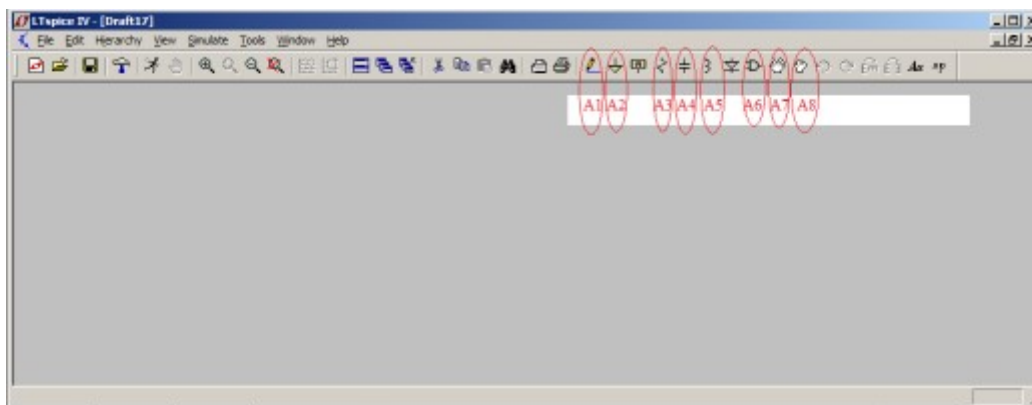




|                     |                | Indeks   | Grupa | Data | <u>OCENA</u> |
|---------------------|----------------|----------|-------|------|--------------|
| Student I:          | Kamil Lewiński | 146437   | 4b    |      |              |
| Student II:         | Xenia Pietrzyk | 146409   | 4b    |      |              |
| Student III:        | Jakub Królczyk | 146417   | 4b    |      |              |
|                     |                |          |       |      |              |
| Prowadzący zajęcia: |                |          |       |      |              |
| Rok akademicki:     |                | Semestr: |       |      |              |

#### **ZADANIE A** *LTSpice - menu, konstrukcja obwodów*

Z menu *File* wybrać *New Schematic* spowoduje to utworzenie nowego projektu. Zapoznać się z opcjami menu programu LTSpice. Co umożliwi wybranie opcji z menu oznaczonych symbolami A1- A8?



**Odpowiedź 1a:** A1: Pozwala nam łączyć elementy obwodu w zamknięty obwód. A2: Pozwala nam wstawić masę do obwodu

A3: Pozwala nam wstawić rezystor do obwodu. A4: Pozwala nam wstawić kondensator do obwodu.

A5: Pozwala nam wstawić cewkę do obwodu. A6: Pozwala nam wstawić różne inne, bardziej nietypowe elementy obwodu.

A7: Pozwala nam przemieszczać poszczególne elementy obwodu nie naruszając reszty układu oraz odłączając element od reszty układu.

A8: Pozwala nam przemieszczać poszczególne elementy obwodu pozostawiając je cały czas podłączone do układu.



Umieść w obszarze roboczym rezystory lub kondensator. Odpowiedz w jaki sposób dokonać odznaczenia wybranego elementu A2/A3/A4/A5 i A1.

| Lp. | Przycisk | Odznaczenie (T/N) |
|-----|----------|-------------------|
| 1   | ctrl     | N                 |
| 2   | alt      | N                 |
| 3   | esc      | T                 |
| 4   | end      | N                 |

Jaką rolę pełni opcja w menu będąca ikoną z oznaczeniem bramki AND (A6)?

**Odpowiedź\_2a:** Pozwala nam włączyć okienko "select component symbol", które umożliwia nam wybieranie i wstawianie spośród większego wachlarza elementów obwodu.

W oparciu o opis elementów bibliotecznych widocznych po wybraniu A6 z menu programu wyjaśnić jaką rolę mogą pełnić następujące komponenty:

