

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія



О.Ю.Небеснюк
А.О. Ніконова

МІКРОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ

Методичні рекомендації до виконання
лабораторних робіт

*для студентів ЗДІА спеціальності
«153 Мікро- та наносистемна техніка»
171 «Електроніка» всіх форм навчання*

Запоріжжя
2018

Міністерство освіти та науки України
Запорізька державна інженерна академія

МІКРОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ
Методичні рекомендації до виконання
лабораторних робіт

для студентів ЗДІА спеціальності
«153 Мікро- та наносистемна техніка»
171 «Електроніка» всіх форм навчання

Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри МЕІС,
протокол №11 від 16.04. 2018 р.

Мікроелектронні пристрої. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 153 “Мікро - та наносистемна техніка”, 171 «Електроніка».

/Укладачі О.Ю. Небеснюк., А.О. Ніконова – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2018р. – 30 с.

Укладачі : ***О.Ю. Небеснюк, к.т.н., доцент***
А.О. Ніконова, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: ***зав. кафедрою МЕІС***
проф. С.Л.Хрипко

ЗМІСТ

Вступ	5
Лабораторна робота №1	6
Лабораторна робота №2	12
Лабораторна робота №3	15
Лабораторна робота №4	18
Лабораторна робота №5	20
Лабораторна робота №6	24
Рекомендована література	28
Додаток А	29

ВСТУП

Основною метою викладання дисципліни «Мікроелектронні пристрої» є надання знань про інтегральні напівпровідникові пристрої: їх будову, особливості проектування та розробки, контроль параметрів елементів ІМС, особливості застосування ІМС при побудові електричних принципових схем.

Завданням дисципліни є ознайомлення студентів з технологією, конструкцією, методами проектування та розробки різних типів інтегральних мікросхем (ІМС).

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

- особливості формування та основні конструкції інтегральних структур, критерії їх якості та щільності, типи ізоляції елементів;
- основні характеристики і проектування (розрахунок) пасивних та активних елементів ІМС, характеристики діодів ІМС;
- теоретичний опис, моделі та режими роботи біполярних транзисторів ІМС. Їх топологічні, конструктивні і технологічні особливості;
- приклади застосування ІМС в електричних схемах різних пристроїв.

вміти:

- проводити контроль параметрів ІМС та їх складових елементів;
- проводити дослідження ВАХ елементів ІМС;
- застосувати ІМС для розробки електричних схем пристроїв.

Лабораторна робота № 1

Класифікація інтегральних мікросхем та система умовних позначень

Мета роботи - вивчення класифікацій інтегральних мікросхем та їх умовних позначень.

Теоретичні відомості

З усіх виробів мікроелектроніки найбільш поширені інтегральні мікросхеми. При їх виготовленні застосовують напівпровідникові та тонкоплівкові технології. Це визначило три основні напрямки при створенні інтегральних мікросхем: напівпровідникові, плівкові та гібридні.

Для класифікації мікросхем використовують різні критерії: ступінь інтеграції, фізичний принцип роботи активних елементів, виконувана функція, швидкість і споживана потужність, використання в апаратурі певного класу та ін. Найбільш поширена класифікація за *конструктивно-технологічною ознакою*, оскільки при цьому в назві мікросхеми міститься загальна інформація про її конструкцію та технологію виготовлення.

Одним із основних критеріїв оцінки технологічного рівня виробництва є ступінь інтеграції. Важливою конструктивною ознакою є тип підкладки. За цією ознакою всі вироби інтегральної електроніки можна розділити на два класи:

- мікросхеми з активною підкладкою;
- мікросхеми з пасивною підкладкою.

Усі інтегральні мікросхеми підлягають герметизації з метою захисту. За конструктивно-технологічними ознаками герметизації інтегральні мікросхеми розділяють на *корпусні* та *безкорпусні*. Для перших використовують вакуумну герметизацію у спеціальних корпусах або опресовування у пластмасу, для других – покриття епоксидною смолою або лаками.

За функціональним призначенням розрізняють: *цифрові*, *аналогові (лінійні)* та *аналого-цифрові* мікросхеми.

За використанням в апаратурі – вироби *широкого* та *спеціального* вжитку.

Під *типономіналом* інтегральної мікросхеми розуміють ті прилади, які мають конкретні функціональні призначення та свої умовні позначення.

Під *типом* інтегральної мікросхеми розуміють сукупність типоміналів, які мають конкретне функціональне призначення та своє умовне позначення.

Склад серії визначається функціональними можливостями окремих мікросхем, зручністю будови та типом стандартного корпусу. Залежно від функціонального призначення і сфер використання серії можуть складатися від трьох-чотирьох до декількох десятків мікросхем. Усі інтегральні мікросхеми, які випускаються промисловістю відповідно до прийнятої системи умовних позначень, за конструктивно-технологічною ознакою виготовлення розділяють на три групи:

- напівпровідникові;

- гібридні;
- інші.

Цим групам у системі умовних позначень надані такі цифри:

- 1, 5, 7 – напівпровідникові інтегральні мікросхеми (7 позначає безкорпусні);
- 2, 4, 6, 8 – гібридні мікросхеми;
- 3 – плівкові та інші інтегральні мікросхеми.

За характером виконуваних функцій в апаратурі інтегральні мікросхеми розділяються на *підгрупи* та *види*.

Основні параметри ІМС

Щільність упаковки ІМС - відношення числа елементів і компонентів інтегральної мікросхеми N до площі, яку займає ІМС:

$$\omega = \frac{N}{S_M}$$

Ступінь інтеграції ІМС $K_{\text{и}}$ - показник ступеня складності мікросхеми, що характеризується числом елементів і компонентів, які містяться в ній:

$$K_{\text{и}} = \lg N,$$

де N -число елементів і компонентів, що входять в ІМС. Коефіцієнт $K_{\text{и}}$, округляється до найближчого більшого цілого числа.

Інтегральна щільність елементів на підкладці ω' - характеризується числом елементів, що припадають на одиницю площі підкладки:

$$\omega' = \frac{N}{S_{\text{п}}} = \frac{10^{K_{\text{и}}}}{S_{\text{п}}}$$

Класифікація інтегральних мікросхем за функціональним призначенням наведена в таблиці (додаток А).

