

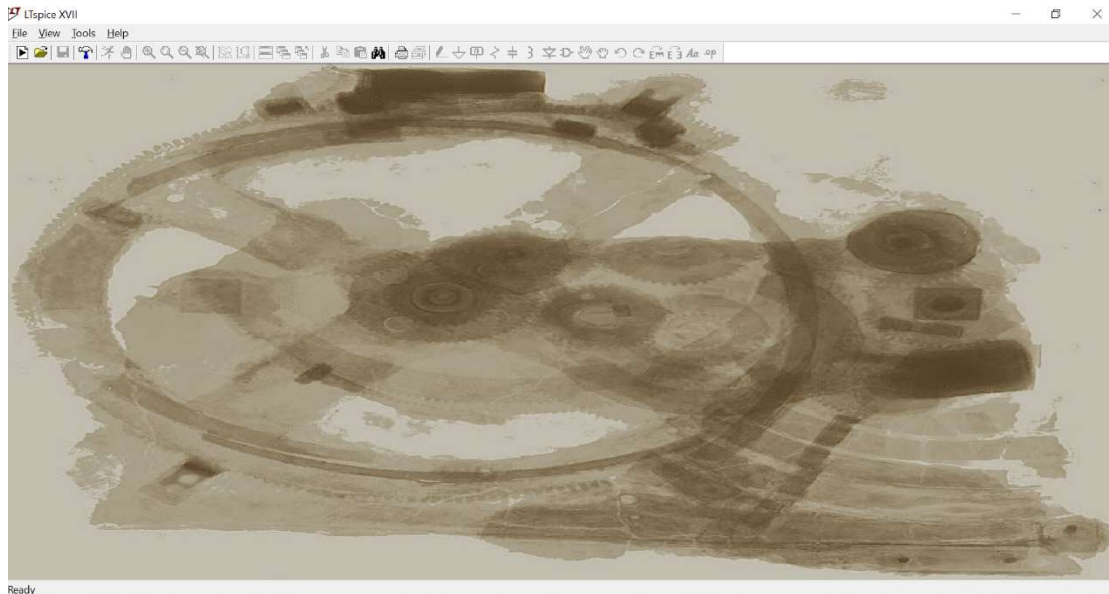
Ćw. 6. Układy różniczkujące i całkujące



1. Pobrać z Internetu program o nazwie **LTSpice** – jest to program do symulacji układów elektronicznych, darmowy, łatwy w obsłudze, dostępny na stronie internetowej firmy Analog Devices: <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#>

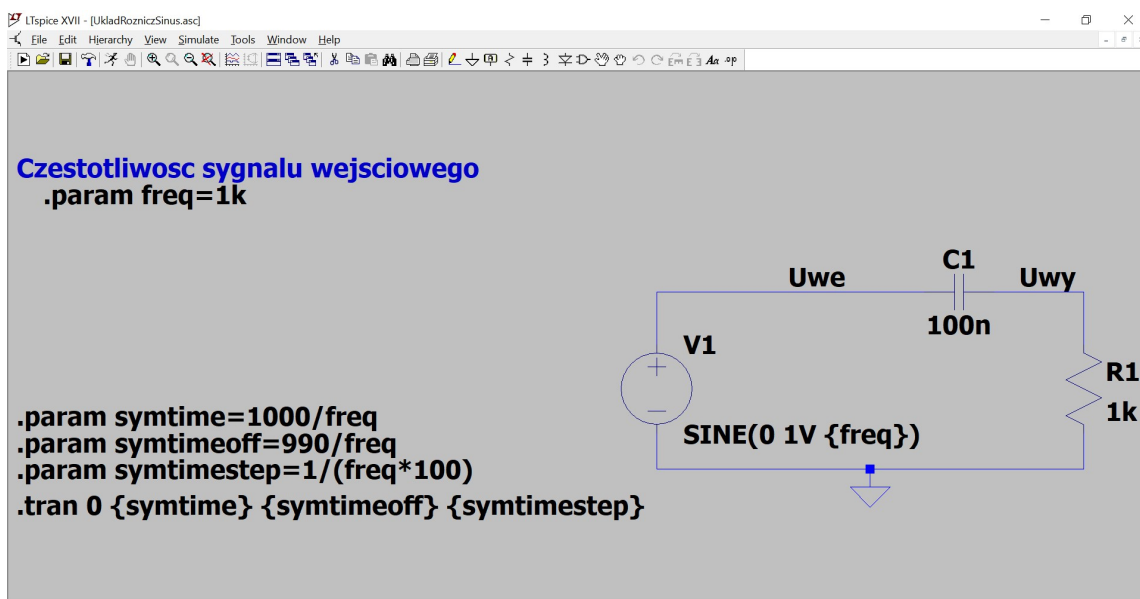
UWAGA: Są dostępne różne wersje oprogramowania *LTSpice*, dedykowane różnym wersjom systemów operacyjnych (np. Windows). Należy pobrać i zainstalować na swoim komputerze / laptopie tą wersję programu, która jest dedykowana danej wersji systemu operacyjnego, jaki posiadają Państwo na swoim komputerze / laptopie.

