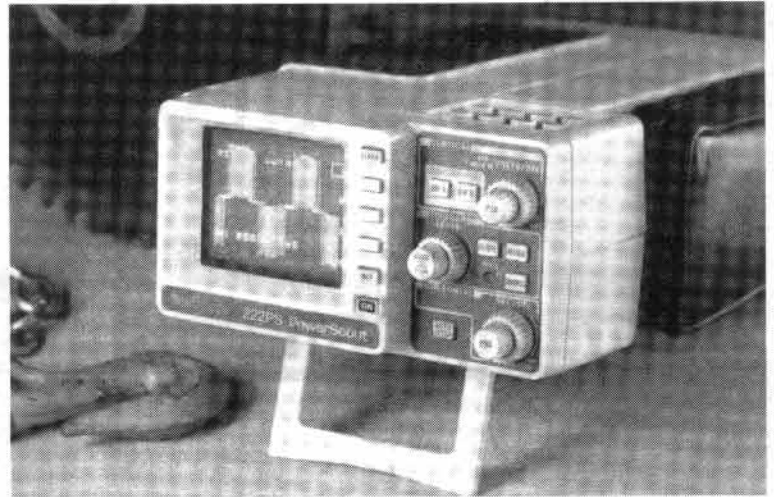


# Oscyloskopy z pamięcią cyfrową, część 6

Kończymy cykl artykułów omawiających właściwości oscyloskopów z przetwarzaniem cyfrowym. Jako ciekawostkę publikujemy zestawienie kilku, najbardziej popularnych, typów oscyloskopów wraz z ich przybliżonymi cenami.

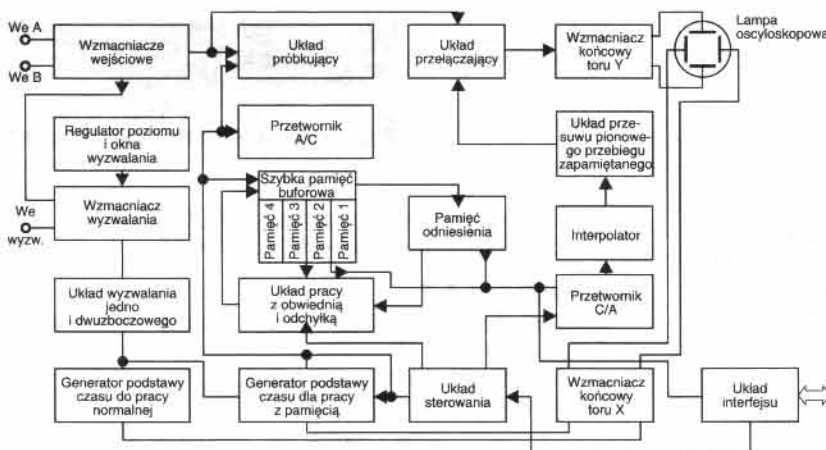


## Rodzaje oscyloskopów cyfrowych

OPC można podzielić na kilka rodzajów. Historycznie najpierw pojawiać się zaczęły na rynku oscyloskopy analogowo-cyfrowe, gdyż poprzednio oscyloskop analogowy znacznie górował parametrami użytkowymi oraz pasmem przenoszenia nad oscyloskopem cyfrowym. Jednakże przez połączenie tych dwu przyrządów w jedną całość otrzymujemy nowy jakościowo przyrząd, który może zapamiętywać przebiegi wejściowe. Ponieważ rozwój OPC następował coraz szybciej, to część cyfrowa tego oscyloskopu analogowo-cyfrowego miała coraz lepsze możliwości metodologiczne i w ostatnich latach w większości przypadków góruje nad możliwościami oscyloskopów analogowych. Oscyloskopy analogowe, zwłaszcza pamiętające, mogą zapamiętywać z większą dokładnością i pewnością szybkie

