

Slam Stick

Badanie drgań w poszukiwaniu „wolnej energii”

Cały otaczający świat jest w bezustannym ruchu, od mikro- do makroskali, od ledwie wyczuwalnych drgań do takich, które potrafią niszczyć mosty. A drgania to przecież energia, czemu by więc nie próbować jej jakoś pozyskać? Żeby to zrobić, trzeba jednak wcześniej bardzo dokładnie poznać potencjalne źródło takiej mocy – „Jasnej Mocy”. Jednym z ważniejszych jej parametrów jest częstotliwość drgań. Od precyzji dostrojenia się do niej zależy w dużej mierze sprawność całego przedsięwzięcia.

Wzrost cen ropy naftowej uderza nas ostatnio po kieszeni niemal za każdym razem, gdy podjeżdżamy pod dystrybutor paliwa do naszego samochodu. Faktem jest również to, że pokłady ropy maleją w coraz

szybszym tempie, co wszak nie może dziwić wobec ciągle rosnącego zapotrzebowania na ten surowiec. Inżynierowie wielu firm rozpoczęli więc gorączkowe poszukiwania alternatywnych źródeł energii, i choć na razie

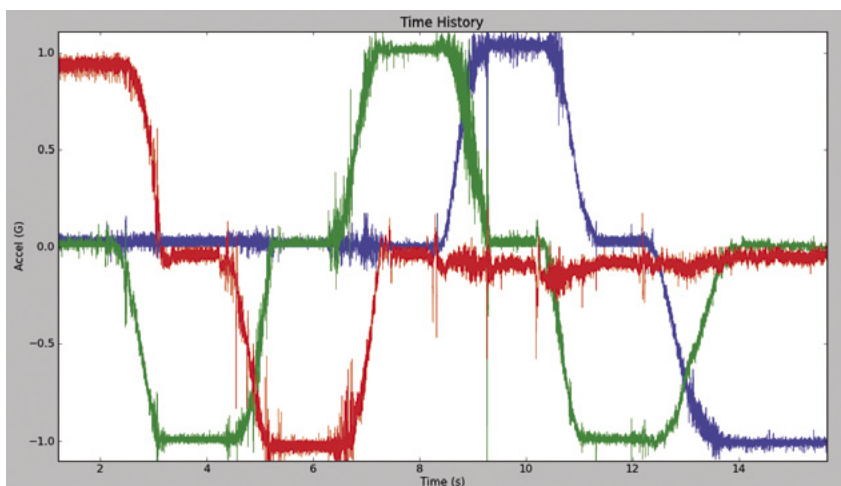
Dodatkowe informacje:
 Redakcja Elektroniki Praktycznej dziękuje firmie Midé Technology Corporation, 200 Boston Avenue, Suite 1000, Medford MA 02155 (www.mide.com) za udostępnienie Slam Stick'a do testów.

ciągle stawiają w tej dziedzinie pierwsze kroki, to już mogą pochwalić się pewnymi osiągnięciami. Sukcesy są w dużym stopniu uzależnione od rodzaju źródła, a może nim być: światło słoneczne, źródła termalne, wibracje, fale radiowe, wiatr, a nawet energia bioniczna. Największą gęstość mocy, rzędu 1 kW/m², uzyskuje się obecnie ze źródeł słonecznych. Analogiczna gęstość mocy dla źródeł wibracyjnych jest szacowana na 1 W/m². Nie jest to jednak parametr na tyle mały, by go zignorować. Problem polega jedynie na skonstruowaniu optymalnego przetwornika energii mechanicznej, na – najczęściej – elektryczną. Próby takie już poczyniono, i można już spotkać na przykład specjalne trotuary służące do pozyskiwania energii z drgań wywoływanych przez chodzących po nich ludziach. Istotnym warunkiem jest odpowiednie dopasowanie przetworników do częstotliwości drgań, gwarantujące uzyskanie co najmniej zadawalającej sprawności.

