



# Oscyloskop – najważniejszy przyrząd pomiarowy w pracowni elektronika

## CZĘŚĆ 10

### Dopasowanie linii i odbicia

W tym artykule zostanie wyjaśnione pewne nieporozumienie.

W literaturze często spotyka się zalecenie, aby przy przesyłaniu sygnałów o większych częstotliwościach stosować przewody koncentryczne o rezystancji charakterystycznej  $50\Omega$  i zapewnić dopasowanie z obu stron takiej linii przesyłowej. Dlatego wielu elektroników łącząc oscyloskop z badanym układem stosuje zawsze taki koncentryczny przewód, upewniając się, czy rzeczywiście jest to przewód 50-omowy.

Zasada jest w swej istocie słuszna, ale należy wiedzieć, jakiego zakresu częstotliwości dotyczy.

Należy zacząć od prędkości przesyłania sygnału w takim kablu koncentrycznym. Jest ona nieco mniejsza od prędkości światła i wynosi mniej więcej  $20\text{cm/ns}$ .

Kwestia odbić i dopasowania wtedy będzie odgrywać jakąś rolę, gdy długość przesyłanej fali, albo też czasy przesyłanych impulsów będą porównywalne z czasem przejścia sygnału przez daną linię.

Weźmy przewód pomiarowy o długości 1 metra. Sygnał przechodzi przez niego przez około  $100\text{cm} / (20\text{cm/ns}) = 5\text{ns}$

Długość 1m ma fala elektromagnetyczna o częstotliwości około  $300\text{MHz}$ .

A więc dopiero powyżej częstotliwości  $100\text{MHz}$  i przy impulsach krótszych niż  $10\text{ns}$  trzeba się zacząć martwić o dopasowanie. Rzeczywiście, oscyloskopy pracujące przy częstotliwościach rzędu kilkuset megaherców, często mają wejście o rezystancji nie  $1\text{M}\Omega$ , tylko właśnie  $50\Omega$ . Do takich oscyloskopów koniecznie trzeba stosować odpowiednie kable, rozgałęźniki, tłumiki i dopasowania.

Natomiast w oscyloskopie o pasmie  $20\text{MHz}$  czy nawet  $50\text{MHz}$ , współpracującym z sondą o długości 1m, problem dopasowania impedancji przewodów praktycznie

nie występuje. Ponadto dopasowanie 50-omowego kabla do wejścia o dużo większej rezystancji wcale nie jest sprawą łatwą (jeśli w ogóle możliwą).

Wniosek?

Przy oscyloskopach o pasmie rzędu kilkudziesięciu megaherców wcale nie jest konieczne stosowanie 50-omowego kabla koncentrycznego w roli prostej sondy 1:1.

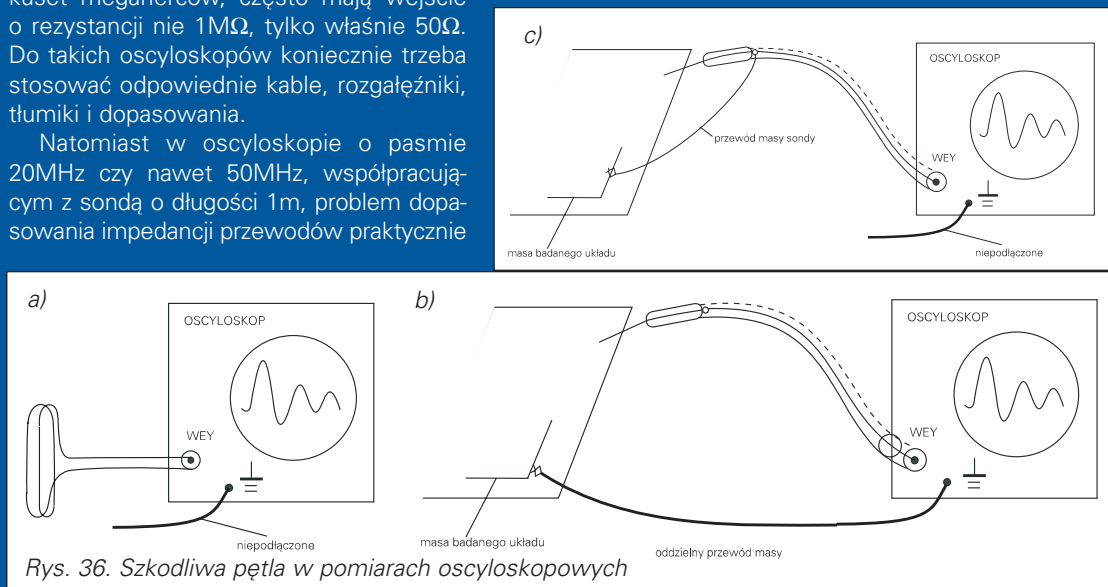
Dotyczy to zwłaszcza pomiarów przy małych częstotliwościach (do  $100\text{kHz}$ ). Często się widzi, że elektronik nie ma właściwych sond do oscyloskopu i stosuje zwykłe kable, z jednej strony zakończone wtykiem BNC, z drugiej wprost lutowane do badanego układu. Nader często są to grube, twarde, 50-omowe kable koncentryczne. Używanie takich sztywnych kabli to prawdziwa męczarnia.

