

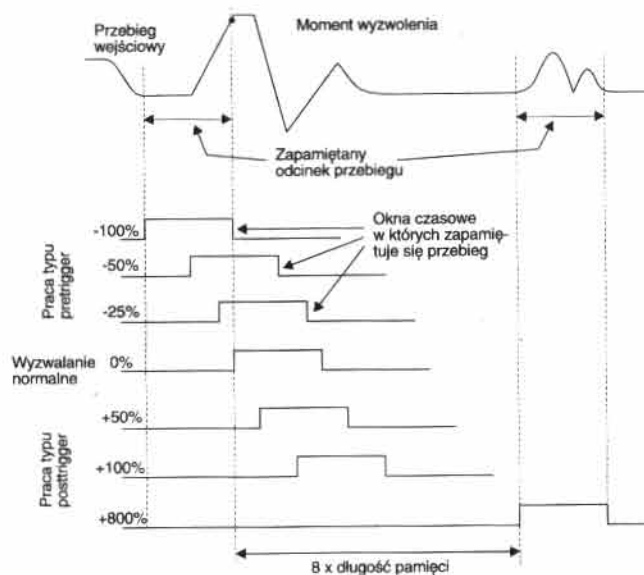
Przedstawiamy trzecią część artykułu gruntownie wyjaśniającego budowę i działanie oscyloskopów z pamięcią cyfrową (OPC), które zdominowały ostatnio światowy rynek oscyloskopów.

Oscyloskopy z pamięcią cyfrową, część 3

Układy wyzwalania w OPC

Układy wyzwalania w OPC są o wiele bardziej rozbudowane niż w oscyloskopie analogowym, chociaż ustawianie większości parametrów odbywa się podobnie i ich wpływ na oglądany przebieg jest taki sam. Dotyczy to poziomu wyzwalania, wyboru polaryzacji, rodzaju sprzężenia.

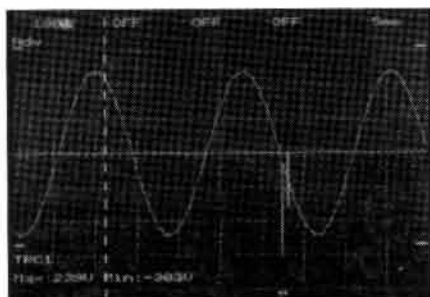
Zadaniem układu wyzwalania jest wybranie i stabilizacja momentu wyzwolenia. Stabilność w OPC jest o wiele ważniejsza niż w oscyloskopie analogowym. Wpływa ona na dokładność pomiarów czasu i napięcia, umożliwia dokonywanie programowanych pomiarów parametrów sygnałów oraz zapewnienia wyzwolenie OPC i zapamiętanie przebiegów o nieznanym charakterze i pojawiających się przypadkowo. W OPC moment, w którym nastąpiło wyzwolenie generatora podstawy czasu, nie musi być przedstawiony na ekranie, ponieważ przetwornik A-C w OPC próbkuje zazwyczaj bez przerwy sygnały wejściowe, a do pamięci są zapisywane tylko te fragmenty przebiegu, jakie poprzez układ wyzwalania, generator podstawy czasu i układ sterowania są wyznaczone do zapamiętania. Sygnały wejściowe mogą być zapamiętywane w dowolnej proporcji przed i po momencie wyzwolenia (rysunek 11). Gdy chce się zapamiętać część przebiegu przed momentem wyzwolenia, to należy wybrać moment wyzwolenia zwany przedwyzwalaniem (ang. pretrigger). Mo-



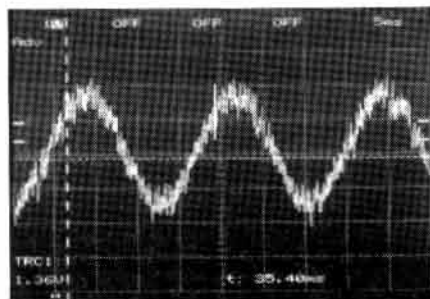
Rys. 11. Zapamiętywanie przebiegów w różnych momentach czasowych w stosunku do momentu wyzwolenia. Procentowa wartość określa, w jakiej proporcji czasowej w stosunku do momentu wyzwolenia rozpocznie się zapamiętywanie przebiegu. Wartość -25% oznacza, że rejestracja przebiegu rozpoczęła się w momencie wynoszącym 25% odcinka czasu przed momentem wyzwolenia.

