

OSCYLOSKOPOWE POMIARY PRZEBIEGÓW LOSOWYCH



Podczas badania oscyloskopu, wpływ na ocenę może mieć jego odpowiedź na mierzony sygnał. Bada się ją zwykle w ten sposób, że mierzy się szybki, powtarzalny sygnał i obserwuje odpowiedź oscyloskopu. Jeżeli przebieg na ekranie uaktualnia się zbyt wolno, to stosowanie takiego oscyloskopu może być frustrujące. Jest to prawdą, zwłaszcza we współczesnych oscyloskopach cechujących się dużą pamięcią, ponieważ jej obsługa spowalnia częstość odświeżania ekranu. Ogólnie, jeżeli zawartość ekranu oscyloskopu jest odświeżana przynajmniej dwadzieścia razy na sekundę, to obraz na ekranie będzie sprawiał wrażenie takie, jak ma to miejsce w przypadku oscyloskopów analogowych. Znaczenie częstości odświeżania przebiegu sięga jednak daleko poza subiektywne odczucia. Wrażenie, że przebieg jest „żywy” nie daje żadnej informacji o tym jakie jest prawdopodobieństwo wychwycenia rzadko występujących, przypadkowych zdarzeń.

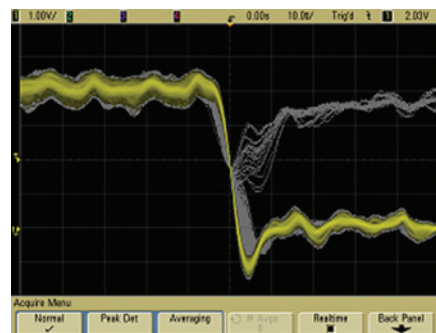
Niektórzy z producentów współczesnych oscyloskopów specyfikują wartość odświeżania na poziomie setek tysięcy w ciągu sekundy, a przy tych szybkościach ludzkie oko nie jest w stanie wychwycić różnic jakościowych. Jednakże szybkości odświeżania z tego zakresu są krytyczne podczas uruchamiania szybkich układów cyfrowych, ponieważ zwiększają prawdopodobieństwo wychwycenia rzadkich zdarzeń. Gdyby sygnały obserwowane oscyloskopem były zawsze dokładnie powtarzalne (bez żadnych anomalii), to ekstremalnie szybkie odświeżanie nie miałoby wielkiego zna-

Kiedy inżynier wybiera oscyloskop cyfrowy, wtedy najczęściej ocenianymi parametrami są: pasmo, częstość próbkowania i wielkość pamięci. Jednakże również częstość odświeżania przebiegu jest ważnym czynnikiem wartym rozpatrzenia. Częstość z jaką oscyloskop gromadzi przebieg i odświeża ekran decyduje o prawdopodobieństwie wykrywania przypadkowych i rzadko występujących zdarzeń takich, jak zakłócenia szpilkowe (glitche). W tym artykule, na przykładzie uruchamiania układu – próbie wyłapania przypadkowych i rzadkich stanów metastabilnych – zilustrujemy znaczenie częstości odświeżania przebiegu. Przedyskutujemy także zastosowanie specjalnych trybów gromadzenia danych o dużej szybkości powtarzania i związane z ich stosowaniem kompromisy.

czenia. Jeżeli jednak sygnały nie są okresowe – występują w nich pewne anomalie – to przypadkowe i rzadko pojawiające się zdarzenia są w stanie uniemożliwić diagnostykę uszkodzenia. Ponieważ częstsze odświeżanie przebiegu zwiększa szansę wyłapania trudnych do obserwacji zdarzeń, to jest najczęściej stosowane przez producentów rozwiązanie.

