

Politechnika Wrocławska

Katedra Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki

Zespół Układów Elektronicznych

LABORATORIUM UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Data: 04.06.2020	Dzień: Czwartek		
Grupa: -	Godzina: 8-12		
TEMAT ĆWICZENIA:			
WZMACNIACZ ODWRACAJĄCY I NIEODWRACAJĄCY			
DANE PROJEKTOWE:			
WO_ODWR: $K_u = -50 \frac{V}{V}$ WO_NIEODWR: $K_u = 8 \frac{V}{V}$			
Lp.	Nazwisko i Imię	Oceny	
1.	Grajoszek Dawid, 249021		

1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia laboratoryjnego jest zapoznanie się z właściwościami, działaniem oraz podstawowymi parametrami wzmacniaczy operacyjnych.

2. Wzmacniacz odwracający

$$K_u = -\frac{R_f}{R_0}$$

Aby powyższe równanie było spełnione, przyjęto wartości rezystorów $R_f = 5\text{k}\Omega$, $R_0 = 100\Omega$

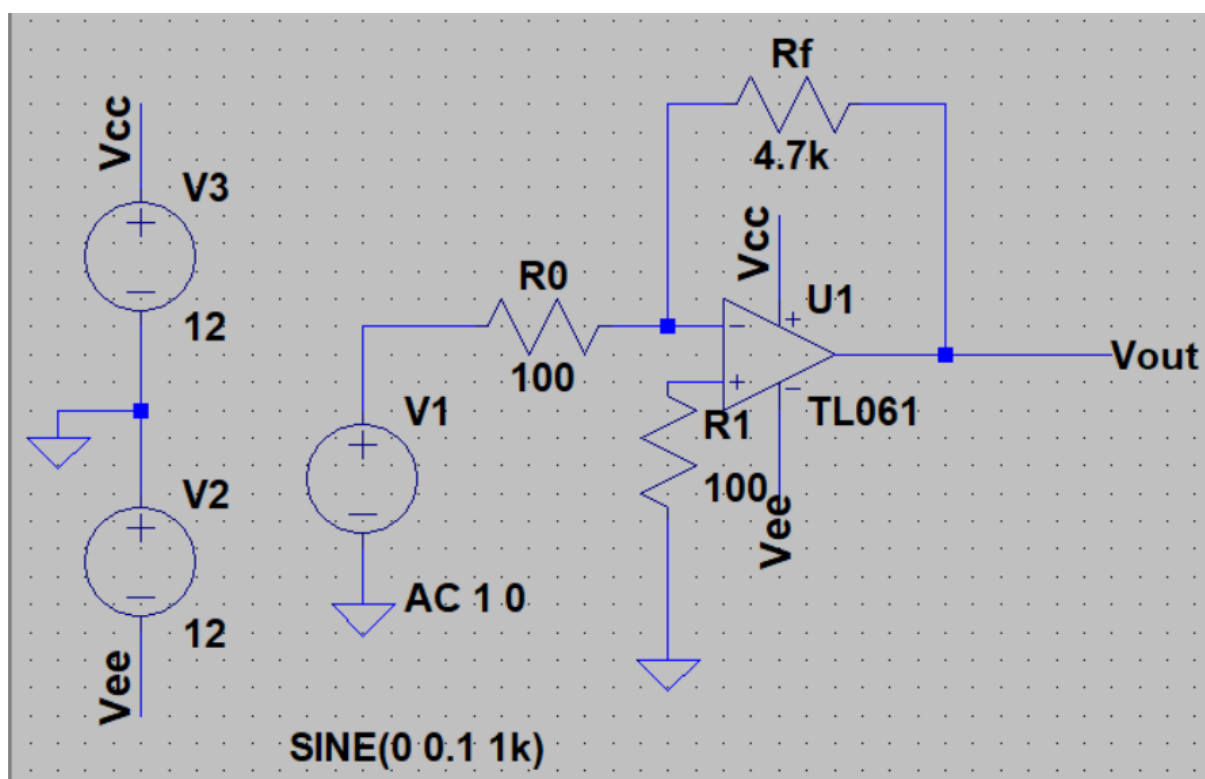
Użyte elementy z szeregu E12:

$R_f = 4.7\text{k}\Omega$, $R_0 = 100\Omega$, $R_1 = 100\Omega$

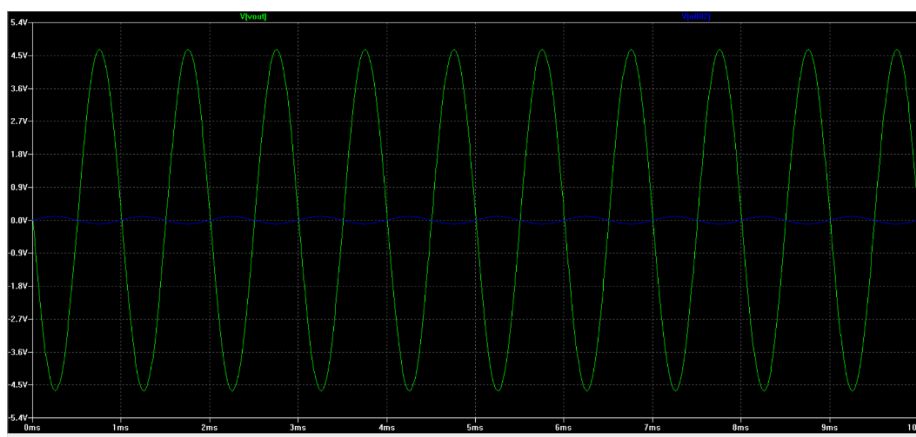
Wzmocnienie rzeczywiste wynosi wówczas: $K_u = -47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$

Zasilanie: $\pm 12\text{V}$

Schemat układu wzmacniacza odwracającego:



Przebieg czasowy sygnału wyjściowego dla wzmacniacza odwracającego przy pobudzeniu sinusoidalnym:

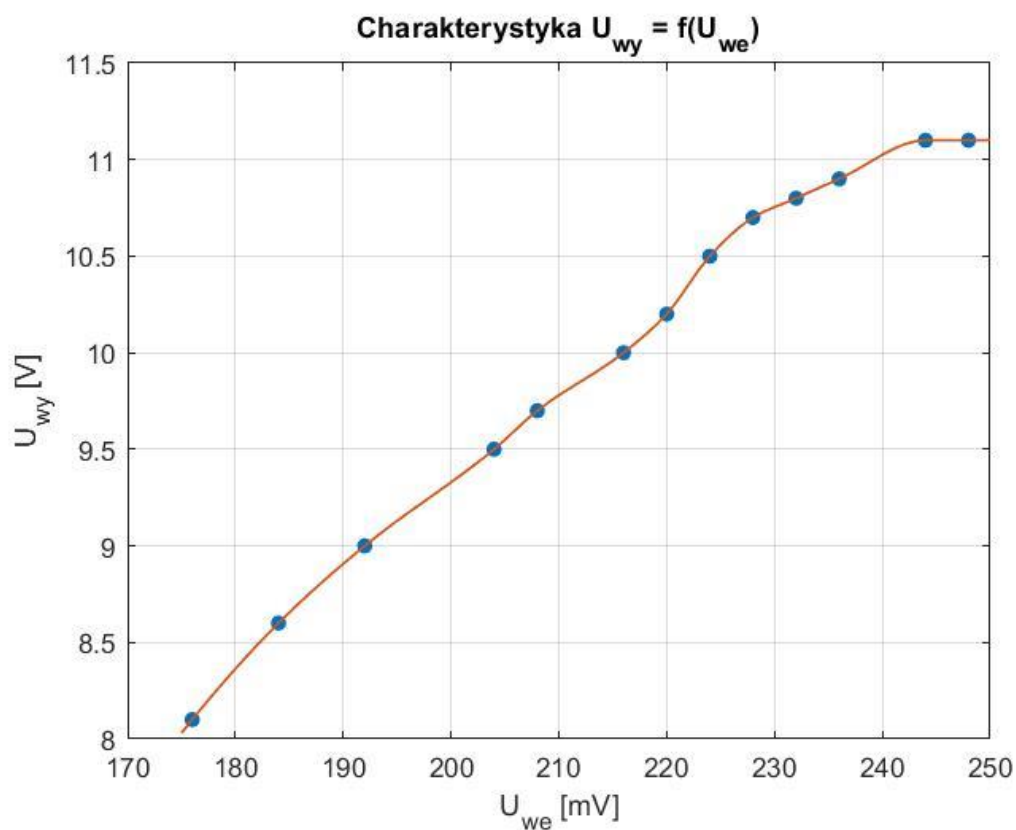


a) Badanie zakresu liniowej pracy wzmacniacza:

Na generatorze przebiegu sinusoidalnego ustawiano amplitudę z zakresu od 176mV do 248mV oraz badano jaką amplitudę ma sygnał wyjściowy. W wyniku tego otrzymano następujące wyniki:

U_{we} [mV] (pp)	U_{wy} [mV] (pp)
352	16.2
368	17.2
384	18.0
408	19.0
416	19.8
432	20.0
440	20.8
448	21.0
456	21.4
464	21.6
472	21.8
488	22.2
496	22.2

Na poniższym wykresie przedstawiono w jaki sposób zmienia się moduł amplitudy sygnału wyjściowego względem zmiany amplitudy sygnału wejściowego.



Dla 11.1V wzmacniacz operacyjny się nasyci i przestaje już dalej wzmacniać, napięcie wyjściowe utrzymuje się na stałym poziomie. Na podstawie tego wykresu można oszacować zakres liniowej pracy wzmacniacza: od -255 do 255 mV.

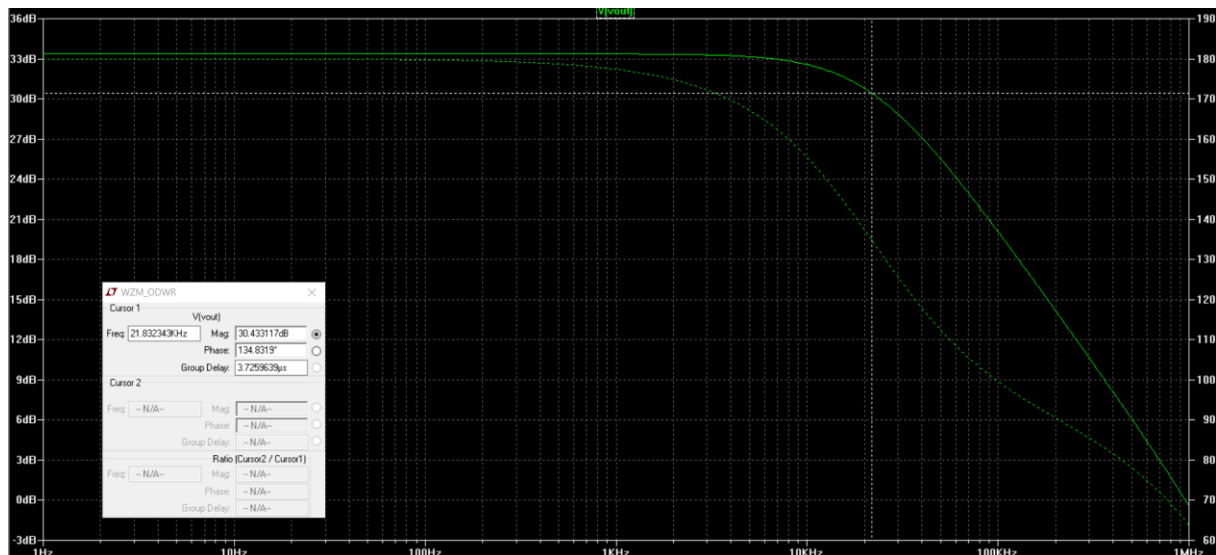
Z powyższych danych wyliczono rzeczywisty współczynnik wzmocnienia układu, który jest równy ilorazowi przyrostu sygnału wyjściowego do przyrostu sygnału wejściowego:

$$K_U = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta U_{we}} = \frac{-3,1V}{72mV} = -43.06 \frac{V}{V}$$

