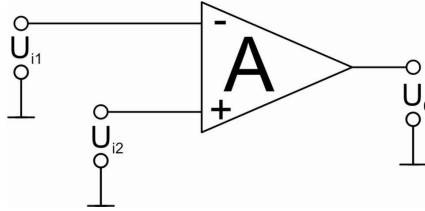


ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИВЕРТИРАЩ И НЕИНВЕРТИРАЩ ОПЕРАЦИОННИ УСИЛВАТЕЛИ

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Операционните усилватели са постояннотокови усилватели, реализирани в интегрално изпълнение с диференциален вход, голямо входно и малко изходно съпротивление.



Фиг. 1

На фиг. 1 е показано означението на операционния усилвател (ОУ) от което се вижда, че той има два входа (1 и 2), като вход 1 се нарича инвертиращ, защото входния сигнал

U_{i1} се инвертира на изхода. Входът 2 е неинвертиращ, защото входния сигнал U_{i2} не се инвертира на изхода. Както при диференциалния усилвател тук също има три начина на свързване на входовете:

$$1/ U_{i1} \neq 0, U_{i2} = 0; \quad 2/ U_{i1} = 0, U_{i2} \neq 0; \quad 3/ U_{id} = U_{i2} - U_{i1}$$

Изходът на ОУ е несиметричен.

Параметрите на ОУ се разделят на статични (при отсъствие на входен сигнал) и динамични (когато усилва входен сигнал):

1/ Статични параметри:

- Входно напрежение на несиметрия U_{i0} . Това е напрежението, което трябва да се подаде диференциално на входа, за да се получи нулево изходно напрежение. Дължи се на неидеалната симетрия на входния диференциален усилвател.

- Входен ток на несиметрия I_{i0} . Представлява разликата между двата входни поляризиращи тока $I_{i0} = I_{b2} - I_{b1}$.

- Входен поляризиращ ток I_{ib} . Входния поляризиращ ток е равен на полусумата на входните токове на поляризация $I_{ib} = 0,5(I_{b1} + I_{b2})$.

- Изходно напрежение на несиметрия U_{o0} . Това е изходното напрежение при какъвто даден вход на ОУ.

- Температурни коефициенти на изменението на статичните параметри: αU_{i0} , αI_{i0} , αI_{ib} .

2/ Динамични параметри:

- Коефициент на усилване по напрежение $A = U_o / (U_{i2} - U_{i1})$.

- Коефициент на подтискане на синфазните сигнали $CMMR = A / A_{cm}$, където A_{cm} е коефициент на усилване на синфазния сигнал.

- Входно диференциално съпротивление R_{id} . Това е съпротивлението между двата входа при прилагане на диференциално напрежение U_{id} .

- Изходно съпротивление R_o . Това е съпротивлението на еквивалентния вътрешен източник на е.д.н.

- Максимално диференциално и синфазно входни напрежения U_{idm} , U_{icmm} . Това са максималните стойности на входното диференциално и синфазно напрежения, при които ОУ запазва работоспособността си.

- Максимално изходно напрежение U_{om} . Това е максималната, положителна или отрицателна стойност на изходното напрежение, при която настъпва ограничение на сигнала.

- Скорост на нарастване на изходното напрежение $SR = dU_o / dt \approx \Delta U_o / tr$.

- Предавателна характеристика $U_o = f(U_{id})$. Показва зависимостта между изходното и входното напрежение.

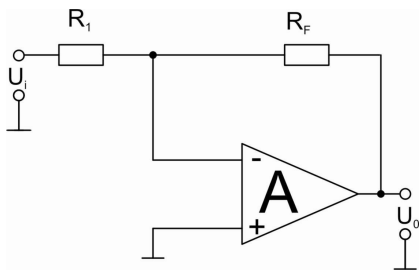
- Амплитудно-частотна характеристика (АЧХ)- показва по какъв начин ОУ реагира на синусоидални сигнали и най-вече как коефициентът на усилване A зависи от честотата на сигнала.
- Фазо-частотна характеристика (ФЧХ)- при преминаване през ОУ на синусоидален сигнал той закъснява във времето и за всяка конкретна честота на тази задръжка, съответствува закъснение по фаза на някакъв ъгъл.
- Преходна характеристика- показва поведението на ОУ във времето при подаване на голям и малък скок на входното напрежение (или правоъгълен входен сигнал).

