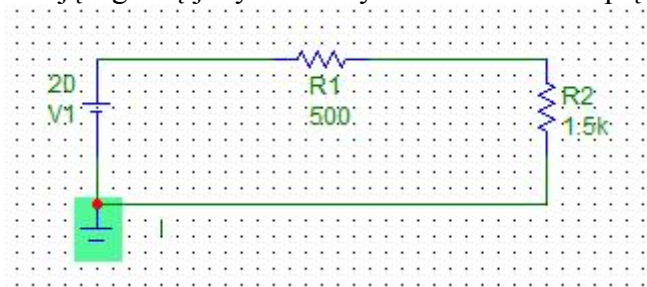


Cel ćwiczenia.

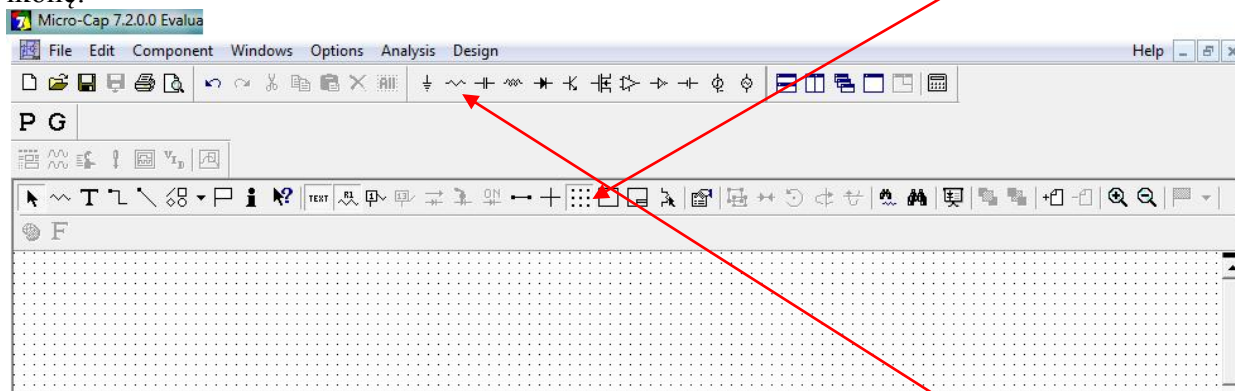
W trakcie tego laboratorium zapoznasz się z podstawami komputerowego projektowania i symulacji układów elektronicznych. Wykorzystamy do tego celu program Micro-cap w wersji 7.2. Ze strony producenta tego oprogramowania Spectrum Software (<http://www.spectrum-soft.com/index.shtm>) możesz pobrać najnowszą, demonstracyjną wersję programu.

Przykład 1.

Rozpocznijmy nasze eksperymenty z programem Microcap od zaprojektowania i analizy prostego obwodu prądu stałego składającego się jedynie z rezystorów i źródła napięcia.



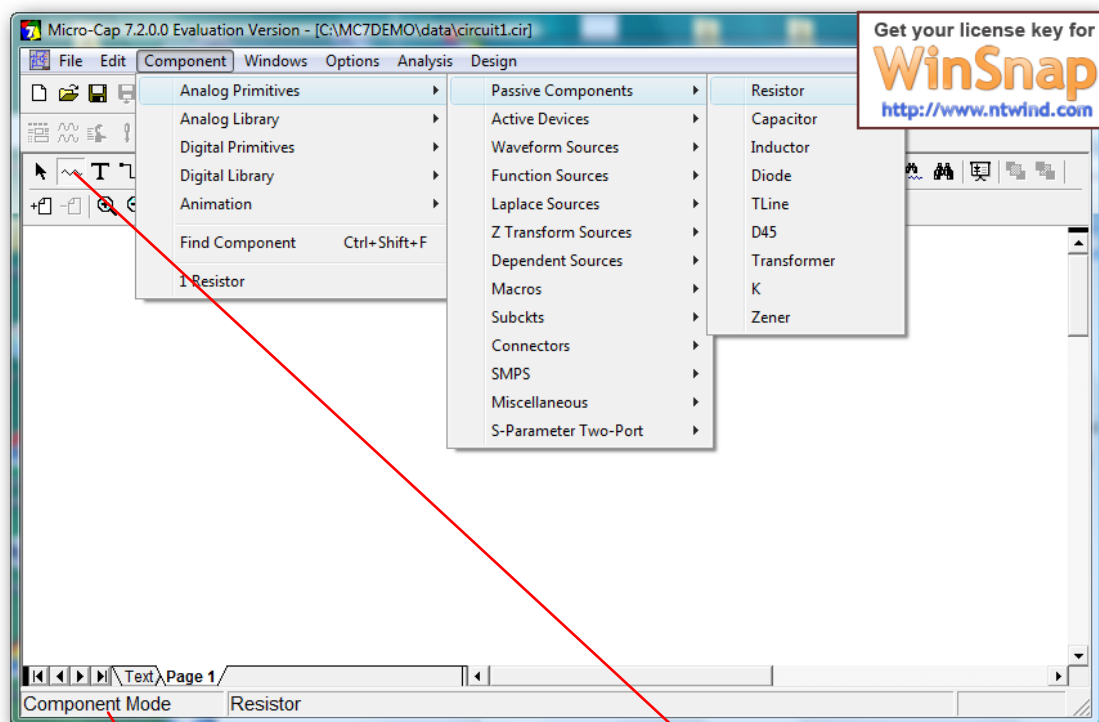
Uruchom Micro-cap' a tak jak każdy inny program systemu MicrosoftWindows. Projektowanie układów elektronicznych sprowadza się do umieszczania i łączenia elementów w obszarze roboczym. W celu ułatwienia pozycjonowania elementów włącz siatkę (grid) naciskając wskazaną ikonę.