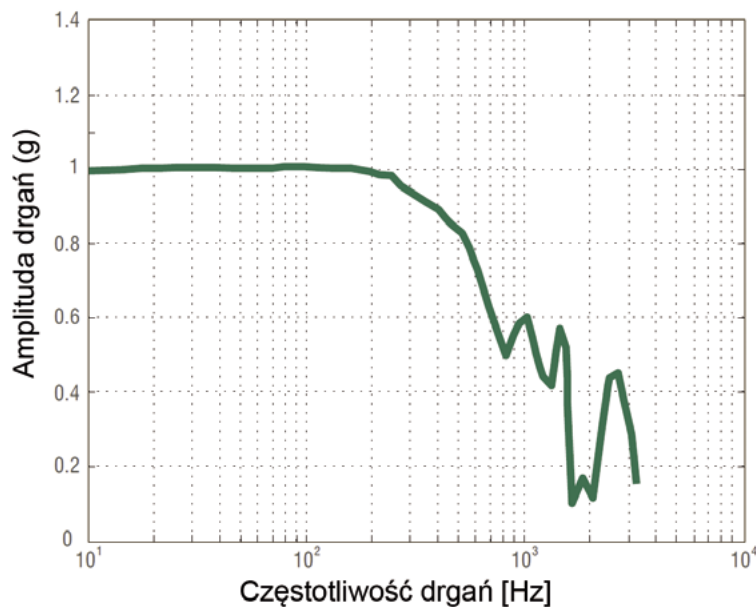
Slam Stick, w roli obserwatora drgań

Do badania drgań dla zastosowań o jakich mowa, doskonale nadaje się specjalny logger „Slam Stick” produkowany przez amerykańską firmę Midé Technology Corporation. Zastosowano w nim 3-osiowy akcelerometr ADXL345 firmy Analog Devices, charakteryzujący się ultraniskim poborem mocy, nawet 13-bitową rozdzielczością pomiaru, regulowanymi czułościami: ±2 g, ±4 g, ±8 g, ±16 g. Układ komunikuje się z mikrokontrolerem za pośrednictwem interfejsu SPI lub I²C. Akcelerometr ADXL345 mierzy przyspieszenie statyczne, co oznacza że jest wrażliwy także na przyspieszenie ziemskie. Czujnik ten będzie więc reagował na każdą zmianę położenia względem pionu (rys. 1). Maksymalna częstotliwość taktowania wewnętrznego układu próbkującego jest równa 3200 Hz, szerokość mierzonego pasma rozciąga się zatem do 1600 Hz. Charakterystykę częstotliwościową urządzenia przedstawiono na rys. 2.

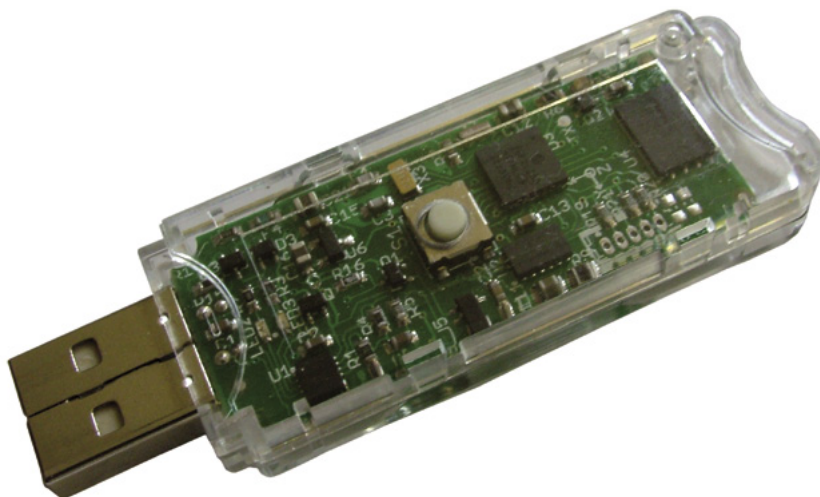
Drugim, bardzo ważnym elementem Slam Stick'a jest mikrokontroler. Jest nim PIC18F25J50, a o takim wyborze zdecyd-



