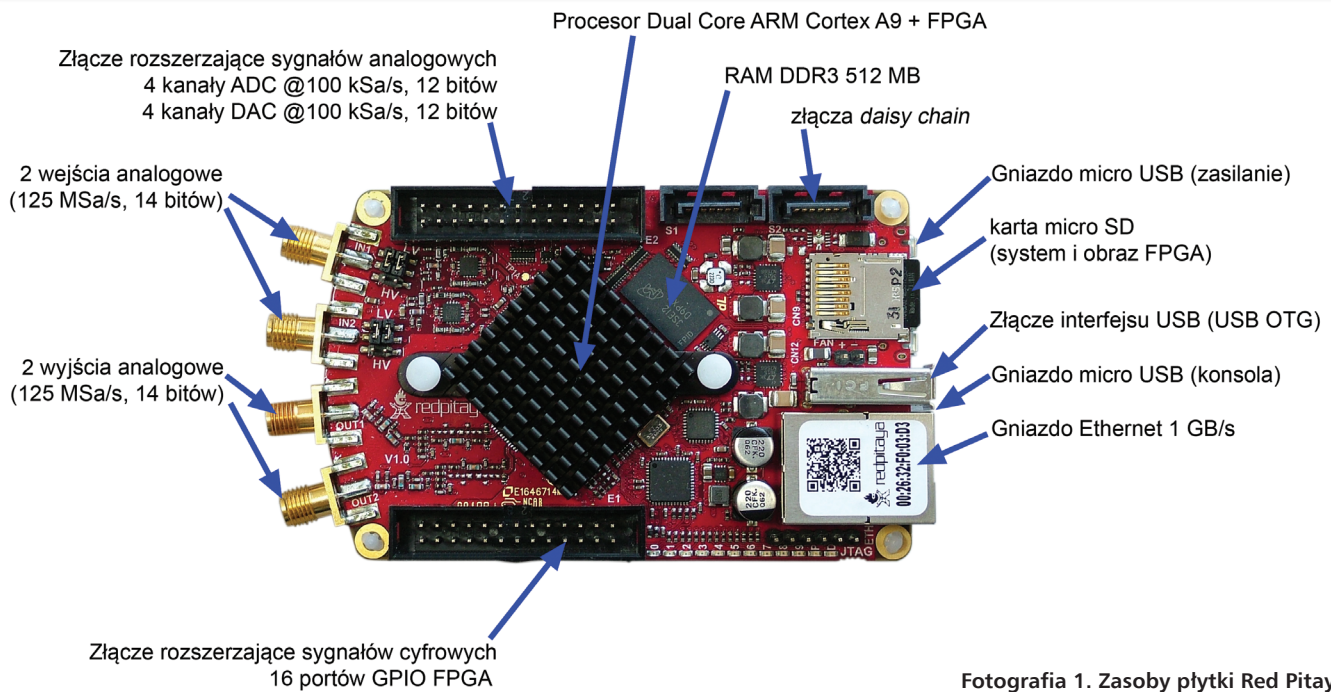


Redakcja Elektroniki Praktycznej dziękuje firmie RS Components za udostępnienie otwartej platformy sterująco-pomiarowej Redy Pitaya do testów.



Fotografia 1. Zasoby płytki Red Pitaya

# Red Pitaya – otwarte narzędzie sterująco-pomiarowe

*W elektronice najwyraźniej zapanowała moda na owoce. Mamy już osiągnący szczyty popularności malinowy komputer, teraz przyszła kolej na egzotyczną pitaję. Owoc ten od dzisiaj równie dobrze będzie kojarzył się z niewielką, mieszczącą się na dłoni płytką, którą podobnie jak Raspberry Pi można zakwalifikować do uniwersalnych urządzeń o budowie open source. Czy osiągnie podobne uznanie użytkowników?*

Red Pitaya – uniwersalne urządzenie pomiarowe i sterujące. Z domyślną aplikacją pełni funkcję oscyloskopu bez obudowy. Na płytce o wymiarach 95 mm×60 mm (107 mm×60 mm×21 mm z uwzględnieniem wszystkich elementów) mieści się cała elektronika tego niezwykłego urządzenia (fotografia 1). Red Pitaya to nie tylko fizyczne urządzenie, które można położyć na biurku, to przede wszystkim złożony projekt, przy którym pracują setki inżynierów z całego świata. Bo choć płytkę Red Pitaya z niezbędnymi do pracy akcesoriami nabywa się drogą kupna, to rola nabywcy może być rozszerzana ze zwykłego użytkownika do współtwórcy wyrobu. Przyjęcie koncepcji *Open Source* dla projektu drastycznie obniża koszt samego urządzenia, zbliża go do potrzeb użytkownika, choć odbija się też pewnymi niedoskonałościami wyrobu.

