

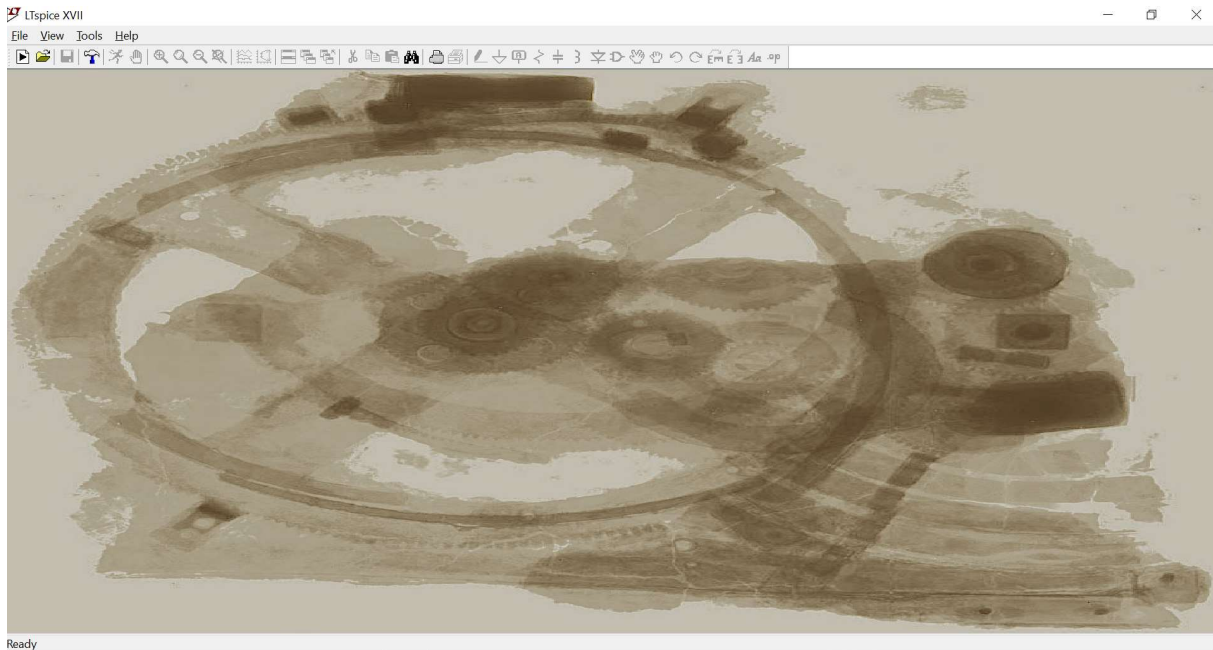
Ćw. 5. Prostownik jedno- i dwupołówkowy



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#>

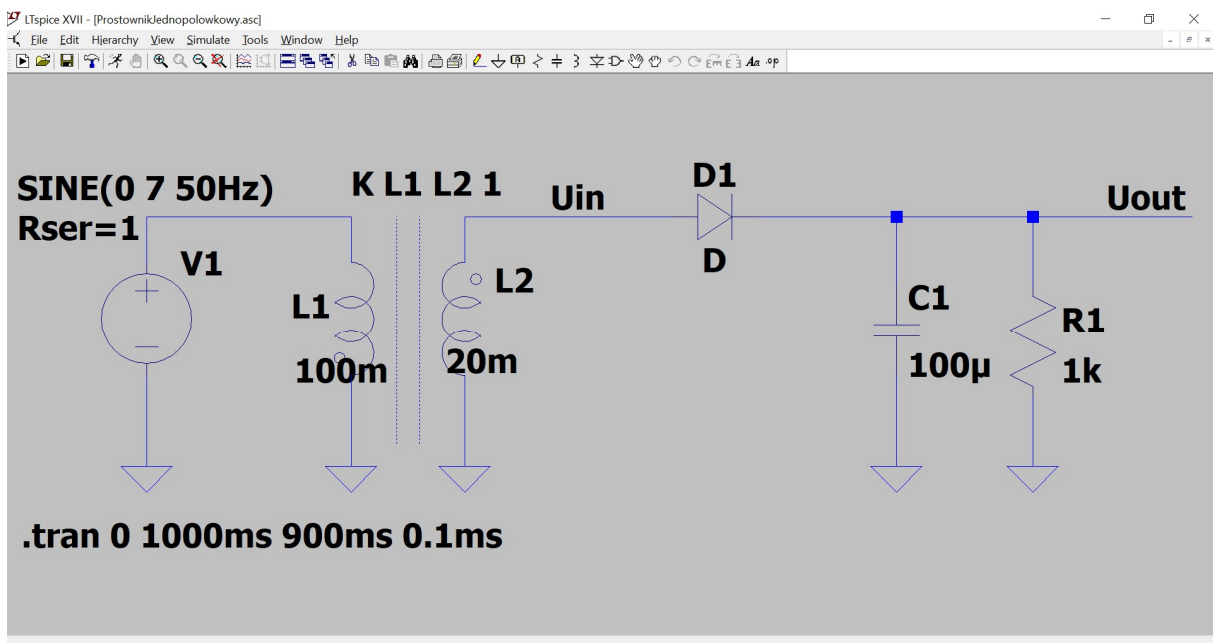
UWAGA: Są dostępne różne wersje oprogramowania *LTSpice*, dedykowane różnym wersjom systemów operacyjnych (np. Windows). Należy pobrać i zainstalować na swoim komputerze / laptopie tą wersję programu, która jest dedykowana danej wersji systemu operacyjnego, jaki posiadają Państwo na swoim komputerze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