ment wyzwolenia nie jest momentem rozpoczęcia rejestracji, jest tylko punktem odniesienia. Podobnie, gdy trzeba zarejestrować odcinek przebiegu po momencie wyzwolenia, należy wybrać rodzaj pracy zwa-

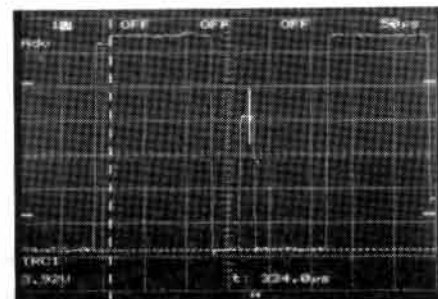
ny powyższymi (ang. posttrigger) lub opóźnieniem (ang. delay). Na ekranie OPC punkt wyzwolenia jest zaznaczony literą T lub punktem; dodatkowo, w postaci cyfr, jest podawana procentowa wielkość czasu



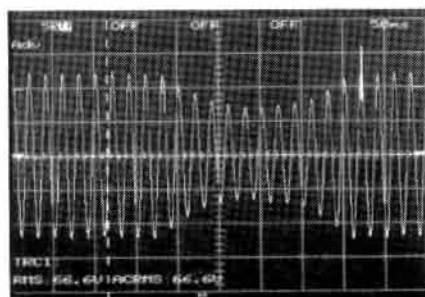
Wyzwalanie dwuzboczowe



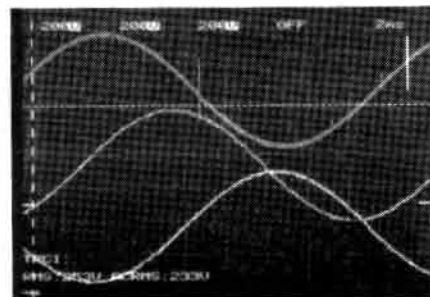
Wyzwalanie z oknem histerezy



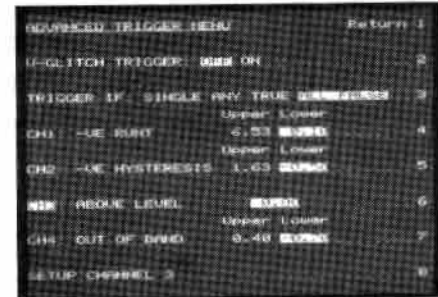
Wyzwalanie mniejszym impulsem



Wyzwalanie spadkiem amplitudy

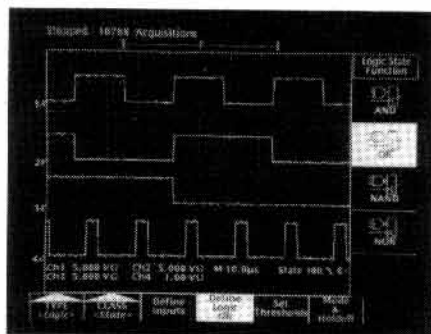


Wyzwalanie trójfazowe

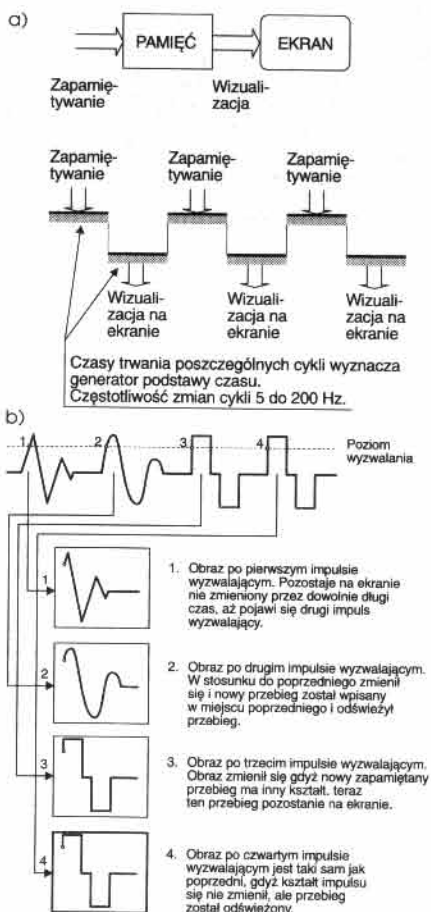


Menu rozbudowanego sposobu wyzwalania

Rys. 12. Rodzaje wyzwalania w OPC. Moment wyzwolenia na ekranie jest u dołu oznaczony literą M. Poziomy wyzwalania są zaznaczone z prawej strony poziomymi kreskami.



Rys. 13. Wyzwalanie w OPC reagujące na kombinację stanów logicznych przebiegów w kilku kanałach wejściowych; obraz na ekranie pokazuje punkt wyzwolenia na środku ekranu gdy została zrealizowana funkcja "lub" (OR).



Rys. 14. Cykle pracy z odnawianiem przebiegu

przedwyzwalania w stosunku do całego ekranu i w jednostkach czasu wielkości wybranego opóźnienia, gdy jest załączony rodzaj pracy z powyższymi.

OPC ma wiele rodzajów wyzwolenia, z których najważniejsze są pokazane na rysunku 12. Są to:

