

# Oscyloskop - najważniejszy przyrząd pomiarowy w pracowni elektronika

## CZĘŚĆ 3

Do pełnego zrozumienia wiadomości podanych w tym artykule, potrzebna jest znajomość materiału zamieszczonego w poprzednich dwóch odcinkach.

Podane tam zostały podstawowe informacje o budowie i działaniu prostego oscyloskopu. W tym odcinku przedstawione zostaną bardziej rozbudowane, profesjonalne oscyloskopy. Czytelnicy EdW to w dużej części ludzie młodzi i hobbysci. Nie wszyscy mają dostęp do drogiego, profesjonalnego sprzętu. Jednak za kilka lat dzisiejsi uczniowie i studenci staną się profesjonalistami i już teraz powinni poznać i zrozumieć rozwiązania stosowane w nowoczesnych przyrządach.

Podany materiał zainteresuje też bardziej zaawansowanych amatorów, którzy rozważą możliwość zakupu droższego sprzętu.

### Dlaczego?

Oscyloskopy najtańsze, przeznaczone dla amatorów, mają szereg wad i ograniczeń. Oczywiście, początkujący hobbysta, zajmujący się elektroniką dorywczo, powinien rozzejrzeć się za jakimś możliwie tanim oscyloskopem. Ponieważ obecnie trudniej jest kupić tanio na bazarze oscyloskop produkcji b. ZSRR, warto przejrzeć ogłoszenia, dowiedzieć się, czy można kupić starszy sprzęt w likwidowanych lub modernizowanych zakładach przemysłowych, ewentualnie dać ogłoszenie do rubryki Rynek i Giełda i kupić od kogoś sprzęt używany.

Natomiast elektronik poważnie traktujący swoje hobby czy zawód, na pewno nie powinien kupować sprzętu najniższej klasy. Dopiero porządny oscyloskop dwukanałowy daje szereg nowych funkcji, niedostępnych w sprzęcie najprostszym. Dlatego należy starannie rozważyć zagadnienia finansowe i postarać się o sprzęt mający odpowiednie możliwości i parametry. Warto raz zdobyć się na znaczny wydatek i nabyć przyrząd, który na długo zapewni satysfakcję.

Wniosek ten dotyczy tym bardziej oscyloskopów kupowanych do szkolnych laboratoriów, pracowni rzemieślniczych czy zakładów przemysłowych.

Niniejszy odcinek zawiera przegląd profesjonalnych oscyloskopów, z których te tańsze na pewno leżą w zasięgu wielu Czytelników EdW.

### Oscyloskop dwustrumieniowy i dwukanałowy

W elektronicznej praktyce nierzadko zachodzi potrzeba lub wręcz konieczność, by jednocześnie zbadać i obejrzeć na ekranie dwa przebiegi elekt-

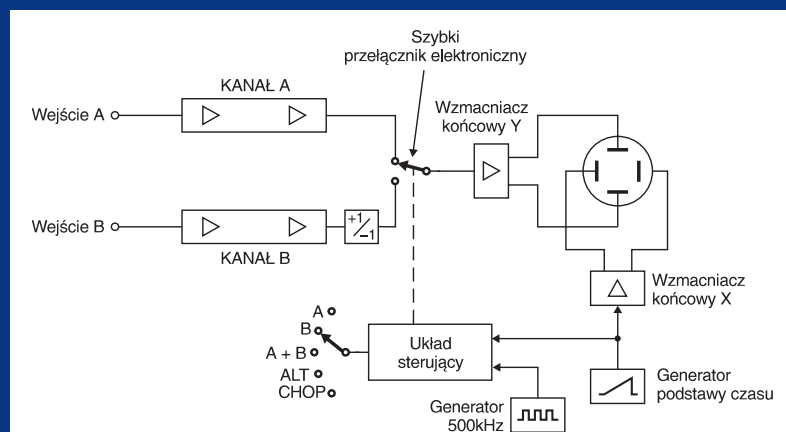
ryczne. Często chodzi o uchwycenie zależności między napięciami w różnych punktach układu i wtedy oba przebiegi w tym samym czasie muszą pojawić się na ekranie.

