

## 25 lat minęło...

# Oscyloskopy dzisiaj i 25 lat temu

*25 lat to dużo, ale nie tak bardzo, jakby mogło się wydawać. Sięgając pamięcią w czasy początków Elektroniki Praktycznej uświadamiamy sobie, że technika cyfrowa już na dobre zadomowiła się wtedy w sprzęcie elektronicznym i to nie tylko profesjonalnym. Cyfryzacja nie objęła jednak każdej dziedziny. Nadal na przykład królowały analogowe aparaty fotograficzne, a jakich wtedy używaliśmy oscyloskopów?*

Musimy pamiętać, że w czasach, gdy powstawała polska Elektronika Praktyczna nasz kraj był już po przemianach ustrojowych. Nadal jeszcze czuć było ostatnie tchnienia PRL-u, ale gospodarka funkcjonowała już na zupełnie innych zasadach. Wszyscy uczyliśmy się nowych metod zarządzania i pracy w spółkach prywatnych, w które często były przekształcane dawne instytucje państwowe. Powstawały też nowe firmy prywatne o różnych formach działalności. Taka dość nagle zmiana typu gospodarki nie mogła wywołać równie szybkich zmian rynkowych. Powoli natomiast można było obserwować korzyści wynikające z nowego ustroju. Objawiało się to przede wszystkim otwarciem na zachód, zniesieniem ograniczeń w dostępie do zachodnich technologii, możliwością swobodnego przemieszczania się po całym świecie. Ci, którzy pamiętają te czasy doskonale wiedzą, jak mocno dawały się we znaki ograniczenia – tzw. COCOM, które formalnie przestały obowiązywać dopiero w roku 1995, a więc 2 lata po ukazaniu się pierwszego numeru EP. Restrykcje były nakładane przez państwa zachodnie na dostęp do podzespołów, szczególnie dla instytucji, które pod płaszczykiem produkcji urządzeń powszechnego użytku wytwarzały *de facto* sprzęt dla wojska. Można tylko zadać nieco ironiczne pytanie – a które z dawnych przedsiębiorstw państwowych nie było uwikłane w tego rodzaju procedury?

Na przełomie lat 80. i 90. pracowałem w biurach konstrukcyjnych (wtedy tak się tego nie nazywało) dwóch przedsiębiorstw państwowych zajmujących się produkcją elektroniki profesjonalnej. Pamiętam, że do projektów mogły być brane tylko elementy produkowane w krajach RWPG (Rada Wzajemna Pomocy Gospodarczej), a więc tych, które tworzyły dawny tzw. blok wschodni. Było tak, mimo że można już było oficjalnie nabywać elementy zachodnie. Swoje prywatne konstrukcje z tego okresu mogłem całkiem swobodnie opierać np. na mikroprocesorze Z80 (kupowanym na jarmarku perskim w Warszawie), podczas gdy zatrudniająca mnie w tym czasie instytucja państwowa zezwalała jedynie na zeszlifowane (między innymi, w ten sposób uzyskiwano dostęp do struktury układu, który miano zamiar skopiować) klony tego układu produkowane przez ZSRR.

Trochę inaczej wyglądała sprawa przyrządów pomiarowych. Dostęp do oscyloskopów cyfrowych był dla amatora w tym czasie praktycznie nieosiągalny. Zapewne nie za wiele było ich w ogóle w Polsce. W instytucjach produkujących elektronikę profesjonalną można było jednak korzystać z zachodnich przyrządów pomiarowych. Doskonale

pamiętam 24-kanalowy analizator stanów logicznych bodajże firmy Hewlett Packard. Tak dobrze nie było z oscyloskopami. W początkach lat 90. przeważały analogowe, wtedy jeszcze w dużej części lampowe oscyloskopy produkcji polskiej. Były one wytwarzane w zakładach Radiotechnika we Wrocławiu lub ZUE UNITEM również z Wrocławia.

### Lata 90. XX w.

Jedną z największych barier przy zakupie oscyloskopu zawsze była cena. Jest tak zresztą do dziś. Jeśli mielibyśmy rozważać możliwości zakupu tego przyrządu w tamtych czasach przez przeciętnego elektronika, to w zasięgu prawdopodobnie znalazłby się oscyloskop ST-315A II produkowany we wspomnianych zakładach Radiotechnika (**fotografia 1**). Jest to oczywiście oscyloskop analogowy, ale już w pełni tranzystorowy. Gdybyśmy dzisiaj usłyszeli, że do pomiarów dostaniemy kabel zakończony z jednej strony wtykiem BNC, a z drugiej wtyczkami bananowymi, pewnie byśmy się nieźle uśmieśli, ale takie właśnie było wyposażenie tego przyrządu.