Система позначень інтегральних мікросхем складається з чотирьох елементів.

Перший елемент – цифра, яка відповідає конструктивно-технологічній групі.

Другий елемент – дві-три цифри, як порядковий номер розробки. Таким чином, перші два елементи складають три-чотири цифри, які характеризують повний номер серії інтегральної мікросхеми.

Третій елемент – дві літери, які відповідають підгрупі та виду інтегральної мікросхеми (згідно з таблицею 1).

Четвертий елемент – порядковий номер розробки інтегральної мікросхеми. Він може складатися як з однієї, так і з декількох цифр.

На рисунку 1.1 наведено приклад інтегрального напівпровідникового операційного підсилювача з порядковим номером серії 40, порядковим номером розробки даної мікросхеми в серії 11.

Інколи в кінці умовного позначення додають літеру (від А до Я), яка визначає технологічний розкид електричних параметрів даного типоміналу.

Для мікросхем широкого використання на початку умовного позначення зазначається літера К. Друга літера перед номером серії характеризує матеріал корпусу та його тип:

А – пластмасовий планарний;

Е – металополімерний корпус з паралельним дворядним розміщенням виводів;

И – склокерамічний планарний;

М – металокерамічний, керамічний або склокерамічний корпус з паралельним дворядним розміщенням виводів;

Н – кристалоносій (без виводів);

Р – пластмасовий корпус з паралельним дворядним розміщенням виводів;

Ф – мікрокорпус.

Для безкорпусних інтегральних мікросхем у позначенні перед номером серії ставлять літеру Б або першою цифрою серії ставлять цифру 7, а в кінці через дефіс вводиться цифра, яка характеризує модифікацію конструкції:

1 - з гнучкими виводами;

2 - зі стрічковими (павукоподібними) виводами;

3- із жорсткими виводами;

4 - на загальній пластині (нерозділеними);

5- з розділеними без втрати орієнтації;

6- з контактними площадками без виводів.

Наприклад, КБ1402УЕ1-1 або 703ЛБ1-2.

За формою проекції тіла корпусу мікросхеми на площину підстави і розташуванню висновків корпусу діляться на типи, зазначені в табл. 1.1.

За габаритними і приєднувальних розмірах типи корпусів поділяються на типорозміри, кожному з яких присвоюють шифр, який складається з індексу К (корпус), або-значення типу корпусу (цифра) і двозначного числа (01÷99), що позначає номер типорозміру. Наприклад: К301, К102 і т. п.

Таблиця 1.1 - Типи корпусів ІМС

Тип	Форма проекції тіла корпусу на площину підкладки	Розташування проекції виводів на площину підкладки	Розташування виводів щодо площини підкладки
1	Прямокутна	В межах проекції тіла корпусу	Перпендикулярне

2	Прямокутна	За межами проекції тіла корпусу	Перпендикулярне
3	Кругла	В межах проекції тіла корпусу по колу	Перпендикулярне
4	Прямокутна	За межами проекції тіла корпусу	Паралельне

Примітка. Корпуси, що мають гнучкі зовнішні виводи, які при необхідності можуть відгинатися за межі проекції, відносяться до корпусів двох типів одночасно.

Умовні позначення корпусів складаються з:

- шифру типорозміру корпусу (без букви К);
- цифрового індексу, що визначає кількість виводів;
- порядкового реєстраційного номера розробки.

Приклад запису умовного позначення корпусу в конструкторській документації: корпус 201.14-2, де 201 - шифр типорозміру; 14 - кількість виводів; 2 - порядковий реєстраційний номер.

Нумерація зовнішніх виводів корпусу починається від ключа і йде проти годинникової стрілки, якщо дивитися на корпус з боку кришки.

За конструктивно-технологічним виконанням (конструкції) корпусу поділяються на:

- металоскляні;
- скляні;
- металокерамічні;
- керамічні;
- пластмасові;
- металополімерні.

Металоскляні корпуси, виготовлені з металевої основи з виводами, ізолюваними склом. Герметизація виводів здійснюється скляними бусами або склотаблетками. Бусами ізолюється кожен вивід окремо, таблеткою - група виводів.

Скляні корпуси, основа яких виготовлена зі скла з упаяними в скло виводами. Такий корпус може мати як скляні, так і металеві кришки. Для монтажу мікросхем використовуються корпуси без металевої площадки і з металевим майданчиком.

Металокерамічні корпуси, в яких керамічна основа є підкладкою, герметизація виводів проводиться припоєм. Металева кришка корпусу припаюється до обідка, який в свою чергу припаяний по периметру керамічної основи.

Керамічні корпуси, виготовлені з кераміки з герметизацією виводів скло емаллю або скло припоєм.

Керамічні та металокерамічні корпуси застосовують переважно для товстоплівкових мікросхем.

Пластмасові корпуси, виготовлені з пластмаси з виводами, впресованими в процесі лиття або герметизації. Пластмасові корпуси широко застосовуються для напівпровідникових мікросхем при масовому виробництві.

Металополімерні корпуси, в яких для захисту ІМС використовується металева кришка, виводи герметизуються заливкою компаундом.



Рисунок 1.1 - Приклад умовних позначень напівпровідникової інтегральної мікросхеми

Порядок виконання роботи

1. Назва, номер та мета роботи.
2. Дати класифікацію представлених корпусів по формі проєкції корпусу на площину підкладки та розташуванню виводів корпусу.
3. Класифікувати представлені корпуси за конструктивно-технологічним виконанням. Результати звести в таблицю.

№ п/п	Тип корпусу по формі проєкції корпусу та розташуванню виводів	Конструктивно-технологічне виконання	Галузь застосування

4. Для представлених ІМС за маркуванням визначити тип мікросхеми та її функціональне призначення. Результати звести в таблицю.

№ п/п	Позначення ІМС	Тип ІМС	Функція, яку виконує ІМС

5. Визначити $K_{и}$, ω , ω' для запропонованих ІМС.

Зміст звіту

Звіт повинен містити тему та мету роботи, стислі теоретичні відомості, данні щодо отриманих мікросхем, результати вимірів, аналіз одержаних результатів та висновки.

Контрольні питання

1. За якими критеріями класифікуються інтегральні мікросхеми?
2. Що розуміють під типоміналом, типом та серією інтегральної мікросхеми?
3. Розповісти про систему умовних позначень.