Wydawałoby się, że jedyną metodą jest umieszczenie w jednej lampie oscyloskopowej dwóch niezależnych systemów z dwoma wyrzutniami elektronów, dwoma parami płytek odchylających, wytwarzających dwa strumienie elektronów, z których każdy rysowałby niezależny obraz.

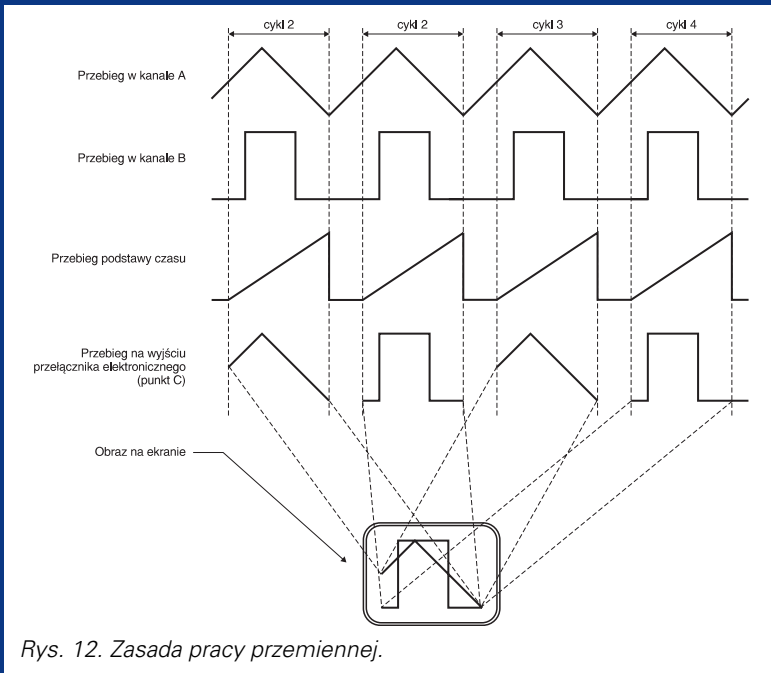
Takie lampy oscyloskopowe istnieją, nie cieszą się jednak zbyt dużą popularnością. Lampy i zawierające je oscyloskopy nazywa się dwustrumieniowymi. Oscyloskopy dwustrumieniowe były produkowane w znacznych ilościach w ZSRR. Zaletą takich oscyloskopów jest niezależna praca poszczególnych systemów, co znacznie rozszerza możliwości pomiarowe. W skrajnym przypadku uzyskuje się połączenie dwóch zupełnie niezależnych oscyloskopów w jednej obudowie, przy czym ekran jest wspólny. Podstawową wadą oscyloskopów dwustrumieniowych jest skomplikowana budowa i wysoka cena.

Na szczęście istnieje prosty sposób pozwalający zobrazować w zwykłej jednostrumieniowej lampie dwa lub więcej przebiegów. Sposób ten wykorzystuje się w praktycznie wszystkich produkowanych obecnie oscyloskopach. Oscyloskopy takie nazywa się dwukanałowymi (spotyka się też oscyloskopy czterokanałowe).

W oscyloskopie dwukanałowym występują dwa niezależne kanały wzmacnienia i szybki przełącznik elektroniczny. Fragment schematu blokowego takiego oscyloskopu pokazano na **rysunku 11**. W każdym dwukanałowym oscyloskopie przełącz-