Oscyloskop mierzył sygnały w jednym kanale w paśmie częstotliwości do 15 MHz (na najwyższych zakresach napięciowych 10 V/cm i 12 V/cm do 12 MHz). Jak widać, kiedyś dość dokładnie skalowano ekran z zachowaniem zależności metrycznych. Dzisiaj już raczej nie używa się jednostek V/cm, a V/działkę. O tym oscyloskopie można powiedzieć, że był to przyrząd przenośny, czemu wprawdzie zaprzeczała trochę jego masa wynosząca aż 7,6 kg, ale za to mógł on być zasilany napięciem stałym 12 V. Nie mogła to być jednak byle jaka bateryjka, lecz porządny akumulator. Moc pobierana ze źródła



Fotografia 1. Oscyloskop ST-315A II



Fotografia 2. Oscyloskop Tektronix 2212

## 25 lat minęło...

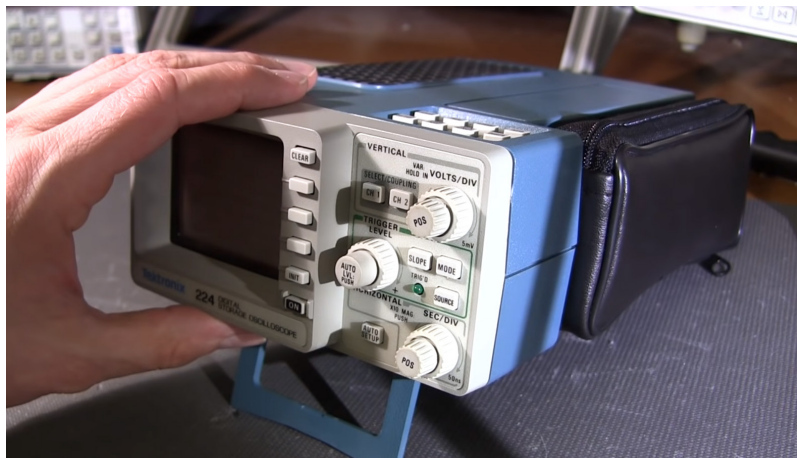
stałoprądowego była równa aż 27 W. Oscyloskop został skonstruowany jeszcze w latach 70. XX w., jednak znalazł się w artykule ze względu na jeszcze względnie dobrą jego dostępność w latach 90. Jeśli nie w oficjalnej sprzedaży, to na pewno na rynku wtórnym. Dość przystępna, nie zaporowa cena i parametry zadawające amatorów spowodowały, że prawdopodobnie wielu z nich posiadało ten przyrząd. Dzisiaj elektrolit w czerwonych beczułkach (czy ktoś pamięta jeszcze takie kondensatory) pewnie wysechł już do cna, ale oscyloskop jako dekoracja może efektownie przyozdobić nie jeden salon w firmie.

Popatrzmy teraz, co produkowali najwięksi, w czasach, gdy my otrząsaliśmy się po peerelewskich ograniczeniach. W roku 1993 u Tektroniksa pojawiło się sporo nowości. Był nim na przykład oscyloskop 2212 (**fotografia 2**) łączący w specyficzny sposób technikę analogową z cyfrową. Do zobrazowania oscylogramów zastosowano w nim lampę CRT z prostokątnym ekranem. Pomiary można było prowadzić z użyciem kursorów. Prawdziwą ciekawostką były jednak dwa różne tryby pracy – analogowy i cyfrowy. W trybie analogowym sygnał od gniazda BNC do samych cewek odchylających lampy obrazowej przechodził przez bloki wyłączające analogowe. W trybie cyfrowym sygnał był poddawany dygitalizacji i mógł być zapisywany w wewnętrznej pamięci lub drukowany. Na tylnej ścianie obudowy umieszczono w tym celu gniazdo drukarki. Pamiętamy, jak w tamtych czasach łączyło się drukarki do komputerów – przez złącze 25-pinowe, będące portem równoległym. Oscyloskop miał pasmo analogowe 60 MHz i cyfrowe 20 MHz, mógł być wykorzystywany jako rejestrator pracujący w trybie przewijania.

Innym, tym razem już całkowicie cyfrowym oscyloskopem, chociaż nadal wyświetlającym oscylogramy na lampie CRT, było prawdziwe maleństwo oznaczone symbolem 224 (**fotografia 3**). Był to chyba jeden z pierwszych cyfrowych oscyloskopów ręcznych. Świadczy o tym sposób zasilania: z baterii 12...28 V lub ze źródła napięcia zmiennego 16...20 V. Czas pracy na baterii wynosił ok. 3 godzin. Pasma analogowe tego 2-kanalowego oscyloskopu rozciągało się do 60 MHz, ale próbkował on sygnał z zawrotną szybkością 10 MSa/s.

Przyrządy takich marek, jak Tektronix, Hewlett Packard, LeCroy były całkowicie poza zasięgiem przeciętnego elektronika. Jako alternatywa pozostawały ewentualnie wyroby polskie z końcowego okresu ich produkcji oraz względnie tanie oscyloskopy litewskie (byliśmy już po rozpadzie ZSRR w grudniu 1991 roku), takie jak C1-112A czy C1-131. C1-112A to oscyloskop serwisowy z wbudowanym multimetrem, mierzący w paśmie do 10 MHz. C1-131 natomiast to 2-kanalowy oscyloskop o paśmie 20 MHz z pamięcią cyfrową przydatną w pomiarach wolnych przebiegów, poniżej 20 Hz. Przebiegi zapisane w pamięci mogły być wykorzystywane jako referencyjne w porównaniach z sygnałami mierzonymi na bieżąco. Nie była to jednak idea równoważna analizie sygnałów, chociaż chyba trochę na niej wzorowana. W oscyloskopie zastosowano dość oryginalnie wyglądające przełączniki przypominające potencjometry suwakowe.