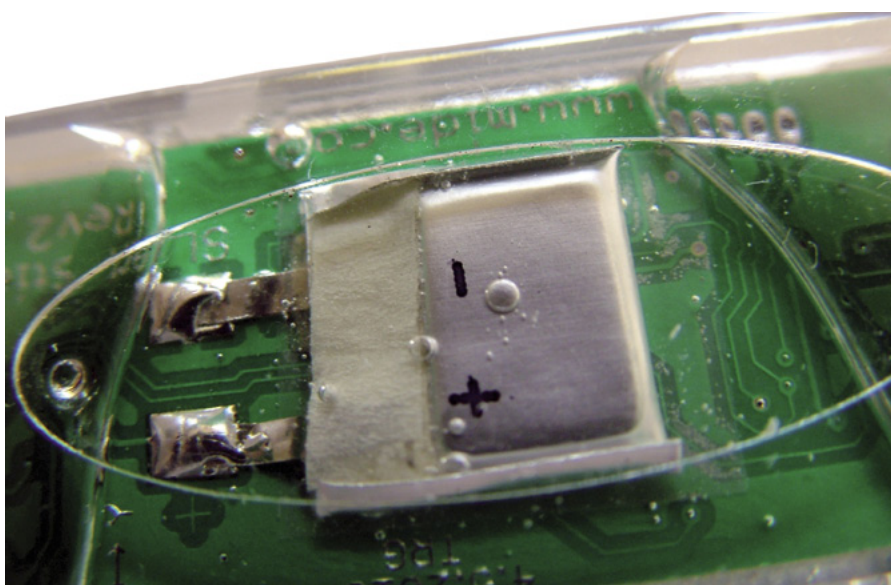
Rysunek 1. Reakcja czujnika na przyspieszenie ziemskie



Rysunek 2. Charakterystyka częstotliwościowa akcelerometru



Fotografia 3. Widok obudowy Slam Stick'a



Fotografia 4. Akumulator litowo-polimerowy zasilający Slam Stick

dowało prawdopodobnie bardzo niskie zapotrzebowanie na energię przez ten układ, a także wbudowany pełny interfejs USB 2.0 full-speed. Dane pomiarowe są zapisywane w 64-Mbitowej pamięci Flash typu AT25DF641. Przy maksymalnej częstotliwości

ści próbkowania przetwornika można w niej zachować maksymalnie 220-sekundową rejestrację. W Slam Stick'u zastosowano własny format zapisu danych. Pliki przesyłane do komputera mają rozszerzenie DAT. Są one odczytywane i analizowane przez oprogramowanie typu Open

Source udostępniane przez Internet.

Slam Stick jest urządzeniem niewielkim, wyglądem przypomina popularny pendrive (fot. 3). Ze względu na charakter pracy niezwykle istotny jest rodzaj zasilania. Bardzo małe zapotrzebowanie na energię zachęcało do zastosowania nawet tak ekstremalnego źródła zasilania, jakim mógł być kondensator typu supercap. Rozwiązanie



Rysunek 5. Ułożenie osi X, Y, Z względem obudowy

takie przyjęto w pierwszych egzemplarzach, jednak zjawisko samorozładowania było zbyt dokuczliwe i ostatecznie konstruktorzy zdecydowali się na miniaturowy akumulator litowo-polimerowy (fot. 4). Jest on ładowany po umieszczeniu Slam Stick'a w gnieździe USB, co sygnalizuje zielona dioda LED. Pełny cykl ładowania akumulatora trwa od godziny do dwóch godzin. Zgaśnięcie zielonej diody oznacza gotowość urządzenia do pracy w terenie.

Slam Stick jest obsługiwany tylko jednym przyciskiem, ale tryb pracy rejestratora jest ustalany opcjami wybieranymi w programie komputerowym. Stan urządzenia jest sygnalizowany pomarańczową diodą LED. Krótkie impulsy oznaczają rejestrowanie danych.

Zastosowany w Slam Stick'u przetwornik akcelerometryczny mierzy przyspieszenia w trzech osiach. Położenie układu współrzędnych względem obudowy pokazano na rys. 5. Należy zwrócić uwagę na nieco mniejszą czułość osi Z w stosunku do osi X i Y.