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



Rys. 1.

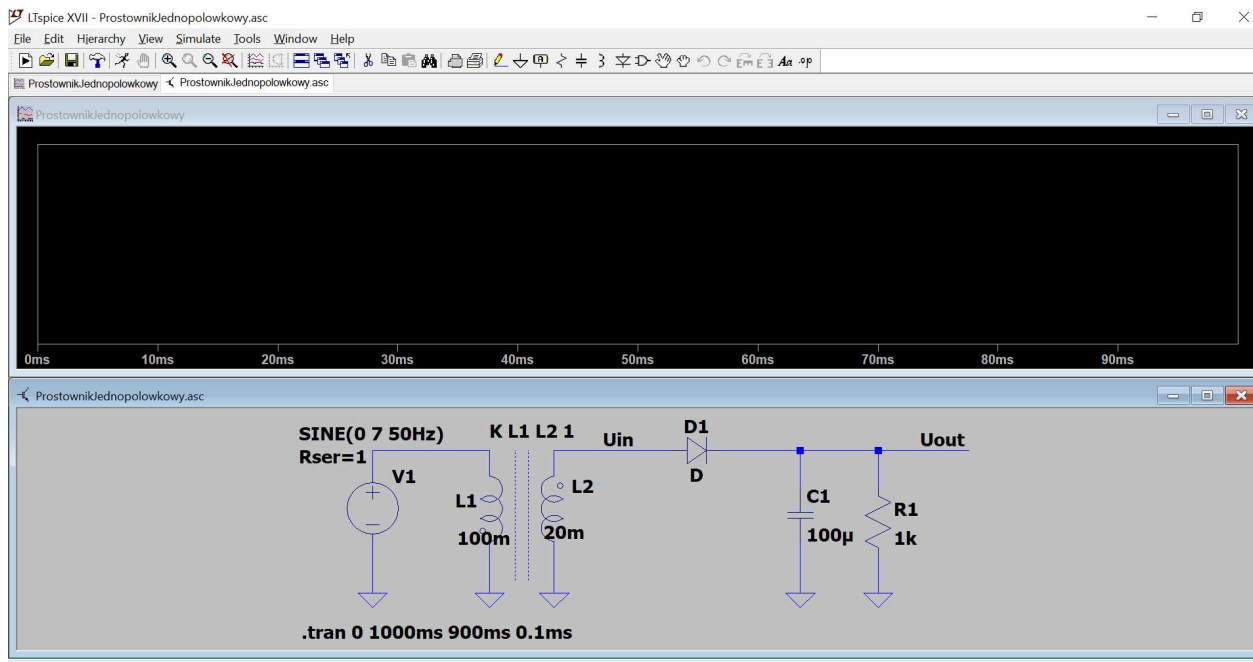
3. Pobrać z mojej strony internetowej i zapisać na dysku gotowe programy z układami prostownika jedno- i dwupołówkowego: <http://if.pwr.wroc.pl/~zielony/przyrzady.html>
4. W menu oprogramowania *LTSpice* wybrać **File** → **Open** a następnie otworzyć plik z projektem prostownika jednopółkowego. W oknie programu wyświetli się projekt układu - por. Rys. 2:



Rys. 2.

