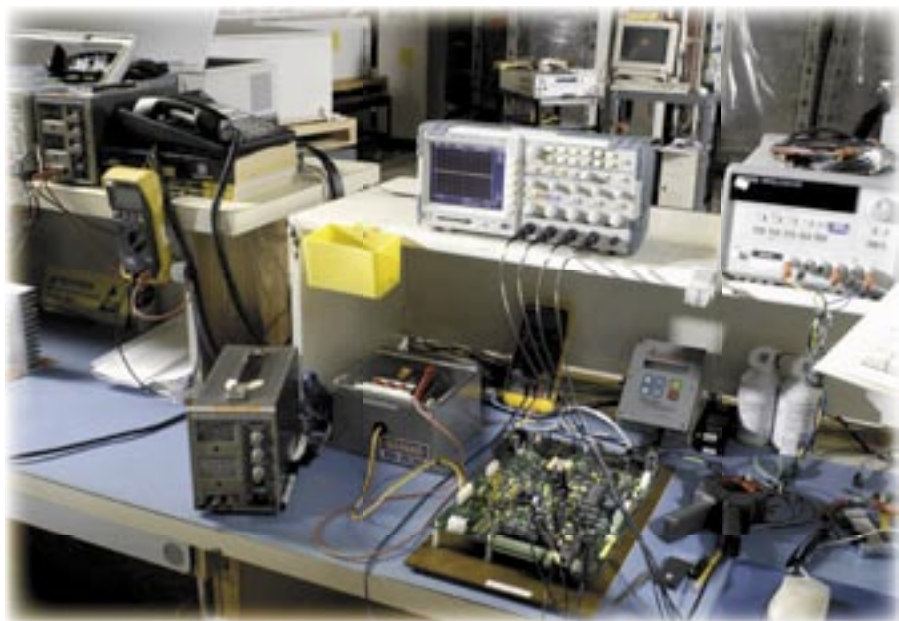


Pomiary oscyloskopowe: okiem praktyka, część 3

Oscyloskop jest jednym z najbardziej uniwersalnych przyrządów pomiarowych. Wykorzystywany jest zarówno w najbardziej zaawansowanych projektach badawczych jak i warsztatach amatorskich. Oczywiście różnice w parametrach, a także i cenach przyrządów stosowanych podczas pomiarów bywają ogromne. Pasmo najbardziej wyczynowych współczesnych oscyloskopów niebawem przekroczy granicę 20 GHz, a szybkość próbkowania w czasie rzeczywistym rzędu 40 miliardów próbek na sekundę, stosowana jest już od dawna.



Rekord akwizycji

Oscyloskop cyfrowy rejestruje badany sygnał pobierając w ustalonych odstępach czasu jego próbki, które są następnie umieszczane w pamięci, w tak zwanym rekordzie akwizycji. Dla stałej częstotliwości próbkowania, wraz ze zmianą podstawy czasu (skala osi poziomej) zmienia się liczba pobieranych próbek, a tym samym wymagana pojemność pamięci. Dla przykładu, jeśli na ekranie widoczny jest cały zgromadzony rekord, to dla podstawy czasu 250 ns/dz. i częstotliwości próbkowania 1 GSa/s (miliard próbek na sekundę) wymagana długość rekordu to np. 2500 próbek (obraz składa się z dziesięciu działek skali a próbki pobierane są co 1 ns). Jeżeli teraz zmienimy podstawę czasu na np. 100 ms/dz. i chcielibyśmy jednocześnie zachować częstotliwość próbkowania to musielibyśmy zapisać miliard próbek. Rekord akwizycji o długości 1 GB jest jednak póki co nierealny. W praktyce jest dokładnie odwrotnie: to rozmiar pamięci próbek jest stały a zmianie ulega częstotliwość próbkowania. W przytoczonym przykładzie długość rekordu akwizycji nadal wynosić będzie 2500

próbek, ale częstotliwość próbkowania zmaleje do 2,5 kHz.