- wyzwolenia dwuzboczowe, z regulowanym oknem wyzwolenia (ang. trigger level window bislope trigger), w którym ustawia się dwa poziomy wyzwolenia i odstęp między nimi. Sygnał o dowolnej polaryzacji spowoduje wyzwolenie niezależnie od tego, który poziom zostanie wyzwolony.
- wyzwolenie sygnałem o mniejszej amplitudzie w szeregu impulsów o różnych am-

plitudach jest szczególnie przydatne w technice impulsowej.

- wyzwolenie impulsami nałożonymi na przebiegi trójfazowe lub zaniki napięcia którejs z faz ma zastosowanie w badaniu urządzeń energetycznych.

- wyzwolenie z oknem histerezy ma zastosowanie przy uzyskiwaniu stabilnego wyzwolenia sygnałami obciążonymi szumami.

- wyzwolenie słowem logicznym, utworzonym ze stanów logicznych sygnałów w kilku kanałach. Momentem wyzwolenia jest punkt, gdy w tym samym czasie stany logiczne sygnałów w kilku kanałach osiągną zadane poziomy. Możliwe jest też wyzwolenie funkcją logiczną sumy negacji lub iloczynu stanów logicznych w poszczególnych kanałach (rysunek 13).

Rodzaje pracy OPC

Rodzaje pracy w OPC są wyznaczone przez układ sterowania i generator podstawy czasu.

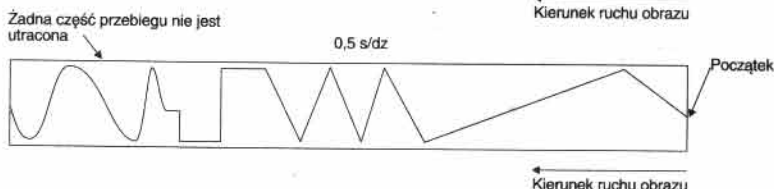
Praca z odświeżaniem przebiegu (ang. refreshed mode)

Jest to podstawowy dla OPC rodzaj pracy (rys. 14a). W tym rodzaju pracy na ekranie jest widoczny bez przerwy przebieg wejściowy. Jeżeli przebieg ten zmienia się, na ekranie równocześnie pojawia się również te zmiany (rys. 14b). Obraz ten jest podobny do obrazu w oscyloskopie analogowym, jednak z tą różnicą, że jest on obrazem sygnału już odtworzonego z pamięci a nie bezpośrednim obrazem sygnału wejściowego. Zapamiętanie na stałe przebiegu na ekranie uzyskuje się przez wciśnięcie przycisku opisanego jako „zapamiętanie” (ang. store).

