

# LABORATORIUM PODSTAW ELEKTRONIKI

skrypt do ćwiczeń wraz z materiałami dydaktycznymi dla  
kierunków: Elektrotechnika, Informatyka, Automatyka i  
Robotyka, Elektromobilność



**Wydział  
Elektryczny**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Warszawa 2022

# **WPROWADZENIE**

do laboratorium podstaw elektroniki

## W.1. Wstęp

Realizacja ćwiczeń laboratoryjnych odbywa się przy wykorzystaniu dedykowanej aplikacji, posiadającej prosty i przyjazny dla użytkownika interfejs opracowany w środowisku LabVIEW Graphical Programming Environment. Część sprzętowa stanowiska to specjalnie opracowana płyta eksperymentalna, służąca do gromadzenia danych i testowania układów elektronicznych, dedykowana do platformy edukacyjnej NI ELVIS II+ (lub NI ELVIS II), zwanej dalej NI ELVIS.

W trakcie ćwiczenia należy połączyć poszczególne elementy i układy elektroniczne na płycie eksperymentalnej, podłączyć wymagane źródła napięcia i przyrządy pomiarowe. Stanowisko wraz z oprogramowaniem umożliwia przeprowadzenie badań wybranych obwodów i elementów dedykowanych elektronice przemysłowej, wyświetlanie i rejestrowanie danych pomiarowych uzyskanych w trakcie ćwiczenia w postaci wykresów, tabel i przebiegów oscyloskopowych.

Na podstawie uzyskanych wyników należy wykonać wymagane w ćwiczeniu obliczenia i analizy. Wyniki wszystkich eksperymentów można zapisać w raporcie laboratoryjnym w formacie MS Excel.

Instrukcję zawarte w skrypcie umożliwiają również wykonanie ćwiczeń w programie symulacyjnym MultiSim, co pozwala na realizację laboratorium w trybie zdalnym bez utraty treści i poziomu danego ćwiczenia.

## W.2. Stanowisko laboratoryjne

### **Funkcjonalność**

Stanowisko testowe oparte jest na specjalnej płycie eksperymentalnej dedykowanej dla platformy NI ELVIS, współpracującej z pakietem oprogramowania laboratoryjnego zainstalowanym na komputerze. Płyta eksperymentalna zawiera elementy półprzewodnikowe analizowane w trakcie ćwiczenia, elementy pasywne, które są wykorzystywane do montażu różnych obwodów laboratoryjnych (rezystory, kondensatory) oraz zaciski wyjściowe przyrządów pomiarowych stanowiska NI ELVIS, które wykorzystywane są do pomiarów wartości elektrycznych w trakcie ćwiczenia.

Oprogramowanie dedykowane do ćwiczenia wymaga rejestracji studenta i zalogowania się przed przystąpieniem do ćwiczenia. Analizowane obwody wybiera się z menu oprogramowania. Elektroniczne schematy badanych obwodów są wyświetlane na przednim panelu każdego ćwiczenia. Szczegółowe instrukcje dotyczące celu ćwiczenia, materiałów teoretycznych dotyczących badanych układów, przebiegu ćwiczenia, zadań do wykonania, zapisywania wyników i przetwarzania danych pomiarowych, a także pytań testowych są również dostępne poprzez aplikację (zakładka *User Manual*). Dane mierzone w obwodzie podczas laboratorium mogą być wyświetlane jako wartości liczbowe, przebiegi lub wykresy wektorowe. Wszystkie wyniki można zapisać w pliku danych w formacie MS Excel, który również zawiera dane rejestracyjne studenta oraz datę i godzinę eksperymentu.

### **Wymagania bezpieczeństwa**

Uważnie przeczytaj instrukcje bezpieczeństwa przed rozpoczęciem pracy z urządzeniami przeznaczonymi do realizacji laboratorium. Podążaj za instrukcjami bezpieczeństwa i higieny pracy podczas podłączania sprzętu, podczas prac laboratoryjnych i konserwacji stacji roboczej i płyty laboratoryjnej.

Stacja robocza NI ELVIS oraz płyta laboratoryjna zasilane są niskim napięciem stałym. Zasilanie urządzenia nie powinno być demontowane. Do platformy NI ELVIS nie należy podłączać zewnętrznego

źródła zasilania poza przewidzianym przez producenta zasilaczem. Zasilacz stacji powinien być podłączony do prawidłowo uziemionego gniazda z napięciem sieciowym 230V.

Stanowisko testowe może być używane tylko w pomieszczeniach. Nie należy zasilać stanowiska laboratoryjnego w atmosferze zawierającej łatwopalne gazy lub w pobliżu wysoce łatwopalnych cieczy. W urządzeniu nie ma części, które samodzielnie może naprawiać użytkownik. Wszelkie przeglądy techniczne i naprawy muszą być wykonywane wyłącznie przez wykwalifikowany personel.

W przypadku awarii urządzenia lub wykrycia zapachu palących się przewodów lub komponentów należy natychmiast WYŁĄCZYĆ zasilania stacji roboczej NI ELVIS, odłączyć przewód zasilający od gniazda i wezwać prowadzącego ćwiczenie lub kierownika laboratorium.

Stanowisko laboratoryjne może być włączane i uruchamiane wyłącznie za zgodą i w obecności prowadzącego laboratorium.

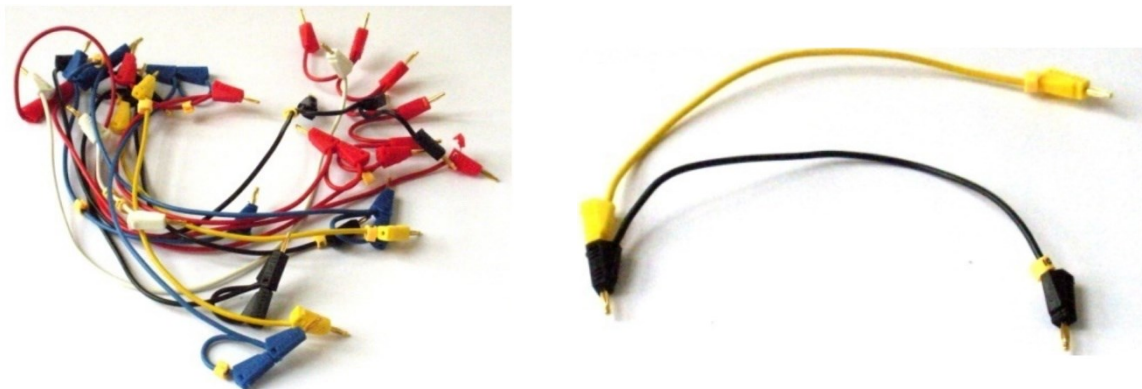
### **Pierwsze kroki - Wymagana wiedza i umiejętności**

Przed rozpoczęciem ćwiczeń należy:

- 1) Zapoznać się z wymaganiami bezpieczeństwa i higieny pracy (instrukcja BHP, wprowadzenie do ćwiczenia).
- 2) Zapoznać się podręcznikiem użytkownika i podstawowymi właściwościami platformy NI ELVIS II+.
- 3) Posiadać podstawową wiedzę na temat zasad działania obwodów elektronicznych.
- 4) Zapoznać się z materiałami dydaktycznymi dedykowanymi dla ćwiczenia.
- 5) Posiadać podstawowe umiejętności pracy z arkuszami MS Excel.

### **Praca z płytą eksperymentalną**

Gniazda na płycie eksperymentalnej służą do podłączenia elementów obwodu wymaganych przy analizie poszczególnych układów oraz do przesłania otrzymanych sygnałów pomiarowych do przyrządów pomiarowych stacji NI ELVIS. Połączenia elektryczne należy wykonywać za pomocą dostarczonego zestawu przewodów (Rys. W.1), wkładając wtyczki na końcówkach przewodów w odpowiednie gniazda na płycie, zgodnie z dostarczonym schematem badanego obwodu. W razie potrzeby wtyczki na końcu przewodów umożliwiają podłączenie wielu przewodów do tego samego złącza na płycie poprzez włożenie jednej wtyczki w drugą (Rys. W.2).



Rys. W.1. Przewody połączeniowe dedykowane do stanowiska laboratoryjnego i sposoby ich łączenia.

***Uwaga: podczas podłączania woltomierzy i amperomierzy należy zwrócić uwagę na ich polaryzację.***

Jeśli stacja robocza NI ELVIS jest WYŁĄCZONA, włącz ją za pomocą włącznika zasilania znajdującego się z tyłu urządzenia, obok wtyczki zasilania.

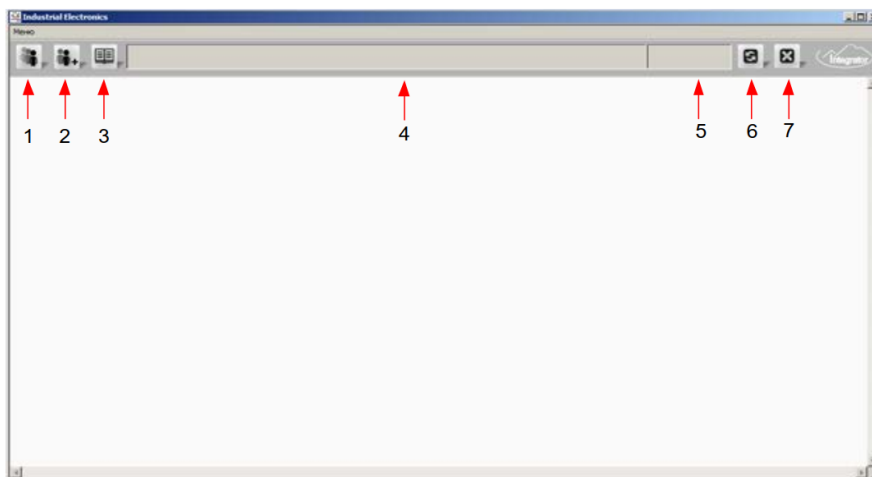
Po włączeniu zasilania żółta dioda *USB Active* (4) (Rys. W.2) zaświeci się. Po kilku sekundach, kiedy komputer rozpozna urządzenie, dioda *USB Active* zgaśnie się i zaświeci się dioda *LED Ready* (3). Włącz przełącznik zasilania płyty prototypowej (1) (Rys. W.2) w pozycję ON. Zielona dioda *PROTOTYPING BOARD POWER* (2) oraz czerwona dioda LED w lewym górnym rogu płyty laboratoryjnej zaświecą się, oznacza to poprawne uruchomienie stanowiska.



Rys. W.2. Zasilanie platformy NI ELVIS.

### **Uruchomienie oprogramowania stanowiska**

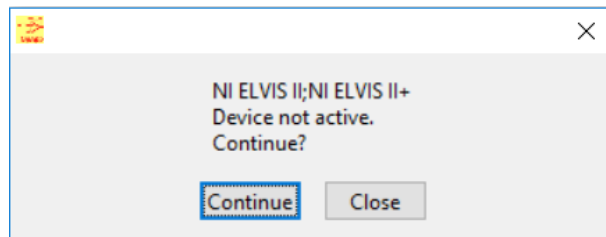
Uruchom oprogramowanie laboratoryjne, klikając dwukrotnie skrót na pulpicie wskazany przez prowadzącego lub poprzez menu startowe Windows: **Start -> Integrator Labs -> wybrane\_ćwiczenie**. Otworzy się panel przedni z elementami menu (Rys. W.3).



1. Logowanie (*Login*)
2. Rejestracja (*Registration*)
3. Podręcznik użytkownika (*User manual*)
4. Dane studenta (*Student data*)
5. Nr urządzenia (*Device ID*)
6. Odśwież (*Refresh*)
7. Wyjście (*Exit*)

Rys. W.3. Okno początkowe programu do obsługi stanowiska.