Wychwytywanie stanów metastabilnych podczas próbkowania w czasie rzeczywistym

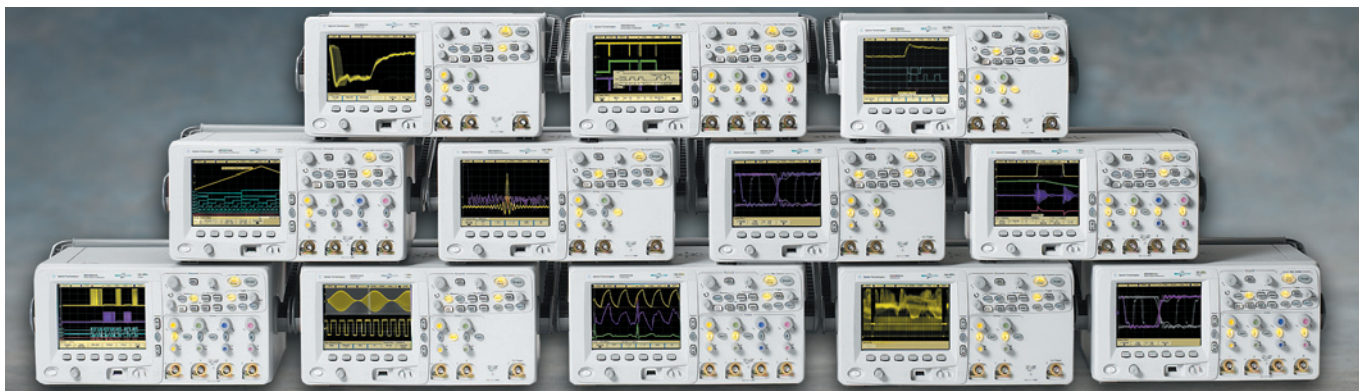
Na rys. 1 przedstawiono stan metastabilny (*glitch*) występujący średnio raz na 50000 cykli sygnału. Jeśli z góry wiadomo, że takie zdarzenie występuje przypadkowo, to w większość oscyloskopów można ustawić tak, by wyzwalanie powodował ten *glitch* – nastawienie bazujące na minimalnej szerokości impulsu. Uzyskuje się wówczas niezawodną rejestrację *glitcha* podczas każdej rejestracji danych. Gdy jednak jest się nieświadomym występowania *glitchy*, to zwy-



Rys. 1. Rzadkie stany metastabilne zarejestrowane oscyloskopem Agilent serii 6000 w trybie próbkowania w czasie rzeczywistym

kle obserwuje się różne sygnały pod kątem ich poprawności, ale stosując standardowe wyzwalanie z boczem narastającym lub opadającym.

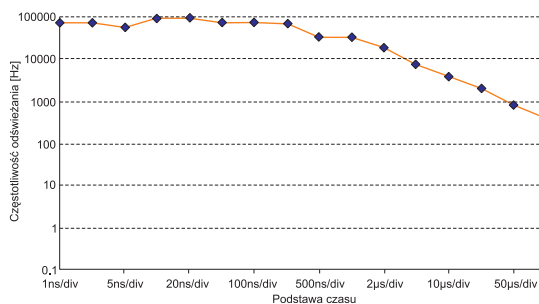
Ze względu na stosunkowo niskie częstości odświeżania, większość oscyloskopów wymaga gromadzenia danych przez dobrych kilka sekund by zarejestrować rzadko występujące zdarzenie. Jeśli więc stosuje się sposób uruchamiania układu, w którym każ-



dy punkt testowy obserwuje się przez kilka sekund i jednocześnie wymaga się rejestracji rzadko występujących zdarzeń jakie mogą się w tym punkcie pojawić, to występuje konieczność zastosowania oscyloskopu ekstremalnie szybkim odświeżaniem.

Glitch pokazany na rys. 1 został zarejestrowany za pomocą oscyloskopu Agilent serii 6000, który przy próbkowaniu w czasie rzeczywistym odświeża przebieg na ekranie 100000 razy na sekundę – nawet przy stosowaniu rekonstrukcji $\sin(x)/x$. Przy takiej częstotliwości odświeżania sygnału, prawdopodobieństwo zarejestrowania tego szczególnego zdarzenia wyniosło w przybliżeniu 2 razy na sekundę. Ta niewątpliwie największa aktualnie częstotliwość odświeżania oferowana w oscyloskopach Agilent została osiągnięta dzięki zastrzeżonej technologii MegaZoom III.

Kiedy odkryjemy, że nasz układ zachowuje się w sposób nieoczekiwany, wtedy możemy dogłębniej testować nasz system. Wykorzystując kanały logiczne oscyloskopu MSO (do pomiaru sygnałów mieszanych – *mixed-signal oscilloscope*), można ustawić warunek (obejmujący zarówno sygnały analogowe, jak i cyfrowe), którego spełnienie wygeneruje sygnał wyzwalający. Może się wówczas okazać, że czasami zostają naruszone zależności pomiędzy



Rys. 3. Wykres przedstawiający liczbę wyświetlanych w ciągu sekundy przebiegów w funkcji wartości podstawy czasu

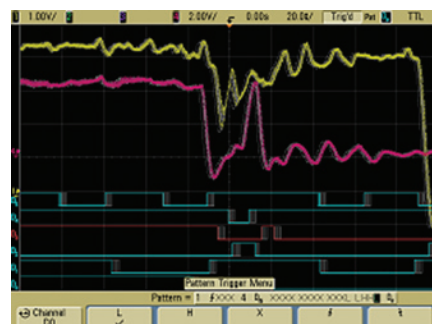
czasami SETUP i HOLD spowodowane jitterem sygnału zegarowego, tak jak to przedstawiono na rys. 2.

