

Program ćwiczeń laboratoryjnych

Wzmacniacze operacyjne w układach LTI (*Linear Time-Invariant*)

Program ćwiczenia

Wyznaczenie charakterystyk amplitudowych i częstotliwościowych jak i parametrów czasowych:

1. Wtórnik napięcia
2. Wzmacniacza nieodwracającego
3. Wzmacniacza odwracającego pracującego jako filtr dolnoprzepustowy / układ całkujący

Zakres wymaganych wiadomości

Właściwości idealnego i rzeczywistego wzmacniacza operacyjnego, podstawowe układy wzmacniaczy, podstawy analizy czasowo-częstotliwościowej, znajomość obsługi podstawowych przyrządów laboratoryjnych (zasilacz, multimetr, generator, oscyloskop)

Wykaz aparatury

1. Oscyloskop
2. Generator
3. Płytki uniwersalne
4. Lutownica
5. Elementy elektroniczne
6. Zasilacz laboratoryjny
7. Multimetr uniwersalny

Wprowadzenie

1. Odszukać kartę katalogową wzmacniacza TL082 [3]:

Odszukać:

- schemat wyprowadzeń
- pole wzmocnienia
- napięcie niezerównoważenia
- wejściowy prąd polaryzacyjny
- wartość współczynnika tłumienia sygnałów współbieżnego oraz współczynnik tłumienia wpływu zasilania (oraz podać skróty nazw tych wielkości)
- wzmocnienie wzmacniacza w otwartej pętli sprzężenia zwrotnego dla napięcia zasilania 10V
- rezystancja wejściowa
- prędkość zmian napięcia wyjściowego
- typowe napięcie zasilania i maksymalne
- impedancję wyjściową dla częstotliwości 1kHz i wzmocnieniu 10 V/V
- proszę przeglądnąć typowe aplikacje wzmacniacza i je wypisać
- w jakich obudowach występuje wzmacniacz TL082 i jaki wariant (kompletny symbol) należy wybrać aby zamówić wersję do montażu powierzchniowego przy założeniu, że chcemy zakupić 200 sztuk? Odszukać cenę za sztukę przy odpowiednim progu ilościowym.

Po odnalezieniu odpowiedzi na te pytania należy uzupełnić Quiz – Parametry wzmacniacza TL082 na UPEL'u.

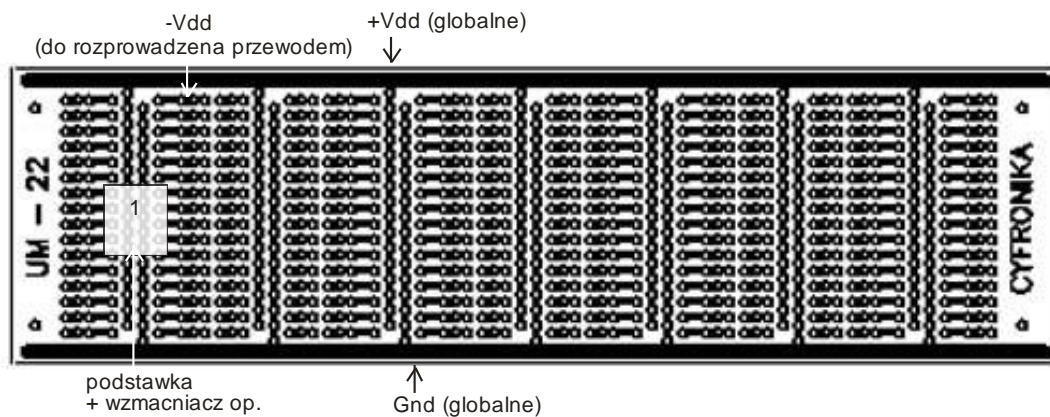
Uwaga: Układ należy uruchamiać tylko przy zgodzie prowadzącego. Wzmacniacz operacyjny należy włożyć do podstawki dopiero po upewnieniu się, że zbudowany układ jest poprawny. Należy multimetrem zweryfikować przede wszystkim:

- Brak zwarcia pomiędzy liniami zasilającymi (GND, V+ i V-)
- Poprawność doprowadzenia zasilania do odpowiednich nóżek wzmacniacza (tj. przejście pomiędzy odpowiednimi przewodami (V+, V-, GND) / konektorami a nóżkami w podstawie)

Po włożeniu wzmacniacza do podstawki i przed rozpoczęciem pomiarów należy uruchomić układ. Przed podłączeniem układu do zasilacza należy ustawić w zasilaczu ograniczenie prądowe na wartość spodziewanego poboru prądu przez układ (~20mA, pokrętko current). Pozwala to na uniknięcie uszkodzenia układu w przypadku ewentualnego błędnego wykonania połączeń.