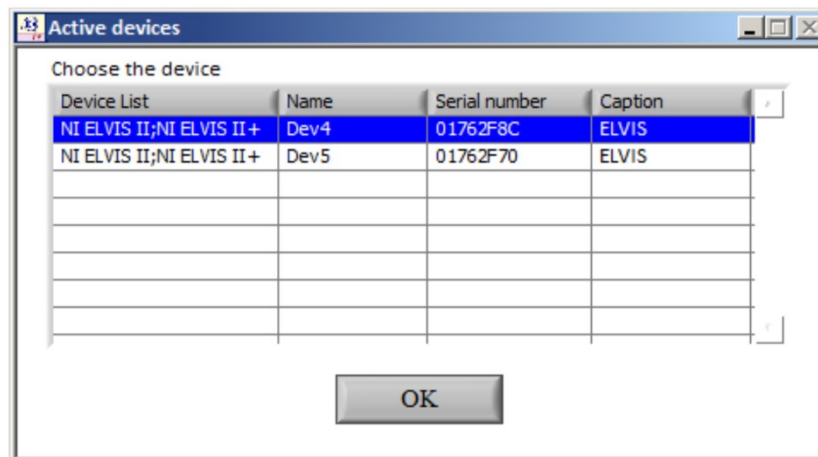
Jeśli zasilanie platformy NI ELVIS lub płyty eksperymentalnej jest WYŁĄCZONE, zostanie wygenerowany komunikat o błędzie: *Urządzenie nie jest aktywne. Dalej? (Device not active. Continue?)*, patrz Rys. W.4.



Rys. W.4. Komunikat o błędzie.

Przycisk *Zamknij* (*Close*) zamyka oprogramowanie. Przycisk *Kontynuuj* (*Continue*), kontynuując pracę z oprogramowaniem, ale nie zostaną wykonane żadne pomiary. Jeśli w międzyczasie zostanie podłączone zasilanie platformy lub płyty eksperymentalnej, po kliknięciu *Odśwież* (*Refresh*) (przycisk 6, Rys. W.3) oprogramowanie rozpozna urządzenie, które następnie będzie dalej używane w trakcie pomiarów.

Jeśli kilka stacji roboczych NI ELVIS jest podłączonych do tego samego komputera, otworzy się okno wyboru urządzenia (Rys. W.5). Kliknij nazwę urządzenia, do której podłączono kartę z elementami do danego ćwiczenia i kliknij OK.

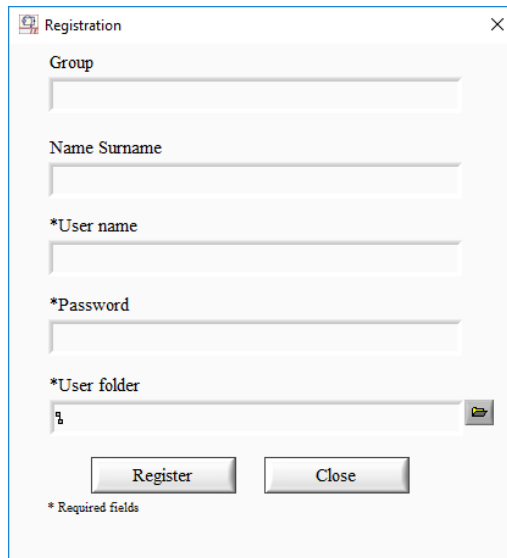


Rys. W.5. Okno wyboru urządzenia, kiedy do komputera podłączonych jest kilka stacji NI ELVIS.

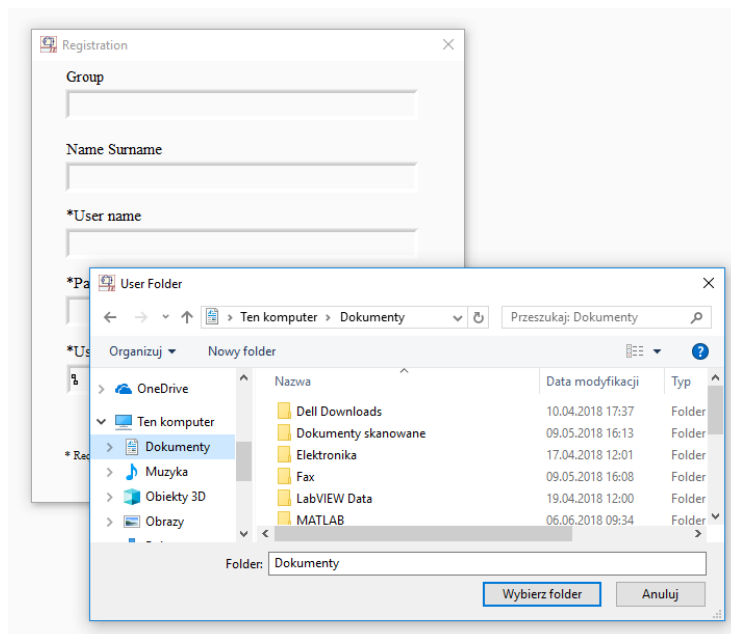
### **Rejestracja i logowanie**

Aby uzyskać dostęp do laboratorium, student powinien się zarejestrować (pozycja *Registration* w menu) a następnie zalogować się. Przycisk *Rejestracja* (*Registration*) otworzy okno rejestracji (patrz Rys. W.6):

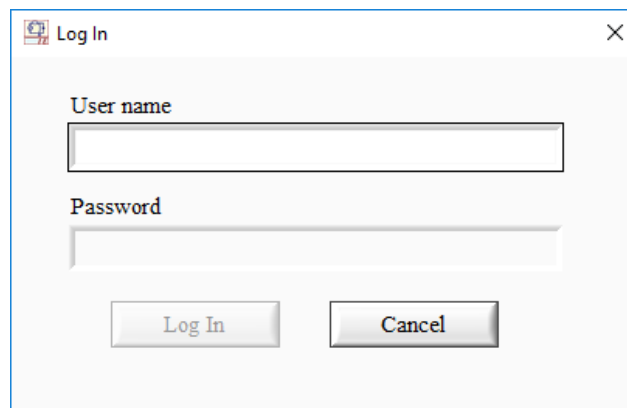
- Należy wypełnić pola oznaczone gwiazdką, które są obowiązkowe, wskazać ścieżkę do folderu roboczego (folder, w którym będą przechowywane wyniki i raporty z laboratorium), i kliknąć przycisk *Zarejestruj* (*Register*). Używaj tylko znaków alfabetycznych łącznie (nie używaj polskich znaków) i liczb.
- Jeśli folder roboczy już istnieje dla danego użytkownika, przejdź do jego lokalizacji i ustaw go jako bieżący folder (kliknij *Aktualny folder* (*Current folder*) -> OK, patrz Rys. W.7).
- Jeśli użytkownik jest już zarejestrowany, musi zalogować się przy użyciu przypisanej nazwy użytkownika i hasła (patrz Rys. W.8).



Rys. W.6. Okno rejestracji studenta.

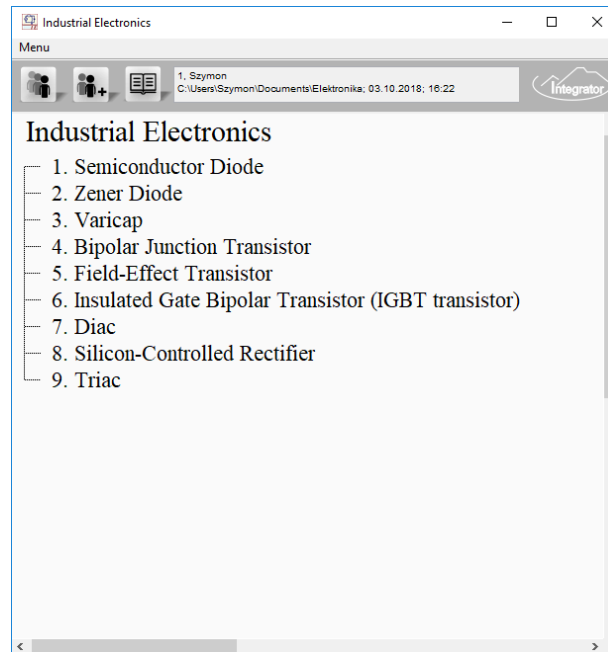


Rys. W.7. Okno wyboru folderu roboczego.



Rys. W.8. Okno logowania zarejestrowanego użytkownika.

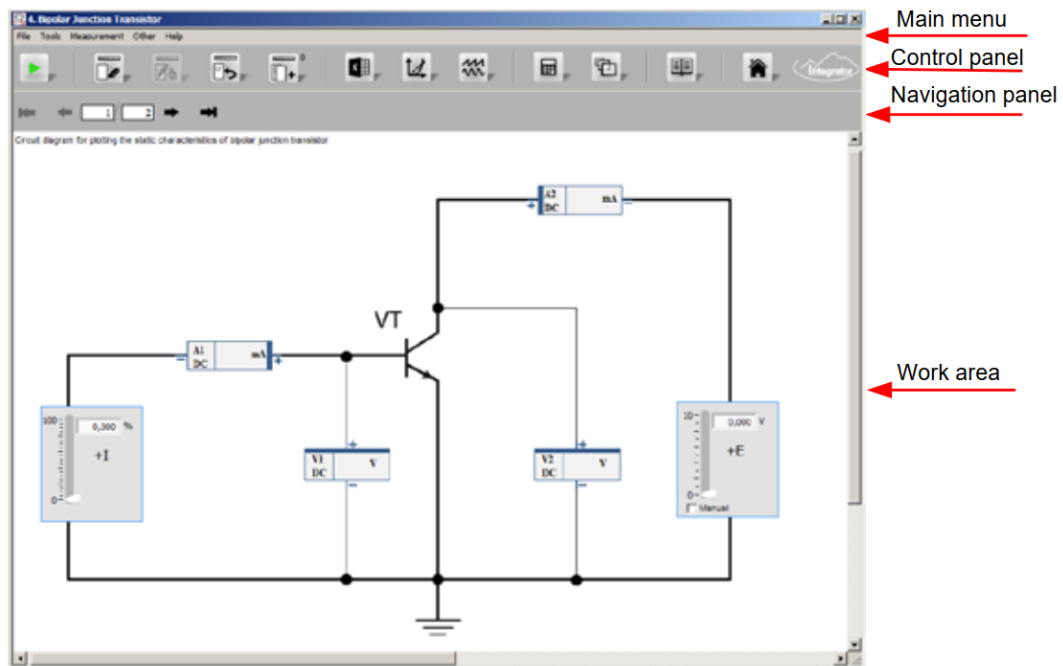
Raporty laboratoryjne zapisane w formacie *MS Excel* będą zawierały również dane rejestracyjne Studenta. Po zalogowaniu się studenta otworzy się główne menu oprogramowania z listą ćwiczeń (Rys. W.9). Laboratorium można uruchomić poprzez dwukrotne kliknięcie na odpowiedni tytuł na liście.



Rys. W.9. Lista tematów ćwiczeń laboratoryjnych – przykład dla ćwiczenia 1 i 2

### **Interfejs użytkownika**

Przykładowy panel sterujący jednego z ćwiczeń pokazano na Rys. W.10. Okno składa się z menu głównego (*Main menu*), panelu sterowania (*Control panel*), panelu nawigacyjnego (*Navigation panel*) oraz obszaru roboczego (*Work area*).



Rys. W.10. Widok panelu sterującego jednego z ćwiczeń.



## Menu główne

Główne menu znajduje się nad panelem instrumentów Rys. W.10) i składa się z następujących elementów:

### 1. File

- *Home* - powrót do listy laboratoriów.

### 2. Tools (Narzędzia)

- *Graph ploter* - otwiera okno plotera.

- *Scope* – otwiera okno oscyloskopu.

- *NI ELVISmx Instrument launcher*- otwiera okno przyrządów stacji NI ELVIS.