2. Po zainstalowaniu i uruchomieniu programu pojawi się okno - por. Rys. 1:



Rys. 1.

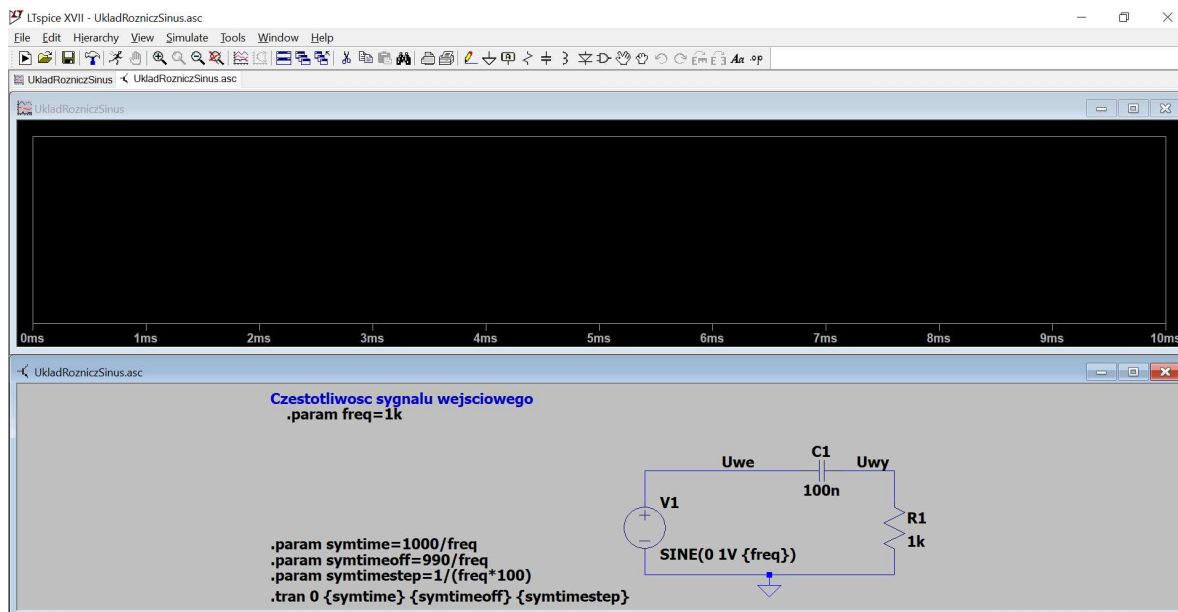
3. Pobrać z mojej strony internetowej i zapisać na dysku skompresowany plik z materiałami do tego ćwiczenia: **Ćw.6-dane.zip**.
4. W menu oprogramowania *LTSpice* wybrać **File** → **Open** a następnie otworzyć plik „UkładRozniczSinus.asc” z projektem układu RC różniczkującego, na wejście którego podano sinusoidalne napięcie **Uwe**. W oknie programu wyświetli się projekt układu - por. Rys. 2:



Rys. 2.

