7c000.**
- Wybrać: **Crystal Freq: 26M, SPI SPEED 40MHz, SPI MODE QIO, FLASH SIZE 4Mbit.**
- Nacisnąć przycisk **START** i poczekać do końca zapisu.

## Aktualizacja dla modułu z Flash 8 Mb

- Pobrać plik **ESP8266\_NONOS\_SDK\_V1.5.3\_16\_04\_18.zip** np. spod adresu <https://goo.gl/vA59zk>. Po jego zainstalowaniu będzie dostępna wersja rozkazów AT v.1.0 dla pamięci 8 Mb.
- Uruchomić program **Esp Flash Download Tool** i przejść do sekcji **Download Path Config**.
- Zgodnie z zestawieniem podanym w pliku „README.MD”, należy wskazać pliki do zapisu do pamięci Flash modułu z następującymi adresami:
  - **/bin/boot\_v1.2+.bin: 0x00000,**
  - **/bin/at/512+512/user1.1024.new.2.bin: 0x01000,**
  - **/bin/esp\_init\_data\_default.bin: 0xfc000,**
  - **/bin/blank.bin: 0x7e000.**
- Wybrać: **Crystal Freq: 26M, SPI SPEED 40MHz, SPI MODE QIO, FLASH SIZE 8Mbit.**
- Nacisnąć przycisk **START** i poczekać do końca zapisu.

## Oprogramowanie użytkownika

Oprogramowanie użytkownika może sterować modułem ESP na dwa sposoby. W module jest zaszyty mikrokontroler ESP8266, dla którego można wykonać program i zapisać go w obszarze pamięci Flash. Moduł będzie działał jak mikrokomputer wyposażony w interfejs Wi-Fi. Innym sposobem jest sterowanie modułu komendami AT z dodatkowego zewnętrznego kontrolera. Ten sposób wydaje się łatwiejszy w realizacji i bardziej odpowiedni dla modułów z małą liczbą dostępnych portów GPIO, tak jak w przypadku ESP01. Będzie on wykorzystywany w dalszych opisach.

## Schemat połączenia układu testowego

Do testów wykorzystana została płytka KA-NUCLEO-F411CE, miniaturowy wyświetlacz SSD1306 i oczywiście moduł ESP01. Płytka KA-NUCLEO-F411CE okazała się wygodna w użyciu, ze względu na zamontowaną potrójną diodę LED, którą będziemy sterować. Jednak można użyć dowolnej płytki ewaluacyjnej z kontrolerem STM.



Wykaz użytych wyprowadzeń GPIO oraz dodatkowych połączeń umieszczono w tabeli 1, a na rysunku 2 pokazano schemat ideowy połączeń między poszczególnymi elementami układu.

## Tryby pracy modułu ESP01

Zanim przejdę do opisu przykładów wykorzystania modułu do zdalnego sterowania diodami LED, najpierw kilka słów o jego trybach pracy.

**TRYB AP LUB STACJI (STACJI).** W pierwszym trybie moduł pełni rolę punktu dostępowego Wi-Fi (AP), z którym mogą się łączyć inne urządzenia. W trybie AP moduł może obsłużyć komunikację z maksymalnie 4 urządzeniami. W trybie Stacji żeby mieć możliwość komunikacji z modulem, on sam musi być połączony z jakimś AP, najczęściej ruterem.

**TRYB SERWERA.** Ustawiony w tym trybie moduł będzie oczekiwał na nawiązanie połączenia Wi-Fi przez inne urządzenia – klientów.

**PROTOKÓŁ TCP.** Moduł można ustawić do pracy z protokołem TCP, sieciowym sposobem komunikacji, zapewniającym niezawodne przesyłanie danych. Protokół TCP jest podstawą http, czyli np. wymiany danych pomiędzy klientem a serwerem za pomocą wygodnej w użyciu przeglądarki internetowej. Korzystający z protokołu TCP serwer, nasłuchuje na wybranym porcie oczekując na transmisję od klienta. Po jej odebraniu może odpowiedzieć. Moduł ESP01 może także pracować z protokołem UDP. W ogólnych zarysach jego działanie jest podobne do TCP jednak pozbawiony jest dodatkowych mechanizmów gwarantujących dotarcie transmisji do adresata.

**KOMENDY AT.** Jest to standardowy zestaw rozkazów sterujących pracą modułu, np. wyborem trybu AP lub Stacji, wyborem protokołu, transmisją danych itd. Komendy AT do modułu będą wysyłane za pośrednictwem portu szeregowego przez zewnętrzny kontroler realizujący program użytkownika. Parametry transmisji po restarcie, jeżeli nie zostały wcześniej zmienione przez użytkownika, to: 115200 b/s, 8 bitów danych, bez parzystości. We wcześniejszych wersjach modułu domyślna szybkość transmisji wynosiła 9600 b/s.

## ESP01 – praca lokalna

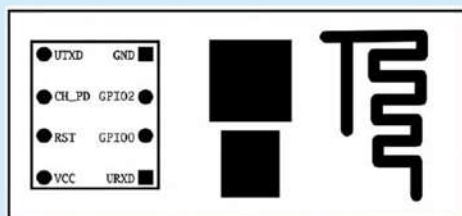
Na rysunku 3 pokazano konfigurację, w której moduł komunikuje się bezpośrednio z urządzeniem sterującym. Moduł skonfigurowany jako AP pracuje w trybie serwera. Do sterowania jest używany protokół http. Po odebraniu transmisji od klienta (np. z przeglądarki telefonu) sterownik połączony z modulem generuje dynamicznie stronę internetową zawierającą aktualny stan diod LED (zapalone lub zgaszone). Poprzez moduł ESP01 dane strony przesyłane są do telefonu. Tam wyświetlane na uruchomionej przeglądarce internetowej. Z poziomu przeglądarki można sterować włączeniem lub zgaszeniem wybranych diod.

Sekwencja rozkazów AT, przygotowująca moduł ESP8266 do pracy w takiej konfiguracji jest następująca:

AT+CWMODE\_CUR=3\r\n – mieszany tryb pracy modułu jako AP i Stacja.

OK\r\n – potwierdzenie wykonania rozkazu przez moduł.

AT+CIPMUX=1\r\n – moduł będzie pracował z wieloma klientami Wi-Fi.



Rysunek 1. Rozmieszczenie wyprowadzeń modułu ESP01 w widoku z góry

OK\r\n – odpowiedź modułu.

AT+CIPAP?\r\n – odczyt adresu IP modułu pracującego jako AP.  
+CIPAP:<IP> – odczytany adres może być użyty do wyświetlenia na wyświetlaczu.

OK\r\n – odpowiedź modułu.

AT+CIPSERVER=1,80\r\n – moduł będzie pracował jako serwer TCP nasłuchujący na porcie 80.

OK\r\n – odpowiedź modułu.

AT+CIPSTO=10\r\n – serwer zerwie połączenie po 10 sekundach nieaktywności klienta.

OK\r\n – odpowiedź modułu.

AT+CWSAP\_CUR=\"Ki\_ESP8266\", \"\", 1, 0, 4, 0\r\n – konfiguracja modułu jako AP: SSID „Ki\_ESP8266”, brak hasła dostępu, kanał 1, tryb OPEN, możliwość pracy z maksymalnie 4 stacjami jednocześnie.

OK\r\n – odpowiedź modułu.

Od tej chwili moduł pracujący jako serwer oczekuje na transmisję od klienta.

## ESP01 – odbiór danych

Klient chcący nawiązać połączenie z modulem w trybie AP i przelać do niego dane, powinien skorzystać z adresu IP, który został odczytany rozkazem CIPAP?. Jeśli klient korzysta z przeglądarki i protokołu http, nie musi wpisywać za IP: numeru portu, transmisja będzie domyślnie korzystała z portu 80 (ustawionego w module rozkazem CIPSERVER). Po odebraniu transmisji od klienta, moduł wyśle swoim portem szeregowym do zewnętrznego kontrolera parametry +IPD,<ID>,<len>:<data>, gdzie:

- <ID> identyfikator przyłączonego klienta, dziesiętnie 0...3,
- <len> rozmiar odebranych bajtów danych, dziesiętnie,
- <data> po znaku ':' odebrane bajty danych.

## ESP01 – transmisja odpowiedzi

W odpowiedzi na transmisję klienta, sterownik poprzez port szeregowy modułu przesyła dane przygotowanej strony do wyświetlenia na przeglądarce klienta. Sekwencja transmisji jest następująca  
AT+CIPSEND=<link ID>,<length>, gdzie:

- <link ID> identyfikator klienta, dziesiętnie
- <length> rozmiar bajtów danych do wysłania, dziesiętnie 1-2048

Po odebraniu z modułu znaku zachęty '>', sterownik może odebrać dane do wysłania.

## Sposoby sterowania za pomocą http diodami LED

Przy dwustronnej wymianie danych klient przesyła nowe ustawienia stanu diod do serwera, a ten – zwrótnie do klienta – przesyła ich aktualny stan. Korzystając z protokołu http najłatwiej posłużyć się w tym celu generowanymi przez sterownik serwera stronami do wyświetlenia na przeglądarce klienta, zawierającymi formularze w formie przycisków. Kod HTML takiego formularza może wyglądać następująco:

```
<form method="get" action="/index.shtml">
  <input type="submit" name="tag_f_out1"
    value="R" style="background-color:red;color:beige">
  <input type="submit" name="tag_f_out2"
    value="G" style="background-color:white;color:black">
  <input type="submit" name="tag_f_out3"
    value="B" style="background-color:blue;color:beige">
</form>
```

Na ekranie będą wyświetlone 3 pola „input” typu „submit”, odpowiadające 3 diodom LED: R, G, B. Jeżeli na płytce sterownika



**Tabela 1. Połączenia pomiędzy płytką KA-NUCLEO-F411CE a modułem ESP01**

Port kontrolera na płytce	Sygnał	Podłączenie
PB12	Przycisk	Zamontowany na KA-NUCLEO-F4
PB13	Katoda diody B (niebieskiej)	Zamontowana na KA-NUCLEO-F4
PB14	Katoda diody R (czerwonej)	Zamontowana na KA-NUCLEO-F4
PB15	Katoda diody G (zielonej)	Zamontowana na KA-NUCLEO-F4
PA9	Wyjście TxD kontrolera	ESP01 wejście URXD interfejsu szeregowego
PA10	Wejście RxD kontrolera	ESP01 wyjście UTXD interfejsu szeregowego
PB4	Sterowanie zerowaniem modułu	ESP01 wejście RST
PB5	Sterowanie obniżeniem poborem mocy	ESP01 wejście CH_PD
-	3,3 V	ESP01 zasilanie VCC
-	GND	ESP01 masa
PB8	I <sup>2</sup> C SCL	SSD1306 linia SCL
PB9	I <sup>2</sup> C SDA	SSD1306 linia SDA
-	AREF	SSD1306 zasilanie VCC
-	GND	SSD1306 masa

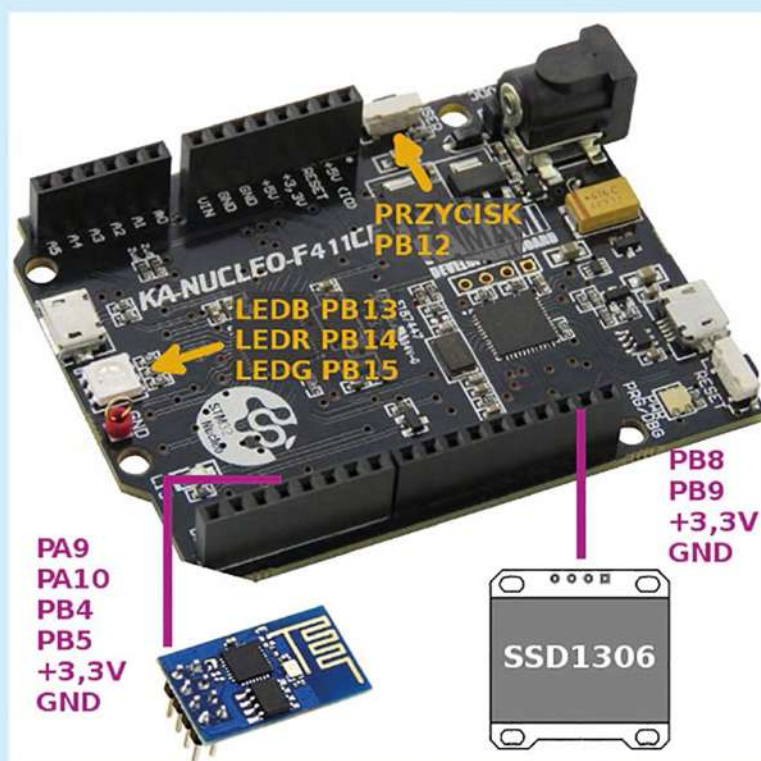
KA-NUCLEO są zaświecone diody R i B, odpowiadającym im polom „input” przypisane zostaną kolory „color:red” i „color:blue”. Ponieważ dioda G (zielona) jest zgaszona, środkowemu polu „input” odpowiadającemu tej diodzie przypisany zostaje kolor nieaktywny „color:white”. Dlatego kod strony musi być generowany dynamicznie, ponieważ zależy od aktualnego stanu diod.

Korzystając z formularzy, po każdorazowym dotknięciu któregoś z pól następuje ponowna transmisja w trybie GET od klienta do serwera z nazwą dotkniętego pola formularza. Np. w przypadku dotknięcia pola odpowiadającemu zmianie stanu diody LED-R wysłany zostanie komunikat widoczny na pasku stanu przeglądarki [http://192.168.4.1/index.shtml?tag\\_f\\_out1=R](http://192.168.4.1/index.shtml?tag_f_out1=R). W otrzymanym komunikacie sterownik zidentyfikuje nazwę formularza „tag\_f\_out1=R”, zmieni stan diody na przeciwny i odeśle do przeglądarki utworzoną stronę do wyświetlenia.

### Przesyłanie do sterownika SSID i hasła rutera

W podobny sposób korzystając z formularzy, prześlemy do sterownika nazwę SSID i hasło dostępu do rutera, z którego usług skorzystamy testując kolejną opcję trybu pracy modułu jako Stacji. W tej konfiguracji dostęp do modułu a poprzez niego sterowanie diodami będzie możliwe w obrębie sieci Ethernet, do której zostanie włączony za pośrednictwem rutera (rysunek 4). Ruter ethernetowy pracuje w sieci, do której są włączone również inne urządzenia. Do tej sieci poprzez łącze Wi-Fi rutera, jest włączony także moduł ESP01. Moduł pracuje w trybie Stacja, a ruter pełni funkcję punktu dostępowego AP.

Aby móc się połączyć z ruterem, moduł musi „znać” jego SSID oraz hasło dostępu. Te informacje mogą być na stałe zaszyte w oprogramowaniu sterownika lub przekazane w inny sposób, przed połączeniem modułu z ruterem, np. poprzez formularze. W przygotowanym oprogramowaniu testującym, przełączenie trybu pracy modułu pomiędzy AP a Stacją, dokonuje się w momencie restartu. Jest wtedy sprawdzany stan przycisku na płytce KA-NUCLEO-F4. Jeżeli przycisk nie jest naciśnięty, moduł będzie pracował w połączeniach lokalnych jako punkt dostępowy AP. Jeżeli przycisk będzie wciśnięty, moduł przełączy się w tryb Stacja. Korzystając z przesłanych wcześniej informacji o SSID i hasle, będzie usiłował połączyć się ze wskazanym ruterem (AP). Jeżeli mu się to uda,

**Rysunek 2. Schemat ideowy połączeń między poszczególnymi elementami**

ruter przyzna modułowi adres IP. Posługując się nadanym adresem IP od tej chwili możliwa będzie komunikacja z modułem ESP01 w obrębie lokalnej sieci.

Sekwencja rozkazów AT realizująca opisane powyżej działania wygląda następująco:

AT+CIPMUX=1\r\n – moduł będzie pracował z wieloma podłączonymi urządzeniami Wi-Fi.

OK\r\n

AT+CIPSERVER=1,333\r\n – moduł będzie pracował jako serwer TCP nasłuchujący na porcie 333.

OK\r\n

AT+CWMODE\_CUR=3\r\n – mieszany tryb pracy modułu jako AP i Stacja.

OK\r\n

AT+CWJAP\_CUR=<SSID>,<PAS>\r\n – połączenie z ruterem gdzie <SSID> rutera w formacie "abcd", <PAS> hasło dostępu do sieci w formacie "1s56gx".



OK\r\n

AT+CIPSTA?\r\n – odczyt IP nadanego przez router modułowi pracującemu jako Stacja.

+CIPSTA:<IP> – nadany IP np. 192.168.6.100 można pokazać na wyświetlaczu.

OK\r\n

Od tej chwili moduł pracujący jako serwer oczekuje na transmisję od klienta w ramach lokalnej sieci Ethernet.

## Przydzielanie modułowi ESP01 adresu IP przez router

Najczęściej router przydzieli modułowi adres IP w trybie dynamicznym (gdy włączona jest w routerze opcja DHCP). Oznacza to, że za każdym razem IP może być inny. Gdybyśmy chcieli żeby adres IP za każdym połączeniem modułu do routera był ten sam, trzeba sprawdzić, czy router nie dysponuje pulą adresów statycznych. Często tak jest. Wtedy na podstawie numeru MAC modułu należy wybrać i przypisać modułowi jeden z wolnych adresów statycznych. Zaznaczam, że przeprowadzenie tej operacji zależy od oprogramowania samego routera.