Tymczasem, jeśli pomiary dotyczą tylko małych częstotliwości, do  $20\text{...}100\text{kHz}$ , śmiało można zastosować krótkie ( $20\text{cm}$ ) kawałki cienkiego i miękkiego przewodu ekranowanego. Różnica między grubym, „porządnym” koncentrycznym kablem 50-omowym, a takim cienkim i elastycznym przewodem ekranowanym, w zakresie małych częstotliwości jest praktycznie żadna.

Dlatego przy braku fabrycznych sond 1:10 (które są zalecane w każdej sytuacji), do układów m.c. można śmiało wykorzystać krótkie odcinki jakiegokolwiek przewodu ekranowanego.

### Zakłócenia i błędy

W tym miejscu należy jeszcze wspomnieć, że w pewnych sytuacjach nie stosuje się ani żadnych



Rys. 36. Szkodliwa pętla w pomiarach oscyloskopowych

## Miernictwo

fabrycznych sond, ani „samoróbki” z przewodu ekranowanego, tylko łączy się badany układ z gniazdem wejściowym oscyloskopu za pomocą dwóch krótkich (do 10cm) jednożyłowych przewodów; jedna żyła to masa, druga – sygnał. Jeśli przewody nie są ze sobą skręcone, pojemność takiej „sondy” jest praktycznie żadna, poniżej 1pF, i badany układ obciążony jest tylko pojemnością i rezystancją wejściową oscyloskopu.

Takie dwa przewody mogą jednak działać jak antena i zbierać z otoczenia różne „śmieci”, w tym zakłócenia. Dlatego metoda z gołymi, krótkimi przewodami może być stosowana przy sygnałach o większej amplitudzie. Przy badaniu małych sygnałów, w obecności silnych zakłóceń, zapewne konieczny będzie przewód ekranowany lub koncentryczny.

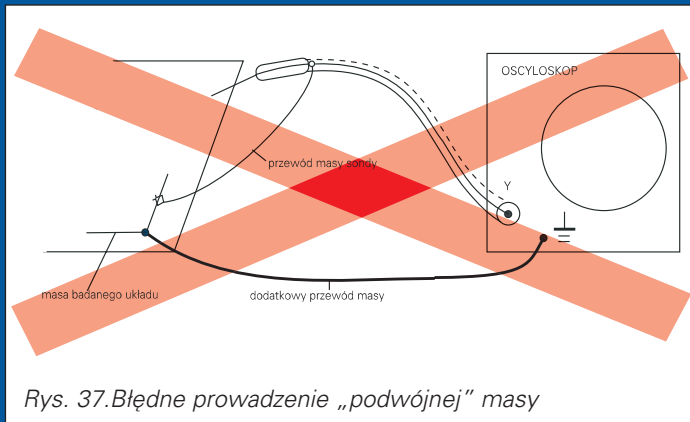
I tu warto zwrócić uwagę na kilka istotnych spraw.