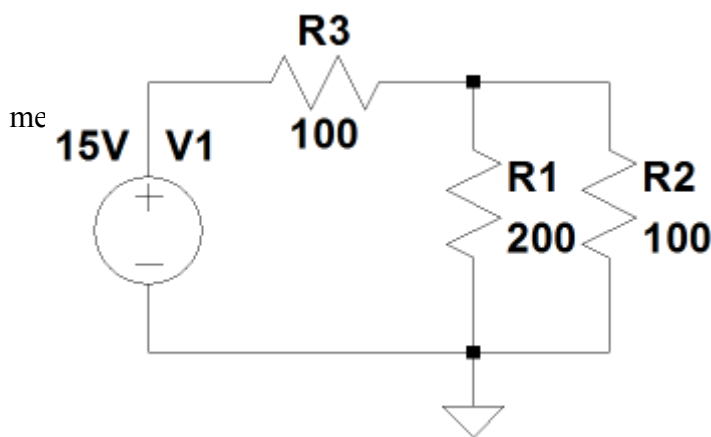
| Lp. | Komponent      | Funkcja / pełniona rola  |
|-----|----------------|--|
| 1   | <i>Signal</i>  | Element ten pozwala nam na wstawienie do naszego układu źródła napięcia zmiennego. |
| 2   | <i>Voltage</i> | Element ten pozwala nam na wstawienie do naszego układu źródła napięcia stałego.   |
| 3   | <i>Current</i> | Element ten pozwala nam na wstawienie do naszego układu źródła natężenia prądu.    |



#### **ZADANIE B** LTSpice - analiza DC op pnt, analiza Transient

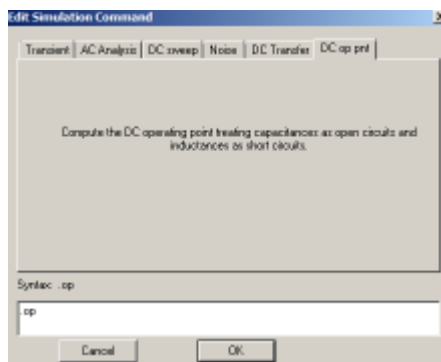
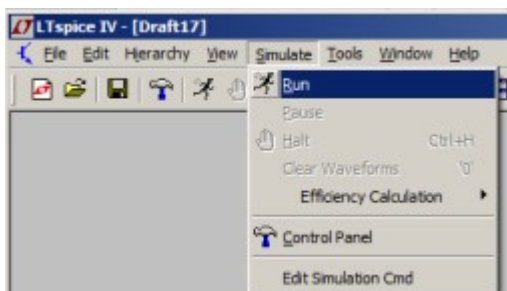
##### **CZĘŚĆ I** (DC op pnt)

Zaprojektować w LTSpice obwód pokazany na rysunku poniżej:



Rozmieszczenie rezystorów odbywa się po uprzednio wybranej ikonie A3 z Jako źródło zasilania należy użyć komponentu *Voltage* wybranego ze zbioru elementów bibliotecznych A6. Należy pamiętać o prawidłowym podłączeniu uziemienia A2 do obwodu. Edycję wartości rezystorów oraz źródła napięcia stałego dokonujemy przez kliknięcie prawym przyciskiem na wybrany element.

Z menu należy wybrać opcję Simulate -> Run. Następnie przejść do zakładki DC op pnt i nie dokonując żadnych zmian potwierdzić przez OK.



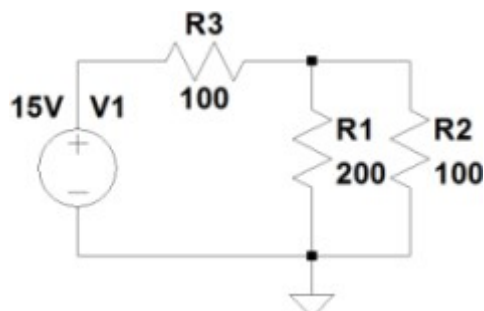
Dokonana zostanie analiza *stałoprądowa* dla zaprojektowanego obwodu przez program LTSpice. Wyniki symulacji zostaną wyświetlone w nowym oknie.

Jakie zmiany nastąpiły na schemacie zaprojektowanego obwodu po wybraniu i zatwierdzeniu symulacji *DC op pnt*?

**Odpowiedź 1.1b:** Na schemacie pojawia się znaczek ".op" symbolizujący symulację.



Dla rozpatrywanego aktualnie obwodu zanotuj wartości odczytane z okna symulacji w poniższej tabeli:



| Numer węzła | Wartość napięcia [V] |
|-------------|----------------------|
| 1           | 15                   |
| 2           | 6                    |

| I(Rx) | Wartość natężenia prądu [mA] |
|-------|------------------------------|
| R1    | 30                           |
| R2    | 60                           |
| R3    | 90                           |

W oparciu o stykową płytkę prototypową zbudować rzeczywisty obwód elektryczny symulowany aktualnie w LTSpice. Dokonać pomiaru prądów tzw. "metodą techniczną ( $i=u/r$ )".

| Lp. | U(Rx) | I(Rx) {I(Rx)/Rx}            |
|-----|-------|-----------------------------|
| 1   | 6V    | $i1 = u/r = 6/200 = 0,03A$  |
| 2   | 6V    | $i2 = u/r = 6/100 = 0,06A$  |
| 3   | 15V   | $i3 = u/r = 15/100 = 0,15A$ |