Jak już wiadomo, w chwili gdy w kioskach pojawiały się pierwsze numery Elektroniki Praktycznej autorzy projektów mieli już względnie dobry dostęp do podzespołów elektronicznych i niestety mocno ograniczony, głównie ze względów budżetowych, dostęp do aparatury pomiarowej. Taka sytuacja mobilizowała ich do budowania własnych oscyloskopów. Wszak lepiej mieć przyrząd choćby amatorski niż żaden. I tak już w numerach 11 i 12 EP z roku 1993 opisany był oscyloskop - przystawka do komputera. Był to chyba jeden z pierwszych opisów tego typu urządzeń w naszym piśmie i to w dziale „Projekty” (przedruk z wydania francuskiego). Przystawka wykorzystywała do wyświetlania



Fotografia 3. Oscyloskop Tektronix 224

oscylogramów komputer wyposażony w kartę EGA, a więc można było oglądać przebiegi w 16 kolorach w rozdzielczości 640×350 pikseli. Konstrukcję oparto na układach TTL-LS i 8-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy ADC804. Wszystko niby pięknie, ale częstotliwość próbkowania była rzędu... 20 kHz. Auuuu...

Tymczasem, chociaż dzisiaj mogłoby wydawać się wręcz niewiarygodne, to jednak faktem jest, że już w czasach początków naszego piśmi, a dokładnie od roku 1993, Tektronix – uznawany kiedyś w sposób niekwestionowany za numer 1 w branży (i jak dziś patrzymy, chyba uzasadniony) produkował już oscyloskop cyfrowy typu *digital storage* TDS620. Charakteryzował się on pasmem 500 MHz i szybkością próbkowania 2 GSa/s w każdym z dwóch kanałów. A trzeba zaznaczyć, że była też wersja 4-kanalowa (TDS640). Oscyloskopy cyfrowe tej firmy, przynajmniej w początkach ich produkcji odznaczały się natomiast małymi rekordami akwizycji. To była świadomie obrana ścieżka rozwoju, której długo się trzymano. Inni producenci uznawali, że na rekordzie nie należy oszczędzać.

Mniej więcej w połowie lat 90. zaczęły pojawiać się oscyloskopy z wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi. Nadchodziły czasy bezpowrotnego odchodzenia od lamp CRT. Początkowo były to wyświetlacze monochromatyczne czarno-zielone lub białoczarne. Na kolorowe z prawdziwego zdarzenia trzeba było jeszcze trochę poczekać.

Wydarzeniem wartym odnotowania było wprowadzenie do oferty Hewlett Packarda (w roku 1996) pierwszego oscyloskopu HP 54645 umożliwiającego obserwację sygnałów mieszanych (analogowych i cyfrowych). Był to więc jeden z pierwszych oscyloskopów tzw. MSO (*mixed-signal oscilloscope*) mierzący w paśmie do 100 MHz. Oscyloskop ten miał 2 kanały analogowe i 8 lub 16 kanałów cyfrowych (**fotografia 4**).

Zbliżamy się do końca lat 90. XX w. To czas, w którym po początkowej fascynacji możliwościami oscyloskopów cyfrowych zaczęto zauważać ich wady w porównaniu z klasycznymi analogowymi. Najbardziej dotkliwą – chyba można tak powiedzieć – był zupełnie inny mechanizm wyświetlania oscylogramów na ekranie LCD niż na lampie CRT. Wydawać by się mogło, że na kolorowym ekranie przebiegi powinny być dużo bardziej czytelne niż na monochromatycznej lampie, tak jednak nie jest. Oscylogramy wyświetlane na lampie charakteryzują się pewną głębią jasności, która niesie dodatkowe informacje o sygnale. Informacje te ze względów technicznych nie pojawiały się na ekranach LCD. Postanowiono coś z tym zrobić. Problem nie ograniczał się bynajmniej tylko do tego, by można było wyświetlać każdy kolor w wielu odcieniach.



Fotografia 4. Oscyloskop klasy MSO – HP 54645

Dysponując wyświetlaczami LCD z matrycą TFT problem był do rozwiązania. Należało jednak dość mocno zmodyfikować układ akwizycji oscyloskopu, a to już nie było zadaniem łatwym. Zagadnieniem bardzo intensywnie zajęli się konstruktorzy Tektroniksa. W efekcie pojawiło się pojęcie tzw. cyfrowego luminoforu i powstała nowa klasa oscyloskopów cyfrowych – DPO (*Digital Phosphor Oscilloscope*). Minie jednak jeszcze trochę czasu zanim na dobre zdomowią się one w ofertach.

Zanim przejdziemy do nowego wieku warto odnotować jeszcze dwa wydarzenia. Pierwsze, to wprowadzenie do produkcji serii pierwszych oscyloskopów z systemem operacyjnym Windows. Było to 5 modeli oscyloskopów rodziny HP 54800 firmy Hewlett-Packard. W zależności od modelu mierzyły one w paśmie od 500 MHz do 1,5 GHz z szybkością próbkowania do 8 GSa/s. Oscyloskop z systemem operacyjnym takim samym, jaki był instalowany w komputerach otwierał szereg zupełnie nowych możliwości. Korzyści ujawniły się szczególnie w czasach powszechnego dostępu do Internetu. Popularny system operacyjny umożliwiał łatwą wymianę danych, zdalne sterowanie, jednoczesną pracę z różnymi programami komputerowymi itd.