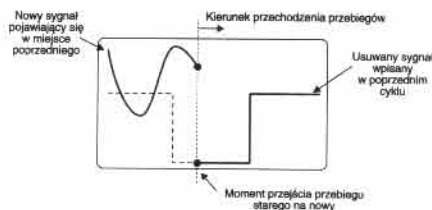
Przy pracy normalnie wyzwolanej, z chwilą zaprzestania wyzwolenia ostatni wyzwolający przebieg pozostaje na stałe na ekranie. Gdy po pewnym czasie pojawi się nowy sygnał wyzwolający i wyzwoli generator podstawy czasu, wówczas to on będzie widoczny na ekranie, na którym został odświeżony przebieg (rysunek 15). Przy wyzwolaniu jednorazowym, z chwilą zaistnienia warunków wymaganych dla wyzwolenia podstawy czasu, wykonuje ona tylko jeden cykl roboczy i sygnał, który w tym cyklu został przetworzony, pozostaje na stałe w pamięci. Jest to najczęściej stosowany rodzaj pracy przy zapamiętywaniu pojedynczych impulsów. Zaletą pracy z odświeżaniem jest wytwarzanie niemigającego obrazu przebiegów, bez rozbłysków i rozmyć przebiegu. Praca z odświeżaniem jest stosowana zarówno dla wolnozmiennych przebiegów jak i przy dużych szybkościach rozciągu generatora podstawy czasu.

Praca bieżąca (ang. roll mode)

Drugim rodzajem pracy OPC jest praca bieżąca - rysunek 16. Ekran oscyloskopu spełnia wtedy rolę obrazu z rejestratora ta-



Rys. 16. Zasada pracy typu "obraz bieżący". Zapamiętany obraz na ekranie dla różnych współczynników czasu ma różną zawartość, a coraz to większy odcinek przebiegu bez strat zostaje zapamiętany w miarę zmniejszania współczynników czasu.

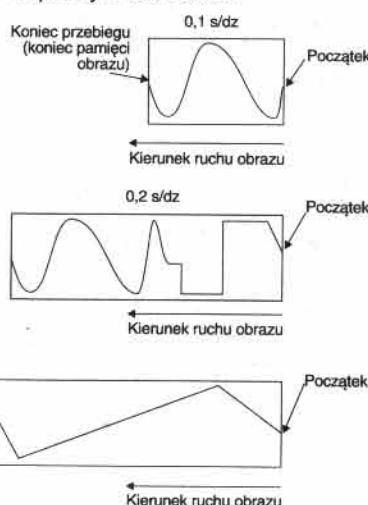


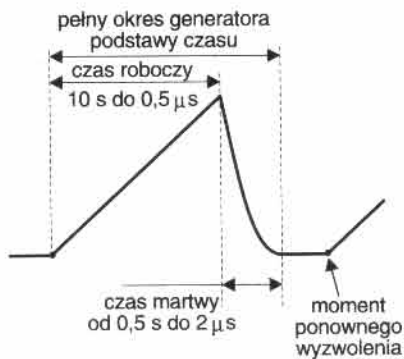
Rys. 15. Moment przechodzenia starego przebiegu w nowy w OPC przy rodzaju pracy z odnawianiem, widoczny wyraźnie przy wolnych rozciągach podstawy czasu, np. 1s/cm.

śmowego z ruchem obrazu (taśmy papieru) od prawej do lewej krawędzi ekranu. Stosuje się go przy wolnych współczynnikach czasu. Charakterystyczną cechą pracy bieżącej jest ciągle przesuwanie się na ekranie przetworzonego i zapamiętanego przebiegu. W tym rodzaju pracy zazwyczaj jest odłączony układ wyzwolenia, a obraz na ekranie można zatrzymać ręcznie, jak opisano poprzednio. Czas obserwacji odcinka ruchomego obrazu na ekranie zależy od nastawy współczynnika czasu. Ten rodzaj pracy jest zalecany dla wolnych współczynników czasu (od ułamków sekund/cm do minut/cm).