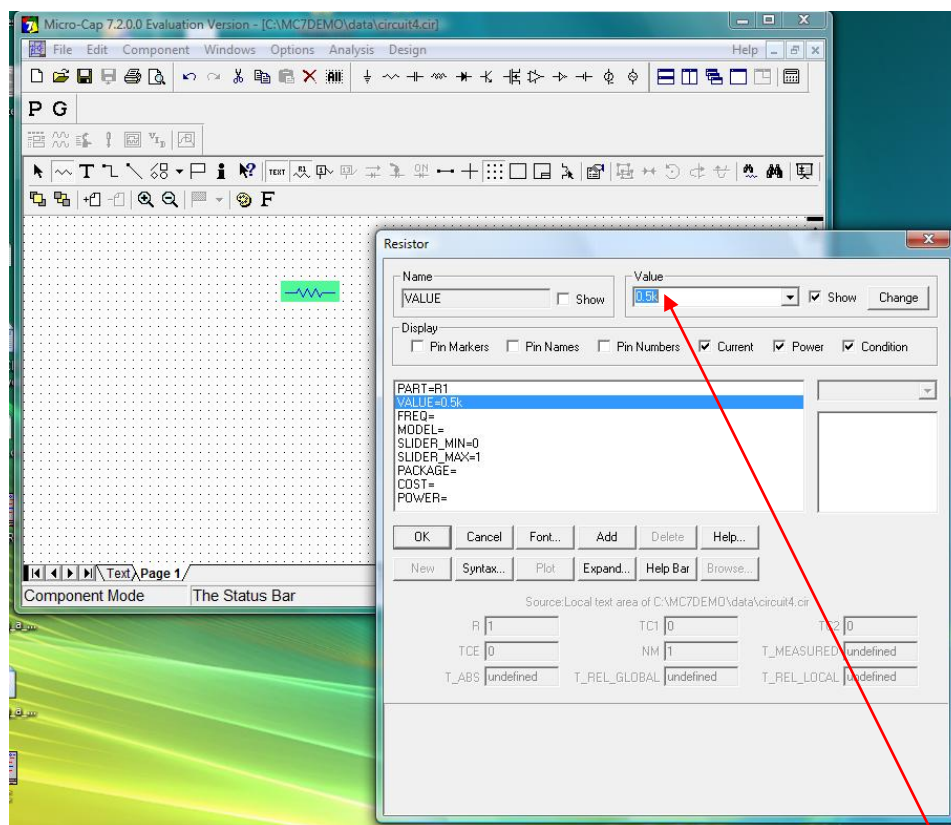
Projektowanie rozpoczniemy od umieszczenia rezystora $R_1=500\Omega$. Symbol rezystora najszybciej znajdziesz na pasku ikon znajdującym się poniżej głównego menu programu. Dostęp do tego elementu uzyskasz także wchodząc do menu *Component* -> *AnalogPrimitives*-> *PassiveComponents*. Ten sposób wyboru ilustruje poniższy rysunek.