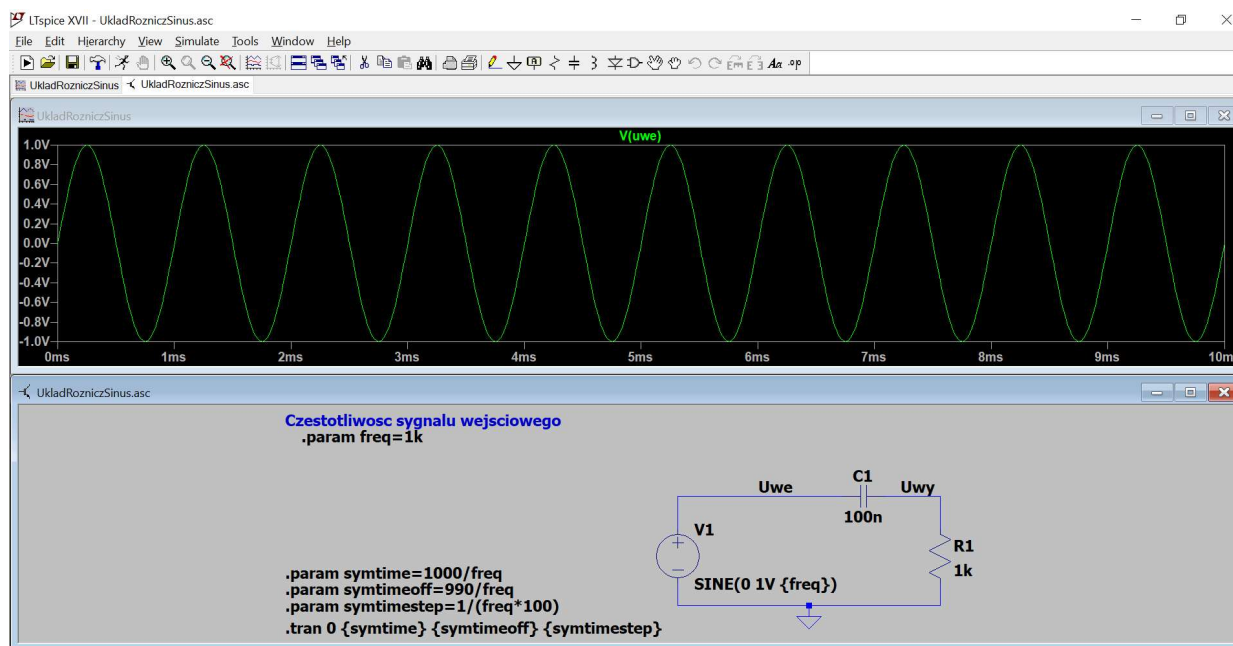
UWAGA: Projekt układu różniczkującego jest kompatybilny ze schematem układu pomiarowego, który znajduje się w instrukcji roboczej do ćw. 6.

5. Aby uruchomić projekt należy w menu oprogramowania *LTSpice* wybrać **Simulate** → **Run**. Po wykonaniu tej czynności pojawi się czarne okno w projekcie (por. Rys. 3). Okienko to przeznaczone jest do prezentacji wyników symulacji, tj. do wyświetlania tzw. oscylogramów / przebiegów oscyloskopowych.



Rys. 3.

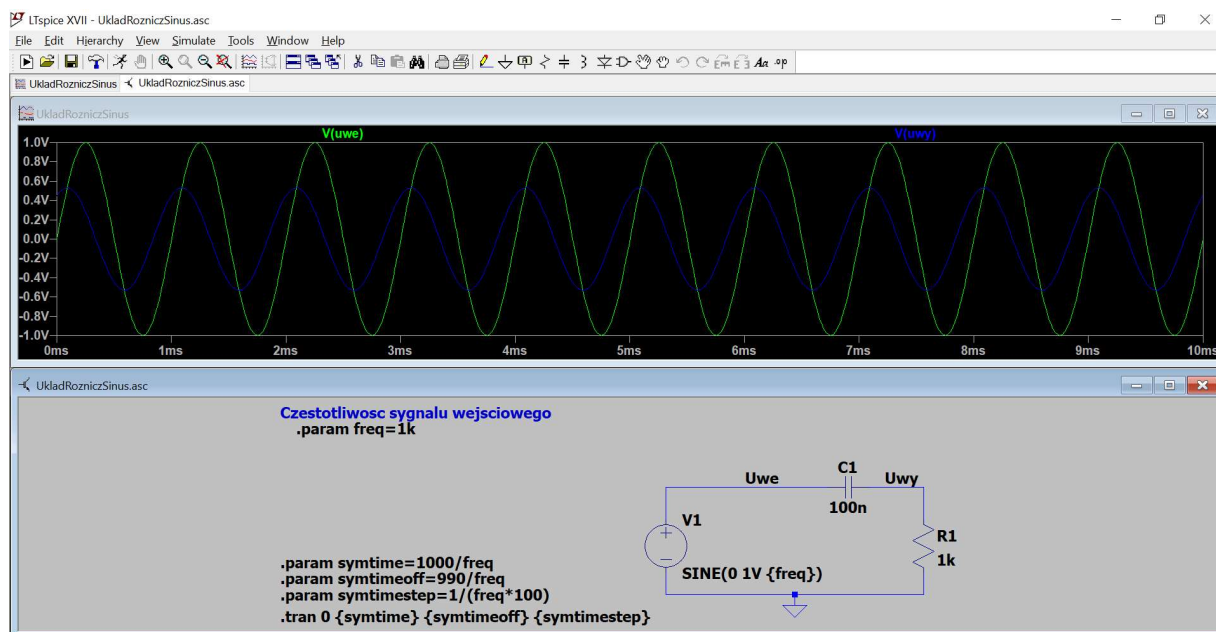
6. Celem tego ćwiczenia jest wykonanie symulacji oscyloskopowych i zbadanie przebiegów napięciowych na wyjściu układu różniczkującego i całkującego podając z generatora na wejście danego układu kolejno napięcie sinusoidalne, prostokątne i piłokształtne (trójkąt).
7. W oknie do prezentacji wyników symulacji wyświetl przebieg sinusoidalny napięcia wejściowego (**Uwe**). W tym celu najedź kursorem myszki w kształcie czerwonej sondy na symbol **Uwe**, znajdujący się w projekcie układu pomiarowego, a następnie kliknij w niego lewym przyciskiem myszy. Pojawi się zielony przebieg napięcia **Uwe**, jak pokazano na Rys. 4:



Rys. 4.

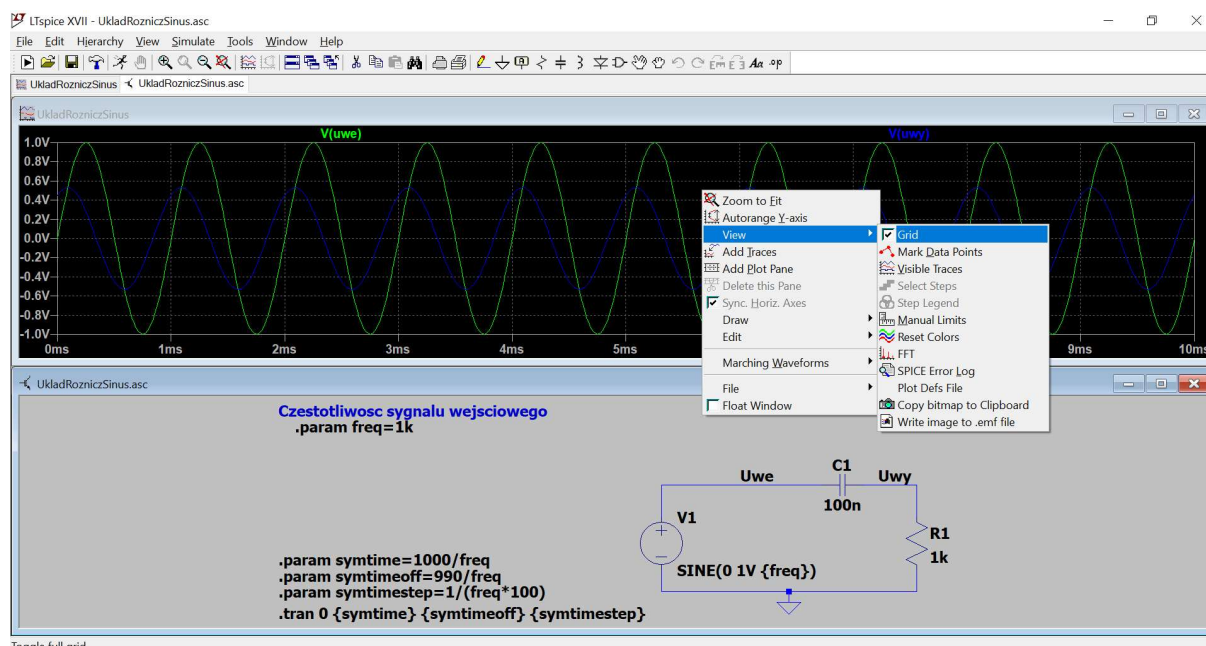
8. W oknie do prezentacji wyników symulacji wyświetl przebieg napięcia wyjściowego (**Uwy**). W tym celu najedź kursorem myszki w kształcie czerwonej sondy na symbol **Uwy**, znajdujący się w projekcie układu

pomiarowego, a następnie kliknij w niego lewym przyciskiem myszy. Pojawi się niebieski przebieg napięcia **Uwy**, jak pokazano na Rys. 5:



Rys. 5.