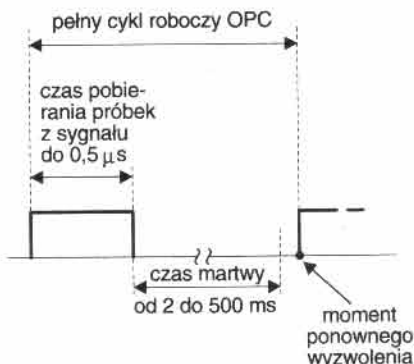
OPC przy pracy bieżącej ma tę zaletę, że każdy fragment przebiegu wejściowego jest poddany ciągłemu przetwarzaniu A-C i zobrazowaniu na ekranie, stąd żadna jego część nie jest utracona dla pomiaru. Przy pracy z odświeżaniem i przy innych rodzajach pracy, większa część przebiegów wejściowych jest utracona dla pomiaru, gdyż maksymalna częstotliwość dokonywania cykli pomiarowych i zmiany obrazu na ekranie w OPC nie przekracza 200Hz. Praktycznie OPC jest w stanie w tych rodzajach pracy zarejestrować tylko 0,001...5% długości przebiegu jest utracona dla pomiaru. Jest to jedna z najważniejszych wad OPC. Ostatnio, jesienią 1994 roku, zanotowano znaczny postęp w tej dziedzinie. Firma Tektrox wypuściła nowy oscyloskop z serii TDS700, który dokonuje pomiarów i przedstawia je na ekranie z częstotliwością 440kHz [7]. W tym oscyloskopie można za-

Okna czasowe przy różnych współczynnikach czasu





a) Oscyloskop analogowy



b) Oscyloskop z pamięcią cyfrową

Rys. 17. Porównanie czasów martwych w oscyloskopach analogowym i cyfrowym. Z porównania wielkości czasów martwych następujących w każdym z cykli roboczych obu typów oscyloskopów widać, że OPC nie mierzy w dłuższych odcinkach czasu niż oscyloskop analogowy.

rejestrować do 50% długości mierzonych przebiegów przy pracy z odświeżaniem.

Praca z obwiednią (ang. envelope mode)

Przy pracy z obwiednią OPC próbkuje przebieg wejściowy z maksymalną szybkością. Jednak do pamięci są wpisywane tylko wielkości minimalne i maksymalne przetworzonych sygnałów. OPC kumuluje je, po czym odtwarza z nich na ekranie przebieg wejściowy. Ten rodzaj pracy umożliwia wyłapywanie wąskich impulsów nałożonych na przebiegi wolnozmiennie, ponadto umożliwia zarejestrowanie przypadkowych zmian amplitudy lub częstotliwości sygnałów i zmian głębokości modulacji sygnałów.

Podobny do wyżej opisanego jest rodzaj pracy z zapamiętywaniem minimów i maksimumów. Stosowany jest głównie do zapamiętywania przebiegów jednorazowych. Do pamięci są wpisywane wielkości minimalne i mak-

symalne próbek, ale bez ich akumulacji i z nich odtwarza się przebieg. Obie metody są oparte o odpowiednie algorytmy obróbki sygnałów.

Praca z wyłapywaniem przebiegów szpilkowych (ang. glitch detection)

Ten rodzaj pracy polega na analogowym zapamiętywaniu w specjalizowanych układach analogowych, działających podobnie jak szybkie woltomierze impulsowe, krótkotrwałych impulsów jednorazowych, a następnie na przetworzeniu je przez przetwornik A-C i zapamiętaniu ich w pamięci RAM. Układy te umożliwiają wyłapywanie i zapamiętywanie przypadkowych zakłóceń impulsowych o szerokości do 2ns.

Praca z uśrednianiem (ang. averaging mode).