Informacje dodatkowe:

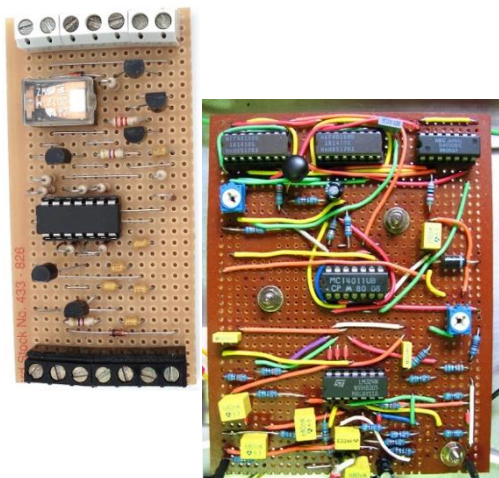
- Należy **zawsze** używać okularów ochronnych – szczególnie podczas lutowania i obcinania końcówek elementów.
- Lutownica rozgrzewa się do wysokiej temperatury – należy zachować szczególną ostrożność. W szczególności: odkładać lutownicę zawsze do specjalnego stojaka, nie dotykać grotem przewodów (w szczególności zasilających!) ani innych rzeczy.
- Nie wolno dokonywać żadnych zmian i przełączeń w obwodzie przy włączonym zasilaniu
- W trakcie dokonywania pomiarów należy uważać żeby końcówkami sondy nie zewrzeć obwodu.
- W czasie ćwiczeń studenci przebywają tylko przy własnym stanowisku.
- Studentom nie wolno manipulować urządzeniami nie wymaganymi do wykonania ćwiczenia ani ich przenosić bez zgody prowadzącego.
- Studenci są obowiązani do zachowania porządku i natychmiastowego zgłaszania prowadzącemu wszelkich usterek oraz niesprawności urządzeń na stanowisku.
- Po zakończeniu zajęć należy wyłączyć wszystkie urządzenia, narzędzia odłożyć na miejsce – stanowisko powinno być w stanie takim, jakim się je zastało.
- Przed schowaniem lutownicy należy odczekać aż wystygnie.
- Jeśli w trakcie ćwiczenia wystąpi niebezpieczna sytuacja należy natychmiast wyłączyć napięcie i zawiadomić prowadzącego o przyczynie wyłączenia.
- Sonda oscyloskopowa NIE służy do doprowadzania sygnału z generatora.
- Kolejne punkty ćwiczenia należy wykonać modyfikując zbudowany na początku ćwiczenia obwód (nie należy odlutowywać wszystkich komponentów).
- Podczas lutowania najpierw przez ok. 1 sekundę należy podgrzać lutowany element a następnie przyłożyć spoiwo lutownicze i umożliwić mu rozpułnienie się w dalszym ciągu przytrzymując przyłożony grot lutownicy przez chwilę. NIE należy „przenosić” spoiwa grotom lutowniczym na lutowany element!
- Narzędzia : tj. obcinaczki, kombinerki, śrubokręty, cyna, odsysacz do cyny, ściągacze do izolacji znajdują się w szufladach
- Elementy elektroniczne. Nigdy nie wyjmujemy taśmy z elementami całkowicie z woreczka (łatwość zgubienia/pomylenia itp.). W przypadku, gdy elementów jest mniej niż 8 proszę to zgłosić prowadzącemu.
- Lutownice z podstawkami. Proszę znaleźć sobie gąbkę do czyszczenia grota (prostokąt żółty) i namoczyć ją w umywalce przed użyciem. Po zakończeniu pracy należy odczekać aż lutownica się schłodzi bo inaczej może przepalić przewody pozostałych lutownic w szufladzie.
- Uniwersalna płytka PCB ma otwory montażowe połączone ze sobą w charakterystyczny wzór. Są dwie linie globalne (wykorzystywane do zasilania) w kształcie szerokich linii wzdłuż PCB z których odchodzą pionowe odnogi. Są linie lokalne umożliwiające podłączenie kilku elementów ze sobą (linie poziome). Wzmocniacz operacyjny umieszczamy w podstawie po jej przylutowaniu!



zasilania zgromadzić w 3 przewody wychodzące z PCB w jednym miejscu

elementy (rezystory) warto mocować "pionowo" w stosunku do płytki i wykorzystywać nóżki do podłączenia elementu tam, gdzie być powinien.