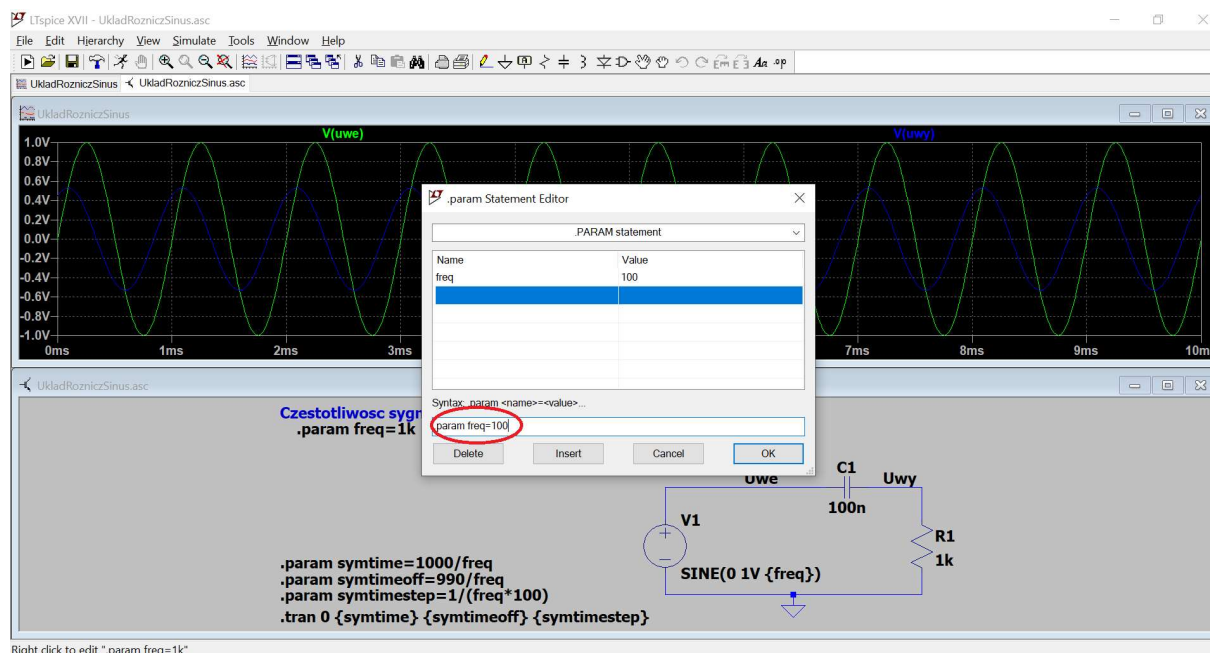
9. W oknie do symulacji wyświetl linie siatki. W tym celu najedź kursorem myszy na czarne tło wykresu a następnie prawym przyciskiem myszy kliknij na jego tło. Pojawi się okienko z opcjami do wykresu (por. Rys. 6). Należy wybrać opcję **View → Grid**.



Rys. 6.

10. Wyznaczyć częstotliwość graniczną (f_{gr}) badanego układu różniczkującego RC, dla której napięcie na wyjściu układu różniczkującego będzie proporcjonalne do pochodnej napięcia wejściowego. W przypadku przebiegu sinusoidalnego, podawanego na wejście układu, na wyjściu powinniśmy otrzymać przebieg kosinusoidalny. Aby znaleźć f_{gr} należy operować wartością częstotliwości sygnału wejściowego, czyli zmieniać wartość parametru **.param freq** w programie. Na Rys. 6 widać, że **.param freq=1k**, co oznacza, że częstotliwość Uwe jest równa 1kHz. Aby ją zmienić należy prawym przyciskiem myszy kliknąć na **.param freq=1k**. Wówczas pojawi się okienko *".param Statement Editor"*, w którym można wprowadzać/zmieniać wartości częstotliwości sygnału Uwe (por. Rys. 7). Przykładowo: jeśli