## Transmisja danych pomiędzy modułem ESP01 w trybie Stacja a terminalem TCP

W programie testowym, gdy moduł pracuje w trybie Stacja i jest dołączony do sieci Ethernet, zrezygnowałem z protokołu http do przesyłania danych sterujących diodami. Zamiast tego są przesyłane rozkazy sterujące w formacie transmisji TCP. Sterowanie za pomocą przeglądarki jest wygodne, jednak oznacza konieczność przesyłania dużej ilości dodatkowych danych. „Czysta” transmisja TCP jest szybsza i bardziej stabilna. Zwłaszcza, jeżeli moduł będzie pracował w rozległej sieci. Zamiast przeglądarki do zdalnego sterowania należy użyć terminala TCP z funkcją klienta. Do tego celu wypróbowałem darmową aplikację **TCP/UDP Terminal**, pracującą pod kontrolą Androida. Z kolei, dla Windowsa i Linuksa wystarczył **Hercules\_3-2-8**. Do sterowania użyłem uproszczonej składni rozkazów: R-T\r\n, G-T\r\n, B-T\r\n. Po odebraniu i rozpoznaniu każdej z 3 sekwencji, program sterujący przełącza na stan przeciwny odpowiednio diodę czerwoną, zieloną i niebieską. Dodatkowy rozkaz LED-T przełącza na stan przeciwny wszystkie diody. Potwierdzeniem wykonania rozkazu jest odsyłana przez sterownik i moduł sekwencja OK\r\n. Rozkaz RGB-? służy do odczytu aktualnego stanu diod.

Przesyłanie danych pomiędzy klientem a serwerem przebiega w sposób identyczny do wcześniej opisanego. Moduł odbiera dane poprzedzone sekwencją +IPD,<ID>,<len>:<data>. Z kolei transmisja odpowiedzi do klienta wymaga użycia rozkazu AT+CIPSEND=<link ID>,<length>.

## ESP01 w rozległej sieci internetowej

Dostęp do modułu i sterowanie za jego pośrednictwem diodami z poziomu rozległej sieci internetowej pokazano schematycznie na **rysunku 5**. Jak poprzednio moduł pracuje w trybie Stacja i łączy się za pośrednictwem Wi-Fi z routerem. Sekwencja rozkazów sterujących AT będzie taka sama, jak dla połączenia w obrębie sieci Ethernet. Na czym więc polega różnica?

Po pierwsze, router powinien mieć połączenie z Internetem. Po drugie, oprogramowanie routera musi pozwalać na utworzenie tzw. „serwera wirtualnego”. W opcjach modemu należy odnaleźć taką, która będzie się nazywała „Virtual Server” (lub podobnie), a w jej ramach „Port Range Forwarding”. Jej działanie polega na przypisaniu do zadeklarowanego numeru portu określonego adresu IP w sieci Ethernet, w której pracuje router. Tym sposobem dowolna transmisja odwołująca się do zadeklarowanego numeru portu zostanie automatycznie przekierowana pod powiązany adres IP.



Rysunek 3. Konfiguracja, w której moduł komunikuje się bezpośrednio z urządzeniem sterującym

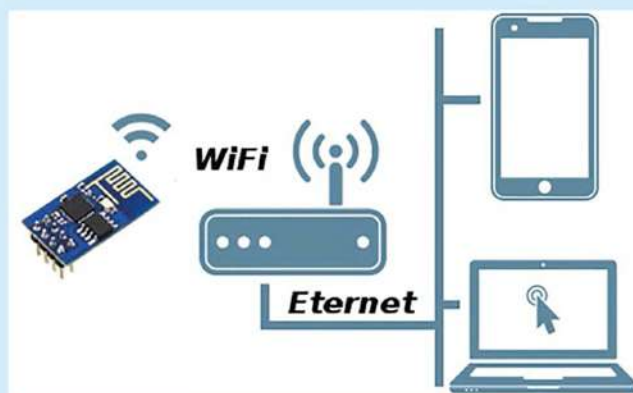
Ostatnią kwestią jest poznanie numeru IP, pod jakim w Internecie jest widziany nasz router. Zazwyczaj jest to możliwe po odszukaniu w ustawieniach statusu routera pozycji WAN IP. Przykładowo, jeżeli nasz router otrzymał adres WAN IP 89.74.100.200, a w ramach serwera wirtualnego odwołanie do portu 333 będzie przekierowywane do modułu ESP01, zaadresowanie transmisji 89.74.100.200:333 spowoduje, że dotrze ona do modułu z dowolnej części Internetu. Tym samym stanie się możliwa transmisja danych sterujących diodami na sterowniku połączonym z modułem.

## Ustawienia routera

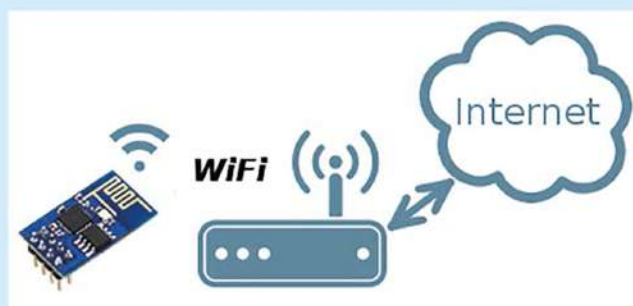
Aby była możliwa komunikacja pomiędzy modułem a routerem, zwykle wystarczą ustawienia fabryczne tego ostatniego. Na wszelki wypadek podaję najważniejsze z nich:

- Wireless Working Mode: Wireless Access Point(AP).
- Network mode – tryb pracy sieci: 802.11g lub 11g mode lub 11/b/g/n mixed mode.
- Enable Wireless Security – włączone zabezpieczenia sieci bezprzewodowej.
- Security Mode: WPA2-PSK lub WPA-PSK/ WPA2-PSK.
- Security Option: Automatic.
- Encryption: AES.
- MAC address filter: Disabled.

Ryszard Szymaniak, EP

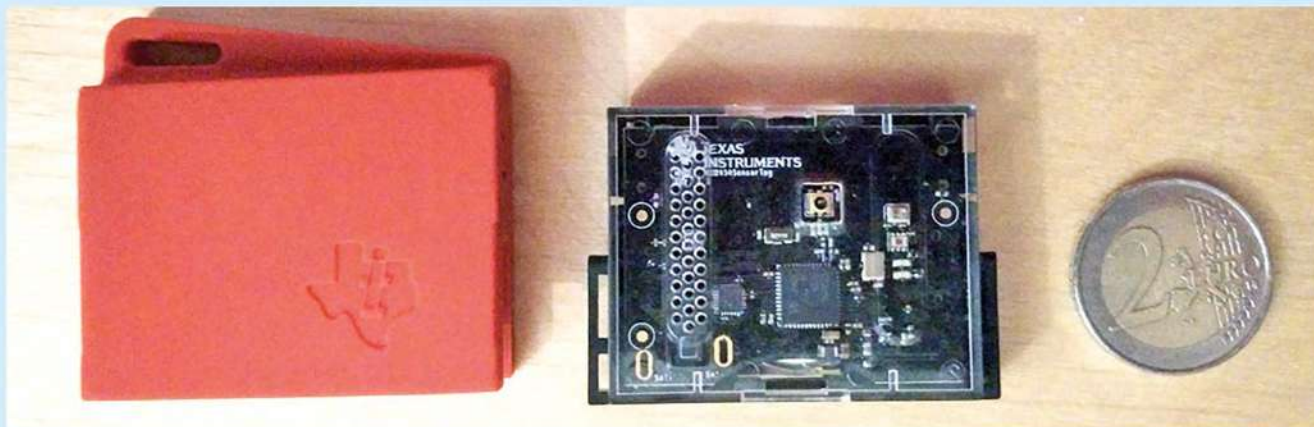


Rysunek 4. Włączenie modułu ESP01 do sieci Ethernet za pomocą routera



Rysunek 5. Sposób włączenia modułu ESP01 do sieci Internet





# Systemy dla Internetu Rzeczy (2)

## Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag

Zestaw CC2650 SensorTag jest dostarczany z fabrycznie zaprogramowanym programem o wdzięcznej nazwie „Demo”. Niestety, opisu jego działania prawie nie ma. Sposób działania programu jest ściśle związany z organizacją pracy komunikacji bezprzewodowej z protokołem Bluetooth LE ver.4.2. W ostatnich czasach protokół ten bardzo silnie się rozwijał. Dało to sporo nowych możliwości, ale też wprowadziło wiele zmian.

W poprzednim artykule tej serii omówiono budowę zestawu CC2650 SensorTag [1] – teraz zostanie opisany sposób jego użytkowania.

Produkcję zestawu CC2650 SensorTag uruchomiono w połowie roku 2015, lecz dopiero na jesieni ustabilizowało się jego środowisko programowe. Gorzej było ze sprzętem. Dopiero tegoroczne wersje Rev1.3 pracują zupełnie poprawnie. Obecnie zestaw przeżywa „drugą młodość”, a to być może za sprawą młodszego „brata” – zestawu CC1350 SensorTag.

Na stronie produktu „SimpleLink Bluetooth low energy/Multi-standard SensorTag CC2650STK” [3] znajdziemy odnośnik do krótkiego opisu „CC2650 SensorTag Quick Start Guide” [6]. Jest on też w postaci papierowej dołączony do zestawu. Wewnątrz opisu znajdziemy wskazówkę, że więcej informacji można znaleźć na stronie „IoT made easy” pod adresem [7]. Na stronie TI WIKI „SensorTag2015” [8] jest link do strony „CC2650 SensorTag User's Guide” [9] – to jedyny, dokładny opis zestawu CC2650 SensorTag, dosyć często aktualizowany. Na portalu społecznościowym TI E2E Community jest bardzo przydatna strona CC2640/CC2650 Getting Started and FAQ [5]. Jest ona często aktualizowana i zawiera odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania.

Po włączeniu zasilania zestawu CC2650 SensorTag (np. po włożeniu baterii) jest wykonywany test sprawdzający poprawność funkcjonowania czujników i pamięci Flash [9]. Jeśli rezultat jest poprawny, to 5-krotnie miga zielona dioda LED. W wypadku błędu miga czerwona dioda LED.

Na zakładce Teardown strony „IoT made easy” są informacje dotyczące obsługi zestawu CC2650 SensorTag (rysunek 1).

### Stan rozgłaszania

Po zakończeniu inicjalizacji układ przechodzi do stanu rozgłaszania (advertisement) protokołu BLE. Informacja jest wysyłana co 100 ms i co 1 sekundę błyska zielona dioda LED. Rozgłaszanie można wystartować/zatrzymać poprzez przyciśnięcie prawego przycisku (Power). Przyciśnięcie przycisku „Power” (prawy)

wyłącza działanie urządzenia (rys. 1). To znaczy, że układ CC2650 przechodzi w stan uśpienia. Pojedyncze przyciśnięcie tego przycisku wybudza układ z uśpienia.

Zestaw SensorTag musi wykonywać rozgłaszanie aby, mógł być rozpoznany przez urządzenie centralne standardu BLE, np. urządzenie mobilne. Urządzenie centralne może zestawzić połączenie do zestawu SensorTag tylko wtedy, gdy on jest w stanie rozgłaszania. Jeśli zestaw SensorTag jest w stanie rozgłaszania to urządzenie centralne może odczytać informację o nazwie urządzenia „CC2650 SensorTag” lub zestawzić połączenie.

Zestaw SensorTag, w celu oszczędzania baterii, ogranicza czas rozgłaszania do maksymalnie 120 sekund (Limited Advertising) od naciśnięcia prawego przycisku. Wtedy czujniki zestawu są wprowadzone w stan niskiego poboru energii.

### Stan połączenia

Połączenie jest zestawiane przez urządzenie centralne i wtedy zestaw SensorTag może być skonfigurowany do dostarczania danych pomiarowych. Urządzenie centralne może wtedy rozpoznać serwisy, pracować jako klient GATT lub zakończyć połączenie.

W stanie połączenia diody LED nie są używane przez oprogramowanie. Można je za to zaświecić/zgasić poprzez bezpośrednie polecenie użytkownika.

W stanie połączenia przyciski zestawu SensorTag działają inaczej. Krótkie ich przyciśnięcie nie ma specjalnego znaczenia, jest tylko odczytywane (i pokazywane np. przez dołączone urządzenie centralne). Przyciśnięcie przycisku „Power” (prawy) przez 3 sekundy kończy połączenie i zestaw SensorTag powraca do stanu rozgłaszania. Przyciśnięcie obu przycisków przez 6 sekund przywraca ustawienia fabryczne, tzn. fabryczny obraz kodu dla obsługi BLE jest ładowany z zewnętrznej pamięci Flash i uruchamiany. Takie postępowanie jest rekomendowane tylko w przypadku używania obrazu kodu obsługującego standard ZigBee i konieczności powrotu do obsługi BLE.





Rysunek 1. Obsługa zestawu CC2650 SensorTag [7]

## Pierwsze kroki

Zestaw CC2650 SensorTag może zostać dołączony poprzez łączę radiowe standardu Bluetooth LE do urządzenia mobilnego (smartfon/iPad) lub innego z obsługą tego standardu. Na zakładce *Getting Started* strony „IoT made easy” [7] mamy informację o postępowaniu przy uruchamianiu komunikacji z urządzeniem mobilnym (trzy kroki):

1. **Pobierz** darmową aplikację *SensorTag* dla swojego urządzenia mobilnego (smartfon/iPad), obsługującego transmisję bezprzewodową Bluetooth LE ver.4.0 (lub nowszą):

- Z Apple App Store (ver 4.91, 27 września 2016) dla urządzeń z systemem operacyjnym iOS 8.0 i nowszym (iPhone i iPad) [12].
- Z Google Play (ver 3.6, 23 września 2016) dla urządzeń z systemem operacyjnym Android 5.0 i nowszym [13].

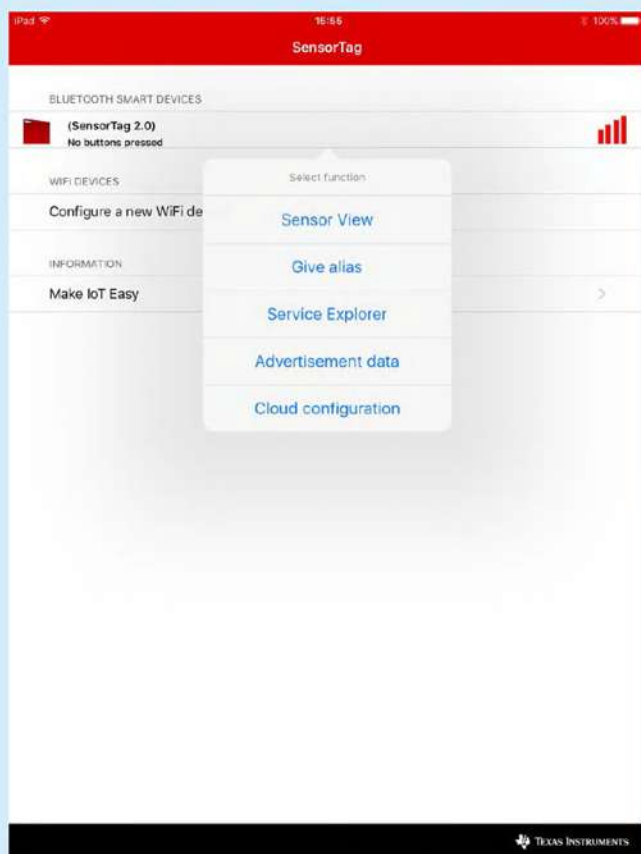
Na stronie TI można spotkać oprogramowanie SimpleLink SensorTag Software będące bardzo wczesnymi wersjami (z końca roku 2015). Na zakładce *Teardown* strony „IoT made easy” [7]

są odnośniki do pobrania aktualnej wersji obu wersji aplikacji a także do ich kodów źródłowych.

2. **Włącz zasilanie** zestawu CC2650 SensorTag. Usuń plastikowe zabezpieczenie baterii. Jeśli posiadamy moduł rozszerzeń Debug DevPack to nie należy usuwać plastikowego zabezpieczenia baterii. Należy dołączyć moduł Debug DevPack do zestawu CC2650 SensorTag i połączyć komplet kablem USB z komputerem. Zasilanie całości będzie pobierane z łącza USB [1].

Od tego momentu program firmowy „Demo” wpisany do procesora zestawu CC2650 SensorTag powinien zacząć pracować, co jest sygnalizowane błyskaniem zielonej diody LED na płycie. Jest to konieczne do nawiązania połączenia (connection) z urządzeniem centralnym (tutaj urządzeniem mobilnym). Jeśli przez czas ok. 3min nie nastąpi połączenie to układ CC2650 przechodzi w stan uśpienia. Można go wybudzić i ponownie wprowadzić w stan rozgłaszania poprzez przyciśnięcie przycisku Power.

3. **Uruchom** aplikację *SensorTag* na swoim urządzeniu mobilnym. Może to także wymagać włączenia na urządzeniu radia Bluetooth. Aplikacja *SensorTag* najlepiej działa na iPadzie. W wypadku Androida można spotkać się z kłopotami i ograniczeniami funkcjonalności.



Rysunek 2. Główne okno aplikacji *SensorTag*

## Aplikacja *SensorTag*

W głównym oknie aplikacji *SensorTag* jest odnośnik „Make IoT Easy” (rysunek 2). Otwiera on okno *About SensorTag* z grupą odnośników do różnych przydatnych stron oraz daje możliwość skonfigurowania chmury. Na dole okna są informacje o wersji aplikacji (rysunek 3). W głównym oknie aplikacji *SensorTag* wyszukaj na liście „Bluetooth Smart Devices” swój zestaw SensorTag. Po kliknięciu na niego pojawia się okienko wyboru (rys. 2). Kliknij na „Sensor View”. Pojawia się okno prezentujące bieżące wartości odczytu z czujników. Zielona dioda LED zestawu CC2650 SensorTag przestaje błyskać. Oznacza to, że zestaw jest w stanie komunikacyjnym „połączony”. Niestety wygląda to tak samo jak w stanie uśpienia urządzenia.