Лабораторна робота №2

Визначення типу електропровідності n/p кристалів і пластин

Мета роботи: визначити тип електропровідності за напрямом випрямленого струму і характерної картини на екрані осцилографа, вивчити основні методики визначення типу електропровідності.

Теоретичні відомості

Властивості виготовлених напівпровідникових кремнієвих пластин, епітаксійних структур та р-n-переходів характеризується великою кількістю електрофізичних параметрів (рухливістю, концентрацією носіїв заряду та ін.). Особливістю цих параметрів є те, що більшість з них у виробничих умовах не може бути виміряна прямими методами. Тому інформацію про вказані параметри та електричні властивості елементів ІМС отримують непрямыми методами, вимірюючи: тип електропровідності напівпровідникових пластин; товщину d епітаксійних шарів; глибину дифузійних областей; поверхневий опір $R_{\text{пов}}$; питомий опір ρ ; вольт-амперні характеристики (ВАХ); пробивну напругу р-n-переходів.

Методи визначення типу електропровідності монокристалічних злитків кремнію та пластин. Розрізняють наступні методи визначення типу електропровідності:

- за напрямом випрямленого струму;
- за видом вольт-амперної характеристики;
- за знаком термо- ЕРС.

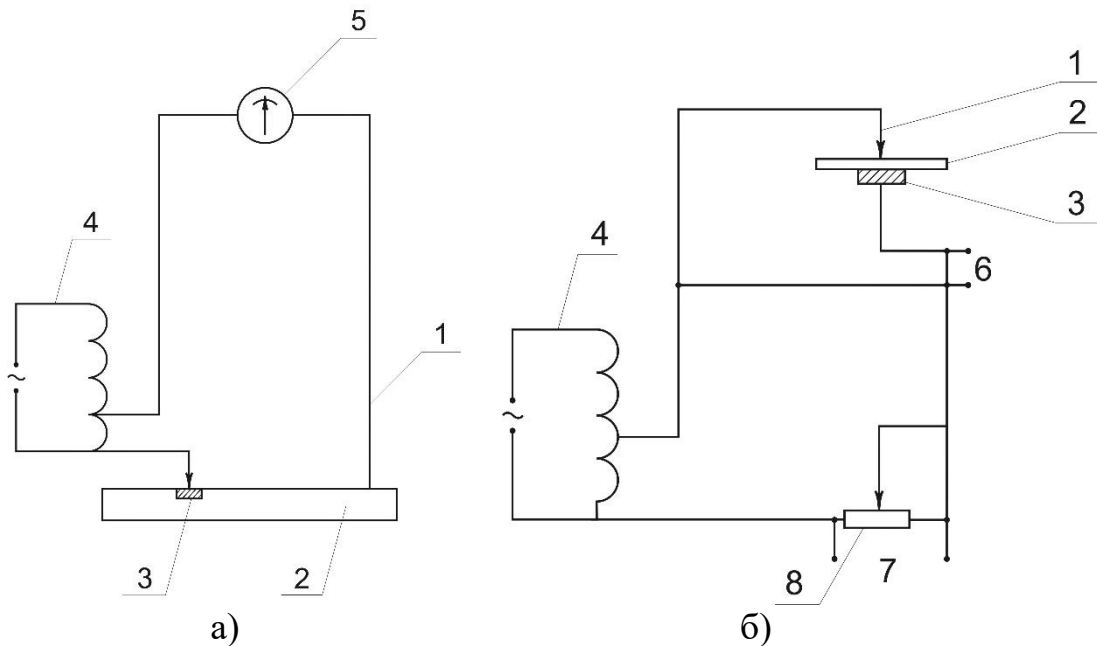
При першому методі випрямлений струм у вимірювальному ланцюгу напівпровідник-точковий контакт (рис.2.1,а) має різний напрямок, в залежності від типу електропровідності пластини.

Для пластин з електронною провідністю (n – типу) напрямок струму відповідає позитивній напрузі на зонді відносно напівпровідника, а для пластин з дірковою електропровідністю (р - типу) – негативній напрузі.

Напрямок струму у вимірювальному ланцюгу визначають за напрямом відхилення світлового індикатора гальванометра від нульового положення.

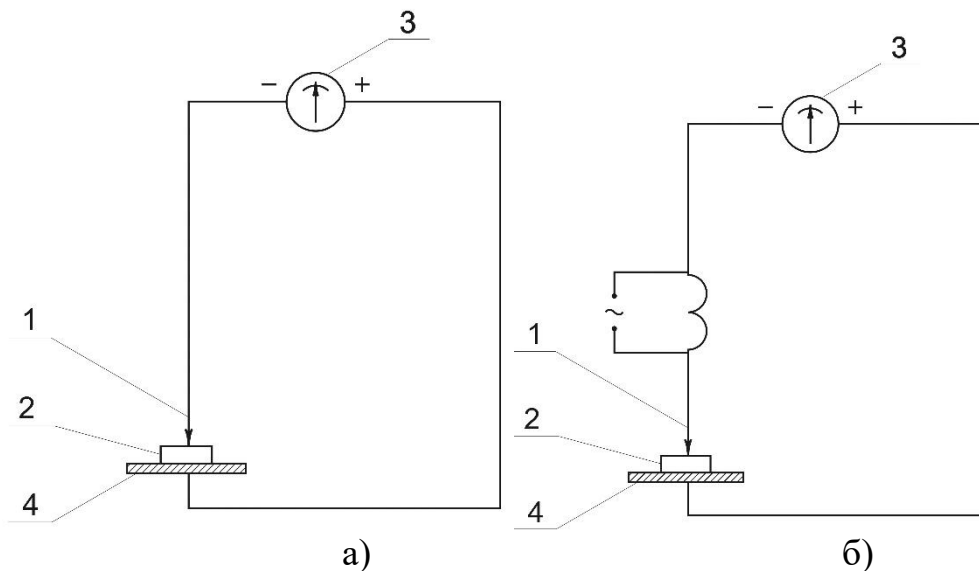
При другому методі знімають ВАХ, для чого складають установку за електричною схемою рис. 2.1,б. Отриману на екрані осцилографа ВАХ порівнюють з характеристикою контрольного зразка (платини) електропровідності n- та р-типів.