Zachodzi pytanie: jak wypada porównanie oscyloskopów Agilent serii 6000, charakteryzujących się częstością odświeżania sygnału na ekranie równą 100000 razy na sekundę, z innymi oscyloskopami aktualnie dostępnymi na rynku? Otóż w przypadku innych oscyloskopów cyfrowych, w trybie próbkowania w czasie rzeczywistym z ustawieniami domyślnymi, uzyskuje się częstość odświeżania w granicach 60...700 przebiegów na sekundę. Wyświetlanie 60 przebiegów w ciągu sekundy to więcej niż potrzeba by mieć poczucie oglądania „na żywo”. Jednak by zarejestrować ten przebieg, który występuje raz na 50000 cykli, trzeba by sonda była dołączona do punktu testowego, średnio przez około 14 minut, dla rejestracji jednego glitcha. Nawet przy odświeżaniu przebiegu 700 razy na sekundę, co brzmi całkiem niezłe, dla zarejestrowania pojedynczego glitcha potrzeba średnio ponad minutę.

Podczas typowo przebiegającego uruchamiania układu, gdy szybko przenosi się sondę oscyloskopu z jednego punktu do drugiego, prawdopodobnie zgubi się takie zdarzenie, stosując oscyloskop cyfrowy pracujący w trybie próbkowania w czasie rzeczywistym z nastawami domyślnymi. Dla zarejestrowania tych szczególnych, błędnych zdarzeń w ciągu kilku sekund, potrzebny jest oscyloskop z częstością odświeżania rzędu dziesiątków tysięcy przebiegów na sekundę lub szybszy.

Wykorzystanie specjalnych trybów akwizycji

A co jeśli chodzi o inne „specjalne” tryby akwizycji? Niektóre współczesne oscy-



Rys. 2. Wyzwalanie warunkowe (ko- incydencją zdarzeń) pozwala odkryć naruszenie zależności czasowych SETUP-HOLD

loskopy są reklamowane jako mające częstość odświeżania przebiegu rzędu tysięcy na sekundę. Ale to wymaga zwykle wybrania specjalnych trybów pracy oscyloskopu. W tych trybach na ogół występuje jakiś kompromis. Często szybsza akwizycja danych jest okupiona zmniejszeniem częstotliwości próbkowania i pojemności pamięci, a czasami jest związana z próbkowaniem sekwencyjnym wyłącznie przebiegów powtarzalnych, co nie ma nic wspólnego z próbkowaniem w czasie rzeczywistym. Ponadto kompromis

może obejmować zmniejszenie funkcjonalności oscyloskopu redukując liczbę dostępnych pomiarów, zakres operacji matematycznych na przebiegach, a także operacje na zarejestrowanych przebiegach (powiększanie i zmniejszanie przebiegu na ekranie).

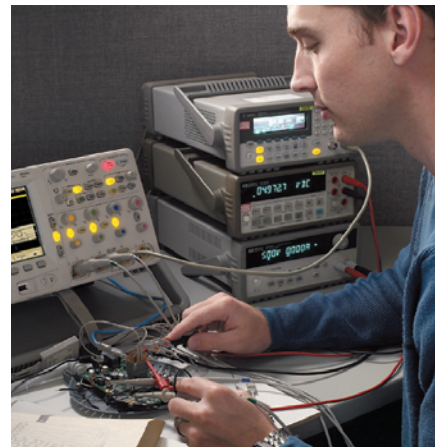
Mimo, że takie specjalne tryby szybkiej akwizycji mogą być właściwym wyborem dla rejestrowania rzadkich zdarzeń, to jednak – ze względu na możliwe ograniczenia - trzeba wiedzieć kiedy ich używać, a kiedy nie. Ponadto, nawet jeśli dany oscyloskop ma w tych trybach specjalnych wyspecyfikowaną dużą częstość odświeżania, w zakresie setek tysięcy przebiegów na sekundę, to może ją osiągać tylko przy stosowaniu węższego zestawu warunków, a także, wyświetlany przebieg może się składać z rozrzuconych punktów – nie jest kompletny w każdym cyklu akwizycji.