I co teraz robić? Dokumentacja firmowa oraz witryna Texas Instruments nie daje bezpośredniej odpowiedzi na to pytanie. Najlepiej najpierw zobaczyć krótką prezentację firmową „IoT SensorTag – What can you design?” (03:10) dostępną na stronie produktu [3] oraz pod adresem [4]. Na pierwszej stronie prezentacji pojawiają się napisy: „Next-Generation Multi-Standard SimpleLink SensorTag, IoT Cloud Connectivity In Under Three Minutes”. Zgodnie z obietnicą już po minucie prezentacji można zobaczyć jak się łączyć z chmurą obliczeniową. Na stronie społeczności „element14” [2] można zapoznać się z praktycznym opisem postępowania przy pracy z aplikacją *SensorTag*. Tam też jest zamieszczona praktyczna prezentacja.



Przy pierwszym skomunikowaniu się aplikacji *SensorTag* z nowym zestawem CC2650 SensorTag najczęściej pojawia się okienko z informacją, że oprogramowanie firmware na CC2650 SensorTag jest zbyt stare i proponowana jest jego aktualizacja przeprowadzana bezprzewodowo (Over-the-air). To jest bardzo dobry pomysł. Należy wybrać opcję „Upgrade”. Typowo aktualizacja przebiega szybko i bezproblemowo (przy zasilaniu z baterii).

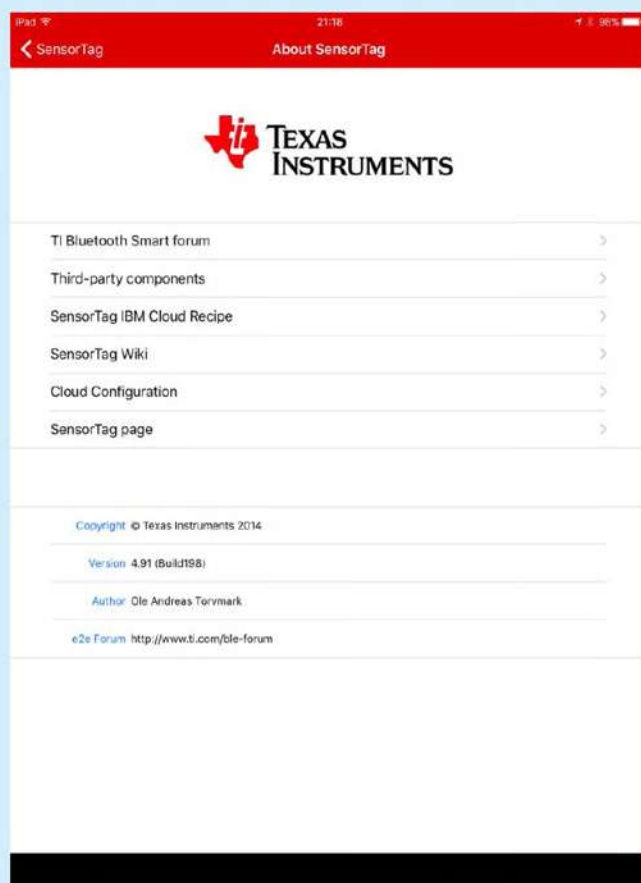
## Okno Sensor View

W oknie SensorView pokazywane są w postaci wykresów bieżące wartości odczytu z czujników (**rysunek 4**):

- Ambient Temperature – temperatura wewnętrzna (odniesienia) mierzona przez czujnik TMP007.
- IR Temperature – temperatura zmierzona bezdotykowo (TMP007).
- Humidity – wilgotność zmierzona przez czujnik HDC1000.
- Barometer – ciśnienie atmosferyczne [mbar] (czujnik BMP280). Po przyciśnięciu Calibrate jest dodatkowo pokazywana wysokość względna.
- Movement – czujniki położenia (9-osi), pomiar wykonuje układ MPU-9250:
- Accelerometer – przyspieszenie w trzech osiach.
- Magnetometer – kompas w trzech osiach.
- Gyroscope – żyroskop, obroty w trzech osiach.
- Light Sensor – poziom oświetlenia otoczenia [Lux], pomiar wykonuje układ OPT3001 (**rysunek 5**).

Długie dotknięcie pola sensora powoduje wyświetlenie okienka wyboru:

- Graph – pokazuje nowe okno z dokładnym wykresem wartości pomiarowych.
- Configure Sensor – pozwala na wybór interwału czasowego pomiędzy kolejnymi odczytami wartości z czujnika. Początkowo wszystkie czujniki są odczytywane co 1 sekundę.



Rysunek 3. Okno po wybraniu odnośnika „Make IoT Easy”.

- 3D Visualization – dla czujników położenia jest dodatkowo możliwość wizualizacji trójwymiarowej danych pomiarowych. Wymagane jest na początku wykonanie zestawem pętli o kształcie ósemki a następnie położenie zestawu poziomym. Pozwala to programowi na wykonanie kalibracji.

Udostępniony jest także przełącznik „Wake On Shake”. Gdy jest on aktywny transmisja danych jest przerywana, gdy zmiany położenia nie przekraczają wartości progowej. Dodatkowo w oknie SensorView pokazywany jest stan przycisków:

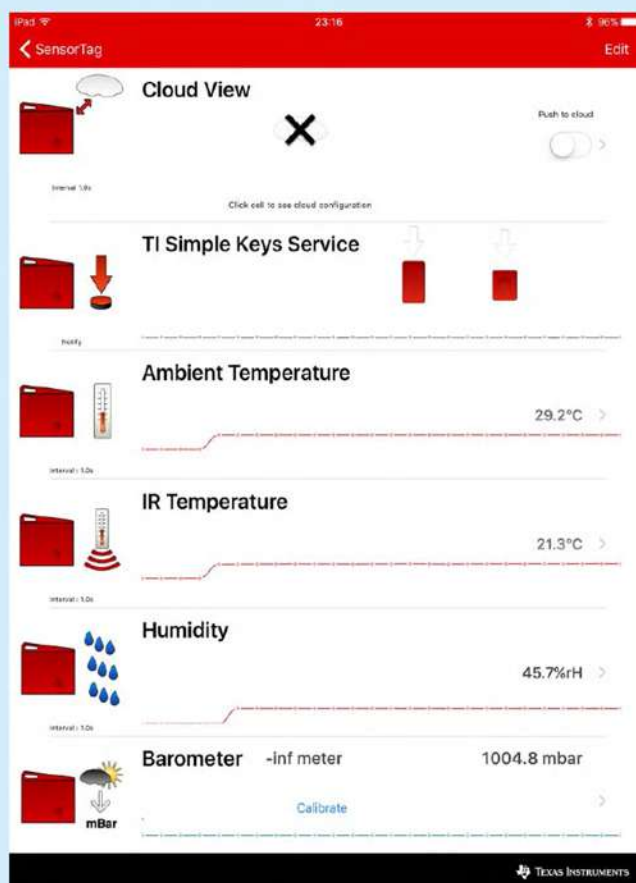
- TI Simple Keys Service – przyciśnięcie przycisku jest pokazywane jako poziom wysoki:
  - Wysoki prostokąt – przycisk użytkownika (User Button – lewy).
  - Niski prostokąt – przycisk zasilania (Power Button – prawy).
- W poprzednich wersjach aplikacji pokazywany był stan przełącznika magnetycznego, ale zrezygnowano z tego wskazania (?).

W oknie SensorView można też sterować włączaniem/wyłączaniem:

- I/O Service:
  - Red LED ON/OFF – włączanie/wyłączanie świecenia diody czerwonej (górnej).
  - Green LED ON/OFF – włączanie/wyłączanie świecenia diody zielonej (dolnej).
  - Buzzer ON/OFF – włączanie/wyłączanie brzęczyka.

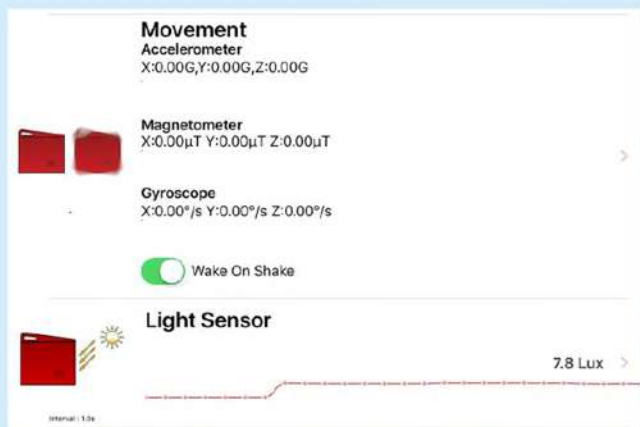
Mikrofon cyfrowy nie jest obsługiwany przez program „DEMO”. Na dole okna SensorView pokazywane są dodatkowe informacje (**rysunek 6**):

- RSSI – poziom odbieranego sygnału radiowego [dBm], bardzo przydatne do określenia zasięgu pracy.
  - Device Information – różne informacje odczytane z urządzenia, szczególnie przydatny jest System ID.
- Obok jest pole poleceń:



Rysunek 4. Okno „Sensor View” (górna część).





Rysunek 5. Okno „Sensor View” (środkowa część).

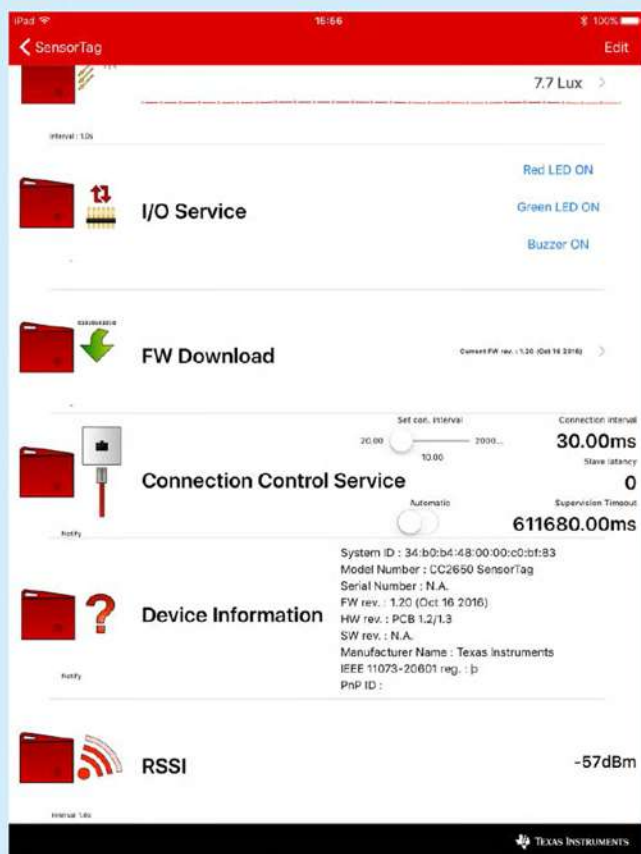
- Connection Control Service – ustawianie parametrów czasowych fazy skomunikowania pracy protokołu Bluetooth LE.

Przyciśnięcie przycisku *Edit* w prawym górnym rogu okna SensorView powoduje przejście do trybu edycji, gdzie każdą pozycję można usunąć z okna (znak minus). Można też zmieniać kolejność pokazywania czujników poprzez przeciąganie pola na odpowiednią pozycję. Potem trzeba kliknąć *Done*.

Po opuszczeniu okna SensorView (strzałka w lewym górnym rogu) połączenie komunikacyjne zostanie zakończone. Zestaw CC2650 SensorTag przechodzi w tryb rozgłaszania (advertisement) protokołu BLE, co jest sygnalizowane błyskaniem zielonej diody LED na płycie.

## Aktualizowanie oprogramowania firmowego

Zestaw CC2650 SensorTag jest dostarczany z zaprogramowanym oprogramowaniem w wersji raczej starszej. Dlatego należy go zaktualizować do nowszej (lub najnowszej wersji). Można to wykonać na dwa sposoby [9]:



Rysunek 6. Okno „Sensor View” (dolna część).

- Bezpośrednie wpisanie obrazu kodu do wewnętrznej pamięci Flash układu scalonego CC2650 poprzez port JTAG tego układu. W tym celu należy do zestawu CC2650 SensorTag dołączyć moduł Debug DevPack [14]. Moduł trzeba dołączyć do komputera PC kablem USB. Do programowania najłatwiej użyć darmowego programu SmartRF Flash Programmer 2 (Texas Instruments).
- Zastosowanie serwisu Over the Air Download (OAD) łączącego radiowego standardu Bluetooth LE obsługiwane przez oprogramowanie pracujące na Zestaw CC2650 SensorTag (tylko przy zasilaniu z baterii).

Aplikacja *SensorTag* udostępnia operację Over the Air Download (OAD) – ładowania obrazu binarnego oprogramowania firmware do zestawu SensorTag [9]. Obraz jest najpierw wpisywany do pamięci Flash na płycie zestawu (external flash). Po zakończeniu ładowania obraz jest weryfikowany (suma kontrolna) i poprawny obraz jest ładowany do wewnętrznej pamięci Flash układu scalonego CC2650. Wymuszana jest operacja reset i układ startuje z oprogramowaniem w nowej wersji.

Na dole okna SensorView jest pole polecenia FW Download – możliwość aktualizowania oprogramowania firmware w oknie „TI OAD profile”. Po wybraniu polecenia „Select FW File” wyświetlana jest lista z plikami obrazu kodu dla obsługi różnych urządzeń. Pliki z kodem programu firmowego „DEMO” z wersjami kompatybilnymi dla wykrytego zestawu CC2650 SensorTag (pokazywane z nazwą Sensor Tag 2) są dodatkowo oznaczone. Obrazy kodu są dostępne dla protokołu komunikacyjnego BLE (v1.30) oraz ZigBee (v1.12). Lista zawiera również pliki obrazu kodu przykładowego dla obsługi modułów rozszerzeń LED Devpack oraz LCD screen Devpack.

## Polecenie Give Alias

Po kliknięciu w głównym oknie aplikacji *SensorTag* na swój zestaw SensorTag można w okienku wyboru wybrać polecenie Give Alias. Otwiera się okno z klawiaturą. Pozwala to na wprowadzenie aliasa nazwy dla wybranego urządzenia. Nie zmienia to sposobu pracy z tym urządzeniem, ponieważ jest ono rozpoznawane poprzez unikalny System ID.

## Polecenie Service Explorer

Po kliknięciu w głównym oknie aplikacji *SensorTag* na swój zestaw SensorTag można w okienku wyboru wybrać polecenie Service Explorer. Kolejne okna umożliwiają konfigurowanie komunikacji z protokołem BLE.

## Polecenie Advertisement data

Po kliknięciu w głównym oknie aplikacji *SensorTag* na swój zestaw CC2650 SensorTag można w okienku wyboru wybrać polecenie Advertisement data. Okno Adv data pokazuje podstawowe dane udostępniane przez wybrany zestaw CC2650 SensorTag podczas rozgłaszania.

## Dołączanie zestawu CC2650 SensorTag do chmury obliczeniowej

Aplikacja *SensorTag* umożliwia, aby urządzenie mobilne (np. iPad) dołączone do sieci Internet umożliwiało pracę z chmurą obliczeniową. W sieci wykorzystywany jest „IBM Watson IoT Platform Quickstart Service” [11]. Łączenie jest darmowe, łatwe i szybkie [10].

## Cloud View

Na górze okna SensorView znajduje się pole Cloud View które pozwala na pracę z chmurą obliczeniową (rysunek 7). Kliknięcie na przełącznik „Push to cloud” powoduje włączenie pracy



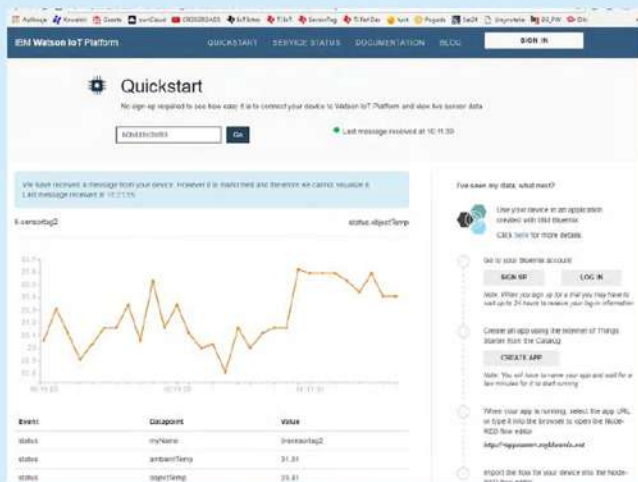


Rysunek 7. Okno informacji o połączeniu z chmurą.

z chmurą obliczeniową. Jeśli połączenie zostało poprawnie wykonane to przełącznik pozostaje w prawej pozycji. Za każdym razem jak dane są wysyłane do chmury poniżej ikonki chmury to pojawia się strzałka.

Kliknięcie na ikonę chmury otwiera okno „Config Summary” (rys. 7). Jako identyfikator urządzenia jest brany unikalny adres MAC zestawu CC2650 SensorTag. W oknie jest podany adres dostępu do strony Internetowej Quickstart z danymi pomiarowymi pobieranymi z zestawu CC2650 SensorTag i wyświetlanymi na bieżąco (w czasie rzeczywistym) [11].