Długość rekordu determinuje okno czasowe w jakim badany sygnał jest obserwowany. Dla danego ustawienia podstawy czasu, częstotliwość próbkowania jest tym wyższa, im dłuższy jest rekord akwizycji. Długi rekord umożliwia zgromadzenie większej liczby próbek, ale też wymusza dłuższy czas potrzebny na przetworzenie większej ilości danych. To z kolei może wpłynąć niekorzystnie na częstotliwość odświeżania ekranu i ogólny czas reakcji przyrządu na zmiany nastaw. Redukuje także liczbę cykli rejestracji w jednostce czasu.

W oscyloskopie cyfrowym, punkt wyzwolenia jest zazwyczaj umieszczony w połowie ekranu. Oznacza to, że połowa tworzących widoczny przebieg próbek została zarejestrowana przed wyzwoleniem przyrządu. Jest to możliwe dzięki temu, że rekord akwizycji zorganizowany jest w postaci bufora kołowego. Po zapisaniu ostatniej jego komórki kolejna próbka trafi do komórki pierwszej. Od momentu wyzwolenia odliczany jest tzw. czas post-triggera (na ekranie jest to odcinek od momentu wyzwolenia, typowo

środek ekranu, do prawej krawędzi) i proces pojedynczej akwizycji jest zakończony. Dla bardzo długich rekordów wszystkie wykonywane na nim operacje, w tym tworzenie obrazu jest czasochłonne. Jednym ze stosowanych rozwiązań tego problemu jest jednoczesne tworzenie trzech rekordów o różnej długości. Jeden o długości maksymalnej, je-

Tab. 3. zmiana częstotliwości próbkowania przy zmianie podstawy czasu dla różnej długości rekordu akwizycji (oscyloskop Tektronix DPO4054)

Podstawa czasu	Częstotliwość próbkowania przy rekordzie:	
	1000 próbek	10.000.000 próbek
2 ms/dz	50 kSa/s	500 MSa/s
400 μs/dz	250 kSa/s	2,5 GSa/s
200 μs/dz	500 kSa/s	2,5 GSa/s
100 μs/dz	1 MSa/s	2,5 GSa/s
40 μs/dz	2,5 MSa/s	2,5 GSa/s
20 μs/dz	5 MSa/s	2,5 GSa/s
10 μs/dz	10 MSa/s	2,5 GSa/s
4 μs/dz	25 MSa/s	2,5 GSa/s
2 μs/dz	50 MSa/s	2,5 GSa/s
1 μs/dz	100 MSa/s	2,5 GSa/s
400 ns/dz	250 MSa/s	2,5 GSa/s
200 ns/dz	500 MSa/s	2,5 GSa/s
80 ns/dz	1,25 GSa/s	2,5 GSa/s
40 ns/dz	2,5 GSa/s	2,5 GSa/s

Nowy katalog co tydzień www.elfa.se/pl

Tutaj znajdziesz ostatnie nowości
z asortymentu ELFA. Strona
www.elfa.se/pl uaktualniana jest
co tydzień.

opłata za przesyłanie
informacji o warunkach

Kontrola zawartości

wartość koszyka **Lista**

artykułu

Kontrola zawartości

Na www.elfa.se/pl możesz
sprawdzić stan magazynowy
wybranego produktu bez
logowania.

ELFA Polska Sp. z o.o., Aleje Jerozolimskie 136, 02-305 Warszawa • Dział Obsługi Klienta tel.: (0...22) 570 56 00
Fax: (0...22) 570 56 20 • E-mail: obsługa.klienta@elfa.se • Internet: www.elfa.se/pl

ELFA

C/C++

RTOS, FFS

Debuggery

Sondy JTAG

State Machine

ARM
8051
AVR
PIC...



