



## Opis i instrukcja obsługi urządzenia do pomiaru szybkości dźwięku w cieczach

### Krótki opis urządzenia

Urządzenie składa się z ultradźwiękowej karty pomiarowej OPKUD01/100, nadajnika/odbiorcy OPGUD oraz z kuwety pomiarowej, do której przymocowane są dwa przetworniki ultradźwiękowe na przeciwległych ściankach. Kuweta może być wykonana na życzenie użytkownika. Karta OPKUD jest sterowana przez program, który dokonuje też pomiarów koniecznych parametrów i komunikuje się z użytkownikiem.

### Dane techniczne:

#### I. Karta oscyloskopowa

- przetwornik A/C
  - rozdzielczość: 8 bitów
  - częstotliwość próbkowania: 50 lub 100MHz<sup>1</sup>
- tor analogowy
  - ilość kanałów: 1
  - napięcie wejściowe: max. 1Vpp
  - impedancja wejściowa: 50Ohm, 10pF
  - pasmo: 0.1-25MHz
  - wzmacnienie: -20dB do 40dB
  - długość bufora: dowolny w zakresie: 1-16kB<sup>1</sup>
- wyzwianie
  - wewnętrzne (wyzwalanie programowe)
  - zewnętrzne (sygnał TTL max. 2 kHz)
- posttrigger 0-256us<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> - parametr ustawiany programowo

#### II. Układ nadawczo-odbiorczy

- nadajnik
  - amplituda sygnału ładowanie możliwych poziomach) 50V- 360V (ustalane programowo w 8)
- odbiornik
  - wzmacnienie 40dB

## Zasada działania urządzenia:

Kuweta pomiarowa wypełniana jest cieczą wzorcową i mierzony jest czas przejścia fali ultradźwiękowej przez kuwetę (ścianki oraz ciecz w niej się znajdująca). Pomiar może dotyczyć jednokrotnego przejścia fali dźwiękowej przez kuwetę, jak też i jej wielokrotnego odbicia.

Zastosowana została następująca metoda pomiaru czasu przejścia sygnału:

Ponieważ zakładamy, że celem użytkownika jest pomiar cieczy, które tylko nieznacznie różnią się szybkością dźwięku, tak, że możliwe jest założenie, że sygnał praktycznie nie zmienia kształtu, to da się zastosować procedurę, która wykorzystuje fakt, że karta pomiarowa ma konstrukcyjnie zapewnioną synchronizację impulsu nadawanego z zegarem karty i mierzyć nie tyle przesunięcie czasu, ale zmiany amplitudy sygnału danej próbki (dokładny opis metody zostanie dostarczony w osobnym artykule, który jest w trakcie tworzenia). Metoda ta pozwala na najbardziej precyzyjny pomiar czasu przyścia sygnału, co stanowi podstawę do dalszych obliczeń.

Zaznaczyć przy tym trzeba, że istnieje też możliwość pomiaru cieczy o różnych własnościach akustycznych, które zmieniają impuls na tyle, że opisana powyżej procedura nie nadaje się do pomiaru. Możliwe jest wtedy zastosowanie innej procedury, która jednak nie jest w stanie dostarczyć aż tak dokładnych pomiarów czasu przejścia.

W momencie, kiedy przy pomocy jednej lub drugiej procedury zmierzony zostanie czas przyścia sygnału, do wyliczenia potrzebnych wartości wykorzystywane są następujące wzory:

Jeśli mamy pojemnik z mierzoną cieczą, gdzie droga dźwięku tylko częściowo znajduje się w tej cieczy, to możemy napisać następujący wzór:

$$T = T_1 + T_2$$

Gdzie:

$T_1$  jest czasem propagacji poza mierzoną cieczą;

$T_2$  w tej cieczy.