przebiegi impulsowe i mają większą częstotliwość dokonywania zmian obrazu na ekranie (przy pracy bez pamiętania). Schemat blokowy oscyloskopu analogowo-cyfrowego przedstawia rys. 29. W układzie tym tor odchylenia pionowego został rozdzielony. Przy pracy pamiętającej sygnały wejściowe po wstępnym wzmacnieniu są próbkowane i przetwarzane na postać cyfrową przez przetwornik A/C, a następnie przesyłane do pamięci. Do wzmacniacza końcowego toru Y dołączone są wtedy, przetworzone z powrotem na postać analogową przez przetwornik C/A i układ interpolatora, zapamiętane przebiegi z pamięci półprzewodnikowej. Przy pracy analogowej blok przetwarzania A/C i C/A jest odłączony. Układy wyzwalania są wspólne dla obu rodzajów pracy, natomiast rozciąg poziomy, dokonywany jest przez dodatkowy generator cyfrowej podstawy czasu. Wzmacniacz końcowy toru X wzmacnia sygnały piłokształtne z obu generatorów podstawy czasu analogowego i cyfrowego.

Oscyloskopy analogowo-cyfrowe można spotkać w kilku klasach jakościowych (tab. 5a). Najprostsze i najtańsze mają pasmo analogowe rzędu 20-50MHz i częstotliwość próbkowania 20 do 40Mp/s. Najbardziej rozbudowane mają pasmo osiągające 200MHz i częstotliwość próbkowania rzędu 200Mp/s, z możliwością ustawiania różnych trybów pracy. Jednak patrząc na statystyki sprzedaży oscyloskopów ta grupa oscyloskopów powoli zanika na rynku oscyloskopów profesjonalnych, wypierana przez oscyloskopy w pełni cyfrowe. Natomiast te najprostsze OPC pojawiają się również na rynku oscyloskopów i przyrządów pomiarowych



Rys. 29. Schemat blokowy oscyloskopu analogowo-cyfrowego



Rys. 30. Miniaturowy ręczny OPC uniwersalnego zastosowania - TEKMETER Tektronix

dla zaawansowanych radioamatorów. Cena około 1000 USD jest tam do zaakceptowania, a pojawiające się również dalekowschodnie modele mają jeszcze niższą cenę. Drugą grupę stanowią oscyloskopy miniaturowe. Jest to szybko rozwijająca się grupa przyrządów charakteryzujących się niewielkimi wymiarami o wielkości książki lub większego kalkulatora, wyposażona w ciekłokrystaliczny ekran, **rys. 30**. Oprócz pełnienia funkcji dwukanałowego OPC mają one wbudowane dodatkowo multimetry, analizatory stanów logicznych, proste generatory funkcyjne. Zasilane są z wewnętrznych baterii. Ich obsługa jest maksymalnie uproszczona, tak by można było je używać do pomiarów w warunkach polowych lub warsztatowych. Osiągają pasmo wejściowe mają pełne parametry wymagane dla oscyloskopów a ekrany spełniają rolę uniwersalnego pola pomiarowego dla przebiegów i dla wyników cyfrowych. Są to przyrządy trudne technologicznie, a dobre z nich wytwarzane są przez wiodące firmy (Tektronix, Fluke - **tab. 5b**). Najważniejsze do osiągnięcia w tych OPC są wyraźne, szybkie ekrany LCD i ergonomiczna obsługa oscyloskopu. Wraz z ilością funkcji, producenci starają się zwiększać ilość elementów sterowania na płycie czołowej, co czasami prowadzi do pewnych trudności w ustawianiu rodzajów pracy tych OPC.