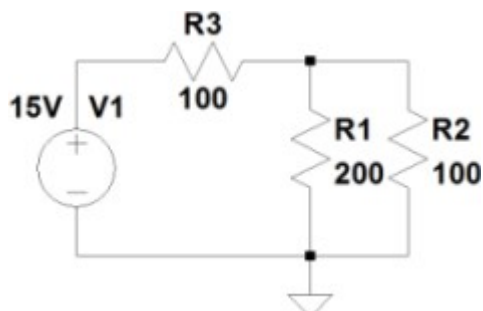
Z czego wynikają różnice między wynikami uzyskanymi w drodze symulacji, a wynikami pomiarowymi???

**Odpowiedź\_1.2b:**.....Niestety z powodu braku dostępu do materiałów nie mogliśmy zbudować rzeczywistego obwodu elektrycznego, aczkolwiek różnice między wynikami.....zapewne wynikały by z rezystancji obwodów oraz zakresu tolerancji błędów rezystora, a także drobnych różnic w napięciu początkowym baterii niż zadeklarowano.....



### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (LTSpice)

Obliczyć analitycznie wartości prądów w obwodzie oraz zestawzić je z wynikami uzyskanymi z symulacji i pomiarów.

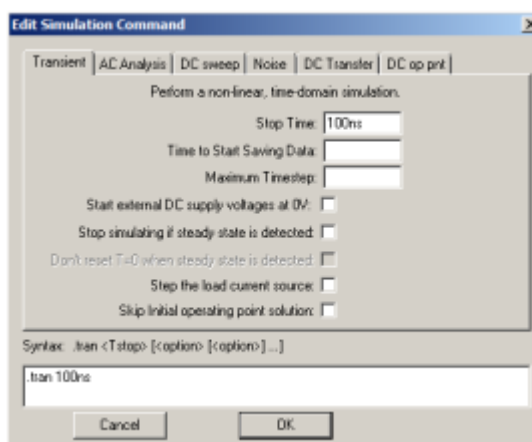
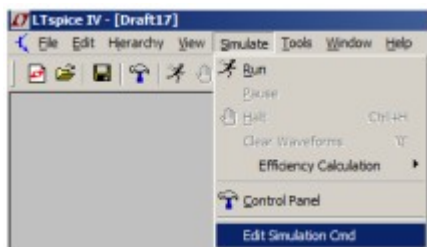


Zamknąć okno z wynikami symulacji. Skierować kursor myszy na dowolny rezystor. Odczytać w lewym dolnym rogu okna programu LTSpice pojawiające się informacje oraz komunikaty. O czym informują one użytkownika?

**Odpowiedź\_1.3b:**...W dolnym lewym rogu pojawia się wartość natężenia prądu oraz rozproszenia energii na rezystorze.

## CZĘŚĆ II (Transient)

W części II obowiązuje obwód z części I zadania B. Wciśnij klawisz DEL oraz kliknij dyrektywę .op na schemacie zaprojektowanego obwodu. Spowoduje to jej usunięcie. Przejdź do menu *Simulate->Edit Simulation Command* zakładka *Transient*. Jako Stop Time podaj 100ns, zatwierdź przez OK.





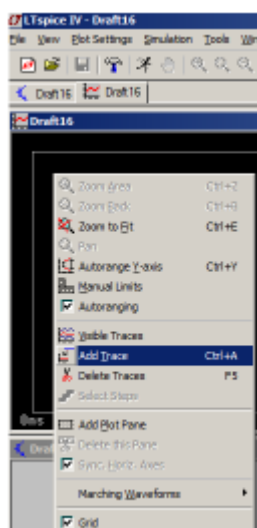
### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (LTSpice)

W programie LTSpice otwarte zostanie nowe (z ciemnym tłem) okno do wizualizacji wyników symulacji. Jest okno symulacji oraz wizualizacji przebiegów/sygnałów w obwodzie. Odczytaj jaka wielkość jest umiejscowiona na osi poziomej oraz jaka jest jej graniczna wartość?

**Odpowiedź\_2.1b:** Na osi poziomej znajdują się wartości od 0ns do wartości granicznej 100 ns, w odstępach co 10 ns.

Jaka jest zależność między wybraną wartością dla parametru Stop Time, a wartościami na osi poziomej w oknie symulacji?

**Odpowiedź\_2.1b:** Wartości znajdujące się na osi poziomej zwiększają się o 10ns.



Kliknij w nowo otwartym oknie do wizualizacji wyników symulacji prawym przyciskiem myszy. Wybierz *Add Trace* (Ctrl+A).