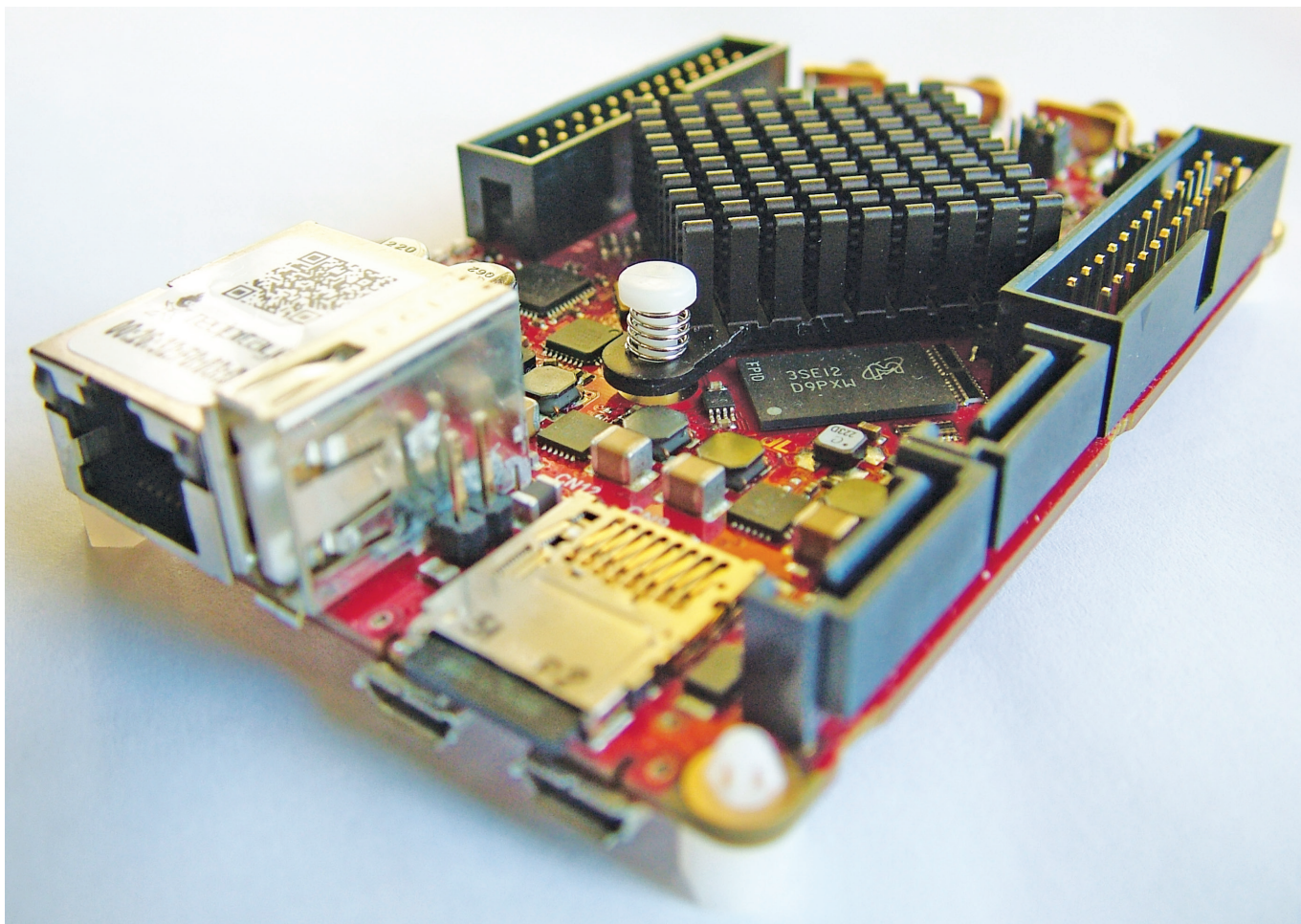
## Co można zmieścić na małej płytce?

Pewnie niewielu Czytelników pamięta jeszcze stare oscyloskopy cyfrowe, które zajmowały pół biurka, z powodzeniem zastępowały kaloryfery ogrzewające pomieszczenie, miały mnóstwo trudnych do ogarnięcia przełączników. Dzisiaj na niewielkiej płytce Red Pitaya mieści się 2-kanalowy oscyloskop, 2-kanalowy generator funkcyjny/arbitralny, interfejsy: Ethernet USB, SPI, UART, I<sup>2</sup>C. Całością zarządza układ FPGA z 2-rdzeniowym procesorem ARM Cortex A9 wspomagany procesorem DSP. Procesor korzysta z 512-megabajtowej pamięci DDR3 SDRAM. Oprogramowanie urządzenia jest zapisywane na karcie microSD o maksymalnej pojemności 32 GB. Na płytce zamontowano dwa 26-pinowe złącza IDC z wyprowadzonymi portami procesora, li-