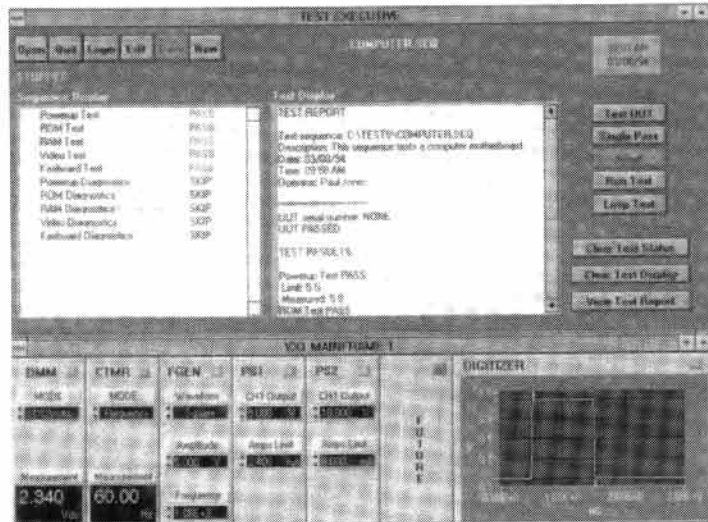
OPC ogólnego zastosowania, zawierające tylko blok cyfrowy, bez pracy jako oscyloskop analogowy, są grupą najszybciej się rozwijającą. Produkowane są w dużej liczbie typów. Osiągają szczytowe parametry jakie są do uzyskania w tej dziedzinie. Ta grupa powoduje najsilniejsze wypieranie oscyloskopów ana-

logowych z rynku. Każda z firm, a są to przeważnie wiodące firmy światowe, produkuje każdy z modeli w wielu wersjach i opcjach, tak że oferta w tej grupie jest największa, **tab. 5c**.

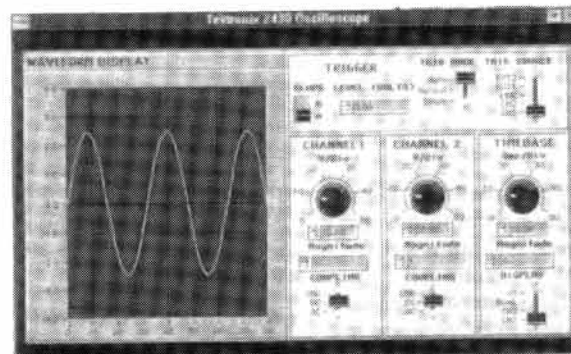
OPC wysokiej klasy stanowią również dosyć liczną grupę przyrządów. Udostępniają one największą liczbę rodzajów pracy, możliwości pomiaro-

wych w tym bardzo rozbudowane cyfrowe przetwarzanie sygnałów, wysoką rozdzielczość i dokładność pomiarów. Jednak mają one bardzo wysokie ceny, sięgające 50000 USD, **tab. 5d**.

Należy też wspomnieć o grupie OPC zbudowanych w postaci karty komputerowej wkładanej do komputera PC i sterowanej tylko przez ten komputer. Tego typu OPC (term. ang. *PC oscilloscope*) znajdują zastosowanie do obsługi linii produkcyjnych lub ciągów technologicznych, gdzie zachodzi konieczność dokonywania ciągłych, szybkich pomiarów tych samych parametrów obwodów elektrycznych, a parametry sygnałów są w przybliżeniu znane i nie zachodzi konieczność dokonywania ręcznych zmian nastaw parametrów oscyloskopu. Ten rodzaj oscyloskopów nie nadaje się do pomiarów jednostkowych, gdyż zmiana jego nastaw wymaga żmudnych i długotrwałych wpisywań komend przez klawiaturę komputera. Oscyloskopy te charakteryzują się bardzo uproszczoną, zazwyczaj dwukanałową strukturą wzmacniaczy i dzielników wejściowych, stąd też poziom zakłóceń i szumów własnych jest duży a pasmo przenoszenia i zapamiętywanych przebiegów małe. Spotykane



a)



b)

Rys. 31. Widok płyt czołowych wirtualnych OPC generowanych na ekranie komputera: a) obraz programów i sekwencji pomiarowych realizowanych przez taki OPC, b) widok poszczególnych organów kontrolnych.