Przykłady:

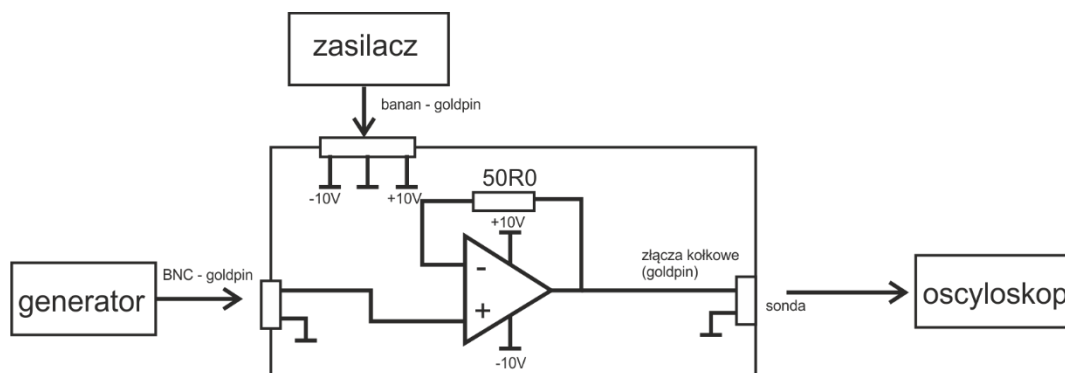


Ścinki, fragmenty izolacji, resztki i inne śmieci wyrzucamy do kosza znajdującego się przy umywalce.

Instrukcja Wykonania Ćwiczenia

Ad. 1 Wtórnik napięcia

Korzystając z uniwersalnej płytki prototypowej należy przygotować układ do badania wtórника napięcia (Rys. 1).



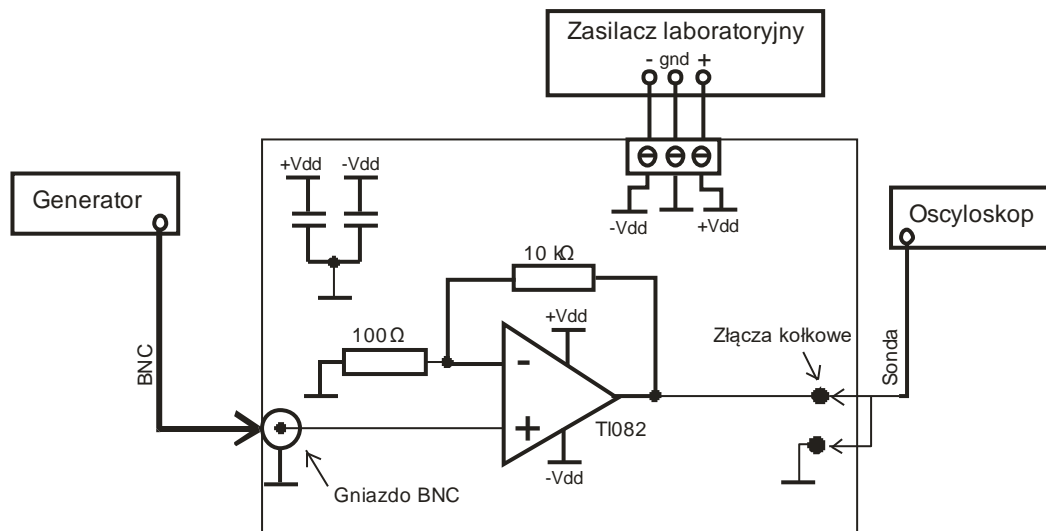
Rys. 1 Układ do badania wtórника napięcia.

