

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до лабораторних робіт  
з дисципліни «Мікросхемотехніка»  
для студентів спеціальності 6.090803 „Електронні системи“  
усіх форм навчання

Суми  
Вид-во СумДУ  
2008

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Мікросхемотехніка" / Укладачі: О.М. Кобяков, О.А. Любивий. - Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 40 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## ЗМІСТ

	С.
Основні вимоги до підготовки, виконання і оформлення лабораторних робіт	4
Техніка безпеки при виконанні робіт	5
<i>Розділ перший</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГОВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ	
<b>Лабораторна робота 1</b>	
Дослідження операційного підсилювача на аналоговій інтегральній схемі типу КР140УД1Б	6
<b>Лабораторна робота 2</b>	
Дослідження параметрів стабілізатора напруги на аналоговій інтегральній схемі типу К142ЕН1А	19
<i>Розділ другий</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ	
<b>Лабораторна робота 3</b>	
Дослідження елемента Транзисторно-транзисторної логіки	24
<b>Лабораторна робота 4</b>	
Дослідження елемента емітерно-зв'язаної логіки	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	39

## ***Основні вимоги до підготовки, виконання і оформлення лабораторних робіт***

Дані методичні вказівки містять опис лабораторного практикуму, що пропонується до виконання студентам спеціальності 6.090803 "Електронні системи" при вивченні ними дисципліни «Мікросхемотехніка».

В результаті виконання лабораторних робіт студенти мають:

- знати методи експериментального дослідження основних типів мікросхем;
- вміти проводити експериментальні дослідження, вимірювати параметри і характеристики основних типів мікросхем, пояснювати причини розбіжності між теоретичними і дослідними результатами.

Під час підготовки до роботи студенти повинні вивчити відповідні розділи конспекта лекцій і рекомендовану літературу. Потім необхідно з'ясувати зміст лабораторної роботи, виконати розрахункове завдання і підготувати звіт, який має містити, як правило, схеми досліджуваних пристроїв, таблиці для запису експериментальних даних, заготовки для побудови графіків.

Студент допускається до роботи після здачі колоквиуму і надання ним підготовленого звіту.

Кожний член бригади оформлює окремий звіт з лабораторної роботи. Вся графічна частина звіту має бути виконана відповідно до вимог ЄСКД. Оформлений звіт має бути поданий викладачеві наприкінці поточного заняття.

Усі студенти перед початком виконання циклу лабораторних робіт мають пройти інструктаж з техніки безпеки, про що робиться запис у журналі викладача, який проводить заняття. У ході роботи в лабораторії студенти мають суворо додержуватися усіх правил техніки безпеки.

### ***Техніка безпеки при виконанні робіт***

При ігноруванні техніки безпеки електронні прилади і схеми можуть становити собою певну небезпеку для користувача, пов'язану з можливістю ураження струмом,

наслідки якого залежать від величини і шляху проходження струму через тіло постраждалого.

Під час протікання струму, величина якого перевищує 10мА, може наступити параліч м'язів рук, внаслідок чого людина буде не в змозі звільнитися від струмопровідних частин. Струм, величина якого перевищує 100мА, викликає незворотні наслідки!

Величина струму, що протікає через тіло людини, визначається, головним чином, напругою дотику і опором шкіри в місці дотику до струмопровідних частин. При сухій непошкодженій шкірі опір людини може досягти 10 і навіть 100 кОм. Натомість вогка шкіра має опір у кілька сотень Ом. За наявності порізів і відкритих ран опір шкіри має ще менше значення, в цьому разі навіть напруга в 36 В може призвести до смертельного наслідку.

Враховуючи, що напруга живлення лабораторних стендів становить не більше  $\pm 12,6$  В, основним джерелом електричної небезпеки при виконанні лабораторних робіт є електровимірвальні прилади, живлення яких здійснюється від мережі змінного струму з напругою 220В.

Під час роботи слід передбачати такі заходи безпеки:

- не приступати до роботи на стенді, будова і принцип дії якого вам не зрозумілі;
- не приступати до роботи за наявності сумнівів у правильності своїх дій, не проконсультувавшись з лаборантом або викладачем;
- категорично забороняється вмикати стенди і прилади без дозволу викладача;
- не від'єднувати заземлення, перевірити його наявність у всіх необхідних місцях.

*Розділ перший*  
ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГОВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ

**Лабораторна робота 1**  
*Дослідження операційного підсилювача на аналоговій  
інтегральній схемі типу КР140УД1Б*

Мета роботи - вивчення і визначення статичних і динамічних характеристик операційного підсилювача на прикладі АІС типу КР140УД1Б

**Загальні положення**

У лабораторній роботі досліджується операційний підсилювач типу КР140УД1Б (рис. 1).

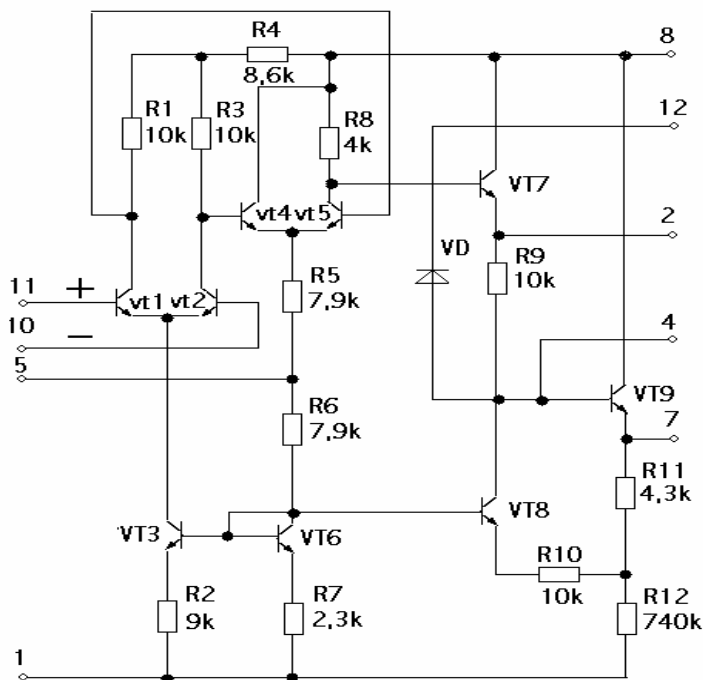


Рисунок 1 - Принципова схема операційного підсилювача КР140УД1Б

Робота виконується на установці типу УМ16ПС для дослідження інтегральних схем.

Операційні підсилювачі характеризуються рядом зовнішніх параметрів (статичних і динамічних). Найважливіші з них необхідно визначити у даній роботі, а саме:

#### **А Параметри малого сигналу:**

-  $K_{\partial} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{вх}}$  - диференційний коефіцієнт підсилення за напругою при розімкненому зворотному зв'язку;

-  $R_{вх.\partial} = \frac{\Delta U_{вх}}{\Delta I_{вх}}$  - вхідний опір для диференційного сигналу;

-  $R_{вх.сф} = \frac{\Delta U_{вхсф}}{\Delta I_{вх}}$  - вхідний опір для синфазного сигналу;

-  $R_{вих} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta I_{вих}}$  - вихідний опір;

-  $K_{сф} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{вхсф}}$  - коефіцієнт підсилення синфазного сигналу;

-  $K_{нос.сф} = \frac{K_{\partial}}{K_{сф}}$  - коефіцієнт послаблення синфазного сигналу;

-  $f_{гp}$  - гранична частота (частота, на якій модуль  $K_{\partial}$  зменшується на 3 дБ (у  $\sqrt{2}$  рази порівняно зі своїм значенням на низькій частоті));

-  $f_{\tau}$  - частота одиничного підсилення (на якій  $|K_{\partial}|=1$ , або 0 дБ).