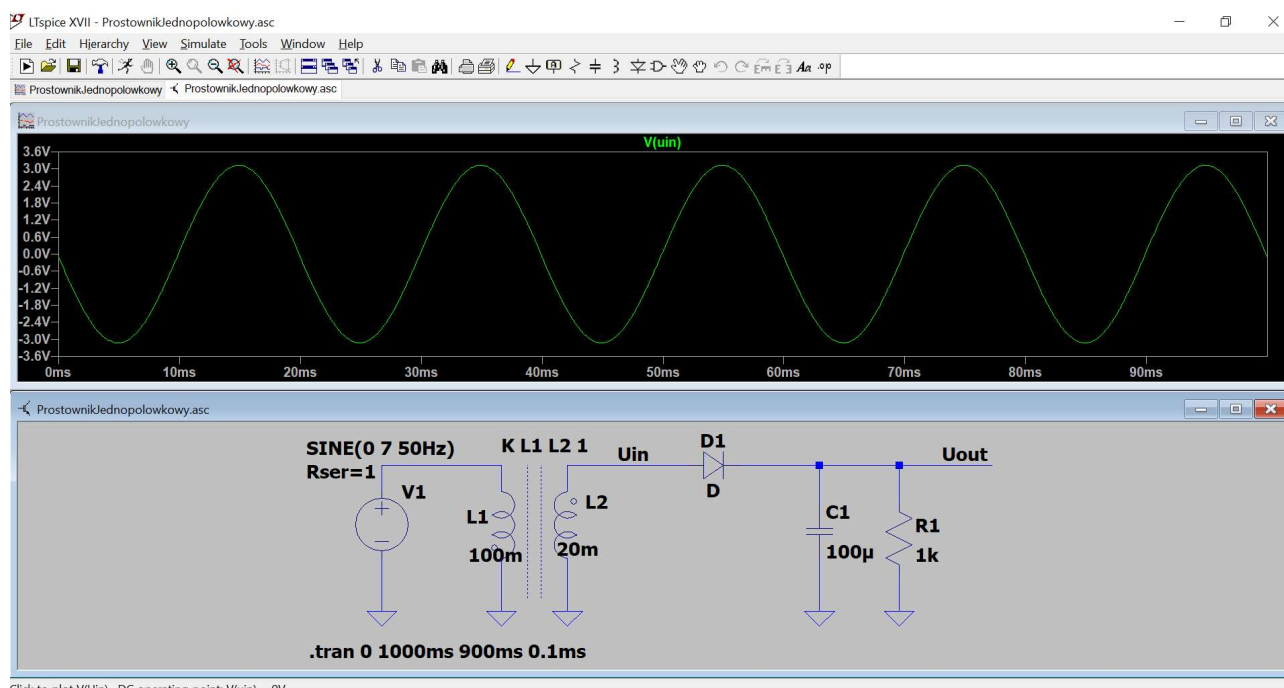
UWAGA: Projekt układu prostownika jednopółkowego jest kompatybilny ze schematem układu pomiarowego, który znajduje się w instrukcji roboczej do ćw. 5.

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.