**Tabela 5.** Porównanie parametrów i cen ogólnosiwiatowych OPC z różnych grup: a) analogowo-cyfrowych, b) miniaturowych, c) OPC ogólnego zastosowania, d) OPC wysokiej klasy.

Grupa	Typ	Producent	Cena USD	Maks. częst. próbkowania (Mp/s) Rozdzielczość (bit)	Pasma dla przebiegów powtarzalnych i jednorazowych (MHz)	Liczba kanałów i długość zapamiętanego przebiegu (próbki)	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>a</b>	Hm205-3	Hameg	1120	20/8	20/2	2/2k	JEEE 488 opcja
	VC-6045A	Hitachi	3535	40/8	100/5	2/4k	Dwie podst. czasu, RS232
	2221A	Tektronix	4695	100/8	100/10	2/1k lub 4k	JEEE 488, RS232
	PM 3394A	Fluke	brak danych	200/8	200/20	4/8k lub 32k	Autotracing, JEEE, pomiary parametrów
<b>b</b>	THM 565	Tektronix	1760	25/8	25/2,5	2/256	Multimetr 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> cyfry, RMS, praca z baterii 5 godzin, 8 pamięci
	99	Fluke	2195	25/2	50/2,5	2/	Rozbudowany multimetr 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> cyfry, pomiary kursorami, rozbudowane pomiary parametrów
	224A	Tektronix	2950	10/8	60/1	2/512	Multimetr, izolacja wejść 850V skut.
<b>c</b>	500	Gould	3990	200/8	200/50	2/512	Pomiary automatyczne parametrów sygnałów, kolorowy ekran LCD, ploter, JEEE i RS
	TDS 460	Tektronix	7495	100/8	350/40	4/15k	Pomiary automatyczne parametrów sygnałów, FFT, JEEE i RS
	5460B	Hewlett-Packard	2495	20/8	100/2	2+2/4k	Kursory, FFT
	LS 140	Le Croy	3990	200/8	100/80	4/2k	Pomiary automatyczne, napęd dysków, JEEE
	4068	Gould	7700	400/8	150/150	4/512	Pomiary automatyczne parametrów sygnałów, FFT, JEEE i RS
	9450A	Le Croy	9290	400/8	300/160	2/50k	Pomiary automatyczne, duża pamięć, JEEE, RS
	TDS 524A	Tektronix	10900	500/8	500/200	4/15k	Pomiary automatyczne, rozbudowane wyzwianie
<b>d</b>	DATA SYS 840	Gould	12000	100/8 10/12	150/50	4/50k	Rozbudowane i programowane cykle pomiarów, twardy dysk 120MB, ploter lub drukarka, wysoka rozdzielczość, kolorowy ekran LCD
	4096	Gould	15000	1600/8	200/200	2/2k	Pomiary automatyczne kursorami, rozbudowane wyzwianie, drukarka, JEEE i RS
	54720A	Hewlett-Packard	52000	8000/8	500+2000/ 2000	1+8/64k	Pomiary automatyczne kursorami, wybór wkładek wejściowych, rozbudowane CSP, JEEE
	Pro 92	Nicolet	26990	20/12 200/8	10/10 100/100	4/256k	Rozbudowane pomiary, duża rozdzielczość, wewnętrzny twardy dysk optyczny, JEEE
	TDS 684A	Tektronix	29495	5000/8	2000/1000	4/15k	Rozbudowane pomiary i analiza sygnałów, napęd dysków, kolorowy ekran, JEEE
	9360	Le Croy	12490	5000/8	600/600	2/500	Rozbudowane pomiary automatyczne, napęd dysków, rozbudowane funkcje matematyczne

częstotliwości próbkowania sięgają 50MHz. Na ekranie komputera przy obsłudze tych oscyloskopów ukazuje się widok ich płyty czołowej z przyciskami i pokrętkami, które można hipotetycznie wciskać przy pomocy myszy, by ustawić żądany rodzaj pracy, rys. 31. Na ekranie tego wirtualnego oscyloskopu ukazują się przebiegi przez niego mierzone. Użytkownik ma

przed sobą na ekranie komputera OPC, którego w rzeczywistości nie ma, ale pomiary wykonane przez niego są prawdziwe.