Definicja kompletnego przebiegu

Nie wszystkie przebiegi są tworzone jednakowo. Jak się zatem określa kompletny przebieg? Z definicji, jeżeli się używa próbkowania w czasie rzeczywistym z rekonstrukcją $\sin(x)/x$, to każdy cykl akwizycji prowadzi do kompletnego przebiegu złożonego z minimum 500...1000 punktów. Ale gdy próbkowanie przebiegu okresowego jest wykonywane sekwencyjne (próbkowanie równoważne), to większość oscyloskopów ze specjalnymi trybami szybkiej akwizycji wytwarza niekompletny przebieg, z próbkami rozłożonymi szeroko na najszybszych zakresach podstawy czasu. Na przykład, przy podstawie czasu 200 ps/działkę, jeden z dostępnych oscyloskopów wytwarza średnio 2,5 punktu na jeden cykl akwizycji. Wynika to z faktu, że mak-

symalna częstotliwość próbkowania, gdy jest wybrany tryb specjalny, jest ograniczona do 1,25 GSa/s. Oczywiście jest to za mała liczba punktów by utworzyć kompletny przebieg. Tak więc, nawet jeśli ten oscyloskop jest w stanie, przy tej najszybszej podstawie czasu, osiągnąć częstość akwizycji większą od 100000 razy na sekundę, to i tak, przy tych ustawieniach, nie wytworzy 100000 kompletnych przebiegów na sekundę. A zatem, by można było porównać różne oscyloskopy z punktu widzenia liczby wyświetlanych w ciągu sekundy przebiegów, przy korzystaniu z próbkowania równoważnego, należy znormalizować rzeczywistą częstość akwizycji na najszybszych podstawach czasu tak, żeby można było wyliczyć liczbę **kompletnych** przebiegów wyświetlanych w ciągu sekundy. Zgodnie z sugestią firmy Agilent, jako współczynnik normalizacyjny powinna zostać przyjęta liczba co najmniej 500 punktów. Jeśli więc pewien oscyloskop dokonuje 100000 akwizycji na sekundę, ale jednej akwizycji odpowiada 2,5 punktu, to by wytworzyć kompletny przebieg złożony z 500 punktów, jest wymaganych ok. 200 cykli akwizycji. Oznacza to, że efektywna częstość odświeżania przebiegu wynosi nie 100000 przebiegów na sekundę (w specjalnym trybie szybkiej akwizycji), ale w rzeczywistości tylko 500 kompletnych przebiegów na sekundę.

W celu uzupełnienia tych ostrzeżeń o prawdzie dotyczącej specjalnych trybów szybkiej akwizycji, można jeszcze dodać, że jeszcze wiele innych parametrów decyduje o częstości wyświetlania przebiegów. Niektóre z nich, to zakres podstawy czasu, dostępne pomiary, liczba aktywnych kanałów, wielkość pamięci, złożoność wyświe-



tlanego przebiegu, itd. Na **rys. 3** pokazano wykres przedstawiający liczbę wyświetlanych w ciągu sekundy przebiegów jako funkcję nastawy podstawy czasu, w przypadku oscyloskopu Agilent serii 6000.

Podsumowanie

Prezentowane rozwiązania, zastosowane w najnowszych rodzinach cyfrowych oscyloskopów firmy Agilent, ułatwiają stosowanie ich do diagnostyki urządzeń, w których są stosowane szybkie układy cyfrowe (typowy obszar występowania sygnałów metastabilnych), wykorzystujących optyczne i kablowe tory transmisyjne lub układy analogowe podatne na nieregularnie występujące zakłócenia impulsowe. Takich aplikacji jest coraz więcej, a dzięki postępowi w technologii pomiarów cyfrowych, nie jesteśmy wobec tych trudnych zjawisk bezbronni.

Johnnie Hancock,
Agilent Technologies

Dodatkowe informacje:

AMTechnologies, ul. Nakielska 3,
01-106 Warszawa, tel. (22) 532 28 00,
www.amt.pl



TUSZE TONERY

TUSZE TONERY REGENERACJA

PLACIMY GOTÓWKĄ ZA PUSTE WKŁADY DO DRUKAREK

www.fil.com.pl

Infolinia:
(22) 724 32 84
dostawa GRATIS

GG: 4449538
biuro@fil.com.pl
Grodzisk Maz, ul.Traugutta 40 blok B







Podzespoły elektroniczne w ilościach hurtowych

Układy scalone i elementy biernie

Zawsze aktualna oferta, oraz sklep internetowy:
www.tvsat.com.pl

*

01-957 Warszawa, ul. Szegedyńska 13a
tel. (022) 864-77-85, 834-44-27
fax (022) 864-77-86

*

e-mail: tvsat@tvsat.com.pl; sakos@medianet.pl