- Obliczyć teoretyczne wzmocnienie układu.
- Zasilając układ napięciem $\pm 10V$ należy wyznaczyć charakterystykę przejściową $U_{wy}(U_{we})$ w zakresie $\pm 10V$ z krokiem $0.5V$. Dla zmierzonej charakterystyki należy wyznaczyć jej nachylenie (a więc wzmocnienie dla zerowej częstotliwości) (Patrz FAQ).
- zaobserwować odpowiedź na skok napięcia o amplitudzie $5V$ i wyznaczyć szybkość zmiany napięcia wyjściowego (slew rate \rightarrow patrz literatura).
- Wyznaczyć charakterystykę częstotliwościową dla sygnału sinusoidalnego o amplitudzie $2V$ p-p oraz podać częstotliwość graniczną (patrz FAQ).
- Podać na wejście układu sygnał o amplitudzie p-p $6V$ a następnie zmniejszać napięcie zasilania wzmacniacza i obserwować efekt.

Należy zrobić zdjęcie obrazu oscyloskopowego lub zrobić screenshot pokazujący wszystkie efekty (tj. obcięcie od góry, obcięcie od dołu, efekt inwersji). Wyjaśnić który efekt gdzie występuje i odnaleźć w karcie katalogowej w „application hints” fragment mówiący o obu efektach. Co się stanie, jeśli przez pomyłkę podłączymy zasilanie „na odwrot” ?

Ad. 2 Wzmacniacz nieodwracający

Należy zbudować układ do badania wzmacniacza nieodwracającego (Rys. 2)

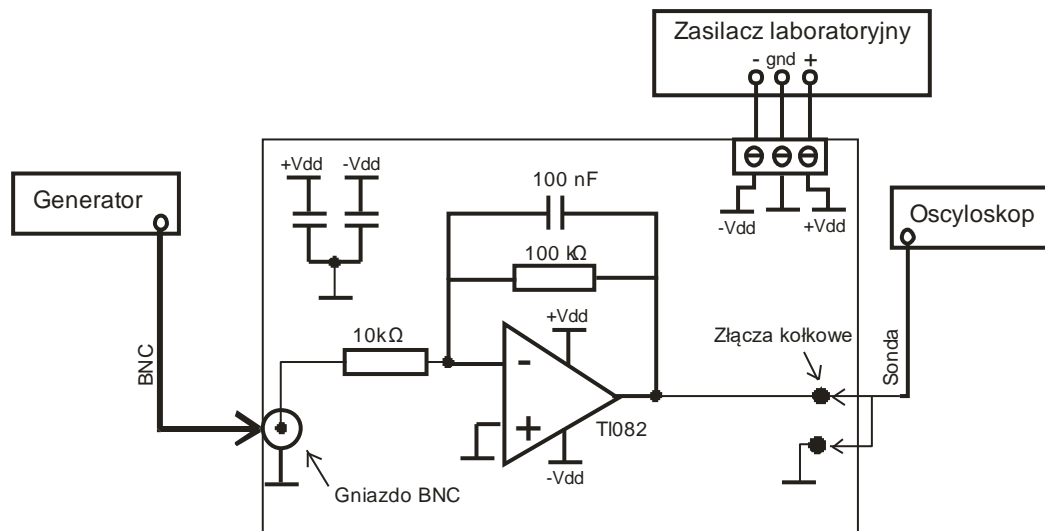


Rys. 2 Układ do badania wzmacniacza nieodwracającego.

- Obliczyć teoretyczne wzmocnienie układu.
- Zasilając układ napięciem $\pm 10\text{V}$ należy wyznaczyć charakterystykę przejściową $U_{wy}(U_{we})$ i wyznaczyć wartość wzmocnienia nominalnego, porównać z wartością teoretyczną i wyjaśnić możliwe źródło różnic.
- Wyznaczyć charakterystykę częstotliwościową i określić częstotliwość graniczną (Generator należy ustawić na przebieg sinusoidalny o amplitudzie ok. 60mV). Punkty pomiarowe należy dobrać tak, aby dobrze zarejestrować moment załamania się charakterystyki częstotliwościowej.