### Kierunki rozwoju OPC

Zasadniczymi kierunkami rozwoju oscyloskopów są przede wszystkim uzyskiwanie możliwie wysokich częstotliwości próbkowania przy możliwie

stałej w funkcji częstotliwości rozdzielczości układów przetwarzania. W chwili obecnej, początek 1995 r. Najwyższą częstotliwość próbkowania 10Gp/s uzyskano w oscyloskopie 9362 firmy Le Croy. Najwyższą podstawową rozdzielczość 14 bitów, przy częstotliwości próbkowania 5 Mp/s uzyskano w oscyloskopie Pro 44 firmy Nicolet. Najwyższą szerokość pasma zapamię-

tywanych przebiegów powtarzalnych 50GHz osiągnięto w oscyloskopie 54124T firmy Hewlett-Packard. Wysokie wartości tego pasma uzyskuje się dzięki rozwojowi wzmacniaczy szerokopasmowych i układów próbkujących. Postęp w budowie szybkich pamięci RAM polepsza wiele własności OPC i w tej chwili najdłuższe pamięci na jeden kanał do 1MB mają oscyloskopy z rodziny 9300 firmy Le Croy. Natomiast największe wbudowane pamięci masowe w postaci twardego dysku 130MB i RAM dysków mają oscyloskopy z serii DATA SYS firmy Gould.

Potrzeba zgrupowania w OPC możliwie największych możliwości cyfrowego przetwarzania sygnałów i złożonych pomiarów wyznaczona jest rozwojem specjalizowanych procesorów sygnałowych i ich oprogramowania.

Ponieważ dąży się do możliwie naj-

łatwiejszej i prawie intuicyjnej procedury obsługi oscyloskopu cyfrowego, trzeba zwiększać częstotliwość dokonywania pomiarów i zmian treści obrazu oraz skracać czas reakcji przyrządu na wywołane zmiany nastaw i procedur pomiarowych. Dąży się generalnie do tego by oscyloskop w pełni cyfrowy wewnątrz, na zewnątrz dla obsługującego zachowywał się jak oscyloskop analogowy, w którym jego reakcje na wszystkie zmiany nastaw i poziom sygnału na ekranie są natychmiastowe. Do takich przyrządów przyzwyczajony jest użytkownik, mają one też doskonałe parametry ergonomiczne i są „przyjemne dla użytkownika“. Takie zachowujące się całkowicie jak analogowe OPC (term. ang. *analog feel*) są nadal trudne do uzyskania ze względu na to, że nie wszystkie układy wewnętrzne działają tak szybko, aby użytkow-

nik nie odczuwał opóźnień w ich odpowiedzi na zadany rozkaz.

Na zakończenie należy wspomnieć o cenach OPC (tab. 5). Obecnie najtańsze modele analogowo-cyfrowe kosztują około 1000 USD i są to przyrządy do prac serwisowych i radioamatorskich, przyrządy średniej klasy kosztują 8000 do 12000 USD, a przyrządy najbardziej rozbudowane osiągają ceny od 20000 do 60000 USD. Stosunek cen najwyższych do najniższych wynosi jak 70 do 1. Jak ten stosunek odnosi się do parametrów, jest trudne do określenia. Jednakże można stwierdzić na podstawie powyższych informacji, że OPC spełnia funkcje wielu rozbudowanych przyrządów a nie tylko oscyloskopu, stąd na pewno dostarcza bardzo dużej „mocy“ metrologicznej i obliczeniowej, co uzasadnia jego wysoką cenę.

**Marek Dras**