Третій метод засновано на тому, що при зіткненні гарячого зонда зі зразком виникає термо- ЕРС, знак якої залежить від типу електропровідності і визначається за напрямом відхилення світлового індикатора гальванометра від нульового положення (рис.2.2).



1 – точковий контакт (зонд); 2 – злиток чи пластина; 3 – омичний контакт; 4 – автотрансформатор; 5 – нуль-індикатор; 6 – відвід до горизонтальних пластин осцилографа; 7 – відвід до вертикальних пластин осцилографа; 8 – регулюючий опір.

Рисунок 2.1 – Принципова схема для визначення типу електропровідності методом точково-контактного випрямлення з використанням нуль-індикатора (а) та осцилографа (б):



1 – зонд; 2 – зразок; 3 – нуль-індикатор; 4 – металева пластина.

Рисунок 2.2 – Принципова схема для визначення типу електропровідності методом гарячого (а) та холодного (б) термозондів

Порядок виконання роботи

1. Одержати зразки для дослідження.
2. Ввімкнути в мережу джерело живлення і осцилограф.
3. Притисканням зонду до поверхні добитись відхилення стрілки нуль-індикатора або появи на екрані осцилографу ВАХ, що свідчить про наявність в колі випрямляючого контакту.
4. Виміри спочатку виконати з пластинами відомого типу е/п, щоб зафіксувати напрямок струму через нуль-індикатор (Me), а потім з одержаними зразками.
5. Вимкнути прилади з мережі.
6. Результати оформити у вигляді таблиці. Картини ВАХ, одержаних на екрані осцилографа, замалювати та пояснити.

Зміст звіту

Звіт повинен містити тему та мету роботи, стислі теоретичні відомості, схеми вимірювальних установок, результати вимірів у вигляді таблиць і графіків, аналіз одержаних результатів та висновки.

Контрольні питання

1. Пояснити залежність провідності домішкового н/п від температури.
2. Назвати та пояснити фізичні принципи інших методів визначення типу е/п.
3. Пояснити можливості використання випрямляючої дії метал-напівпровідник.

Лабораторна робота № 3

Вимірювання поверхневого і питомого опору шарів напівпровідника

Мета роботи : ознайомитися з методикою вимірювання поверхневого і питомого опорів і устаткуванням для проведення вимірювання.

Теоретичні відомості

На сьогодні відомі різні методи вимірювання поверхневого $R_{\text{пов}}$ і питомого ρ опорів. По взаємодії вимірюваних зразків і засобів вимірювання ці методи можна поділити на безконтактні і контактні.

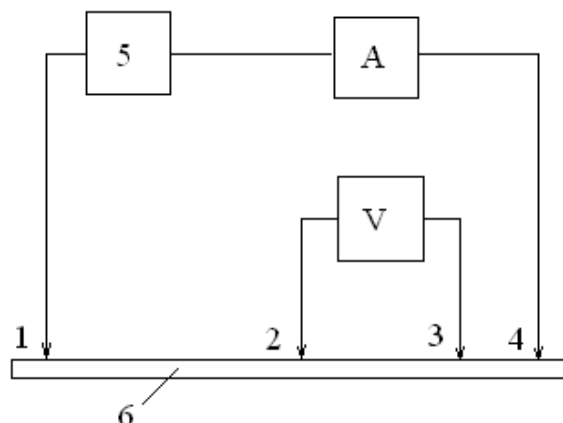
Безконтактні методи реалізуються без механічного контакту між вимірюваною пластиною (структурою) і засобом вимірювання. До них відносяться методи вихрових струмів, плазмового резонансу, поглинання НВЧ-енергії, вимірювання коефіцієнта оптичного відбиття і ін.

Контактні методи реалізуються подачею електричного сигналу і визначенням, у відповідь, реакції пластини (структури) за допомогою голкоподібних зондів. До них відносяться: чотирьохзондовий, трьохзондовий, двохзондовий методи і метод опору розтіканню.

Опис експериментальної установки

Вимірювання проводиться за допомогою чотирьохзондової установки. Схема вимірювання показана на рис. 3.1.

Схема включає кремнієву структуру, чотирьохзондову голівку, джерело постійного стабілізованого струму, міліамперметр, вольтметр з високоомним входом. При вимірюванні похибка виміру визначається типом вимірюваної структури і товщиною d і складає 4...10% для товщини 0,5...2,5 мкм.



1-4 - зонди; 5 - джерело струму; 6 – пластина

Рисунок 3.1- Схема вимірювання поверхневого і питомого опорів чотирьохзондовим методом

Порядок виконання роботи

1. Зібрати вимірювальну установку згідно з рис. 3.1.
2. За допомогою джерела струму амперметром А встановити струм в ланцюги струмових зондів 1-4, рекомендовані значення якого для епітаксійних шарів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1-Рекомендовані значення струму для епітаксійних шарів з різними значеннями $R_{пов}$

$R_{пов},$ кОм /см	0,01-0,03	0,03-0,1	0,1-0,3	0,3-1	1-3	3-10	10-30
I, мкА	$\ll 10^5$	$\ll 10^4$	$\ll 4 \cdot 10^3$	$\ll 400$	$\ll 70$	$\ll 10$	$\ll 5$

3. Вольтметром V виміряти напругу між зондами 2 і 3 при двох протилежних напрямках струму. Відповідно набути значення U_{23} і U_{32}

4. Обчислити середнє значення напруги:

$$U_{cp} = (U_{23} + U_{32}) / 2$$

5. Визначити поверхневий опір:

$$R_{нов} = k U_{cp} / I$$

де k - коефіцієнт, що визначається взаємним розташуванням зондів ($k = 9,06$ - при розташуванні зондів у вершинах квадрату і $k = 4,53$ - при розташуванні зондів в лінію).

6. Обчислити питомий опір, Ом·см:

$$\rho = R_{нов} d$$

де d - товщина структури.

7. Оцінити похибку вимірювань.

Зміст звіту

Звіт про роботу повинен містити назву і мету роботи; короткі теоретичні відомості про методи вимірювання поверхневого і питомого опорів, схеми вимірювань опору чотирьохзондовим методом і принцип дії установки для вимірювання; результати вимірювань напруги між зондами при двох протилежних напрямках струму; схему вимірювань; результати обчислень поверхневого і питомого опору.