AUTORYZOWANY DYSTRYBUTOR
Nowy PARTNER IAR SYSTEMS

WG

Electronics

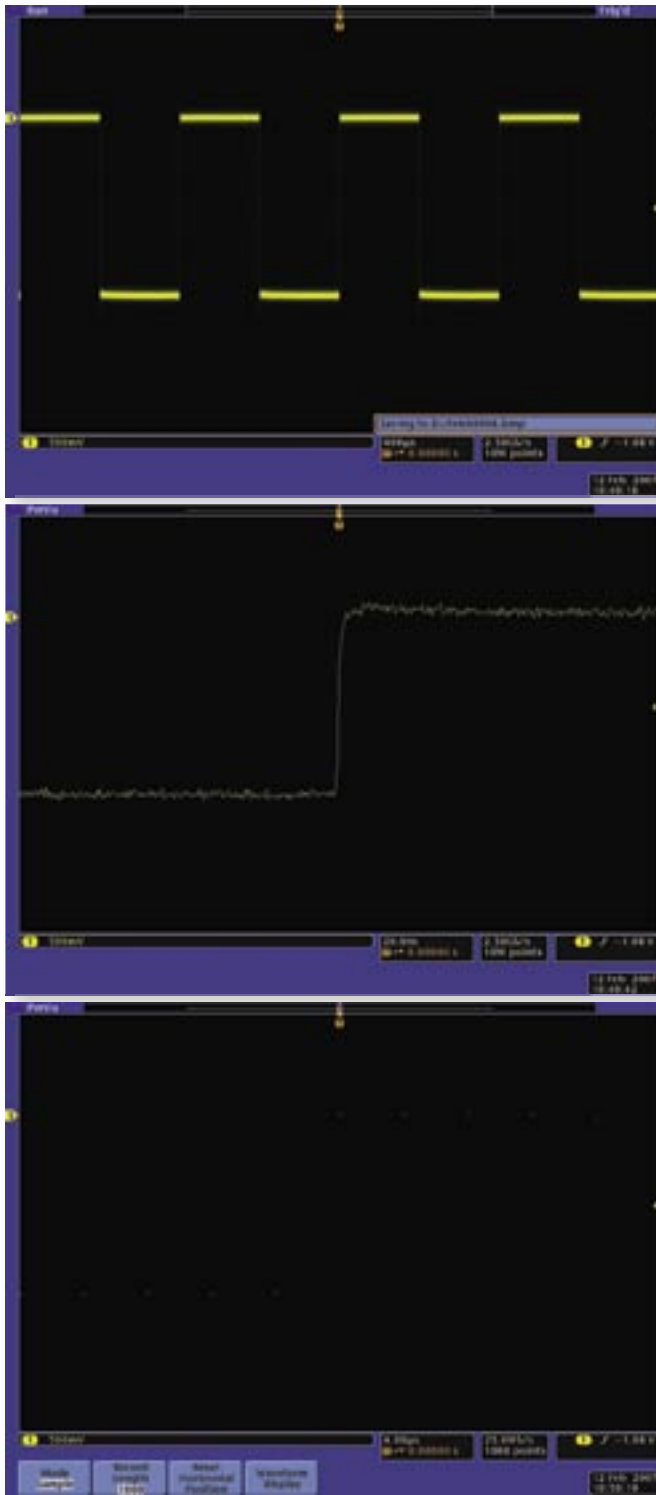
WG Electronics Sp. z o.o.

ul. Modzelewskiego 35

02-679 Warszawa

tel. +48 22 847 97 20

www.wg.com.pl



Rys. 8. Ten sam sygnał zarejestrowany w pojedynczym wyzwoleniu (a) i powiększony przy rekordzie o długości 10.000.000 próbek (b) i 1000 próbek (c). Przy zbyt krótkim efektem powiększenia jest tylko kilka widocznych na ekranie punktów

den pośredni oraz jeden rekord krótki. Ten ostatni wykorzystywany jest do wykonywania bieżących operacji na przebiegu. Jeśli zachodzi potrzeba odwołania się do powiększonego fragmentu przebiegu,

bardziej znacząca będzie długość rekordu i związana z nią częstotliwość próbkowania niż zdolność przyrządu do większej liczby rejestracji. Niektórzy producenci, jak na przykład Agilent, zamiast liczy-

wykorzystywane są pozostałe dwa rekordy, przechowujące bardziej szczegółowe dane o badanym sygnale.