Drugim wydarzeniem było powstanie nowego producenta aparatury pomiarowej, w tym oscyloskopów, który odegrał i nadal odgrywa bardzo dużą rolę na polskim rynku. Mowa oczywiście o Rigolu. Oficjalny początek działania tej firmy jest datowany na czerwiec roku 1998, a już rok później pojawił się w jej ofercie pierwszy model oscyloskopu. Był to tajemniczo brzmiący RVO2100 – Virtual Digital Storage Oscilloscope (fotografia 5). Jak nie trudno się domyślić chodzi o przystawkę oscyloskopową do komputera. W tym samym roku dział produkcji aparatury



Fotografia 5. Pierwszy oscyloskop Rigola RVO2100 – Virtual Digital Storage Oscilloscope

pomiarowej firmy Hewlett Packard przejęła nowo powstała jednostka Agilent Technologies.

## Lata 2000...2010

Można powiedzieć, że Elektronika Praktyczna zanotowała mocne wejście w nowe milenium. Minęła już niespełna dekada funkcjonowania nowego systemu gospodarczego w Polsce, ale nadal przeciętny elektronik posiadający własny oscyloskop należał do elity. Czytelnicy z utęsknieniem wypatrywali więc projektów tego typu urządzeń. I oto w wydaniu EP9 i 10/2000 został opublikowany projekt przystawki oscyloskopowej z gatunku DIY (*Do It Yourself*). Zastosowano w nim jednokładowy scalony oscyloskop produkowany przez niemiecką firmę ZMD. Zawiera on 6-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, który mógł teoretycznie próbkować z szybkością 20 MSa/s, ale chyba nie było to możliwe w tym projekcie ze względu na zaledwie 128-bajtową pamięć buforującą i transmisję do komputera z szybkością 38,4 kb/s. Oscyloskop wyświetlał obrazy na ekranie komputera z systemem Windows 95.

Skoro wspomnieliśmy już o powstaniu Rigola, to nie wypada nie zauważyć momentu założenia chyba jego największego konkurenta, przynajmniej w początkach funkcjonowania, firmy Siglent. Miało to miejsce w roku 2002, ale pierwsze oscyloskopy tej marki pojawiły się dopiero w roku 2005. Była to seria ADS7000 charakteryzująca się szybkością próbkowania 1 GSa/s. W oscyloskopach tych stosowano specjalnie opracowaną, autorską metodę obróbki danych pozwalającą 2- a nawet 4-krotnie zwiększyć precyzję wyników w porównaniu z innymi oscyloskopami podobnej klasy. Oscyloskopy z próbkowaniem 1 GSa/s rok wcześniej (w 2004) zaoferował Rigol.

Firmy Rigol i Siglent w początku lat 2000. realizowały potrzeby mniej zamożnych klientów godzących się na zwykle gorsze parametry ich wyrobów w porównaniu z wyrobami rynkowych liderów mających siedziby w Stanach Zjednoczonych. Mniej więcej w tej samej klasie można było znaleźć oscyloskopy tajwańskiego producenta GW Instek, który rozpoczął wprawdzie działalność dużo wcześniej, bo w roku 1975, ale w początkowym okresie firma ta specjalizowała się w urządzeniach zasilających.

W roku 2006 rozpoczął produkcję oscyloskopów rodziny DS1000CD. Tania, chińska siła robocza przy względnie niezłej jakości podzespołów pozwoliły na zaoferowanie klientom oscyloskopu MSO (sygnałów mieszanych – przyp.) o bardzo dobrym stosunku ceny do możliwości.

W połowie lat 2000. panujący przez lata interfejs komunikacyjny, jakim był RS232 odchodzi już w zapomnienie. W jego miejsce w urządzeniach informatycznych instalowane są wykorzystywane do dzisiaj porty USB. Konsekwencją tego będzie dynamiczny rozwój przystawek oscyloskopowych do komputerów. Pojawiają się pierwsze ich modele i pierwsi producenci specjalizujący się w tym zakresie. Do prekursorów należy zaliczyć Pico Technology. Firma ta tak naprawdę zupełnie nowicjuszem nie była, gdyż została założona w 1991 roku. W 2006 zaprezentowała natomiast jeden z pierwszych oscyloskopów USB o paśmie 500 MHz i próbkowaniu 1 GSa/s, inauguruje produkcję serii PicoScope 5000 (fotografia 6).

Przystawki oscyloskopowe – był to łakomy kąsek dla wielu konstruktorów. Wąskie gardło wpływające na możliwości przetwarzania danych stanowił interfejs komunikacyjny. Zanim pojawił się USB niedogodność tę próbowano pokonywać różnymi metodami. Słowacka firma ETC produkowała na przykład oscyloskop – przystawkę M621 komunikującą się z komputerem przez równoległy port drukarkowy. Urządzenie to było

# 25 lat minęło...

sprzedawane w roku 2001. Zegar próbkujący miał częstotliwość 50 MHz.

