Методичні вказівки, індивідуальні завдання до лабораторних робіт до курсу ПЗСхМКС

**Лабораторна робота №1**

*Мета*:  Здобуття навичок розрахунку, комп’ютерного моделювання та проектування транзисторного підсилювача низької частоти.

*Завдання*: Спроектувати транзисторний підсилювач низької частоти, призначений для роботи із джерелом сигналу з внутрішнім опором 100 кОм. Для погодження із високим внутрішнім опором джерела сигналу підсилювач повинен містити два каскади: каскад 1 – емітерний повторювач, каскад 2 – підсилювач за схемою із спільним емітером.

*Варіанти індивідуальних завдань на розробку*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Напруга живлення (В) | Нижня частота робочого діапазону (кГц) | Опір активного навантаження (кОм) |
| 1 | 5 | 5 | 10 |
| 2 | 5,2 | 10 | 5 |
| 3 | 6 | 5 | 10 |
| 4 | 6,3 | 10 | 5 |
| 5 | 9 | 5 | 10 |
| 6 | 10 | 10 | 5 |
| 7 | 12 | 5 | 10 |
| 8 | 12,6 | 10 | 5 |
| 9 | 15 | 5 | 10 |
| 10 | 5 | 10 | 5 |
| 11 | 5,2 | 5 | 10 |
| 12 | 6 | 10 | 5 |
| 13 | 6,3 | 5 | 10 |
| 14 | 9 | 10 | 5 |
| 15 | 10 | 5 | 10 |
| 16 | 12 | 10 | 5 |
| 17 | 12,6 | 5 | 10 |
| 18 | 15 | 10 | 5 |
| 19 | 5 | 20 | 5 |
| 20 | 5,2 | 25 | 10 |

*Порядок виконання лабораторної роботи*

1. Виконати попередній розрахунок транзисторного підсилювача за схемою зі спільним емітером (каскад 2) за відповідним варіантом вхідних даних, прийняти, що верхня частота  діапазону підсилення дорівнює 300 кГц.
2. Скласти модельну схему каскаду 2 у середовищі Micro Cap. Рекомендується обрати транзистор із популярних n-p-n транзисторів загального призначення BC107, BC108 чи BC109. Налагодити модельну схему, коректуючи значення параметрів компонентів. На основі оцінки діючих напруг і розсіюваної потужності, впливу змінювання параметрів на роботу схеми, обрати типи, номінали та допуски пасивних компонентів для реалізації схеми в апаратурі побутового призначення.
3. Визначити наступні параметри каскаду 2: вхідний опір, вихідний опір, коефіцієнт підсилення, верхню межу динамічного діапазону вхідного сигналу.
4. Отримати АЧХ, ФЧХ та характеристику групової затримки каскаду 2.
5. Виконати попередній розрахунок емітерного повторювача (каскад 1). Слід врахувати те, що у виразі для розрахунку ємності розділяючого конденсатора  у якості опору навантаження треба брати вхідний опір каскаду 2.
6. Скласти модельну схему каскаду 1 у середовищі Micro Cap, налагодити її, коректуючи значення параметрів компонентів. На основі оцінки діючих напруг і розсіюваних потужностей, впливу змінювання параметрів на роботу схеми, обрати типи, номінали та допуски пасивних компонентів для реалізації схеми в апаратурі побутового призначення.
7. Визначити наступні параметри каскаду 1: вхідний опір, вихідний опір, коефіцієнт підсилення, верхню межу динамічного діапазону вхідного сигналу.
8. Отримати АЧХ, ФЧХ та характеристику групової затримки каскаду 1.
9. Скласти модельну схему двокаскадного підсилювача (каскад 1 + каскад 2), при необхідності налагодити її, коректуючи значення параметрів компонентів.
10. Отримати АЧХ, ФЧХ та характеристику групової затримки двокаскадного підсилювача.
11. Побудувати схему електричну принципову підсилювача як окремого модуля згідно з вимогами стандартів.
12. Скласти перелік елементів схеми.