niami interfejsów komunikacyjnych i przetworników A/C i C/A. Są też dwa złącza *daisy chain*. Dołączenie typowych oscyloskopowych sond pomiarowych z końcówkami BNC wymaga stosowania specjalnych przejściówek, na płytce zamontowano bowiem złącza SMA. Przejściówki takie znajdują się w zestawie wraz z sondami. Układ jest zasilany zewnętrznym wtyczkowym zasilaczem sieciowym znajdującym się w komplecie. Warto też zastanowić się nad zakupem małego wentylatora chłodzącego procesor, gdyż jego temperatura mimo zastosowanego radiatora jest w czasie pracy dość znaczna.

## Komponenty nabywane na bazarze

Oprogramowanie urządzenia Red Pitaya może być rozszerzane o nowe, pojawiające się co pewien czas aplikacje użytkowe. Są one dostępne na specjalnie wydzielonej stronie <http://bazaar.redpitaya.com>. Aby aplikacje takie pobrać, trzeba jednak mieć status współpracownika (współtwórcy projektu). Nazwa bazar jest więc nieco myląca, nikt tu nie wyklada pieniędzy na straganach, nikt nie targuje się o cenę, a jedynym kosztem jest odrobina własnego wkładu pra-



cy w rozwój wyrobu. Należy jednak uspokoić użytkowników, którzy nie mają chęci lub możliwości dołączenia do projektu, a decydują się na zakup np. ze względu na 3 domyślne aplikacje: oscyloskop, analizator widma, oscyloskop + generator funkcyjny/arbitralny. W chwili pisania artykułu na bazarowych straganach były też dostępne:

- oscyloskop z procedurą kalibracji offsetu DC i funkcją śledzenia,
- kalibrowany, 2-kanalowy oscyloskop/generator z 2-kanalową wizualizacją sygnału w dziedzinie czasu,
- wersja testowa 2-kanalowego analizatora widma,
- narzędzia do projektów LTI DSP, czyli Red Pitaya jako symulator urządzeń cyfrowych,
- analizator charakterystyk przejściowych ( $U_{wy}/U_{we}=f(f)$ ),
- sterownik PID + oscyloskop.

Red Pitaya jest więc produktem przeznaczonym dla inżynierów i konstruktorów, którzy z pasją wykonują swój zawód. System ten pozwala realizować własne, nawet skomplikowane projekty. Dlatego chętnie jest wykorzystywany w różnych biurach i pracowniach konstrukcyjnych, umożliwia łączenie funkcji pomiarowych i sterujących. Na uwagę zasługuje niemała już społeczność Red Pitaya, która poprzez

Tabela 1. Najważniejsze parametry techniczne oscyloskopu Red Pitaya

Liczba kanałów pomiarowych	2
Pasma analogowe	50 MHz (−3 dB)
Szybkość próbkowania	150 MSa/s
Rozdzielczość przetwarzania	14 bitów
Impedancja wejściowa	1 MΩ    10 pF
Napięciowe zakresy pomiarowe	2 V <sub>pp</sub> lub 46 V <sub>pp</sub>
Błąd offsetu DC	<5% FS
Maksymalne napięcie wejściowe	30 V
Zasilanie	5 V/2 A przez złącze micro USB
Typowy pobór prądu	<0,9 A @5 V

forum dyskusyjne może rozwijać sam produkt, a także dyskutować o jego zastosowaniach i możliwościach adaptacji istniejących już rozwiązań do własnych potrzeb.

### Red Pitaya jako oscyloskop

Podstawową aplikacją Red Pitaya jest 2-kanalowy oscyloskop cyfrowy, którego najważniejsze parametry techniczne zestawiono w tabeli 1. Pewne zdziwienie może w pierwszej chwili wzbudzać dość nietypowa obsługa aplikacji, dla Red Pitaya przyjęto bowiem koncepcję wykorzystywaną do tego celu przeglądarki internetowej. Ma to oczywiście swoje zalety, ale też wady. Niewątpliwą zaletą jest możliwość uruchamiania aplikacji użytkowej na komputerze, tablecie, a nawet na smartfonie. Wadą są jednak pewne niewygody z tym związa-

ne. Pierwszą z nich jest konieczność prawidłowego skonfigurowania połączenia sieciowego, co mimo przyjaznych technologii może przysporzyć kłopotów osobom nie mającym doświadczenia w tej dziedzinie.