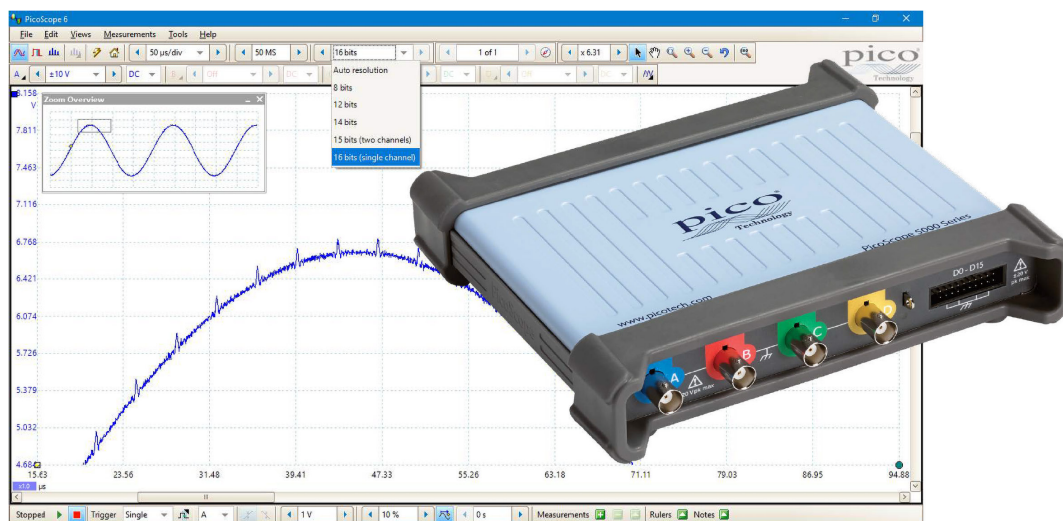
W tym samym czasie debiutowała na polskim rynku holenderska firma Tie Pie ze swoim oscyloskopem przystawką HS-801. Właściwie był to prawdziwy kombajn pomiarowy, gdyż w małej obudowie oprócz oscyloskopu zawarto też generator arbitralny. Doskonale napisane oprogramowanie pozwalało zaś korzystać z tego urządzenia jako analizator widma (FFT) i multimetr. W późniejszych latach wyroby Tie Pie były wielokrotnie opisywane na łamach EP.

Podczas gdy raczkujący Rigol i jemu podobni cieszyli się z tego, że produkują oscyloskopy o szybkości próbkowania 1 GSa/s Tektronix wprowadzał rodzinę MSO7000. Były to oscyloskopy sygnałów mieszanych o paśmie... bagatela 20 GHz i szybkości próbkowania 50 GSa/s. Oprócz 4 kanałów analogowych użytkownik mógł korzystać z 16 kanałów cyfrowych. Ale Tektronix po rozstaniu się z firmą Sony zauważył też potrzeby mniejszych klientów, dla których oscyloskopy 20-gigahercowe były jak z kosmosu. Pojawiły się więc tańsze rodziny dla bardziej przeciętnych użytkowników.

W początkach lat 2000. wprowadzono do sprzedaży oscyloskopy ze wspomnianym już tzw. cyfrowym luminoforem. Była to rodzina TDS3000B. Oglądany na nich obraz dużo bardziej przypominał ten, który wielu użytkowników pamiętało z epoki lamp oscyloskopowych (fotografia 7). Zaletą tego typu konstrukcji była o wiele większa skuteczność obserwacji i wykrywania zakłóceń w sygnałach nieokresowych. Ciekawostką z dzisiejszego punktu widzenia była ponadto stacja dyskieta wykorzystywanych jako nośnik danych, analogicznie do powszechnie stosowanych obecnie pamięci pendrive.

Producenci oscyloskopów cyfrowych dążyli do uzyskiwania maksymalnych wartości dwóch podstawowych parametrów, tj. pasma pomiarowego i szybkości próbkowania. Ten drugi parametr zwiększano często sztucznie, wprowadzając specjalny tryb wyzwalania w tzw. czasie ekwiwalentnym. Mógł on być stosowany tylko dla przebiegów okresowych. Najprościej mówiąc metoda ta polegała na minimalnym przesuwaniu momentu próbkowania względem początku cyklu w kolejnych akwizycjach i składaniu jednego tak naprawdę wymaganego okresu z zebranych punktów. Dzięki temu, użytkownik miał wrażenie, że przebieg jest próbkowany z dużo większą szybkością niż wynikałoby ona z częstotliwości zegara taktującego tym procesem. Zastosowanie tej metody akwizycji w japońskim oscyloskopie Yokogawa DL1740 pozwoliło na osiągnięcie szybkości próbkowania równej aż 100 GSa/s, oczywiście w czasie ekwiwalentnym.

Wytwarzanie oscyloskopów cyfrowych w latach 2000. przestawało być wiedzą tajemną. Jednocześnie spore zapotrzebowanie na te przyrządy było dobrą motywacją do rozpoczynania takiej produkcji. Wielu bardziej lub mniej znanych producentów elektronicznej aparatury pomiarowej dołączało oscyloskopy cyfrowe do swojej oferty. Można

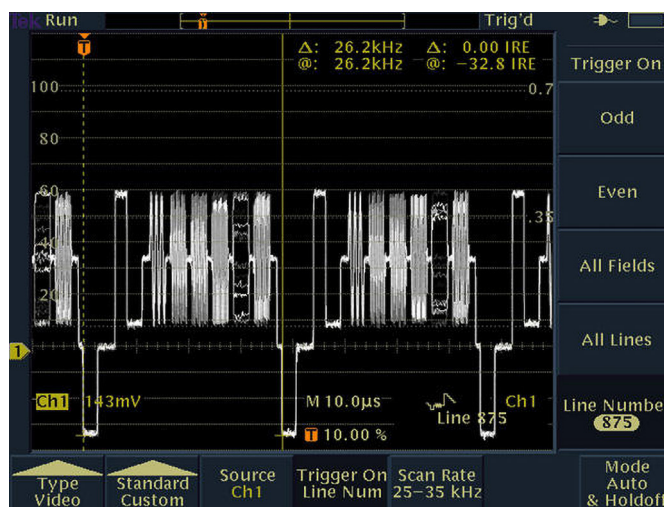


Fotografia 6. Oscyloskop USB rodziny PicoScope 5000

tu wymienić choćby takie firmy jak lider pomiarów w automatyce przemysłowej Fluke, czy czołowy producent (w dodatku z bardzo bogatymi tradycjami) Rohde&Schwarz. Właściciele tego ostatniego chyba nie bez przypadku zainteresowali się przejęciem niemieckiego Hamega, który już od lat produkował bardzo dobre oscyloskopy cyfrowe klasy średnio-wyższej, jeśli można ją tak nazwać.