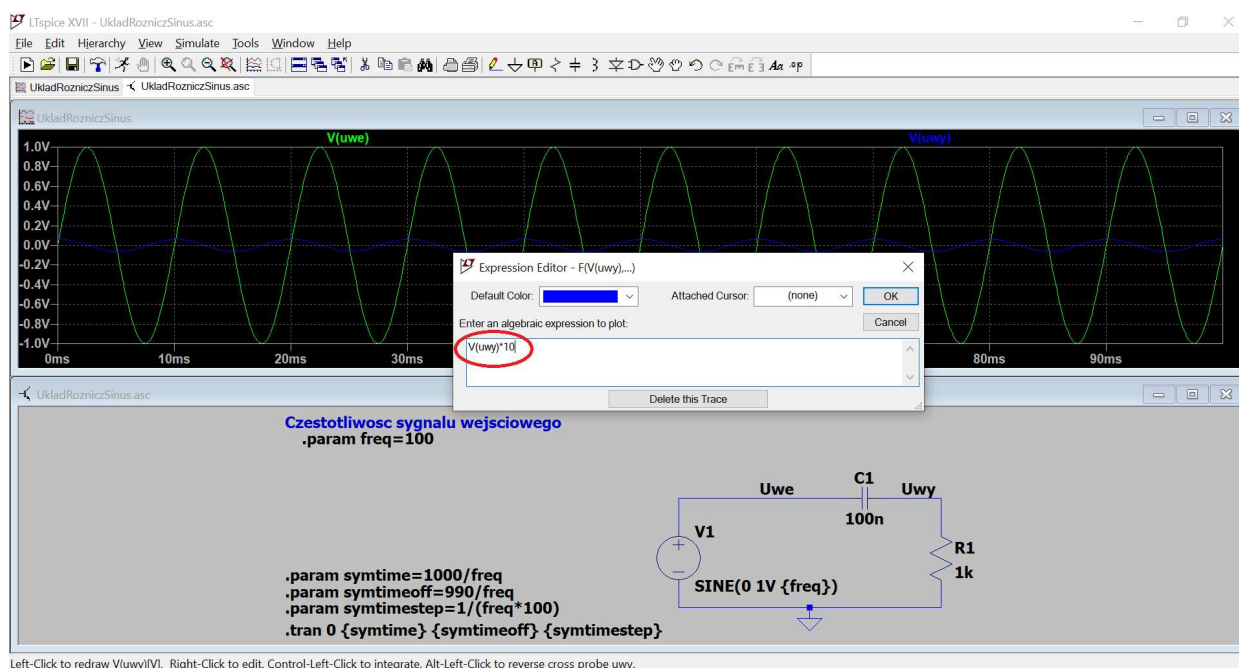
chcemy podać na wejście układu sygnał sinusoidalny o częstotliwości 100 Hz, wówczas w okienku *.param Statement Editor* wpisujemy liczbę 100, bez przedrostka „k” (por. Rys. 7).



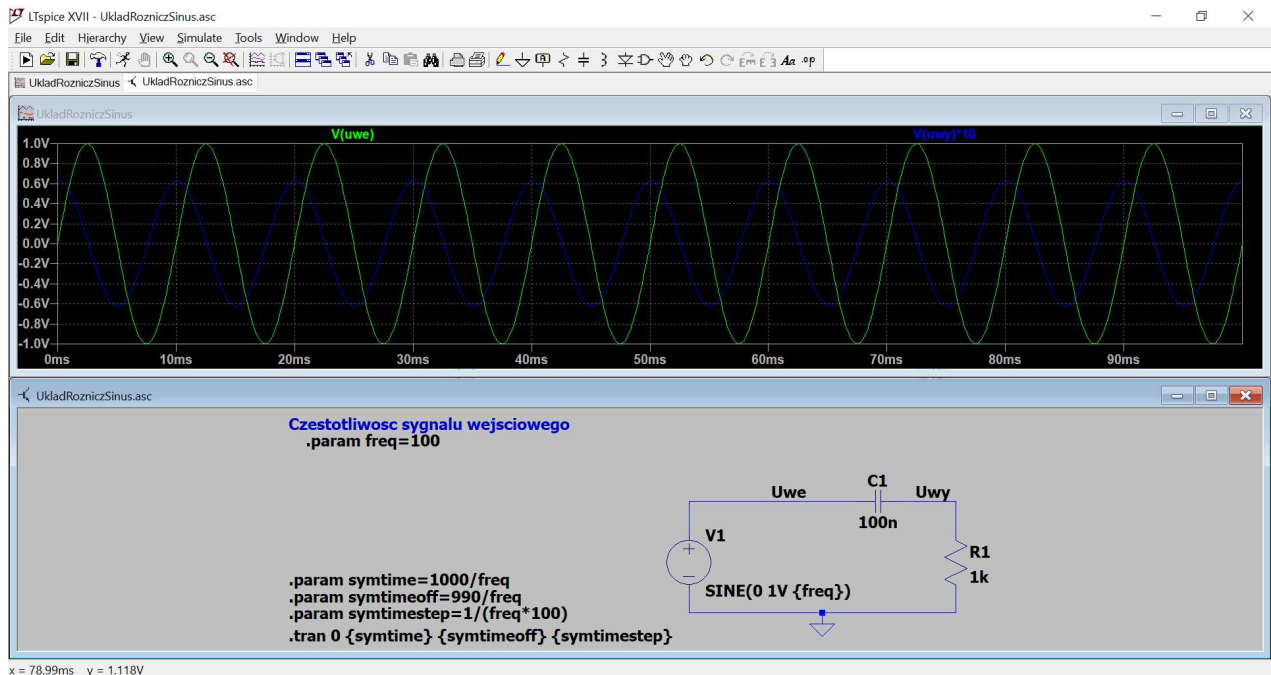
Rys. 7.