*Методика налагодження моделі підсилювача*

 *за схемою зі спільним емітером*

Після того, як складено модельну схему, на її вхід слід подати тестуючий гармонійний сигнал за допомогою відповідного джерела. Для початку рекомендується встановити наступні параметри джерела: частота **F** повинна перевищувати у декілька разів нижню частоту діапазону підсилення ; вихідний опір джерела **RS** прийняти нульовим; амплітуду сигналу **A** прийняти у  раз менше, ніж , де  – очікуваний коефіцієнт підсилення.

Налагодження підсилювача слід починати із того, щоб ввести транзистор у активний режим. Для цього контролюють після запуску режиму аналізу Transient стан транзистора за допомогою піктограми . Транзистор повинен знаходитись у режимі LIN. Якщо він знаходиться у режимі насичення SAT чи відсічки OFF, то слід дещо змінювати зміщення бази за допомогою коригування опорів R1 і R2.

Далі, шляхом коригування опорів R1 і R2 досягають того, щоб напруга на колекторі транзистора в стані спокою дорівнювала приблизно половині напруги живлення. Для цього треба виконувати розрахунок режиму за постійним струмом: у вікні установки аналізу перехідних процесів слід встановити режим Operating Point Only (Только начальный режим), виконати моделювання (при цьому розрахунок перехідних процесів не проводиться); виконати команду завершення Transient; відобразити у вузлах схеми потенціали за постійним струмом натисненням піктограми .

Коригування ємностей конденсаторів здійснюють при дослідженні АЧХ у режимі аналізу АС. При цьому на нижній заданій частоті діапазону підсилення  коефіцієнт підсилення повинен бути менше на 3 дБ від максимального.

Слід обирати опори резисторів та ємності конденсаторів серед номінальних значень ряду Е12 (допуск ±10%), або Е24 (допуск ±5%).

Ряд Е12: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82.

Ряд Е24: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91.

*Методика налагодження моделі емітерного*

*повторювача*

Після того, як складено модельну схему, налагодження повторювача слід починати із того, щоб увести транзистор у активний режим і шляхом коригування опорів R1 і R2 досягти того, щоб напруга на емітері транзистора (в стані спокою) дорівнювала приблизно половині напруги живлення. Решта дій та ж сама, що і при налагодженні схеми каскаду 2.

*Методика налагодження моделі підсилювача*

*(каскад 1 + каскад 2)*

Після того, як складено модельну схему підсилювача у вигляді послідовного з’єднання обох каскадів, слід дослідити її в режимах аналізу Transient та АС і при необхідності скоригувати номінальні значення компонентів (конденсаторів). При дослідженнях треба врахувати, що вихідний опір джерела гармонійного сигналу **RS** тепер дорівнює 100 кОм.

*Методики вимірювання вхідного і вихідного опорів*













Рис. 1. Вимірювання вхідного опору



Простий спосіб вимірювання вхідного опору показаний на рис.1. Резистор із відомим опором  вмикають між генератором і входом досліджуваної схеми. Потім вимірюються напруги  і  по обидві сторони резистора .

Якщо  – змінний вхідний струм, то, згідно закону Ома, на резисторі  падає напруга, яка дорівнює

. (1)

Тому

. (2)

Тепер

. (3)

Якщо досліджувана схема є підсилювачем, зручно визначати  і , виконуючи вимірювання на виході підсилювача:  – вимірюється при безпосередньому підключені генератора до входу підсилювача, а  – при послідовному підключені з входом підсилювача резистора . Так як у виразі для  (1.69) присутнє тільки відношення , то коефіцієнт підсилення не грає ніякої ролі.

Згідно із заключною частиною формули , на перший погляд, легко оцінити вихідний опір підсилювача вимірюючи напругу холостого ходу і струм короткого замикання. Проте, при короткому замиканні зазвичай порушуються умови функціонування схеми і неможливо отримати достовірні результати; в окремих випадках можуть вийти з ладу ті чи інші компоненти, не витримавши ненормальне навантаження. Практичний спосіб вимірювання вихідного опору показаний на рис.2. Тут вимірюється напруга холостого ходу  (рис.2,*а*), а потім до вихідних клем підсилювача підключають навантаження (резистор  з відомим опором) і вимірюють напругу на навантаженні  (рис.2,*б*).