Coraz większym zainteresowaniem cieszyły się małe handyskopy, scopometry itp. – przenośne, często wręcz kieszonkowe oscyloskopy o nie zawsze wyżyłowanych parametrach, za to doskonale sprawdzające się w terenowych pracach serwisowych. Czasami honor firmy nie pozwalał jednak schodzić poniżej pewnego poziomu. Bywało, że takie przenośne oscyloskopy nie ustępowały swoim biurkowym odpowiednikom. Przykładem przenośnych oscyloskopów niech będą: Siglent SHS820, Velleman HP80 i Fluke 190 (fotografia 8).

Mimo, że producenci oscyloskopów coraz mocniej wchodzili w technikę cyfrową, to jeszcze w połowie lat 2000 można było nabyć z pierwszej ręki np. oscyloskop HM1508 (Hameg Instruments). Na zastosowanej w nim lampie CRT można było wyświetlać 2,5 miliona przebiegów



Fotografia 7. Oscylogram wyświetlany na ekranie oscyloskopu klasy DPO (Digital Phosphor)

na sekundę, co stanowiło dość imponującą wartość w tych czasach. Do parametru „szybkość odświeżania” podawanego na dalszych pozycjach w tabelach z danymi technicznymi zaczęto przywiązywać coraz większą wagę. Producenci zaczęli wyścig o prymat w konkurencji wykrywania nieokresowych, krótkotrwałych przebiegów losowych zaburzających sygnały użytkowe. Jednym z najbardziej istotnych parametrów podczas wykrywania takich zaburzeń jest właśnie szybkość odświeżania przebiegów. Parametr ten jest związany bezpośrednio z czasem martwym, który wynika z konieczności obrabiania danych zgromadzonych w rejestrze akwizycji i wyświetlania ich na ekranie. Oczywiście jest, że to co się wydarzy w tym czasie, np. wystąpi zakłócenie, nie zostanie zauważone przez oscyloskop. Zakłócenia impulsowe stały się swego rodzaju kartą przetargową w rywalizacji producentów oscyloskopów. Firmy przekonywały sobie nawzajem, a przy okazji swoich klientów, o tym że ich wyroby lepiej się do takich pomiarów nadają. Konstruowano specjalne płytki demonstracyjne, które miały to udowodniać. Płytki te były konstruowane tak, aby uwypuklać zalety własnych rozwiązań i pokazywać wady rozwiązań konkurencyjnych. Problem polega tylko na tym, że konkurencja stosuje dokładnie te same metody projektując płytki pod swoim kątem. Ostatecznie trudno rozstrzygać obiektywnie, który sprzęt jest lepszy. Trzeba jednak pochylić czoło nad wyrobami Agilent. Inżynierowie tej firmy bardzo dokładnie przez lata analizowali to zagadnienie osiągając naprawdę spektakularne wyniki.

Pod koniec lat 2000. w powszechnym użyciu były jeszcze stacjonarne komputery PC. Możliwość instalowania w nich kart o różnym przeznaczeniu zwróciła uwagę konstruktorów. Powstała klasa przyrządów, które właściwie trudno zaliczyć do oscyloskopów cyfrowych, ale czynimy tak ze względu na podobieństwo działania. Są to specjalizowane karty przetworników analogowo–cyfrowych (digitizerów). Karty takie łączą w sobie cechy oscyloskopów stacjonarnych (duże pasmo pomiarowe i szybkość próbkowania, zaawansowane tryby wyzwiania, duża pamięć próbek, możliwość wykorzystywania wielu kanałów itp.) z cechami przystawek (łatwość prowadzenia komputerowej analizy danych, wygodny i prosty w obsłudze graficzny interfejs użytkownika). Dodatkowo umożliwiają łatwą skalowalność, modułowość i indywidualizację rozwiązań. Do najlepszych wyrobów tej grupy należały karty digitizerów „Octopus”. Ze względu na bardzo skuteczne rejestrowanie krótkotrwałych impulsów były stosowane na stanowiskach pomiarowych np. różnych zjawisk fizycznych i atmosferycznych (burze).

Lata 2000. kończą się bardzo mocnym wejściem LeCroy’a. W 2009 roku firma ta wprowadziła do sprzedaży oscyloskop Wavemaster 8Zi mierzący w paśmie do 20 GHz przy szybkości próbkowania 40 GSa/s. Jak się niebawem okazało był to tylko pierwszy cios wymierzony w konkurencję.

## Lata 2010...

Już na początku kolejnej dekady LeCroy uderza jeszcze raz i to jeszcze mocniej. Prezentuje swój nowy wyrób WaveMaster 8Zi-A charakteryzujący się pasmem pomiarowym do 48 GHz przy szybkości próbkowania 120 GSa/s. To już nawet dla doświadczonych elektroników parametry iście kosmiczne. Tektronix odpowiada rodziną DPO/DSA/MSO7000C, czyli oscyloskopami sygnałów mieszanych o szybkości próbkowania 100 GSa/s.