11. Zatwierdź przyciskiem OK wprowadzoną wartość częstotliwości a następnie uruchom projekt, czyli w menu oprogramowania *LTSpice* wybierz **Simulate** → **Run**. Po wykonaniu tej czynności przebieg sygnału wyjściowego **Uwy** będzie miał mniejszą amplitudę (por. Rys. 8a). Aby wyjustować amplitudę sygnału **Uwy** należy najechać kursorem myszy na **V(uwy)** na wykresie a następnie kliknąć w niego prawym przyciskiem myszy. Otworzy się okienko *Expression Editor*, w którym można zmienić (zwiększyć/zmniejszyć) amplitudę sygnału wyjściowego. W naszym przypadku chcemy zwiększyć amplitudę **Uwy**, wobec tego mnożymy **V(uwy)x10** (por. Rys. 8a). Zatwierdzamy zmiany przyciskiem OK i uruchamiamy symulację wybierając **Simulate** → **Run**. Po wykonaniu takiej czynności amplituda sygnału **Uwy** zwiększy się (por. Rys. 8b). Dzięki temu będzie można z większą dokładnością zbadać, czy dla ustalonej wartości częstotliwości **f_{gr}** sygnał **Uwe** jest idealną funkcją cosinus.

UWAGA: Dobierając **f_{gr}** dla napięcia sinusoidalnego na wejściu układu, na jego wyjściu musimy dostać idealny przebieg kosinusoidalny. Nie może być on przesunięty tak jak na Rys. 8b. Trzeba znaleźć właściwą wartość częstotliwości **f_{gr}**.

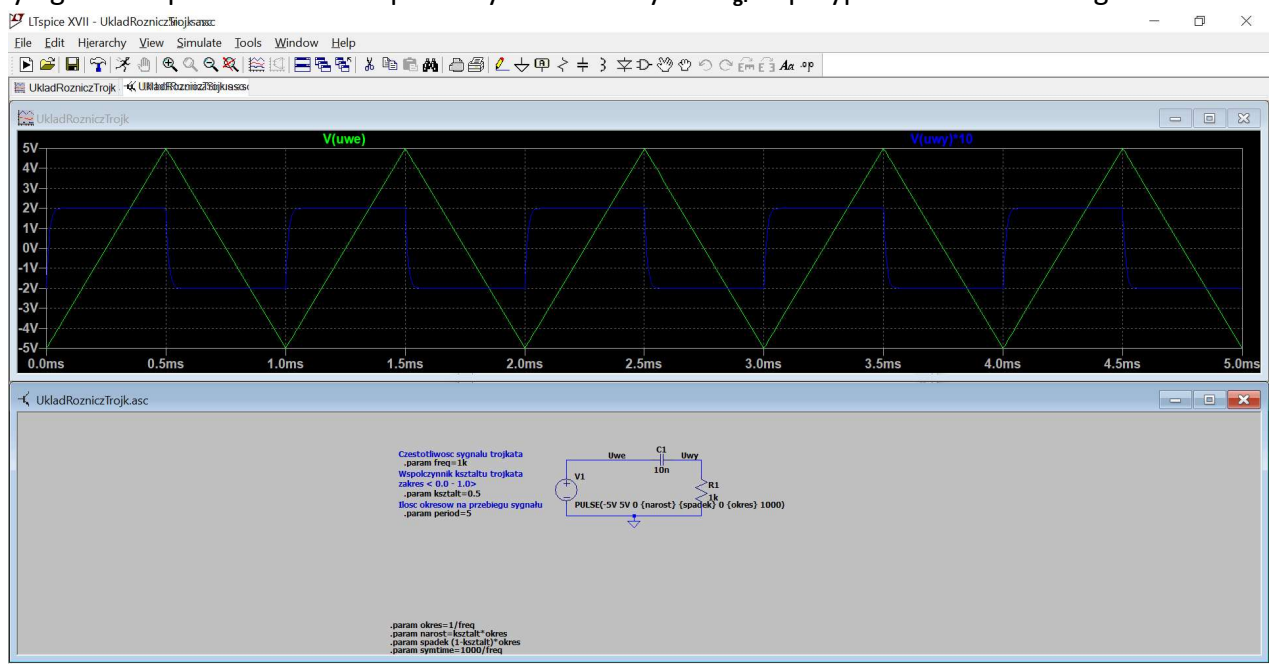


Rys. 8a.