## Б *Режимні параметри і параметри похибки:*

- $U_{вих.max}$  - розмах вихідного сигналу - максимальна амплітуда симетричної вихідної напруги;
- $V = \frac{\Delta U_{вих.max}}{\Delta t}$  - максимальна швидкість зміни вихідної напруги;
- $U_{зм.о}$  - напруга зміщення "нуля" - зведена за входом напруга, еквівалентна до такого її значення, за якого  $U_{вих} = 0$ ;
- $I_{вх.сер}$  - середнє значення струмів інверсного "-" і прямого "+" входів ОП;
- $\Delta I_{вх}$  - різниця вхідних струмів;
- $U_{ш.вх}$  - зведена напруга шуму;
- $U_{вх.об}$  - вхідна напруга обмеження - максимальне значення напруги на диференційному вході ОП, котра ще не викликає обмеження вихідного сигналу мікросхеми;
- $K_{в.н}$  - коефіцієнт впливу нестабільності джерел живлення за напругою

$$K_{в.н} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{живл}}$$

де

- $\tau_{нф}$  - тривалість переднього фронту імпульсів вихідного сигналу;
- $t_{відн}$  - час відновлення вихідного сигналу;
- $I_{спож}$  - струм споживання ОП від джерел живлення Д.Ж.1 і Д.Ж.2;
- $P_{спож}$  - споживана потужність ОП.



## Опис лабораторного макету

Установка для дослідження ІМС УМ16ПС складається з трьох основних частин:

- електронного блоку;
- блока живлення;
- панелі комутації і установки плат з досліджуваними ІМС.

Функціональне призначення кожного органа управління і частин установки позначено умовними значками. На друкованій платі з досліджуваною ІМС наводиться принципова схема з позначенням номерів виводів, а на комутаційній панелі зазначені гнізда, які відповідають усім номерам виводів ІМС (рис. 2).

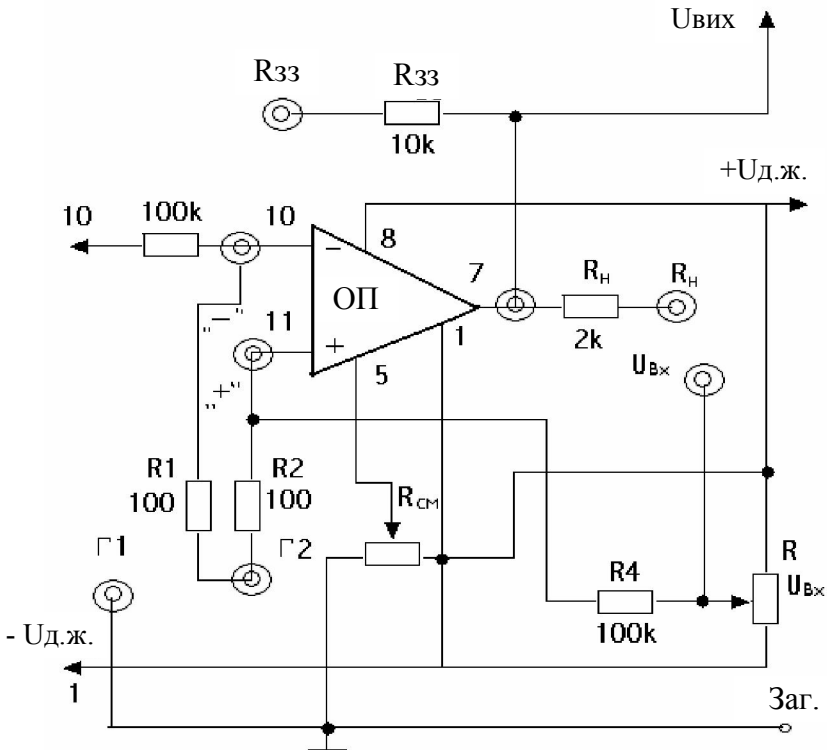


Рисунок 2 – Схема комутаційної панелі

Джерела живлення досліджуваних ІМС незалежні. Напругу на виході цих джерел можна змінювати дискретно (3, 4, 5 і 6В), а також плавно у межах від 0,8В до  $U_H + 10\%$ .

Ручки плавного регулювання  $U_{живл.}$  розміщені на лицевій панелі біля стрілкових приладів вольтметрів.

При виконанні лабораторної роботи необхідно:

- вставити в рознімання комутаційної панелі плату з досліджуваною ІМС, попередньо виставивши перемичками потрібну напругу живлення (під платою);

- здійснити комутацію елементів і частин установки згідно з описом і принциповою схемою для досліджуваного режиму ІМС;

- перевірити комутацію елементів, увімкнути установку;

- врахувати наступні правила користування осцилографом, які стосуються виконання усіх лабораторних робіт.

Перед початком роботи слід засвоїти декілька прийомів роботи з двопроменевим двоканальним осцилографом С1-83. Сигнал (рівень напруги) на екрані має бути сформований у вигляді горизонтальної лінії, що досягається ступінчастим регулюванням горизонтальної розгортки і виставленням її, наприклад, на поділці 10 мс (чорна мітка на одному з ребер регулятора). При частому використанні ступінчастого регулювання вертикального відхилення променя, регулятора вертикального зміщення променя, а також помножувача вертикального розмаху сигналу необхідно здійснити балансування каналу.

З цією метою:

- важільний перемикач входу каналу поставити в положення " $\perp$ ". У цьому режимі всі сигнали, що надходять на вхід осцилографа, закорочуються на корпус осцилографа;

- регулятором вертикального зміщення сигналу каналу встановити горизонтальний сигнал на середину екрана осцилографа;

- перевести важільний перемикач у положення, що відповідає вимірюваному сигналу, і виконати вимірювання.

Ручка плавного регулювання вертикального відхилення променя має знаходитися у правому крайньому положенні, при цьому вимірюється істинна величина сигналу.

### **Порядок виконання роботи**

1 Зняти передаточну характеристику  $U_{вих} = f(U_{вх})$ , для чого підключити ОП до джерела живлення  $U_{живл} = \pm 6,3 \text{ В}$ . Живлення двополярне.

Для цього:

- на лабораторному стенді формують загальний потенціал ("0", "земля"), з'єднавши "+" одного джерела і "-" іншого джерела в одну точку, а потім за допомогою провідників подають "0", "+ 6,3 В" і "- 6,3В" на відповідні гнізда макетної плати операційного підсилювача;

- входи ОП гніздо Г1 через резистори  $R_1, R_2$  підключити до загальної шини;

- встановити напругу зміщення  $U_{зм.о}$ , для чого потенціометр  $R_{зм}$  виставити до упору проти годинникової стрілки;

- за допомогою осцилографа перевірити розмах напруги на контрольному гнізді потенціометра  $R_{U_{вх}}$  і впевнитися, що він відповідає  $\pm U_{д.жс}$ . ( $\pm 6.3 \text{ В}$ ).