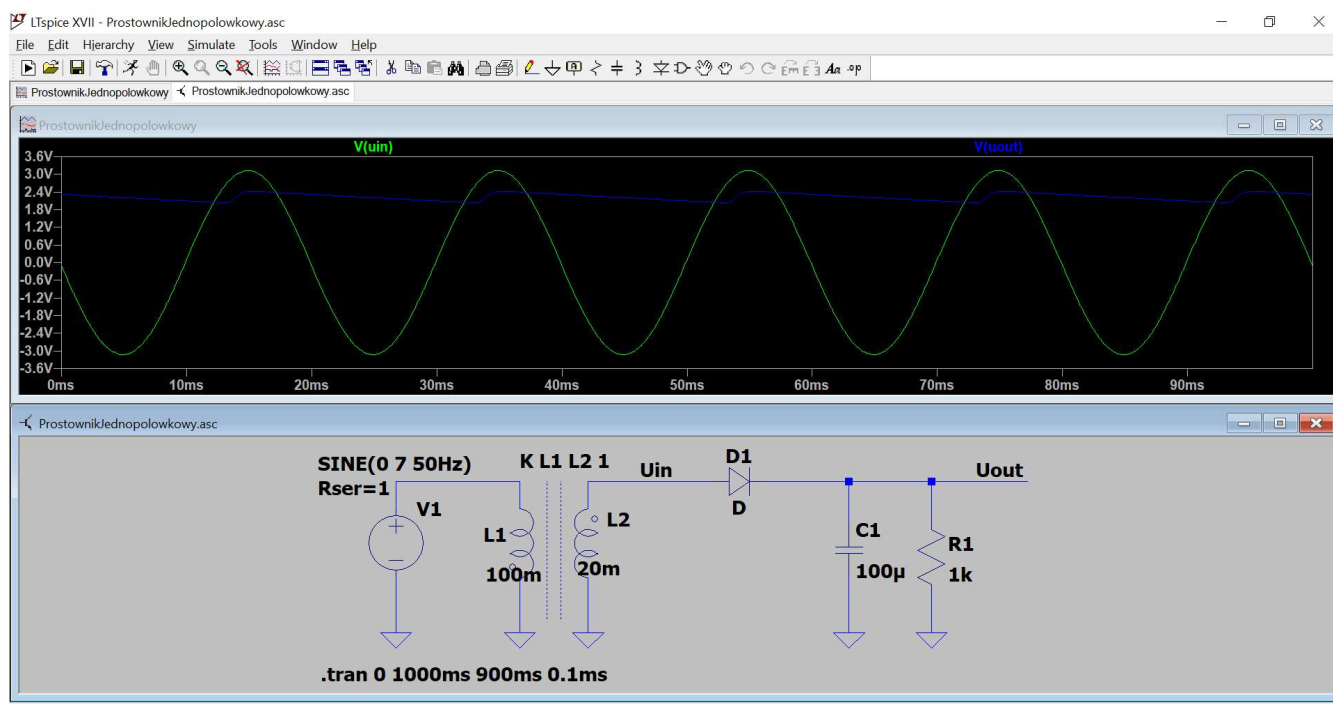
Rys. 3.

6. Celem tego ćwiczenia jest wykonanie symulacji oscyloskopowych przebiegów napięciowych na wyjściu prostownika jedno- i dwupółkowego oraz zbadanie wpływu elementów R i C na uzyskane przebiegi.
7. W oknie do prezentacji wyników symulacji wyświetl przebieg sinusoidalny napięcia wejściowego (**Uin**). W tym celu najedź kursorem myszki w kształcie czerwonej sondy na symbol **Uin**, znajdujący się w projekcie układu pomiarowego, a następnie kliknij w niego lewym przyciskiem myszy. Pojawi się zielony przebieg napięcia **Uin**, jak pokazano na Rys. 4:



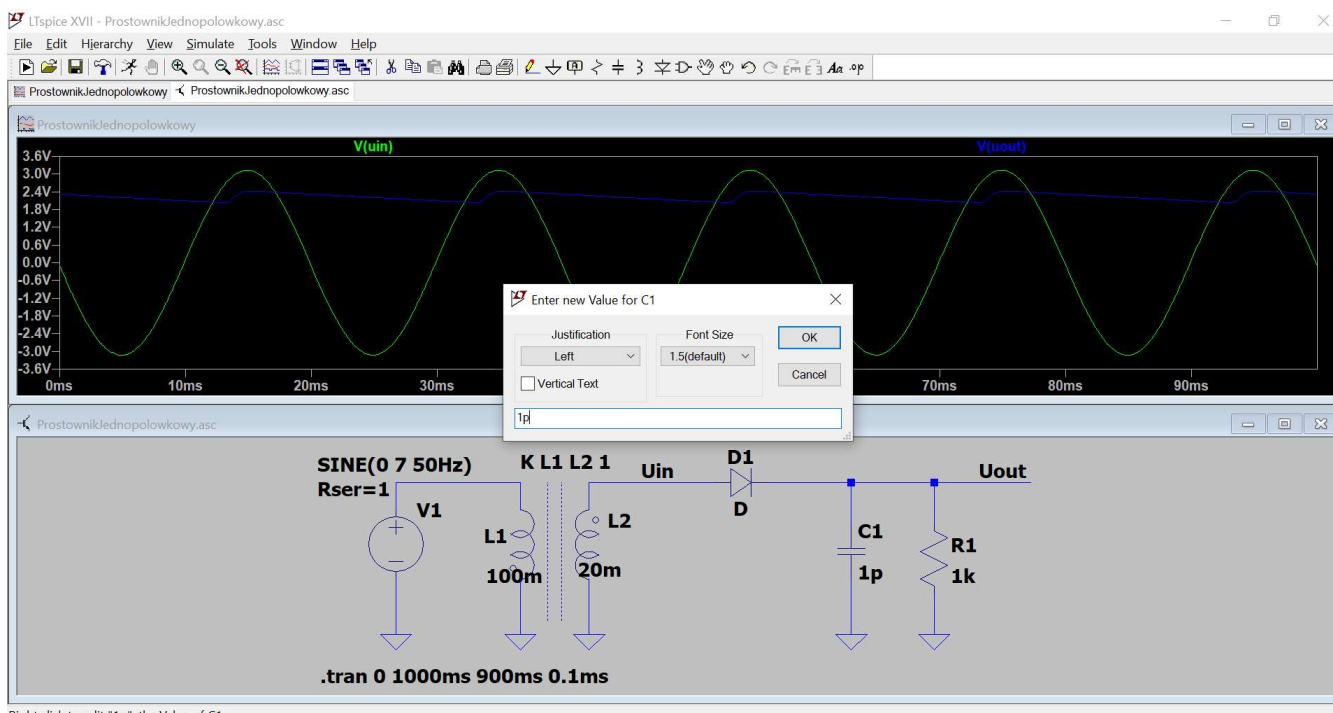
Rys. 4.