рів; критичну оцінку отриманих результатів з урахуванням похибки результатів вимірювань; аналіз і висновки до виконаної роботи.

Контрольні питання

1. Які існують методи вимірювання поверхневого і питомого опорів ?
2. Переваги і недоліки методів вимірювання поверхневого і питомого опорів ?
3. Чим визначається похибка методу?
4. Які заходи застосовуються для зменшення похибки вимірювань ?

Лабораторна робота №4

Вимірювання статичних параметрів ІМС

Мета роботи: дослідити статичні параметри логічного елемента 4-І

Теоретичні відомості

Вимірювання статичних параметрів – це вимірювання електричних величин в сталому режимі. Вимірювання статичних параметрів проводять через певний час після завершення перехідного процесу в ІМС. Вимірюється усереднене значення параметру. Необхідно понизити вплив вимірюючих засобів на похибку вимірювання.

При зміні напруги вхідний опір засобу вимірювання повинен бути в багато разів більший вихідного опору вимірювального ланцюга. Якщо зменшити їх вплив до дуже малого розміру не виходить, то враховують вплив металевих характеристик вимірюючих засобів на похибку виміру (похибка не більше 5%).

Вимірювання статичних параметрів включає перевірку струмів споживання, вхідних струмів, навантажувальної здатності виходів схеми, тобто параметрів, що являються критерієм працездатності ІМС та її сполучення з іншими схемами.

Практично вимірювання статичних параметрів проводять при поданні на схему імпульсних потенційних сигналів.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему (рис.4.1) для дослідження статичних параметрів.
2. Визначити рівні вхідних логічних сигналів «0» та «1», змінюючи напругу на вході елемента 4-ІІ (кнопка R), опір навантаження встановити рівним 100%.
3. Визначити рівні вихідних логічних сигналів «0» та «1».
4. Виміряти залежність вхідного струму від вхідної напруги (шаг 10%).
5. Побудувати навантажувальну характеристику вихідної напруги та вихідного струму від навантажувального опору вихідною лінією 4-ІІ при сталій на виході логічній «1» (опір навантаження змінюємо Q).

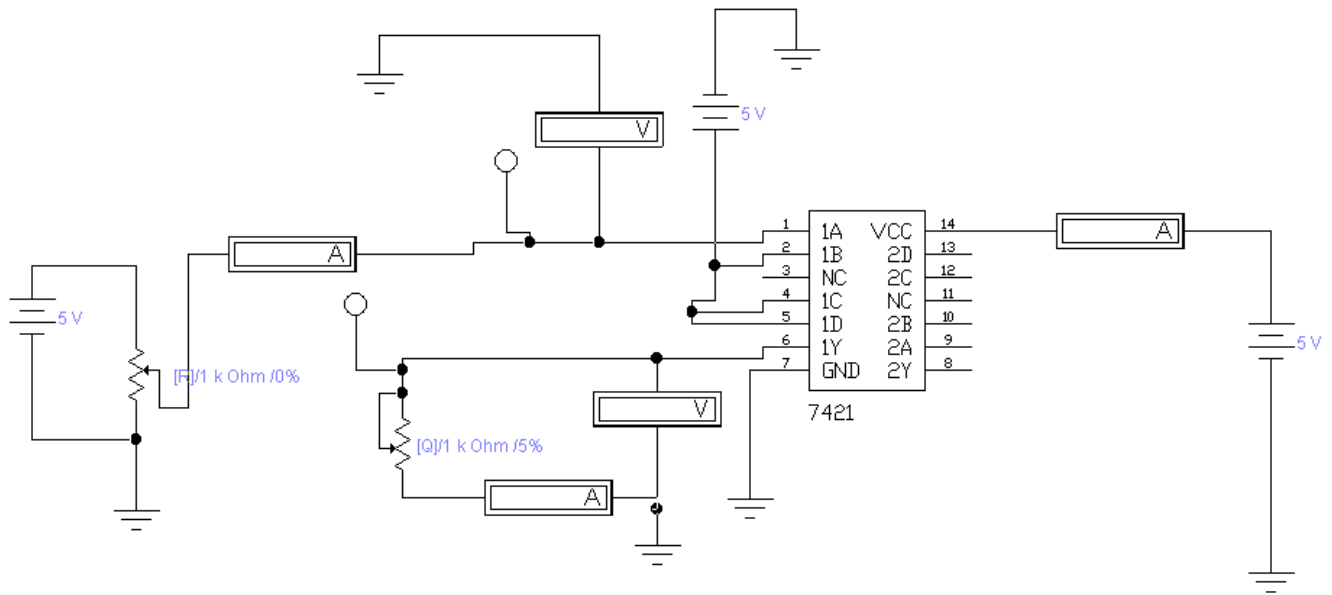


Рисунок 4.1-Схема для вимірювання статичних параметрів

Зміст звіту

Звіт повинен включати тему, мету роботи, схему для вимірювання статичних параметрів, результати вимірів у вигляді таблиці, висновки.

Контрольні питання

1. Які параметри називаються статичними ?
2. Які параметри називають динамічними ?
3. Наведіть приклади статичних та динамічних параметрів ІМС.
4. Як виміряти статичні параметри ІМС ?
5. Який метод використовують для визначення часу затримки ?
6. Як визначити вхідну ємність ІМС ?

Лабораторна робота №5

Дослідження статичних параметрів логічних мікросхем ТТЛ та КМОН

Мета роботи: дослідити статичні параметри логічних мікросхем ТТЛ та КМОН.

Теоретичні відомості

До цифрових ІМС відносять такі МС, інформація в яких представлена у вигляді логічних одиниць і нулів. Статичними електричними параметрами цифрових ІМС називають сукупність параметрів, що характеризуються струмами і напругами, які визначають режим вимірювання. Ці параметри є параметрами постійного струму і визначаються за всіма виводами ІС. До них відносяться: вхідний і вихідний струми і напруги, струми живлення, струми короткого замикання, тощо.