- на вхід „+“ ОП через подільник  $R_4 - R_2$  подати напругу  $\pm U_{вх}$  за допомогою потенціометра  $R_{U_{вх}}$ . Цей метод застосовується для забезпечення на вході різниці сигналів, що є необхідною умовою роботи ОП у режимі підсилення. Діапазон зміни вхідної напруги від -7 до +7мВ з кроком 1мВ, на ділянці перегину крок установити 0,2 – 0,25 мВ. Для цього регулятор вертикального зміщення сигналу каналу 1 відтягнути до себе (x1), регулятор ступінчастого відхилення каналу 1 поставити на мітку 1-2 мВ. Діапазон зміни вихідної напруги від -6 до +6мВ. Вимірювання вхідної й вихідної напруг здійснювати за допомогою осцилографа, установивши зазначені діапазони органами ступінчастого регулювання каналів вертикального

відхилення (I канал - вхідний сигнал, II канал - вихідний сигнал);

- побудувати передаточну характеристику на міліметровому папері розмірами 100 × 200 мм і визначити:

1)  $U_{вих. max}$  – максимальну вихідну напругу;

2)  $K_{\partial} = \frac{\Delta U_{вих}}{U_{вх}}$  - коефіцієнт підсилення;

3)  $U_{з.м.о}$  – напругу зміщення нуля;

4)  $U_{вх.обм} = \frac{0,9 \cdot U_{вих. max}}{K_{\partial}}$  - вхідну напругу обмеження.

Коефіцієнт підсилення визначити відносно точки переходу  $U_{вих}$  через нуль для  $+\Delta U_{вх}$  і  $-\Delta U_{вх}$ , однакових за абсолютним значенням (на лінійній ділянці передаточної характеристики).

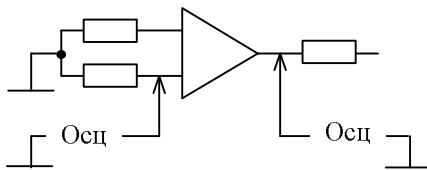


Рисунок 3 – Схема для зняття передаточної характеристики

2 Визначити напругу шуму  $U_{ш.вх}$ , для чого:

- підключити живлення і гнізда "-" і "+" замкнути на загальну шину;

- встановити таку чутливість підсилювача вертикального відхилення на виході, щоб засвічення шумів подвійної амплітуди на екрані займала 4 - 5 см (на межі 5 - 10 мВ);

- встановити рід роботи підсилювача вертикального відхилення - "~";

- визначити за допомогою осцилографа розмах вихідної напруги шуму  $U_{ш.вих}$ .

$$\text{Обчислити } U_{ш.вх} = \frac{U_{ш.вих}}{2\sqrt{2}K_{\partial}}.$$

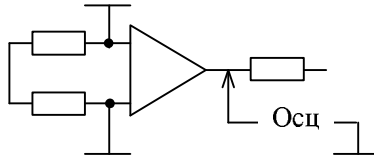


Рисунок 4 – Схема для визначення шумів

3 Виміряти параметри похибки  $I_{вх}^-$  і  $I_{вх}^+$ . Визначити

$$\Delta I_{вх} = I_{вх}^+ - I_{вх}^-,$$

$$\Delta I_{вх.сер} = \frac{I_{вх}^+ - I_{вх}^-}{2}.$$

У досліджуваній схемі при замкнених на загальну шину гніздах "-" і "+" установити за допомогою  $R_{зм}$  напругу  $U_{вих}$ , близьку до нуля. Розімкнути коло входу "-" мікросхеми і виміряти значення  $U'_{вих}$ . Визначити струм:

$$I_{вх}^- = \frac{U'_{вих} - U_{вих}}{K_{\partial} \cdot R1}, \quad (R1 = R2 = 100 \text{ Ом}),$$

$$I_{вх}^- = \frac{\Delta U_{вх}}{R1} = \frac{\Delta U_{вих}}{K_{\partial} \cdot R1}, \quad (\text{де } \Delta U_{вх} = \frac{\Delta U_{вих}}{K_{\partial}}).$$

Замкнути у вхідному колі "-" мікросхеми резистор  $R1$  і розімкнути резистор  $R2$ , визначити струм

$$I_{вх}^+ = \frac{\Delta U_{вх}}{R2} = \frac{U'_{вих^+} - U_{вих^+}}{K_{\partial} R2}, \quad (\text{де } \Delta U_{вх} = \frac{\Delta U_{вих^+}}{K_{\partial}}).$$

Струми вхідних кіл визначають за падінням напруги на відповідних резисторах  $R_1$  і  $R_2$ .

Середнє значення струму у вхідному колі

$$\Delta I_{вх\text{сер}} = \frac{I_{вх}^+ - I_{вх}^-}{2}.$$

Різниця вхідних струмів

$$\Delta I_{вх} = I_{вх}^+ - I_{вх}^-.$$

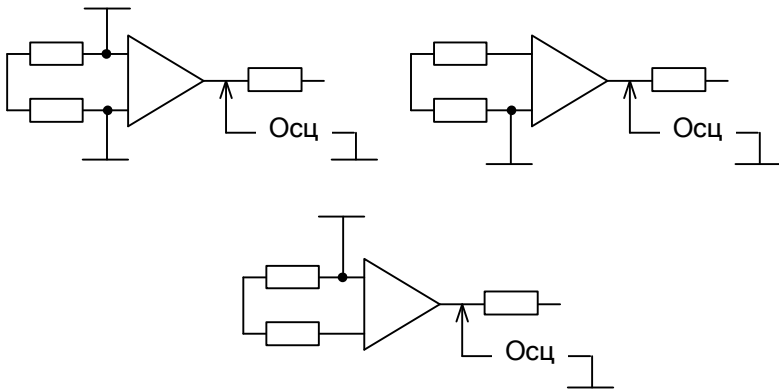


Рисунок 5 – Схема для виміру параметрів похибки

4 Визначити вихідний опір  $R_{вих}$ , для чого:

- підключити живлення, гнізда "-", "+" і  $R_H$  замкнуті на загальну шину;

- за допомогою  $R_{ЗМ}$  установити на виході напругу

$$U_{вих} = 1,5 - 2В;$$

- відключити гніздо  $R_H$  від загальної шини і підключити

$R_{ЗЗ}$  як навантаження;

- виміряти вихідну напругу  $U'_{вих}$ ;

- обчислити  $R_{вих} = \frac{U_{вих} - U'_{вих}}{U_{вих}} R_H = \frac{\Delta U_{вих}}{U'_{вих}} R_H$ ,

$R_H = 2 \text{ кОм}$ .

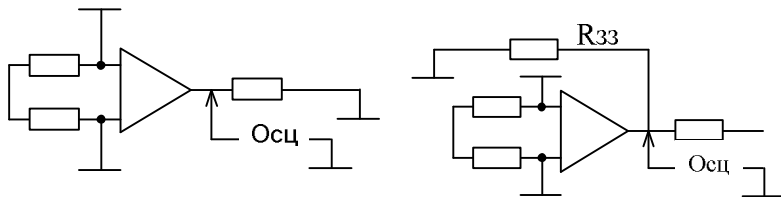


Рисунок 6 – Схема для виміру вихідного опору

5 Обчислити коефіцієнт впливу нестабільності джерел живлення за напругою, для чого:

- підключити живлення і гнізда "-" і "+" замкнуті на загальну шину;

- за допомогою потенціометра  $R_{зм}$  установити  $U_{вих} = 0 \text{ В}$ ;

- зменшити  $U_{живл1}$  на 1 В і виміряти  $U_{вих1}$ ;

- установити початкове значення  $U_{живл1}$ ;

- зменшити  $U_{живл2}$  на 1В і виміряти  $U_{вих2}$ ;

- обчислити  $K_{вн} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{живл}}$ .