W niektórych zastosowaniach parametrem równie ważnym jak długość rekordu akwizycji jest liczba cykli rejestracji jakie oscyloskop jest w stanie wykonać w określonym przedziale czasowym. Typowa wartość tego parametru dla większości oscyloskopów o klasycznej konstrukcji DSO (*Digital Storage Oscilloscope*) wynosi kilkadziesiąt cykli w ciągu sekundy. Zależy to zarówno od konkretnej konstrukcji, jak i aktualnej długości rekordu akwizycji i związanej z nią podstawy czasu. Podczas odczytywania danych katalogowych należy zwrócić uwagę na warunki w jakich parametr ten określono. Dla przykładu oscyloskop WaveStar firmy LeCroy rejestruje do 40 rekordów/s. Jednak dla rekordu o długości 1 M liczba rejestracji spada do ok. 5...10 rejestracji. Oczywiście przy pomiarach jednorazowych

by rejestracji podają liczbę próbek jaką oscyloskop gromadzi w jednostce czasu. Daje to czasem lepsze wyobrażenie o możliwościach akwizycyjnych oscyloskopu niż podanie samej długości rekordu w oderwaniu od ilości rejestrowanych przebiegów. Liczba wykonanych rejestracji ma kluczowe znaczenie podczas wyszukiwania w mierzonym sygnale zakłóceń przypadkowych. Wraz z jej wzrostem rośnie prawdopodobieństwo zaobserwowania takiego zakłócenia. Technologia DPX stosowana przez firmę Tektronix umożliwia rejestrowanie nawet do 400000 przebiegów w ciągu sekundy. Opracowana niedawno technologia Mega Zoom III firmy Agilent zapewnia do 100000 rejestracji/s, ale przy jednoczesnym zachowaniu długiego rekordu, a więc i większej częstotliwości próbkowania.

Nie ma jednoznacznej odpowiedzi na pytanie jaka długość rekordu jest optymalna. Dla pomiarów jednorazowych lepszy jest długi rekord, pozwalający na próbkowanie z większą częstotliwością i zarejestrowanie większej ilości detali sygnału. Czasami jednak przydaje się rekord krótszy. Technologia DPO pozwala rejestrować krótkie rekordy, ale też z bardzo krótkim czasem ich powtarzania. Długi rekord akwizycji nie oznacza automatycznie dłuższego czasu obserwacji. Rozpatrzmy prosty przykład: dwa współczesne oscyloskopy cyfrowe różnych producentów. Pierwszy posiada rekord o długości 10000 lub 500 próbek w zależności od wybranego trybu akwizycji. Drugi natomiast wyposażony jest w pamięć akwizycji o pojemności 2000000 próbek. Jak można by sądzić bardzo długi rekord drugiego z przyrządów pozwoli o wiele szybciej wykryć występujące w sygnale anomalie. Załóżmy, że w celu wykrycia zakłócenia obserwujemy badany przebieg w skali 100 $\mu\text{s}/\text{dz}$. W takich warunkach drugi z przyrządów zarejestruje najwyżej 10 rekordów. Łącznie umożliwi nam to obserwację sygnału przez 10 ms na każdą sekundę pomiaru przy częstotliwości próbkowania 2 GSa/s. Tymczasem pierwszy oscyloskop umożliwi zarejestrowanie 315 rekordów po 10000 próbek lub 670 rekordów po 500 próbek, w zależności od wybranego trybu akwizy-



STR910F MCU-Family

ARM based 32-bit Flash Microcontroller

STMicroelectronics brings the power of an ARM9 processor core of general purpose Flash Microcontrollers, opening endless opportunities to embedded system designers by marketing networking and other demanding applications easy and affordable.

- 96 MHz ARM966E-S CPU core
- 10/100 Ethernet connectivity with optimized DMA data flow
- Plentiful SRAM and Flash memories. Support for USB, CAN, SPI, I²C, UART/IrDA, many timers, and up to 80 5 V-tolerant GPIOs. Analog capability with 10-bit ADC and full supervisor functions
- Flexible power and clock management
- Extensive firmware support and tools offering

Committed to excellence.




