

# Pracownia Fizyczna i Elektroniczna

## 2020/2021

### Ćwiczenie 4: Wzmacniacz operacyjny

## 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi układami wykorzystującymi wzmacniacze operacyjne, a także podstawami montażu układów elektronicznych na standardowej płytce stykowej.

## 2 Wymagania

Znajomość całego materiału przedstawionego do tej pory na wykładach i podczas ćwiczeń. Umiejętność posługiwania się generatorem, oscyloskopem, zasilaczem i miernikiem uniwersalnym. Znajomość typowych układów pracy wzmacniaczy operacyjnych. Znajomość pojęć takich jak: wzmocnienie z otwartą pętlą, zakres liniowości wzmocnienia, wejściowe napięcie niezrównoważenia, wejściowy prąd polaryzacji i pasmo przenoszenia.

## 3 Aparatura

W czasie tego ćwiczenia zostaną rozdysponowane zestawy pracy zdalnej, które zaczniemy wykorzystywać już na tym ćwiczeniu.

W zestawach znajdują posegregowane tematycznie elementy elektroniczne na potrzeby obecnego ćwiczenia oraz ćwiczeń zdalnych. Po zakończeniu ćwiczenia odłóż elementy na ich miejsce w zestawach.

Dodatkowo do wykonania ćwiczenia przydadzą się: miernik uniwersalny, zasilacz laboratoryjny, generator funkcyjny, oscyloskop oraz akcesoria pomocnicze (standardowa płytka stykowa, kable łączeniowe, chwytaki pomiarowe, trójniki rozgałęziające).

## 4 Wykonanie ćwiczenia na pracowni

Badane układy montowane są na uniwersalnej płytce stykowej. Układ połączeń wewnętrznych na płytce montażowej jest przedstawiony na rysunku 1. Połączenie elementów elektronicznych zgodnie z zaprojektowanym schematem wykonuje się za pomocą zewnętrznych kabelków zakończonych cienkimi końcówkami, natomiast elementy montujemy bezpośrednio na płytce stykowej.

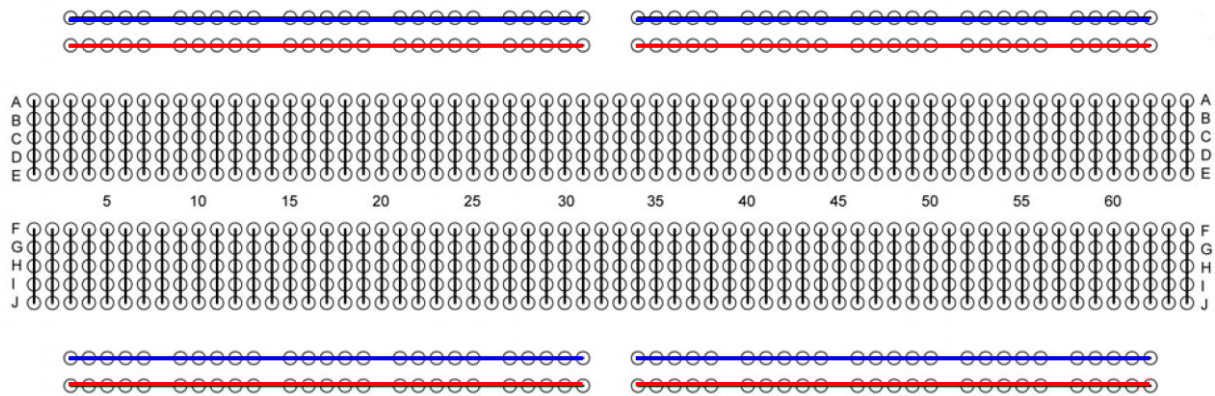
Uwaga: Podczas budowy i modyfikacji układów zawsze odłącz ich zasilanie (zasilacz lub generator).

### 4.1 Badanie charakterystyki wzmacniacza operacyjnego

Ćwiczenie dotyczy badania charakterystyki wzmacniacza operacyjnego odwracającego lub nieodwracającego.<sup>1</sup>

---

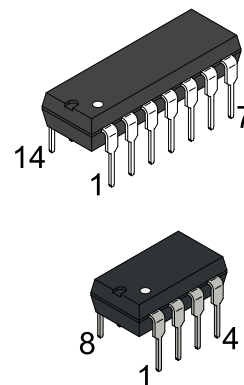
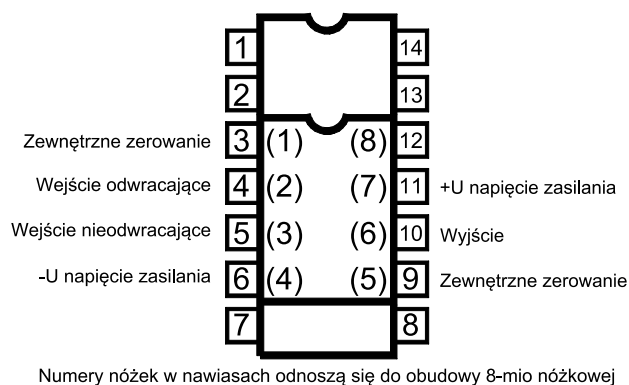
<sup>1</sup>Część uczestników zajęć powinna realizować układ odwracający, a część nieodwracający.