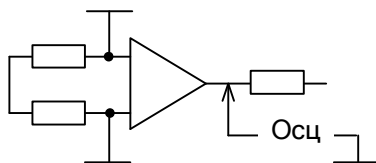


Рисунок 7 – Схема для виміру коефіцієнта впливу

6 Визначити коефіцієнт послаблення синфазного сигналу, для чого:

- підключити живлення, гнізда "-" і "+" замкнуті між собою;

- на вхід установки подати імпульси прямокутної форми з виходу генератора установки (амплітуда і тривалість імпульсів максимальні);
- осцилографом виміряти амплітуду вхідного і вихідного сигналів  $\Delta U_{вх\text{сеп}}$  і  $\Delta U_{вих}$ ;
- обчислити коефіцієнт послаблення синфазного сигналу

$$K_{\text{нос.сф}} = \frac{K_{\partial}}{K_{\text{сф}}},$$

$$K_{\text{сф}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta U_{\text{вх.сф}}}.$$

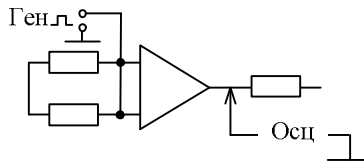


Рисунок 8 – Схема для виміру коефіцієнта послаблення

7 Виміряти швидкість наростання вхідного сигналу, для чого:

- підключити живлення і гніздо "+" замкнути на загальну шину;
- на вхід підсилювача подати імпульси прямокутної форми з виходу генератора установки;
- установити амплітуду і тривалість імпульсів генератора такими, щоб форма вихідного сигналу наближалася до пилкоподібного;
- нарисувати осцилограму і виміряти амплітуду лінійної частини вихідного сигналу  $\Delta U_{\text{вих}}$  і тривалість наростання вхідної напруги  $\Delta t$ , виміряну на рівні  $0,5 U_{\text{max}}$ ;
- визначити швидкість наростання вхідної напруги і граничну частоту



$$V_U = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta t},$$

$$f_{2p} = \frac{V_U}{2\pi\Delta U_{вих}}.$$

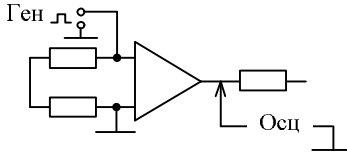


Рисунок 9 – Схема для виміру швидкості наростання  $U_{вих}$

8 Виміряти тривалість переднього фронту імпульса і час відновлення вихідного сигналу ОП зі зворотним зв'язком та без нього, для чого:

- підключити живлення і з'єднати гніздо "+" із загальною шиною;
- подати імпульси прямокутної форми на вхід підсилювача (амплітуда і тривалість імпульсів максимальні);
- нарисувати осцилограму вхідного і вихідного сигналів, виміряти тривалість фронтів імпульсів;
- підключити  $R_{33}$  до входу "-";
- нарисувати осцилограму вхідного і вихідного сигналів і визначити коефіцієнт підсилення ОП зі зворотним зв'язком

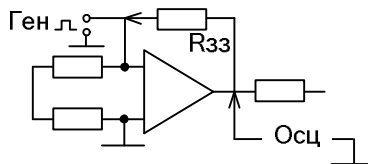


Рисунок 10 – Схема для виміру тривалості фронту імпульсу

## Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Схеми підключення ОП під час проведення досліджень.
- 3 Графік передаточної характеристики і осцилограми перехідних процесів.
- 4 Експериментальні результати досліджень і розрахунок необхідних параметрів.
- 5 Таблиця значень параметрів досліджуваної інтегральної мікросхеми.

## Лабораторна робота 2

### Дослідження параметрів стабілізатора напруги на аналоговій інтегральній схемі типу К142ЕН1А

Мета роботи - вивчення і практичне вимірювання параметрів стабілізатора напруги в інтегральному виконанні

#### Загальні положення

У роботі досліджується ІМС типу К 142ЕН1 - регульований універсальний стабілізатор постійної напруги середньої потужності (рис. 11).

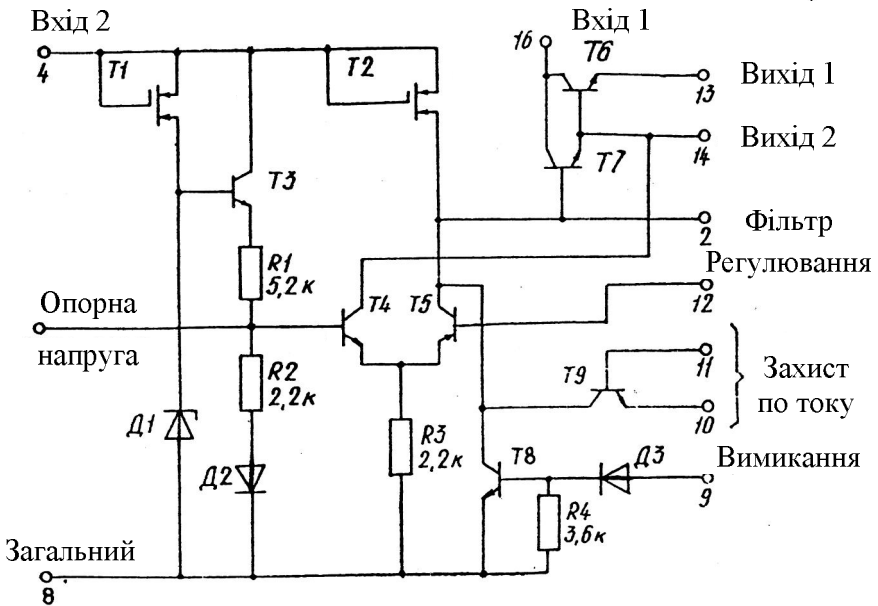


Рисунок 11 – Принципова схема стабілізатора напруги К142ЕН1, К142ЕН2

Для правильного застосування ІМС стабілізатора напруги необхідно знати його параметри, які зазначені у довідниках.

Такими параметрами є:

### ***A Параметри малого сигналу:***

-  $K_u = \frac{\Delta U_{вих}}{U_{вих}}$  - коефіцієнт нестабільності за напругою.

Визначається при заданій зміні вхідної напруги, як правило 1В;

-  $K_{ст} = \frac{\Delta E_{вх} \cdot U_{вих}}{\Delta U_{вих} \cdot E_{вх}}$  - коефіцієнт стабілізації;

-  $K_r = K \cdot I$  - коефіцієнт нестабільності за навантаженням (за струмом). Визначається при даній зміні струму навантаження, як правило від 0 до  $I_n \max$  ;

-  $R_{вих} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta I_n}$  - вихідний опір;

-  $K_n = \frac{\Delta U_{вх.n}}{\Delta U_{вих.n}}$  - коефіцієнт подавлення пульсацій;

-  $T_{кн} = \frac{\Delta U_{вих}}{U_{вих} \cdot \Delta T}$  - температурний коефіцієнт напруги;

-  $t_{уст}$  - час установлення напруги на виході при швидкій зміні струму навантаження на задану величину.

### ***Б Режимні параметри***

-  $E_{вх} \min$ ,  $E_{вх} \max$  - мінімальне і максимальне значення вхідної напруги;

-  $U_{вих} \min$ ,  $U_{вих} \max$  - мінімальне і максимальне значення вихідної напруги, в межах яких забезпечується стабілізація.

-  $(E_{вх} - U_{вих}) \min$ ,  $\max$  - мінімальна і максимальна різниця вхідної і вихідної напруг, за яких забезпечується нормальна робота стабілізатора напруги;

- $I_{O_{xx}}$  – струм споживання стабілізатора у режимі холостого ходу;
- $I_{KЗ}$  – струм короткого замикання на виході, для якого гарантується нормальна робота стабілізатора (при наявності схеми захисту);
- $I_{max}$  – максимальний вихідний струм;
- $P_{max}$  – максимальна потужність розсіювання стабілізатора;
- $T_{min}$ ,  $T_{max}$  – температурний діапазон роботи.

Більшість параметрів можна визначити із зовнішніх характеристик стабілізатора, що і є завданням даної роботи.