Qwertv®
zaufaj nam

PROJEKTUJEMY
PRODUKUJEMY
SPRZEDAJEMY

sprawdź naszą nową stronę!
www.qwertv.pl

specjalizujemy się w projektowaniu i produkcji klawiatur, elewacji, tabliczek i zestyków foliowych

wykwalifikowani pracownicy pomogą dopasować odpowiednią technologię do Państwa wymagań a wysokiej jakości materiały i nowoczesne technologie zagwarantują niezawodność naszych wyrobów

www.qwertv.pl

PRODUCENT KLAWIATUR FOLIOWYCH



Towarzystwo Elektrotechnologiczne Qwertv Sp. z o.o.
ul. Siewna 21, 94-250 Łódź, e-mail qwertv@qwertv.pl
tel. (42)632-47-92, 633-32-84, 630-42-64, fax (42)632-85-93



UPort
Szeregowe porty na USB

MOXA

Porty szeregowo na USB

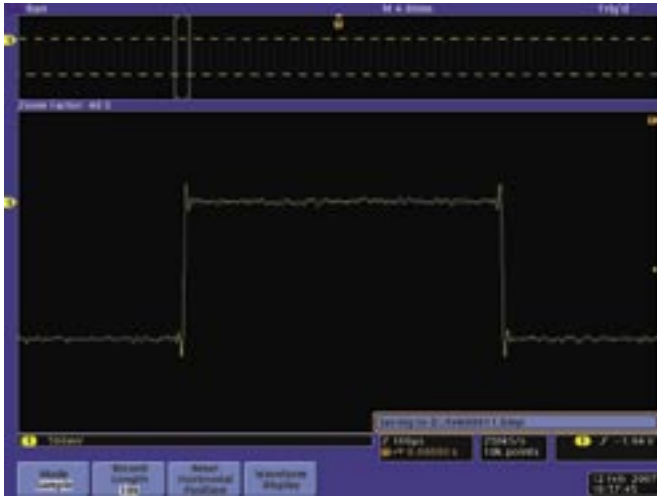
- od 1 do 16 portów RS-232/422/485
- prosta instalacja plug&play, zgodne z USB 2.0 i 1.1
- transfer danych dla portu USB do 480 Mbps
- prędkość portu szeregowego do 921,6 Kbps
- zasilanie z magistrali USB lub zewnętrznego zasilacza
- optyzolacja 2KV, zab. przeciwprzepięciowe 15kV ESD
- sterowniki do Windows 2000/XP/2003



www.elmark.com.pl www.moxa.com.pl



Elmark Automatyka Sp. z o.o.
ul. Radna 12, 00-341 Warszawa
tel. 022 821 30 54 fax. 022 821 30 55



Rys. 9. Przeglądanie powiększonych fragmentów długiego rekordu akwizycji w oscyloskopie Tektronix DPO4000

cji. Oznacza to obserwację badanego sygnału przez odpowiednio 315 lub 670 ms podczas każdej sekundy pomiaru. Jest to jednak okupione znaczącym spadkiem częstotliwości próbkowania. Wszystko zatem zależy od charakteru występujących zakłóceń. Jeśli będą występować losowo i sporadycznie to prawdopodobieństwo ich wykrycia będzie znacząco większe dla pierwszego ze wspomnianych w przykładzie przyrządów. Jeżeli jednak szerokość impulsów zakłócających będzie mała, ale występowanie częstsze to bardziej prawdopodobne jest ich wykrycie przyrządem drugim.

Podawana w katalogu długość rekordu akwizycji nie oznacza, że oscyloskop będzie rejestrował w pojedynczym wyzwoleniu tyle próbek, na ile pozwala pojemność pamięci. Dla przykładu jeden z obecnych na naszym rynku oscyloskopów wyposażony w pamięć 4000 próbek, dla dwóch najkrótszych podstaw czasu 1 ns/dz. i 2 ns/dz. rejestruje zaledwie... 40 punktów. W takim przypadku 99% pamięci jest niewykorzystane. Dlaczego tak się dzieje? Czas akwizycji t_A jest proporcjonalny do długości rekordu N oraz odwrotnie proporcjonalny do częstotliwości próbkowania f_s :

$$t_A = \frac{N}{f_s}$$

Dla rozpatrywanego modelu czas akwizycji jest 20 lub 40 razy dłuższy od podstawy czasu, w zależności od nastaw. Przykładowo dla

skali 100 ns/dz. czas akwizycji wynosi 4 μ s. W takich warunkach oscyloskop dostarcza próbki z częstotliwością 250 MSa/s, a rekord tworzony jest z 1000 punktów. Jeżeli teraz zmienimy skalę na 1 ns/dz., wówczas czas akwizycji wyniesie 40 ns. W takim czasie przetwornik analogowo-cyfrowy tego oscyloskopu (próbkowanie 1 GSa/s)

jest w stanie dostarczyć jedynie 40 próbek. Zapisanie całego dostępnego rekordu przy podstawie czasu 1 ns/dz. wymagałoby pracy w trybie ekwiwalentnym i wykonania co najmniej stu cykli rejestracji.