Slam Stick Viewer – konfiguracja loggera i analiza danych

Program Slam Stick Viewer jest wykorzystywany zarówno do konfiguracji loggera, jak również do odczytywania jego pamięci oraz analizy danych. Jest to bardzo prosty program dysponujący wprawdzie niezbędnymi narzędziami matematycznymi do analizy wyników, ale możliwości obliczeniowe i komfort pracy jest co najmniej dyskusyjny. W Slam Stick'u są zapisane dwa pliki: config.dat i data.dat, zawierające zgodnie z nazwami dane konfiguracyjne i dane pomiarowe. Za pośrednictwem programu Slam Stick Viewer mogą być one zapisywane na dysku komputera, producent jednak przestrzega przed wykasowaniem tych plików z pamięci urządzenia. Ostrzeżenie to brzmi dość groźnie. Aż strach pomyśleć, co by się stało, gdyby jednak ktoś, nawet niechcący, wymazał je z pamięci, a nie jest to przecież takie trudne. W loggerze można zapisać kilka sesji pomiarowych, pod warunkiem nie przekroczenia maksymalnego czasu rejestracji. Bez względu jednak na liczbę rejestracji, program Slam Stick Viewer zawsze odczytuje cały plik liczący 4177920 bajtów. Następnie sprawdza, czy zapisano w nim więcej niż jedną sesję. Jeśli tak jest, zostaje wyświetlone okno z pytaniem o tę, która ma być poddana analizie (rys. 6). System taki, choć skuteczny, to w praktyce jest mało wygodny, wymaga bowiem od użytkownika zapamiętywania, a częściej zapisywania sobie czego dotyczyły poszczególne pomiary i kiedy były dokonane. W loggerze ewidentnie brakuje zegara czasu astronomicznego.

W programie Slam Stick Viewer przewidziano trzy narzędzia służące do analizy

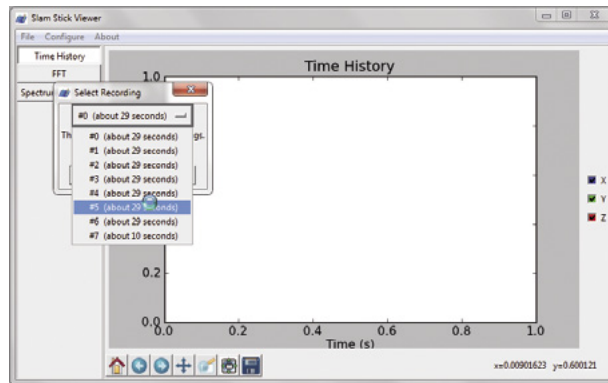
danych pomiarowych. Pierwszym z nich jest wykres czasowy (rys. 7). Można go przesuwając w dowolnym kierunku oraz powiększać dowolny fragment wykresu. Lupa niestety nie działa w drugą stronę. Jedyną możliwością zmniejszenia wykresu jest powrót do poprzedniego widoku lub skorzystanie z przycisku *Home*. Efekt ten uzyskuje się także po ponownym wczytaniu sesji z dysku. Obie osie wykresu są wprawdzie opisane, ale żadnych narzędzi pomiarowych, np. w postaci kursorów ekranowych, oprogramowanie nie udostępnia. W rzeczywistości więc o analizie ilościowej raczej nie ma co marzyć. Na wykresie mogą być przedstawione przebiegi ze wszystkich czujników (X, Y, Z). Są one dla wygody selektywnie włączane lub wyłączane.

Drugim narzędziem służącym do oceny pomiarów jest badanie widma, prowadzone oczywiście przy zastosowaniu analizy FFT (rys. 7). Obie osie wykresu mogą być przedstawione w skali liniowej oraz logarytmicznej, co w praktyce jest wręcz niezbędne. Pomiar widma drgań jest w istocie podstawowym zagadnieniem badanym przy użyciu Slam Stick'a. I w tym przypadku program nie udostępnia niestety żadnych narzędzi do ilościowej obróbki wyników.

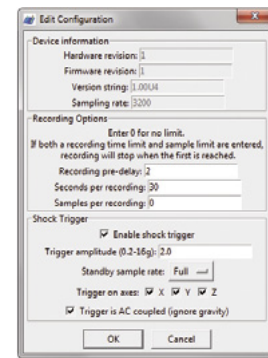
Analiza widma w programie Slam Stick Viewer może być też prowadzona w dwóch wymiarach. Uzyskujemy w ten sposób spektrogram przedstawiający zmiany widma w czasie (rys. 8).

Od oprogramowania Open Source trudno wymagać pełnego profesjonalizmu. Wydaje się jednak, że nawet dla takiej kategorii software'u można by stworzyć program o większych możliwościach. Być może jest to kwestia czasu, a póki tak się nie stanie pewnym rozwiązaniem jest eksport danych w formacie CSV, na przykład w celu dalszej dokładnej analizy w arkuszu kalkulacyjnym. Problem polega jednak na ograniczonej zwykle w takich przypadkach liczbie rekordów do 65536. W programie Slam Stick Viewer można ponadto zapisywać wykresy w plikach graficznych PNG. Drugim rozwiązaniem, z którym na razie wiążą swoje główne nadzieje twórcy Slam Stick'a jest Matlab. Jest to oprogramowanie, w którym można zrobić „wszystko”, tyle że na taki komercyjny wyrób użytkownicy rejestratora nie zawsze mogą mieć ochotę, a przede wszystkim możliwości kupna.