Możemy mierzyć czas propagacji w całym systemie  $T$  wypełnionym wodą  $T_w$ , która ma szybkość  $C_w$ , lub też mierzoną cieczą  $T_x$  (szybkość  $C_x$ ). Jeśli znamy długość drogi ( $L$ ) w mierzonej cieczy, możemy wyznaczyć szybkość dźwięku w tej cieczy:

$$T_{2w} = \frac{L}{C_w}$$

$$T_1 = T_w - T_{2w}$$

$T_1$  może być uzyskane po dokonaniu pomiaru z wodą. Pomiar ten musi być powtarzany od czasu do czasu, ale prawdopodobnie można założyć, że nie musi być robiony często, bowiem parametry systemu zmieniają się najprawdopodobniej w wolnym tempie.

$$C_x = \frac{L}{(T_x - T_1)}$$

gdzie:  $C_x$  - szybkość dźwięku w mierzonym medium

Wzór 1. Szybkość dźwięku w mierzonym medium

Użytkownik programu musi znać i wpisać w odpowiednim miejscu programu długość drogi w wodzie ( $L$ ). Może też alternatywnie wpisać szybkość dźwięku w medium (np. w wodzie), co pozwoli na zmierzenie wymiarów kuwety.

Dla dokonania pomiaru konieczne jest zaznaczenie sygnałów, które mają być przez program wykorzystane do pomiaru. Możliwe jest przy tym wykorzystanie jednokrotnego przejścia (lub odbicia sygnału), jak też i wielokrotnego. Zaznaczenia dokonuje się przy pomocy bramek pomiarowych.

Zaznaczyć trzeba, że wykorzystanie wielokrotnego odbicia zmniejsza absolutną dokładność pomiaru (zależy ona bowiem od precyzji pomiaru długości drogi w cieczy i szybkości dźwięku w wodzie – przy danej precyzji pomiaru, zwielokrotnienie drogi zwiększa błąd jej pomiaru tyle razy, ilokrotne odbicie zostanie użyte), ale zwiększa jego czułość, co może być interesujące przy pomiarach porównawczych.

## Wymagania programu

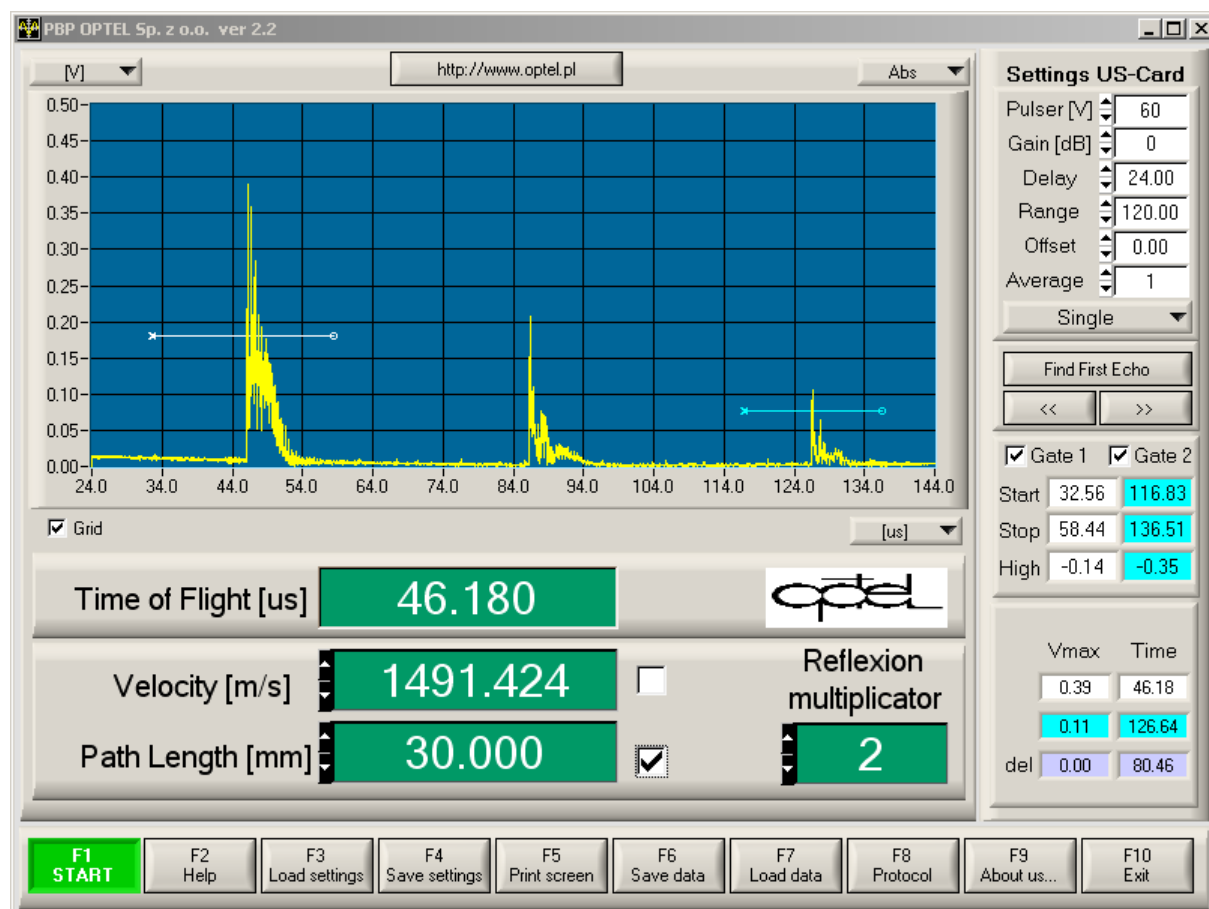
### Wymagania systemowe:

Komputer klasy:	PC
Karta graficzna:	SVGA pracująca w trybie 640x480 lub wyższym (zalecana 800x600)
System operacyjny:	Windows 95, Windows 98, ME, XP lub Windows NT, 2000.

Program dostarczany jest w wersji instalacyjnej. Instalacja odbywa się automatycznie na dysk twardy do katalogu wskazanego przez użytkownika. Rekomendowany katalog „C:\OPTEL”. Następnie program zakłada dwa podkatalogi „PROTOCOL” oraz „SET”.

## Opis paneli i klawiszy funkcyjnych programu

Panel główny programu:



Rys1. Panel główny

### Wyjaśnienie funkcji poszczególnych okien i przycisków

Okna w lewej części ekranu, związanej z wykresem:

1. Przełącznik z lewej górnej strony wykresu umożliwia ustawienie jednostek dla pionowej skali wykresu. Możliwe są wskazania w V, % i db.
2. Przełącznik z prawej górnej strony wykresu umożliwia ustawienie sposobu wizualizacji danych. Możliwe jest wykres wartości absolutnej sygnału (Abs), bezpośrednich wartości pomiarowych (HF), tylko wartości dodatnich (positiv), i tylko ujemnych (neg).
3. Przełącznik z prawej dolnej strony wykresu umożliwia ustawienie jednostek dla poziomej skali wykresu, możliwe są wskazania w  $\mu$ s, mm i sample.
4. Okno „Time of flight” pokazuje czas przyścia sygnału dla pierwszej bramki pomiarowej.
5. Okno „Velocity” pokazuje wyliczoną przez program szybkość dźwięku w mierzonym materiale.
6. Okno „Path Length” pokazuje wyliczoną przez program długość drogi w mierzonym materiale (długość kuwety).

Odznaczenie kratki przy klawiszu „Velocity” powoduje, że program mierzy szybkość dźwięku w materiale, przyjmując jako znaną długość drogi. Odznaczenie kratki przy klawiszu „Path Length” powoduje pomiar długości drogi.

W razie wykorzystywania do pomiaru krotnego echa należy zaznaczyć, które jest to echo w oknie „reflexion multiplier”. Spowoduje to wyliczenie przez program prawidłowej wartości mierzonych wielkości.