Okna *Graph Ploter* i *Scope* zostały szczegółowo opisane w rozdziale: „Praca z diagramami i wykresami”.

### 3. Measurement (Pomiar)

- *Start/Stop* – aktywuje/zatrzymuje wszystkie układy sterujące i pomiarowe.

- *Erase data* - kasuje wszystkie wyniki pomiarów i ich wyświetlanie w oknach diagramów.

- *Record (Zapis)* - zapisuje odczyty przyrządów pomiarowych, wartości wszystkich elementów użytych w obwodzie i dane rejestracyjne studenta w pliku MS Excel.

- *Undo record (Cofnij rekord)* - anuluje ostatnią operację zapisu dla bieżącej sesji.

- *New Session (Nowa sesja)* - powtarza ćwiczenie z nowymi wartościami komponentów elektronicznych i parametrami źródła.

### 4. Other (Inne)

- *MS Excel* - otwiera plik MS Excel, w którym przechowywane są wyniki eksperymentalne zapisane po kliknięciu przycisku *Record*.

- *Kalkulator* - uruchamia kalkulator MS Windows.

### 5. Help (Pomoc)

- *User Manual (Podręcznik użytkownika)* - otwiera podręcznik użytkownika w formacie PDF. Plik zawiera materiały teoretyczne, schematy i instrukcje uruchomienia stanowiska krok po kroku w języku angielskim, wymaganą podczas laboratorium.

- *About Us (Informacje)* – wyświetla informacje o wersji oprogramowania i jego twórcach.

## Panel sterowania

Panel sterowania składa się z głównych elementów menu reprezentowanych ikonami, przedstawionymi na Rys. W.11.



Rys. W.11. Panel sterujący ćwiczeniem.

Po ustawieniu wskaźnika myszy na ikonach wyświetlana jest podpowiedź z nazwą funkcji.

## 1. Start/Stop (Uruchom/Zatrzymaj)

Przełącznik Start/Stop działa również jako wskaźnik wykrywania płytki obwodu:

- **Czerwony**, jeśli płyta nie jest podłączona do NI ELVIS,

- **Zielony**, jeśli płyta została wykryta.

Włączenie przełącznika uruchamia źródła napięcia i prądu oraz inicjalizuje przyrządy pomiarowe.

**Wykrzyknik na przycisku *Start/Stop* oznacza, że laboratorium zostało uruchomione przy odłączonej lub wyłączonej platformie NI ELVIS. Wyjdź z laboratorium (*Home -> Exit*), włącz platformę (przycisk ON), kliknij odśwież (*Refresh*), a następnie uruchom ponownie ćwiczenie.**

2. *Usuń dane (Erase data)* - usuwa wszystkie wyniki pomiarów dla bieżącego laboratorium w pliku MS Excel i na wykresie (*Graph plotter*).

3. *Nagraj (Record)* - zapisuje odczyty wszystkich zainicjowanych w obszarze roboczym urządzeń pomiarowych do pliku MS Excel i wyświetla odpowiedni punkt w oknie wykresu (*Graph plotter*).

4. *Cofnij rekord (Undo record)* - usuwa dane zapisane w pliku MS Excel w wyniku ostatniej operacji zapisu i usuwa odpowiednie punkty pomiarowe na wykresie (*Graph plotter*).

5. *Nowa sesja (New session)* - tworzy nową tabelę w pliku MS Excel i rozpoczyna kreślenie nowego wykresu w oknie plotera (*Graph plotter*).

6. *MS Excel* - otwórz plik szablonu MS Excel.

7. *Ploter graficzny (Graph plotter)* - otwórz narzędzie plotera do rysowania wykresów.

8. *Oscyloskop (Scope)* - otwiera okno oscyloskopu.

9. *Kalkulator (Calculator)* - uruchamia kalkulator MS Windows.

10. *NI ELVISmx Instrument launcher* – otwiera panel kontrolny NI ELVIS.

11. *Instrukcja obsługi (User manual)* - otwiera niniejszą instrukcję obsługi w formacie PDF

12. *Strona główna (Home)* - powrót do listy laboratoriów.

## **Obszar roboczy**

W obszarze roboczym wyświetlane są schematy obwodów elektronicznych analizowanych podczas laboratorium. W trakcie ćwiczenia należy połączyć obwód na płycie stanowiska zgodnie z podanym schematem.

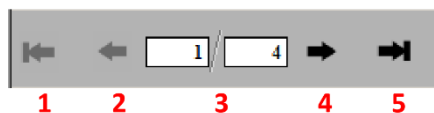
Schemat obwodu jest wyświetlany jako obraz rastrowy umieszczony w tle obszaru roboczego. Na górze diagramu można umieścić pola reprezentujące rzeczywiste elementy (elementy pasywne i aktywne, źródła napięcia i prądu, przyrządy pomiarowe) używane w laboratorium. Zalecane jest umieszczenie tych pól w pobliżu symbolicznych reprezentacji odpowiednich urządzeń na schemacie obwodu.

W zależności od typu użytego elementu będzie on reprezentowany przez *pole wartości (ang. value field)*, odpowiednie do wartości użytego rezystora, cewki lub kondensatora; *pole pomiarowe (ang. meter field)* dla amperomierzy i woltomierzy lub *pole sterujące (ang. control field)*, dla źródeł napięcia lub prądu. Możliwe jest także umieszczenie pola o dowolnej wartości dla dowolnych danych pomocniczych, które mogą być wymagane podczas laboratorium lub do dalszych obliczeń. Podczas

zapisywania raportu z laboratorium, zapisywana jest zawartość ze wszystkich pól w obszarze roboczym ćwiczenia.

### Praca ze schematami obwodów

Schematy obwodów to proste pliki graficzne. Panel nawigacyjny jest dostępny w górnej części obszaru roboczego (Rys. W.12):



Rys. W.12. Panel nawigacji po dostępnych schematach obwodów.

1. *Pierwszy obwód* - przełącz do pierwszego obwodu w ćwiczeniu;
2. *Poprzedni obwód* - przejście do poprzedniego obwodu w ćwiczeniu;
3. *Przeglądaj* - przełącz na dowolny obwód. Pierwsze pole wskazuje numer obecnego obwodu; drugie pole pokazuje całkowitą liczbę obwodów w danym ćwiczeniu;
4. *Następny obwód* - przejdź do następnego obwodu w tym ćwiczeniu;
5. *Ostatni obwód* - przełącz na ostatni obwód w ćwiczeniu.

Po wybraniu ćwiczenia z menu, schemat jego obwodu zostanie wyświetlony w obszarze roboczym.

### Multimetry i komponenty elektroniczne

Różne elementy elektroniczne i multimetry wymagane w trakcie realizacji ćwiczenia są wyświetlane na schemacie obwodu elektronicznego na przednim panelu laboratorium.

Pola multimetrów wskazują wartości napięć i prądów zmierzonych podczas ćwiczenia. Przykład dla amperomierza A1 w trybie pomiaru prądu DC tryb pokazano na Rys. W.13. Pola amperomierza są również wyposażone w pole przesunięcia wartości stałej oznaczone jako **N.O.** (*ang. Null Offset*). Znacznik w tym polu przesunął odczyt amperomierza o wartość wskazaną przez amperomierz w momencie zaznaczenia.

W zależności od wymagań dotyczących realizacji ćwiczenia, na schematach analizowanych układów mogą być stosowane symbole graficzne reprezentacje podzespoły elektroniczne (kondensatory, rezystory, rezystor nastawny). Należy wprowadzić wartości komponentów użytych na płycie ćwiczenia, w pola wartości obok obrazu komponentu (przykład dla rezystora R1 pokazanego na Rys. W.14). Nazwy komponentów i ich wartości zostaną zapisane w pliku raportu laboratoryjnego, w formacie MS Excel, którego należy użyć do obliczeń wymaganych w trakcie realizacji ćwiczenia.

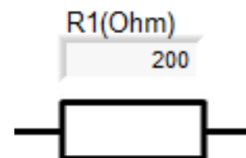
### Obsługa regulowanych źródeł napięcia

#### Regulowane źródła napięcia stałego +E, -E, E

Możliwa jest regulacja napięcia wyjściowego tych źródeł poprzez przesuwanie suwaka źródła na przednim panelu laboratorium lub wprowadzenie żądanej wartości bezpośrednio w polu wartości źródła (przykład dla źródła +E pokazanego na Rys. W.15). Źródło +E generuje dodatnie napięcie w

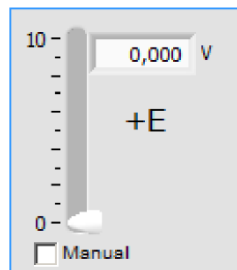


Rys. W.13. Pole amperomierza A1.



Rys. W.14. Graficzna reprezentacja rezystora R1 i wartości jego rezystancji na schemacie ćwiczenia.

stosunku do masy, źródło -E - napięcie ujemne, a źródło E - zarówno napięcie dodatnie, jak i ujemne napięcie.

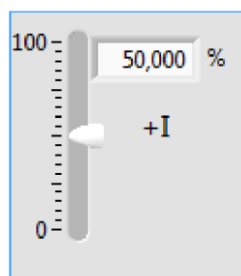


Rys. W.15. Panel sterowania regulowanym źródłem napięcia +E.

Jeśli pole wyboru *Tryb ręczny (Manual)* jest zaznaczone, można regulować napięcie wyjściowe obracając pokrętkę VOLTAGE, 0V + 12V na stacji roboczej NI ELVIS.

### **Regulowane źródła prądu stałego +I, I**

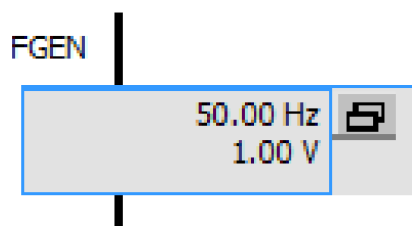
Możliwa jest regulacja prądu wyjściowego tych źródeł, poprzez przesuwanie suwaka źródła na przednim panelu laboratorium lub wprowadzenie żądanej wartości bezpośrednio w polu wartości źródła (przykład dla źródła +I pokazanego na Rys. W.16). Bieżące odniesienie podano jako procent wartości granicznej. Zaleca się zadawanie dokładnej wartości prądu, obserwując odczyty amperomierza podłączonego szeregowo do źródła. Źródło +I generuje prąd dodatni (od 0 do 100 mA) w stosunku do masy, a źródło I – prąd dodatni i prąd ujemne (od -100 mA do 100 mA)




Rys. W.16. Panel sterowania regulowanym źródłem prądu +I.

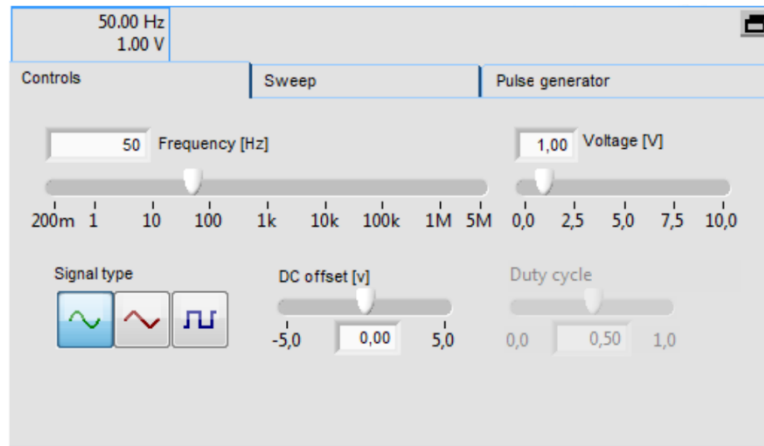
### **Źródło napięcia przemiennego (FGEN, Function Generator)**

Zminimalizowane okno źródła napięcia przemiennego FGEN pokazano na Rys. 18.