### Опис лабораторної установки

Мікросхема стабілізатора К142ЕН1А (рис.12) розміщена на макетниці.

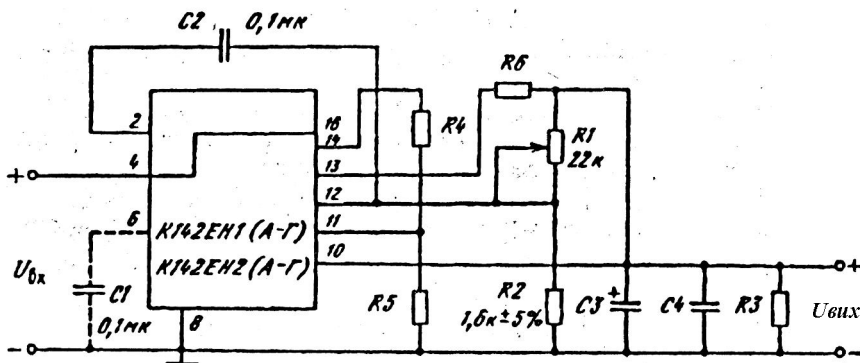


Рисунок 12 – Схема макетної плати

Виводи мікросхеми підведені до гнізд рознімачів, розміщених на монтажній платі, і використовуються для комутації схеми відповідно до завдання, поставленого у роботі.

Як джерело живлення для ІС застосовується джерело стабілізованої напруги «Агат», у якому вихідна напруга може змінюватися в межах 5-15В при струмі навантаження до 2А.

Навантаженням досліджуваної схеми є реостат ( $R_H = 100 \text{ Ом}$ ), а опором обмеження струму навантаження  $R_{обм} = 10 \text{ Ом}$ .

### **Підготовка до виконання роботи**

- 1 Вивчити склад, призначення елементів стабілізатора напруги та їх взаємозв'язок у процесі функціонування.
- 2 Вивчити параметри стабілізаторів напруги.
- 3 Ознайомитися з лабораторною установкою, порядком виконання роботи і запису результатів.
- 4 Підготувати схеми включення елементів при проведенні досліджень і необхідні таблиці для запису результатів.

### **Порядок виконання роботи**

1 Визначити мінімальну вхідну напругу  $E_{вх \text{ min}}$  і струм  $I_{о \text{ хх}}$ .

$E_{вх \text{ min}}$  визначається як мінімальна вхідна напруга стабілізатора, при якій установлюється напруга стабілізації у режимі холостого ходу. Оскільки К142ЕН1А – регульований стабілізатор напруги, то напругу стабілізації зазначає викладач.

2 Для двох значень  $E_{вх}$ , що відрізняються якомога більшим значенням (у діапазоні регулювання) зняти і побудувати навантажувальні характеристики  $U_{вих} = f(I_H)$ .

3 Змінюючи значення  $R_{обм}$  у межах від 1 до 10 Ом (рекомендується взяти  $R_{обм}$  таким, що дорівнює 8 Ом), визначити залежність значення  $I_H$  – максимального струму навантаження від  $R_{обм}$ . Побудувати графік цієї залежності, розв'язати рівняння і знайти чисельне значення.

$$K_{захисту} = R_{обм} \cdot I_H.$$

4 Виміряти коефіцієнт подавлення пульсації  $K_n$ . При струмі навантаження, що дорівнює приблизно 100 мА, виміряти

осцилографом амплітуду пульсацій на вході і виході стабілізатора. У режимі вимірювання  $K_n$  на вхід пристрою подається випрямлена нестабільна напруга, яка знімається з виходу блока „Агат“, гніздо „ $\cong E_{вих}$ “ на передній панелі.

5 Увімкнути імпульсне навантаження і виміряти час установлення вихідної напруги стабілізатора  $t_{уст}$  (за осцилограмою на рівні 0,1 і 0,9). Нарисувати осцилограму.

6 Використовуючи дані п.п. 1 і 2, визначити:

$R_{вих}$ ,  $K_u$ ,  $K_{ст}$ ,  $I_{кз}$ ,  $I_{охх}$ ,  $E_{вх\ min}$ ,  $(E_{вх}-U_{вих})\ min$ .

7 Скласти таблицю усіх вимірних параметрів.

### **Зміст звіту**

1 Мета роботи.

2 Навантажувальні характеристики і осцилограми.

3 Таблиці параметрів.

4 Принципова схема ІС і схема макета.

*Розділ другий*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ**

**Лабораторна робота 3**

**Дослідження елемента транзисторно – транзисторної логіки**

Мета роботи - *вивчення і визначення статичних і динамічних параметрів інтегральної ТТЛ схеми на прикладі елемента 2I – НЕ (K155ЛА3)*

***Загальні відомості***

В даній і наступній роботах досліджуються представники цифрових ІС – логічні елементи ТТЛ і ЕЗЛ. Розглянемо стисло відомості про їхні параметри і характеристики.

До статичних характеристик ЛЕ належать:

- вхідна характеристика  $I_{вх} = f(U_{вх})$ ;

- передаточна характеристика  $U_{вих} = f(U_{вх})$ ;

- вихідна характеристика  $U_{вих} = f(I_{вих})$ ,

де  $I_{вх}$ ,  $I_{вих}$  - вхідний і вихідний струми ЛЕ;  $U_{вх}$ ,  $U_{вих}$  - вхідна і вихідна напруги ЛЕ.

На рис. 13 наведені типові статичні характеристики ЛЕ. Вони мають три контрастно виражені області:

I – область, що відповідає вихідному сигналу, який дорівнює логічній 1;

II – область, що відповідає вихідному сигналу, що дорівнює логічному 0 ;

III – область неозначена, що відповідає переключенню з 1 до 0 і з 0 до 1.



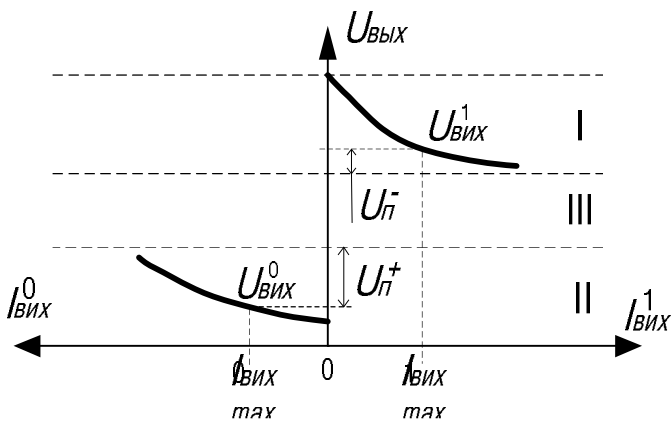
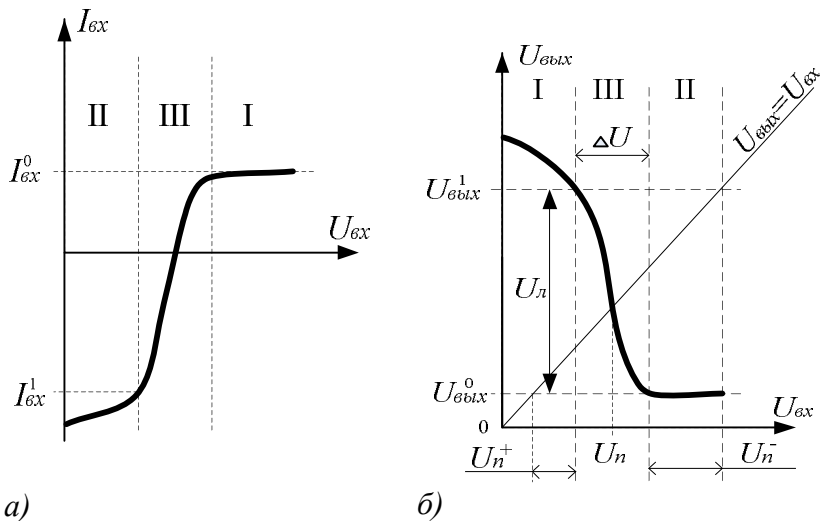


Рисунок 13 – Статичні характеристики логічного елемента:  
 а) вхідна; б) передаточна; в) вихідна.