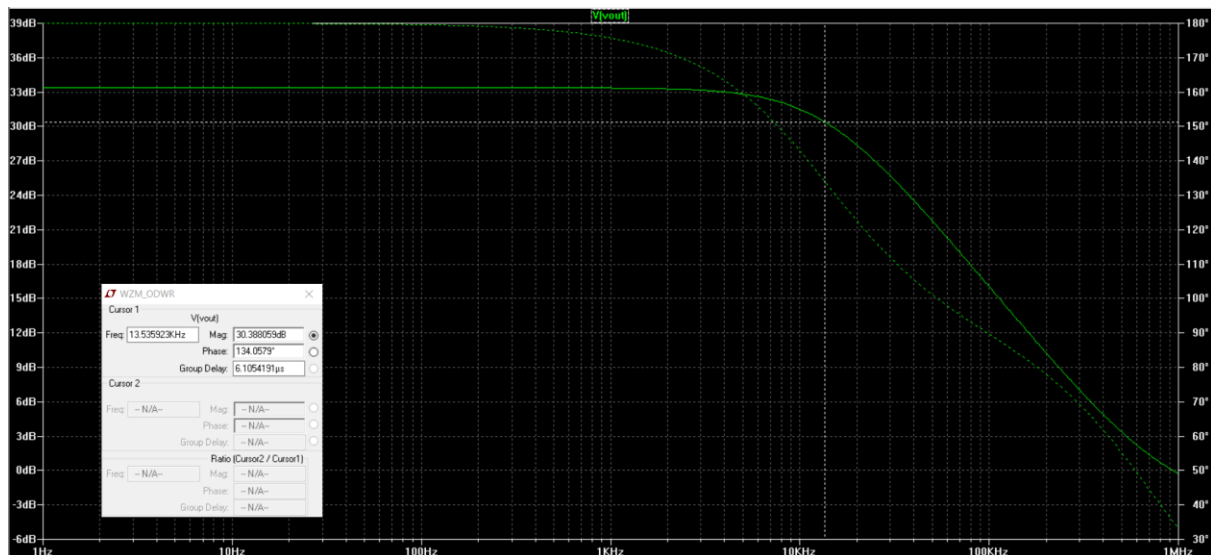
Wzmocnienie uzyskane z obliczeń oraz otrzymane z pomiarów różnią się jedynie niewielkim odchyleniem względem siebie. Wzmocnienie otrzymane z pomiarów jest nieco mniejsze od założonego co do modułu.

b) Badanie częstotliwości granicznej wzmacniacza

Na wejściu generatora ustawiono amplitudę sygnału równą 30mV i zmieniając częstotliwość w górę od wartości początkowej równej 1 kHz, obserwowano kiedy wzmocnienie układu zmniejszy się $\sqrt{2}$ – krotnie (spadnie o 3dB). Częstotliwość graniczna otrzymana z pomiarów wynosi $f_g = 21.9$ kHz. Powyższy wykres został wygenerowany w programie LTSpice i jak można zauważyć wyświetlona częstotliwość graniczna wynosi około 21.8 kHz. Można powiedzieć, że wyniki są praktycznie identyczne, co nasuwa wniosek, iż pomiar częstotliwości granicznej w warunkach laboratoryjnych został wykonany prawidłowo, a wyznaczona wartość również jest poprawna.



Następnie równolegle do rezystora w pętli sprzężenia zwrotnego dolutowano kondensator o pojemności $C = 1$ nF, a amplituda sygnału wejściowego wynosiła 24mV. Taki zabieg pozwala na modulację częstotliwości granicznej układu. Powtórzono pomiary według schematu z poprzedniej części. W ich wyniku zaobserwowano, że f_g przesunęła się do wartości $f'_g = 14.45$ kHz. Z wykresu wygenerowanego przez LTSpice wartość częstotliwości granicznej już przesuniętej dzięki kondensatorowi wynosi około 13.54 kHz. Na tej podstawie można stwierdzić, iż pomiar został wykonany prawidłowo, gdyż z pewnym przybliżeniem zgadza się z wartością osiągniętą w wyniku symulacji. Błąd względny pomiaru jest rzędu 6.3%.



