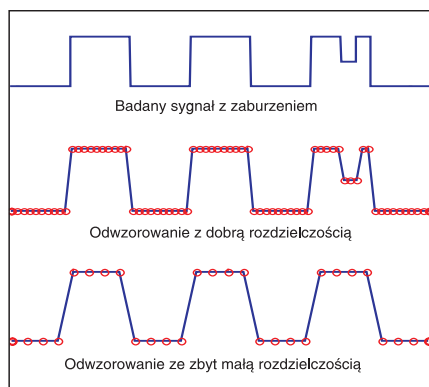


# Wykrywanie losowych anomalii sygnału za pomocą oscyloskopów cyfrowych

część 2

*Zgodnie z obietnicą sprzed miesiąca, w drugiej części artykułu postaramy się dowieść, że na podstawie zapamiętanych próbek fragmentu sygnału zawierającego zaburzenie można wykryć poszukiwaną anomalię w tym sygnale.*

Taka sytuacja występuje jednak tylko wtedy, gdy zabiegi mające na celu minimalizację czasu martwego oscyloskopu nie prowadzą jednocześnie do ograniczenia rozdzielczości (częstotliwości próbkowania i głębokości pamięci) z jaką jest reprezentowany sygnał w czasie trwania akwizycji. Na rys. 2 pokazano, jak odległości między kolejnymi próbkami sygnału (rozdzielczość czasowa) wpływają na zdolność wykrycia przez oscyloskop zaburzenia sygnału. Słuszny może być wniosek, że klasyczna definicja prawdopodobieństwa wykrycia losowych zaburzeń jest niewystarczająca i istnieje