За статичними характеристиками визначають такі параметри:

- вхідні і вихідні струми логічних 1 і 0:  $I_{вх}^1$ ,  $I_{вх}^0$ ,  $I_{вих}^1$ ,  $I_{вих}^0$ ;
- вихідні напруги логічних 1 і 0:  $U_{вих}^1$ ,  $U_{вих}^0$ ;
- рівень логічного перепаду  $U_n = U_{вих}^1 - U_{вих}^0$ ;
- значення потенціальної перешкоди для логічних 1 і 0:  $U_{пер}^-$ ,  $U_{пер}^+$ ;
- ширину зони неозначеності  $\Delta U$ ;
- значення порогу переключення  $U_{пор}$ ;
- навантажувальну здатність елемента

$$N = \min \{ N_0, N_1 \} = \min \left\{ \frac{I_{вих}^0 \max}{I_{вх}^0 \max}, \frac{I_{вих}^1 \max}{I_{вх}^1 \max} \right\}.$$

Крім перелічених, до статичних параметрів належать також споживана потужність  $P$  або споживаний струм  $I_{спож}$ , а також напруга живлення  $E_{живл}$ .

Динамічні параметри характеризують перехідні процеси при переключенні ЛЕ зі стану 1 до стану 0 і навпаки. На рис. 14 наведені часові діаграми вхідного і вихідного сигналів.

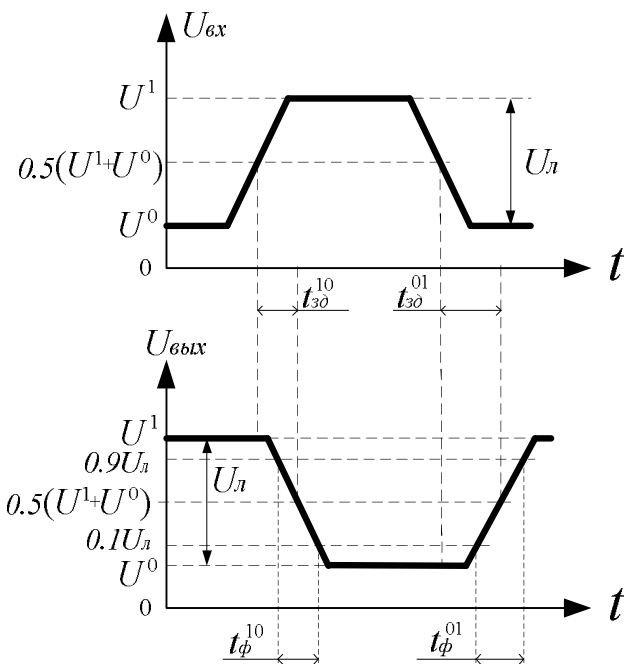


Рисунок 14 – Часові діаграми роботи логічних елементів.

За часовими діаграмами визначаються такі параметри:

- тривалість затримання переключення з 1 до 0 -  $t_{зд}^{10}$  і з 0 до 1 -  $t_{зд}^{01}$ ;

- середній час затримання переключення

$$t_{зд}^{сеп} = 0,5 (t_{зд}^{10} + t_{зд}^{01});$$

- тривалість фронтів переключення  $t_{ф}^{10}$ ,  $t_{ф}^{01}$ .

## **Опис лабораторної установки**

Лабораторні роботи 3 і 4 виконуються на установці для дослідження ІС типу УМ16ПС, у якій змонтовані:

- два регульованих джерела живлення;
- два регульованих джерела живлення;
- регульовані генератори прямокутних імпульсів;
- регульовані ємнісне і резистивне навантаження.

Для вимірювання струмів і напруг застосовуються міліамперметри і вольтметри (мультиметри). Вимірювання малих напруг, а також дослідження динамічних характеристик здійснюється за допомогою двоканального осцилографа типу С1-83.

Досліджувані ІС змонтовані на друкованій платі. Підключення елемента здійснюється монтажними проводами відповідно до схеми дослідження.

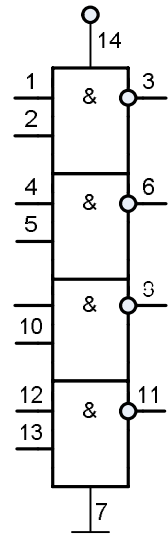
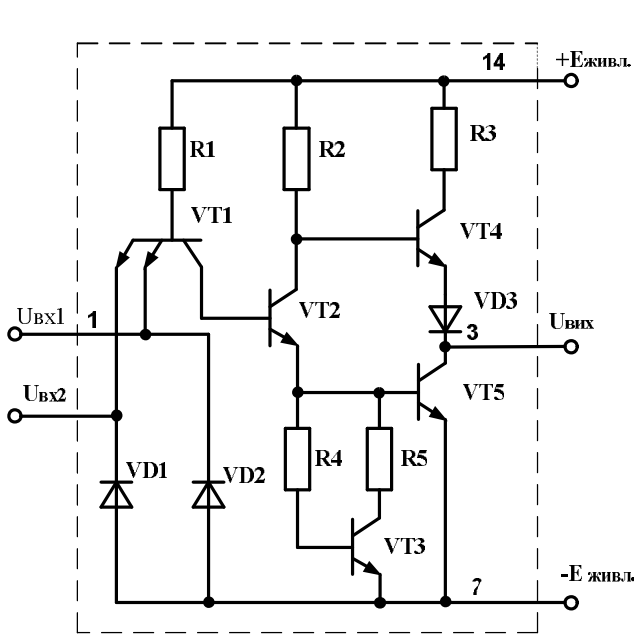
## **Підготовка до виконання роботи**

1 Вивчити статичні і динамічні характеристики (параметри) елементів ТТЛ.

2 Вивчити схему і порядок функціонування ТТЛ елемента К155ЛА3, що досліджується у роботі. Схема одного з чотирьох елементів 2І – НЕ, що входять до складу ІС К155ЛА3, наведена на рис. 15а, цоколівка мікросхеми показана на рис. 15б.

3 Ознайомитися з лабораторною установкою, вивчити порядок виконання роботи і запису результатів.

4 Підготувати схему включення ЛЕ при проведенні досліджень і необхідні таблиці для запису результатів.



а)

б)

Рисунок 15 – Елемент 2І-НЕ (К155ІА3).

### Порядок виконання роботи

#### А Дослідження статичних характеристик:

1 Зняти вхідну характеристику  $I_{вх} = f(U_{вх})$  при відключеному навантаженні і  $E_{живл} = 5,5 \text{ В}$  ( $E_{живл} = 4,5\text{В}$ ), для чого:

- підключити елемент до джерела живлення. Оскільки логіка позитивна, то негативні полюси обох джерел живлення з'єднуємо з загальним проводом («шиною») елемента, а з решти „полюсів“ подаємо відповідні напруги на входи.