Otwarte zostanie okno z przebiegami wszystkich sygnałów dostępnych dla danego obwodu. Dokonaj wyboru prądu  $I(R1)$ ,  $I(R2)$  oraz  $I(R3)$ .

Jaka wielkość pojawiła się na osi pionowej OY?

Wartość najniższa wynosi 24mA a najwyższa 96mA.

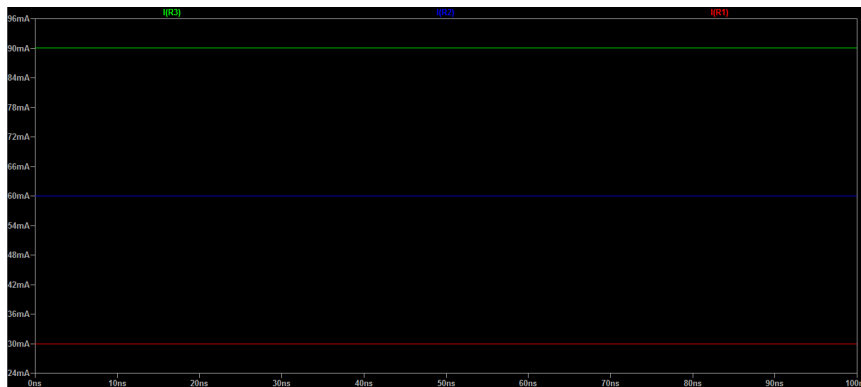
**Odpowiedź\_2.2b:** Dla  $I(R1)$  wykres wskazuje wartość 30 mA, dla  $I(R2)$  - 60mA, a dla  $I(R3)$  - 90mA

Jakiego rzędu wartości pojawiły się na osi OY?

**Odpowiedź\_2.3b:** ...  $10^2$



Przedstaw uzyskane przebiegi symulacyjne oraz opatrz je odpowiednim komentarzem. Pamiętaj o prawidłowym oznaczeniu osi OX oraz OY. Zapisz prawidłowe jednostki.



Z menu *Simulate->Edit Simulation Cmd* zmień wartość Stop Time na 10ns, a następnie na 2s. Dokonaj symulacji wybierając z menu ikonę z biegącą postacią. Jakie zmiany można zaobserwować na przebiegach symulacyjnych???

**Odpowiedź\_2.4b:** W przypadku ustawienia dla 10ns oś pozioma OX zmieniła wartości od 0ns do 10ns, co 1 ns.

Na osi pionowej OY nie wystąpiły żadne zmiany. Podobnie w przypadku ustawienia dla 2 s zmiany nastąpiły wyłącznie w obrębie osi poziomej

OX - wartości na niej zaczynają się od 0.0sn kończąc na 2.0s, co 0.2s.

Zaproponuj metodę usuwania obserwowanych przebiegów z okna symulacji. Dokonaj usunięcia wszystkich przebiegów.

**Odpowiedź\_2.5b:** Żeby usunąć przebiegi z okna symulacji należy wcisnąć klawisz delete, a następnie nacisnąć na znajdujące się powyżej symulacji nazwy przebiegów.

W oknie ze schematem zaprojektowanego obwodu kliknij na każdy z rezystorów lewym przyciskiem myszy. Zaobserwuj zmianę kształtu kursora. Jakiego typu przebiegi zostały wyświetlone?

**Odpowiedź\_2.6b:** Wyświetlone przebiegi zgadzają się w przybliżeniu ukazanymi na wykresie.



### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (LTSpice)

W oknie ze schematem zaprojektowanego obwodu kliknij na linie połączeniowe oraz węzły lewym przyciskiem myszy. Zaobserwuj zmianę kształtu kursora. Jakiego typu przebiegi zostały wyświetlone?

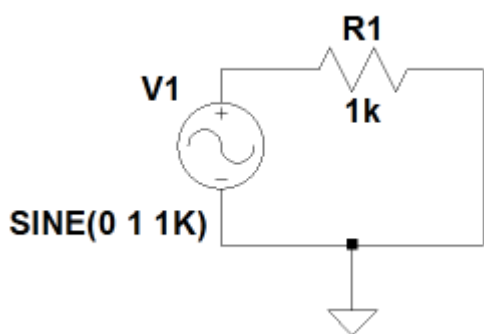
**Odpowiedź\_2.6b:** Po naciśnięciu na linie połączeniowe, wyświetlone zostały przebiegi wyrażone w voltach [V], odpowiadające wartościom linii wyświetlanym w lewym dolnym rogu ekranu: 15V dla I1 oraz 6V dla I2.