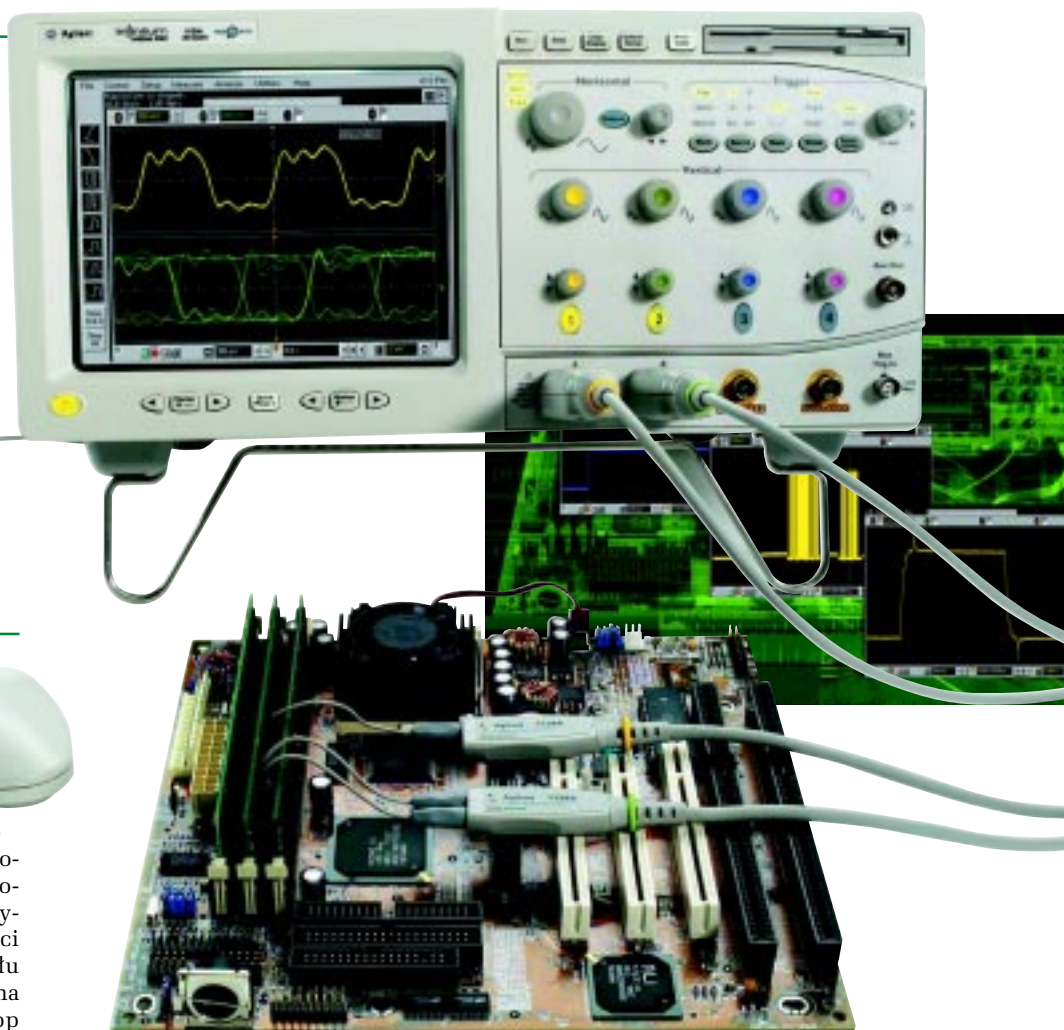


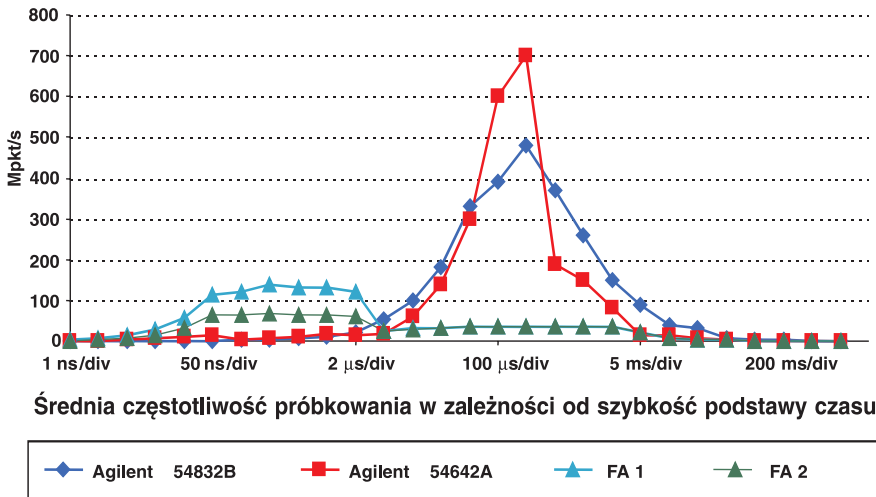
Rys. 2

je potrzeba wprowadzenia nowej miary uwzględniającej oprócz czasu martwego również inne - mające wpływ na zdolność wykrywania anomalii - parametry oscyloskopu. Dobrą miarą, obejmującą zarówno prawdopodobieństwo pojawienia się zaburzenia w czasie akwizycji, jak i prawdopodobieństwo wykrycia go na podstawie zebranych próbek, jest **liczba punktów zebranych w dłuższym czasie**, obejmującym okresy akwizycji i okresy martwe. Dla uproszczenia nazwijmy ten nowy parametr **średnią częstotliwością próbkowania** i wyjaśnimy różnicę między nim a częstotliwością próbkowania podawaną zwykle w specyfikacjach technicznych oscyloskopów. Otóż częstotliwość próbkowania okre-

la liczbę próbek zebranych w jednostce czasu w okresie akwizycji sygnału, natomiast średnia częstotliwość próbkowania to liczba punktów przebiegu (próbek) zebranych w okresie, który obejmuje zarówno czas akwizycji, jak i czas martwy oscyloskopu. Średnia częstotliwość próbkowania zawiera zatem oprócz informacji o rozdzielczości czasowej także informację o częstotliwości odświeżania ekranu. Obejmuje więc obydwa czynniki wpływające na prawdopodobieństwo wykrycia losowych zaburzeń sygnału.