Po kliknięciu w głównym oknie aplikacji SensorTag na swój zestaw SensorTag można w okienku wyboru wybrać polecenie Cloud Configuration. Zagadnienie komunikacji z chmurą obliczeniową jest bardziej obszerne i zostanie dokładniej omówione później.



Rysunek 8. Okno z danymi pomiarowymi z zestawu CC2650 SensorTag wyświetlanymi w czasie rzeczywistym

## Aplikacja SensorTag Rev 1.30

Aktualizowanie aplikacji SensorTag do wersji 1.30 przebiega w trzech krokach. W oknie „Sensor View” pojawia się nowa informacja o stanie baterii (rysunek 9). Dalej nie ma informacji o stanie czujnika magnetycznego. Jednak obsługa modułów rozszerzeń Watch DevPack i LED Audio DevPack jest dostępna dalej w wersji SensorTag Rev 1.20.

Dostępne są opisy dołączenia zestawu CC2650 SensorTag do jednopłytkowych komputerów Raspberry Pi [15], Intel Edison [16] oraz do komputera PC z wtyczką CC2540USB Dongle [9]. Sposoby programowania zestawu CC2650 SensorTag (łącznie z programem startowym Demo) zostaną pokazane w następnych odcinkach kursu.

Henryk A. Kowalski  
kowalski@ii.pw.edu.pl



Rysunek 9. Okno „Sensor View” aplikacji SensorTag Rev 1.30.

## Bibliografia:

- Systemy dla Internetu Rzeczy (1): Zestaw CC2650STK SensorTag, Elektronika Praktyczna, 12/2016
- TI CC2650STK SimpleLink™ IoT SensorTag – Review, <https://goo.gl/gNPDQK>
- SimpleLink Bluetooth low energy/Multi-standard SensorTag CC2650STK, <https://goo.gl/ldPnzC>
- „IoT SensorTag – What can you design?”, Wideo, TI <https://goo.gl/UiPFav>
- CC2640/CC2650 Getting Started and FAQ, 2016 Oct 31 <https://goo.gl/Z2uFYN>
- CC2650 SensorTag Quick Start Guide (Rev. A) 16 Feb 2016 SWRU410, <https://goo.gl/hZx4GI>
- IoT made easy <https://goo.gl/ZY2tvj>
- SensorTag2015 (TI WIKI) <https://goo.gl/o8hL4R>
- CC2650 SensorTag User's Guide (TI WIKI), <https://goo.gl/w13Gtd>
- Texas Instruments CC2650 SimpleLink Bluetooth Smart BLE SensorTag, IBM, 2016, <https://goo.gl/8UNX36>
- Quickstart, IBM Watson IoT Platform <https://goo.gl/x7e2VR>
- iTunes, TI SensorTag By Texas Instruments <https://goo.gl/OFOifi>
- Google Play, Simplelink SensorTag, Texas Instruments Inc., <https://goo.gl/7kt80S>
- SimpleLink SensorTag Debugger DevPack CC-DEVPACK-DEBUG, <https://goo.gl/eLq9i6>
- IOT made real – Using TI SensorTag data with Logentries and NodeRed, David Tracey, 18.02.2016, <https://goo.gl/h4ITQ3>
- Indoor Positioning with Bluetooth Low Energy (BLE), <https://goo.gl/kzXJrb>



W ofercie AVT jest dostępna płytka ewaluacyjna umożliwiająca przyłączenie wyświetlacza opisywanego w artykule. Numer kitu AVT-5563.

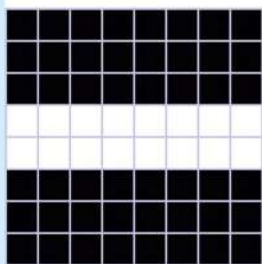
# Obsługa kolorowego wyświetlacza TFT z telefonu Samsung GT-S5230 Avila (2)

W poprzednim artykule opublikowanym w EP 12/2016 zaprezentowaliśmy podstawowe funkcje służące do inicjalizacji, wyświetlania punktów oraz rysowania podstawowych elementów – teraz zajmiemy się wyświetlaniem znaków oraz komunikatów.

Przyszł czas na obsługę ostatniego elementu interfejsów graficznych – czcionek ekranowych. Aby jednak umożliwić wygodną obsługę wielu czcionek ekranowych, konieczne było wprowadzenie nowego typu danych – jego definicję pokazano na **listingu 7**. Bazując na tak zdefiniowanej strukturze, wprowadzono funkcję, która korzystając ze zmiennej globalnej *static fontDescription CurrentFont* pozwala na ustawienie bieżącej czcionki ekranowej. Tę funkcję pokazano na **listingu 8**, natomiast na **listingu 9** pokazano funkcję umożliwiającą rysowanie znaków przy użyciu bieżącej czcionki ekranowej. Korzysta ona z argumentu *uint8\_t Transparency*, od którego zależy, czy tło bieżącej czcionki ekranowej będzie określone wartością globalnej zmiennej *uint16\_t Background* (w takim wypadku wartość argumentu *Transparency* jest równa *SOLID\_TEXT*), czy też tło wyświetlanej czcionki będzie przezroczyste (wartość argumentu *Transparency* równa *TRANSPARENT\_TEXT*). Na bazie tej funkcji wprowadzono dwie nowe, umożliwiające wyświetlenie ciągu znaków zapisanego w pamięci RAM lub w pamięci programu (Flash) – pokazano je na **listingu 10**.

Do wygenerowania plików zawierających wzorce czcionek, oparte na czcionkach systemu Windows, polecam doskonały program Pixelab autorstwa Marcina Popławskiego. Szczegółowy opis programu zamieszczono w Elektronice Praktycznej 6/2015.

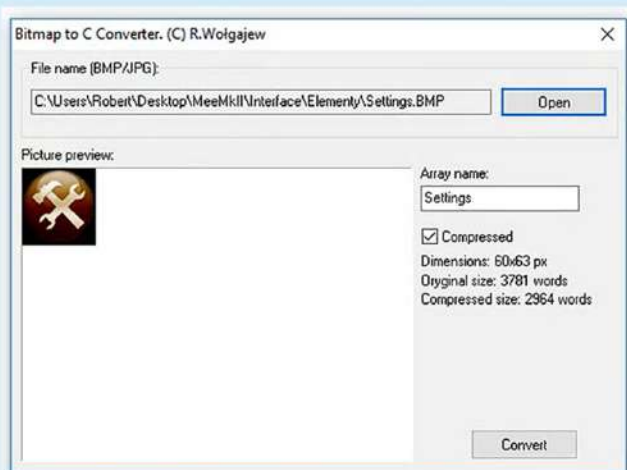
W tym miejscu przedstawię jeszcze jedną funkcję, której zadaniem jest wyświetlenie liczby typu *uint16\_t* (tu z zakresu 0...9999) przy użyciu bieżącej czcionki ekranowej. Zadanie tego typu wydaje się być bolączką większości początkujących programistów, którzy w tym celu, zupełnie na siłę, starają się użyć standardowej funkcji *printf()*. Oczywiście można i tak, lecz płacimy za tę uniwersalność wysoką cenę wzrostem wielkości kodu wynikowego o dobre 1,5 kB. Co gorsze, wiele osób łączy wywołanie tej funkcji z wyświetlaniem liczby zmiennoprzecinkowych, co jeszcze bardziej „demoluje” kod wynikowy.



Rysunek 3. Wynik działania algorytmu kompresji obrazu







**Rysunek 4 Wygląd aplikacji BMPConverter realizującej konwersję i kompresję pliku BMP do postaci tablicy języka C**

Co więcej, zamieszczenie argumentu *Effects* pozwala na specyfikację niezbędnego odstępu pomiędzy znakami, które to mają być rozdzielone wspomnianym wcześniej przecinkiem (bity 5...0

**Tabela 2. Idea działania algorytmu kompresującego dane obrazków.**

Liczba powtórzeń	Dane przed kompresją	Dane po kompresji
1	0xAAAA	0xAAAA
2	0xAAAA 0xAAAA	0xAAAA 0xAAAA 0x0002
3	0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA	0xAAAA 0xAAAA 0x0003
4	0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA	0xAAAA 0xAAAA 0x0004
5	0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA 0xAAAA	0xAAAA 0xAAAA 0x0005
65535	65535 x 0xAAAA	0xAAAA 0xAAAA 0xFFFF

**Listing 7. Definicja nowego typu danych odpowiedzialnego za przechowywanie parametrów bieżącej czcionki ekranowej.**

```
typedef struct
{
    uint8_t Width; //Current font width (px)
    uint8_t Height; //Current font height (px)
    uint8_t Interspace; //Font interspace (px)
    uint8_t BytesPerChar; //Bytes per char definition
    uint8_t FirstCharCode; //First char ASCII code
    const uint8_t *Bitmap; //Pointer to the font table
} fontDescription;
```

**Listing 8. Funkcja odpowiedzialna za ustawienie bieżącej czcionki ekranowej.**

```
void TFTsetFont(const fontDescription *Font)
{
    CurrentFont.Width = pgm_read_byte(&Font->Width);
    CurrentFont.Height = pgm_read_byte(&Font->Height);
    CurrentFont.Interspace = pgm_read_byte(&Font->Interspace);
    CurrentFont.BytesPerChar = pgm_read_byte(&Font->BytesPerChar);
    CurrentFont.FirstCharCode = pgm_read_byte(&Font->FirstCharCode);
    CurrentFont.Bitmap = (uint8_t*)pgm_read_word(&Font->Bitmap);
}
```

tego argumentu). Poniżej przedstawiono przykłady użycia funkcji *TFTdrawInteger()* z rezultatem jej działania. Zakłada się, że przecinek zostanie wyświetlony na ekranie w wyniku działania aplikacji użytkownika. Sama funkcja zapewnia „wyłącznie” miejsce na wyświetlenie przecinka oraz zajmuje się „logiką” wyświetlania zera umieszczonego przed przecinkiem, jeśli występuje:

- *TFTdrawInteger(10, 100, 1234, 4, DOT\_POS3|5);* – „1.234” (odstęp pomiędzy „1” a „2” powiększony o 5 pikseli).
- *TFTdrawInteger(10, 120, 234, 3, DOT\_POS1|3);* – „23.4” (odstęp pomiędzy „3” a „4” powiększony o 3 piksele).
- *TFTdrawInteger(10, 120, 4, 2, DOT\_POS1|4);* – „0.4” (odstęp pomiędzy „0” a „4” powiększony o 4 piksele).
- *TFTdrawInteger(10, 140, 4, 2, NO\_DOTS);* – „.4”.

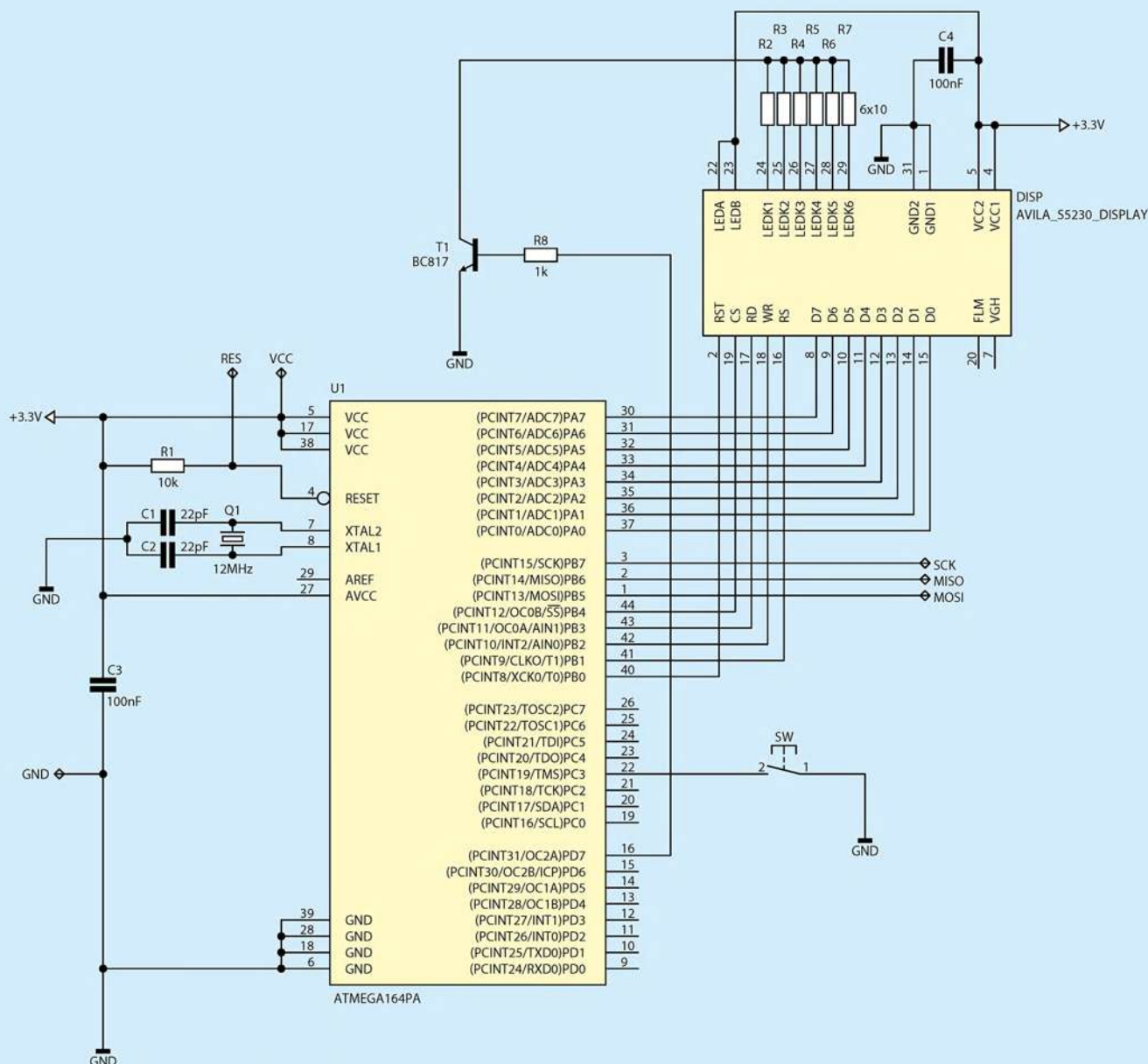
W tym miejscu pora na przysłowiową „wisienkę na torcie”. Wcześniej, na listingu 6 pokazano funkcję umożliwiającą wyświetlenie na ekranie wyświetlacza TFT obrazka zapisanego w pamięci Flash mikrokontrolera. Jest to rozwiązanie nieskomplikowane, jednak obciążone pewną wadą. Jak

**Listing 9. Funkcja odpowiedzialna za rysowanie znaków, przy użyciu bieżącej czcionki ekranowej**

```
void TFTdrawChar(uint16_t X1, uint8_t Y1, char Character, const uint8_t Transparency)
{
    register uint8_t widthIndex, heightIndex, readByte, pixelsNr, i;
    const uint8_t *dataPointer;

    if(Transparency != TRANSPARENT_TEXT)
    {
        //We define display active area to simplify writing
        TFTSetActiveWindow(X1, Y1, X1+CurrentFont.Width-1, Y1+CurrentFont.Height-1);
        //We start memory writing
        writeCommand(CMD_MEMORY_WRITE);
    }
    //Now we calculate start address of the current character definition
    dataPointer = &CurrentFont.Bitmap[(CurrentFont.BytesPerChar*(Character-CurrentFont.FirstCharCode))];
    for(heightIndex = 0; heightIndex < CurrentFont.Height; heightIndex++)
    {
        for(widthIndex = 0; widthIndex < CurrentFont.Width; widthIndex += 8)
        {
            //We read character definition byte by byte
            readByte = pgm_read_byte(dataPointer++);
            //For fonts which width is not a multiple of 8 we need to calculate useful number of pixels to be sent
            pixelsNr = widthIndex+8 <= CurrentFont.Width ? 8 : CurrentFont.Width - widthIndex;
            for(i=0; i<pixelsNr; ++i)
            {
                if(Transparency == TRANSPARENT_TEXT) //We check if the text background is transparent
                {
                    //We check the pixel presence
                    if(readByte & 0x80)
                    {
                        //We define display active area for one active pixel to simplify writing
                        TFTSetActiveWindow(X1+widthIndex+i, Y1+heightIndex, X1+widthIndex+i, Y1+heightIndex);
                        writeCommand(CMD_MEMORY_WRITE);
                        writeData(Colour >> 8); writeData(Colour & 0xFF);
                    }
                }
                else
                {
                    //Pixel color depends on the pixel presence
                    if(readByte & 0x80) {writeData(Colour >> 8); writeData(Colour & 0xFF);}
                    else {writeData(Background >> 8); writeData(Background & 0xFF);}
                }
                readByte<<=1;
            }
        }
    }
}
```