W 2010 roku do bezpośredniej rywalizacji oscyloskopowej wkrocza oficjalnie Rohde&Schwarz. Pamiętamy, że kilka lat wcześniej wykupił Hamega. Do przebogatej oferty wypełnionej wszelkiego rodzaju analizatorami widma, generatorami, testerami itp. dołączają oscyloskopy cyfrowe. Na początek jest to 2-gigahercowa rodzina R&S RTO

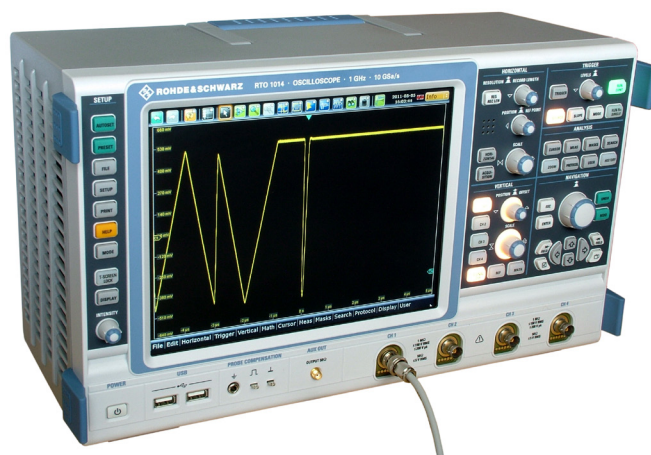


Fotografia 8. Oscyloskopy ręczne Siglent SHS820, Velleman HP80 i Fluke 190

i 500-megahercowa R&S RTM (fotografia 9). Jednocześnie zapadły decyzje o tym, że oscyloskopami z wyższych półek zajmą się inżynierowie z biur R&S, natomiast inżynierowie dawnego Hamega będą rozwijali oscyloskopy tańsze.

W początkach pierwszej dekady XX w. wszyscy starsi elektronicy zdążyli już przestawić się na oscyloskopy cyfrowe, pojawiały się też coraz szersze rzesze nowych adeptów tej dziedziny. Ludzie ci znali oscyloskopy analogowe już tylko z fotografii i opowiadań, ale musieli mieć narzędzia do pracy lub rozwijania swoich zainteresowań. Pojawiło się więc spore zainteresowanie oscyloskopami cyfrowymi i to nie koniecznie tymi z górnych półek. Na rynku pojawiło się więc miejsce dla wielu firm nie mierzących tak wysoko jak liderzy lub nie posiadających dostatecznego kapitału do intensywnego inwestowania w R&D. Ci najwięksi podążali oczywiście własnymi ścieżkami przekraczając kolejne bariery i ustanawiając kolejne rekordy. Prac tak do przodu zawsze jednak rozglądali się bacznie dookoła, bo w gruncie rzeczy postęp polega właśnie na podglądaniu konkurencji.

Większość firm dopracowała się swoich kulturowych modeli bijących rekordy sprzedaży. Przykładem może być oscyloskop Rigol DS1052E (fotografia 10). W obiektywnej ocenie przyrząd dość przeciętny, a jednak cieszący się zadziwiająco dużą popularnością, może ze względu na bardzo korzystną cenę. Miał on pasmo przenoszenia 50 MHz,



Fotografia 9. Oscyloskop Rohde&Schwarz RTO 1014

# 25 lat minęło...



Fotografia 10. Oscyloskop Rigol DS1052E

próbkowanie 1 GSa/s i rekord 1 Mpkt. Ekran TFT LCD o przekątnej 5,6" i rozdzielczości 320×234 punkty nie stwarzał zbyt dużego komfortu pracy. Oscyloskop ten na pewno do dziś stoi na biurku nie jednego elektronika.

W oscyloskopach cyfrowych, nawet tych z wyższych półek panowały przetworniki 8-bitowe. Wiązało się to z trudnością wykonania bardzo szybkiego przetwornika o większej rozdzielczości. Bariere tę jako pierwszy przełamał LeCroy wprowadzając do sprzedaży oscyloskopy rodzin HDO4000 i HDO6000 zawierające przetworniki 12-bitowe próbkujące z szybkością 2,5 GSa/s. Jak nie trudno policzyć oferowały one 16-krotnie lepszą rozdzielczość pionową w porównaniu z większością oscyloskopów tego czasu. Warto również odnotować fakt przekształcenia się firmy LeCroy w Teledyne LeCroy w roku 2012. Ach, te przekształcenia kapitałowe.

Nieco inną ścieżkę rozwoju przyjęła Yokogawa. Jej konstruktorzy zaryzykowali budowę oscyloskopu 8-kanalowego (DLM4000). Takiej konstrukcji jeszcze nie było. Kolejnym wyzwaniem, jakie podjęli Japończycy było zaprojektowanie oscyloskopu dedykowanego do pomiarów mocy. Dzięki dużej szybkości próbkowania, szerokiemu pasmu i dużej rozdzielczości, po zaimplementowaniu odpowiednich funkcji pomiarowych przyrząd ten bardzo dobrze nadawał się np. do pomiarów strat mocy w przetwornicach impulsowych oraz do pomiarów mocy *standby*. Przyrząd oznaczono symbolem PX800 (fotografia 11).