8. W oknie do prezentacji wyników symulacji wyświetl przebieg napięcia wyjściowego (**Uout**). W tym celu najedź kursorem myszki w kształcie czerwonej sondy na symbol **Uout**, znajdujący się w projekcie układu pomiarowego, a następnie kliknij w niego lewym przyciskiem myszy. Pojawi się niebieski przebieg napięcia **Uout**, jak pokazano na Rys. 5:

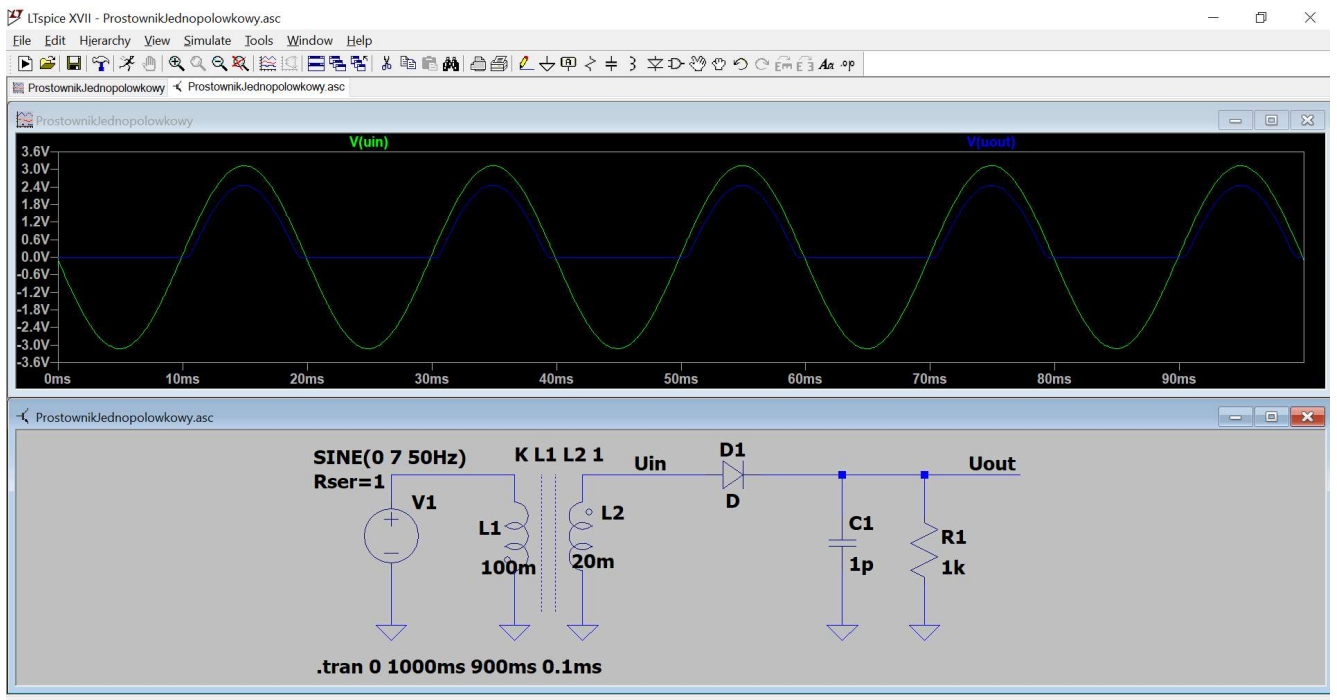


Rys. 5.