Po przebrnięciu tego etapu, wystarczy już tylko w zwykłej przeglądarce internetowej wpisać adres (domyślnie <http://192.168.1.100>), aby na ekranie ukazała się strona, z której uruchamiane są aplikacje użytkowe (rysunek 2). Omówienie rozpoczniemy od oscyloskopu 2-kanalowego. Już na wstępie należy zaznaczyć, że od oprogramowania *open source* raczej nie należy oczekiwać tego, czego wymaga się od programów komercyjnych. Potwierdza się to niemal natychmiast po uruchomieniu aplikacji oscyloskopu. Na ekranie widzimy zaledwie kilka przy-

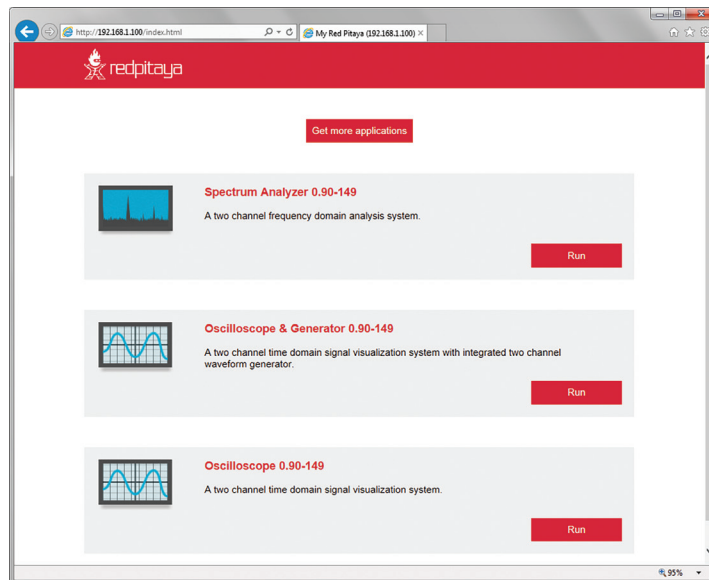
cisków wpływających na pracę przyrządu (rysunek 3). Jednym z bardziej przydatnych jest przycisk *AUTO*, za pomocą którego automatycznie dobierane są nastawy oscyloskopu. Pozwala on wybrać zarówno podstawę czasu, jak i wzmocnienie kanałów pomiarowych. Oprócz niego można korzystać również z przycisku *Autoscale*, którym dobierane jest tylko wzmocnienie kanałów. Niestety, czułości obu kanałów zawsze muszą być jednakowe, co utrudnia jednoczesną obserwację dużych i małych sygnałów.

Przed pierwszymi pomiarami należy odpowiednio do potrzeb (patrz tabela 1) wybrać zakres pracy przetworników A/C, co polega na ustawieniu zworek w pozycji LV lub HV. Ważne jest zgodne z tym ustawieniem wybranie opcji „Gain setting” w menu konfiguracyjnym oscyloskopu (rysunek 4).

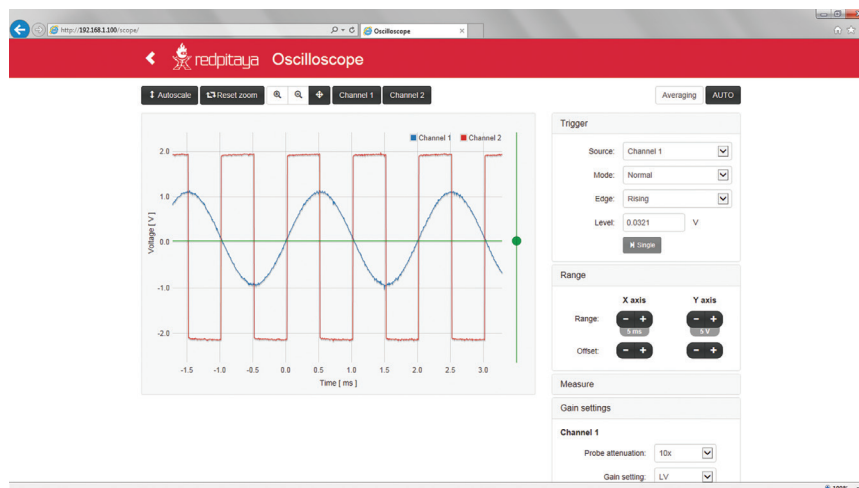
Układ akwizycji oscyloskopu pracuje w 3 trybach: Auto, Normal, Single, a wyzwalanie następuje tylko po wystąpieniu napięcia o określonym poziomie na zboczu narastającym lub opadającym. Nie jest to zbyt wiele, można jedynie mówić o podstawowych pomiarach.

Przydatnym narzędziem podczas pracy są lupy – powiększająca i zmniejszająca. Umożliwiają one wybranie dowolnego fragmentu przebiegu i wyświetlenie go w powiększeniu. Na rysunku 5 przedstawiono efekt działania funkcji *Zoom*, dodatkowo widoczny jest wpływ uśredniania na wygląd oscylogramu („Average”). Jak widać, jest to operacja, która może być wykorzystywana np. do eliminacji szumów.