#### Okna z prawej strony ekranu:

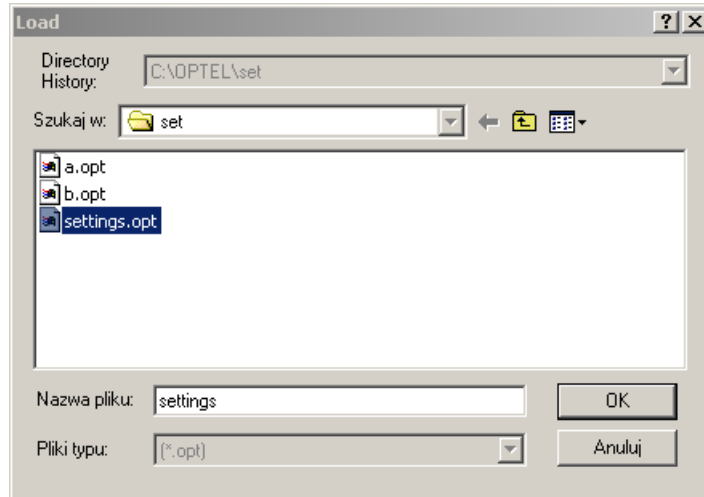
Górna część prawej strony ekranu dotyczy ustawień karty oscyloskopowej i nadajnika. Wymagają one pewnej znajomości jej funkcjonowania, ale możliwe jest też dobranie ustawień metodą prób i błędów. Należy przy tym dążyć do tego, aby obserwowany sygnał miał amplitudę rzędu 2/3 wysokości wykresu.

7. Okno „Pulser” umożliwia ustawienie napięcia nadajnika (w zakresie od 60 do 360V)
8. „Gain” umożliwia ustawienie wzmocnienia na karcie.
9. „Delay” umożliwia ustawienie opóźnienia, które decyduje o początku pomiaru – opóźnieniu względem triggera.
10. „Range” umożliwia ustawienie długości sygnału, mierzonego przez kartę.
11. „Offset” umożliwia realizację funkcji offset (przesunięcia pionowego wykresu sygnału). Funkcja ta realizowana jest programowo.
12. „Average” umożliwia ustawienie ilości sygnałów, które zostaną wzięte do uśrednienia.
13. Przełącznik „Single/Dual” umożliwia przełączanie układu na pracę z jednym przetwornikiem, pracującym w trybie nadawanie/odbiór (tryb „single”) i dwoma, z których jeden jest nadajnikiem, a drugi odbiornikiem (tryb „dual”).
14. Klawisz „Find first echo” uruchamia funkcję, która szuka pierwsze echo i automatycznie ustawia go na początku wykresu. Odpowiada ona znanej w wielu oscyloskopach funkcji triggera analogowego.
15. Znajdujące się poniżej klawisze ze strzałkami umożliwiają przesuwanie wykresu do następnych ech z lewej i prawej strony.
16. Jeszcze niżej znaleźć można okna pokazujące pozycje bramek i wartości sygnału w bramkach. Odznaczając kratkę odpowiadającą poszczególnej bramce można ją włączyć i wyłączyć. Ustawienie pozycji bramki dokonywane jest przy pomocy myszy i kursorów na ekranie.