**Rysunek 5. Schemat ideowy płytki ewaluacyjnej wyświetlacza GT-S5230**

łatwo się domyślić, tak przygotowane obrazki zajmują sporo cennej pamięci programu, przez co jest niemożliwe korzystanie z wielu tego rodzaju elementów w procesorach o ograniczonej wielkości pamięci programu, jak dla przykładu, mikrokontrolery AVR. Jak temu zaradzić? Odpowiedź wydaje się dość prosta – należy zastosować metodę kompresji powtarzających się danych, co pozwoli

```
Listing 10 Funkcje umożliwiające wyświetlenie ciągu znaków
z pamięci RAM, jak i pamięci programu (Flash)
void TFTdrawString(uint16_t X1, uint8_t Y1, char *String, const
uint8_t Transparency)
{
    while(*String)
    {
        TFTdrawChar(X1, Y1, *String++, Transparency);
        X1 += CurrentFont.Width + CurrentFont.Interspace;
    }
}

void TFTdrawString_P(uint16_t X1, uint8_t Y1, const char
*String, const uint8_t Transparency)
{
    register char Character;
    while((Character = pgm_read_byte(String++)))
    {
        TFTdrawChar(X1, Y1, Character, Transparency);
        X1 += CurrentFont.Width + CurrentFont.Interspace;
    }
}
```

```
Listing 11. Funkcja pozwalająca na wyświetlenie liczby typu Integer
(zakres 0...999)
void TFTdrawInteger(uint16_t X1, uint8_t Y1, uint16_t Integer,
uint8_t Digits, uint8_t Effects)
{
    register uint8_t Digit1, Digit2;
    register uint8_t dotPos = Effects & DOT_MASK; //Bits: 7..6
    register uint8_t Interspace = Effects & INTERSPACE_MASK; //
Bits: 5..0
    register uint8_t fontStep = CurrentFont.Width + CurrentFont.
Interspace;
    if((Digit1 = Integer/1000)) Integer -= Digit1*1000;
    if(Digits == 4)
    {
        if(Digit1 || (dotPos == DOT_POS3)) Digit1 += ',0'; else
        Digit1 = ',0';
        TFTdrawChar(X1, Y1, Digit1, SOLID_TEXT);
        X1 += fontStep;
        if(dotPos == DOT_POS3) X1 += Interspace;
    }
    if((Digit2 = Integer/100)) Integer -= Digit2*100;
    if(Digits > 2)
    {
        if(Digit2 || (Digit1 != ',0' && Digits == 4) || (dotPos
>= DOT_POS2)) Digit2 += ',0'; else Digit2 = ',0';
        TFTdrawChar(X1, Y1, Digit2, SOLID_TEXT);
        X1 += fontStep;
        if(dotPos == DOT_POS2) X1 += Interspace;
    }
    Digit1 = Integer/10;
    if(Digits > 1)
    {
        if(Digit1 || (Digit2 != ',0' && Digits > 2) || (dotPos >
DOT_POS1)) Digit1 += ',0'; else Digit1 = ',0';
        TFTdrawChar(X1, Y1, Digit1, SOLID_TEXT);
        X1 += fontStep;
        if(dotPos == DOT_POS1) X1 += Interspace;
    }
    TFTdrawChar(X1, Y1, ',0'+Integer%10, SOLID_TEXT);
}
```



Listing 12. Funkcja odpowiedzialna za wyświetlanie skompresowanych obrazków na ekranie wyświetlacza TFT void TFTdrawCompressedPicture(uint16\_t X1, uint8\_t Y1, const uint16\_t \*Picture)

```

{
    register uint16_t pixelsToSend, pixelA, pixelB;
    register uint8_t Width, Height;
    //We read the first word that holds the picture width and height (MSB and LSB)
    pixelA = pgm_read_word(Picture++);
    //We calculate the picture width and height
    Width = pixelA >> 8; Height = pixelA & 0xFF;
    //We calculate how many pixels we need to send
    pixelsToSend = Width * Height;
    //We define display active area to simplify writing
    TFTsetActiveWindow(X1, Y1, X1+Width-1, Y1+Height-1);
    //We start memory writing
    writeCommand(CMD_MEMORY_WRITE);
    while(pixelsToSend)
    {
        //We read pixel n and n+1
        pixelA = pgm_read_word(Picture++);
        pixelB = pgm_read_word(Picture);
        //If the pixel n is different than the pixel n+1 or if it is the last pixel we send it to the TFT
        if(pixelA != pixelB || pixelsToSend == 1)
        {
            writeData(pixelA >> 8); writeData(pixelA & 0xFF);
            pixelsToSend--;
        }
        else
        {
            //Otherwise we read how many the same pixels we need to send (third word)
            pixelB = pgm_read_word(++Picture);
            pixelsToSend -= pixelB;
            Picture++;
            //We sent them to the TFT
            while(pixelB--) {writeData(pixelA >> 8); writeData(pixelA & 0xFF);}
        }
    }
}

```

na ograniczenie rozmiaru tablicy przechowującej treść obrazu. Ideę działania zastosowanego algorytmu kompresji najlepiej jest przedstawić analizując przykładowe ciągi słów 16-bitowych reprezentujących kolory kolejnych pikseli obrazu (założono powtarzanie się pikseli o kolorze 0xAAAA), które to przedstawiono w tabeli 2.

Jak widać, idea działania wspomnianego algorytmu jest niezwykle prosta, a pomimo tego, dla obrazków o dużych obszarach jednolitych kolorów, osiągany stopień kompresji jest całkiem spory, co pozytywnie wpływa na użycie pamięci Flash mikrokontrolera. Wymownym dowodem powyższej tezy jest rysunek 3, na którym przedstawiono obrazek i wynikową tablicę elementów 16-bitowych, reprezentującą jego treść w wypadku stosowania jak i nie stosowania wspomnianego algorytmu kompresji obrazu.

Do „pełni szczęścia” brakuje nam dedykowanej aplikacji, za której pomocą dokonamy konwersji pliku BMP do postaci tablicy języka C (o wspomnianej wcześniej organizacji danych) i która to dodatkowo umożliwi nam skompresowanie obrazka wedle powyższego algorytmu. Na szczęście napisanie takiej aplikacji nie jest rzeczą zbyt skomplikowaną. Specjalnie na potrzeby tego projektu napisałem aplikację, która realizuje wymaganą funkcjonalność – pokazano ją na rysunku 4. Myślę, że przedstawione oprogramowanie jest na tyle proste i czytelne, iż nie wymaga dodatkowego słowa komentarza. Jedyne, czego potrzebujemy to funkcja, która

umożliwi nam wyświetlenie na ekranie wyświetlacza TFT tak skompresowanego obrazka – pokazano ją na listingu 12.

### Płytką ewaluacyjną

To tyle, jeśli chodzi o obsługę naszego, niezmiernie ciekawego wyświetlacza TFT. Na rysunku 5 pokazano schemat ideowy płytki ewaluacyjnej, która umożliwia przetestowanie możliwości wyświetlacza GT-S5230, zanim zastosujemy go w docelowej aplikacji. Przypomnijmy, że płytką jest dostępna w ofercie AVT (numer kitu AVT-5563). Zastosowany typ mikrokontrolera nie jest „krytyczny” i wynika wyłącznie z faktu dysponowania odpowiednią liczbą wyprowadzeń I/O i dużą częstotliwością taktowania przy napięciu zasilania równym 3,3 V. Jako dodatkową funkcjonalność wprowadzono możliwość sterowania jasnością podświetlenia wyświetlacza TFT ( tranzystor T1 i wyprowadzenie OC2A mikrokontrolera, na którym sprzętowo możemy generować przebieg PWM) oraz dodatkowy przycisk SW do użycia w aplikacji użytkownika.

Kończąc mam nadzieję, że ten krótki artykuł spowoduje, iż konstruktorzy coraz częściej będą sięgali po wyświetlacz TFT, zamiast stosowania prostych wyświetlaczy alfanumerycznych o znacznie ograniczonej funkcjonalności. Przecież jego cena nie pozostawia złudzeń odnośnie do tego, jakiego rodzaju element powinniśmy wybrać.

Robert Wołgajew, EP

# ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

na tabletach z systemami iOS i Android







## Pierwsze kroki z FPGA (7)

### Termometr z analogowym sensorem i wyświetlaczem 7-segmentowym

Przedstawiamy kolejną kompletną aplikację MAXimatora, w której spełnia on (a dokładniej – zastosowany w MAXimatorze układ FPGA) cyfrowego termometru, wyświetlającego temperaturę otoczenia zmierzoną za pomocą sensora STLM20 na 4-cyfrowym, multipleksowanym wyświetlaczu LED. W projekcie zastosowano m.in. wbudowany w FPGA MAX10 przetwornik ADC, który służy do konwersji sygnału analogowego do postaci cyfrowej.

Działanie projektu zaimplementowanego w FPGA najlepiej wyjaśni schemat blokowy pokazany na **rysunku 1**. Na wejście jednego z kanałów ADC wbudowanego w FPGA jest podawany sygnał napięciowy z wyjścia sensora STLM20. Przetwornik przetwarza napięcie na 12-bitową wartość cyfrową, następnie za pomocą techniki tablicowania (*Lookup Table*) odczytywana wartość jest konwertowana na wartość wyrażoną w stopniach Celsjusza i wyświetlana na multipleksowanym wyświetlaczu 7-segmentowym. Wyświetlacz LED oraz analogowy sensor temperatury znajdują się na ekspanderze (shieldzie – **fotografia 2**), który wraz z programatorem JTAG jest jednym z elementów wyposażenia promocyjnej wersji MAXimatora.

W **tabeli 1** zestawiono wyprowadzenia FPGA z zestawu MAXimator, które zostały wykorzystane w prezentowanym projekcie.

Blok *my\_adc* przekazuje cyfrową wartość odpowiadającą zmierzonej temperaturze do bloku *ROM*, który przelicza ją na wartość w skali Celsjusza zapisaną w kodzie BCD. Moduł *mux wybiera* pojedynczą cyfrę z kodu BCD przekazuje ją do bloku *bcd2seg*, który zapisuje cyfrę w notacji 7-segmentowej. Moduł *counter* opóźnia multipleksowanie oraz służy do wybierania liczb do wyświetlenia. Moduł *demux*, na podstawie wartości otrzymanej z bloku *counter* wybiera odpowiedni wyświetlacz, na którym wyświetlona zostaje cyfra.

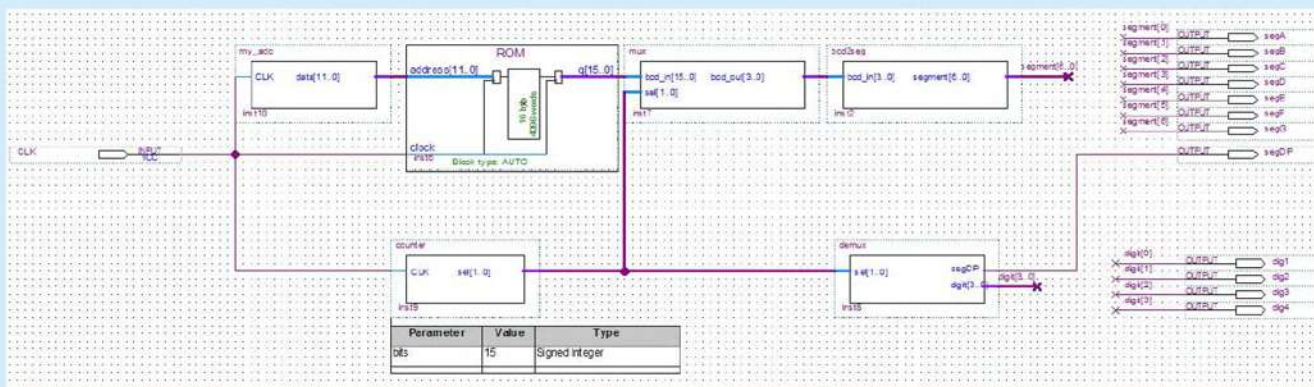
#### Więcej informacji:

Kompletny projekt dla programu Quartus Prime Lite wraz z plikami źródłowymi jest dostępny do pobrania na stronie [www.maximator-fpga.org](http://www.maximator-fpga.org)

**Tabela 1. Wyprowadzenia FPGA (MAX10), które wykorzystano w projekcie prezentowanym w artykule**

Nazwa	Kierunek	Funkcja
ADC1_15	Wejście	Wejście sygnału analogowego, podłączone do czujnika temperatury. Wejście jest ustawiane w bloku <i>my_adc</i>
CLK0p	Wejście	Sygnał zegarowy 10 MHz
Wyprowadzenia: L16, J15, J16, H15, H16, G15, G16, F16	Wyjście	Piny podłączone do wyświetlacza 7-segmentowego odpowiadające odpowiednio za segmenty: A, B, C, D, E, F, G, DP
Wyprowadzenia: E15, E16, D15, D16	Wyjście	Piny podłączone do wyświetlacza 7-segmentowego odpowiadające za wybranie aktywnej cyfry (jednej z czterech)





Rysunek 1. Schemat blokowy projektu zaimplementowanego w FPGA

Tabela 2. Wejścia i wyjścia modułu my_adc			
Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
CLK	Wejście	1	Sygnał zegarowy
data	Wyjście	12	Przetworzona wartość cyfrowa

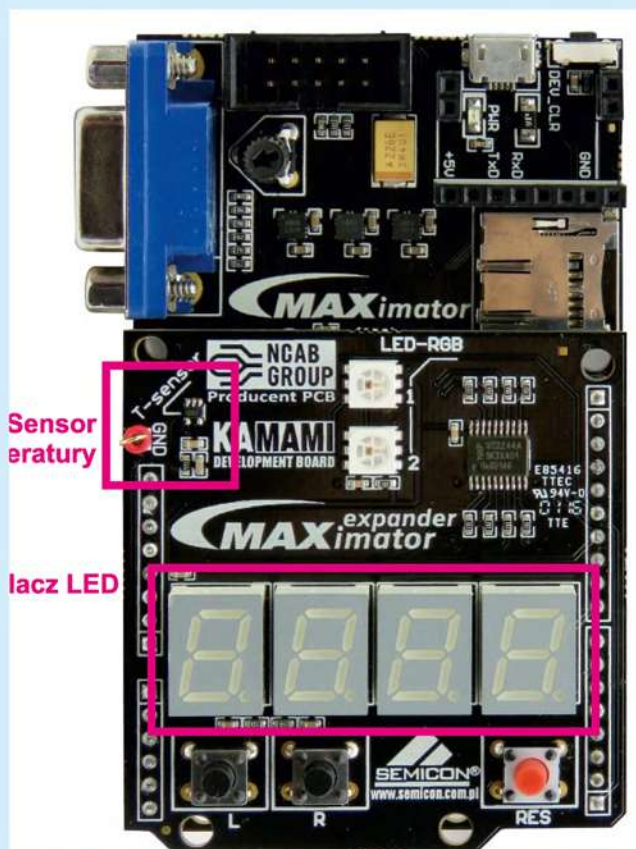
Tabela 3. Wejścia i wyjścia modułu ROM			
Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
address	Wejście	12	Cyfrowa wartość temperatury
Q	Wyjście	16	Wartość temperatury w skali Celsjusza, zapisana w kodzie BCD

Tabela 4. Wejścia i wyjścia modułu ROM			
Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
bcd_in	Wejście	16	Temperatura zapisana w kodzie BCD
Sel	Wejście	2	Decyduje o wyborze fragmentu z wejściowego kodu BCD
bcd_out	Wyjście	4	Pojedyncza cyfra zapisana w kodzie BCD

Funkcje poszczególnych bloków i ich sygnały są następujące:  
**MY\_ADC.** Moduł przetwarza wartość analogową z czujnika temperatury na wartość cyfrową. Wykorzystano w nim komponent *ADC* wygenerowany przy pomocy narzędzia *Qsys* programu *Quartus Prime Lite*. W module można ustawić, który kanał ma być wejściem analogowym przetwornika. W projekcie jest to kanał nr 15 – *ADC1\_15*, co wynika ze sposobu podłączenia sensora *STLM20* do wyprowadzeń *FPGA*. Wejścia i wyjścia tego modułu opisano w tabeli 2.

**ROM.** Jest to moduł pamięci *ROM*, zainicjalizowanej ręcznie utworzonym plikiem *LUT.mif*. Moduł odpowiada za przetworzenie wartości otrzymanej z czujnika temperatury na wartość w skali Celsjusza w kodzie *BCD*. Przeliczenie jest zrealizowane za pomocą techniki tablicowania (*Lookup Table*). Moduł został wygenerowany przy pomocy *IP Core'a ROM: 1-PORT* dostępnego w programie *Quartus Prime Lite*. Ze względu na znaczne wahania wartości odczytanej z czujnika temperatury w pliku *LUT.mif* nie została

Tabela 5. Wejścia i wyjścia modułu bcd2seg			
Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
bcd_in	Wejście	4	Cyfra w kodzie BCD
segment	Wyjście	7	Cyfra w zapisie 7-segmentowym



Fotografia 2. Maximator z zainstalowaną płytką rozszerzenia2

zamieszczona część dziesiąta wartości przedstawiającej temperaturę (dla każdej wartości część dziesiąta jest równa zero). Wejścia i wyjścia modułu *ROM* opisano w tabeli 3.