3. Wzmacniacz nieodwracający

$$K_u = 1 + \frac{R_f}{R_0}, \text{ stąd } \frac{R_f}{R_0} = K_u - 1 = 7$$

Aby powyższe równanie było spełnione, przyjęto wartości rezystorów $R_f = 7\text{k}\Omega$, $R_0 = 1\text{k}\Omega$

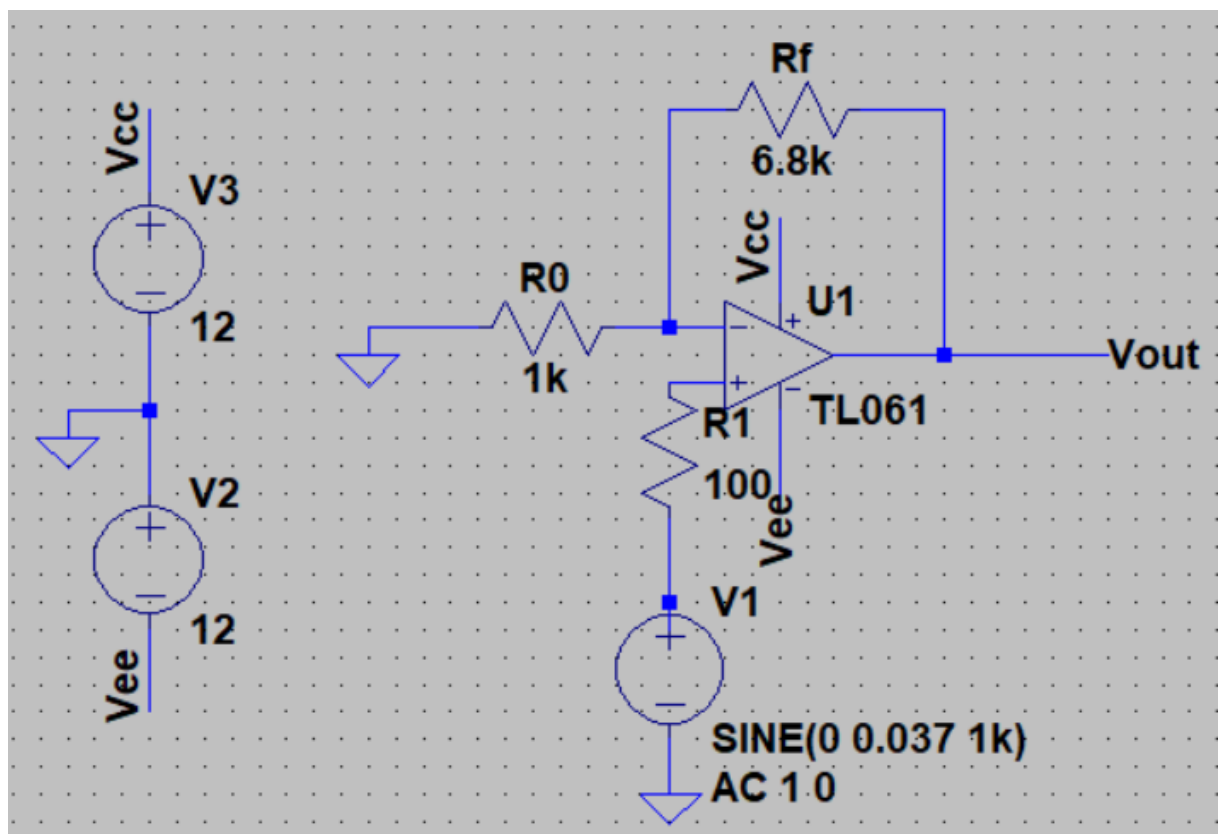
Użyte elementy z szeregu E12:

$$R_f = 6.8\text{k}\Omega, R_0 = 1\text{k}\Omega, R_1 = 100\Omega$$

Wzmocnienie rzeczywiste wynosi wówczas: $K_u = 7.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$

Zasilanie: $\pm 12\text{V}$

Schemat układu wzmacniacza nieodwracającego:



Ze względu na kończący się czas owego laboratorium, w przypadku wzmacniacza nieodwracającego dokonano jedynie pomiaru parametru SR – szybkości zmian napięcia wyjściowego, które wyraża się wzorem:

$$SR = \frac{dU_{wy}}{dt}$$

Warunki pomiaru:

Na generatorze ustawiono częstotliwość sygnału sinusoidalnego bliską częstotliwości granicznej wzmacniacza, a następnie zmieniano jego amplitudę, aby na wyjściu uzyskać przebieg zbliżony do trójkątnego.

$$dU_{wy} = 9.36V$$

$$dt = 5.6\mu s$$

$$SR = \frac{9.36V}{5.6\mu s} = 1.67 \frac{V}{\mu s}$$

Oszacowany parametr SR jest poprawny i możliwy do uzyskania, gdyż jego wartość powinna znajdować się w przedziale $1:100 \frac{V}{\mu s}$.