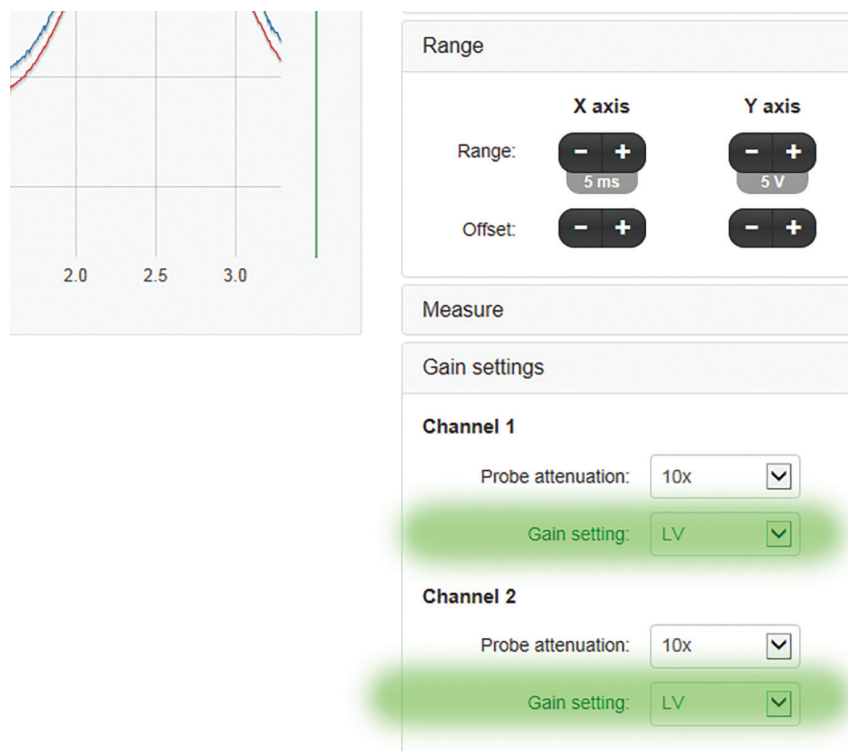
Testy płytki Red Pitaya wykazały, że występuje w niej widoczny, różny dla każdego kanału offset (rysunek 6). W dołączanej do płytki wersji programu nie można go skompensować. Nie można też przesuwać indywidualnie każdego przebiegu, co najwyżej oba jednocześnie. Jest to poważna niedogodność podczas wykonywania pomiarów. Brakuje również pomiarów kursorowych, co można usprawiedliwiać jedynie



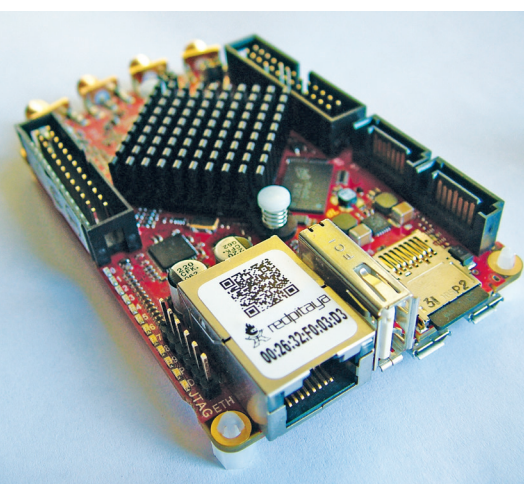
Rysunek 2. Okno z domyślnymi aplikacjami obsługującymi płytke Red Pitaya

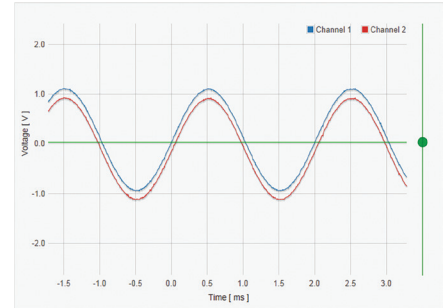
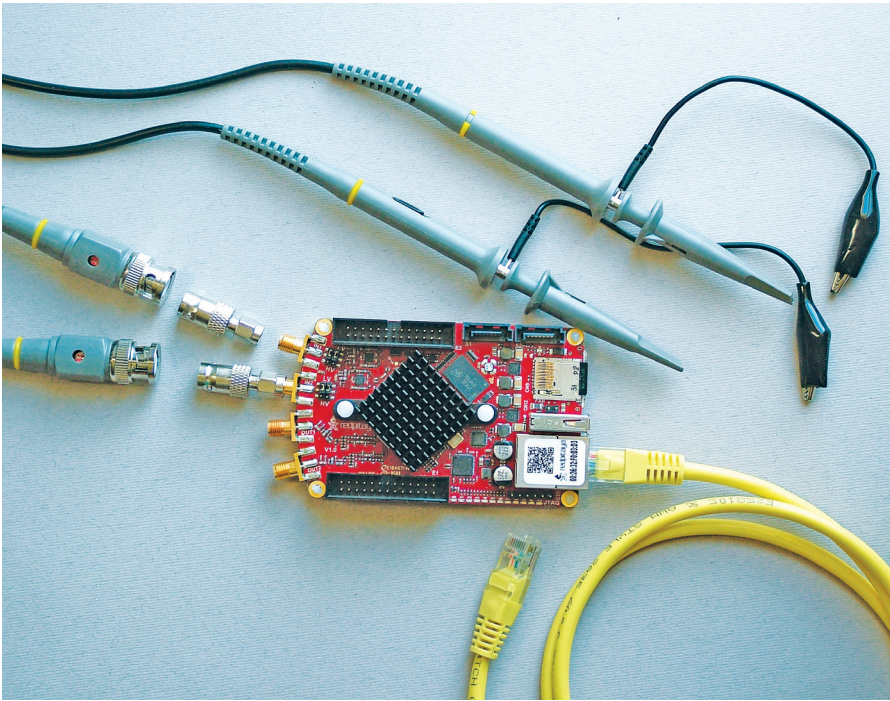