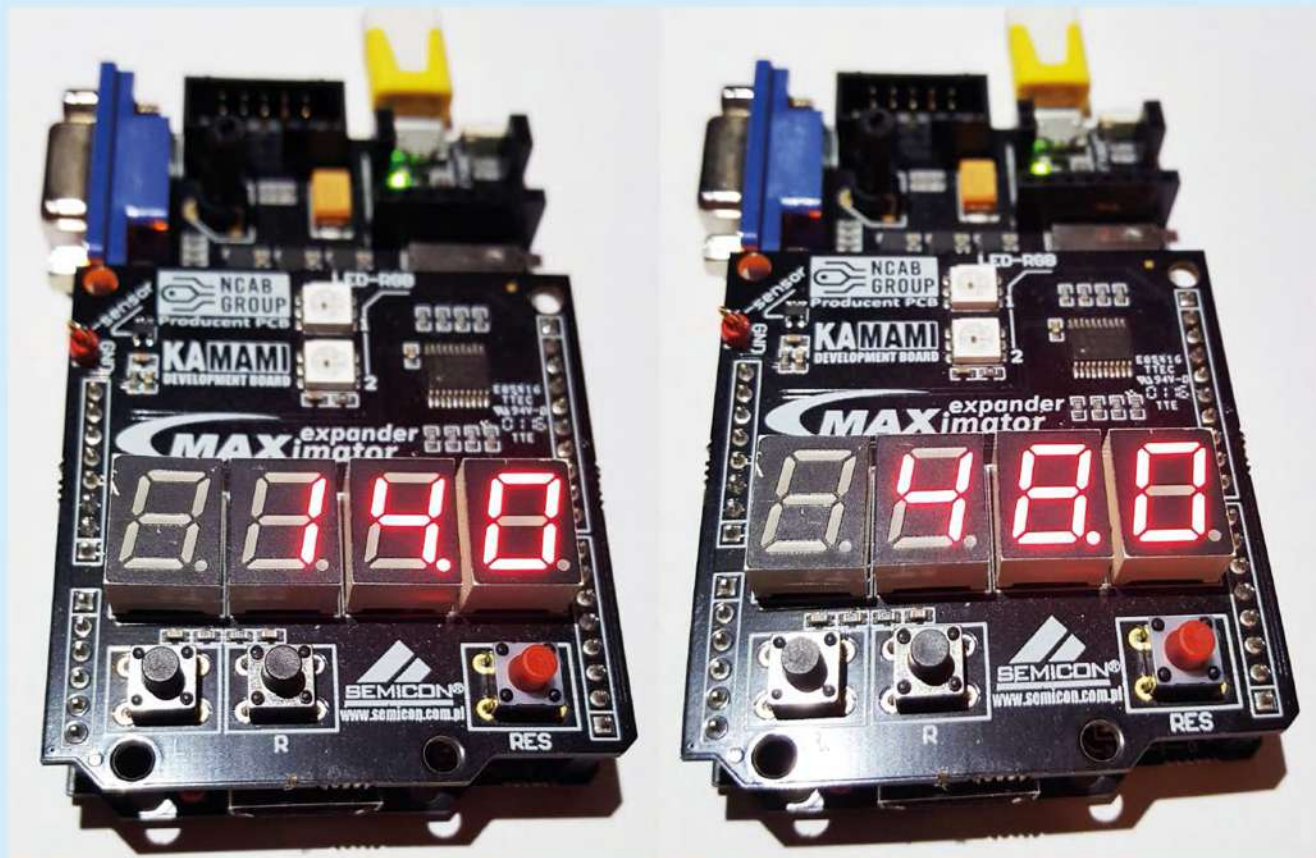
**MUX.** Jest to multiplexer, który wybiera z kodu *BCD* pojedynczą cyfrę do wyświetlenia. O wyborze cyfry decyduje wejściowy sygnał *sel*. Wejścia i wyjścia tego modułu opisano w tabeli 4.

**BCD2SEG.** Moduł otrzymaną cyfrę w kodzie *BCD* zapisuje w notacji 7-segmentowej. Wejścia i wyjścia tego modułu opisano w tabeli 5.

**COUNTER. LICZNIK N-BITOWY.** Ilość bitów ustawia się w parametrze *bits*. Funkcją licznika jest opóźnienie multiplexowania oraz wybór cyfry do wyświetlenia. Wejścia i wyjścia tego modułu opisano w tabeli 6.

Tabela 6. Wejścia i wyjścia modułu counter			
Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
CLK	Wejście	1	Sygnał zegarowy
Sel	Wyjście	2	Sygnał sterujący wyborem cyfry





Fotografia 3. Wyniki kilku przykładowych pomiarów temperatury

Tabela 7. Wejścia i wyjścia modułu demux

Nazwa	Kierunek	Ilość bitów	Funkcja
sel	Wejście	2	Sygnał sterujący wyborem cyfry
digit	Wyjście	4	Sygnał wybierający cyfrę do wyświetlenia
segDP	Wyjście	1	Segment wyświetlacza odpowiedzialny za kropkę

**DEMUX.** Demultiplexer wybiera cyfrę do wyświetlenia, dodatkowo włącza kropkę oddzielającą część dziesiętną wartości temperatury. Wejścia i wyjścia tego modułu opisano w tabeli 7.

Prezentowany projekt jest dość prosty do wykonania, różni się od typowych implementacji realizowanych w FPGA przede wszystkim faktem wykorzystania wbudowanego w układ przetwornika A/C (wyposażenie rzadko spotykane w FPGA). Na fotografii 3 przedstawiono wyniki kilku przykładowych pomiarów temperatury wykonanych za pomocą MAXimatora i zastosowanego w shieldzie sensora temperatury STLM20.

Przykład został zaimplementowany w zestawie MAXimator za pomocą bezpłatnego narzędzia Quartus Prime Lite (do pobrania na stronie [www.altera.com](http://www.altera.com)), komplet plików jest dostępny do pobrania na stronie [maximator-fpga.org](http://maximator-fpga.org).

Przemysław Sala

<http://m.ep.com.pl>  
**Najlepszy Mobilny  
 Adres w Sieci**





# Użytkowanie Odroid-C1 + (3)

## System kontroli wersji Git, moduł do zarządzania urządzeniami udev

Jedną z zalet ODROIDa jest zgodność pinów złącza J2 ze złączem P1 w Raspberry Pi. Dzięki temu możliwe jest użycie wielu dostępnych modułów rozszerzeń przeznaczonych dla Raspberry Pi. Na koniec zobaczmy jak ułatwić sobie pracę z edytorem VIM i systemem kontroli wersji Git, a także zapoznamy się z modułem udev, służącym do dynamicznego zarządzania urządzeniami.

Jako przykład tezy zawartej we wstępie, posłużą nam moduły KAmoRpi PwrRELAY zawierający dwa przekaźniki elektromechaniczne oraz KAmoRpi ADC\_DAC z przetwornikami A/C i C/A. Ich użycie znacznie ułatwia samodzielne eksperymentowanie z Odroidem.

### KAmoRpi PwrRELAY – powtórka z GPIO

Pierwszy z modułów, KAmoRpi PwrRELAY (<https://goo.gl/6rc-PAM>) wyposażono w dwa przekaźniki elektromechaniczne oraz dwa wyjścia tranzystorowe, którymi możemy sterować za pomocą linii GPIO. Można go zatem wykorzystać na przykład do sterowania domowymi urządzeniami elektrycznymi. W tym prostym przykładzie jeden z przekaźników posłuży do włączania i wyłączania lampki biurkowej za pośrednictwem terminala.

Na początku warto przyrzeć się dokumentacji modułu, ponieważ znajdują się w niej m. in. informacje o sposobie jego podłączenia. Według schematu elektrycznego, przekaźniki są podłączone do linii 22 i 23 GPIO, które odpowiadają liniom 115 i 104 ODROIDa. Jeżeli poprawnie wykonaliśmy wszystkie kroki z poprzedniego artykułu, możemy je skonfigurować za pomocą terminala (bez uprawnień roota):

```
echo 115 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/gpio115/direction
Ustawienie lub zerowanie GPIO wykonujemy poleceniami:
echo 1 > /sys/class/gpio/gpio115/value
echo 0 > /sys/class/gpio/gpio115/value
```

Oczywiście, do obsługi portu możemy wykorzystać również jedną z przykładowych aplikacji, omówionych w poprzednim artykule. O poprawnym działaniu modułu, a tym samym o stanie przekaźnika, poinformuje nas czerwony LED – świecący, gdy pin zostanie ustawiony. Mając działający i skonfigurowany moduł możemy zabrać się za ciąg dalszy, czyli podłączenie lampki do przekaźnika.

Każdy z przekaźników zamontowanych na module ma trzy styki: NC (Normally Closed), COM (Common), NO (Normally Open). Przy braku zasilania przekaźnika styki NC i COM są zwarte. Po ustawieniu wyjścia sterującego, zostaną zwarte styki COM i NO, co w module jest sygnalizowane świeceniem LED. Aby przyłączyć lampkę do przekaźnika, powinniśmy dołączyć ją do wejścia NO, natomiast do wejścia COM jeden z przewodów z gniazdka elektrycznego (lub odwrotnie). Dzięki temu, po odłączeniu zasilania obwód będzie rozarty. Drugi przewód z gniazdka należy na stałe zewrzeć z drugim przewodem lampki. Teraz pozostaje przetestować zmontowany układ (fotografia 1).



Fotografia 1. ODROID z podłączonymi przekaźnikami

Na koniec warto jeszcze przyrzeć się pewnemu bardzo przydatnemu narzędziu obecnemu w systemie Linux. Jest nim cron i służy do cyklicznego wykonywania zadań. Jako przykład możemy wykonać cykliczne zapalanie i gaszenie światła.

Cron jest demonem systemu Linux, czyli programem uruchamianym przy starcie systemu i działającym w tle przez cały czas lub do momentu wyłączenia go przez użytkownika (do wyłączania demonów zwykle potrzebne są uprawnienia administratora). Program ten raz na minutę odczytuje plik zawierający listę zleconych mu zadań. Każdy użytkownik ma własną listę zadań, którą można wyświetlić poleceniem crontab -l.

Jeżeli wcześniej nie używaliśmy crona, plik ten może nie istnieć. Do jego tworzenia i edycji służy jedno polecenie: crontab -e. Powoduje ono otwarcie listy zadań w domyślnym edytorze tekstu. W ramach ćwiczenia skonfigurujemy crona, aby zmieniał stan wyjścia pinu raz na minutę. W tym celu wykorzystamy jeden z programów z poprzedniego artykułu: gpio\_set\_vlue. W oknie edytora dodajmy na samym końcu dwa wiersze:

```
1-59/2 * * * * /home/odroid/gpio_set_value 115 1
0-58/2 * * * * /home/odroid/gpio_set_value 115 0
```

Wpis spowoduje wywołanie w minutach parzystych (0-58/2) programu /home/pi/gpio\_set\_value z argumentami 115 1, natomiast w nieparzystych (1-58/2) tego samego programu z argumentami 115 0. Warto zwrócić uwagę na to, że musimy podać pełną ścieżkę do programu, który chcemy wykonać. Po zapisaniu pliku i wyjściu z edytora powinniśmy obserwować zmianę stanu przekaźnika co 1 minutę. Aby przerwać wykonywanie zadań, wystarczy usunąć wpis lub usunąć cały plik za pomocą cron -r. Należy także pamiętać, że do poprawnego działania niezbędne jest wcześniejsze wyeksportowanie pinu 115 i skonfigurowanie go jako wyjście. Jednym ze sposobów, aby działało to automatycznie przy starcie systemu, jest użycie menedżera urządzeń udev.

Podobnie jak ostatnio, do pliku /etc/udev/rules.d/90-gpio.rules dodamy reguły:

```
SUBSYSTEM=="gpio",KERNEL=="gpiochip0",RUN+="/bin/sh -c ,echo 115 > /sys/class/gpio/export"
SUBSYSTEM=="gpio",KERNEL=="gpio115",RUN+="/bin/sh -c ,echo out > /sys%p/direction"
```



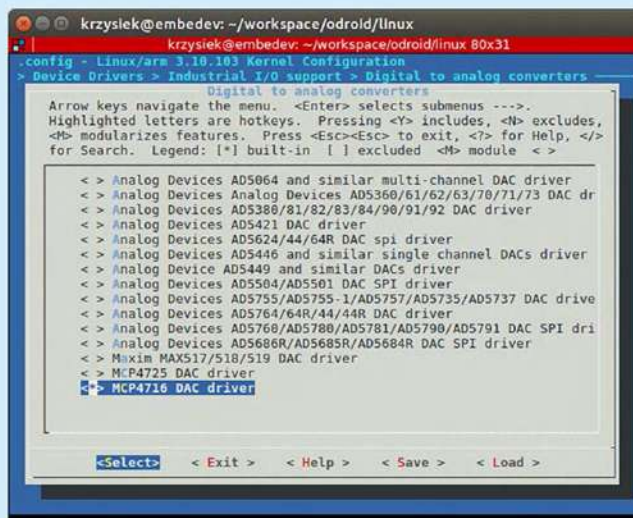
Pierwsza z nich eksportuje w sterowniku GPIO pin 115, natomiast druga konfiguruje go jako wyjście.

Do poprawnego działania cronu niezbędne jest jeszcze ustawienie czasu w systemie. Jeżeli nasz ODROID jest przyłączony do Internetu, zrobi to dla nas ntpdate, który powinien być domyślnie zainstalowany. Jedyne, co może być potrzebne, to ustawienie odpowiedniej strefy czasowej za pomocą polecenia sudo dpkg-reconfigure tzdata. Aktualną godziną i strefę czasową możemy sprawdzić poleceniem date.

Możliwości programu cron są o wiele większe, niż te przedstawione w przykładzie. Możemy zlecać wykonywanie zadań w określonych godzinach, dniach i miesiącach podając ścieżki do skryptów lub programów. Zachęcam do eksperymentowania z tym narzędziem – w sieci znajdziemy mnóstwo materiałów dotyczących jego użycia.

## KAmoRpi ADC\_DAC – sterowniki modułu iio (Industrial Input Output)

Drugi z opisywanych modułów – KAmoRpi ADC\_DAC, zawiera dwa przetworniki: MCP3021 i MCP4716. Co prawda w jądrze nie znajdziemy



Rysunek 2. Konfigurowanie jądra za pomocą menuconfig

Listing 1. Struktury i funkcje niezbędne do obsługi MCP4716

```
/*struktura przechowująca wskaźnik do klienta i2c oraz aktualna, 10-bitowa wartość na wyjściu przetwornika*/
struct mcp4716_data {
    struct i2c_client *client;
    u16 dac_value;
};

/*struktura zawierająca dane dotyczące pojedynczego kanału przetwornika (typ obsługiwanej wartości, włączenie indeksowania kanałów,
typ kanału - wyjście, numer kanału, informacje specyficzne dla kanału - wartość wyjściowa)*/
static const struct iio_chan_spec mcp4716_channel = {
    .type = IIO_VOLTAGE,
    .indexed = 1,
    .output = 1,
    .channel = 0,
    .info_mask_separate = BIT(IIO_CHAN_INFO_RAW),
};

/*funkcja wysyłająca przez i2c nową wartość wyjściową przetwornika (według specyfikacji mcp4716, 10-bitowa wartość musi być podczas
transmisji przesunięta o dwa bity w lewo)*/
static int mcp4716_set_value(struct iio_dev *indio_dev, int val)
{
    struct mcp4716_data *data = iio_priv(indio_dev);
    u8 outbuf[2];
    int ret;

    if (val >= (1 << 10) || val < 0) return -EINVAL;
    val <<= 2;
    outbuf[0] = (val >> 6) & 0xf;
    outbuf[1] = val & 0xfc;
    ret = i2c_master_send(data->client, outbuf, 2);
    if (ret < 0)
        return ret;
    else if (ret != 2)
        return -EIO;
    else
        return 0;
}

/*funkcja obsługująca odczyt aktualnej wartości wyjściowej przetwornika (jest ona zapisywana w sterowniku po każdym zapisie, dlatego
nie ma potrzeby odczytywania jej przez i2c)*/
static int mcp4716_read_raw(struct iio_dev *indio_dev,
    struct iio_chan_spec const *chan,
    int *val, int *val2, long mask)
{
    struct mcp4716_data *data = iio_priv(indio_dev);

    switch (mask) {
        case IIO_CHAN_INFO_RAW:
            *val = data->dac_value;
            return IIO_VAL_INT;
    }
    return -EINVAL;
}

/*funkcja obsługująca zapis nowej wartości wyjściowej przetwornika*/
static int mcp4716_write_raw(struct iio_dev *indio_dev,
    struct iio_chan_spec const *chan,
    int val, int val2, long mask)
{
    struct mcp4716_data *data = iio_priv(indio_dev);
    int ret;
    switch (mask) {
        case IIO_CHAN_INFO_RAW:
            ret = mcp4716_set_value(indio_dev, val);
            data->dac_value = val;
            break;
        default:
            ret = -EINVAL;
            break;
    }
    return ret;
}

/*struktura definiująca funkcjonalność sterownika (odczyt i zapis surowych danych)*/
static const struct iio_info mcp4716_info = {
    Listing 1. cd.
```



```

.read_raw = mcp4716_read_raw,
.write_raw = mcp4716_write_raw,
.driver_module = THIS_MODULE,
};

/*funkcja rejestrująca sterownik w jądrze i odczytująca początkową wartość na wyjściu przetwornika*/
static int mcp4716_probe(struct i2c_client *client,
                        const struct i2c_device_id *id)
{
    struct mcp4716_data *data;
    struct iio_dev *iio_dev;
    u8 inbuf[3];
    int err;

    iio_dev = iio_device_alloc(sizeof(*data));
    if (iio_dev == NULL) {
        err = -ENOMEM;
        goto exit;
    }
    data = iio_priv(iio_dev);
    i2c_set_clientdata(client, iio_dev);
    data->client = client;
    iio_dev->dev.parent = &client->dev;
    iio_dev->name = id->name;
    iio_dev->info = &mcp4716_info;
    iio_dev->channels = &mcp4716_channel;
    iio_dev->num_channels = 1;
    iio_dev->modes = IIO_DIRECT_MODE;
    /* read current DAC value */
    err = i2c_master_recv(client, inbuf, 3);
    if (err < 0) {
        dev_err(&client->dev, "failed to read DAC value");
        goto exit_free_device;
    }
    data->dac_value = (inbuf[1] << 2) | (inbuf[2] >> 6);
    err = iio_device_register(iio_dev);
    if (err) goto exit_free_device;
    dev_info(&client->dev, "MCP4716 DAC registered\n");
    return 0;
exit_free_device:
    iio_device_free(iio_dev);
exit:
    return err;
}

/*funkcja usuwająca sterownik i zwalnająca jego zasoby*/
static int mcp4716_remove(struct i2c_client *client)
{
    struct iio_dev *iio_dev = i2c_get_clientdata(client);
    iio_device_unregister(iio_dev);
    iio_device_free(iio_dev);
    return 0;
}

/*struktura zawierająca nazwy wszystkich urządzeń sterownika podłączanych do magistrali i2c (w tym przypadku jest to tylko jeden
przetwornik)*/
static const struct i2c_device_id mcp4716_id[] = {
    { "mcp4716", 0 },
    {}
};

/*makro tworzące nazwę modułu używaną przez jądro*/
MODULE_DEVICE_TABLE(i2c, mcp4716_id);

/*struktura reprezentująca sterownik urządzenia podłączonego do magistrali i2c i zawierająca wskaźniki do funkcji rejestrującej i usu-
wającej sterownik oraz jego nazwę*/
static struct i2c_driver mcp4716_driver = {
    .driver = {
        .name = MCP4716_DRV_NAME,
    },
    .probe = mcp4716_probe,
    .remove = mcp4716_remove,
    .id_table = mcp4716_id,
};

/*makro pomocnicze do rejestracji sterownika przez jądro*/
module_i2c_driver(mcp4716_driver);

```

wsparcia dla tych urządzeń, ale możemy napisać dla nich sterowniki wzorując się na podobnych, znajdujących się w źródłach Linuksa. Do rozpoczęcia pracy potrzebujemy odpowiednich narzędzi do kompilowania oraz repozytorium ze źródłami.