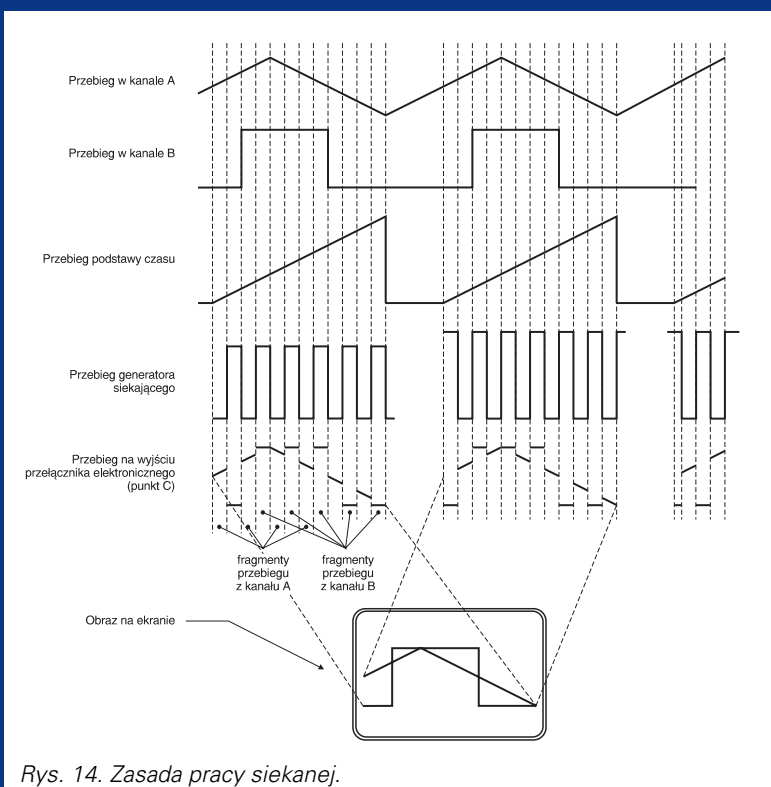
Rys. 11. Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu dwukanałowego.



Rys. 12. Zasada pracy przemiennej.

- nik rodzaju pracy pozwala przedstawić na ekranie:
- przebieg z kanału A
  - przebieg z kanału B
  - sumę (lub różnicę) sygnałów z obu kanałów
  - jednocześnie przebiegi z obu kanałów

Pokazany przełącznik elektroniczny w rzeczywistości jest układem sumującym prądy, dlatego umożliwi sumowanie przebiegów z obu kanałów. Zamiast sumy częściej jednak wykorzystuje się różnicę dwóch przebiegów (na przykład, aby pozbyć się sygnału wspólnego) - właśnie do pracy różnicowej potrzebny jest przełącznik odwracający obraz

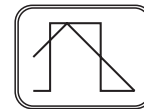


Rys. 14. Zasada pracy siekanej.

a) nieprawidłowy



b) prawidłowy



Rys. 13. Obraz na ekranie przy różnych sposobach synchronizacji.

na ekranie "do góry nogami", umieszczony w jednym z kanałów.

Do jednoczesnego uzyskania na ekranie obrazu dwóch przebiegów stosuje się albo tryb pracy przemiennej, albo tryb pracy siekanej. Na płycie czołowej niektórych oscyloskopów znajduje się przełącznik umożliwiający wybór rodzaju pracy, opisany ALT(ernate) - kolejny, przemiennej i CHOP - ang. siekać, rąbać. W rosyjskich oscyloskopach odpowiadają temu określenia *о́днѐй и́лѝ+а́вдѝа́и́е* i *а́вдѝа́и́е*.

**Rysunek 12** ilustruje zasadę pracy przemiennej. W czasie jednego cyklu pracy podstawy czasu rysowany jest przebieg z kanału A, w czasie następnego cyklu - z kanału B, i tak dalej. Pracą przełącznika elektronicznego steruje przerzutnik, który z kolei otrzymuje informację z generatora podstawy czasu. Zasada pracy jest, jak widać, bardzo prosta.

Ale nasuwa się tu ważne pytanie: jak synchronizowany jest obraz na ekranie?

W zależności od sposobu synchronizacji obraz na ekranie będzie inny i może wprowadzić w błąd niedoświadczonego obserwatora. Ilustruje to **rysunek 13**. Na rysunku 13a pokazano, jak będzie wyglądał obraz, gdy podstawa czasu wyzwalana będzie za każdym razem przebiegiem z innego kanału. Natomiast zupełnie inny obraz, prawidłowo obrazujący zależności czasowe (czy też inaczej mówiąc fazowe) powstanie wtedy, jeśli za każdym razem podstawa czasu będzie wyzwalana przebiegiem z tego samego kanału (jak na rysunku 12 i 13b).