Rysunek 3. Okno aplikacji oscyloskopu



Rysunek 4. Okno konfiguracji czułości kanałów pomiarowych oscyloskopu





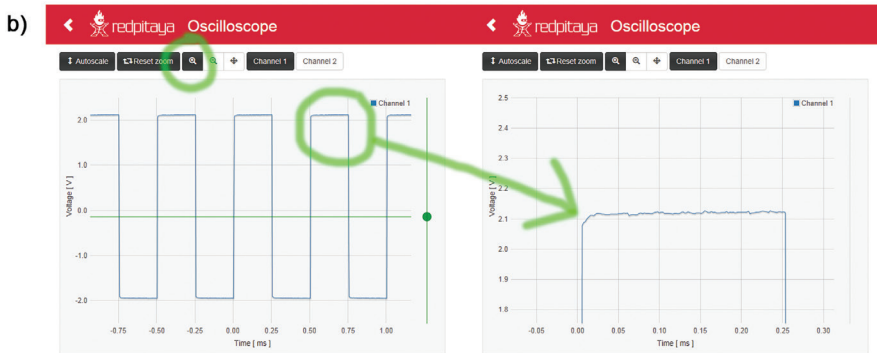
Rysunek 6. Widoczny offset występujący w obu kanałach bez ich kalibracji

Measure	
Channel 1	Channel 2
Min: -0.983 V	Min: -2.179 V
Max: 1.152 V	Max: 1.986 V
Amp: 2.135 Vpp	Amp: 4.164 Vpp
Avg: 0.129 V	Avg: -0.083 V
Freq: 499.90 Hz	Freq: 999.55 Hz
Period: 2.00 ms	Period: 1.00 ms

Rysunek 7. Okno wyników pomiarów automatycznych

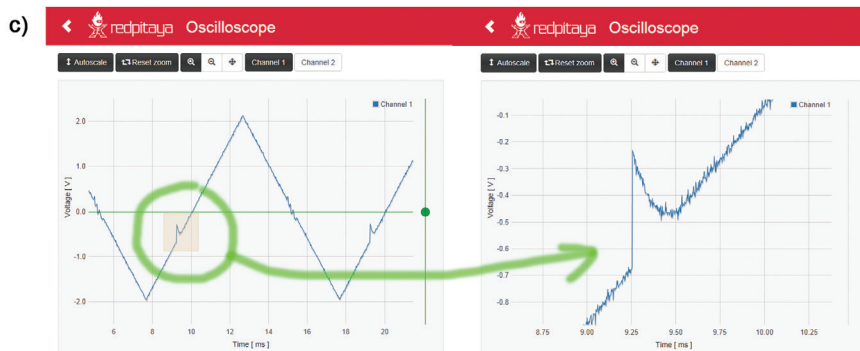


otwartym charakterem oprogramowania. Pomiarzy automatyczne są natomiast ograniczone tylko do podstawowych parametrów (rysunek 7), w których brakuje wartości skutecznej. Reasumując – oprogramowanie standardowe oscyloskopu nadaje się praktycznie tylko do obserwacji przebiegów. Bardziej profesjonalnych rozwiązań należy więc szukać w wersjach bazowych software'u.