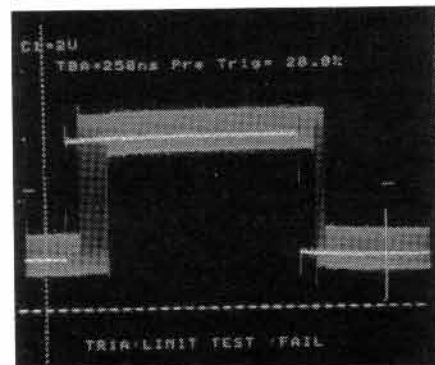
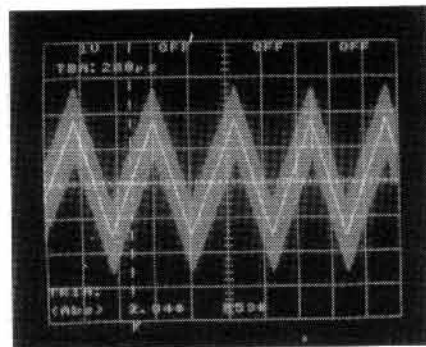
Ten rodzaj pracy polega na kolejnym zapamiętywaniu i przedstawianiu na ekranie przebiegu, który jest średnią arytmetyczną pewnej ustalonej liczby przebiegów wejściowych (rys. 18). Ten rodzaj pracy jest stosowany w przypadku zapamiętywania przebiegów obciążonych szumami, a przez uśrednianie zostają one z niego usunięte. Dzięki temu wzrasta również rozdzielczość napięciowa OPC.

Praca z odchyłką (ang. save on delta)

Ten rodzaj pracy polega na zapamiętywaniu jedynie tych przebiegów, których amplituda wykracza poza ustalone przez użytkownika granice, zaznaczone w postaci pola wyznaczającego dopuszczalny zakres zmian kształtu sygnału (rys. 19). Przebiegi o amplitudach wykraczających poza ten obszar są automatycznie zapamiętywane; mogą to być czynności dokonywane automatycznie i połączone z wydrukiem takiego przebiegu.

Praca z wyłapywaniem wąskich impulsów (ang. glitch detection)

Ten rodzaj pracy polega na zapamiętywaniu wąskich, przypadkowo pojawiających się impulsów, i to zarówno pojawiających się w ciągu impulsów, jak i nałożonych na przebiegi wolniejsze. Wykrywane i zapamiętywane są impulsy pojawiające się między punktami pobierania próbek w sygnale (rys. 20a) i dlatego nie mogą być przetworzone przez przetwornik A-C i zapamiętane. W układach wyłapujących takie wąskie im-



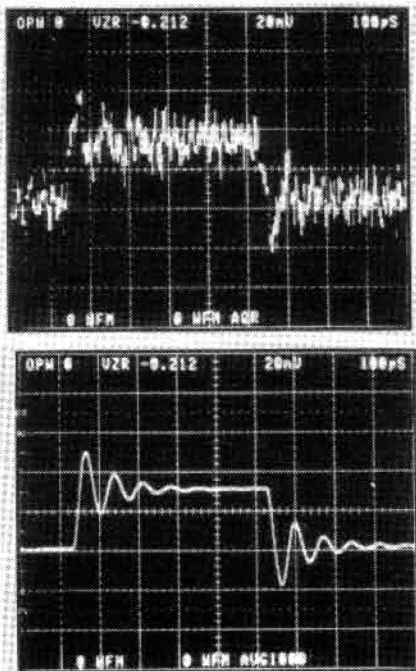
Rys. 19. Zasada zapamiętywania w systemie "Save on delta". U góry: przebieg nie wychodzi poza ustaloną obwiednię i nie jest zapamiętywany na stałe. U dołu: przebieg prostokątny wyszedł poza ustaloną obwiednię i został zapamiętany.

pulsy stosuje się układy szybkich woltomierzy szczytowych lub szybko przełączanych pojemnościowych układów pamiętających. W rezultacie ich działania zapamiętanie impulsu jest dokonywane z zachowaniem jego amplitudy, ale jego minimalna szerokość jest równa okresowi czasu między dwoma kolejnymi próbkami (rys. 20a).