Ponieważ jest to naprawdę ważna sprawa praktyczna, każdy Czytelnik, który ma do czynienia z oscyloskopem dwukanałowym powinien zastanowić się, czy dokładnie rozumie problem i jak wygląda to w jego oscyloskopie.

Najprawdopodobniej trzeba będzie zajrzeć do instrukcji lub przeprowadzić próby, bowiem nie wszystkie oscyloskopy mają przełączniki umożliwiające wybór jako źródła synchronizacji jednego lub przemiennej dwóch kanałów. Zazwyczaj źródłem synchronizacji jest kanał oznaczony liczbą 1 lub literą A. W takiej sytuacji nasuwa się jednak kolejne pytanie: czy w trybie pracy wyzwalanej na ekranie pojawi się obraz, jeśli w tym kanale nie będzie sygnału? Na to pytanie Czytelnik odpowie samodzielnie.

Innym trybem stosowanym do jednoczesnego zobrazowania na ekranie dwóch przebiegów jest

praca siekana. Jak widać z **rysunku 14**, przebiegi z obydwu kanałów są próbkowane, jakby siekane, i na ekranie podczas jednego przebiegu podstawy czasu rysowane są na przemian kawałeczki jednego i drugiego przebiegu. Jak łatwo się domyślić, w tym trybie nie ma problemu z synchronizacją - źródłem sygnału synchronizacji musi być przez cały czas tylko jeden z kanałów.

Dlaczego jednak przy pracy siekanej nie widzimy na ekranie fragmentów obu przebiegów, tworzących swego rodzaju grzebień, tylko dwa pełne, czyste przebiegi? Odpowiedź jest prosta - przecież obraz na ekranie rysowany jest wielokrotnie, a przebieg siekający nie jest zsynchronizowany z przebiegiem badanym. Częstotliwość sygnału siekającego jest rzędu kilkuset kiloherców, można więc przeprowadzić eksperyment i podać z generatora na wejścia obu kanałów Y (lub tylko jednego) sygnały, na przykład sinusoidalny i prostokątny, o regulowanej częstotliwości (około 100kHz). W pewnym zakresie częstotliwości tego generatora będzie można zobaczyć, że rzeczywiście oba występujące na ekranie przebiegi rysowane są po kawałku.

A teraz pytanie kontrolne: czy w oscyloskopie dwukanałowym nie wystarczyłoby tylko jeden sposób pracy, przemienny albo siekany?

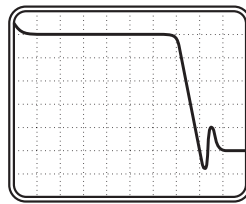
Okazuje się, że nie. Przy częstotliwościach poniżej 50Hz podczas pracy przemienną występuje silne migotanie obrazu, bo przecież każdy przebieg rysowany jest podczas kolejnego cyklu podstawy czasu. Dlatego przy małych częstotliwościach konieczne jest wykorzystanie trybu siekanego. Natomiast przy badaniu przebiegów o czasach rzędu pojedynczych mikrosekund i krótszych, pracy siekanej stosować nie można, bo okres przebiegu siekającego jest dłuższy niż okres badanych przebiegów.

Niektóre oscyloskopy dwukanałowe wyposażone są w przełącznik pozwalający wybrać pracę przemienną lub siekaną, w innych przełączanie trybu pracy odbywa się automatycznie, w zależności od wybranego zakresu podstawy czasu.