Po naciśnięciu w węzły nie ukazują się żadne wartości.

Wybierając jednocześnie przebiegi napięciowe oraz prądowe do wizualizacji zwróć uwagę na dodatkowe informacje o wielkościach pojawiające się na osi OY.

### CZĘŚĆ III (Transient, źródło napięcia zmiennego sinusoidalne)

Utworzyć w LTSpice nowy projekt. Zaprojektować obwód pokazany poniżej. Jako źródła napięcia zmiennego użyć komponentu *Signal*.



Kliknij prawym przyciskiem myszy na komponent *Signal* w zaprojektowanym obwodzie. Z sekcji *Funktion* w komponencie *Signal* wybierz SINE. Dobierz dowolną amplitudę oraz częstotliwość przebiegu. Zdefiniuj symulację *Transient*. Ustaw odpowiednio wartość parametru Stop Time  
UWAGA!!! Należy mieć na uwadze wartość uprzednio zdefiniowanej wartości częstotliwości sygnału napięcia zmiennego. Dokonaj wizualizacji sygnałów napięciowych oraz prądowych korzystając tak jak w zadaniu A z opcji Add Trace.

Jaką wartość powinien mieć parametr Stop Time dla przebiegu zmiennego, aby w oknie symulacji widoczny był pełen okres sygnału. Zapisz odpowiedni wzór.

**Odpowiedź\_3.1b:** Wartość w Stop Time powinien wynieść 1ms. Wzór:  $f = n/t$  oraz  $f = 1/T$

f - częstotliwość, n - liczba drgań, t - czas trwania drgań, T - okres



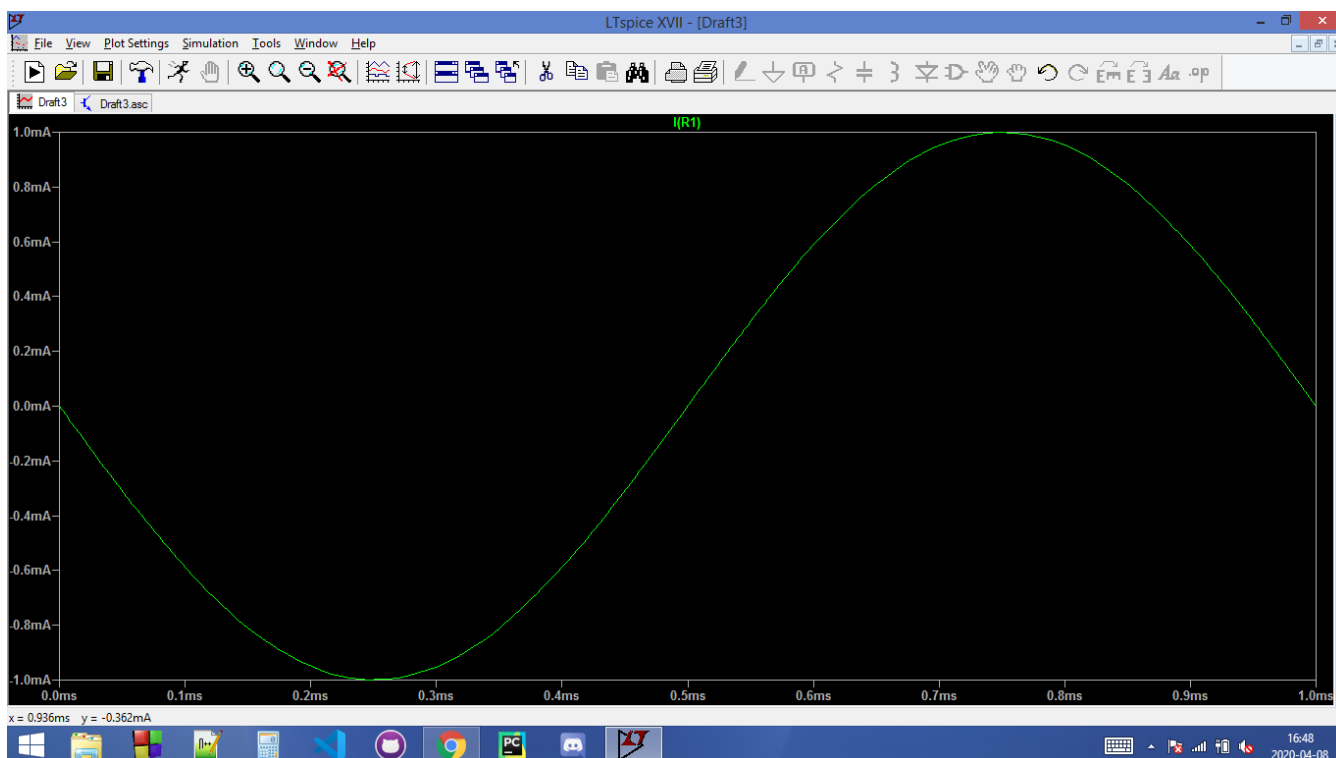


### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (*LTSpice*)