Инвертиращ усилвател на напрежение

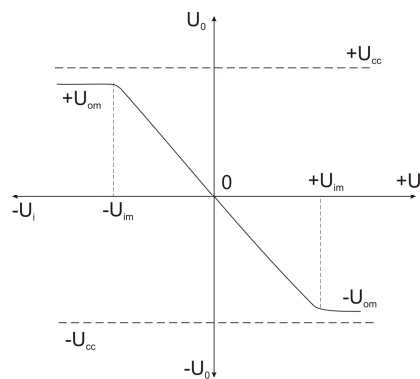
Схема с ОУ е инвертираща, когато входния сигнал U_i се подава на инвертиращия вход (-) и обратната връзка е паралелна по напрежение.

Коефициентът на усилване е $A_F = -R_F/R_1$, а входното съпротивление е $R_{ia} \approx R_1$.

На фигури 2 и 3 са показани схемата и предавателната характеристика на инвертиращ усилвател.



Фиг.2



Фиг.3

Инвертиращ двустранен симетричен ограничител на напрежение

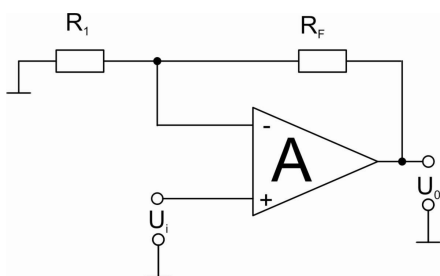
Това са инвертиращи усилватели, при които нарастването на изходния сигнал се ограничава до определена стойност. Изграждат се на базата на схемата от фиг.2 като паралелно на R_F се свързват насрещно два диода $Z1$ и $Z2$. При входни напрежения U_{rmin} до U_{rmax} усилвателят усилва линейно с коефициент на усилване $A_F = -R_F/R_1$. При изходни напрежения по-малки от U_{rmin} и по-големи от U_{rmax} диодите $Z1$ и $Z2$ стабилизират изходното напрежение на ниво $U_r = U_z + U_{пр}$. Където U_z -напрежение на стабилизация, а $U_{пр}$ -напрежението в права посока на диода $\approx 0,6V$.

Неинвертиращ усилвател на напрежение.

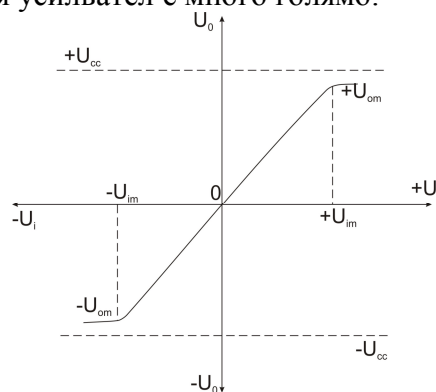
Сигналът се подава към неинвертиращия вход (+) и обратната връзка е последователна по напрежение.

Коефициентът на усилване е $A_F = 1 + R_F/R_1$.

Входното съпротивление на неинвертиращия усилвател е много голямо.



Фиг.4



Фиг.5

На фигури 4 и 5 са показани схемата и предавателната характеристика на неинвертиращ усилвател.

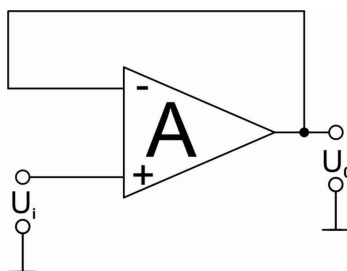
Повторители

От коефициентът на усилване на инвертиращият усилвател се вижда, че при $R_F=R_1$ се получава $A_F=-1$, т.е. изходното напрежение повтаря входното като го инвертира. Недостатък на този повторител е, че входното му съпротивление е малко $R_i=R_1$.

От коефициентът на усилване на неинвертиращият усилвател се вижда, че при $R_F=0$, $R_1=\infty$, то $A_F=1$. В този случай е налична 100% последователна обратна връзка по напрежение и входното съпротивление е много голямо.

Неинвертиращите повторители намират приложение като съгласуващи (буферни) усилватели за свързване на високоомни източници на сигнал с нискоомни товари.

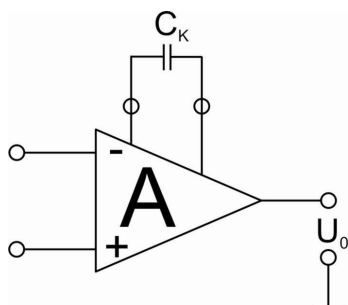
На фиг.6 е показан повторител на напрежение.