### Red Pitaya jako generator

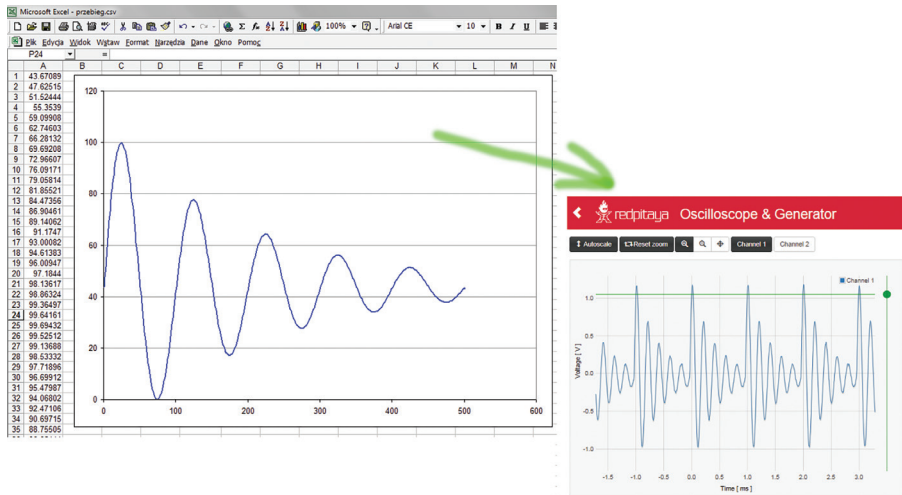
W standardowym oprogramowaniu płytki Red Pitaya znajduje się aplikacja łącząca funkcje oscyloskopu i generatora. Część oscyloskopowa jest identyczna z omówioną wcześniej, generator natomiast, od strony funkcjonalnej jest to stosunkowo proste urządzenie wykorzystujące jednak możliwości zasobów płytki (np. 12-bitowe przetwarzanie, generacja 50-megahercowej sinusoidy). Dostępne są dwa niezależne wyjścia, na których można generować sinusoidę, prostokąt i piłę. Istnieje ponadto opcja generacji przebiegów, których kształty są zapisane w plikach CSV. Można zatem uznać, że mamy do czynienia z generatorem arbitralnym. Przygotowany np. w Excelu przebieg jest wczytywany do pamięci, a następnie generowany na płytce Red Pitaya (rysunek 8).



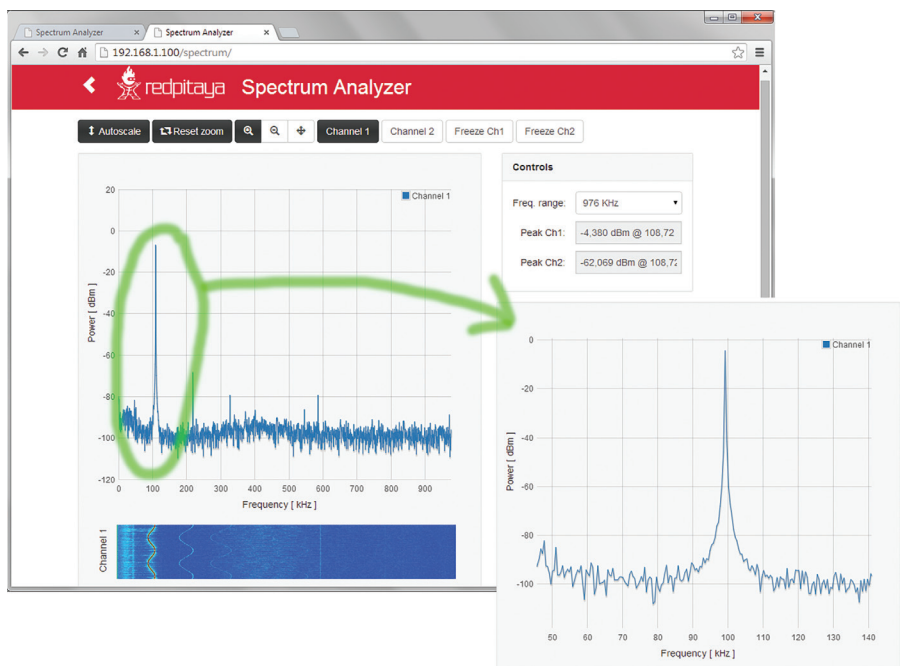
Rysunek 5. a), b), c) – powiększanie oscylogramu funkcją Zoom, b) efekt uśredniania przebiegu