Ad. 3 Filtr dolnoprzepustowy (układ całkujący) oparty o wzmacniacz odwracający

Należy zbudować układ prostego filtra dolnoprzepustowego (Rys. 4)



Rys. 3 Filtr dolnoprzepustowy (układ całkujący)

- Obliczyć teoretyczne wzmocnienie układu (dla napięć stałych).
- Należy zweryfikować czy na wejściu układu wzmacniacza odwracającego amplituda odpowiada amplitudzie ustawionej na generatorze. Wyjaśnić zjawisko.
- Zasilając układ napięciem $\pm 10V$ należy wyznaczyć charakterystykę przejściową $U_{wy}(U_{we})$, wyznaczyć wzmocnienie stałonapięciowe i zweryfikować, czy zgadza się ono z wartością obliczoną
- Wyznaczyć charakterystykę częstotliwościową układu, określić częstotliwość graniczną i nachylenie w [dB/dek] oraz zweryfikować, czy są one zgodne z wartościami obliczonymi.
- Podać na wejście układu sygnał prostokątny o częstotliwości:
 - Niższej niż częstotliwość graniczna
 - Nieco większej niż częstotliwość graniczna
 - Dużo większej niż częstotliwość graniczna

Skomentować efekt.

Co powinno znaleźć się w sprawozdaniu:

- tabelka tytułowa
- schematy rzeczywistych układów pomiarowych
- Obliczenia wzmocnień teoretycznych
- Wykresy ze zmierzonymi charakterystykami oraz zmierzone wartości wraz z interpretacją i zaznaczonymi ważnymi punktami na charakterystyce. Należy się również odnieść do wartości teoretycznych lub odczytanych z karty katalogowej
- w miarę możliwości (szczególnie w ostatnim ćwiczeniu) warto zapisać zrzuty ekranu z oscyloskopu i dołączyć je do sprawozdania.
- Szczególnie dużo uwagi należy poświęcić wnioskom

Wskazówki do przygotowania sprawozdania:

- **NAJWAŻNIEJSZE** są dobre wnioski! Sprawozdanie bez wniosków nie posiada żadnej wartości. Szczególnie cenne są „napotkane trudności i przemyślenia, jak sobie z nimi poradziłem”
- sprawozdania wysyłamy wyłącznie w formie elektronicznej (PDF)
- do sprawozdania należy dołączyć skany notatek (nie przepisywać na czysto !)
- gdy zgłoszę do sprawozdania jakieś uwagi należy odesłać wersję poprawioną jako odpowiedź na mojego maila i nie należy usuwać poprzedniej korespondencji.
- sprawozdanie rozpoczynamy tabelką (m.in. nazwiska, nr indeksów, rok akademicki, grupa laboratoryjna np. Poniedziałek 10:30 A lub B)
- Do rysowania schematów można wykorzystać MicroCap, ew. Microsoft Visio, Corel Draw
- MicroCap ma tę zaletę, że jest darmowy i można w nim przesymulować proste obwody.
- Do rysowania można użyć Excel'a ale polecam nauczyć się stosować program Origin.
- W miarę możliwości należy umieścić przekształcenia wzorów (czyli całą ścieżkę obliczeniową) szczególnie w przypadku obliczeń dotyczących filtrów z projektu, obliczanie wzmocnień, spodziewanego pasma itp.
- otrzymane wyniki należy komentować (tzn. jeśli dostaniemy daną częstotliwość graniczną to należy wyjaśnić dlaczego ona tyle wynosi -> GBW, gain). Jeśli wartość zmierzona różni się od przewidywanej należy wyjaśnić dlaczego.
- Po narysowaniu ch-ki przejściowej ($V_{out} = f(V_{in})$) należy wyznaczyć wzmocnienie poprzez dopasowanie prostej do punktów pomiarowych. W miarę możliwości podać również wartość offsetu.
- nie zapominać o efekcie inwersji!
- pamiętać o jednostkach
- w sprawozdaniu z projektu należy umieścić zdjęcie wykonanego obwodu (z obu stron)
- jakiegokolwiek kopiowanie danych czy fragmentów sprawozdania od kogoś innego (również z lat poprzednich) skutkuje brakiem zaliczenia.
- Wykresy:
 - zawsze opisujemy osie (wartość, jednostka)
 - punkty łączymy krzywą gładką a najlepiej (jeśli to możliwe) należy dobrać odpowiednią linię trendu
 - na wykresach częstotliwościowych należy zaznaczyć ważne punkty (np. spadki 3dB)
 - wykresy częstotliwościowe należy starać się rysować w skali logarytmicznej