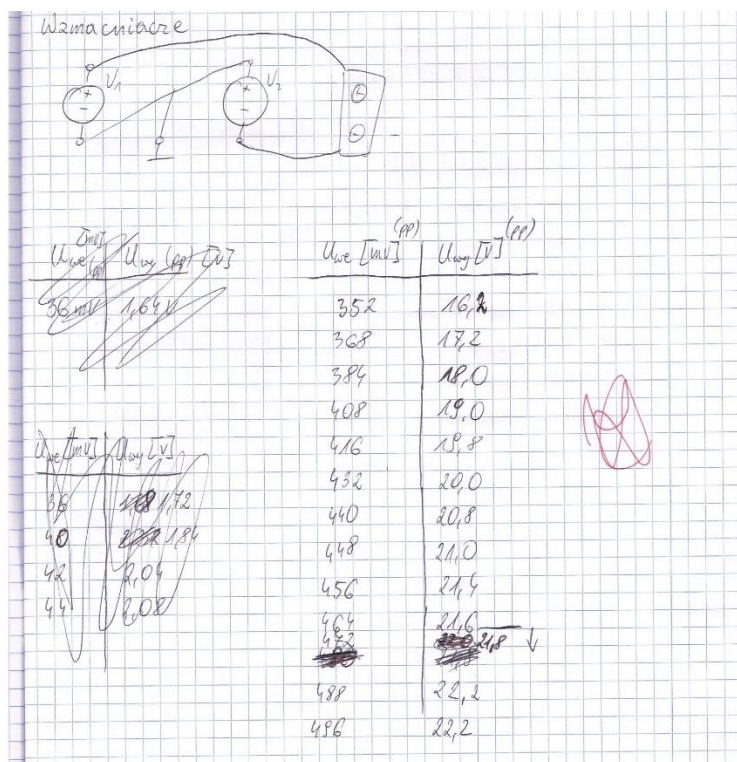
4. Wnioski

Po wykonaniu wszystkich zadań można stwierdzić, iż wyniki otrzymane w warunkach laboratoryjnych są dosyć bardzo zbliżone do wcześniejszych założeń teoretycznych czy też wyników symulacji. Nasuwa to wniosek, iż zadania zostały wykonane prawidłowo, a używane układy działały zgodnie z naszymi przewidywaniami.

Niemniej jednak występujące błędy mogą wynikać bezpośrednio z dokładności używanych komponentów. Rezystory były dobierane z szeregu E12, a kondensatory z szeregu E6. Są to tolerancje odpowiednio na poziomie $\pm 10\%$ oraz $\pm 20\%$.

Symulacje były wykonywane na tych samych układach, ale o idealnych właściwościach, stąd widoczne różnice między tymi wynikami a rzeczywistymi.

5. Raporty z ćwiczeń



~~$U_{we} = 92 \text{ mV}_{pp} \quad f_p \approx 10,3 \text{ kHz}$~~

$$U_{we} = 60 \text{ mV}_{pp} \quad f_p \approx 21,9 \text{ kHz}$$

~~$1,48$~~ $2 \quad C = 1 \text{ nF} \downarrow$

~~$U_{we} = 100 \text{ mV}_{pp}$~~ $f_p \approx 14,45 \text{ kHz}$

~~$U_{we} = 100 \text{ mV}_{pp}$~~

$$U_{we} = 48 \text{ mV}_{pp}$$

Wzmacniacz nieodwracający

$$384,37 \text{ mV} \quad U_{we} = 72 \text{ mV}_{pp} \quad f_p \approx 107,7 \text{ kHz}$$

SR:

$$\Delta U = 4,48 \text{ V} + 4,88 \text{ V} = 9,36 \text{ V}$$

$$\Delta t = 11,3 \mu\text{s} - 5,70 \mu\text{s} = 5,6 \mu\text{s}$$

$$SR = 1,67 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$

- liniowość
- pasmo bez C
- pasmo z C
- SR - nieodwracający

Przykładowe obliczenia, do każdego punktu wysunąć wnioski