Методи вимірювання основних електричних статичних параметрів цифрових ІМС представлено на рис.5.1 На рисунку5.1.а зображена схема для вимірювання струму живлення. На ІС DD подають напругу живлення від джерела G2, а вхідна напруга-від джерела G1. Стан вхідних виводів ІС визначається технічними умовами. Струм живлення вимірюють за допомогою РА, звичайно, за падінням напруги на еталонному резисторі.

На рис. 5.1.б показана схема для визначення вхідного струму низького і високого рівнів, тобто постійного струму, що протікає через заданий вхід ІС при заданій напрузі на вході, що подається від джерела живлення G1. Струм вимірюють за допомогою РА, звичайно, за падінням напруги на еталонному резисторі. Значення вхідного струму інших рівнів (G3) визначаються технічними умовами.

На рис.5.1.в зображена схема для вимірювання вхідної напруги низького і високого рівнів. Напругу живлення подають на ІС DD від джерела G2, вхідну напругу - від джерела G1, а виходи для перевірки МС навантажують струмом від джерела G3, значення якого встановлюється технічними умовами. Напругу вимірюють вимірювачем напруги PV.

На рис.5.1.г показана схема для вихідного струму високого рівню і струму вимкненого стану. На ІС DD подають напругу живлення від джерела G2, вхідну напругу - від джерела G1, а на вихід для перевірки МС напругу від джерела G3, значення якого встановлюється технічними умовами при визначеному рівні вхідного струму.

На рис.5.1.д показана схема для вимірювання напруги блокування. На ІС DD подають напругу живлення від джерела G3. Вхідну напругу підводять до усіх виводів ІС (окрім перевіряємого) від джерела G2. Вхід для перевірки навантажують струмом, значення якого встановлюється технічними умовами, і вимірюють напругу на вході за допомогою PV.

В технічних умовах до конкретного типу МС задаються послідовності подавання напруг та струмів на виводи ІС, порядок їх вимірювання, допустимі похибки і т.і.

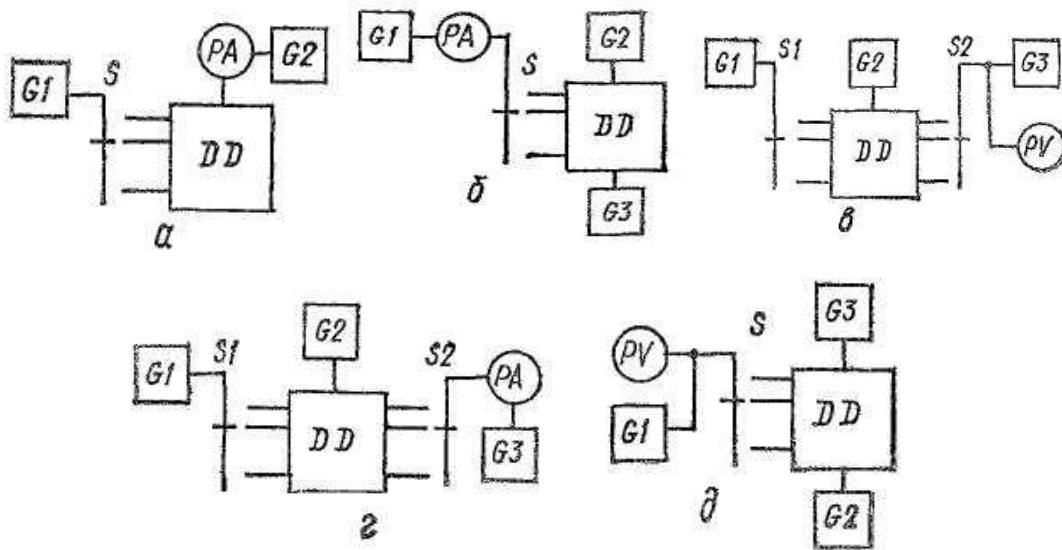


Рисунок 5.1-Методи вимірювання статичних електричних параметрів цифрових ІС

Для перевірки статичних електричних параметрів цифрових ІС необхідні засоби вимірювання, прилади і пристрої, що задовольняють вимогам стандартів, які пред'являються до методів вимірювання цих параметрів, а також технічним умовам ІС. Електричний режим повинен забезпечуватися з точністю, заданою технічними умовами ІС; повторюваність результатів вимірювання повинна відповідати точності вимірювання електричних параметрів. У вимірювальні схеми вводять розв'язуючі, корегуючі та поєднуючі ланцюги, щоб уникнути наводок і генерації.

Порядок виконання роботи

1. Використовуємо стенд. Схема представлена на рис.5.2. Встановити дві перемички, підключивши вхідну і вихідну лінії першої мікросхеми до вольтметра.

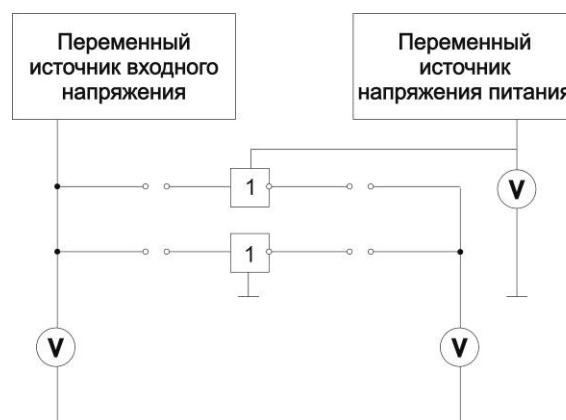


Рисунок 5.2- Схема для вимірювання статичних параметрів

2. Вибрати кнопкою Select режим відображення напруги живлення (повинен зажевріти тільки правий індикатор Voltage).
3. Встановити резистором Simply Voltage +5V.
4. Переключитися кнопкою Select в режим відображення вхідної та вихідної напруги (повинні зажевріти обидва індикатора).
5. Змінюючи напругу Voltage Input резистором Voltage Input (збільшуючи) провести вимірювання перехідної характеристики інвертора $U_{вих} = f(U_{вх})$ в повному діапазоні напруги $U_{вх}$ (поблизу границі переключення провести вимірювання з малим кроком).
6. Провести ті ж вимірювання, але змінюючи напругу від максимального до мінімального значень.
7. Провести аналогічні виміри для всіх 5-ти МС.
8. Побудувати перехідні характеристики $U_{вих} = f(U_{вх})$ для всіх МС (у прямому та зворотньому напрямках на одному графіку).
9. Виміряти діапазон $U_{вих}$ та $U_{вх}$ логічних «0» та «1» і за цими значеннями визначити тип МС –ТТЛ або КМОП, використовуючи діаграми рис. 5.3.