Opracował: Dr Mirosław Łątka

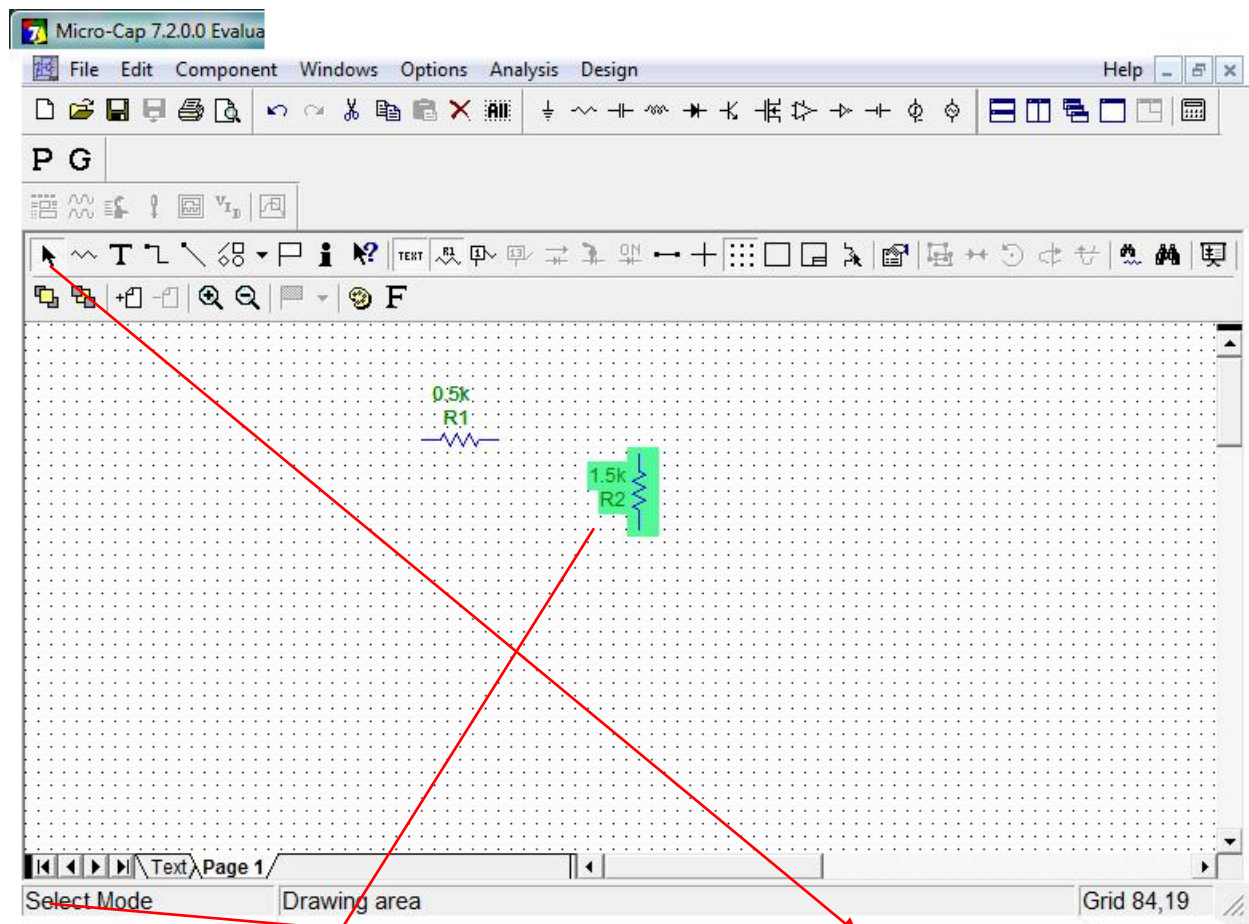
Instytut Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej Wydziału PPT Politechniki Wrocławskiej



Zwróć uwagę, że wstawianie nowych elementów możliwe jest w trybie *Component Mode*, który w razie konieczności można uaktywnić naciskając wskazaną ikonę lub używając skrótu klawiszowego Ctrl-D. Tryb pracy Microcap'a wyświetlany jest na bieżąco w lewym dolnym rogu okna aplikacji. Po kliknięciu na ikonę rezystora kursor zmieni swój kształt. Przesuń kursor w wybrane przez Ciebie miejsce na „desce projektowej” programu. Wstawiany element może mieć „poziomą” lub „pionową” orientację. Orientację elementu możesz zmienić trzymając wciśnięty lewy przycisk myszy i jednocześnie naciskając prawy przycisk myszy tyle razy, aby uzyskać pożądaną orientację. Zwolnij lewy przycisk myszy tylko wtedy, kiedy kursor znajduje się w tym miejscu obszaru roboczego, w którym chcesz umieścić rezystor.