*б*

*а*









Рис. 2.. Вимірювання вихідного опору





Так як падіння напруги на  при наявності навантаження дорівнює , а вихідний струм у навантаженні , то

. (4)

При моделюванні напругу холостого ходу зручно вимірювати, поклавши 1 МОм.

*Проектування схеми електричної принципової*

До схеми підсилювача не входять джерело сигналу, джерело живлення та навантаження. Схема повинна мати вигляд окремого модуля, тому слід передбачити роз’єми для їх підключення, наприклад, типу плата-кабель. Слід указати на схемі тип транзисторів та спрощеним способом позначення одиниць вимірювання номіналів компонентів.

Умовні графічні позначення (УГП) компонентів повинні відповідати вимогам „Єдиної системи конструкторської документації”(ЄСКД). УГП поширених компонентів приведені у додатку А. При кресленні схем допускається всі позначення пропорційно збільшувати або зменшувати.

Літерно-цифрові позначення компонента, в загальному випадку, складається із трьох частин. В першій частині позначення вказується вид компонента; вона складається з одної або декількох латинських літер, наприклад: R – резистор; С – конденсатор; VT – транзистор, VD – діод. У другій частині вказують порядковий номер компонента, ця частина складається з однієї або декількох цифр, наприклад: R1, R2,... R13; С1, С2, ... С18. Третя частина, яка вказує на функцію елемента, не є обов'язковою.

Позиційні позначення проставляють на схемі поряд із умовним графічним позначенням компонента праворуч чи над ним.

Порядкові номера присвоюють в межах виду компонентів з однаковим літерним позиційним позначенням і відповідно послідовності їх розташування у схемі зверху вниз і у напрямку зліва направо.

Якщо на схемі вказують номінальні значення резисторів та конденсаторів, то можливе використання при цьому спрощеного способу позначення одиниць вимірювання:

а) для резисторів від 0 до 999 Ом – в омах, без вказування одиниці вимірювання; від 1·103 до 999·103 Ом – в кілоомах з вказуванням одиниці вимірювання літерою „к”; більше 1·106 Ом – в мегаомах з позначенням літерою „М”;

б) для конденсаторів від 0 до 9999·10-12 Ф – у пікофарадах без вказування одиниці вимірювання; від 1·10-8 до 9999·10-6 Ф – у мікрофарадах з позначенням одиниці вимірювання літерами „мк”.

Перелік елементів виконується згідно з вимогами ЄСКД.

*Зміст звіту*

1. Алгоритм попереднього розрахунку підсилювача за схемою зі спільним емітером.
2. Модельна схема підсилювача (каскад 2) із позначенням номіналів компонентів та номерів вузлів схеми.
3. Оцінки вхідного і вихідного опорів схеми каскаду 2, верхньої межі динамічного діапазону вхідного сигналу.
4. АЧХ, ФЧХ, характеристика групової затримки каскаду 2.
5. Алгоритм попереднього розрахунку емітерного повторювача.
6. Модельна схема повторювача (каскад 1) із позначенням номіналів компонентів та номерів вузлів схеми.
7. Оцінки вхідного і вихідного опорів схеми каскаду 1, верхньої межі динамічного діапазону вхідного сигналу.
8. АЧХ, ФЧХ, характеристика групової затримки каскаду 1.
9. Модельна схема двокаскадного підсилювача (каскад 1+ каскад 2) із позначенням номіналів компонентів та номерів вузлів схеми.
10. АЧХ, ФЧХ, характеристика групової затримки двокаскадного підсилювача.
11. Схема електрична принципова підсилювача
12. Перелік елементів схеми.