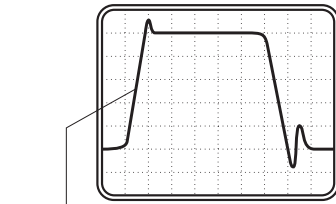
## Linia opóźniająca

Niektóre droższe oscyloskopy wyposażone są w tak zwaną linię opóźniającą. Niektórym Czytelnikom skojarzy się to być może z linią opóźniającą stosowaną w torze chrominancji odbiorników telewizyjnych, wprowadzającą opóźnienie sygnału o 64 mikrosekundy. W oscyloskopie wystarczy linia opóźniająca sygnał badany o ułamek mikrosekundy. Linia taka stosowana jest, aby na ekranie można było oglądać przednie zbocze sygnału. W praktyce często bada się szybkie przebiegi impulsowe. Początek impulsu, czyli jego przednie zbocze, przechodzi przez układ synchronizacji i wyzwala generator podstawy czasu. Na przejście przez układ synchronizacji i start generatora potrzebny jest pewien krótki czas, właśnie rzędu ułamka mikrosekundy. Gdy plamka rysująca obraz na ekranie pojawi się z takim niewielkim opóźnieniem, krótkie przednie zbocze już się zdąży zakończyć i nie może być zobrazowane. Obecność linii opóźniającej sygnał w torze Y gwarantuje, że na ekranie pojawi się także przednie zbocze badanego sygnału. **Rysunek 15a** pokazuje obraz krótkiego

a) bez linii opóźniającej



b) z linią opóźniającą



Rys. 15. Obraz krótkiego impulsu.

impulsu w oscyloskopie bez linii opóźniającej, a **rysunek 15b** - gdy zastosowano taką linię.

W praktyce obecność linii opóźniającej przydaje się tylko przy badaniu najszybszych przebiegów. Brak takiej linii nie jest znaczącą wadą oscyloskopu.

Niektórym Czytelnikom może zaciekać wiadomość, że w niektórych starszych oscyloskopach linię opóźniającą stanowił po prostu kilku, czy kilkunastometrowy odcinek przewodu koncentrycznego, który w postaci kilku zwojów umieszczony był niekiedy z tyłu, na zewnątrz obudowy.

## Wyjście kalibratora

Większość oscyloskopów wyposażona jest w tak zwane wyjście kalibratora. Na wyjściu tym występuje przebieg prostokątny o częstotliwości około 1kHz i amplitudzie rzędu 1V.

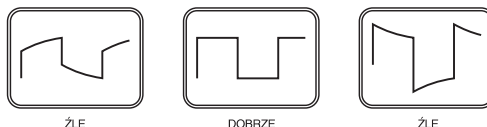
Sygnał ten dostępny jest nie na standardowym gnieździe BNC, tylko na nietypowym punkcie umieszczonym zwykle na płycie przedniej.

Wbrew pozorom, wyjście to nie służy do kalibracji współczynników odchylenia w torze Y lub współczynników czasu w generatorze podstawy czasu (choć w starych oscyloskopach można je było do tego wykorzystywać).

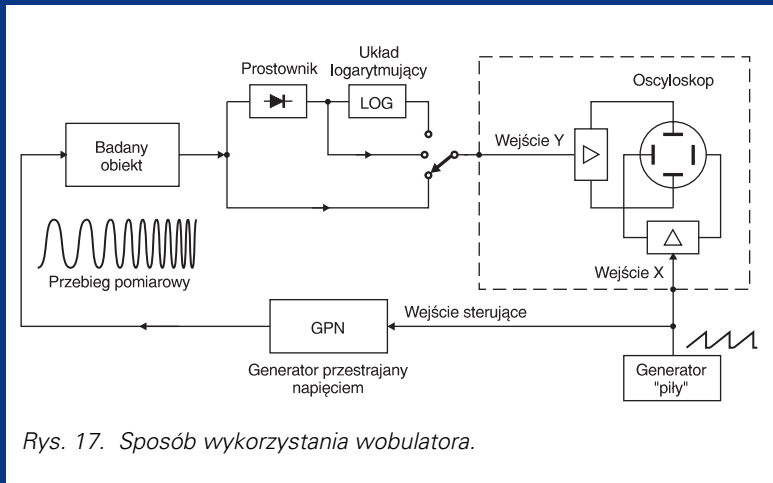
Sygnał z tego wyjścia służy do kalibracji charakterystyki częstotliwościowej używanych sond pomiarowych.