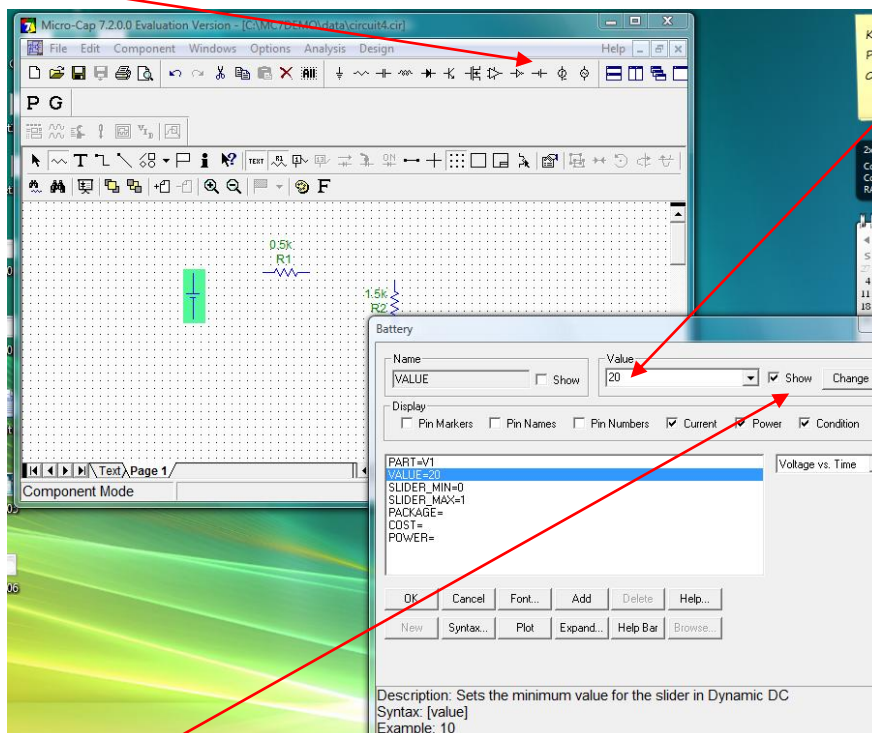
W oknie dialogowym, które otworzy się automatycznie możesz modyfikować właściwości właśnie dodanego elementu. Zwróć uwagę, że kursor domyślnie znajduje się w polu służącym do wprowadzenia wartości rezystora. Wpisz 0.5k w tym polu i naciśnij *Enter* ustalając wartość rezystancji na 0.5 k Ω . Pamiętaj, że chociaż program Micro rozpoznaje większość przedrostków notacji naukowej to jednak nie rozróżnia dużych i małych liter. W konsekwencji zarówno m jak i M oznaczają mili. W celu uzyskania mega wpisz meg lub MEG. Symbol μ reprezentuje mikro przypominana bowiem grecką literę μ . Po naciśnięciu klawisza *Enter* Microcap automatycznie wyświetli wartość rezystancji R_1 na schemacie i jest gotowy do wstawienia kolejnego elementu, który domyślnie jest tego samego typu, co ostatnio dodany element. W naszym przypadku jest to oczywiście rezystor. Dodanie rezystora $R_2=1.5$ k Ω nie powinno sprawić Ci większych problemów. Powstaje jednak pytanie w jaki sposób usunąć błędnie wstawiony element?



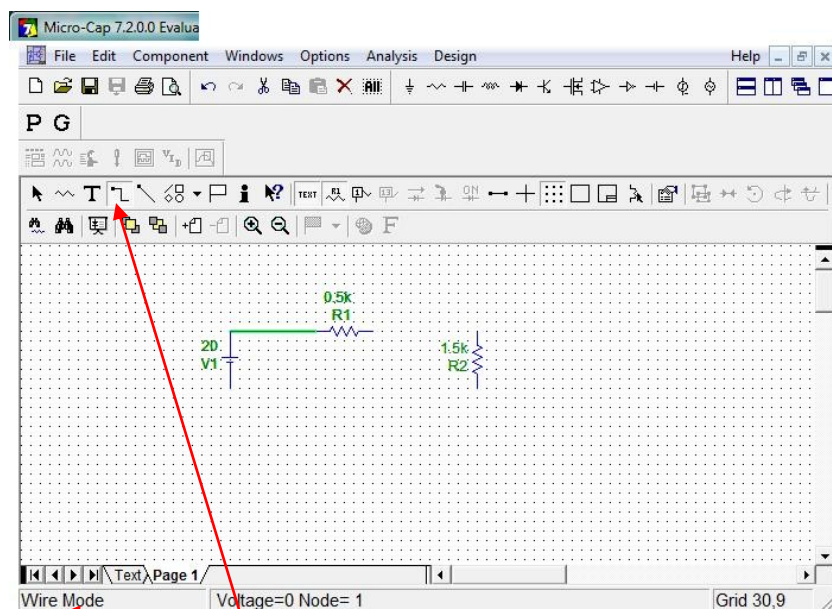
W tym celu musisz przejść do trybu *Select Mode* naciskając wskazaną ikonę lub używając skrótu klawiszowego Ctrl-E. O aktualnie używanym trybie pracy informuje komunikat w lewym dolnym rogu ekranu. Następnie kliknij na element, który ewentualnie chcesz usunąć. Twój wybór jest potwierdzony podświetleniem. Wciśnięcie klawisza *Delete* lub Ctrl-X spowoduje usunięcie elementu. Rzecz jasna, jak w każdym Windowsowym programie możesz cofnąć usunięcie używając polecenia Undo z menu Edit lub za pomocą skrótu klawiaturowego Ctrl-Z. W trybie *Select Mode* położenie zaznaczonego elementu w obszarze roboczym możemy zmieniać przesuując kursor z jednoczesnym wciśnięciem lewego przycisku myszy. Podwójne kliknięcie elementu znajdującego się w obszarze roboczym spowoduje otwarcie okna dialogowego, które pozwoli na modyfikację własności tego elementu.

Ćwiczenie nr 11. Metody symulacji komputerowej w elektrotechnice i elektronice

Kliknięcie ikony umożliwi wstawienie źródła prądu (baterii). Ustal wartość siły elektromotorycznej na 20 V.



Zaznaczenie opcji Show umożliwi wyświetlenie wartości siły elektromotorycznej w obszarze roboczym.