Rys. W.17. Zminimalizowane okno generatora FGEN.

Kliknięcie myszką na ikonę  otwiera panel sterowania źródła FGEN (Rys. W.18).



Rys. W.18. Panel kontrolny źródła FGEN.

Panel składa się z trzech zakładek:

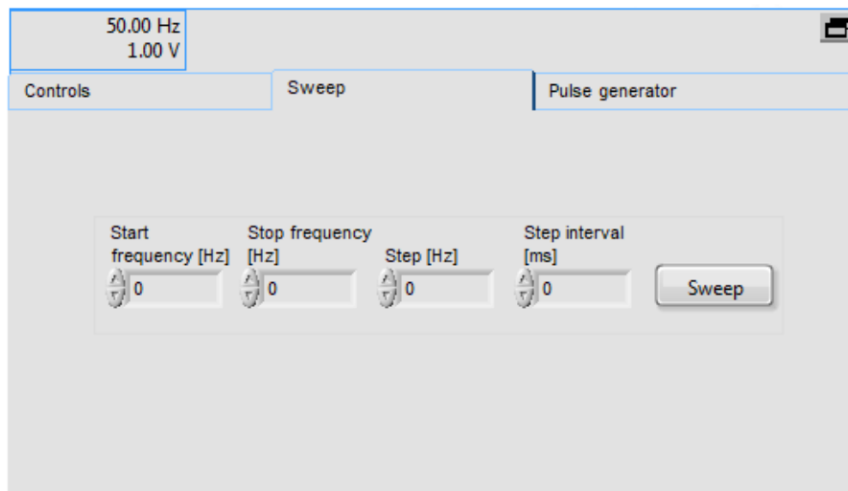
- panel kontrolny (zakładka *Controls*);
- zmiana częstotliwości sygnału w czasie (przemiatanie częstotliwości) (zakładka *Sweep*);
- generator impulsów.

Zakładka *Controls* (Rys. W.18) pozwala wybrać rodzaj generowanego sygnału okresowego (sinusoidalny, trójkątny lub prostokątny) oraz ustawić jego amplitudę i częstotliwość (za pomocą suwaka lub bezpośrednio wprowadzając wartość liczbową w polu wartości). Można również ustawić wartość przesunięcia wzdłuż osi X (przesunięcie względem zera, *offset*) dla wszystkich typów sygnałów.

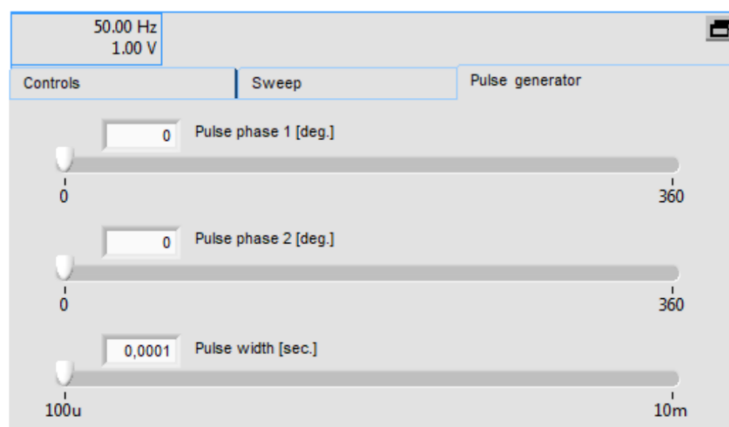
Pole *Duty Cycle* ustawia współczynnik wypełnienia (w zakresie od 0 do 1) dla przebiegu prostokątnego.

Zakładka *Sweep* (przemiatanie częstotliwości), Rys. W.19 pozwala ustawić następujące parametry sygnału o zmiennej częstotliwości: częstotliwość początkowa, częstotliwość końcowa, krok zmian częstotliwości i odstęp czasowy (interwał) tych zmian (wyrażony w milisekundach). Kliknięcie myszką na przycisku *Sweep* generuje wyjściowy sygnał harmoniczny o podanej amplitudzie i początkowej częstotliwości. Częstotliwość sygnału zmienia się automatycznie na każdym kroku podczas cyklu i pozostaje niezmienną w danym przedziale czasu (interwał). Klikając przycisk *Nagraj (Record)* na panelu sterowania laboratorium w tym przedziale można zapisać wartości amplitudy i częstotliwości w pliku MS Excel.

Zakładka *Pulse generator* (Rys. W.20) uruchamia generator impulsów, który pozwala użytkownikowi osobno ustawić szerokość i fazę początkową impulsów generowanych przez źródła P1 i P2. Dzięki temu częstotliwość impulsów jest wspólna dla obu źródeł i jest ustawiana w zakładce *Controls*.




Rys. W.19. Zakładka „Sweep” panelu kontrolnego źródła FGEN.



Rys. W.20. Zakładka „Pulse generator” panelu kontrolnego źródła FGEN.

### **Zapisywanie wyników pracy i struktura raportu laboratoryjnego**

Raport laboratoryjny jest tworzony jako plik danych w formacie MS Excel, który zawiera trzy arkusze robocze, zatytułowane: eksperyment (*Experimental*), dane obliczeniowe (*Processing*) i pytania kontrolne (*Test questions*). Możesz otworzyć plik raportu laboratorium, klikając ikonę MS Excel (  ) na panelu sterowania laboratorium.

Eksperymentalny arkusz roboczy zawiera tabele z danymi ćwiczenia (skopiowane z podręcznika użytkownika laboratorium) oraz tabelę wyników pomiarów. Odczyty liczników i dane w polach wartości wyświetlane na panelu czołowym laboratorium są zapisywane wiersz po wierszu w tabeli wyników pomiarów po kliknięciu przycisku *Nagraj (Record)* (plik raportu może być zamknięty). Klikając przycisk *Nowa Sesja (New Session)* możesz wstawić pusty wiersz do tabeli wyników pomiarów. Pusty wiersz w tabeli wyników pojawia się również po przełączeniu na nowy schemat na panelu kontrolnym laboratorium.

Aby wykonać wymagane w ćwiczeniu obliczenia i analizy należy skopiować wszystkie wymagane dane z arkusza *Experimental* do *Processing*, a następnie wypełnić wyniki obliczeń w odpowiednich komórkach tabeli i zapisać plik.

Arkusz pytań testowych (dostępnych w języku angielskim) zawiera przykładowe pytania testowe pomocne przy ocenie wiedzy wykonujących ćwiczenie.

Aby zapisać plik raportu z laboratorium należy go otworzyć z panelu kontrolnego laboratorium (jeśli plik nie został jeszcze otwarty) i kliknąć *Zapisz (Save)*.


***Uwaga! Jeśli zamkniesz program do realizacji ćwiczenia bez zapisywania pliku raportu laboratorium, wszystkie uzyskane dane zostaną utracone.***

### **Praca z diagramami i wykresami graficznymi**

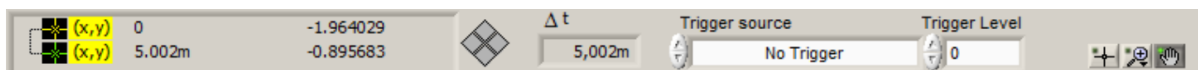
Z przedniego panelu laboratoryjnego można uruchomić dwa typy okien narzędzi:

- Okno plotera graficznego (Graph ploter);
- Okno oscyloskopu (Socpe).

### **Obsługa i sterowanie wspólne dla wszystkich okien**

Ikona  jest dostępna w lewym górnym rogu wszystkich okien. Kliknięcie myszą na tę ikonę powoduje wyświetlenie/ukrycie pola kontrolnego w otwartym oknie. Taka ikona jest również dostępna w oknie źródła napięcia przemiennego (FGEN) .

**Skalowanie i kontrola osi wykresu**, patrz Rys. W.21.



Rys. W.21. Skalowanie i kontrola osi wykresu.

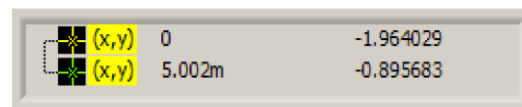
Ta strefa zawiera przyciski i pola do pracy z kursorami, skalowania wykresów i zmiany osi współrzędnych.

### **Współrzędne kursora**

Kursory to poziome i pionowe linie przecinające się w wybranym punkcie i dotykające współrzędnych osi. Kursory umożliwiają wykonanie dokładnych pomiarów na wykresach lub diagramach.

W programie dostępne są dwa kursory. Wybór/anulowanie wyboru kursora następuje po jego wskazaniu myszą (aktualnie zaznaczony/wybrany kursor jest zaznaczony kolorem żółtym, patrz Rys. W.22). Obok ikony wyświetlane są współrzędne kursora. Możliwe jest przesunięcie kursora do wybranej lokalizacji poprzez wpisanie współrzędnych w odpowiednich polach.

Kliknięcie myszą na kwadratach (*pravo, lewo, góra lub dół*) przesuwa kursor w odpowiednim kierunku o 0,1 jednostki (patrz Rys. W.22).



Rys. W.22. Okno wyboru kursora i przyciski do przesuwania kursorów.

## Skalowanie wykresów

Przycisk z celownikiem pozwala przeciągnąć wybrany kursor we wskazane miejsce. Ta właściwość jest również dostępna poprzez kliknięcie prawym przyciskiem myszy w obszarze wykresu.

Otwiera menu wyboru skalowania wykresu:

1. Skaluje zaznaczony kwadrat do całego okna wykresu.
2. Skaluje zaznaczony obszar na osi X do całego okna wykresu.
3. Skaluje zaznaczony obszar na osi Y do całego okna wykresu.
4. Autoskalowanie (dopasowuje wszystkie dostępne przebiegi od obszaru wykresu).
5. Powiększanie.
6. Pomniejszenie.

Kliknięcie myszką na przycisk z ręką pozwala przeciągnąć przebieg na wykresie, aby wybrać obszary najbardziej interesujące.

## Wybór źródła i poziomu wyzwania

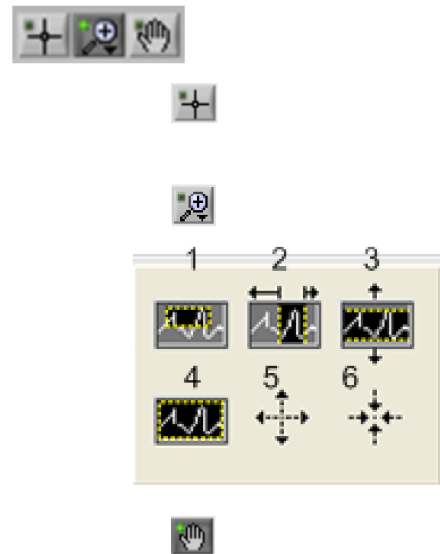
Okno wyboru źródła sygnału wyzwania (synchronizacji). W trakcie laboratorium można użyć dowolnego sygnału pochodzącego z zainicjalizowanych przyrządów pomiarowych.

W tym oknie ustawiany jest poziom progowy dla sygnału wyzwającego<sup>1</sup>.

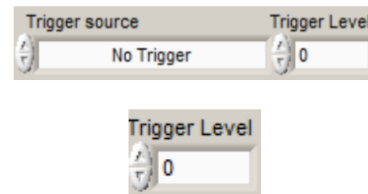
## Menu kontekstowe

Kliknięcie prawym przyciskiem myszy na okno oscyloskopu (*Scope*) menu kontekstowe z opcjami dotyczącymi przebiegu: autoskalowaniem (*AutoScale*), zatrzymaniem (*Freeze*), opcjami kursorów (*Cursor*) oraz plikiem z wynikami (*Log file*).