- на один з входів ЛЕ подати сигнал логічної одиниці, що дорівнює  $E_{живл}$ ;

- другий вхід через міліамперметр підключити до другого джерела живлення (джерела вхідного сигналу);

- до другого входу підключити вольтметр (осцилограф) для вимірювання вхідної напруги;
- змінюючи напругу джерела сигналу з кроком 0,4В, визначити вхідний струм.

Особливу увагу необхідно звернути на перехідну область (зменшити крок зміни  $U_{вх}$  до 0,1 – 0,2В).

2 Зняти передаточну характеристику  $U_{вих} = f(U_{вх})$  при відключеному навантаженні і  $E_{живл} = 5,5$  В/  $E_{живл} = 4,5$  В. Комутація елемента аналогічна попередньому пункту. Відмінність лише в тому, що осцилографом вимірюємо напругу на виході елемента. На ділянці перегину зменшити крок зміни  $U_{вх}$  до 0,1 – 0,2 В.

3 Зняти вихідну характеристику  $U_{вих} = f(I_{вих})$  при  $E_{живл} = 5,5$ В ( $E_{живл} = 4,5$ В) для двох станів.

**1 – й стан:** на виході ЛЕ установлюється напруга логічного нуля (рис. 16).

3.1 Підключити елементи до джерела живлення

3.2 На всі входи ЛЕ подати напругу логічної одиниці, що дорівнює  $E_{живл}$ .

3.3 Вихід ЛЕ через міліамперметр підключити до навантаження  $R_n$  (змінний резистор на панелі стенда), на другий контакт навантаження подати напругу живлення +5В.

3.4 До виходу ЛЕ підключити вольтметр (осцилограф).

3.5 Змінюючи опір навантаження, виміряти  $I_{вих}^0, U_{вих}^0$  у 5 – 6 точках.

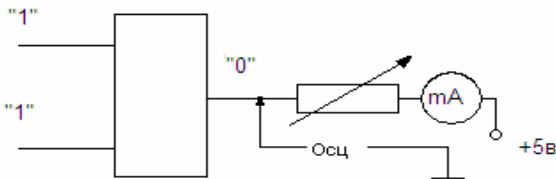


Рисунок 16 – Схема для зняття вихідних характеристик

**2 - й стан:** на виході ЛЕ установлюється напруга логічної одиниці (рис. 17).

3.6 Подати на всі входи ЛЕ напругу логічного нуля – з'єднати входи з загальною шиною.

3.7 Другий контакт навантаження з'єднати з загальною шиною.

3.8 Змінюючи опір навантаження, виміряти  $I_{вих}^1, U_{вих}^1$  у 5 – 6 точках.

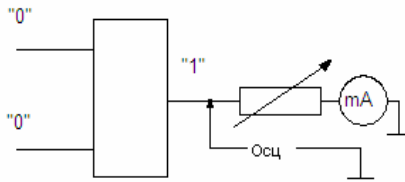


Рисунок 17 – Схема для зняття вихідних характеристик

4 Визначити струм, що споживається елементом, для чого:

- підключити ЛЕ через міліамперметр до джерела живлення;
- подати на всі входи напругу логічної одиниці, що дорівнює  $E_{живл}$  (ЛЕ знаходиться у стані нуля);
- виміряти споживаний струм  $I_{спож}^0$ ;
- подати на всі входи напругу логічного нуля, з'єднати з загальною шиною (ЛЕ знаходиться у стані одиниці);
- виміряти споживаний струм  $I_{спож}^1$ .

За результатами вимірювань обчислити:

$$I_{спож} = 0,5 (I_{спож}^0 + I_{спож}^1),$$

$$P_{спож} = 0,5 E_{живл} (I_{спож}^0 + I_{спож}^1).$$

5 Побудувати графіки статичних характеристик для двох значень напруги живлення і за ними визначити статичні параметри елемента.

### **Б Дослідження динамічних характеристик:**

- виміряти період коливань, тривалість імпульсу, а також переднього і заднього фронтів генератора прямокутних імпульсів;
- підключити ЛЕ до джерела живлення;
- на один з входів елемента подати напругу логічної одиниці, що дорівнює  $E_{живл}$ ;
- другий вхід елемента підключити до генератора імпульсів;
- перший канал осцилографа підключити до виходу генератора, а другий – до виходу ЛЕ;
- виміряти динамічні характеристики ЛЕ;
- підключити вихід досліджуваного елемента до входів інших елементів, що містяться у корпусі мікросхеми;
- виміряти динамічні характеристики;
- підключити до виходу ЛЕ ємнісне навантаження і провести вимірювання динамічних характеристик.

Для проведення вимірювань синхронізація осцилографа має бути зовнішньою, від лабораторної установки.

### **Зміст звіту**

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Таблиці результатів вимірювань.
- 3 Графіки:  $I_{вх} = f(U_{вх}), U_{вих} = f(U_{вх}), U_{вих} = f(I_{вих})$ .
- 4 Виміряні значення статичних параметрів ЛЕ.
- 5 Осцилограми динамічних характеристик.
- 6 Розрахунки необхідних статичних і динамічних характеристик.
- 7 Принципові схеми ЛЕ і його підключення при проведенні досліджень.
- 8 Порівняльна оцінка виміряних параметрів і довідникових даних.



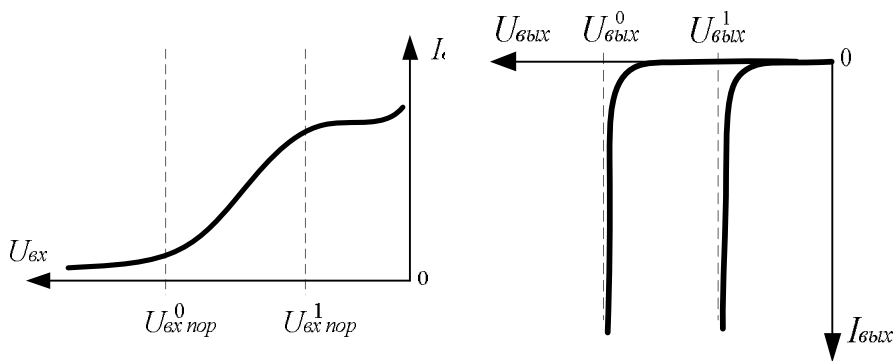
## **Лабораторна робота 4**

### ***Дослідження елемента емітерно – зв'язаної логіки***

Мета роботи - вивчення і визначення статичних і динамічних параметрів інтегральної ЕЗЛ - схеми на прикладі елемента 2АБО – НЕ/2АБО (К500ЛМ101)

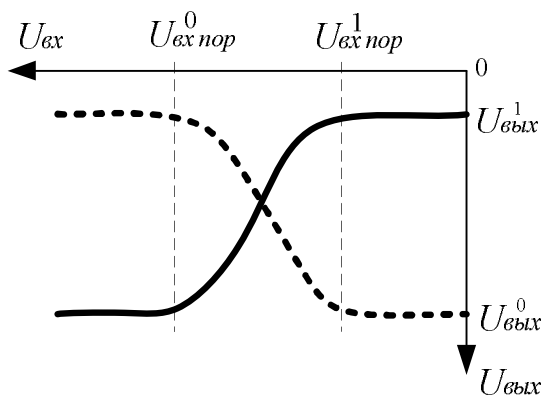
#### ***Підготовка до виконання роботи***

- 1 Вивчити статичні і динамічні характеристики (параметри) ЕЗЛ елементів (рис 18).
- 2 Вивчити схему і порядок функціонування ЕЗЛ на прикладі елемента 2АБО – НЕ/2АБО. (рис 19а – принципова схема, рис. 19 б – цоколівка).
- 3 Вивчити особливості роботи елемента ЕЗЛ у режимі позитивної і негативної логіки.
- 4 Ознайомитися з лабораторною установкою і порядком виконання роботи.
- 5 Підготувати схеми включення елементів при проведенні досліджень і необхідні таблиці для запису результатів.