**Контрольні запитання**

1. Який пристрій називається підсилювачем?
2. За якими ознаками класифікуються підсилювачі?
3. Що таке коефіцієнт підсилення?
4. Якими частотними характеристиками характеризується підсилювач?
5. Як визначається смуга підсилення підсилювача?
6. Які умови відсутності частотних викривлень сигналу?
7. Яким параметром оцінюються частотні викривлення?
8. Виконання яких умов необхідне для вхідного і вихідного опору підсилювача напруги?
9. Як визначається динамічний діапазон вхідних сигналів підсилювача?
10. Яким параметром підсилювача оцінюються нелінійні викривлення сигналу?
11. Як визначається час наростання вихідної напруги підсилювача?
12. Як існують типи зворотного зв’язку?
13. Чому дорівнює коефіцієнт передачі системи із зворотним зв’язком?
14. Як впливає ВЗЗ на стабільність коефіцієнта підсилення?
15. Як впливає ВЗЗ на нелінійні викривлення підсилювача?
16. Як впливає ВЗЗ на вхідний опір підсилювача?
17. Як впливає ВЗЗ на вихідний опір підсилювача?
18. У яких режимах роботи може працювати біполярний транзистор?
19. Як оцінюється динамічний опір емітерного переходу?
20. На скільки треба збільшити напругу база-емітер, щоб струм колектора збільшився в 10 раз?
21. У скільки разів збільшиться струм колектора (без застосування засобів стабілізації) при підвищенні температури на 30°С?
22. Який тип ВЗЗ реалізує підсилюючий каскад за схемою із спільним емітером?
23. Яке призначення резисторів  і  у схемі підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
24. Яке призначення конденсатора  у схемі підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
25. Яке призначення конденсаторів  і  у схемі підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
26. Як оцінити коефіцієнт підсилення за напругою підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
27. Як оцінити вхідний опір підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
28. Як оцінити вихідний опір підсилюючого каскаду за схемою із спільним емітером?
29. Яке призначення емітерного повторювача?
30. Як пояснити, що в емітерному повторювачі транзистор увімкнуто за схемою із спільним колектором?
31. Який тип ВЗЗ реалізовано в емітерному повторювачі?
32. Чому дорівнюють коефіцієнти підсилення за напругою і струмом емітерного повторювача?
33. Як оцінити вхідний опір емітерного повторювача?
34. Від чого залежить вихідний опір емітерного повторювача?

**Лабораторна робота №2**

*Мета роботи*: Здобуття навичок розрахунку, комп’ютерного моделювання та проектування перетворювачів аналогових сигналів на основі операційних підсилювачів.

*Завдання*: На основі операційного підсилювача загального призначення типу LM741спроектувати перетворювач сигналів згідно варіанту індивідуального завдання.