Rys. 1: Układ połączeń wewnętrznych płytki montażowej. Linie pokazują, które grupy otworów są połączone ze sobą.

W ćwiczeniu wykorzystamy wzmacniacz operacyjny UA741. Opis układu scalonego przedstawiono na rys. 2. Uwaga, układ UA741 występuje w obudowach mających 8 lub 14 nóżek, jednak układ wyprowadzeń w obu wersjach jest taki sam. W tym ćwiczeniu

### Wyprowadzenia układu uA 741

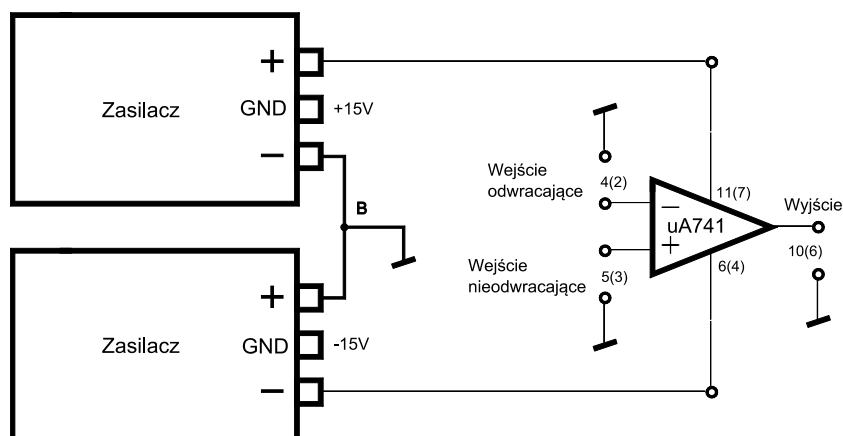


Rys. 2: Schemat wyprowadzeń wzmacniacza operacyjnego uA741 w obudowach 14-to i 8-mio nóżkowych.

wzmacniacz operacyjny należy podłączyć do symetrycznego zasilania z dwóch źródeł +12 V i -12 V. Podłączenie źródła zasilania należy wykonać, wykorzystując dwa kanały zasilacza w trybie połączenia szeregowego (ewentualnie dwa osobne zasilacze jednokanałowe, połączone szeregowo zgodnie ze schematem na rys. 3). Zwróć uwagę, że wzmacniacz uA741 (podobnie jak inne wzmacniacze operacyjne) nie ma wyprowadzenia (nóżki) „masy”. Wzmacniacz nie potrzebuje takiej nóżki dla poprawnej pracy, a „masa” jest punkt X na rys. 3. Przed rozpoczęciem montażu układów należy zmierz miernikiem uniwersalnym wartości oporów otrzymanych rezystorów i wykorzystać zmierzone wartości do wyznaczenia wzmocnienia zbudowanych układów. Czy oba układy będą miały takie samo wzmocnienie?

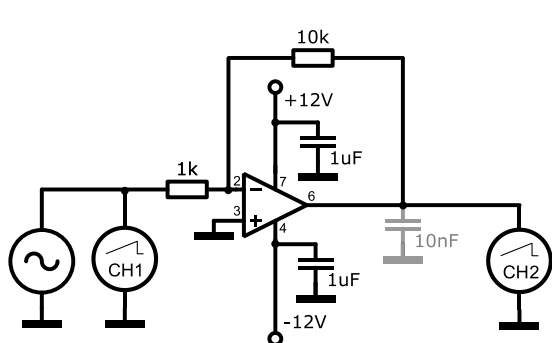
Następnie zbuduj układ wzmacniacza operacyjnego odwracającego wg schematu z rys. 4 lub nieodwracającego wg schematu z rys. 5.

Zauważ, że do uzyskania wzmocnienia niezbędne są tylko dwa oporniki i odpowiednio podłączony układ scalony wzmacniacza operacyjnego. Kondensatory 1  $\mu$ F podłączone pomiędzy zasilanie i masę zapobiegają wzbudzeniu się wzmacniacza (generacji drgań wskutek dodatnich sprzężeń zwrotnych pojawiających się w układzie) i ich użycie jest zawsze zalecane. Podobną rolę pełni kondensator 10 nF podłączony pomiędzy wyjście wzmacnia-

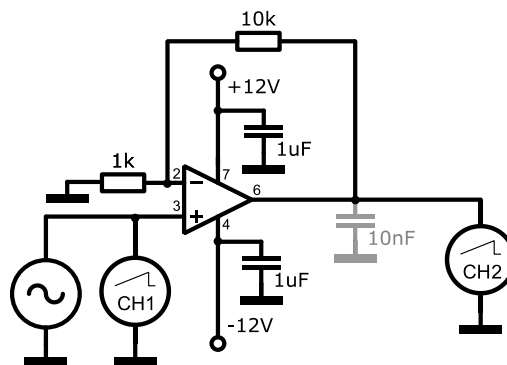


Rys. 3: Schemat podłączenia zasilania do wzmacniacza operacyjnego (w nawiasach numery nóżek dla obudowy 8-mio nóżkowej).

cza i masę, jednak potrzeba jego użycia może wynikać z długich połączeń realizowanych za pomocą przewodów na płytce stykowej. W poprawnie zmontowanym układzie nie powinien być potrzebny.