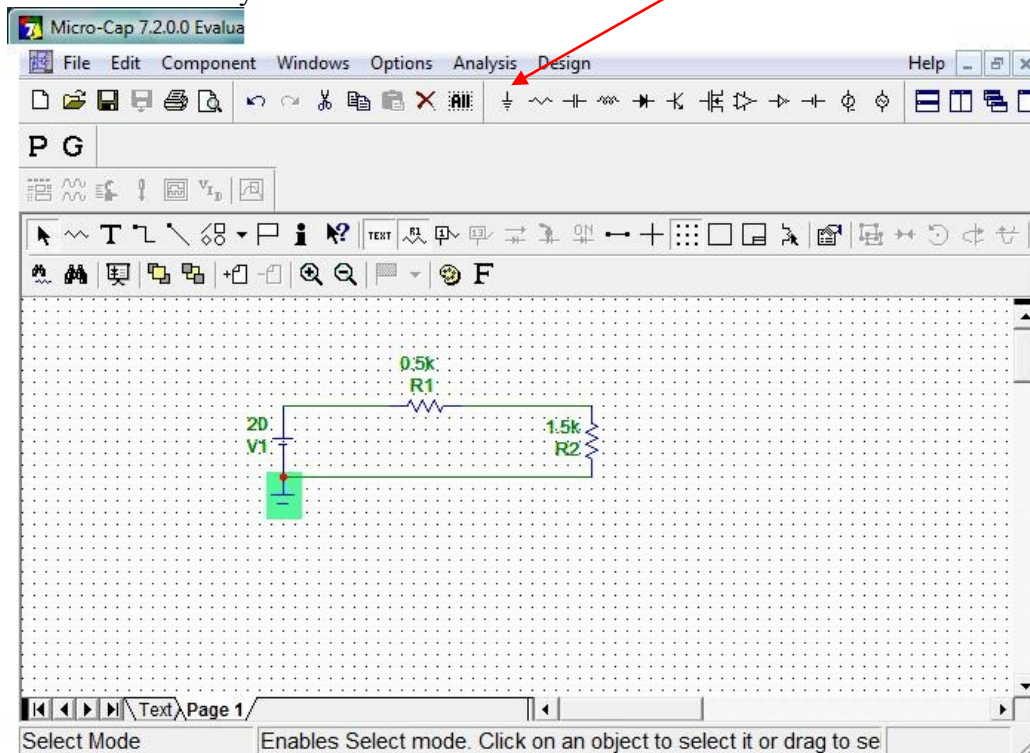


Połączenie przewodami rozmieszczonych elementów jest możliwe w trybie *Wire Mode*, który uruchamia się naciskając wskazaną ikonę lub używając skrótu klawiaturowego Ctrl-W. Aby połączyć przewodem

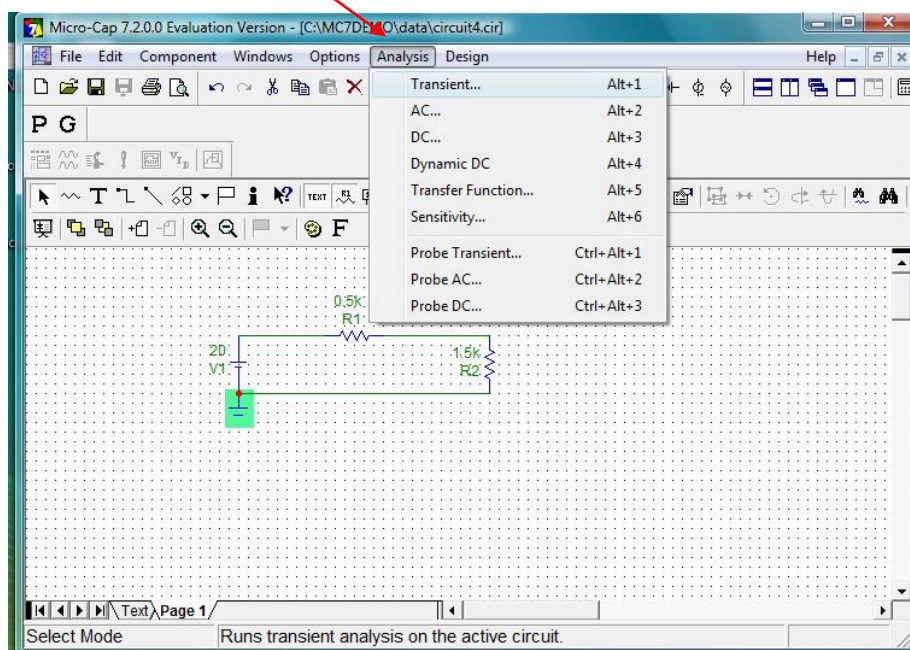
Ćwiczenie nr 11. Metody symulacji komputerowej w elektrotechnice i elektronice

dwa punkty kliknij myszą na punkt początkowy i trzymając wciśnięty lewy przycisk myszy przesunij kursor do punktu końcowego i zwolnij przycisk.