Jaką wartość powinien mieć parametr Stop Time, aby w oknie symulacji widoczny był pełen okres sygnału dla źródła napięcia o częstotliwościach podanych w tabeli poniżej:

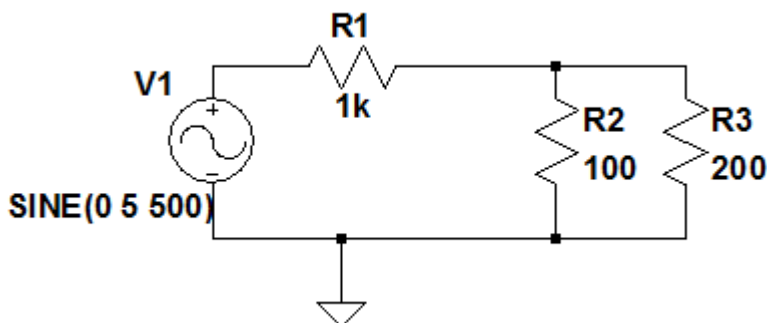
| Lp. | Częstotliwość źródła | Wzór                              | Wartość Stop Time     |
|-----|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1   | 100 Hz               | $100\text{Hz} = 1/0.01\text{s}$   | 10ms                  |
| 2   | 500 Hz               | $500\text{Hz} = 1/0.002\text{s}$  | 2ms                   |
| 3   | 1 kHz                | $1\text{ kHz} = 1/0.001\text{s}$  | 1ms                   |
| 4   | 1,5 kHz              | $1,5\text{ kHz} = 1/0,000(6)$     | 666,(6) $\mu\text{s}$ |
| 5   | 2 kHz                | $2\text{ kHz} = 1/0.0005\text{s}$ | 500 $\mu\text{s}$     |
| 6   | 5 kHz                | $5\text{ kHz} = 1/0.0002\text{s}$ | 200 $\mu\text{s}$     |

Przedstaw przebiegi napięcia uzyskane w oknie symulacji. Pamiętaj o prawidłowym oznaczeniu poszczególnych osi oraz zapisaniu jednostek.

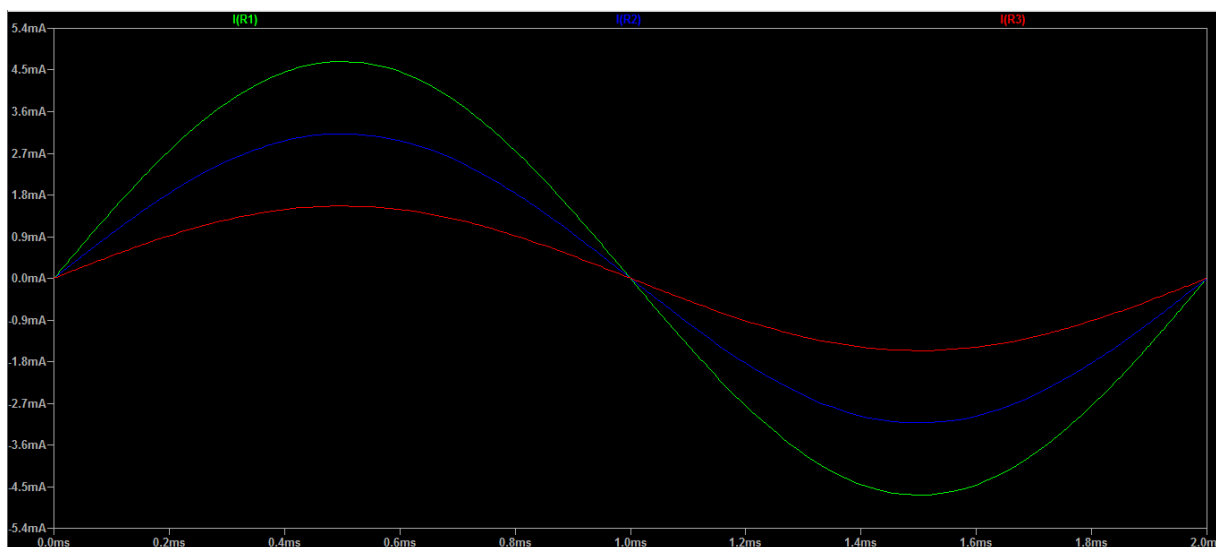




Zmodyfikuj bieżący obwód do następującej postaci:



Przedstaw przebiegi prądowe w powyższym obwodzie. Pamiętaj o prawidłowym opisaniu osi oraz o zapisaniu jednostek.