Wśród elektroników panuje powszechne przekonanie, że przewód ekranowany całkowicie likwiduje wszelkie problemy z przenikaniem, czy „zbieraniem” zakłóceń z otoczenia. Jest w tym sporo prawdy, ale jak zwykle nie jest to prawda ostateczna. Rzeczywiście, ekranowany przewód, którego ekran jest podłączony do masy układu, nie dopuszcza do środkowej żyły zakłóceń przedostających się przez pole elektrostatyczne i elektromagnetyczne. Ale należy tu jeszcze wziąć pod uwagę wpływ pola magnetycznego. Jak podają mądre książki, żeby wyeliminować wpływ pola magnetycznego, należy zastosować ekran, a właściwie pancierz stalowy o grubości powyżej 10mm lub miedziany jeszcze grubszy...

W praktyce wcale nie jest to potrzebne, trzeba tylko rozumieć pewną ważną sprawę.

O ile pod wpływem pola elektrycznego, zakłócenie może się zaindukować w jednym przewodzie, o tyle pole magnetyczne może zaindukować napięcie i prąd tylko w pętli czyli w zwoju lub zwojach. Pętla lub wielozwojowa cewka podłączona do wejścia oscyloskopu może więc pełnić rolę czujnika pola magnetycznego.

Na **rysunku 36** pokazano trzy sytuacje. Rysunek 36a pokazuje jak zrobić pętlę do pomiaru pól magnetycznych. Tymczasem wielu elektroników, stosując fabryczną sondę lub przewód ekranowany, nie podłącza do badanego układu masy sondy, tylko dla wygody do połączenia masy oscyloskopu i układu stosuje oddzielny przewód, jak pokazano na rysunku 36b. Tworzą tym samym większą lub mniejszą pętlę, która zbiera z otoczenia zakłócenia przenoszone przez pole magnetyczne. Należy tu podkreślić, że zakłócenia te nie są duże i problem pojawia się tylko przy pomiarach małych napięć, rzędu miliwoltów. Przy dużych sygnałach można stosować sposób z rysunku 36b, bo rzeczywiście jest wygodny.



Rys. 37. Błędne prowadzenie „podwójnej” masy

Natomiast przy małych sygnałach należy minimalizować powierzchnię pętli tworzonej przez przewód masy, jak pokazano to na rysunku 36c.

Sprawa połączenia masy ma też bardzo duże znaczenie przy obserwacji krótkich impulsów. Przy niewłaściwym połączeniu, np. wg rysunku 36b, obraz z boczny impulsów będzie zniekształcony i może wprowadzić w błąd obserwatora. Będzie on potem szukał w układzie przyczyny zniekształceń impulsów, gdy tymczasem impulsy w układzie będą prawidłowe, natomiast przyczyną zniekształceń obrazu w oscyloskopie będzie właśnie niepoprawne prowadzenie obwodu masy.

Błędne jest także dwukrotne połączenie obwodu masy, tak „na wszelki wypadek”. Dlatego **rysunek 37** jest przekreślony. W takiej sytuacji ekran kabla i dodatkowy przewód tworzą pętlę. W pętli tej indukuje się prąd, być może o znacznej wartości, który na rezystancji ekranu kabla może wywołać zauważalny spadek napięcia.

Przy okazji omawiania zakłóceń warto jeszcze wspomnieć o kolejnej możliwości utworzenia pętli masy. Większość oscyloskopów ma wtyczkę „z uziemieniem”. Bolec uziemiający jest połączony z obudową oscyloskopu, czyli masą. Jeśli używany zasilacz ma takie same połączenie obwodu „uziemienia”, wtedy połączenie przewodami masy zasilacza, masy układu i masy oscyloskopu zamknie takową pętlę. Na problemy z taką pętlą masy można się natknąć bardzo często i nie ma jednoznacznej reguły, jak wtedy postąpić.

W każdym razie generalnie należy unikać pętli masy i stosować sposób z rysunku 36c.

Wiadomości podane w dwóch ostatnich odcinkach nie wyczerpują wszystkich spraw związanych z praktycznym wykorzystaniem oscyloskopu. Sygnalizują jednak dwa podstawowe zagadnienia:

- Czy dołączenie oscyloskopu ma wpływ na pracę badanego układu?
- Czy obraz na ekranie dokładnie odwzorowuje przebiegi w badanym układzie?

Dobry elektronik powinien zdawać sobie sprawę, na ile parametry wejścia oscyloskopu, zastosowanej sondy i sposobu podłączenia, mają wpływ na działanie układu i kształt przebiegów na ekranie.

(red)