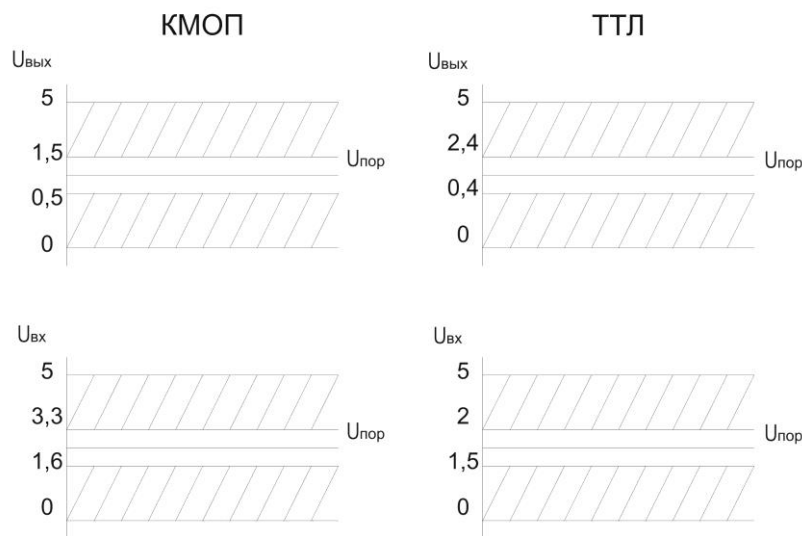


Рисунок 5.3 – Діаграми значень рівнів логічних «0» та «1» для мікросхем ТТЛ і КМОП логіки

Зміст звіту

Звіт повинен включати тему, мету роботи, схему для вимірювання статичних параметрів, результати вимірів у вигляді таблиці, діаграми, графіки перехідних характеристик $U_{вих} = f(U_{вх})$ для усіх МС (у прямому та зворотньому напрямках)

Контрольні питання

1. Які параметри називаються статичними ?
2. Які параметри називають динамічними ?
3. Навести приклади статичних та динамічних параметрів ІМС.
4. Як виміряти статичні параметри ІМС ?
5. Яка методика проведення вимірювання?

Лабораторна робота №6

Вимірювання параметрів напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем

Мета роботи - визначити параметри мікросхем і елементів мікросхем.

Прилади та обладнання:

- Випробувач малопотужних транзисторів і діодів Л2-54.
- Випробувач цифрових інтегральних мікросхем Л2-60.

Теоретичні відомості

Статичні параметри характеризують поведінку напівпровідникових приладів при постійному струмі, динамічні - їх частотно-часові властивості, граничні параметри визначають ділянку стійкої та надійної роботи.

У довідники, стандарти або технічні завдання включається необхідна для детального розрахунку схем інформація про параметри:

- норми та значення параметрів;
- режими їх вимірювань;
- вольт-амперні характеристики;
- залежності параметрів від режиму і температури;
- максимальні і максимально допустимі значення параметрів;
- конструктивно-технологічні особливості приладів;
- їх основне призначення;
- специфічні вимоги;
- методи вимірювання параметрів;
- типові схеми застосування.

В інженерній практиці працездатність напівпровідникових приладів визначається за допомогою випробувачів.

Випробувач малопотужних транзисторів і діодів Л2-54 забезпечує вимір основних параметрів малопотужних біполярних транзисторів (рис.6.1.):

- зворотного струму колектора I_{cb0} ;
- коефіцієнта передачі струму h_{21} ;
- вихідної провідності h_{22} ;
- короткого замикання КЗ між колектором і емітером.

Прилад забезпечує вимірювання основних параметрів напівпровідникових діодів:

- зворотного струму I_R ,
- прямої напруги U_F ,

а для стабілітронів і стабісторів:

- напруги стабілізації U_z .

Кожен параметр вимірюється за допомогою схеми, яка збирається з відповідних складових частин за допомогою комутації органами управління на лицьовій панелі приладу Л2-54.



Рисунок 6.1- Зовнішній вигляд випробувача малопотужних транзисторів і діодів Л2-54

В інженерній практиці працездатність цифровий інтегральної схеми визначається за допомогою є випробувачів Л2-60 (рис.6.2.).



Рисунок 6.2- Зовнішній вигляд випробувача цифрових інтегральних схем Л2-60

Порядок виконання роботи

1. За допомогою приладу Л2-54 виміряти параметри діодів і результати вимірювань занести в таблицю.

Марка діода	Найменування параметру	Значення параметру		Режим вимірювання
		Виміряне	За ТЗ	
	Зворотній струм I_R , мкА			$U_{зв} =$
	Пряма напруга U_F , В			$I_{пр} =$

2. Провести вимірювання параметрів запропонованих транзисторів та результати вимірювань представити у вигляді таблиці.

Марка транзистора	Найменування параметру	Значення параметру		Режим вимірювання
		Виміряне	За ТЗ	
	Зворотній струм колектора $I_{сво}$, мкА			$U_{свзв} =$
	Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21}			$I_k =$ $U_{св} =$
	Вихідна провідність h_{22}			$I_k =$ $U_{се} =$
	Коротке замикання між колектором та емітером		не дозволяється	-

3. Провести вимірювання параметрів стабілітронів та результати вимірювань представити у вигляді таблиці.

Марка стабілітрону	Найменування параметру	Значення параметру		Режим вимірювання
		Виміряне	За ТЗ	
	Напруга стабілізації U_z , В			$I_{ст} =$
	Пряма напруга U_F , В			$I_{пр} =$

4. За результатами перевірки зробити висновки про працездатність напівпровідникового приладу.
5. Провести перевірку працездатності цифрової інтегральної схеми за допомогою випробувача цифрових інтегральних схем Л2-60.
6. За результатами перевірки дати висновки про працездатність мікросхеми.

Зміст звіту

Звіт повинен містити тему та мету роботи, стислі теоретичні відомості, дані щодо отриманих приладів та мікросхем, результати вимірів у вигляді таблиць, аналіз одержаних результатів та висновки.