Na rys. 3 przedstawiono wykresy zależności średniej częstotliwości próbkowania od szybkości podstawy czasu dla czterech różnych oscyloskopów. Dwa z nich są wyposażone w tryb pra-





Rys. 3

cy *Fast Acquisition* (FA1 i FA2), natomiast dwa są produktami firmy Agilent wyposażonymi w głęboką pamięć typu *MegaZoom*. Są to reprezentanci rodziny *Infinium* (54832B oraz 54642A) zawierającej 9 modeli (546xx), której główną cechą - obok pamięci *MegaZoom* - jest system zobrazowania *MegaVision* oparty na monochromatycznym wyświetlaczu typu CRT. System *MegaVision* charakteryzuje się wysoką rozdzielczością (1000 punktów w poziomie) oraz quasi-trójwymiarowym (takim, jak w oscyloskopach analogowych) odwzorowaniem przebiegu, które uzyskiwane jest dzięki 32 poziomom intensywności świecenia sterowanej cyfrowo lampy CRT. Jak wcześniej pisaliśmy, pomysł zastosowany przez projektantów oscyloskopów wyposażonych w tryb FA polega na minimalizacji czasu martwego oscyloskopu za cenę redukcji częstotliwości próbkowania i głębokości pamięci w tym trybie pracy w stosunku do maksymalnych wartości tych parametrów podanych w specyfikacji producenta. Wyniki takiego podejścia są bardzo dobrze widoczne na rys. 3. Dla szybkich podstaw czasu oscyloskopy FA1 i FA2 są w stanie zebrać znaczną liczbę punktów, ponieważ odświeżanie ekranu dokonuje się z bardzo dużą szybkością i parametr ten w tych warunkach wpływa w sposób kluczowy na średnią częstotliwość próbkowania. Dla wolniejszych podstaw czasu zaczynają dominować efekty związane z ograniczeniem w trybie FA częstotliwości próbkowania oraz głębokości pamięci. Inaczej jest w przypadku oscyloskopów firmy Agilent. Położenie nacisku na efektywne zarządzanie głęboką pamięcią oraz optymalizację rozdzielczości w czasie pracy oscyloskopu daje o wiele większą średnią częstotliwość próbkowania w dość szerokim zakresie nastaw podstawy czasu w stosunku do oscyloskopów FA, a tym samym więk-

sze prawdopodobieństwo wykrycia losowego zaburzenia sygnału.

Reasumując możemy stwierdzić, że wybór odpowiedniego oscyloskopu pod kątem wykorzystania go do wychwytywania rzadko występujących losowych zaburzeń sygnałów zależy od typu aplikacji. Tam, gdzie można użyć bardzo szybkich podstaw czasu, np. gdy chcemy wychwycić stany metastabilne przerzutników, lepsze będą oscyloskopy pracujące w trybie FA. Natomiast aplikacje wymagające wykrywania losowych nieprawidłowości w przebiegach transmisji cyfrowych, gdzie potrzebna jest duża rozdzielczość, przy jednocześnie relatywnie wolnej podstawie czasu, stanowią znakomite pole wykorzystania interesujących właściwości oscyloskopów z pamięcią *MegaZoom* firmy Agilent Technologies.

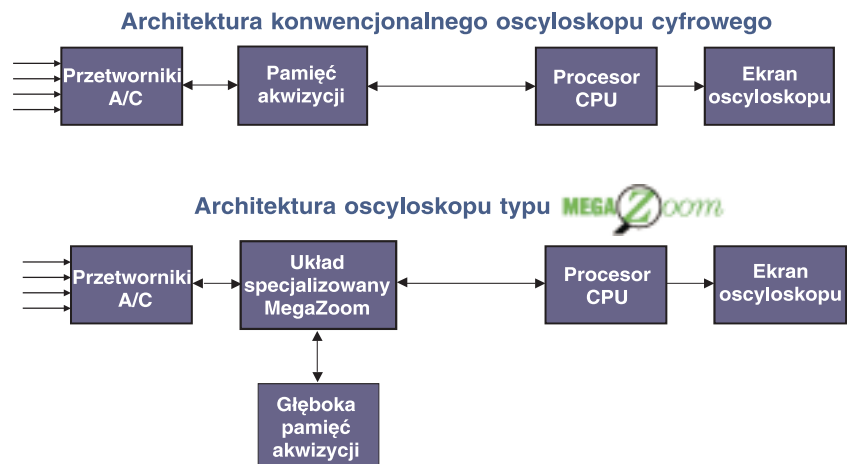
### MegaZoom - nowy sposób zarządzania pamięcią oscyloskopu