*Варіанти індивідуальних завдань на розробку*

1. Інвертуючий підсилювач постійного струму із коефіцієнтом підсилення 10. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону. (Обов’язково симетрувати схему).
2. Інвертуючий підсилювач змінного струму (з конденсаторним входом) із коефіцієнтом підсилення 10, нижньою частотою смуги підсилення 300 Гц. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону.
3. Неінвертуючий підсилювач постійного струму із коефіцієнтом підсилення 10. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону.
4. Неінвертуючий підсилювач змінного струму (з конденсаторним входом) із коефіцієнтом підсилення 10, нижньою частотою смуги підсилення 300 Гц. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону.
5. Повторювач постійного струму для джерела сигналу з внутрішнім опором 100 кОм. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону. (Обов’язково симетрувати схему).
6. Повторювач змінного струму (з конденсаторним входом) з нижньою частотою робочого діапазону 1 кГц. Отримати АЧХ і ФЧХ, визначити верхню частоту робочого діапазону.
7. Перетворювач струму в напругу з коефіцієнтом перетворення 1 В/мА. Отримати залежності вихідної напруги від вхідного струму. (При моделюванні використати джерело струму).
8. Інвертуючий суматор із ваговими коефіцієнтами 2 і 1. Отримати часові залежності вхідного гармонійного сигналу амплітудою 1 В, вхідної постійної напруги 1 В і вихідної напруги.
9. Неінвертуючий суматор із ваговими коефіцієнтами 1 і 0,5. Отримати часові залежності вхідного гармонійного сигналу амплітудою 1 В, вхідної постійної напруги 1 В і вихідної напруги.
10. Інтегратор із частотою одиничного підсилення 1 кГц. Отримати АЧХ і ФЧХ. (Увімкнути паралельно конденсатору резистор для отримання ВЗЗ за постійним струмом).
11. Диференціатор із частотою одиничного підсилення 100 Гц і верхньою частотою 1 кГц. Отримати АЧХ і ФЧХ. (За межами верхньої частоти робочого діапазону слід зменшити коефіцієнт передачі введенням додаткового резистора, послідовно увімкнутого з конденсатором).
12. Підсилювач із зростаючим коефіцієнтом підсилення: для 0<<5 B коефіцієнт підсилення =1; для 5 B<<10 B – =2. Отримати часову залежність вхідного і вихідного сигналу при подачі на вхід лінійно зростаючої напруги. (У якості стабілітрону використати модель 1N751).
13. Підсилювач із спадаючим коефіцієнтом підсилення: для 0<<5 B коефіцієнт підсилення 1; для 5 B<<10 B – =0,5. Отримати часову залежність вхідного і вихідного сигналу при подачі на вхід лінійно зростаючої напруги. (У якості стабілітрону використати модель 1N751).
14. Обмежувач рівнів -5 В і +5 В. Для -5 В <<+5 В коефіцієнт підсилення =2. Отримати часову залежність вхідного гармонійного сигналу амплітудою 4 В і вихідного сигналу. (У якості стабілітронів використати модель 1N751).
15. Неінвертуючий випрямляч із коефіцієнтом передачі додатної півхвилі 11. Отримати часову залежність вхідного гармонійного сигналу і вихідного сигналу. (У якості діодів використати модель 1N457А).
16. Інвертуючий випрямляч із коефіцієнтом передачі додатної півхвилі 10. Отримати часову залежність вхідного гармонійного сигналу і вихідного сигналу. (У якості діодів можна використати модель 1N457А).
17. Джерело струму 10 мА із «плаваючим» навантаженням при задающій напрузі 5 В. Отримати часову залежність вхідної напруги і струму у навантаженні (~100 Ом).
18. Фільтр Баттерворта нижніх частот 2-го порядку з частотою зрізу 100 Гц. Отримати АЧХ і ФЧХ. (Коефіцієнти передатної функції: = 1,4142; =1).
19. Фільтр Чебишова нижніх частот 2-го порядку з частотою зрізу 100 Гц. Отримати АЧХ і ФЧХ. (Коефіцієнти передатної функції: =1,3614; =1,3827).
20. Фільтр Бесселя нижніх частот 2-го порядку з частотою зрізу 100 Гц. Отримати АЧХ і ФЧХ. (Коефіцієнти передатної функції: = 1,3617; =0,618).

*Зміст звіту*

1. Алгоритм попереднього розрахунку схеми.
2. Модельна схема пристрою із позначенням вузлів.
3. Отримані за допомогою моделі часові чи спектральні характеристики сигналів, які підтверджують працездатність схеми.
4. Креслення схеми електричної принципової з переліком компонентів згідно з вимогами стандартів.