Po połączeniu przewodami pozostałych elementów i dodaniu uziemienia (ground) jesteśmy gotowi do przeprowadzenia analizy działania układu

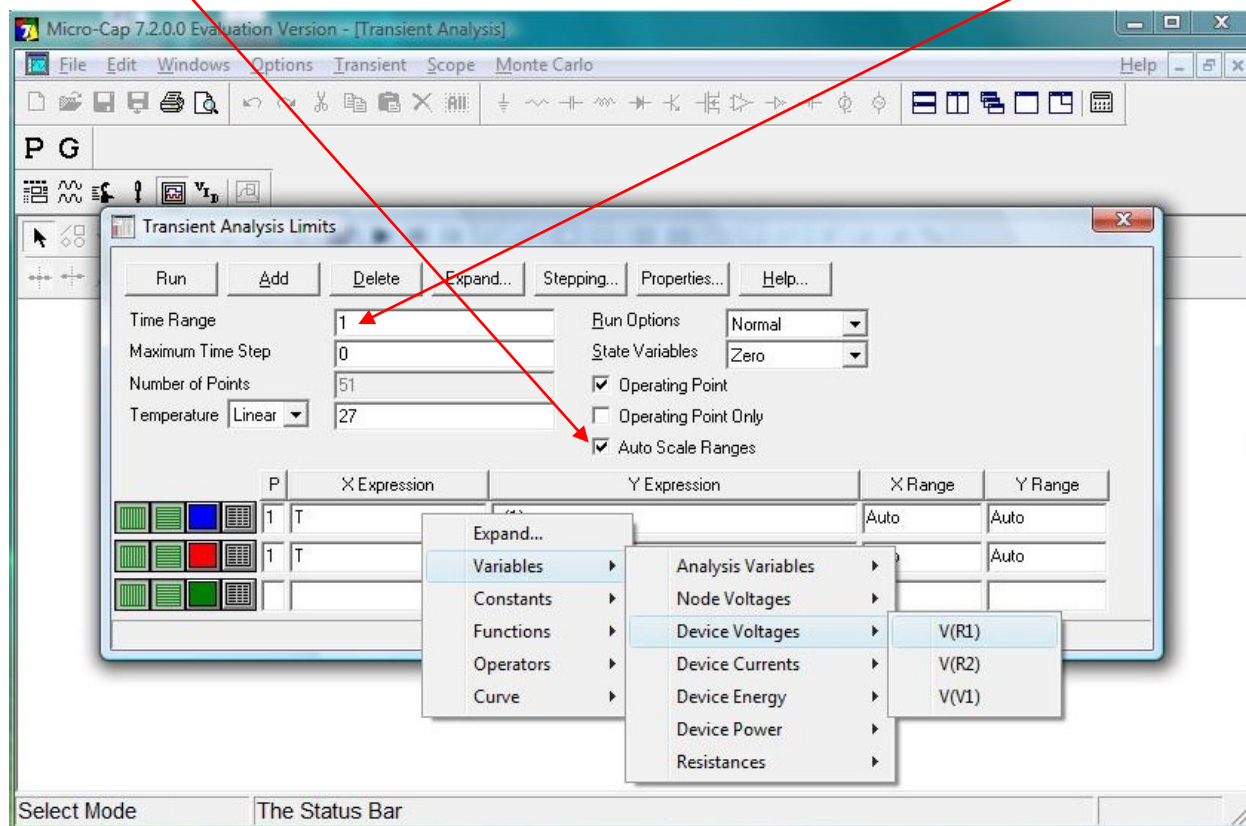


W tym celu z menu *Analysis* wybierz opcję *Transient* (skrót klawiaturowy Alt-1)

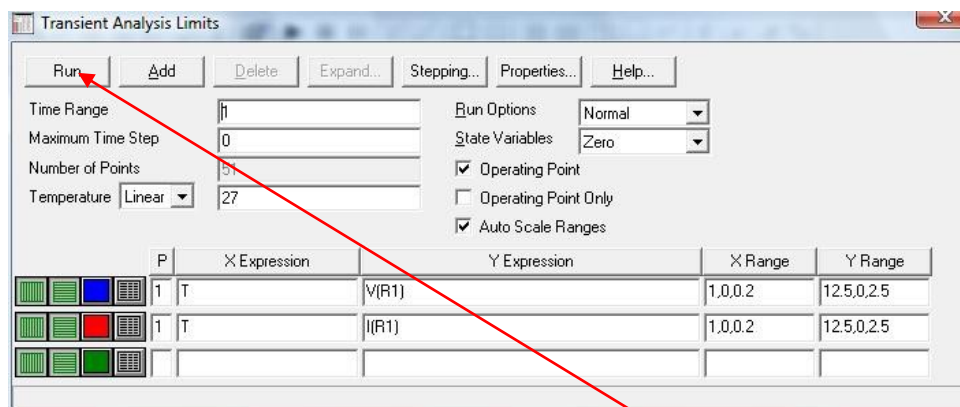


Ćwiczenie nr 11. Metody symulacji komputerowej w elektrotechnice i elektronice

W oknie *Transient Limit Analysis* ustal czas trwania symulacji działania układu na 1s. Zaznacz opcję *Auto Scale Ranges*.