Więcej informacji na temat sond będzie podane w jednym z następných odcinków, teraz wystarczy wiedzieć, że prawie zawsze przy pomiarach oscyloskopowych zamiast zwykłych przewodów pomiarowych, stosuje się sondy tłumiące sygnał dziesięciokrotnie. Każdą sondę można dołączać do dowolnego oscyloskopu, ale ponieważ oscyloskopy mają różną pojemność wejściową (od 15 do 40pF), zachodzi konieczność kalibracji sondy, aby uzyskać równomierne pasmo przenoszenia.

W praktyce jest to bardzo proste i zajmuje kilka sekund. Ostrze kalibrowanej sondy (tłumiącej w stosunku 1:10), należy dotknąć do wspomnianego wyjścia kalibracji, a następnie wkrętkiem tak ustawić trymer w obudowie sondy, żeby uzyskać



Rys. 16. Kalibracja sondy.



Rys. 17. Sposób wykorzystania wobulatora.

przebieg najbardziej zbliżony do prostokątnego. Na **rysunku 16** pokazano przebiegi na ekranie w trakcie kalibracji. Po takim prostym zabiegu sonda jest gotowa do pracy.

### Beam find

Niektóre oscyloskopy wyposażone są w przycisk oznaczony BEAM FIND lub  $\hat{\imath}\hat{\imath}\hat{e}\hat{n}\hat{e}\hat{e}\hat{o}\hat{d}\hat{a}$ . Jak wskazuje nazwa, przycisk jest pomocny wtedy, jeśli nie wiadomo dlaczego obraz "ucieł" z ekranu. Naciśnięcie tego przycisku rozjaśnia i pomniejsza obraz. Można wtedy określić, czy przyczyną jest złe ustawienie pokrętki jasności, przesuwu poziomego lub pionowego, czy też rzeczywiście obraz ucieł w dół lub w górę pod wpływem dużej składowej stałej. Jeśli po naciśnięciu przycisku nie uzyska się żadnego obrazu, lub tylko świecąca kropkę, to nie pracuje generator podstawy czasu, czyli najprawdopodobniej w trybie wyzwalanym źle ustawione są regulatory synchronizacji.

### Tryb X-Y-Z

Wszystkie lepsze oscyloskopy dwukanałowe (a także niektóre jednokanałowe) mają możliwość pracy w tak zwanym trybie X-Y. Dotychczas omówiono typowe wykorzystanie oscyloskopu, gdy w torze X pracował generator podstawy czasu. Ale oscyloskop można wykorzystywać do wielu zadań, między innymi jako wskaźnik, gdy plamka także w osi poziomej jest odchylana przez przebiegi podawane z zewnątrz. Na płycie czołowej przyrządu należy więc szukać pozycji któregoś z przełączników oznaczonej X-Y. W tej pozycji generator podstawy czasu jest odłączony i zewnętrzny sygnał podawany jest na wzmacniacz i płytki X. Niektóre oscyloskopy mają specjalne gniazdo wejściowe oznaczone INP X lub  $\hat{a}\hat{o}\hat{i}\hat{a}$  X. Ale w oscyloskopach dwukanałowych przy pracy w trybie X-Y zwykle jeden z kanałów pełni rolę wzmacniacza Y, drugi - wzmacniacza X.

Większość Czytelników domyśliła się już, iż to właśnie w trybie X-Y uzyskuje się tak zwane krzywe Lissajous opisywane w podręcznikach. Tak, ale nie tylko. Na ekranie oscyloskopu można na przykład wyświetlić tekst lub rysunki. Oczywiście do wytworzenia odpowiednich przebiegów trzeba zastosować komputer, mikroprocesor lub przynajmniej pamięć typu EPROM lub RAM. Bardzo interesującą możliwością jest wykorzystanie oscylo-

skopu pracującego trybie X-Y przy pomiarach z użyciem generatora przestrajanego napięciem - wobulatora. Wtedy na wejście X podaje się napięcie (zwykle piłokształtne), sterujące także częstotliwością przestrajanego napięciem generatora, a na wejście Y sygnał wyjścia z badanego urządzenia. Uproszczony schemat blokowy takiego systemu pokazano na **rysunku 17**. W jednym z poprzednich numerów EdW w Forum Czytelników przedstawiono opis przeróbki prostego oscyloskopu do pracy w trybie X-Y.