Jaką wartość powinien mieć parametr Stop Time w opcjach symulacji *Transient*, aby w oknie symulacji widoczne były

| Lp. | Ilość okresów | Stop Time |
|-----|---------------|-----------|
| 1   | 2T            | 4ms       |
| 2   | 3T            | 6ms       |
| 3   | 7T            | 14ms      |

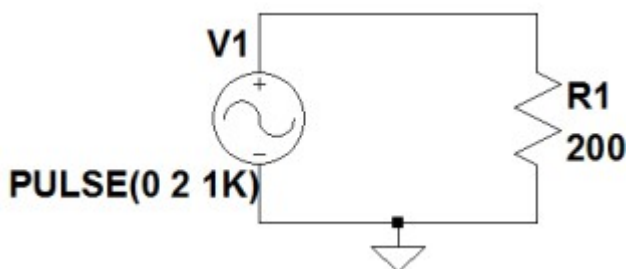


Jaką rolę pełni parametr *Ncycles* w opcjach źródła napięcia zmiennego *Signal*?

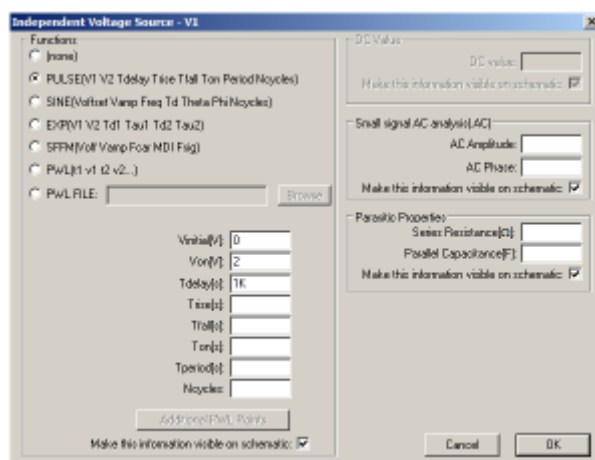
**Odpowiedź\_3.2b:** Parametr *Ncycles* odpowiada ilości generowanych cykli sinusa.

## CZĘŚĆ IV (Transient, źródło napięcia zmiennego prostokątnego)

Utwórz nowy projekt. Zaprojektuj w LTSpice obwód pokazany na rysunku poniżej:



Jako źródło napięcia zmiennego należy użyć komponent *Signal*. We właściwościach komponentu dokonać zmiany generowanej funkcji z SINE na PULSE.



Dobrać wartości parametrów tak aby uzyskać idealny przebieg prostokątny (uwaga:  $T_{rise}=10\text{ns}$ ,  $T_{fall}=10\text{ns}$  dla przebiegu prostokątnego) oraz wyjaśnić ich znaczenie np.  $T_{delay}$  – czas opóźnienia w stosunku do pojawienia się sygnału ;  $T_{fall}$  – czas opadania sygnału itd.