Jeśli już poruszamy temat nietypowych ścieżek rozwojowych, to niewątpliwie należy do nich zaliczyć propozycję Tektroniksa z roku 2011. Firma ta zdecydowała się połączyć oscyloskop cyfrowy z klasycznym, heterodynowym analizatorem widma w.c.z. w jednej obudowie. Groziło to oczywiście opracowaniem przeciętnego oscyloskopu z nie mniej przeciętnym analizatorem widma. Jak to wyszło w praktyce? No cóż. Można powiedzieć: szalu nie ma. Konkurencja nie skopiowała tego pomysłu do dziś. Może nie potrafi, a może nie chce brnąć w ciemny zaułek. Przyrządy tej klasy nazwano oscyloskopami *mix domain*, czyli mierzącymi w dwóch dziedzinach – czasu i częstotliwości. Dostały one oznaczenie MDO4000. Owszem, możliwość synchronicznego oglądania przebiegów wykreślanych w dwóch dziedzinach otwiera czasami oczy na pewne zjawiska zachodzące w badanym układzie.

Druga połowa lat 2010., w której aktualnie trwamy już zaowocowała kilkoma dość spektakularnymi wydarzeniami, a do końca dekady został nam jeszcze jeden pełny rok. Na pewno szacunek należy się całej załodze firmy Rohde&Schwarz, która w błyskawicznym tempie doskoczyła do czołówki światowej w zakresie konstrukcji oscyloskopów

cyfrowych i osiągnęła poziom pozwalający już nie tylko na kopiowanie pomysłów, ale też na wyznaczanie pewnych trendów. W 2016 roku w ofercie znalazł się oscyloskop ręczny rodziny RTH - R&S Scope Rider, w którym faktycznie zabudowano dodatkowe przyrządy pomiarowe. Klienci mogą ten przyrząd konfigurować pod kątem swoich potrzeb. Oscyloskop ma w zależności od modelu pasmo od 60 MHz do 500 MHz, a 10-bitowy przetwornik A/C pracuje z szybkością 5 GSa/s. Długość rekordu wynosi 500 kpróbek, a w trybie segmentacji pamięci nawet 50 Mpróbek. Przyrząd oprócz oscyloskopu może pracować również jako analizator logiczny, analizator protokołów, rejestrator danych, multimetr cyfrowy, analizator widma, analizator harmonicznych i miernik częstotliwości. Brzmi niezle.

Podobny pomysł pojawił się 2 lata wcześniej u Tektroniksa, z tym, że w przyrządzie stacjonarnym. Rodzina MDO3000 dostała nowe potoczne określenie: 6 w 1. W jednym urządzeniu zawarto: oscyloskop cyfrowy, multimetr cyfrowy, generator arbitralny, analizator widma, analizator logiczny i analizator protokołów. Nie pamiętam już w którym artykule i ile lat temu zadawałem pytanie, kiedy taki przyrząd się pojawi. Bo że się pojawi byłem pewny.

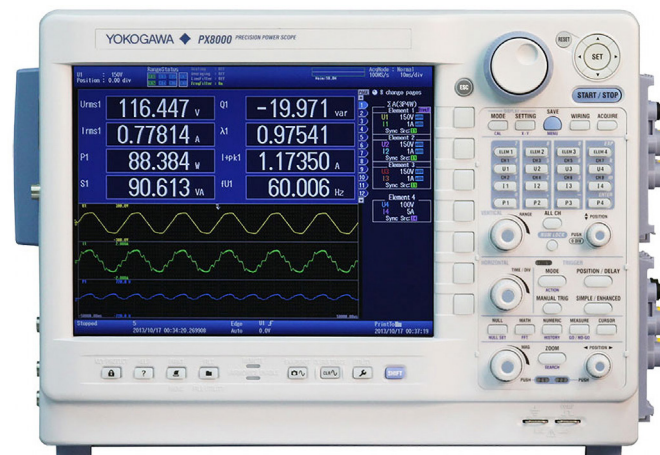
Do odnotowania pozostały jeszcze dwa wydarzenia. Pierwszym z nich jest wprowadzenie nowej technologii FlexChannel, która ma być implementowana w 5 rodzinach oscyloskopów Tektroniksa. Rozwiązanie to pozwoli traktować każdy kanał oscyloskopu jako analogowy lub jak 8 kanałów cyfrowych. Czego to jeszcze nie wymyślą?

I ostatnią, już zupełnie niemal iście futurystyczną wiadomością jest tegoroczna premiera oscyloskopów Keysighta – Infiniium UXR. Są to oscyloskopy o paśmie 110 GHz i szybkości próbkowania 256 GSa/s. Nie chcę nawet dociekać ile one kosztują, nie za bardzo też mogą sobie wyobrazić do czego są przeznaczone.

## Quo vadis?

Po ostatniej wzmiance naprawdę trudno powiedzieć, jaka czeka nas przyszłość. Wydawać by się mogło, że pewne granice zostały już przekroczone, ale w naturze człowieka jest właśnie bezustanne parcie do przodu. Poza tym firmy produkujące omawianą w artykule aparaturę muszą z czegoś żyć, a bez permanentnego wprowadzania nowości prędzej czy później wypadną z obiegu. Zobaczymy. Keysight podniósł poprzeczkę bardzo wysoko.

Jarosław Doliński, EP



Fotografia 11. Oscyloskop do pomiarów mocy Yokogawa PX800