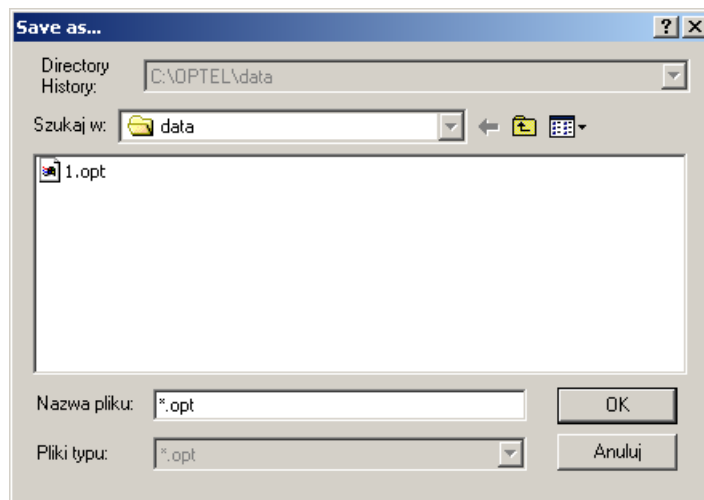
## Funkcje dolnych klawiszy

**F1 Start/Stop** Startuje lub zatrzymuje pomiar.

**F3 Load Settings** Ładuje zapisane w pliku ustawienia:



**F4 Save Settings** Zapisuje w pliku wybrane przez użytkownika ustawienia:

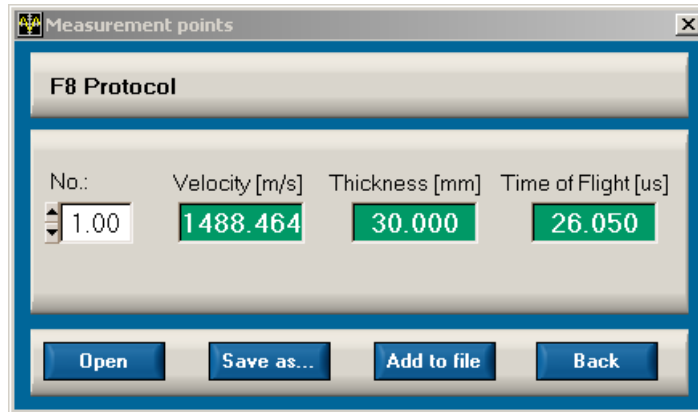


**F5 Print screen** wydruk ekranu

**F6 Save data** Zapisanie danych do pliku

**F7 Load data** Odczytanie danych z pliku

**F8 Protocol** Umożliwia obsługę pliku protokołu: załadowanie protokołu pomiarów, jego zapis do pliku, dodanie wartości do już istniejącego protokołu.



**F10** Exit

Wyjście z programu

### Opis działania programu

Program uruchamia się w takiej konfiguracji (chodzi o parametry okien pomiarowych) jaka została ostatnio zapisana przez użytkownika. Przed rozpoczęciem pomiarów użytkownik powinien wpisać niezbędne wartości parametrów niezbędnych do wyznaczenia prędkości rozchodzenia się dźwięku w badanej cieczy.

Poprawność ustawień parametrów takich jak **gain**, **depth**, **level**, pozostawia się wiedzy i ocenie użytkownika, należy jednak się kierować zasadą, że sygnał powinien być widoczny mniej więcej na środku okna pomiarowego, a jego amplituda nie powinna być wyższa niż akceptowana przez kartę (1Vpp).

Po dokonaniu ustawień można uruchomić pomiar szybkości rozchodzenia się dźwięku w badanej cieczy. W tym celu należy przełączyć klawisz **[F1] START/STOP** na głównym panelu programu.

Wynik pomiaru czasu jest wyświetlany w polu dialogowym:



oraz po wyznaczeniu zgodnie ze wzorem (wzór 1) na szybkość rozchodzenia się dźwięku wyświetlana jest ona w polu dialogowym:



oraz:



## Protokół z pomiarów

Program umożliwia prowadzenie protokołu z pomiarów: Klawisz F8 na głównym panelu umożliwia pełną obsługę protokołu z wykonanych pomiarów. Przy każdorazowym uruchomieniu programu w podkatalogu **protokol** zostają stworzone pliki tekstowe o „protokol.txt”.

Użycie funkcji „add to file” automatycznie dopisuje do pliku otrzymany wynik pomiaru z aktualnym opisem i datą wykonania pomiaru.

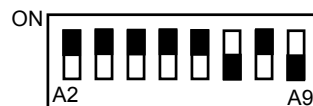
## Ustawienie adresu I/O karty OPKUD

Możliwe jest użycie dowolnej adresu bazowego adresu I/O dostępnego w PC. Wybór adresu dokonuje się przy użyciu dip-switch'a J1 na umieszczonego na karcie OPKUD.

10 bitów z przestrzeni portów I/O z PC



Przykład ustawienia adresu 280:



'ON' odpowiada niskiemu stanowi logicznemu ('0'), 'OFF' - odpowiada '1' logicznej.