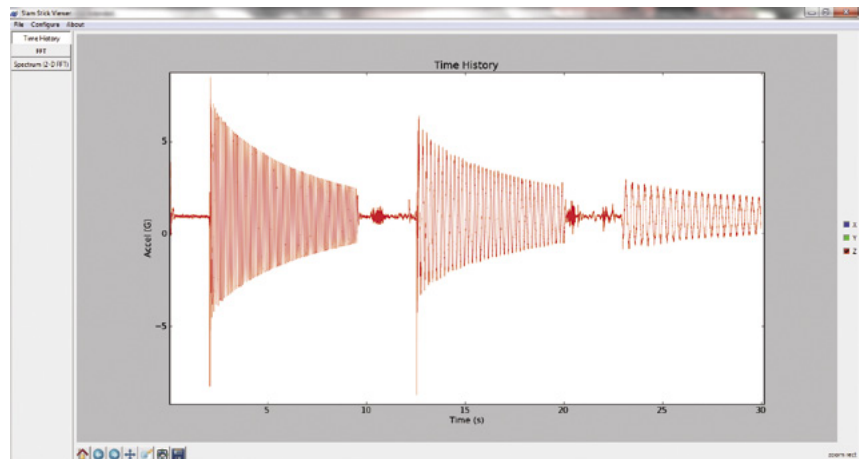
Konfiguracja Slam Stick'a, dzięki programowi Slam Stick Viewer jest bardzo



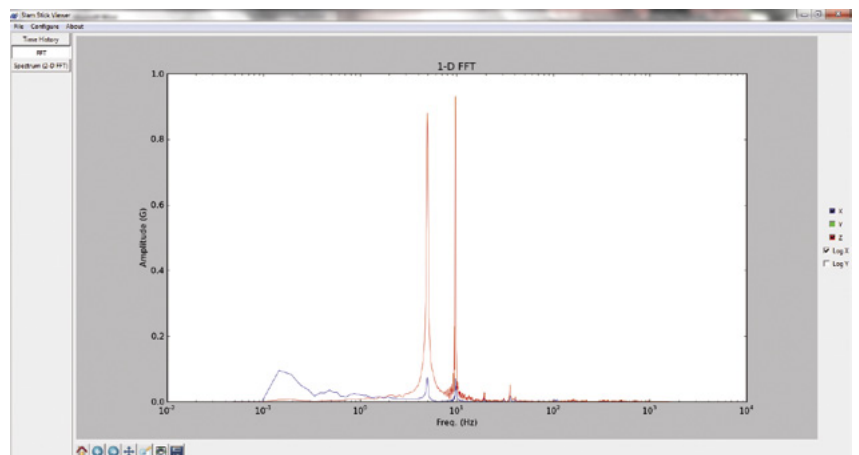
Rysunek 6. Okno wyboru rejestracji do analizy



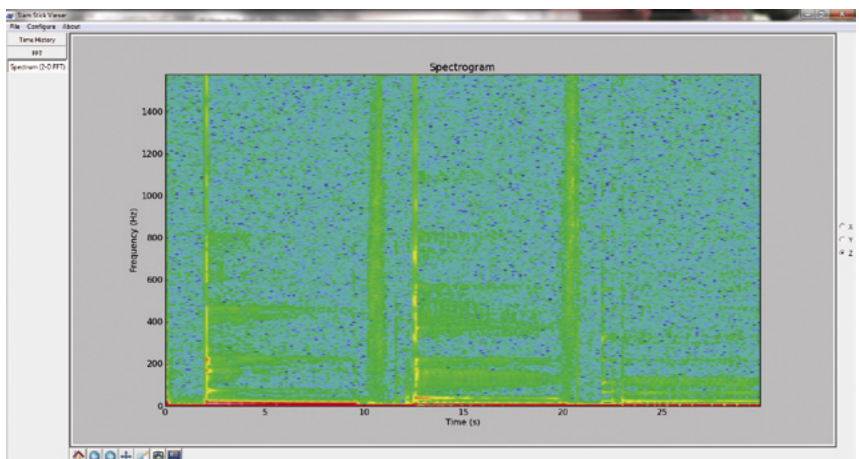
Rysunek 10. Okno konfiguracji Slam Stick'a