**Контрольні запитання**

1. Що таке операційний підсилювач?
2. Що таке диференційний коефіцієнт підсилення і диференційна напруга?
3. Які властивості має ідеальний ОП?
4. Які правила аналізу схем на ОП і при яких умовах вони застосовуються?
5. Який тип ВЗЗ реалізовано у інвертуючому підсилювачі?
6. Чому дорівнює коефіцієнт підсилення інвертуючого підсилювача?
7. Чому дорівнює вхідний опір інвертуючого підсилювача?
8. Чому дорівнює вихідний опір інвертуючого підсилювача?
9. Який тип ВЗЗ реалізовано у неінвертуючому підсилювачі?
10. Чому дорівнює коефіцієнт підсилення неінвертуючого підсилювача?
11. Чому дорівнює вхідний опір неінвертуючого підсилювача?
12. Чому дорівнює вихідний опір неінвертуючого підсилювача?
13. Яка порівняльна характеристика інвертуючого і неінвертуючого підсилювачів?
14. Які основні параметри повторювача на ОП?
15. Які співвідношення опорів резисторів повинні бути у підсилювача із диференційним входом на ОП?
16. В чому особливості схеми перетворювача струму в напругу на ОП?
17. Як будується інвертуючий суматор на ОП?
18. Як будується неінвертуючий суматор на ОП?
19. Як будується інтегратор на ОП, який характер ЛАЧХ?
20. Як будується диференціатор на ОП, який характер ЛАЧХ?
21. Як будується логарифмічний підсилювач на ОП?
22. Як будується антилогарифмічний підсилювач на ОП?
23. Як будується підсилювач із зростаючим коефіцієнтом підсилення на ОП?
24. Як будується підсилювач із спадаючим коефіцієнтом підсилення на ОП?
25. Як будується обмежувач рівня на ОП?
26. Як будується прецизійний випрямляч на ОП?
27. У чому переваги прецизійного випрямляча на ОП порівняно із діодно-резисторним випрямлячем?
28. Як будується джерело струму на ОП?
29. Які існують групи джерел струму на ОП, в чому їх особливість?
30. Як будується інвертор опору на ОП?
31. Що таке гіратор?
32. Що таке активний фільтр, в чому їх переваги і в чому недоліки?
33. Які каскади містить структурна схема ОП?
34. Що таке вхідний струм ОП і як запобігти його негативному впливу на роботу схеми?
35. Що таке різниця вхідних струмів ОП і як запобігти її негативному впливу на роботу схеми?
36. Що таке вхідна напруга зміщення?
37. Як класифікуються операційні підсилювачі?

**Лабораторна робота №3**

*Мета*: Здобуття навичок розробки та комп’ютерного моделювання цифрових схем.

*Завдання*: На елементах 2І-НІ спроектувати чотирирозрядний перетворювач коду згідно варіанту індивідуального завдання.

*Варіанти індивідуальних завдань на розробку*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Вхідний код | Вихідний код | Варіант | Вхідний код | Вихідний код |
| 1 | 8421 | Грея | 11 | 8421 | додатковий |
| 2 | додатковий | Грея | 12 | 8421 | із залишком 3 |
| 3 | інверсний | Грея | 13 | 8421 | 4221 |
| 4 | із залишком 3 | Грея | 14 | додатковий | 8421 |
| 5 | 4221 | Грея | 15 | із залишком 3 | 8421 |
| 6 | Грея | 8421 | 16 | 4221 | 8421 |
| 7 | Грея | додатковий | 17 | інверсний | із залишком 3 |
| 8 | Грея | інверсний | 18 | із залишком 3 | інверсний |
| 9 | Грея | із залишком 3 | 19 | додатковий | із залишком 3 |
| 10 | Грея | 4221 | 20 | із залишком 3 | додатковий |

*Порядок виконання лабораторної роботи*

1. Скласти таблиці істинності для вихідних сигналів перетворювача коду, користуючись табл.
2. Провести мінімізацію системи ФАЛ за допомогою карт Карно. Факультативні значення довизначити довільно із умови отримання на карті Карно найменшого числа максимально великих блоків. Забезпечити мінімізацію за рахунок використання спільних ланок формування вихідних сигналів, для цього виділити на картах Карно різних ФАЛ однакові блоки.
3. Привести систему ФАЛ для реалізації у базисі 2І-НІ.
4. Промоделювати пристрій у середовищі MicroCap, отримати діаграми вхідних і вихідних сигналів.
5. Спроектувати схему електричну принципову з переліком компонентів.