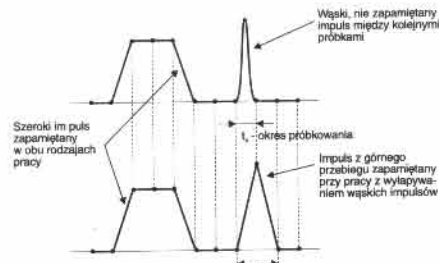
Wyłapywanie impulsów jest jednym z najbardziej użytecznych rodzajów pracy, zwłaszcza przy badaniu układów cyfrowych. W połączeniu z pracą układu wyzwalającego z czuwaniem i wyzwalaniem dwuzboczowym, OPC w tym rodzaju pracy może zapamiętywać przypadkowe impulsy, niemożliwe do zarejestrowania w innych rodzajach pracy. Stosując rodzaj pracy z wyłapywaniem impulsów do zapamiętywania sygnałów ciągłych, uzyskuje się szersze pasmo zapamiętywanych przebiegów (rys. 20b).

Praca z czuwaniem (ang. babysitting mode)

OPC przy pracy z czuwaniem pracuje na



Rys. 18. Praca z uśrednianiem, obraz przebiegu na rysunku u dołu uzyskano po 1000-krotnym uśrednieniu, przez co usunięto szumy widoczne na rysunku u góry.



Rys. 20a. Praca z wyłapywaniem impulsów; przy tym rodzaju pracy minimalna szerokość odtworzonych wąskich impulsów jest równa podwójnemu okresowi próbkowania.

zasadzie permanentnego kontrolera, który bez przerwy bada sygnał wejściowy. OPC zapamiętuje na stałe ten odcinek przebiegu, który jest w tym momencie na ekranie, gdy pojawią się warunki zgodne z zadanymi przez układ wyzwalania. Pracę z czuwaniem stosuje się wraz z pracą z odświeżaniem lub z pracą bieżącą. Przy pracy z czuwaniem OPC może automatycznie po zapamiętaniu przebiegu powracać do stanu początkowego i oczekiwać na następny impuls wyzwalający.

Zapamiętywanie przebiegów

W OPC zapamiętywanie przebiegów może być dokonywane ręcznie. Przez przyciśnięcie w dowolnym momencie przycisku „zapamiętanie” obraz na ekranie zostanie zapamiętany aż do ponownego wciśnięcia przycisku.

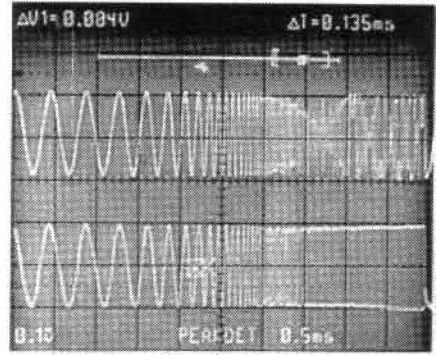
Do zapamiętywania przebiegów jednorazowych OPC przygotowuje się przez ustawienie odpowiedniego poziomu wyzwalania

przy pracy normalnie wyzwalanej oraz przejście do pracy z jednorazowym rozciąganiem. Wtedy może być zapamiętany tylko jeden przebieg.

W niektórych OPC jest możliwość wielokrotnego zapisu przebiegów jednorazowych. Po zapamiętaniu pierwszego przebiegu, oscyloskop automatycznie powraca do stanu gotowości do ponownego wyzwolenia, a zapamiętany przebieg zostaje przesłany z bloku szybkiej pamięci do pamięci masowej, by zwolnić miejsce dla następnego przebiegu. Wszystkie uprzednio zapamiętane przebiegi w OPC mogą być przesuwane w obu osiach na ekranie i może być zmieniana ich amplituda. Możliwe jest równoczesne oglądanie przebiegów wejściowych, aktualnie dołączonych do wejścia i przebiegów zapamiętanych uprzednio, nasuwanie jednego przebiegu na drugi i rozciąganie w osi czasu.

Marek Dras

Cd. w EP 7/95



Rys. 20b. Wpływ różnych metod próbkowania i odtwarzania tego samego sygnału na błędy przeistaczania. Przebieg górny zapamiętano przy pracy z odświeżaniem, a przebieg dolny przy pracy z wykrywaniem impulsów. Wobulowany przebieg górny uległ wyraźnym zniekształceniom w miarę wzrostu jego częstotliwości, a przebieg dolny został zapamiętany bez większych zniekształceń.