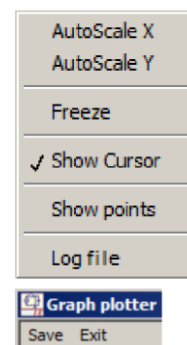
- *AutoScale* > Y (lub X) > ON (lub OFF) włącza lub wyłącza tryb automatyczny skalowania dla osi Y lub X.
- *Freeze* > ON (lub OFF) Zatrzymuje (zamraża)/odmraża obraz.
- *Cursor* > Show (lub Hide) włącza lub wyłącza kursor.



Rys. W.23. Menu skalowania wykresów.



Rys. W.24. Menu źródła i poziomu wyzwania.



Rys. W.25. Menu źródła i poziomu wyzwania.

<sup>1</sup> Aby zapewnić stabilną synchronizację, należy wybrać taki poziomy sygnał wyzwającego, aby zsynchronizowany sygnał przekraczał ten poziom w każdym okresie (cyklu). Jeśli sygnał nie ma składowej DC, poziom progowy można ustawić na 0.




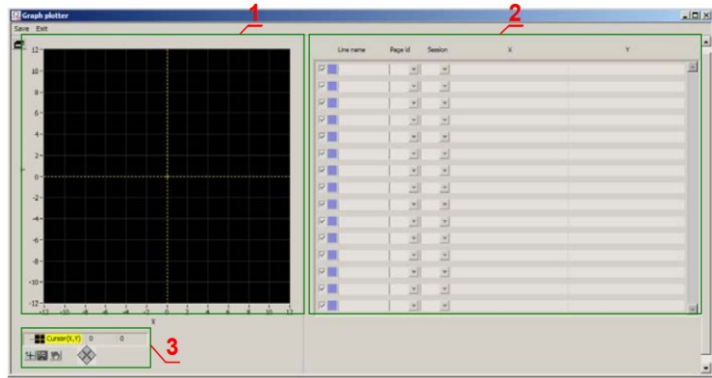
- *Show points* - wyświetla wszystkie punkty danych pomiarowych zarejestrowane po kliknięciu przycisku Nagraj (dostępne tylko w oknie plotera graficznego).
- *Log file* - zapisuje wszystkie punkty danych zamrożonego okna oscyloskopu w tabeli do dalszej analizy.
- *Save* - zapisuje zamrożony obraz okna jako plik .png.
- *Exit* - zamyka okno.

### Okno plotera graficznego

Okno plotera graficznego służy do wykreślania wykresów uzyskanych podczas eksperymentu (Rys. W.26).



1. Obszar wykresu
2. Wybór zmiennych
3. Sterowanie osiami i skalowanie

Kliknij ikonę  na panelu czołowym laboratorium, aby otworzyć okno plotera graficznego (lub wybierz *Narzędzia (Tools) > Ploter wykresów (Graph ploter)* z pozycji menu).

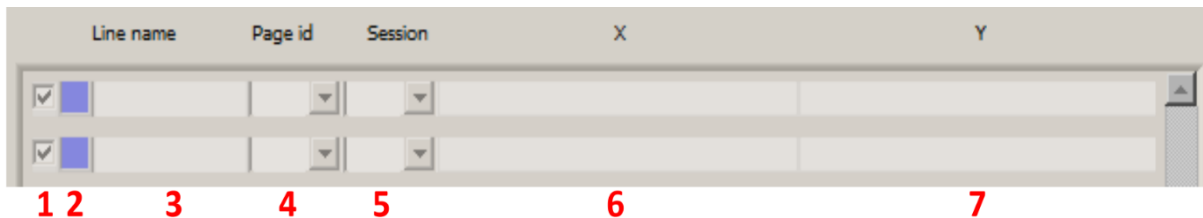


Rys. W.26. Okno plotera graficznego.

*Obszar wykresu* (strefa 1, Rys. W.26) jest dedykowanym polem w oknie plotera graficznego, w którym znajdują się wykresy wybranych parametrów wyświetlane w czasie rzeczywistym. Wyświetlane dane pomiarowe reprezentowane są przez punkty w odpowiednim kolorze, połączone ze sobą linią prostą. Wartość, która jest obecnie zmierzona przez wybrany przyrząd pomiarowy jest wyświetlana

jako migająca kropka. Kliknięcie myszą na ikonę  (lub *Measurement > Record* z menu laboratorium) "zawiesza" aktualny punkt danych. Możesz anulować ostatni "zamrożony" punkt klikając ikonę  (lub *Measurement > Undo Record* z menu laboratorium).

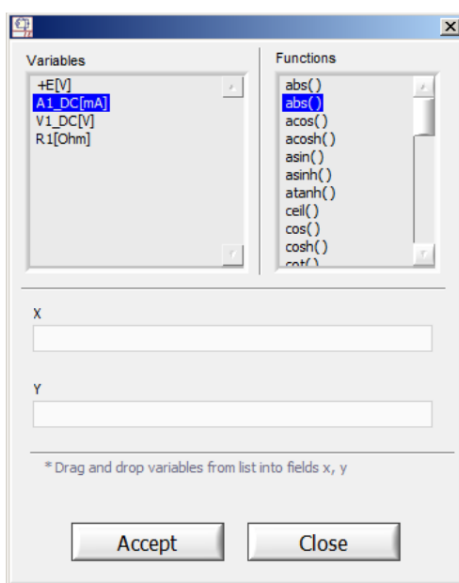
Dwa wiersze *obszaru wyboru zmiennych (Variables selection)* (strefa 2, Rys. W.26) pokazano na Rys. W.27.



Rys. W.27. Obszar wyboru zmiennych (Variables selection).

1. Zaznaczenie w tym polu określa pojawienie się przebiegu (zdefiniowanego przez ten wiersz) w obszarze wykresu.
2. Kliknięcie tego pola powoduje otwarcie palety wyboru koloru dla wykresu.
3. *Line name* (nazwa przebiegu, pole obowiązkowe) - w polu należy wpisać dowolną nazwę przebiegu. Pole (4) stanie się aktywne.

4. *Page id* (identyfikator obwodu, pole obowiązkowe) - wybiera schemat obwodu laboratorium, który ma być wyświetlany na przednim panelu laboratorium.
5. *Session* (numer sesji, pole obowiązkowe) - wybiera numer sesji dla serii pomiarów do przeprowadzenia (lub tych, które zostały wykonane). Maksymalny numer sesji odpowiada liczbie kliknięć przycisku *New session (Nowa sesja)*.
6. Po wypełnieniu pól (3), (4) i (5) dwukrotne kliknięcie pola (6) lub (7) spowoduje otwarcie okna *definicji zmiennej (Variable definitio)* do definicji zmiennych w osiach współrzędnych X i Y, (Rys. W.28).



Rys. W.28. Okno definicji zmiennej osi X i Y.

Pole *Zmienne (Variables)* (Rys. W.28) zawiera listę wszystkich źródeł i multimetrów, które zostały aktywowane w danym laboratorium i mogą być używane jako zmienne w polach X i Y.

Pole *definicji zmiennej osi Y* (Rys. W.28): dowolna zmienna z pola *Zmienne (Variables)* może być przeciągnięta do pola Y.

Zmienna w polach X lub Y może być wyrażeniem zawierającym zmienne z pola *Variables* i proste operacje matematyczne (*dodawanie "+", odejmowanie "-", mnożenie "\*" i dzielenie "/"*) wraz z funkcjami przeciągniętymi z listy funkcji (*Functions*) (Rys. W.28).

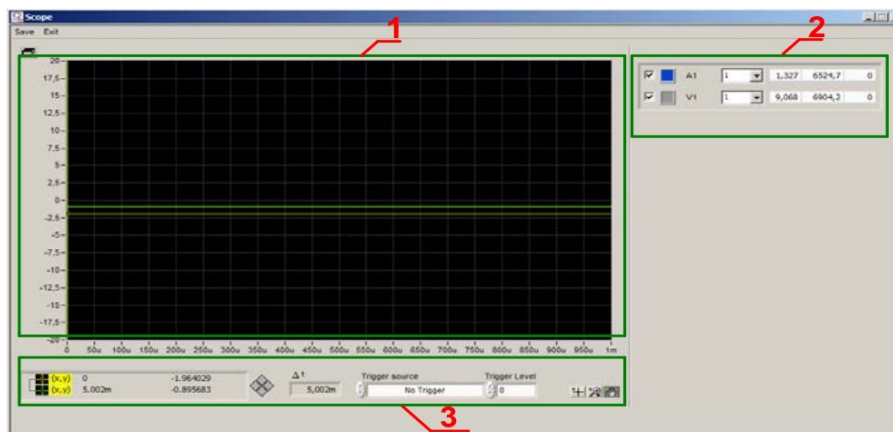
Po kliknięciu przycisku *Accept (Akceptuj)* funkcje zdefiniowane w oknie definicji zmiennej pojawią się w odpowiednich wierszach *pola wyboru zmiennych (Variables selection)* (Rys. W.27).

Pole *sterowania i skalowania osi* (strefa 3, Rys. W.26) zostało opisane w rozdziale „*Obsługa i sterowanie wspólne dla wszystkich okien*”.


### **Okno oscyloskopu**

Oscyloskop (*Scope*) jest używany do wizualizacji różnych przebiegów i zależności w czasie rzeczywistym podczas wykonywania eksperymentu (Rys. W.29).

1. Obszar wizualizacji przebiegów;
2. Wybór sygnału;
3. Sterowanie osiami i skalowanie.



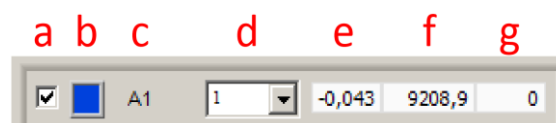
Rys. W.29. Okno oscyloskopu.

Kliknij ikonę  na panelu przednim laboratorium, aby otworzyć okno *oscyloskopu (Scope)* (lub wybierz polecenie *Tools > Scope* z menu).

Obszar wizualizacji przebiegów (strefa 1, Rys. W.29) jest dedykowanym polem w oknie oscyloskopu, w którym wyświetlane są w czasie rzeczywistym wybrane parametry badanego układu.

Pole wyboru sygnału (strefa 2 na Rys. W.29 i Rys. W.30) służy do sterowania wyświetlaniem przebiegu, pozwalając na ustalenie następujących zmiennych:

- Pokaż/ukryj*: zaznaczenie wyświetla wybrany przebieg
- Kolor przebiegu*: kliknięcie myszką w tym polu umożliwia wybór koloru przebiegu.
- Zmienna trace*: umożliwia wybór dowolnego z aktywowanych w tym ćwiczeniu przyrządów pomiarowych.
- Skala*: ustala współczynnik skalowania dla sygnału.
- Amplituda sygnału*.
- Częstotliwość sygnału*.
- Przesunięcie fazowe sygnału*.



Rys. W.30. Pole wyboru sygnału w oknie oscyloskopu.

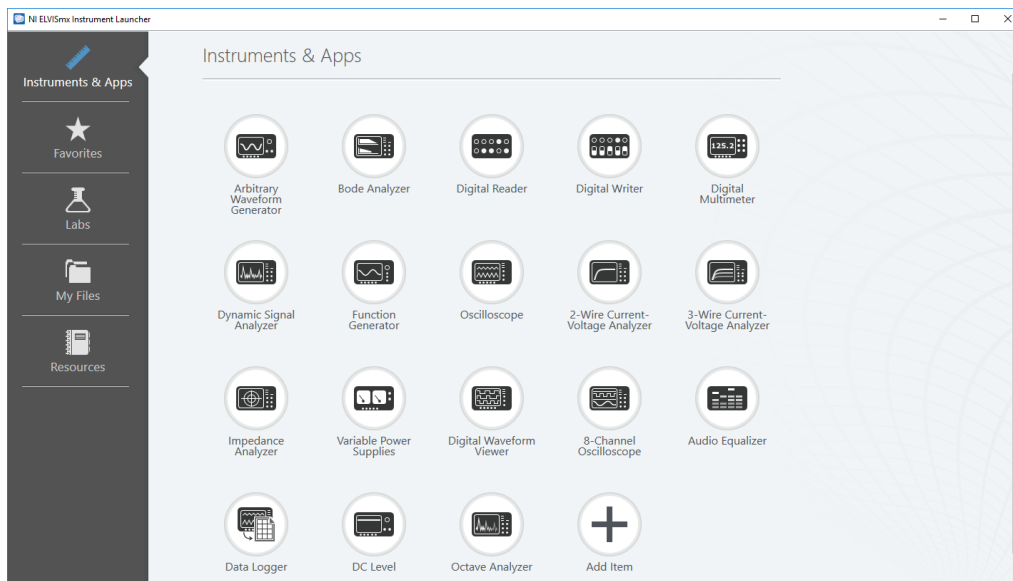
Pole sterowania i skalowania osi (strefa 3, Rys. W.29) zostało opisane w rozdziale „Obsługa i sterowanie wspólne dla wszystkich okien”.