Контрольні питання

- Поясніть принцип роботи випробувача малопотужних транзисторів і діодів Л2-54.
- Назвіть основні параметри транзистора.
- Назвіть основні параметри діодів.
- Як виміряти зворотний струм діода?
- Назвіть основні параметри стабілітрона.
- Як виміряти зворотний струм колектора транзистора?
- За якими параметрами оцінюють працездатність транзистора?
- За якими параметрами оцінюють працездатність діода?
- Поясніть принцип роботи випробувача цифрових інтегральних схем Л 2-60 при перевірці працездатності мікросхем ТТЛ.
- Що таке мікросхеми ТТЛ?
- Що таке таблиця істинності мікросхеми?
- Назвіть основні параметри інтегральних мікросхем ТТЛ.

Рекомендована література

1. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки [Текст]: Львів: Львівська політехніка. 2010. - 884 с. - 1 прим.
2. Маллер Р., Элементы интегральных схем. [Текст] : [Пер. англ. к.т.н. Е.З. Мазеля и Л.С. Ходоша] / Маллер Р., Кейминс Т. / М.: Мир, 1989.- 630с.- Device electronics for integrated circuits / Richard S. Muller and Theodore I. Kamins. John Wiley and Sons. Inc – New York.– 1986.– ISBN 5-03-001100-5 (русск.).- 15000 экз.- 6 прим.
3. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З. Ю. Готра, І. Є. Лопатинський, Б. А. Лукіянець, З. М. Микитюк. [Текст]: Львів : «Бескид Біт», 2004.- 554 с. – 2прим.
4. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники.- [Текст]: Учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника". - М.: Радио и связь, 1991. - 288с. – ISBN 5-256-00692-4. - 75000 экз.- 7 прим.
5. Зи С. Технология СБИС. Кн.1. [Текст] : Пер. с англ./ под ред. С. Зи - М.: Мир, 1986. - 404с. - 1 прим.
6. Зи С. Технология СБИС. Кн.2. [Текст] : Пер. с англ./ под ред. С. Зи - М.: Мир, 1986. - 404с.- 1 прим.
7. Васил'єва А.В. Напівпровідникові прилади. [Текст]: Київ :Кондор.2002-396 с. - 1 прим
8. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Кн.1 [Текст]:. Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 456с. - 3 прим.
9. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Кн.2. [Текст]: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984.- 456с. - 3 прим.
- 10.Аваев Н.А., Наумов Ю.Е. Элементы сверхбольших интегральных схем [Текст]: - М.: Радио и связь, 1986. - 170с. - 2 прим.
- 11.Степаненко І.П. Основи мікроелектроніки. – М.: Рад. радіо, 1980 – 424 с.
- 12.Гершунський Б.С. Основи електроніки та мікроелектроніки.-К.: Вища. шк., 1987.-422с.
- 13.Докучаєв М.И., Козирев И.Я., Онопко Д.И. Випробування и вимірювання інтегральних мікросхем.- М.: Вид. МИЭТ, 1978. 260 с
- 14.Курносоев А.И., Юдин В.В. Технологія виробництва н/п приладів и ІМС.- М: Высш.шк, 1986.
- 15.Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Фізико-хімічні основи технології мікроелектроніки. – М.: Металургія, 1979.
- 16.Довідник по радіоелектронним пристроям /. Під ред|. Д.Г.Лінде.-М.: Енергія, 1978, с. 400-401, 403-405.
- 17.Гусев В.В і ін. Основи імпульсної і цифрової техніки. -М.: Рад. радіо, 1975, с. 133-138, 377-379. .
- 18.Вавілов М.С. Мікроелектроніка в цифровій техніці. - М.: Знання, 1977. с. 23-26.
- 19.Алексєєнко А.Г. Основи мікросхемотехніки. -М.: Рад. радіо, 1977, с. 58-65.

Додаток А

Класифікація інтегральних мікросхем за функціональною ознакою

Підгрупа	Вид	Позначення
А Формувачі	Імпульсів прямокутної форми	АГ
	Імпульсів спеціальної форми	АФ
	Адресних струмів	АА
	Разрядних струмів	АР
	Інші	АП
Б Схеми затримки	Пасивні	БМ
	Активні	БР
	Інші	БП
В Схеми розрахункових засобів	Мікро ЕВМ	ВЕ
	Мікропроцесори	ВМ
	Схеми керування пам'яттю	ВТ
	Схеми синхронізації	ВБ
Г Генератори	Прямокутних сигналів	ГГ
	шума	ГМ
Д Детектори	Амплітудні	ДА
	Імпульсні	ДИ
	частотні	ДС
Е Схеми джерела живлення	Випрямлячі	ЕВ
	Перетворювачі	ЕМ
	Стабілізатори напруги	ЕК
	Імпульсні стабілізатори струму	ЕУ
И Схеми цифрових приладів	Суматори	ИМ
	Напівсуматори	ИЛ
	Лічильники	ИЕ
	Шифратори	ИВ
	Дешифратори	ИД
К	Ключ струма	КТ
	Ключ напруги	КН
Л Логічні елементи	И	ЛИ
	НЕ	ЛН
	ИЛИ	ЛЛ
	И-НЕ	ЛА
	ИЛИ-НЕ	ЛЕ
	И-ИЛИ	ЛС
	И-ИЛИ-НЕ	ЛР

М Модулятори	Амплітудні Частотні Фазові імпульсні	МА МС <u>МФ</u> <u>МИ</u>
Н Набори елементів	Діодів Транзисторів Резисторів Конденсаторів	НД НТ НР НЕ
П Перетворювачі сигналів	<u>Частоти</u> Напруги Потужності Рівня	<u>ПС</u> <u>ПН</u> <u>ПМ</u> <u>ПУ</u>
С Схеми порівняння	Амплітудні Часові Частотні Компаратори	СК СВ СС СА
Т Тригери	Т-тригери Динамічні <u>Шмітта</u>	ТТ ТД ТЛ
У Підсилювачі	Високої частоти Низької частоти Імпульсні сигнали Повторювачі	УВ УН УИ УЕ
Ф Фільтри	Верхніх частот Низьких частот <u>Полосові</u> <u>режекторні</u>	ФВ ФН ФЕ ФР