Rys. 8b.

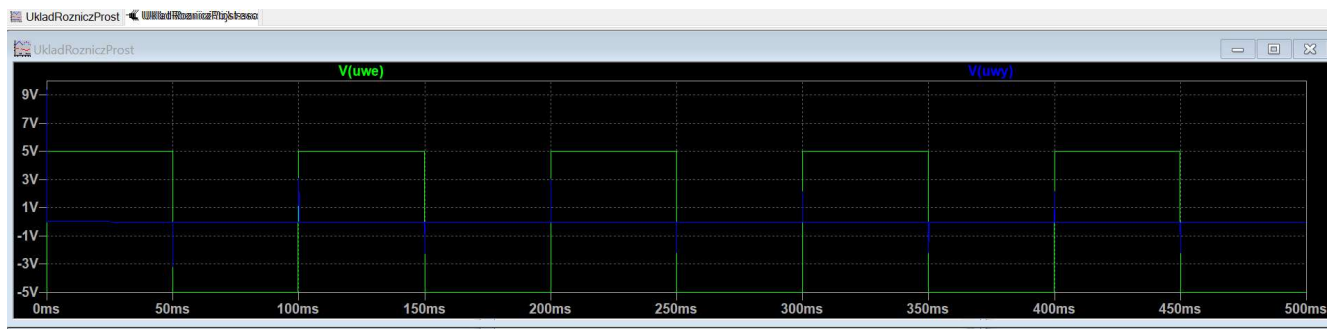
12. Po znalezieniu odpowiedniej wartości f_{gr} dla układu różniczkującego z sinusoidalnym napięciem wejściowym podawanym z generatora zrobić zrzut ekranu, zamieścić oscylogram w sprawozdaniu i napisać wyraźnie ile wynosi f_{gr} w przypadku analizowanego układu RC.
13. Otworzyć plik „UkładRozniczTrojk.asc” z projektem układu RC różniczkującego, na wejście którego podano piłokształtne (trójkątne) napięcie **Uwe**. Wykonać czynności opisane w punktach 4-12.
UWAGA: Dla napięcia wejściowego o trójkątnym przebiegu, podawanym na układ RC, sygnał na wyjściu układu powinien być idealnie prostokątny. Nie może być zniekształcony, jak pokazuje Rys. 9 (por. Uwy). Należy zatem znaleźć taką wartość f_{gr} aby sygnał Uwy był prostokątny. Zrobić zrzut ekranu, zamieścić oscylogram w sprawozdaniu i napisać wyraźnie ile wynosi f_{gr} w przypadku analizowanego układu RC.



Rys. 9.

14. Otwórz plik „UkładRozniczProst.asc” z projektem układu RC różniczkującego, na wejście którego podano prostokątne napięcie **Uwe**. Wykonać czynności opisane w punktach 4-12.
UWAGA: Dla napięcia wejściowego o prostokątnym przebiegu, podawanym na układ RC, w sygnale Uwy powinniśmy zaobserwować charakterystyczne delta Diraca (ostre impulsy) – por. Rys. 10. Należy zatem

znaleźć odpowiednią wartość f_{gr} , dla której taki przebieg będzie obserwowany. Zrobić zrzut ekranu, zamieścić oscylogram w sprawozdaniu i napisać wyraźnie ile wynosi f_{gr} w przypadku analizowanego układu RC.



Rys. 10.

15. Na podstawie danych dla układów różniczkujących C1R1, C1R2 i C1R3, umieszczonych w folderze do ćw. 6 (*dane-do_obl_C.xlsx*), wyznaczyć pojemność kondensatora C1. Posłużyć się opisem zamieszczonym w starej instrukcji do ćw. 6 (punkty 1-6 w opracowaniu wyników pomiarów).
16. **Otworzyć projekty układu całkującego RC, na wejście którego podawane jest napięcie sinusoidalne, prostokątne i piłokształtne (trójkąt). Analogicznie jak dla układu różniczkującego wykonać poszczególne czynności opisane w punktach 4-12.**
17. Znaleźć częstotliwość graniczną dla badanego układu całkującego RC, dla której napięcie na wyjściu układu jest proporcjonalne do całki z napięcia wejściowego. Opisać charakter przebiegu sygnału na wyjściu analizowanego układu całkującego. Zrobić zrzuty ekranów z poszczególnymi oscylogramami i umieścić je w sprawozdaniu.