**KOMPILATOR I KOD JĄDRA.** Zestaw narzędzi potrzebnych do skompilowania jądra (tzw. toolchain) znajdziemy na stronie <https://goo.gl/HVdBiQ>. Po rozpakowaniu archiwum narzędzia są gotowe do użycia. Warto jednak dodać katalog gcc-linaro-arm-linux-gnueabi-4.7-2013.04-20130415\_linux/bin do zmiennej środowiskowej PATH (np. w pliku .bashrc w katalogu domowym), aby programy były dostępne z każdego miejsca w systemie, bez potrzeby podawania pełnej ścieżki.

Do pracy z jądrem Linuksa najwygodniej jest użyć systemu kontroli wersji git. Umożliwia on pobranie źródeł i ułatwia proces wprowadzania zmian. Wersję źródeł dla Odroida pobierzemy poleceniem `git clone --depth 1 https://goo.gl/EtRpGa`. Po jego wywołaniu na dysku lokalnym zostanie utworzona kopia repozytorium, na której możemy wykonywać i zapisywać dowolne zmiany. Katalog główny repozytorium możemy rozpoznać po mieszczącym się w nim ukrytym katalogu .git. Możemy go zobaczyć wywołując polecenie `ls -al` w konsoli. To

w nim znajduje się cała historia zmian i wersji projektu. Aby ściągnąć najnowsze zmiany z serwera wystarczy wywołać w katalogu repozytorium `git pull`. Polecenie to powoduje ściągnięcie wszystkich zmian z serwera w stosunku do naszej lokalnej kopii. Operacja z pewnością się powiedzie o ile nie dokonaliśmy w międzyczasie żadnych zmian. W przeciwnym razie, w pierwszej kolejności musimy zapisać własne zmiany. Pomocne przy tym będą cztery polecenia:

```

git status
git add <nazwa pliku>
git commit
git stash

```

Pierwsze polecenie pokazuje aktualny stan repozytorium. Po jego wywołaniu dowiemy się, które pliki zostały dodane lub zmienione. W pierwszym przypadku musimy wydać kolejne z poleceń służące dodawaniu plików do repozytorium. Należy o tym pamiętać, ponieważ pliki utworzone w katalogu głównym, lub podkatalogach repozytorium nie są dodawane automatycznie do kontroli wersji. Jeżeli sami o to nie zadamy, możemy utracić zmiany, np. po przypadkowym usunięciu pliku.



Trzecie polecenie z powyższej listy wprowadza zmiany do repozytorium, w tym także pliki dodane poleceniem `git add`. Po wywołaniu jesteśmy proszeni o podanie komentarza. Warto zadbać o to, aby komentarze krótko, ale wyczerpująco opisywały wprowadzone zmiany, gdyż potem ułatwia to przeglądanie repozytorium i przywracanie poprzednich wersji plików.

Nie zawsze jednak chcemy, żeby nasze zmiany trafiły do repozytorium. Może się to zdarzyć, gdy ciągle pracujemy nad kodem źródłowym, ale nie jest on jeszcze gotowy. W tej sytuacji pomoże nam ostatnie z poleceń: `git stash`. Umożliwia ono bezpieczne zachowanie wszelkich dokonanych zmian, ale bez zapisywania ich w repozytorium. Dzięki temu możemy ściągnąć nową wersję projektu z serwera, a następnie przywrócić swoją pracę poleceniem `git stash apply`.

**STEROWNIK MCP4716.** Mając aktualne źródła Linuxa możemy rozpocząć pracę nad sterownikami. Przetworniki A/C i C/A, oraz wszelkiego rodzaju sensory, takie jak czujniki temperatury, akcelerometry itp. działają w ramach podsystemu `iio` (Industrial Input Output) [2]. Dzięki temu, urządzenia te, podłączone za pośrednictwem I<sup>2</sup>C lub SPI mają wspólny interfejs ułatwiający pisanie programów korzystających z ich sterowników.

Sterownik układu MCP4716 najłatwiej utworzyć korzystając z istniejącego sterownika MCP4725. Układy te różnią się rozdzielczością (MCP4716 ma 10 bitów, natomiast MCP4725 – 12 bitów) oraz obecnością pamięci EEPROM w drugim z nich. Zaczynamy więc od utworzenia nowego pliku w katalogu ze źródłami Linuxa: `./drivers/iio/dac/mcp4716.c` i skopiowaniu do niego zawartości pliku `./drivers/iio/dac/mcp4725.c`. Na potrzeby przykładu można pozostawić tylko podstawowe funkcje sterownika, a mianowicie zapis i odczyt wartości na wyjściu przetwornika. W ostatecznej wersji pliku powinny znaleźć się struktury i funkcje pokazane na **listingu 1**. Kod źródłowy sterownika można pobrać z repozytorium poleceniem `git clone https://goo.gl/Nk51xr`.

Aby sterownik mógł zostać skompilowany z całym jądrem należy jeszcze dokonać zmian w pliku `./drivers/iio/dac/Makefile`, dopisując na końcu `obj-$(CONFIG_MCP4716) += mcp4716.o` oraz dodając opis przygotowanego sterownika w pliku `./drivers/iio/dac/Kconfig`:

```
config MCP4716
    tristate „MCP4716 DAC driver”
    depends on I2C
    ---help---
    Say Y here if you want to build a driver for
    the Microchip
    MCP 4716 10-bit digital-to-analog converter
    (DAC) with I2C
    interface.
    To compile this driver as a module, choose M
    here: the module
    will be called mcp4716.
```

Ostatnią zmianą jest dodanie przetwornika do drzewa urządzeń wczytywanego przez jądro i znajdującego się w pliku `./arch/arm/boot/dts/meson8b_odroidc.dts`. W tym celu należy dopisać informację o nowym urządzeniu w sekcji magistrali I2C-A:

```
i2c@c1108500{ /*I2C-A*/
    compatible = „amlogic,aml_i2c”;
    dev_name = „i2c-A”;
    status = „ok”;
    reg = <0xc1108500 0x20>;
    device_id = <1>;
    pinctrl-names=„default”;
    pinctrl-0=<&a_i2c_master>;
    #address-cells = <1>;
    #size-cells = <0>;
    use_pio = <0>;
    master_i2c_speed = <100000>;
```

```
mcp4716@60{
    compatible = „microchip,mcp4716”;
    reg = <0x60>;
};
```

**KOMPILOWANIE JĄDRA.** Z uwagi na to, że dodany sterownik ma znaleźć się bezpośrednio w jądrze, należy je teraz skonfigurować i skompilować. Pierwszym krokiem jest przygotowanie konfiguracji korzystając z domyślnych ustawień `make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- odroidc_defconfig`. Polecenie to możemy wywołać, jeżeli ścieżka do kompilatora znajduje się w zmiennych środowiskowych. Generuje ono plik `.config` w katalogu ze źródłami jądra, zawierający domyślną konfigurację jądra dla Odroida. Aby dostosować ją do własnych potrzeb można skorzystać z polecenia `make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- menuconfig` umożliwiającego zmianę konfiguracji poprzez wygodny interfejs graficzny (**rysunek 2**). Komponenty mogą zostać dołączone do jądra (za pomocą klawisza „Y”), lub skompilowane jako moduły (za pomocą klawisza „M”). W tym przykładzie wszystko zostanie skompilowane razem z jądrem. Należy więc znaleźć i dodać następujące komponenty:

```
Device Drivers > Amlogic Device Drivers > I2C
Hardware Bus support > Amlogic I2C Driver
Device Drivers > Industrial I/O support
Device Drivers > Industrial I/O support > Digital
to analog converters > MCP4716 DAC driver
```

Po wyjściu z narzędzia `menuconfig` i zapisaniu zmian można przystąpić do kompilowania jądra wydając polecenie `make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- j4`. Parametr „j” umożliwia równoległą kompilację na kilku rdzeniach procesora. Po zakończeniu kompilacji jądra należy jeszcze przygotować potrzebne moduły:

```
make ARCH=arm
CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- modules
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf-
INSTALL_MOD_PATH=./modules modules_install
```

Pierwsze polecenie kompiluje moduły, natomiast drugie kopiuje je do wskazanego katalogu. Pozostało już tylko przygotować obraz jądra (może być konieczne zainstalowanie pakietu `u-boot-tools`) i drzewo urządzeń dla bootloadera:

```
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- uImage
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-hf- dtbs
```

Zbudowane komponenty należy skopiować na kartę pamięci. Na partycję `BOOT` muszą trafić obraz jądra (`./arch/arm/boot/uImage`) i drzewo urządzeń (`./arch/arm/boot/dts/meson8b_odroidc.dtb`), natomiast katalog z modułami należy skopiować na partycję z plikami systemowymi do katalogu `lib`.

Teraz można uruchomić system i sprawdzić działanie sterownika. W katalogu `/sys/bus/iio/devices` powinno znajdować się nowe urządzenie reprezentujące omawiany przetwornik, co można sprawdzić w pliku `/sys/bus/iio/devices/iio:device0/name`. Najważniejszym plikiem w podkatalogu urządzenia jest natomiast `/sys/bus/iio/devices/iio:device0/out_voltage0_raw`, do którego możemy wpisywać lub odczytywać 10-bitowe wartości wyjściowe przetwornika.

Krzysztof Chojnowski

#### Literatura:

<https://goo.gl/DedF00>  
<https://goo.gl/bLNzvk>  
<https://goo.gl/exmP06>  
<https://goo.gl/XzUaUS>  
<https://goo.gl/Rx6K4i>  
<https://goo.gl/ugeYpH>  
<https://goo.gl/mfHn27>  
<https://goo.gl/sBQvM5>



# PRENUMERUJ za darmo lub półdarmo

Ceny prenumerat standardowych:

prenumerata roczna  
1 wydanie gratis  
176 zł

prenumerata dwuletnia  
8 wydań gratis  
256 zł

e-prenumerata roczna  
zniżka 15%  
66,30 zł

e-prenumerata dwuletnia  
zniżka 30%  
109,20 zł

prenumerata łączona: prenumerata papierowa  
(startowa, standardowa lub ze zniżką lojalnościową)  
+ równoległa e-prenumerata EP ze zniżką 80%

- roczną e-prenumerata równoległą 15,60 zł
- dwuletnia e-prenumerata równoległą 31,20 zł

3 pierwsze numery

## za darmo

w rocznej prenumeracie startowej

Wpłać 144 zł: numery 2-4/2017 prześlemy Ci gratis, a jeśli zdecydujesz, że nie chcesz otrzymywać kolejnych wydań i poinformujesz nas o tym przed 15 kwietnia 2017, zwrócimy Ci całą wpłatę.

## do 50% zniżki

za lojalność

Prenumerujesz nieprzerwanie od minimum roku? Przedłużaj prenumeratę ze zniżką lojalnościową (po zalogowaniu na [www.avt.pl](http://www.avt.pl))

prenumerata	roczna	dwuletnia
standardowa	176 zł zniżka 8%	
	roku	256 zł zniżka 33%
	2 lat	144 zł zniżka 25%
	3 lat	224 zł zniżka 41%
	5 lat	192 zł zniżka 50%

ze zniżką  
lojalnościową –  
prenumerujesz  
nieprzerwanie od:

roku

2 lat

3 lat

5 lat



Prezent za zaprenumerowanie EP

Powiadom nas, co wybierasz (mail – [prenumerata@avt.pl](mailto:prenumerata@avt.pl),  
tel. – 22 257 84 22): koszulkę z logo EP czy  
płytę J.P. Wróblewskiego „Blues z drobiu” (2 CD)



Wykupiłeś prenumeratę EP?

- z każdym numerem swojej prenumeraty otrzymasz DVD Niezbędnik Elektronika
- masz prawo do rabatu do 50% na [www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl) i [www.UlubionyKiosk.pl](http://www.UlubionyKiosk.pl)
- pomyśl o Klubie AVT (jeśli prenumerujesz minimum 2 nasze magazyny, możesz co miesiąc otrzymywać bezpłatne czasopisma – szczegóły na [www.avt.pl/klub](http://www.avt.pl/klub) oraz [www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl) (zakładka Rabaty)

Jeśli zamawiasz prenumeratę EP po raz pierwszy lub jeśli zamówisz ją po zalogowaniu na [www.avt.pl](http://www.avt.pl), otrzymasz kody na bezpłatne e-wydania dowolnych naszych czasopism

	jeśli jesteś nowym Prenumeratorem	jeśli przedłużasz prenumeratę
krok 1	zamów prenumeratę EP na <a href="http://www.avt.pl">www.avt.pl</a>	zaloguj się na <a href="http://www.avt.pl">www.avt.pl</a>
krok 2	utworzymy Twoje konto Prenumeratora	przedłuż swoją prenumeratę
krok 3	po odnotowaniu wpłaty przyznamy Ci pulę kodów na darmowe e-wydania do wykorzystania na <a href="http://www.UlubionyKiosk.pl">www.UlubionyKiosk.pl</a> (kody będą dostępne po zalogowaniu na <a href="http://www.avt.pl">www.avt.pl</a> )	

Nie lubisz płacić wszystkiego  
na raz? Załóż „teczkę”  
na [www.UlubionyKiosk.pl/teczka](http://www.UlubionyKiosk.pl/teczka)  
lub zadysponuj stałe zlecenie  
bankowe na [www.avt.pl/szb](http://www.avt.pl/szb).

Prenumeratę zamówisz:

- na [www.avt.pl](http://www.avt.pl)
- mailowo – [prenumerata@avt.pl](mailto:prenumerata@avt.pl)
- telefonicznie – 22 257 84 22
- wpłacając na konto: AVT Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa,  
BGŻ BNP Paribas S.A. 97 1600 1068 0003 0103 0305 5153



Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35x20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.



#### Oferta specjalna:

- publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT
- rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski**, tel. 22 257 84 60, e-mail: [grzegorz.krzykawski@ep.com.pl](mailto:grzegorz.krzykawski@ep.com.pl).