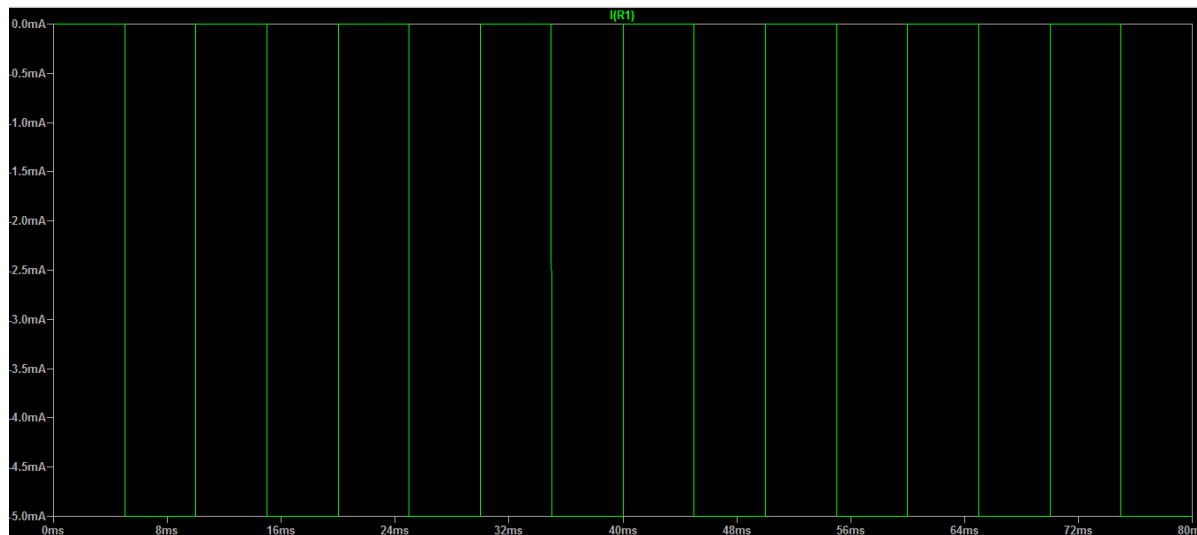


### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (LTSpice)

Dobrać wartości parametrów tak aby uzyskać idealny przebieg prostokątny (uwaga:  $T_{rise}=10ns$ ,  $T_{fall}=10ns$  dla przebiegu prostokątnego) oraz wyjaśnić ich znaczenie np.  $T_{delay}$  – czas opóźnienia w stosunku do pojawienia się sygnału ;  $T_{fall}$  – czas opadania sygnału itd.

| Lp . | Parametr      | Znaczenie  | Wartość              |
|------|---------------|--|----------------------|
| 1    | $V_{initial}$ | Wartość początkowa źródła napięcia.                  | 1V                   |
| 2    | $V_{on}$      | Wartość napięcia impulsu.                            | 0V                   |
| 3    | $T_{delay}$   | Opóźnienie pierwszego impulsu od początku symulacji. | 5ms                  |
| 4    | $T_{rise}$    | Czas wzrastania impulsu.                             | 10ns                 |
| 5    | $T_{fall}$    | Czas opadania impulsu.                               | 10ns                 |
| 6    | $T_{period}$  | Okres pomiędzy kolejnymi impulsami.                  | 10ms                 |
| 7    | $N_{cycles}$  | Liczba impulsów                                      | Może pozostać puste. |

Dokonać symulacji zaprojektowanego obwodu. Przedstawić poniżej graficznie wyniki symulacji przebiegu prostokątnego. Dokładnie oznaczyć na przebiegu wszystkie parametry z powyższej tabeli. Pamiętać o prawidłowym oznaczeniu osi OX oraz OY oraz zapisaniu jednostek





Zbadać kształt przebiegu prostokątnego dla wartości parametrów  $Trise$  i  $Tfall$  różnych od 10ns np. 0s. Czyż można wytłumaczyć powstałe zniekształcenia w przebiegu prostokątnym?

**Odpowiedź\_4.1b:** .....

.....

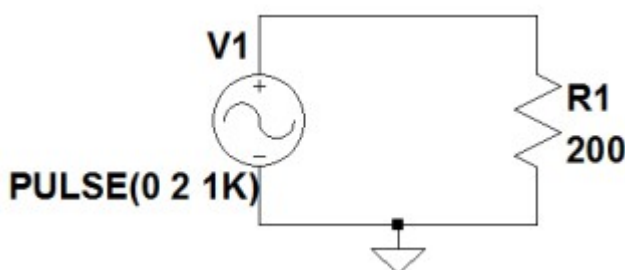
.....

.....

.....

### CZĘŚĆ V (Transient, źródło napięcia zmiennego trójkątnego)

Utworzyć nowy projekt w LTSpice. Zaprojektować poniższy obwód:



Jako źródło napięcia zmiennego należy użyć komponentu *Signal*. Zmienić właściwości komponentu z *SINE* na *PULSE*. Zaprojektować źródło napięcia o przebiegu trójkątnym. Odpowiednie wartości parametrów podać w poniższej tabeli:

| Lp. | Parametr      | Wartość |
|-----|---------------|---------|
| 1   | $V_{initial}$ |         |
| 2   | $V_{on}$      |         |
| 3   | $T_{delay}$   |         |
| 4   | $Trise$       |         |
| 5   | $Tfall$       |         |
| 6   | $T_{period}$  |         |



### Lab 2b: Ćwiczenia wprowadzające część II (LTSpice)

|   |                |  |
|---|----------------|--|
| 7 | <i>Ncycles</i> |  |
|---|----------------|--|

---

Przedstawić poniżej graficznie uzyskany przebieg trójkątny. Pamiętaj o prawidłowym oznaczeniu poszczególnych osi oraz zapisaniu jednostek.