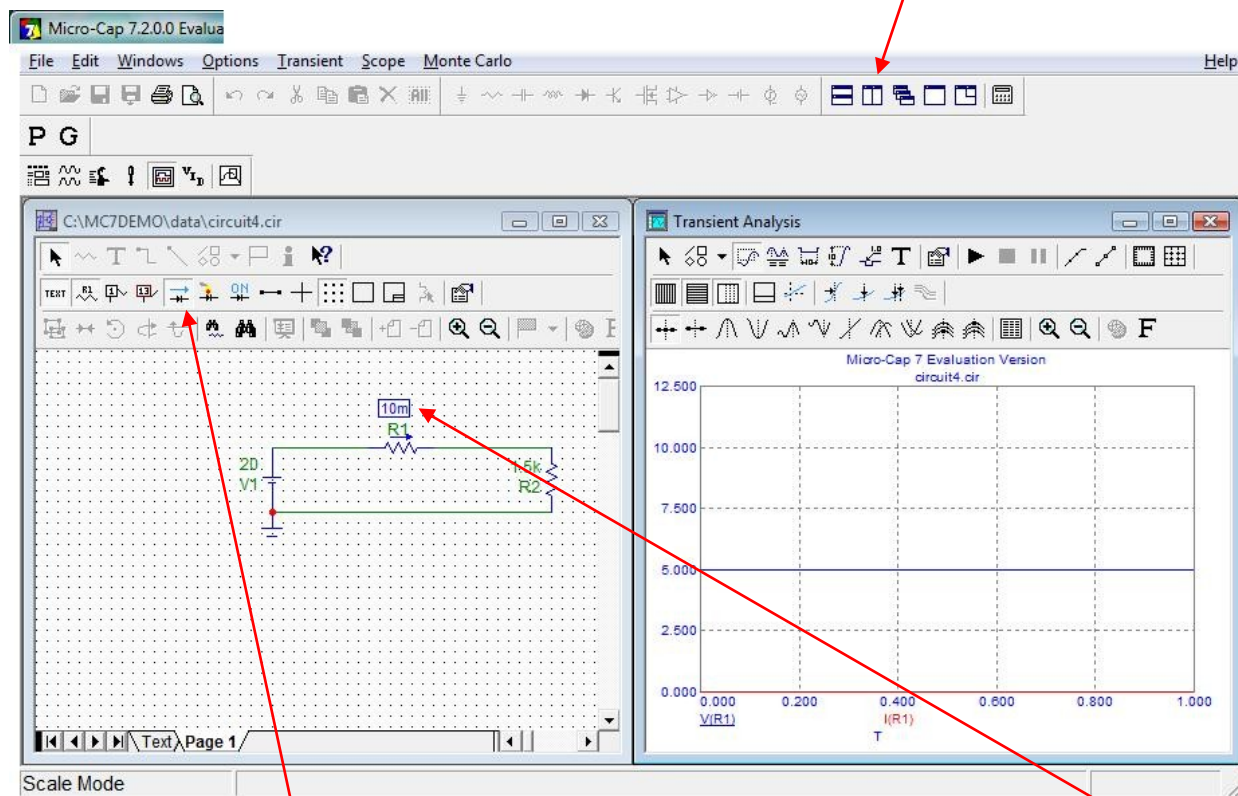
Kliknij prawym przyciskiem myszy na pierwszy wiersz kolumny *Y Expression* i wybierz opcję *Variables->Device Voltages -> V(R1)* co pozwoli na pomiar napięcia na rezystorze R_1 . Dla drugiego wiersza *Y Expression* wybierz *Variables->Device Currents->I(R1)* co umożliwi pomiar natężenia prądu płynącego przez R_1 . Po dokonaniu tych czynności okno dialogowe powinno wyglądać tak



Uwaga: ze względu na wybranie opcji *Auto Scale Ranges* nie dokonujesz ingerencji w pola *X Range* i *Y Range*. W celu uruchomienia analizy naciśnij przycisk *Run*.

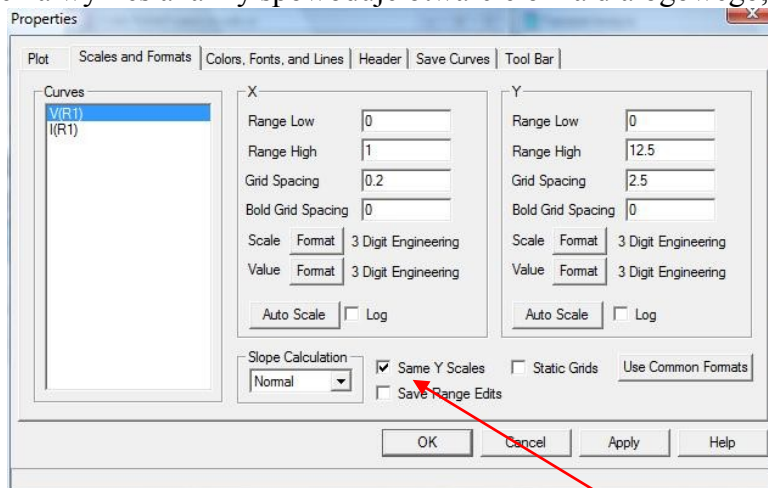
Ćwiczenie nr 11. Metody symulacji komputerowej w elektrotechnice i elektronice

Schemat układu i wynik analizy zobaczysz po naciśnięciu ikony *Tile Vertical* w głównym oknie programu.