### Red Pitaya jako analizator widma

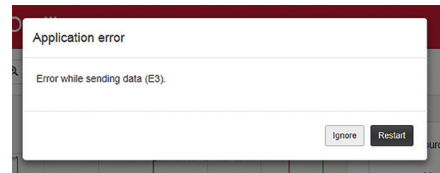
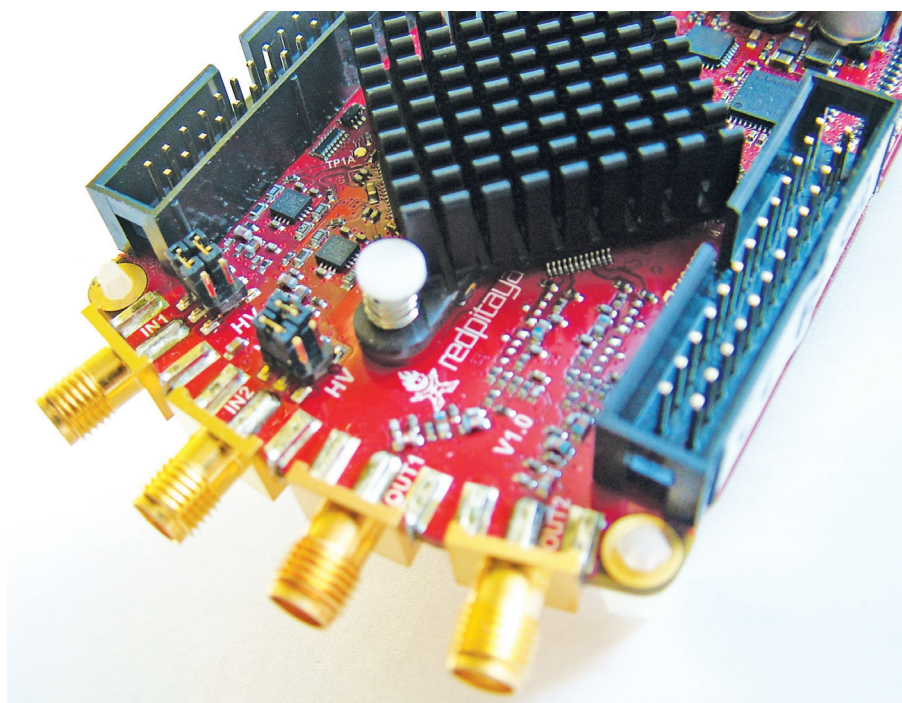
W aplikacji oscyloskopu płytki Red Pitaya nie ma obliczeń matematycznych, choćby najprostszych, takich jak dodawanie, odejmowanie i mnożenie kanałów. W tej sytuacji nie dziwi też brak analizy FFT. Użytkownicy płytki Red Pitaya nie stoją



Rysunek 8. Generowanie przebiegów na podstawie danych opracowanych w Excelu



Rysunek 9. Okno analizatora widma



Rysunek 10. Błędy często sygnalizowane w przeglądarce Internet Explorer

jednak na straconej pozycji, jedną z domyślnych aplikacji jest bowiem analizator widma. Wadą takiego rozwiązania jest brak możliwości jednoczesnej obserwacji przebiegów w dziedzinie częstotliwości i czasu. Nie pomagają uruchomienie analizatora i oscyloskopu w dwóch oknach przeglądarki, gdyż uaktywnienie jednego z nich wstrzymuje działanie aplikacji w drugim oknie. Przełączenie okien wymaga restartu aplikacji.

Cennym dodatkiem analizatora widma jest funkcja spektrogramu pozwalająca obserwować zmiany widma w czasie (rysunek 9). Funkcja ta jest dobrze znana z prawdziwych analizatorów częstotliwości.

Dowolny fragment wykresu głównego powiększany jest funkcją *Zoom*. Przyciskami *Freeze Ch1/Freeze Ch2* można natomiast zamrozić na ekranie chwilowy stan widma. Przebiegi są obserwowane w jednym z sześciu zakresów pomiarowych: 953 Hz, 7,6 kHz, 61 kHz, 976 kHz, 7,8 MHz, 62,5 MHz. Zaletą analizatora widma jest duża szybkość obliczeń pozwalająca badać dynamicznie zmieniające się sygnały.

**Ograniczenia**

Aplikacje dołączane do płytki Red Pitaya są dość proste, zawierają tylko podstawowe funkcje pomiarowe, a odczuwalne problemy z ich działaniem w różnych przeglądarkach. Redakcyjny test wykazał na przykład praktyczną nieprzydatność Internet Explorera. Co prawda po wielu próbach można jakoś uruchomić w nim aplikację, ale pojawiają się błędy zawieszające wykonywanie operacji znacznie utrudnia pracę (rysunek 10). Bez problemu natomiast przebiega obsługa płytki z użyciem przeglądarki Chrome.

Płytką Red Pitaya z domyślnym oprogramowaniem firmowym zawierającym funkcje oscyloskopu, generatora i analizatora widma nie zadowolili użytkowników innych urządzeń tego typu. Jeśli jednak zostanie potraktowana jako baza do tworzenia własnych aplikacji kontrolno-pomiarowych, może okazać się niezastąpionym rozwiązaniem. Świadczącą o tym opinie użytkowników i dyskusje na temat zastosowań zamieszczane w Internecie. Silnik takich aplikacji, jakim jest dwu rdzeniowy procesor ARM jest naprawdę bardzo mocny.

**Jarosław Doliński, EP**