Oscyloskopy firmy Agilent osiągają bardzo duże średnie częstotliwości próbkowania, a co za tym idzie duże prawdopodobieństwa wykrywania rza-

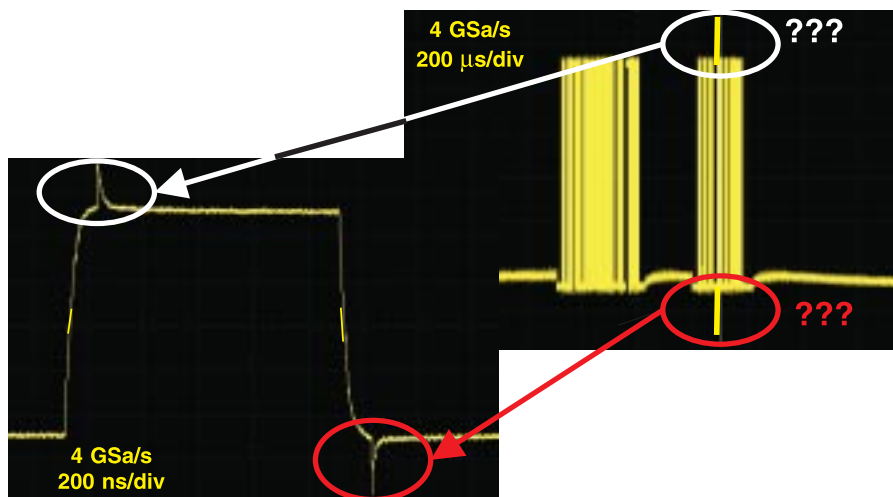
dko występujących anomalii sygnału w szerokim zakresie szybkości podstaw czasu, dzięki zastosowaniu techniki efektywnego zarządzania pamięcią *MegaZoom*. Implementacja tej techniki wymagała modyfikacji znanej dotąd klasycznej architektury oscyloskopu cyfrowego. Ideę tej modyfikacji zaprezentowano na rys. 4.

W dotychczasowych konstrukcjach oscyloskopów centralny procesor obsługiwał wiele funkcji. W sekwencyjny sposób wykonywane były działania związane z czytaniem z pamięci akwizycji, przetwarzaniem zebranych próbek sygnału, wyświetlaniem wyliczonych punktów na ekranie oraz monitorowaniem nastaw na panelu czołowym. W czasie pracy z dużymi strumieniami danych (z głęboką pamięcią) dochodziło więc do przeciążenia procesora, co wiązało się z bardzo wolnym odświeżaniem ekranu oraz mocno spóźnionymi reakcjami przyrządu na zmiany ustawień parametrów pracy. Wprowadzając wieloprocesorową architekturę typu *MegaZoom*, wydzielono funkcje związane z szybkim (typu *ping-pong*) odczytywaniem i zapisywaniem pamięci akwizycji oraz przetwarzaniem sygnałów (generacja przebiegu przeznaczanego do wyświetlenia na ekranie, obliczanie wyników pomiarów z próbek) i zaimplementowano je sprzętowo w specjalizowanym układzie ASIC, który komunikuje się z pozostałymi blokami systemu komputerowego oscyloskopu za pośrednictwem magistrali PCI. Pozostałe funkcje oscyloskopu pozostały w gestii centralnego procesora systemowego.

Przedstawione podejście zaowocowało około 25-krotnym zwiększeniem szybkości odświeżania ekranu oraz znaczną poprawą szybkości reakcji oscyloskopu na zmianę nastaw na panelu czołowym. Ważną właściwością prezentowanego rozwiązania jest również to, że głębokie pamięci (rzędu od 2 Mpkt. do 16 Mpkt.) wykorzysty-