9. Zbadaj wpływ rezystancji **R1** na przebieg napięcia **Uout** - na wyjściu prostownika jednofazowego. W tym celu „odłącz” kondensator z układu – tj. prawym przyciskiem myszy kliknij na wartość pojemności kondensatora (która w projekcie jest ustawiona na 100µ, tj. 100 µF) i w oknie dialogowym, które się pojawi, ustal pojemność kondensatora na 1p, czyli 1pF (por. Rys. 6a). Zatwierdź wprowadzoną wartość pojemności przyciskiem OK i uruchom symulację – tj. w menu oprogramowania *LTSpice* wybierz **Simulate** → **Run** (por. Rys. 6b).



Rys. 6a.

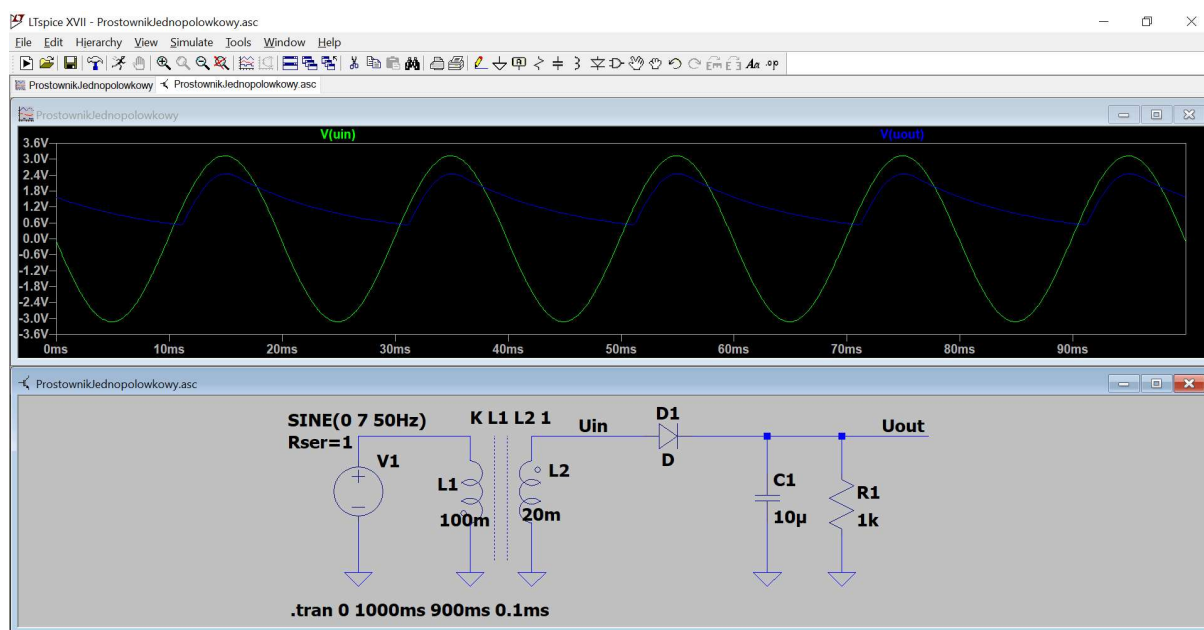


Rys. 6b.