Pole *sterowania i skalowania osi* (strefa 3, Rys. W.29) zawiera także pole  $\Delta t$ , które wskazuje różnicę między pionowymi współrzędnymi kursora.

### **Panel przyrządów platformy NI ELVIS**

Poza specjalnie opracowanymi narzędziami programowymi do realizacji ćwiczenia, oprogramowanie ćwiczenia zapewnia możliwość korzystania z szerokiej gamy przyrządów platformy NI ELVIS.

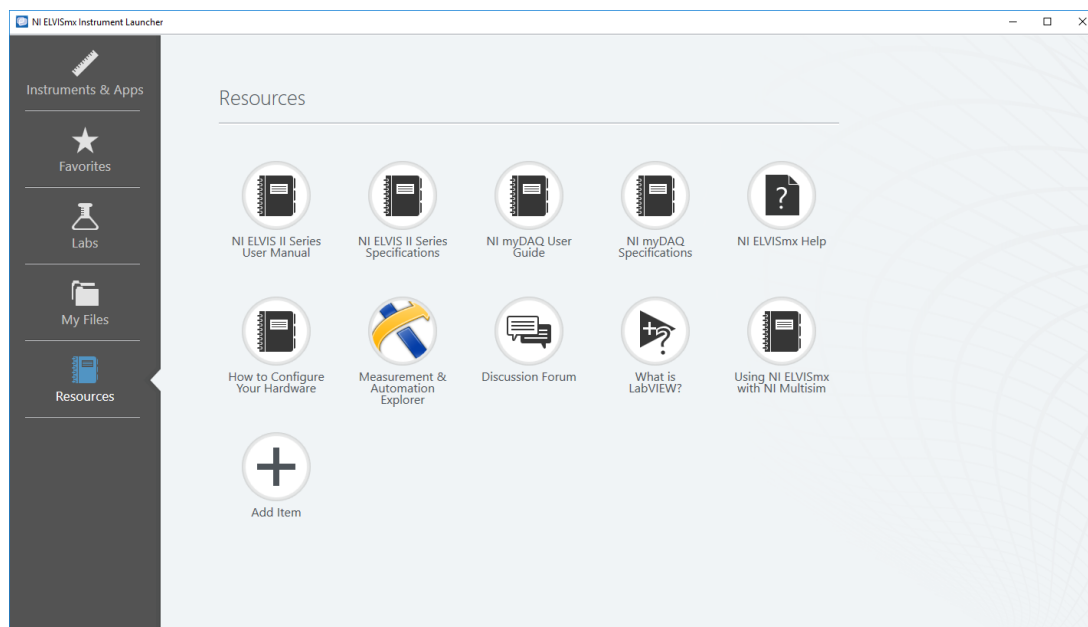
Kliknij ikonę NI ELVISmx (*NI ELVISmx Instrument launcher*) na panelu sterowania laboratorium, aby otworzyć panel przyrządów stacji NI ELVIS (Rys. W.31), a następnie wybierz zakładkę *Instruments & Apps*.



Rys. W.31. Panel przyrządów platformy NI ELVIS.

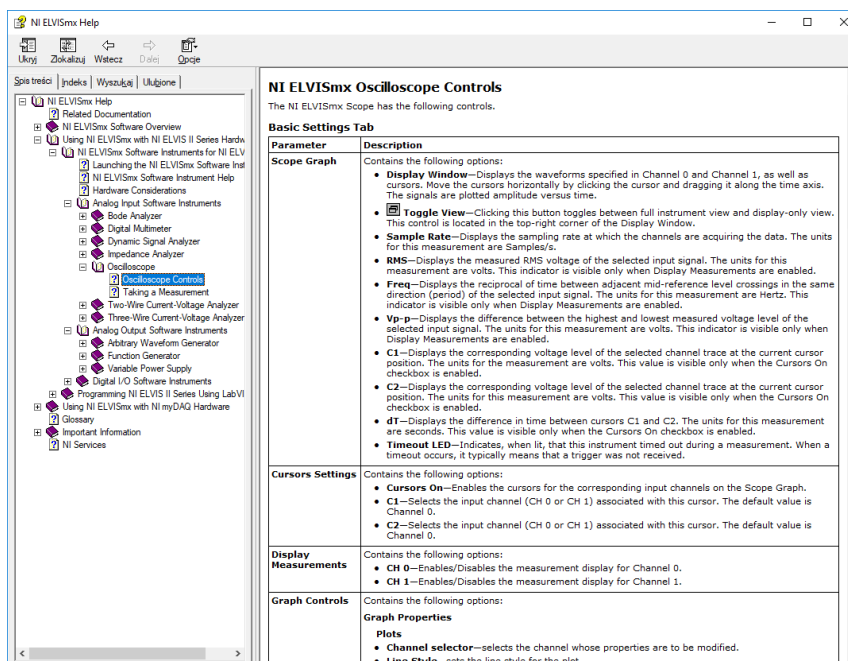
W ćwiczeniach używane będzie narzędzie *Oscilloscope*. Szczegółowy opis uruchamiania i konfiguracji narzędzie *Oscilloscope* jest dostępne w instrukcjach szczegółowych do analizy poszczególnych układów w trakcie realizacji ćwiczenia. Ponadto opis konfiguracji narzędzia dostępny jest w pliku pomocy NI ELVISmx, który można uruchomić z tego samego okna (Rys. W.31), klikając zakładkę *Resources*.

Plik pomocy dla NI ELVISmx, wyjaśniający działanie wszystkich przyrządów stacji NI ELVIS jest dostępny w zakładce *Resources (Zasoby)*, Rys. W.32.



Rys. W.32. Zakładka Resources (zasoby) aplikacji NI ELVISmx.

Dwukrotne kliknięcie ikony pomocy NI ELVISmx (*NI ELVISmx Help*) otwiera plik pomocy (Rys. 34) z opisem użytkownika oprogramowania *NI ELVISmx* ze sprzętem *NI ELVIS II Series*. Przykład opisu sterowania narzędziem *Oscilloscope* przedstawiono na Rys. W.33.



Rys. W.33. Plik pomocy aplikacji NI ELVISmx.

### Instalacja oprogramowania do symulacji obwodów w domu i w trakcie zajęć zdalnych

Podczas realizacji ćwiczeń w trybie zdalnym oraz przygotowania się do ćwiczeń wykorzystywany będzie program MultiSim od firmy National Instrument. Oprogramowanie to jest dostępne dla studentów Politechniki Warszawskiej poprzez stronę Centrum Informatyzacji. W celu zainstalowania oprogramowania należy:

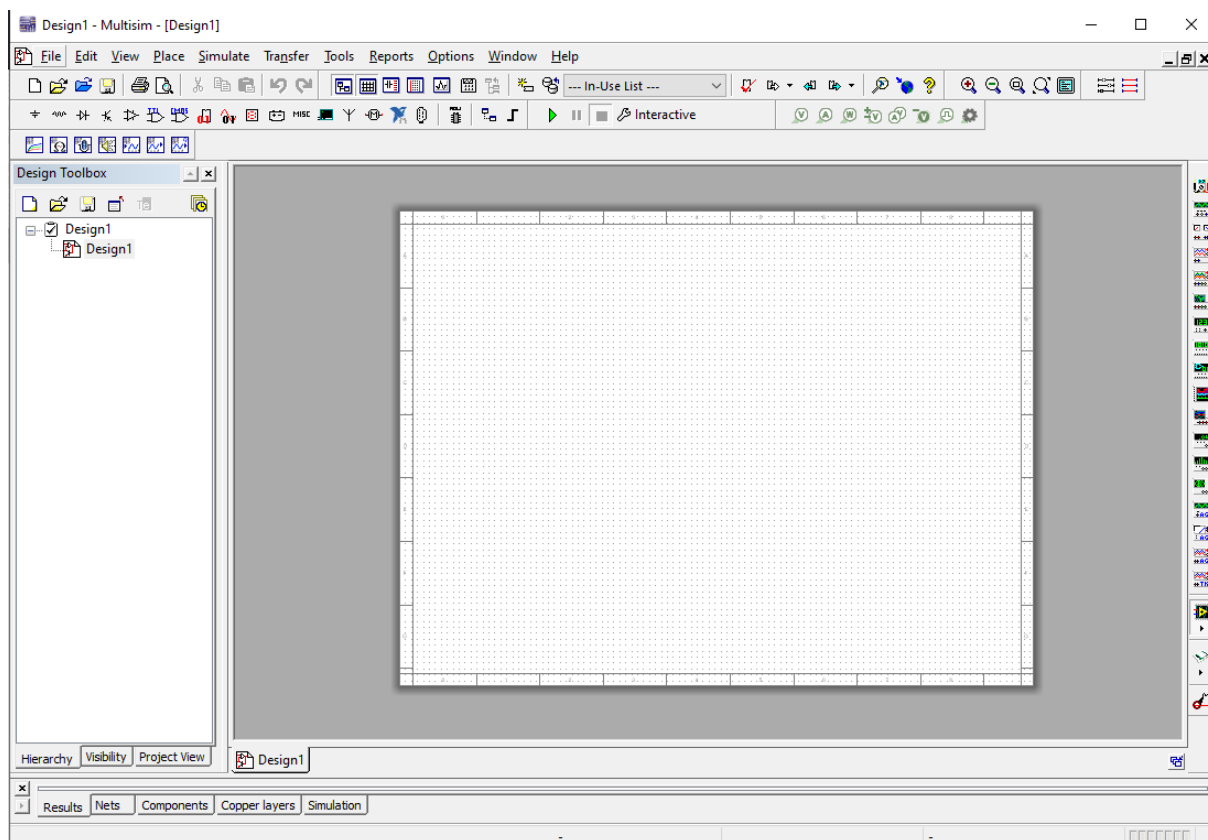
- 1) Zarejestrować konto użytkownika na stronie [www.ni.com](http://www.ni.com) używając do tego celu maila w domenie PW: @pw.edu.pl
- 2) Po otrzymaniu maila od NI potwierdzającego założenie konta należy Pobrać oprogramowanie Multisim w ver. 14.3 lub nowszej (dla systemów Windows) – UWAGA, jeżeli nie przyszedł mail od NI w ciągu 24h należy sprawdzić skrzynkę SPAM lub skontaktować się z centrum pomocy NI.  
Adres z pikiem do pobrania: <https://www.ni.com/pl-pl/support/downloads/software-products/download.multisim.html#452133>
- 3) W celu rejestracji oprogramowania należy użyć numeru seryjnego podanego przez prowadzącego zajęcia lub w regulaminie przedmiotu.

Oprogramowanie Multisim dostępne jest tylko dla systemów operacyjnych Windows. W celu instalacji programu w innym systemie konieczne jest przeprowadzenie instalacji Maszyny Wirtualnej lub korzystanie z symulatora online na stronie [www.multisim.com](http://www.multisim.com).