Rysunek 7. Wykres czasowy



Rysunek 8. Wykres widma częstotliwości drgań



Rysunek 9. Spektrogram

Tabela 1. Najważniejsze dane techniczne rejestratora Slam Stick

Liczba osi	3 (X, Y, Z)
Max. przyspieszenie	16 g
Częstotliwość próbkowania	3200 Hz
Szumy osi X, Y	0,016 g
Szumy osi Z	0,022 g
Max. czas rejestracji (próbkowanie 3,2 kHz)	220 s
Zakres temperatury pracy	-40...+80°C
Wymiary	68,8×23,1×8,6 mm
Masa	14 g

prosta, polega na modyfikacji kilku opcji wyświetlanych w oknie „Edit Configuration” (rys. 9). W górnych, nieedytowalnych wierszach jest zawarta informacja o samym loggerze, wersji oprogramowania i hardware’u. Dalej znajdują się parametry mające wpływ na przebieg rejestracji, a więc są to: opóźnienie startu rejestracji po naciśnięciu przycisku *Start* (wymagane na przykład do zainstalowania Slam Stick’a na badanym obiekcie), czas rejestracji w sekundach, liczba próbek do zarejestrowania. Jeśli parametrem decydującym o zakończeniu rejestracji ma być czas, należy wprowadzić zerową liczbę próbek. Ponadto możliwe jest włączenie wyzwolenia rejestracji wstrząsem o podanym przyspieszeniu (od 0,2 do 16 g) działającym wzdłuż określonych kierun-

ków (X, Y, Z), z dodatkową możliwością ignorowania statycznego przyspieszenia ziemskiego. Dość osobliwą rolę pełni przycisk *Standby sample rating*, za pomocą którego ustawiana jest częstotliwość próbkowania w oczekiwaniu na impuls wyzwalający. Od tego parametru zależy ilość zużywanej energii przez Slam Stick. Zmniejszając tę częstotliwość, zwiększa się żywotność akumulatora, ale jednocześnie pojawia się ryzyko przeoczenia impulsu wyzwalającego. Częstotliwość próbkowania w trybie *Standby* może być równa: 1, 2, 4 lub 8 Hz. Układ może też pracować z pełną szybkością.

Użytkownicy Slam Stick’a są ostrzegani przed zjawiskiem aliasingu, charakterystycznego dla każdego urządzenia, w którym zachodzi próbkowanie. Wprawdzie

zastosowano w nim filtr dolnoprzepustowy, ale bardzo silny sygnał wychodzący poza pasmo pomiarowe rejestratora może powodować błędną interpretację wyników.

Konfigurację loggera można również przeprowadzić zewnętrznym programem *ss_config.exe* lub skrypcem Matlaba *‘ss_config.m’*. Pamięć Slam Stick’a jest wykorzystywana aż do jej całkowitego zapelnienia. Może się w niej zmieścić jedna, długa sesja pomiarowa, lub kilka krótszych. Zawsze jednak minimalną jednostką zapisywania danych jest jeden sektor liczący 512 bajtów.

Nie tylko *energy-harvesting*

Slam Stick został skonstruowany przede wszystkim do zastosowań typu *energy-harvesting*, ale nie jest to jedyny zakres jego przydatności. Urządzenie to może być przydatne wszędzie tam, gdzie zachodzi potrzeba pomiaru drgań do 16 g i częstotliwości do 1600 Hz, przy założeniu niezbyt długiego czasu rejestracji. Mogą to być takie dziedziny jak: motoryzacja, lotnictwo, przemysł, medycyna, sport, dydaktyka. Najważniejsze dane techniczne rejestratora Slam Stick przedstawiono w tabeli 1.

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

Nowa seria oscyloskopów Tektronix THS3000



Częstotliwość
próbkowania
do **5 GS/s**

4 izolowane
kanały

Do **7** godzin pracy
na baterii



Tektronix

Siedziba Firmy: 54-413 Wrocław, ul. Klecińska 125, tel. 71 783 63 60, fax 71 783 63 61
Biuro Handlowe: 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 74, tel. 22 675 75 42

tespol@tespol.com.pl • www.tespol.com.pl