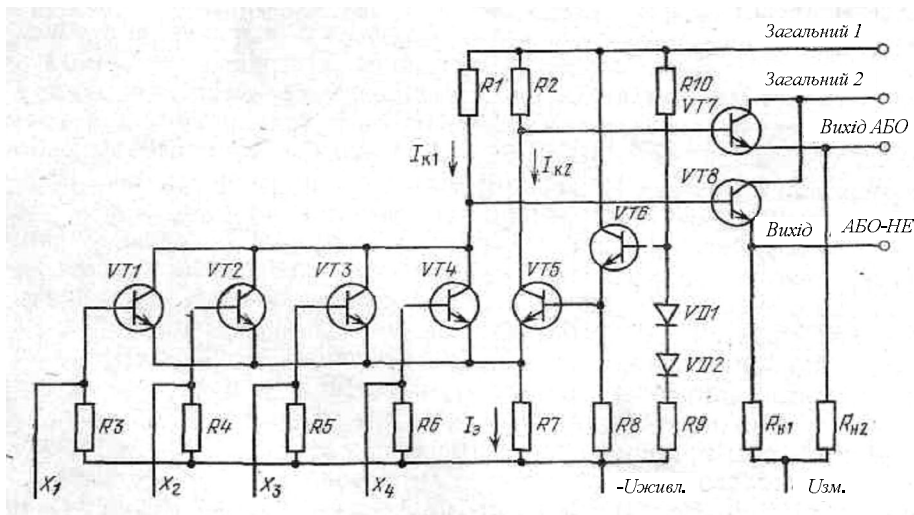
а)

б)

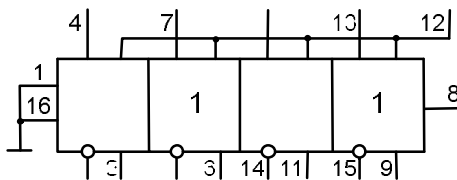


в)

Рисунок 18 – Статичні характеристики логічного елемента ЕЗЛ:  
а) вхідна характеристика; б) вихідна характеристика;  
в) передаточна характеристика.



а)



б)

Рисунок 19 – Елемент 2АБО – НЕ/2АБО (K500LM101).

### Порядок виконання роботи

1 Зняти вхідну характеристику  $I_{вх} = f(U_{вх})$  при відключеному навантаженні і напругах  $E_{живл} = -5,2В$ ,  $E_{живл} = -4,5В$ , для чого:

1.1 Підключити елемент до джерела живлення. Оскільки логіка негативна, то позитивні полюси обох джерел живлення замикаємо на загальний провід елемента, а з решти „мінусів“ подаємо відповідні напруги на входи елемента.

1.2 Подати на відповідне гніздо напругу зміщення  
 $E_{зм} = - 2В$ .

1.3 На один з входів подати напругу з гнізда живлення (-5,2 В), що буде відповідати сталому логічному 0.

1.4 На другий вхід через міліамперметр подати постійну негативну напругу від другого джерела живлення.

1.5 Змінюючи напругу другого джерела живлення від 0 до - 5,2 В з кроком 0,4 В, вимірювати вхідний струм. Вимірювання вхідної напруги здійснювати за допомогою вольтметра. Особливу увагу слід звернути на перехідну область (зменшити крок до 0,1 – 0,2В).

2 Зняти передаточну характеристику  $U_{вих} = f(U_{вх})$  при відключеному навантаженні і  $E_{живл} = - 5,2В$ ,  $E_{живл} = - 4,5В$  для прямого й інверсного виходів, для чого:

2.1 Підключити елемент до джерела живлення, підключити  $E_{зм} = - 2В$ .

2.2 Регульований вхід підключити до негативного полюсу другого джерела живлення.

2.3 Вхідну напругу вимірювати за допомогою вольтметра, вихідну – за допомогою осцилографа.

2.4 Змінюючи вхідну напругу з кроком 0,4В від 0 до  $E_{живл}$ , виміряти відповідні значення вихідної напруги на прямому й інверсному виходах елемента за допомогою другого каналу осцилографа. Особливу увагу звернути на перехідну область (зменшити крок до 0,1 – 0,2В).

3 Зняти вихідну характеристику  $I_{вих} = f(U_{вих})$  при  $E_{живл} = 5,2В$ ,  $E_{живл} = - 4,5В$  для двох станів:

**1 – й стан:** на виході ЛЕ установлюється напруга логічного нуля.

3.1 Підключити елемент до джерела живлення.

3.2 Підключити прямий (інверсний) вихід ЛЕ через міліамперметр до навантаження  $R_H$  (змінний резистор на лицевій панелі).

3.3 Установити на прямому виході елемента рівень логічного нуля шляхом подачі відповідних рівнів напруги на вході.

3.4 Підключити осцилограф до прямого (інверсного) виходу елемента.

3.5 Змінюючи опір навантаження, виміряти струм і напругу на прямому й інверсному виходах елемента у 4 – 5 точках.

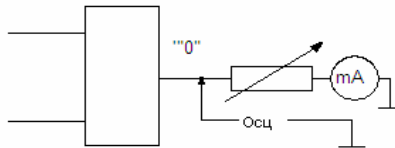


Рисунок 20 – Схема для зняття вихідної характеристики

**2 – й стан:** на виході елемента установлюється напруга логічної одиниці

3.6 Змінюючи опір навантаження, виміряти струм і напругу на прямому й інверсному виходах елемента у 4 – 5 точках.

4 Визначити струм, що споживається елементом, для чого:

4.1 Підключити елемент через міліамперметр до джерела живлення, подати  $E_{3M} = -2V$ .

4.2 Виміряти значення споживаного струму при знаходженні ЛЕ у стані одиниці і нуля за рахунок подачі необхідних сигналів.

4.3 Обчислити середній споживаний струм і споживану потужність.

## Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Таблиці результатів вимірювань.
- 3 Принципові схеми логічного елемента і його підключення при проведенні досліджень.
- 4 Графік залежностей:  $I_{вх} = f(U_{вх})$ ,  $U_{вих} = f(U_{вх})$ ,  
 $U_{вих} = f(I_{вх})$ .
- 5 Виміряні значення статичних параметрів елемента.
- 6 Порівняльна оцінка виміряних параметрів елемента і даних довідників.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеенко А.Г., Шагурин И.М. Микросхемотехника: Уч.пособие для вузов /Под ред. И.П.Степаненко. - М.: Радио и связь, 1982.
2. Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Интегральные микросхемы: Справочник / Под ред. Б.В.Тарабрина. - М.: Радио и связь, 1983.
4. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника: Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника: Уч. пособие для вузов. - М.: Высш. школа, 1987.
5. Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - К.: Лыбидь, 1993.
6. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / Под ред. С.В.Якубовского.- М.: Радио и связь, 1989.

Навчальне видання

Методичні вказівки  
до лабораторних робіт  
з дисципліни «Мікросхемотехніка»  
для студентів спеціальності 6.090803 „Електронні системи“  
усіх форм навчання

Відповідальний за випуск О.А. Борисенко  
Редактор Н.О. Кравченко  
Комп'ютерне верстання І.Є. Бражник

Підп. до друку \_\_\_\_\_, поз.  
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Суг. Друк офс.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_ Обл.-вид. арк. \_\_\_\_  
Тираж 50 пр. Собівартість вид. \_\_\_\_  
Зам. № \_\_\_\_

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті  
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК №2365 від 08.12.2005.  
Надруковано у друкарні СумДУ  
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2