Rys. 4



Rys. 5

wane są przez cały czas pracy oscyloskopu, a nie tylko w specjalnym trybie, jak miało to miejsce we wcześniejszych konstrukcjach. Specjalnie zaimplementowany algorytm ustawia głębokość pamięci tak, aby dla danej nastawy podstawy czasu uzyskać maksymalną częstotliwość próbkowania, co jest równoznaczne z maksymalną, możliwą do uzyskania rozdzielczością. Rozdzielczość ta jest dla szybkich podstaw czasu ograniczona maksymalną częstotliwością próbkowania oscyloskopu, zaś dla powolnych - maksymalną głębokością pamięci. Zachowanie optymalnej rozdzielczości podczas pracy oscyloskopu przy jednoczesnym zastosowaniu głębokiej pamięci i szybkiego próbkowania stwarza, oprócz podkreślonej już wcześniej wysokiej szybkości odświeżania ekranu, możliwość akwizycji bardzo dużej liczby próbek, co z kolei umożliwia uzyskanie bardzo efektywnej lupy czasowej (funkcja *zoom*). „Działanie“ tej funkcji pokazano na rys. 5. Na górnym ekranie widać ciąg impulsów transmisji cyfrowej z zakłóceniami, który uzyskano przy nastawach: częstotliwość próbkowania - 4 GSa/s, głębokość pamięci -

16,5 Mpkt., podstawa czasu - 200  $\mu$ s/dz. Następnie zatrzymano akwizycję i zmieniono nastawę podstawy czasu na 200 ns/dz., kontrolując jednocześnie, aby zakłócony fragment sygnału był cały czas widoczny na ekranie oscyloskopu. Dzięki funkcji *zoom* (akwizycji bardzo dużej liczby próbek) możemy, jak widać, dokładnie „przyjrzeć“ się zakłóceniom sygnału. Właściwość ta przydaje się również w innych sytuacjach, jak np. przeglądanie długich odcinków czasowych sygnałów czy poszukiwanie charakterystycznych cech przebiegu w sytuacji, kiedy nie bardzo wiadomo, w jaki sposób ustawić wyzwalanie, aby spowodować pojawienie się ich na ekranie oscyloskopu.

### Podsumowanie

Potrzeba detekcji i analizy sporadycznych losowych anomalii sygnałów pojawiła się w wielu współczesnych aplikacjach sprzętowych i z tego względu zdolność oscyloskopów do wychwytywania tego typu zakłóceń w odpowiednio krótkim czasie stała się ich istotną i pożądaną cechą. Miarą tej zdolności jest prawdopodobieństwo wykrycia rzadko występujących

zaburzeń sygnału, które dotychczas wyznaczone było jedynie na podstawie szybkości odświeżania ekranu oscyloskopu. Przeprowadzona w niniejszym artykule analiza wykazała, że takie podejście jest niewystarczające i nie w pełni adekwatne do rzeczywistości. Zaproponowano zatem nową miarę, a mianowicie średnią częstotliwość próbkowania, która obejmuje nie tylko prawdopodobieństwo pojawienia się zaburzenia w czasie akwizycji, ale szacuje również szansę na to, że rozdzielczość z jaką pracuje wtedy oscyloskop pozwoli na rozpoznanie zakłócenia, a być może umożliwi również bliższe „przyjrzenie“ się jego naturze.

W artykule opisano również krótko dwie, wprowadzone przez duże korporacje produkcji sprzętu pomiarowego, metody konstrukcji oscyloskopów o nowoczesnej architekturze, których celem jest między innymi maksymalizacja prawdopodobieństwa detekcji rzadko występujących anomalii sygnału. Pierwsza z nich (oscyloskopy ze specjalnym trybem *Fast Acquisition*) kładzie nacisk tylko na maksymalizację częstotliwości odświeżania ekranu oscyloskopu w trybie FA, dzięki czemu uzyskuje się wysokie średnie częstotliwości próbkowania dla szybkich podstaw czasu. Rezultatem zastosowania drugiej - szerzej opisanej w artykule - metody projektowej są oscyloskopy typu *MegaZoom* firmy Agilent Technologies. Przyrzędy te, dzięki efektywnemu zarządzaniu pamięcią, osiągają bardzo wysokie średnie częstotliwości próbkowania w szerokim zakresie nastaw podstawy czasu. Porównanie obydwu tych podejść skłania do wniosku, że wybór odpowiedniego oscyloskopu do wychwytywania i analizy sporadycznych zaburzeń sygnału zależy generalnie od rodzaju aplikacji.

**Jacek Falkiewicz**  
**AM Technologies Polska**  
**jacek.falkiewicz@amt.pl**