Табл. Поширені двійкові коди

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код 8421 | Інверсний код | Додатковий код | Код Грея | Код із залишком 3 | Код 4221 |
| 0000 | 1111 | 0000 | 0000 | 0011 | 0000 |
| 0001 | 1110 | 1111 | 0001 | 0100 | 0001 |
| 0010 | 1101 | 1110 | 0011 | 0101 | 0010 |
| 0011 | 1100 | 1101 | 0010 | 0110 | 0011 |
| 0100 | 1011 | 1100 | 0110 | 0111 | 1000 |
| 0101 | 1010 | 1011 | 0111 | 1000 | 0111 |
| 0110 | 1001 | 1010 | 0101 | 1001 | 1100 |
| 0111 | 1000 | 1001 | 0100 | 1010 | 1101 |
| 1000 | 0111 | 1000 | 1100 | 1011 | 1110 |
| 1001 | 0110 | 0111 | 1101 | 1100 | 1111 |
| ***Решту кодових комбінацій вважати забороненими!*** |

*Зміст звіту*

1. Таблиці істинності перетворювача коду.
2. Аналітичні вирази для системи ФАЛ, складеною за таблицею істинності.
3. Карти Карно для системи ФАЛ, аналітичний вираз для результату мінімізації.
4. Алгоритм перетворення ФАЛ у базис 2І-НІ.
5. Модельна схема пристрою з позначенням вузлів.
6. Часові діаграмами роботи пристрою.
7. Креслення схеми електричної принципової з переліком компонентів.

**Контрольні запитання**

1. Якими постулатами визначається логічна сума?
2. Якими постулатами визначається логічний добуток?
3. Якими постулатами визначається логічне заперечення?
4. Яка ФАЛ називається повністю визначеною, а яка недовизначеною?
5. Які є способи опису ФАЛ?
6. Що таке диз’юнктивна нормальна форма ФАЛ, як її отримують за допомогою таблиці істинності?
7. Що таке кон’юнктива нормальна форма ФАЛ, як її отримують за допомогою таблиці істинності?
8. Яка сукупність ЛЕ називається функціонально повною?
9. Яку таблицю істинності має ЛЕ «штрих Шеффера»?
10. Яку таблицю істинності має ЛЕ «стрілка Пірса»?
11. Яку таблицю істинності має ЛЕ Виключне АБО?
12. Яку таблицю істинності має ЛЕ Виключне АБО-НЕ?
13. Які основні теореми бульової алгебри?
14. У чому ціль мінімізації ФАЛ?
15. Який алгоритм мінімізації за допомогою карти Карно?
16. Як поступати із недовизначеними значеннями ФАЛ при мінімізації за допомогою карти Карно?
17. Які прийоми використовують для запису ФАЛ у потрібному базисі ЛЕ?
18. Як поступати, коли число входів ЛЕ більше потрібного?
19. Як поступати, коли число входів ЛЕ менше потрібного?
20. Які існують способи представлення логічних змінних електричними сигналами?
21. Чим відрізняються комбінаційні пристрої від послідовнісних?
22. Що розуміється під сумісністю рівнів вхідних і вихідних сигналів ЛЕ?
23. Якими параметрами характеризується навантажувальна здатність ЛЕ?
24. Якими параметрами характеризується завадостійкість ?
25. Що таке середній час затримки розповсюдження сигналу?
26. До чого може призводити змагання сигналів в логічних схемах і через що це відбувається?
27. Які класи мікросхем логіки існують, які з них найбільш поширені?
28. Які є різновиди схемотехніки елементів ТТЛ?
29. Що таке КМОН логіка?
30. Що таке тригер?
31. Який алгоритм роботи асинхронного *RS*-тригера?
32. Який алгоритм роботи синхронного *RS*-тригера?
33. Який алгоритм роботи *D*-тригера?
34. Який алгоритм роботи *JK*-тригера?
35. Який алгоритм роботи *Т*-тригера?
36. У чому недолік однотактних тригерів?
37. В який інтервал такту двоступінчатий тригер не чутливий до змінювання вхідних інформаційних сигналів?
38. Які тригери називаються тригерами з динамічним керуванням?
39. Як реалізувати *Т*-тригер на основі універсальних тригерів?
40. Які є типові функціональні вузли комбінаційних логічних схем, що виробляються у виді ІМС?
41. Які є типові функціональні вузли послідовнісних логічних схем, що виробляються у виді ІМС?