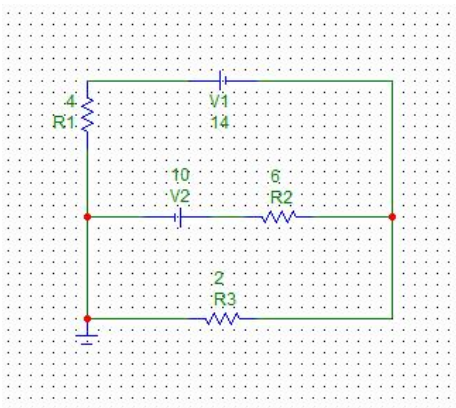


Kliknięcie ikony *Currents* po wykonaniu analizy działania układu spowoduje wyświetlenie wartości prądów płynących w gałęziach obwodu.

Podwójne kliknięcie na wykres analizy spowoduje otwarcie okna dialogowego,



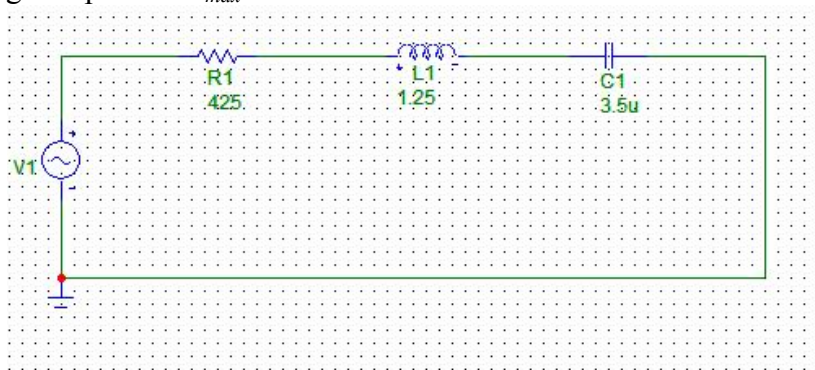
które umożliwia modyfikację własności wykresu. Odznaczając opcję *Same Y Scales* każdy wykres będzie miał swój własny zakres wartości Y.

Zadanie 1.

Wyznacz wartości prądów płynących w powyższym obwodzie i napięcia na elementach obwodu.

Zadanie 2.

W pokazanym na schemacie układzie RLC $R=425\ \Omega$, $L=1.25\ \text{H}$, $C=3.50\ \mu\text{F}$. Częstotliwość zasilania wynosi 60 Hz a jego amplituda $V_{\max}=150\text{V}$.

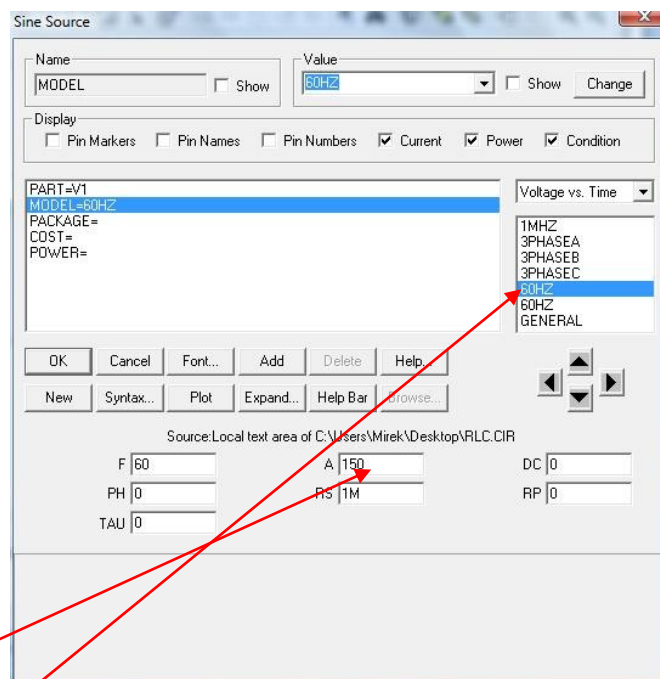


Używając *Transient Analysis* wyznacz:

- Maksymalny prąd w obwodzie
- Różnice fazy pomiędzy prądem i napięciem.
- Maksymalne napięcia na oporniku, cewce i pojemności.

Porównaj wyniki symulacji komputerowej z obliczeniami teoretycznymi.

Zadanie 3. Korzystając z pomocy wykładowcy zilustruj efekt rezonansu w układzie RLC (zależność maksymalnego prądu od częstotliwości źródła prądu zmiennego). Przyjmij, że $L=5.0\ \mu\text{H}$ i $C=2.0\ \text{nF}$. Niech $R=3.5\ \Omega$ lub $R=10\ \Omega$.



Powyższy rysunek ilustruje sposób określenia właściwości źródła prądu zmiennego a w szczególności V_{max} i częstotliwości.