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w formacie CDR (wersja do X8), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2015 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odrębnego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

[www.delta.poznan.pl](http://www.delta.poznan.pl)



► STH-10W-4K

**REFLEKTOR LED 10W SonneTech**  
Strumień świetlny: 800 lm  
Kąt świecenia: 120°  
Barwa światła: neutralna, 4000 ... 4500K  
Współczynnik mocy: 0.95  
Obudowa aluminiowa, klasa szczelności IP65  
Bardzo solidne wykonanie

Cena detaliczna brutto: **48 PLN**



► STH-20W-4K

**REFLEKTOR LED 20W SonneTech**  
Strumień świetlny: 2700 lm  
Kąt świecenia: 120°  
Barwa światła: neutralna, 4000 ... 4500K  
Współczynnik mocy: 0.95  
Obudowa aluminiowa, klasa szczelności IP65  
Bardzo solidne wykonanie

Cena detaliczna brutto: **119 PLN**



► STH-50W-4K

**REFLEKTOR LED 50W SonneTech**  
Strumień świetlny: 4500 lm  
Kąt świecenia: 120°  
Barwa światła: neutralna, 4000 ... 4500K  
Współczynnik mocy: 0.95  
Obudowa aluminiowa, klasa szczelności IP65  
Bardzo solidne wykonanie

Cena detaliczna brutto: **165 PLN**

DELTA-OPTI Monika Matysiak / NIP: 525-129-52-25 / 60-713 Poznań, ul. Graniczna 10  
T: (61) 866 71 48 / K: 607 60 11 66 / F: (61) 864 69 65 / E: [info@delta.poznan.pl](mailto:info@delta.poznan.pl)  
Poniedziałek-Piątek: 8.00 - 19.00 / Sobota: 8.00 - 14.00

Hurtownia elementów elektronicznych "AKSOTRONIK" zaprasza do swojego sklepu internetowego  
Zaloguj się i kupuj ON-LINE na naszej stronie:  
**WWW.AKSOTRONIK.COM.PL**

Bezpieczniki do mikrofalówki 0.7A, 0.9A 2,94 PLN  
Wtyk męski OBD2 5,88 PLN  
Płytki uniwersalne dwustronne z metalizacją otworów Cena od 0,90 PLN  
Zestawy kabli różne modele Cena od 0,42 PLN  
Adaptory z PLCC na DIL Cena od 10,49 PLN  
Enkodery różne modele z przyciskiem Cena od 1,73 PLN  
Galki do potencjometrów aluminiowe różne kolory Cena od 0,59 PLN  
Soczewki do power led 0,59 PLN  
Miernik temperatury LCD 6,71 PLN  
Uchwyt montażowy z podświetleniem led 16,78 PLN  
Kondensatory silnikowe CBB61 różne wartości Cena od 0,97 PLN  
Diody LED dużej mocy 1W, 3W, 5W, 10W, 30W Cena od 1,97 PLN

**Aksotronik**  
ELEMENTY ELEKTRONICZNE  
[WWW.AKSOTRONIK.COM.PL](http://WWW.AKSOTRONIK.COM.PL)

Uwaga!!! Powyższe ceny dotyczą zakupów minimalnych ilości hurtowych, poprzez nasz sklep internetowy.  
W swojej ofercie posiadamy mni: półprzewodniki (diody, układy scalone, tranzystory, triaki, elementy optoelektroniczne), elementy dystansowe, złącza, przełączniki, cyng, rezystory, kondensatory, kwarce, podstawki, elementy akustyczne.  
Zapraszamy do kontaktu: [INFO@aksotronik.com.pl](mailto:INFO@aksotronik.com.pl), tel: (22) 783-2051

**RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"**  
**www.obudowa.pl**  
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

**Frezarka cnc**  
Do prac mechanicznych w elektronice  
**Podzespoły:** Zrób sam  
mechaniczne, elektroniczne, oprogramowanie  
[www.pyffel.com.pl](http://www.pyffel.com.pl)  
Tel. (075) 732-47-00

**Kradex** ŚWIAT OBUDÓW ELEKTRONICZNYCH  
WIĘCEJ NA [www.kradex.com.pl](http://www.kradex.com.pl)

OBUDOWY UNIERSALNE | HERMETYCZNE | DO ZASILACZY | NA SZYNĘ DIN |  
PROTOTYPY 3D | PROJEKTOWANIE | WYKONYWANIE FORM WTRYSKOWYCH |  
MALOWANIE | FREZOWANIE | NADRUKI NA OBUDOWACH |

**AVT 5363** Termostat z regulowaną pętlą histerezy

Termostat przyda się wszędzie tam, gdzie jest niezbędne utrzymywanie stałej temperatury: w pokoju, magazynie, akwarium z rybkami itd.

- zakres regulacji temperatury: 5...50°C,
- skok regulacji: 1°C,
- histereza regulacji: ±5°C,
- skok histerezy regulacji: 1°C

[HTTP://SKLEP.AVT.PL](http://sklep.avt.pl)

**AVT-1007** REGULATOR OBROTÓW SILNIKA ELEKTRYCZNEGO  
[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

HOBBYMAGAZINES.ORG



# Nie przegap!

interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie



[www.elportal.pl](http://www.elportal.pl)

A może masz pomysł na ciekawy artykuł lub projekt? Skonstruowałeś urządzenie, które jest godne zaprezentowania szerszej publiczności? Możesz napisać artykuł edukacyjny? Chcesz podzielić się doświadczeniem?

W takim razie zapraszamy do współpracy na łamach Elektroniki dla Wszystkich. Kontakt: [edw@elportal.pl](mailto:edw@elportal.pl).

Czytelnik EP ma prawo do **rabatu 30%** na aktualny numer miesięcznika Elektronika dla Wszystkich:

1. Wejść na [www.UlubionyKiosk.pl](http://www.UlubionyKiosk.pl)
2. Dodaj do koszyka aktualne wydanie Elektroniki Praktycznej w wersji papierowej
3. W formularzu zamówienia wybierz opcję Posiadam kod rabatowy i wpisz kod: **EP112016WT**

## W styczniowym wydaniu Elektroniki dla Wszystkich między innymi:

Prostownik synchroniczny ze sterowaniem magnetycznym

Projekt, jakiego jeszcze w EdW nie było: wykorzystaj mało dziś znane, a bardzo interesujące wzmacniacze magnetyczne do realizacji prostownika o wyjątkowo dużej sprawności, czyli małych stratach ciepłych.

### Piorunoskop

Urządzenie o intrygującym wyglądzie i działaniu, które powstało przy okazji realizacji ćwiczeń Radiowego Poligonu. Czy i Ty zrealizujesz ten zaskakująco prosty układ i czy zostaniesz łowcą burz?

### Język C

W ramach kursu języka C zajmujemy się głównie sterowaniem wyświetlacza LCD. Natomiast w cyklu „Wokół języka C” praktyk przedstawia argumenty w artykule: Czy warto poznać „trudny” język C?

### Przetwornice indukcyjne

Wielu elektroników wręcz boi się wszelkich cewek i przetwornic indukcyjnych. Aby w przystępny sposób poznać tę interesującą dziedzinę, zapoznajemy się z indukcyjnością w oparciu o znajomy i popularny element, jakim jest mały transformator sieciowy. Dokładność pomiaru temperatury

Wielu elektroników ma nierealistyczne wyobrażenia dotyczące precyzyjnych pomiarów temperatury za pomocą popularnych czujników. Poznaj fakty, ograniczenia i możliwości.

### Ponadto w numerze:

- Automatyczny przełącznik filtrów w.c.z.
- Sterownik miniwiertarki modelarskiej
- AVT Front Panel, czyli do czego jeszcze można wykorzystać laminat
- Wiertarka do płytek drukowanych
- „Żarówka” LED, część 1
- Regulatory fazowe, część 1
- Szkoła Konstruktorów – Elektroniczny układ zegara lub termometru
- Szkoła Konstruktorów – Zaproponuj układ, przyrząd elektroniczny lub sposób związany z elektroniką, mający na celu oszczędzanie energii

## FIRMA PIEKARZ CZĘŚCI ELEKTRONICZNE



P3698



SSR

Poszerzamy ofertę radiatorów o nowe profile, prowadzimy pomiary rezystancji termicznej oferowanych odcinków.

P3698	L=100mm	2,13K/W
P52317	L=100mm	1,42K/W
C26260	L=150mm	<0,59K/W
C30545	L=150mm	0,72K/W
A4291	L=100mm	1,13K/W
A5724	L=100mm	1,41K/W
A4240	L=100mm	2,47K/W
A5723	L=100mm	1,95K/W
SSR	110x100x60mm	0,91K/W

Firma Piekarz Sp. J.  
ul. Wólczyńska 206  
01-919 Warszawa  
[www.piekarz.pl](http://www.piekarz.pl)

tel.: 22-835-50-37  
tel.: 22-835-50-41  
fax: 22-213-92-82  
[sprzedaz@piekarz.pl](mailto:sprzedaz@piekarz.pl)

## ELPIN & PCB S.C.

### OBWODY DRUKOWANE • SZABLONY SMD

OBWODY JEDNOSTRONNE I DWUSTRONNE  
Z METALIZACJĄ OTWORÓW  
PROJEKTY I DOKUMENTACJE OBWODÓW DRUKOWANYCH

KRÓTKIE TERMINY • WYKONANIA SUPER EXPRESOWE  
DOWOLNE SERIE – RÓWNIEŻ PROTOTYPY

### CENY PŁYTEK DRUKOWANYCH

#### IŁOŚCI PROTOTYPOWE:

JEDNOSTRONNE – 14,00 zł/dm<sup>2</sup> • DWUSTRONNE – 15,50 zł/dm<sup>2</sup>

#### SERIE PRODUKCYJNE:

JEDNOSTRONNE – 2,30 zł/dm<sup>2</sup> • DWUSTRONNE – 6,20 zł/dm<sup>2</sup>

Biuro: 02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 22  
Zakład produkcyjny: 05-200 Wołomin, ul. Legionów 115  
tel. 0601 248 144, tel./faks 022 843 17 68, 847 48 29  
[www.elpinpcb.com.pl](http://www.elpinpcb.com.pl) e-mail: [biuro@elpinpcb.com.pl](mailto:biuro@elpinpcb.com.pl)



## Promocja 1+1=3

Wydawnictwo AVT wydaje 3 czasopisma dla elektroników:

- Elektronika Praktyczna (EP)
- Elektronika dla Wszystkich (EdW)
- Elektronik (EL)

Przenumerując dwa pierwsze czasopisma – Elektronikę Praktyczną i Elektronikę dla Wszystkich, masz prawo do **bezpłatnej prenumeraty** trzeciego – miesięcznika Elektronik. Bezpłatną prenumeratę na tych warunkach zamówisz na [www.avt.pl](http://www.avt.pl)



## OBWODY DRUKOWANE

jednostronne, dwustronne z metalizacją obwody na podłożu aluminium

- dokumentacja technologiczna
- dokumentacja konstrukcyjna
- testowanie elektryczne
- pokrycie Sn lub SnPb
- trawione szablony SMD

### KRÓTKIE TERMINY

Wykonania super expresowe

SERIE DOWOLNE  
– również prototypy

ELMAX Sp. j. (22) 781.63.95  
05-091 Żąbki ul. J. Bema 8

[www.elmax.waw.pl](http://www.elmax.waw.pl)  
[elmax@elmax.waw.pl](mailto:elmax@elmax.waw.pl)



## Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze Elektroniki Praktycznej

Reklamy stron internetowych na str. 8

AKSOTRONIK.....	104
ARMEL .....	104
BORNICO .....	6
COMPUTER CONTROKS.....	9
CONRAD ELECTRONIC .....	2, 72
DELTA-OPTI .....	104
ELMARK.....	12
ELMAX.....	105
ELPIN .....	105
FERYSTER.....	8
FINDER.....	54, 55
GAMMA .....	8
KRADEX.....	104
MICRO CHIP ELEKTRONIC .....	15
PANASONIC ELECTRIC WORKS.....	56
PIEKARZ.....	8
PYFFEL.....	104
QWERTY.....	10
REICHELT ELEKTRONIK.....	7
RELPOL .....	52, 53
RENEX.....	8
RK-SYSTEM.....	13
ROHDE SCHWARZ .....	108
RS COMPONENTS .....	11
ST MICROELECTRONICS .....	5, 25, 33, 35, 39



## Sterownik kontrolowany za pomocą Androida

Za miesiąc opis urządzenia, w którym w roli interfejsu użytkownika zastosowano telefon z systemem Android. Dodatkowo, można go kontrolować za pomocą SMS, co pozwala na wykonanie kontrolowanego zdalnie sterownika/włącznika.

## Płytkę ewaluacyjną SDR z STM32

W lutowym wydaniu EP płytka ewaluacyjna, której pierwotnym przeznaczeniem było przetwarzanie sygnałów IQ z radia programowego SDR, jednak z powodzeniem może ona być używana również do innych celów. Na przykład, dobre przetworniki A/C i C/A umożliwią zastosowania audio, mostek PHY pozwoli na komunikacji w sieci Ethernet, a wyświetlacz TFT LCD (320×240 pikseli) umożliwia wykonanie atrakcyjnego interfejsu użytkownika.

## Dwumodułowy generator DDS 1 Hz...40 MHz z wobulatorem

W kolejnym wydaniu EP projekt przyrządu, który przyda się w warsztacie każdego elektronika. Jego atutami są: szeroki zakres generowanej częstotliwości, wbudowana funkcja wobuladora oraz możliwość alternatywnego wykorzystania jednego z dwóch typów dostępnych na rynku modułów generatorów DDS z chipem AD9850.

## Energooszczędny zegar ON/OFF

W lutowej EP projekt zegara, który wyróżnia się bardzo małym poborem prądu, co pozwala na zasilanie go z baterii przez wiele miesięcy. Ma jedno wyjście, którego godzina załączenia oraz wyłączenia może być dowolnie ustalana przez użytkownika.

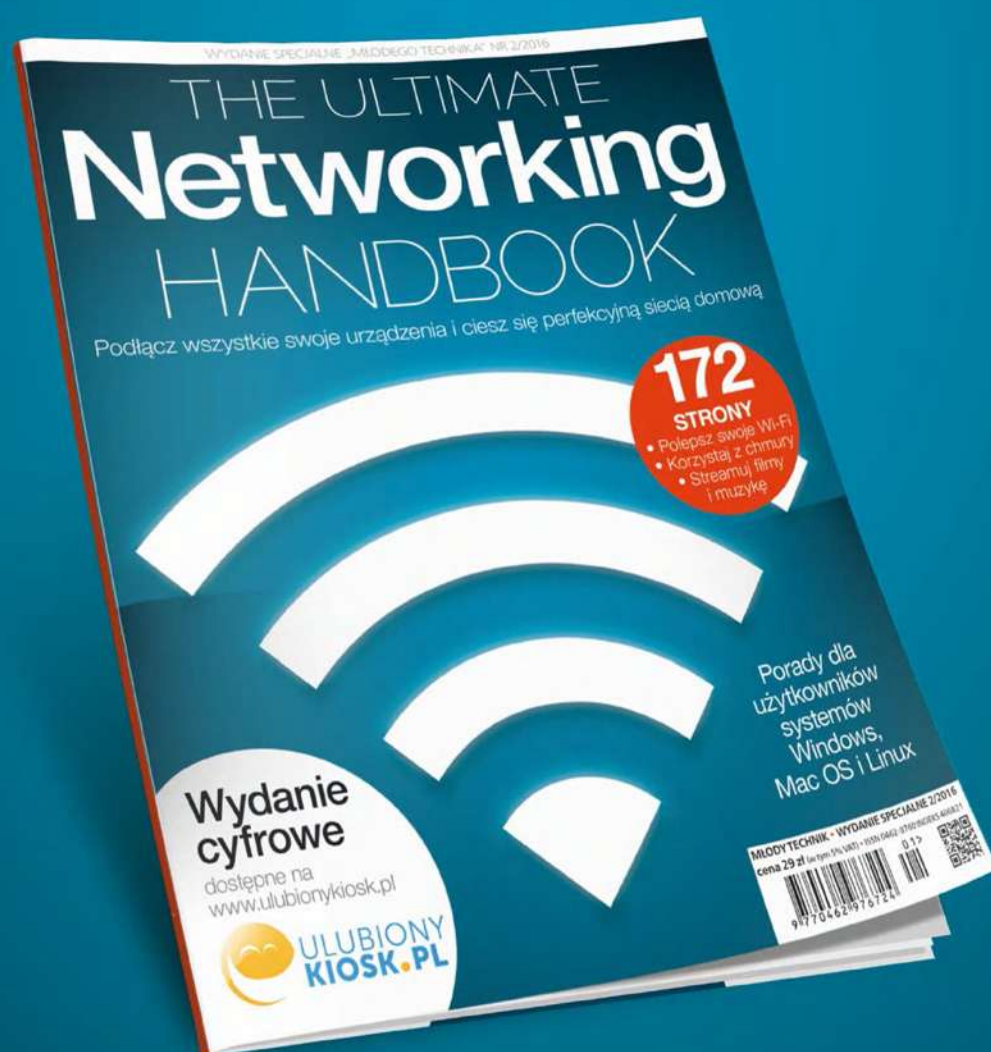
## Mikser Dry/Wet

W następnym wydaniu EP mikser, który będzie kolejnym analogowym elementem toru „domowego studia”. Umożliwia on miksowanie sumacyjne sygnału surowego – przed obróbką „DRY” i obrobionego „WET” w celu uzyskania dodatkowych efektów. Układ stosowany jest najczęściej w przypadku realizacji kompresji równoległej trybu „New York”.



Lubisz projekty dotyczące Internetu i sieci komputerowych?  
Znajdziesz ich więcej w najnowszym,  
polskojęzycznym wydaniu

# THE ULTIMATE Networking HANDBOOK



PRZEJRZYSZ I KUPISZ NA [WWW.ULUBIONYKIOSK.PL](http://WWW.ULUBIONYKIOSK.PL)



# Od 50 MHz do 4 GHz: Ekspertci wybierają oscylloskopy Rohde & Schwarz.



Ekstremalnie szybka praca, łatwość użycia, precyzyjne pomiary  
– Oscylloskopy Rohde & Schwarz.

**R&S®RT02000:** Analizuj szybciej. Zobacz więcej. (Pasma 600 MHz do 4 GHz)

**R&S®RTE:** Po prostu większe możliwości. (Pasma: 200 MHz do 2 GHz)

**R&S®RTM2000:** Włącz i mierz! (Pasma 200 MHz do 1GHz)

**R&S®HMO3000:** Twój oscylloskop na co dzień. (Pasma 300 MHz do 500MHz)

**R&S®HMO Compact:** Kompaktość i jakość. (Pasma: 70MHz do 200MHz)

**R&S®HMO 1002:** Edukacja na start. (Pasma: 50MHz do 100MHz)

**R&S®Scope Rider:** Izolowane galwanicznie kanały! (Pasma: 60MHz do 500MHz)

Wszystkie oscylloskopy Rohde & Schwarz oferują analizę sygnałów Real-time,  
analizę protokołów oraz analizę widma w jednym przyrządzie.

Sprawdź nas: [www.scope-of-the-art.com/ad/all](http://www.scope-of-the-art.com/ad/all)



**Rohde & Schwarz  
österreich GesmbH**

**Przedstawicielstwo w Polsce**  
**Al. Jerozolimskie 92**  
**00-807 Warszawa**  
**Tel.: +48 22 337 64 90**  
**Fax: +48 22 465 29 65**

**email: [rs-poland@rohde-schwarz.com](mailto:rs-poland@rohde-schwarz.com)**

  
**ROHDE & SCHWARZ**