W celu doszkolenia umiejętności związanych z obsługą programu Multisim można skorzystać z zewnętrznego kursu pod adresem: <http://www.ni.com/self-paced-training> używając do tego celu zarejestrowanego konta NI.

### Tworzenie modelu symulacyjnego w programie MultiSim i uruchomienie symulacji w wybranym trybie

Po uruchomieniu aplikacji MultiSim na ekranie pojawi się okno z obszarem roboczym, na którym należy zbudować model symulacyjny badanego układu. Widok okna programu przedstawiono na Rys. W.34.



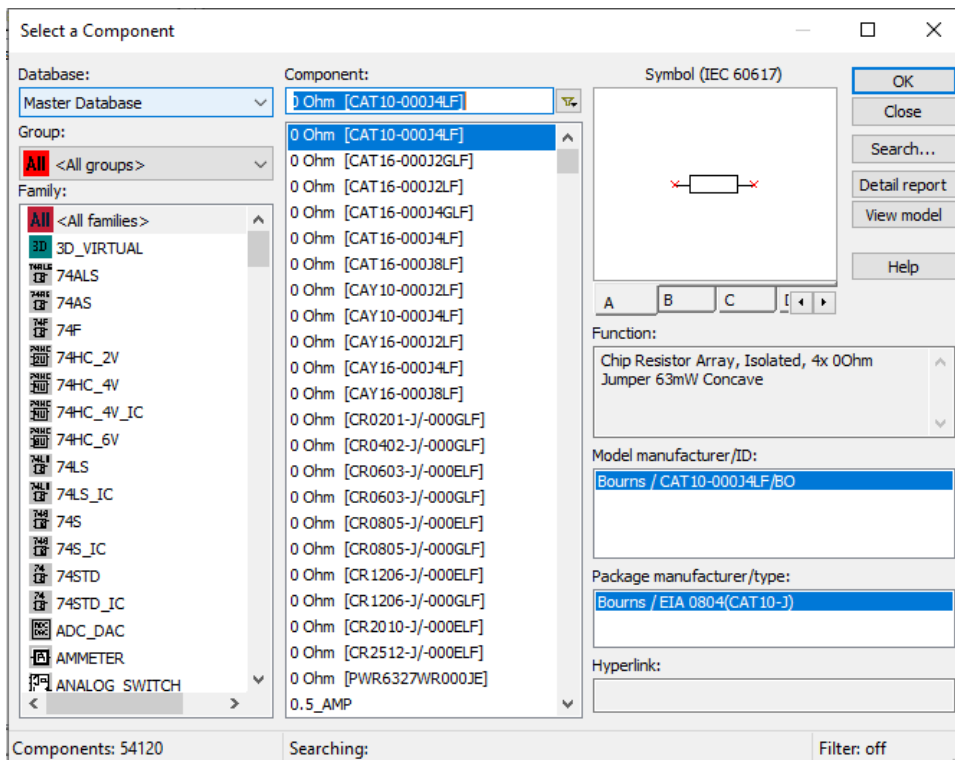
Rys. W.34. Okno programu symulacyjnego MultiSim z przestrzenią roboczą modelu obwodu

W zakładce *Place->Components* znajduje się biblioteka elementów elektronicznych, z których należy wybrać wszystkie niezbędne elementy do budowy modelu układu, którego dotyczy dane ćwiczenie. Widok wyboru elementów przedstawiono na Rys. W.35. W menu Database należy wybrać bibliotekę *Master Database*, następnie grupę elementów, do których należy element szukany (np. Source, Diodes itp.). Po wybraniu elementu należy umieścić go w obszarze roboczym okna programu, a następnie klawiszem *ESC* powrócić do okna wyboru elementów. Gdy wszystkie elementy zostały wybrane i dodane do obszaru roboczego, należy połączyć obwód klikając i przeciągając kursor myszy pomiędzy poszczególnymi pinami wykorzystywanych elementów.

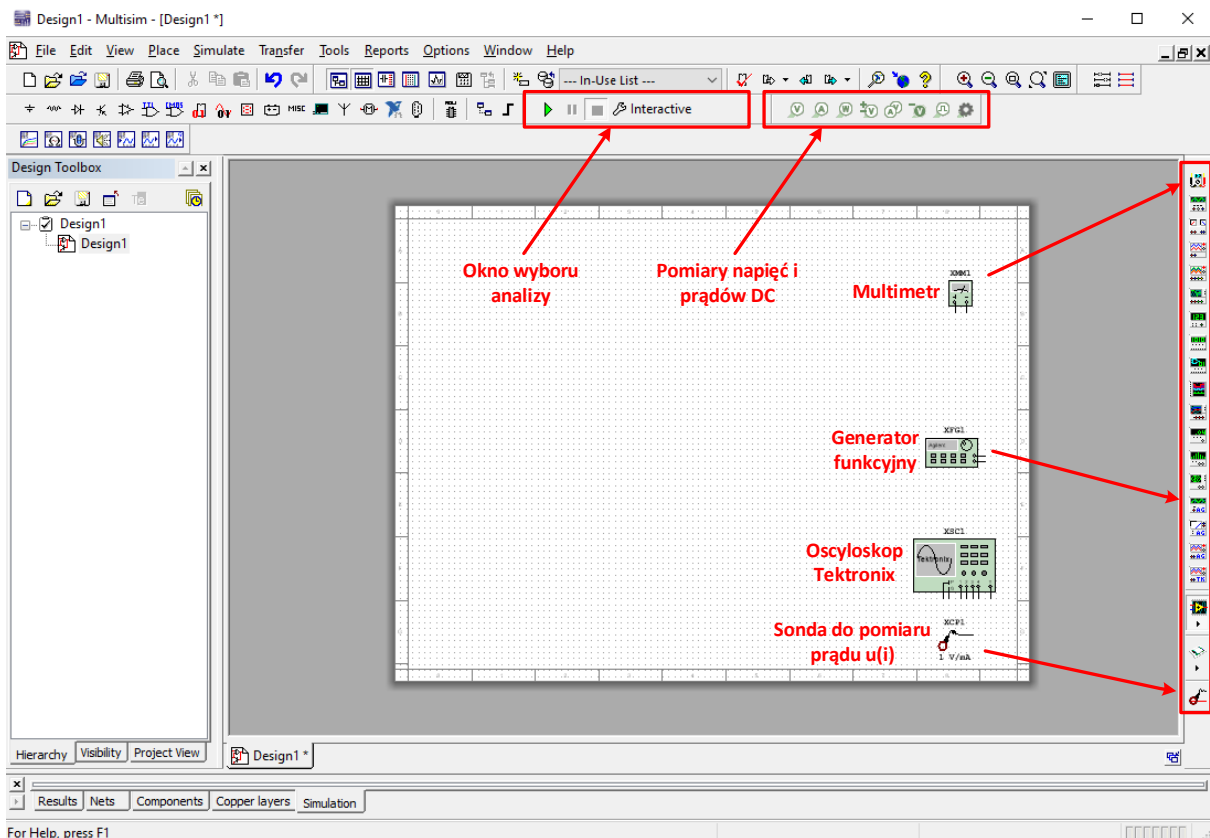
Gdy model obwodu mocy jest gotowy należy wybrać narzędzia pomiarowe i źródła do analizy interaktywnej, które znajdują się na pasku narzędziowym z prawej strony okna programu (Rys. W.36). W trakcie wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych najistotniejsze elementy to:

- multimetr,
- oscyloskop,
- generator funkcyjny,
- sonda prądowa  $u(i)$  do pomiaru prądu i zmiany sygnału na napięcie dołączone do zacisków oscyloskopu.

Pomoc w obsłudze narzędzi pomiarowych można uzyskać poprzez instrukcję poszczególnych urządzeń rzeczywistych takich jak Oscyloskop Tektronix TDS 2024, Generator Funkcyjny Agilent 33120A, dostępnych na stronach producentów urządzeń.



Rys. W.35. Wybór elementów do budowy modelu symulacyjnego z dostępnej biblioteki.



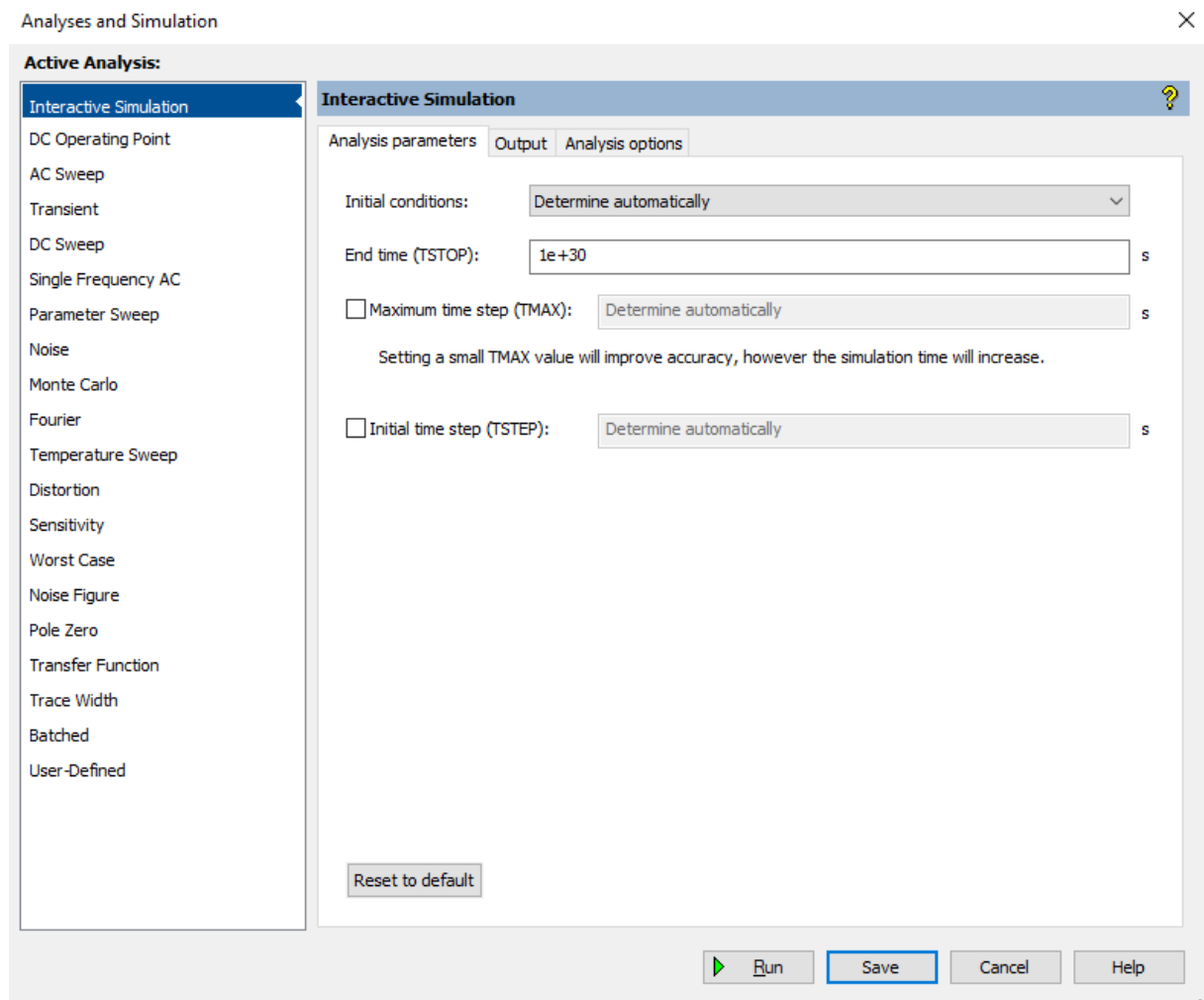
Rys. W.36. Widok okna programu z paskiem narzędzi pomiarowych i wyboru trybu analizy.