Oscyloskop w trybie X-Y jest też świetnym wskaźnikiem dla wszelkiego rodzaju charakterografów, czyli systemów określających charakterystyki napięciowo-prądowe różnych elementów.

Piszący te słowa widział nawet oscyloskop w trybie X-Y pracujący jako bardzo kiepskiej jakości ekran telewizyjny. Co prawda na taki dziwaczny eksperyment szkoda czasu, bowiem świecąca zielono, typowa lampa oscyloskopowa nie pozwala uzyskać poprawnego obrazu TV,

Niemniej jednak elektronik, który poważnie traktuje swą pasję, powinien mieć oscyloskop, mogący pracować w trybie X-Y.

Ktoś może jeszcze zapytać, dlaczego na ekranie nie widać momentów przejścia plamki między dwoma przebiegami przy pracy siekanej, a także linii podczas szybkiego powrotu plamki z prawej strony ekranu na lewą?

Linie te byłyby widoczne na ekranie, gdyby oscyloskop nie posiadał obwodów wygaszania plamki na ten czas. Jak podano w poprzednim odcinku, regulacja jasności, w tym także całkowite wygaszenie plamki, odbywa się przez zmianę napięcia na jednej z elektrod (siatek) lampy oscyloskopowej.

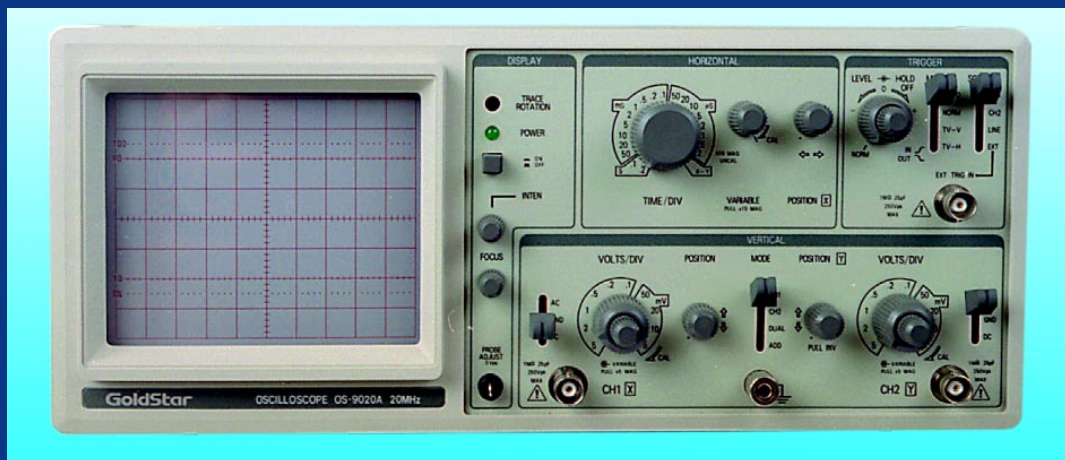
W dobrych oscyloskopach oprócz obwodów wygaszania powrotów oraz obwodu płynnej regulacji jasności obrazu, wprowadzono także dodatkowe wejście, oznaczone literą Z, które umożliwia regulację jasności plamki za pomocą podanego z zewnątrz napięcia. Takie wejście jest bardzo przydatne w przy podanych powyżej, bardziej zaawansowanych sposobach wykorzystania oscyloskopu. Właśnie wtedy wykorzystuje się tory X, Y i Z.

### OS-9020

Na **fotografii 4** przedstawiono płytę czołową najpopularniejszego dwukanałowego oscyloskopu z oferty AVT, modelu OS-9020A koreańskiej firmy Goldstar. Właśnie tej klasy przyrząd można polecić nawet średnio zaawansowanemu elektronikowi.