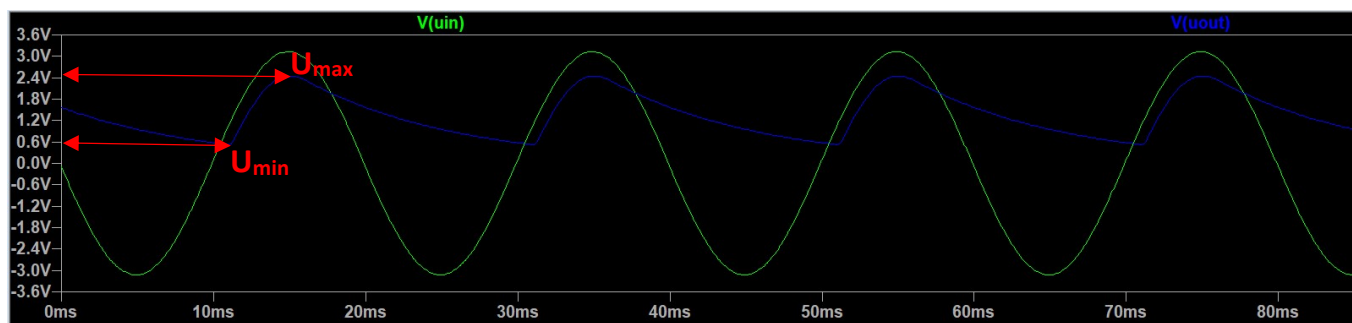
10. Zbadaj wpływ opornika **R1** na przebieg napięcia **Uout** na wyjściu prostownika jednopółkowego dla trzech różnych rezystancji opornika **R1**: 5 MΩ, 500 kΩ i 50 Ω. Aby zmienić wartość opornika R1 należy prawym przyciskiem myszy kliknąć na 1k i w oknie dialogowym rezystancji opornika R1, wpisać odpowiednio: 5000k, 500k i 50. Zrób zrzuty ekranu poszczególnych oscylogramów, wyświetlonych dla różnych wartości R1 i umieść je w sprawozdaniu.
11. Przeanalizuj zależność amplitudy napięcia wyjściowego **Uout** prostownika jednopółkowego od zadanej rezystancji **R1**. Wyjaśnij różnice. Oblicz spadek napięcia (**U_{D1}**) na diodzie D1 dla wszystkich trzech rezystancji, korzystając z poniższego wzoru:

$$U_{D1} = U_{in} - U_{out}.$$

12. Ustal wartość rezystancji opornika R1 na 1k, tj. 1 kΩ, a następnie „dołącz” kondensator C1 do układu. W tym celu prawym przyciskiem myszy kliknij na wartość pojemności kondensatora i w oknie dialogowym, które się pojawi, ustal pojemność kondensatora na 10u (tj. 10 μF), a następnie na 100u (tj. 100 μF) i 1m (tj. 1 mF). Zatwierdź wprowadzoną wartość pojemności przyciskiem OK i uruchom symulację – tj. w menu oprogramowania *LTSpice* wybierz **Simulate** → **Run** (por. Rys. 7). Zrób zrzuty ekranu poszczególnych oscylogramów, wyświetlonych dla różnych wartości pojemności kondensatora C1. Umieść je w sprawozdaniu.
13. Określ amplitudę tętnień (ΔU), widocznych w sygnale wyjściowym **Uout**, zgodnie ze wskazówkami na Rys. 8. Oblicz współczynnik tętnień (**k**) dla prostownika jednopółkowego ze wzoru: $k = \frac{\Delta U}{U_{\text{sr}}}$, gdzie: $\Delta U = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{2}$, U_{sr} – napięcie średnie, zadane wzorem: $U_{\text{sr}} = \frac{U_{\text{max}} + U_{\text{min}}}{2}$.
14. Dla wszystkich kombinacji R1C1 oblicz stałą czasową układu RC (τ) korzystając z relacji, że $\tau = RC$. Określ wpływ pojemności kondensatora i stałej czasowej układu RC na przebieg napięcia wyjściowego układu prostownika jednopółkowego. Na podstawie otrzymanych wartości τ uzasadnij, który układ RC wygładza efektywniej zmiany napięcia na wyjściu prostownika jednopółkowego.
15. Otwórz projekt z prostownikiem dwupółkowym i powtórz wszystkie czynności opisane w punktach 4-14. Zamieść wszystkie oscylogramy i obliczenia w sprawozdaniu.



Rys. 7. Przebiegi napięcia U_{in} i U_{out} dla $R1 = 1\ k\Omega$ i $C1 = 10\ \mu F$.



Rys. 8. Przebiegi napięcia U_{in} i U_{out} dla $R1 = 1\ k\Omega$ i $C1 = 10\ \mu F$. Czerwonymi strzałkami zaznaczono amplitudy maksymalną (U_{max}) i minimalną (U_{min}) napięcia wyjściowego U_{out} .