Do pomiaru potencjałów węzłowych, napięć i prądów DC oraz wartości charakterystycznych napięć i prądów AC (np. wartość międzyszczytowa, wartość średnia, wartość skuteczna) można

wykorzystać narzędzia pomiarowe dostępne na górnym pasku narzędzi (Rys. W.36). Pomiaru te wskazane są w analizie DC obwodu.

Ostatnim krokiem pozwalającym na wykonanie symulacji i analizę uzyskanych napięć i prądów obwodu jest wybór i uruchomienie odpowiedniego trybu symulacji. Spośród dostępnych trybów najistotniejsze dla wykonania ćwiczeń laboratoryjnych są:

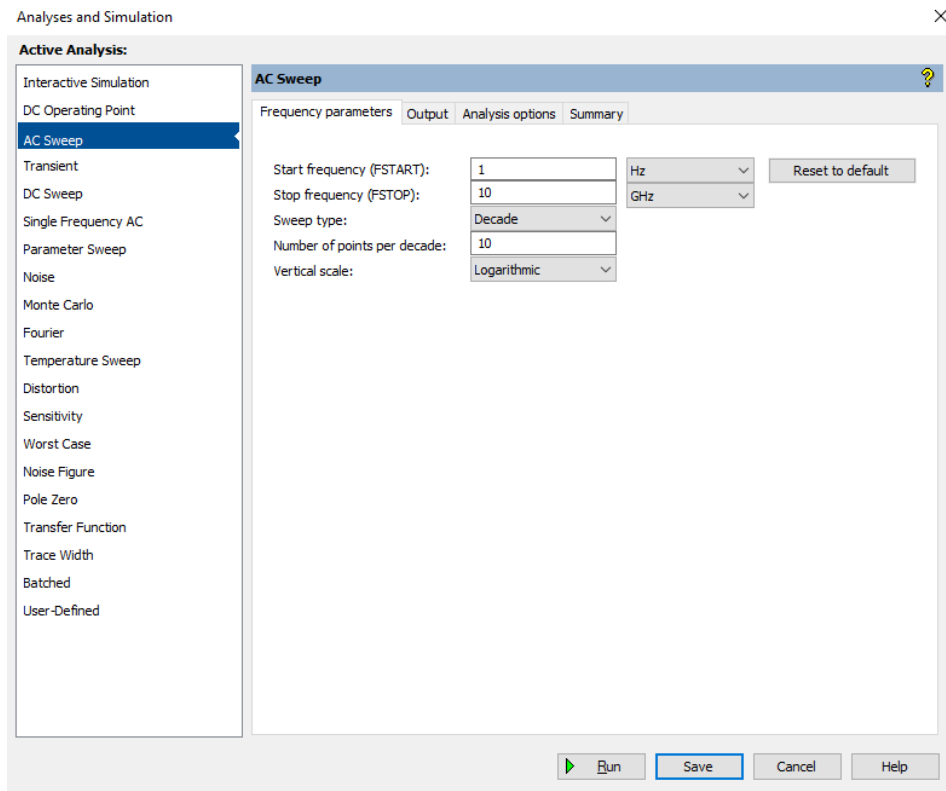
- Tryb Interactive – pozwala na analizę obwodu i obserwację przebiegów napięć i prądów za pomocą narzędzi pomiarowych umożliwiających zmianę parametrów w trakcie symulacji tzn. zmiana sygnału generatora funkcyjnego, zmiana ustawień oscyloskopu itp. Okno dialogowe trybu Interactive przedstawiono na Rys. W.37. W oknie tym nie ma potrzeby dokonywania zmian przed uruchomieniem symulacji.



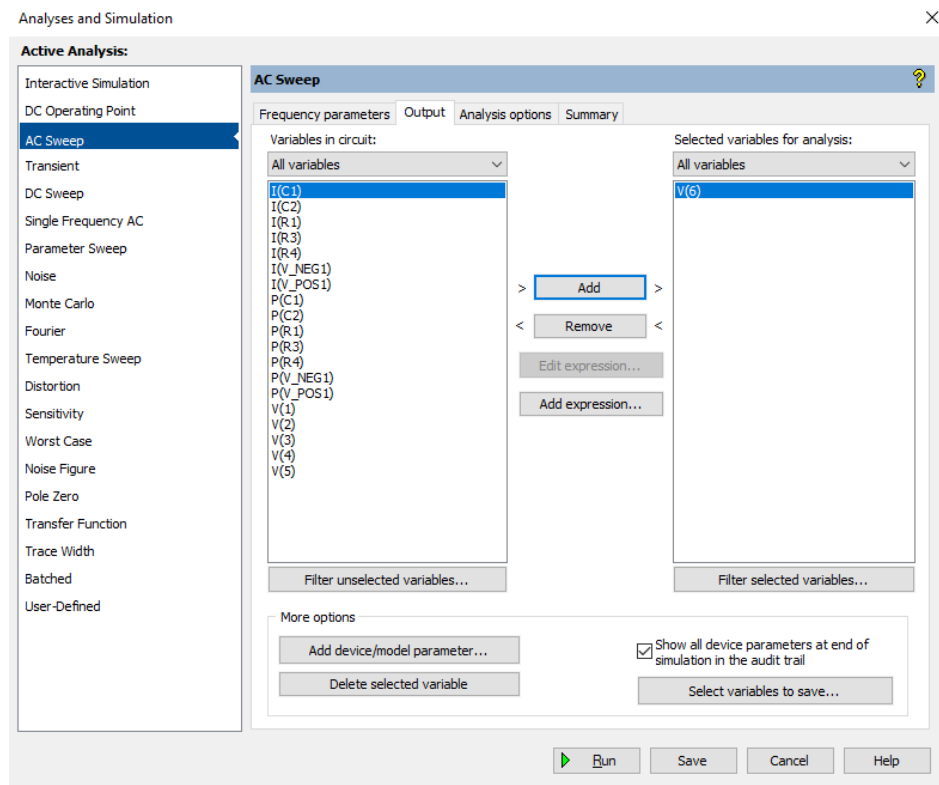
Rys. W.37. Okno dialogowe ustawień trybu Interactive

- Tryb AC Sweep – pozwala na analizę częstotliwościową wybranych sygnałów (napięć i prądów). W oknie dialogowym (Rys. W.38) należy wybrać zakres częstotliwości od  $F_{START}$  do  $F_{STOP}$ , typ osi poziomej (*sweep type*), ilość punktów pomiarowych na dekadę, skale osi pionowej. Następnie w zakładce *Output* okna dialogowego (Rys. W.39) należy wybrać sygnały, których zależności od częstotliwości chcielibyśmy obserwować. W tym celu należy przeciągnąć sygnały na prawą stronę okna dialogowego. Wynikiem analizy jest charakterystyka amplitudowo – częstotliwościowa i fazowo – częstotliwościowa danego sygnału.





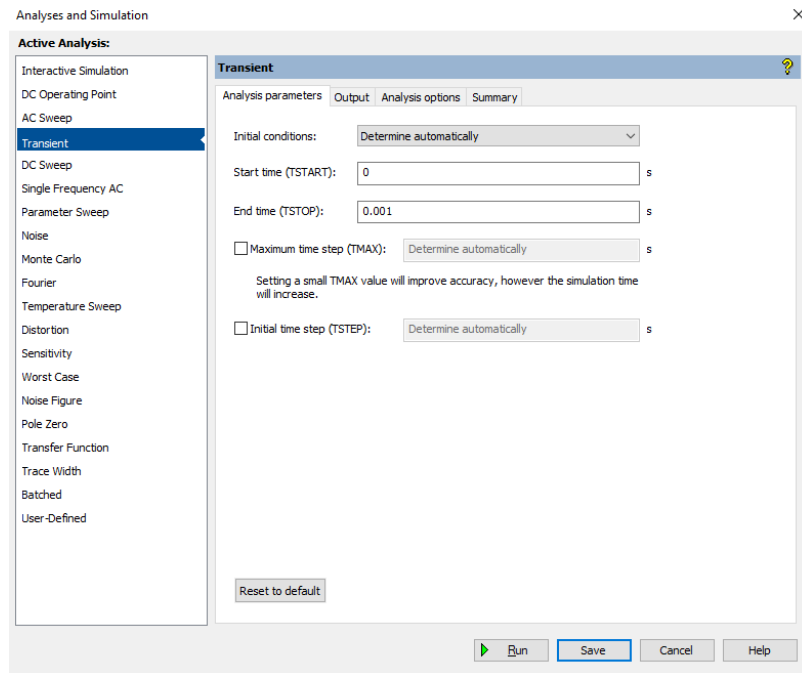
Rys. W.38. Okno dialogowe ustawień trybu symulacji AC Sweep.



Rys. W.39. Okno dialogowe wyboru sygnałów – zakładka Output w ustawieniach trybu AC Sweep

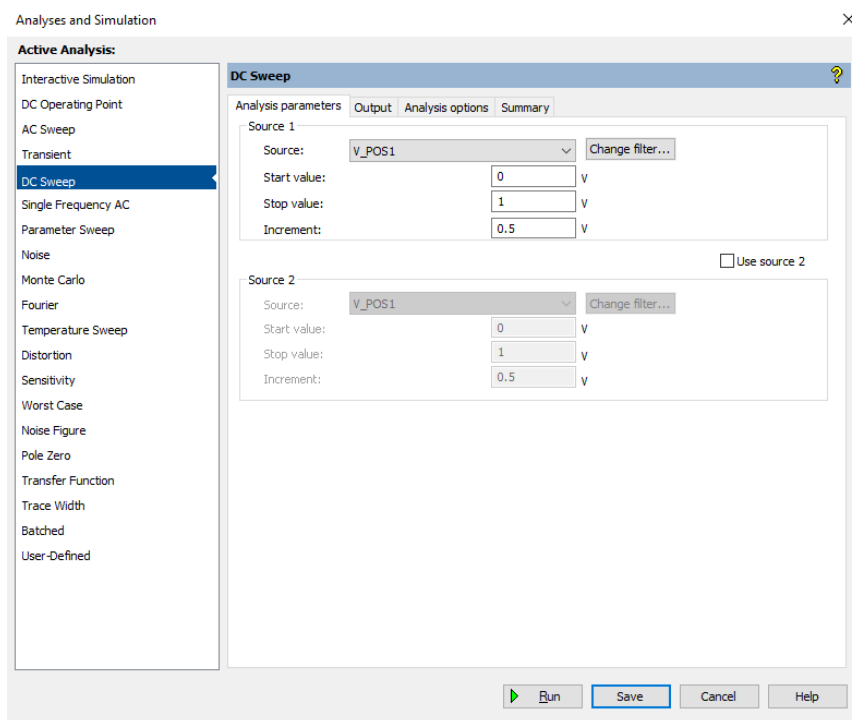
- Tryb Transient – pozwala na analizę podobną do tej, uzyskanej przy trybie Interactive, jednak wynikiem są przebiegi uzyskane w danym przedziale czasu, z danym krokiem

symulacji. Okno dialogowe ustawień tego trybu przedstawiono na Rys. W.40. W trybie tym nie ma możliwości zmian parametrów źródeł w trakcie symulacji.



Rys. W.40. Okno dialogowe ustawień trybu Transient

- Tryb DC Sweep – pozwala na analizę zmian danego napięcia lub prądu względem zmian danego źródła napięcia lub prądu (Rus. 1.41). W ramach ustawień można zmienić zakres zmian danej wielkości elektrycznej, skok zmian oraz sygnały obserwowane (zakładka Output). Podobną analizę można przeprowadzić w funkcji zmian parametrów modelu (rezystancji, pomjności itp.) wykorzystując w tym celu tryb Parameter Sweep.



Rys. W.41. Okno dialogowe ustawień trybu DC Sweep.