Liczba wykonywanych w jednostce czasu cykli rejestracji niekoniecznie musi dotyczyć pracy w trybie ciągłym. Dlatego parametr ten może niekiedy wprowadzić w błąd. Na pierwszej stronie ulotki reklamowej jednego ze współczesnych oscyloskopów cyfrowych podano, że umożliwia on rejestrację 2,5 miliona przebiegów na sekundę. Jednak nie oznacza to, że oscyloskop ten może zarejestrować aż tyle przebiegów. W rzeczywistości rejestruje ich ok. 1600. W trybie akwizycji określanym przez producenta jako *N single mode*, przyrząd pracuje z tzw. segmentacją pamięci. Oznacza to, że dostępna pamięć akwizycji dzielona jest na wiele mniejszych odcinków (segmentów). Podczas pojedynczej rejestracji zapisywany jest tylko jeden z nich. W efekcie zamiast jednego długiego rekordu otrzymujemy wiele krótszych, zapisywanych kolejno po sobie, jednak tyle na ile pozwoli całkowity rozmiar pamięci. Pamięć rejestracji we wspomnianym przyrządzie w trybie *N single mode* może być podzielona na maksymalnie 1600 segmentów. Czas martwy pomiędzy rejestracjami skrócony może być do 400 ns. Dla najkrótszej podstawy czasu 500 ps/dz. czas akwizycji wynosi 5 ns. Dlatego czas potrzebny na

wykonanie 1600 rejestracji wynosi 648 μ s. Zatem 1600 krótkich rekordów zgromadzonych może być z szybkością 2469135 przebiegów na sekundę. Chociaż stanowi to podstawę dla informacji zawartej w banerze reklamowym, nie zmienia to faktu, że liczba rzeczywiście wykonanych rejestracji wynosi nie 2,5 miliona a jedynie 1600. Dla ciągłego trybu pracy szybkość rejestracji wynosi dla omawianego przyrządu 25000 przebiegów na sekundę. Jest to jednak 100 razy mniej niż mogłaby to sugerować informacja reklamowa.

Do czego jednak segmentacja rekordu akwizycji mogłaby być przydatna? Wyobraźmy sobie, że sygnał badany składa się z krótkich impulsów i długich przerw pomiędzy nimi. W klasycznym rozwiązaniu do rekordu trafiają próbki pobrane zarówno podczas trwania interesujących nas impulsów jak i podczas nieistotnych przerw. Tych drugich będzie niestety więcej. Znaczna część rekordu zostanie zatem zajęta przez nieistotne dane. Jeśli jednak podzielimy rekord na krótkie odcinki, możemy w każdym z nich umieścić próbki pobrane podczas trwania kolejnego impulsu. Zarejestrowanie wielu jego wystąpień nie będzie więc tak mocno ograniczone skończonym rozmiarem pamięci akwizycji. Stosowanie segmentacji zazwyczaj łączone jest ze znakowaniem poszczególnych segmentów stemplem czasowym (*time stamp*) pozwalającym zachować zależności czasowe pomiędzy zdarzeniami zarejestrowanymi w poszczególnych segmentach rekordu.

Współczesne, profesjonalne oscyloskopy cyfrowe mogą być wyposażone w pamięć akwizycji nawet do 200000000 próbek w każdym kanale oraz umożliwiają rejestrację do 400000 przebiegów na sekundę. Przyrządy dostępne amatorom jak zwykle odstają znacznie od aktualnej czołówki. Typowy oscyloskop DSO do zastosowań hobbyistycznych posiada rekord akwizycji o długości do kilku tysięcy próbek i rejestruje w najlepszym wypadku do 100...200 przebiegów w ciągu sekundy.

**Andrzej Kamieniecki,
Tespól**