Oscyloskop OS-9020A jest najtańszy z całej rodziny OS-9000. Jest oczywiście najuboższy, ale należy mieć na względzie, że większość funkcji dostępnych w droższych modelach nie daje jakichś nowych, cennych możliwości, tylko ułatwia pomiary. Pokazany oscyloskop realizuje prawie wszystkie funkcje, jakie są potrzebne w praktyce (nie można nim jednak badać przebiegów jednorazowych). Wyposażony jest w lampę z dużym, prostokątnym ekranem o wymiarach 10x8cm, posiadającą wewnętrzną skalę.

Przyrząd może mierzyć sygnały od prądu stałego (0Hz) do przynajmniej 20MHz. Ten zakres częstotliwości całkowicie wystarczy nawet zaawansowanemu elektronikowi.



Zakres współczynników wzmocnienia torów wynosi 1mV/dz...5V/dz. Maksymalne dopuszczalne napięcie szczytowe podawane na wejścia nie może przekroczyć 250V. Zakres kalibrowanych współczynników podstawy czasu wynosi 0,2μs/dz...0,2s/dz, przy czym istnieje możliwość poszerzenia go do 0,02μs/dz. Przyrząd może pracować w temperaturze 0...+40°C, waży 7,8kg i pobiera z sieci około 40W mocy.

Kolejnym ćwiczeniem dla Czytelników jest określenie roli wszystkich regulatorów i gniazd znajdujących się na płycie przedniej.

Wszyscy nabywcy takiego oscyloskopu otrzymują oprócz karty gwarancyjnej oryginalną instruk-

cję w języku angielskim i jej tłumaczenie na język polski. Uzyskają z nich dokładne dane dotyczące parametrów przyrządu, a także sporo cennych wskazówek odnośnie eksploatacji i przeprowadzania pomiarów. Zarówno treść oryginalnej instrukcji, jak i staranny polski przekład zasługują na uznanie.

Właśnie prezentowany oscyloskop posiadający niemal wszystkie, potrzebne w praktyce możliwości, jest przykładem sprzętu, jaki można polecić bardziej zaawansowanemu Czytelnikom EdW.

(red)

## ERRARE HUMANUM EST

W EdW 1/97 oprócz kilku literówek wytropiliście następujące drobne błędy:

- W opisie aparatury do zdalnego sterowania modeli (str. 9, pierwsza szpalta) zamiast U1, T1, wspomniano o U4, T3, natomiast w tabeli 1 na tej samej stronie w czwartej linii zamiast UM3758-180A/B powinno być UM3758-108A/B.
- Na str. 15 rys. 12 (Szkola konstruktorów) zabrakło oznaczenia punktu C - należy go zaznaczyć na górnej końcówce przycisku STOP.
- W wykazie elementów psychomaszyny (str. 22) rezystor R26 powinien mieć wartość 15W, jak podano na schemacie ideowym. Natomiast ostatnie zdanie na stronie 22, dotyczące numeru płytki psychomaszyny, powinno brzmieć: ...pod symbolem EdW-012.
- Na str. 38 w artykule o oscyloskopach zabrakło rysunku 4. Oto on:
- Na wkładce (str 40) zamieniono podpisy nadajnik - odbiornik; zabrakło też rysunku ścieżek od strony elementów nadajnika zdalnego sterowania. Rysunek ten jest na wkładce w dzisiejszym numerze.
- W opisie prostego generatora w.cz. (str. 41, 42) wartość kondensatora C4 powinna wynosić 6,8pF, czyli tak jak podano w spisie elementów. Niemniej układ będzie też pracował poprawnie z kondensatorem C4 o pojemności 68pF.
- W "Listach od Piotra" na str. 58 w podpisie rys. 6 zamiast "instalacji alarmowej" powinno być "instalacji zapłonowej". Na str. 59 na rys. 11 zamiast  $I = \text{const}$  powinno być  $U = \text{const}$ .
- Przy okazji chcielibyśmy uściślić, że osoba pokazany na fotografii na stronie 62 nie jest MacGyverem.

Drobne nagrody-niespodzianki otrzymują Piotr Kożuch i Ireneusz Węglowski.