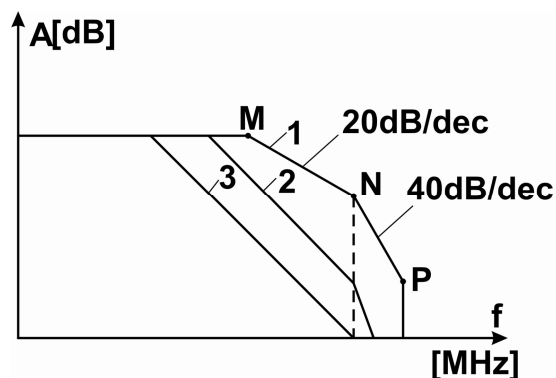
Фиг.6

Методи за честотна корекция

Честотна корекция или честотна компенсация се нарича механизмът на промяна на АЧХ и ФЧХ на контурния коефициент на усилване на усилвател с ОБ така, че да се получи подходящ запас по фаза (дефазирание $\varphi \leq 135^\circ$). Обикновено ОУ с общо предназначение са с вътрешна честотна компенсация, така че осигуряват безусловна стабилност при произволна резистивна отрицателна обратна връзка (ООВ). ОУ без вътрешна честотна компенсация изисква външно свързване на елементи за компенсация към допълнителни изводи на ОУ. Разширение на честотния диапазон и диапазона на изменение на коефициента на усилване може да стане като се извърши корекция на АЧХ на усилвателя, така че по-голямата част от спадащия участък на АЧХ да има наклон по-малък от 20dB на декада. На фиг.7 е показано свързването на компенсиращия кондензатор C_k към ОУ. На фиг.8 е даден начина на коригиране на АЧХ чрез компенсиращия кондензатор. Крива 3 е с по-голяма стойност на C_k , с по-голяма устойчивост, но с по-малък честотен диапазон.



Фиг.7



Фиг.8

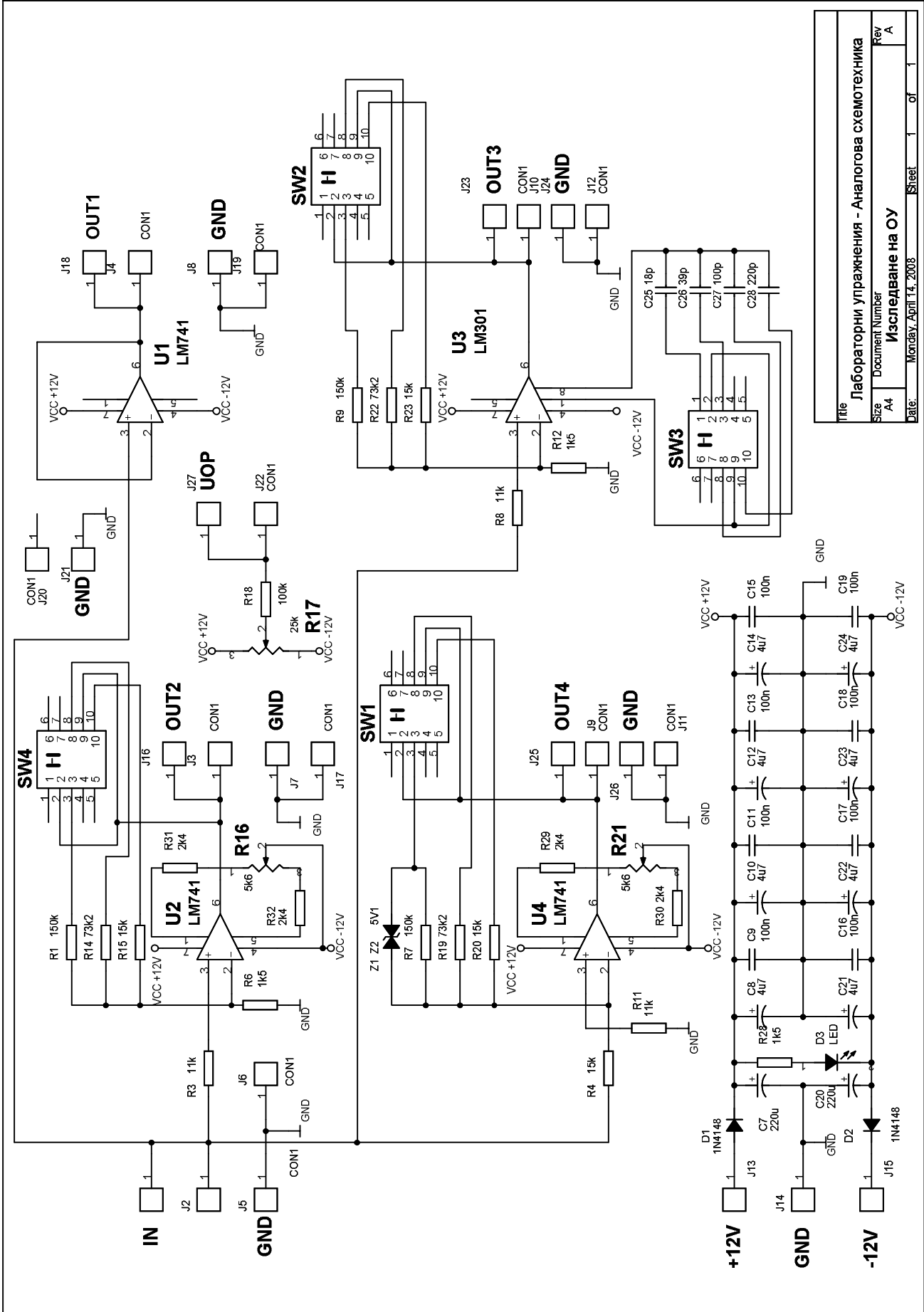
ОПИСАНИЕ НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА

Неинвертиращият ОУ е изпълнен с елементите U2, R1, R3, R6, R14, R15. Инвертиращият ОУ е изпълнен с елементите U4, R4, R7, R11, R19, R20. Инвертиращият двустранен ограничител е изпълнен с U4, R4, R7, R11, Z1 и Z2. Повторител на напрежение е реализиран с U1. Интегралните схеми U1, U2, U4 са LM741. С помощта на потенциометрите R16, R21 се изпълнява компенсация на напрежението на несиметрия чрез така нареченото „вътрешно нулиране“. С потенциометърът R17 се задават различни по стойност и полярност постоянни входни напрежения. Чрез превключвателите SW1, SW2, SW4 се избират различни дълбочини на ООВ. С тяхна помощ е възможно и прекъсването на ООВ. Вторият неинвертиращ усилвател U3 изпълнен с LM301, е с външна честотна компенсация. Тук участват и елементите R8, R9, R12, R22, R23. Чрез превключвателя SW3 се избират различни по стойност капацитети на честотно коригиращия кондензатор.

ЗАДАЧИ ЗА ЛАБОРАТОРНОТО УПРАЖНЕНИЕ

1. Да се разучат принципната схема и разположението на елементите на печатната платка и се съпоставят с лабораторния макет.
2. За инвертиращата и неинвертираща схеми при свързани входове към общия проводник да се измери напрежението на несиметрия в изхода и с помощта на потенциометрите R16, R21 да се сведе до минимум.
3. Да се измерят напреженията на насищане $+U_{om}$ и $-U_{om}$ на инвертиращата и неинвертиращата схеми при отворени обратни връзки (превключватели в крайно горно положение) и към входовете им се подаде постояннотоков сигнал от потенциометъра R17.
4. Да се изчислят, измерят и съпоставят коефициентите на усилване на операционните усилватели, включени като инвертиращ и неинвертиращ усилватели при различни дълбочини на ООВ.
5. Да се изчисли и измери коефициентът на усилване на ОУ свързан като повторител на напрежение със 100 % ООВ.
6. Да се определи входното съпротивление на инвертиращия усилвател.
7. Да се начертае предавателната характеристика на инвертиращия двустранен симетричен ограничител и да се определи ограничителното напрежение U_r ако $U_{z1}, U_{z2}=5,1V$
8. Да се снемат АЧХ на инвертиращия усилвател при коефициент на усилване $A_F=-10$ за следните честоти на входния синусоидален сигнал: 50Hz, 500Hz, 1kHz, 5kHz, 10kHz, 15kHz, 20kHz и 50kHz. Получените резултати да се представят в графична форма.
9. Да се снемат преходната характеристика на втория неинвертиращ усилвател с честотна корекция при коефициент на усилване $A_F=11$ и правоъгълен входен сигнал за четирите стойности на компенсиращия кондензатор.
10. Експериментално да се определи скоростта на нарастване на изходното напрежение SR при минимален и максимален коефициент на усилване на инвертиращия усилвател, а за схемата с честотна корекция и с минимален и максимален капацитет на компенсиращия кондензатор.

Забележка: да се подбира такава амплитуда на входния синусоидален сигнал, че да не се наблюдава ограничение на амплитудата на изходния сигнал с изключение при схемата с инвертиращия ограничител.



Title		Лабораторни упражнения - Аналогова схемотехника	
Size		Document Number	
A4		Изследване на ОУ	
Date:	Monday, April 14, 2008	Sheet:	1 of 1