Rys. 4: Schemat układu realizującego wzmacniacz odwracający.



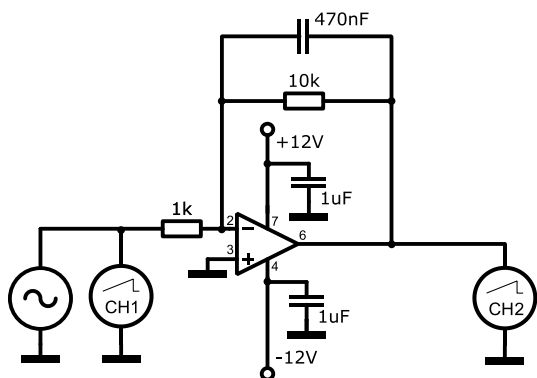
Rys. 5: Schemat układu realizującego wzmacniacz nieodwracający.

Do wykonania połączeń sygnałowych, wyjściowych i zasilania wykorzystaj chwytaki lub zaciski.

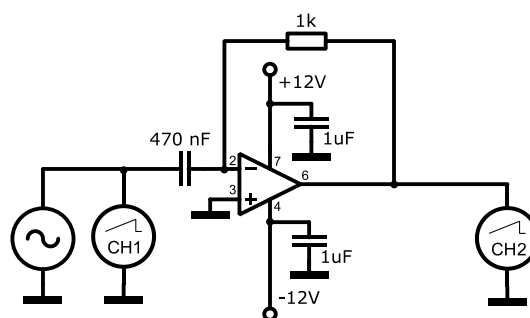
1. Wyznacz charakterystykę amplitudową wzmacniacza (zależność wzmocnienia  $k = U_{wy}/U_{we}$  od amplitudy napięcia wejściowego) przy częstotliwości 1 kHz w zakresie amplitud napięcia wejściowego  $U_{we}$  od 0 do ok. 4 V (sygnał sinusoidalny,  $V_{pp} = 4$  V). Zwrócić uwagę na znak wzmocnienia. Wyznaczyć zakres liniowości i wzmocnienie wzmacniacza, porównać je z wartością obliczoną na podstawie wartości elementów.
2. Wyznacz charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza  $k = k(f)$  dla sinusoidalnego sygnału wejściowego o amplitudzie ok. 1 V w zakresie częstotliwości  $f$  od 10 Hz do 2 MHz. Dodatkowo można zaobserwować pasmo przenoszenia wzmacniacza operacyjnego, korzystając z opcji *Sweep* ćwiczonej przy okazji wzmacniacza tranzystorowego.
3. Zmodyfikuj układ wg schematu z rys. 6, aby realizował całkowanie sygnału wejściowego.
4. Zbadaj odpowiedź układu na sygnał prostokątny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie ok. 1 V. Naszkić kształt przebiegu wejściowego i wyjściowego. Zmieniając

częstotliwość przebiegu wejściowego zbadaj, w jakim zakresie częstotliwości układ poprawnie całkuje sygnał wejściowy i jakiego rodzaju zniekształcenia pojawiają się w sygnale wyjściowym.

5. Zbadaj odpowiedź układu na sygnały trójkątny i sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie ok. 1 V. Naszkiuj kształt przebiegów wejściowych i wyjściowych. Czy układ poprawnie całkuje te sygnały?
6. Zwróć uwagę, że zbudowany układ tak naprawdę nie jest układem całkującym, lecz filtrem dolnoprzepustowym ze względu na obecność opornika 10 k $\Omega$  podłączonego równolegle do kondensatora w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Odpowiedz na pytanie, dlaczego pozostawiliśmy ten opornik przebudowując wzmacniacz na układ całkujący, a nie zamieniliśmy go na kondensator (pomocne może być odłączenie opornika i zbadanie, jak układ całkujący zachowuje się bez niego).
7. Zmodyfikuj układ wg schematu z rys. 7, aby realizował różniczkowanie sygnały wejściowego.
8. Zbadaj odpowiedź układu na sygnał trójkątny o częstotliwości 100 Hz i amplitudzie ok. 1 V. Naszkiuj kształt przebiegu wejściowego i wyjściowego. Zmieniając częstotliwość przebiegu wejściowego zbadaj, w jakim zakresie częstotliwości układ poprawnie różniczkuje sygnał wejściowy i jakiego rodzaju zniekształcenia pojawiają się w sygnale wyjściowym.
9. Zbadaj odpowiedź układu na sygnały prostokątny i sinusoidalny o częstotliwości 100 Hz i amplitudzie ok. 1V. Naszkiuj kształt przebiegów wejściowych i wyjściowych. Czy układ poprawnie różniczkuje te sygnały?



Rys. 6: Realizacja układu całkującego.



Rys. 7: Realizacja układu różniczkującego.

Powodzenia!

Opracowała:  
Magdalena Kuich